

우리나라의 중생대와 신생대 지층에서 산출된 은행류의 종의 다양성과 엽형

김 종 현*

공주대학교 지구과학교육과, 314-701, 충남 공주시 신관동 182

Species Diversity and Leaf Form of Ginkgoaleans from the Mesozoic and Cenozoic Strata in Korea

Jong-Heon Kim*

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

Abstract: This paper conducted the general review of the 6 genera and 22 species of ginkgoaleans known from the Mesozoic and Cenozoic strata of Korea based on the recent palaeontological knowledge. Species diversity and leaf form of the Mesozoic and Cenozoic ginkgoaleans were discussed. Results showed that 4 genera 8 species from the Mesozoic strata and 1 genus and 1 species from the Cenozoic strata were recognized respectively. Laminae of the Mesozoic type of ginkgoaleans were mostly split into narrow lobes, but those of the Cenozoic type were characterized by their fan-shaped simple leaf.

Keywords: ginkgoaleans, Mesozoic, Cenozoic, species diversity, leaf form

요 약: 이 논문은 우리나라의 중생대층과 신생대층에서 기록된 6속 22종의 은행류 화석을 최근까지 확립된 고생물학적 지식에 기초하여 재검토하고, 종의 다양성과 엽형 대해 논의하였다. 연구결과 은행류 화석은 중생대에서 4속 8종, 신생대에서 1속 1종으로 각각 재분류되었다. 중생대형 은행류의 엽신은 대부분 가는 열편으로 갈라져 있지만, 신생대형은 부채꼴 모양의 단엽형으로 나타난다.

주요어: 은행류, 중생대, 신생대, 종의 다양성, 엽형

서 론

은행류의 화석에 대한 연구는 Florin(1936)을 비롯하여, Samylina(1967), Tralau(1968), Harris et al. (1974), Zhang et al.(1980), Kimura et al.(1983), Zhao and al.(1993), Uemura(1997), Zhou(1997), Zhou and Zheng(2003), Zheng and Zhou(2004), Naugolnykh(2007) 등의 많은 연구가 있다. Tralau (1968)에 의하면, 은행류는 고생대 페름기에 출현했으며, 그 선조형에는 *Sphenobaiera*, *Trichopitys*, *Phylladoderma*의 3속이 알려져 있고, *Sphenobaiera*의 시대적 분포는 페름기 초기에서 백악기 초기까지,

*Trichopitys*는 페름기 초기에 그리고 *Phylladoderma*는 페름기 후기에 각각 제한되어 있다. *Sphenobaiera*는 우리나라를 포함한 세계 각지의 중생대 지층에서 보편적으로 산출되는 식물이지만 후자의 2속은 현재까지 우리나라에서 보고된 바가 없다.

고생대 말에 출현한 은행류는 중생대에 이르러 범세계적으로 번성한 분류군의 하나로 발전했으며, 북반구와 남반구의 각지에서 다양한 종류의 화석이 보고되어 있다(Uemura, 1997). 중생대의 은행류는 은행과(*Ginkgoaceae*)를 포함한 5개 과(科)가 알려져 있으며(Zhou, 1997), 은행과에는 *Ginkgo* 이외에 *Grenana* (Samylina, 1990) 또는 *Nehvizdyella*(Kvacek et al., 2005)가 포함되기도 한다. *Ginkgo*는 유라시아 동부의 쥐라기 후기에서 백악기 전기에 걸쳐서 산출하는 식물군에 대표적인 표준화석의 하나로 알려져 있다(Zhao et al., 1993). 쥐라기 이후 은행류는 점차로 쇠

*Corresponding author: jongheon@kongju.ac.kr
Tel: 82-41-850-8298
Fax: 82-41-850-8299

퇴하여 대부분 멸종하고 현재는 1목 1과 1속 1종의 은행나무(*Ginkgo biloba*)만이 중국 남동부 지역의 자생지에서 잔존하고 있기 때문에 “살아있는 화석”이라 부른다(e.g. Sakisaka, 1958).

우리나라의 중생대 초기로 알려진 대동충군, 김포충군, 남포충군 및 반송충군에서는 *Ginkgoites*, *Ginkgo*, *Baiera*, *Sphenobaiera*, *Eretmophyllum*이, 중생대 후기의 신동충군(낙동충군)에서는 *Baiera*, *Ginkgo*, *Ginkgodium*이, 신생대 제3기층에서는 *Ginkgo*의 은행류 화석이 각각 기록되었다(Kawasaki, 1925, 1926, 1939; Yabe, 1922; Oishi, 1940, Kim, 1993, 김중헌, 2008, Huzioka, 1972). 이들은 모두 인상화석이기에 때문에 분류에 있어서 형태적 특징에 의존할 수밖에 없다. 형태적 특징에 의해 종을 동정(同定)할 경우 같은 종에도 불구하고 서로 다른 층이나 층군에서 산출된 경우 형태적으로 약간 차이가 있으면 관습적으로 다른 종으로 기재해 왔기 때문에 종의 동정이 잘못되거나 또는 종의 남발이 문제점으로 제기되어 왔다. 이러한 예는 현생의 은행나무 잎에서도 잘 나타난다. 현생의 은행나무 잎은 이름이 뜻하는 바와 같이(bi=둘, lobe=열편) 엽신이 둘로 갈라진 잎에 대하여 붙여진 이름이지만, 실제로 은행잎을 자세히 관찰해 보면 나무마다 잎의 모양과 크기가 다르며, 같은 나무에서도 잎이 붙는 위치에 따라서 크기나 모양 등이 현저하게 다른 형태적 변이가 나타난다(Sakisaka, 1958; Seo, 2002). 이 같은 변이가 화석종에도 있을 것으로 추정된다.

