

한국산 장고말속식물의 분류학적 연구(Ⅱ) —*Cosmarium angulosum*과 *C. auriculatum* Complex의 실내배양—

鄭英昊·李玉玟
(서울대학교 自然科學大學 植物學科)

A Taxonomic Study of Genus *Cosmarium* in Korea(Ⅱ) —Unialgal Culture of *Cosmarium angulosum* and *C. auriculatum* Complex—

Chung, Yung Ho and Ok-Min Lee
(Department of Botany, Seoul National University, Seoul)

ABSTRACT

In this study, genus *Cosmarium*, 3 species, 2 varieties, 1 forma were sampled at 14 stations from August 1987 to July 1988. The character variations in populations were studied from the cultured plants. As a result, 1 species, 1 variety and 1 forma were treated as synonyms according to the polymorphism found at the same colony. *C. angulosum* f. *rotundatum* was different from *C. angulosum* by the front view, but *C. angulosum* type and *C. angulosum* f. *rotundatum* type occurred simultaneously in the same colony. *C. angulosum* f. *rotundatum* was included in *C. angulosum* which is type species. *C. auriculatum*, *C. subauriculatum* and *C. subauriculatum* var. *truncatum* have been sorted by the shape of cell and the number of granules at the lower sides of semicell. For three types occurred at the same colony, those species and variety treated as synonym of *C. auriculatum* which was named first.

서 론

장고말속(국명신칭)(*Cosmarium*)의 많은 종부들은 중요한 식별형질인 세포의 형태와 크기가 매우 큰 폭의 변이를 나타내고 있기 때문에 많은 분류학자들에 의해서 다계통성 진화를 하는 것으로 생각되고 있으며, 이들의 형태적 변이가 일시적인 현상인지 또는 유전학적, 분류학적 의미를 가지는 것인지 판단하기에 어려움을 겪고 있다(Prescott *et al.*, 1981). 전세계적으로 현재까지 보고된 장고말속의 종류중에는 약 5%정도가 異名(synonym)일 것으로 추측되고 있다.

이러한 분제점을 해결하기 위해서는 종 수준에서의 형태적 변이에 대한 연구와 아울러 유성 생식을 통한 종간의 유연관계에 대한 연구, 세도학적, 유전학적 연구 등이 절실히 요청된다고 하겠다. 장고말속식물의 형태적 변이에 관한 연구는 1950년대 이래 지속적으로 되어 왔다(Starr, 1958; Brandham and Godward, 1964; Tews, 1969; Korn, 1970; Kirk and Cox, 1975;

Gerrath, 1979; Coesel, 1984). 이들은 야외표본 또는 실내배양된 재료를 사용하여 장고말속의 형태적 변이 현상을 관찰하였으며 처음에는 주로 광학현미경을 사용하여 연구하였으나 1970년 대 이후부터는 주사전자현미경을 통한 세포벽의 미세구조에 대한 연구도 병행되고 있다. 이와 같은 연구를 통하여 불안정한 형태적 식별형질에 의해 명명된 중간 또는 종내의 분류학적 한계를 바로 잡거나 기재를 보완하는 등 종전의 분포론적 연구에서 벗어나 점차 이 속의 분류가 정비되어가는 단계에 있다.

한국산 장고말속식물에 있어서 종 수준의 형태학적 변이에 대한 연구는 Ycum(1987)이 3종을 실내배양하여 관찰한 바 있으며, 아직까지 본 속에 대한 분류학적 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 적은 형태변이에 의존해 분류된 *C. angulosum* 과 그에 속하는 1변종 1품종과 *C. auriculatum complex*의 2종 1변종 등 6종류를 실내배양함으로써 형태적 식별형질의 변이를 관찰하여 중간 또는 종내의 식별형질의 한계를 구분하고 분류학적 재검토를 하고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 장고말속식물은 전국 9개 도의 14개 정점을 선정하여 1987년 8월부터 1988년 7월에 걸쳐 1회씩 채집하였다(Fig.1, Table 1). *Cosmarium angulosum*과 그에 속하는 1변종, 1품종과 *C. auriculatum complex*에 속하는 3종 1변종 1품종이 채집되었고 각각 8~24개 집단이 분리되었다(Table 2). 채집지는 수생식물이 분포하는 자연늪이나 호소, 저수지 등 주로 정체된 수역으로 선정되었으며 재료의 채집은 수생식물을 찌거나 훑는 방법을 사용하였다. 채집된 재료는 저온 보관한 채로 실험실에 옮겨와 2~3일 이내에 2.0%의 agar 배지를 사용하여 분리하였다. 이로부터 10일이 경과한 후 agar 배지에서 뚜렷한 colony가 형성되면 1개의 colony를 떼어서 액체배지로 옮겼다. 액체배지에서 2주 정도 자란 분리군은 한 종류의 순수분리 여부를 확인하고 오염시에는 이와같은 과정을 되풀이 하였다. 본 연구에서는 Bold basal 배지(Stein, 1973)와 C배지(Ichimura, 1971)를 사용하였으며 25°C, 4,500Lux, 16:8의 광주기의 조건에서 배양되었다.

분리된 장고말속 식물은 광학현미경 100~1000배 하에서 관찰되었고 Drawing attachment를 이용하여 그림으로 나타냈으며, 특히 모든 형태변이를 그림으로 제시하였다. 세포의 형태적 변이나 크기의 변이 폭을 나타낼 때는 최소한 100개체이상을 계수한 후 그 범위를 나타냈다.

