

## 낙동강 하구 부근의 해양환경 조사 연구\*

박정길 · 조규대 · 허성희 · 김삼곤 · 조창환\*\*

부산수산대학, 통영수산전문대학\*\*  
(1986년 9월 30일 수리)

### Ecological Survey of the Nakdong River Estuary

Chung Kil PARK, Kyu Dae CHO, Sung-Hoi HUH, Sam Kon KIM

National Fisheries University of Pusan

and

Chang-Hwan CHO

Tong-Yeong Fisheries Technical College

(Received September 30, 1986)

Physical, chemical and biological surveys on Nakdong River estuary were made from October, 1985 to September, 1986.

1. For all the seasons except summer, the sea surface temperature in northwest area of the line which linked from Seo Island to Jisim Island was 1~2°C lower than in southeast area, but in summer the sea surface temperature in northwest area was 1~2°C higher than in southeast area. On the contrary, bottom temperature of coastal area was 1°C higher than that of oceanic area except winter.

2. Surface salinity in summer and fall has minimum value of 1.9‰ and maximum value of 32.9‰. This large variation was caused by the runoff of the Nakdong River. Effect of less saline Nakdong River water in northwest area of the line which linked from Seo Island to Jisim Island was greater than in southeast area. A strong current rip always formed near this line.

3. The yellowish-green colored zone was observed in the Nakdong River estuary throughout the year by influence of river discharge. The characteristics of the water quality in the zone have shown that the water color was grade 7 by the Forel water-color meter, transparency was less than 4 m, and concentration of suspended solids was more than 5 mg/l. This water body was in the state of eutrophication in terms of chlorophyll-a and inorganic nitrogen concentration during summer season.

4. During the study period, total 276 taxa were identified. Most of them were diatoms and dinoflagellates which consisted of 97.5%. The component ratio of the above two groups was 84.4% and 13.1% respectively. Diatoms were plentiful in December and dinoflagellates in July. Dominant species were *Nitzschia seriata* in October, *Thalassiosira rotula* in December, *Skeletonema costatum* in April, and *Nitzschia longissima* in July.

5. A total of 47 zooplankton taxa was identified from the samples collected. Copepods were numerically the most important components of zooplankton communities in the study area. The dominant copepod species were *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* and *Temora turbinata*. *Noctiluca scintillans* was the next important component. The other zooplankton with minor abundance were Cladocera, *Sagitta* spp., Cnidaria, Mysidacea, *Lucifer* spp. and Amphipoda.

\* 본 연구는 1985년도 문교부 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

6. During the study period, fishes from 47 families and 87 species were sampled in the study area. The four most abundant fish species were *Reptomucenus valenciennei*, *Leiognathus nuchalis*, *Amblychaeturichthys hexanema* and *Sardirella zunzi*. The fish species of the secondary importance in abundance were *Cynoglossus joyneri*, *Sillago sihama*, *Engraulis japonicus*, *Enedrias nebulosa*, *Acanthogobius flavimanus*, *Trichiurus lepturus*, *Liparis tanzakai*, *Cynoglossus interruptus*, *Apogon lineatus*, *Thriass lanxalensis*, and *Limanda yokohamae*.

## 서 론

낙동강은 총연장이 500여 km에 달하는 우리나라 최장의 강으로 23,852 km<sup>2</sup>의 유역 면적 내에는 대구·부산등의 대도시와 많은 농지가 위치해 있다. 여기서 배출되는 각종 폐수와 농경지에서 배출되는 각종 식물 영양염류 및 토사등이 낙동강을 따라 흘러내리다가 부산 앞바다를 통하여 대한해협으로 유입된다.

하천수가 바다로 유입되는 하구 해역은 하천수와 해수가 혼합되면서 조석의 진폭과 하천수 유량에 따라 염분의 변화도 클뿐 아니라, 하천수에 의하여 운반되어온 부유 물질들이 갑작스런 유속의 감소로 인하여 침전하는 현상이 일어나기도 하는등 복잡한 변화가 발생하는 해역이다. 또한 해수에 비하여 영양염류가 풍부한 하천수의 유입으로 인해 하구 해역은 기초생산력이 큰 해역이기도 하다.

이러한 낙동강의 하구역에 1984년 부터 강 하구를 가로막는 하구둑 공사가 시작됨으로서 이공사가 완료되면 하구 해역은 물리, 화학 및 생물적인 변화가 예상된다. 또한 부산시에서는 낙동강 하구 명지에 있는 간사지를 매립하여 대단위 공업 지역으로 조성한다는 계획도 있다.

지금까지 보고된 낙동강 하구 해역 및 인접 해역에 대한 환경 및 생물상 연구는 다음과 같다.

물리학적 연구로 추(1978)는 낙동강 하천수의 유입이 해황에 미치는 영향에 대한 연구를 하였으며, 류·장(1979)은 낙동강 하구에서 해수가 강의 상류로 거슬러 올라가는 염수 썩기 현상에 대한 수리학적인 연구를 한바 있다. 그리고 최근에 이 등(1984)은 대한해협의 수괴 연구를 통하여 쓰시마 난류와 연안수 사이에 연안전선이 형성되며 낙동강 유출수의 유출 확산이 쓰시마 난류의 영향을 받고 있음을 밝혔다.

화학적 연구로 원(1964)은 낙동강 하구에서 수질 조사를 실시하였으며, 한국과학기술연구소(1970)에서도 하구 지역의 해태 어장 개발을 위해 수질 조사를 실시 한바 있다. 또한 최·정(1972)은 하구역에서의 영양염류와 유기현탁물질을 조사하였고, 원·양(1978)

은 이 지역에서의 무기 보존성분량을 조사하였다. 최근들어 박 등(1985)은 하구역에서의 황록색 수색대의 특성을 연구하기 위해 일부 해역에서 수질 조사를 실시하였다. 그리고 김 등(1985)에 의해 실시된 수질 조사는 조석이 낙동강 하구 수질에 크게 영향을 미치고 있음을 알았다.

생물상 연구로는 정(1970), 이(1973) 및 이 등(1985)에 의한 낙동강 하류역에서의 식물 플랑크톤 조사와 최(1970) 및 이 등(1985)에 의한 강 하구 앞 바다에서의 식물 플랑크톤 분포 조사가 있었다. 또한 김·홍(1980)에 의한 하류역에서의 어류상 조사와 이 등(1985)에 의한 수산 동물의 분포 조사가 행하여 진 바 있다.

이와같이 기존의 낙동강 하구 해역 및 인접 해역의 환경과 생물상 조사는 대부분이 한두가지 면을 단편적으로 조사하였을 뿐 아직까지 물리, 화학 환경 및 생물상을 포괄하는 종합적인 연구가 실시된 바 없어 낙동강 하구 해역의 생태계를 정확히 이해하는데 어려움이 많은 실정이다.

그래서 하구둑 공사와 공업 단지 매립이 완성된 후 일어날수 있는 하구 해역의 해양 환경 변화를 평가하기 위해서는 건설 공사 완공 이전의 해양 환경을 종합적으로 파악해 두어야 할 필요가 있다. 이를 위하여 공사가 완료되기 이전에 이 해역의 해양 물리, 화학 및 생물학적인 종합적인 기초 조사를 실시했다.

## 자료 및 방법

### 1. 자 료

자료는 Fig. 1에 나타난 낙동강 하구의 1~5 mile 간격의 48개 정점에서 부산수산대학 실습선 부산 402호, 부산 404호 및 약 5톤급 소형 어선을 이용하여 1985년 가을인 10월 17~19일, 11월 14일, 겨울인 12월 1일 및 1986년 2월 14일, 1986년 봄인 4월 10일과 여름인 7월 17일의 4계절 동안 모두 6차례에 걸쳐 수온, 염분, 용존산소, 영양염, 투명도, 수색 등

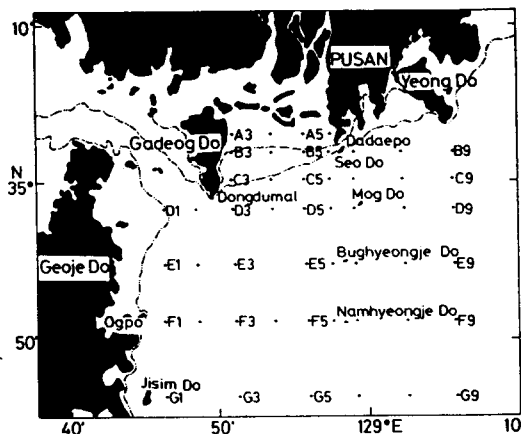


Fig. 1. Location of oceanographic stations in the Nakdong River estuary.

을 관측하고, 아울러 플랑크톤과 어류를 채집한 것을 사용하였다.

## 2. 방법

### 가. 물리적 특성

수온과 염분은 Tsurumi Seiki의 T-S meter 및 영국 NBA 제 STD를 사용하여 측정하였고, 또 수온만을 측정할 때는 環境計測社(일본제)의 DBT, DTR, 전도 온도계를 이용하여 측정하였다.

관측 수심은 각 정점에서 표준 관측 수심에 대하여 측정하였으나 연안 가까운 곳은 필요에 따라 1~5 m 간격 혹은 수온약층의 상부와 하부의 2개 수심에 대하여만 관측하였다.

### 나. 이화학적 특성

염분은 Salinometer(Tsurumi E-1)로 측정하였고 pH는 pH-meter(Horiba H-7LD)로, 용존산소는 DO-meter(YSI Model 57)로 현장측정 하였으며, 부유물질은 유리섬유 여과지 여과법으로 총부유물질과 휘발성 부유 물질을 측정하였다. 투명도는 Secchi disc로 측정하였고 수색은 Forel 수색계로 측정하였다. 클로로필, 인산인, 질산질소, 아질산질소, 암모니아질소, 총무기질소 등은 Standard Method(1985)에 따라 분석하였으며 규산염은 일본 해양관측지침(1978)에 따라 분석 하였다.

### 다. 생물상 조사

#### 1) 식물 플랑크톤

식물 플랑크톤의 채집은 모든 정점에서 표층, 5 m, 10m 그리고 10m 이심은 10m 간격으로 저층까지

Nansen bottle로서 채수하였다. 시수는 각 1l씩으로 하여 선상에서 5%의 중성 포르말린으로 고정된 후, 실험실로 운반하여 침전법에 따라 100~150 ml로 농축하여 검경용 시료로 하였다. 종의 동정은 습식법과 건식법을 함께 사용하여 고배율( $\times 600$ ~ $\times 1000$ )하에서 행하였다.

#### 2) 동물 플랑크톤

동물 플랑크톤의 시료는 NORPAC net(구경 45cm, 망목 330  $\mu$ m)를 이용하여 모든 정점에서 저층에서 표층까지 수직으로 끌어 채집하였다. 채집된 시료는 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 실험실에 운반한 후 전체의 1/4~1/16을 취하여 Bogorov 계수관을 사용하여 현미경 하에서 관찰하였다.

#### 3) 어 류

어류는 저인망을 이용하여 1985년 10월 부터 1986년 9월까지 1년동안 매월 채집하였다. 대략 정점 C3와 B4사이, B6와 A6 사이 그리고 A3와 A4사이의 3 장소에서 각각 1시간씩 예망하였다. 채집한 어획물은 10%의 중성 포르말린에 고정하였고 실험실에 운반한 후 동정, 계수 하였다. 어류의 동정에는 정(1977)과 Masuda *et al.*(1984)을 참조 하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 수온, 염분 및 밀도의 분포

#### 가. 수 온

Fig. 2는 1985년 가을(좌)과 겨울(우)에 관측한 표면수온분포도이고, Fig. 3은 1986년 봄(좌)과 여름(우)에 관측한 것이다.

