

## 동해 왕돌초 주변 해역의 동계와 하계 식물플랑크톤 군집 분포

심정민 · 진현국 · 성기탁\* · 황재동 · 윤석현 · 이용화 · 김영숙 · 권기영

국립수산과학원 동해수산연구소, \*국립수산과학원 해양연구과  
(2008년 10월 31일 접수; 2008년 11월 21일 수정; 2008년 12월 16일 채택)

### The Community Structure of Phytoplankton in Winter and Summer Around Wangdol-cho

Jeong-Min Shim, Hyun-Gook Jin, Ki-Tack Sung\*, Jae-Dong Hwang, Suk-Hyun Yun,  
Yong-Hwa Lee, Young Suk Kim and Ki-Young Kwon

East Sea Fisheries Research and Development Institute, NFRDI, Gangneung 210-860, Korea  
\*Ocean Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea  
(Manuscript received 31 October, 2008; revised 21 November, 2008; accepted 16 December, 2008)

#### Abstract

Wangdol-cho, located 23 km offshore of Hupo in southwest of East Sea, is underwater rock floor, called to Wangdol-Am or Wangdol-Jam and has three tops as Mat-Jam, Middle-Jam and Set-Jam. The composition, abundance, diversity and community structure were investigated in winter and summer in 2002 around Wangdol-cho. The temperature around the Northwest and Southeast part of Wangdol-cho was influenced by the North Korea Cold Current (NKCC) and East Korea Warm Current (EKWC), respectively. Nutrient and chlorophyll-a concentration were higher at the top of Wangdol-cho than other area. A total of 41 genera and 78 species of phytoplankton were identified. The average cell abundance of phytoplankton in winter and summer were  $286 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>,  $432 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup> respectively. The largest community was Bacillariophyta containing 52 taxa. The dominant species were *Lauderia anulata* and *Coscinodiscus* spp. which preferred cold water in winter. In contrast, warm water species such as *Rhizosolenia stouterfothii* and *Ceratium* spp. were dominant in summer. The average species diversity index of phytoplankton in winter was higher than that in summer. According to dominant species and standing crops, phytoplankton community resulted in a clear separation. One group was western area, which showed low density, and the other was eastern area, which showed the higher density. The abundance and species composition of phytoplankton were affected by topological characteristics around Wangdol-cho.

**Key Words** : Phytoplankton, Phytoplankton community, Species composition, Abundance

#### 1. 서론

왕돌초는 경북 울진군 후포항에서 동쪽으로 23 km 떨어진 곳에 위치한 거대한 수중 암초로서, 왕돌초는 3개의 수중 봉우리로 구성되어 남북으로 길게

돌출된 암반으로서 서쪽은 급격한 경사를 이루고 있는 반면, 동측은 비교적 완만한 경사를 이루고 있다. 크기는 남북으로 6~10 km이고 횡측인 동서로는 6 km 남짓이며 전체 면적은 약 15 km<sup>2</sup>의 넓은 면적을 차지하고 있다.

왕돌초는 지리적 여건으로 볼 때 연안과 근해의 중간적 위치에 있음으로서 연근해 어족자원의 산란장으로서 뿐만 아니라 성육장으로서도 매우 중요한 역할을 하고 있다. 왕돌초 주변해역의 해류는 북쪽에서 내려오는 북한한류와 남쪽에서 북상하는 대마난류가 모두 영향을 미치며 동해안의 깊은 수층에서 용기됨으로서 용승과 와류가 활발하여 해양생산력이 매우 큰 해역이다<sup>1)</sup>.

왕돌초 주변 해역에 대한 조사는 1976년 국립수산진흥원에서 수산자원 영향 파악을 하기 위해 국립수산진흥원에서 실시한 왕돌초 어장개발조사<sup>2)</sup>를 최초로 하여 단편적인 조사만 수행되어 왔다, 최근 들어 왕돌초를 “동해도의 이어도”라고 부르면서 주변해역에 대한 단편적인 수층생태에 대한 조사가 이루어졌고 왕돌초의 해양과학기지 건설을 위한 경제성 분석 및 타당성 조사에 대한 연구가 국립수산과학원에서 수행된 바 있다<sup>3)</sup>.

지금까지 동해의 식물플랑크톤에 관한 연구로는 식물플랑크톤에 의한 식생 구분<sup>4~6)</sup>과 군집 특성<sup>7~14)</sup> 등에 관한 연구가 다수 보고되었다. 이러한 연구들은 주로 동해 광범위한 해역을 대상으로 이루어져 왔으나 왕돌초와 같이 좁은 해역에 대한 식물플랑크톤 군집 특성에 관한 연구는 그다지 많지 않다.

