

하부 백악계 영동층군에서 산출된 구과류 화석과 고기후적 의미

서지혜¹ · 김종현^{2,*}

¹가좌초등학교, 411-440, 경기도 고양시 일산서구 가좌동 1099

²공주대학교 지구과학교육과, 314-701, 충남 공주시 신관동 182

Conifer Fossils from the Lower Cretaceous Youngdong Group and Their Paleoclimatic Implication

Ji-Hye Seo¹ and Jong-Heon Kim^{2,*}

¹Gajwa Elementary School, Kyeonggi 411-440, Korea

²Department of Earth Science Education, Kongju National University, Chungnam 314-701, Korea

Abstract: A large number of fossil plants were collected from the Lower Cretaceous Youngdong Group in the Youngdong area of Chungcheongbug-do, Korea. Youngdong flora consists of 5 genera and 6 species, such as *Frenelopsis* cf. *alata*, *Pseudofrenelopsis* cf. *parceramosa*, *P.* cf. *varians*, *Brachyphyllum* cf. *vulgare*, *Pagiophyllum* sp., and *Classostrobus* sp., including the male and female cones of *Pseudofrenelopsis* first occurred in the study area. All of them belong to conifers of Cheirolepidiaceae. It is presumed that Youngdong flora might have flourished under the arid subtropical climate during the middle-late Early Cretaceous.

Keywords: Youngdong flora, Cheirolepidiaceae, arid subtropical climate, Early Cretaceous

요약: 충북 영동 지역에 분포하는 하부 백악계 영동층군에서 식물화석이 많이 산출되었다. 영동 식물군은 이번에 처음 산출된 *Pseudofrenelopsis*의 자성생식기관과 웅성생식기관을 포함하여 *Frenelopsis* cf. *alata*, *Pseudofrenelopsis* cf. *parceramosa*, *P.* cf. *varians*, *Brachyphyllum* cf. *vulgare*, *Pagiophyllum* sp. 및 *Classostrobus* sp.의 5속 6종으로 구성된다. 이들은 모두 케이로레피드과에 속한다. 영동 식물군은 전기 백악기 중기-후기에 아열대의 건조한 기후 하에서 번성한 것으로 추정된다.

주요어: 영동 식물군, 케이로레피드과, 아열대의 건조한 기후, 전기 백악기 중기-후기

서론

영동층군은 충청북도 영동 지역에 분포하는 백악기의 퇴적암이며 옥천변성대에 분포하는 소규모 퇴적 분지 중의 하나이다. 영동층군의 지질과 고생물에 관한 연구는 옥천변성대의 구조조운동과 관련한 퇴적 분지 발달 규명과 아울러 경상 분지와와의 대비를 가능케 함으로써 이 시기의 한반도 지질을 이해하는 데 있어 매우 중요한 정보를 제공해 줄 수 있다. 뿐만 아니라 영동층군을 비롯한 소규모 분지들이 옥천변성

대의 연변부에 분포하고 있는 점을 감안할 때 시대 미상의 옥천층군에 대한 지질 시대 규명 및 한반도의 지질 계통을 확립하는 데 있어서도 중요한 자료를 제공할 것으로 판단된다(김규봉과 황재하, 1986).

충북 영동 지역을 중심으로 분포하는 영동층군은 처음 Shimamura(1927)에 의해 지질학적 조사가 이루어진 이래, 국내의 여러 연구자들에 의해 추가적인 연구가 이루어졌다. Shimamura(1927)는 영동층군에서 구과류(conifers)의 케이로레피드과(Cheirolepidiaceae)에 속하는 2속 3종의 식물화석을 처음 보고하였다. 이후 전희영 외(1993)는 영동층군에서 2종의 속씨식물을 포함하여 11종의 식물화석을 보고하였다. 최근에 서지혜(2006)는 영동 지역에서 식물화석과 고기후와의 관련성에 중점을 두고 연구를 수행한 바가 있다.

*Corresponding author: jongheon@kongju.ac.kr

Tel: 82-41-850-8295

Fax: 82-41-850-8299

식물화석은 고기후나 고생대에 대한 중요한 단서를 제공한다. 기후는 식물의 분포나 종류에 큰 영향을 주고, 그 결과 지구상의 식물상은 기후에 의해 규제된 분포를 이루게 되므로 식물화석은 고기후를 알려주는 중요한 지시자로 이용되고 있다. 특히, 케이로레피드과의 식물은 백악기의 대표적인 건조 기후의 지시자로 알려져 있다(Alvin, 1982). 케이로레피드과의 식물은 중생대 구과류 화석 중 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며, 지난 수십 년 동안 세계적으로 많은 연구자들에 의해 고식물학적 연구가 계속되어 왔다(e.g. Upchurch and Doyle, 1981; Alvin, 1982; Alvin et al., 1994; Watson, 1977, 1988; Srinivasan, 1995; Zhou, 1995; Saiki, 1999; Daviero et al., 2001; Gomez et al., 2002; Axsmith et al., 2004; Axsmith and Jacobs, 2005; Deng et al., 2005; Rothwell et al., 2007). 케이로레피드과의 화석식물은 현존하는 구과류의 남양삼나무과(Aracuciaceae), 낙우송과(Taxodiaceae), 측백나무과(Cupressaceae) 등의 형태학적 근거가 되는 식물학적 특성을 모두 지니고 있다(Ohana and Kimura, 1993).

본 연구에서는 식물화석의 연구에 중점을 두고 영동충군의 기존 화석 산지와 새로운 화석 산지로부터 구과류의 식물화석을 다수 채집하였다. 동정리 지역의 동정리층은 구과류 화석이 공통발자국에 수반되어 산출되는 것으로 보아 초식공룡의 먹이와도 깊은 관계가 있을 것으로 생각된다(전희영, 2005). 이러한 구과류 화석을 대상으로 고식물학적 연구를 수행하고 산출된 화석의 특징에 의해 시대 및 고기후를 해석해 보고자 한다.

연구 지역의 지질과 층서

영동충군은 영동읍을 중심으로 넓게 분포하며, 옥천대의 남동변에 N10-40E의 주향을 갖고 대상으로 길게 발달하고 있다. 영동 지역 남동변은 영남육괴와 단층으로 접하고 있으며, 북서변은 선백악기의 화강암, 옥천층군, 평안층군과 부정합적인 관계로 위치하고 있다. 그리고 영동충군이 퇴적된 후 경상주분지의 유천층군과 거의 동일시기에 형성된 유문암류로 보이는 장석 반암, 석영 반암과 현무암 등이 정합적으로 노출되어 있다.

