

## 서해 만경-동진 조간대의 주요 우점 저서 규조류의 분포

오상희 · 고철환  
서울대학교 해양학과

### Distribution Pattern of Dominant Benthic Diatoms on the Mangyung-Dongjin Tidal Flat, West Coast of Korea

SANG-HEE OH AND CHUL-HWAN KOH

Department of Oceanography, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

저서규조류의 분포와 서식지 환경에 대한 조사가 서해에 위치한 만경-동진 펄 조간대에서 이루어졌다. 총 60개의 정점으로부터 표층퇴적물을 정량적으로 취하여 서식규조류의 종류를 파악하고, 개체수를 세었다. 퇴적물 입도분석을 실시하였으며, 정점별로 대기에 노출되는 시간의 길이도 계산하였다.

퇴적물은 외해쪽 또는 하부조간대로 갈수록 조립해지고, 강하구쪽 또는 상부조간대로 갈수록 세립해진다. 총 371 분류군이 채집되었으며, *Navicula*와 *Nitzschia*가 가장 우점하는 속이었다. 총 출현 개체수에서 1% 이상을 차지하는 규조는 다음 16종이다: *Paralia sulcata*, *Navicula arenaria*, *Cymatosira belgica*, *Amphora holsatica*, *Amphora coffeaeformis*, *Achnanthes hauckiana*, *Rhaphoneis amphicerus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula*, sp. 2, *Dimeregramma minor*, *Amphora* sp. 1, *Cyclotella atomus*, *C. striata*, *Nitzschia kuetzingiana*, *Stephanodiscus* sp. 1. 이들 16종의 조사정점에 따른 개체수 분포를 기재하였다. 우점종의 대부분은 니질성 규조이며, 그 분포범위는 매우 넓다. 사질성규조인 무배선, 단배선형에 속하는 종들은 하부조간대에 국한되어 분포한다. 사질성규조로서 대표적인 종류는 다음의 것들이다: *Cocconeis* sp. 1, *Opephora martyi*, *Amphora sabyii*, *Dimeregramma minor* var. *nana*, *Fragilaria virescens* var. *oblongella*, *F. virescens*, *Cocconeis grata*. 일정 면적당 개체수는 세립질 퇴적물이 우세한 상부조간대와 강하구에서 많다.

Marine benthic diatoms and environmental factors were studied at 60 sites on the Mangyung-Dongjin tidal flat of the west coast of Korea. Sediment samples were taken quantitatively from the upper 5 mm layer to obtain a representative estimate of the epipellic and epipsammic cell concentration. Surface sediments taken simultaneously with the quantitative diatom samples were analysed for the grain size. Exposure duration of study sites were calculated by the tide data recorded at Kunsan Outer-Harbour.

Coarse sediments dominated mainly on the offshore coastal and lower tidal flat, whereas fine sediments occurred on inner and higher tidal flat. Total 371 diatom taxa were collected and the genera represented by a great number were *Navicula* and *Nitzschia*. The 16 abundant species occupying more than 1% of total cell number are of the following: *Paralia sulcata*, *Navicula* sp. 1, *Navicula arenaria*, *Cymatosira belgica*, *Amphora holsatica*, *Amphora coffeaeformis*, *Achnanthes hauckiana*, *Rhaphoneis amphicerus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Navicula* sp. 2, *Dimeregramma minor*, *Amphora* sp. 1, *Cyclotella atomus*, *C. striata*, *Nitzschia kuetzingiana*, *Stephanodiscus* sp. 1. The distribution pattern of these dominant species are described in relation to the habitat conditions. Most of these species showed high densities in fine sediments. However, they occurred even silty sand and sandy sediments in low abundance. The epipsammic forms belonging to the Araphidineae and Monoraphidineae were restricted on the lower tidal flat. The typical species found in coarse sediments were: *Cocconeis* sp. 1, *Opephora martyi*, *Amphora sabyii*, *Dimeregramma minor* var. *nana*, *Fragilaria virescens* var. *oblongella*, *F. virescens*, *Cocconeis grata*. The higher tidal flat consisting of fine sediments showed relatively higher cell numbers than the lower tidal flat. River mouth region was the highest in abundance.

## 서 론

펄 조간대는 세립질 내지 조립질 퇴적물이 쌓인 지역으로 암반조간대와 달리 기질이 불안정하다. 따라서 대형해조류의 서식은 부적합하고, 규조류, 남조류, 편모조류와 같은 미세조류가 퇴적물 입자의 표면이나 입자간의 공간에 서식한다. 규조류는 펄 조간대에 서식하는 미세조류 중 양적으로 가장 우점하는 대표적인 식물이다. 본 논문은 서해의 만경, 동진 펄 조간대를 대상으로 이곳에 서식하는 규조류의 종류와 양을 조사한 결과이다. 조사지역을 상부조간대와 하부조간대, 내해역과 외해역 등으로 나누어 각 환경에 고유하게 서식하는 특성종들을 기재하였다.

규조류의 서식에 영향을 미치는 환경은 염도, 퇴적물 깊이에 따른 광도, 퇴적물의 온도, 공극수의 영양염 농도 등의 물리화학적 요인과 퇴적물의 입도조성과 같은 지질학적 요인, 종간경쟁, 섭식 등의 생물학적 요인들이다. 이들 환경요인 중 염도조건이 유사한 펄 조간대에서는 퇴적물의 입도조성이 가장 중요한 요인으로 취급된다(Amspoker and McIntire, 1978; Kosugi, 1987). 그밖에 조위(tidal level)가 하나의 독립된 환경요인으로 간주되는데, 이는 물리화학적 환경이 조위에 의해 지배를 받기 때문이다. 퇴적물의 온도, 염도, 산소함유량, 수분함량 등이 조위에 따라 달라지고 이들 조건이 규조류의 분포에 영향을 미친다고 한다(Admiraal, 1984). 조위와 밀접한 관계가 있는 지형도 종조성과 서식밀도에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Sullivan, 1975).

본 연구에서는 퇴적물의 성격을 중요 환경요인으로 취급하여 이를 입도, 분급도, 퇴적물내 유기물함량 등의 항목으로 나누어 각 조사정점별로 조사하였다. 퇴적물의 입도조성 등 기질의 특성이 본 조사지역의 경우 저서규조류의 서식에 영향을 미칠 것으로 예상하였기 때문이다. 저서규조류는 흔히 모래와 같은 큰 입자에서는 점액질을 분비하여 모래입자에 부착하여 생활하고, 입자가 작은 니질 퇴적물에서는 입자 사이의 공극에서 자유생활을 하는 것으로 알려져 있다. 사질성 규조는 부착생활을 하므로 운동과 관계되는 구조인 배선을 갖지 않는 무배선이거나 한쪽 각에만 갖는 단배선형이고, 니질성 규조는 배선을 양쪽 각에 모두 갖는 양배선형

이 대부분이다(Palmer and Round, 1967; Round, 1971). 일반적으로 니질성 규조의 분포범위가 사질성 규조에 비해 넓은 것으로 알려져 있다(Round, 1971).

파도가 많이 치는 모래해안은 운동성이 없는 부착성 규조가 우점하며, 파도로부터 보호된 세립 퇴적물로 이루어진 해안은 운동성이 있는 니질성 규조가 우점한다. 이 때 니질성 규조는 밀도가 높고 생산력이 높으며 또 일부종은 점액질을 분비하여 퇴적물을 안정시키는 역할을 한다(Admiraal, 1984). 국내의 연구결과들도 퇴적물 특성과, 출현종, 개체수가 밀접한 관계가 있음을 밝히고 있다. 심파 조(1984)는 평균입도와 현존량이 정상관임을 보고하였고, Choi(1988)도 인천 송도에서 일부 종이 퇴적물의 입도와 관련하여 출현한다고 하였다. 조(1988)는 퇴적물의 물리력을 중요시하였다. 본 연구에서는 상부에서 하부조간대, 강하구에서 바닷쪽으로 가면 서 환경의 차이가 예상되는 60개 정점을 선택하여 각 정점에 출현하는 규조류의 종류와 개체수를 조사함으로써 각 정점의 환경적 특성, 특히 퇴적물 특성과 규조류의 종류와 개체수가 어떠한 관계에 있는가를 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

조사지역은 전라북도의 만경강과 동진강 하구를 중심으로한 옥구군, 김제군, 부안군의 서쪽에 위치한 펄 조간대이다(Fig. 1). 이 지역의 북쪽에 놓인 금강으로부터의 육수 유입은 년  $6.4 \times 10^9 \text{ m}^3$ 이나 대부분 홍수기에 집중되어 있다(Lee, 1985). 본 조사지역은 만경, 동진강으로부터의 유입량이 홍수기를 제외하면 매우 적기 때문에 강하구의 극히 일부지역을 제외하면 서해의 특성을 그대로 가진다.