본 연구에서는 왕돌초 주변 해역의 해양환경 특성과 식물플랑크톤의 군집구조를 이해하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

왕돌초 주변 해역에 대한 해양환경 조사는 2002년 2월과 8월 17개 정점에 대해서 이루어졌다(Fig. 1). 조사정점의 물리적인 특성은 국립수산과학원 시험조사선 탐구 12호에 장착된 CTD (SBE 19 plus)를 이용하여 측정하였으며 시료 채취는 채수기(Niskin sampler)를 이용하여 표층에서 수심 100 m까지 사이의 4개 수층(0, 20, 50, 100 m)에서 이루어졌다. 무기영양염류 분석은 수심별로 채수된 시료를 염산(10% HCl) 처리된 플라스틱병에 담아 냉동상태에서 실험실로 옮긴 후 Parsons 등<sup>15)</sup>의 방법을 따라 용존무기질소, 용존무기인 및 규산규소를 분석하였다. 클로로필-*a* 농도 분석은 층별 해수 2 L를 membrane filter (47 mm)를 이용하여 거른 후 여과지를 10 mL의 90% 아세톤 용액에 넣어 4°C의 암소에서 24시간 색소를 추출하였으며<sup>15)</sup> 형광측정법을 이용하여 구하였다. 왕돌초 주변 해역에서의 식물플랑크톤 조사 결과는 매우 부족한 상태이며 가급적 많은 종을 얻기 위해 2 L의 채수 채집과 Kitahara net(망목 11 μm)의 네트를 이용해서 50 m 수심에서 수직 채집을 병행하여 채취 후, Lugol's액을 1-2% 첨가하여 고정시켰다.

왕돌초 해역에 출현한 식물플랑크톤 출현종수와 개체수를 산출하여 종다양도지수(Shannon-wiener index)<sup>16)</sup>, 균등도 지수(Pielou evenness index)<sup>17)</sup>를 다

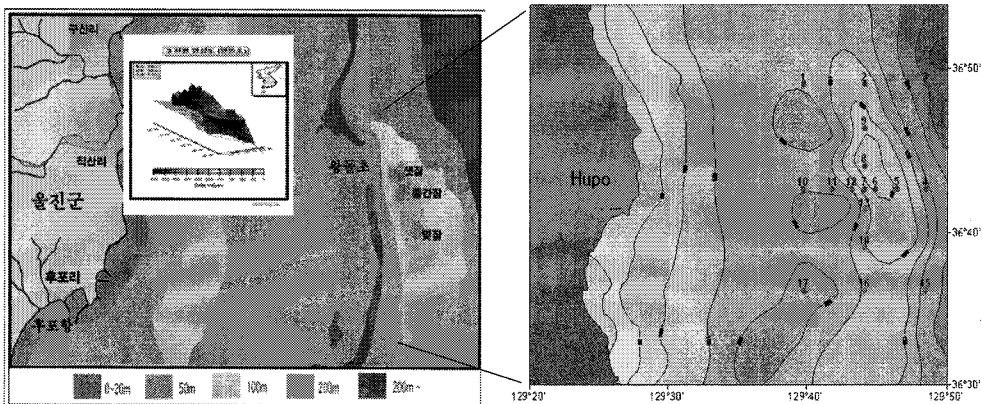


Fig. 1. Map showing the sampling stations in study area.

음과 같은 식으로 각각 구하였다.

$$\text{종다양도 지수}(H') : H' = - \sum P_i \times \ln(P_i)$$

$P_i$  :  $i$ 번째 종의 점유율

$$\text{균등도 지수}(J) : J = H' / \ln(S)$$

$S$  : 종수

또한 식물플랑크톤 군집 분석은 정점별 출현한 종조성과 개체수를 기초로 하여 Bray-Curtis index<sup>(18)</sup>를 이용하여 계산한 후 dendrogram은 비유사도 지수(dissimilarity index)를 근간으로 나타내었다. 분석은 MVSP version 3.1을 이용하여 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 수온 연직 분포

동계인 2002년 2월과 하계인 8월의 수온 연직 분포는 분명한 차이를 보였다(Fig. 2). 동계 왕돌초 주변해역의 수온 연직 분포는 표층~30 m층은 12°C 내외의 균질한 분포를 나타내었고, 30~75 m층에서 수온약층이 형성되었으며, 100 m 이심층에서는 3°C 이하의 분포를 보였다. 수온약층은 30~75 m층 사이에서 형성되었으며 동일 수심에서 북쪽해역은 남쪽해역보다 1~2°C 낮게 나타난 반면 동쪽해역과 서쪽해역은 유사한 분포를 보여 왕돌초 정상점 7을 중심으로 남북북저의 분포를 보였다. 이러한 현상은 50 m 이심층에서 남하하는 북한한류가 왕돌초 정상부근을 지나면서 지형적 영향으로 10°C 이하의 찬물이 용승한 것에 기인하는 것으로 추정된다. 하계에는 표층~10 m층은 22~23°C 내외의 균질한 분포를 보였고, 10~100 m층에서 수온약층이 형성되어 수온약층이 2월보다 두꺼워졌다. 하계의 수온 분포는 표층~30 m층까지 왕돌초를 중심으로 큰 수온편차를 보이지 않으나 50 m 이심층에서는 왕돌초를 중심으로 동고서저의 수온분포를 보였다.

