

한반도에서 산출된 화석목재의 다양성

김 종 현*

공주대학교 지구과학교육과, 충청남도 공주시 공주대학로 56

Diversity of Fossil Woods from the Korean Peninsula

Jong-Heon Kim*

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

Abstract: In order to understand the broad outline and palaeobotanical significances, the fossil woods from the Korean Peninsula were integrated through the literature surveys. Types and diversity of them are gradually increasing from Mesozoic to Cenozoic, especially increased sharply in Cenozoic. During the Early Mesozoic, six conifer taxa belonging to four genera were described, which corresponds to about 6% of the Daedong flora. Those of the Late Mesozoic are all conifers, consisting of fifteen taxa belonging to seven genera, which corresponds to about 29% of the Nakdong flora. During the Neogene, thirty four taxa belong to sixteen families were described. Those woods mostly consist of dicotyledon and have the greatest diversity compared to other geologic eras, which corresponds to about 83% of the Janggi flora. It is inferred that such a rapid increase of the silicified wood fossils in Neogene are due to the abundant presence of dicotyledon in floral composition and of pyroclastic rocks in strata, which are appropriate for preserving wood as fossils.

Keywords: fossil wood, dicotyledon, Daedong flora, Nakdong flora, Janggi flora

요약: 한반도에서 산출되는 화석목재의 개요와 고식물학적 의미를 파악하기 위하여 문헌 조사를 통하여 이들을 종합하였다. 한반도에서 보고된 화석목재는 중생대에서 신생대로 갈수록 종수와 다양성이 증가하며 특히 신생대에 급증했다. 전기 중생대에서는 구과류 4속 6분류군이 기재되었는데 이것은 대동식물군의 약 6%에 해당한다. 후기 중생대의 화석목재는 모두 구과류이며 총 7속 15분류군이 기재되었는데, 이것은 낙동식물군의 약 29%에 해당한다. 신제3기의 화석목재는 16과 21속에 속하는 35분류군이 기재되었는데 대부분이 쌍자엽식물이고 다른 시대에 비하여 다양성이 가장 크다. 이것은 장기식물군의 약 83%에 해당한다. 신제3기에 화석목재가 급증한 이유는 식물군의 구성이 쌍자엽식물이 많고, 화석층에 목재 화석화에 적합한 화산쇄설암이 풍부했기 때문인 것으로 생각된다.

주요어: 화석목재, 구과류, 쌍자엽식물, 대동식물군, 낙동식물군, 장기식물군

서론

화석목재는 목재의 해부학적 구조가 잘 보존되는 경우가 많고 이를 통해 목재의 수종을 비교적 정확

히 확인할 수 있다. 그리고 과거의 식생, 고기후 및 고환경 등에 대한 많은 정보를 제공해 주며, 각 시대의 지층에서 그리고 세계의 곳곳에서 산출되고 있기 때문에 많은 식물학자와 고생물학자들의 관심을 오랫동안 끌어왔고, 그들에 의하여 1세기 이상 연구되어 왔다(Buurman, 1972).

한반도에는 고생대중에서부터 신생대중에 이르기까지 각 시대의 지층이 다양하게 분포하고 있지만, 신생대를 제외한 다른 시대의 지층에서는 화석목재가 귀한 편이다. 특히 고생대 후기의 평안누층군에서는 구과류 1속 1분류군이 알려져 있을 뿐이다(Nakamura et al., 1957). 우리나라의 화석목재를 처음 연구한

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

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Felix (1887)의 연구 이후 중생대층의 화석목재는 Shimakura (1936)에 의해 일부 연구가 수행되었다. 그러나 2000년대 초부터는 국내 연구자들에 의해 연구가 이루어졌다. 중생대층의 화석목재는 Kim et al. (2002), Paek (2003), Kim et al. (2005), Lee and Yang (2006), Oh et al. (2011, 2013), 그리고 Jeong et al. (2014)에 의해 목재해부학적인 연구가 수행되었다. 신생대층의 화석목재에 대해서는 Jeong et al. (2003, 2004), Kim et al. (2008), Jeong et al. (2009), Park and Kim (2010), Jeong et al. (2011), Lim et al. (2010), 그리고 Jeong et al. (2013)의 연구가 있다.

이 연구의 목적은 첫째로 현재까지 한반도의 각 시대별 지층에서 보고된 화석목재를 분석하여 다양성을 알아보고, 둘째로 각 시대별로 알려진 식물군과 비교해서 화석목재로 보존된 비율을 알아보고, 셋째로 이들 화석의 보존 특성에 대해 고찰해 보고자 한다.

