

## 동해안에 자생하는 거머리말 (*Zostera marina* L.)의 생육지 분포에 따른 형태 분석

권 천 중 · 이 상 용 · 최 청 일\*

한양대학교 지구해양과학과

### Morphometric Analysis of *Zostera marina* L. Found in Various Habitats Along the Eastern Coast of Korea

Chun Joong Kwon, Sang Yong Lee and Chung Il Choi\*

Department of Earth and Marine Sciences, Hanyang University, Ansan 425-791

**Abstract** - The intraspecific variability, habitats, and morphological characteristics of eelgrass (*Zostera marina* L.) along the eastern coast of Korea were examined during June to August 1998. Morphological characteristics including shoot height, leaf length, leaf width, number of leaf veins, and shape of leaf apex were measured, and eelgrass habitats were analyzed using character correlation, principal components and cluster analyses. The morphological characteristics varied with the habitat types and water depth. Eelgrass beds distributed mostly in lagoons, ports and bays along the east coast of the Korean peninsula. The quantitative morphological features that enabled recognition of the two phenetic groups were short-narrow and long-broad leaf types. Leaf apex in particular varied with the habitat characteristics.

**Key words** : *Zostera marina*, morphology, phenetic group, principal component analysis, eelgrass bed, Eastern coast, Korean Peninsula

### 서 론

거머리말 (*Zostera marina* L.)은 연안과 하구에서 수중 생활을 하고, 성장하며 꽃을 피워 수정하는 해산 현화식물 (seagrass)이다. 해조류 (algae)와는 달리 뿌리, 지하경, 잎과 꽃의 구분이 명확하며, 초지 (meadow)를 형성한다. 온대 연안에 생육하고 있는 거머리말과 (*Zosteraceae*)의 거머리말속 (*Zostera* L.)은 세계적으로 11종이 분포하며 (Den Hartog, 1970), 한반도에 자생하는 거머리말속 식

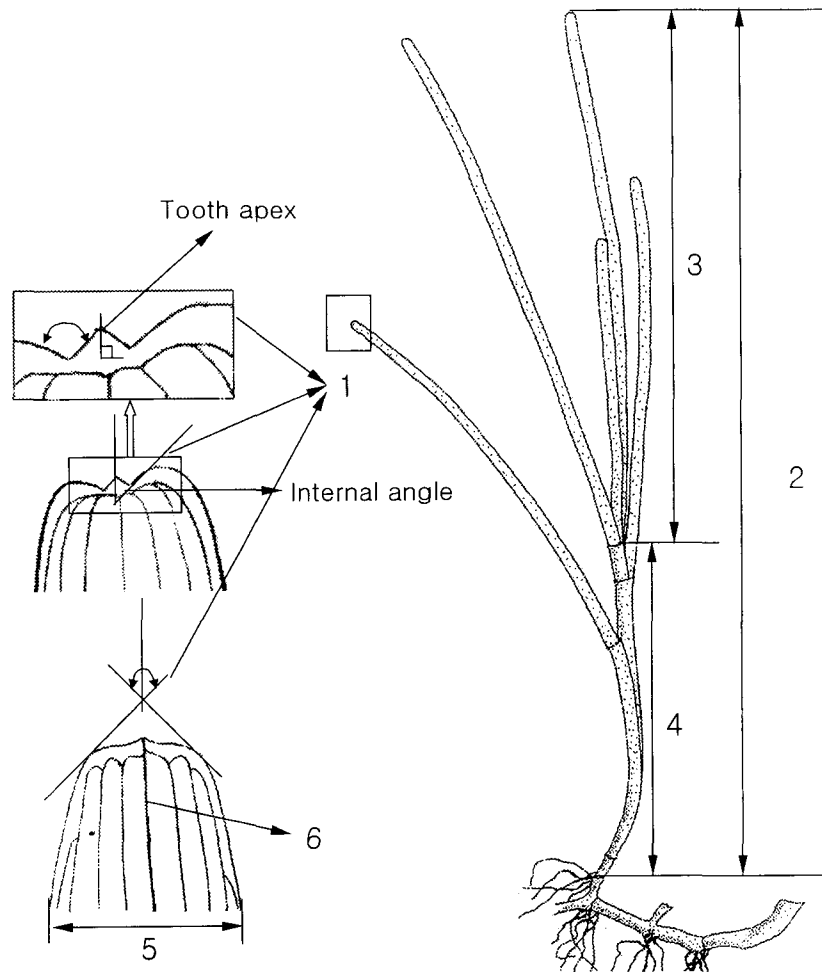
물은 거머리말, 왕거머리말 (*Z. asiatica* Miki), 수거머리말 (*Z. caulescens* Miki), 포기거머리말 (*Z. caespitosa* Miki)과 애기거머리말 (*Z. japonica* Ascherson and Graberner) 5종이 생육한다 (Miki 1932, 1933; Shin and Choi 1998; Choi *et al.* 2001; Lee 2001). 특히 거머리말은 동해연안의 원산만에서부터 부산까지, 제주도를 포함한 남해연안과 옹진반도를 포함하는 서해 도서연안 등 한반도 전 연안에서 출현하는 것으로 보고 되었다 (Miki 1933; Lee 2001).