왕돌초 주변해역은 매우 좁은 해역임에도 불구하고, 수온분포는 왕돌초 북서해역에서는 북한한류, 남동해역은 동한난류의 영향을 지배적으로 받을 수 있었다. 이러한 결과는 주변과 후포 횡단면의 연안에서 북한한류가 0.3~0.6 knot로 남하하고, 동한난류는 평균 0.8 knot로 왕돌초 외해측으로 수온 전선을 따라 북동진한다는 보고<sup>1)</sup>를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다.

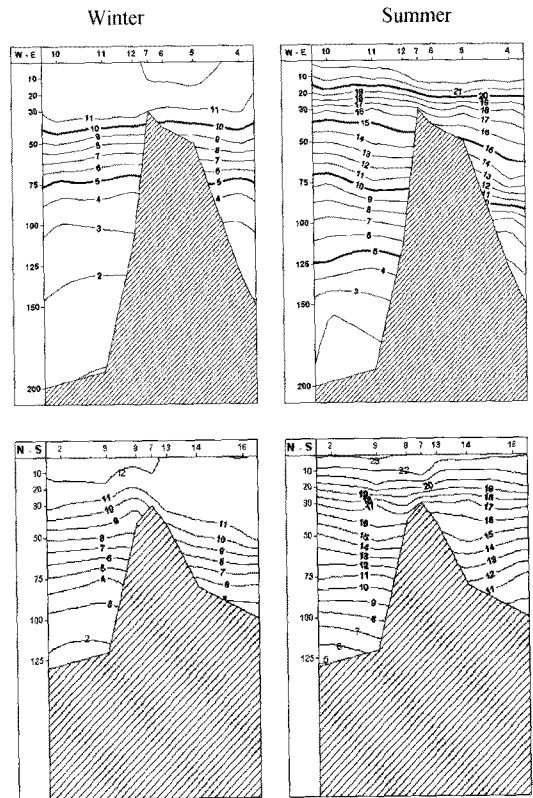


Fig. 2. Vertical distributions of water temperature for each sampling stations in winter and summer around Wangdol-cho.

#### 3.2. 영양염 분포

영양염의 수직분포는 전형적인 외양의 분포양상을 보였다(Table 1). 인산인은 동계에는 0.39~2.11  $\mu\text{g-at/L}$ 의 범위였고 100 m 이심층에서는 2.0  $\mu\text{g-at/L}$  내외의 균일한 농도분포를 보였다. 하계에는 0.20~1.17  $\mu\text{g-at/L}$ 의 범위였고, 100 m 이하의 수층에서는 0.5  $\mu\text{g-at/L}$  이하의 균질한 농도분포를 보인 반면 표층과 중층에서는 농도변화가 심하였고 저층보다 대체로 높은 농도분포를 보였다.

질산질소는 동계에 3.56~15.12  $\mu\text{g-at/L}$ 의 범위로 50 m층의 수평분포는 왕돌초 북서해역에서 14.0~15.0  $\mu\text{g-at/L}$ 의 상대적으로 높게 분포하였고 남쪽해역은 10.0  $\mu\text{g-at/L}$  이하로 상대적으로 낮게 분포하였으나, 75 m층의 수평분포에서는 전 조사 정점에서 15.0  $\mu\text{g-at/L}$  내외의 균질한 분포를 보였다. 하계에는 0.87~13.59  $\mu\text{g-at/L}$ 의 범위로, 특이하게 50 m 이

**Table 1.** Nutrient concentrations in winter and summer around Wangdol-cho

Depth (m)	Nutrient ( $\mu\text{g-at/L}$ )	Winter	Summer
0 m	Nitrite+Nitrate	3.78-12.26 (7.17)	1.24-5.30 (3.72)
	Phosphate	0.39-1.14 (0.74)	0.20-0.66 (0.37)
	Silicate	6.01-17.38 (13.14)	5.61-27.97 (14.22)
20 m	Nitrite+Nitrate	6.33-11.16 (8.12)	2.37-16.55 (7.89)
	Phosphate	0.47-0.85 (0.65)	0.24-1.17 (0.46)
	Silicate	8.21-16.38 (14.28)	5.17-29.05 (15.26)
50 m	Nitrite+Nitrate	7.73-15.24 (12.62)	1.54-9.34 (4.44)
	Phosphate	0.80-1.32 (1.05)	0.22-0.95 (0.50)
	Silicate	15.30-26.27 (20.42)	5.89-35.46 (15.88)
100 m	Nitrite+Nitrate	15.21-15.24 (15.22)	2.91-13.83 (6.80)
	Phosphate	1.30-2.10 (1.78)	0.12-0.51 (0.28)
	Silicate	21.05-39.30 (32.52)	4.76-19.21 (11.74)

심층보다 20~30 m층에서 훨씬 높은 농도분포를 보였다. 또한 수평분포에서는 왕돌초 정상부근해역과 왕돌초 남동해역에서 상대적으로 높은 농도분포를 보였고 왕돌초 서쪽해역에서는 상대적으로 낮았다.