화석 목재의 특성

화석목재는 횡단면, 방사단면 및 접선단면으로 자른 박편을 광학현미경으로 목재해부학적 특징을 관찰하여 일반적으로 속 수준까지 분류한다. 횡단면은 나

무의 축에 직각이 되도록 잘라낸 단면이고, 횡단면에서 나타나는 표본의 거시적인 나이테의 측정뿐 아니라 형성층과 춘재 및 추재에 나타나는 가도관 세포의 형태적 특징을 관찰할 수 있다. 그리고 도관에 의한 관공(pores)의 유무로 겉씨식물(나자식물)과 속씨식물(피자식물)로 구분할 수 있다. 방사단면은 중심부의 수(pith)를 통과하여 방사 방향으로 절단한 면을 말하며 주축계 세포의 종단면과 방사계 세포의 횡단면을 관찰하며 특히 교차역 벽공(cross-field pits)의 특징을 관찰할 수 있다. 접선단면은 방사단면에 직각 방향으로 절단한 단면으로 방사계의 횡단면을 관찰하여 그 폭과 높이를 확인할 수 있다. 본 연구에서는 한반도의 고생대층에서 신생대층에 이르기까지 모든 시대의 지층에서 산출된 화석목재의 분류군을 문헌을 통하여 조사하였다.

한반도의 중생대 지층에서 산출된 화석목재는 Table 1과 같다. 전기 중생대에는 4속 6분류군의 구과류가, 그리고 후기 중생대에는 7속 15분류군이 알려져 있으며 모두 구과류에 속한다. 신생대3기층에서 보고된 화석목재는 Table 2와 같이 16과 21속 35분류군으로 구성된다. 이 중에는 2과 3속 5분류군의 구과류가 포함되어 있고 나머지 14과 19속 29분류군은 모두 쌍자엽식물인 활엽수에 속한다.

Table 1. Taxa of the fossil woods from the Mesozoic strata

Age	Order	Taxa	Remarks
Early Mesozoic	conifers	<i>Xenoxylon latiporosum</i> (Cramer) Gothan	Felix (1887)
		<i>Xenoxylon phyllocladooides</i> Gothan	Shimakura (1936)
		<i>Xenoxylon japonicum</i> Vogellehner	Kim et al. (2002)
		<i>Phyllocladoxylon heizyoense</i> Shimakura	Paek (2003)
		<i>Cedroxylon regulare</i> Göppert	Kim et al. (2005)
		<i>Agathoxylon</i> sp.	
Late Mesozoic	conifers	<i>Cupressinoxylon uhangriense</i> Kim et al.	
		<i>Cupressinoxylon vectense</i> Barber	
		<i>Cupressinoxylon</i> sp.	
		<i>Taxodioxyton albertense</i> (Penhallow) Shimakura	Ogura (1944)
		<i>Taxodioxyton nihongii</i> Nishida et Nishida	Kim et al. (2002)
		<i>Taxodioxyton</i> sp.	Lee and Yang (2006)
		<i>Mesembrioxylon</i> sp.	Paik et al. (2006)
		<i>Araucarioxylon</i> sp.	Oh (2010)
		<i>Agatoxylon</i> sp.	Oh et al. (2011)
		<i>Agathoxylon kiense</i> (Ogura) Oh et al.	Oh et al. (2013)
		<i>Agathoxylon togeumense</i> Oh et al.	Jeong et al. (2014)
		<i>Agathoxylon byongpungense</i> (Kim et al.) Oh et al.	
		<i>Xenoxylon latiporosum</i> (Cramer) Gothan	
<i>Xenoxylon meisteri</i> Palib. et Jarm.			
<i>Brachyoxylon</i> sp.			

Table 2. Taxa of the fossil woods from the Cenozoic Janggi Group

Families	Taxa	Remarks
Pinaceae	<i>Picea palaeomaximowiczii</i> Watari	
	<i>Abies</i> sp.	
Taxodiaceae	<i>Taxodioxydon cunninghamioides</i> (Watari) Watari	
	<i>Taxodioxydon sequoianum</i> (Merckl.) Gothan	
	<i>Taxodioxydon</i> sp.	
Fagaceae	<i>Fagus hondoensis</i> (Watari) Watari	
Cercidiphyllaceae	<i>Cercidiphyllum</i> sp.	
Theaceae	<i>Camellia japonoxyla</i> Suzuki et Terada	
	<i>Stewartia pseudo-camellioxylon</i> Jeong et Kim	
Haemamelidaceae	<i>Distylium chiharu-hirayae</i> Suzuki et Terada	
Hippocastanaceae	<i>Aesculus</i> sp.	
Sterculiaceae	<i>Wataria miocenica</i> (Watari) Terada et Suzuki	
	<i>Wataria parvipora</i> Terada et Suzuki	
	<i>Wataria</i> sp.	Jeong (2003) Jeong et al. (2003)
Rosaceae	<i>Prunus</i> sp.	Jeong et al. (2004)
Meliaceae	<i>Cedreloxylon</i> sp.	Kim et al. (2008)
Juglandaceae	<i>Carya koreana</i> Jeong et Kim	Lee and Yang (2006)
	<i>Betula janggiensis</i> Jeong et Kim	Jeong (2009)
Betulaceae	<i>Betula hanenisiensis</i> (Watari) Watari	Jeong et al. (2009)
	<i>Carpinus donghaeensis</i> Jeong et Kim	Lim et al. (2010)
	<i>Carpinus</i> sp.	Park and Kim (2010)
	<i>Ostrya geumgwangensis</i> Jeong et Kim	Jeong et al. (2011)
	<i>Ostrya</i> sp.	Jeong et al. (2013)
Ulmaceae	<i>Ulmus crystallophora</i> Watari	
	<i>Ulmus</i> sp.	
	<i>Zelkova wakimizui</i> (Watari) Watari	
Aceraceae	<i>Zelkova</i> sp.	
	<i>Acer minokamoensis</i> Jeong et al.	
	<i>Acer momijiyamense</i> Takahashi et Suzuki	
	<i>Acer pohangensis</i> Jeong et Kim	
Oleaceae	<i>Acer</i> sp.	
	<i>Fraxinus oligocenica</i> Suzuki	
Malvaceae	<i>Reevesia</i> sp.	
	<i>Tilia miocenica</i> Jeong et Kim	
	<i>Tilia</i> sp.	