결과 및 고찰

*Cosmarium angulosum*의 1종 1변종 1품종과 *C. auriculatum complex*의 2종 1변종 등 3종 2변종 1품종을 실내배양하여 그들의 형태변이를 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. *Cosmarium angulosum* Brébisson

C. angulosum Brébisson은 Chung(1970)에 의해 영남지방의 청도, 거창에서 처음 보고된 이래 제주도(Chung, 1971; Chung *et al.*, 1972), 충북(Chung, 1979), 경남(Chung, 1977; Chung and Lee, 1986), 경북(Chung *et al.*, 1986b; Chung *et al.*, 1986c), 전남(Chung, 1982; Chung *et*

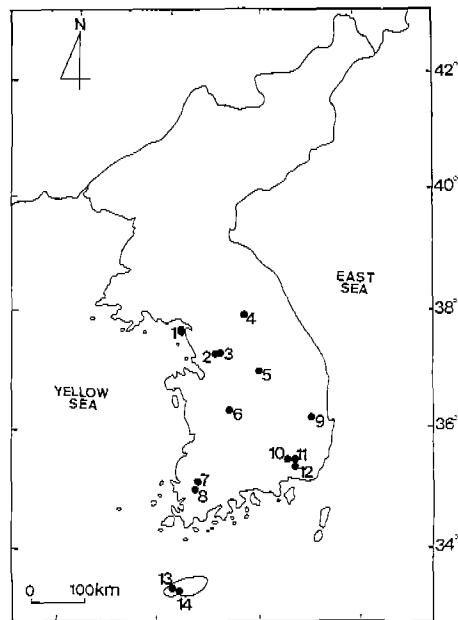


Fig. 1. A map showing the sampling sites of the study in Korea.

st. 1. 경기도 강화군 강화읍 네가지, st. 2. 경기도 안성군 이동면 하리 이동지수지, st. 3. 경기도 안성군 이동면 하리 산중턱저수지, st. 4. 강원도 춘천시 서면 율송리 반송저수지, st. 5. 충북 증평군 증평읍 노안면 노암리, st. 6. 충남 옥천군 개심리 개심지, st. 7. 전남 나주군 노안면 장동리, st. 8. 전남 나주군 노안면 금동리, st. 9. 경북 화북면 자천동 봉당밭, st. 10. 경남 의령군 의령읍 정암리 매골늪, st. 11. 경남 함안군 범수면 대송리 진날밭, st. 12. 경남 함안군 범수면 대송리 대령늪, st. 13. 제주도 북제주군 애월읍 남읍리, st. 14. 제주도 남제주군 대정읍 신도리

Table 1. Sampling dates and physicochemical factors in 14 stations

Physicochemical factors Stations	Date	Time	Air temp. (°C)	Water temp. (°C)	pH
1	Aug. 25, 1987	13:00	33	32	6.7
2	Oct. 21, 1987	12:30	8	11.5	6.3-6.7
3	Oct. 21, 1987	14:00	14.2	12	6.3
4	May. 23, 1988	16:30	19	22	6.6
5	May. 8, 1988	11:30	18	19	6.3
6	Jun. 28, 1988	12:00	24	16	6.8
7	Jun. 5, 1988	13:30	31	31	6.8
8	Jun. 8, 1988	12:00	32	30	6.7
9	Apr. 9, 1988	15:00	17	19	6.8
10	Nov. 14, 1987	15:00	14	13.5	6.2-8.2
11	Nov. 14, 1987	13:00	17	14	6.4-6.8
12	Nov. 14, 1987	13:00	18	15	6.8
13	Jul. 31, 1988	11:00	30	30	7.6
14	Jul. 31, 1988	13:30	31	29	6.6

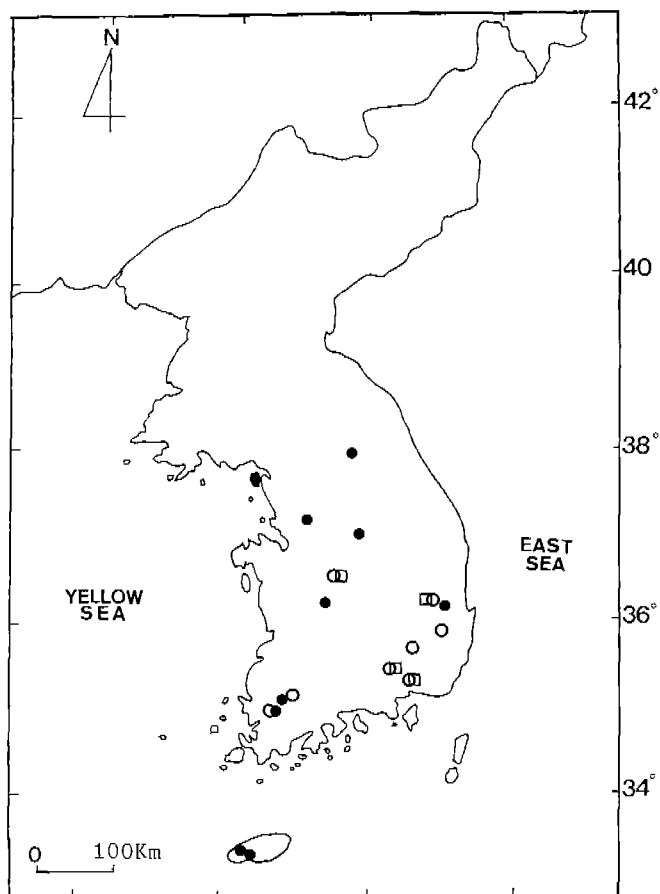


Fig. 2. Geographical distribution of *Cosmarium angulosum* Brébisson.