일반적으로 표면 수온은 4계절 모두 낙동강 하구 다대포 앞 서도에서 거제의 지심도를 잇는 선의 북서쪽은 이선의 동남쪽인 쓰시마 난류역측보다 1~2°C 낮은 저온상을 나타내고 있으나 여름은 거주로 쓰시마 난류역이 오히려 1~2°C 낮다. 이러한 현상은 여름의 태양 복사열로 인한 연안층의 승은 현상을 제외하고는 동남쪽이 대한해협 서수도를 통해 유입되는 쓰시마 난류 영향을 받기 때문이다.

최고 수온은 가을의 남형제도 부근에서 21.2°C 이상이고 또 여름에는 지심도 동방 약 5마일리 정점 G3에서 24.0°C나 되는 고온수가 북동쪽으로 뻗어 들어가 있다. 이 고온수는 이 등(1984)의 거제도 연안 수보다 수온이 약 3°C 높으나 이들 역시 같은 연안 수라고 생각된다.

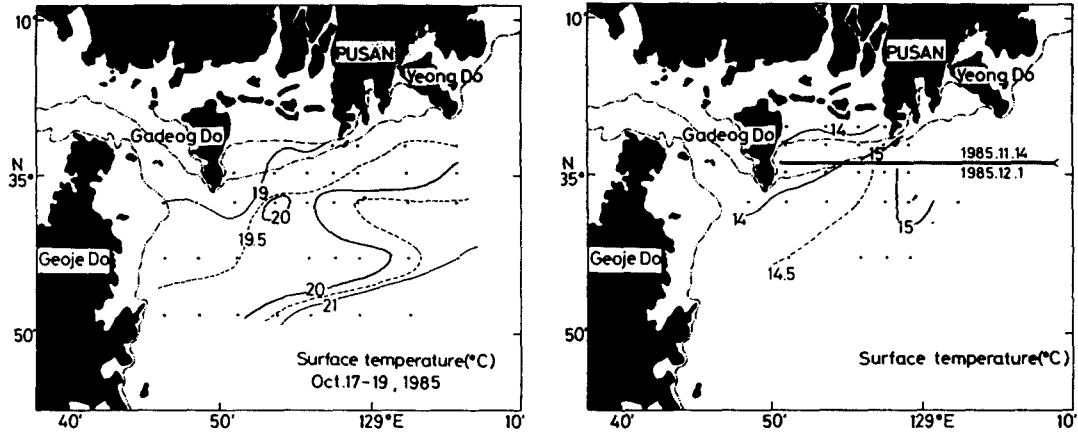


Fig. 2. Surface temperature distributions in autumn(left) and winter (right), 1985.

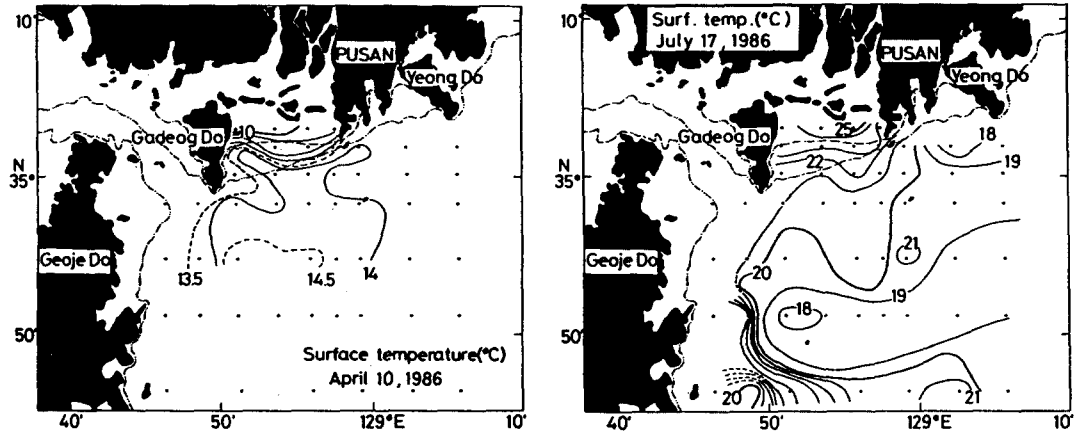


Fig. 3. Surface temperature distributions in spring(left) and summer (right), 1986.

가을철에는 이들 고온수와 북서쪽의 19.5°C이하의 낙동강 유출수 및 연안수와의 사이에 20°C 등온선을 중심으로 S자형의 전선을 형성하고 있으며, 여름철에는 지심도 동북쪽의 20°C 등온선 부근과 낙동강 하구로 부터 가덕도를 잇는 22°C선을 중심으로 유출수와 외해수와의 사이에 현저한 수온 전선을 형성하고 있다.

한편 봄과 겨울은 수온이 4계절중 가장 낮아 최저 온도는 겨울(Fig. 2의 좌)의 가덕도 부근의 13.7°C였고, 봄에는 낙동강 하구의 A선과 B선은 9.3~11.9°C 그리고 가덕도 옆의 정점 C3 및 D4는 13.30 및 13.65°C의 저온수가 동남쪽을 향해 쳐 모양으로 약 5마일 가량 떨어져 나와 있다. 이러한 현상은 가덕수도로부터 유출되는 진해만 연안수라고 생각된다.

표면 수온이 겨울이 봄보다 높게 나타난 것은 겨울의 관측일시가 계절의 최저 수온을 나타내는 2월이 아니기 때문에 높게 나타나며, 그리고 봄은 겨울철의

잔존 냉수가 그대로 남아 있기 때문이라 생각된다.

한편 저층 수온은 갈수기인 겨울과 봄은 한랭한 계절풍과 표면수의 냉각에 의한 대류 및 혼합 작용으로 표면 수온과 거의 같아서 전 조사해역이 겨울에는 12.9~15.3°C의 범위이고 그 분포 형태는 표면 수온과 거의 동일하였다. 또한 봄의 경우도 거의 모든 해역이 13.0°C 이상으로 표면 수온과 비슷하여 저층 온도분포를 생략하고 낙동강 유출수가 많은 계절인 여름과 가을의 저층 온도 분포를 Fig. 4에 나타내었다.

여름의 저층 수온(Fig. 4의 좌)은 낙동강 하구 정점 A5에서 25.0°C의 따뜻한 하천수가 낙동강 하구의 동서로 떨어져 있어 외해의 수온이 15°C이하로 낮은 저온수와의 사이에는 혀 모양의 난수가 북형제도 동쪽까지 뻗혀있어 이들 사이에는 현저한 수온 전선이 형성되어 있다. 이러한 현상은 수심이 20m 이하인 낙동포의 표면수가 저층까지 같은 수온이 되어 저층

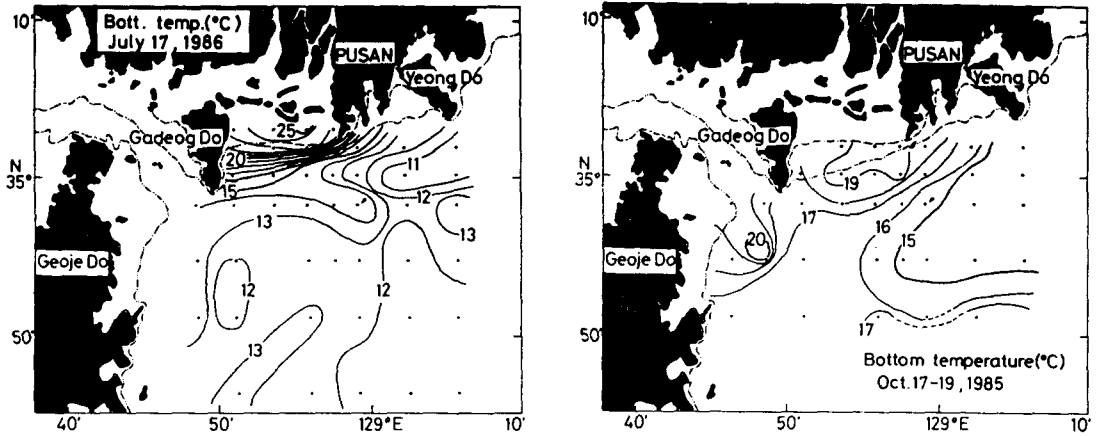


Fig. 4. Near bottom temperature distributions in summer (left), 1986 and autumn(right), 1985.

수는 표층수와 같은 온도 분포를 나타내고 있으나, 수심이 깊은 외해쪽은 수온약층 아래쪽의 15°C 이하의 저층수(Fig. 9, 10, 11)이므로 이 약층이 연안쪽의 해저에 교차되어 전선과 같은 현상을 나타내기 때문이다.

가을의 저층 수온(Fig. 4의 우)은 정점 B5와 C5를 중심으로한 낙동포가 19°C 이상의 약간 고온이고, 서쪽인 거제도 연안은 20.2°C로 가장 고온을 나타내고, 이 주변의 가덕수도와 낙동포에는 남형제도 부근의 16°C 등온선과 동쪽 14.4-15.5°C의 저온역 사이에는 전선이 형성되어 있다.

낙동포와 거제도 연안역은 고온이고 외양쪽인 남동은 저온으로 표면과는 상반되는 분포 현상(Fig. 2의 좌)을 보이고 있다.

이것은, 연안역은 수심이 낮아 표층과 거의 같은 온도를 나타내고 있으나, 외해쪽은 수심 30~50m로서 수온약층 아래의 냉수이므로 이들 사이에 수온약

층이 해저와 교차되어 전선으로 보이는 현상이라 하겠다.

#### 나. 염 분

Fig. 5는 1985년 가을(좌)과 겨울(우)에 관측한 표면염분 분포도이고 Fig. 6은 1986년 봄(좌)과 여름(우)에 관측한 것이다.

일반적으로 갈수기인 겨울과 봄은 낙동강 유출수가 적어 염분 농도가 높아져서 낙동강 하구 바로 아래 부근은 29.0%이하인 곳도 있다. 그러나 그외 해역은 모두 30.0-33.5%로서 겨울(Fig. 5의 우)은 봄(Fig. 6의 좌)보다 낮아 29.0~31.0%이고 봄은 32.5~33.5%로서 일년중 가장 높은 값을 보이고 있다.

한편 홍수기인 여름과 가을의 표면 염분은 낙동강 유출수의 확산 범위를 잘 나타내어 그 저염화 범위를 알 수 있다.

가을의 표면 염분(Fig. 5의 좌)은 낙동강 하구 바로

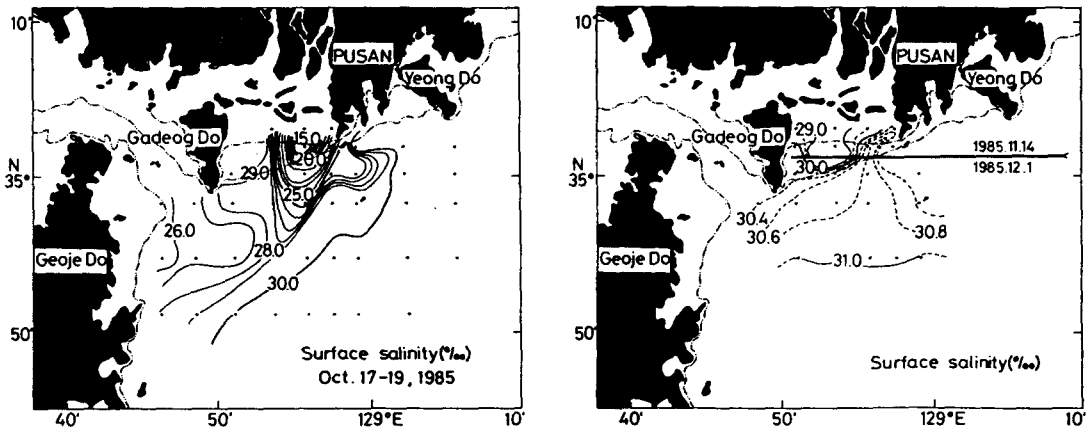


Fig. 5. Surface salinity distributions in autumn(left) and winter(right), 1985.

