

Original article

## 담수와 기수성 남조류의 한국 미기록종

김용재\* · 이동현 · 흥현철

대진대학교 생명과학과

**Unreported Taxa in Freshwater and Brackish Blue-green Algae in South Korea.** Yong-Jae Kim\* (0000-0003-3326-8372), Dong-hyun Yi (0000-0002-5942-1171) and Hyeon-cheol Hong (0000-0002-7699-6508) (Department of Life Science, Daejin University, Pocheon 11159, Republic of Korea)

**Abstract** Freshwater and brackish blue-green algae were collected at 43 freshwater and brackish sites (including lakes, ponds, swamps, streams, and rivers and estuaries) throughout South Korea from March 2017 to October 2018, and were identified using light microscopy. A total 223 taxa in freshwater and 230 taxa in brackish waters in 2017 and 274 taxa in fresh and brackish waters in 2018 were identified and among them, 20 taxa were unreported taxa of blue-green algae in Korea; The new recorded taxa were *Aphanocapsa marina*, *Calothrix fusca* f. *durabilis*, *Calothrix littoralis*, *Calothrix parva*, *Chamaesiphon minimus*, *Chroococciopsis cubana*, *Chroococciopsis fissurarum*, *Coelosphaerium aeruginum*, *Dolichospermum mendotae*, *Eucapsis alpine*, *Gomphosphaeria cordiformis*, *Gomphosphaeria natans*, *Merismopedia danubiana*, *Lynbya aestuarii* var. *gaditana*, *Tolypothrix tenuis*, *Pseudocapsa maritima*, *Pseudocapsa sphaerica*, *Pseudophormidium tenue*, *Trichodesmus* sp. and *Woronichinia elorantae*.

**Key words:** blue-green algae, Cyanophyceae, freshwater, brackish water, unrecorded taxa in South Korea

## 서 론

남조류는 지구 생물권에서 초기 선캄브리아기부터 오랜 기간 생존하는 동안 진화의 가장 중요한 단계에 있는 가장 매력적인 원핵생물이지만 광합성 시스템을 개발하고 진핵 종속영양생물과의 내생공생으로 식물계의 후속적인 진화의 기반이 되었다(Schopf, 1974; Komárek, 2006; Schirmermeister *et al.*, 2016). 남조류가 개발한 다른 중요한 적응기구는 다양한 지구 생태계, 즉 담수, 기수, 해양, 초염기 수체, 육상, 고온

및 저온의 사막 등의 서식지를 점유할 수 있도록 한 것이다. 또한 일부 남조류는 부영양 수체에서 대발생하여 녹조현상이나 적조현상을 유발하며, 독소를 생산하는 능력을 가지고 있고, 수질 및 수생태계의 생물 다양성에 큰 영향을 미친다(Reynolds and Walsby, 1975; Komárek, 2006).

남조류는 오랜 기간 동안 다양한 생태계의 환경조건에 적응하면서 생물학적 및 생태적 유연성과 성공적인 생존전략을 이용하여 지속적으로 다양성을 유지하고 있다. 그러나 이러한 상황은 서식처의 특이성과 함께 형태학적 복잡성 그리고 무성 생식 등의 특성을 기준으로 한 분류(classification) 및 분류학적 평가(taxonomic evaluation)를 매우 어렵게 한다. 오랫동안 남조류(cyanobacteria)의 분류는 형태 및 생태학적 기준에 근거했으며, 형태학만으로는 현대 분류학을 충

Manuscript received 24 February 2023, revised 19 March 2023, revision accepted 20 March 2023  
\* Corresponding author: Tel: +82-31-539-1851  
E-mail: yjkim@daejin.ac.kr

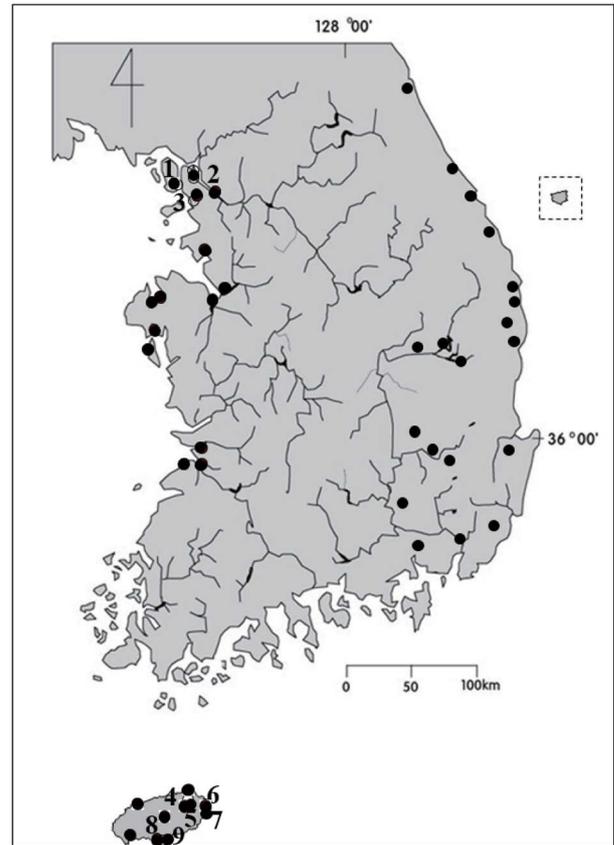
족시키지 못하고 있는 실정이다(Komárek, 2006).

초기의 남조류 분류체계는 Gomont (1892), Bornet and Flahault (1886·1887'a, b, c) 등이 제시하였고 이후 Geitler (1925)는 처음으로 Chroococcales 등 7목을 제안했고 Frémy (1929)는 이 체계를 수정한 체계를 채택하였다. 또한 Elenkin (1949)은 이전의 체계를 일부 수정하여 사용하였고 Desikachary (1958)는 이 체계하에서 무분지 사상체 분류군을 하나의 목으로 통합했다. Prescott (1962)는 Frémy (1929)의 체계를 따랐고 Bourrelly (1970)는 주로 Desikachary의 분류체계를 사용했다. 지난 수십 년 동안, 생태학적 특성, 초미세 구조적 특징, 분자적 증거는 이 그룹에 대한 지식과 이해에 매우 큰 영향을 미쳤다. 그 결과 종의 개념과 분류는 급격하게 변화되었다(Anagnostidis and Komárek, 1985; Hoffmann *et al.*, 2005; Komárek, 2006). 이후 분류학적 평가를 위해 분자, 세포 형태학, 생태학적 기준의 조합을 사용하는 소위 다단계적 접근법은 최근 남조류 분류체계를 수정하는 데 사용되고 있으며 계통발생학적 관계에 기초한 수많은 새로운 분류학적 속의 객관적 정의에 대한 설득력 있는 주장과 기준을 제시하고 있다(Komárek *et al.*, 2014). 그러나 여전히 분류에 대한 생태 및 세포 형태학적 접근법은 특히 자연상태의 시료에서 종을 분류하기 위한 여러 가지 기준을 적용하더라도 아직 만족스럽게 대체될 수 없지만, algaebase (Guiry and Guiry, 2023)에서 현재 Komárek *et al.* (2014)이 제시한 분류체계를 사용하고 있다.

국내 담수조류에 대한 생태학적 연구가 많지만 최근 자생종 발굴 사업을 통한 생물다양성 확보에 초점을 맞추고 있다. 이는 우리나라 생물자원의 주권을 보장하기 위해서도 매우 중요하며 특히, 이들 종의 발굴을 통해 미래자원 확보의 기반을 마련하고자 생물자원발굴을 진행하고 있다. 지금까지 국내에서 발굴된 조류는 녹조류(841종류), 윤조류(994종류), 홍조류(664종류), 돌말류(2,240종류), 와편모조류(485종류) 등에 국한되어 있으며, 남조류는 전 세계적으로 5,328종류 중에 393종류로 자생생물 발굴 가능성이 높은 분류군이다(NIBR, 2023). 따라서 앞으로도 남조류에 대한 연구가 자생종 발굴 업적에 상당히 기여할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 담수 및 기수(호수, 연못, 늪, 하천, 하구, 조간대 포함)에서 조류(녹조류, 남조류, 편모조류)를 채집하고 동정, 분류된 조류 중에 국내에서 처음 발굴된 미기록종을 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 2017년부터 2018년까지 담수 및 기수(호수, 연못, 늪, 하천, 하구, 조간대 포함)의 전국 43개 지점(Fig. 1)에서 녹조류, 남조류, 편모성조류(유글레나조류, 와편모조류,



**Fig. 1.** A map showing the sampling sites (black circles without number) of fresh and brackish algae and sampling sites (numbered black circles) of unreported blue-green algal taxa in South Korea. 1. Onsu stream, Ganghwa (37°38'21", 126°31'20"). 2. Seogangdaegyo (Yeouido Tourist Terminal), Han River, Seoul (37°32'03", 126°55'20"). 3. Cheongra reservoir, Incheon (37°32'25", 126°37'59"). 4. Pond in Dongbaekdongsan wetland center, Jeju (33°30'36", 126°42'56"). 5. Meonmulggak wetland, Jeju (33°31'09", 126°42'49"). 6. Jokjimol, Ojori, Jeju (33°27'47", 126°56'10"). 7. Habitat for migratory birds, Ojori, Jeju (33°27'13", 126°55'06"). 8. Cheonjiyeon falls, Jeju (33°14'36", 126°33'38"). 9. Jeongbang falls, Jeju (33°14'41", 126°34'18").

은편모조류, 대룡편모조류 등)를 대상으로 채집하였다. 담수와 기수성 조류는 10 µm 또는 20 µm 플랑크톤 넷을 이용하여 수직 또는 수평 끌기로 채집하였으며, 저서성 또는 토양 남조류는 채집술이나 핀셋 등의 도구를 이용하여 채집하였다. 채집된 시료는 0.5% 루골용액으로 고정하거나 생시료를 냉장에 보관하였다. 채집된 조류는 임시 액집표본을 제작하거나 시료와 액상 글리세롤 젤라틴(Sigma®)을 혼합하여 커버글라스를 덮고 주변을 투명 메니큐어(nail polish; Thecashop®)로 봉합하여 영구표본을 제작하였다. 임시표본 및 영구표본은 광학현미경(Axioskop 20 and Axio Imager A2; Zeiss, Germany) 200~1000배하에서 검경하고, 디지털

텔 카메라(Zeiss Axiocam HRc 또는 506 color, Germany)로 사진을 촬영하였다. 동정, 분류된 조류의 종들 중에 기발표된 종은 국립생물자원관(NIBR, 2017)과 낙동강생물자원관(NNIBR, 2017, 2018)에 종목록과 표본을 제출하였다. 이 중에 미기록 남조류가 출현한 지점은 Fig. 1에서 번호를 표기하였고, 미기록종은 본 연구에서 발표하고자 한다.

각 조사지점에서 수온(WT: °C), 전기전도도(EC:  $\mu\text{S cm}^{-1}$ )와 pH를 U-50 다항목 수질측정기(Horiba, Japan)를 이용하여 현장에서 조사하였다.

## 결과 및 고찰

담수와 기수성(호수, 연못, 습지, 하천, 하구, 조간대 포함) 남조류는 2017년 3월부터 2018년 10월까지 43지점에서 채집되었다. 출현한 종수는 2017년도에 담수지점에서 223종류, 기수지점에서 230종류였고, 2018년도에 담수와 기수 등 다양한 조사지점에서 274종류로 국립생물자원관과 국립낙동강생물자원관에 보고되었다. 이 중에 20종류가 한국 미기록종으로 분류되었으며 다음과 같다: *Aphanocapsa marina*, *Calothrix fusca* f. *durabilis*, *Calothrix littoralis*, *Calothrix parva*, *Chamaesiphon minimus*, *Chroococciopsis cubana*, *Chroococciopsis fissurarum*, *Coelosphaerium aerugineum*, *Dolichospermum mendotae*, *Eucapsis alpine*, *Gomphosphaeria cordiformis*, *Gomphosphaeria natans*, *Merismopedia danubiana*, *Lyngbya aestuarii* var. *gaditana*, *Tolypothrix tenuis*, *Pseudocapsa maritima*, *Pseudocapsa sphaerica*, *Pseudophormidium tenue*, *Trichodesmus* sp. and *Woronichinia elorantae*.

미기록 남조류는 다음과 같이 분류체계(Komárek *et al.*, 2014; Algaebase, 2023)에 의거하여 분류되었고, 미기록종은 세포의 특징, 생태와 분포, 그리고 분류학적 내용을 note에서 간략하게 설명하였다.

### Class Cyanophyceae

#### Order Chroococciopsidales

#### Family Chroococciopsidaceae

#### Genus *Chroococciopsis* Geitler, 1933

#### *Chroococciopsis cubana* Komárek et Hindák, 1975

#### (Fig. 2A, B)

: Komárek and Hindák, 1975. p. 320, figs. 27-36; Komárek and Anagnostidis, 1998. p. 423, fig. 552.

세포는 구형, 난형이거나 약간 불규칙한 형태이며, 단독성이거나 불규칙한 군체를 이루고 있다. 세포는 올리브-그린 또는 남색이며, 균질하거나 미세한 과립이 세포질에 분포한다. 세포의 생식은 동시적 또는 연속적 분열을 통해 8~64개의 내생포자를 생성하며, 모세포벽이 파괴되면 내생포자가 방출된다. 내생포자는 구형이며 1.8~3.5  $\mu\text{m}$ 이고, 영양세포는 13  $\mu\text{m}$ 까지 성장하며 포자낭의 직경은 28  $\mu\text{m}$ 까지 증가한다.

**분포와 생태:** 본 종은 쿠바의 광천(mineral springs), 웅덩이, 소 등에서 바닥이나 식물 기질에 착생하는 시료를 채집, 신중으로 보고하였다(Komárek and Hindák, 1975). 이후 브라질과 미국 플로리다에서 해안 근처의 얇은 수체나 약알칼리성 습지나 도랑 등에 서식하는 것으로 보고하였다(Komárek and Anagnostidis, 1998; Guiry and Guiry, 2023). 본 연구에서 본 종은 수온 18.4°C, pH 8.1, EC 5,640  $\mu\text{S cm}^{-1}$  인 웅덩이 주변 돌 기질을 긁어 채집하였다.