**3.3. 클로로필-a 분포**

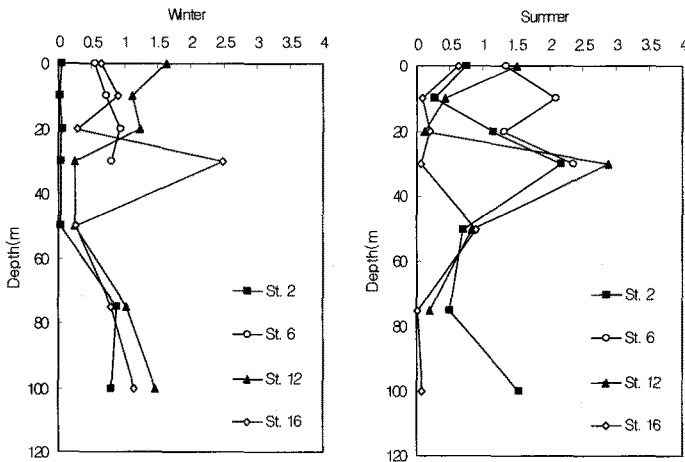
동계에는 0.04~3.56  $\mu\text{g-at/L}$ 의 범위로서 왕돌초 북쪽의 정점보다는 왕돌초 중앙과 남쪽 정점에서 높은 분포를 보였다(Fig. 3). 하계에는 0.01~2.63  $\mu\text{g/L}$ 의 범위로서 30 m층에서 클로로필-a 극대층이 나타났다. 이것은 수온약층에 의한 율타리효과와 적절한 조도의 영향으로 활발한 광합성에 의한 것으로 생각된다. 이는 하계에는 수온약층으로 인해 영양염 유입이 차단되면서 식물플랑크톤이 수온 약층 부근에 가라앉거나 머무르기 때문이다<sup>19,20</sup>.

**3.4. 식물플랑크톤의 종조성**

조사기간 중 출현한 식물플랑크톤은 총 41속 78종으로 크게 규조강(Bacillariophyceae), 황색편모조강(Chrysophyceae) 및 와편모조강(Dinophyceae)의 3개 분류군으로 나뉘었다(Table 2). 가장 큰 분류군은 규조강으로서 종조성이나 풍도에서 가장 비중이 높았고 전체 분류군 중 90% 이상을 차지하였으며 28

**Table 2.** Phytoplankton composition in winter and summer around Wangdol-cho

	Winter	Summer
	Genera/species (total species in percent)	Genera/species (total species in percent)
Bacillariophyceae	25/38(71.15)	23/41(57.75)
Chrysophyceae	2/3(23.08)	3/4(36.62)
Dinophyceae	4/12(5.77)	12/26(5.63)
Total	31/53	38/71



**Fig. 3.** Vertical distributions of chlorophyll-a concentrations for each sampling stations in winter and summer around Wangdol-cho.

속 52종이 출현하였다. 외편모조강은 12속 29종이 출현하였으며 특히 하계에 종조성과 풍도가 높았다.

규조강 중에는 *Chaetoceros*속과 *Rhizosolenia*속이 많은 종이 출현하였으며 외편모조강에는 *Ceratium*, *Protoperidinium* 및 *Dinophysis*가 출현빈도가 높았다. 규조류의 출현 비율은 동계와 하계에 각각 98.68%, 90.37%였으며 하계에는 외편모조강의 출현비율 9.21%로 동계 1.06% 보다 다소 높아졌다. 동계와 하계의 출현종은 비슷하였으나 하계에 *Ceratium*속과 *Dinophysis*속이 다수종이 출현하면서 편모조류가 출현종수가 많아졌다.