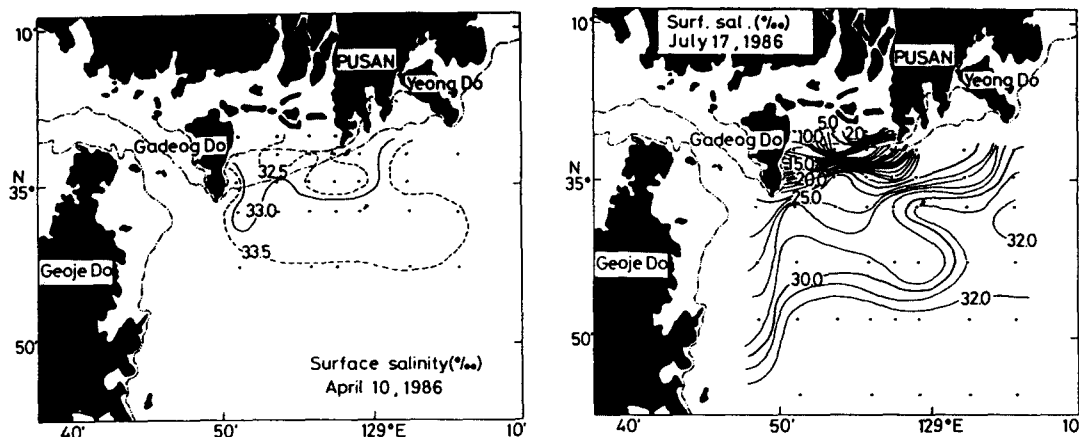


Fig. 6. Surface salinity distributions in spring(left) and summer(right), 1986.

동쪽의 서도 앞 정점 B5에서는 10.1%의 최소치를 나타내고 그 외양에서는 22.7~28.9%의 저염분대가 허 모양으로 정점 F4에까지 펼쳐 있다. 이 저염분대를 중심으로 서쪽인 거제도 연안의 정점 E1에서는 25.3%로서 동쪽보다 약간 저염분이고, 목도, 형제도를 중심으로 한 선의 동쪽에서는 30.0% 이상의 약간 고염분이었다. 염분 전선은 낙동포 하구역의 허 모양의 저염분대 주위에 있는 25%의 등염분선대 주위로서 이 곳에는 부유 물질이 퍼서 띠모양으로 줄을 지어 조류(current rip)을 형성하고 있었다.

여름의 표면 염분(Fig. 6의 우)은 대체로 낙동강 하구와 가덕도 쪽은 각각 1.9%, 2.0%의 극히 낮은 등염선이 동서로 나란히 펼쳐 있다. 그 남쪽 F선에 이르러서는 32.0% 이상의 고염수가 동서로 떨어 있다. 이러한 분포 형태는 목도와 남북형제도에까지 이르러서는 약 27.0%에 달하고, 이 부근에서는 허 모양의 저염한 물이 동남쪽으로 떨어어나와 있다.

이러한 현상은 김 등(1986)의 1979년 8월 9일의 LANDSAT MSS-4에 의한 화상에도 이와 같은 현상이 나타나 있어, 낙동강 하천수가 낙동강 하구에서 가덕도 쪽을 거쳐 거제도에 까지 영향을 미치고 한편으로는 서도 연안을 거쳐 영도쪽으로 향하며, 목도사이에 고염의 쓰시마 난류수가 유입하는 현상을 나타내고 있다.

이상에서 보면 1985년 가을이 1986년 여름보다 표면 염분이 낮은 것은 부산 지방의 총강우량이 1985년 가을(10월)에는 248.2 mm로서 누년 평균치보다 약 180mm 많았는데 비하여 1986년 여름(7월)에는 총강우량이 183.0 mm로서 누년 평균치 보다 약 60mm 적었기 때문이라 생각된다(중앙기상대, 1985, 1986).

#### 다. 밀도

밀도는 수온, 염분 및 압력에 의해 결정되나 연안역에서는 주로 염분에 의해 좌우된다. 특히 낙동강

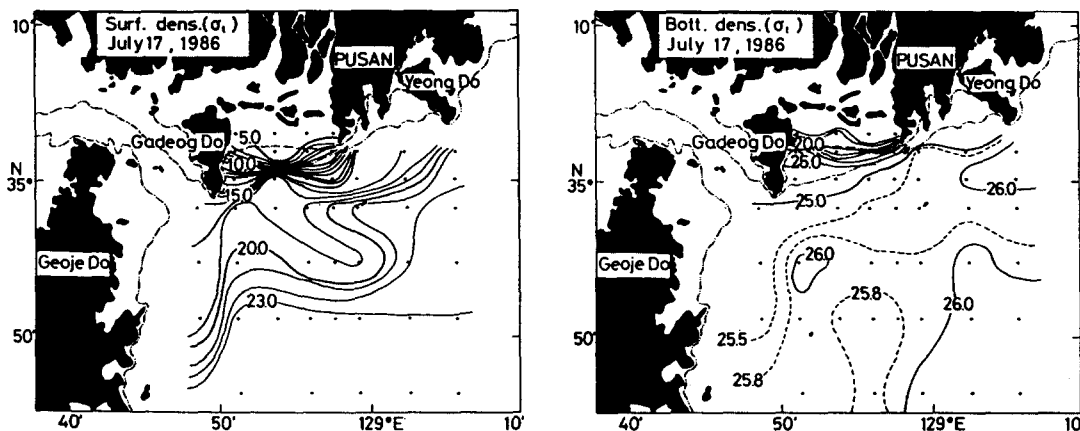


Fig. 7. The distributions of the surface (left) and bottom(right) densities in summer, 1986.

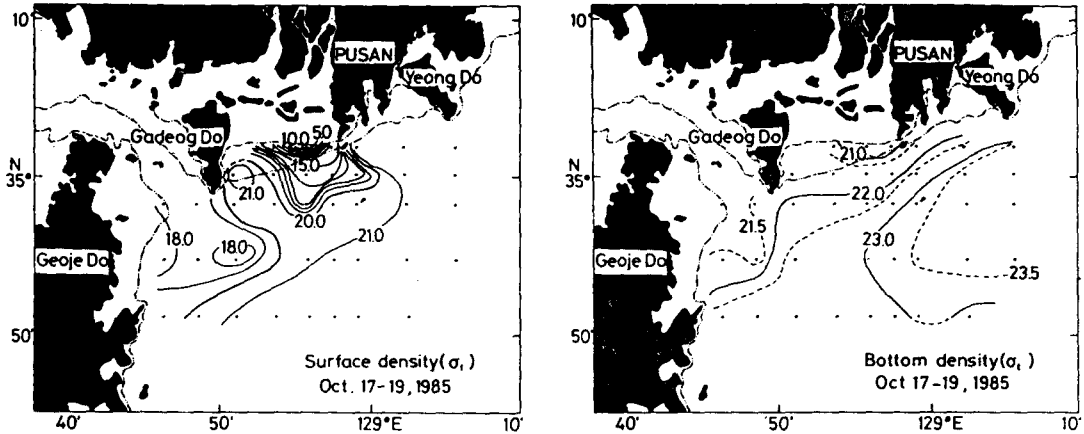


Fig. 8. The distributions of surface(left) and bottom(right) densities in autumn, 1985.

과 같은 큰 강 하구에는 밀도 분포는 염분에 크게 의존한다.

Fig. 7은 여름의 표면(좌)과 저층(우)의 밀도( $\sigma_t$ ) 분포를 나타낸 것이며, Fig. 8은 가을의 표면(좌)과 저층(우)의 밀도 분포를 나타낸 것이다.

여름철의 표면 밀도 분포는 표면 염분 분포와 거의 비슷한 분포 양상으로 낙동포 저염분대역인 B선에 비해 A선의 연안쪽은 0.58~5.00 이하이다. 전체적으로 가덕도쪽은 밀도가 14.0~17.0으로 남동쪽 거리가 멀수록 밀도가 커져서 정점 G9에서는 22.93에까지 이른다.

여름철 저층의 밀도(Fig. 7의 우)는 낙동강 하구 정점 A4에서 12.03으로서 이 점에서는 수온이 25.0°C이고 염분이 20.1‰로 따뜻하고 저염한 하천수가 낙동강 하구의 동서로 뻗어 가덕도쪽에 이르고 있어 C선의 안쪽은 밀도 25.00 이하가 되어, 이 해역에는 뚜렷한 전선을 형성하고 있다. 이 전선에서 남쪽으로 갈수록 밀도가 커져 정점 F8과 G6에서는 밀도 26.00 이상으로 까지 된다.

한편, 가을의 표면 밀도 분포(Fig. 8의 좌)는 표면 염분 분포와 거의 비슷한 분포로 낙동포 저염분대역의 정점 B5에서 밀도 5.95이었고 정점 D5에서는 밀도 20.00이었으며, 역시 밀도 변화가 현저한 전선역이 밀도 20.00으로 나타 났다. 그리고 목도와 서도 및 지심도를 잇는 선의 남동쪽에는 밀도 21.00 이상의 무거운 물이 있다. 가을의 저층 밀도 분포 (Fig. 8의 우)는 표층과 비슷하고, 염분 분포도와도 비슷한 분포를 나타내어 낙동포와 거제도 의 지심도를 잇는 북동-남서 선의 북서쪽은 22.00으로 밀도가 낮고 이 선의 남동쪽은 23.00으로 커서 수온 분포와 비슷한 형태를 나타내었다.

#### 라. 수온, 염분 및 밀도의 연직분포

낙동강의 저염한 유출수가 깊이 몇 m에 까지 영향을 미치는 가을 보기 위해 Fig. 1에서 동서로 자른 안쪽의 C선과 바깥쪽의 E선 그리고 남북으로 자른 각선 정점5(128°57'E)를 이은 선의 수온, 염분 및 밀도( $\sigma_t$ )의 연직 단면도를 나타내었다.

그림 9는 A선 보다 약 3마일 남쪽인 C선의 수온, 염분과 밀도( $\sigma_t$ )의 단면도이다.

표면에서는 수온이 19.2~22.4°C로서 정점 C8이 가장 낮고 낙동강 하구인 정점 C5가 가장 고온인 22.4°C이다. 수온약층은 20~30 m에 존재하고 그 하층은 15°C 이하이며 정점 C9에서는 13.0°C로 최저에 달한다. 정점 C8인 부산 남항 입구에서 낮은 수온이 수심 20 m에서 10 m에 까지 상승하는 현상이 특이하다.

표면 염분은 21.0~31.0‰로 서쪽인 정점 C3에서 가장 낮은 21.0‰이고 동쪽인 정점 C9에서는 가장 높아 31.0‰로서 등치선은 서쪽의 저염분이 동쪽과 수심이 같은 쪽으로 확장되는 형태이다. 수심 20 m 이심에서는 33.5‰로서 균일하다.

밀도는 염분의 분포 형태와 거의 같아서 서쪽인 정점 C3의 표면에서는 13.77이고 동쪽인 정점 C9에서는 21.77로서 크다. 깊이 10 m에서는 거의 모두 24.70 이상이지만 정점 C8의 수심 10 m와 20 m에서는 온도의 영향으로 밀도 24.00선이 수심이 얕은 쪽으로 치켜올라가고 있다.