따라서 본 연구는 우리나라의 중생대와 신생대 지층에서 기록된 모든 화석종을 재검토하고 중생대와 신생대에 존재한 은행류의 종의 다양성 및 엽형에 대해서 고찰해 보고자 한다.

연구 방법

우리나라의 중생대 지층에서 기록된 종은 모두 인상화석이기에 때문에 조직학적인 비교 연구는 불가능하다. 따라서 형태적 특징에 의하여 종을 재검토한다. 모든 화석종에 대하여 잎의 크기, 잎의 갈라진 분차수(分次數)와 열편(裂片)의 수, 엽맥(葉脈)의 분차 형태를 조사하여 연구한다. 외국에서 연구된 사례는 문헌을 통해서 비교 분석한다. 은행류의 분류 체계는 현재 완전히 통일되어 있지 않다. Tralau(1968)는 기존의 은행류 화석을 재검토하고 그 중에서 *Ginkgo*,

Ginkgodium, *Ginkgoites*, *Baiera*만이 진정한 은행과에 속한다고 하였다. Inoue et al.(1984)은 은행목을 고생대의 트리코피티스과(Trichopityaceae)와 중생대의 은행과(*Ginkgoaceae*)의 2개 과로 나누고, 후자에 중생대의 모든 은행류를 포함시킨 반면, Meyen(1987)은 단일의 은행과로 정리하고. *Ginkgoites*, *Baiera*, *Sphenobaiera* 등을 은행목의 소속불명의 속으로 정리하였다. Zhou(1997)는 중생대 지층에서 보고된 18종의 은행류를 검토하고 7속만을 자연종으로 하여 5개 과로 분류하고 *Ginkgoites*, *Baiera*, *Sphenobaiera* 등을 포함한 나머지 속을 은행류의 형태속으로 하는 새로운 분류안을 제안하였다. 여기에서는 Inoue et al.(1984)의 분류 체계를 따른다.

연구 결과

중생대의 은행류 화석은 세계적으로 적어도 수백 종 이상이 알려져 있지만, 그들의 잎은 대부분 열편으로 심하게 갈라진 엽신(葉身)을 갖는 것이 특징이다. 엽맥은 현생 은행나무 잎의 엽맥과 같이 방사상으로 배열하는 평행맥을 갖는다. 위와 같은 특징을 갖는 은행류 화석은 우리나라의 중생대와 신생대의 지층에서 Table 1의 좌단과 같이 6속 22종이 알려져 있지만, 본 연구에서 재검토한 결과 Table 1의 우단과 같이 4속 9종으로 정리되었다.

은행류 화석의 종의 다양성과 엽형

우리나라의 중생대층에서 보고된 은행류 화석만 해도 6속 22종에 이른다. 중국의 북부 및 동북부 지역의 중생대 지층에서도 약 70여종의 은행류 화석이 보고되었다(Zhao et al., 1993). 또한, 유럽의 중생대층에서는 *Baiera*의 1속만 해도 150종 이상이 알려져 있다(Jongman and Dijkstra, 1971). 중생대에 과연 그렇게 많은 종류의 은행류가 실제로 존재했는지에 대해 강한 의문이 제기되었다(Zhao et al., 1993).

Kimura et al.(1983)은 일본의 트라이아스기 후기의 오미네(Omine)층군에서 형태가 다른 은행잎의 화석이 하나의 화석층군에서 밀집하여 산출되고 있다는 것을 근거로 하여 연구한 결과, 이들에 나타나는 잎의 형태가 서로 간에 점이적으로 변한다는 사실을 발견하고 지금까지 일본의 중생대 지층에서 발견되어 *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Baiera*의 속명으로 기재된 화석

Table 1. List of ginkgoaleans from the Mesozoic and Cenozoic strata of Korea

previous works	this study
Upper Triassic Daedong, Kimpo, Nampo, and Bansong Groups	
<i>Ginkgo huttoni</i> (Sternberg): Kawasaki, 1939	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>G. sibirica</i> Heer: Kim, 1993	<i>Ginkgo sibirica</i> Heer
<i>Ginkgoites sibirica</i> Heer: Kawasaki, 1939	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>G. sibirica</i> (Heer): Yabe, 1922; Kawasaki, 1925	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>G. digitata</i> var. <i>Huttoni</i> : Oishi, 1940	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>G. hermelini</i> Hartz ?: Kawasaki, 1939	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>Baiera gracilis</i> Bunbury: Yabe, 1922; Kawasaki, 1925	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. concinna</i> (Heer): Kawasaki, 1925, 1939	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. (?) concinna</i> (Heer): Yabe, 1922	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. lindleyana</i> Schimper: Kawsaki, 1925	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. phillipsi</i> Nathorst: Kawsaki, 1925	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. cf. phillipsi</i> Nathorst: Kawsaki, 1939	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>B. longifolia</i> (Pomel) Heer: Kawsaki, 1926; Oishi, 1940	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>Sphenobaiera spectabilis</i> (Nathorst); Kawasaki, 1939	<i>Sphenobaiera spectabilis</i> (Nathorst)
<i>S. coreanica</i> Kim and Kimura; Kim and Kimura, 1987	<i>S. coreanica</i> Kim and Kimura
<i>S. sp.</i> : Kim, 1993	<i>S. sp.</i>
<i>Eretmophyllum cf. pubescens</i> Thomas: Kim, 1993	<i>Eretmophyllum cf. pubescens</i> Thomas
Lower Cretaceous Shindong Group	
<i>Baiera philipsi</i> Nathorst: Tateiwa, 1929	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>Ginkgo cf. digitata</i> (Brongniart): Tateiwa, 1925, 1929	<i>Baiera cf. furcata</i> (Lindley and Hutton)
<i>G. sibirica</i> Heer: Tateiwa, 1929	<i>Ginkgo sibirica</i> Heer
<i>Ginkgodium gracile</i> Tateiwa: Tateiwa, 1929	<i>Eretmophyllum gracile</i> (Tateiwa)
<i>G. nathorsti</i> Yokoyama: Tateiwa, 1929	<i>E. nathorsti</i> (Yokoyama)
Miocene Yuseon Formation	
<i>Ginkgo adiantoides</i> (Unger) Heer: Huzioka, 1972	<i>Ginkgo adiantoides</i> (Unger) Heer