한반도에 생육하는 거머리말속의 연구는 Miki (1932, 1933)에 의해 종 기재와 함께 처음으로 분류학적 연구와 분포가 보고 되었다. 본 속에 대한 조사는 형태학적

\* Corresponding author: Chung Il Choi, Tel. 031-400-4155, E-mail. cichoi@hanyang.ac.kr

형질인 엽맥의 수 (Number of leaf vein), 엽두의 형태 (shape of leaf apex), 잎폭 (leaf width)과 섬유가닥 수 (Number of fibrous strands), anthocyanin spot의 존재 유무와 종피 주름의 유무 등으로 종을 식별하였다 (Miki 1932; Den Hartog 1970; Komarov and Il'in 1986; Philips and Menez 1988; Kitamura *et al.* 1992; Satake *et al.* 1993; Cho and Boo 1998; Shin and Choi 1998). 특히, Shin and Choi (1998)는 한국산 거머리말속의 분류 및 분포에 관한 연구에서 잎 정단부의 형태, 엽맥 수와 섬유가닥의 수 (number of fibrous strands)에 근거하여 거머리말속의 분류하였으며, Cho and Boo (1998)는 황해에 생육하는 애기거머리말, 거머리말, 수거머리말을 잎 폭과 잎 정단부의 형태로 분류하였다. 그러나 한반도에 출현하는 거머리말속의 대부분 종들은 그 형태에 있어 넓은 변이를 나타내고 있어서 그들의 종 범위에 대한 논란의 여지가 있으며, 다수의 중요한 형질(잎폭, 엽맥 수, 잎 정

단부의 형태 등)들로만 분류군을 구분 짓기는 어렵다. 특히, 거머리말은 형태 및 생태학적 변이가 매우 심하기 때문에 지리적인 변이에 따른 형태 및 생태학적 연구가 필요하다고 생각된다 (Setchell 1929). Lee *et al.* (1999)은 동해 연안에서 자생하는 왕거머리말의 형태학적인 형질의 변이가 생육지에 따라 다양하게 나타나는 것을 보고하였다. 또한 동해 연안에 출현하는 거머리말도 생육환경에 따라 다양한 형태 변이를 나타낸다고 보고하였다 (Lee *et al.* 2000b). 따라서 한국산 거머리말에 대한 형태학적 종을 식별하기 위해서는 가능한 많은 집단 개체를 대상으로 다양한 형질을 측정 후 전형질 분석방법에 의한 집단간의 변이 분석이 시도되어야 한다고 판단되었다. 따라서 본 연구는 동해안에 분포하는 거머리말의 생육환경에 따른 형태학적 형질의 특성을 비교하여 형태적인 변이의 폭을 설정하고, 전형질 분석방법이 자연집단군내의 분류군을 구분짓는데 유용한가를 평가하



**Fig. 1.** Representative characteristics measured for the factor analysis and cluster analysis of *Z. marina* along the eastern coast of Korea.

고자 하였다.

**재료 및 방법**

분석에 필요한 거머리말 식물체는 1998년 6월부터 8월까지 한반도 동해연안에서 SCUBA를 이용하여 채집하였다. 채집한 식물체는 현장에서 FAA (Formalin : Acetic Acid : 50% Alcohol = 1 : 1 : 18) 용액에 고정된 후 외부 형태학적 특성을 분석하였다. 각 조사 지점에서 채집된 식물체 10~20개체를 대상으로 정량적인 형질인 식물체 전체길이 (shoot height, SH), 잎 길이 (leaf length, LL), 엽초 길이 (sheath length, SL), 잎 폭 (leaf width), 엽맥 수 (number of leaf vein, NV)와 정성적인 형질인 엽두 형태 (shape of leaf apex)는 만곡부 (sinus)와 돌기 (tooth)의 유 무, 잎 가장자리의 각도 등을 관찰 측정하였다. 생육지 유형 (habitat type)은 석호 (lagoon), 항구 (port)와 만 (bay)으로 구분하여 나타내었다 (Fig. 1, Table 1). 거머리말의 생육지 수심은 잠수용 수압계를 이용하였으며, 생육지에 따라 외부 형태적으로 특별하게 차이를 나타내는 25 OTU's (operational taxonomic units)를 대상으로 주성분 분석 (principal component analysis, PCA; Gorsuch 1974)을 통해 분류군을 구분 짓는데 기인한 형질을 찾고 분류군간의 변이 측정을 위해 분석하였다. 군집분석에서는 각 형질의 측정치를 표준화한 후 OTU간의 average taxonomic distance를 계산하였으며, 비가중적평균 연결법 (UPGMA, unweighted method analysis)으로 유집하여 phenogram을 작성하였다 (Blackith and Reymont 1971). 이 분석법들은 SPSS/PC (ver. 10.0)를 이용하였다.