Fig. 10은 E선의 수온, 염분과 밀도( $\sigma_t$ )의 연직 단면도이다. 표면 수온은 18.6~21.0°C로서 동쪽인 E9에서 18.6°C로서 가장 낮고 서쪽인 E2와 중앙인 정점 E7에서는 21.0°C로서 가장 높다. 정점 E3인 가

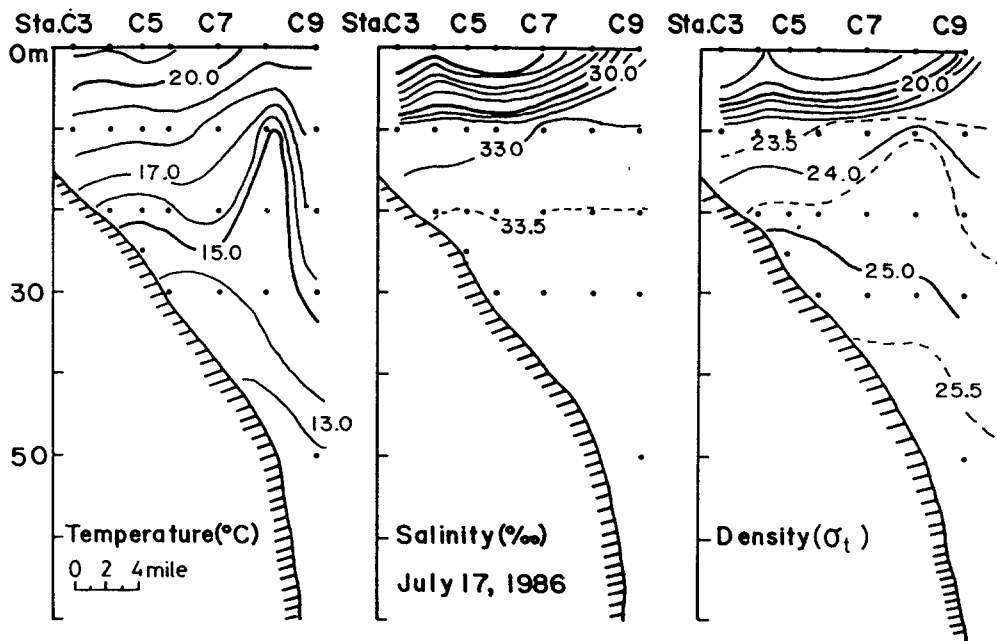


Fig. 9. The sections of temperature, salinity and density on C-Line.

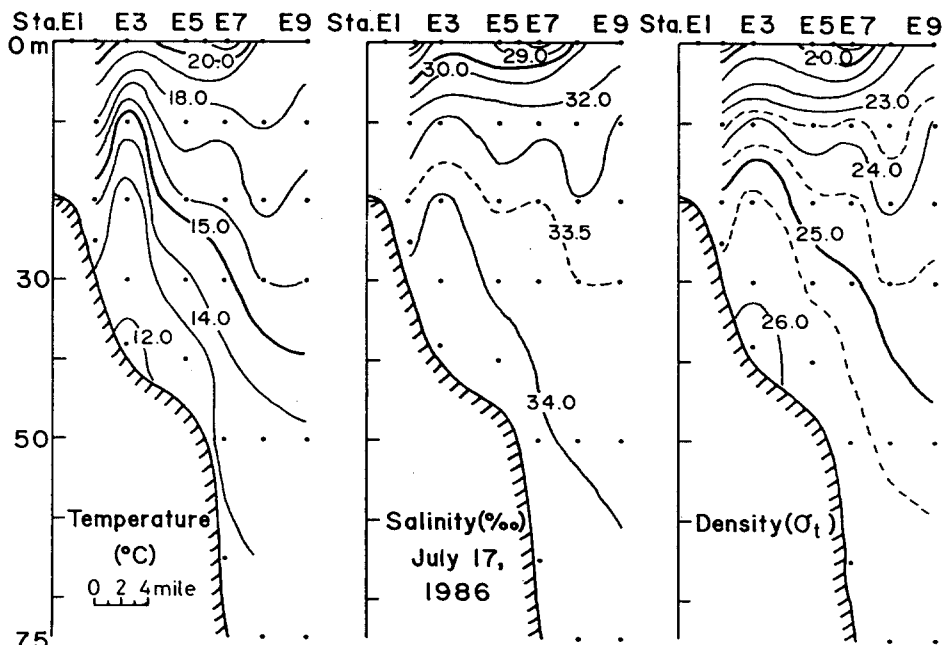


Fig. 10. The sections of temperature, salinity and density on E-Line.

덕도의 약간 남동쪽에서는 양측에 비하여 3~4°C 낮은 12~14.2°C의 냉수가 상층으로 용승한 것처럼 보이는 분포를 하고 있다. 반면에 동쪽인 정점 E8에서는 반대로 침강 현상을 나타내어 양측에 비하여 1°C 상승한 13.7~18.5°C로 고온이다.

염분은 E2의 표면에서 27.0%의 가장 저염인 core

가 존재하고, 이 core에서 동쪽으로 멀어질수록 염분이 증가하여 E9에서는 31.6%에 이른다. 그리고 깊이가 깊어질수록 염분이 증가하여 수심 10m에서는 각 정점 모두 33.0% 이상이 되고 이심에서는 동쪽으로 갈수록 염분이 증가하여 등염선이 동쪽으로 기울어져 있다. 대략 해저의 10m 깊이에는 34.0%



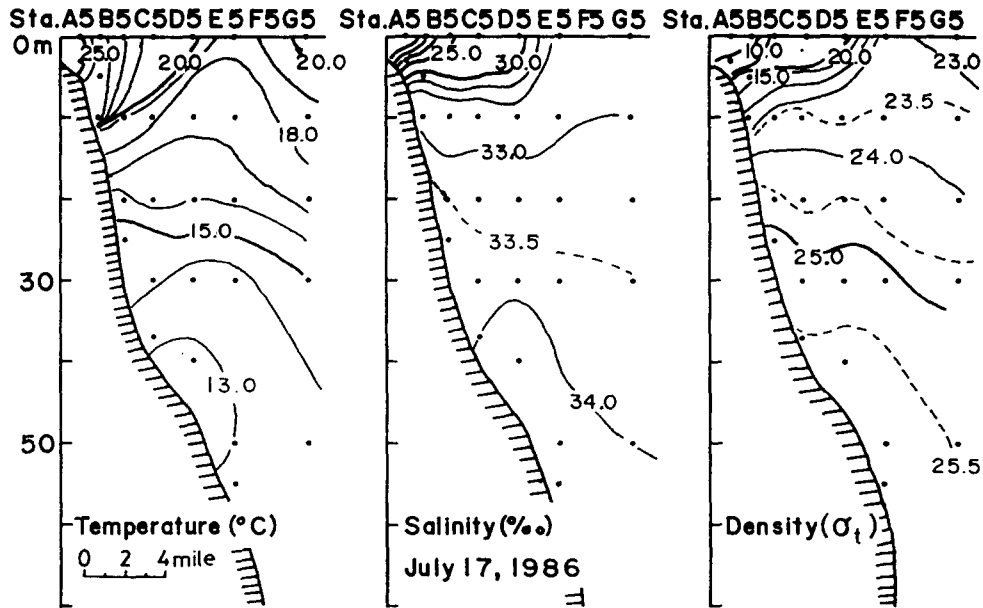


Fig. 11. The north-south section of the 5th point on each line(temperature, salinity and density).

이상의 고염분이 존재하고 있고 특히 정점 E7에서는 수온 단면도에서와 같이 침강현상이 나타나고 있다.

밀도는 수온, 염분과 같은 연직 구조로서 서쪽의 표면에는 18.42로서 가장 낮고 동쪽인 E9에서는 22.52로서 높다. 또 10m 이십에서는 정점 E8에서 침강 현상이 일어나 밀도 23.50 이상의 등밀도선에서 이 현상이 모두 일어나고 있다.

Fig. 11은 낙동강 유출수가 바로나오는 남쪽의 각 정선의 정점 5에 대한 수온, 염분과 밀도( $\sigma_t$ )의 연직 단면도이다.

수온은 정점 A5의 표면과 저층에서 25.1°C로서 가장 높은 core를 이루고 여기서 남쪽으로 갈수록 차가워져서 정점 F5의 표면과 정점 B5의 저층을 잇는 선의 안쪽은 20.0°C이상의 고온이였다. 그러나 정점 E5에서는 18°C의 차가운 물이 상층으로 상승하고 있으며, 수심 20m이십은 15°C이하의 차가운 냉수가 존재하고 있다.

염분 역시 낙동강 하구에서 가장 가까운 정점 A5에서 1.9‰이고 밀도도 1.54로서 가장 적었다. 이러한 고온 저염의 가벼운 core가 정점 D5의 수심 10m에 까지 확장되어 있다. 그 이십은 염분 33.0‰이상이며 수심 40m이십의 동쪽 정점의 저층에서 34.0‰ 이상에 까지 달한다.

밀도 역시 수심 20m이십은 24.00으로서 염분과 비슷한 분포 형태를 나타내고 정점 D5와 E5의 해저에서 수심 10m저층에는 밀도가 25.50 이상이었다.

이상의 단면도에서 여름철에 낙동강 하구역은 수심 약 10m의 표층에서는 고온저염한 가벼운 물이 그 이십의 저온고염인 무거운 물위에 얹혀 외양으로 흘러가고, 무거운 하층수는 낙동강 하구쪽으로 유입하고 있었다.

## 2. 수질의 특성

### 가. 수색 및 투명도

낙동강 하구 해역에서는 Fig. 12에서 보는바와 같이 Forel 수색계의 수색계급 7이상에 해당되는 황록색 수색대가 조사기간 연중 분포하고 있었으며 이 수색대는 외해쪽의 수색계급 3~4인 청색의 수색을 띤 해역과 선명하게 구별되었다. 이 황록색 수색대의 투명도는 4m이하의 해역에 해당 되었다.

### 나. 영양염류

총무기질소의 분포는 Fig. 13에서 보는바와 같이 조사기간을 통하여 2.73~245.28 $\mu\text{g-at/l}$  범위로 하계인 7월의 조사치가 가장 높았고 4월의 조사치가 가장 낮았으며 해역별로는 낙동강 하구쪽이 가장 높은 농도를 보였으며 외해쪽으로 갈수록 점차 낮아지는 경향이였다. 최와 박(1986)에 의하면 낙동강 하천수 중의 총무기질소 농도가 58.77~231.68 $\mu\text{g-at/l}$  범위로 매우 높은 농도로 함유되어 있어 이 하천수 영향을 받는 하구 해역의 무기질소는 매우 높은 농도로 분

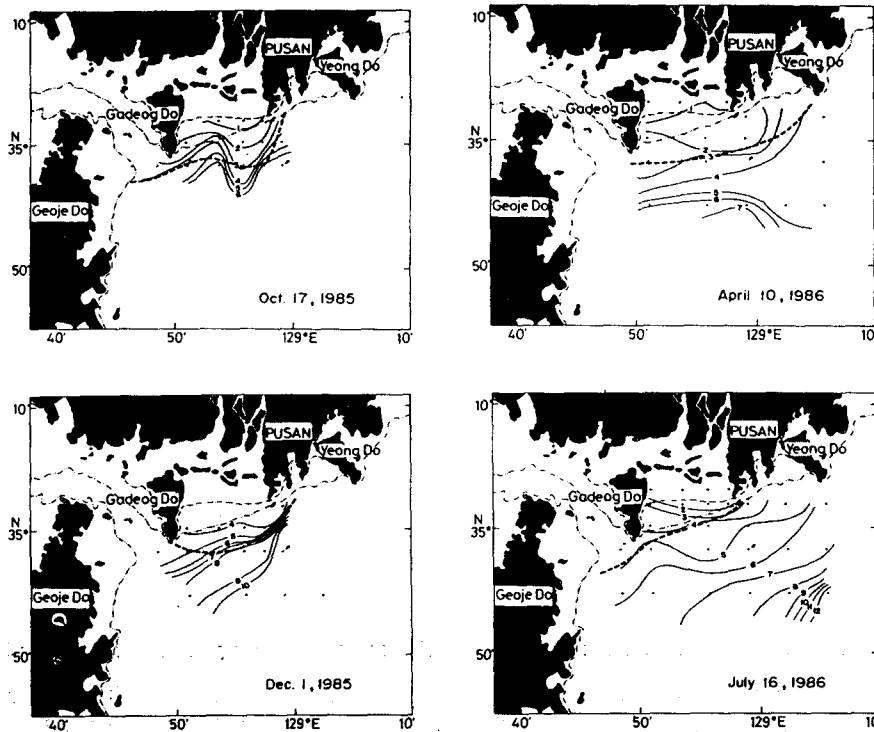


Fig. 12. Distributions of transparency in meter. Full lines; transparency. Broken lines; the grade 7 according to the Forel water-color meter.