● : *C. angulosum* (this study)

○ : *C. angulosum* (Chung, 1970, 1971, 1977, 1979, 1982; Chung *et al.*, 1986a, 1986b, 1986c)

□ : *C. angulosum* var. *concinnum* (Chung, 1977; Chung and Choi, 1979; Chung and Lee, 1986; Chung and Yang, 1981)

Table 2. The list of strains of *Cosmarium* species cultured in this study

Species	Name of	sp.	-Station no.	-population	no.
<i>Cosmarium angulosum</i> Brébisson	ang-1-1,	ang-2-1,	ang-2-2,	ang-4-1,	ang-4-2,
	ang-4-3,	ang-4-4,	ang-4-5,	ang-4-6,	ang-4-7,
	ang-5-1,	ang-6-1,	ang-7-1,	ang-8-1,	ang-8-2,
	ang-8-3,	ang-8-4,	ang-9-1,	ang-13-1,	ang-13-2,
	ang-14-1,	ang-14-2,	ang-14-3,	ang-14-4	
<i>C. auriculatum</i> Reinsch complex	aur-1-1,	aur-2-1,	aur-2-2,	aur-3-1,	aur-6-1,
	aur-10-1,	aur-11-1,	aur-12-1		

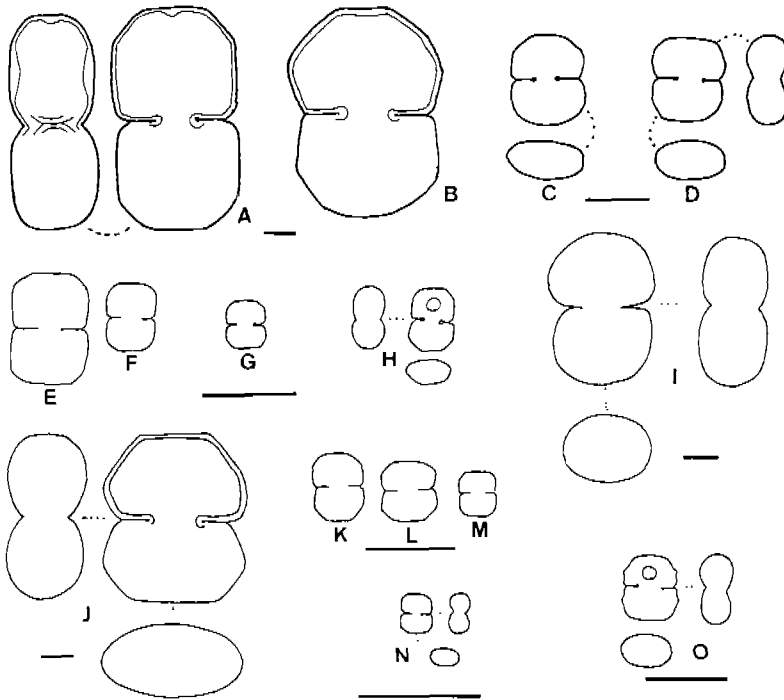


Fig. 3. Morphologies of *Cosmarium angulosum* Brébisson (A-H), *C. angulosum* var. *angulosum* f. *rotundatum* Irene-Marie (I) and *C. angulosum* var. *concinnum* West et West (J-O) in previous study (Hirose *et al.*, 1977; Krieger and Gerloff, 1962; Prescott *et al.*, 1981; West and West, 1908). (scale bars=10um)

al., 1986a) 등 여러 장소로부터 보고되었다. 변종인 *C. angulosum* var. *concinnum*은 낙동강수계 (Chung, 1977), 충북 중원군(Chung and Choi, 1979), 경북 영천(Chung and Yang, 1981), 경남 함안(Chung and Lee, 1986)으로부터 보고되었다. 본 연구에서는 전국 10개 정점으로부터 24개 집단 식물을 순수분리하여 관찰하였다(Fig. 2).

이 종은 이제까지 매우 여러가지 형태로 보고되어왔으며 분류학적 고찰이 필요한 것으로 지적되었다(Prescott *et al.*, 1981). 이제까지 여러 연구자들에 의해서 보고된 이 종의 다양한 형태는 다음과 같다(Fig.3)(Hirose *et al.*, 1977; Krieger and Gerloff, 1962; Prescott *et al.*, 1981 West and West, 1908). 반세포의 모양은 정변이 절형인 타원형, 정변이 둥근 사다리꼴형, 정변이 움푹 들어간 오각형 또는 사각형 등 매우 다양하다. 기본종의 형태가 이처럼 다양하게 보고됨과 동시에 이에 속한 5변종 2품종 또한 연구자에 따라 동시에 매우 여러가지 형태로 보고되었다. 특히, *C. angulosum* f. *rotundatum*과 *C. angulosum* var. *concinnum*은 매우 적은 형태적 차이에 의해 분리되었다. Irene-Marie(1956)는 기본종에 비해 반세포가 더 구형이고 협입부가 더 깊이 단혀있으며 약간 큰 특징을 가진 개체를 *C. angulosum* f. *rotundatum*으로 명명하였다. *C. angulosum* var. *concinnum*은 기본종에 비해 약간 작고 측연상부에 각을 가지며 둥근 형태를 한 종류로서 West et West(1908)에 의해 명명되었다.

본 실험에 사용된 24개 집단을 관찰한 결과 각 집단은 모두 다양한 형태적 변이를 나타냈다.