왕돌초 주변 해역에 출현한 종수는 동해 남부 해역의 식물플랑크톤 출현종수에 비해서는 다소 낮았으나 주요 출현종은 비슷한 것으로 나타났다<sup>4)</sup>. 동해안의 식물플랑크톤 군집에 관한 보고에 따르면 같은 시기는 아니지만 동해안에 185~190종이 출현한 것으로 보고되었지만<sup>8,12)</sup> 본 조사 해역은 왕돌초 주변 해역에 한정된 좁은 해역으로 출현종수는 상대적으로 낮았다. 특히 외편모조류의 출현종수가 하계에 다양해졌으며 심 등<sup>12)</sup>은 외편모조류 중 *Protoperidinium*, *Ceratium*, *Prorocentrum*속의 종수가 전체 외편모조류의 54.8%를 차지한다고 보고하였는데 이는 본 연구의 결과와 일치하였다. 그러나 우점종에 있어서는 하계에 *Prorocentrum*이 우점하는 경우가 많았으나 본 연구해역에서는 *Ceratium*속이 우점했다는 것은 기존의 보고와는 다소 상이한 결과였다<sup>14)</sup>. 규조류는 전체 출현개체수의 99%를 점유하며 이중 3종의 규조류가 88.7%를 차지한다고 알려져 있으며 본 연구 해역 또한 규조류의 점유율이 90% 이상으로 나타났다<sup>12)</sup>.

### 3.5. 식물플랑크톤 우점종과 개체수 분포

식물플랑크톤의 우점종과 개체수 분포는 Table 3과 Fig. 4와 같다. 동계 식물플랑크톤의 우점종은 *Lauderia anulata*로서 전체 현존량 중 71.91%의 점유율을 보였다. *Eucampia zodiacus*가 점유율 10.96%로서 제 2의 우점종으로 나타났으나 개체수에 있어서는 다소 낮은 분포를 보였다. 개체수 분포는  $20 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup> ~  $737 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>로서 평균  $286 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>로 나타났다. 특히 정점 2~6과 정점 9에서 *Lauderia* 개체수가 많아 전체 종중 출현비율이 64.75~86.65%로서 높게 나타났다. 그 외 정점들은 *Lauderia*의 우점율이 5.77~42.45%로 상대적으로 낮았다. 현존량은 왕돌초의 정상 부근을 중심으로 동측 해역이 높고 서측해역이 낮은 경향을 나타내었다.

하계에는 *Rhizosolenia stolterfothii*와 *Chaetoceros affine*가 각각 70.67%, 12.59%의 출현 비율을 보이며 우점하였다. *Rhizosolenia*의 점유율이 32.16~86.14%로 제 1우점종의 출현비율은 동계보다 높게 나타났다. 현존량은  $80 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup> ~  $1,246 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>의 분포를 나타내었으며 평균  $432 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>로 나타났다. 계절별 현존량은 하계가 동계 보다 높게 나타났으며 종조성 또한 다양하게 나타났다. 동계와 마찬가지로 왕돌초를 정상 부근을 중심으로 동측 해역이 높았다.

왕돌초 주변 해역의 식물플랑크톤의 개체수 분포는 동해 전 해역과 비교하였을 때 다소 낮았다<sup>10,11)</sup>. 동계의 우점종은 낮은 수온에서 잘 서식하는 *Lauderia anulata*와 *Eucampia zodiacus*가 많은 개체수를 나타내었으며 *Lauderia*는 수온이 낮을 때 더 많은 개체수가 분포한다는 심 등<sup>7)</sup>의 연구결과와 일

**Table 3.** Dominant species in winter and summer around Wangdol-cho (The percents of the total individuals are in parenthesis)

	Winter	Summer
	<i>Lauderia anulata</i> (71.91)	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i> (70.67)
	<i>Eucampia zodiacus</i> (10.96)	<i>Chaetoceros affine</i> (12.59)
Species	<i>Coscinodiscus</i> spp. (5.71)	<i>Ceratium</i> spp. (8.27)
	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (3.78)	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (0.79)
	<i>Chaetoceros didymus</i> . (2.71)	<i>Guinardia flaccida</i> (0.55)

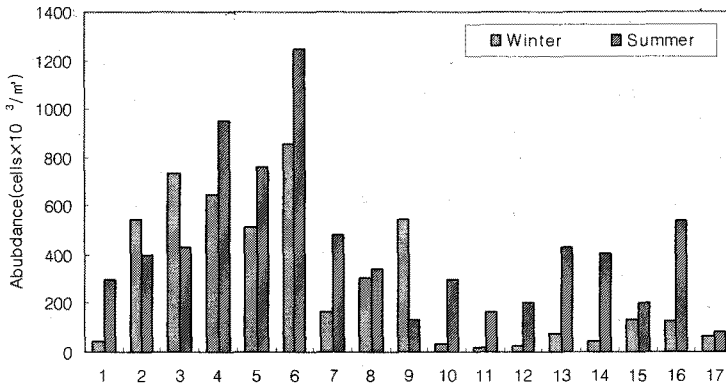


Fig. 4. Phytoplankton abundances at each sampling station in winter and summer around Wangdol-cho.