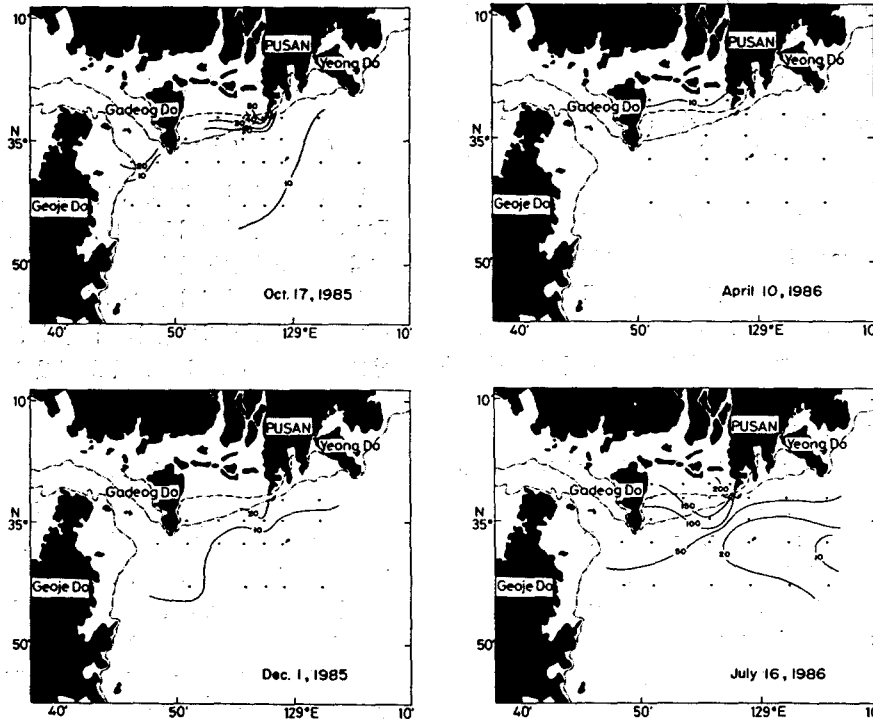


Fig. 13. Distributions of total inorganic nitrogen in  $\mu\text{g-at/l}$ .

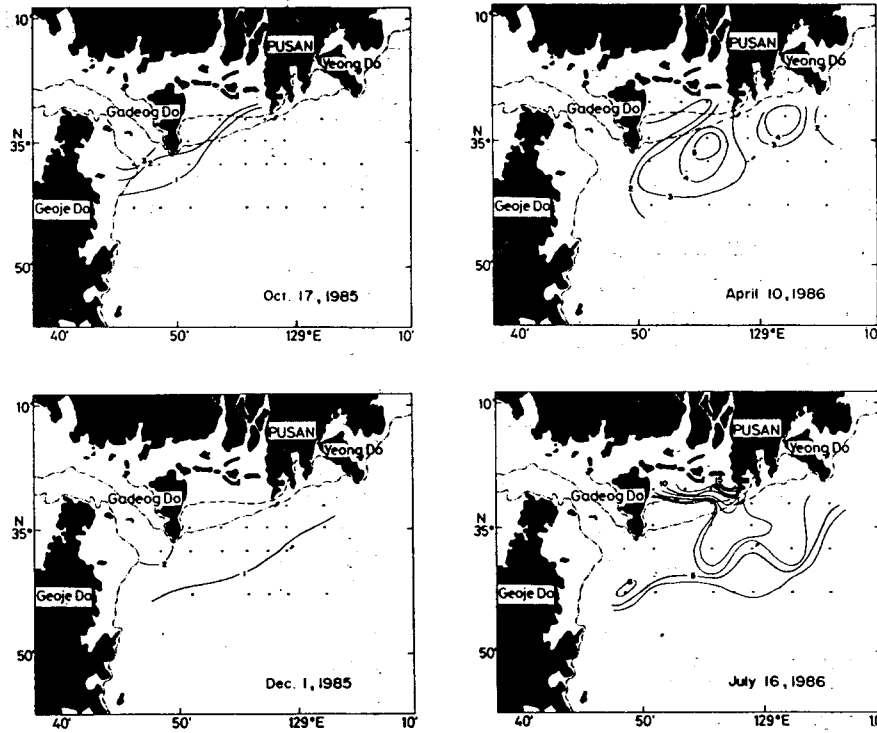


Fig. 14. Distributions of chlorophyll-a in  $mg/m^3$ .

포하고 있음을 알 수 있다.

인산염 분포는  $0.12-1.45\mu g-at/l$  범위로 역시 낙동강 하구쪽이 높고 외해로 갈수록 점차 낮아지는 경향이었으며 계절에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다.

본 조사 해역의 영양염류의 N/P비를 보면  $8.0-424.7$  범위로 특히 하계에는 영양염류의 질소 함량비가 매우 높은 값을 보임을 알 수 있다. 규산염 분포는  $4.53-141.36\mu g-at/l$  범위로 염분이 낮은 하구쪽에서 높은 온도를 보였으며, 계절별로는 하계에 가장 높았다.

#### 다. 클로로필 분포

클로로필 a 분포는 Fig. 14에서와 같이  $0.10-15.17 mg/m^3$  범위로 하구쪽이 가장 높고 외해쪽으로 갈수록 낮아지는 경향이 있으며 계절별로는 하계에 가장 높은 농도를 보였다.

#### 라. 기타 수질

pH는  $7.28-8.42$  범위로 하구 부근이 낮고 외해쪽

이 높았으며 계절별로는 춘계와 하계가 높았다.

용존산소 포화도는  $75.6-114.6\%$  범위로 클로로필 a 함량이 가장 높은 하계에는 광합성 작용에 의해 용존산소가 거의 과포화 되어 있었다. 부유물질은  $1.8-42.4 mg/l$  범위로 수색 7이상의 황록색 수색대 해역은 부유물질 농도가  $5mg/l$  이상이었다.

### 3. 생물상

#### 가. 식물 플랑크톤

조사 기간중 출현한 식물 플랑크톤은 총 276종으로서, 규조류가 233종류로 66속 216종 12변종 5품종이었고 와편모조류가 36종류로 13속 1변종 1품종이었다. 그밖에 기타 조류가 7종이었다.

규조류와 와편모조류가 전체 출현종의 97.5%이었으며, 규조류와 와편모조류의 구성비는 각각 84.4%와 13.1%이었다. 월별에 따른 상기 두 조류의 비는 10월에 각각 85.3%와 12.9%, 12월에는 91.6%와 7.8%, 4월에는 86.4%와 10.7% 그리고 7월에는 79.8%와 16.0%이었다. 규조류는 겨울에 많고 와편

모조류는 여름에 많았다. 봄과 가을에는 두종류의 구성비가 유사하였다.

우리나라 주변 해역에서는 규조류가 가장 많은데, 강 하류역에서는 기수구를 경계로 상류부는 녹조류와 남조류가 많고 하류부로 내려 올수록 규조류가 많아져 강 입구 앞 바다에서는 규조류가 식물 플랑크톤의 대부분을 차지한다. 한강과 금강 앞 바다에서는 규조류가 95-98%이고 와편모조류가 0.4-0.7%이고(정, 1969; 김·조, 1970; Shim & Yang, 1982), 낙동강 하류역에서는 각각 80.4%와 17.4%이다(이, 1973). 금번 조사에서는 각각 84.4%와 13.1%이었다. 서해쪽의 강 입구 앞 바다와의 차이는 남해쪽에 와편모조류가 많기 때문이다.

출현종의 목록과 계절별(월별) 출현 유무는 Table 1과 같다. 목록중 속명 앞에 \*표가 있는 종은 우리나라 연근해역에서 현재까지 기록되지 않은 종으로서 규조류의 *Nitzschia longissima* f. *typica*와 와편모조류의 *Oxytoxum diploconi* 및 *Oxytoxum scolopax* 3종이다.

**Table 1. Seasonal occurrence of phytoplankton species in the Nakdong River estuary. An asterisk(\*) before generic name shows species not recorded up to now in the coastal waters of Korea**

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter
<i>Achnanthes hungarica</i>				+
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i>			+	+
<i>moniliformis</i>	+			
<i>Actinopterychus senarius</i>	+			+
<i>splendens</i>			+	
<i>Amphipleura pcellucida</i>			+	+
<i>Amphora gigantea</i>			+	+
<i>hyperborea</i>				+
<i>Amphora lineolata</i>			+	+
<i>ovalis</i>	+	+		
<i>Asterionella gracialis</i>	+			+
<i>notota</i>			+	
<i>Asteromphalus flabellatus</i>			+	+
<i>heptactis</i>	+		+	+
<i>Aulacodiscus voluta-coeli</i>				+
<i>Bacillaria paxillifer</i>				+
<i>Bacteriastrium comosum</i>	+			+
<i>elongatum</i>	+			
<i>hyalinum</i>				+
<i>varians</i>	+			
<i>Bacteriosira fragilis</i>	+	+		+
<i>Biddulphia reticulata</i>			+	
<i>Campylodiscus undulatus</i>		+		+
<i>Ceratoneis arcus</i>		+		
<i>Chaetoceros affinis</i>	+		+	+
<i>affinis</i> v. <i>circinalis</i>	+			
<i>atlanticus</i> v. <i>neopolitana</i>	+			
<i>coarctatum</i>	+			
<i>constrictus</i>	+			+
<i>costatus</i>	+			
<i>curvisetus</i>	+	+	+	+
<i>debilis</i>			+	
<i>decepiens</i>	+	+	+	+
<i>decepiens</i> f. <i>singularis</i>	+			
<i>densus</i>	+		+	
<i>denticulata</i>			+	
<i>dichacta</i>	+			
<i>didymus</i>	+	+	+	+
<i>didymus</i> v. <i>anglica</i>	+	+	+	+
<i>didymus</i> v. <i>protuberans</i>	+			
<i>diversus</i>	+			
<i>frichei</i>	+			+
<i>gracilis</i>	+		+	+
<i>hispidum</i>	+			
<i>holsaticus</i>	+			
<i>lacinosus</i>	+			
<i>lorenzianus</i>	+	+	+	+
<i>messanensis</i>				+
<i>pelagicus</i>	+			
<i>pendulus</i>	+		+	+
<i>peruvianus</i>	+		+	
<i>pseudocrinitus</i>	+			+
<i>pseudodichaeta</i>	+	+		
<i>radicans</i>	+			+
<i>rostratus</i>	+			+
<i>setoensis</i>	+			
<i>sinensis</i>				+
<i>socialis</i>			+	+
<i>subsecundus</i>			+	
<i>weissflogii</i>		+		
<i>Climacospheonia moniligera</i>				+
<i>Corethron criophilum</i>				+
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	+	+	+	+
<i>centralis</i>			+	+
<i>conoinniformis</i>	+			
<i>debilis</i>				+
<i>devius</i>	+		+	+
<i>gigas</i>	+	+	+	+
<i>granii</i>	+	+	+	+
<i>jonesianus</i>		+		
<i>megalomma</i>	+		+	+