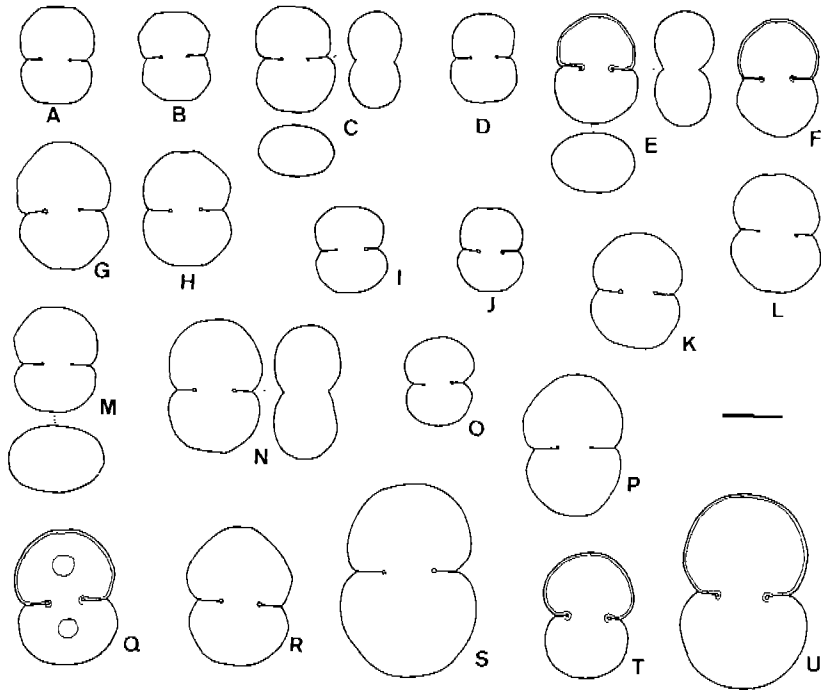


Fig. 4. Morphological variations of *Cosmarium angulosum* Bre'bisson cultured in this study. (scale bar=10 μ m)

각 집단은 *C. angulosum*형과 *C. angulosum* f. *rotundatum*형, *C. angulosum* var. *concinnum*형으로 나타났다. 24개의 집단은 출현빈도에서는 차이가 있을지라도 세가지 형태의 개체가 모두 출현하였다(Fig. 4). 한 집단 ang-14-4를 선정하여 이 집단내에서 세가지 형태의 출현빈도를 관찰한 결과 정변에 요면을 가진 *C. angulosum*형이 47%로 나타났고 정변이 절형인 *C. angulosum*형이 27%로 나타났으며, *C. angulosum* f. *rotundatum*형으로 정변에 요면이 있는 개체가 14%, 정변이 평평하거나 둥근 개체가 7%로 출현하였으며, 측연상부에 각을 가진 *C. angulosum* var. *concinnum*형은 7%로 출현하였다. 또한 *C. angulosum* f. *rotundatum*형이 우세하게 출현하는 4개의 집단(ang-2-1, ang-4-1, ang-4-2, ang-13-1)은 *C. angulosum*형과 *C. angulosum* var. *concinnum*형이 적은 개체수일지라도 동시에 출현하였다. ang-2-1에서 *C. angulosum* f. *rotundatum*형은 70%, *C. angulosum*형은 25%, *C. angulosum* var. *concinnum*형은 5%로 나타났다. 이와같이 각 집단마다 우세하게 출현하는 형은 다를지라도 항상 세가지 형이 한 colony내에서 동시에 출현하였다. 이상의 결과로 미루어 이제까지 여러 연구자들에 의해 *C. angulosum*이 여러가지 형태로 보고된 것은 여러 종류의 식물이 이 종으로 잘못 보고된 것이 아니라 다양한 형태변이를 나타냄이 이 종의 특징임을 알 수 있다.

또한 이 종은 세포의 크기가 각 집단마다 안정된 경향을 나타냈다. 예를 들면 ang-9-1에서는 세포의 길이가 16~22 μ m, 폭이 13~16 μ m, 협입부가 3.5~4 μ m이며 세포의 길이 대 폭의 비는 1.33~1.54 이었다. ang-4-2에서는 세포의 길이가 22~24 μ m, 폭이 16~18 μ m, 협입부가 4 μ m, 세포의 길이 대 폭의 비가 1.26~1.44로 나타났다.