Shimamura(1927)는 영동 지역에 분포한 주로 역암과 적색 셰일로 구성되는 퇴적암을 처음 영동통으로

명명하고 하부로부터 시금리층, 회동리층, 선유동층으로 구분하였다. 그 후 손치무 외(1969), 김항목(1974), 김규봉과 황재하(1986), Lee and Paik(1989, 1990), 전희영 외(1993), 최성자 외(1996) 등에 의해 본역에 대한 층서학적 재검토가 이루어졌다. 손치무 외(1969)는 Shimamura의 영동통을 영동충군으로 수정하였다. 여기에서는 김규봉과 황재하(1986)에 의해 설정된 지층명을 따랐고, 연구지역의 지질도 및 화석 산지는 Fig. 1과 같다.

김규봉과 황재하(1986)에 의하면, 영동충군은 하부로부터 만계리층, 산이리층, 동정리층, 백마산층 및 선유동층, 원촌리층, 명륜동층으로 구분된다. 식물화석은 하부층인 산이리층에서 상부층인 명륜동층에 이르기까지 모든 층에서 산출되는 것으로 알려져 있지만, 이번 연구에서는 주로 산이리층과 동정리층에서 화석이 산출되었다.

산이리층은 영동지역 남서부인 영동군 용산면 산지리에서 남으로 영동읍 설계리 및 산이리에 걸쳐 넓게 분포하며 남쪽으로 설천도폭의 북동쪽으로 연장된다. 산이리층의 주된 구성암석은 회색 내지 흑색 셰일, 회녹색 내지 적색 셰일, 회녹암 내지 적색 사암이다. 본 연구에서는 이 층의 흑색 셰일에서 대체로 질이 좋은 구과류 화석들이 산출되었다. 주 산출지는 설계리이며, 부용리 영동농고 뒤편, 괴목리 일대이다. 산출 화석은 *Pseudofrenelopsis*, *Frenelopsis*, *Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*, 웅성생식기관(male cone)인 *Classostrobus*, 분류미상의 자성생식기관화석(female cone) 등이다.

동정리층은 영동충군의 모든 지층들 가운데 가장 넓은 범위로 분포하는 지층으로 하부 산이리층을 정합적으로 덮고 있으며, N40E방향의 대상으로 넓게 분포한다. 주요 구성 암석은 적색 역암이며 흑색 셰일층준이 중상부에 협재되어 발달한다. 동정리 일대의 노두가 잘 발달된 곳에서 *Pseudofrenelopsis*, *Frenelopsis*, *Brachyphyllum* 등의 구과류 화석이 많이 산출되었으며, 연흔, 건열, 공통발자국도 함께 나타난다. 회포리의 셰일층에서도 *Pseudofrenelopsis*, *Frenelopsis*, *Brachyphyllum* 등이 산출되었다.

연구 방법

본 연구를 위하여 영동충군을 대상으로 야외 조사를 실시하고 300여점의 식물화석을 채취하였다. 야외 조사는 영동도폭(김규봉과 황재하, 1986)과 설천도폭