화석목재의 다양성

고생대층

평안누층군은 우리나라의 태백 지역과 북한의 평양 탄전 부근에 널리 분포하고 있으며 많은 화석식물의 산출이 알려져 있음에도 불구하고 화석목재의 기록은 거의 없다. 현재까지 1속 1분류군의 화석목재가 알려져 있다. Nakamura et al. (1957)은 평양탄전의 지질 구조에 대한 연구를 수행하면서 고방산층에서 많은 화석식물을 수집하였다. 그중에서 새로이 산출된 3종

의 화석식물에 대해 연구자의 한 사람인 Kobatake가 신종으로 기재하고 사진과 함께 게재하였다. 그 도판에 구과류에 속하는 화석이 *Dadoxylon* sp.로 삼단면의 박편 사진과 함께 기록되어 있다. 그러나 산지와 산출층에 대한 언급이 어디에도 나와 있지 않기 때문에 정말로 고생대층에서 산출된 것인지조차 단정하기 어렵다. 그러므로 연구 대상에서 제외한다.

하부 중생대층

우리나라의 화석식물이 세계에 처음 알려진 것은



Fig. 1. The erect silicified forest in the bank of Daedonggang near the Pyeongyang area (Shimakura, 1936).

화석목재의 연구로부터 비롯되었다. Gottsche (1886)는 우리나라의 지질조사를 하면서 평양 부근에서 직립 수간의 화석목재를 처음 발견하고 표본을 채집하였다. 이 화석은 후에 Felix (1887)가 목재의 조직학적인 연구를 수행하여 *Araucarioxylon koreanum* Felix와 *Cedroxylon regulare* Göppert를 논문에서 발표하였다. Gottsche는 당시 화석목재의 산출지를 제3기층으로 오인하였으나, 그 지층은 현재 중생대층인 유경층(Maejima, 1935), 대동층군(Kimura and Kim, 1984) 또는 송림산통(Pak and Kim., 1996)에 해당한다. 평양 부근의 대동강변에 분포하는 송림산통의 중부층에는 Fig. 1과 같이 수목이 서 있는 상태에서 화석화되어 화석립을 이루고 있다. Shimakura (1936)는 이들 화석에 대해 *Xenoxylon latiporosum* (Cramer) Gothan, *X. phyllocladoides* Gothan 및 *Phyllocladoxylon heizyoense* Shimakura의 3종을 기재하였다. Felix (1887)가 기재한 *Araucarioxylon koreanum* Felix는 Shimakura (1936)의 재검토 결과 *Xenoxylon latiporosum* (Cramer) Gothan과 동종이명으로 밝혀졌다. Nakamura et al. (1957)도 평양 부근의 송림산통에서 산출된 많은 식물화석과 함께 *Xenoxylon latiporosum* (Cramer) Gothan, *X. phyllocladoides* Gothan 및 *Cedroxylon cf. regulare* Göppert가 산출되고 있음을 언급하였다.

평양의 대동층군에 대비되는 지층은 남한 지역의 곳곳에 분산 분포한다. Paek (2003)은 충청남도 청양군 일대에 분포하는 남포층군의 조계리층에서 *Xenoxylon* sp.와 *Dadoxylon* sp.를 기재하였다. 이들 화석은 후에 Kim et al. (2005)의 재검토에 의해 *Xenoxylon phyllocladoides* Gothan과 *Agathoxylon* sp.로 각각 변경되었다. 이들 화석은 남한 지역에 분포하는 하부 중생대에서 처음 산출된 화석목재이다.