**조사지점:** 제주도 오조리 족지물.

**표본:** DAEJINJIM-20170704.

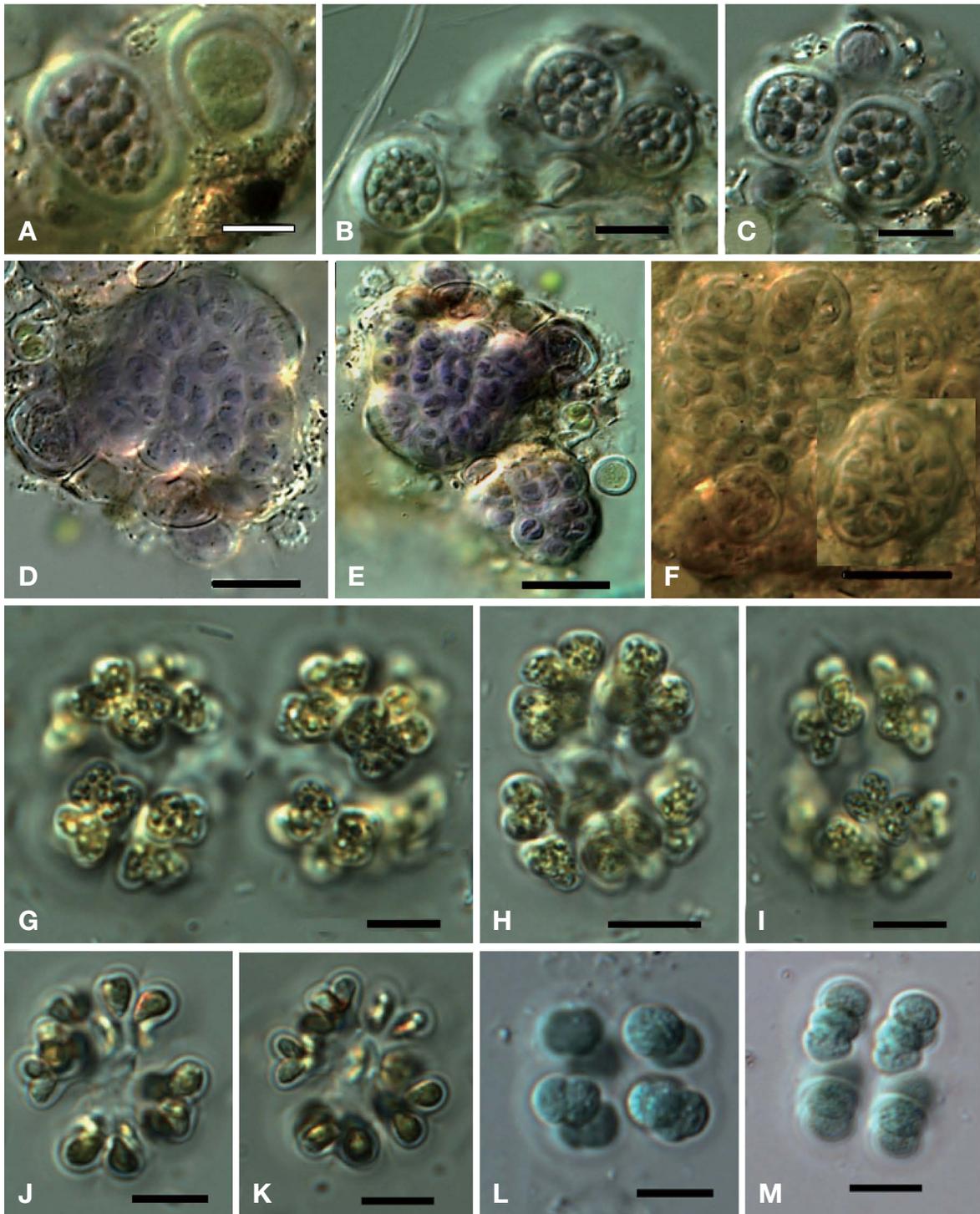
**Note:** 본 속은 다양성이 높은 coccoid 남조류로 분류되어 왔지만(Komárek and Johansen, 2015), Komárek and Anagnostidis (1995)는 유럽의 남조류 Chroococcalean의 종 동정 키와 monograph review에서 세포분열 및 딸세포, 내생포자 그리고 다중분열에서 monocyst와 planocyst를 형성하는 baeocystes 특징이 있지만 극성생장이 없는 특성을 고려하여 Chroococcales, Xenococcaceae 내의 종으로 분류하였다. 이후 Komárek *et al.* (2014)은 남조류속의 다상적 분류 접근에서 Chroococcales목은 baeocystes를 생성하지 않고, 매우 복잡한 세포학적 특성이 있는 coccoid 형태를 포함한 이전의 개념과 비교해서 상당히 연관성이 감소함을 제시하였다. 이전에 분류학자들은 극단적인 서식지에서 서식하는 특징 때문에 Pleurocapsales와 연관시켰지만 Komárek *et al.* (2014)은 기준종(*C. thermalis*)의 계놈과 16S rRNA 자료를 이용한 계통분류에서 목을 분리하였으며, 특이하게 이형세포를 가진 질소고정 남조류(Nostocales)와 가까이 위치하고 있다. 따라서 이들은 새로운 Chroococciopsidales, Chroococciopsidaceae를 발표하고 본 종을 본 목과 과 내의 종으로 분류하였다(Guiry and Guiry, 2023).

#### *Chroococciopsis fissurarum* (Ercegović)

#### Komárek et Anagnostidis, 1995 (Fig. 2C, D)

: Komárek and Anagnostidis, 1998. p. 423, fig. 551.

세포는 단독성이며, 작은 그룹 또는 큰 군체를 형성한다. 군체는 기질 위에 얇고 편편하게 분포하며, 무색의 얇은 점액성 물질로 둘러싸여 있다. 점액성 막에 둘러싸여 있는 세포는



**Fig. 2.** A~C. *Chroococidiopsis fissurarum*, D~F. *Pseudocapsa sphaerica*, G~I. *Gomphosphaeria cordiformis*, J, K. *Gomphosphaeria natans*, L, M. *Eucapsis alpina*. Scale bars 10  $\mu$ m.

구형이거나 구형에 가깝고, 이후 군체들이 모여 있는 집합체 내의 세포는 둥근-다변형이 된다. 세포 직경은 2~4  $\mu$ m이고 군체는 40  $\mu$ m 정도이다.

**분포와 생태:** 본 종은 조간대나 바닷물이 분사되는 바닷가 등의 석회암 틈에서 미세군집을 형성하는 chaesmoendolithic 남조류이며, 지중해 해안, 인도양 해안, 러시아, 크로아

티아, 스페인 및 브라질 등에서 보고되고 있다(Komárek and Anagnostodis, 1998; Werner, 2010; De la Rosa Alamos, 2016; Gallardo *et al.*, 2016; Vondrášková *et al.*, 2017; Büdel and Friedl, 2021). 본 종은 천지연폭포 하류의 공간대에 바위가 있는 조사지점에서 수온 23.5°C, pH 7.7, EC 5,980  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 이고 바닷물에 분사되어 일시적으로 염분이 포함된 수분이 유지되는 바위 표면에서 채집되었고 국내에서 미기록종으로 보고된다.

**조사지점:** 제주도 천지연폭포 바위 표면.

**표본:** DAEJINCJF-20170706.

**Note:** *Pleurocapsa*속은 담수, 기수, 해수의 석회암반지역 등의 기질 위에 얇은 단층-다층으로 분포하며 포복성이다. 본 속에 속하는 종들 중에 일부 종은 위사상체(pseudo-filament)로서 불규칙적으로 이분법 또는 다중분열법으로 위치상분열을 하는 극성생장 특성이 있다. 그러나 일부 종은 단독이거나 점액성 물질에 세포들이 둘러싸여 구형이거나 불규칙한 균체를 형성하는 위사상체의 특성을 고려하여 Ercegović (1932)는 해수가 분사되는 바위의 틈에서 시료를 채집하여 신종 *Pleurocapsa fissurarum*을 발표하였고, Pleurocapsales, Pleurocapsaceae로 분류하였다. Komárek and Anagnostodis (1995)는 유럽의 남조류 Chroococcales의 종 동정 키와 monograph review에서 세포분열 및 딸세포, 내생포자 그리고 다중분열에서 monocystes와 planocystes를 형성하는 baeocystes 특징이 있지만 극성생장이 없는 특성을 고려하여 *P. fissurarum*을 *Chroococciopsis fissurarum*으로 신조합(com. nova)하여 보고하였다. 이들은 본 종을 Chroococcales, Xenococcaceae 내의 종으로 분류하였다. 이후 Komárek *et al.* (2014)은 남조류속의 다상적 분류 접근에서 Chroococcales은 baeocystes를 생성하지 않고, 매우 복잡한 세포학적 특성이 있는 coccoid 형태를 포함한 이전의 개념과 비교해서 상당히 연관성이 감소함을 제시하였다. 이전에 분류학자들은 극단적인 서식지에서 생육하는 특징 때문에 Pleurocapsales와 연관시켰지만 Komárek *et al.* (2014)은 기준종(*C. thermalis*)의 계놈과 16S rRNA 자료를 이용한 계통 분류에서 목을 분리하였으며, 특이하게 이형세포를 가진 질소고정 남조류(Nostocales)와 가까이에 위치하고 있는 것으로 제시하였다. 따라서 이들은 새로운 Chroococciopsidales, Chroococciopsidaceae를 발표하고 본 종을 본목과 과 내의 종으로 분류하였다(Büdel and Friedl, 2021; Guiry and Guiry, 2023).

## Order Chroococcales

### Family Chroococcaceae

#### Genus *Pseudocapsa* Ercegović, 1925

#### *Pseudocapsa maritima* Komárek, 1956 (Fig. 2E, F)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 318, fig. 424.

균체는 단독이거나 또는 2~3개의 작은 균체들이 모여 있으며, 구형이거나 무정형이고 6~12  $\mu\text{m}$ 이다. 균체는 황청록색을 띠며, 단단하고 무색의 점액성 막이 단층 또는 얇은 층상으로 세포를 둘러싸고 있다. 세포는 옅은 남색이며, 균질한 세포물질이 분포하고, 구형이거나 다면체상 등근 형태이다. 세포는 약간의 방사상 배열을 하며, 구형이거나 반구형이다. 세포의 직경은 1~5  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 불가리아 흑해의 해안 석회암에서 부착성으로 출현하였으며(Komárek, 1956; Anagnostodis and Pantazidou, 1991) 브라질의 대서양 해안이나 멕시코의 걸프만 하구 인공기질(시멘트 바닥)에 출현하는 부착조류로 기록되었다(Komárek and Anagnostodis, 1998; Werner, 2010; Mendoza-González *et al.*, 2017). 본 연구에서는 제주도 해안 폭포인 정방폭포 하류의 기수역에서 돌 표면에 착생하였고, 천지연폭포 하류의 바닷물이 분사되는 바위에 부착하여 서식하였다. 본 조사 수역의 환경은 수온 23.5°C, pH 7.7, EC 5,980  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 이었다.

**조사지점:** 제주도 서귀포시 동홍동 정방폭포 기수역 돌/천지동 천지연폭포 하구 바위.

**표본:** DAEJINCJF-20170706, DAEJINJBF-20170706.

**Note:** Ercegović (1925)는 크로아티아의 석회암 지대 돌 표면과 내부 또는 습기가 있는 종유석, 석순 표면에 서식하는 남조류 시료를 채집 조사하여 신속 *Pseudocapsa*와 본 속 내의 기본종인 *P. dubia*를 신종으로 보고하였다. Coccoid 남조류 중에 세포가 종축으로 수직 분열하는 단면(one plane) 분열하는 속 *Aphanothece*, 2면 분열하는 속 *Merismopedia* 및 3면 또는 다중면 분열 속 *Pseudocapsa*, *Chroococcus*, *Cyanosarcina*의 특성을 고려하여 본 속을 분류하였다. 3면 또는 다중면으로 분열하여 소포성 균체를 형성하는 속(*Cyanosarcina* type, *Myxosarcina* type, *Pseudocapsa* type) 들 중에 방사 또는 팬형 배열하는 속을 *Pseudocapsa*로 하였다(Kováčik, 1988). 본 연구에서 조사된 *P. maritima*는 형태적으로 기본종과 매우 유사하지만 다른 생태 특성을 기준으로 동정, 분류하여 국내 미기록종으로 보고하고자 한다.

#### *Pseudocapsa sphaerica* (Proskina-Lavrenko)

Kováčik, 1988 (Fig. 2G)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 320, fig. 425.

균체는 단독이거나 또는 몇 개의 작은 균체들이 모여 있으며, 구형이거나 무정형이다. 균체는 황청록색이고, 점액성 막은 보이지 않거나 또는 경계가 뚜렷한 무색이며, 직경은 150

$\mu\text{m}$ 에 달한다. 세포는 약간의 방사상 배열을 하며, 구형이거나 반구형 또는 구형이 나누어져 있는 형태이다. 세포는 엽은 남색을 띠며, 직경은 4~8  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 염류의 농도가 높은 수체에서 다른 조류들과 혼생 (megaphyton)한다 (Komárek and Anagnostodis, 1998). 바렌츠해, Kola만의 동서부연안 (Miroshnichenko and Moskvina, 2016), 이스라엘 중부 Yargon강의 하류 (Barinova *et al.*, 2009), 러시아 (Proskina-Lavrenko, 1951; Hollerbach and Krasavina, 1971; Anagnostodis and Pantazidou, 1991) 등에 분포한다. 본 종은 천지연폭포와 정방폭포에서 바다로 흘러가는 기수역인 중간지점 (수온 23.5°C, pH 7.7, EC 5,980  $\mu\text{S cm}^{-1}$ )에서 바위나 돌을 곁에 채집되었고 국내에서 처음으로 보고되는 종이다.

**조사지점:** 제주도 천지연폭포와 정방폭포에서 바다로 유출되는 기수역 돌과 바위.

**표본:** DAEJINCJF-20170706, DAEJINJBF-20170706.

**Note:** 본 종은 Proskina-Lavrenko (1951)가 러시아의 염분이 있는 수체에서 조사한 남조류 중에 *Myxosarcina sphaerica*를 신종으로 발표하였지만, 현재 본 저자의 문헌은 인용할 수 없기 때문에 정확한 분류학적 위치를 알 수 없다. 그러나 본 종은 Pleurocapsales, Hyellaceae로 분류되었다 (Guiry and Guiry, 2023). Kováčik (1988)는 세포가 다중평면으로 분열하고 baecocytes를 형성하며 극성을 가지는 유사사상체를 형성하는 Hyellaceae로 분류한 *M. sphaerica*를 3면 이상의 분열을 하고 소포형 군체 (packet-like colony)를 형성하며 baecocytes를 형성하지 않고 세포들의 방사상 배열의 특성을 고려하여 *Pseudocapsa sphaerica*로 신종을 발표하면서 본 종을 Chroococcales, Chroococaceae로 분류하였다. 또한 Komárek *et al.* (2014)은 남조류속의 다상적 분류 접근에서 본 종이 후자의 분류군에 속하는 것을 확인하였으며, 현재 본 목과 과 내의 종으로 분류하고 있다 (Guiry and Guiry, 2023).

## Family Gomphosphaeriaceae

### Genus *Gomphosphaeria* Kützing, 1836

#### *Gomphosphaeria cordiformis* (Wolle) Hansgirg, 1886

(Fig. 2H, I, J)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 222, fig. 289.

군체는 자유 부유성이며, 불규칙한 구형이거나 타원형이고 세포들이 밀집하거나 또는 느슨한 배열을 한다. 세포 주변을 무색의 점액성 물질이 층상으로 둘러싸고 있다. 무색의 넓은 점액성 줄기가 중심에서 방사상으로 분포하고 그 끝에 세포가 수직적으로 배열하고 있다. 세포는 난형이거나 원주상 이면서 끝을 향해 넓어지는 클럽 모양 또는 심장형이다. 세포 길이는 8~10  $\mu\text{m}$ 이고, 폭은 8~12  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 유럽의 독일, 스웨덴, 러시아, 아메리카의 미국, 아르헨티나, 아시아 및 중앙아시아의 이라크, 이스라엘, 타지키스탄, 파키스탄 등에 분포하는 호수나 습지 (염분농도 0.5~3 psu)에서 출현한 것으로 보고되고 있다 (Smith, 1920; Geitler, 1932; Skuja, 1956, 1964; Prescott, 1962; Tell, 1985; Vinogradova *et al.*, 2000; Leghari *et al.*, 2003; Maulood *et al.*, 2013; Barinova *et al.*, 2015; Davydov, 2018). 본 종은 수온 26.0°C, pH 9.4, EC 3,030  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 그리고 염도가 1.6 psu인 청라호수에서 채집되었으며, 본 연구에서 미기록종으로 보고하고자 한다.