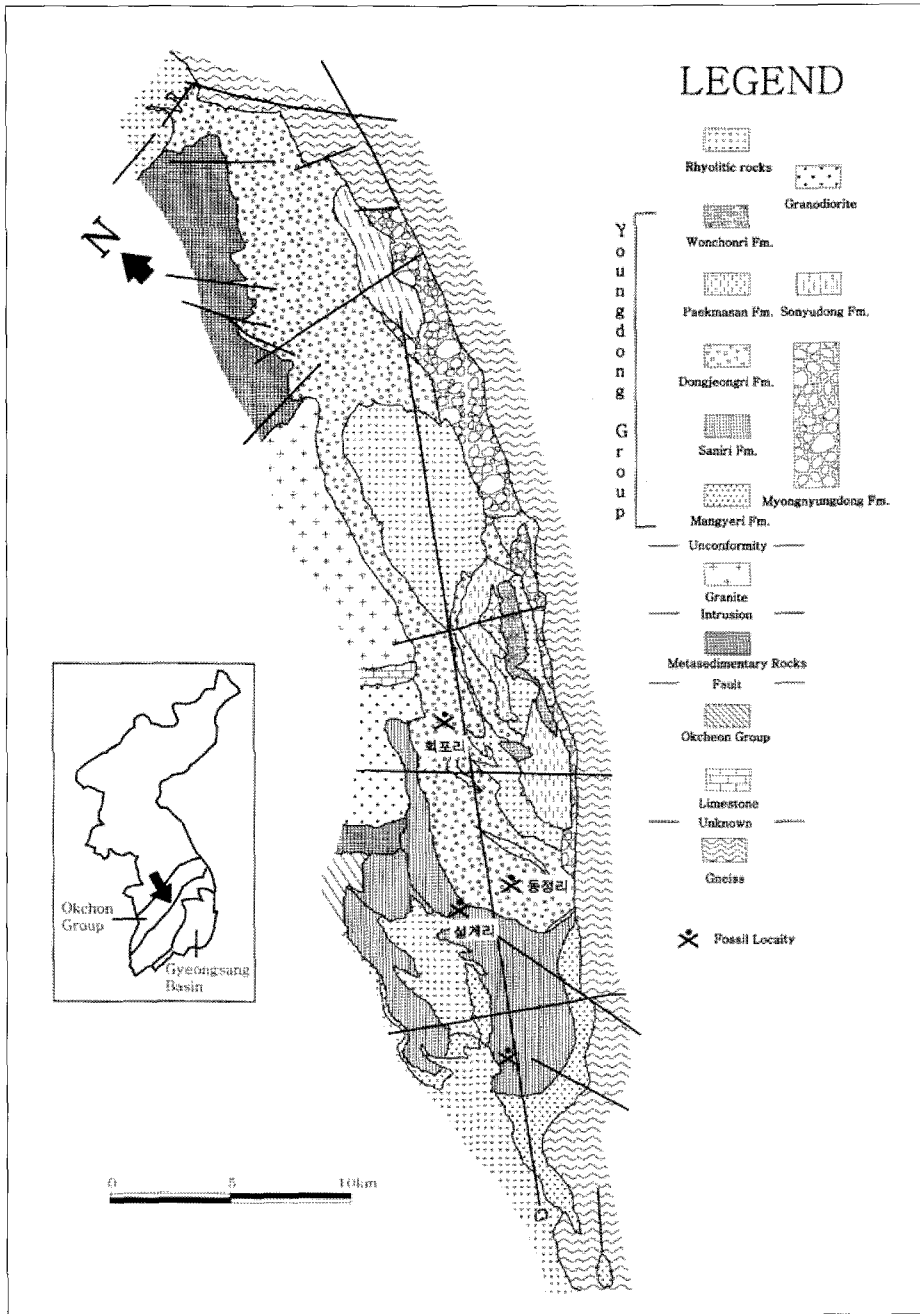


Fig. 1. Geological map of Youngdong area (redrawn after Choi et al., 1996) and fossil locality.

(윤석규와 박병규, 1965)을 중심으로 기 화석 산지를 검토하여 부용리, 설계리, 회포리, 동정리 등에서 구 과류 화석을 채집하였고 괴목리 일대에서 새로운 화석 산지를 발견하였지만, 여기에서는 영동도폭 지역에 대해서만 언급한다.

식물 화석은 모두 인상화석으로 보존되었으며 세일

층의 층리면에 평행하게 밀집된 상태로 나타나지만 대부분 파편상이다. 채집된 화석은 접사 촬영하여 기록으로 보존하였으며, 실제 현미경을 통해 형태적 특징을 세밀히 관찰하였다. 식물화석에 대한 특징과 분류는 화석의 외부형태적 정보와 내부 구조의 현미경적인 특징이 함께 제공되어야 보다 정확한 동정이 이

루어질 수 있다. 그러나 본 연구에서 산출된 식물화석은 모두 인상화석들이어서 형태적 특징에 의해서만 동정이 이루어져 분류에 제한점이 있다. 국내외 백악기 지층에서 산출된 구과류 화석의 특징과 비교 분석하여 본 연구에서 산출된 구과류 화석을 분류하였다.

구과류 화석의 관찰 결과

영동충군의 산이리층과 동정리층에서 산출된 식물화석의 연구 결과, 모두 구과류의 케이로레피드과에 속하는 화석으로 밝혀졌으며 총 5속 6종으로 분류되었다. 그중에서 *Pseudofrenelopsis*의 웅성생식기관 (male cone)인 *Classostrobus* 1속과 자성생식기관 (female cone)으로 추정되는 구과화석이 처음 산출되었으며, 현재까지 영동충군에서 보고된 화석식물은 Table 1과 같다.

***Pseudofrenelopsis*속:** *Pseudofrenelopsis*는 마디(node), 절간(internode), 운생하는 잎(leafy whorl)으로 구성되고, 이러한 세부적 특징은 종 판별에 있어 중요한 의미를 갖는다. *Pseudofrenelopsis*의 잎은 마디에 하나씩 나타나며, 돌려나기(운생)로 배열되고 엽초 구조를 이룬다. 줄기는 원래 원통 모양이지만 화석화되는 과정에서 압축되어 편평한 형태로 나타나고, 기공들 때문에 절간 부분에 작은 점들로 된 세로선이 나타난다.

Daviero et al.(2001)에 의하면, 잎의 폭과 절간의 길이는 상관관계가 없으며 크기에 있어서도 매우 다양하다. 잎의 가장자리는 얇은 막으로 싸여 있으며 현미경 하에서 관찰하면 톱니 모양을 이룬다(Watson, 1977). Watson(1977)에 의하면, *Pseudofrenelopsis*의 잎은 줄기를 완전히 감싸는 폐쇄형(closed type)과 완전히 감싸지 못하는 개방형(open type)의 두 가지 형태가 있다. 영동충군에서 산출된 *Pseudofrenelopsis* cf. *parceramosa*는 줄기가 다소 가늘고 잎이 작으며 주로 폐쇄형이다(Fig. 2A). 이에 비해 *Pseudofrenelopsis* cf. *varians*는 잎의 크기가 *P. cf. parceramosa*에 비해 다소 크고 개방형이다(Fig. 2G). Deng et al.(2005)에 의하면, *Pseudofrenelopsis*는 일본, 중국, 유럽, 북미 등의 전기 백악기 지층에서 현재까지 8종이 알려져 있다. 우리나라의 경우는 경북 하양충군 반아월층 (Tateiwa, 1924, 1929), 전남 진안충군 산수동층 (Shimamura, 1926), 영동지역 시금리층(Shimamura, 1927), 황해도의 포남리층과 한봉산층(Shimamura, 1929) 등의 백악기 지층에서 2종이 보고되었다.

***Frenelopsis*속:** *Frenelopsis*속은 백악기 지층에서 10여 종이 알려져 있으며(Alvin, 1982; Saiki, 1997), 형태적으로 *Pseudofrenelopsis*와 매우 유사하다. 두 속은 주로 같은 층에서 함께 나타나기도 하여 많은 학자들이 혼돈을 일으키는 경우가 잦았으나, Watson(1977,

Table 1. List of fossil plants from the Youngdong Group

Taxa	Author	Shimamura (1927)	Chun et al. (1993)	This study
<i>Equisetites</i> sp.			○	
<i>Frenelopsis hohenggeri</i>		○		
<i>Frenelopsis</i> cf. <i>alata</i>			○	○
<i>Frenelopsis</i> sp.			○	
<i>Pseudofrenelopsis</i> cf. <i>parceramosa</i>				○
<i>Pseudofrenelopsis</i> cf. <i>varians</i>				○
<i>Brachyphyllum</i> cf. <i>vulgare</i>			○	○
<i>Brachyphyllum</i> cf. <i>macrocarpum</i>		○		
<i>Brachyphyllum</i> sp.			○	
<i>Pagiophyllum</i> sp.		○		○
<i>Classostrobus</i> sp.				○
<i>Cupressinocladus</i> sp.			○	
<i>Mikastrobus</i> sp.			○	
<i>Platanus</i> sp.			○	
<i>Populus</i> sp.			○	
<i>Aphlebia</i> sp.			○	
female cone				○
cone structure			○	