에 대하여 새로운 각도에서 검토하였다. 그 결과 위에 언급한 3속의 화석들은 엽신의 분차수가 조금씩 다르긴 해도 형태는 점이적으로 변하기 때문에 그들을 모두 *Baiera cf. furcata*(Lindley and Hutton)에 포함시키고 형태적 차이에 의해 5개의 유형으로 구분하였다. 그러나 이들은 모두 인상화석이기 때문에 잎의 조직이 보존되지 않아서 실제로 같은 종에 속하는지 아닌지는 확인하기 어렵다. Kimura and Kim (1984)은 우리나라의 중생대 초기의 대동층군, 남포층군, 김포층군 및 반송층군에서 보고된 *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Baiera*의 화석종에 대해서도 재검토하고 이들을 모두 *Baiera cf. furcata*로 간주하였다.

중국에서도 일본과 비슷한 연구가 이루어졌다. Zhao et al.(1993)은 중국의 내몽고 지역의 쥐라기 지층에서 동일층군에 집단적으로 산출되는 은행류 화석에 대하여 형태적 및 조직학적인 연구결과, *Ginkgo*와 *Baiera*의 사이에 뚜렷한 형태적 및 조직학적 차이가 없다는 것을 밝혔다. 그리고 Zhao et al.(1993)은 같은 지역에서 기존에 보고 된 다양한 종류의 은행류

화석을 모두 *Ginkgo manchurica*(Yabe and Oishi)로 정리하고, 잎의 분차수에 따라서 A-E까지 5개의 유형으로 분류하였다. 또한, Zhao et al.(1993)은 중국의 북부 및 동북부 지역의 중생대 지층에서 *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Baiera*로 기재된 70여 종의 은행류 화석을 재검토하고, 그 대부분이 *Ginkgo manchurica* (Yabe and Oishi)와 동종이명이라고 하였다.

한편, *Ginkgoites*라는 속명은 현생의 *Ginkgo*에 유사한 화석종에 대하여 Seward(1919)가 설립한 속으로 많은 연구자들이 그 이름을 사용해 왔다. 우리나라의 중생대 지층에서도 *Ginkgoites*의 이름으로 기재된 종이 수 종 있다(Yabe, 1922; Kawasaki, 1925). 그러나, Harris et al.(1974)은 *Ginkgoites*와 *Ginkgo*의 사이에 어떤 특별한 형태적 차이가 없다고 보고, Seward의 *Ginkgoites*를 *Ginkgo*에 포함시켰다.

위에서 언급한 것을 정리해 보면 중생대층에서 보고된 *Ginkgo*, *Ginkgoites* 및 *Baiera*의 화석종은 실제적으로 대부분 같은 종류로 볼 수 있으며, 그리고 *Ginkgo*의 단일 속에 포함시킬 수 있다. 그러나, Zhou

and Zhang(1989)은 현생의 은행나무(*Ginkgo biloba*)에 형태적 및 생식기관의 구조가 비슷한 화석종에 한하여 *Ginkgo*라고 하는 속명의 사용을 제안하였는데, 실제적으로 형태적으로는 비슷하지만 큐티클의 구조나 생식기관의 구조가 동반되지 않은 이상 정말로 *Ginkgo*에 속하는지 아닌지는 확인하기 어렵다. Zhou(1997)는 확실하게 자연종으로 분류할 수 없는 은행류의 근연종에 대해서는 *Baiera*나 *Ginkgoites*와 같은 형태속을 사용할 수 있다고 하였다. 그와 같은 예는 중국의 최근 연구에서 찾아 볼 수 있다(e.g. Yang, 2003; Miao, 2004).

우리나라의 중생대층과 신생대층에서 기재된 *Ginkgo*의 4종, *Ginkgoites*의 4종 및 *Baiera*의 8종의 화석종은 모두 각기 서로 다른 장소에서 산출되었고, 시대적으로도 완전히 일치하지 않으며, 큐티클이 보존되지 않았고, 생식기관의 화석이 알려져 있지 않은 상태에서 형태적인 특징만으로 이들을 모두 *Ginkgo*에 포함시키는 것은 다소 무리가 있다. 따라서 여기에서는 Zhou(1997)가 언급한 바와 같이 형태속명을 사용하는 것이 더 타당하다고 본다. 단, *Ginkgoites sibirica*와 *Ginkgo sibirica*와 같이 속명만 약간 다르면서 같은 종명이 있는 경우에는 Harris et al.(1974)의 의견에 따라 *Ginkgo*로 통일하였다.