**Table 1.** Seven eelgrass morphological and habitat characteristics used in the morphometric analysis

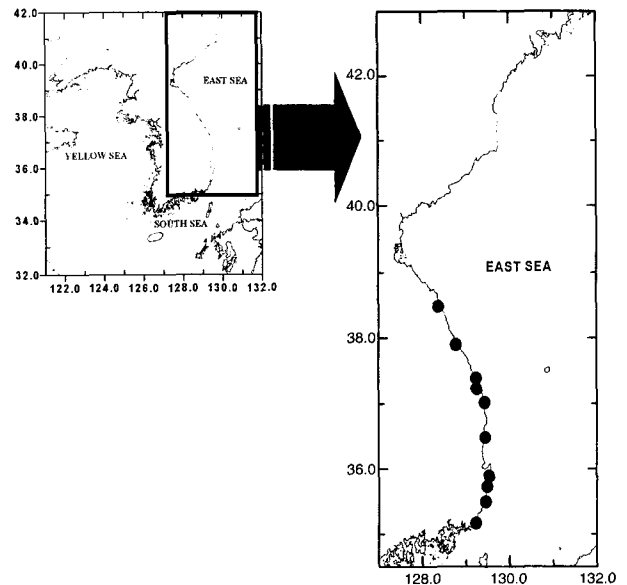
No.	Character	Character derivation	Description
1	SA	Shape of leaf apex	
		Angle of leaf tip	180 = 0, 45 ~ 90 = 1, 90 ~ 125 = 2, > 125 = 3
		Angle of leaf tip with tooth	90 ~ 125 = 4, > 125 = 5
		Internal angle of leaf tip	45 ~ 90 = -1, 90 ~ 125 = -2, > 125 = -3
2	SH	Shoot height	cm
3	LL	Length of leaf	cm
4	SL	Length of sheath	cm
5	LW	Width of leaf	mm
6	NV	Numbers of leaf vein	#
	HT	Habitat type	Lagoon = 0, Port = 1, Bay = 2

**결 과**

한반도 동해 연안에 자생하는 거머리말은 동해 중부 화진포 (Hwajinpo; E128° 26' 13", N38° 28' 37")에서부터 남부 대변항 (Daebyun; E129° 30' 12", N35° 47' 52")까지 넓게 분포하였다 (Fig. 2). 거머리말의 생육지는 석호와 항구 또는 항구 주변의 만에서 출현하였으며, 생육지 수심은 0.8~7.0 m의 범위로 석호인 화진포호에서 가장 얇은 수심을 나타내었다 (Table 2).

동해 연안에 자생하는 거머리말의 정량적인 형태형질의 특징은 식물체의 전체 길이가 32.3~110.0 cm로 남해안 지역에서 가장 작았으며, 감포항 깊은 지역에서 가장 크게 나타났다. 잎 길이는 23.0~83.0 cm, 잎 너비는 5.0~10.9 mm 범위로 생육지에 따라 다양하게 나타났다. 엽맥 수의 분포는 화진포와 모포항에서 5개, 남해안, 덕산항, 장호항, 죽변항, 후포, 감포항 얇은 지역, 일산과 대변항에서 7개 그리고 감포항의 깊은 수심에서 9개로 가장 많았다. 엽초 길이와 너비는 각각 9.3~29.1 cm와 5.1~12.1 mm 범위이었으며, 지하경의 길이와 너비는 0.8~1.7 cm, 3.8~5.0 mm로 조사되었다 (Table 3). 엽두 형태는 원두 (rounded), 둔두 (obtuse), 미요두 (re-tuse), 소요두 (emarginate), 유두 (mucronulate), 예두 (acute), 미철두 (mucronate)로 같은 군집과 생육지에 따라 다양하게 출현하였다 (Table 4).

