

경북 포항분지 북부 지역의 연일층군(제3기)에서 산출되는 포낭류 화석을 비롯한 소수 규질 미화석군에 대한 연구

고 영 구*

전남대학교 사범대학 과학교육학부, 500-757, 광주광역시 북구 용봉동 300

Minor Siliceous Microfossil Group and Fossil Cysts from the Yeonil Group (Tertiary) in the Northern Area of the Pohang Basin, Kyeongbuk Province, Korea

Yeong-Koo Koh*

Department of Science Education, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract: From the Tertiary Yeonil Group distributed in Songra and Cheongha areas, the northern part of the Pohang Basin, nine archaeomonad species belonging to two genera, and other three types of chrysophycean cysts considered as stomatocysts, five endoskeletal dinoflagellate species belonging to three genera and eighteen ebridian species belonging to eleven genera were identified. Based on above siliceous microfossil assemblages, the Yeonil Group is corresponded to Middle Miocene age. The group is correlated with the Calvert Formation (Maryland in USA) and the Hojuji Formation (in Central Japan) by its archaeomonad cysts. And, the group is correlated with the intervals of *Actiniscus elongatus* to Middle *Hermesinella conata* zones in Southwest Pacific region and of *Spongebria miocenica* to Middle *Hermesinella schulzii* zones in Vøring Plateau, Norwegian Sea, based on the ebridian assemblages of the group. From the chrysophycean cyst including archaeomonad, endoskeletal dinoflagellate and ebridian assemblages in the Yeonil Group of the study area, it is inferred that cold water masses dominated during the deposition of the group with occasional warm water. The upper part of the group might be somewhat colder than the lower one of the group in depositional condition. In addition, minute chrysophycean cysts considered as stomatocysts suggest the influence of fresh or brackish water during the deposition of the group.

Keywords: Yeonil Group, cysts, endoskeletal dinoflagellates, ebridians

요약: 연구지역인 포항분지 북부의 청하와 송라 일대에 분포하는 연일층군에서 2속 5종의 아케오모나드, 이들 외에 3가지 유형의 스토마토시스트로 생각되는 포낭류 화석, 3속 5종의 내골격 와편모조류 및 11속 18종의 에브리디안 화석들이 산출되었다. 규질 미화석들의 군집조성에서 연구지역에 분포하는 연일층군의 지질시대는 마이오세 중기에 해당하며 아케오모나드의 산출에 따르면 미국 메릴랜드의 Calvert층과 일본 중부의 Hojuji층에 대비된다. 내골격 와편모조류와 에브리디안을 이용한 분대에 따르면 연구지역의 연일층군은 남서태평양 해역의 *Actiniscus elongatus*대에서 *Hermesinella conata*대의 중부에, 노르웨이해 연안 Vøring Plateau해역의 *Spongebria miocenica*대에서 *Hermesinella schulzii*대의 중부에 대비된다고 할 수 있다. 연일층군 퇴적환경은 아케오모나드를 비롯한 포낭류 화석, 내골격 와편모조류 및 에브리디안 군집조성에 따르면, 대체로 한랭수괴가 우세한 환경에서 온난수괴 역시 영향을 미치고 있었으나 두호층의 상부로 가면서 한랭화가 다소 강화되었던 것으로 생각된다. 그리고 미소 포낭류 화석들의 산출에서 연일층군 퇴적 시, 담수 또는 반염수의 영향을 받았을 가능성이 시사된다.

주요어: 연일층군, 포낭류, 내골격 와편모조류, 에브리디안

서론

한국의 신생대 제3기 퇴적층들은 동해안을 따라 협소한 분지형태를 이루며 분포하는데 이 중, 포항분지의 제3기 퇴적층이 가장 넓은 분포를 보인다. 포항분지의 제3기 퇴적층에서는 연체동물화석과 식물화석을 포함한 매우 다양한 화석들이 산출되었다. 특히, 포항분지의 연일층군에서는 생층서적 가치가 높은 유공충, 화분과 포자, 구조류, 외편모조류, 석회질 초미화석, 개형충, 방산충, 규편모류, 타스마나이트 등의 미화석들이 풍부하게 산출되어 중요한 고생물학적 연구의 대상이 되었다(윤선과 김광성, 1984; 이영길, 1990; 이영길 외, 1991; 정철환 외, 1995; 김정환 외, 1999; Kim, 1965, 1984; Choi et al., 1984; Yoon, 1984; Kim and Choi, 1985; Bong, 1985; Ling et al., 1988; Yun et al., 1990; Byun and Yun, 1992; Huh et al., 1994; Yi and Yun, 1995; Bak et al., 1996, 1997). 이들 미화석 중 오판 실리카로 이루어진 규질 골격의 구조류, 방산충 그리고 규편모류 등의 규질미화석들은 주로 연일층군의 구조토나 함구조질 이암에서 산출된다.

한편, 이들 함구조질 퇴적층에서는 전기한 규질 미화석들 이외에도 아케오모나드를 비롯한 포낭류 화석, 에브리디안 그리고 내골격 외편모조류 등의 소수 규질 미화석군들이 함께 산출된다. 특히 포항분지 북부의 청하와 송라 일대에 분포하는 연일층군의 구조토나 함구조질 이암은 구조와 방산충을 비롯한 주요 규질미화석을 풍부히 포함하고 있으며, 아케오모나드나 에브리디안을 비롯한 규질미화석들도 산출되고 있다(이영길 외, 1997; Ling and Kim, 1983; Ling et al., 1988; You and Koh, 1984).

황색편모조식물의 일부 종류에 의해 생성되는 것으로 알려진 규질 포낭류 화석들은 그 생물학적인 유연관계가 불명한 경우가 많아, 근래까지 일종의 인위적인 과(artificial family)인 아케오모나드과(Archaeomonadaceae)와 크리소스마티드과(Chrysosma taceae) 등에 해당시킨 분류체계가 널리 사용되었다. 이 중, 해성 퇴적층에서 주로 산출되며 분명한 네크(neck)를 보유하는 구형의 규질 포낭류들은 아케오모나드과에, 유사한 외관을 가지는 담수기원 포낭들은 크리소스마티드과로 각각 분류되었다. 그러나 이러한 분류체계는 보다 정밀한 포낭류 화석들의 연구가 진행됨에 따라 여러 가지 체계상의 변화를 거쳐, 최근 담수성

포낭류들의 경우, ISWG(International Statospore Working Group)의 제안에 따라 초미세구조 등의 세부 형태에 중점을 둔 스타토스포어(statospore) 또는 스토마토시스트(stomatocyst) 등의 분류체계가 널리 쓰이고 있다. 그러나 해성 포낭류인 아케오모나드에 대해서는 이러한 체계적 접근이 아직 미비하다(Deflandre, 1936; Mitchell and Silver, 1982; Duff et al., 1995). 황색편모조식물(Chrysochyta)에 속하는 포낭류 화석들의 연구지역에서의 산출을 보면, 해성 퇴적층에서 산출되는 포낭류인 아케오모나드에 속하는 일부 종들의 산출과 층서적 분포가 알려져 왔을 뿐, 연일층군의 포낭류 산출 군집에 대한 상세한 연구는 드물다(Ling and Kim, 1983; Ling et al., 1988).

그리고 외편모조류에 속하며 규질 내골격을 보유하는 특징적인 오각형의 내골격 외편모조류 역시 연구가 미비하다. 특히 악티니스커스류(actiniscidians)를 주로 하는 내골격 외편모조류는 태평양 등의 해성 퇴적층에서 보고되어 구조류를 비롯한 다른 규질 미화석들과 함께 생층서적 분대와 고기 해성 퇴적환경에 대한 접근 가능성이 있는 것으로 여겨진다(Orr and Conley, 1976; Locker and Martini, 1986, 1989).

한편, 에브리디안은 아직 분류가 정착된 분류군은 아니며 내부가 빈 튜브형의 골격을 가지는 규편모류와는 달리 내부가 차있는 에브리디안은 골격의 특성을 근거로 황적조식물(Pyrophyta)에 해당시키기도 한다(Tappan, 1980; Taylor, 1990). 일반적으로 에브리디안은 해양성의 단세포 생물로 현생종은 매우 드물고 주로 화석으로 나타나는 분류군이다. 이들은 주로 한해성 퇴적층에서 보고되며 전통적으로 규편모류에 수반하여 연구가 이루어졌고 포항분지 연일층군에서의 에브리디안에 대해서는 일부 분류군들의 산출에 대한 연구가 수행되었다(이영길 외, 1991; Loeblich III et al., 1968; Tappan, 1980). Locker and Martini (1986, 1989)는 남서 태평양 해역의 시추코어에서 산출되는 에브리디안을 대상으로 한 생층서적 연구를 수행하였다.

이 연구에서는 규질 미화석을 풍부히 산출하는 포항분지 북부의 청하와 송라 일대의 연일층군에 속하는 구조토와 함구조질 이암에서 산출되는 아케오모나드를 비롯한 황색편모조 식물에 속할 것으로 추정되는 포낭류 화석, 내골격 외편모조류 및 에브리디안에 속하는 소수 규질 미화석 분류군들의 특징과 산출상을 기재하는 한편, 이들에 의한 생층서적 및 고환경

추정에 대한 가능성 검토를 시도하였다. 이들 미화석의 고생물학적 기제는 분류군과 기제의 특성을 고려하여 영문으로 작성하였다.

지질 개요와 시료 채취

연구 지역에 분포하는 연일층군의 퇴적암류는 중생대 백악기 경상누층군의 퇴적암류를 부정합으로 덮으며 북동에서 남북방향으로 길게 대상 분포를 하면서 북측인 송라 방향으로 협소해진다. 연일층군은 역암과 조립질 사암을 주로 하는 천북역암층과 그 위를 피복하는 학전층과 두호층으로 이루어진다. 학전층은 사암, 이질 사암, 이암 등으로 구성되며 두호층은 이암을 주로 하며 그 사이에 사암층들을 협재하고 있다. 연일층군에 분포하는 담황색 또는 담회색의 이암, 사질 이암 등에서는 규조류와 방산층을 비롯한 규질 미화석들이 풍부히 산출된다(이영길 외, 1991; Yun, 1986).

황색편모조식물의 포낭류 화석, 내골격 외편모조류, 에브리디안 등 소수 규질미화석군을 추출하기 위한 시료들은 포항분지 북부의 청하와 송라 일대에 분포하는 연일층군의 함유조질 이암과 규조토를 주 대상으로 하였으며 총 19개 지점의 시료에서 이들 미화석이 산출되었다. 송라 지역에서는 하송리 일대의 담회록색 이암과 실트질 이암 등에서 규질미화석들이 산출되었다. 청하 지역에서는 주로 하대리, 덕장리, 소동리, 청진리, 이가리 등에 분포하는 담황색 또는 담황백색의 함유조질 이암과 규조토 등에서 규질 미화석들이 산출되며, 소동리의 지리골 부근에서는 담녹갈색 이암에서 이들 미화석들이 풍부하게 산출되었다(Fig. 1).

연구 방법

시료에 함유되어 있는 규질의 포낭류 화석, 에브리디안 그리고 내골격 외편모조류 등의 규질 미화석

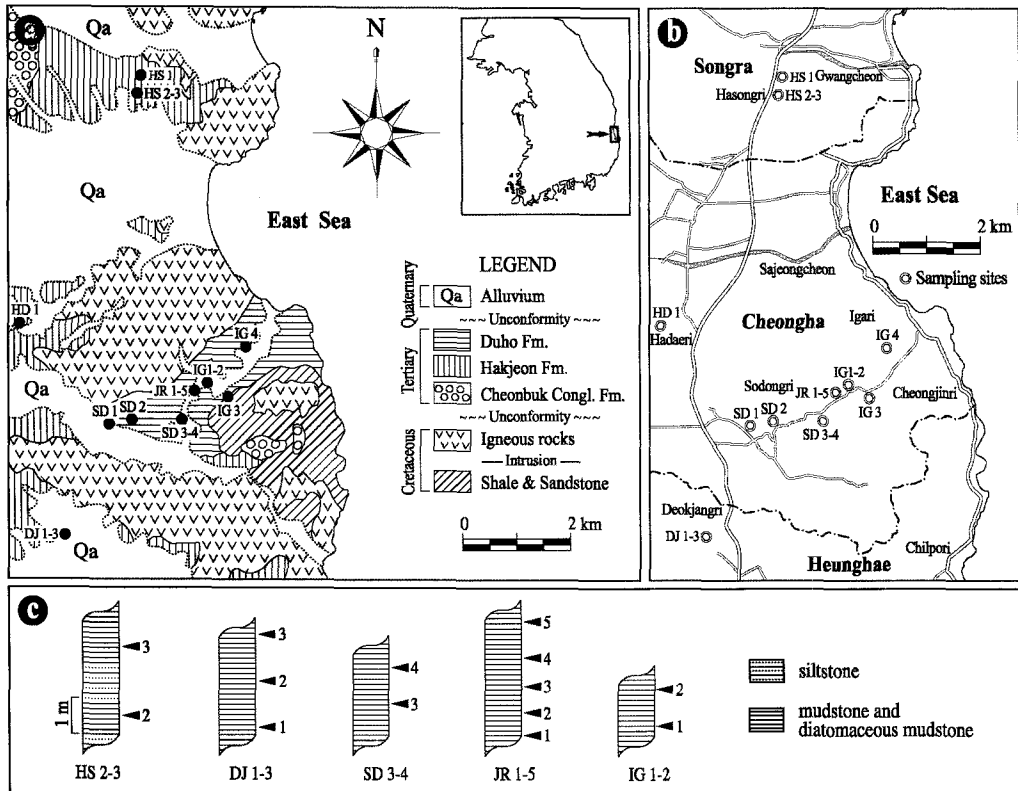


Fig. 1. Maps showing geology and sampling sites in the study area, modified after Yun (1986). a: Geological map showing sampling sites, b: Map showing the names of places around sampling sites in the study area, c: Columnar sections of of sampling sites, HS-Hasongri, DJ-Deokjangri, SD-Sodongri, JR-Jirigol, IG-Igari.