낙동강 하구 부근의 해양환경 조사 연구

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter	Species	Spring	Summer	Autumn	Winter
<i>minor</i>	+				<i>minimus</i>	+	+	+	+
<i>nobilis</i>	+	+	+	+	<i>Licmophora lyngbyei</i>	+	+		+
<i>nodulifer</i>				+	<i>Melosira granulata</i>	+	+	+	
<i>rothii</i>				+	<i>islanica</i>			+	
<i>sub-bulicns</i>	+				<i>nummuloides</i>				+
<i>subconcauus</i>	+		+	+	<i>varians</i>	+			+
<i>subtilis</i>	+			+	<i>Navicula bacillum</i>	+	+		
<i>Cyclotella bodanica</i>		+			<i>cancelata</i>		+		+
<i>kutzingiana</i>			+		<i>cavi</i>		+		
<i>operculata</i>				+	<i>distans</i>	+	+	+	+
<i>striata</i>		+		+	<i>clegans</i>	+	+	+	+
<i>striata v. ambigua</i>		+		+	<i>falasiensis</i>		+		
<i>Cymbella lanceolata</i>	+	+			<i>granii</i>		+		
<i>minuta</i>			+		<i>mollis</i>		+		
<i>obtusiuscula</i>			+	+	<i>pellucida</i>			+	
<i>parva</i>		+			<i>placentula</i>	+	+	+	+
<i>tumida</i>	+	+	+		<i>pupula</i>			+	
<i>turgida</i>	+	+	+	+	<i>radiosa</i>	+	+	+	+
<i>Dactyliosolen antarcticus</i>			+		<i>ramosissima</i>		+	+	
<i>Detonula confervacea</i>		+			<i>salinarum</i>	+	+	+	+
<i>pumila</i>	+	+		+	<i>schmidtii</i>				+
<i>Diatoma elongatum</i>			+		<i>vanhoffenii</i>				+
<i>vulgare</i>			+		<i>Nitzschia acicularis</i>		+	+	
<i>Diploncis fusca</i>				+	<i>delicatissima</i>	+	+	+	+
<i>ovalis</i>			+		<i>lanceolata</i>	+	+	+	+
<i>splendida</i>	+				<i>longissima</i>	+	+	+	+
<i>Ditylum brightwellii</i>	+	+		+	<i>longissima v. reveras</i>	+			+
<i>sol</i>		+		+	<i>*longissima f. typica</i>	+	+		+
<i>Donkinia recta v. intermedia</i>			+	+	<i>pacifica</i>				+
<i>Eucampia zodiacus</i>			+	+	<i>pungens v. atlanticus</i>	+	+		+
<i>Fragilaria capucina</i>		+	+		<i>seriata</i>	+	+	+	+
<i>crotonensis</i>		+			<i>sigma</i>	+		+	+
<i>intermedia</i>				+	<i>stpectabilis</i>		+	+	+
<i>islanica</i>		+	+	+	<i>vitrea</i>		+		+
<i>oceanica</i>			+		<i>Odontella aurita</i>				+
<i>Frustulia rhomboides</i>	+	+			<i>sinensis</i>	+			+
<i>vulgaris</i>		+			<i>Paralia sulcata</i>	+	+	+	+
<i>Gomphonema graciale</i>	+			+	<i>Pinnularia viridis</i>	+		+	+
<i>lanceolatum</i>		+			<i>Pleurosigma aestaurii</i>	+			+
<i>Guinardia flaccida</i>			+	+	<i>affine</i>	+	+	+	+
<i>Gyrosigma acuminatum</i>			+	+	<i>angulatum</i>	+	+	+	+
<i>attematum</i>	+	+	+	+	<i>compactum</i>				+
<i>balticum</i>	+	+	+	+	<i>elongatum</i>	+	+		+
<i>Hentzschia amphioxys v. exmphilia</i>			+		<i>fasciola</i>		+		+
<i>Hemizulus hauckii</i>				+	<i>intermedium</i>	+		+	+
<i>sinensis</i>				+	<i>longum</i>			+	
<i>Hyalodiscus subtilis</i>			+		<i>naviculaceum</i>	+	+	+	+
<i>Lauderia annulata</i>	+		+	+	<i>nicobarium</i>	+			
<i>gracilais</i>				+	<i>normanii</i>	+	+		+
<i>Leptocylindrus adriaticus</i>	+		+		<i>pelagicum</i>	+			+
<i>danicus</i>	+	+	+	+	<i>rectum</i>		+		

Species	Spring	Summer	Autumn	Winter	Species	Spring	Summer	Autumn	Winter
<i>salinarum</i>				+	<i>oestrupii</i>	+	+	+	+
<i>Podosira stelliger</i>	+	+			<i>pacifica</i>	+			+
<i>Psaammodiscus nitidus</i>		+		+	<i>punctigera</i>		+		+
<i>Pseudoeunotia doliolis</i>			+		<i>rotula</i>	+	+	+	+
<i>Rhabdonema adriaticum</i>				+	<i>subtilis</i>				+
<i>arcuatum</i>			+	+	<i>Thalassiothrix delicatula</i>	+			+
<i>Rhicosphenia curvata</i>			+	+	<i>frquensfeldii</i>	+		+	+
<i>Rhizosolenia alata</i>			+	+	<i>Triceratium reticulum</i>		+		+
<i>alata</i> f. <i>gracillima</i>			+	+	<i>Tropidoneis lepidoptera</i>				+
<i>alata</i> f. <i>indica</i>			+	+	<i>Ceratium furca</i>	+	+	+	+
<i>calcar-avis</i>	+		+	+	<i>fuscus</i>	+	+	+	+
<i>hebetata</i> f. <i>hiemalis</i>			+	+	<i>tripos</i>				+
<i>imbricata</i>			+	+	<i>tripos</i> f. <i>neglecta</i>				+
<i>imbricata</i> v. <i>shrubsolci</i>			+	+	<i>typica</i>				+
<i>robusta</i>	+		+	+	<i>Dinophysis acuminata</i>		+		
<i>setigera</i>	+		+	+	<i>caudata</i>		+		
<i>stolterfothii</i>			+	+	<i>fortii</i>	+			
<i>styliformis</i>	+		+	+	<i>ovum</i>	+			
<i>Skeletonema costatum</i>	+	+	+	+	<i>Diplopsalis pilula</i>		+		
<i>Stauroneis membranacea</i>	+			+	<i>Dissodinium pseudolunula</i>		+		
<i>phoenicenteron</i>			+	+	<i>Gonyaulax orientalis</i>		+		
<i>Stephanodiscus rotula</i>	+			+	<i>polyedra</i>			+	
<i>Stephanopyxis nipponica</i>				+	<i>polygramma</i>	+	+	+	+
<i>palmeriana</i>	+			+	<i>spinifera</i>	+			
<i>turris</i>				+	<i>tricantha</i>	+			
<i>Streptothecca tamesis</i>		+		+	<i>Gymnodinium lohmanii</i>		+	+	+
<i>Surirella linearis</i>	+				<i>nakasakiense</i>		+	+	+
<i>Synedra acus</i>	+	+		+	<i>sanquineum</i>	+	+	+	+
<i>acus</i> v. <i>angustissima</i>		+		+	<i>Gyrodinium spirale</i>	+		+	
<i>affinis</i>	+	+	+	+	<i>Ornithoceros stenii</i>	+	+		
<i>affinis</i> v. <i>faciculata</i>			+		* <i>Oxytoxum diploconi</i>		+		
<i>affinis</i> v. <i>obtusz</i>	+	+	+	+	* <i>scolapax</i>		+		
<i>auriculata</i>		+			<i>Prorocentrum lima</i>				+
<i>fulgens</i>				+	<i>micans</i>			+	
<i>pulchella</i>		+			<i>Protogonyaulax fratercula</i>	+	+	+	
<i>ulna</i>	+	+			<i>Protoperidinium breve</i>		+		
<i>wndulata</i>	+	+			<i>claudicans</i>		+	+	
<i>Tabellaria binialis</i>		+			<i>conicum</i>		+		
<i>fenestrata</i>		+			<i>depressum</i>	+		+	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	+	+	+	+	<i>oceanicum</i>	+	+	+	+
<i>Thalassiosira aestivalis</i>	+			+	<i>pallidum</i>			+	
<i>angulata</i>	+	+		+	<i>pentagonum</i>			+	
<i>anguste-lineata</i>				+	<i>pentagonum</i> v. <i>depressum</i>				+
<i>baltica</i>	+				<i>pyriforme</i>	+			
<i>condensata</i>		+			<i>Pyrophacus horolongicum</i>	+			+
<i>eccentrica</i>	+	+	+	+	<i>Chroococcus pallidus</i>	+			
<i>gravida</i>	+			+	<i>Chroomonas</i> sp.	+			
<i>hyalina</i>	+	+	+	+	<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	+	
<i>leptopis</i>	+	+	+	+	<i>Dictyocha fibula</i>	+	+	+	+
<i>lineatz</i>				+	<i>Distephanus speculum</i>		+		
<i>nordenskioldii</i>	+	+		+	<i>Eugelna</i> sp.		+		
					<i>Eutreptiella marina</i>		+		

우점종을 보면, *Skeletonema costatum* 은 4회 모두, *Nitzschia seriata* 는 10월, 12월 및 4월에, *Nit. longissima* 는 7월에, *Leptocylindrus danicus* 와 *Lept. minimus* 는 7월과 10월에, *Thalassiosira rotula* 와 *Th. hyalina* 는 12월에, *Chaetoceros curvisetus* 는 12월과 4월에 우세하였다. 그리고 와편모조류의 *Protogonyaulax fraterula* 와 *Gymnodinium sanguineum* 은 4월과 7월에, *Ceratium fuscus* 는 7월에 우세하였다.

1939년대 아대포에서의 우점속은 *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Nitzschia* 이었고(倉茂, 1943), 1970년대 초에도 비슷하였다(정, 1970; 최, 1970). 그러나 1984년 조사에 의하면 위의 3속중, *Chaetoceros* 속은 쇠약해지고 대신 *Thalassiosira* 속이 우세하게 나타난다(이 등, 1985). 이런 현상은 이번 조사에서도 동일하였는데, 큰 특징이라 할 수 있다.

#### 나. 동물 플랑크톤

낙동강 하구해역에서 동물 플랑크톤을 조사한 결과 총 47개 분류군이 나타났으며, 이들 중 35개 정도의 분류군이 속 이하로 동정되었다(Table 2). 가장 우점으로 나타난 분류군은 Copepoda 로써 채집된 총 개체수의 60% 이상을 차지하였다. 이 결과는 한국 연안 동물 플랑크톤 조사와 거의 일치한다(허, 1967; Choe, 1972; 박, 1973; Shim and Park, 1983; 이, 1983). 출현한 Copepoda 의 주요 종은 *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* 그리고 *Temora turbinata* 였다. 다음으로 많이 나타난 분류군은 *Noctiluca scintillans* 였는데, 전체 개체수의 약 20%를 차지하였다. 이 점유율은 여수 해역과 유사하지만(심·노, 1982), 그의 다른 해역보다는 높은 값이다(허, 1967; Choe, 1972; 박, 1973; 심·이, 1983). 그의 Cladocera, *Sagitta* spp. Cnidaria, Mysidacea, *Lucifer* spp. 등이 출현하였고, 유생으로는 Decapoda 의 zoea 와 mysis, polychaete trochophore, gastropod veliger, 그리고 어란 및 자어등도 함께 출현하였다. 계절별 동물 플랑크톤의 출현 양상을 보면 다음과 같다(Table 2).