거머리말의 형태학적 형질 분석에 사용되어진 5종류



**Fig. 2.** Geographic distribution of *Z. marina* along the eastern coast of Korea.

**Table 2.** Locations of *Z. marina* bed distributed on the eastern coast of Korea

Sites	Code	Longitude & Latitude	Habitat Type	Habitat depth (m)
Hwajinpo	HJP	E 128° 26'13", N 38° 28'37"	Lagoon	0.8
Namae shallow	NA-S	E 128° 47'20", N 37° 56'29"	Port	0.8
Namae deep	NA-D			1.5
Duksan	DS	E 129° 15'24", N 37° 22'31"	Port	3.5
Jangho	JH	E 129° 30'12", N 37° 17'05"	Port	7.0
Jukbyun	JB	E 129° 25'16", N 37° 03'10"	Port	3.0
Hopo	HP	E 129° 27'40", N 36° 40'39"	Bay	4.3
Mopo	MP	E 129° 31'47", N 35° 55'48"	Bay	3.0
Kampo shallow	KP-S	E 129° 30'12", N 35° 47'52"	Port	2.5
Kampo deep	KP-D			4.0
Ilsan	IS	E 129° 26'09", N 35° 29'39"	Bay	6.0
Daebyun	DB	E 129° 13'59", N 35° 13'03"	Port	1.2

**Table 3.** Quantitative characteristics of *Z. marina* along the eastern coast of Korea (-: No data)

Sites	Shoot		Leaf		Sheath		Rhizome	
	height (cm)	Length (cm)	Width (mm)	Vein (#)	Length (cm)	Width (mm)	Length (cm)	Width (mm)
HJP	98.0±26.8	78.5±21.3	5.5±1.1	5	19.5±6.0	6.1±1.0	1.2±0.3	3.7±0.7
NA-S	32.3±16.3	23.0±13.0	6.5±1.1	7	9.3±3.3	5.1±1.1	1.0±0.3	3.8±0.5
NA-D	83.3±27.9	65.0±22.1	8.1±1.2	7	19.6±6.1	6.8±1.3	1.2±0.2	4.3±0.8
DS	72.1±33.8	54.7±25.5	7.7±1.2	7	18.4±5.2	8.1±1.2	1.5±0.7	5.0±0.7
JH	63.4±20.6	49.9±18.5	6.8±1.6	7	16.6±5.5	6.9±1.5	0.8±0.3	4.2±1.5
JB	83.1±14.7	65.2±13.8	8.0±0.8	7	18.0±1.2	9.0±1.9	0.9±0.1	4.7±0.7
HP	51.6±8.5	39.8±6.6	5.0±0.7	7	11.4±1.8	5.1±0.7	1.1±0.5	3.7±1.4
MP	104.1±33.1	83.0±29.2	7.6±1.2	5	17.5±6.9	9.5±0.5	1.7±0.4	4.5±0.9
KP-S	57.1±14.9	43.2±12.8	5.7±1.2	7	13.6±2.4	12.1±0.9	0.8±0.3	3.7±0.9
KP-D	110.0±22.5	80.2±18.4	10.9±0.4	9	29.1±4.3	-	1.9±0.4	4.0±1.2
IS	66.8±15.5	53.4±13.7	7.3±1.1	7	13.4±3.3	7.6±0.9	1.1±0.5	4.1±0.7
DB	101.6±20.8	77.6±17.1	8.1±1.1	7	24.1±4.1	-	0.8±0.3	5.0±0.7

**Table 4.** Variations in the leaf apex shape of *Z. marina* collected along the eastern coast of Korea

Sites	Characteristics	Sites	Characteristics
HJP	With sinus, internal angle of sinus = 159°	HP	Without sinus, angle of leaf tip = 137°, 158°
NA	Without sinus, angle of leaf tip = 149°	MP	Without sinus, angle of leaf tip = 96°, 113°, 140°
DS	Without sinus, angle of leaf tip = 157°, 150.5°, 130°, 123°	KP	With tooth, angle of leaf tip = 144°, 125°
JH	With tooth, angle of leaf tip = 103.5°	KP	Without sinus, angle of leaf tip = 123°, 132.5°, 141°, 153°
JH	With sinus, internal angle of sinus = 145°	IS	Without sinus, angle of leaf tip = 135°, 141°
JH	Without sinus, angle of leaf tip = 149°, 157°	IS	With tooth, angle of leaf tip = 129°
JB	Without sinus, angle of leaf tip = 149°	DB	With tooth, angle of leaf tip = 105.5°
JB	With tooth, angle of leaf tip = 133.5°	DB	Without sinus, angle of leaf tip = 115°, 132°

의 정량적 형질과 정성적인 형질의 특성을 대상으로 상관관계 ( $P < 0.05$ )를 분석한 결과 각 식물체의 잎 길이는 식물체 전체 길이와 강한 양의 상관관계를, 엽초의 길이는 식물체 전체 길이, 잎 길이와 양의 상관관계를, 잎 폭은 식물체 전체의 길이, 잎 길이, 엽초 길이 및 엽맥 수

와 양의 상관관계를 나타내었다 (Table 5).

