

포항분지의 마이오세 장기층군의 금광동층에서 산출된 메타세콰이아(*Metasequoia*) 화석에 대한 고찰

김종헌* · 최성일

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

Discussion on the *Metasequoia* Fossils from the Miocene Keumkwandong Formation of the Janggi Group, Korea

Jong-Heon Kim* and Seung-Il Choi

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

Abstract: A paleobotanical study of the *Metasequoia* has been carried out from the Miocene Keumkwandong Formation of the non-marine Janggi Group in the Pohang Basin. As a result of this study, deciduous leafy shoots mostly belong to a single species of *Metasequoia occidentalis*. This species is characterized by its opposite leaves with decurrent base, and by its presence of scale leaf at base of petiole. This species is common in the Korean Tertiary floras in Miocene age, yet it has not been recorded in the Korean Peninsula after Miocene. Based on the distribution and ecology of extant *Metasequoia*, it is considered that the *Metasequoia* might have flourished in the fluvial plains as swamp forest.

Keywords: *Metasequoia*, Keumkwandong Formation, Miocene, Tertiary System

요약: 경상북도 포항분지에 분포하는 제3계 육성층인 장기층군의 금광동층에서 산출된 메타세콰이아 화석에 대하여 고식물학적인 연구가 수행되었다. 연구 결과 낙지성(落枝性) 단지(短枝)의 화석은 대부분 *Metasequoia occidentalis*의 단 일종에 속한다. 이 종은 하연(下延)하는 대생(對生)의 잎과 잎자루의 기부(基部)에 인편(鱗片)을 갖는 특징이 있다. 이 종은 우리나라의 제3기 마이오세 식물군의 전역에서 공통적으로 많이 산출되지만, 마이오세 이후부터는 우리나라에서 화석 기록이 나타나지 않는다. 현생종의 분포와 생태로부터 판단하면, 화석 메타세콰이아는 포항 분지 주변의 수분 조건이 충분한 하천의 범람원에서 습지림을 이루었을 것으로 추정된다.

주요어: 메타세콰이아, 금광동층, 마이오세, 제3계

서론

최근 우리나라의 동남부에 분포하는 포항분지의 장기층군에서 메타세콰이아 화석을 포함하여 다양한 종류의 식물화석들이 새로이 채집되었다. Huzioka(1972)에 의하면, 장기층군에서는 25과 33속 44종의 화석 식물이 알려져 있으며, 여기에는 메타세콰이아를 포함한 3속 4종의 낙우송과(Taxodiaceae) 식물이 포함되어 있다.

메타세콰이아는 Miki(1941)에 의해 처음 설립된 속명이며 현재 1속 1종으로 구성된 낙지성(落枝性) 고목(高木)이고 제3기 극지식물군(Arctic Tertiary flora)의 구성요소의 하나로 알려져 있다(Miki, 1953). 화석에 의해 처음 메타세콰이아의 속명이 설립되었지만, 후에 중국에서 현생의 메타세콰이아가 발견되면서 현생 식물에 대하여 *Metasequoia glyptostroboides*라는 학명이 붙여졌다(Hu and Cheng, 1948). 따라서 메타세콰이아는 현생종이 발견되기 이전에 화석이 먼저 발견된 유일한 식물이며, '살아있는 화석'으로 유명하다(Miki, 1951, 1953). 현생 메타세콰이아는 본래 중국의 서남부, 호북성(湖北省)과 사천(四川省)성 경계 부근인 이천시(利川市)의 마도계(磨刀溪)의 산골에

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

서 자생하고 있는 식물이지만(Hu and Cheng, 1948), 현재는 이식에 의해 우리나라를 비롯한 전 세계의 각지에 널리 분포하고 있다.

우리나라에 분포하는 제3기 식물군은 모두 메타세콰이아 화석을 포함하고 있지만(Huzioka, 1972; 전희영, 1982; 전희영 외, 1983; Ablaev et al., 1993; 림경호 외, 1994; 최성일, 2007), 모두 잎화석이며 구과(球果)나 수간(樹幹)의 화석은 알려져 있지 않다. 최근 포항분지의 규화목에 대한 조직학적인 연구가 Jeong et al.(2003, 2004)에 의해 이루어졌지만 메타세콰이아의 수간은 아직도 발견되지 않았다.