따라서 하부 중생대에서 보고된 화석목재는 Table 1과 같이 총 4속 6분류군의 구과류로 구성된다. 이것은 대동식물군이 49속 103종(Kim, 1993)으로 구성되어 있는 것에 비하면 화석으로 보존된 목재화석의 수는 약 6%로서 극히 일부에 해당된다.

상부 중생대층

Tateiwa는 1925년에 왜관, 대구, 영천, 경주 도곡을 조사하던 중에 왜관 지역에 분포하는 백악기의 낙동층에서 나무고사리 화석을 발견하였다. 이 화석의 감정을 의뢰받은 Ogura (1927)는 나무고사리 화석을 *Cyathocaulis naktongensis* Ogura와 *Cibotiocaulis tateiwaie* Ogura의 2속 2종의 신속신종으로 기재하였다. 후에 Ogura (1941)는 후자를 전자와 같은 속에 포함시켜 *Cyathocaulis tateiwai* (Ogura) Ogura로 변경시켰다. 나무고사리 화석산지는 현재 우리나라의 천연기념물 제146호로 지정되어 있다(Cheong and Paek, 1992). 나무고사리는 비록 규화된 상태의 화석으로 보존되었지만 목재가 아니므로 연구 대상에서 제외한다.

Kim et al. (2002)은 경상남도과 전라남도 일대에 분포하는 백악기층에서 산출된 화석목재에 대해 *Dadoxylon byeongpungense* Kim et al., *Cupressinoxylon uhangriense* Kim et al., *Taxodioxylon albertense* (Penhallow) Shimakura, *T. cf. nihongii* Nishida et H. Nishida 및 *Mesembrioxylon* sp.의 2종의 신종을 포함하여 4속 5분류군을 기재하였다. 또한, Lee and Yang (2006)은 경북 칠곡과 안동 지역에서 채집한 화석목재에 대해 *Cyathocaulis* sp., *Xenoxylon latiporosum* (Cramer) Gothan, *Cupressinoxylon* sp., 및 *Araucarioxylon* sp.의 4속 4종을 추가로 기재하였다. 최근 Oh et al. (2011)은 경상분의 백악기 지층에서 많은 화석목재를

채집하고 다음과 같이 4속 6분류군의 화석을 기재하였다; *Xenoxylon latiporsum* (Cramer) Gothan, *Agathoxylon togeumense* Oh et al., *A. kiiense* (Ogura) Oh et al., *A. byeongpungense* (Kim et al.) Oh et al., *Brachyoxylon* sp. 및 *Taxodioxylon nihongii* Nishida et Nishida. 이어서 Oh et al. (2013)은 전라남도의 백악기 지층에서 *Agathoxylon* sp. 와 *Taxodioxylon* sp.의 2종을 기재하였다. 최근 Jeong et al. (2014)은 백악기의 낙동층으로부터 *Xenoxylon meisteri* Palib. et Jarm.의 산출을 보고하였다.

따라서 상부 중생대층에서 기재된 화석목재는 Table 1과 같이 총 7속 15분류군으로 구성되며 모두 구과류에 속한다. 낙동층의 화석식물은 28속 51종 이상으로 구성되는데(Tateiwa, 1976; Kim, 2009), 그 중의 약 29%에 해당된다.

신생대 신제3기층

신제3기의 화석목재는 포항 지역에 분포하는 마이오세의 장기층군에서 산출하고 있다. Jeong et al. (2003)은 장기층군의 상부 함탄층에서 산출된 규화목을 벽오동과의 *Wataria miocenica* (Watari) Terada et Suzuki와 *W. parvipora* Terada et Suzuki의 1속 2종을 기재하였다. 이어서 Jeong et al. (2004)는 같은 지역의 상부 함탄층으로부터 *Picea palaeomaximowiczii* Watari를 비롯하여 9속 11종의 규화목을 보고하였는데, 여기에는 2속 3종의 구과류가 포함되어 있다. 이들 화석의 대부분은 한반도에서 처음 발견된 종들이다. Kim et al. (2008)은 장기층군의 상부 함탄층에서 2속 2종을 새로이 추가했고, 세계리 지역에 분포하는 신제3기층에서 6속을 기재했지만 속 수준까지만 분류가 되었다. Jeong et al. (2009)은 장기층군의 하부 함탄층에서 10속 14종을 새로이 기재하였다. Lim et al. (2010)도 9속 11종을 기재하였는데, 이들의 대부분은 Jeong et al. (2009)이 기재한 것과 같은 것이다. Park and Kim (2010)은 장기층군에서 *Fagus hondoensis*를 포함하여 3속 6종을 추가로 보고했지만 대부분 속 수준까지만 분류되었다. Jeong et al. (2011)은 어일 분지로부터 1속의 *Reevesia* sp.를 보고하였다. 또한 Jeong et al. (2013)은 장기층군의 하부 함탄층과 울산의 마이오세에서 신종으로 *Tilia miocenica* Jeong et Kim을 기재하였다.