주성분 분석을 통한 거머리말의 형태적인 변이에 따른 분류군의 집단을 구분하기 위한 25 OTU's에 이용된 7개의 형질의 적재값 (loading value)은 Table 6에 나타내었다. 주성분 분석에 의해 생성된 제1 주성분과

**Table 5.** Pearson correlation coefficients for 7 characters. See the Table 1 for characters explanation

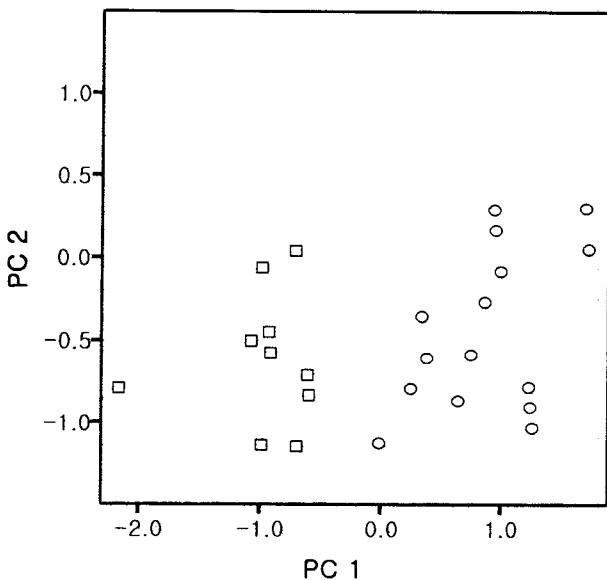
	SA	SH	LL	SL	LW	NV
SH	0.043					
LL	0.009	0.994**				
SL	0.089	0.792**	0.731**			
LW	0.290	0.757**	0.700**	0.893**		
NV	0.317	0.003	-0.063	0.289	0.456*	
HT	0.314	0.141	0.179	-0.279	-0.027	-0.053

\*, Different significantly at  $P < 0.05$ ; \*\*,  $P < 0.01$

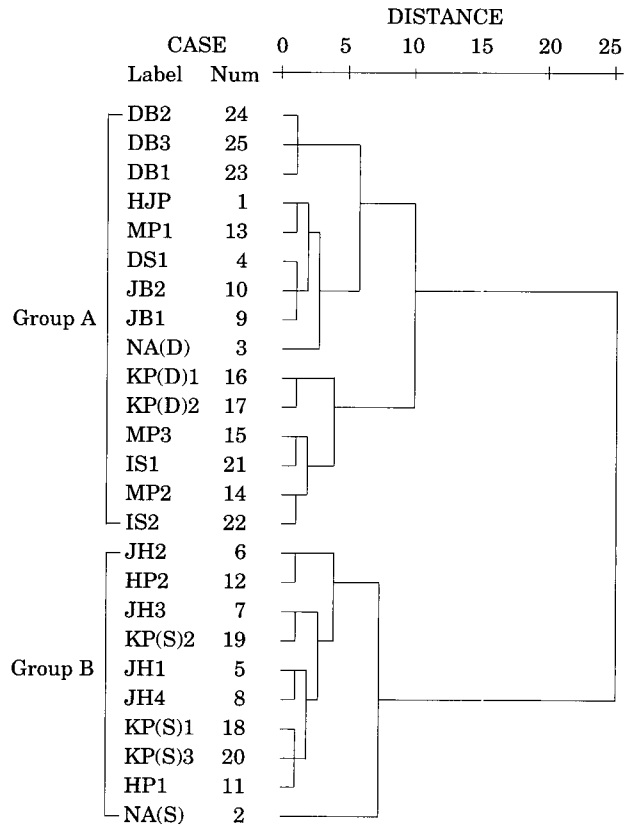
**Table 6.** Loading values of two principal components for 7 quantitative, qualitative and habitat characteristics from the analysis of 25 OTU's of *Z. marina*, along the eastern coast of Korea

Character	PC 1	PC 2
SA	0.197	-0.702
SH	0.943*	-0.091
LL	0.960*	-0.026
SL	0.872*	-0.304
LW	0.666*	0.588
NV	0.172	0.699*
HT	-0.244	0.829*
Eigenvalue	3.144	2.116
Cumulative % of variance	44.9%	75.1%

\* Characters significantly loaded to principal components



**Fig. 3.** Two-dimensional scatter plot of the *Z. marina* 25 OTU's along the eastern coast of Korea by PC 1 to 2 (Open circles: Group A, Open quadrangles: Group B).