조사지역은 반일주조형 조석의 영향을 받는 지역으로 평균조차가 4.3m에 달하는 대조환경이다(Lee and Kim, 1987). 대조평균조차는 6m, 소조평균조차는 3m이다. 평균수심은 수로지역을 제외하면 대체로 0-2m로 하구에서 서해쪽으로 갈수록 깊어지는 경향을 보이나 사주나 수로가 산재해 있어 불규칙한 지형을 보인다. 수로지역 역시 대부분 5-10m 이내로 깊지 않다.

조사지역을 군산, 김제, 부안의 세 지역으로 나

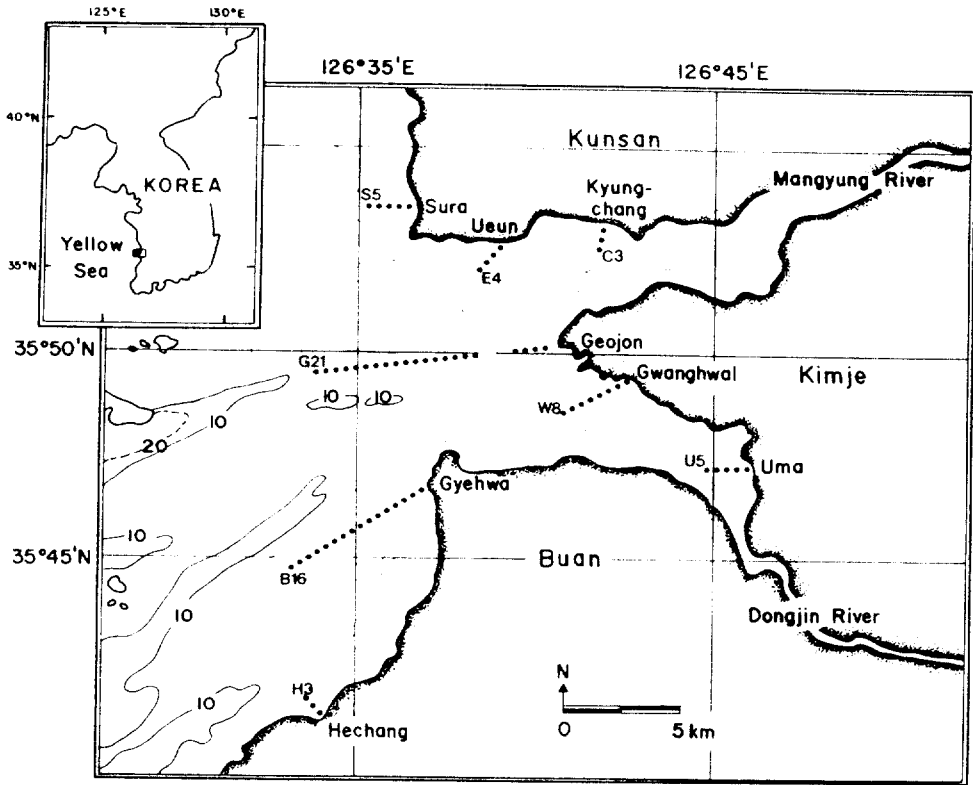


Fig. 1. A map showing the sampling sites on 8 transect lines on the Mangyung-Dongjin tidal flat, west coast of Korea. Dotted contour lines indicate the extent of the tidal flat area exposed at MLLW level.

누어 총 8개의 조사선을 선정하고, 조사선이 시작되는 마을의 이름에 의해 명명하였다. 8개 조사선의 이름은 군산조간대에서 경창(C1-C3), 어은(E1-E4), 수라조사선(S1-S5), 김제조간대에서 우마(U1-U5), 광활(W1-W8), 거전조사선(G1-G21), 부안조간대에서 계화도(B1-B16), 해창조사선(H1-H3)이다(Fig. 1).

총 8개 조사선에서 3-21개의 조사정점을 선정하였는데, 각 정점간의 간격은 500 m이며, 경창, 해창 조사선의 경우만 300 m이다. 조사정점들은 평균해수면 위 3 m에서 평균해수면 아래 2 m 정도까지에 위치한다. 거전조사선에는 육지로부터 약 4 km 지점에 약 5 m 깊이의 수로가 통과하나 기타의 조사선에는 1 m 미만의 작은 수로가 지나간다. 조사지역은 1/200에서 1/500 정도의 경사도를 갖는 대체로 편평한 조간대이다. 각 조사선에서 1988년 5월부터 7월까지 조사정점별로 퇴적물의 특성과 규조류의 출현종, 개체수에 대한 조사를 실시하였다.

환경요인으로 각 정점의 노출시간을 계산하였다. 해수면의 변동은 사인곡선의 형태로 시간에 따라 변화하는데, 특정 조위에서의 노출시간은 그 조위가 대기에 노출된 시각부터 다시 침수될 때까지의 시간을 일컫는다. 본 논문의 Table 1에 기재한 각 조사정점이 위치한 특정 조위에서의 총 노출시간은 이 노출시간들을 1년 동안 합한 것이다(T. Exp. in Table 1). 노출시간을 길이에 따라 몇 개의 범주로 나누고(1-6h, 6-12h in Table 1), 각 범주에 해당되는 노출시간의 합도 구하였다. 1986년 1월 1일부터 12월 31일까지 1시간 간격으로 해수면 변동을 측정된 자료(수로국, 1987)를 이용하였고, FORTRAN 프로그램을 작성하여 계산하였다. 각 정점의 조위는 1 m 간격의 등고선이 표시된 1/25,000 축적 지도상에서 이들의 위치에 의해 결정하였다.

입도분석용 표품과 유기물 함량 측정용 표품을 표층퇴적물로부터 각 정점에서 채취하였다. 입도분석을 위해 채취한 표층퇴적물 표품은 우선 과산화

수소를 처리하여 유기물을 제거하였다. 이를 습식 체질에 의해  $4\phi$  이하와 이상의 성분으로 분리한 후  $4\phi$  이하의 조립질 부분은 Roe-tap 요동기로 체질하여 입도별 무게 백분율을 구하였고,  $4\phi$  이상의 세립질 부분은 침전속도를 이용한 침전분석법으로 분석하였다. 평균입도와 분급도의 계산은 Fork and Ward(1957)의 식을, 퇴적상은 Folk(1954)의 삼각 다이어그램을 이용하여 구하였다. 표층퇴적물 내 총 유기물함량(%), O.M. in Table 1)은 퇴적물 시료의 건조기에서  $110^{\circ}\text{C}$ 로 24시간 이상 말린 후 그 중 1g을 취하여 전기로에서  $550^{\circ}\text{C}$ 로 1시간 30분 동안 연소시킨 후 무게 손실량을 백분율로 나타내었다.

규조류의 채집을 위해 내경 3 cm의 원통을 이용하였다. 퇴적물의 표층 0.5 cm 두께를 1회 내지 5회 반복하여 채집한 표품을 10% 포르말린으로 고정하였다. 고정된 퇴적물 표품을 증류수로 씻어낸 다음 포화  $\text{KMnO}_4$  용액에 24시간 담가 놓은 후 표품과 같은 양의 conc. HCl을 넣고 용액의 색이 녹색이 될 때까지 서서히 가열하여 퇴적물 내의 유기물을 제거하였다. 이 용액 속의 입자들을 침전시킨 후 상등액을 버리고 증류수를 가하는 과정을 반복하여 중화하였다(Simonsen, 1974). 유기물이 제거된 상태에서 퇴적물을 규조와 분리, 제거하기 위하여 휘저어 침전시킨 후 상등액을 따라 모으는 과정을 반복하여 실시하였다(Lohman, 1972). 분리된 퇴적물을 현미경하에서 검경하여 퇴적물내에 규조가 남아 있지 않을 때까지 이 과정을 반복하였다. 모래 입자에 부착한 규조 역시 산처리 후 현미경하에서 검경한 결과 대부분의 규조가 강한 산에 의해 모래입자로부터 분리되었음을 알 수 있었다.

종류별 개체수를 알기 위해 시료를 농도에 따라 관찰하기 알맞도록 100-500 m/로 부피를 일정하게 하였다. 이로부터 0.01-0.02 ml를 취하여 커버 슬라이드 글라스에 떨어뜨려 건조시킨 후 pleurax로 봉입하여 영구 프레파라트를 제작하였다. 각 정점별로 개체수의 많고 적음에 따라 1-2개의 프레파라트를 광학현미경(Zeiss standard 16 light microscope)으로 검경하여 동정, 계수하였다. 각 분류군의 출현 개체수는 단위면적당 세포수(cells·cm<sup>2</sup>)로 환산하였다.