**조사지점:** 인천 청라호수.

**표본:** DAEJINCR-20170601.

**Note:** Wolle (1882)는 미국 펜실베이니아 베들레헴의 작은 연못에서 채집한 시료에서 세포가 쇠기꼴이 아닌 심장형이고 군체와 세포 크기가 기준종인 *G. aponica*보다 약 2배 정도 큰 특성 때문에 *Gomphosphaeria aponica* var. *cordiformis*로 신종을 발표하였다. 이후 Hansgirg (1886)가 독립종으로 *G. cordiformis*를 발표하였으나 그의 문헌에서 본 종에 대한 설명은 없었고 Huber-Pestalozzi (1938)는 변종으로 간략하게 기재하였다. 이후 Skuja (1956), Prescott (1962) 등도 호수에서 시료를 채집하여 Wolle (1882)와 같은 변종으로 동정, 분류하였다. 그러나 Komárek and Hindák (1988)는 Huber-Pestalozzi (1938)의 변종을 인용하여 독립종으로서 발표하였으며, 이후 Komárek and Anagnostodis (1998)는 Smith (1920), Geitler (1925, 1932), Skuja (1964) 등을 인용하여 unrevised species로서 *G. cordiformis*를 목록에서 제시하였다. Joosten (2006)은 Komárek and Anagnostodis (1998)의 unrevised species를 분명히 분류학적으로 수정이 필요한 것으로 제시하고 있지만 현재 Guiry and Guiry (2023)는 Komárek and Anagnostodis (1998)를 인용하여 두 분류군을 이명 처리하고 *G. cordiformis*로 분류하고 있다. 본 연구에서는 Komárek and Anagnostodis (1998)와 Guiry and Guiry (2023)의 분류체계를 인용하여 국내 미기록종으로 보고하고자 한다.

#### *Gomphosphaeria natans* Komárek and Hindák, 1988

(Fig. 2K, L)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 218, fig. 287.

군체는 단독성이고, 자유 부유성이며 불규칙한 구형이거나 약간 긴 타원형으로서 직경이 30  $\mu\text{m}$  정도이다. 군체 주변에 무색의 좁은 점액성 막이 층상으로 둘러싸고 있으며, 투명하고 넓은 점액성 줄기는 불규칙한 차상분지를 하고 넓은 줄기의 끝부분에 넓은 난형의 세포들이 방사상 및 밀집배열되어 군체를 이루고 있다. 세포는 넓은 난형이며, 회남색을 띠며,

과립들이 분포하고 있다. 세포 폭은 4~5  $\mu\text{m}$ , 길이는 5~7  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 유럽의 네덜란드, 러시아, 오스트리아, 터키, 폴란드, 프랑스, 북미의 캐나다, 미국, 남미의 아르헨티나, 아시아의 인도, 태국 등 전 세계적으로 빈영양에서 부영양의 호수나 북극의 육상에 서식하는 것으로 알려져 있다(Komárek and Hindák, 1988; Komárek and Komárková-Legnerová, 1992; Komárek and Anagnostidis, 1998; Pongswat *et al.*, 2004; Joosten, 2006; Ozturk and Kurt, 2021; Singh *et al.*, 2022). 본 연구에서 본 종은 수온 26.0°C, pH 9.4, EC 3,030  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 그리고 염도가 1.6 psu인 청라호수에서 처음 조사되었다.

**조사지점:** 인천 청라호수.

**표본:** DAEJINCR-20170601.

**Note:** *Gomphosphaeria natans*는 긴 타원형으로서 본 속의 기준종인 *Gomphosphaeria aponica* (난형 또는 심장형의 세포)와 약간의 다른 면이 있고 균체와 세포의 크기도 기준종보다 다소 작은 특성에 따라 Komárek and Hindák (1988)에 의해 신종으로 발표되었다. 이러한 특징을 기초로 하여 본 연구에서도 본 종을 동정, 분류하여 국내 미기록종으로 보고하고자 한다.

## Order Synechococales

### Family Merismopediaceae

#### Genus *Aphanocapsa* Nägeli, 1849

#### *Aphanocapsa marina* Hansgirg in Foslie, 1890 (Fig. 3A)

: Komárek and Anagnostidis, 1998. p. 148, fig. 170.

균체는 작고 무정형이며, 점액성 물질에 싸여 있다. 세포는 구형이고, 수분이 있을 때 열은 청록색을 띠고 건조하면 짙은 녹색을 띤다. 세포는 얇은 점액성 물질에 1개 또는 2개의 세포가 층상으로 둘러싸여 있다. 세포의 크기는 0.4~0.5  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 해양이나 기수지역의 지역의 조간대 등에서 웅덩이나 젖은 바위에 *Lyngbya*나 다른 미세조류들과 혼생한다(Fosile, 1890). 본 종은 유럽의 노르웨이, 영국, 프랑스, 그리스, 루마니아, 터키, 북미의 미국, 오세아니아의 호주와 뉴질랜드 등 전 세계적으로 분포하는 것으로 보고되고 있다(Batters, 1902; Chapman, 1956 (*Anacystis marina*); Humm, 1979; Taskin *et al.*, 2008 (*Microcystis marina*); Whitton *et al.*, 2014; Gkelis *et al.*, 2016). 본 종은 제주도의 정방폭포의 기수역 돌 기질과 천지연폭포의 주변에서 바닷물이 분사되는 바위 기질에서 채집되었으며, 환경은 수온 23.5°C, pH 7.7, EC 5,980  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 이다.

**조사지점:** 제주도 정방폭포 하류지역의 조간대 바닷물 분사된 바위, 천지연폭포의 하류 기수역의 돌과 바위.

**표본:** DAEJINCJF-20170706, DAEJINJBF-20170706.

**Note:** Hansgirg가 Sydvaranger의 Pasvig 지역에서 조간대 암반에 있는 작은 웅덩이에서 다른 조류와 *Lyngbya*와 함께 채집하고, 동정하여 노르웨이의 해양조류(Fosile, 1890, p. 169)에 본 종을 신종으로 발표하였으며, *Aphanocapsa*속 내에서 독립종으로서 국제명명규약(ICN: Botanical Code)에 합리적인 것으로 인정을 받고 있다. 그러나 Drout and Daily (1948)는 *Anacystis*의 기준 표본을 검토하고 세포분열이 3면에서 연속적으로 진행되고 점액성 물질 내에 세포들이 규칙적 또는 불규칙적으로 분포하는 종을 coccoid Cyanophyceae에 포함하도록 속의 개념을 확대하였다. 이와 같은 특징을 기준으로 그는 *Aphanocapsa marina*를 기본명(basionym)으로 하고 *Anacystis marina*로 신종을 발표하였으며 국제명명규약에서 분류학적 문제는 없는 것으로 제시하였다. Humm (1979)은 버지니아 해양과학 연구소 부두에 있는 나무에서 채집하여 *A. marina*를 보고하였다. 이와는 대조적으로 Komárek (1957)는 *Anacystis*의 동형기준표본(isotype)을 조사 검토한 후 분열 전에 세포가 난형 또는 원통형이고 각각이 장축에 수직인 평면에서 분열하는 속에 대해 사용하는 이름이 합리적이기 때문에 *Aphanothece*속으로 명명할 것을 주장하였다. 이후 여러 학자들이 각자 주장하는 바에 따라 각각 다른 속명을 사용함으로써 매우 혼란스러운 상태였다. 이와 같은 상황에서 유럽, 북미 및 호주와 뉴질랜드 등에서 여러 연구자들이 *Anacystis marina*를 계속 사용해 왔다(Chapman, 1956; Humm, 1979; Ballesteros and Romero, 1982; Furnari *et al.*, 2003; Guiry and Guiry, 2023).

Komárek and Anagnostidis (1986)는 *Anacystis*를 Microcystaceae의 아과(subfamily)로 이동시켜 기재를 하였다. 이후 Silva (1996)는 이들의 분류를 기반으로 인도양에서 저서성 조류를 채집하여 *Microcystis marina*로 수정하여 발표를 하였다. 그러나 Komárek and Anagnostidis (1998)는 1986년에 그들이 주장했던 것과는 달리 *Aphanocapsa marina*로 수정하여 Merismopediaceae과의 아과로 이동시켜 기재를 하였다. Komárek *et al.* (2014)은 분자서열자료를 기반으로 계통 발생학적 분석을 통해 남조류의 분류체계를 광범위하게 수정하였다. Coccoid 남조류의 세포분열의 특성, thylakoid의 형태적, 분포 특성에 따라 Chroococcales는 Chroococcales, Gloeobacterales, Synechococcales, Pleuricapsales, Chroococciopsidales로 분리되었다. *Aphanocapsa*는 이와 같은 특성을 고려하여 Synechococcales, Merismopediaceae 과로 이동시켜 분류하였고, Guiry and Guiry (2023)도 현재 이 분류체계를 인용하고 있다. 따라서 본 연구에서 조사된 본

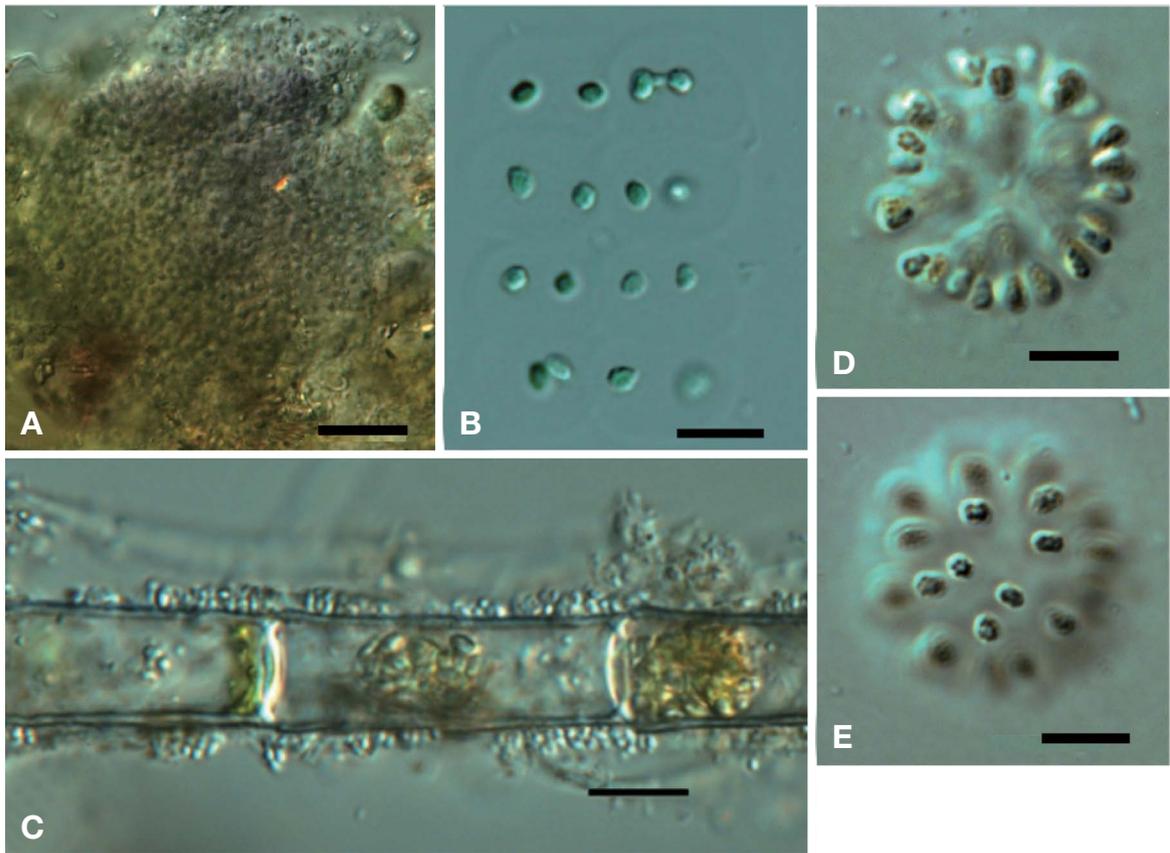


Fig. 3. A. *Aphanocapsa marina*, B. *Merismopedia danubiana*, C. *Chamaesiphon minimus*, D, E. *Woronichinia elorantae*. Scale bars 10  $\mu\text{m}$ .

종을 이들의 분류체계에 따라 분류하였다.

#### Genus *Eucapsis* Clements et Schantz, 1909

##### *Eucapsis alpina* Clements et Schantz, 1909 (Fig. 2M, N)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 267, fig. 352.

군체는 규칙적인 입방체이며, 보통 8~16~32개의 세포로 구성되어 있고 세포 주변을 무색의 점액성 물질이 둘러싸고 있다. 때로는 4~8개의 세포로 구성된 작은 군체도 있다. 세포는 구형이거나 타원형이며 연녹색, 남색 또는 올리브-녹색을 띠고 있다. 세포의 크기는  $3\sim6\times4\sim7\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** Clements and Schantz (1909)는 본 속 및 종의 서식처는 고산지대의 담수 호수에 한정된다고 보고하였으나 이후 많은 연구자들은 험온성이고, 온대지역, 아한대지역 등에 분포하는 깨끗한 호수, 황야 등의 산성수체, 습지, 토탄 습지 등에 분포하는 metaphyton으로 보고하였다(Prescott, 1962; Alvarez-Cobelas and Gallardo, 1988; Patova *et al.*, 2015). 그러나 다른 여러 학자들은 본 종이 아프리카부터 유럽의 고산지대까지 서식하는 boreo-alpine 종으로 보고하

였다(Bourelly, 1961; Hirose and Yamagishi, 1977; Komárek and Anagnostodis, 1998; John *et al.*, 2002; Guiry and Guiry, 2023). 본 연구에서 본 종은 제주도 동백동산의 먼물깍(수온  $22.4^{\circ}\text{C}$ , pH 6.5, EC  $81\mu\text{S cm}^{-1}$ )에서 많은 수생식물과 혼생하는 metaphyton이며, 국내 미기록종으로 조사되었다.

**조사지점:** 제주도 동백동산 먼물깍 습지.

**표본:** DAEJINMMG-20170706.

**Note:** 본 속은 Clements and Schantz (1909)에 의해 미국 콜로라도 로키산맥의 프론트 레인지 남부의 가장 높은 정상인 Pikes Peak의 남쪽에 있는 고산호수에서 채집되었으며, 이전에 보고된 형태와는 다른 특성이 발견되었다. 따라서 그들은 1903년, 1905년 8월과 9월에 시료를 채집하여 동일한 형태의 시료를 채집하여 신속으로 보고하였다. 이 속은 부유성이고, 입체적이며, 성숙하는 동안 8~512개의 세포로 구성된 군체이지만 보통 32~128 세포로 구성되어 있다. 세포분열은 3면에서 계속 진행되며 나중에 작은 군체로 분리되는 특성이 있다. 또한 이들은 본 속의 특성을 기준으로 기본종인 *Eucapsis alpina*를 신종으로 보고하였다. 당시 본 종의 서식처는 고산지대의 호수 등으로 알려져 있었으나 이후에 많

은 연구자들에 의해 다양한 서식지에서 채집 조사하여 발표하였다(Bourrelly, 1961; Hirose and Yamagishi, 1977). 이후 West (1912)는 Achill Island, Slievemore의 작은 호수에서 채집된 시료에서 *E. alpina*와 비슷한 형태적 특징을 가진 종이 영국에서 보고되지 않았기 때문에 *Merismopedium cubicum*으로 신종을 발표하였다. 이후에 본종은 *E. alpina*로 이명 처리되어 분류되고 있다(Komárek and Anagnostodis, 1998; Guiry and Guiry, 2023).