Table 2와 같이 장기층군에서 기록된 신제3기의 화석목재는 16과 21속 34분류군으로 다양성이 매우 풍

부하다. 이 중에는 2과 3속 5분류군의 구과류가 포함되어 있고 나머지 14과 18속 29분류군(미확인종 포함)은 모두 쌍자엽식물에 속한다. 장기식물군은 25과 33속 41종(5속 5종의 구과류 포함)으로 구성되는데(Huzioka, 1972; Kim and Choi, 2008; Jeong et al., 2010; Paik et al., 2012), 그중의 약 83%에 해당된다.

울릉도 나리분지의 4기층에서 처음 발견된 탄화목은 Im et al. (2012)에 의해 *Picea* spp.와 *Fagus crenata* Blume의 2속으로 분류되었다. 이들 화석은 화산작용과 관련하여 만들어진 것이며 우리나라에서 가장 젊은 나무화석이다. 그러나 이들은 규화목이 아니므로 연구 대상에서 제외한다.

화석목재의 보존 특성

채집된 화석목재는 산지에 따라 일반적으로 색, 굳기, 비중, 냄새, 박편의 색 등이 서로 다르게 나타나며 심지어 같은 장소에서 발견된 화석에서도 다양한 형태로 나타난다. 이것은 실리카 광물의 종류, 결정도, 규화작용이나 탄화작용의 정도, 규화되고 나서 속성작용의 정도 등이 다른 것을 반영한다(Terada, 2008). 장기층군의 화석목재에서도 색이 다른 것이 많고 실리카 광물의 종류도 3가지 형태가 나타난다(Kim, 2008).

한반도의 중생대와 신생대층에서 기록된 화석목재는 조계리층산 화석을 제외하고 모두 치환작용에 의해 만들어진 규화목이다. 남포층군의 조계리층에서 산출된 화석목재는 Paek (2003)과 Kim et al. (2005)에 의해 조직학적인 연구가 이루어졌지만(Fig. 2C, D), 그 구성 광물은 침철석이다(Song, 2010). Fig. 2A, B는 부분적으로 보존된 화석목재가 역암의 층리면에 평행한 상태로 들어 있는 모습을 보여준다. 이 중에는 부분적으로 조직이 잘 보존되어 있는 것도 있고, 일부는 탄화된 유기물이 남아 있는 것도 있다. 이러한 화석은 함철 광물화작용에 의해 만들어진 것이다(Buurman, 1972). 즉, 육상 암석의 풍화로부터 기원된 침철석이 속성작용 동안에 세포내강이나 세포 간극에 충전된 후 굳어진 것이다. Buurman (1972)에 의하면, 침철석에 의한 광충작용(permineralization)은 치환작용(replacement)과는 다르며 습윤한 토양에서 잘 일어나고, 나무가 부패하는 동안에 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있다. 이런 화석은 세계적으로 매우 귀하다.

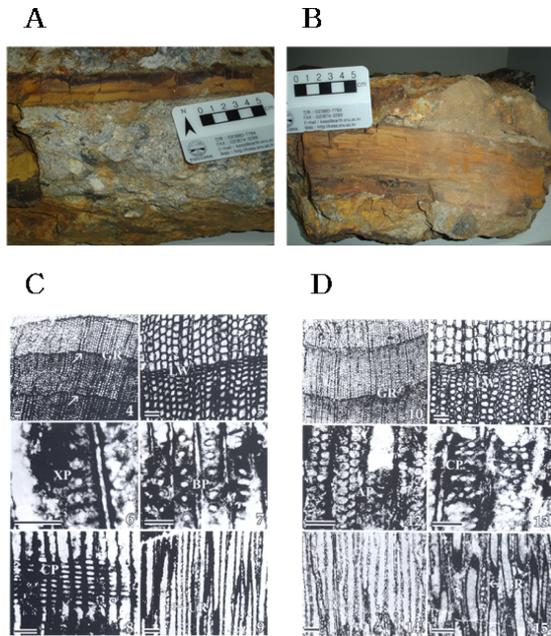


Fig. 2A-D. Fossil woods from the Jogyeri Formation of the Nampo Group. A, B; Conglomerate bearing silicified wood fossils. C; *Xenoxylon phyllocladoides* Gothan. D; *Agathoxylon* sp. (C, D; Kim et al., 2005).