종합적으로 우리나라의 중생대층과 신생대층으로부터 *Ginkgo*, *Ginkgoites*, *Baiera*로 기재된 16개의 화석종은 *Ginkgo sibirica* Heer, *Ginkgo adiantoides* (Unger), *Baiera cf. furcata*(Lindley and Hutton)의 2속 3종으로 정리할 수 있다. *Ginkgo*에 속하는 종은 중생대의 남포층군과 경상누층군의 신동층군에서 각각 기재된 *G. sibirica*의 1종과 신생대 제3기층의 유선층에서 보고된 *G. adiantoides*의 1종을 합하여 2종이 있다. *Ginkgo*는 엽신이 몇 차례 반복하여 분차한다는 점에서 *Baiera*의 잎에 비슷하지만 열편이 더 넓고 엽맥이 더 많다는 특징이 있다. Kimura et al. (1983)의 연구방법에 따라 *Baiera cf. furcata*에 속하는 잎화석을 엽신의 분차수, 열편의 수 및 엽맥의 수에 따라서 분류하면, Fig. 1과 같이 적어도 4개의 유형으로 나누어진다. *Baiera*에 속하는 4가지 유형의 잎들이 모두 같은 종에 속하는 것이라고 한다면 적어도 4개의 변이 형태가 존재하게 된다. 이들은 모두 현생 은행나무의 잎에 크기와 형태가 비슷하지만 엽신이 모두 갈라져 있고 가늘고 긴 열편이 많다는 특징이 있다.

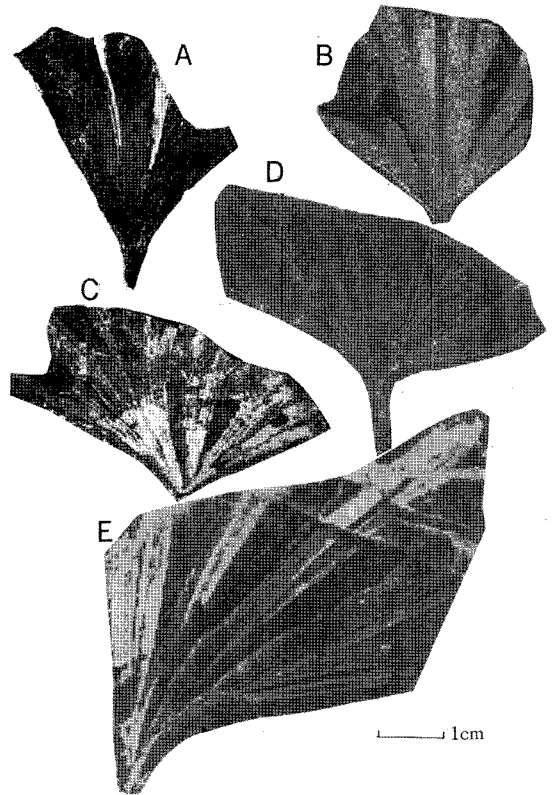


Fig. 1. *Baiera cf. furcata* from the Nampo and Bansong Groups. A; B-type leaf, B, C; C-type leaf, D; E-type leaf, E; D-type leaf.

Florin(1936)에 의해 설립된 *Sphenobaiera*의 잎은 크고 대형이며 엽신이 현생의 은행나무와 같이 여러 번 분차하는 특징이 있지만 뚜렷한 잎자루가 없다는 점에서 *Baiera*는 *Ginkgo*와 구별되고 있다(Harris et al., 1974). Harris et al.(1974)은 *Sphenobaiera*가 *Ginkgo*에 유사한 근연종이며 자연종이라고 언급했지만, Zhou(1997)는 형태속으로 보았다. 우리나라의 중생대 지층에서만 현재 1종의 미지정종(未指定種)을 포함하여 3종이 알려져 있다(Kawasaki, 1939; Kim and Kimura, 1987; Kim, 1993).

Yokoyama(1889)에 의해 설립된 *Ginkgodium*의 잎은 짧은 잎자루와 전연 또는 1차 분차한 엽신을 갖는다. 이러한 점에서 *Baiera* 및 *Ginkgo*의 잎과 현저하게 다르다. 오히려 형태적으로 *Eretmophyllum*의 잎에 매우 유사하다(Zhou, 1997). Krassilov(1972)는 Yokoyama(1889)의 *Ginkgodium*을 *Eretmophyllum*의 동종이명으로 보았다. 이와 비슷한 의견이 Kimura and Sekido(1965)와 Kimura and Tsujii(1984)에 의해

서 언급되었다. Tateiwa(1929)는 경상누층군에서 기재없이 *Ginkgodium gracile*와 *G. nathorsti*의 2종을 보고했다. 여기에서는 Krassilov(1972)의 의견을 따라 *Ginkgodium*을 *Eretmophyllum*에 포함시킨다.

*Eretmophyllum*의 잎은 도피침형(倒披針形)이며 뚜렷한 잎자루가 있고 유럽의 쥐라기 지층에서 보편적으로 산출하는 화석이다(Harris et al., 1974). 우리나라에서는 남포층군에서 1종이 보고 되었다(Kim, 1993). Tateiwa(1929)가 낙동층군(신동층군)에서 보고한 *Ginkgodium*의 2종을 포함하면 *Eretmophyllum*속에 3종이 있다.

위에서 검토한 우리나라의 은행류 화석을 정리하면 *Ginkgo* 2종, *Baiera* 1종, *Sphenobaiera* 3종, *Eretmophyllum* 3종의 총 4속 9종으로 재분류된다. 시대별로 보면, 중생대 초기에 4속 6종, 백악기에 3속 4종, 신생대 제3기에 1속 1종이 있다. 쥐라기 후기의 묘곡식물군(전희영 외, 1991)에서 은행류의 화석기록이 나타나지 않아 정확한 상황을 알 수 없지만, 화석종 기록의 수량적인 측면에서 본다면 은행류 화석은 중생대 초기에 번성하였고, 그 대부분이 백악기까지 지속하여 생존한 것으로 볼 수 있다.