그러나 일본의 제3기층에서는 잎이나 소지, 구과의 화석과 함께 규화된 형태로 보존된 수간도 자주 발견되고 있으며 최대직경이 1 m 이상에 달하는 것도 있다(Fuzimoto et al., 1971; Aichi Kawa Petrified Forest Investigation Committee, 1993). 최근에는 중국의 호북성 이천시(天门市)의 메타세콰이아 자생지 부근에서 최대직경이 2.3 m에 달하는 현생의 *Metasequoia glyptostroboides*의 규화목이 발견되었다(Yang et al., 2004).

본 연구는 장기층군에서 산출된 메타세콰이아 화석을 중심으로 형태적 특징, 생육환경, 지리적 및 지사적 분포에 대해서 알아보고 낙우송과의 유사속과 비교해 보고자 한다.

시료 및 연구 방법

장기층군의 금광동층에서 메타세콰이아를 비롯한 식물화석 500여점을 채집하였다. 이 중에서 메타세콰이아 화석은 70개이며, 대부분 장기층군의 금광동층에서 산출하였다. 채집된 화석은 모두 소지에 붙은 잎 화석이고 구과나 종자의 화석은 발견되지 않았다. 화석은 대체로 보존상태가 좋으나 대부분 인상화석(印象化石)이기 때문에 각피가 보존되지 않아서 조직학적인 특징은 알 수가 없다. 그러므로 화석의 분류는 잎의 형태적 특징에 의하여 이루어졌다.

지질과 층서

포항 퇴적분지는 경북 영일군의 동부 지역에 위치하며 영일만을 중심으로 대략 북북동-남남서 방향으로 분포하고 남한에 분포하는 제3기 퇴적분지 중에서 규모가 가장 크다. 경·위도상 동경 129°15'~129°30', 북위 36°00'~36°10'의 범위를 차지한다. 포항분지의

지질은 백악기 경상누층군의 퇴적암류 및 화성암류와 이들을 부정합으로 피복하고 있는 이암, 사질이암, 셰일, 사암, 역질사암 및 역암으로 구성된 제3기 퇴적층으로 구성된다.

포항 퇴적분지의 지질조사는 Tateiwa(1924)에 의해 처음 실시되었다. 그는 제3기층을 하부의 장기통과 상부의 연일통으로 구분하였고, 장기통은 다시 장기층군과 범곡리층군으로 세분하였다. Kim et al.(1975) 및 김봉균과 윤선(1982)은 제3기층을 장기층군, 범곡리층군, 연일층군으로 구분하였으나, Kim(1984)은 범곡리층군을 장기층군의 최상부층으로 간주하고 두 층군을 합쳐 양북층군과 연일층군으로 구분하였다. 윤선(1998)은 양남분지의 제3기층을 하위로부터 범곡리층군, 장기층군 및 연일층군으로 구분하였지만, 범곡리층군을 최하위층군으로 놓은 것은 기존 연구자들의 층서구분과 현저하게 다르다. 여기에서는 Kim et al.(1975)의 층서구분을 따른다.

Kim et al.(1975)에 의하면, 장기층군은 하부장기층군, 중부장기층군, 상부장기층군으로 구분되며, 이들은 서로 부정합 관계이다. 메타세콰이아 화석은 금광동층에서 주로 채집이 되었다. 금광동층은 하부장기층군에 속하며 금광동 지구에서만 분포하고 그 층의 두께는 약 70 m에 달한다. Tateiwa(1924)에 의해 처음 금광동세일로 명명되었으나 Kim et al.(1975)은 금광동층으로 수정하였다. 금광동층은 주로 박판상 담회색의 셰일로 구성되어 있으며 많은 식물화석과 어류 화석 등이 산출된다. 금광동 지역의 지질도와 주상도는 Fig. 1 및 2와 같다.

연구 결과 및 고찰

화석 메타세콰이아의 형태적 특징과 비교

메타세콰이아는 낙지성 식물이며, Fig. 3과 같이 있는 단지(短枝)에 약 45도의 각도에서 대생(對生)으로 배열되어 빗살과 같은 모양을 이룬다. 잎은 선형이며 편평하고, 그 길이는 대체로 6~15 mm이며, 폭은 1~2 mm에 이른다. 엽연(葉緣)은 대체로 평행하지만 잎의 기부에서는 심하게 비틀어지면서 하연상(下延狀)으로 되어 엽초를 만들면서 줄기에 붙는다. 엽선은 둔원형(鈍圓形)이다. 잎의 중앙에 단맥(單脈)이 있지만 표면에서 오목한 형태로 나타난다. 단지의 기부(基部)에 인편엽(鱗片葉)이 붙는 것은 현생과 비슷하다.