**Fig. 4.** Phenogram of 25 OTU's of the *Z. marina* along the eastern coast of Korea derived from the UPGMA cluster analysis.

제2 주성분은 전체 분산의 75.1%를 설명하고 있으며, 이 두성분에 대한 25 OTU's의 이차원적 분산도는 Fig. 3에 나타내었다. 제1 주성분이 전체 분산에 대한 기여율은 44.9%이며, 이 성분에 많은 기여를 한 형질로는 식물체 전체 길이, 잎 길이, 엽초 길이와 잎 폭이다. 제2 주성분은 전체 분산의 30.2%를 설명하고 있으며, 엽맥 수와 생육지 수심이 높게 관계되었다.

군집분석결과를 수지도(phenogram)로 산출한 결과는 주성분 분석의 결과와 동일하게 2개의 그룹으로 유집되었다. 두 그룹은 rescaled distance가 약 25인 수준에서 유집되어 있다(Fig. 4). 또한 phenogram 상부에 묶여져 있는 15집단(Group A)과 아래의 10집단(Group B)들은 distance가 약 10의 수준에서 group을 형성하였다. 주성분도(Fig. 3)에서도 이들 집단들은 두개의 그룹으로 구분되어 나타났다. 이들 집단들이 phenogram과 주성분도에 뚜렷하게 묶여져 나타나 있는 이유는 분류군의 집단내 식물체 크기 변이의 폭에 속하는 극단적인 형태라고 할 수 있다.

## 토의 및 고찰

동해연안에서 분포하는 거머리말의 형태적인 형질에 근거한 주성분 분석과 군집 분석 결과 명확한 두 그룹으로 유집되었다. 이 두 그룹 중 첫 번째 그룹은 장광엽형의 특징을 나타내었으며, 두 번째 그룹은 단협엽형의 형질로 유집되었다(Fig. 4). 이러한 형태 형질에 근거하여 분석된 이 두 그룹이 뚜렷하게 구별되어지는 것은 식물체의 길이와 너비가 다르다는 점이 주요인으로 해석된다. 그러나 이러한 특징은 같은 분류군 내에서도 생육지의 특성에 따른 집단 내 변이로서 새로운 분류군으로 구분하기에는 어렵다.

동해 연안의 자생하는 거머리말은 동해 중부 화진포에서부터 남부의 대변항까지 석호, 항구 내 또는 항 주변 넓은 만지역의 수심 0.8~7.0 m에서 다양하게 분포하였다(Lee *et al.* 2000b). Lee *et al.* (2000a)에 의하면 동해안 거머리말 생육지의 퇴적환경은 일산을 제외한 대부분의 생육지에서 사질(sand)의 함량이 90% 이상이며, 평균 입도는 1.6~3.9 $\Phi$  범위로 보고하였다. Short (1983)는 사질 퇴적 환경에서 생육하는 거머리말 식물체는 작고 좁은 잎을 가지는 반면에 니질(mud)의 퇴적 환경에서는 잎이 넓고 길게 성장한다고 보고하였다. 또한 거머리말의 식물체는 천해나 조간대 지역에서는 협엽성의 특징을 가지며, 조하대의 깊은 수심에서는 광엽형의 특징을 나타내는 것으로 보고하였다(Setchell 1929; Den Hartog 1970). 본 연구의 결과에서는 각 조사 정점의 퇴적환경은 사질로 유사하였으나, 다양한 평균입도와 수심에 따라 식물체의 형태학적 형질의 변이가 다양하게 출현하였다. 동해 연안의 조사 정점 중 화진포 지역을 제외한 남해항과 감포항의 얕은 지점, 장호항, 후포지역에서는 협엽성의 특징을 나타내었고, 대변, 모포, 덕산, 죽변, 일산, 남해항과 감포항의 깊은 지역에 서식하는 식물체는 광엽형의 특징을 보였다. 화진포호는 석호의 특이성 때문인지는 명확하지 않으나, 얕은 수심에 생육하면서도 식물체가 다소 크게 신장한 것으로 나타났다. 광엽형 거머리말의 경우 생식지의 최대 길이가 277.8 cm로 수거머리말과 비슷한 형태적인 특징을 나타내었으나, 잎 가장자리의 형태는 명확히 구분되었다. 일본 연안에 생육하는 수거머리말은 최근 생식지의 형태적인 특징이 거머리말과 비교 되었으며, 분류적인 특징이 재고찰 되었다(Omori 1989; Aioi *et al.* 1998). 수거머리말은 잎 폭은 14~16 mm 범위이며, 엽맥은 주맥과 측맥이 잎의 선단부에서 합류하는 특징을 나타내었으나(Omori 1989), Shin and Choi (1988)의 결과에서는 잎 폭이 5~9 mm,