그러나 신생대에는 방대한 피자식물의 기록에 비하여 은행류는 *Ginkgo adiantoides*의 1종만이 함경북도 회령 지역에 분포하는 제3기층의 유선층에서 보고되었다(Huzioka, 1972). 현재까지 남한의 백악기 지층이나 신생대 지층에서 은행류 화석이 보고된 적이 없다. 경상누층군의 낙동층에서 Yabe(1905)에 의해 처음 기재된 *Adiantites sewardi*의 잎은 현생의 은행나무 잎에 형태적으로 매우 유사하다. 대생(對生)의 엽서를 가지고 있어 줄기에 붙어있는 경우는 쉽게 구별되지만 줄기에서 분리되어 단독으로 산출될 경우 흔히 은행잎 화석으로 오인되기도 한다. *Ginkgo adiantoides*는 북반구의 신생대 제3기 전반에 걸쳐 공통적으로 나타나는 종이며(Tralau, 1968), 엽신의 중앙이 갈라지지 않고 전연(全緣)의 엽연(葉緣)을 갖는다는 점에서 현생의 은행나무 잎에 비슷하다. 동아시아의 신생대 지층에서는 *Ginkgo adiantoides* 이외에 현생의 은행나무(*Ginkgo biloba*)를 포함하여 7종의 은행류 화석이 보고되어 있는데(Uemura, 1997), 신생대형의 잎은 대부분이 크기에 있어서 소형이고 엽신이 심하게 갈라진 형태는 거의 나타나지 않는다는 점에서 중생대형의 잎과는 크게 다르다.

위에서 언급한 바와 같이 우리나라를 포함한 동아

시아에서 기재된 중생대의 은행류 화석은 적어도 종의 다양성에 있어서는 상당히 과장된 것 같이 보인다. 이것은 화석이 인상화석으로 보존된 경우 형태적 특징에 의해서 동정이 이루어졌기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다.

최근에는 배주를 동반한 은행류 화석이 중국과 유럽의 쥐라기와 백악기의 지층에서 수종이 보고 되었다(Heer, 1876; Harris et al., 1974; Zheng and Zhou, 2004; Yang et al., 2008). 중국의 쥐라기 중기의 지층에서 발견된 *Ginkgo yimaensis*는 잎과 배주를 동반한 화석이다(Zhou and Zhang, 1988, 1989). 그 잎화석은 *Baiera*와 같이 엽신이 갈라진 열편으로 나타나며, 배주는 2개 내지 5개가 달려있지만 형태는 현생의 것과 비슷하다. 이러한 점에서 *Ginkgo yimaensis*는 현생 은행나무의 직계 선조로 생각되고 있다(Zhou and Zheng, 2003). 그리고 중국의 쥐라기 후기 또는 백악기 초기의 지층에서 보고된 *Ginkgo apodes*도 잎과 배주를 동반한 은행류 화석이며, 현생의 은행나무와 *Ginkgo yimaensis* 사이의 중간 단계로 생각되는 종이다(Zheng and Zhou, 2004). 잎의 형태는 *Ginkgo yimaensis*에 비슷하고 배주는 최대 6개가 달려 있다. 제3기에 대표적으로 나타나는 *Ginkgo adiantoides*의 잎은 현생의 은행나무 잎에 비슷하지만 배주가 2개 달려 있다는 점에서 현생의 은행나무와 중생대형의 은행류와는 쉽게 구별되고 있다(Zhou and Zheng, 2003). 우리나라의 화석 은행류는 대부분 트라이아스기 후기로 생각되는 대동층군, 남포층군, 김포층군, 반송층군에서 보고된 것이고, 모두 인상화석으로 보존된 잎화석뿐이다. 위에서 언급한 배주의 화석은 우리나라의 중생대 지층에서 보고된 적은 없다. 배주 화석이 산출되면 쥐라기의 은행류와 진화적으로 어떤 관계에 있는지 실마리를 얻을 수 있지만, 지금까지 세계 각지의 트라이아스기 지층에서 배주화석이 보고된 예가 없다.

Fig. 2와 같이 현생의 은행나무 잎에는 동일한 나무에서도 장지와 단지에 붙는 잎의 형태가 다르게 나타난다. 현생 은행잎에 위와 같이 다양한 형태의 변이가 나타나는 원인은 환경의 영향이나 개체발생에 기인하는 것으로 알려져 있다(Sakisaka, 1958; Tralau, 1968). Sakisaka(1958)에 의하면, 잎의 형태에 다양한 변이가 나타나는 주원인은 수분생리에 있다고 하는데, 이러한 개념을 화석 은행에도 적용시킬 수가 있다. 즉, 화석 은행에서 열편으로 갈라진 잎들이 많이 나

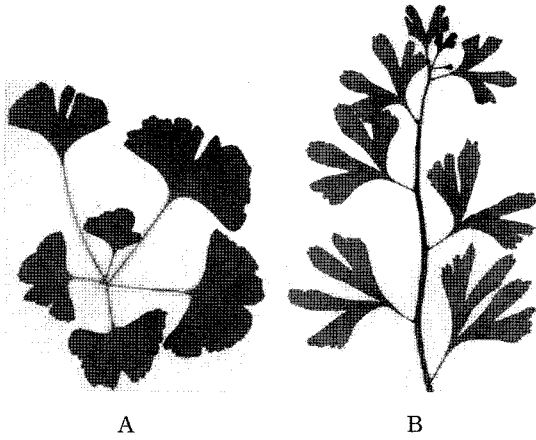


Fig. 2. Leaf variation of extant *Ginkgo biloba* Linné (Seo, 2002) A; short shoot-bearing shallowly bilobed leaves in which the median sinuses are not reaching to the top of petiole. B; long shoot-bearing twice or thrice forked leaves in which the median sinuses are reaching to the top or near the top of petiole.

타나는 것은 수분과다에 의해서 나타나는 현상으로 설명할 수가 있으며, 이것은 당시의 기후가 습윤한 기후였음을 의미한다. 중생대 초기에 변영한 대동식물군은 그 조성으로부터 판단하면 열대 내지 아열대의 습윤한 기후 하에서 생육한 것으로 알려져 있으므로(Kimura and Kim, 1984; Kim, 1993), 중생대 초기의 수분과다의 현상을 잘 설명할 수 있다.