본 속과 종은 신종 발표 시기부터 Chroococcales, Chroococcaceae로 분류되었다(Geitler, 1925; Huber-Pestalozzi, 1938; Prescott, 1962; Hirose and Yamagishi, 1977). Komárek and Anagnostodis (1986)는 coccoid 남조류의 세포분열 유형을 기반으로 Chroococcales 내에 7과로 분리하고 본 속을 Microcystaceae 내로 이동 분류하였으며, 이후에 본 과 내의 속으로 분류하였다(Komárek and Anagnostodis, 1998; Palińska and Krumbein, 1998; Joosten, 2006). 그러나 Komárek *et al.* (2014)은 전자의 *Aphanocapsa*속과 같이 Chroococcales로부터 Synechococcales로 분리하고 Microcystaceae에서 Merismopediaceae로 분리한 다음 *Eucaposis*속을 이동 분류하였으며, 현재 Guiry and Guiry (2023)도 본 체계에 준하고 있다. 따라서 본 연구에서도 본 분류체계에 준하여 분류하였다.

### Genus *Merismopedia* Meyen, 1839

#### *Merismopedia danubiana* Hortobágyi, 1974 (Fig. 3B)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 174, fig. 216.

세포들이 매우 드문드문하게 일정한 거리를 두고 분포하는 군체를 이루고 있다. 어린 군체의 세포들은 점액성 막으로 둘러싸여 있으며, 노화된 군체 내의 세포는 점액성 막에 각각 둘러싸여 있다. 군체는 2~32개의 세포로 구성되어 있으며, 세포들은 항상 평판상으로 분포하는 것은 아니다. 세포는 구형이고 분열 전에 약간 긴 타원형이며 공기주머니(aerotopes; gas vesicle)는 없고 남색을 띤다. 세포 직경은 1.5~2.5  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 헝가리 부다페스트의 저수지에서 출현한 것으로 보고되었으며(Komárek and Anagnostodis, 1998), 이후 호주 Queensland의 Cook 지역 조사에서 보고되었다(Bostock and Holland, 2010). 본 종은 제주도 동백동산 먼물각에서 수온 22.4°C, pH 6.5, EC 81  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 인 환경조건에 서식하는 것으로 조사되었으며, 본 연구에서 한국 미기록종으로 보고하고자 한다.

**조사지점:** 제주도 동백동산 먼물각 습지.

**표본:** DAEJINMMG-20170706.

**Note:** 본 종은 Hortobágyi(1974)에 의해 헝가리 다뉴브강에서 채집되어 신종으로 보고되었으나 인용할 수 있는 문헌은 Komárek and Anagnostodis (1998)와 Guiry and Guiry (2023)밖에 없다. 본 속은 Geitler (1925)에 의해 Chroococcales, Chroococcaceae에 속하였으나 이후 Komárek and Anagnostodis (1986)에 의해 Microcystitaceae로 분류되었다. Komárek and Anagnostodis (1998)는 다시 Merismopediaceae로 수정 분류하였다. 그러나 Komárek *et al.* (2014)은 Chroococcales에서 Synechococcales로 수정하였고, 본 목내에 Merismopediaceae를 이동 분류하였으며, *Merismopedia*속을 본 과 내에 이동하였다. Guiry and Guiry (2023)는 이들의 분류체계를 인용하여 제시하고 있으며, 본 연구에서도 본 분류체계를 인용하였다.

### Family Coelosphaeriaceae

#### Genus *Coelosphaerium* Nägeli, 1849

#### *Coelosphaerium aerugineum* Lemmermann, 1898

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 195, fig. 249.

군체는 자유 부유성이고, 구형이거나 약간의 불규칙한 형태이며, 세포들이 매우 밀집하고 있다. 세포들은 밀집되어 있지만 각 세포 사이의 간격을 유지하고 있다. 세포는 구형이고 무색의 점액성 막에 둘러싸여 있다. 세포는 구형이고 직경은 2.5~3  $\mu\text{m}$ 이다. 세포는 밝은 남색이지만 본 연구에서는 약간의 분홍색을 띠기도 한다.

**분포와 생태:** 본 종은 북반구 온대지역의 중영양에서 중-부영양의 호소 등에서 부유성으로 서식하며, 대발생하는 경우는 거의 없는 것으로 알려지고 있다(Komárek and Anagnostodis, 1998). 그러나 이후에 유럽의 불가리아, 체코, 독일, 북미의 아칸사스, 중미의 쿠바, 아시아의 중국 등에서 출현하고 있다(Guiry and Guiry, 2023). 국내에서 2017년 한국 미기록종으로 보고서에 제시하였으나 Yim *et al.* (2018)이 기수역에서 출현하는 것으로 보고하여 중복보고가 되는 문제가 발생하였다. 본 연구에서 출현한 본 종은 제주도 동백동산 먼물각에서 수온 22.4°C, pH 6.5, EC 81  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 의 환경조건에 서식하는 것으로 조사되었다.

**조사지점:** 제주도 동백동산 먼물각 습지.

**표본:** DAEJINMMG-20170706.

**Note:** *Coelosphaerium*속은 Geiler (1925)에 의해 Chroococcales, Chroococcaceae 내의 속으로 분류되었다. 그러나 이후 Komárek and Anagnostodis (1986)는 본 속을 Microcystitaceae에 속하는 것으로 분류하였다. Komárek and Anagnostodis (1998)와 Joosten (2006)은 다시 Merismopediaceae과로 이동 분류하였다. Komárek *et al.* (2014)은 Chro-

ococcales에서 Synechococcales로 수정하였고, 본 목 내에 Coelosphaeriaceae로 이동 분류하였으며, 본 연구에서도 이들의 분류체계를 인용하여 본 과 내의 속으로 분류하였다. 본 속은 *Woronichinia*와 *Snowella*속과 매우 유사한 특징을 가지고 있지만 세포분열에서 2면 연속 세대 분열, 수직 분열 및 세포들의 층상 배열 유무, 군체 내부의 점액성 줄기 유무 등이 각각 다르다. 이들의 특성을 고려하여 종 동정을 해야만 오동정의 문제를 해결할 수 있다. 본 종은 제주도 동백동산 먼물 깎 습지에서 채집 조사하여 2017년도에 국립생물자원관에 보고하였으나 Yim *et al.* (2018) 등이 발표함에 따라 중복 기재되기 때문에 증명, 채집지 및 환경요인만을 보고하고자 한다. 본 속은 Yim *et al.* (2018)이 발표한 본 종의 사진은 앞서 제시한 군체 내부에 엮은 점액성 줄기가 방사상으로 배열하고 그 끝에 세포들이 배열하는 특성 등이 뚜렷이 제시되지 않음에 따라 군체 및 세포의 형태적 특성을 확인할 필요가 있다.

#### *Woronichinia elorantae* Komárek *et*

#### Komárkova-Legnerová, 1992 (Fig. 3D, E)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 214, fig. 278.

조체는 단독성이며, 구형이거나 타원형이고, 보통 작은 군체가 함께 밀집하는 경우도 있다. 군체는 많은 세포들이 방사상으로 밀집 분포하고 있으며 가장자리에 층상배열을 하고 있다. 군체의 크기는 15~20  $\mu\text{m}$ 이다. 세포는 난형이거나 긴 타원형이며, 방사상으로 배열하고 있는 무색의 점액성 줄기 끝에 붙어있다. 세포질은 균질하며, 남색이다. 세포 크기는 2.5~3  $\times$  1.5~2  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 작은 수체나 호수의 연안에서 여러 식물들과 혼생 (metapyton)하거나 부유성으로 북반구 온대지역을 포함한 핀란드, 네덜란드, 캐나다, 일본, 발틱해의 연안지역 (Komárek and Anagnostodis, 1998; Joosten, 2006; Suikkanen *et al.*, 2007; Olenina *et al.*, 2006)이나 미국 Chesapeake만과 하구 (Marshall *et al.*, 2005)에서 출현한 것으로 보고되었다. 그리고 최근에 본 종은 툰드라 기후인 유럽 극지의 사막지대 (Davydov, 2018), 스칸디나비아 (Karlson *et al.*, 2018) 등에서 조사됨에 따라 전 세계적으로 분포하는 것으로 보고되었다 (Guiry and Guiry, 2023). 본 연구에서 본 종이 출현한 조사지점은 인천 온수천 덕진교 부근으로서 수온 29.4°C, EC 946  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , 염분 0.5 psu인 기수역 환경이었다.

**조사지점:** 인천시 강화군 길상면 온수천.

**표본:** DAEJINOSS-20170531.

**Note:** 본 속은 전자의 *Coelosphaerium*속과 같은 목 (Order)과 과 (Family)와 같이 수정과정을 통해 현재의 분류체계에 분류되고 있다 (Komárek *et al.*, 2014; Guiry and Guiry, 2023). Komárek and Komárkova-Legnerová (1992)

는 핀란드 중부지역의 빈영양에서 증영양 호수에서 시료를 채집하여 본 종을 신종으로 보고하였다. 본 종은 세포가 난형이며 중심부에서 방사상으로 배열되고 있는 무색의 점액성 줄기는 염색을 하지 않을 경우 특성이 거의 관찰되지 않으며, 이후 Joosten (2006)도 같은 특성을 제시하였다. 본 연구는 본 종의 군체 사진에서 뚜렷하지 않았지만 점액성 줄기가 중심 부분에서 방사상으로 차상 분지가 외부로 나와있고 난형의 세포가 줄기의 끝부분에 방사상으로 배열하고 있는 것을 관찰한 특성을 기준으로 본 종을 한국 미기록종으로 보고하고자 한다.

#### Family Chamaesiphonaceae

#### Genus *Chamaesiphon* Braun et Grunow

#### in Rabenhorst, 1865, emend. Geitler, 1925

#### *Chamaesiphon minimus* Schmidle, 1902 (Fig. 3C)

: Komárek and Anagnostodis, 1998. p. 377, fig. 488.

세포는 단독성이고, 나란히 밀집되어 있으며, 식물 기질 위에 착생한다. 세포는 난형이거나 타원형 또는 짧은 원주상이며, 끝부분은 둥글고 남색이거나 엷은 회남색이다. 세포는 분열과정 동안 단단하고 무색인 껍질 (speudovagina)이 개방되고 끝부분에 외세포자 (exospore)가 있다. 세포는 짧은 기저 부착기로 착생한다. 세포는 3.5~4  $\times$  1.5~1.8  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 Schmidle (1902)에 의해 아프리카 Majara 호수에서 채집되었으며, 담수의 정수나 우수에서 침수식물 또는 녹조류에 착생하는 것으로 보고되었다 (Komárek and Anagnostodis, 1998). 여러 연구자들은 본 종이 유럽의 스칸디나비아, 슬로바키아, 북미의 캐나다, 아시아의 중국과 네팔 등에서 출현하는 것으로 보고하였다 (Poulin *et al.*, 1995; Komárek and Watanabe, 1998; Guiry and Guiry, 2023). 본 종은 제주도 동백동산 습지센터 연못 (수온 25.9°C, pH 7.2, EC 90  $\mu\text{S cm}^{-1}$ )에서 *Oedogonium* sp.에 착생하고 있었으며, 국내에 처음으로 보고되었다.

**조사지점:** 제주도 동백동산 습지센터 연못.

**표본:** DAEJINDB-20170531.

**Note:** Schmidle (1902)이 아프리카의 Majara 호수에서 조류를 조사하여 신종을 발표하였고, 본 신종을 Schizophyceae, Chamaesiphonaceae로 분류하였다. Geitler (1925)는 coccoid 남조류의 Pleurocapsales에서 내세포자와 외세포자를 생성하는 Dermocarpales로 분리시키고 Chamaesiphonaceae 내에 본 속을 분류하였다. 본 속은 Huber-Pestalozzi (1938)에 의해 Chamaesiphonales로 변경되었으며 이후 여러 학자들이 본 분류체계를 사용해 왔다 (Desikachary, 1958; Prescott, 1962; Hirose and Yamagishi, 1977; Necchi and

Anna, 1986). 그러나 본 목은 국제 명명규약상 분류학적으로 타당성이 없어 1980년 이후 본 목은 사용하지 않게 되었다. Komárek and Anagnostidis (1998)는 본 속을 Chroococcales, Chamaesiphonaceae로 분류하였으나, Komárek *et al.* (2014)은 Chroococcales에서 Synechococcales로 수정하였고, Chamaesiphonaceae를 본 목 내로 포함시켜 체계를 정리하였으며, 현재 이와 같은 분류체계를 사용하고 있다 (Guiry and Guiry, 2023). Algaebase에서 Chamaesiphon A. Braun, 1864, nom. cons.는 A. Braun in Rabenhorst (1865)이며, 여기에 참고문헌으로 제시한 Rabenhorst (1864)는 돌말류에 관한 내용으로 오류가 있다. 본 속에 대한 문헌은 Rabenhorst (1865)로 수정이 필요하다. 본 조사에서 출현한 본 종을 이들의 분류체계에 준하여 분류하였다.

## Order Oscillatoriales

### Family Oscillatoriaceae

#### Genus *Lyngbya* Agardh ex Gomont, 1892

#### *Lyngbya aestuarii* var. *gaditana* González Guerrero, 1947 (Fig. 4A)

: González Guerrero, 1947. p. 445, fig. 34; Komárek and Anagnostidis, 2008. p. 632, fig. 971.

조체는 저서성 또는 기질에 부착하며, 단독성이거나 다른 조류와 불규칙하게 엉켜 있다. 사상체는 직선상이거나 약간 굽어 있다. 사상체 주변에는 무색이고 두꺼운 층상의 껍질(sheath)이 둘러싸고 있다. 세포는 폭보다 길이가 짧은 원주상이고, 세포 사이에 약간 협입되어 있으며 끝으로 갈수록 가늘어지지 않고 말단 세포는 약간 볼록하다. 사상체의 폭은 10 µm, 세포 길이는 0.8~1 × 5~6 µm이다.

**분포와 생태:** 본 변종은 스페인 San Pedro강 근처의 염분 토양에서 채집되어 신종으로 보고되었다 (González Guerrero, 1947; Guiry and Guiry, 2023). 이후에 Izquierdo and Pando (2017)는 González Guerrero가 채집한 시료를 재검토하고 스페인에서 출현한 조류의 종목록을 발표하였다. 본 연구자는 제주도 오조리 족지물에서 수온 18.4°C, pH 8.1, EC 5,640 µS cm<sup>-1</sup>, 염분도 1.2 psu인 돌 기질을 굽어 본 종을 채집하였고, 한국 미기록종으로 보고하고자 한다.

**조사지점:** 제주도 오조리 족지물.

**표본:** DAEJINJIM-20170520.

**Note:** González Guerrero (1947)는 염분이 있는 토양에서 시료를 채집하여 신변종을 발표하였으나 종에 대한 설명은 거의 없었으며, 단지 그림만이 제시되었다 (Komárek and Anagnostidis, 2008). 본 변종은 본 조사에서 촬영한 사진과 생태를 고려하여 동정, 분류하였다.

## Family Microcoleaceae

### Genus *Pseudophormidium* Anagnostidis et Komárek, 1988

#### *Pseudophormidium tenue* (Thuret ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988 (Fig. 4B, C)

: Komárek and Anagnostidis, 2008. p. 384, fig. 971.