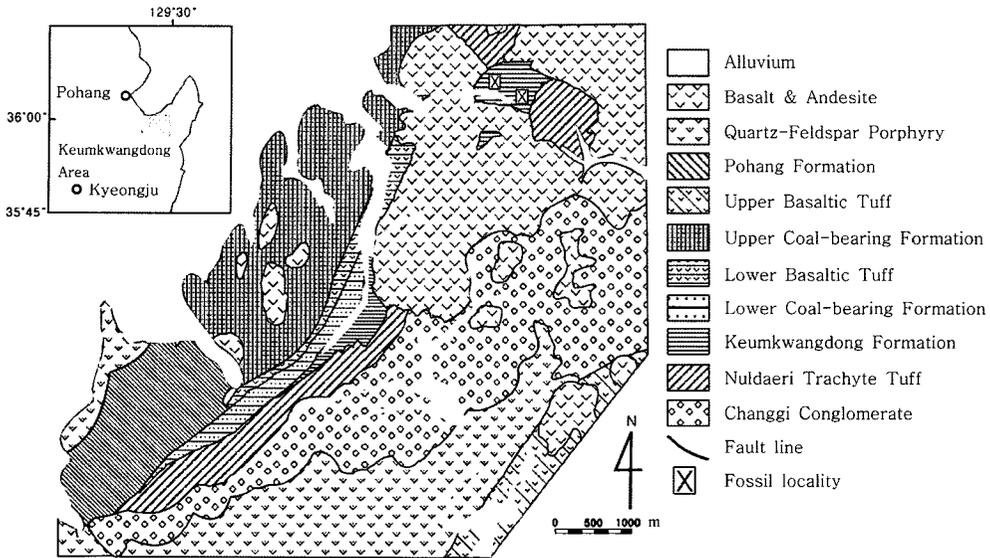


Fig. 1. Geological map of study area (Kim et al., 1975) and fossil locality.

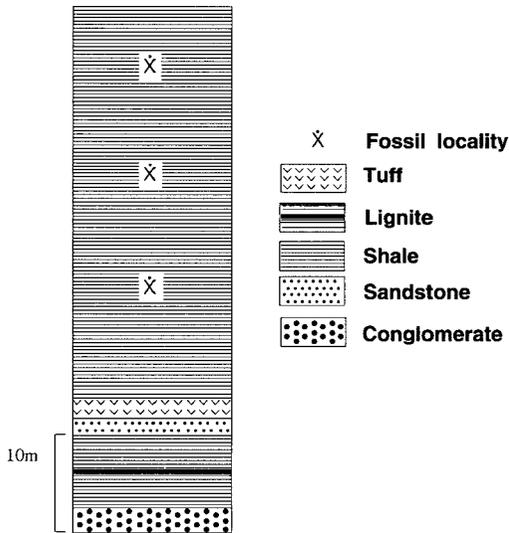


Fig. 2. Measured section of the Keumkwangdong Formation in the Keumkwangdong area (Kim et al., 1975).

70개의 표본을 조사한 결과 이들은 서로가 크기와 형태에 있어 큰 차이가 없는 것으로 보아 모두 같은 종으로 생각되며, 잎의 형태적 특징에 의해 *Metasequoia occidentalis*(Bewberry) Channy로 동정되었다. 백악기 이후 전 세계적으로 기재된 메타세콰이아속의 화석은 *Metasequoia occidentalis*를 포함해서 기껏해야 2종 내지는 3종으로 구별되고 있는데 (Momohara, 1994), *Metasequoia occidentalis*는 우리

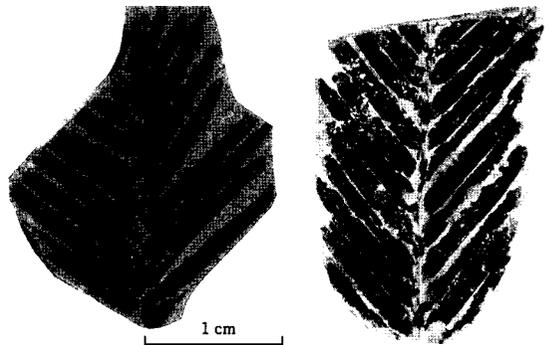


Fig. 3. Leafy shoots of *Metasequoia occidentalis*.

나라의 제3기층뿐만 아니라 전 세계적으로 공통으로 산출하는 화석이다.