개체들을 추출하기 위해서 규조류 연구에 흔히 사용되는 Schrader (1974)의 방법과 규편모류 등의 연구에 Locker and Martini (1989)가 사용한 방법들을 변화시켜 사용하였다. 먼저 시료를 건조한 상태에서 가열한 후, 염산(HCl), 과산화수소수(H₂O₂), 증류수를 혼합하여 퇴적물 시료에 가하여 다시 가열하였다. 가열이 끝난 시료는 증류수로 수 회 세척하여 탄산염과 유기물 등을 제거하였으며 스포이드로 흡입하여 스미어 슬라이드(smear slide)를 제작하였다. 퇴적물 시료에서 규편모류나 에브리디안 등의 개체 빈도는 저조한 편이므로 개체들의 집중을 위해 실크스크린(silk screen) 등을 사용하는 것이 일반적이나 이 연구에서는 상대적으로 미소한 크기의 포낭류나 내골격 외편모조류 등의 관찰을 위해 시료를 거르는 방법은 사용하지 않았다. 이 스미어 슬라이드는 각 시료 당, 3개를 준비하여 광학현미경 하에서 $\times 400 \sim \times 1200$ 의 배율로 관찰하였다. 한편, 이들 규질미화석들의 우리말 분류명은 김미경과 김영환(2000)의 분류명을 참고로 하였다.

규질 포낭류 화석들의 분류는 아케오모나드와 기타 다른 포낭류 화석의 경우를 분리하여 다루었다. 전술한 것처럼 아케오모나드는 스토마토시스트 등과 같은 분류체계적 연구가 미비하여 Deflandre(1936)에 의한 종전의 인위적 분류체계를 따랐다. 형태상 스토마토시스트에 해당될 가능성이 있는 미소한 미분류 포낭 화석들은 Duff et al.(1995)과 Wilkinson et al.(2001) 등이 사용한 스토마토시스트 분류체계를 참조하여, 잠정적인 유형(type)으로 구분하였다. 이들 규질 포낭류 화석들의 분류군에 따른 빈도는 시료별로 제작된 3개의 슬라이드에서 관찰되는 포낭들의 수를 그대로 기입하였다.

악티니스커스류(actiniscidians)를 주로 하는 내골격 외편모조류의 분류는 Dumitrica(1973), Locker and Martini(1986, 1989), Emissie and McCartney(1995) 등에 따랐으며, 각 분류군들의 빈도는 Locker and Martini(1986, 1989)의 방법에 준하였으나 시료 당 300 개체 이상을 넘는 경우가 거의 없어 3개의 슬라이드에서 관찰되는 개체수를 그대로 기입하였다. 이 개체들은 전체 골격의 반 이상이 보존되는 때에만 한 개체로 산정하였으며, 이들 골격(spicule)의 방사지(ray)에 형성된 알베오루스(alveolus)가 용식 등으로 유실된 경우에 유의하였다.

에브리디안 개체들의 분류군 별 산출은 Locker

and Martini(1989)의 방법에 준하여 기재하였으나, 위의 다른 미화석들처럼 각 시료 당 300 개체를 넘는 경우가 매우 드물어 3개의 슬라이드에서 관찰된 분류군 별 빈도를 그대로 사용하였다. 이들 개체들은 최소한 전체 골격의 반 이상이 관찰되어 분류군을 분명히 인식할 수 있는 경우에만 한 개체로 인정하였으며, *Hermesium* 등의 속들에서는 Locker and Martini(1989)와 Tiffany(2002) 등에 의해 언급된 것과 같은 성장단계로 보이는 트리아엔(triaene)들도 그 모습에서 성체의 골격구조를 분명히 인지할 수 있는 경우에는 하나의 개체로 인정하였다. 에브리디안 개체들 중 포담포라 단계(*Podamphora* stage)에서 형성되는 로리카(lorica)가 관찰되는 경우, 원래 개체의 골격이 로리카와 연결된 경우에만 개체로서 인정하고 로리카만 관찰되는 경우에는 산정하지 않았다. 에브리디안의 분류는 Loeblich III et al.(1968)과 Locker and Martini(1986, 1989) 등에 의한 분류기준에 따랐다. 또한 연구지역에서 산출되는 에브리디안 개체들은 클레이드(clade)의 변화 등 골격 변이와 초규질화(hypersilicification) 현상 등 종내 변이가 매우 다양하고 비정형들이 다수 출현하여 세부적인 분류보다는 종 수준의 분류에 중점을 두었다.

미화석 군집

연구지역인 포항분지 북부의 청하와 송라 일대에 분포하는 연일층군의 학전층과 두호층에서 채취한 시료들에서는 *Archaeomonas*속에 해당할 것으로 보이는 미분류형 4종류를 포함하여 2속 9종의 아케오모나드들이 산출되었으며 이들 외에도 또 다른 3가지 유형의, 황색편모조식물에 속할 것으로 판단되는, 미소한 포낭류 화석들이 관찰되었다. 또한 이 시료들에서는 3속 5종의 내골격 외편모조류와 11속 18종의 에브리디안 화석들이 산출되었다.

규질 포낭류

아케오모나드에 속하는 포낭류 화석들 중에서는 *Archaeomonas mamilliosa*와 *Archaeosphaeridium pachyceros*가 우세하게 산출되었으며 이들 외에도 *Archaeomonas*속의 *A. areolata*와 *Archaeomonas* cf. *A. cratera* 등이 소수의 개체지만 비교적 지속적으로 산출된다. 이외의 미분류 종들을 포함한 *Archaeomonas*속의 종들과 *Archaeosphaeridium tasmanae* 등은 매

우 제한적으로 나타난다(Table 1). 일반적으로 이들 아케오모나드 개체들은 미소한 미분류 포낭화석들에 비해 포낭의 크기가 훨씬 크고 네크의 내벽 역시 두껍고 분명하다. *A. mamillosa*는 거의 완전한 구형의 포낭을 보유하며 표면은 다른 장식이 없이 매끄러운 외관을 가진다. 네크도 분명하게 전개되며 네크의 벽은 다른 포낭들에 비해 두껍고 주변부가 약간 돌출한다. 네크를 관통하는 세공(pore)은 전형적인 *A. mamillosa*에서 보는 것처럼 아래로 가면서 약간 좁아지는 특성을 가진다(Bachmann, 1964; Ling and Kim, 1983). *A. mamillosa*는 연구지역에서 가장 빈도가 높고 지속적인 산출을 하는데 학전층의 상부에서 산출빈도가 높은 편이다. 두호층에서 *A. mamillosa*의 전체적인 산출빈도는 낮으나 2개소에서는 오히려 학전층 상부보다 높아 불규칙한 산출빈도를 보인다.

연구지역에서 산출하는 *A. areolata*는 구형의 포낭에 전개되는 격자상 장식들과 미약한 네크의 전개 등에서 미국 메릴랜드의 Calvert층에서 보고된 *A.*

*areolata*와 매우 유사하다(Tynan, 1960). *Archaeomonas* cf. *A. cratera*는 높이가 매우 낮고 넓은 네크를 가지는 점에서 Perch-Nielsen(1975)에 의한 *A. cratera*와 비슷하나 네크와 포낭의 연결부가 *A. cratera*에 비해 매끄럽다. 이 외에 *Archaeomonas*속에 해당하는 것으로 생각되는 미분류 종들은 연구지역에서 4유형이 인식되었는데 *Archaeomonas* sp. A와 C는 극히 희소하나 *Archaeomonas* sp. B와 D는 수 개 표본에서 관찰된다. 특히 외관상 *Archaeomonas sphaericus*나 *A. kreyenhagenensis*와 유사하나 표면에 완전한 구릉상 장식을 보유하여 이들과 구분되는 *Archaeomonas* sp. B는 학전층에만 산출된다. 연구지역에서 *Archaeosphaeridium* 속은 *A. pachyceros*와 *A. tasmanae* 등이 출현한다. *A. pachyceros*는 하송리 부근에 분포하는 학전층 하부에서는 산출이 많으나 상부로 가면서 급속히 감소한다. *A. pachyceros*는 포낭에 나있는 침(spine)의 형태와 수가 다양하다. 특히 이들 *A. pachyceros*에 있어서 침의 형태는 직선상, 굴곡된 형태, 또는 기저부

Table 1. Chrysophycean cysts and endoskeletal dinoflagellates from the Yeonil Group in the northern area of Pohang Basin

Formation	Hakjeon Formation							Duho Formation											
	HS1	HS2	HS3	HD1	DJ1	DJ2	DJ3	SD1	SD2	SD3	SD4	JR1	JR2	JR3	JR4	JR5	IG1	IG2	IG3
Chrysophycean Cysts:																			
Archaeomonads																			
<i>Archaeomonas areolata</i>					1	2		1				3	2	8	1	1			1
<i>Archaeomonas</i> cf. <i>A. cratera</i>				2	1	1		6	2					2					
<i>Archaeomonas mamillosa</i>	6	1			20	24	32	2	113	5			1	4					1
<i>Archaeomonas</i> sp. A								2											
<i>Archaeomonas</i> sp. B	2		1			1	1												
<i>Archaeomonas</i> sp. C							1												
<i>Archaeomonas</i> sp. D			1							1	1								
<i>Archaeosphaeridium pachyceros</i>	23	42	50		2		2			1	2								2
<i>Archaeosphaeridium tasmanae</i>	1	3	4																
Total specimens	26	51	57	2	24	25	39	3	121	9	3	3	3	14	1	1	0	0	4
Other Chrysophycean Cysts:																			
Stomatocysts(?)																			
Type 1		1	2		1			1	1			3	1	1	2	4			1
Type 2	5	4	7				1	2	11			4		11	1	7			1
Type 3		1				1									2				
Total specimens	5	6	9	0	1	1	1	3	12	0	0	7	1	12	5	11	0	2	7
Endoskeletal dinoflagellates																			
<i>Actiniscus elongatus</i>		1	2					1	1				2		2				1
<i>Actiniscus pentasterias</i>	24	85	51		15	7	12	36	45	1	4	202	79	357	168	228	6	22	19
<i>Actiniscus tetrasterias</i>		1											2						
<i>Cardiifolia gracilis</i>		6	3		1	2		1	4			7	8	9	2	4	1		
<i>Foliactiniscus mirabilis</i>									1			1		1					1
Total specimens	24	93	56	0	16	7	14	38	51	1	4	210	91	367	172	232	7	23	20

에서 약간 분지되는 형태 등 다양한 모습을 가진다 (Pl. 1, Figs. 8, 9). *A. tasmanae*는 포낭 하부에서 서로 반대 방향으로 전개되는 두 개의 긴 침에 의해 특징 지워지며 학전층 하부에서만 그 산출이 확인되었다.

한편, 연구지역의 시료들에서 포낭을 이루는 구체의 크기, 네크의 발달, 장식 등에서 아케오모나드와 차이를 보이는 소형 포낭류 화석들의 산출이 확인되었다. 이들은 해성층에서 주로 보고되는 아케오모나드와 달리 담수나 반염수 등에서 주로 보고되는 스토마토시스트들과 매우 닮은 외관을 보인다(Smol, 1984; Zeeb and Smol, 1993). 이 포낭류들 중, 표면에 매우 작은 돌기들을 보유하는 신장된 난형의 포낭과 좁은 네크를 가지는 유형 1과 작고 매끄러운 모습의 포낭인 유형 2는 개체수가 적고 불규칙하나 연구지역의 대부분 시료들에서 그 산출이 확인된다. 반면에 구체 포낭에 세장형 네크를 가지는 유형 3(type 3)은 매우 희소하게 산출된다(Table 1). 그리고 긴 난형 포낭인 유형 1은 미세한 원추형 표면장식과 외관상, 황색편모조식물의 황갈조류(chrysophyceae)에 속하는 *Mallomonas*속과 유연관계가 있는 것으로 알려진 포낭형 Stomatocyst 1과 매우 유사하다(Smol, 1984).