우리나라 백악기 지층에서 3속 4종의 은행류가 발견되었으며 이들의 잎이 모두 가는 열편으로 갈라져 있다는 것으로부터 판단하면 백악기에도 습윤한 기후가 있었던 것으로 판단된다. 백악기 당시에 한반도 남부 지역은 열대 내지 아열대 기후(Vakhrameev, 1971) 또는 온난한 기후(엄상호 외, 1978) 또는 온난 습윤(Kimura, 1985, 2000)한 고기후가 있었던 것으로 추정되고 있지만, 어느 쪽이든 습윤한 기후에 대하여 조화적이다. 이러한 기후는 화석의 증거에서도 찾아볼 수 있다. 경북 왜관 부근의 낙동층에서 발견된 목본 고사리 화석인 *Cyathocaulis*(Ogura, 1927, 1941)의 존재는 당시의 고기후가 아열대 및 열대 기후이었음을 지시한다(정창희와 백광호, 1992). 현재까지 우리나라를 비롯한 동 및 동남아시아의 백악기 지층에서 6종의 목본 고사리 화석이 알려져 있는데(Ogura, 1938; Nishida and Tanaka, 1982; Nishida, 1989), 우리나라에서 보고된 *Cyathocaulis naktongensis*와 *C. tateiwei*의 2종이 포함되어 있다. 현생의 목본

고사리는 현재 열대 및 아열대 지방에 한하여 서식하고 있다.

그러나, 양승영 외(2006)가 언급한 바와 같이, 우리나라의 백악기 지층에서 *Frenelopsis*와 같은 건생식물의 존재(Tateiwa, 1976; 전희영 외, 1993; 최성자 외, 1996; 서지혜, 2006; 양승영 외, 2006), 석회질 및 버티졸 고토양(백인성, 1998; Paik and Lee, 1998; Paik and Kim, 2003)의 존재는 계절 변화가 뚜렷한 아건조의 기후가 일부 있었음을 지시하는 것이지만, 우세하지는 않았을 것으로 판단된다. 왜냐하면, 증발압이나 적색층에 의해 지시되는 건조나 반건조 기후의 지역에서는 은행류가 나타나지 않고, 중생대부터 신생대까지 습윤하고 온화한 기후의 지역에서만 은행류가 우세하게 나타났기 때문이다(Uemura, 1997).

신생대형의 은행류는 중생대형의 은행류와 비교해서 소형이고 엽신이 통합된 형태로 나타나는 것으로 보아 중생대보다는 수분조건이 충분한 상태는 아니었다고 판단된다. Wolfe(1978)에 의하면, 범세계적으로 신제3기의 연평균기온이 고제3기에 비하여 상당히 낮아진 시기에 해당하는데 이러한 요인도 잎의 소형화에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

결 론

1. 우리나라의 중생대와 신생대 지층에서 보고된 6속 22종의 은행류에 대하여 재검토한 결과 4속 9종으로 재분류되었다. 시대적으로 보면 중생대에서 4속 8종, 신생대에서 1속 1종이다.

2. 화석종의 수량적인 측면에서 본다면 우리나라의 은행류 화석은 중생대 초기에 번영을 하였고, 그 대부분이 백악기까지 지속하여 생존한 것으로 볼 수 있다. 중생대형의 은행류는 신생대에 한 종도 나타나지 않는 것으로 보아 중생대 말에 모두 멸종된 것으로 보인다.

3. *Eretmophyllum*을 제외한 중생대형의 은행잎은 모두 대엽이며 엽신은 가는 열편으로 갈라져 있고, 신생대형의 은행잎은 소엽이고 열편이 서로 융합된 단엽형의 형태로 나타난다.