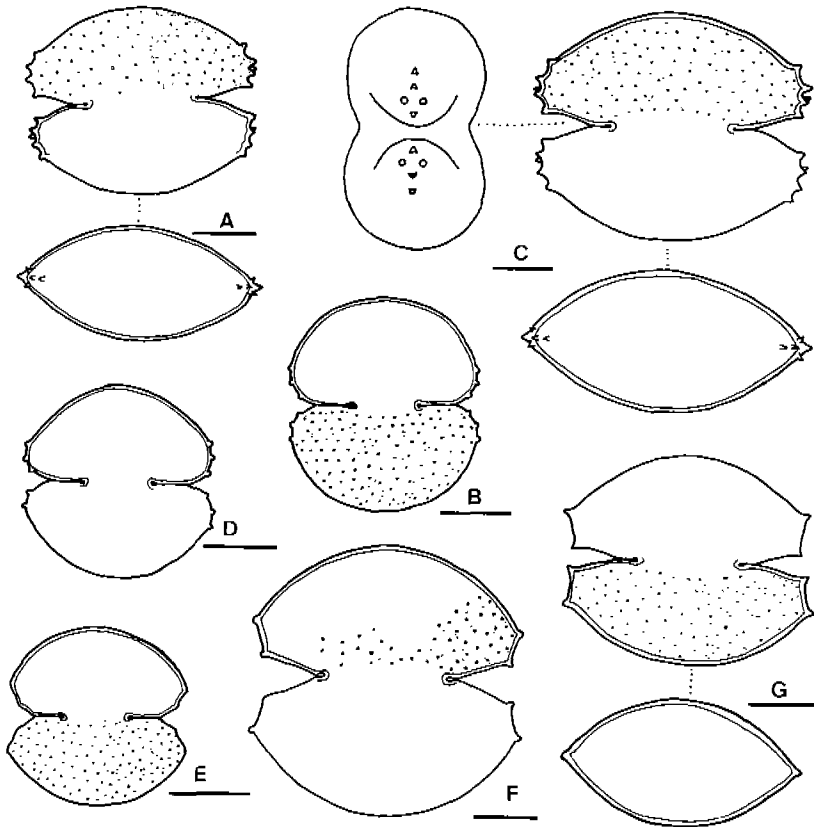


Fig. 6. Morphologies of *Cosmarium auriculatum* Reinsch(A-C), *C. subauriculatum* West et West (D) and *C. subauriculatum* var. *truncatum* West et West (E-G) in previous study (Hirano, 1979; Hirose *et al.*, 1977; Prescott *et al.*, 1981; Scott and Prescott, 1961). (scale bars = 10 μ m)

Scott and Prescott, 1961; Hirose *et al.*, 1977; Prescott *et al.*, 1981), *C. subauriculatum*은 반세포가 삼각형상 타원형으로 정변이 좁으며 측연기부에 3개의 돌기가 있으나 때로 그 수가 감소하기도 하고 세포의 길이가 폭보다 약간 길다(Hirose *et al.*, 1977). *C. subauriculatum* var. *truncatum*은 기본종에 비해 약간 작으며 세포의 길이가 폭보다 작고 측연기부에 있는 2개의 돌기가 절단된 듯한 형태를 한다(Scott and Prescott, 1961; Hirose *et al.*, 1977; Hirano, 1979)(Fig. 6). 이와같이 *C. auriculatum*과 *C. subauriculatum*은 반세포의 모양에 따라 구분되어지며, *C. subauriculatum*과 *C. subauriculatum* var. *truncatum*은 세포의 길이 대 폭의 비, 측연기부에 있는 돌기의 형태에 따라 구분되어 왔다.

본 실험에서 7개 정점으로부터 채집·배양된 8개 집단을 관찰한 결과, 위의 2종 1변종에 해당하는 3가지 형태의 개체가 각 집단마다 함께 출현함을 관찰하였다(Fig. 7). 반세포의 모양은 타원형인 *C. auriculatum*형과 삼각형상 타원형인 *C. subauriculatum*형이 한 집단내에서 구분이 모호할 정도로 섞여서 출현하였다. 이러한 세포형태에 있어서 약간의 변이는 실내배양된 재료를 관찰할 때 많은 종류에서 발견되는 경우로써 위의 두 종에 있어서도 예외가 아닌 것으로 보인다.

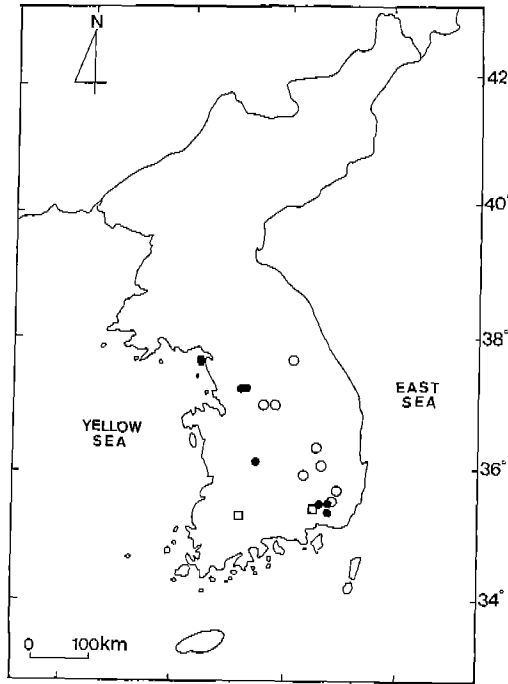


Fig. 5. Geographical distribution of *Cosmarium auriculatum* Reinsch.

- : *C. auriculatum* (this study)
- : *C. auriculatum* (Cho *et al.*, 1978; Chung, 1970, 1981; Chung and Lee, 1986; Yang *et al.*, 1981)
- : *C. subauriculatum* var. *truncatum* West et West (Chung, 1982; Chung and Lee, 1986)

이제까지 각 반세포에 1개의 피레노이드가 존재하는 것으로 보고되었으나 본 실험에서 사용된 실내배양된 개체에서는 간혹 2개의 피레노이드를 가진 개체가 관찰되었다.

이상의 결과, *C. angulosum*은 다양한 형태변이를 가진 종으로서 *C. angulosum* f. *rotundatum*과 *C. angulosum* var. *concinnum*은 이 형태변이에 포함되는 형태로 잘못 분류된 것으로 생각된다. 본 연구에서는 기본종으로부터 *C. angulosum* f. *rotundatum*을 독립시켜 분리하는 것을 인정하지 않았다. 그러나 *C. angulosum* var. *concinnum*은 이제까지 보고된 여러 형태중 West and West에 의해서 보고된 형만이 관찰되었기 때문에 분류학적 결론은 보류하였다.

2. *Cosmarium auriculatum* complex

C. auriculatum Reinsch는 영남의 상주, 대구, 함천에서 보고된 이래(Chung, 1970), 위암호(Cho *et al.*, 1978), 부곡(Chung, 1981), 낙동강수계(Yang *et al.*, 1981), 함안(Chung and Lee, 1986) 등지의 수계로부터 보고되었다. *C. subauriculatum* var. *truncatum*은 전남 구례(Chung, 1982), 함안(Chung and Lee, 1986) 등의 수계에서 보고되었다. 본 연구에서는 전국 7개 정점으로부터 8개 집단을 채집하여 실험에 사용하였다(Fig. 5).