내골격 외편모조류

내골격 외편모조류는 산출되는 거의 대부분의 개체들이 *Actiniscus*속에 속하며 그 중에서도 특히 오각형 내골격(spicule)을 가지는 *A. pentasterias*의 산출이 월등히 높아 두호층의 한 시료에서는 300 개체 이상이 산출되기도 하였다. *A. pentasterias*는 대체로 삼각형 단면을 가지고 알베오루스(alveolus)가 선상으로 분포하는 방사지들이 5방향으로 강하게 발출하는 별 모양 골격으로 특징지을 수 있으나, 그 골격의 형태와 크기에 있어 매우 다양한 변이를 보인다. 예를 들면, 이 종의 방사지는 5방향에 지배적이나 6방향의 개체들이 빈번히 출현하고 있으며 방사지가 말단부에서 다시 2방향으로 분지되는 개체들도 관찰된다. *A. pentasterias*의 개체 크기와 모습도 변화가 많은데 강하게 전개되는 방사지(robust ray)가 대부분이나, 극소수 개체들은 세장형이며 완만한 곡선을 이루는 방사지를 가지기도 한다. 반면에 원형의 함몰구조인 알베오루스의 전개가 매우 미약하여 방사지가 짧고 요철이 완만해진 개체들도 자주 확인된다. 이처럼 방사

지가 짧은 오각 단추형 개체들은 두호층의 상부 쪽 시료들에서 자주 관찰되는데 이는 용식현상(corrosion)과 관련된 것으로 추정되고 있다(Dumitrica, 1973; Orr and Conley, 1976). 연구지역에서 *Actiniscus*속의 나머지 종들과 다른 속의 개체들은 드물며 종의 다양도(diversity) 역시 매우 낮다. *A. elongatus*는 연구지역의 학전층과 두호층에서 소수의 개체들만이 산출되며, 4방향으로 분지된 *A. tetrasterias*는 2개소에서만 그 산출이 확인되었다. 한때 에브리디안으로 분류되었던 *Carduifolia*속의 *C. gracilis*는 개체수가 많지는 않으나 연구지역의 각 층준에서 비교적 고른 산출을 하고 있다. 이 종의 최종 산출 한계는 마이오세 중기까지인 것으로 알려진다(Dumitrica, 1973; Ernissee, 1976; Perch-Nielsen, 1975; Locker and Martini, 1986). *Foliactiniscus*속은 내골격의 중심부에 중앙 능선(median crest)이 형성되어 골격 중심부가 함몰되는 *Actiniscus*속과 구분된다. *Folictiniscus*속은 이 지역의 두호층에서 *F. mirabilis* 1종만이 매우 드물게 산출된다(Table 1).

에브리디안

연구지역의 연일층군에서 산출되는 에브리디안들은 규질 포낭류나 내골격 외편모조류들에 비해 상대적으로 종의 다양성이나 개체수는 높은 편이라 할 수 있다. 이들 중에서는 *Ammodochium*속, *Ebriopsis*속, *Hermesinella*속의 개체들이 산출빈도가 높으며 *A. serotinum*, *E. antiqua*, *H. conata* 등이 대표적인 다산종이다(Table 2).

*Ammodochium*속에서는 *A. serotinum* 외에도 *A. ampulla*, *A. danicum*, *A. cf. A. rectangulare* 등이 분포한다. *A. ampulla*는 클레이드들이 말단부에서 분지되어 작은 창을 이루는 *Ammodochium*속의 대표적인 종으로 연구지역에서 개체수가 많지는 않으나 지속적인 산출을 한다. *A. danicum*은 극소수만이 확인되었다. *A. serotinum*은 연구지역에서 가장 많은 산출을 하는 종으로 에브리디안을 산출하는 전 층준에서 산출빈도가 높으나 연구지역 두호층의 상부에서는 상대적 산출비가 감소한다. *A. serotinum*은 근래에 이르기까지 *A. rectangulare*로 알려져 왔으나, Locker and Martini(1986)는 *A. serotinum*은 전면의 프로클레이드(proclade)와 오퍼스토클레이드(opisthoclade)를 연결하는 신클레이드(synclade)의 연결부위가 긴 삼각형의 창을 이루면서 안쪽으로 심하게 굴곡하고 전면의 창

Table 2. Ebridians from the Yeonil Group in the northern area of Pohang Basin

Taxa	Formation		Hakjeon Formation							Duho Formation										
	Sampling sites		HS1	HS2	HS3	HD1	DJ1	DJ2	DJ3	SD1	SD2	SD3	SD4	JR1	JR2	JR3	JR4	JR5	IG1	IG2
<i>Ammodochium ampulla</i>	12	7	6			1		2	5	15			7	11	23	22	18	3	1	2
<i>Ammodochium danicum</i>			1							1					1					1
<i>Ammodochium</i> cf. <i>A. rectangulare</i>	2	1											2							
<i>Ammodochium serotinum</i>	33	29	37		30	11	24		55	39			141	83	195	98	139	8	33	9
<i>Ditripodium latum</i>			6		1		3				1		7			1	1			1
<i>Ebrimula(?)</i> sp.		1				1	1		2	7			5	4	3	1		1	1	
<i>Ebriopsis antiqua</i>	19	21	19		17	4	18		27	31			64	63	124	51	120	7	15	4
<i>Haplohermesium hovassei</i>		1	1						2	1			2	4		3	4			1
<i>Hermesinella conata</i>	12	11	15		7	5	16		11	18			29	9	36	27	37	4	16	11
<i>Hermesinella fenestrata</i>	1	1	2		1		1			1			3	5		2		1	5	2
<i>Hermesinum adriaticum</i>	8	12	13		5	2	8		3	13			4	16	19	3	8	1	3	2
<i>Hermesinum obliquum</i>	5	18	7		4	1	2		3	2			27		7	4	29		1	1
<i>Hermesinum schulzii</i>	9	5			3		2		9	4			18	11	21	14	11	2	4	4
<i>Parathranium tenuipes</i>	1	3	1		3		6		2	5			2	2	6	2				1
<i>Podamphora elgeri</i>	1	2	4																	
<i>Podamphora</i> sp.		2	2																	
<i>Pseudammodochium robustum</i>	8	3	2		2		2		5	2			2	7	8	9	8	1		3
<i>Thranium</i> cf. <i>T. crassipes</i>		1	2				1													
Total specimens	111	119	117	0	74	25	85		124	139	1	0	313	215	443	237	375	29	84	36

이 반원형을 이루는 점에서 *A. rectangulare*와는 뚜렷이 구분된다고 하였다. 이 연구에서도 이 견해에 따라 심하게 굴곡된 신클레이드와 특징적인 전면의 반원형 창을 가지는 개체들은 *A. serotinum*으로 분류하였다. 그리고 *A. serotinum* 중에서는 상당수의 이중골격(double skeleton)을 가지는 개체들이 관찰되었다(Pl. 2, Fig. 5).

*Ditripodium latum*은 연구지역에서 소수 발견되는데 용식 등에 의한 것으로 추정되는 파손된 메소클레이드(mesoclade)를 가지는 개체들이 대부분이다. 2개의 트리오드(triode)가 엇갈려 결합된 골격구조의 *Ebriopsis antiqua*는 연구지역에서 다산되는 종들 중의 하나이다. *E. antiqua* 개체들 중에서는 골격의 상부에 로리카를 보유하는 개체와 골격의 클레이드 등에 불규칙한 돌기(knob) 등이 형성되는 등의 실리카 성분의 부가현상이 진행된 초규질화된 개체들이 관찰되었다(Pl. 2, Figs. 9, 10). 로리카를 보유하는 개체들은 하송리 부근의 학전층 하부 시료에서 관찰되는데, 로리카는 개체의 정부에 접합된 상태로 상부가 다소 축소된 둥근 단지 모양을 하고 있고 그 개구부(opening)는 다소 넓고 약간 주름진 주변부를 가진다. *E. antiqua*에 있어 초규질화는 개체들에 따른 변화가 많아 클레이드에 돌기들만이 관찰되는 형태부터 클레

이드들이 과량상으로 두터워진 형 및 골격의 상당부분이 충전된 형태까지 여러 단계들이 관찰된다. *Haplohermesinum*은 일반적으로 *Ebria*로 간주되기도 하였으나 특징적인 트리플렛(triplet) 보유로 재정립된 분류군이다(Locker and Martini, 1989). 연구지역에서 산출되는 *Haplohermesinum*속으로는 *H. hovassei*가 극소수 산출된다. 이 종에서도 부분적인 초규질화가 확인된다. *Ebrimula(?)* sp.는 외형상 *Ebriopsis*와 유사하나 신클레이드들을 연결하는 연결주(connective rod)가 인지되므로 *Ebrimula*에 속할 가능성이 높다. 이 종류의 개체들은 소수지만 연구지역의 여러 층군에서 산출된다.

대표적인 4방향 골격형을 지니는 *Hermesinella*속과 *Hermesinum*속의 개체들은 연구지역의 학전층과 두호층에서 *Hermesinella fenestrata*를 제외하고는 상대적으로 산출개체수가 많은 편이다. *Hermesinella*속에서는 *H. conata*가 이들 두 속의 개체들 중 가장 대표적인 다산종으로 풍부히 산출된다. *Hermesinum*속에 속하는 *H. adriaticum*, *H. obliquum*, *H. schulzii*들은 연구지역에서 빈도는 약간씩 다르지만 대부분 시료에서 지속적으로 산출한다. 연구지역의 두호층 상부에서는 이들 *Hermesinella*속과 *Hermesinum*속의 개체들의 산출빈도는 대체로 증가하는 경향을 갖는다.

*Hermesinella*속의 *H. conata*와 *Hermesinum*속의 *H. adriaticum* 개체들 중에서도 일부는 악틴(actine)과 클레이드에 돌기 모양의 주름조직(rugose texture)을 보이는 초규질화된 개체들이 확인된다. 한편 연구지역의 에브리디안 개체들 중에서는 초기 성장단계로 판단되는 트리아엔 개체들이 산발적으로 산출되며, 이중 다수는 *Hermesinum*속에 해당할 것으로 판단된다. 이 트리아엔들은 아래로 전개되는 라브데(rhabde)의 정부를 기점으로 삼지창 형태의 악틴과 클레이드들이 부가·성장해가는 형태이며, 이들의 전개 정도가 개체의 성장단계를 시사하는 것으로 생각되고 있다(Tiffany, 2002). 이들 성장단계에 있는 트리아엔들의 모습에서 성체의 골격구조를 판단할 수 있는 경우는 해당 종으로 분류하였다. 작은 의자 모양 골격을 가지는 *Parathranium tenuipes*는 소수의 개체들이지만 여러 시료에서 산출되며 *A. serotinum*의 경우처럼 일부 이중골격을 가지는 개체들이 나타난다.

특징적으로, 자주 로리카를 수반하는 것으로 알려진 *Podamphora*속 에브리디안으로는 *Podamphora* sp.와 *P. elgeri*가 소수 개체만이 연구지역의 학전층 하부에 국한되어 산출된다. *P. elgeri*는 골격의 상부에 작은 주름들이 불규칙한 망상배열을 하는 로리카를 가지는데, 그 모습은 구에 가까운 난형을 취하고 로리카 정부의 개구부가 주름이 없는 주변부를 가지는 점에서 *E. antiqua*의 로리카와 구분된다(Pl. 2, Fig. 20). 드물게 로리카만 분리되어 관찰되는 경우는 *P. elgeri*에 주로 부착되었던 것으로 생각되나 다른 종의 로리카일 가능성도 있다. *Podamphora* sp.는 골격구조상 *P. gracile*과 유사하나 골격에 치상돌기가 관찰되지 않는 차이를 보이며 로리카가 형성된 개체는 관찰되지 않았다. 많은 세공들이 발달된 난형의 *Pseudammodochium robustum*은 소수의 개체들이지만 에브리디안을 산출하는 연구지역의 대부분 층군에서 산출됨이 확인되었다. *Thranium*속으로는 *Thranium* cf. *T. crassipes*만이 학전층에서 드물게 산출될 뿐이다.