치하였다. 하계에는 대마난류 지표종인 *Rhizosolenia stolterfothii*와 *Chaetoceros affine*, *Ceratium furca*가 많이 출현하였으며 이는 동해 남부 해역에 주로 하계에 출현하는 종들과 일치하였다<sup>11,22,23</sup>. 심 등<sup>7)</sup>은 식물플랑크톤의 개체 크기 구조는 생태학적인 기능에 따라 변하게 되며, Malone<sup>24)</sup>은 식물플랑크톤은 안정된 환경에서는 작은 크기의 식물플랑크톤 개체 수 분포가 높아지면서 동계에는 수직혼합에 의해 저층에서 용출된 영양염으로 인해 큰 크기의 식물플랑크톤이 우점을 하게 된다고 보고하였다. 본 연구해역에서도 동계에 *Coscinodiscus*, *Lauderia*, *Eucampia* 등의 다소 큰 크기의 규조류가 우점하는 경향을 보였다. 이 등<sup>14)</sup>에 따르면 동해 연안에서는 주로 *Skeletonema*, *Asterionella* 및 *Leptocylindrus* 등 작은 크기의 종 개체수가 많이 분포한다 보고하고 있으나 본 연구해역에서는 다소 큰 크기의 식물플랑크톤이 우점하는 것으로 나타났다.

### 3.6. 종다양성지수와 균등도

일반적으로 종다양성지수는 다른 지역의 식물상을 특징짓거나 종의 천이를 조사하는 데 쓰인다<sup>25)</sup>. 종다양성지수는 군집을 특징짓는 중요한 지수로서 다른 종의 수를 나타내며, 더 복잡한 군집 조성은 높은 종다양성 지수를 나타낸다. 동계와 하계의 종다양성지수는 각각 0.62~2.13(평균 1.52), 0.62~2.27(1.28)로 나타나 평균은 동계가 다소 높게 나타났다(Fig. 5). 종다양성지수가 1 이하로 특히 낮은 정점들은 동계 우점종인 *Lauderia*, 하계 우점종인 *Rhizosolenia* 단일종의 우점율이 상대적으로 더 높았기 때문이다. 특히 하계의 종다양성지수는 동해 남부해역의 하계 평균 종다양성지수 1.69 보다는 다소 낮게 나타났으나 춘계와 비슷하게 나타났다<sup>12,26)</sup>. 이와 같이 상대적으로 낮은 종다양성지수는 몇 종의 우점종 비율이 상대적으로 높아짐에 따라 좌우되는 것으로 식물플랑크톤 군집구조가 다소 불안정

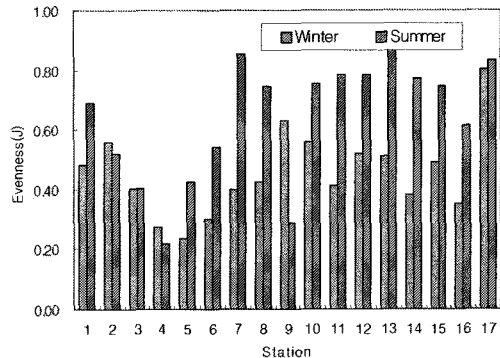
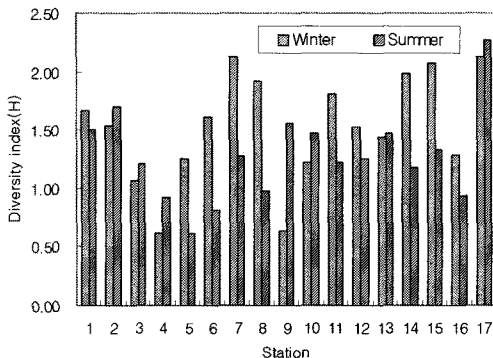


Fig. 5. Diversity index and evenness index of phytoplankton abundances at each sampling station in winter and summer around Wangdol-cho.

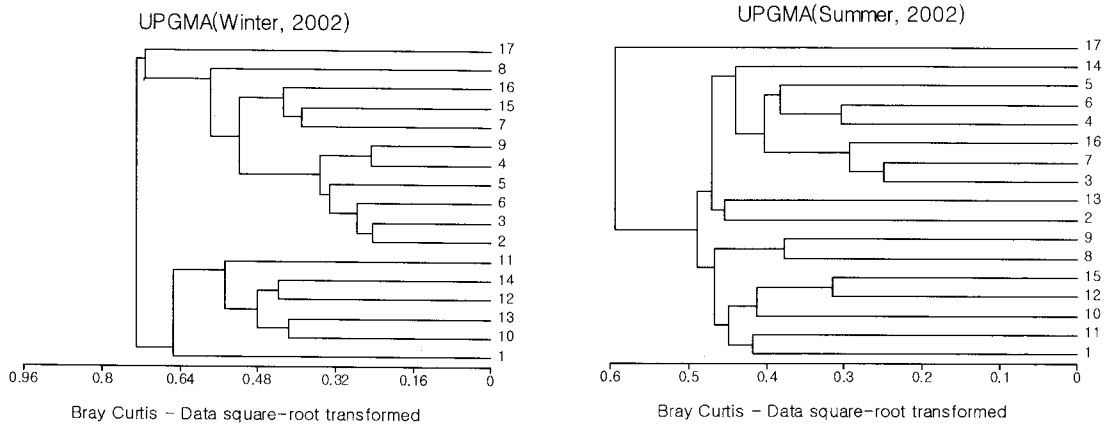


Fig. 6. Dendrogram showing the dissimilarity between stations on the phytoplankton community calculated using the Bray-Curtis index in winter and summer around Wangdol-cho.