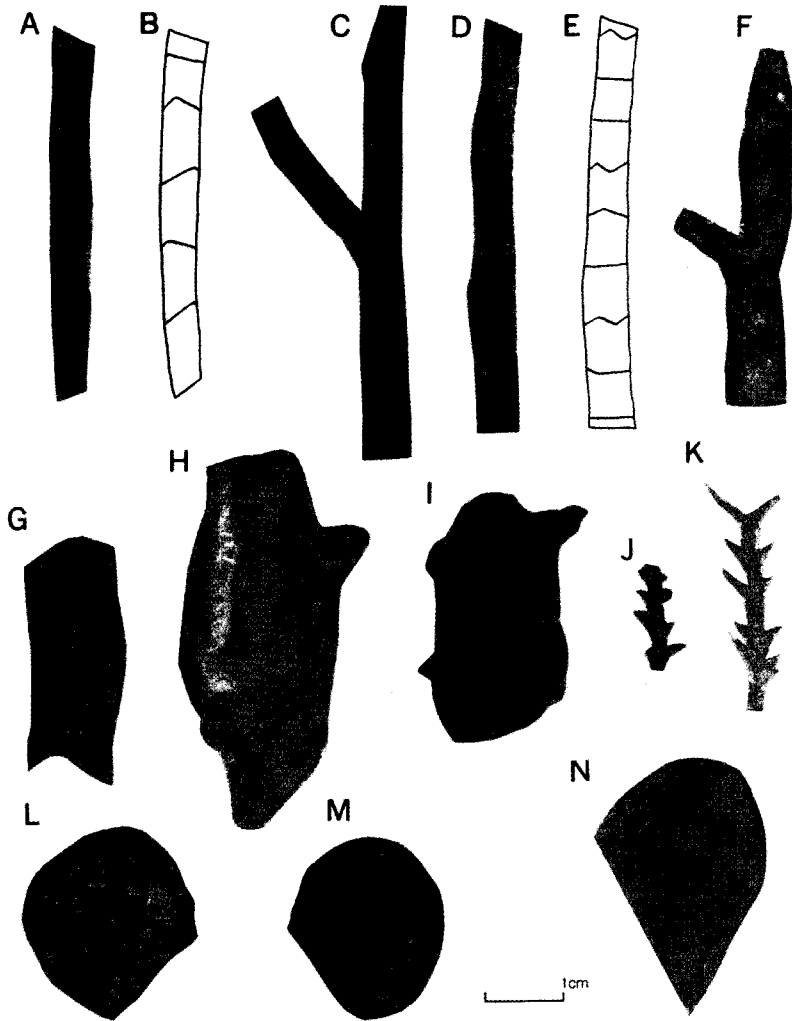


Fig. 2. Fossil plants from the Youngdong Group. A. leafy whorl and node of the *Pseudofrenelopsis* cf. *parceramosa*; B. Drawn from A; C. branched shoot of *Pseudofrenelopsis* cf. *parceramosa*; D. leafy whorl and node of the *Frenelopsis* cf. *alata*; E. Drawn from D; F. branched shoot of *Frenelopsis* cf. *alata*; G. leafy whorl and node of the *Pseudofrenelopsis* cf. *varians*; H and I. *Brachyphyllum* cf. *vulgare*; J and K. *Pagiophyllum*; L. *Classostrobus*: male cone of the *Pseudofrenelopsis*; M. counter part of L; N. Female cone of the *Pseudofrenelopsis*.

1988)과 Srinivasan(1995)에 의해 분류 기준이 명확히 제시되었다. 본 연구에서는 Watson(1977, 1988)과 Srinivasan(1995)이 개정한 분류 기준에 따라 분류하였다. *Pseudofrenelopsis*는 각 마디에 1개의 잎이 붙고, *Frenelopsis*는 2개 또는 3개의 잎이 붙는 점에서 서로 구별된다. 산이리층에서 산출된 화석의 잎은 하부에서 엽초를 이루지만 그 상부에서는 3개의 잎이 분리되어 나타난다(Fig. 2D). 형태적 특징은 포르투갈, 영국, 미국의 백악기 지층에서 보고된 *Frenelopsis*

alata(Alvin, 1977; Watson, 1977)와 비슷하지만 큐티클의 특징이 없기 때문에 여기에서는 *Frenelopsis* cf. *alata*로 분류하였다. Shimamura(1927)에 의해 영동층군의 시금리층에서 보고된 *Frenelopsis hohenggeri*는 그 표본과 기제가 없는 상태이므로 비교할 수 없다.

*Pagiophyllum*속: Harris(1979)에 의하면, *Pagiophyllum*속은 형태속(form-genus)이며, 잎이 줄기에 나선형으로 붙는다(Fig. 2J, K). 잎의 길이는 엽침의 폭에 비

하여 길고, 잎의 하부는 줄기 아래로 하연(下延)하여 엽침을 이루지만 잎의 상부는 분리되어 있다. 산이리층에서 산출된 화석은 형태적으로 *Pagiophyllum*속의 특징과 일치하지만 보존 상태가 불완전하여 증명까지는 동정할 수 없다.

*Brachyphyllum*속: 형태적으로 *Brachyphyllum vulgare*의 잎과 비슷하지만 큐티클이 보존되지 않았기 때문에 *Brachyphyllum cf. vulgare*로 분류하였다. 잎은 주로 오각형이나 육각형 모양이며, 줄기에 매우 짧고 조밀하게 나선형으로 붙는다(Fig. 2H, I). 특히, 잎의 끝부분이 삼각형이나 원뿔형으로 뾰족하며 위를 향해 굽어져 있는 것이 특징이다. 어린 가지에 붙는 잎들은 줄기 표면에 하나씩 서로 교차되어 나타나며, 오래된 굵은 가지의 잎들은 여러 개의 잎이 나선형으로 나타난다. 잎 표면에는 작은 유두모양의 돌기가 있고 오래 되면 두터워지면서 방패 모양으로 팽창한다. 팽창이 계속되면 유두 모양의 돌기가 완전히 사라지고 잎들은 보호판 같이 가지를 둘러싼다. 잎이 떨어진 후 줄기는 능형의 엽침(leaf cushion)으로 덮이고 유관속이 중앙에 나타난다.