조체는 밝은 녹색이거나 진한 녹색이며, 사상체들이 밀집하여 엉켜 있다. 사상체는 길고 만곡되어 있으며, 많은 위분지를 형성하고 있다. 가지는 쌍을 이루고 있다. 껍질(sheath)은 초기에 얇고 무색이지만, 노화된 껍질은 두껍고 밝은 갈색을 띤다. 사상체의 세포는 진한 녹색이며 세포 사이에 약간 협입되어 있고 과립은 없다. 사상체의 말단으로 갈수록 세포의 크기는 점차 작아지며, 말단 세포는 뾰족하다. 사상체의 폭은 55~10 µm이고 이것보다 약간 넓은 것도 있다. 세포의 크기는 25~6 × 55~10 µm이다.

**분포와 생태:** 본 종은 프랑스 Antibes, Gaul 남부의 강둑에서 채집되었고 신종 *Plectonema tenue*로 발표되었으며 (Gomont, 1892 p. 101, fig. 5), 이후에 미국의 Laurentian Great Lakes에서 tychoplankton으로 보고되었다 (Prescott, 1962). 여러 연구자들은 본 종이 남미의 아르헨티나, 중동의 이라크 및 아시아의 중국에서 기록된 것으로 보고하고 있다 (Guiry and Guiry, 2023). Anagnostidis and Komárek (1988)은 기본종인 *Plectonema tenue*로부터 신조합(comb. nova)하여 *Pseudophormidium tenue*로 종명을 변경하여 발표하였다. 이후 본 종은 여러 연구자들에 의해 유럽의 체코, 독일, 그리스, 슬로바키아 등에서 출현한 것으로 보고되었다 (Guiry and Guiry, 2023). 본 조사에서 본 종은 제주도 서귀포의 오조리 철새도래지에서 주변 바위와 수중의 돌 등을 굽어 채집하였다.

**조사지점:** 제주도 서귀포 오조리 철새도래지 토양.

**표본:** DAEJINOJR-20170520.

**Note:** 본 종의 기본종인 *Plectonema tenue*는 다세포성 사상체인 Oscillariées, Lyngbyoideae아족(subtribe) 내의 속으로 분류되었다 (Gomont, 1892). 이후 Geitler (1925)는 단단한 껍질(sheath)로 둘러싸여 있고 무분지성 사상체인 *Lyngbya*에서 위분지성인 *Plectonema*를 분리시켜 Nostocales, Scytonemataceae 내에 이동 분류하였고, Desikachary (1958)는 본 분류체계에 준해 분류하였다. Pascher (1931)는 조류 분류군에 대한 분류체계를 정립하고 Smith (1950)가 인용한 Hormogoniales, Nostocaceae속에서 본 속을 위치시켰다 (Prescott, 1962). 남조류의 분류체계가 각 연구자 및 시대에 따라 크게 변화되었고 현대까지 각 연구자에 따라 다른 분류체계를 인용함으로써 매우 혼란스러웠다. Anagnostidis and Komárek (1988)은 남조류의 분류체계의 현대적 접

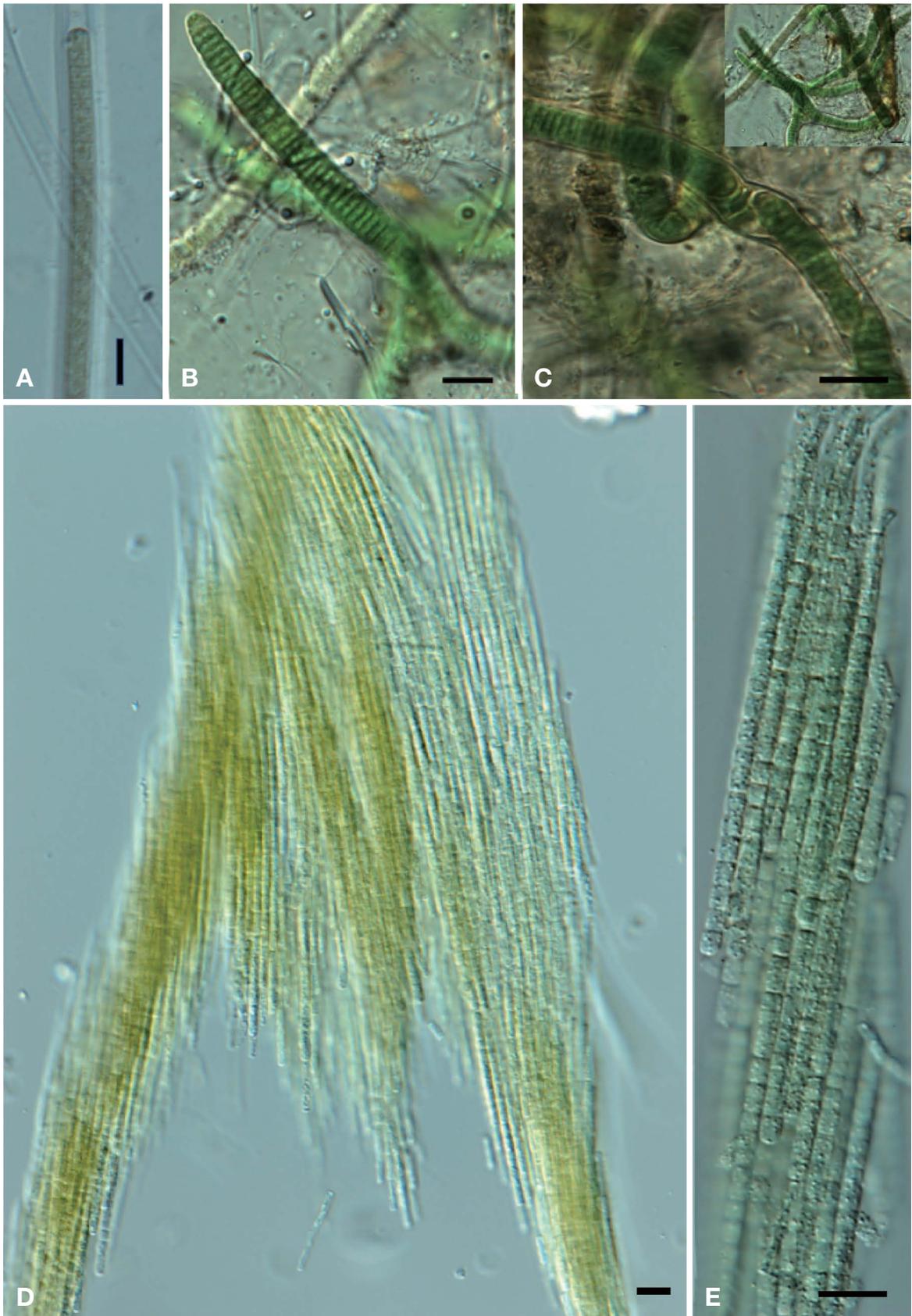


Fig. 4. A. *Lyngbya aestuarii* var. *gaditana*, B, C. *Pseudophormidium tenue*, D, E. *Trichodesmium* sp. Scale bars 10  $\mu$ m.

근에서 다시 한번 분류체계를 정리하였다. 본 속이 속하는 Oscillatoriales 내에서 사상체의 유형, 사상체의 제한 성장 여부, 세포분열 유형, 세포의 분열 능력 여부, 골무형 피각(calyptra) 생성 여부, 가스주머니 유무, 사상체의 운동 여부, 점액성 껍질 유무, 사상체의 극성 유무, 위분지 유무 등의 형태적 특징을 고려하여 6과로 나누었고, 그 중에 1개의 신과 Phormidiaceae를 분류하여 발표하였다. 그들은 사상체 특징, 말단부위의 세포 형태, 위분지 조건 등을 고려하여 *Plectonema*로부터 분리시키고 기본종(basionyme)인 *Plectonema tenue*로부터 신조합한 *Pseudophormidium tenue*로 종명을 변경하고 Phormidiaceae 내로 이동시켜 보고하였으며 Komárek and Anagnostodis (2008)는 본 체계에 준해 분류하였다. 그러나 Komárek *et al.* (2014)은 계속 변화되고 있는 남조류의 분류체계를 고전적 형태, 생태적 특징뿐만 아니라 분자 계통분석 등 다면적 접근을 통해 분류체계를 수정하였다. 본 연구에서 Oscillatoriales 내의 과 중에 Phormidiaceae 등 3과를 삭제하고 새로운 3과를 발표하였으며, 본 속을 Microcoleaceae 내에 이동시켰고 현재 본 체계를 인용하고 있다(Guiry and Guiry, 2023).

#### Genus *Trichodesmium* Ehrenberg ex Gomont, 1892

##### *Trichodesmium* sp. (Fig. 4D, E)

: Komárek, 2008. p. 364.

조체는 사상체로서 자유 부유성이고 단독성보다는 보통 평행하게 배열하거나 약간의 방사상으로 배열하고 점액성 물질로 결합되어 작은 다발이나 응집된 집단(군체)을 이룬다. 사상체는 점액성 껍질(sheath)이 없으며, 보통 직선상이지만 만곡하는 경우도 있고 약간의 활주운동을 한다. 사상체를 이루는 세포는 폭보다 길이가 약간 더 길거나 같은 원주상이고, 사상체 끝부분은 좁아지지 않으며 볼록하고 선단세포의 calyptra(골무형 피각)는 없다. 세포에 미세한 과립이 분포하고 가스주머니가 있다. 세포는 연녹색이거나 황녹색, 황갈색을 띤다. 세포는  $3\sim5\times3\sim6\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 속은 담수, 기수, 해양에서 자유 부유성이고, 유럽, 인도양, 남, 서아시아, 호주, 뉴질랜드, 동아시아 등 전 세계적으로 출현하며, *T. erythraeum*은 해양에서 대발생하여 군체나 다발 상태로 적조(바다 먼지, seadust) 현상을 일으킨다(Guiry and Guiry, 2023). 본 조사(2015년)에 출현한 종은 한강의 서강대교 좌측 하안에서 대발생하여 적조가 아닌 녹황색을 나타내었다. 본 미동정종은 미기록종보다는 미기록속으로 보고하고자 하며, 종 동정이 완료된다면 차후에 미기록종으로 보고하고자 한다.

**조사지점:** 서울 한강 서강대교 좌안.

**표본:** DAEJINHG-20150709.

**Note:** 본 속은 사상체로써 세포들이 일렬로 배열하고 세포는 길이와 폭이 같으며(isodiamter), 말단으로 가면서 가늘어지지 않는다. 사상체를 둘러싸는 껍질(sheath)이 없으며 보통 사상체들이 평행하게 배열하거나 약간의 방사상으로 배열하면서 작은 다발이나 집단(군체)를 형성함으로써 *Oscillatoria*와 *Phormidium*과 구분한다(Gomont, 1892). 또한 세포의 형태적 특성은 *Tychonema*속의 종들과 혼동할 수 있지만 본 속은 단독성이지만 사상체들이 불규칙하게 엉켜 소형의 mats(매트)를 생성하는 특성들이 *Trichodemium*과 차이를 나타낸다. 또한 사상체 조체들이 모여 집단을 형성하는 Aphaenozomenon들과 혼동될 수 있다. 따라서 이와 같은 종들은 사상체를 형성하는 영양세포의 형태, 사상체 말단의 세포 형태, 이형세포의 생성 등을 신중하게 관찰하여 동정, 분류하여야 할 것이다.

#### Order Nostocales

##### Family Rivulariaceae

##### Genus *Calothrix* Agardh ex Bornet and Flahault, 1886a

##### *Calothrix fusca* f. *durabilis* Starmach, 1958 (Fig. 5A, B)

: Komárek, 2013. p. 228, fig. 227.

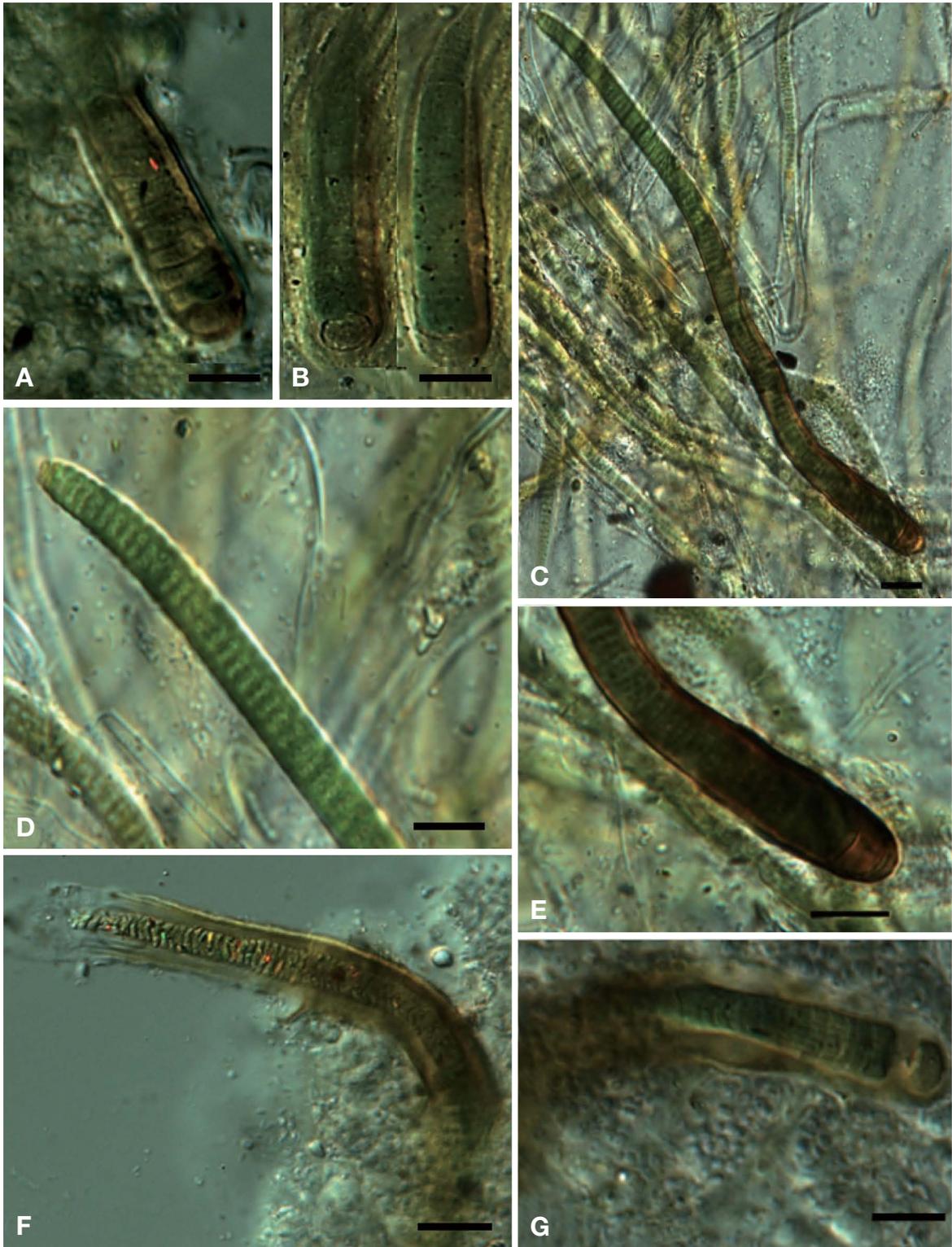
조체는 사상체이며, 직선상이거나 만곡되어 있으며, 단독이거나 그룹으로 밀집되어 있다. 때로는 측면으로 위분지상으로 보인다. 껍질(sheath)은 얇거나 두꺼워져 있으며, 황갈색을 띠고, 끝부분은 넓은 칼때기 모양이다. 이형세포는 반구형이며, 둥근 원추형이다. 세포들은 길이는 짧고 폭은 넓으며, 세포 간에 약간 협입되어 있다. 세포의 크기는  $4\sim7\times5\sim16\mu\text{m}$ 이며, 이형세포는  $4\sim7\times5\sim10\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 폴란드 Tatra산, Carpathian에서 보고되었으며(Starmach, 1958; Komárek, 2013), 이후 시베리아 남부와 몽골 북부 고원지대 육상조류, 세르비아 동굴 조사에서 습한 석회암에 착생하는 것으로 보고되었다(Popovic, 2018; Egorova *et al.*, 2020). 본 조사에서는 제주도 천지연 및 정방폭포 하류의 젖어 있는 돌과 바위에서 채집하였으며, 물 환경은 수온  $23.5^{\circ}\text{C}$ , pH 7.7, EC  $5,980\mu\text{S cm}^{-1}$ 이었다.