토 의

아케오모나드를 비롯한 규질 포낭류 화석이나 악티니스커스류를 주로 하는 내골격 외편모조류 그리고 에브리디안에 대한 생층서적 또는 고환경적인 연구는 드물고 그 산출상에 대한 기재적인 연구가 주를 이루었다. 악티니스커스류를 주로 하는 내골격 외편모

조류들과 에브리디안들은 대체로 산재된 분포양상, 제한된 연구 및 일부 분류군들의 비교적 긴 존속기간 등으로 생층서적 연구에 적극적으로 활용되지는 않았다(Ernisse and McCartney, 1993, 1995). 그러나 근래에 심해 퇴적층에 대한 연구가 활발해짐에 따라, 내골격 외편모조류와 에브리디안의 산출상을 기반으로 한 생층서적 연구들이 수행되었다(Locker and Martini, 1986, 1989). 연일층군의 경우, 규조류를 중심으로 한 규질미화석들에 대한 생층서 연구에서 일부 아케오모나드와 에브리디안들에 대한 층서적 분포가 연구된 바 있다(Ling, 1973, 1975; Ling et al., 1988).

연구지역의 연일층군에서 산출되는 규질 포낭류 화석들 중 아케오모나드의 군집을 살펴보면, 대표적인 우점종인 *Archaeomonas mamillosa*를 비롯한 *A. areolata* 및 *Archaeosphaeri dium pachyceros* 등의 산출에서 이 층군은 미국 메릴랜드의 마이오세 지층인 Calvert층과 일본 중부의 Hojuji층에 대비된다(Tynan, 1960; Bachmann, 1964). 이러한 결과는 *A. mamillosa*와 *A. pachyceros* 등의 산출에서 Ling and Kim(1983)에 의한 연구와 일치한다. 다만 *A. pachyceros*가 연구지역의 두호층 상부에서 산출되는 점으로 미루어 이 종의 산출은 Ling et al.(1988)의 분포 층군 보다는 상부로 확장될 것으로 생각된다. 그리고 *Archaeosphaeridium tasmaniae*와 *Archaeomonas* cf. *A. cratera*의 산출상에서 학전층 하부를 경계로 이들의 산출기준면(datum planes)에 의한 연구지역의 학전층과 두호층의 생층서 분대가 가능할 것으로 보이나 이를 위해서는 산출상 등의 추가적 연구가 필요할 것으로 보인다.

연구지역에서의 내골격 외편모조류와 에브리디안의 산출상을 보면, 대부분의 분류군들이 대체로 지속적으로 산출되는 경향을 보여 산출기준면을 설정하기는 어려웠다. 그러나 에브리디안의 *Podamphora elgeri*의 경우, 연구지역 학전층의 하부에 국한되어 산출됨으로 이 산출기준면을 경계로 분대설정이 가능할 것으로 보인다. 이들 내골격 외편모조류의 *Actiniscus elongatus*를 비롯한 악티니스커스류, *Carduifolia gracilis* 그리고 에브리디안의 군집조성을 보면 연구지역 학전층과 두호층의 지질시대는 마이오세 중기를 넘지는 않는 것으로 생각된다. 이들 분류군들의 산출상을 남서태평양 해역과 노르웨이해 연안의 Vøring Plateau에서의 시추퇴적물들에서 산출된 악티니스커스류와

Table 3. Ebridian and actiniscidian zones in Neogene time. (*silicoflagellates, #ebridians and +actiniscidians)

Age		Author	Ling (1973) (North Pacific) Silicoflagellate and ebridian zones	Ling (1975) (North Pacific, Japan) Silicoflagellate and ebridian zones	Locker and Martini (1986), (SW Pacific) Ebridian and Actiniscidian zones	Locker and Martini (1989), (Vøring Plateau) Ebridian and Actiniscidian zones
Pliocene	Late		# <i>Ammodochium</i> <i>rectangulare</i>	# <i>Ammodochium</i> <i>rectangulare</i>	?	# <i>Ammodochium</i> <i>serotinum</i>
	Early		# <i>Ebriopsis</i> <i>antiqua</i> (without spine)	# <i>Ebriopsis</i> <i>antiqua</i> (without spine)	# <i>Ebriopsis</i> <i>cornuta</i>	# <i>Ebriopsis</i> <i>cornuta</i>
			* <i>Cannopilus</i> <i>hemisphaericus</i>	* <i>Cannopilus</i> <i>hemisphaericus</i>	# <i>Hermesium</i> <i>obliquum</i>	
Miocene	Late		* <i>Distephanus</i> <i>quinquangellus</i>		# <i>Thranium</i> <i>crassipes</i>	# <i>Parathranium</i> <i>clathrathum</i>
					# <i>Hermesinella</i> <i>conata</i>	# <i>Hermesinella</i> <i>schulzii</i>
	Middle		* <i>Mesocena</i> <i>circulus</i> var. <i>apiculata</i>		# <i>Actiniscus</i> <i>elongatus</i>	# <i>Hermesinella</i> <i>schulzii</i>
						# <i>Spongebria</i> <i>miocenica</i>
	Early					# <i>Hermesium</i> <i>adriaticum</i>
		* <i>Distephanus</i> <i>schauinslandii</i>		?	# <i>Foliactiniscus</i> <i>folia</i>	
					# <i>Foliactiniscus</i> <i>atlanticus</i>	
						Barren

에브리디안에 의한 분대와 비교하면 연구지역의 학전층과 두호층은 남서태평양 해역의 *Actiniscus elongatus* 대에서 *Hermesinella conata*대의 중부에, Vøring Plateau 해역의 *Spongebria miocenica*대에서 *Hermesinella schulzii*대의 중부에 대비된다고 할 수 있다. 이 구간은 대체로 마이오세 중기에 해당한다(Table 3, Locker and Martini, 1986, 1989). 그러나 북태평양 해역 심해퇴적층의 에브리디안과 규편모류에 의한 분대에서, 연구지역의 학전층과 두호층에 해당하는 에브리디안 분대는 없으며 이 지층들은 규편모류 분대인 *Mesocena circulus* var. *apiculata*대에 해당한다(Table 3, Ling, 1973). 한편, 연일층군에서 산출되는 규질 미화석인 구조류와 규편모류에 의한 분대와 비교하면, 대체로 구조류의 *Denticulopsis hustedii*-*D. lauta*대와 규편모류에 의한 *Corbisema triacantha*대의 상부에서 *Distephanus longispinus*대에 이르는 구간에 대비될 수 있을 것으로 생각된다(이영길 외, 1991).

연구지역에서는 전술한 것처럼, 개체수에 있어 불규칙한 산출을 보이기는 하지만 대부분의 시료들에서 아케오모나드를 비롯한 규질 포낭류 화석들이 다수 산출되고 있으며 온대 해양성 종들이 산출되기도 하지만 대체로 한랭한 해역에서 다산되는 에브리디안이 비교적 다양하게 산출되고 있다. 또한, Locker and Martini(1989)에 의해 한랭한 해역에서 다산되는 것으

로 알려진 내골격 외편모조류인 *Actiniscus pentasterias*가 매우 우세하게 나타난다. 일반적으로 황색편모조 식물류의 규질 포낭들은 한랭한 기후 등에서 형성되는 일종의 휴면포자로 알려지고 있다. 특히 스토마토시스트로 알려진 포낭류들은 일부 생식과 관련되기도 하지만 고위도 지방이나 고산지대의 호수를 비롯한 제4기의 담수나 기수 퇴적층에서 자주 보고되고 있으며, 최근 플라이오세 이후로 거의 보고되지 않았던 아케오모나드가 고위도 해역의 빙상의 영향을 크게 받는 환경에서 보고되었다(Adam and Mahood, 1981; Mitchell and Silver, 1982; Smol, 1984; Zeeb and Smol, 1993; Duff et al., 1995; Pla, 2001). 이는 연구지역의 연일층군이 대체로 한랭한 수괴의 영향을 받는 환경에서 퇴적되었으며, 스토마토시스트와 유사한 모습을 보이는 미소 포낭류들의 산출은 연구지역의 퇴적환경이 일부 담수 또는 반염수의 영향을 받았을 가능성을 시사하는 것으로 생각된다.

Locker and Martini(1989)는 노르웨이 인근 해역의 퇴적층에서 산출되는 규편모류, 내골격 외편모조류 및 에브리디안 등에 대한 비교 연구를 통해, 에브리디안의 *Ammodochium*과 *Ebriopsis* 등의 속들은 온난 분류군에, *Hermesinella*를 비롯한 *Hermesinum*, *Ditripodium* 등의 속들은 한랭분류군에 해당할 수 있는 것으로 생각하였다. 연구지역의 퇴적층에서 이들

에브리디안 속들의 상대적인 분포를 보면 이들 속들이 흔해지며 층중에 따라 증가 또는 감소하고 있으나 이가리 지역의 두호층에서는 *Hermesinella*, *Hermesinum* 등의 속들이 상대적 분포에서 지속적 증가를 보인다. 이는 연구지역의 퇴적환경에 한랭수괴가 우세하게 영향을 미쳤으나 온난수괴 역시 영향을 미치고 있었으며 두호층 상부로 가면서 한랭화가 다소 강화되는 경향이 나타났던 것으로 추정된다. 이러한 결과는 연일층군에서의 한류의 강화 및 북태평양 해역에서의 마이오세 중기 말의 한랭화와 관련되는 것으로 생각된다(이영길 외, 1991; Lee, 1993; Woodruff et al., 1981). 한편, 에브리디안의 *Ebriopsis antiqua*와 *Podamphora elgeri*에서는 로리카가 관찰되는데 일반적으로 마이오세에서 로리카를 보유하는 포담포라 단계를 가지는 종류는 극히 일부 *Pseudammodochium*속 개체들을 제외하고는 주로 *Ebriopsis*속과 *Podamphora*속인 것으로 알려지고 있다(Tappan, 1980). 현재까지 이 로리카는 휴면 포자일 가능성이 논의되나 명확한 생성원인은 알려지지 않고 있으며 환경적인 스트레스와 연관이 있을 것으로 추정되고 있다. 그리고 에브리디안 골격의 부가현상인 초규질화를 비롯한 실리카의 집적과정 역시 아직 불확실한 상태이다(Emissee and McCartney, 1995; Tiffany, 2002).

내골격 외편모조류인 *Actiniscus pentasterias*는 북태평양 고위도 주변 해역(North Pacific rim)의 마이오세 중기에서 플라이오세 초기의 규조토를 비롯한 생물기원 실리카를 다량 포함하는 구간에서 많이 산출되고 있으며 대부분 강하게 전개되는 방사지를 보유하는 것으로 보고되었다(Emissee, 1976; Orr and Conley, 1976). 따라서 강한 방사지를 소유하는 *A. pentasterias*의 다산은 연구지역의 연일층군과 북태평양 고위도 해역과의 관련성을 암시하는 것으로 추정된다.

결론

먼저 연구지역에 분포하는 연일층군의 학전층과 두호층의 지질시대는 마이오세 중기를 넘지 않으며 아케오모나드 군집조성상, 미국 메릴랜드의 Calvert층과 일본 중부의 Hojuji층에 대비된다. 내골격 외편모조류와 에브리디안을 이용한 분대(Locker and Martini, 1986, 1989)에 따르면 연구지역의 연일층군은 남서태평양 해역의 *Actiniscus elongatus*대에서 *Hermesinella*

*conata*대의 중부에, Vøring Plateau해역의 *Spongebria miocenica*대에서 *Hermesinella schulzi*대의 중부 부근에 대비된다. 연일층군의 규조류와 규편모류에 의한 분대(이영길 외, 1991)와 비교하면, 규조류의 *Denticulopsis hustedtii* - *D. lauta*대와 규편모류에 의한 *Corbisema triacantha*대의 상부에서 *Distephanus longispinus*대에 이르는 구간에 대비되며, 아케오모나드와 에브리디안의 일부 종들은 생층서적인 적용 가능성이 있는 것으로 생각되나 구체적인 결과는 앞으로의 과제로 남아있다.

연구지역 연일층군의 퇴적환경은 아케오모나드를 비롯한 포낭류 화석, 내골격 외편모조류 및 에브리디안 군집조성에 따르면, 대체로 한랭수괴가 우세한 환경에서 온난수괴 역시 영향을 미치고 있었으나 연구지역 두호층의 상부로 가면서 한랭화가 다소 강화되었던 것으로 생각된다. 그리고 미소 포낭류 화석들의 산출로부터 연일층군의 퇴적 시, 담수 또는 반염수의 영향을 받았을 가능성이 있다.

Description of Microfossils

CHRYSOPHYCEAN CYSTS

ARCHAEOMONADS

Division CHRYSOPHYTA Pascher, 1914

Class CHRYSOPHYCEAE Fritsch in West, 1927

Family Unknown

Cyst-family *Archaeomonadaceae* Deflandre, 1932

Genus *Archeomonas* Deflandre, 1932

Archaeomonas areolata Deflandre, 1933

Pl. 1, Fig. 2

1933 *Archaeomonas areolata* n. sp. - Deflandre, p. 83, fig. 4

1960 *Archaeomonas areolata* Deflandre. - Tynan, p. 36, pl. 1, fig. 10

Description: Small cyst with a spherical surface and a very low neck. The surface of the cyst is covered by a reticular network of raised shallow ridges forming polygons.