함을 나타낸다.

### 3.7. 식물플랑크톤 군집 구조

집괴분석을 이용해 식물플랑크톤의 구조를 분석한 결과 동계와 하계의 군집 구조는 다소 다르게 나타났다(Fig. 6). 동계에는 왕돌초 정상 부근을 중심으로 각각 북동 해역 정점과 남서해역의 정점들 2개 그룹과 왕돌초의 정상 부근을 기준으로 가장 남서해역에 위치한 정점 17의 3개 그룹으로 나뉘었다. 제 1 그룹인 정점 2~6과 정점 9번은 *Lauderia*의 우점율이 64.75~86.65%로서 다른 정점들보다 훨씬 높게 나타났으며 이로 인해 현존량 또한 높은 특징을 보였다. 제 2그룹은 출현개체수가 다소 낮으면서 종조성 또한 단순하게 나타났다. 정점 17에서는 다른 정점들과 달리 *Chaetoceros*속의 다수 종 현존량이 높게 나타난 특징을 보이면서 다른 정점과 비교 시 낮은 유사도를 나타내었다.

하계에는 왕돌초를 정상 부근 정점 7을 중심으로 북서 해역과 남동 해역 그룹, 그리고 가장 남서해역에 위치한 정점 17의 3개 그룹으로 나뉘었다. 왕돌초 정상 부근을 중심으로 동측 해역의 그룹에서는 *Rhizosolenia*의 출현량이 높았으며, 서측 해역의 그룹에서는 *Ceratium*의 출현량이 높으면서 비슷한 비유사도지수를 보였다..

왕돌초 주변 해역의 식물플랑크톤의 군집 구조는 동계와 하계 모두 왕돌초 정상을 중심으로 동측과 서측 수역으로 나뉘어지는 경향을 나타내었다. 동

해안의 식물플랑크톤 군집은 수괴에 따라 다른 구조를 나타내고 있다고 보고하고 있다<sup>4,5,9,11</sup>). 또한 식물플랑크톤의 분포를 결정하는 요인으로 계절에 따라 규산규소와 수온 또는 염분 등이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다<sup>7</sup>). 그러나 본 연구해역에서는 식물플랑크톤의 분포를 결정하는 요인이 좁은 해역에 국한됨으로 인해 수괴구분을 하기는 어려우나 왕돌초를 중심으로 동측과 서측 해역으로 뚜렷하게 구분이 되었다. 이는 왕돌초 동측과 서측의 지형적인 차이로 인한 물리적인 환경 차이가 식물플랑크톤의 개체수 분포나 종조성 등에 영향을 미친 것으로 추정된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 동해 왕돌초 주변 해역에서 식물플랑크톤의 군집 특성을 밝히기 위해 2002년 2월과 8월 조사를 수행하였다. 수온분포는 왕돌초 북서해역에서는 북한한류, 남동해역은 동한난류의 영향을 지배적으로 받는 것으로 나타났다. 영양염은 왕돌초 정상부근 해역과 왕돌초 남동해역에서 상대적으로 높은 농도분포를 보였고 왕돌초 서쪽해역에서는 상대적으로 낮았다. 클로로필-*a*는 왕돌초 북쪽의 정점보다는 왕돌초 중앙과 남쪽 정점에서 높은 분포를 보였으며 하계에는 30 m층에서 높은 농도를 나타내었다. 조사기간 중 출현한 식물플랑크톤은 총 41속 78종이었으며 동계와 하계의 평균 개체수 분

포는 각각  $286 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>,  $432 \times 10^3$  cells/m<sup>3</sup>로 나타났다. 우점 분류군은 규조강(Bacillariophyceae)으로 52종이 출현하였다. 우점종은 동계에는 낮은 수온에서 서식하는 *Lauderia anulata*와 *Coscinodiscus* spp. 하계에는 난류성 종인 *Rhizosolenia stolterfothii*와 *Ceratium* spp.였다. 종다양성지수는 하계보다는 동계에 높게 나타났다. 식물플랑크톤의 우점종과 개체수에 따라 식물플랑크톤 군집은 동계와 하계 모두 왕돌초 정상을 중심으로 동측과 서측 수역으로 나뉘어지는 경향을 나타내었다. 이는 동측과 서측의 지형적인 차이로 인한 물리적인 환경이 식물플랑크톤의 개체수 분포나 종조성 등에 영향을 미친 것으로 추정된다.