사 의

본 논문은 공주대학교 자체학술연구비 지원에 의하

여 수행되었으며, 논문을 심사해주신 충북대학교의 이창진 교수님과 교원대학교의 김정률 교수님, 그리고 내용의 미비점에 대하여 상세한 지적과 건설적인 비평을 가해주신 익명의 심사자에게 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- 김중현, 2008, 우리나라의 중생대와 신생대의 지층에서 산출된 은행류의 종의 다양성. 한국지구과학회 2008년도 춘계학술발표대회 논문집, 88-89.
- 백인성, 1998, 신동충균에 발달한 버티졸고토양: 산상과 고환경 및 층서. 지질학회지, 34, 58-72.
- 서지혜, 2006, 백악기 영동충균에서 산출된 구과류 화석의 특징과 고기후적 의미. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문, 43 p.
- 양승영, 백인성, 김중욱, 윤철수, 이인호, 2006, 달성 2차 지방산업 문화재화석 학술조사 보고서. 한국지질고생물학연구회, 134 p.
- 엄상호, 백광호, 이호영, 봉필운, 1978, 경상계 퇴적환경 연구. 자원개발연구소 조사연구보고, 4, 9-34.
- 전희영, 엄상호, 봉필운, 이호영, 최성자, 김유봉, 김복철, 권영인, 이명석, 1991, 묘곡층의 층서 고생물학적 연구. 과학기술처, KT-91-(B)-2, 75 p.
- 전희영, 엄상호, 최성자, 김유봉, 김복철, 최영섭, 1993, 육천대 주변 백악기 소퇴적분지의 화석군집 모델 연구 (1). 과학기술처, KR-93(T)-1, 122 p.
- 정창희, 백광호, 1992, 금무산 나무고사리 화석 산지에 대한 연구. 대한지질학회(편집), 천연기념물 및 공룡발자국 화석류 및 조사보고서. 대한지질학회, 서울, 3-41.
- 최성자, 김유봉, 김복철, 1996, 영동분지에 분포하는 백악기 퇴적층의 층서고생물학적 연구. 한국자원연구소 연구보고서, KR-95(C)-1, 118 p.
- Florin, R., 1936, Die fossilen Ginkgophyten von Franz-Joseph-land. Nebst Errterunfen ber vermeintliche Cordaitales mesozoischen Alters. II. Allgemeiner Teil. Palaeontographica, Abteilung B, 82, 1-72, pls. 1-6.
- Harris, F.R.S., Millington, M., and Miller, J., 1974, The Yorkshire Jurassic flora IV. British Museum (Natural History), London, England, 150 p., 8 pls.
- Heer, O., 1876, Beitrge zur Jura-flora der Ostsibiriens und des Amurlandes. Mmoires de Acadmie Impriale des Sciences, 22, 1-222.
- Huzioka, K., 1972, The Tertiary floras of Korea. Journal of Mining College, Akita University, Japan, Series A, 5, 1-83.
- Inoue, H., Iwaki, K., Kashiwaya, H., Iwamura, M., Horita, M., Miura, M., and Yamakishi, T., 1984, Foundation of phylogenetic classification. Hokuryukwan, Tokyo, Japan, 389 p. (in Japanese).
- Jongman, W.J. and Dijkstra, S.J., 1971, Fossilium catalogus. II. Plantae, 80, Gymnnspermae, I-II. Kugler Publications, Amsterdam, Netherlands, 103 p.
- Kawasaki, S., 1925, Some older Mesozoic plants in Korea. Geological Survey of Chosen (Korea), 4, 1-71, pls. 1-47.
- Kawasaki, S., 1926, Addition to the older Mesozoic plants in Korea. Geological Survey of Chosen (Korea), 4, 1-35, pls. 1-11.
- Kawasaki, S., 1939, Second addition to the older Mesozoic plants in Korea. Geological Survey of Chosen (Korea), 4, 1-69, pls. 1-16.
- Kim, J.H., 1993, Fossil plants from the Lower Mesozoic Daedong Supergroup in the Korean Peninsula and their phytogeographical and paleogeographical significance in East and Southeast Asia. Unpublished Ph D. dissertation, Kyushu University, Japan, 315 p., 36 pls.
- Kim, J.H. and Kimura, T., 1987, *Sphenobaiera coreanica* Kim et Kimura sp. nov. from the Bansong Group in the Mungyeong Coalfield, Korea. Proceedings of Japan Academy, Series B, 63, 179-182.
- Kimura, T., 1985, Palaeozoic and Mesozoic phytogeography in East Asia. Science (Kagaku), 55, 717-724 (in Japanese).
- Kimura, T., 2000, Early Cretaceous climate provinces in Japan and adjacent regions on the basis of fossil and land plants. In Okada, H. and Mateer, N.J. (eds.), Cretaceous Environment of Asia. Elsevier Science, Tokyo, Japan, 155-161.
- Kimura, T. and Kim, B.K., 1984, General review on the Daedong flora, Korea. Bulletin of Tokyo Gakugei University, Japan, 36, 201-236.
- Kimura, T., Naito, G. and Ohana, T., 1983, *Baiera* cf. *furcata* (Lindley et Hutton) Braun from the Carnic Momonoki Formation, Japan. National Science Museum, Tokyo, Series C, 9, 91-114.
- Kimura, T. and Sekido, S., 1965, Some interesting ginkgoalean leaves from the Itoshiro sub-group, the Tetori Group, Central Honshu. Memoirs of Mejiro Gakuen Woman's Junior College, Japan, 2, 1-4.
- Kimura, T. and Tsujii, M., 1984, Early Jurassic plants in Japan. part 6. Transactions and Proceedings of Palaeontological Society of Japan, 133, 265-287.
- Krassilov, V.A., 1972, Mesozoic flora from the Bureja River (Ginkgoales and Czekanowskiales). Nauka, Moscow, Union of Soviet Socialist Republics, 103 p. (in Russian)
- Kvacek, J., Falcon-Lang H.J., and Daskova, J., 2005, A new late Cretaceous ginkgoalean reproductive structure *Nehvizdyella* gen. nov. from the Czech Republic and its whole-plant reconstruction. American Journal of Botany, 92, 1958-1969.
- Meyen, S.V., 1987, Fundamentals of Palaeobotany. Chapman and Hall, London, England, 432 p.