Remarks: *A. areolata* occurs in the Duho Formation and the upper part of Hakjeon Formation in the study area. The cyst specimen from the

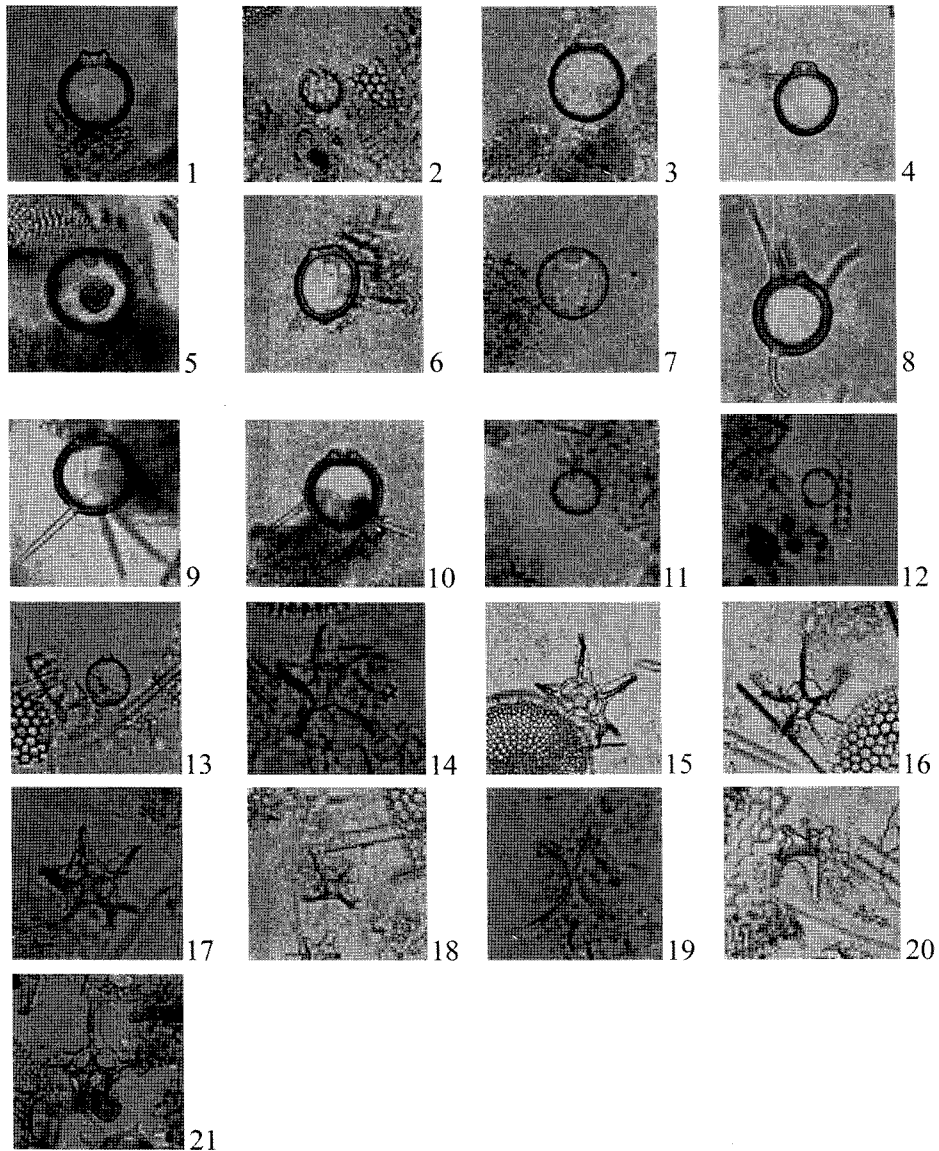


Plate 1

Chrysophyceae cysts

Archaeomonads

Fig. 1. *Archaeomonas mamillosa* Tynan. $\times 400$, Duho Formation, SD2.

Fig. 2. *Archaeomonas areolata* Deflandre. $\times 400$, Hakjeon Formation, DJ3.

Fig. 3. *Archaeomonas* cf. *A. cratera* Deflandre. $\times 400$, Duho Formation, SD2.

Fig. 4. *Archaeomonas* sp. A. $\times 400$, Duho Formation, SD2.

Fig. 5. *Archaeomonas* sp. B. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS1.

Fig. 6. *Archaeomonas* sp. C. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS3.

Fig. 7. *Archaeomonas* sp. D. $\times 400$, Duho Formation, SD4.

Fig. 8. *Archaeosphaeridium pachyceros* Deflandre. $\times 400$, specimen with curved spines, Hakjeon Formation, HS3.

Fig. 9. *Archaeosphaeridium pachyceros* Deflandre. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS3.

Fig. 10. *Archaeosphaeridium tasmanae* Perch-Nielsen. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS2.

Plate 1 Continued.

Other Chrysophycean cysts (Stomatocysts?)

Fig. 11. Type 1. ×600, Duho Formation, JR1.**Fig. 12.** Type 2. ×800, Duho Formation, SD2.**Fig. 13.** Type 3. ×400, Duho Formation, JR4.

Endoskeletal dinoflagellates

Fig. 14. *Actiniscus elongatus* Dumitracă. ×600, apical view, Duho Formation, JR2.**Fig. 15.** *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. ×400, specimen with slender rays, Duho Formation, JR3.**Fig. 16.** *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. ×400, six-rayed specimen, Duho Formation, SD1.**Fig. 17.** *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. ×400, specimen with branched rays, Duho Formation, JR3.**Fig. 18.** *Actiniscus tetrasterias* Ehrenberg. ×600, Duho Formation, JR2.**Fig. 19.** *Carduifolia gracilis* Hovasse. ×600, Hakjeon Formation, HS2.**Fig. 20.** *Actiniscus elongatus* Dumitracă. ×600, side view, Duho Formation, IG3.**Fig. 21.** *Foliactiniscus mirabilis* Dumitracă. ×400, Duho Formation, JR3.

Yeonil Group is more or less irregular in the network, comparable to that of *A. areolata* of Tynan (1960).

Archaeomonas cf. *A. cratera* Deflandre, 1933

Pl. 1, Fig. 3

Remarks: The cyst of *Archaeomonas* cf. *A. cratera* from the study area is smooth and spherical in outline. The cyst is similar to *A. sphaericus* in a smooth spherical form. But the cyst of the study area is different from *A. sphaericus* without a protruded neck, having a very short neck. The cyst from the study area shows a wide neck pore as *A. cratera* of Perch-Nielsen (1975). The cysts of *Archaeomonas* cf. *A. cratera* are rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Archaeomonas mamillosa Tynan, 1960

Pl. 1, Fig. 1

1960 *Archaeomonas mamillosa* n. sp. - Tynan, p. 37, pl. 1, Fig. 9

1964 *Archaeomonas mamillosa* Tynan. - Bachmann, p. 113, Taf. 7, Figs. 2, 2a

1983 *Archaeomonas mamillosa* Tynan. - Ling and Kim, p. 248, pl. 1, Figs. 1-4

Description: Spherical cyst with a thick wall and a smooth surface. The neck of the cyst is short and robust. And, the neck is attached to the cyst, forming gentle curves. The pore of the neck get

wider upward.

Remarks: The cyst of *A. mamillosa* from the study area strongly resembles Stomatocyst 152 by Zeeb and Smol (1993) in morphology, though both cysts are different from each other in size. The cysts are remarkably abundant in the upper part of the Hakjeon Formation.

Archaeomonas sp. A

Pl. 1, Fig. 4

Description: Ovoid cyst with a thick wall and a smooth surface. The robust neck of the cyst has a tubular pore. The cyst has a somewhat narrow base.

Remarks: The present cyst strongly resembles *Archaeomonas mamillosa* in morphology and size. But the cyst is distinguished from *A. mamillosa* of spherical form by the its ovoid one with a narrow base. The cyst is limited in the lower part of the Duho Formation.

Archaeomonas sp. B

Pl. 1, Fig. 5

Description: Spherical cyst with a pore having very shallow neck. The surface of the cyst is irregularly covered by very gentle hill-like relieves.

Remarks: The present cyst is similar to *Archaeomonas sphaericus* or *A. kreyenhagensis* in outline and neck form. But the cyst is uniquely ornamented by the gentle hill-like relieves of its

surface. The cyst is limited in the Hakjeon Formation in occurrence.

Archaeomonas sp. C

Pl. 1, Fig. 6

Description: Mellon-like ellipsoidal cyst with a thick wall and a smooth surface. The robust neck of the cyst has a downward tapered neck pore.

Remarks: The present cyst closely resembles *Archaeomonas mamillosa* in morphology but its outline shows a distorted ellipsoid. *Archaeomonas* sp. C is restricted the uppermost part of the Hakjeon Formation in occurrence.

Archaeomonas sp. D

Pl. 1, Fig. 7

Description: Thin walled spherical cyst with a shallow neck. Its surface is characteristically covered by very small conical ornamentations. The ornamentations are arranged in seven to ten longitudinal lines with irregular intervals on the surface of the cyst.

Remarks: The present cyst is very rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Archaeosphaeridium* Deflandre, 1932

Archaeosphaeridium pachyceros Deflandre, 1933

Pl. 1, Figs. 8-9

1933 *Archaeosphaeridium pachyceros* n. sp. - Deflandre, Figs. 40-41

1960 *Archaeosphaeridium pachyceros* Deflandre. - Tynan, p. 38, pl. 1, Fig. 14

1964 *Archaeosphaeridium pachyceros* Deflandre. - Bachmann, Taf. 7, Figs. 4-5, 5a

1983 *Archaeosphaeridium pachyceros* Deflandre. - Ling and Kim, p. 248, pl. 1, Figs. 7, 8

Description: Smooth spherical cyst with a few outward stretched spines. The cyst has a thick wall and a neck with a tubular pore.

Remarks: Generally, the spines of *Archaeosphaeridium pachyceros* tend to be stretched, straightly

(Bachmann, 1964). But some specimens of the cyst from the study area show variable spine types including gently curved or irregularly bended ones. The cyst abundantly occurs in the lower part of the Hakjeon Formation but get rare in other upper parts of the Yeonil Group.

Archaeosphaeridium tasmanae Perch-Nielsen, 1975

Pl. 1, Fig. 10

1975 *Archaeosphaeridium tasmanae* n. sp. - Perch-Nielsen, p. 878, pl. 2, Figs. 18-23, pl. 3, Figs. 1-10, pl. 12, Figs. 1-3

Description: Spherical cyst with a smooth surface, two long curved spines and a protruding neck. The two spines of the cyst are arched and stretched in mutual opposite direction.

Remarks: *A. tasmanae* is described as a cyst with a smooth surface, a medium sized neck and two to six long spines by Perch-Nielsen (1975). The present cyst from the study area is very similar to that of *A. tasmanae* by Perch-Nielsen (1975) in morphology. But the spines of the present cyst are more or less shorter in length and small in number, comparable to those of *A. tasmanae* by Perch-Nielsen (1975). *A. tasmanae* occurs only in the lower part of the Hakjeon Formation.

Other Chrysophycean Cysts

Type 1

Pl. 1, Fig. 11

Description: Small ovoid cyst with a tiny neck and many minute spines. The spines are conical in form and densely scattered on the cyst surface.

Remarks: The present cyst resembles Stomatocyst 1 of Smol (1984) in outline. Stomatocyst 1 has affinity with *Mallomonas* (Smol, 1984). The cyst specimens are rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Type 2

Pl. 1, Fig. 12

Description: Very small spherical cyst with a smooth surface and a tiny shallow neck.

Remarks: The present cyst shows a smooth surface without distinct ornamentations under light microscope. The cysts of type 2 are sporadically scattered in the Hakjeon and the Duho formations.

Type 3

Pl. 1, Fig. 13

Description: Small ovoid cyst with a smooth surface and a prominently slender neck. The neck is gently attached to the cyst body.