## 결 과

### 1. 조간대의 환경

조위에 따른 1년 총 노출시간은 수직높이가 증가함에 따라 증가하며, 그 증가율이 대체로 일정하다. 특정 높이를 경계로 하는 노출의 급속한 변화는 보이지 않았다(Table 1). 그러나 조위에 따라, 특정시간 동안 연속노출되는 시간의 합을 나타낸 결과 그 값이 급격히 변화하는 조위가 존재하였다.

1년 동안의 총노출시간은 조위가 230 cm로 가장 높은 위치에 있는 우마 정점 1에서 7,537시간으로 가장 길고, 조위 -250 cm인 수라 정점 5에서 437시간으로 가장 짧아, 정점간 년노출시간의 차이는 최고 7천여시간이었다. 평균 노출시간을 조사선별로 비교하여 보면, 군산조간대의 수라조사선이 수면하 92 cm에 위치하여 가장 짧다. 만경강 하구 안쪽의 경창조사선은 조고 157 cm로 가장 높은 곳에 위치하여 평균 노출시간이 가장 길다(Table 1).

표층 퇴적물의 평균 입도는 1.5-8.0 $\phi$ 의 변화폭을 나타내 조사정점의 위치에 따라 평균입도가 큰 차이를 보였다(Table 2). 대부분의 정점이 사질퇴적상(sand facies), 니사질퇴적상(silty sand & muddy sand facies)과 사니질퇴적상(sandy silt facies)에 속한다. 일반적으로 상부조간대에 위치한 정점들은 사니질, 하부조간대의 정점들은 사질, 니사질의 퇴적상을 보여, 조사정점의 조위와 퇴적물의 평균 입도가 서로 상관관계가 있음을 알 수 있다. 퇴적물이 세립해질수록 분급이 불량해지는 경향을 보였다. 퇴적물내 유기물 함량은 퇴적물의 평균입도와 높은 상관관계를 나타내었다.

각 조사선의 퇴적물 특성값을 평균하여 조사선별로 비교하면 다음과 같다. 군산조간대의 수라 조사선이 평균입도 1.0 $\phi$ 로 가장 조립한 퇴적상을 보이며, 분급도에 있어서도 1.1 $\phi$ 로 분급이 가장 양호하고, 퇴적물내 유기물 함량은 1.1%로 가장 적다. 반대로 세립하고 분급이 불량한 퇴적상을 가지며 유기물 함량이 가장 많은 조사선은 만경강 하구 안쪽에 위치한 경창조사선이다. 군산, 김제 조간대에서는 만경, 동진강 하구 안쪽의 조사선으로 갈수록 세립해지고 유기물 함량이 많아진다. 각 조사선내에서 이들 퇴적물 특성이 어떻게 변화하는가를 조간대별로 다음에 기재한다.

**군산조간대:** 수라조사선의 표층퇴적물은 평균 입도 1.7-3.5 $\phi$ 로서 군산조간대에서 가장 조립하다. 이

Table 1. The elevation and the sum of exposure duration at each sampling site located on the Mangyung-Dongjin tidal flat. The exposure duration was calculated from the tide record measured at the outer harvour of Kunsan for the year of 1986 (Abreviation: T. Exp.: total exposure in hour, 1-6h: The summation of continuous exposure time for 0-6 hours, 6-12h: The summation of continuous exposure time for 6-12 hours for one year).

Site	Ht (cm)	T.Exp (hr)	1-6h (hr)	6-12h (hr)	Site	Ht (cm)	T.Exp (hr)	1-6h (hr)	6-12h (hr)
S1	140	6134	0	516	W2	190	6888	0	379
S2	0	4191	69	596	W3	170	6463	0	447
S3	-150	1842	529	0	W4	160	6257	0	465
S4	-200	1047	364	0	W5	140	6134	0	516
S5	-250	437	182	0	W6	130	6027	0	541
E1	40	4675	5	655	W7	0	4191	69	596
E2	70	5094	1	644	W8	-100	2691	588	36
E3	60	4939	1	648	U1	230	7537	0	214
E4	30	4576	9	658	U2	80	5230	0	629
C1	180	6815	0	420	U3	160	6257	0	465
C2	170	6463	0	447	U4	50	4794	2	654
C3	120	5803	0	569	U5	20	4435	21	645
G1	-20	3886	183	479	B1	120	5803	0	569
G2	10	4359	43	629	B2	60	4939	1	648
G3	0	4191	69	569	B3	60	4939	1	648
G4	-10	4040	115	548	B4	60	4939	1	648
G8	-10	2513	593	15	B5	60	4939	1	648
G9	-100	2691	588	36	B6	60	4939	1	648
G10	-80	3020	546	93	B7	30	4576	9	658
G11	-70	3149	500	145	B8	70	5094	1	644
G12	-50	3432	385	269	B9	50	4794	2	654
G13	-40	3559	321	333	B10	30	4576	9	658
G14	-10	4040	115	548	B11	-10	4040	115	548
G15	-10	4040	115	548	B12	-20	3886	183	479
G16	-80	3020	546	93	B13	-30	3712	250	408
G17	-90	2836	570	58	B14	-30	3712	250	408
G18	-100	2691	588	36	B15	-30	3712	250	408
G20	-250	437	182	0	B16	-50	3432	385	269
G21	-170	1505	463	0	H1	80	5230	0	629
					H2	50	4794	2	654
					H3	20	4435	21	645

은조사선은 평균 입도 3.6-5.3 $\phi$ 의 값을 가지며, 강안쪽의 경창조사선은 5.7-8.0 $\phi$ 로서 세립한 퇴적물로 이루어져 있다(Table 2). 수라조사선에서 정점 4와 5가 하부조간대에 위치하지만 비교적 세립하다. 정점 5는 세립한 퇴적물로 이루어졌음에도 불구하고 분급상태는 양호하다. 이것은 조간대 하부의 일반적인 현상인 파도나 조류에 의한 체질(winowing) 효과 때문인 것으로 생각된다. 유기물 함량은 수라조사선의 경우 0.8-1.5% 정도로 대체로 낮다. 어은조사선은 1.1-1.7%로 고른 값을, 경창조사선은 2.8-4.3%로 높은 값을 나타내었다. 상부조간대에서 주조류로 향함에 따라 유기물 함량은 급격히 낮아진다.

**김제조간대** : 거전조사선은 평균 입도 3.2-5.2 $\phi$ 로 가장 조립하고, 광활조사선은 3.4-5.2 $\phi$ 의 입도를 보이며, 동진강 하구 안쪽의 우마조사선은 4.1-6.0 $\phi$ 로 세립하다(Table 2). 광활과 우마조사선에서는 상부조간대에서 하부조간대로 향함에 따라 조립해지는 양상이 뚜렷하나 거전조사선은 불규칙하다. 이는 거전조사선에 산재한 조류세곡이 조류의 흐름을 변화시켜 퇴적환경에 영향을 미쳤기 때문이라 생각된다. 특히 거전조사선 정점 8, 9가 비교적 세립한 것은 정점 8 근처에 위치한 민가섬에 의해 조류의 흐름이 약화되었기 때문이다. 거전조사선 상부조간대의 정점 2, 3, 4와 하부조간대 정점 20, 21은 공

Table 2. Characteristics of sediments collected from study sites on Mangyung-Dongjin tidal flat.