Fig. 4와 같이 *Metasequoia occidentalis*의 잎은 현생의 *M. glyptostroboides*의 잎과 형태적으로 아주 비슷하고, 소지의 기부에 인편엽이 붙는 것도 비슷하다. 이러한 특징은 낙우송과의 식물 중에서 가장 독특하다. 이것으로 보아 메타세콰이아는 제3기부터 현재에 이르기까지 잎의 형태가 거의 변하지 않았다는 것을 알 수 있다.

낙우송과의 식물은 세계적으로 10속 13종이 있지만, 타스마니아에 자생하는 *Athrotaxis* 이외는 모두 아메리카나 동아시아의 온대 내지 난대에 분포한다 (Tanai, 1978). 다른 구과류의 종수에 비하여 낙우송과의 종수가 현저하게 적은 이유는 현재의 낙우송과

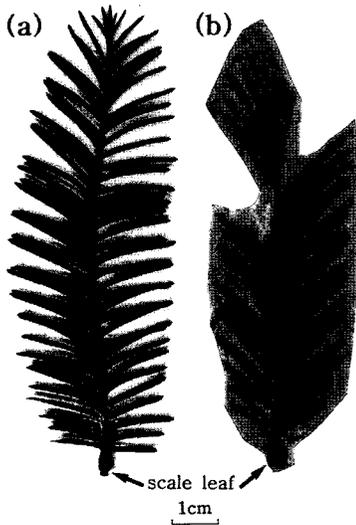


Fig. 4. Leaf of extant (a) and fossil *Metasequoia* (b).

에 포함된 속들이 단종(monotypic) 이거나 기껏해야 3종으로 구성되어 있기 때문이다. 우리나라에는 메타세콰이아를 비롯하여 낙우송(*Taxodium*), 삼나무(*Cryptomeria*), 넓은잎삼나무(*Cunninghamia*)의 4속이 있다(이창복, 2006).

낙우송과의 속들이 위와 같이 적은 수의 종으로 구성된 이유에 대하여 Momohara(1994)는 지질시대에 적응방산한 종들이 살아남은 것이 아니라 백악기에 현생속으로 분화한 후 현저한 형태적 변화나 종분화를 하지 않고 현재까지 분포지역의 확대와 축소를 반복하고 있는 것으로 설명하였다. 이와 같은 성질은 Horita(1989)가 언급한 바와 같이 Sympson(1953)의 계통적 레릭(phylogenetic relicts)에 해당한다. 뿐만 아니라, 수량적으로도 줄었고 지리적으로도 분포가 제한되어 있기 때문에 Sympson의 수량적 레릭(numerical relicts)과 지리적 레릭(geographical relicts)에도 해당된다.

Huzioka(1972)에 의하면, 우리나라의 제3기층에서 산출된 메타세콰이아 화석은 모두 *M. occidentalis*에 속한다. 전희영(1982)은 포항분지에서 41속 64종을 기재없이 보고하였는데, 여기에는 *Sequoia chinensis* Endo, *Metasequoia disticha*(Heer) Miki가 포함되어 있다. Chaney(1951)에 의하면, *M. disticha*(Heer)는 *M. occidentalis*(Newberry)와 동종이명이므로 같은 종으로 취급할 수 있다. 또한, *Sequoia chinensis*는 잎의 길이가 메타세콰이아의 잎보다 조금 길다는 특징

이 있지만, 그림만으로 보는 한 엽서가 나선상이 아니고 대생으로 보인다. 만약 대생이라면 메타세콰이아의 잎일 가능성이 크다.

한편, 전희영 외(1990)는 포항분지에서 산출한 식물화석의 목록을 정리하면서 장기층군에서 Tateiwa(1924)가 보고한 식물화석 목록을 보고서에 재인용하였다. 여기에는 *Sequoia langsdorffii*가 포함되어 있는데, 논문이나 보고서에는 사진이나 기재가 전혀 없다. 포항분지의 제3기 식물군을 정리한 Huzioka(1972)의 논문에도 *Sequoia langsdorffii*가 포함되지 않았고, *M. occidentalis*(Newberry)의 동종이명 목록에 그 당시 Kryshstofovich(1921)나 Ichimura(1928)에 의해 기재된 *Sequoia langsdorffii*가 포함되어 있는 것을 보면, 아마도 Tateiwa(1924)의 *Sequoia langsdorffii*는 메타세콰이아일 가능성이 크다.