Table 1 및 2와 같이 중생대에서 신생대로 오면서 화석목재의 종수가 점점 증가하지만 특히 신생대에 들어와 급증한다. 그 원인을 다음과 같이 추정할 수 있다. 첫째로 장기충균에 풍부하게 분포하는 화산쇄설암에 관계가 있다. 규화된 화석목재는 주로 육상 퇴적환경에서 생성되지만, 대다수의 연구자들은 화산쇄설암의 풍화가 실리카의 주요한 공급원이라고 생각하고 있다. 특히 응회암과 화산암은 실리카의 제일 중요한 공급원으로 알려져 있다(e.g., Leo and Barghoom, 1976; Stein, 1982). 규화목이 만들어지는 조건에는 실리카의 공급원 이외에도 실리카의 용해상태, 수종의 종류, 압력, pH 등에도 관계가 있지만(Terada, 2008), 제일 중요한 것은 실리카의 공급원이다. 포항 지역의 신제3기층에는 화산쇄설암이 많이 포함되어 있으며 Fig. 3과 같이 규화목이 응회암으로 둘러싸인 채로 발견되는 화석도 많다. 두 번째 원인은 시대에 따라 출현한 수목의 종류에 따른 2기 목부의 구조적 차이에 관계가 있다고 본다. 겉씨식물의 목재는 속씨식물인 쌍자엽류의 목재에 비해 구조가 단순하고 목부에 도관이 없으며 가도관으로 구성된 연재(soft wood)이지만, 속씨식물의 쌍자엽식물의 목재는 대다

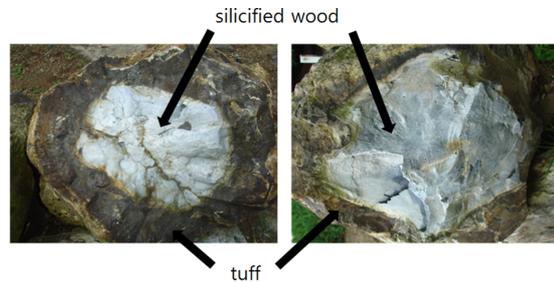


Fig. 3. Two silicified fossil woods enclosed by tuff from the Janggi Group.

수가 섬유가도관과 인피상섬유로 구성되어 있기 때문에 밀도나 강도가 높은 경재(hard wood)이다(Im et al., 1983). 나무가 이탄 속에 있을 때 나무 조직은 셀룰로즈의 분해 속도가 늦고 내구성이 강한 목재 부분이 선택적으로 규화가 일어나 규화목이 생성되는 것으로 알려져 있다(Oishi, 2003).

따라서 신제3기층에서 화석목재의 종수가 많고 다양성이 높은 이유는 앞 화석으로 나타나는 식물들도 대부분 수목류이기 때문에 이들로부터 목재가 화석화되었기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 이들 목재가 화석화되기 적합한 화산쇄설암이 퇴적암 내에 풍부하기 때문인 것으로 판단된다. 이에 비해 중생대의 수목은 대부분 오랜 시간 전에 멸종하여 화석으로 보존되기 어려운 기본적인 이유 외에 대부분이 겉씨식물인 구과류로 구성되어 있고, 이들은 쌍자엽식물 재목에 비해 단단하지 못하고 조직도 단순하므로 목재 조직이 지층 속에 묻혔다 해도 쉽게 부패가 일어나 규화목으로 보존되기 어렵기 때문인 것으로 볼 수 있다.

경상분지의 하양층군과 유천층군에는 분지 형성 당시 주변의 활발한 화산활동에 의해 분출된 화산쇄설암이 많이 들어있지만(Chough and Sohn, 2010), 화석이나 화석목재의 기록은 매우 빈약하다. 장기간에 걸친 화산활동은 실리카의 좋은 공급원이 될 수도 있지만, 분지 주변에서 자라는 수목의 성장에 장애를 주거나 수목을 태워버릴 수도 있다. 또한 건조한 기후는 수목의 성장에도, 그리고 수목이 분지 내로 유입되는 데에도 매우 불리하다. 하양층군과 유천층군에 화석목재가 적은 원인을 확실하게 단정할 수는 없지만 고환경, 고기후 등과 같은 요인들과 깊은 관계가 있을 것이다.

결 론

문헌 조사를 통하여 한반도의 고생대부터 신생대까지 산출된 나무화석의 종류를 시대별로 정리하고 그 보존 특성을 추정하였다. 규화목으로 보존된 종수는 중생대에서 신생대로 갈수록 증가하지만 특히 신생대에 급증한다. 전기 중생대의 화석목재는 총 4속 6분류군의 구과류로 구성되며, 대동식물군의 약 6%에 해당한다. 후기 중생대의 화석목재는 총 7속 15분류군이고, 모두 구과류로 구성되며, 낙동식물군의 약 29%에 해당한다. 신제3기의 화석목재는 장기분지에서 주로 산출되며 16과 21속 34종이다. 이들은 겉씨 식물의 구과류와 쌍자엽식물로 구성되며 이는 장기식물군의 약 83%에 해당한다. 신제3기에 화석목재의 수종이 증가한 것은 당시 식물상에서 목재를 형성하는 쌍자엽식물들이 많았으며 이들의 목재를 화석화하는데 적합한 화산쇄설암이 풍부했기 때문인 것으로 생각된다.

사 의

본 논문에 건설적인 비평과 의견을 주신 전북대학교 김경식 교수님과 진주교대의 김경수 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 귀중한 문헌을 제공해 주신 전북대학교 정은경 박사님에게도 감사를 드립니다.