*C. auriculatum*은 반세포가 타원형으로 측면기부에 3~4개의 돌기가 있으며(Reinsch, 1875;

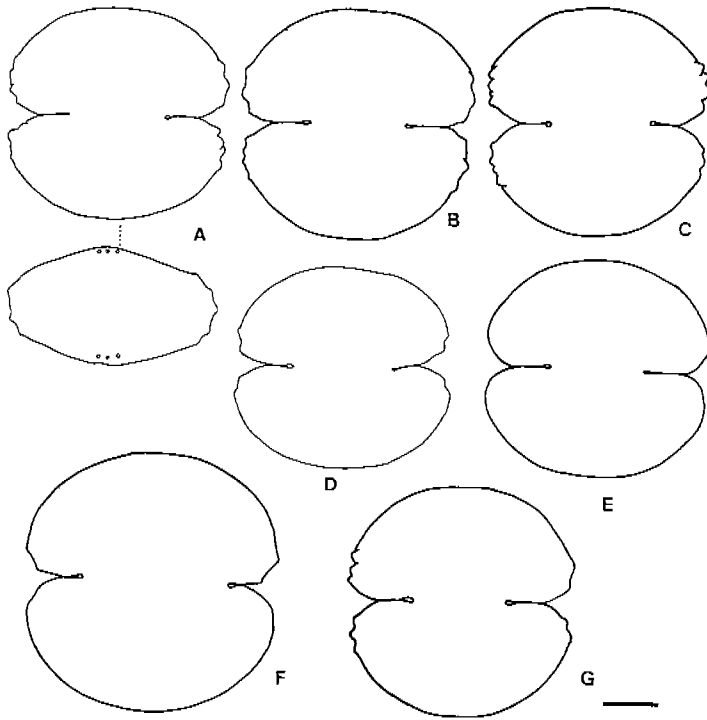


Fig. 7. Morphological variations of *Cosmarium auriculatum* Reinsch cultured in this study. (scale bar=um)

다. Hirose *et al.* (1977)의 경우 *C. auriculatum*의 반세포의 형태(Fig. 6B가 다른 연구자들에 비해 비교적 *C. subauriculatum*형 (Fig.6D)에 가까운 중간 형태를 나타내었다. *C. subauriculatum* var. *truncatum*의 경우 Hirano(1979)는 삼각형상 타원형인 반면(Fig. 6F) Scott and Prescott(1961)(Fig. 6G)는 *C. auriculatum*형에 가까운 타원형상 이었다. 이와같이 반세포 형태의 적은 차이에 의해서 종을 구분하는 것은 하나의 종을 여러개의 이름으로 명명하는 잘못된 결과를 낳게 된다.

또한 *C. subauriculatum*과 변종 *C. subauriculatum* var. *truncatum*의 차이를 구분하기 위하여 두 종류의 식별형질중 하나인 세포의 길이 대 폭의 비를 관찰하였다(Fig. 8). 세포의 길이 대 폭의 비가 1.0으로 같은 개체는 18%로 가장 많이 출현하였고, 세포의 길이가 폭보다 큰 개체와 실이 폭보다 작은 개체들이 섞여서 나타났다. 따라서 이 두 종류에서 세포의 길이 대 폭의 비는 식별형질로서의 의미가 없음을 알 수 있다.

세포 축연기부의 돌기수와 형태는 *C. subauriculatum*과 *C. subauriculatum* var. *truncatum*의 식별형질이므로 두 집단(aur-1-1,aur-10-1)을 선정하여 축연기부 돌기수를 측정할 결과는 다음과 같다(Fig. 9). aur-1-1에서는 3개의 돌기를 가진 개체가 49%로 가장 많이 출현하였고, 2개의 경우는 20%, 4개의 경우는 12%, 절형인 경우는 9%, 5개의 경우는 6%, 1개인 경우와 돌기가 없이 매끈한 경우는 각각 4%로 나타났다. aur-10-1에서는 돌기가 3개인 경우가 61%로 가장 많이 출현하였고, 2개인 경우가 25%, 돌기가 없이 매끈한 경우가 21%, 1개인 경우가 11%, 절

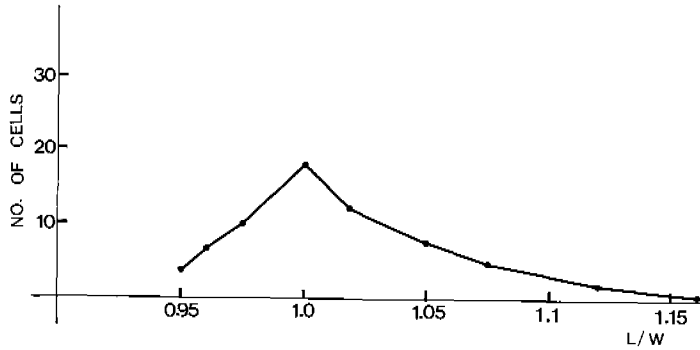


Fig. 8. *Cosmarium auriculatum* Reinsch. The distribution of variation of length (L) to width (W) ratio within the population (aur-1-1) studied.