엽맥이 7~9개로 차이를 나타내었다. 본 조사 결과의 광엽형의 특징을 나타내는 식물체의 경우 잎 너비, 엽맥 수와 엽두 형태만을 근거하면 수거머리말로 판명될 수 있는 것으로 나타났다. 또한 본 조사에서 출현한 거머리말의 엽두 형태는 원두, 둔두, 미요두, 소요두, 유두, 예두 그리고 미철두로 각 생육지 뿐만 아니라 같은 생육지에서도 다양하게 출현하여 엽두의 형태는 분류군을 구분짓는데 유용하지 않은 것으로 나타났다.

지금까지 한반도에 자생하는 거머리말속에 관한 연구는 대부분 제한된 지역에서 분포하는 식물체의 형태적인 연구에 머물러 있다(Kong 1981, 1984; Huh *et al.* 1998; Cho and Boo 1998; Lee *et al.* 2001). 특히, Cho and Boo (1998)는 서해안에 자생하는 거머리말, 애기거머리말, 수거머리말의 형태적 특징을 외부 형태적인 분류기준에 의하여 논의하였으나, 동해 연안에 생육하는 거머리말과는 형태적인 특징에서 많은 변이를 나타내었다. 이와 같은 결과에서 한반도에 자생하는 거머리말의 형태적인 특징이 생육지의 환경에 따라 다양하게 나타나며, 동해연안에서 자생하는 집단들은 같은 분류군 내에서 많은 변이를 포함하고 있는 하나의 종으로 인식하여야 할 것이다. 특히, 거머리말의 길이와 너비는 빛의 투과량(light intensity), 온도, 수심, 퇴적구조 같은 요인뿐만 아니라 암모니아의 농도에 따라 외부형태적인 변이가 야기될 수 있다고 보고하였다(Orth 1977; Short 1983).

결론적으로 동해 연안에서 조사된 거머리말 대부분의 양적인 형질들은 집단 내·간 개체들에서 큰 폭의 변이를 나타내고 있으며, 집단 내의 생육지 수심에 따라 식물의 크기, 잎의 길이 및 폭 등이 차이를 나타내었다. 이러한 결과에서 생육환경 조건이 식물체의 종내 형태학적인 변이를 야기시킬 수 있기 때문에 거머리말속에 대한 분류학적인 연구는 형태 및 생태학적 연구가 함께 시도되어야 할 것이다. 또한 전형질 분석에 의한 종내 종간의 분류군을 구분하는 분류학적 연구 뿐만 아니라 세포학적, 해부학적 형질과 분자생물학적 형질 등 기존의 자료보다 더욱 강화된 형질을 이용하여 분류군을 구분하는 것이 필요하다고 판단되었다.

## 적 요

한반도 동해 연안에 자생하는 거머리말의 종 내 형태적 변이의 한계를 파악하기 위하여 1998년 6월부터 8월까지(동해 중부 화진포에서부터 남부 대변까지) 식물체를 채집 비교 분석하였다. 거머리말은 연안의 석호, 항구

와 만의 다양한 생육지에서 출현하였다. 생체를 대상으로 형태학적 주요 형질은 직접 측정되었으며, 이들 자료로 형질의 상관관계, 주성분 분석과 군집분석을 하였다. 외부형질의 특징에 따라 거머리말은 단협엽형, 장광협엽형의 두 그룹으로 구분되었으며, 엽두 형태는 원두, 둔두, 미요두, 소요두, 유두, 예두와 미철두로 각 생육지와 집단 내에서도 변이가 다양하게 출현하였다. 동해연안에 생육하는 거머리말의 군집들은 생육환경에 따라 식물체 크기와 외부형질 변이 폭이 큰 것으로 밝혀졌다.

## 사 사

본 연구는 한국과학재단 목적 기초연구(2000-2-13500-001-2) 연구비 지원으로 수행되었음.