References

Buurman, P., 1972, Mineralization of fossil wood. *Scripta Geologica*, 12, 1-43.

Cheong, C.H. and Paek, K.H., 1992, Study on the tree ferns of Keumubong fossil cite. In Geological Society of Korea (ed.), Report of the Natural monuments and dinosaur foot prints. Geological Society of Korea, Seoul, Korea, 3-41. (in Korean)

Chough, S.K., and Sohn, Y.K., 2010, Tectonic and sedimentary evolution of a Cretaceous continental arc-backarc system in the Korean Peninsula: New view. *Earth-Science Review*, 101, 225-240.

Felix, J., 1887, Untersuchungen über fossile Hölzer 1. Holz von Phyöngyang in Korea. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 39, 517-528.

Gottsche, O.C., 1886, Geologische Skizze von Korea, Won. Preuss. Akademie der Wissenschaften ze Berlin, 1, 83-105.

Huzioka, K., 1972, The Tertiary flora of Korea. *Journal of Mining College Akita University, Series A*, 5, 73-103.

Im, D.B., Ko, K.S., and Im, U.K.(translation), 1983, Anatomy of seed plants. Useong, Seoul, Korea, 541 p. (in Korean)

Im, J.H., Shim, S.H., Choo, C.O, Jang, Y.D., and Lee, J.S., 2012, Volcanological and paleoenvironmental implication of charcoals of the Nari Formation in Nari Caldera, Ulleung Island, Korea. *Geosciences Journal*, 16, 105-114.

Jeong, E.K., 2003, Fossil woods flora of Tertiary Janggi Group, Korean Peninsula. M.S. Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 73 p.

Jeong, E.K., 2009, The comparison of the Miocene fossil wood floras between Korea and Japan. Ph.D. Thesis, Tohoku University, Sendai, Japan, 175 p.

Jeong, E.K., Kim, K., Kim, J.-H., and Suzuki, M., 2003, Comparison of Korea and Japanese Tertiary fossil floras with special references to the genus *Wataria*. *Geosciences Journal*, 7, 157-161.

Jeong E.K., Kim, K., Kim, J.-H., and Suzuki, M., 2004, Fossil woods from Janggi Group (Early Miocene) in Pohang Basin, Korea. *Journal of plant Research*, 11, 183-189.

Jeong, E. K., Kim, K., Suzuki, M. and Kim, J.W., 2009, Fossil Woods from the Lower Coal-bearing Formation of the Janggi Group (Early Miocene) in the Pohang Basin, Korea. *Review of Paleobotany and Palynology*, 153, 124-138.

Jeong, E.K., Kim, K., Uemura, K., Paik, I.S., and Kim, H.J., 2010, Leaf architecture and Morphotypes of Ulmaceous fossil plants from the Geumgwangdong Formation of the Janggi Group in Pohang City, Korea. *Journal of Paleontological Society of Korea*, 26, 271-289. (in Korean)

Jeong, E. K., Kim, K., Paik, I.S., and Kim, H.J., 2011, Firstly reported *Reevesia* (Malvaceae) fossil woods from the Eoil Casin (Gampo area) in Gyeongju, Korea. *Geological Society of Korea*, 47, 199-204. (in Korean)

Jeong, E.K., Kim, K., Paik, I.S., and Lim, J.D., 2013, Miocene *Tilia* (Malvaceae) woods in Korea: Including a new taxon. *Geosciences Journal*, 17, 249-254.

Jeong, E.K., Oh, C., Kim, K., Paik, I.S., Philippe, M., Kim, H.J. and Lim, J.-D., 2014, Co-occurrence of *Xenoxylon meisteri* Palib. et Jarm. and fossil tree ferns within the Lower Cretaceous Nakdong Formation at Mt. Geumubong, Korea and its palaeoclimatic implications. *Cretaceous Research*, 50, 120-125.

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. Ph. D. thesis, Kyushu University, Hukuoka, Japan, 315 p, pls. 1-36.

Kim, J.-H., 2008, The mode of occurrence and composing minerals of petrified woods from the Tertiary Deposit