Site	Texture (%)			Mean grain size( $\phi$ )	Sorting ( $\phi$ )	Skewness	Kurtosis	Sedimentary Facies	O.M. (%)
	Sand	Silt	Clay						
Transect Sura									
S1	78.0	12.7	9.3	3.3	1.8	1.1	2.1	silty sand	0.8
S2	93.0	4.1	2.9	2.8	0.9	1.1	1.3	sand	1.2
S3	97.7	0.8	1.5	1.7	0.8	0.6	1.1	sand	1.5
S4	83.6	10.8	5.6	3.5	1.2	1.9	3.6	silty sand	1.0
S5	90.7	5.3	4.0	3.4	0.8	2.2	2.5	sand	1.2
Transect Ueun									
E1	31.6	53.1	15.3	5.3	2.2	1.2	1.8	sandy silt	1.7
E2	39.0	49.7	11.3	4.8	1.8	1.4	2.5	sandy silt	1.3
E3	55.5	34.5	9.9	4.5	1.6	1.6	2.6	silty sand	1.5
E4	80.7	14.5	4.8	3.6	0.9	3.3	4.1	silty sand	1.1
Transect Kyungchang									
C1	1.3	55.7	43.0	8.0	2.2	1.1	0.7	mud	4.3
C2	2.4	74.7	22.9	6.5	2.3	1.2	1.0	silt	3.7
C3	8.1	77.3	14.6	5.7	2.0	1.3	2.4	silt	2.8
Transect Geojon									
G1	77.4	17.4	5.2	4.1	1.4	1.9	2.5	silty sand	0.7
G2	73.7	19.4	6.9	3.3	0.4	2.1	1.2	silty sand	1.1
G3	64.6	26.6	8.8	3.2	0.6	1.8	1.3	silty sand	1.0
G4	63.6	27.4	9.0	3.4	0.6	2.1	1.8	silty sand	1.2
G8	42.5	46.2	11.3	4.7	1.8	1.4	2.6	sandy silt	2.5
G9	58.7	35.1	6.2	4.5	1.8	1.4	2.7	silty sand	1.4
G10	86.5	8.8	4.7	3.4	0.8	1.8	2.1	silty sand	1.5
G11	93.6	3.8	2.6	4.1	1.5	1.7	2.8	sand	2.0
G12	48.0	41.1	10.8	4.0	1.4	1.8	3.2	sandy silt	2.0
G13	60.5	31.2	8.3	3.9	1.4	1.7	3.3	silty sand	1.8
G14	82.9	13.3	3.8	3.8	1.0	2.2	3.9	silty sand	1.6
G15	33.1	52.8	14.0	3.6	1.1	2.0	3.5	sandy silt	1.4
G16	95.5	2.9	1.7	4.1	1.7	1.3	2.2	sand	2.0
G17	58.9	32.3	8.8	3.6	0.8	1.8	2.0	silty sand	1.0
G18	95.1	2.3	2.6	5.2	2.1	1.3	1.8	sand	3.0
G20	93.5	3.1	3.3	3.3	0.5	1.8	1.1	sand	1.1
G21	90.2	6.8	3.0	3.3	0.5	1.8	1.1	sand	1.0
Transect Gwanghwal									
W2	17.7	70.7	11.5	5.1	1.8	1.4	3.8	sandy silt	2.5
W3	15.9	70.4	13.7	5.2	1.8	1.4	1.9	sandy silt	1.9
W4	28.0	61.5	10.5	4.8	1.6	1.5	1.8	sandy silt	2.4
W5	44.4	45.7	9.8	4.5	1.5	1.6	2.6	sandy silt	2.1
W6	47.5	43.1	9.4	4.4	1.5	1.6	2.4	sandy silt	2.1
W7	64.5	27.1	8.4	4.4	1.5	1.6	2.4	sandy silt	1.7
W8	92.8	4.2	3.0	3.4	0.5	2.1	1.7	sand	1.5
Transect Uma									
U1	4.8	78.1	17.1	6.0	2.1	1.3	1.5	silt	3.4
U2	7.2	79.2	13.6	5.5	1.8	1.5	2.2	silt	2.6
U3	12.3	74.7	13.0	5.3	1.8	1.5	2.1	sandy silt	2.4
U4	41.3	49.6	9.1	4.5	1.5	1.7	2.4	sandy silt	2.7
U5	58.0	33.4	8.5	4.1	1.4	1.8	2.8	silty sand	2.5
Transect Gyehwa									
B1	43.8	41.7	14.5	5.2	2.2	1.2	1.5	sandy silt	1.9
B2	43.8	41.7	14.5	5.2	2.2	1.2	1.5	sandy silt	2.9
B3	65.1	27.2	7.7	4.0	1.5	1.6	2.6	silty sand	2.7

Table 2. continued

Site	Texture (%)			Mean grain size ( $\phi$ )	Sorting ( $\phi$ )	Skewness	Kurtosis	Sedimentary Facies	O.M. (%)
	Sand	Silt	Clay						
B4	90.7	6.3	3.0	3.4	0.6	2.1	1.9	silty sand	1.4
B5	72.5	18.7	8.8	4.1	1.5	1.7	4.5	silty sand	1.5
B6	91.4	5.3	3.3	3.5	0.5	2.6	1.8	sand	1.4
B7	76.8	15.9	7.3	3.9	1.2	2.0	4.5	silty sand	1.5
B8	50.4	41.0	8.6	4.3	1.5	1.8	2.7	silty sand	1.8
B9	86.3	5.3	8.4	3.6	1.3	2.9	6.1	silty sand	1.2
B10	46.9	40.8	12.3	5.7	1.9	1.5	4.5	sandy silt	2.4
B11	95.4	2.7	1.9	3.2	0.5	1.7	1.1	sand	1.2
B12	89.6	6.8	3.6	3.4	0.8	1.9	2.4	silty sand	1.3
B13	89.4	6.7	3.9	3.6	0.7	2.9	3.0	silty sand	1.2
B14	74.5	23.1	2.4	3.6	0.7	1.5	1.1	silty sand	1.1
B15	96.0	1.8	2.2	2.9	0.5	1.6	1.1	sand	1.0
B16	95.7	1.5	2.7	3.1	0.5	1.7	1.0	sand	1.0
Transect Hechang									
H1	63.9	26.0	10.0	1.5	3.8	0.3	0.9	silty sand	2.6
H2	28.2	59.5	12.3	5.0	2.2	1.0	1.7	sandy silt	2.6
H3	81.0	11.2	7.8	3.5	1.9	1.3	3.5	silty sand	0.4

통적으로 낮은 분급도와 높은 왜도를 보인다. 이는 상부조간대의 경우 정점 4와 6 사이에 위치한 비교적 큰 조류세곡의 영향으로 세립한 퇴적물이 빠져나가기 때문이고, 정점 20, 21의 경우는 파도의 영향으로 생각된다. 광활조사선에서는 주조류로와 맞닿은 정점 8에서 조립한 입도를 보이는데, 분급도와 왜도에 있어서도 광활조사선의 다른 정점과 큰 차이가 있다. 우마조사선은 상부조간대에서 하부조간대로 가며 평균 입도가 급격히 감소한다. 광활조사선의 정점 8 역시 낮은 분급도와 높은 왜도를 보이는데, 이는 동진강의 흐름 때문으로 생각된다. 광활조사선의 나머지 정점과 우마조사선의 정점은 높은 분급도와 낮은 왜도를 나타낸다. 유기물 함량은 거전조사선 정점 1의 경우 비교적 세립함에도 불구하고 낮다. 이러한 현상은 민가섬 근처의 정점 9에서도 나타난다. 광활조사선 정점 3에서도 입도에 비해 유기물 함량이 낮다. 우마조사선에서는 하부조간대에서 2.7%로 비교적 높다.

**부안조간대 :** 계화조사선은 평균 입도 3.1-5.7 $\phi$ 로서 상부조간대에서 하부조간대로 향함에 따라 조립해 진다(Table 2). 그러나 중부조간대에 위치한 정점 10은 평균 입도가 5.7 $\phi$ 로 세립하며 유기물 함량이 높고 분급상태가 불량하다. 계화조사선 하부조간대의 정점 11-16은 비교적 조립하며 분급상태가 양호

하고, 유기물 함량이 낮다. 해창조사선 정점 1은 매우 낮은 평균 입도를 보인다.  $-1\phi$  이하의 역질퇴적물이 니질퇴적물과 혼합되어 있으며, 분급상태가 불량하다. 이와는 대조적으로 정점 3은 3.5 $\phi$ 의 니사질퇴적상이며 분급상태가 비교적 양호하다. 계화조사선에서의 분급도는 입도 구성과 유사한 경향을 보이고 분급상태가 양호하다. 대부분의 정점이 낮은 분급도와 높은 왜도를 보인다. 계화조사선의 정점 1, 2와 10 그리고 해창조사선의 정점들은 분급이 불량하고 왜도가 낮다. 계화조사선의 정점에서 낮은 분급도와 높은 왜도가 나타나는데, 이는 파도의 영향을 심하게 받고 있음을 시사한다.