Remarks: The cyst from the study area closely resembles Unidentified Stomatocyst 46 with a narrow cylindrical collar-style neck by Wilkinson et al. (2001) and a cyst (pl. III, Fig. 16) by Kaczmarek (1976). The cysts are very rare in the Hakjeon and the Duho formations

ENDOSKELETAL DINOFLAGELLATES

Division PYRRHOPHYTA Pascher, 1914

Class DINOPHYCEAE Fritsch, 1929

Order GYMNODINIALES Lindemann, 1928

Family Actiniscaceae Kützing, 1884

Genus Actiniscus Ehrenberg, 1840

Actiniscus elongatus Dumitrică, 1968

Pl. 1, Figs. 14, 20

1968 *Actiniscus elongatus* n. sp. - Dumitrica, p. 240, pl. 4, Figs. 22, 26

1973 *Actiniscus elongatus* Dumitrica. - p. 822, pl. 3, Figs. 6-12, pl. 5, Figs. 10, 11

Description: Star shaped skeleton with a pentagonal elongated plate and five rays. The skeleton of *A. elongatus* is bisymmetrical. The rays of the species are highly arched and weak in alveolar arrangement.

Remarks: The species is limited to the interval of Early Miocene to Middle Miocene in Southwestern Pacific sediments (Dumitrica, 1973). *Actiniscus elongatus* is rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Actiniscus pentasterias Ehrenberg, 1854

Pl. 1, Figs. 15-17

1854 *Actiniscus pentasterias* n. sp. - Ehrenberg, pl. 18, Fig. 61, pl. 19, Fig. 45

1940 *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. - Frenguelli, p. 109, Fig. 38A

1941 *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. - Frenguelli, p. 97, pl. 1, Figs. 10, 11

1973 *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. - Dumitrica, p. 822, pl. 2, Figs. 2, 3, 6-11, 14, pl. 3, Figs. 13, 14, pl. 5, Figs. 6-8

1976 *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. - Orr and Conley, p. 92, pl. 1, Figs. 1-11, pl. 2, Figs. 1-6

1986 *Actiniscus pentasterias* Ehrenberg. - Locker and Martini, p. 945, pl. 3, Figs. 11-14, pl. 4, Figs. 8, 9

Description: Pentagonal star shaped skeleton with a concave plate and tricostrate five to six rays. The rays of the skeleton are covered by alveoli and stretched in radial symmetry. The alveoli are hemispherical depressions in form and lineally arranged along the directions of the rays.

Remarks: In Southwestern Pacific sediments, *A. pentasterias* occur in the interval of Upper Oligocene to Quaternary (Dumitrica, 1973). The species in the study area includes six-rayed form, one with bifurcated rays, and one with corroded rays in morphological variation. *A. pentasterias* is very abundant in the Hakjeon and the Duho formations.

Actiniscus tetrasterias Ehrenberg, 1854

Pl. 1, Fig. 18

1854 *Actiniscus tetrasterias* n. sp. - Ehrenberg, pl. 18, Fig. 62

1973 *Actiniscus tetrasterias* Ehrenberg. - Dumitrica, p. 822, pl. 3, Figs. 15-18, pl. 5, Fig. 9.

1976 *Actiniscus tetrasterias* Ehrenberg. - Ernissee, p. 90, pl. 2, Figs. 1,2 5-7, pl. 3, Fig. 6.

Description: Four rayed skeleton with a rectangular pyramid like plate. Surface of the rays is smooth or covered weak alveolar structures.

Remarks: The rays of *A. tetrasterias* in the study area are highly arched and somewhat irregular in stretched direction, comparable to those of *A. tetrasterias* by Dumitrica (1973). The species is very rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Carduifolia* Hovasse, 1932

Carduifolia gracilis Hovasse, 1932

Pl. 1, Fig. 19

1932a *Carduifolia gracilis* n. sp. - Hovasse, p. 127, Fig. 10

1968 *Carduifolia gracilis* Hovasse. - Loeblich III et al., p. 150, pl. 49, Figs. 9a-10

1973 *Carduifolia gracilis* Hovasse. - Dumitrica, p. 824, pl. 4, Figs. 21, 26

Description: Four tricostrate rayed skeleton. The rays of the skeleton consist of a slender "X" letter form arched downward.

Remarks: In southwestern Pacific sediments, *C. gracilis* was found in the Middle Miocene (Dumitrica, 1973). The species in the study area is variable in size and its ray arrangement. *C. gracilis* rarely occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Foliactiniscus* Dumitrica, 1973

Foliactiniscus mirabilis Dumitrica, 1973

Pl. 1, Fig. 21

1973 *Foliactiniscus mirabilis* n. sp. - Dumitrica, p. 823, pl. 1, Figs. 12, 13, 20, pl. 2, Figs. 4, 12, 13

Description: Pentagonal star shaped skeleton with five highly downward arched rays having alveolar structures. The skeleton has not central apophyses, characteristically. The rays of the skeleton are bilateral in symmetry.

Remarks: In the study area, *F. mirabilis* has robust rays arched downward. The species rarely occur in the Duho Formation.

EBRIDIANIS

Division PYRRHOPHYTA Pascher, 1914

Class EBRIOPHYCEAE Loeblich III 1970

Order EBRIALES Hornberg et al., 1964

Family Ammodochiaceae Deflandre, 1950

Genus *Ammodochium* Hovasse, 1932

Ammodochium ampulla Deflandre, 1934

Pl. 2, Fig. 1

1934 *Ammodochium ampulla* n. sp. - Deflandre, p. 77, Fig. 2

1952 *Ammodochium ampulla* Deflandre. - p. 128, Fig. 119

1968 *Ammodochium ampulla* Deflandre. - Loeblich III et al., Fig. 14, pl. 48, Fig. 1

1975 *Ammodochium ampulla* Deflandre. - Perch-Nielsen, pl. 4, Figs. 17-19, pl. 5, Figs. 23-26

2003 *Ammodochium ampulla* Deflandre. - Sanfilippo and Fourtainer, pl. p1, Figs. 23, 24

Description: Rectangular triode skeleton consisting of an apical ring, an antapical ring, three proclades, three opisthoclaes and three actines. In the skeleton, proclades and opisthoclaes are branched from actines. The proclades and opisthoclaes consist of upper and lower windows at junctions between them and apical or antapical ring, respectively.

Remarks: *A. ampulla* was initially reported from the Upper Eocene deposits of New Zealand (Deflandre, 1934). It also occurred in Oligocene to Eocene intervals of cores from Southwestern Pacific (Perch-Nielsen, 1975). The specimens of *A. ampulla* from the Yeonil Group have somewhat wider windows than those of its specimens by Perch-Nielsen (1975). The species occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Ammodochium danicum Deflandre, 1951

Pl. 2, Fig. 2

1951 *Ammodochium danicum* n. sp. - Deflandre, p. 53, Fig. 13

1968 *Ammodochium danicum* Deflandre. - Loeblich III et al., p. 144, pl. 48, Figs. 2-9c

1975 *Ammodochium danicum* curtum Deflandre. - Perch-Nielsen, p. 880, pl. 5, Figs. 3-4

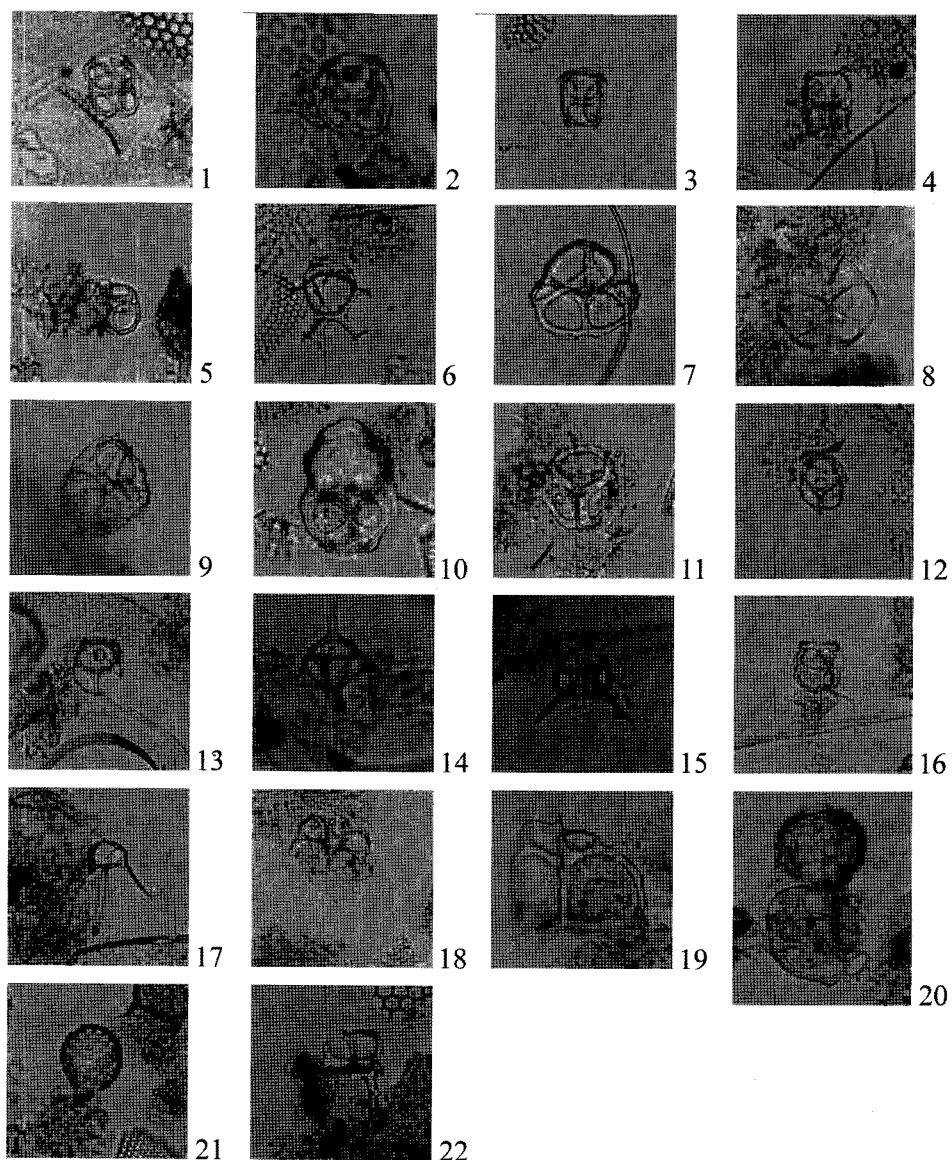


Plate 2

Ebridians

- Fig. 1.** *Ammodochium ampulla* Deflandre. $\times 400$, Duho Formation, JR3.
- Fig. 2.** *Ammodochium danicum* Deflandre. $\times 600$, Duho Formation, SD2.
- Fig. 3.** *Ammodochium* cf. *A. rectangulare* (Schulz) Deflandre. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS1.
- Fig. 4.** *Ammodochium serotinum* Locker and Martini. $\times 400$, Duho Formation, JR1.
- Fig. 5.** *Ammodochium serotinum* Locker and Martini. $\times 400$, double skeleton, Duho Formation, SD2.
- Fig. 6.** *Ditripodium latum* Hovasse. $\times 400$, Hakjeon Formation, HS3.
- Fig. 7.** *Ebrinula*(?) sp. $\times 400$, Duho Formation, SD2.
- Fig. 8.** *Ebriopsis antiqua* (Schulz) Hovasse. $\times 400$, Duho Formation, SD2.
- Fig. 9.** *Ebriopsis antiqua* (Schulz) Hovasse. $\times 400$, hypersilicified specimen, Hakjeon Formation, HS3.
- Fig. 10.** *Ebriopsis antiqua* (Schulz) Hovasse. $\times 400$, specimen with an encapsulated lorica, Duho Formation, HS2.
- Fig. 11.** *Haplohermesinum hovassei* Locker and Martini. $\times 400$, Duho Formation, JR2.
- Fig. 12.** *Hermesinella conata* (Deflandre) Locker and Martini. $\times 400$, Duho Formation, JR5.

Plate 2. Continued.

- Fig. 13.** *Hermesinella fenestrara* Frenguelli. ×400, Duho Formation, JR2.
Fig. 14. *Hermesinum adriaticum* Zacharias. ×600, Duho Formation, SD2.
Fig. 15. *Hermesium obliquum* Locker and Martini. ×600, Duho Formation, JR1.
Fig. 16. *Hermesinum schulzii* Hovasse. ×400, Duho Formation, JR3.
Fig. 17. *Parathranium tenuipes* Hovasse. ×400, Duho Formation, SD2.
Fig. 18. *Parathranium tenuipes* Hovasse. ×400, double skeleton, Duho Formation, SD2.
Fig. 19. *Podamphora* sp. ×400, Hakjeon Formation, HS2.
Fig. 20. *Podamphora elgeri* Gemeinhardt. ×400, specimen with an encapsulated lorica, Hakjeon Formation, HS2.
Fig. 21. *Pseudammodochium robustum* Deflandre. ×400, Hakjeon Formation, HS1.
Fig. 22. *Thranium* cf. *T. crassipes* Hovasse. ×400, Hakjeon Formation, HS3.

Description: Small rounded cubic triode skeleton with an antapical ring curved inward. In the skeleton, upper windows are located in apical part but lower ones do not develop.

