

2012년 선정 학문후속세대양성사업  
 (유형 : 박사 후 국내연수)  
 결과보고서

과제번호	2011-0703	
연구과제명	국 문	제주 곳자왈에서 출현하는 지역특이적 섬모충류에 관한 형태학적 연구
	영 문	Endemic ciliates(Protozoa, Ciliphora) from Gotjawal: a combined morphological study
연구수행기간	2011.09.01. ~2012.8.31.	

## 1. 당초 연구목적 및 배경

### 1) 섬모충 연구의 필요성

섬모충류 (Ciliophora 또는 ciliates)는 진핵 미소생물 중에서 가장 다양한 세포 구조를 가진 무리이다. 10,000여종 이상이 자유생활, 기생, 공생의 형태로 서식하는 것이 알려져 있다.

섬모충 연구는 첫째, 생물다양성의 일부로써, 둘째, 의약품, 화장품등의 신물질 개발, 수처리 공정등과 같은 응용생물학의 적용으로써, 셋째, 섬모충의 Telomerase를 이용한 분자실험 같은 응용연구 재료로써, 넷째, 미세생물 먹이망 (microbial food webs)에서 2차 분해자로서 영양소의 무기화 (nutrient mineralization)에 기여하는 등 생태계의 주요 구성원으로서 연구의 가치 및 필요성이 있다.

### 2) 꽃자왈 섬모충 연구의 필요성

꽃자왈은 지하수를 함양하고, 희귀동식물의 보고인 다수의 습지를 포함하며, 보온·보습효과를 일으켜 열대식물이 북쪽 한계지점에 자라는 북방한계 식물과 한대식물이 남쪽 한계지점에 자라는 남방한계 식물이 공존하는 세계 유일의 우리나라만이 가진 독특한 숲이다. 꽃자왈의 경우, 지리적, 생태적 독특성과 섬모충류의 지역 특이적 분포라는 두 가지의 기대 가능한 가설에도 불구하고 한국과 전 세계에서 꽃자왈의 섬모충류에 대해 연구가 수행된 예가 전무하다. 그러나 불행히도, 꽃자왈은 현재 개발로 인해 숲이 허물어지고 골프장과 채석장, 꽃자왈 내 쓰레기 매립장까지 들어서고 있다. 이는 아직까지 밝혀지지 않은 섬모충류를 포함한 미지의 생물군에 대한 전세계적 생물다양성과 한국의 특이적 생물종들이 전혀 고려되지 않은 미숙함이다. 이러한 이유들로 꽃자왈 섬모충류의 연구는 하루 속히 진행되어야 할 필요성을 제기한다.

연구의 수행은 **꽃자왈의 섬모충류의 형태분류학적 연구를 수행하고자 한다.** 출현하는 종 중 광범위한 환경에서 특이적인 생활사를 보이는 종들이 예상되며 다양한 생활사에서 나타나는 변형된 형태에 관해서도 복합적으로 기술할 필요가 있다.

## 2. 당초 연구내용, 범위 및 방법

### 1) 연수의 내용과 범위

제주의 대표적인 6개 꽃자왈 일대에서 섬모충류가 서식하는 미소서식처를 유형화하고 채집한다. 신종과 미기록 종 뿐 아니라 기존에 기재된 종 가운데 재기재의 필요성이 있는 종들을 포함한 **15종**을 생체와 고정 염색표본에 근거하여 사진과 도판, 형질을 통계처리 (morphometry)하여 기재(description) 한다. 섬모충류의 영구 표본을 제작한다. 본 연구과정에서 수행한 연구결과를 충분히 검토 분석하여 국내외 전문 학술지에 4편 이상의 논문을 출판할 계획이다.