- of Pohang Basin in Korea. *Journal of the Earth Science Society*, 29, 531-538. (in Korean)
- Kim, J.-H., 2009, New occurrence of *Cupressinocladus* sp. from the Lower Cretaceous Jinju Formation, Shindong Group, Korea. *Journal of the Earth Science Society*, 30, 605-610.
- Kim, J.-H. and Choi, S.-I., 2008, Discussion on the *Metasequoia* fossils from the Miocene Keumkwandong Formation of the Janggi Group, Korea. *Journal of the Earth Science Society*, 29, 319-327. (in Korean)
- Kim, K., Jeong, E.K., Suzuki, M., Huh, N., and Paek, I.S., 2002, Some coniferous fossil woods from the Cretaceous of Korea. *Geosciences Journal*, 6, 131-140.
- Kim, K., Jeong, E.K., Kim, J.-H., Paek, S.D., Suzuki, M., and Philippe M., 2005, Coniferous fossil woods from the Jogyeri Formation (Upper Triassic) of the Nampo Group, Korea. *IAWA Journal*, 26, 253-265.
- Kim, K., Jeong, E.K., Yun, B.-Y., and Lee, J.D., 2008, New record of fossil woods from the Janggi Group in Pohang, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 24, 135-147.
- Kimura, T. and Kim, B.K., 1984, General review on the Daedong flora, Korea. *Bulletin of Tokyo Gakugei University*, 36, 201-236. (in Japanese)
- Lee, K.-J., and Yang, S.-Y., 2006, Fossil woods from the Lower part of Gyeongsang Group, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 22, 263-280.
- Leo, R. F. and Barghoorn, E. S., 1976, Silicification of Wood. *Botanical Museum Leaflet Harvard University*, 25, 1-47.
- Lim, J.-D., Jeong, E.K., Kim, K., Suzuki, M., Paik, I.S., and Kim, H.-M., 2010, Miocene woods of the Janggi Basin in Korea: Implications for paleofloral changes. *Geosciences Journal*, 14, 11-22.
- Maejima, S., 1935, *Geology of Phyongyang* (Preliminary Report). *Chikyū*, 24, 81-89, pl. 2. (in Japanese)
- Nakamura, S., Matsushita, S., Kobatake, N., and Ikebe, N., 1957, Studies on the geologic structure of the Phyongyang Coal Field, Korea. *Memories of the College of Science, University of Kyoto, Series B*, 23, Special Number, 1-63.
- Ogura, Y., 1927, On the structure and affinities of some fossil tree ferns from Japan. *Journal of Faculty Science, Imperial University of Tokyo, Section 3*, 1, 351-380, pls. 2-8.
- Ogura, Y., 1941, Additional notes on the structure of fossil tree ferns. *Botanical Magazine Tokyo*, 55, 453-461.
- Ogura, Y., 1944, Notes on fossil woods from Japan and Manchoukuo. *Japan Journal of Botany*, 13, 345-365, pls. 3-5.
- Oh, C., 2010, Conifer fossil woods of the Cretaceous in Northeast Asia: Occurrences and paleobiological implications. Ph.D. Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, 185 p.
- Oh, C., Kim, K., Paik, I.S., and Lim, J.-D., 2011, Cretaceous conifer woods of Korea: Occurrence and paleobiological implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 164, 67-83.
- Oh, C., Kim, K., Philippe M., and Paik I.S., 2013, Mid-Cretaceous (Albian-Cenomanian) fossil woods from Hwawon-myeon in Jeollanam-do, Korea, and their palaeoclimatic implications. *Cretaceous Research*, 43, 40-47.
- Oishi, T., 2003, On the classification and genesis of petrified woods. *Resource and Material*, B8-8, 351-252. (in Japanese)
- Paek, S.D., 2003, Study on the silicified wood fossils from the Upper Triassic Amisan Formation, Korea. Unpublished M.S. thesis, Kongju National University, Gongju, Korea, 42 p. (in Korean)
- Paik, I.S., Huh, M., Park, K.H., Hwang, K.G., Kim, K. and Kim, H.J., 2006, Yeosu dinosaur track sites of Korea: The youngest dinosaur track records in Asia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 28, 457-468.
- Pak, I.S. and Kim, Y.N., 1996, Mesozoic Era. In Paek, R.J., Kang, H.G., and Jon, G.P.(eds.), *Geology of Korea*. Foreign Languages Books Publishing House, Pyongyang, DPR of Korea, 155-188.
- Park, N.-T. and Kim, J.-H., 2010, Paleoenvironmental factor on the fossil woods from the Lower and Upper Coal-bearing Formations of the Janggi Group (Miocene) of Korea. *Journal of the Earth Science Society*, 31, 573-583. (in Korean)
- Shimakura, M., 1936, Studies on fossil woods from Japan and adjacent lands. Contribution 1. Science Report of Tohoku University, Second Series, 18, 267-310, pls. 12-22.
- Song, I.H., 2010, Genesis of wood fossils from the Jogyeri Formation in Cheongyang. Unpublished M.S. thesis, Kongju National University, 32 p. Gongju, Korea. (in Korean)
- Stein, C.L., 1982, Silica recrystallization in petrified wood. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 52, 1277-1282.
- Tateiwa, I., 1976, The Koreo-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. Tokyo University Press, Tokyo, Japan, 654 p. (in Japanese)
- Terada, K., 2008, Review of silicified woods from Japan. *Fossils*, 83, 64-77. (in Japanese)

Manuscript received: October 28, 2014

Revised manuscript received: November 23, 2014

Manuscript accepted: January 8, 2015