## 2. 저서규조류의 종조성

조사지역 8개의 조사선에서 출현한 저서규조류는 총 371분류군으로 Simonsen(1979)의 분류체계에 따르면 2목 4아목 14과 57속에 속한다. 총 출현종수의 약 36%에 해당하는 135종은 동정이 불가능하여 속 수준까지만 동정하고 번호를 주어 식별하였다. 출현종을 과별로 보면 Diatomaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae, Nitzschiaceae과에 속하는 종들이 가장 많았다. 즉 총 출현종수가 각각 47종, 33종, 226종, 60종으로서 전체 출현종수의 12.8%, 8.9%, 60.9%, 16.2%를 차지하였다. 속에 따른 종수는 *Na-*

Table 3. The 16 dominant species occupying more than 1% of the total cell number. The species are ranked by total cell numbers collected from the whole study area. (unit of Cell No.:  $10^4$  cells  $\text{cm}^{-2}$ )

Species	Freq. (%)	Cell No. (%)
<i>Paralia sulcata</i>	59 (98.3)	909.2 (15.8)
<i>Navicula</i> sp. 1	44 (73.3)	640.0 (11.1)
<i>Navicula arenaria</i>	52 (86.7)	608.1 (10.5)
<i>Cymatosira belgica</i>	58 (96.7)	267.2 ( 4.6)
<i>Amphora holsatica</i>	45 (75.0)	211.2 ( 3.7)
<i>Amphora coffeaeformis</i>	45 (75.0)	198.1 ( 3.4)
<i>Achnanthes haukiana</i>	38 (63.3)	166.6 ( 2.9)
<i>Rhaphoneis amphicerus</i>	55 (91.7)	148.0 ( 2.6)
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	47 (78.3)	136.3 ( 2.4)
<i>Navicula</i> sp. 2	35 (58.3)	100.8 ( 1.8)
<i>Dimoregramma minor</i>	14 (23.3)	71.6 ( 1.2)
<i>Amphora</i> sp. 1	13 (21.7)	69.3 ( 1.2)
<i>Cyclotella atomus</i>	38 (63.3)	60.8 ( 1.1)
<i>Cyclotella striata</i>	38 (63.3)	60.8 ( 1.1)
<i>Nitzschia kuetzingiana</i>	35 (58.3)	58.2 ( 1.0)
<i>Stephanodiscus</i> sp. 1	43 (71.7)	57.9 ( 1.0)

*vicula*(81종), *Nitzschia*(45종), *Amphora*(39종), *Cocconeis*(20종), *Fragilaria*(15종), *Achnanthes*(13종)의 순서로 많았으며 이들 6개 속의 종이 전체 371종의 57.4%를 차지하였다. *Navicula*, *Amphora*, *Nitzschia*속이 전 출현 개체수의 31.3, 13.6, 5.2%를 차지하였다.

총 개체수에 대한 출현 개체수의 비율이 1% 이상인 16종을 출현 조사정점수와 함께 Table 3에 나타내었다. 출현 개체수가 가장 많은 종은 *Paralia sulcata*로 전체 출현 개체수의 15.8%를 차지하였다. 이 종은 니질성퇴적물에 서식하는 전형적인 규조로서 연안성, 난수성 종으로 세계 각지에서 서식함이 보고되었으며(Shyu and Chen, 1984), 국내에서도 인천주변의 조간대에서 연중 우점종으로 나타나고(심과 조, 1984), 군산연안의 식물성 플랑크톤 군집에서도 우점종으로 나타났다(Shim and Yoo, 1985). 그 다음으로 출현 개체수가 많은 종은 *Navicula* sp. 1과 *Navicula arenaria*로 전체 출현 개체수의 11.1, 10.5%를 차지하였다. *Navicula arenaria*는 광염성이며(Hendey, 1964), 사니질조간대에 흔히 서식하는 종으로 알려져 있고(Brockmann, 1950), 인천 송도조간대에서 우점종으로 보고되었다(Choi, 1988).

총 출현 개체수의 2.5%를 차지하는 종에는 *Cymatosira belgica*(4.6%), *Rhaphoneis amphicerus*(2.6%), *Thalassionema nitzschioides*(2.4%), *Achnanthes haukiana*(2.9%), *Amphora coffeaeformis*(3.4%), *Amphora holsatica*(3.7%) 등으로 이들 종들은 여러 정점에서(각각 58, 55, 47, 38, 45, 45개 정점) 출현하였다. *Cymatosira belgica*는 사질성 규조로 넓은 서식범위를 갖는 것으로 알려져 있고(Hendey, 1964), 본 조사지역에서도 대부분의 정점(58개)에 넓게 분포하였다. *Rhaphoneis amphicerus*는 기수성, 사질성 저서종으로 알려져 있다(Rao and Lewin, 1976; Hustedt, 1985). *Thalassionema nitzschioides*는 연안성, 부유성이며(Hustedt, 1985; Hendey, 1964), 금강하구조간대, 군산연안의 부유성 군집에 다량 출현하였다(김과 조, 1985; Shim and Yoo, 1985). *Achnanthes haukiana*는 해수 또는 기수종이며, 전형적인 사질성 규조이다(Rao and Lewin, 1976; Hustedt, 1985; Patrick and Reimer, 1966). 본 조사지역에서도 사질성 정점에서 다량 출현하였다. *Amphora coffeaeformis*는 기수 또는 담수종이며, 니질성 규조이다(Rao and Lewin, 1976; Dexiang, 1981).

1-2%의 출현 개체수를 차지하는 종은 *Cyclotella atomus*(1.1%), *C. striata*(1.1%), *Stephanodiscus* sp. 1(1.0%), *Dimeregramma minor*(1.2%), *Amphora* sp. 1(1.2%), *Navicula* sp. 2(1.8%), *Nitzschia kuetzingiana*(1.0%) 등이다. *Cyclotella*속은 대부분이 담수종이나 때로 해수에서도 나타나며, 주로 저서생활을 하며, 부유성 군집으로 유입되기도 한다(Dexiang et al., 1985). *Cyclotella striata*는 조간대 지역에 흔히 나타나는 종으로(Dexiang, 1981), 군산연안, 금강하구에서 플랑크톤으로도 출현하였다(Shim and Yoo, 1985; Shim and Yang, 1982). *Stephanodiscus*속은 해수 또는 담수종으로 특히 강하구에서 발견되는 것으로 알려져 있으며(Hendey, 1964; Dexiang et al., 1985), 본 조사지역에서도 강하구 안쪽의 조사선에 제한되게 출현하였다. *Dimeregramma minor*는 사질성 조간대에 나타나는 종이며(Rao and Lewin, 1976; Hendey, 1964), 본 지역에서도 사질성 정점에서만 출현하였다. *Nitzschia kuetzingiana*는 담수에 흔한 종으로 니질성 규조이다(Rao and Lewin, 1976; Hustedt, 1985).



1% 이상 출현 개체수를 갖는 규조는 총 16종으로 전 종수의 4.3%에 불과하나, 그 출현 개체수는 전체 개체수의 65.2%를 차지한다. 0.02% 이하를 차지하는 종은 153종으로 전체 종수의 41.2%이다.

우점종의 대부분은 퇴적상이 조립해집에 따라 서식밀도가 낮아지는 경향을 보인다. 이들 중 사질퇴적상으로 가면서 서식밀도가 낮아지지 않는 종은 *Achnanthes haukiana*, *Amphora holsatica*, *Dimeregramma minor* 등 뿐이다. 사질퇴적상에서는 전체적으로 서식밀도가 낮으므로 개체수에 따른 우점종의 기재에서는 제외되었으나, 사질퇴적상에 전형적으로 나타나는 몇몇 종이 있다. 예를 들면 *Dimeregramma minor* var. *nana*, *Fragilaria virescens*, *Fragilaria virescens* var. *oblongella*, *Opephora martyi*, *Cocconeis grata*, *Cocconeis* sp. 1, *Amphora sabyii* 등이다. 이들은 전체 정점 중 14-18개 정점에만 출현하며, 총 출현 개체수가  $50 \times 10^4$  cells·cm<sup>-2</sup> 이하이다. 대부분 각의 구조로 볼 때 단배선, 무배선구조의 종으로 부착성이 강한 종들이다. 사질퇴적상에서는 특별히 구별되는 종들이 서식한 반면, 니질퇴적상에서는 어느 특정종의 우점을 발견할 수 없었다.

### 3. 조사선에 따른 우점 규조류의 분포

군산조간대의 경우 바깥쪽에 위치한 수라조사선에서 37속 123종, 어은, 경창조사선에서 34속 103종, 34속 116종이 출현하여, 종수에 있어서 조사선 간의 차이가 크지는 않다. 서식밀도는 43.8, 118.4,  $221.8 \times 10^4$  cells·cm<sup>-2</sup>으로 수라에서 강하구쪽인 경창으로 갈수록 높아진다. 각 조사선에서의 종수, 개체수, 종다양성지수의 변화를 Fig. 2, 종에 따른 개체수를 총 개체수 중 1% 이상을 차지하는 종을 대상으로 총 8개 조사선 중 변화양상이 뚜렷한 5개 조사선을 선택하여 Fig. 3에 나타내었다. 수라조사선의 경우 정점 1과 4는 니사질 지역으로 사질지역인 정점 2, 3, 5보다 서식밀도가 높았다. 종다양성은 2.7에서 3.4의 값으로 다른 조사선에 비해 높고 정점 2에서 최고, 정점 5에서 최저이다. 어은조사선에서도 하부조간대로 가면서 개체수가 감소한다. 단 정점 3에서 높은 값을 보이는 것은 *Navicula* sp. 2와 *Navicula* sp. 23이 특별히 많이 출현하였기 때문이다.