### 2) 연수의 방법

채집을 위해 2011년 9월 17~22일과 2012년 2월 26일에 제주도를 방문하여 동백동산, 검은오름, 남송악, 저지오름, 산양 꽃자왈, 저지 꽃자왈, 청수꽃자왈, 화순 꽃자왈등에서 채집하였다. 토양은 식생을 따라 낙엽, 나무아래 흙, 이끼등을 채집하고, 담수는 수층과 퇴적바닥층, 상층수 등으로 구분하여 채집하고, 휴대용 냉장고에 넣어 실험실로 운반하였다.

실험실로 운반된 토양시료는 페트리 디쉬에 옮겨 증류수를 부어 주고 2~3일 후 관찰을 시작하고 나머지는 건조시켰다. 담수 시료는 25℃ 상온에서 원배양 상태에서 관찰하였다.

생체 표본을 관찰하고 동정 및 도판작성, 통계처리 하였다. Wilbert (1997)의 Protargol method를 이용하여 세포소기관 및 섬모하부구조를 염색하여 영구 슬라이드 표본을 제작하였다.

## 3. 연구내용 및 결과

본 연구를 통하여 2아문, 6강, 8목, 11과, 13속 15종의 제주 꽃자왈 일대의 담수, 토양 섬모충류를 기재하였다. 이들의 분류목록은 아래와 같다 (표 1). 분류 목록은 Lynn (2002)의 분류체계를 이용하였다.

표 1. 분류체계 및 종 목록	
Class <i>Heterotrichea</i> Stein, 1859	<b>9. <i>Metopus</i> sp.</b>
Order Heterotrichida Stein, 1859	Class Litostomatea Small and Lynn, 1981
Family Blepharismidae Jankowski in Small and Lynn, 1985	Order Haptorida Corliss, 1974
Genus <i>Blepharisma</i> Perty, 1849	Family Didiniidae Poche, 1913
1. <i>Blepharisma musculus</i> Penard, 1922	Genus <i>Monodinium</i> Fabr�-Domergue, 1888
Family Spirostomidae Stein, 1867	<b>10. <i>Monodinium alveolatum</i> (Kahl, 1930) Foissner, Berger, Schaumburg, 1999</b>
Genus <i>Spirostomum</i> Ehrenberg, 1833 [1834]	Family Tracheliidae Ehrenberg, 1838
<b>2. <i>Spirostomum</i> sp.</b>	Genus <i>Dileptus</i> Dujardin, 1840 [1841]
Class Spirotrichea B�tschli, 1889	<b>11. <i>Dileptus</i> sp.</b>
Order Stichotrichida Faur�-Fremiet, 1961	Class Colpodea Small and Lynn, 1981
Family Spirofilidae von Gelei, 1929	Order Bryometopida Foissner, 1985
Genus <i>Hypotrichidium</i> Ilowaisky, 1921	Family Bryometopidae Jankowski, 1980
<b>3. <i>Hypotrichidium conicum</i> Ilowaisky, 1921</b>	Genus <i>Bryometopus</i> Kahl, 1932
Order Sporadotrichina Faur�-Fremiet, 1961	<b>12. <i>Bryometopus triquetrus</i> Foissner, 1993</b>
Family Oxytrichidae Ehrenberg, 1838	Order Bursariomorphida Fern�ndez-Galiano, 1978
Genus <i>Cyrtohymena</i> Foissner, 1989	Family Bursaridiidae Foissner, 1993
<b>4. <i>Cyrtohymena primicirrata</i> Berger &amp; Foissner, 1987</b>	Genus <i>Bursaridium</i> Lauterborn, 1894
Genus <i>Oxytricha</i> Bory de St. Vincent in Lamouroux, Bory de St. Vincent and Deslongchamps, 1824	<b>13. <i>Bursaridium pseudobursaria</i> (Faure-Fremiet, 1924) Kahl, 1927</b>
<b>5. <i>Oxytricha granulifera</i> Foissner &amp; Adam, 1983</b>	Class Oligohymenophorea de Puytorac <i>et al.</i> , 1974
Genus <i>Steinia</i> Diesing, 1886	Order Philasterida Small, 1967
<b>6. <i>Steinia sphagnicola</i> Foissner, 1989</b>	Family Loxocephalidae Jankowski, 1964
Genus <i>Pleurotricha</i> Stein, 1859	Genus <i>Dexiotricha</i> Stokes, 1885 [Foissner, Berger and Kohmann, 1994]
<b>7. <i>Pleurotricha lanceolata</i> (Ehrenberg, 1835) Stein, 1989</b>	<b>14. <i>Dexiotricha granulosa</i> (Kent, 1881)</b>
Order Armophorida Jankowski, 1964	Class Prostomatea Schewiakoff, 1896
Family Caenomorphidae Poche, 1913	Order Prorodontida Corliss, 1974
Genus <i>Caenomorpha</i> Perty, 1852	Family Urotrichidae Small and Lynn, 1985
<b>8. <i>Caenomorpha</i> sp.</b>	Genus <i>Urotricha</i> Clapar�de and Lachmann, 1859
Family Metopidae Kahl, 1927	<b>15. <i>Urotricha</i> sp.</b>
Genus <i>Metopus</i> Clapar�de and Lachmann, 1858	