1) 10월 : 이 시기에 동물 플랑크톤은 총 39개 분류군에 나타났으며, 조사기간 중 가장 많은 양이 출현하였다. 최우점군은 Calanoid Copepoda 로써 전체 개체수의 52.9%를 차지하였고, Cyclopoid Copepoda 는 전체의 27.7%를 차지하였다. Copepoda 중에서 우점종은 연안종인 *Oithona* spp. *Paracalanus parvus* 와 *Temora turbinata* 였다. Copepoda 다음으로 *Noctiluca scintillans* 가 많이 출현하였는데 13.5%의 점유율을

보였다. 그리고 *Oikopleura* spp. *Sagitta* spp. 및 *Lucifer* spp. 는 다른 계절에 비해 이 시기에 많이 출현하였다.

2) 12월 : 이 시기에는 총 32개 분류군이 나타났으며, 양적으로는 가을에 비해 훨씬 감소 하였다. Copepoda 중 우점종은 *Acartia clausi* 이었으며, *Paracalanus parvus* 도 풍부하게 출현하였다. Copepoda 와 더불어 많이 나타난 분류군은 *Noctiluca scintillans* 로써 44.2%의 높은 점유율을 보였다. 또한 이 시기에는 ophiopluteus larva 가 다른 계절에 비해 많이 출현 하였다.

3) 4월 : 이 시기에는 총 21개의 비교적 적은 수의 분류군이 나타나며, 겨울보다 낮은 출현량을 보인다. 이 시기에도 48%의 점유율을 보인 Calanoid Copepoda 가 최우점군을 차지하였다. 우점종은 *Paracalanus parvus* 였다. 그리고 Cladocera 는 다른 계절에 비해 이 시기에 많이 출현하였다.

4) 7월 : 이 시기에는 총 23개 분류군이 출현하였으며, 양적으로도 다른 계절에 비하여 가장 적은 출현량을 보였다. 이 시기 역시 최우점군은 64.7%의 점유율을 나타낸 Calanoid Copepoda 가 차지하였다. 우점종은 *Acartia clausi* 와 *Paracalanus parvus* 였다. 또한 다른 계절에 비하여 어란과 자어 및 Siphonophora 가 비교적 많이 출현하고 있다.

본 조사 해역에서 동물 플랑크톤은 계절적으로 뚜렷한 변화 양상을 나타낸다. 계절별 우점종을 보면, *Paracalanus parvus* 는 4회 모두, *Oithona* spp. 와 *Temora turbinata* 는 10월에, *Acartia clausi* 는 12월과 7월에, 그리고 *Noctiluca scintillans* 는 10월과 12월에 우세하였다. 그 외에 *Sagitta* spp. *Oikopleura* spp. 및 *Lucifer* spp. 등은 10월에 비교적 많이 나타나고, ophiopluteus larva 는 12월에, Cladocera 는 4월에, Siphonophora, 어란과 자어 등은 7월에 비교적 많이 나타나는 경향을 보였다.

정점별로 보면, Copepoda 의 경우 *P. parvus* 는 모든 정점에 걸쳐 거의 골고루 분포하고 있으나, *A. clausi* 와 *Oithona* spp. 는 외해쪽 보다는 강입구에서, *T. turbinata* 는 강 입구보다는 외해쪽에서 풍부하게 나타났다. *Noctiluca scintillans* 는 특히 C선 부근에서 많은 출현량을 보였으며, Cladocera, *Sagitta* spp., *Hyperia* spp., *Lucifer* spp., Thaliacea, *Oikopleura* spp. 등은 강 입구보다는 외해와 접해 있는 부분에서 비교적 풍부하게 나타나고 있다. 이와 같은 동물 플랑크톤의 수포 양상은 하천수의 유입경

Table 2. Seasonal occurrence of zooplankton in the Nakdong River estuary

Species	Season	Autumn				Winter				Spring				Summer			
	Line	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
PROTOZOA																	
<i>Noctiluca scintillans</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CNIDARIA																	
Siphonophora			+	+	+			+	+						+	+	+
Hydroida		+	+	+	+			+	+								
CHAETOGNATHA																	
<i>Sagitta</i> spp.		+		+	+			+	+	+	+	+	+	+			+
CLADOCERA																	
<i>Evadne</i> spp.		+		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Podon</i> spp.		+		+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+
CALANOID COPEPODA																	
<i>Acartia clausi</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>A. erythraea</i>			+	+	+			+									
<i>Acrocalanus gibber</i>			+					+									
<i>Calanus sinicus</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
<i>Centropages abdominalis</i>			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
<i>C. yamadai</i>																+	
<i>C. furcatus</i>			+	+	+		+				+		+				
<i>Clausocalanus furcatus</i>				+													
<i>Eurytemora affinis</i>						+											
<i>Euchaeta</i> spp.				+													
<i>Labidocera acuta</i>			+	+													
<i>Paracalanus parvus</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>					+										+	+	
<i>P. inopinus</i>															+		
<i>Sinocalanus tenellus</i>															+	+	
<i>Temora discaudata</i>					+												
<i>T. stylifera</i>					+												
<i>T. turbinata</i>		+	+	+	+		+	+	+	+							
<i>Tortanus forcipatus</i>			+														
<i>Undinula vulgaris</i>				+													
CYCLOPOID COPEPODA																	
<i>Corycaeus affinis</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C.</i> spp.						+	+		+					+	+		+
<i>Oncea venusta</i>			+	+	+			+	+								
<i>Oithona</i> spp.		+	+					+	+	+	+	+					+
HARPACTICOID COPEPODA																	
<i>Euterpia acutifrons</i>		+															
<i>Macrosetella gracilis</i>								+									
<i>Microsetella norvegica</i>		+															
NAUPLIUS & COPEPODITE		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
AMPHIPODA																	
<i>Hyperia</i> spp.		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
MYSIDACEA		+	+	+	+		+		+	+	+	+	+				
CUMACEA				+													+
DECAPODA																	
<i>Lucifer</i> spp.		+	+	+	+				+								
NEMATODA		+						+							+	+	+
THALIACEA																	
<i>Salpa</i> spp.				+	+				+				+				+
APPENDICULARIA																	
<i>Oikopleura</i> spp.		+	+	+	+			+	+	+	+	+	+		+	+	+
LARVAE																	
Polychaete trochophore		+				+			+	+	+						
Gastropod veliger				+	+					+			+				
Ophiopluteus larva		+		+	+	+	+	+	+			+	+			+	+
Zoea & Mysis		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fish larva				+	+										+	+	+
Fish egg																+	+



낙동강 하구 부근의 해양환경 조사 연구

다른 염분의 변화에 크게 영향을 받은 것으로 생각된다.

다. 어 류

조사 기간 동안 47과에 속하는 87종의 어류가 채집되었다(Table 3). 낙동강 하구 해역 어류군집을 양적으로 대표하는 주요 과는 망둥어과(Gobiidae), 돛장태과(Callionymidae), 주둥치과(Leiognathidae), 멸치과(Engraulidae), 청어과(Clupeidae), 그리고

Table 3. Seasonal occurrence of fish species in the Nakdong River estuary

species	Autumn	Winter	Spring	Summer
<i>Raja kenoei</i>		+	+	
<i>Konosirus punctatus</i>		+	+	
<i>Sardinops melanostictus</i>		+	+	+
<i>Sardinella zunasi</i>	+	+	+	+
<i>Ilisha elongata</i>				+
<i>Thrissa mystax</i>				+
<i>Engraulis japonicus</i>	+	+	+	+
<i>Coilia ectenes</i>	+	+	+	+
<i>Thrissa kammalensis</i>	+		+	+
<i>Plecoglossus altivelis</i>			+	
<i>Saurida undosquamis</i>	+	+		+
<i>Aulopus japonicus</i>	+			
<i>Myctophum affine</i>		+	+	
<i>Conger myriaster</i>	+	+	+	+
<i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i>			+	
<i>Syngnathus schlegeli</i>	+	+	+	+
<i>Zeus faber</i>	+			
<i>Sphyaena pinguis</i>	+			
<i>Ammodytes personatus</i>			+	
<i>Terapon jarbua</i>	+			
<i>Rhyncopelatus oxyrhynchus</i>	+			
<i>Priacanthus macracanthus</i>	+			+
<i>Apogon lineatus</i>	+	+	+	+
<i>A. semilineatus</i>	+	+		
<i>Sillago sihama</i>	+	+	+	+
<i>Nibea albiflora</i>	+	+	+	
<i>Argyrosomus argentatus</i>	+	+		+
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>		+		
<i>Pagrus major</i>			+	
<i>Upeneus bensasi</i>		+		
<i>Arctoscopus japonicus</i>		+		
<i>Trachurus japonicus</i>	+	+		+
<i>Kaiwarinus equula</i>			+	+
<i>Leiognathus nuchalis</i>	+	+	+	+
<i>L. elongatus</i>			+	
<i>Parapercis sexfasciata</i>			+	+
<i>Uranoscopus japonicus</i>			+	
<i>Grathagnus elongatus</i>		+		
<i>Enedrias nebulosa</i>	+	+	+	+
<i>Enedrias</i> sp.	+	+	+	+
<i>Bryostemma otokime</i>		+		
<i>Zoarces gilli</i>		+	+	+
<i>Repomucenus valencienni</i>	+	+	+	+
<i>Trichiurus lepturus</i>	+		+	+
<i>Pampus argenteus</i>	+		+	
<i>Acentrogobius pflaumi</i>			+	
<i>Favonigobius gymnauchen</i>			+	+
<i>Cryptocentrus filifer</i>			+	+
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	+	+	+	+
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	+	+	+	+
<i>Sagamia geneionema</i>	+	+	+	+
<i>Suruga fundicola</i>	+	+	+	+
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>			+	+
<i>Trypauchen vagina</i>	+			+
<i>Sebastes marmoratus</i>		+		
<i>Scorpaena</i> sp.		+		
<i>Erisphex potti</i>		+		
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	+	+		+
<i>Chelidonichthys kumu</i>			+	+
<i>Lepidotrigla abyssalis</i>				+
<i>Hexagrammos otakii</i>	+	+	+	+
<i>H. agrammus</i>			+	
<i>Platycephalus indicus</i>	+	+	+	+
<i>Pseudoblennius cottoides</i>			+	
<i>Hemitripterus villosus</i>	+	+	+	
<i>Liparis tanakai</i>	+	+	+	
<i>L. tessellatus</i>		+	+	
<i>Paralichthys olivaceus</i>			+	
<i>Pseudorhombus pentopthalmus</i>	+	+	+	+
<i>P. cinnamoneus</i>			+	+
<i>Tarphops oligolepis</i>			+	+
<i>Laeops kitaharae</i>	+			+
<i>Kareius bicoloratus</i>	+		+	+
<i>Limanda yokohamae</i>	+	+	+	+
<i>Eopsetta grigorjewi</i>	+			
<i>Cleisthenes pinetorum herzensteini</i>		+		
<i>Verasper variegatus</i>				+
<i>Clidoderma asperrimum</i>				+
<i>Pleuronichthys cornutus</i>			+	+
<i>Cynoglossus joyneri</i>	+	+	+	+
<i>C. interruptus</i>	+	+	+	+
<i>C. abbreviatus</i>			+	+
<i>Paraplagusia japonica</i>	+			
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	+		
<i>Thamnaconus modestus</i>		+	+	+
<i>Takifugu niphobles</i>	+	+	+	
<i>Lophiomus setigerus</i>	+			+

참서대과(Cynoglossidae)등 이었다.