- Miao, Y.Y., 2004, New material of Middle Jurassic plants from Baiyang River of northwestern Junggar Basin, Xinjiang, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 44, 517-534. (in Chinese with English abstract)
- Naugolnykh, S.V., 2007, Foliar-seed-bearing organs of Paleozoic Ginkgophytes and the Early evolution of the Ginkgoales. *Paleontological Journal*, 41, 815-859.
- Nishida, H., 1989, Structure and affinities of the petrified plants from the Cretaceous of Japan and Saghalien, V. Tree fern stems from Hokkaido, *Paracyathocaulis ogurae* gen. et comb. nov. and *Cyathocaulis yezopteroides* sp. nov. *Botanical Magazine Tokyo*, 102, 255-282.
- Nishida, H. and Tanaka, K., 1982, Anatomical studies of *Cyathocaulis naktongensis* Ogura from Central Honshu, Japan. *Bulletin of National Science Museum, Tokyo, Series C*, 8, 19-30.
- Ogura, Y., 1927, On the structure and affinities of some fossil ferns from Japan. *Journal of Faculty Science, Imperial University of Tokyo, Japan, Section 3*, 1, 351-380, pls. 2-8.
- Ogura, Y., 1938, Anatomie der Vegetationsorgane der Pteridophyten. *Handbuch der pflanzenanat, Borntrager, Berlin, Germany*, 476 p.
- Ogura, Y., 1941, Additional notes on the structure of tree ferns. *Botanical Magazine Tokyo*, 658, 453-461.
- Oishi, S., 1940, The Mesozoic plants of Japan. *Journal of Faculty Science, Hokkaido Imperial University, Japan*, 5, 123-480, pls. 1-48.
- Paik, I.S. and Kim, H.J., 2003, Palustrine calcretes of the Cretaceous Gyeongsang Supergroup, Korea; variation and paleoenvironmental implications. *The Island Arc*, 12, 110-124.
- Paik, I.S. and Lee, Y.I., 1998, Desiccation cracks in vertic paleosols of the Cretaceous Hasandong Formation, Korea: Genesis and palaeoenvironmental implications. *Sedimentological Geology*, 119, 161-179.
- Sakisaka, M., 1958, Study on *Ginkgo*. Huma Syobo, Tokyo, Japan, 144 p. (in Japanese)
- Samygina, V.A., 1967, Mesozoic flora of the area to the west of the Kolyma River (Zyrianka Coal-Basin). Pt. 2. Ginkgoales, coniferales, general chapters. *Paleobotany and Komarov Botany Institute of Academy Science*, 6, 133-175, pls. 1-14. (in Russian and English summary)
- Samygina, V.A., 1990, *Grenana*-a new genus of seed ferns from the Jurassic deposits of Middle Asia. *Botanicheskii Zhurnal*, 75, 846-850. (in Russian)
- Seo, J.R., 2002, Fossil leaves from the Lower Mesozoic Nampo Group in Korea. Unpublished M.S. thesis, Kongju National University, Kongju, Korea, 34 p. (in Korean with English abstract).
- Seward, A.C., 1919, Fossil plants. A text book for students of botany and geology, IV. Hafner Publishing Company, New York, USA, 534 p.
- Tateiwa, I., 1929, Geological Atlas of Chosen (Korea), no. 10, Keishu-Eisen-Taikyū and Wakwan Sheets (1:50,000), and the explanatory text. Geological Survey of Chosen (Korea), 15 p.
- Tateiwa, I., 1976, The Korea-Japanese geotectonic zone. New interpretations on the geotectonic development of the Far East continental territories and the insula arcs of Japan, with special reference to the history of geological research in Korea. University of Tokyo Press, Japan, 654 p. (in Japanese)
- Tralau, H., 1968, Evolutionary trends in the genus *Ginkgo*. *Lethaia*, 1, 63-101.
- Uemura, K., 1997, Cenozoic history of *Ginkgo* in East Asia. In Hori, T., Ridge, R.W., Tulecke, W., Tredici, P.T., Tremouillaux-Guiller, J., and Tobe, H., (eds.), *Ginkgo Biloba* (a global treasure). Springer-Verlag, Tokyo, Japan, 207-221.
- Vakhrameev, V.A., 1971, Development of the Early Cretaceous flora in Siberia. *Geophytology*, 1, 75-83.
- Wolfe, J.A., 1978, A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *American Scientist*, 66, 694-703.
- 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 Palaeontology of the Tohoku Imperial University. *Journal of College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan*, 7, 1-28, pls. 1-4.
- Yang, X.J., 2003, New material of fossil plants from the Early Cretaceous Muling Formation of the Jixi Basin, Eastern Heilongjiang Province, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 42, 561-584. (in Chinese with English abstract)
- Yang, Z.J., Friis, E.M., and Zhou, Z.Y., 2008, Ovule-bearing organs of *Ginkgo ginkgoidea* Tralau comb. nov., and associated leaves from the Middle Jurassic of Scania, South Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 149, 1-17.
- Yokoyama, M., 1889, Jurassic plants from Kaga, Hida, and Echizen. *Journal of College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan*, 3, 1-66, pls. 1-14.
- Zhang, W., Zhang, Z.C., and Zheng, S.L., 1980, Plants. In Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources (eds.), *Palaeontological Atlas of Northeast China*. (2) Mesozoic and Cenozoic volume. Geological Publishing House, Beijing, China, 221-239, pls. 103-210. (in Chinese)
- Zhao, L.M., Ohana, T., and Kimura T., 1993, A fossil population of *Ginkgo* leaves from the Xingyuan Formation, Inner Mongolia. *Transactions and Proceeding of Palaeontological Society of Japan*, 169, 73-96.

- Zheng, S.L. and Zhou, Z.Y., 2004, A new Mesozoic *Ginkgo* from western Liaoning, China and its evolutionary significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 131, 91-103.
- Zhou, Z.Y., 1997, Mesozoic ginkgoalean megafossils: A systematic review; *Ginkgo biloba* - A global treasure from Biology to Medicine. In Hori, T., Ridge, R.W., Tulecke, W., Tredici, P.T., Tremouillaux-Guiller, J., and Tobe, H., (eds.), *Ginkgo Biloba* (a global treasure). Springer-Verlag, Tokyo, Japan, 183-206.
- Zhou, Z.Y. and Zhang, B.L., 1988, Two new ginkgoalean female reproductive organs from the Middle Jurassic of Henan Province, China. *China Science of Bulletin*, 33, 1201-1203.
- Zhou, Z.Y. and Zhang, B.L., 1989, A middle Jurassic *Ginkgo* with ovule-bearing organs from Henan, China. *Palaeontographica, Abteilung B*, 211, 113-133.
- Zhou, Z.Y. and Zheng, S.L., 2003, The missing link of *Ginkgo* evolution. *Nature*, 423, 821-822.

2008년 7월 4일 접수
2008년 10월 4일 수정원고 접수
2008년 11월 4일 채택