**조사지점:** 제주도 천지연폭포 하류 젖은 바위, 정방폭포 하류 돌.

**표본:** DAEJINCJF-20170706, DAEJINJBF-20170706.

**Note:** 본 종은 Starmach (1958)에 의해 폴란드에서 신종이 발표되었고, 이후 세르비아, 인도, 슬로바키아 등에서 매우 제한적으로 보고되었지만 형태 및 생태 특징에 대한 내용은 거의 없는 상태이다(Uther, 2007; Popovic, 2018; Sarma *et al.*, 2022). 단지 Komárek *et al.* (2014)이 본 종에 대한 Starmach



**Fig. 5.** A, B. *Calothrix fusca* f. *durabilis*, C~E. *Calothrix littoralis*, F, G. *Calothrix parva*. Scale bars 10  $\mu$ m.

(1958)의 종 특성과 그림을 제공하였고 본 조사에서도 이것을 기초로 종 동정 및 분류를 하였다.

*Calothrix littoralis* Anand, 1937 (Fig. 5C, D, E) : Komárek, 2013. p. 275, fig. 313a.

조체는 단독성이고 사상체이며 직립하거나 굴곡되어 있다. 사상체는 다른 조체와 섞여 있고, 갈색에서 진녹색이다. 사상체의 길이는 90~120  $\mu\text{m}$  정도이며, 위분지는 하지 않는다. 사상체의 껍질은 두껍지만 일부는 얇으며, 층상은 거의 보이지 않는다. 조체의 기저부분이 약간 넓으며, 약 7~10  $\mu\text{m}$  정도이다. 세포는 짙은 남색이며 폭보다 길이가 약간 짧다. 세포의 크기는 기저에서 다소 크고 끝으로 갈수록 약간씩 작아지지만 털과 같이 가늘어지지 않는다. 사상체의 기부가 타원형이거나 난형의 이질세포가 있다. 세포의 크기는 2~4  $\times$  5~10  $\mu\text{m}$ 이며, 이질세포의 크기는 4~5  $\times$  5~8  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 영국 Chalk-cliff에서 여름철 해안 수위가 높을 때 채집되었고(Anand, 1937; Komárek, 2013), 시베리아 남부와 몽골 북부 고원지대 육상조류에서 발표되었지만(Egorova *et al.*, 2020) 세계적으로 발표된 문헌은 거의 없다. 본 조사에서 본 종은 제주시 서귀포 오소리 철새대리지의 수온 28.1°C, pH 8.2, EC 3,800  $\mu\text{S cm}^{-1}$ 에서 채집되었으며, 국내 미기록종으로 보고하고자 한다.

**조사지점:** 제주도 서귀포시 오소리 철새도래지.

**표본:** DAJINOJR-20170520.

**Note:** *Calothrix*속은 종을 분류할 때 조체의 형태, 이질세포의 위치, 털 모양의 좁은 말단의 유무, 조체의 기부에 포자나 부동포자(spore/akinete) 생성 여부, 껍질(sheath)의 층상 생성 여부 등을 기준으로 한다. 본 종은 조체의 말단부분이 좁아지고 뾰족하지만 가는 털(hair)이 없고 세포를 싸고 있는 껍질이 층상을 형성하지 않는 것이 특징이다.

### *Calothrix parva* Ercegović, 1925 (Fig. 5F, G)

: Komárek, 2013. p. 239, fig. 226.

조체는 사상체이며, 직선상이거나 만곡되어 있으며, 단독이거나 다른 조류와 함께 혼생하고 있다. 껍질은 두껍고 단단하며, 황녹색 또는 황갈색을 띠고, 기저부분이 넓은 깔때기 모양이다. 조체의 끝부분은 가는 털이 있다. 이질세포는 구형이거나 반구형이다. 세포의 길이는 짧고 폭은 넓으며, 세포간에 협입되어 있지 않다. 세포의 크기는 4~7  $\times$  9~16  $\mu\text{m}$ 이며, 이질세포는 4~7  $\times$  6~9  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 크로아티아 Plješevica의 석회암과 백운석의 돌부착 조류로 다른 조류들과 혼생하였으며(Ercegović, 1925), 이후 바렌츠해의 Kola만 연안지역(Miroshnicheko and Moskvina, 2016), 흑해 크림반도 해안(Sapozhnikov *et al.*, 2020), 타지키스탄의 고산지대(Barinova and Niyatbekov, 2018) 등 담수와 기수의 일부 지역에서 기록되었지만 생태적으로 상이한 점이 있다. 본 종은 제주도 천지연과 정방폭포 하류 조간대 바위에 다른 조류들과 혼생하고 있

었으며, 국내에서 처음으로 출현하였다.

**조사지점:** 제주도 정방폭포 하류 조간대 바위, 천지연폭포 하류 조간대 바위와 돌.

**표본:** DAEJINCJF-20170706, DAEJINJBF-20170706.

**Note:** 본 종은 Ercegović (1925)에 의해 신종으로 발표되었으나 Poljansk (in Elenkin, 1949)는 조체의 길이가 기본종보다 더 짧고, 단독 또는 그룹을 이루고 있거나 다른 조류들과 혼생하고 있다. 사상체는 무분지이며 기부가 약간 더 넓다. 세포는 약간 협입되어 있으며 좁고 긴 세포들로 이루어진 짧은 털이 있다. 세포를 둘러싸는 껍질은 얇은 층상을 이루고 갈색이며 위쪽 말단부분은 깔때기 모양을 하고 있는 특징을 고려하여 *Calothrix fusca*의 품종으로 발표를 하였다. 그러나 Komárek (2013)은 *C. fusca* f. *parva*를 형태적 및 생태적 특성, 분류학적 타당성을 고려하여 *C. parva*의 이명으로 처리하고 독립종으로 분류하였다(Guiry and Guiry, 2023).

### Family Tolypothrichaceae

#### Genus *Tolypothrix* Kützing ex Bornet and Flahault, 1886‘1887’b

#### *Tolypothrix tenuis* Kützing ex Bornet and Flahault, 1886‘1887’b (Fig. 6A, B)

: Komárek, 2013. p. 436, fig. 534.

조체는 군체를 형성하며 작은 다발이나 집단을 형성하며 구형이거나 약간의 불규칙한 형태이다. 군체는 올리브-그린, 남색 또는 갈색이며 초기에 기질에 착생하지만 나중에 자유부유성이 된다. 사상체는 길이가 최대 2 mm까지 길어지며, 직선상이거나 약간 꼬여 있고 폭은 4~10  $\mu\text{m}$ 이다. 사상체는 위분지성이며, 분지는 모 사상체에서 비스듬하게 하나 또는 둘로 나누어진다. 껍질(sheath)은 사상체에 밀착되어 있으며, 얇고 무색이거나 황색 또는 황갈색이다. 사상체의 세포는 원주상이고 격벽은 약간 협입되어 있고 직경은 폭과 같거나 약간 더 길거나 또는 약간 짧다. 노화된 세포는 더 길고, 좁으며 원주상이며, 폭은 4~8  $\mu\text{m}$ 이다. 이질세포는 단독이거나 5~7 개가 배열하며, 구형, 난형 또는 끝부분이 둥근 원주상이고, 길이가 2~6  $\mu\text{m}$ 이다.

**분포와 생태:** 본 종은 정수나 느린 유수, 호수의 연안지역, 습지, 연못 등에서 수생식물과 함께 서식한다. 때로는 조체가 기질에서 탈락하여 수표면에서 부유한다. 본 종은 북반구의 온대지역에서 아한대지역까지 세계적으로 분포하며, 남반구의 호주에서도 보고되었다. 본 종이 출현한 지역은 유럽의 영국, 체코, 러시아, 아시아의 일본, 스리랑카, 북미의 미국, 남미의 베네수엘라, 아르헨티나, 호주와 뉴질랜드 등에 분포한다(Prescott, 1962; Hirose and Yamagishi, 1977; Yamagishi

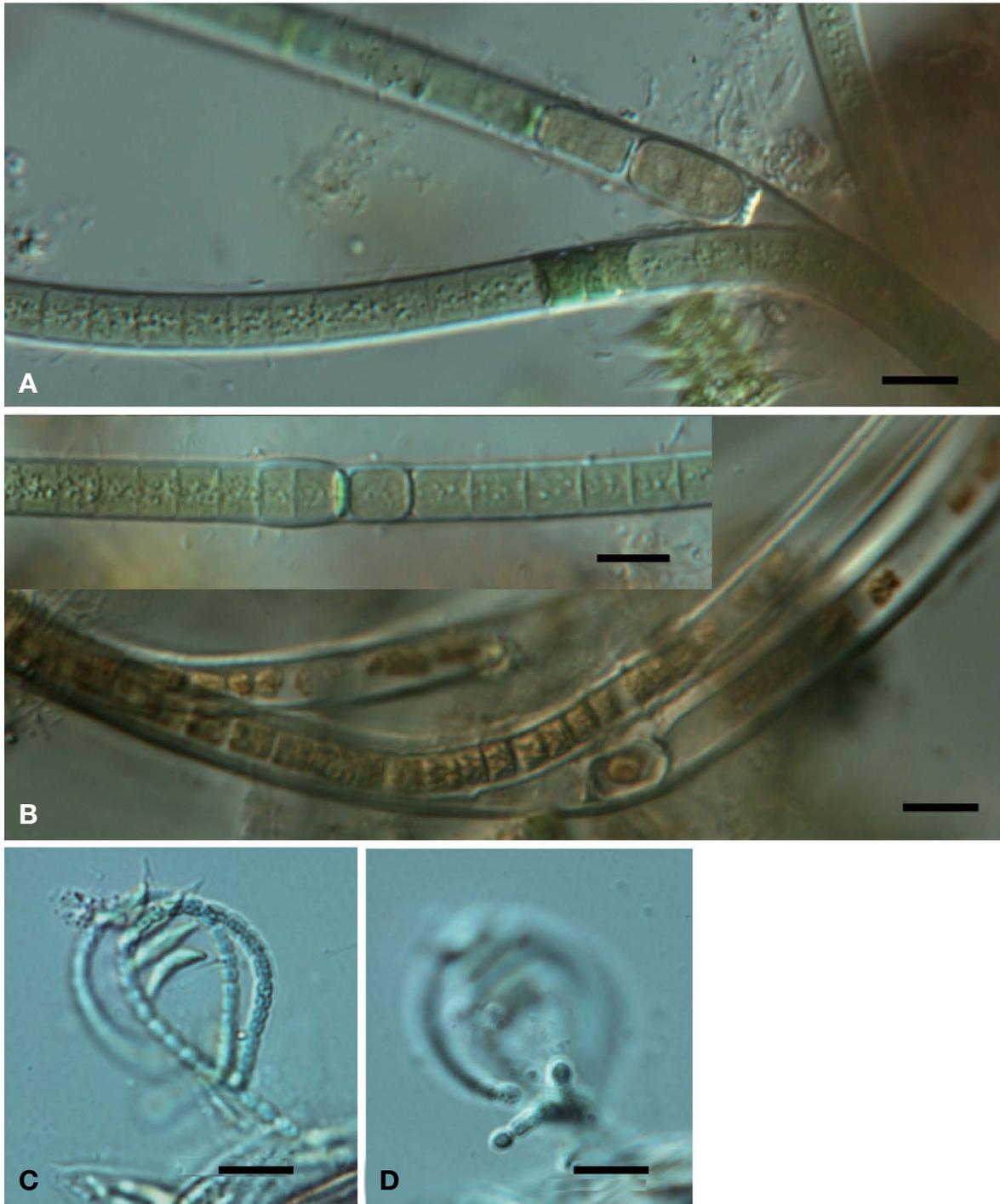


Fig. 6. A, B. *Tolypothrix tenuis*, C, D. *Dolichospermum mendotae*. Scale bars 10  $\mu$ m.

and Akiyama, 1985; Day *et al.*, 1995; Matula *et al.*, 2007; Komárek, 2013; Guiry and Guiry, 2023). 본 종은 제주도 동백동산의 먼물깎 습지에서 대형수생식물들과 혼생하고 있었으며, 한국에서 처음으로 보고된다.

조사지점: 제주도 동백동산 먼물깎 습지.

표본: DAEJINMMG-20170706.

**Note:** 본 속에 대한 분류체계는 초기부터 현재까지 완성되지 않아 매우 많이 수정되어 왔다. Gomont (1892)는 사상체 남조류를 Hormogoneae라 하고 털의 유무에 따라 2아족(Trichophoreae, Psilonemeae)으로 분류하였으며 5과로

나누었으나 이후에 1과를 더해 6과로 수정하였다. Geitler (1925)는 사상체 남조류를 Hormogoneae로 하고 사상체의 분지 유무에 따라 Nostocales와 Stigonematales로 하였다. 본 목에서 heterocystes 유무에 따라 Homocystineae (Setchell and Gardner, 1919; Copeland, 1936), Heterocystineae (Bornet and Flahault, 1886'1887'b; Gomont, 1892)로 분류하였지만 Elenkin (1936)은 사상체를 동형세포형 (homocystous form) (Oscillatoriales)과 이형세포형 (heterocystous form) (Nostocales, Stigonematales)을 기준으로 목을 분류하였다. Fritsch (1942)는 heterocystous form을 Nostocales로 수정하고 목 내에 Notocaceae, Scytonemataceae, Rivulariaceae의 3과를 두었다. 전자의 여러 학자들에 의해 목과 과가 수정되어 왔지만 Huber-Pestalozzi (1938), Prescott (1962)은 본 속을 Hormogonales, Scytonemataceae로 분류하였다. 이후 Desikachary (1958)는 조체가 사상체이고 분지형이며 heterocystes를 가지는 것을 Nostocales, Scytonemataceae로 분류하였고 Hirose and Yamagishi (1977)는 이 체계를 인용하였다. Hoffmann *et al.* (2005)은 진성 분지형인 Scytonemataceae로부터 위분지형인 Microchaetaceae로 분리하고 분류체계를 수정하여 본 속을 Microchaetaceae 내에 이동시켜 분류하였고 Komárek (2013)은 본 분류체계를 인용하여 분류하였다. 최근 Komárek *et al.* (2014)은 Nostocales 내에서 조체가 극성 성장을 하고 필수적으로 기부에 heterocystes가 생성되고 정단에 연쇄체(hormogonia)를 생성하는 Microchaetaceae에서 조체가 위분지성이고 사상체의 말단이 가늘어지지 않으며, heterocystes 등의 형태적 특성과 유전적 분석을 통해 Tolypothrichaceae로 수정하였다. 이와 같은 남조류에 대한 고전적인 분류체계의 수정에 대한 문제점은 여전히 남아있는 상태이고 여러 연구자들이 앞으로 형태적, 생태적, 유전 및 계통적 연구를 기초로 분류체계 수정을 위해 많은 관심을 가지고 있는 상태이다(Hauer *et al.*, 2014). 그러나 현재 Guiry and Guiry (2023)는 Komárek *et al.* (2014)의 분류체계를 이용하여 본 속을 분류하고 있으며, 본 연구에서도 본 분류체계를 인용하였다.