*Brachyphyllum vulgare*는 동아시아의 중생대의 지층에서 보편적으로 알려진 종이지만, 잎의 형태와 현미경적 특징에 변이가 다양하기 때문에 생식기관이 동반되어 산출되지 않는 한 정확한 분류는 매우 어렵다(Ohana and Kimura, 1993). 전희영 외(1993)는 영동충군의 산이리층에서 현재의 종과 비슷한 화석을 보고한 바가 있다. Shimamura(1927)가 시금리층에서 *Brachyphyllum macrocarpum*의 산출을 보고했지만 비교 대상의 표본도 기재도 그림도 아무 것도 없는 상태에서 이름만으로 비교는 곤란하다. 이 화석은 일본의 후기 쥐라기에서 전기 백악기로 알려진 테토리 식물군에서 알려져 있다(Oishi, 1940). Ohana and Kimura(1993)에 의하면, *Brachyphyllum vulgare*의 현미경적 특징은 남양삼나무과, 케이로레피드과, 나한송과(Podocarpaceae), 낙우송과와 비슷하여 분류상의 위치를 정확히 정하기가 어렵다. Jeffrey(1910)는 *Brachyphyllum vulgare*를 남양삼나무과에 포함시켰지만, 일반적으로 케이로레피드과에 포함되고 있다.

*Classostrobus*속: *Pseudofrenelopsis*와 *Pagiophyllum*의 웅성번식기관(male cone)으로 추정되는 기관속이며 화분을 생산하는 기관이다. 크기가 1.5 cm×1.3

cm로 작은 원형을 이룬다. 화분이 검출되지 않았지만 표본의 형태적 특징은 Alvin et al.(1978, 1994)에 의해 다시 기재된 *Classostrobus*와 매우 비슷하다(Fig. 2L, M). *Classostrobus*는 건조 기후의 대표적 지시자로 알려진 화분 화석 *Classopollis*를 생산하는 기관속으로 알려져 있으며, 현재까지 *Classostrobus comptonensis*, *C. cathayanus*, *C. cloughtonensis*, *C. ugunaensis*, *C. turolensis*, *C. arkansensis* 그리고 *C. crossii*의 7종이 알려져 있다(Watson, 1988; Alvin et al., 1994; Gomez et al., 2002; Axsmith et al., 2004; Rothwell et al., 2007). 이중에서 *C. comptonensis* (Alvin et al., 1994)와 *C. arkansensis*(Axsmith et al., 2004)는 *Pseudofrenelopsis parceramosa*의 웅성생식기관으로 알려져 있다. 이것은 한 종의 식물에 대해 두 가지 종류의 생식기관이 존재함을 의미한다. Axsmith et al.(2004)은 한 종에 대해 두 가지 종류의 생식기관이 존재하는 현상을 생식전략의 다양성으로 설명하였다. 영동충군에서 산출된 *Pseudofrenelopsis cf. parceramosa*와 동반되어 산출된 웅성생식기관 화석은 위에서 언급한 *C. comptonensis* 또는 *C. arkansensis*와 형태적으로 비슷하지만 정확히 어느 종과 더 관련이 있는지 현재의 자료만으로는 판단할 수 없다. 앞으로 더 많은 표본이 발견될 때까지 일시적으로 *Classostrobus sp.*로 동정하였다. 전희영 외(1993)는 동정리층에서 낙우송과에 속하는 구과(cone)의 화석을 보고하였는데 크기와 형태로부터 판단하면 *Classostrobus sp.*와 매우 비슷하다. 우리나라에서 구과류의 웅성번식기관의 발견은 처음이지만 화분은 검출되지 않았다. 우리나라 중생대 백악기 퇴적 분지는 일부를 제외하고(Choi, 1989; Yi et al., 1996), 변성작용을 많이 받아 열에 약한 화분들은 대부분 손상되어 거의 산출되지 않는다.

자성생식기관(female cone): 구과의 화석은 작은 타원형이며, 가는 줄기의 끝에 달려있고, 크기는 1 cm×2 cm이다(Fig. 2N). 표면은 작은 능형의 인편이 나선상으로 붙어있다. 크기로 보아 미성숙된 자성생식기관으로 추정된다. 화석으로서 자성번식기관의 산출은 매우 귀하고 이에 대한 연구도 아직 부족하다. 비록 구과의 크기는 작지만 그 형태적 특징은 Watson(1988)에 의해 복원된 *Himeriella muensteri*의 자성생식기관과 비슷하다. 구과 화석은 *Pseudofrenelopsis*의 잎과 동반되어 산출되었고 주변에 다른 종류의 잎화

석이 없는 것으로 보아 *Pseudofrenelopsis*와 깊은 관련이 있을 것으로 추정된다.

영동식물군의 시대 및 고기후적 의미

영동층군에서 산출된 화석은 모두 구과류의 케이로레피드과에 속하는 화석이다. 전체적으로 식물군의 조성이 단조롭고 종의 다양성이 매우 낮다. 케이로레피드과의 식물은 중생대 트라이아스기에서 백악기 후기까지 나타나지만 주로 백악기에 들어와 번성한 그룹이다. 특히 *Pseudofrenelopsis*는 열대 내지 아열대 기후의 건생식물 또는 염생식물로 알려져 있고 (Alvin, 1982; Watson, 1988), 세계적으로 분포하지만 대부분 전기 백악기에 한하여 산출되고 있다.

영동층군의 산이리층에서는 *Pseudofrenelopsis cf. parceramosa*가 주로 산출되는데, 이 종은 하부 백악계의 최하부인 Berriasian에서 상부 백악계 최하부인 Cenomanian까지 그 산출이 알려져 있다 (Watson, 1988). 그리고 동정리층에서는 *P. cf. varians* 이외에 미화석인 개형층과 윤조화석이 함께 산출되고 있는데, *P. cf. varians*는 Aptian에서 Albian까지 그 산출이 알려져 있다. 그리고 윤조화석에 의하면(최성자 외, 1996), 동정리층은 경상 분지 하양층군의 일직층 (Aptian)에 대비되고 있다. 따라서 영동식물군은 그 구성종으로부터 판단하면 전기 백악기 초기-중기로 알려진 낙동식물군보다 후기의 것으로 판단된다.