## 참고 문헌

- Lee K. N., Myoung J. G., 2003, Sustainable utilization and management scheme in Wangdol-cho surrounding sea area., *Ocean and Polar Research*, 25(3), 331-345.
- 국립수산진흥원, 1977, 울진근해 왕돌암 어장 개발 조사보고, 사업보고, 제38호, 58pp.
- National Fisheries Research and Development Institute, 2005, Techno-economic feasibility of constructing a marine science station at the Whangdol reef area, 123pp.
- Shim J. H., Lee W. H., Bak S. Y., 1985, Studies on the plankton in the southwestern waters of the East Sea, (II) Phytoplankton-standing crop, nanofraction, and primary production, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 20(3), 37-54.
- Shim J. H., Yang S. R., Lee W. H., 1989, Phytohydrography and the vertical pattern of nitracline in the southern waters of the Korean East Sea in early spring, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 24(1), 15-28.
- Shim J. H., Yeo H. G., Park J. G., 1992, Primary production system in the southern waters of the East Sea, Korea, (I) Biomass and productivity, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 27(2), 91-100.
- Shim J. H., Lee W. H., 1987, Distribution of phytoplankton species and associated environmental factors in the southwestern waters of the East Sea, Korea: A canonical correlation analysis, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 22(1), 34-42.
- Shim J. H., Lee W. H., 1983, Plankton study in the southeastern sea of Korea, (I) Phytoplankton distribution in September, 1981, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 18(2), 91-103.
- Shim J. H., Park Y. C., 1984, Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the southwestern sea of Korea, in early summer, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 19(1), 68-81.
- Lee W. H., Shim J. H., 1990, Distribution of phytoplankton standing crop and the associated T-S properties in the southwestern East Sea(Sea of Japan), *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 25(1), 1-7.
- Park J. S., Kang C. K., An K. H., 1991, Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the polar front region off the east coast of Korea in summer, *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24(4), 237-247.
- Shim J. H., Yeo H. G., Park J. G., 1995, Primary production system in the southern waters of the East Sea, Korea, (II) The structure of phytoplankton community, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 30(3), 163-169.
- Shim J. H., Park J. G., 1996, Primary production system in the southern waters of the East Sea, Korea, (III) Vertical distribution of the phytoplankton in relation to chlorophyll maximum layer, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 31(4), 196-206.
- Lee J. B., Han M. S., Yang H. S., 1998, The ecosystem of the southern coastal waters of the East Sea, Korea, (I) Phytoplankton community structure and primary productivity in September, 1994, *J. Korean Fish. Soc.*, 31(1), 45-55.
- Parson T. R., Maita Y., Lalli C. M., 1984, A manual of chemical and biological methods for seawater analysis, Pergamon Press, New York, 173pp.
- Bray J. R., Curtis J. T., 1957, An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin, *Ecol. Monogr.*, 27, 325-349.
- Shannon C. E., Wiener W., 1963, The mathematical theory to communication, Urbana, Univ. of Illinois Press, 125pp.
- Pielou E. M., 1966, The measurement of diversity in different types of biological collection, *J. Theoret. Biol.*, 13, 131-144.
- Chung C. S., Shim J. H., Park Y. C., Park S. G., 1989, Primary productivity and nitrogenous nutrient dynamics in the East Sea of Korea, *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 24(1), 52-61.
- Goering J. J., Waleen D. D., Naumann R. M., 1970, Nitrogen uptake by phytoplankton in the discontinuity layer of eastern subtropical Pacific Ocean, *Limnol. Oceanogr.*, 15, 798-796.
- Pingree R. D., Holligan P. M., Mardel G., T., Head R. N., The influence of physical stability, *Mar. Biol. Ass. U.K.*, 56, 845-873.
- Karawada M., 1965, Diatoms in the Kuroshio waters neighboring Japan, *Inform. Bull. Plankton Japan*, 12,



- 8-16.
- 23) Matoda S., Marymo R., 1963, Plankton of the Kuroshio water, Proceedings of Symposium on the Kuroshio, 40-61.
- 24) Malone T. C., 1971, The relative importance of net-plankton and nanoplankton as primary producers in neritic and oceanic tropical waters, Limnol. Oceanogr., 16, 633-639.
- 25) Raymont J. E. G., 1980, Phytoplakton and productivity in the oceans, vol 1 - Phytoplankton, Pergamon Press, Oxford, 489pp.
- 26) Lee W. H., 1986, An ecological study of phytoplankton in the Southwestern waters of East Sea of Korea, KOSEF 870616, 513pp.