일년 동안 가장 많이 채집된 4어종은 돛양태류의 일종인 *Repomucenus valenciennesi*, 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 도화망둑(*Amblychaeturichthys hexanema*) 및 밴대이(*Sardinella zunasi*)였으며, 그 다음으로 많이 채집된 어종으로는 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 보리멸(*Sillago sihama*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 베도라치(*Enedrias nebulosa*), 응어(*Coilia ectenes*), 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*), 열동가리돔(*Apogon lineatus*), 갈치(*Trichiurus lepturus*), 꼼치(*Liparis tanakai*), 칠서대(*Cynoglossus interruptus*), 칭멸(*Thryssa kammalensis*) 그리고 문치가자미(*Limanda yokohamae*)였다. 나머지 71종은 총 개체수의 16%이하를 차지하였는데 이들 중에는 홍어(*Raja kenoi*), 전어(*Konosirus punctatus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 보구치(*Argyrosomus argentatus*), 점넙치(*Pseudorhombus pentophthalmus*), 별넙치(*Pseudorhombus cinnamomeus*), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*) 및 양태(*Platycephalus indicus*) 등과 같은 상업성 어종도 포함되어 있다.

연구 기간 동안 낙동강 하구 해역에서 채집된 어종 수인 87종은 우리나라 다른 해역에서 조사된 어종 수보다 많은 것이다. 김 등(1981)은 동해안 기수호의 생물상 조사에서 15어종을, 김(1983)은 남창 해협 자치어 연구에서 44어종을, Hur et al.(1984)은 가로림만 어업 자원 조사에서 45어종을, Lee & Seok(1984)은 천수만 어류 군집 조사에서 64어종을, 그리고 신(1986)은 대천 해면 어류 군집 조사에서 35어종을 채집하였다고 보고한 바 있다.

본 연구에서 채집된 어류의 대부분이 치어기에 속하는 소형 어류들이었으며, 이들이 하구역에 머무는 동안 빠른 속도로 성장을 하였다. 한 예로 꼼치의 경우 산란기는 12월과 1월로 추정되는데(Kawasaki et al., 1983), 4월에는 벌써 체장 10~15cm의 크기에 도달된 뒤 다른 서식 장소로 이동 하였다. 이와 같은 사실로 보아 우리나라 낙동강 하구역이 여러 수산 어종을 포함한 많은 어류에게 풍부한 먹이와 보호 장소를 제공하는 좋은 성육 장소로서의 역할을 하고 있음을 알수 있다.

## 요 약

1985년 10월부터 1986년 9월까지의 낙동강 하구에서 실시한 해양 관측 자료를 사용하여 낙동강 하구

수계의 물리, 화학적 특성과 생물상을 조사하였다.

1. 표면수온은 여름철을 제외한 3계절 모두 대대포 앞 서도에서 지심도를 잇는 선의 북서쪽이 남동쪽인 쓰시마 난류측보다 1~2°C 낮은 저온상을 나타내고 있으나, 여름철은 오히려 북서쪽이 1~2°C 높다. 저층은 겨울철을 제외하고는 표층과 반대로 수심이 얇은 연안측이 외양측보다 약 10°C 이상 높다.

2. 홍수기인 여름과 가을의 표면염분은 하천수의 영향으로 최소치는 하계의 1.90‰이며 최대치는 약 32.00‰이다. 저염한 낙동강 수의 영향은 서도와 지심도를 잇는 북서쪽이 남동쪽보다 크다. 이 선 부근에는 강한 조류(current rip)이 항상 형성되었다.

3. 낙동강 하구 해역에서는 하천수의 영향으로 투명도가 4m 이하로 낮고 부유물질 농도가 5mg/l 이상이며 수색 계급 7이상에 해당하는 황록색 수색대가 연중 분포하고 있다.

특히 하계에는 총 무기질소 농도가 100~240µg-at/l 범위이고, 용존산소는 과포화되어 있고, 클로로필 a가 8~15mg/m<sup>3</sup> 범위로 부영양화된 상태에 있었다.

4. 조사기간중 총 276종류의 식물 플랑크톤이 동정되었다. 규조류와 와편모조류가 전체의 97.5%이었으며, 이 두 조류의 구성비는 각각 84.4%와 13.1%이었다. 규조류는 겨울에 많았고 와편모조류는 여름에 많았다. 우점종은 10월에 *Nitzshia seriata*, 12월에 *Thalassiosira rotula*, 4월에 *Skeletonema costatum* 그리고 7월에 *Nitzschia longissima* 이었다.

5. 본 조사 해역에서 채집된 동물 플랑크톤은 총 47개 분류군으로 동정되었다. Copepoda가 채집된 전체 개체수의 60%이상을 차지 하였으며, 연안종인 *Paracalanus parvus*, *Acartia clausi* 및 *Temora turbinata* 등이 우점종으로 나타났다. 그 다음으로 많이 나타난 분류군은 *Noctiluca scintillans*로 전체 개체수의 약 20%를 차지하였다. 그 외에 Cladocera, *Sagitta* spp., Cnidaria, Mysidacea, *Lucifer* spp. 및 Amphipoda 등도 출현하였다.

6. 조사기간 동안 47과 87종의 어류가 채집되었다. *Repomucenus valenciennesi*, *Leiognathus nuchalis*, *Amblychaeturichthys hexanema* 및 *Sardinella zunasi*의 4어종이 우점종이었고, 그 외에 *Cynoglossus joyneri*, *Sillago sihama*, *Engraulis japonicus*, *Enedrias nebulosa*, *Coilia ectenes*, *Acanthogobius flavimanus*, *Apogon lineatus*, *Trichiurus lepturus*, *Liparis tanakai*, *Cynoglossus interruptus*, *Thryssa kammalensis* 및 *Limanda yokohamae* 등이 많이 채집되었다.

참 고 문 헌

- 김문선·추교승·김옥숙(1986); LANDSAT 위성자료에 의한 낙동강 하천수의 유입 확산이 해양 환경에 미치는 영향. 과학기술처, 93-147.
- 김영길·조유숙(1970); 급강하구의 Microplankton 양과 쓰성 변화에 관하여(1). 군산수질논문집, 3, 23-36.
- 김용역·장동석·문홍영(1985); 조석에 따른 낙동강 하구 수질 변화. 한수지, 18(2), 109-118.
- 김용역(1983); 남해 창신해협의 자치어에 관한 연구. 한수지, 16(3), 163-180.
- 김용역·홍성운(1980); 낙동강 하류 칠새도래지의 어류상. 한자보연보, 2, 137-146.
- 김종만·이순길·허성범·김동엽·이재학·이진환·허형택(1981); 동해안 기수호(향호, 송지호, 영랑호)의 해양 생태학적 연구. 한국해양연구소보, 3(1), 29-37.
- 류청토·장선덕(1979); 낙동강 하구의 조석과 유동. 한해지, 14(2), 71-77.
- 박영관·오윤근·박정길(1985); 낙동강 하구역에 출현하는 황록색 수색대의 특성에 관한 연구. 한해지, 20(3), 30-36.
- 박주석(1973); 한국 근해 동물성 부유 생물의 주요 군의 양적 분포. 한해지, 8(1), 33-45.
- 신민철(1986); 대천해빈 어류 군집의 계절적 변동. 충남대학교 석사학위 논문.
- 심재형·노일(1982); 여수 근해산 동물 플랑크톤의 종조성과 양적분포. 서울대자연대논문집, 7(2), 165-183.
- 심재형·이동섭(1983); 군산 근해산 동물 플랑크톤에 관한 연구. 서울대자연대논문집, 8(1), 121-140.
- 원종훈(1964); 낙동강하구 김발 수질의 매월 대조인에서의 시간적 변화. 부산수산대학연보, 6(1), 21-33.
- 원종훈·양한섭(1978); 음료수 및 공업용수로서의 낙동강 하류수질에 대하여. 2. 남지이하 낙동강 하류수의 중금속 함량에 대하여. 한수지, 11(3), 139-146.
- 이원재·조규대·추효상(1984); 해양 화학적 특성으로 본 대한해협의 수계. 한수지, 17(3), 219-229.
- 이종철(1973); 하구(낙동강) 감조수역의 수질이 *Microflora*에 미치는 영향. 한옥지, 6(1), 2, 1-12.
- 이택열·박주석·진 평·강용주·서철현·이필봉(1985); 낙동강 하류역의 주요 수산생물의 환경 및 자원생물학적 연구. 수질연보, 35, 5-60.
- 일본기상협회(1973); 해양관측지침. 문경, 85-85.
- 정문기(1977); 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 김영호(1989); 한강의 Microflora에 관한 연구(제3보). 학술원논문집, 제8집, 59-132.
- 정영호(1970); 낙동강 하류의 식물성 플랑크톤. 한국자연보존연구회 조사보고, 원자력연구소회보, 12, 13-23.
- 중앙 기상대(1985, 1986); 기상 월보. 10, 7, 6-18.
- 최 상·정태화(1972); 낙동강 하구수역의 영양염류와 유기현탁물질. 한해지, 7(1), 1-14.
- 최영찬·박정길(1986); 낙동강 하류역의 부영양화 현상에 관한 연구. 한수지, 19(4), 339-346.
- 최정신(1970); 가을철 남서해안 규조류의 양과 조성. 여수수질 논문집, 4(2), 9-17.
- 추교승(1978); 낙동강 하천수의 유입 확산에 따른 해황 변동. 수로국 기술연보, 9-18.
- 한국과학기술연구소(1970); 낙동강 하구지역의 해태어장 개발에 관한 연구. 과거처 1970년도 연구개발사업보고서.
- 허종수(1967); 하기 동해측의 동물성 부유 생물분포. 수질연구보고, 1, 5-32.
- 倉茂英次郎(1943); 朝鮮黃海及南鮮における浮游性珪藻の量的並に質的特性. 朝鮮水試報告 8, 1-114.
- APHA, AWWA, WPCF (1985); Standard method 16th edition U. S. A.
- Choe, S. (1972); Studies on the seasonal variations of plankton organism and suspended particulate matter in the coastal area of Ko-Ri. J. Oceanol. Soc. Kor. 7(2), 47-58.
- Hur, S. B., J.M. Kim and J. M. Yoo (1984); Fisheries resources in Garolim Bay. Bull. Korea Fish. Soc. 17(1), 68-80.
- Kawasaki, T., H. Hashimoto, H. Honda and A. Otake (1983); Selection of life histories and its adaptive significance in a snailfish *Liparis tanakai* from Sendai Bay. Bull. Jap. Soc. Fish. 49(3), 367-377.
- Lee, T. W. and K. J. Seok (1984); Seasonal fluctua-

- tion in abundance and species composition of fishes in Cheonsu Bay using trap net catches. J. Oceanol. Soc. Kor. 29(2), 217-227.
- Shim, J. H. and C. Park (1982); On the composition and the abundance distribution of zooplankton in the Yellow Sea in April, 1981. J. Oceanol. Soc. Kor. 17(2), 95-101.
- Shim, J. H. and J. S. Yang (1982); The community structure and distribution of phytoplankton of the Kum River estuary. J. Oceanol. Soc. Kor. 17(1), 1-11.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino (1984): The Fishes of Japanese archipelago, Tokai Univ. Press.