Remarks: *A. danicum* specimens from the study are similar to *A. danicum* curtum reported by Perch-Nielsen (1975). But, having outward convex clades, the specimens of the study area are different from *A. danicum* curtum described by Perch-Nielsen (1975). Therefore, this taxon was classified as *A. danicum* in this study. The species is very rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Ammodochium cf. *A. rectangulare* (Schulz), 1932
 Pl. 2, Fig 3

Remarks: The ebridian specimens closely resemble *Ammodochium rectangulare*. But they are distinguished from *A. serotinum*, having massive proclades and opisthoclades. And, they have a “T” shaped synclade and rectangular anterior windows similar to *A. rectangulare* described by Locker and Martini (1986). The specimens of *Ammodochium* cf. *A. rectangulare* are very rare in the Hakjeon and Duho formations.

Ammodochium serotinum Locker and Martini, 1986
 Pl. 2, Figs. 4-5

1986 *Ammodochium serotinum* n. sp. - Locker and Martini, p. 943, pl. 2, Figs. 1, 2

Description: Rectangular triode skeleton with strongly curved synclades, triangular windows in the tips of proclades and opisthoclades. The skeleton

has semicircular anterior openings between a triode and surrounding clades.

Remarks: *A. serotinum* is distinguished by its more gracile skeleton, the highly arched synclades, and the above mentioned openings, comparable to *A. rectangulare* (Locker and Martini, 1986). The species are very abundant in the Hakjeon and the Duho formations.

Family Ditripodiaceae Deflandre, 1951
 Genus *Ditripodium* Hovasse, 1932
Ditripodium latum Hovasse, 1932
 Pl. 2, Fig. 6

1932b *Ditripodium latum* n. sp. - Hovasse, p. 282, Fig. 6

1968 *Ditripodium latum* Hovasse. - Loeblich III et al., p. 153, pl. 37, Fig. 10

1986 *Ditripodium latum* Hovasse. - Locker and Martini, p. 943, pl. 2, Figs. 5, 6

Description: Baguette type skeleton with large apical ring, bifurcated short opisthoclades, and two openings including mesoclades.

Remarks: According to Locker and Martini (1986), the mesoclades of *Ditripodium latum* tend to be broken off easily. Most specimens of *D. latum* from the study area show broken mesoclades, too. The species rarely occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Parathranium* Hovasse, 1932
Parathranium tenuipes Hovasse, 1932
 Pl. 2, Figs. 17, 18

1932a *Thranium tenuipes* Hovasse. - p. 123, Fig. 5

1932c *Parathranium tenuipes* nov. comb. - Hovasse, p. 464, 465

1968 *Parathranium tenuipes* Hovasse. - Loeblich III et al., p. 179, pl. 47, Figs. 16-17

Description: Stool shaped skeleton with an apical ring and long downward stretched opisthoclares. The opisthoclares of the skeleton are occasionally curved outward.

Remarks: The specimens of *P. tenuipes* from the study area are different from *P. clathratum* proposed by Locker and Martini (1986, 1989) because the specimens have an upward-convex upper window and slightly outward curved opisthoclares. The species is rare in the Hakjeon and the Duho formations. And, its double skeleton forms are also encountered in the formations.

Genus *Pseudammodochium* Hovasse, 1932

Pseudammodochium robustum Deflandre, 1934

Pl. 2, Fig. 21

1934 *Pseudammodochium robustum* n. sp. - Deflandre, p. 94, Figs. 39-42

1968 *Pseudammodochium robustum* Deflandre. - Loeblich III et al., p. 184, 185, pl. 43, Figs. 16-18b

1989 *Pseudammodochium robustum* Deflandre. - Locker and Martini, p. 573, pl. 6, Figs. 6-8

Description: Ellipsoid skeleton with a perforated surface and an apical opening. The apical opening is small and placed at the top of the skeleton.

Remarks: For the specimen of *Pseudammodochium robustum* from the study area, superficial pores are more or less larger, relative to those of typical *P. robustum*. The species is rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Thranium* Hovasse, 1932

Thranium cf. *T. crassipes* Hovasse, 1932

Pl. 2, Fig. 22

Remarks: This form is similar to *Thranium crassipes* in outline. But the form is distinguished from *T. crassipes* by straightly stretched opisthoclares

having small inward horns. The form occurs only in the Hakjeon Formation

Family Ebriaceae Lemmermann, 1901

Genus *Ebrinula* Deflandre, 1950

Ebrinula(?) sp.

Pl. 2, Fig. 7

Remarks: *E. paradoxa*, a unique species of genus *Ebrinula*, was initially reported from the Eocene deposits of Oamaru (Deflandre, 1950). The specimens of the present form from the study area are similar to *E. paradoxa* in the existence of connective rod connecting anterior synclade with posterior one. They are rare in the Hakjeon and the Duho formations.

Family Hermesinaceae Hovasse, 1943

Genus *Ebriopsis* Hovasse, 1932

Ebriopsis antiqua (Schulz), 1932

Pl. 2, Figs. 8-10

1928 *Ebria antiqua* Schulz. - p. 273, Figs. 69a-f

1932a *Ebriopsis antiqua* (Schulz) nov. comb. - Hovasse, p. 120, Fig. 1

1977 *Ebriopsis antiqua antiqua* (Schulz). - Ling, p. 215, pl. 3, Figs. 17, 18

1975 *Ebriopsis antiqua* (Schulz). - Perch-Nielsen, p. 880, pl. 4, Fig. 15

1986 *Ebriopsis cornuta* (Ling). - Locker and Martini, p. 943, 944, pl. 2, Figs. 14-15

Description: Circular lens shaped skeleton composed of two tripods connected by inward curved clades with some indentations. The two tripods are mutually joined in the crossed state of about sixty degree. The clades of the skeleton are generally gracile.

Remarks: In the study area, *E. antiqua* shows several varieties as specimens with thickly developed clades, hypersilicified forms, specimens with small spines at the apex and/or antapex in their skeletons, and lorica bearing forms. Lorica in the loricate forms shows a gently tapered jarred shape with a wide opening. The opening is surrounded by a thin

wrinkled rim. In this study, specimens with irregularly indented clades were aligned to *E. antiqua*. The species is consistent and abundant in the Hakjeon and the Duho formations in occurrence.

Genus *Haplohermesium* Hovasse, 1943

Haplohermesium hovassei Locker and Martini, 1989

Pl. 2, Fig. 11

1989, *Haplohermesium hovassei* n. sp. - Locker and Martini, p. 571, pl. 7, Figs. 11-12

Description: Circular lens shaped skeleton with a characteristic “Y” formed triplet composed of two synclades, a proclade, and an opisthoclade. Of the synclades of the skeleton, short two are straight and other one is round.

Remarks: Comparing with the specimen of *H. hovassei* by Locker and Martini (1989), the one in the study area shows more massive and shorter straight synclades. The species rarely occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Hermesinella* Deflandre, 1934

Hermesinella conata (Deflandre), 1986

Pl. 2, Fig. 12

1951 *Hermesinum conatum* Deflandre. - p. 44, 46, 68, Fig. 141

1986 *Hermesinella conata* (Deflandre) nov. comb. - Locker and Martini, p. 944, pl. 2, Figs. 9-10

Description: Small rounded triaene skeleton with strongly curved synclades. A small upper window is located in the anterior plate of the skeleton. The opisthoclaides of the skeleton are mutually different in length.

Remarks: The specimen of *H. conata* from the study area are well coincided with that of Locker and Martini (1986), comparatively. The specimens in the study area are somewhat variable in opisthocladian arrangement and skeletal outline. *H. conata* frequently occurs in the Hakjeon and Duho formations.

Hermesinella fenestrata Frenguelli, 1951

Pl. 2, Fig. 13

1951 *Hermesinella fenestrata* n. sp. - Frenguelli, p. 279, Fig. 5a

1968 *Hermesinella fenestrata* Frenguelli. - Loeblich III et al., p. 164, pl. 51, Fig. 9

1986 *Hermesinella fenestrata* Frenguelli. - Locker and Martini, p. 944, pl. 2, Fig. 13

Description: Small circular triaene skeleton with robust and rugose clades highly arched. Clades in the anterior part of the skeleton make a triangular plate with a small circular window in its centre.

Remarks: The specimen in the study area is nearly circular in outline and smooth junction between a rhabde and clades, comparable to that of *Hermesinella conata* of Locker and Martini (1986). *H. fenestrata* is distributed in the Middle Miocene to the lower part of the Upper Miocene in southwestern Pacific (Locker and Martini, 1986). The species rarely occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus *Hermesinum* Zacharias, 1906

Hermesinum adriaticum Zacharias, 1906

Pl. 2, Fig. 14

1906 *Hermesinum adriaticum* n. sp. - Zacharias, p. 394, Figs. a-d

1968 *Hermesinum adriaticum* Zacharias. - Loeblich III et al., p. 168-169, pl. 40, Figs. 9a-10

1986 *Hermesinum adriaticum* Zacharias. - Locker and Martini, p. 944, pl. 1, Figs. 5-6

2002 *Hermesinum adriaticum* Zacharias. - Tiffany, p. 218-220, Figs. 1-2

Description: Kite type triaene skeleton with two spines in apical and antapical parts. In the anterior part of the skeleton, a small window is located in the centre of the “T” formed structure consisted of clades.

Remarks: *Hermesinum adriaticum* is the one of very rare ebridian species survived until the present (Ernissee and McCartney, 1993). The *H. adriaticum* from the study area is commonly smooth in a rhabde and clades, comparable to that of Locker

and Martini (1986, 1989) and Tiffany (2002). In addition, the species includes a remarkably long apical spine. But its basal spine is relatively indistinct. And, its opisthoclares are frequently corroded and reduced. Smaller triaenes considered as larvae stages of the species are sometimes found in this study. *H. adriaticum* consistently occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Hermesinum obliquum Locker and Martini, 1986
Pl. 2, Fig. 15

1986 *Hermesinum obliquum* n. sp. - Locker and Martini, p. 944, pl. 1, Figs. 1, 4

Description: Triaene skeleton with a asymmetrical long spine on apical ring and two tapered opisthoclares tilted downward. The opisthoclares of the skeleton do not consist of windows.

Remarks: *Hermesinum obliquum* includes originally flat upper synclades and asymmetrical apical spine (Locker and Martini, 1986). The species in the study area has occasionally curved synclades or two mutually different apical spines in length. *H. obliquum* shows consistent occurrences in the Hakjeon and the Duho formations.

Hermesinum schulzii Hovasse, 1932
Pl. 2, Fig. 16

1932a *Hermesinum schulzii* n. sp. - Hovasse, p. 125

1968 *Hermesinum schulzii* Hovasse. - Loeblich III et al., p. 174, pl. 41, Figs. 10-20

1995 *Hermesinum schulzii* Hovasse. - Ernissee and McCartney, p. 181. Fig. 3(14)

Description: Ovoid triaene skeleton with strongly curved clades. In the posterior part of the skeleton, clades trifurcated from an actine make a distinct triplet with a small window. The posterior triplet of the skeleton shows "Y" letter form and highly arched connection to rhabde.

Remarks: The *H. schulzii* from the study area shows a distinct triplet with obvious indentations and outward arched opisthoclares. Its large upper window in anterior part is somewhat ovoid. The

species consistently occurs in the Hakjeon and the Duho formations.

Genus Podamphora Gemeinhardt, 1931
Podamphora elgeri Gemeinhardt, 1931
Pl. 2, Fig. 20

1931 *Podamphora elgeri* n. sp. - Gemeinhardt, p. 107, pl. 10, Fig. 19

1968 *Podamphora elgeri* Gemeinhardt. - Loeblich III et al., p. 182, pl. 44, Fig. 4

1989 *Podamphora elgeri* Gemeinhardt. - Locker and Martini, p. 572, pl. 7, Figs. 16-17

1995 *Podamphora elgeri* Gemeinhardt. - Ernissee and McCartney, p. 181, Fig. 3(15)

Description: Triaene skeleton with a jar shaped lorica at the apex and indented clades highly curved. The lorica of the skeleton with a short neck is covered by irregular reticulations.

Remarks: In most cases, *Podamphora elgeri* is characterized by a jar shaped lorica at its apex (Gemeinhardt, 1931). The specimen of *P. elgeri* in the study area also has the lorica. It may serve a kind of protective role during environmental stress (Ernissee and McCartney, 1995). But Tappan (1980) suggested that the loricae in ebridians would be not cyst. The species is restricted in the lower part of the Hakjeon Formation in occurrence.

Podamphora sp.
Pl. 2, Fig. 19

Remarks: This ebridian specimen from the study area resembles *Podamphora gracile* in morphology. But the specimen has a rather wide opisthocladian basket and smooth clades without indentations, comparable to *P. gracile*. Apical ring is probably reduced in the specimen. They occur in only the lower part of the Hakjeon Formation.