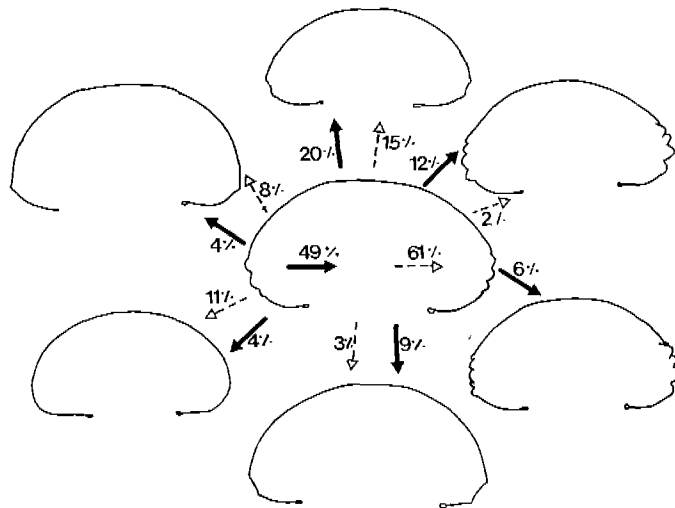


Fig. 9. *Cosmarium auriculatum* Reinsch. The variation of the number of spinulations at lateral margin within the populations aur-1-1(→), aur-10-1(⋯⋯▷) studies.

형인 경우가 10%, 4개인 경우가 4%의 순서로 나타났다. 이와같이 종전의 기재에서와 같이 3개의 돌기를 가진 개체가 가장 흔하게 나타났으며, 빈도에 있어서 차이는 있으나 0~5개의 돌기를 가진 개체들이 함께 출현하였으며 돌기가 절형이거나 2개를 가진 개체도 9~10%로 나타났다. 주사전자현미경을 통하여 이 집단의 측면을 관찰한 결과 중심에 있는 큰 과립을 중심으로 5~6개의 과립이 원형으로 배열되어 있었다. 따라서 측연기부 돌기수는 이들을 정면으로 보았을 때 방향에 따라 보이는 수가 달라지는 것으로 생각된다. 이상의 결과 반세포 측연기부의 과립수는 0~5개 사이에서 매우 유동적으로 변화하는 형질로서 분류학적 식별형질로는 적합치 않음을 알 수 있다.

본 연구의 결과 *C. auriculatum*, *C. subauriculatum*, *C. subauriculatum* var. *truncatum* 등 2종 1변종은 종전의 식별형질인 반세포의 모양, 세포의 길이 대 폭의 비, 측연기부의 돌기수 등이 실내배양된 각 집단의 한 colony내에서 섞여서 나타남으로써 결국 이상의 2종 1변종은 한 종으로 분류됨이 타당한 것으로 생각된다. 따라서 이들중 가장 먼저 명명된 *C. auriculatum* Reinsch의 종전의 기재를 넓혀서 *C. subauriculatum*과 *C. subauriculatum* var. *truncatum*을 포함시킴으로써 이 두종류를 이명처리 하였다.

Cosmarium auriculatum Reinsch *Cosmarium subauriculatum* West et West(1901) **24** : 73-102
Cosmarum subauricultum var. *truncatum* West et West (1901) **24** : 73-102.

*C. angulosum*과 *C. auriculatum* complex를 실내배양한 결과 *C. angulosum*의 한 colony에서 *C. angulosum*과 *C. angulosum* f. *rotundatum*의 식별형질이 중첩되어 나타났기 때문에 *C. angulosum* f. *rotundatum*을 독립시키는 것을 인정하지 않았고, *C. auriculatum* complex 역시 2종 1변종의 식별형질이 함께 출현하였으므로 *C. auriculatum*으로 이명처리 하였다. 이와같이 장고말속식물중 적은 형태변이에 의존하여 명명된 경우는 앞으로 분류학적 재검토를 통하여 정리되어야 할 것으로 생각된다.

적 요

전국 9개도의 14개 정점을 선정하여 1987년 8월부터 1988년 7월에 걸쳐 3종 2변종 1품종에 속하는 6종류의 장고말속식물을 채집하였다. 이들을 실내 배양함으로써 배양된 재료를 통하여 종내 또는 종간의 형태적 변이를 관찰하여 분류학적 검토를 하고자 하였다.

연구의 결과, 한 colony내에서 *Cosmarium angulosum*과 *C. angulosum* f. *rotundatum*의 식별형질이 함께 출현하였기 때문에 *C. angulosum* f. *rotundatum*을 *angulosum*으로부터 독립시키는 것을 인정하지 않았다. 또한 *C. auriculatum*, *C. subauriculatum*과 *C. subauriculatum* var. *truncatum* 등도 한 colony내에서 함께 출현하였기 때문에 *C. subauriculatum*과 *C. subauriculatum* var. *truncatum*을 *C. auriculatum*으로 이명처리 하였다.

참 고 문 헌

- Brandham, P.E. and M.B.E. Godward. 1964. The production and inheritance form in *Cosmarium botrytis*. *Phycologia*, **4**(2) : 75-83.
- Cho, K.S., D.H. Cho and K.Y. Yoon. 1978. Biological studies on the effects of sewage disposal of Chuncheon cities on the physico-chemical water quality of the Uiam reservoir. *Kor. J. Limnol.* **11**(3-4) : 7-24.
- Chung, J. 1970. A taxonomic study on the fresh-water algae from Youngnam area. Ph.D. Thesis, Kyungpook Natl. Univ. 115pp. 21 pls.
- Chung, J. 1971. A study on the utilization of fresh-water algae. Rep. Ministry of Sci. Tech. 40 pp. 6 pls.
- Chung, J. 1977. Studies on the algal food specificity of fishes. *J. Prof. Wor. Peace Acad.* **5** : 295-314.
- Chung, J. 1979. A study on the fresh-water algae from Chungchongbook-do area(I). *Kor. J. Limnol.* **12** : 41-53.