전희영 외(1993)는 영동층군에서 11종의 식물화석을 보고했는데, 그중에 2종의 속씨식물이 포함되어 있다. 그러나 속씨식물이 산출된 정확한 위치와 층명이 없고 기재 및 그림도 언급이 없기 때문에 진위 여부를 알 수 없다. 만약 이들 속씨식물의 분류가 타당한 것이라면 영동 식물군이 낙동 식물군보다 시대적으로 더 새로운 것으로 판단할 수 있는 근거가 된다. Tateiwa(1976)에 의하면, 낙동 식물군은 대략 50여 종의 식물화석으로 구성되어 있지만, Kimura(2000)가 이미 지적한 바와 같이 속씨식물이 한 종도 포함되어 있지 않다. 그리고 전남 고흥 지역의 백악기 지층에서 Kenrick et al.(2000)이 처음 보고한 고흥 식물군에도 속씨식물이 포함되어 있지 않다. 따라서 낙동 식물군과 고흥 식물군은 조성이 서로 비슷하고 속씨식물의 산출이 없다는 것로부터 비슷한 시대의 것으로 판단된다. Hatae(1937)에 의하면, 경상 분지 북단의 영덕 부근에 분포하는 경정동층과 신양

동층에서도 각각 5종과 27종의 식물화석의 산출이 알려져 있다. 현재 경정동층은 신동층군의 진주층에, 신양동층은 하양층군의 최상부인 건천리층에 각각 대비되고 있다(Hatae, 1937; 장기홍 외, 1990; 전희영 외, 1994). Hatae(1937)와 전희영 외(1994)가 보고한 경정동층의 식물화석에는 속씨식물이 포함되어 있지 않다. 그러나 신양동층의 식물화석은 대부분이 속씨식물로 구성되어 있다는 점에서 경정동층의 식물군과 신동층군의 낙동 식물군과는 확실히 구별된다. 따라서 2종의 속씨식물을 포함하는 영동 식물군은 시대적으로 신양동층의 식물군보다 약간 오래되었거나 비슷하다고 볼 수 있다. 영동 식물군은 조성이 빈약하여 정확한 시대를 추정하기는 어렵지만 현재의 자료로 보는 한 전기 백악기 중기에서 후기로 추정된다.

케이로레피드과의 식물화석 중 *Pseudofrenelopsis*와 *Frenelopsis*는 열대 내지 아열대의 건조기후의 지시자로 알려져 있다(Alvin, 1982; Ohana and Kimura, 1995). 건조한 기후에 적응한 식물은, Ohana and Kimura(1995)가 언급한 바와 같이, 건생 형태의 여러 가지 형질 중에서 단수 또는 복수의 형질을 갖는다. 그 이외에도 Fahn and Cutler(1992)는 건생 형태의 다양한 형질을 제시하였다. *Pseudofrenelopsis*와 *Frenelopsis*는 일반적으로 건조한 기후에 적응하여 잎의 큐티클이 두껍게 발달되어 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근까지의 연구를 종합해 보면, *Pseudofrenelopsis*와 *Frenelopsis*의 식물은 모두 건생 식물이 아니라는 것이다. 예를 들면, 북미의 전기 백악기층에서 보고된 *Pseudofrenelopsis varians*는 큐티클의 두께가 최대 110 μm 에 달하는 것도 있지만(Alvin, 1982; Srinivasan, 1995), 중국의 전기 백악기층에서 보고된 *P. heishanensis*는 3-5 μm (Zhou, 1995), 일본 북해도의 전기 백악기층에서 보고된 *Pseudofrenelopsis glabra*와 *Frenelopsis pombetsuensis*는 각각 3-4 μm 과 3 μm (Saiki, 1997) 등의 정상적인 두께의 큐티클을 갖는 종들도 있다. 큐티클의 두께가 얇다는 것은 Saiki(1999)가 이미 언급한 바와 같이, 이들의 식물이 건조한 기후가 아니라 습윤한 기후에서 정상적으로 생육된 것을 지시하는 것이다. 이것으로 보아 케이로레피드과의 식물은 같은 건조기후대에 있어서도 지역에 따라 차이가 현저하게 나타남을 알 수 있다. 영동층군을 비롯한 우리나라 전역의 백악기 지층에서 산출되는 *Pseudofrenelopsis cf. parceramosa*와 *P. cf. varians*는 인상이기 때문에 큐티클의 두께

를 알 수 없다. 그러나 외국의 예를 보면, 이들의 큐티클은 다른 종들에 비하여 상당히 두껍기 때문에 건생식물로 보아도 무리가 없다.

Alvin(1982)은 하부 백악계 최하부인 Berriasian에서 상부 백악계 최하부인 Cenomanian 동안에 Vakhrameev (1978)의 고기후대와 Smith et al.(1981)의 고지리를 참고로 하여 *Pseudofrenelopsis*와 *Frenelopsis*의 분포를 나타냈는데, 그 대부분은 아열대의 건조한 기후대에 분포하며 일부는 적도대의 저위도 지역까지 분포한다. Alvin(1982)에 의하면, 우리나라는 아열대의 건조기후대에 속한다. 영동충군에서 건생식물 이외에 산이리층에서 나타나는 석회질층(calcareous bed)의 존재는 영동 지역에 건조한 기후가 있었음을 지지한다(최성자 외, 1996). 다른 지역의 백악기 지층에도 건조한 기후에서 형성된 것으로 보이는 석회질 및 버티졸의 고토양이 흔히 나타난다(양승영 외, 2005).

신동충군에서 산출된 낙동 식물군(Yabe, 1905, 1922; Ogura, 1927; Oishi, 1939, 1940)은 선대류, 속새류, 양치류, 화석소철류, 소철류, 구과류 등의 다양한 분류군으로 구성되어 있지만, 그 중에서 소철류와 화석소철류가 가장 번성한 그룹이고 다음으로 양치류이다. 이것은 낙동 식물군이 적어도 열대 내지 아열대의 습윤한 기후 하에서 번성했다는 것을 지지한다. 이러한 기후는 낙동 식물군에 포함된 나무고사리 화석(Ogura, 1927, 1941)으로부터 추정된 고기후와도 일치한다(정창희와 백광호, 1992).