이번 연구의 결과로써, 저온 시기에 동백동산 먼물막의 상층에서 *Hypotrichium conicum*, *Monodinium alveolatum*, *Bursaridium pseudobursaria* 3종을 기재하였다. 이는 대표적인 부유성 섬모충류 (Planktonic ciliates)으로 향후 호소생물의 계절적 변이를 연구하는데 유용할 것이다 (Foissner, Berger, Schaumburg, 1999). 혐기성 환경에서 출현하는 것으로 알려진 *Caenomorpha* sp., *Metopus* sp.는 곳자왈 내 습지에서 채집하여 실험실 내 보관 7주만에 출현하였으며, 현재까지 Metopid 섬모충류의 형태분류학의 수준이 미미하여 향후 연구가치가 큰 분류군이다. *Monodinium alveolatum*의 경우, 독특한 표층 구조인 알베올라(alveoli)를 관찰할 수 있는 종이다 (Foissner, Berger, Schaumburg, 1999). *Oxytricha granulifera*, *Pleurotricha lanceolata*의 경우, 각각 해당속의 모식종 (type species)임에도 불구하고 한반도에

서는 이번 연구에서 처음 발견되었다. 청수 곳자왈 내 늪지에서 출현한 *Blepharisma musculus*는 핵의 형질때문에 *B. musculus*로 동정하였으나, 염기서열 분석에서 다른 동속종과 일치하는 결과를 보여, 향후 *Blepharisma*속을 분류하는데 주요형질인 핵의 특징을 재고찰하거나, 염기분석 대상 개체군의 재동정이 요구된다 (Giese, 1973; Schmidt, Foissner, Schlegel, Bernhard, 2007). 이번 연구에서 원기재 (original description) 이후, 처음 재기재이거나, 드물게 재기재된 종들은 *Blepharisma musculus* Penard, 1922, *Oxytricha granulifera* Foissner and Adam, 1983, *Steinia sphagnicola* Foissner, 1989, *Monodinium alveolatum* (Kahl, 1930) Foissner, Berger, Schaumburg, 1999, *Bryometopus triquetrus* Foissner, 1993, *Bursaridium pseudobursaria* (Fauré-Fremiet, 1924), *Dexiotricha granulosa* (Kent, 1881)이고, 이 결과로 섬모충의 분포나 개체군간의 변이등에 유용한 자료를 제시할 것이다 (Berger, 1999; Berger, 2001; Foissner, 1993; Foissner, Berger, Schaumburg, 1999; Kahl, 1930).