- Chung, J. 1981. Fresh-water algae on Chang-yung county area (around Bugok Hot Spring). *Bull. Kor. Assoc. Conser. Nat.* **3** : 369-381.
- Chung, J. 1982. Fresh-water algae on Bulkuk Temple area. *Kor. J. Limnol.* **15** : 19-29.
- Chung, J. and K.H. Choi. 1979. A study of Desmidiaceae on the Chungwon county and Chungju city. *Comemor. Papers for Prof. Kim, J.O. and H.R.Kim.* pp. 785-807.
- Chung, J., S.D. Kim and K.S. Lee. 1972. Fresh-water algae from Jaeju-do. *Kor. J. Limnol.* **5** : 15-31.
- Chung, J. and J. Yang. 1981. The limnobiological study on the planned Yeongcheon artificial dam lake. *Res. Rev. Kyungpook Natl. Uatl. Univ.* **31** : 249-267.
- Chung, Y.H. and O.M. Lee. 1986. A taxonomic study of desmids on several lowland swamps in Haman. *Proc. Coll. Natur. Sci., SNU.* **11**(2) : 51-98.
- Chung, Y.H., O.M. Lee and K.H. Noh. 1986a. Flora and dynamics of phytoplanktons in the downstream of Yongsan river. *Bull. KACN.* **8** : 15-23.
- Chung, Y.H., O.M. Lee and K.H. Noh. 1986b. A study on the flora and standing crops of phytoplankton and the enviroment of qatershed in Imha reservoir. *Korean J. Environ. Biol.* **4**(2) : 1-14.
- Chung, Y.H., K.H. Noh and O.M. Lee. 1986c. A study on the flora and standing crops of phytoplankton at watershed in Mt. Paegun. *Rep. KACN.* **24** : 169-177.
- Coesel, P.F.M. 1984. Taxonomic implications of SEM revealed cell wall sculpturing in some small sized desmid species (Chlorophyta, Conjugatophyceae). *Acta Bot. Neerl.* **33**(4) : 385-398.
- Gerrath, J.F. 1979. Polymorphism in the desmid *Cosmarium taxichondrum* Lundell. *Br. Rhycol. J.* **14** : 211-217.
- Hirano, M. 1979. Notes on Japanese desmids. *Acta Phytotax. Geobot.* **30**(1-3) : 11-14.
- Hirose, M., M. Akiyama, T. Ioriya, H. Kasaki, S. Kumano, H. Kobayasi, E. Takahashi, K. Tsumura, M. Hirano and T. Yomagishi. 1977. Ill of the Japanese freshwater algac. Uchidarokakuho Publishing Co., Ltd., Tokyo. 933 pp.
- Ichimura, T. 1971. Sexual cell division and conjugation-papilla formation in sexual reproduction of *Closterium strigosum*. *Proceed. seventh internatl. seaweed symp.* pp. 208-214.
- Irene-Marie, Fr. 1956. Les *Cosmarium* de la region des Trois-rivieres. *Hydrobiologia*, **8**(1/2) : 79-154, pls. 1-3.
- Kirk, W.C. and E.R. Cox. 1975. Observations on polymorphism in the green alga *Cosmarium botrytis* Menegh. (Desmidiaceae). *Phycos*, **14** : 35-40. Figs. 1-4.
- Korn, R.W. 1970. Induction and inheritance of morphological mutations in *Cosmarium turpinii* Breb. *Genetics*. **65** : 41-49.
- Krieger, W. and J. Gerloff. 1962. Die Gattung *Cosmarium*. *Liel = III - XV III*. pls. 1-19, 19 bis u. 20-22. J. Cramer, Weinheim.
- Prescott, G.W., H.T. Croasdale, W.C. Vinyard and C.E.M. Bicudo. 1981. A synopsis of North American Desmids. Part II. Desmidiaceae : Placodermae. section 3. Univ. Nebraska Press. 720 pp.
- Reinsch, P. 1875. *Contribuciones ad algologiam et Fungologiam.* 12+103pp. 18 pls. Leipzig.
- Scott, A.M. and G.W. Prescott. 1961. Indonesian Desmids. *Hydrobiologia*, **17**(1/2) : 1-132. pls. 1-63.
- Starr, R.C. 1958. The production and inheritance of the triradiate form in *Cosmarium turpinii*. *Am. J. Bot.* **45** : 243-248.
- Stein J.R. 1973. *Handbook of phycological methods.* Cambridge Univ. Press, LLondon. 448 pp.

- Tews, L.L. 1969. Dimorphism in *Cosmarium botrytis* var. *depressum*. *J. Phycol.* **5** : 270-271.
- West, W. and G.S. West. 1901. Freshwater Chlorophyceae. In. Jos. Schmidt's Flora of Koh Chang. Contributions to the Knowledge of the vegetation in the Gulf of Siam. 73-102 pp. Preliminary report on the botanical results of the Danish expedition to Siam(1899-1900). IV. *Bot. Tidsskr.* **24** : 157-186. pls. 2-4.
- West, W. and G.S. West. 1908. A monograph of the British Desmidiaceae Vol. III. XV+274 pp. 30 pls. Ray Soc., London.
- Yang, H.J., J. Chung and S.D. Song. 1981. Limnological studies of Nakdong river in Korea. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **21** : 894-907.
- Yeum, C.M. 1987. Morphological variations of species of *Cosmarium* in culture. M.S. thesis, Sookmyung Women's Univ. 40 pp.

(1989. 6.23 接受)