## 인 용 문 헌

- Aioi K, Komatsu T and Morita K. 1998. The world's longest seagrass, *Zostera caulescens* from northeastern Japan. *Aquat. Bot.* 6:87-93.
- Cho TH and SM Boo. 1998. Marine flora of Oeyondo Islands on the Yellow sea, Korea: I. Green algae and seagrass. *Algae.* 13(1):1-11.
- Choi CI, SY Lee and S Heo. 2001. Biogeographical distribution and morphological variations of *Zostera* (Zosteraceae) in Korea. *Am. Soc. Proc. Limnol. Oceanogr.*, 2001 Aquatic Sciences Meeting. Albuquerque, NM, USA. p. 35.
- Den Hartog C 1970. *The Sea-grasses of the world.* North-holland Publication Co., 275 pp.
- Gorsuch RL. 1974. *Factor Analysis.* W.B. Saunders Co., Philadelphia. 370 pp.
- Huh SH, SN Kwak and KW Nam. 1998. Seasonal variations of eelgrass (*Zostera marina*) and epiphytic algae in eelgrass beds in Kwangyang bay. *J. Ko. Fish. Soc.* 31:56-62. (In Korean)
- Kitamura S, G Murata and T Koyam. 1992. *Colored Illustrations of Herbaceous Plants of Japan (Monocotyledoneae).* Hoikusha Pub. Co., Ltd.
- Komarove VL and MM Il'in. 1986. *Flora of the U.S.S.R.* Vol. Bishen Singh Mahendra Pal Singh and Koeltz Scientific Books.
- Kong YS. 1981. The ecological study of eelgrass, *Zostera marina* L. in Hansilpo, Chungmu. *Bull. Tongyeong Fish. Jr. Coll.*, 16:1-7. (In Korean)
- Kong YS. 1984. On the growth pattern of *Zostera nana*. *Tongyeong Fish. Jr. Coll.*, 19:13-15. (In Korean)
- Lee SY 2001. A study on the ecological and taxonomical characteristics of *Zostera* (Zosteraceae) in Korea. Ph. D. Thesis, Hanyang Univ. Seoul. 167pp. (In Korean)
- Lee SY, CJ Kwon, TJ Kim, Y Suh and CI Choi. 1999. Morphological examination of *Zostera asiatica* Miki (Zosteraceae) from various habitats Korean *J. Environ. Biol.* 17:503-512. (In Korean)
- Lee SY, CJ Kwon and CI Choi. 2000a. Sediment characteristics from the beds of *Zostera marina* and *Z. asiatica*. *J. Nat. Sci. & Technol.*, Hanyang Univ., 2:25-29. (In Korean)
- Lee SY, CJ Kwon and CI Choi. 2000b. Distribution of *Zostera* (Zosteraceae) and habitat characteristics in the eastern coastal waters of Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 33 (6):501-507. (In Korean)
- Lee SY, SM Lee, HG Jee and CI Choi. 2001. The distribution and habitation characteristics of *Zostera marina* L. along the southern coast of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 19(4):313-320. (In Korean)
- Miki S. 1932. On seagrass New to Japan. *Bot. Mag.* 46: 774-788.
- Miki S. 1933. On the seagrass in Japan (I) *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters. *Bot. Mag.* 47:842-862.
- Omori Y. 1989. Morphology of flowering shoot and the leaf of *Zostera caulescens* Miki and *Z. asiatica* Miki (Zosteraceae) *Sci. Rept. Yokosuka City Mus.* 37:55-59.
- Orth RJ. 1977. Effect of nutrient enrichment on growth of eelgrass *Zostera marina* in the Chesapeake Bay, Virginia. *U.S.A Mar. Biol.* 44:187-194.
- Phillips RC and EG Menez. 1988. *Seagrass.* Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 106pp.
- Satake Y, J Ohwi, S Kitamura, S Watari and T Tominari. 1993. *Wild flowers of Japan, Herbaceous plants including dwarf shrubs.* Heibonsha Ltd. Tokyo.
- Setchell WA. 1929. Morphological and phenological notes on *Zostera marina* L. *Univ. Calif. publ. Botany*, 14:389-452.
- Shin HC and HK Choi. 1998. Taxonomy and distribution of *Zostera* (Zosteraceae) in eastern Asia, with special reference to Korea. *Aquat. Bot.*, 60:49-66.
- Short FT 1983. The seagrass, *Zostera marina* L.: Plant morphology and bed structure in relation to sediment ammonium in Izembek Lagoon, Alaska. *Aquat. Bot.*, 16:149-161.

(Received 20 November 2001, accepted 20 February 2002)