수라조사선의 상부조간대는 *Amphora coffeaeformis*

*mis*, *Amphora libyca*, *Navicula arenaria*, *Amphora holsatica* 등에 의해서 지배되고 하부조간대는 *Amphora* sp. 2가 우점한다(Fig. 3). 그외의 많은 종들이 상부, 하부 조간대에 고르게 출현하고 있다. 어은조간대에서는 상부, 하부조간대의 출현종에 따른 구별이 뚜렷하다. *Paralia sulcata*가 상부조간대의 전형적인 종이고 하부조간대는 *Navicula* sp. 1, *Amphora coffeaeformis* 등이다. *Navicula* sp. 1은 경창조간대에서도 하부의 간조선 부근에서 우점하였다. 개체수에 있어서 중요종으로 취급되는 *Amphora coffeaeformis*가 수라에서 상부, 어은에서 하부조간대에서 우점하는 것은 퇴적물입자의 크기가 이 두 장소에서 유사하기 때문으로 생각된다.

김제조간대의 거전, 광활, 우마조사선 중 외해쪽에 놓인 거전조사선은 그 길이가 약 11 km로 가장 길고 조사정점수도 21개로 많다. 총 38속 159종이 출현하였으며, 이는 광활, 우마조사선의 34속 107종, 40속 134종에 비해 많은 수이다. 평균서식밀도는  $60.5 \times 10^4$  cells·m<sup>-2</sup>으로 광활, 우마의  $89.4 \times 10^4$ ,  $268 \times 10^4$  cells·cm<sup>-2</sup>에 비해 낮은 값이다. 그러나 종 다양성은 2.3-3.3으로 광활, 우마조사선에 비해 높다(Fig. 2). 출현종수나 서식밀도가 상부에서 하부조간대로 가면서 일정한 경향을 나타내지는 않는다. 거전조사선은 상부, 하부조간대를 구별할 수 없을 정도로 간간히 수로가 발달하고 이에 따른 지형의 변화가 있는 곳이기 때문이라 생각된다. 단 거전조사선의 정점 1은 퇴적물 조성으로 보아 전형적인 상부조간대의 성격을 나타내고, *Navicula arenaria*, *Amphora holsatica*가 우점한다(Fig. 3). 하부조간대로 향하면서 대체로 개체수의 증가를 보이는 종은 *Paralia sulcata*, *Navicula* sp. 1이다. 그러나 *Paralia sulcata*가 출현하는 정점들은 대부분 세립질퇴적물로 이루어진 곳이다. 따라서 *Paralia sulcata*를 하부조간대에 출현하는 종으로 보기는 어렵다.

광활조사선에서 출현한 종은 모두 12과, 34속, 107종이다. 출현 개체수가 전체 개체수의 10%를 넘는 종은 *Navicula arenaria*(31.4%), *Paralia sulcata*(15.5%), *Navicula* sp. 1(10.8%)이며, 3% 이상인 종은 *Amphora holsatica*(7.0%), *Thalassionema nitzschoides*(4.0%), *Rhaphoneis amphicerus*(3.3%)로 이들 6종이 전체 개체수의 72%를 차지한다. 1% 이상인 종 중에서 *Thalassiosira anguste-lineatus*와

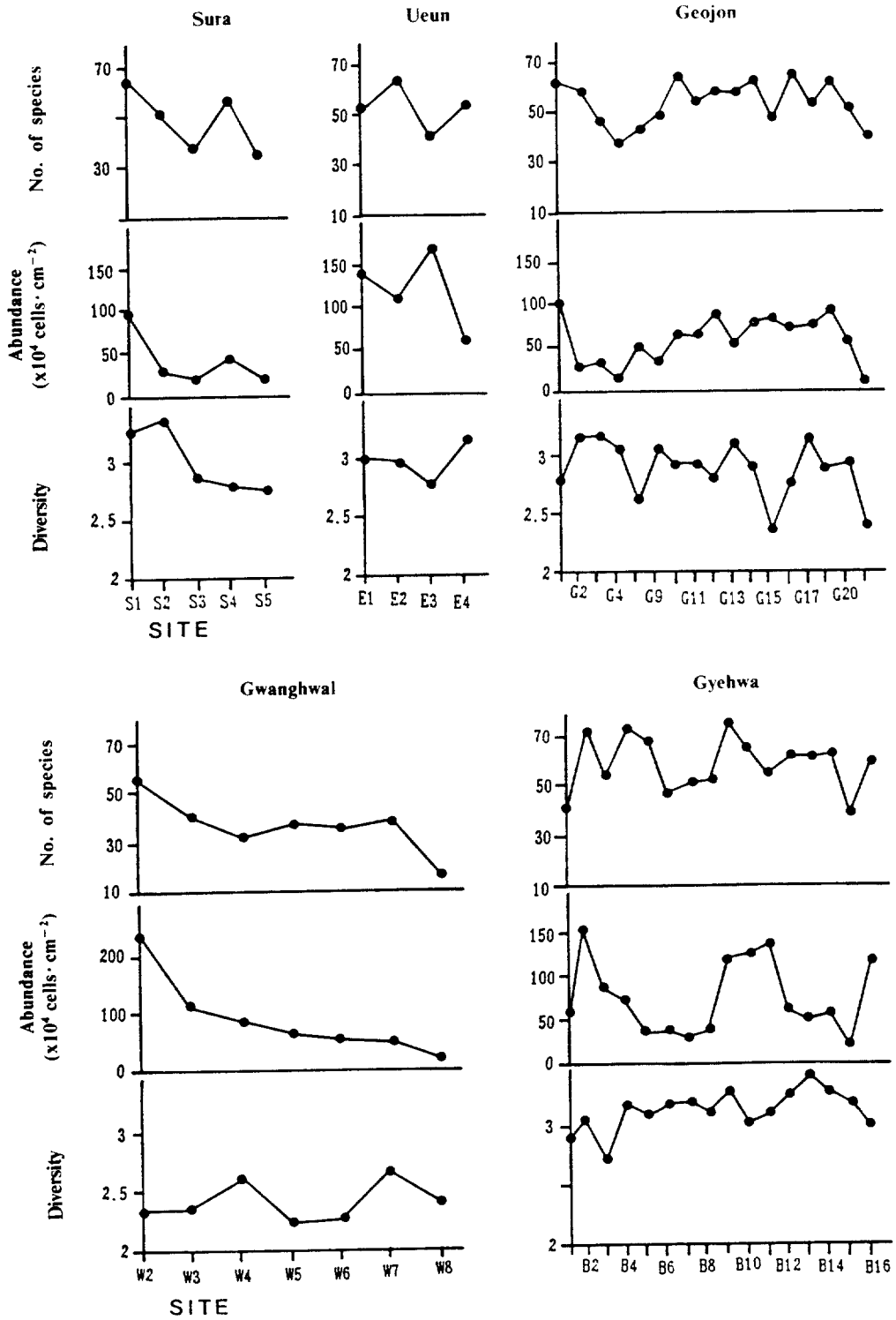


Fig. 2. Numbers of species, total cell numbers and diversity indices of marine benthic diatoms at sampling sites on 5 transect lines located on Mangyung-Dongjin tidal flat.