낙동 식물군에는 건조 기후의 지시자로 알려진 *Pseudofrenelopsis*의 1속이 포함되어 있지만 그 산출량은 극히 적다. 이것에 비하여 영동충군의 식물군은 대부분 케이로레피드과의 식물로 구성되고 종의 다양성이 적은 반면에 화석의 산출량은 상당히 많다. 건생식물로 알려진 *Pseudofrenelopsis*는 우리나라 백악기의 모든 지층에서 나타난다. 그리고 경북 달성 지역에 분포하는 신동충군의 최상부층인 진동층에서도 *Pseudofrenelopsis parceramosa*가 산출되고 있다(양승영 외, 2005). 식물군의 조성은 기후와 밀접한 관계가 있다는 것으로부터 판단하면, 영동 식물군은 아열대의 건조한 기후에서 번성한 것으로 추정된다.

결 론

1. 영동충군에서 산출된 구과류 화석은 모두 케이로레피드과(Cheirolepidiaceae)에 속하며, *Pseudofrenelopsis*

cf. *parceramosa*, *P. cf. varians*, *Frenelopsis cf. alata*, *Brachyphyllum cf. vulgare*, *Pagiophyllum sp.*, *Classostrobus sp.*의 5속 6종이 동정되었다. 그리고 *Pseudofrenelopsis*의 자성과 웅성생식기관으로 추정되는 구과화석이 처음 발견되었다.

2. 영동 식물군이 번성한 시대는 전기 백악기 중기에서 후기이며, 그 시기의 고기후는 아열대의 건조한 기후로 추정된다.

사 사

본 논문의 원고를 읽고 친절하게 심사를 해주신 충북대학교의 이창진 교수님과 교원대학교의 김정률 교수님, 그리고 내용의 미비점에 대하여 상세한 지적과 건설적인 비평을 가해주신 김경수 교수님에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 김규봉, 황재하, 1986, 영동도폭(1/50000) 및 설명서. 한국동력자원연구소, 대전, 24 p.
- 김항목, 1974, 한국 영동충군의 퇴적. 지질학회지, 10, 225-244.
- 서지혜, 2006, 백악기 영동충군에서 산출된 구과류 화석의 특징과 고기후적 의미. 공주대학교대학원 석사학위논문, 43 p.
- 손치무, 정창희, 이상만, 엄상호, 1969, 우리나라의 퇴적환경과 지질구조에 관한 연구. 과학기술, 49 p.
- 양승영, 백인성, 김중욱, 윤철수, 이인호, 2005, 달성 2차 지방산업단지 문화재화석 학술조사 보고서. 한국지질고생물학 연구회, 대구, 134 p.
- 윤석규, 박병규, 1965, 설천도폭 지질보고서 및 지질도(1/50000). 한국동력자원연구소, 대전, 15 p.
- 장기홍, 우병걸, 이진형, 박순옥, Yao, A., 1990, 경상분지 동부의 백악기 및 전기 신생대 층서 및 지사. 지질학회지, 26, 471-496.
- 전희영, 2005, 영동은 공룡낙원. 충청투데이, 2005. 4. 28.
- 전희영, 엄상호, 최성자, 김유봉, 김복철, 최영섭, 1993, 옥천대주변 백악기 소퇴적분지의 화석군집 모델 연구(I). KR-93(T)-11, 122 p.
- 전희영, 최성자, 김유봉, 김복철, 1994, 경동충층의 층서·고생물 연구. 한국자원연구소, KR-93-IG-1, 69 p.
- 정창희, 백광호, 1992, 금부산 나무고사리 화석 산지에 대한 연구. 대한지질학회(편집), 천연기념물(화석암석류) 및 공룡발자국 화석류 조사보고서, 3-41.
- 최성자, 김유봉, 김복철, 1996, 영동분지에 분포하는 백악기 퇴적층의 층서 고생물학적 연구. 한국자원연구소 연구보고서 KR-95(C)-1, 118 p.
- Alvin, K.L., 1977, The conifer *Frenelopsis* and *Manica* in