사 사

이 논문은 2004년도 전남대학교 연구년교수연구비 지원에 의하여 연구되었습니다. 이에 감사드립니다.

논문 내용을 자상하게 검토해 주시고 좋은 의견을 제시해 주신 윤혜수 교수님, 김중헌 교수님 그리고 익명의 심사위원님께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- 김미경, 김영환 역, 2000, 일반조류학. 아카데미서적, 220 p.
- 김정환, 김형식, 나기창, 박용안, 박창업, 양승영, 오민수, 원종관, 윤 선, 이동영, 이종혁, 이창진, 조성권, 진명식, 최덕근, 최현일, 1999, 한국의 지질. 시그마프레스, 802 p.
- 윤 선, 김광성, 1984, 한국 포항분지 북부의 제3기 층서. 부산대학교 자연과학 논문집, 38, 283-291.
- 이영길, 1990, 한국 포항분지와 인접해져 신제3기의 고환경. 고생물학회지, 6(1), 64-90.
- 이영길, 유희수, 고영구, 1991, 포항일대 연일층군의 생층서와 고환경. 한국고생물학회지, 7(1), 32-62.
- 정철환, 김주용, 고영구, 1995, 포항지역 연일층군(마이오세)에서 산출된 포자화분 화석군의 고생태. 한국지구과학회지, 16(3), 215-221.
- Adam, D. P. and Mahood, A. D., 1981, Chrysophyte cysts as potential environmental indicators. Geological Society of America Bulletin, Part I, 92, 839-844.
- Bachmann, A., 1964, Part II Silicoflagellide und *Archaeomonadaceae*. In Ichikawa, W., et al., Fossil diatoms, pollen grains and spores, silicoflagellates and archaeomonads in the Miocene Hojiji diatomaceous mudstone, Noto Peninsula, Central Japan, Science Report of Kanazawa University, 9, 87-118.
- Bak, Y., Lee, J. D. and Yun, H., 1996, Middle Miocene Radiolarians from the Duho Formation in the Pohang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 12(2), 225-261.
- Bak, Y., Lee, J. D. and Yun, H., 1997, Radiolarian faunas from the Hageon Formation (Middle Miocene) in the southern Pohang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 13(2), 137-154.
- Bong, P. Y., 1985, Palynology and Stratigraphy of the Neogene Strata in the Pohang Sedimentary Basin. Ph. D. Thesis, Seoul National University, 219 p.
- Byun, H. and Yun, H., 1992, Miocene dinoflagellate cysts from the central part of the Pohang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 8(2), 164-235.
- Choi, D. K., Bong, P. Y. and Kim, B. K., 1984, Tasmanitids from Idong and Pohang (Miocene) formations of Korea. The Journal of the Geological Society of Korea, 20(2), 215-221.
- Deflandre, G., 1933, Seconde note sur les Archaeomonadées. Bulletin de la Société Botanique de France, 76(5-6), 346-355.
- Deflandre, G. 1934, Nomenclature du squelette des Ébriacées et description de quelques formes nouvelles. Annales de Protistologie, 4, 75-96.
- Deflandre, G. 1936, Les flagellés fossiles. Aperçu biologique et paléontologique, Role géologique, Paris, Hermann & Cie, Actualités Scientifiques et Industrielles, 335, 98 p.
- Deflandre, G., 1950, Analyse du squelette d'Ebria et relations de ce genre avec le Ammodochidae. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 230, 1780-1782.
- Deflandre, G., 1951, Recherches sur les Ébridiens, Paléobiologie, Évolution, Systématique. Bulletin Biologique de la France et de la Belgique, 85, 1-84.
- Deflandre, G., 1952, Classe des Ébridiens. in Piveteau, J., Traité de Paleontologie, Paris, Masson et Cie, 1, 125-128.
- Dumitrica, P., 1968, Consideratii micropaleontologice asupra orientului argilos cu radiolari din Tortonianul regiunii carpatice. Studii si cercetari de geologie, geofizica, geografie, Seria Geologie, 13(1), 227-241.
- Dumitrica, P., 1973, Cenozoic endoskeletal dinoflagellates in the Southwestern Pacific sediments cored during Leg 21 of the DSDP. Initial Reports of DSDP, 21, 819-835.
- Duff, K., Zeeb, B. and Smol, J. P., 1995, Atlas of Chrysophycean Cysts. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 189 p.
- Ehrenberg, C. G., 1854, Mikrogeologie. das Erden und Felsen schaffende Wirken des Unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde, Leipzig, Leopold Voss, 374 p.
- Ernissee, J. J., 1976, Endoskeletal dinoflagellates from the Cosawhatchie Clay, Jasper County, South Carolina. Geologic Notes, 20(3), 88-100.
- Ernissee, J. J. and McCartney, K., 1993, Ebridiens, In Lipps, J. H. (ed.), Fossil prokaryotes and protists. Blackwell Scientific Publications, 131-140.
- Ernissee, J. J. and McCartney, K., 1995, Ebridiens and endoskeletal dinoflagellates. In Blome, C. D. et al. (convenors), Siliceous microfossils, Paleontological Society Short Courses in Paleontology, 8, 177-185.
- Frenguelli, J., 1940, Consideraciones sobre los silicoflagelados fósiles. Revista del Museo de La Plata, Nueva Serie 2, 2, Paleontologia, 7, 37-112.
- Frenguelli, J., 1941, Silicoflagelados y Radiolarios del Trípoli del valle de Til-til (Chile). Notas del Museo de La Plata, 6, Paleontologia, 28, 93-100.
- Frenguelli, J., 1951, Silicoflagelados del Trípoli de Mejillones (Chile). Physis, 20, 272-284.
- Gemeinhardt, K., 1931, Organismenformen auf der Grenze zwischen Radiolarien und Flagellaten. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 49, 103-110.
- Hovasse, R., 1932a, Note préliminaire sur le Ébriacées. Bulletin de la Société Zoologique de France, 57, 118-

- 131.
- Hovasse, R., 1932b, Seconde note sur le Ébriaécés. Bulletin de la Société Zoologique de France, 57, 278-283.
- Hovasse, R., 1932c, Troisième note le Ébriaécés. Bulletin de la Société Zoologique de France, 57, 457-476.
- Huh, M., Baik, K. H. and Lee, E. H., 1994, Miocene ostracoda paleoenvironment of the Lower Yeonil Group, Bomunji area, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 10(1), 57-68.
- Kaczmarek, I., 1976, Diatom analysis of Eemian profile in freshwater deposits at Imbramotiwice near Wroc©aw. Acta Paleobotanica, XVII, 3-34.
- Kim, B. K., 1965, The stratigraphy and paleontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea. Seoul National University, Journal of Sciences and Technology Series. 15, 32-121.
- Kim, B. K., 1984, Cenozoic biostratigraphy of South Korea. Paleogeography Paleoclimatology Palaeoecology, 46, 85-96.
- Kim, B. K. and Choi, H. W., 1985, First discovery of *Operculina complanata japonica* from the Pohang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 1(2), 153-158.
- Lee, Y. G., 1993, The marine diatom genus *Chaetoceros* Ehrenberg flora and some resting spores of the Neogene Yeonil Group in the Pohang Basin, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 9(1), 24-52.
- Ling, H. Y., 1973, Silicoflagellates and ebridians from Leg 19. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, 19, 751-775.
- Ling, H. Y., 1975, Silicoflagellates and ebridians from Leg 31. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, 31, 763-777.
- Ling, H. Y., 1977, Late Cenozoic silicoflagellates and ebridians from the eastern North Pacific region. Proceedings of the First International Congress on Pacific Neogene Stratigraphy, Tokyo 1976, 205-233.
- Ling, H. Y. and Kim, B. K., 1983, Miocene archaeomonads from Pohang Area, Korea. The Journal of the Geological Society of Korea, 19(4), 247-251.
- Ling, H. Y., Ingle, J. C. and Kim, B. K., 1988, Miocene siliceous biostratigraphy and magnetostratigraphy from the Pohang area, Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, 4(1), 1-5.
- Locker, S. and Martini, E., 1986, Ebridians and actiniscidians from the southwest Pacific. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, 90, 939-951.
- Locker, S. and Martini, E., 1989, Cenozoic silicoflagellates, ebridians, and actiniscidians from the Vøring Plateau (ODP Leg 104). Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 104, 543-585.
- Loeblich III, A. R., Loeblich, R. A., Tappan, H., and Loeblich, A. R., 1968, Annotated index of fossil and recent silicoflagellates and ebridians with descriptions and illustrations of validly proposed taxa. Memoir 106, The Geological Society of America, 319 p.
- Mitchell, J. G. and Silver, M. W., 1982, Modern archaeomonads indicate sea-ice environments. Nature, 296(5856), 437-439.
- Orr, W. N. and Conley, S., 1976, Siliceous dinoflagellates in the northeast Pacific rim. Micropaleontology, 22(1), 92-99.
- Perch-Nielsen, K., 1975, Late Cretaceous to Pleistocene archaeomonads, ebridians, endoskeletal dinoflagellates, and other siliceous microfossils from the subantarctic southwest Pacific, DSDP Leg 29. Initial Reports of Deep Sea Drilling Project, 29, 873-907.
- Pla, S., 2001, Chrysophycean cysts from the Pyrenees. Bibliotheca Phycologica Band 109, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, J. Cramer. Berlin-Stuttgart, 198 p.
- Sanfilippo, A. and Fourtanier, E., 2003, Oligocene radiolarians, diatoms, and ebridians from the Great Australian Bight (ODP Leg 182, Site 1128). Proceedings of Ocean Drilling Programme, Scientific Results, 1829 (on line), http://www-odp.tamu.edu/publications/182_SR/004/004.htm.
- Schrader, H. J., 1974, Proposal for a standardized method of cleaning diatom-bearing deep-sea and land-exposed marine sediments. In 2nd symposium on recent and fossil diatoms, London, Nova Hedwigi, supplement, 45, 403-409.
- Schulz, P., 1928, Beiträge zur Kenntnis fossiler und rezenter Silicoflagellaten, Botanisches Archiv, 21, 225-292.
- Smol, J. P., 1984, The statospore of *Mallomonas pseudocoronata* Prescott (Mallomonadaceae, Chrysophyceae). Nordic Journal of Botany, 4, 827-831.
- Tappan, H., 1980, The paleobiology of plant protists. W. H. Freeman and Company, 1028 p.
- Taylor, F., 1990, Incertae Sedis Ebridians. In Margulis, L., Corliss, Melkonian, M., and Chapman, D. (eds.), Handbook of Protoctista, Jones and Bartlett Publisher, 720-721.
- Tiffany, M. A., 2002, Skeletal development in *Hermesinium adriaticum* Zacharias, a flagellate from the Salton Sea, California. Hydrobiologia, 473, 217-221.
- Tynan, E. J., 1960, The *archaeomonadaceae* of the Calvert Formation (Miocene) of Maryland. Micropaleontology, 6(1), 33-39.
- Wilkinson, A. N., Zeeb, B. A., Smol, J. P., and Glew, J. R., 2001, Atlas of chrysophycean cysts. Volume II, Development in hydrobiology 157, Kluwer academic publisher, 180 p.
- Woodruff, F., Savin S. M. and Douglas, R. G., 1981, Miocene stable isotope record, A detailed deep Pacific Ocean study and its paleoclimatic implication. Science,

- 212, 665-668.
- Yi, S. and Yun, H., 1995, Miocene calcareous nannoplakton from the Pohang Basin, Korea. *Palaeontographica Abteilung B*, 237, 113-158.
- You, H. S. and Koh, Y. K., 1984, Studies on the silicoflagellates and ebridians from the Tertiary deposits in the northern area of the Pohang basin. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 20(2), 127-132.
- Yoon, S., 1984, Paleoenvironments of the Tertiary of the Pohang Basin, Korea. *The Journal of the Geological Society of Korea*, 20(3), 252-255.
- Yun, H. S., 1986, Emended stratigraphy of the Miocene formations in the Pohang Basin. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 2(1), 54-69.
- Yun H., Paik, K., Chang, S., Yi, S., 1990, Microfossil Assemblages of the Bomun Area. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 6(1), 1-63.
- Zacharias, O., 1906, Eine neue Dictyochide aus dem Mittelmeer, *Hermesinum adriaticum* n. g., n. sp. *Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde*, 1, 394-398.
- Zeeb, B. A. and Smol, J. P., 1993, Chrysophycean stomatocyst flora from Elk Lake, Clearwater County, Minnesota. *Canadian Journal of Botany*, 71, 737-756.

2005년 12월 5일 접수
2006년 2월 1일 수정원고 접수
2006년 2월 3일 원고 채택