포항의 금광동층에서 산출된 메타세콰이아 화석은 모두 잎이 붙은 단지이고 구과는 아직 발견되지 않았다. 포항분지의 장기층군에서 전체적으로 목재화석(wood fossils)이 많이 산출되고 있지만, 조직학적인 연구가 이루어진 것은 Jeong et al.(2003, 2004)의 연구뿐이다. 그들에 의하여 8속 10종의 목재화석이 기재되었는데 이중에서 낙우송과에 속하는 것은 *Taxodioxylon sequoianum*, *T. cunninghamioides*의 1속 2종뿐이며, 메타세콰이아의 목재화석으로 알려진 *Metasequoioxylon*(Fuzimoto et al., 1971)과 같은 화석은 아직 발견되지 않았다. 따라서 잎화석이 많이 발견되는 장기층군이나 연일층군에서 앞으로 메타세콰이아의 목재화석이 발견될 가능성이 크다.

메타세콰이아의 생육 환경

현생의 메타세콰이아는 현재 중국 호북성 이천시와 그 주변의 여러 장소에 분포하고 있지만, 자생지로서 숲을 이루고 있는 곳은 이천시 부근뿐이다(Momohara, 1994). Momohara et al.(1993)에 의하면, 중국의 메타세콰이아 자생지에서 메타세콰이아는 하천의 범람원 주변이나 작은 계곡의 저부나 계곡의 정부에서 수분 조건이 충분한 곳에 서식지가 제한되어 있다고 한다. 또한, 현재는 논으로 사용되고 있는 하천범람원의 충적층에서 메타세콰이아의 수간이 다수 발견된 것으로부터 메타세콰이아는 하천범람원에서 습지림을 구성하고 있었던 것으로 생각되고 있다(Bartholomew et al., 1983). 일본과 캐나다의 제3기층에서 산출된 메타세콰이아 화석의 연구에서도 그 생육지가 범람원이

나 배후습지로 나타난다(Miki, 1953; Basinger, 1991; Momohara, 1994).

포항분지의 장기층군에서 발견된 메타세콰이아 화석을 포함한 잎화석은 그 산출 상태로부터 판단하면 모두 이지성(異地性) 화석이다. 이들의 화석은 다른 식물들과 함께 분지 주변에서 유입된 것들이다. 따라서 메타세콰이아도 포항분지의 주변에서 수분조건이 충분한 하천의 범람원이나 그 주변에서 습지림을 이루었을 것으로 추정된다.

우리나라 제3기의 메타세콰이아의 분포

우리나라에 분포하는 제3기층은 주로 동해안을 따라서 소규모로 분산 분포하며, Table 1과 같이 5개의 지역에서 7개의 식물군이 알려져 있다. 지질 시대는 모두 마이오세에 해당한다(Kanehara, 1936; Huzioka, 1972; 전희영, 1982; 이유대와 이영길, 1986, 윤선, 1998 등).

Table 1과 같이 7개의 식물군에서는 메타세콰이아를 포함한 낙우송과 화석식물이 산출되고 있다. 그중에서도 가장 북쪽에 위치한 함경북도 고건원(古乾原)

식물군에서 낙우송과의 식물화석이 가장 많이 발견된다. 이것으로 보아 경상남도 포항 지역에서 고건원 쪽으로 갈수록 낙우송과의 식물이 증가하는 경향이 나타나는데, 이것은 연평균 기온이 북으로 갈수록 낮아지는 것과 조화적이다. 또한, 메타세콰이아는 제3기 마이오세 동안에 우리나라의 전역에 걸쳐 번성한 식물이다. 그러나 우리나라에 언제부터 메타세콰이아가 서식했는지는 화석기록의 연속성이 없기 때문에 정확히 알 수가 없다.

Huzioka(1972)에 의하면, 연일층군에서는 메타세콰이아가 산출되지 않는다. 그러나 전희영(1982), 전희영 외(1983)에 의하면, 연일층군의 모든 층에서 메타세콰이아의 잎화석이 산출되는 것으로 알려져 있다. 그리고 메타세콰이아의 화분화석도 보고되어 있다(정철환과 최덕근, 1993).