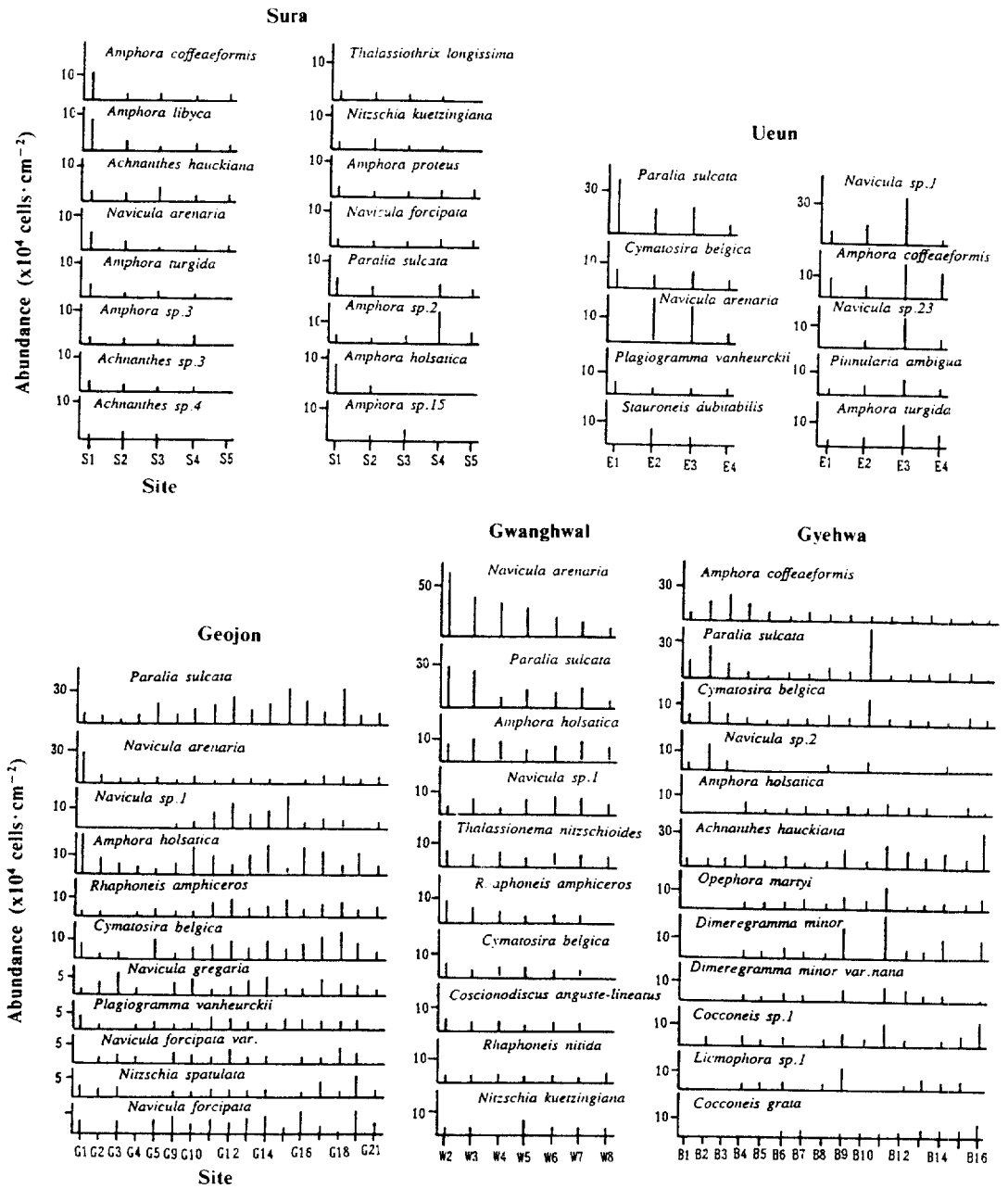


Fig. 3. Abundance (cells·cm<sup>-2</sup>) of dominant species of marine benthic diatoms on 5 transect lines on the Mangyung-Dongjin tidal flat.

*Rhaphoneis nitida* 등은 이 조사선에만 출현하였던 종이다. Fig. 3에 1% 이상의 개체수를 차지하는 종들의 조사정점별 개체수 분포를 나타내었다. *Navicula arenaria*, *Paralia sulcata* 등의 규조가 상부에서

하부조건대로 가면서 서식밀도가 감소함을 알 수 있다. 총 출현종수와 개체수도 하부조건대로 가면서 감소하였다(Fig. 2). 거전조사선과는 달리 상부, 하부조건대의 이러한 뚜렷한 차이는 상부에서 하부조

간대로 가면서 퇴적물입도, 노출시간 등이 점진적으로 변하기 때문이라 생각된다.

우마조사선에서는 13과, 40속에 속하는 134종이 출현하였고, 서식밀도는 전 조사선 중 가장 높았다. *Navicula* sp. 1(27.1%), *Navicula arenaria*(20.1), *Paralia sulcata*(12.3%) 등이 이 지역에 우점하는 종이다. 1% 이상의 개체수를 차지하는 종들의 정점별 개체수는 Fig. 2와 같다. 정점 1에서의 높은 개체수 값은 이들 우점종의 서식밀도와 밀접한 관계가 있다. *Navicula arenaria*, *Paralia sulcata* 등이 내해로 향하면서, 또 상부조간대로 향하면서 개체수가 증가하는 현상이 김제조간대의 일반적인 특징이라 할 수 있다.

계화도 조사선은 부안조간대에 놓인 조사선으로 전형적인 외해 조간대라는 점에서 거전조사선과 유사하다. 총 42속 232종을 동정하여 본 조사지역에서 가장 많은 종이 채집된 조사선이다. 우점종으로는 *Achnanthes haukiana*(9.8%), *Paralia sulcata*(9.1%), *Amphora coffeaeformis*(8.0%), *Dimeregramma minor*(5.8%), *Opephora martyi*(3.9%), *Cymatosira belgica*(3.7%) 등이다. *Amphora coffeaeformis*, *Paralia sulcata*, *Navicula* sp. 2 등이 상부조간대에 출현하는 대표적인 종이다(Fig. 3). 다른 조사선들에서는 전형적인 하부조간대 종을 발견하기 어려웠으나 이 지역에서는 특히 하부조간대의 몇몇 정점에서 개체수가 뚜렷이 많은 종들을 관찰할 수 있었다. 그 대표적인 예가 *Achnanthes haukiana*, *Opephora martyi*, *Dimeregramma minor*, *D. minor* var. *nana*, *Cocconeis* sp. 1, *Licmophora* sp. 1 등으로 이들 종들이 출현하는 정점들이 대부분 조립질퇴적물로 이루어진 것도 중요한 특징이다.

본 조사지역에서 상부조간대 또는 내해쪽에 놓인 조사선으로 향하면서 개체수가 증가하는 종들은 위에서 제시한 바와 같이 쉽게 구별할 수 있었으나 하부조간대에서 우점하는 종들은 구분이 뚜렷치 않았다. 사질퇴적상에서 개체수가 감소하고 또한 특정 종이 우점하는 정도가 크지 않기 때문이다. 계화도 조사선의 외해쪽에 놓인 정점들에서 출현한 위에 기술한 종들을 하부 조간대의 전형적인 종들로 간주한다.

개체수가 상부조간대, 또는 세립질퇴적물에서 많은 것은 본 조사지역에서 관찰된 일반적 현상이다.

내해쪽으로 갈수록 개체수가 증가하는 경향 역시 퇴적물 입도와 관계된 현상으로 파악할 수 있다. 동진강 하구에 위치한 우마조사선, 만경강하구에 위치한 경창조사선이 모두 본 지역에서 가장 개체수가 많았던 조사선들이다.

## 논 의

본 조사지역에서 종수나 개체수에 있어 우점하는 규조류는 대부분 우상형 구조이다. 우상형 중 특히 *Navicula*, *Nitzschia*속이 다른 속에 비해 우점 출현한다. 이들 속의 우점은 필조간대의 퇴적환경과 관계가 깊다고 본다. 이 두 속에 속하는 대부분의 종이 배선구조에 의한 운동능력을 가지고 있어, 침전이 계속적으로 진행되고 주기적인 환경의 변화가 심한 조간대 환경에서 유리한 생태적 위치를 점유할 것으로 해석할 수 있다(Sullivan, 1978). 플랑크톤 연구에서 보고된 일시 부유성 종도 출현하였다. 이는 주로 수심이 얕은 곳에서 바람이나 조석의 영향으로 재부유된 것으로 각 종이 가지는 고유의 부착능력과 관계있는 것으로 생각된다.

전체 출현종 중 대표적인 종은 Melosiraceae과에 속하는 *Paralia sulcata*이다. 이 종은 본 조사지역에서 니질성 퇴적물에 주로 출현한 규조이다. 인천 주변의 조간대에서도 년중 우점종으로 보고되었다(심과 조, 1984). 또한 서해연안수 플랑크톤의 우점종으로 출현했던 것(Choi, 1984; Shim and Yoo, 1985)으로 보아 한국의 서해안 조간대 및 연안에서 우점하는 것으로 생각된다.