#### Family Aphanizomenonaceae

**Genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault, 1886'1887'a) Wacklin, Hoffmann et Komárek, 2009**

***Dolichospermum mendotae* (Trelease) Wacklin *et al.*, 2009 (Fig. 6C, D)**

: Komárek, 2013. p. 711, fig. 875; Wacklin, Hoffmann et Komárek, 2009. p. 62.

조체는 자유 부유성이고, 단독성이거나 다른 조류와 불규

칙하게 엉켜 있다. 사상체는 보통 느슨하게 꼬여 있으며, 대체로 원주상을 이루고 있다. 세포 간에는 분명하게 협입되어 있으며 끝으로 갈수록 가늘어지지 않는다. 세포는 긴 포도주통 모양이고 옆은 납색을 띤다. 세포의 크기는 2.5~4×2~3 μm이다. 사상체의 양 끝에 포도주통 모양의 이질(이형) 세포가 있으며, 크기는 3~5×3~4 μm이며, 부동포자는 발견되지 않았다.

**분포와 생태:** 본 종은 부유성이고 중영양에서 약부영양 저수지, 호수 등에서 서식하며, 때로는 드물지만 대발생을 하는 경우도 있다. 주로 북반구 온대지역뿐만 아니라 유럽의 독일, 스웨덴, 영국, 체코, 북미의 Laurentian Great Lakes, 남미의 아르헨티나, 브라질 등에서 보고되었다(Skuja, 1956; Prescott, 1962; Tell, 1985; John *et al.*, 2002; Tucci *et al.*, 2019; Doege *et al.*, 2022). 본 조사에서는 제주도 동백동산의 먼물각 습지(수온 22.4°C, pH 6.5, EC 81 μS cm<sup>-1</sup>)에서 플랑크톤 네트로 채집되어 국내 처음으로 보고된다.

**조사지점:** 제주도 동백동산 먼물각 습지.

**표본:** DAEJINMMG-20170706.

**Note:** Gomont (1892)는 본 속을 Hormogonales, Nostocaceae로 분류하였으며 Huber-Pestalozzi (1938) 및 Prescott (1962) 등이 본 분류체계를 인용하였지만 최근 본 분류체계를 인용하는 연구는 없다. 본 분류체계하에 분류하기 전에 Bornet and Flahault (1886'1887'a, b, c)는 이질세포, 부동포자(akinetes), 분지 또는 위분지 사상체의 특성을 가진 분류군을 Nostocales, Notocaceae로 분류하였다. Geitler (1925)는 사상체가 진정분지와 위분지 또는 분지 유무의 특징이 있는 Hormogonales를 Nostocales와 Stigonematales로 나누었으며, 본 속을 Nostocales 내에 분류하였다. 이후 Elenkin (1936), Desikachary (1958), Hirose and Yamagishi (1977), Komárek (1989, 2006, 2013) 등이 이와 같은 분류체계에 따라 분류하였다. 최근 Komárek *et al.* (2014)은 다면적 접근을 통한 남조류 분류에서 본 속을 무분지성, 이질세포를 생성하며, 동극성 또는 이극성 사상체이며 부동포자(akinetes)를 생성하는 Notocaceae에서 플랑크톤성이고, 동극성이며, 무분지 및 이질세포를 생성하고 세포 내에 가스주머니가 있으며, hormogonia의 부동포자를 생성하는 Aphanizomenaceae과로 분리하여 분류하였다. 현재 남조류 중에 이질세포성 분류는 본 분류체계를 기준으로 하고 있다(Guiry and Guiry, 2023).

본 속은 Thwaites가 신속으로 Ralfs (1850, p. 335)에 발표하였으나 기준종을 선정하지 않았으며 식물명명규약에 타당하지 않은 상태였다. Bornet and Flahault (1886'1887'a, p. 224)는 기준종을 *Anabaena flos-aquae*로 하고 본 속을 새로 조합하여 명명하였다. 이후 Wacklin *et al.* (2009)은 본 속에

대한 명명규약에 준한 유전적 수정을 통해 *Anabaena*-type (토양, 저서성, mat 형성, 공기주머니(gas vesicle) 없음)과 *Dolichospermum*-type (planktonic, cluster 형성, 단독성, 공기주머니(gas vesicle) 있음)으로 나누었으며, 현재 이 특징을 기준으로 속 분류를 하고 있다(Komárek, 2013; Guiry and Guiry, 2023).

Trelease (1889)는 1882년 여름 동안 Madison 호수에서 scum을 형성하는 가장 보편적인 종이 *Anabaena flosaquae* 와 *A. circinalis*이고, 이후 9월 26일에 bloom을 발생하는 조체의 크기가 더 작은 종을 *Anabaena mendota* (p. 123, fig. 4)라 하고 신종으로 발표하였다. Bornet은 Trelease가 보내준 *Anabaena* 시료를 조사한 후 아속(sub-genus)인 *Dolichospermum*속으로 제시하였지만 *D. mendota*로 명명되지 않았다. 이후 Wacklin *et al.* (2009)은 고유파생형질, 단독성, 자유부유성인 사상체, 이질세포 발생 등 이성적 구조(metameric structure) 특징을 고려하여 *A. mendota*를 기본종(basionym)으로 *D. mendota* 신조합하여 발표하였으며 현재 본 종으로 분류되고 있다.

## 적 요

담수와 기수성(호수, 연못, 습지, 하천, 하구, 조간대 포함) 남조류는 2017년 3월부터 2018년 10월까지 43지점에서 채집되었다. 출현한 종수는 2017년도에 담수지점에서 223종류, 기수지점에서 230종류였고, 2018년도에 274종류로 국립생물자원관과 국립낙동강생물자원관에 보고되었다. 이 중에 20종류가 한국 미기록종으로 분류되었으며 다음과 같다. 한국 미기록은 *Aphanocapsa marina*, *Calothrix fusca* f. *durabilis*, *Calothrix littoralis*, *Calothrix parva*, *Chamaesiphon minimus*, *Chroococciopsis cubana*, *Chroococciopsis fissurarum*, *Coelosphaerium aeruginum*, *Dolichospermum mendotae*, *Eucapsis alpine*, *Gomphosphaeria cordiformis*, *Gomphosphaeria natans*, *Merismopedid danubiana*, *Lyngbya aestuarii* var. *gaditana*, *Tolypothrix tenuis*, *Pseudocapsa maritima*, *Pseudocapsa sphaerica*, *Pseudophormidium tenue*, *Trichodesmus* sp. and *Woronichinia elorantae*이다.

**저자정보** 김용재(대진대학교 교수), 이동현(대진대학교 석사), 홍현철(대진대학교 석사과정)

**저자기여도** 개념설정: Y.J. Kim, 방법론: Y.J. Kim, 자료수집: Y.J. Kim, D.H. Lee and H.C. Hong, 자료 관리: Y.J. Kim, D.H. Lee and H.C. Hong, 분석: Y.J. Kim, 원고 초안작성: Y.J.

Kim, 원고 교정: D.H. Lee and H.C. Hong, 원고 편집: Y.J. Kim.

**이해관계** 이 논문에는 이해관계 충돌의 여지가 없습니다.

**연구비** 본 결과물은 환경부의 재원으로 국립생물자원관(NIBR)과 국립낙동강생물자원관(NNIBR)의 지원을 받아 연구되었습니다(과제번호: NIBR201701201과 NNIBR201701201, NNIBR201801201).

## REFERENCES

- Alvarez-Cobelas, M. and T. Gallardo. 1988. Catálogo de las algas continentales españolas V. Cyanophyceae Schaffner 1909. *Acta Botanica Malacitana* **13**: 53-76.
- Anagnostidis, K. and J. Komárek. 1985. Modern approach to the classification system of the cyanophytes 1: Introduction. *Algological Studies* **38/39**: 291-302.
- Anagnostidis, K. and J. Komárek. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie* **80**(Suppl.): 327-472.
- Anagnostidis, K. and A. Pantazidou. 1991. Marine and aerophytic *Cyanosarcina*, *Stanieria* and *Pseudocapsa* (Chroococcales) species from Hellas (Greece). *Algological Studies* **64**: 141-157.
- Anand, P.L. 1937. A taxonomic study of the algae of the British chalk-cliffs. *Journal of Botany, British and Foreign* **75**(Suppl. II): 1-51.
- Ballesteros, E. and J. Romero. 1982. Catálogo de las algas bentónicas (con exclusión de las diatomeas) de la Costa Catalana. *Collectanea Botanica (Barcelona)* **13**: 723-765.
- Barinova, S. and T. Niyatbekov. 2018. Alpha-biodiversity of non-diatom algae in the Pamir aquatic habitats, Tajikistan. *Biodiversity International Journal* **2**: 236-263.
- Barinova, S., M. Boboev and H. Hisoriev. 2015. Freshwater algal diversity of the South-Tajik Depression in a high-mountainous extreme environment, Tajikistan. *Turkish Journal of Botany* **39**: 535-546.
- Barinova, S.S., M. Tavassi and E. Nevo. 2009. Study of seasonal influences on algal biodiversity in the River Yarqon (central Israel) by bio-indication and canonical correspondence analysis (CCA). *Turkish Journal of Botany* **33**: 353-372.
- Batters, E.A.L. 1902. A catalogue of the British marine algae being a list of all the species of seaweeds known to occur on the shores of the British Islands, with the localities where they are found. *Journal of Botany, British and Foreign* **40**(Suppl.): 1-107.
- Bornet, É. and C. Flahault. 1886-1887. Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série* **3**: 223-381.

- Bornet, É. and C. Flahault. 1886'1887'b. Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série* **5**: 51-129.
- Bornet, É. and C. Flahault. 1886'1887'c. Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France (quatrième et dernier fragment). *Annales des Sciences Naturelles, Botanique, Septième Série* **7**: 177-262.
- Bostock, P.D. and A.E. Holland (Eds.). 2010. Census of the Queensland Flora 2010. Queensland Herbarium, Department of Environment and Resource Management, Brisbane. pp. 1-320.
- Bourrelly, P. 1961. Algues d'eau douce de la République de Côte d'Ivoire. Bulletin de l'Institut Française d'Afrique Noire. *Série A, Sciences Naturelles* **23**: 283-374.
- Bourrelly, P. 1970. Les algues d'eau douce III. - N. Boubée and Cie., Paris.
- Büdel, B. and T. Friedl. 2021. Life at rock surfaces: Challenged by extreme light, temperature and hydration fluctuations. Berlin, Boston: De Gruyter. pp. 487. <https://doi.org/10.1515/9783110646467>
- Chapman, V.J. 1956. The marine algae of New Zealand. Part I. Myxophyceae and Chlorophyceae. *Journal of the Linnean Society of London, Botany* **55**: 333-501.
- Copeland, J.J. 1936. Yellowstone thermal Myxophyceae. *Annals of the New York Academy of Science* **36**: 1-232.
- Clements, F.E. and H.L. Schantz. 1909. A new genus of blue-green algae. *Minnesota Botanical Studies* **4**: 133-135.
- Davydov, D. 2018. Checklist of cyanobacteria from the European Polar desert zone. *Botanica* **24**: 185-201.
- Day, S.A., R.P. Wickham, T.J. Entwisle and P.A. Tyler. 1995. Bibliographic check-list of non-marine algae in Australia. *Flora of Australia Supplementary Series* **4**: 1- 276.
- De la Rosa Álamos, J. 2016. Catálogo Florístico de las Cianoprokariotas bentónicas del litoral de Andalucía. *Acta Botanica Malacitana* **41**: 5-17.
- Doege, A., G. Hofmann, J. Kroker, G. Paul and G. Paul. 2022. Artenliste der Algen Sachsens Vorkommen, Taxonomie und Autökologie. pp. 489. Dresden: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).
- Desikachary, T.V. 1958. Cyanophyta. Indian Council of Agriculture Research, pp. 686, New Delhi.
- Drouet, F. and W.A. Daily. 1948. Nomenclatural transfers among coccoid algae. *Lloydia* **11**: 77- 79.
- Egorova, I.N., E.N. Maksimovab and G.S. Tupikovaa. 2020. Terrestrial Algae of the Mountains of South Siberia and North Mongolia. *Botanical Journal* **105**: 107-132.
- Elenkin, A.A. 1936. Blue-green algae of the USSR. Monograph of freshwater and terrestrial Cyanophyceae found within the USSR. A common part. pp. 679 (in Russian).
- Elenkin, A.A. 1949. Monographia algarum cyanophycearum aquidulcium et terrestrium in finibus URSS inventarum. pp. 985-1908, Izd. AN SSSR, Moskva-Leningrad.
- Ercegović, A. 1925. Litofitska vegetacija vapnenaca i dolomita u Hrvatskoj. *Acta Botanica Instituti Botanici Regalis Universitatis Zagrebensis* **10**: 64-114.
- Ercegović, A. 1932. Ekoloske i socioloske studije o litofitskim cijanoficejama sa jugoslovenske bale Jadrana. *Rad Jugoslovenske Akademije Znanosti i Umjetnosti, Zagreb* **244**: 129-220.
- Foslie, M. 1890. Contribution to knowledge of the marine algae of Norway. I. East-Finmarken. *Tromsø Museums Aarshefter B* **13**: 1-186.
- Frémy, A.P. 1929. Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Archives de Botanique, Mémoires* **3**: 1-508.
- Fritsch, F.E. 1942. The interrelations and classification of the Myxophyceae (Cyanophyceae). *New Phytologist* **4**: 134-148.
- Furnari, G., G. Giaccone, M. Cormaci, G. Alongi and D. Serio. 2003. Biodiversità marina delle coste italiane: catalogo del macrofitobenthos. *Biologia Marina Mediterranea* **10**: 1-482.
- Gallardo, T., I. Bárbara, J. Afonso-Carrillo, R. Bermejo, M. Altamirano, A. Gómez Garreta, M.C. Barceló Martí, J. Rull Lluç, E. Ballesteros and J. De la Rosa. 2016. Nueva lista crítica de las algas bentónicas marinas de España. A new checklist of benthic marine algae of Spain. *Algas. Boletín Informativo de la Sociedad Española de Ficología* **51**: 7-52.
- Geitler, L. 1925. Cyanophyceae. In: Pascher, A. (ed.): Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz **12**: 450, G. Fischer, Jena.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. In: Kolkwitz, R. (ed.): Dr. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz **14**: 1-1196. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Gkelis, S., I. Ourailidis, M. Panou and N. Pappas. 2016. Cyanobacteria of Greece: an annotated checklist. *Biodiversity Data Journal* **4**: 1-103.
- Gomont, M. 1892. Monographie des Oscillariées (Nostocacées Homocystées). Deuxième partie. - Lyngbyées. *Annales des Sciences Naturelles, Botanique (Série 7)* **16**: 91-264.
- González Guerrero, P. 1947. Algas invernales gaditanas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **7**: 433-456.
- Guiry, M.D. and G.M. Guiry. 2023. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/> (accessed on 15 February 2023).
- Hansgirg, A. 1886. Algarum aquae dulcis species novae. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **36**: 109-111.
- Hauer, T., M. Bohunika, J.R. Johansen, J. Mares and E. Berrendero-Gomez. 2014. Reassessment of the Cyanobacterial family Mictochaetaceae and Established of new families Tolypotrachaceae and Godleyaceae. *Journal of Phycology* **50**: 1089-1100.
- Hirose, H. and T. Yamagishi (Eds.). 1977. Illustrations of the Japanese fresh-water algae. pp. 933. Uchida Rokakuho Publication, Tokyo.