#### 4. 향후 연구결과의 기대효과 및 활용 방안

##### 1) 학술대회 발표 및 저널 투고 현황

1. Kwon, C.B. and Shin, M.K., 2012. Redescription of a poorly known *Metopus setosus* Kahl, 1927 (Armophorea, Armophorida, Metophidae) from Korea. Protist 2012 Conference, Oslo, Norway. 29. July~3. Aug.
2. Kwon, C.B. and Shin, M.K., 2012. *Steinia sphagnicola* Foissner, 1989 and *Pleurotricha lanceolata* (Ehrenberg, 1835) Stein, 1859, unknown oxytrichid ciliates (Ciliophora, Sporadotrichida, Oxytrichidae) from Korea. 한국생물과학협회 2012 학술대회, 한국동물분류학회. 충남대학교. 8월 16-17일.
3. Kwon, C.B. and Shin, M.K., 2012. Unknown Korean population of two oxytrichid ciliates (Ciliophora: Sporadotrichida: Oxytrichidae) from Jeju Island. ASED, 10월 발간 예정.
4. Kwon, C.B. and Shin, M.K., 2012. Redescription of two blepharismid ciliates (Ciliophora: Heterotrichea: Heterotrichida) from Jeju Island. ASED, 10월 발간 예정.

##### 2) 향후 연구 계획

1. 제주도는 곳자왈 뿐만 아니라 제주 전역에 약 250여개의 내륙습지가 밝혀져 있다. 이에 분화구 습지를 포함한 제주 내륙습지에 서식하는 섬모충류의 다양성과 형태 분류학적 연구를 계속 수행할 계획이다. 한국연구재단 여성과학자 사업, 기간 2012. 5~2014. 4, “제주도 내륙습지에서 섬모충의 종다양성과 형태학적 기재에 관한 연구”.
2. 본 연구에서 습지의 메탄생성박테리아(Metanogen)와 공생하는 호스트인 혐기성 섬모충류 2종의 발견을 통해, 혐기성 섬모충류의 한 무리인 Metopid ciliate가 밝혀진 종수는 많으나 연구가 미진하여 현대적인 실험방법을 이용한 형태학적 연구와 분류학적으로 체계적인 정리가 필요함을 본 연구를 통해 알게 되었다. 앞으로 한반도 전역 및 세계 곳곳에서 Metopid ciliate를 채집하고, 신종 및 미미한 기록종의 형태학적 연구를 수행하여 데이터 집적 후, Monograph를 작성하고자 하는 바램이 있다.

#### 5. 참고문헌

- Berger, H., 1999. Monograph of the Oxytrichidae (Ciliophora, Hypotrichia). Monographiae biol., Kluwer Academic publishers., pp. 1-722.
- Berger, H., 2001. Catalogue of ciliate names 1. hypotrichs. Verlag Helmut Berger, Salzburg., pp. 1-206.
- Foissner, W., 1993. Colpodea (Ciliophora). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. pp. 1-798.
- Foissner, W., Berger, H., Schaumburg, J. 1999. Identification and ecology of limnetic plankton ciliates. Informationsberichte des Bayer, Landesamtes Wasserwirtschaft, München, Heft 3/99. pp. 1-793.
- Giese, A. C., 1973. *Blepharisma*. The biology of a light-sensitive protozoan. Stanford University press, Stanford, California. pp. 1-366.
- Lynn, D., 2002. The ciliate resource archive. <http://www.uoguelph.ca/~ciliates/>
- Kahl, A., 1930. Urtiere oder Protozoa. I : Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 1. Allgemeiner Teil und Prostomata. Tierwelt Deutschlands, 18: 1-180.
- Schmidt, S.L., Foissner, W., Schlegel, M., Bernhard, D., 2007. Molecular phylogeny of the Heterotrichea (Ciliophora, Postciliodesmatophora) based on small subunit rRNA gene sequences. J. Eukaryot Microbiol., 54(4): 358-363.
- Wilbert, N., 1975. Eine verbesserte Technik der Protargolimpregnation für Ciliaten. Mikrokosmos 64: 171-179.