본 조사지역의 우점종 중 *Paralia sulcata*, *Cymatosira belgica*, *Navicula arenaria*, *Navicula* sp. 1, *Amphora coffeaeformis*, *Thalassionema nitzschioides* 등은 니질성규조로 서식범위 또한 매우 넓은 것으로 알려져 있다(Round, 1971). 대부분의 정점에서 출현하였으며, 명확한 서식지 분리를 보이지는 않았다. 그러나 상부조간대에서 하부조간대로 가며 서식밀도가 크게 감소하여 이들 종을 상부조간대의 특성종으로 간주하였다. 하부조간대에서도 발견되는 이유는 하부조간대에 위치한 정점이라 할 지라도 퇴적물이 니질퇴적물을 포함하고 있기 때문이라 생각된다(Jonge, 1985). *Achnanthes haukiana*, *Achnanthes* sp. 3, *Dimeregramma minor*, *Cocconeis* sp. 1,

*Opephora martyi* 등은 주로 외해쪽의 사질퇴적물 성격을 가지는 정점들에 분포하였다. 이들은 부착력이 강한 부배선, 단배선형의 규조로 사질성 규조의 주를 이루는 종으로 알려져 있다(Round, 1971). 그 밖에 출현 개체수가 매우 적은 희소종이 많은 점이 특이하였다. 희소종들은 많은 경우에 죽은 세포이거나 외부에서 유입된 것들로 간주되어 왔다(McIntire and Wulff, 1969).

상부조간대와 하부조간대의 출현종의 구별은 그 경계가 뚜렷치는 않으나 일반적으로 니질성, 사질성규조로 알려진 종들에 의해 가능하였다. 본 조사 지역에서 조간대 퇴적물의 입도조성을 보면 이러한 구별이 어느정도 타당함을 알 수 있다. 상부조간대 또는 만경, 동진강 하구 주위에 위치한 조간대는 세립, 하부조간대 또는 외해쪽 조간대는 조립한 퇴적물로 구성되어 있었다. 퇴적물의 평균입도와 유기물 함량( $r=0.72$ ), 평균입도와 분급도( $r=0.67$ ) 등도 상관관계를 나타내었다.

퇴적물 입도조성은 개체수와도 어느 정도 상관을 보였다( $r=0.67$ ). 즉 퇴적물이 세립해짐에 따라 서식밀도가 급격히 증가하였다. 조사정점들을 평균입도가  $4\phi$ 보다 큰 세립질로 구성된 정점과  $4\phi$ 보다 작은 조립질로된 정점으로 나누어 평균 개체수를 구하면 니질 정점이  $124.2 \times 10^4 \text{ cells} \cdot \text{cm}^{-2}$ , 사질정점이  $57.6 \times 10^4 \text{ cells} \cdot \text{cm}^{-2}$ 이다. 이러한 큰 차이는 니질저토에 규조의 생물양이 많다는 다른 연구 결과와 일치하였다(심과 조, 1984; Amspoker and McIntire, 1978).

종 다양성도 니질 정점에서 2.8, 사질정점에서 3.1의 평균값을 보여 사질조간대에서 종이 다양함을 알 수 있다. 이 같은 다양성의 차이는 파도나 조류에 의한 퇴적물의 불안정성에 기이한 것으로 생각된다. 또 사질성 퇴적물에 많이 서식하는 초식자(주로 중형동물)에 의한 강한 섭식효과 때문에 서식공간에 대한 중간 경쟁이 감소하고 따라서 다양성이 증대하는 것을 생각할 수 있겠다(Amspoker, 1977). 사질성 규조군집은 섭식압으로 인해 평형상태에 도달하지 못하고 결과적으로 종의 발달을 유도하며, 다양성을 증대시키는 것으로 알려져 있다.

### 참고문헌

김준호, 조경제. 1985a. 금강 하구 조간대 저토의 물리화

- 학적 특성, 저생규조의 종조성 및 생물량. 한국생태학회지, 8: 21-29.
- 심재형, 조병철. 1984. 인천부근 조간대의 저생규조류 군집. 서울대 자연과학대학 논문집, 9: 135-150.
- 수로국. 1987. 조석표 제1권
- 조경제. 1988. 낙동강 하구 저토의 환경구배에 따른 저서 규조류의 군집구조. 서울대 박사학위논문, 106pp.
- Admiraal, W. 1984. The ecology of estuarine sediment-inhabiting diatoms. *Prog. Phycol. Res.*, 5: 269-322.
- Amspoker, M.C. 1977. The distribution of intertidal epipsammic diatoms on Scripps Beach, La Jolla, California. USA. *Bot. Mar.*, 20: 227-232.
- Amspoker, M.C. and C.D. McIntire. 1978. Distribution of intertidal diatoms associated with sediments in Yaquina estuary, Oregon. *J. Phycol.*, 14: 387-395.
- Brockmann, C. 1950. Die Watt-Diatomeen der Schleswig-Holsteinischen Westkueste. *Abhandlungen Senckenbergiana Naturforschungs Gesellschaft*, 478: 1-26.
- Choi, J.K. 1984. The ecological study of phytoplankton in Gyeonggi Bay, Korea. Ph. D. Thesis. Seoul National University. 320pp.
- Choi, H.S. 1988. A floristic study on benthic diatoms in Songdo tidal flat, Gyeonggi Bay. M.S. Thesis. Seoul National University. pls. 8, 77pp.
- Dexiang, J. 1981. The geographical distribution of the marine diatoms in China. *Nova Hedwigia* 35: 763-792.
- Dexiang, J., C. Zhaodi, L. Junmin and L. Shicheng. 1985. The marine benthic diatoms in China. Vol. 1. China Ocean Press, Beijing. pls. 67, 245pp.
- Folk, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *J. Geol.*, 62: 334-359.
- Folk, R.L. and W.C. Ward. 1957. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27: 3-26.
- Hendy, N.I. 1964. An introductory of the smaller algae of British coastal waters. Ministry of agriculture, fisheries and food, Fishery investigations Series IV. 317pp.
- Hustedt, F. 1985. The pennate diatoms. Koeltz Sci. Books, Koenigstein. 918pp.
- Jonge, V.D. de. 1985. The occurrence of 'epipsammic' diatom populations: A result of interaction between physical sorting of sediment and certain properties of diatom species. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 21: 607-622.
- Kosugi, M. 1987. Limiting factors on the distribution of benthic diatoms in coastal regions -salinity and substratum-. *Diatom*, 3: 21-31.
- Lee, C.B. 1985. Sedimentary processes of fine sediments and the behaviour of associated metals in the Keum Estuary, Korea. in A.C. Sigleo and A. Hattori (ed.), Marine and estuarine geochemistry, pp. 209-225. Lewis Publishers, Inc.
- Lee, C.B. and T.I. Kim. 1987. Formation and evolution of turbidity maximum in the Keum Estuary, West Coast of Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 9: 293-307.
- Lohman, K.E. 1972. A procedure for the microscopical study of diatomaceous sediments. *Nova Hedwigia Beihft.*, 39: 267-283.

- McIntire, C.D. and B.L. Wulff. 1969. A laboratory method for the study of marine benthic diatoms. *Limnol. Oceanogr.*, **14**: 667-668.
- Palmer, J.D. and F.E. Round. 1967. Persistent vertical migration rhythms in benthic microflora. VI. The tidal and diurnal nature of the rhythm in the diatom *Hantzschia virgata*. *Biol. Bull.*, **132**: 44-55.
- Patric, R. and C.W. Reimer. 1966. The diatoms of the United States. Vol. 1. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. Monograph No. 13. 688pp.
- Rao, V.N.R. and J. Lewin. 1976. Benthic marine diatom flora of False Bay, San Juan Island, Washington. *Syesis*, **9**: 173-215.
- Round, F.E. 1971. Benthic marine diatoms. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **9**: 83-139.
- Shim, J.H. and J.S. Yang. 1982. The community structure and distribution of phytoplankton of the Keum River Estuary. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **17**: 1-11.
- Shim, J.H. and S.J. Yoo. 1985. Phytoplankton community off the coast of Kunsan, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **20**: 31-42.
- Shyu, J.P. and M.P. Chen. 1984. Diatoms in the late Pleistocene sediments of southern Okinawa trough. *Acta Ocean. Taiwanica*, **15**: 71-129.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean expedition of R.V. 'Meteor' 1964-65. Meteor Forschungsergeb. (D. Biol.), Vol. 19, p. 1-66, pls. 41.
- Simonsen, R. 1979. The diatom system: Ideas on phylogeny. *Bacillaria*, **2**: 9-71.
- Sullivan, M.J. 1975. Diatom communities from a Delaware salt marsh. *J. Phycol.*, **11**: 384-390.
- Sullivan, M.J. 1978. Diatom community structure: Taxonomic and statistical analysis of a Mississippi Salt Marsh. *J. Phycol.*, **14**: 468-475.

---

Received November 29, 1990

Accepted February 13, 1991