- Hoffmann, L., J. Kaštovský and J. Komárek. 2005. Proposal of cyanobacterial system - 2004. In: Büdel, B., L. Krienitz, G. Gärtner and M. Schagerl (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, pp. 657-660. Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Hollerbach, M.M. and L.K. Krasavina. 1971. Vodorosli. Svodnyy ukazatel' kotechestvennym bibliografiyam po vodoroslyam za 1773-1960 gg. pp. 624. Leningrad.
- Hortobágyi, T. 1974. Egy új Kékalga a Dunából: Merismopedia danubiana Hortob. n. sp.. *Botanikai Közlemények* **61**: 7-23.
- Huber-Pestalozzi, G. 1938. Das Phytoplankton des Süßwassers. systematik und Biologie. Schweizerbartsche, Stuttgart. pp. 342.
- Humm, H.J. 1979. The marine algae of Virginia. pp. 263. Charlottesville, Virginia: University Press of Virginia.
- Izquierdo, J.L. and F. Pando. 2017. The algae names and collection of the Spanish Phycologist Pedro González Guerrero. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* **74**: 1-10.
- John, D.M., B.A. Whitton and A.J. Brook (Eds). 2002. The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. pp. 878. Cambridge: Cambridge University Press.
- Joosten, T.A.M. 2006. Flora of the Blue-Green Algae of the Netherlands, Volume 1: The Non-Filamentous Species of Inland Waters. pp. 237. Uitgeverij: KNNV Publishing.
- Karlson, B., A. Andreasson, M. Johansen, M. Karlberg, A. Loo and A.T. Skjevik. 2018. Nordic Microalgae. World-wide electronic publication, <http://nordicmicroalgae.org>. Norrköping: Swedish Meteorological and Hydrological Institute.
- Komárek, J. 1956. Some interesting blue-green algae from Bulgarian coast of Black Sea near Burgas. *Acta Universitatis Carolinae Biologica* **2**: 91-123.
- Komárek, J. 1957. Das "Microcystis" - Problem. *Taxon* **6**: 125-160. <https://doi.org/10.2307/1216095>
- Komárek, J. 1989. Studies on the Cyanophytes of Cuba 7-9. *Folia Geobotanica and Phytotaxonomica* **24**: 131-206.
- Komárek, J. 2006. Cyanobacterial Taxonomy: Current problems and prospects for the integration of traditional and molecular approaches. *Algae* **21**: 349-375.
- Komárek, J. 2013. Cyanoprokaryota. 3. Heterocytous genera. In: Büdel, B., G. Gärtner, L. Krienitz and M. Schagerl (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa/Freshwater flora of Central Europe, Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. pp. 1130.
- Komárek, J. and K. Anagnostidis. 1986. Modern approach to the classification system of the cyanophytes 2: Chroococcales. *Algological Studies* **43**: 157-226.
- Komárek, J. and K. Anagnostidis. 1995. Nomenclatural novelties in chroococcalean cyanoprokaryotes. *Preslia, Praha* **67**: 15-23.
- Komárek, J. and K. Anagnostidis. 1998. Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. In: Ettl, H., G. Gärtner, H. Heynig and D. Mollenhauer (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1, Gustav Fischer, Jena-Stuttgart Lübeck-Ulm. pp. 548.
- Komárek, J. and K. Anagnostidis. 2008. Cyanoprokaryota: Teil 1. Part 1: Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa Freshwater Flora of Central Europe 19(1), Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg. pp. 548.
- Komárek, J. and F. Hindák. 1975. Taxonomy of the new isolated strains of Chroococciopsis (Cyanophyceae). *Archiv für Hydrobiologie* **13**: 311-329.
- Komárek, J. and F. Hindák. 1988. Taxonomic review of natural populations of the cyanophytes from the Gomphosphaeria-complex. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie* **50-53**(Suppl.): 203-225.
- Komárek, J. and J. Komárková-Legnerová. 1992. Variability of some planktic Gomphosphaerioid cyanoprokaryotes in northern lakes. *Nordic Journal of Botany* **12**: 513-524.
- Komárek, J. and M. Watanabe. 1998. Contribution to the attached Cyanoprokaryotes from submerged biotopes in Sagarmatha National Park (Eastern Nepal). *Bulletin of the National Science Museum, Ser. B, Tokyo* **24**: 117-135.
- Komárek, J. and J.R. Johansen. 2015. Coccioid cyanobacteria. In: Wehr, J.D., R.G. Sheath and J.P. Kociolek (eds), Freshwater Algae of North America, Elsevier London, Waltham, pp. 75-133.
- Komárek, J., J. Kaštovský, J. Mareš and J.R. Johansen. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. *Preslia* **86**: 295-335.
- Kováčik, L. 1988. Cell division in simple coccal cyanophytes. *Algological Studies/Archiv für Hydrobiologie* **50-53**(Suppl.): 149-190.
- Kützing, F.T. 1836. *Algarum aquae dulcis germanicarum Decas XVI*. pp. 1-25. Halis Saxonum. Halle.
- Leghari, M.K., M.Y. Leghari, M. Shah and S.N. Arbani. 2003. Ecological study of algal flora of Wah Garden, District Attock, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* **35**: 705-716.
- Lemmermann, E. 1898. Der grosse Waterneverstorfer Binnensee. Eine biologische Studie. *Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön* **6**: 166-205.
- Marshall, H.G., L. Burchardt and R. Lacouturel. 2005. A review of phytoplankton composition within Chesapeake bay and its estuary. *Journal of Plankton Research* **27**: 1083-1102.
- Matula, J., M. Pietryka, D. Richter and B. Wojtun. 2007. Cyanoprokaryota and algae of Arctic terrestrial ecosystems in the Hornsund area, Spitsbergen. *Polish Polar Research* **28**: 283-315.
- Maulood, B.K., F.M. Hassan, A.A. Al-Lami, J.J. Toma and A.M. Ismail. 2013. Checklist of algal flora in Iraq. pp. 94. Ministry of Environment, Baghdad.
- Mendoza-González, A.C., L.E. Mateo-Cid and D.Y. García-López. 2017. Inventory of benthic marine and estuarine algae and Cyanobacteria for Tabasco, México. *Biota Neotropica* **17**: 1-14.
- Meyen, F.J.F. 1839. Neues system der pflanzen-physiologie. Dritter band. pp. 627. Berlin: Haude und Spenersche Buchhand-

- lung.
- Miroshnichenko, E.S. and M.I. Moskvina. 2016. The environmental characteristic of the cyanobacterial periphyton in the litoral Area of Kola Bay of the Barents Sea. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Estestvennye Nauki* **2016**: 59-71. <https://doi.org/10.17238/issn2227-6572.2016.3.59>
- Nägeli, C. 1849. Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. Neue Denkschriften der Allg. Schweizerischen *Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften* **10**: 1-139.
- Necchi Jr, O. and C.L. Anna. 1986. Taxonomic study of some Chamaesiphonales (Cyanophyceae). *Brazilian Journal of Botany* **9**: 201-206.
- NIBR. 2017. Project for Investigation and excavation of native organisms (Algae part). 4th stage 3<sup>rd</sup> year.
- NIBR. 2023. <https://www.nibr.go.kr/> (accessed on 15 February 2023).
- NNIBR. 2017. Project for freshwater biological resource excavation and specimen secure (Microalgae) (I).
- NNIBR. 2018. Project for freshwater biological resource excavation and specimen secure (Microalgae) (II).
- Olenina, I., S. Hajdu, L. Edler, A. Andersson, N. Wasmund, S. Busch, J. Göbel, S. Gromisz, S. Huseby, M. Huttunen, A. Jaanus, P. Kokkonen, I. Ledaine and E. Niemkiewicz. 2006. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *Helcom: Baltic Sea Environment Proceedings* **106**: 144.
- Ozturk, S. and O. Kurt. 2021. New records for the freshwater algal flora in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* **30**: 6465-6473.
- Palińska, K.A. and E.K. Krumbein. 1998. Patterns of Growth in Coccoid, Aggregate Forming Cyanobacteria. *Annales Botanici Fennici* **35**: 219-227.
- Pascher, A. 1931. Systematische Uebersicht ueber die mit den Flagellaten in Zusammenhang stehenden Allgemeinreihen- und Vesuch einer Einreihung dieser Algenstaemme in die Staemme des Pflanzenreiches. *Beihefte zum Botanischen Centralblatt* **48**: 317-332.
- Patova, E.N., D.A. Davydov and V.M. Andreeva. 2015. Cyanoprokaryotes and algae. In: *Plants and fungi of the polar deserts in the northern hemisphere* (Matveyeva, N.V. eds.), pp. 133-166. St. Petersburg.
- Pongswat, S., S. Thammathaworn, Y. Peerapornpisal, N. Thanee and C. Somsiri. 2004. Diversity of phytoplankton in the Rama IX Lake, a man-made lake, Pathumthani Province, Thailand. *ScienceAsia* **30**: 261-267.
- Popovic, S.S. 2018. Diversity of aerophytic cyanobacteria and algae in biofilm from selected caves in Serbia. University of Belgrade, Ph.D. thesis. pp. 249.
- Poulin, M., P.B. Hamilton and M. Proulx. 1995. Catalogue des algues d'eau douce du Québec, Canada. *The Canadian Field-Naturalist* **109**: 27-110.
- Prescott, G.W. 1962. Algae of the Western Great Lakes area. With an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms. 2nd edition. pp. 977.
- Proskina-Lavrenko, A.I. 1951. Novye vidy vodoroslej iz solenich vodoemov SSSR. 2 (New algal species from salt waters of USSR. 2). *Botanicheskie Mater Otdela Sporovykh Rastenii Botanicheskogo Instituta an SSSR* **7**: 69-74.
- Rabenhorst, L. 1864. Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio I. Algas diatomaceas complectens, cum figuris generum omnium xylographice impressis. pp. 359.
- Rabenhorst, L. 1865. Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio II. Algas phycochromaceas complectens. pp. 319.
- Ralfs, J. 1850. On the Nostochineae. *Annals and Magazine of Natural History* (Series 2) **5**: 321-343.
- Reynolds, C.S. and A.E. Walsby. 1975. Water-Blooms. *Biological Reviews* **50**: 437-481.
- Sapozhnikov, P., A. Snigirova and O. Kalinina. 2020. Microphytes assemblages on the neustoplastics from the North Black Sea. In: *Marine Litter in the Black Sea. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication, Istanbul* **56**: 287-302.
- Sarma, K., N. Kumar and D. Das. 2022. Diversity and distribution pattern of the genus *Calothrix* Agardh ex Bornet et Flahault: A heteropolar cyanoprokaryote from Tripura, India. *Plant Archives* **22**: 383-389.
- Schirrmeister, B., P. Sanchez-Baracaldo and D. Wacey. 2016. Cyanobacterial evolution during the Precambrian. *International Journal of Astrobiology* **15**: 187-204.
- Schmidle, W. 1902. Beiträge zur Algenflora Afrikas. *Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* **30**: 58-68.
- Schopf, J.W. 1974. The development and diversification of the Precambrian life. *Origin of Life* **5**: 119-135.
- Setchell, W.A. and N.L. Gardner. 1919. The marine algae of the Pacific coast of North America. *University of California publication in Botany* **8**: 1-138.
- Silva, P.C., P.W. Basson and R.L. Moe. 1996. Catalogue of the benthic marine algae of the Indian Ocean. *University of California Publications in Botany* **79**: 1-1259.
- Singh, Y., G. Singh, D.P. Singh and J.I.S. Khattar. 2022. A checklist of blue-green algae (Cyanobacteria) from Punjab, India. *Journal of Threatened Taxa* **14**: 20758-20772.
- Skuja, H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis (Series IV)* **16**: 1-404.
- Skuja, H. 1964. Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis (Series IV)* **18**: 1-465.
- Smith, G.M. 1920. Phytoplankton of the inland lakes of Wisconsin. *Bulletin Wisconsin Geological Natural History Survey*

- 57: 1-243.
- Smith, G.M. 1950. Fresh Water Algae of United States, McGraw Hill Book Company, New York, USA.
- Starmach, K. 1958. O formach *Calothrix fusca* Born. et Flsh. z. *Tatr. Fragmenta Floristica Geobotanica* 3: 131-143.
- Suikkanen, S., M. Laaamanen and M. Huttunen. 2007. Long term changes in summer phytoplankton in Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 71: 580-592.
- Taskin, E., M. Öztürk, O. Kurt and M. Öztürk. 2008. The checklist of the marine algae, of Turkey. pp. 87. Manisa, Ecem Kirtasiye.
- Tell, G. 1985. Catálogo de las algas de agua dulce de la República Argentina. *Bibliotheca Phycologica* 70: 1-283.
- Trelease, W. 1889. The "working" of the Madison Lakes. *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts, and Letters* 7: 121-129.
- Tucci, A., C.L. Sant'Anna, M.T.P. Azevedo, C.F.S. Malone, V. Werner, E.F. Rosini, W.A. Gama, G.S. Hentschke, J.A.S. Osti, A. Dias, F.R. Jacinavicius and K.R.S. Santos. 2019. Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras Publicação eletrônica Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia. pp. 232. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- Uther, B. 2007. Morphological characterization of three subaerial *Calothrix* species (Nostocales, Cyanobacteria). *Journal of the Czech Phycological Society* 3: 33-38.
- Vinogradova, O.M., S.P. Wasser and E. Nevo. 2000. Cyanoprocarvota. In: Biodiversity of Cyanoprocaryotes and algae of continental Israel (Nevo, E. and S.P. Wasser. eds). Ruggell: A.R.A. Gantner Verlag K.G. pp. 32-141.
- Vondrásková, A., P. Fibich, J. Leps and J. Kaštovský. 2017. Determinants of cyanobacterial species composition in the splash zone of two Croatian islands. *European Journal of Phycology* 52: 179-187.
- Wacklin, P., L. Hoffmann and J. Komárek. 2009. Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) comb. nova. *Fottea* 9: 59-64.
- Werner, V.R. 2010. Cyanophyceae. In: Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Vol. 1. (Forzza, R.C. ed.). pp. 356-366.
- West, W. 1912. Fresh-water algae [of Clare Island, Co. Mayo, and the adjoining district], with a supplement of marine diatoms. *Proceedings of the Royal Irish Academy* 31: 1-62.
- Whitton, B.A., D.M. John, M.G. Kelly and E.Y. Haworth. 2014. A coded list of freshwater algae of the British Isles. Second Edition. World-wide Web electronic publication. <https://www.ceh.ac.uk/services/coded-list-freshwater-algae-2014> (accessed on 15 February 2023).
- Wolle, F. 1882. Freshwater algae VI. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 9: 25-30.
- Yamagishi, T. and M. Akiyama. 1985. Photomicrographs of the Freshwater Algae. 3: 95. Ukida Rokakuho, Tokyo.
- Yim, B.C., H.C. Jung, S.D. Bang and O.M. Lee. 2018. A study of nine unrecorded species of planktonic cyanobacteria (Cyanophyceae, Cyanophyta) in Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* 36: 299-307.