- the Cretaceous of Portugal. *Palaeontology*, 20, 387-404.
- Alvin, K.L., 1982, Cheirolepidiaceae: Biology, structure and paleoecology. Review of Paleobotany and Palynology, 37, 71-98.
- Alvin, K.L., Spicer, R.A., and Watson, J., 1978, A *Classopollis*-containing male cone associated with *Pseudofrenelopsis*. *Palaeontology*, 21, 847-856.
- Alvin, K.L., Spicer, R.A., and Watson, J., 1994, A new coniferous male cone from the English Wealden and a discussion of pollination in the Cheirolepidiaceae. *Palaeontology*, 37, 173-180.
- Axsmith, B.J. and Jacobs, B.J., 2005, The Conifer *Frenelopsis ramosissima* (Cheirolepidiaceae) in the Lower Cretaceous of Texas: Systematic, Biogeographical, and Paleocological Implications. *International Journal of Plant Sciences*, 166, 327-337.
- Axsmith, B.J., Krings, M., and Waselkov, K., 2004, Conifer pollen cones from the Cretaceous of Arkansas: Implications for diversity and reproduction in the Cheirolepidiaceae. *Journal of Paleontology*, 78, 402-409.
- Choi, D.K., 1989, Paleopalynology of the Geoncheonri Formation (Lower Cretaceous), Geoncheon-Ahwa area, Korea. *Journal of Paleontological Society of Korea*, 5, 1-27.
- Daviero, V., Gomez, B., and Philippe, M., 2001, Uncommon branching pattern within conifers: *Frenelopsis turcolensis*, a Spanish early Cretaceous Cheirolepidiaceae. *Canadian Journal of Botany*, 79, 1400-1408.
- Deng, S.H., Yang, X.J., and Lu, Y.Z., 2005, *Pseudofrenelopsis* (Cheirolepidiaceae) from the Lower Cretaceous of Jiuquan, Gansu, northeastern China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 44, 505-516.
- Fahn, A. and Cutler, D.F., 1992, Xerophytes. In Braun, H.J., Carlquist, S., Ozenda, P., and Roth, I. (eds.), *Encyclopedia of Plant Anatomy*. Vol. XIII, Part 3. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, Germany, 1-176.
- Gomez, B., Martn-Closas, C., Barale, G., Solde Porta, N., Thvenard, F., and Guignard, G., 2002, *Frenelopsis* (Coniferales: Cheirolepidiaceae) and related male organ genera from the Lower Cretaceous of Spain. *Palaeontology*, 45, 997-1036.
- Harris, T.M., 1979, The Yorkshire Jurassic flora. v. Coniferales. Trustees of the British Museum (Natural History), London, UK, 166 p., pls. 1-7.
- Hatae, N., 1937, Geological atlas of Chosen (Korea). no. 18, Yonghae and Yongdok sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 19 p.
- Jeffrey, E.C., 1910, On the affinities of the genus *Yezonia*. *Annals of Botany*, 24, 767-773, pl. 65
- Kenrick, P., You, H.S., Koh, Y.K., Kim, J.Y., Cho, S.H., and Kim, H.G., 2000, Cretaceous plant fossils from the Kohung area, Chonnam, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 16, 45-56.
- Kimura, T., 2000, Notes on the two Early Cretaceous floras in South Korea. *Geosciences Journal*, 4, 11-14.
- Lee, D.W. and Paik, I.S., 1989, Sedimentological characteristics along Yongdong fault zone in Cretaceous Yongdong Basin, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 25, 259-272.
- Lee, D.W. and Paik, I.S., 1990, Evolution of strike-slip fault-controlled Cretaceous Yongdong Basin, South Korea: Signs of strike-slip tectonics during infilling. *Journal of the Geological Society of Korea*, 26, 257-276.
- Ogura, Y., 1927, On the structure and affinities of some fossil ferns from Japan. *Journal of the Faculty Science, Imperial University of Tokyo, Japan, Section 3*, 1, 351-380, pls. 2-8.
- Ogura, Y., 1941, Additional notes on the structure of tree ferns. *Botanical Magazine Tokyo, Japan*, 658, 453-461.
- Ohana, T. and Kimura, T., 1993, Permineralized *Brachyphyllum* leafy branches from the Upper Yezo Group (Coniacian-Santonian), Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Series C*, 19, 41-64.
- Ohana, T. and Kimura, T., 1995, Late Mesozoic phyto-geography in eastern Eurasia with special reference to the origin of angiosperms in time and site. *Journal of the Geological Society of Japan*, 101, 54-69 (in Japanese with English abstract).
- Oishi, S., 1939, Notes on some fossil fern from the Nak-tong Series of Korea. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University, Series 4*, 4, 307-312.
- Oishi, S., 1940, The Mesozoic floras of Japan. *Journal of the Faculty Science., Hokkaido University, Series IV*, 5, 123-480, pls. 1-48.
- Rothwell, G.W., Mapes, G., Hilton, J., and Hollingworth, N.T., 2007, Pollen cone anatomy of *Classostrobus crossii* sp. nov. (Cheirolepidiaceae). *International Journal of Coal Geology*, 69, 55-67.
- Saiki, K., 1997, *Frenelopsis pombetsuensis*: a new cheirolepidiaceous conifer from the Lower Cretaceous (Albian) of Hokkaido, Japan. *Paleontological Research*, 1, 126-131.
- Saiki, K., 1999, A new cheirolepidiaceous conifer from the Lower Cretaceous (Albian) of Hokkaido, Japan. *Paleontological Research*, 3, 29-35.
- Shimamura, S., 1926, Geological atlas of Chosen (Korea), no. 5, Jeonju and Jinan sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 5 p.
- Shimamura, S., 1927, Geological atlas of Chosen (Korea), no. 7, Cheongsan and Yongdong sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 5 p.
- Shimamura, S., 1929, Geological atlas of Chosen (Korea), no. 8, Gyeomyipo, Sariwon and Jaeryeong sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 9 p.

- Smith, A.G., Hurley, A.M., and Briden, J.C., 1981, Phanerozoic paleocontinental world maps. University of Cambridge Press, Cambridge, England, 102 p.
- Srinivasan, V., 1995, Conifers from the Puddledock locality (Potomac Group, Early Cretaceous) in eastern North America. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 89, 257-286.
- Tateiwa, I., 1924, Geological atlas of Chosen (Korea), no. 2, Yonil, Guryongpo, Joyang Sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 6 p.
- Tateiwa, I., 1929, Geological atlas of Chosen (Korea), no. 10, Gyeongju, Yongcheon, Daegu, and Waegwan sheets (1:50,000). Geological Survey of Korea, 25 p.
- Tateiwa, I., 1976, The Korea-Japanese geotectonic zone. New interpretations on the geotectonic development of the Far East continental territories and the insular arcs of Japan, with special reference to the history of geological research in Korea. University of Tokyo Press, Japan, 654 p. (in Japanese).
- Upchurch, G.R. and Doyle, J.A., 1981, Paleocology of the conifers *Frenelopsis* and *Pseudofrenelopsis* (Cheirolepidiaceae) from the Cretaceous Potomac Group of Maryland and Virginia. In Romans, R.C. (ed.), *Geobotany II*. Plenum Press, New York, USA, 167-202.
- Vakhrameev, V.A., 1978, The climates of northern hemisphere in the Cretaceous and paleobotanical data. *Journal of Paleontology*, Academy Science of USSR, 4, 3-17 (in Russian).
- Watson, J., 1977, Some lower Cretaceous conifers of the Cheirolepidiaceae from the U.S.A. and England. *Palaeontology*, 20, 715-749.
- Watson, J., 1988, The Cheirolepidiaceae. In Beck, C.B. (ed.), *Origin and Evolution of Gymnosperms*. Columbia University Press, New York, USA, 382-447.
- Yabe, H., 1905, Mesozoic plants from Korea. *Journal of College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan*, 20, 1-59, pls. 1-4.
- Yabe, H., 1922, Notes on some Mesozoic plants from Japan, Korea and China in the collection of the Institute of Geology and Paleontology of the Tohoku Imperial University. *Science Reports of the Tohoku Imperial University, Second Series*, 7, 1-28.
- Yi, M.S., Choi, O.K., and Chi, J.M., 1996, *Corollina* (pollen) from the Gyeongsang Supergroup (Cretaceous) in Gyeongsangbuk-do, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 12, 115-128.
- Zhou, Z.Y., 1995, On some Cretaceous pseudofrenelopsids with a brief review of cheirolepidiaceous conifers in China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 84, 419-438.

2009년 7월 3일 접수
 2009년 8월 17일 수정원고 접수
 2009년 8월 20일 채택