정철환과 최덕근(1993)은 연일층군에서 발견되는 메타세콰이아가 현재 중국 중남부 지역의 온난습윤한 지역에서만 서식하고 있는 가정에 근거하여 포항 지역의 마이오세의 고기후가 현재의 중국 중남부 지역의 기후와 비슷하다고 하였다. 현재 중남부 지역인

Table 1. Fossils of Taxodiaceae from the Tertiary of Korea

Flora	Locality	Taxodiaceae	Remark
Janggi flora	Yeongil Bay Kyeongsangbug-do	<i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>Metasequoia occidentalis</i>	Huzioka, 1972
Yeonil flora	Yeongil Bay Kyeongsangbug-do	<i>Taxodium tinajorum</i> <i>Sequoia chinensis</i> <i>Metasequoia occidentalis</i> <i>Glyptostrobus</i>	Huzioka, 1972; Chun et al., 1983; Lim, 1994
Tongcheon flora	Tongcheon Gangweon-do	<i>Sequoia langsdorfii</i> <i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>Metasequoia occidentalis</i>	Huzioka, 1972; Lim, 1994
Yongdong flora	Myeongcheon-Gilju Hamgyeongbug-do	<i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>Metasequoia occidentalis</i>	Huzioka, 1972
Hamjingdong flora	Myeongcheon-Gilju Hamgyeongbug-do	<i>Sequoia langsdorfii</i> <i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>Metasequoia occidentalis</i> <i>Taxodium dubium</i>	Huzioka, 1972; Lim, 1994
Gungshim flora	Hyeryeong Hamgyeongbug-do	<i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>G. orientalis</i> <i>Metasequoia occidentalis</i> <i>Sciadopitys shiragica</i>	Huzioka, 1972; Lim, 1994
Gogeonwon flora	Gogeonwon Hamgyeongbug-do	<i>Glyptostrobus europaeus</i> <i>G. orientalis</i> <i>Metasequoia occidentalis</i> <i>Metasequoia disticha</i> <i>Sciadopitys shiragica</i> <i>Sequoia</i> sp. <i>Taxodium tinajorum</i>	Huzioka, 1972; Ablav et al, 1993; Lim, 1994

양자강 유역의 연평균기온은 14-16°C이고 연강수량은 1,200-1,800 mm로 알려져 있다(Editorial Committee on Vegetation of China, 1980). 정철환과 최덕근(1993)은 Wolfe(1978)의 전연률법(全緣率法)을 사용해서 포항지역의 연평균기온을 약 15°C라고 하였는데, 이것이 타당하다면 현재의 포항지역의 연평균 기온(약 13.2°C)보다는 약간 높다고 볼 수 있다. 그러나 이 값은 김중현(2004)이 같은 자료에 같은 방법을 사용하여 구한 연평균 기온값(약 12°C)과는 크게 다르다. 정철환과 최덕근이 Huzioka(1972)의 자료를 이용하여 구한 전연률은 약 37%이고, 이것을 Wolfe(1978)의 도표에다 도시하면 아무리 많아도 13°C를 넘지 않으며, 15°C 정도가 되려면 전연률이 42%를 넘어야 가능하다.

연일식물군은 그 조성이 일본 북부의 마이오세 중기에 해당하는 아키타현(Akita Prefecture)의 다지마 식물군(Dajima flora)에 유사한 것으로 알려져 있지만(Huzioka, 1972; Tanai, 1988), 정철환과 최덕근(1993)은 연일포자화분군의 조성이 현재 중국 중남부 지역의 식물 구성과 매우 유사하다고 하였다. 이러한 차이점은 논외로 하더라도, 전연률에 의해 구한 포항지역의 연평균 기온이 현재 중국의 중남부 지역의 연평균기온과 비슷하다고 하는 것에는 동의하기 어렵다.

연일식물군이 번영한 고기후는 그 구성에 의해 온난한 온대기후(Huzioka, 1972), 온난습윤한 기후(전희영 외, 1983), 아열대 내지 온난한 온대기후(정철환과 최덕근, 1993)로 추정되고 있다. 메타세콰리아는 제3기를 통하여 북반구의 중위도에서 고위도 및 북극권에 이르기까지 넓은 지역에 걸쳐 분포하고 있으며(Momohara, 1994), 현생의 메타세콰리아가 생태적으로 주로 저지대의 수분조건이 충분한 곳에 서식지가 제한되어 있다는 것을 고려한다면, 메타세콰리아는 제3기 극지식물지리구의 저지대에 서식한 식물이었을 것으로 판단된다.

신생대 제3기의 메타세콰리아속의 지리적 분포

제3기에 번영한 메타세콰리아속의 지리적 분포에 대해서는 Florin(1963), 이영노(1986), Momohara(1994)의 상세한 연구가 있다. 그들에 의하면, 메타세콰리아 화석의 가장 오래된 기록은 북반구의 여러 지역에서 백악기 후기부터 나타나며, 제3기의 팔레오세에서 에오세까지는 북극권을 포함하는 북반구의 보다 넓은 지역에서 발견되고 있지만, 분포지역은 아메리

카 서부에서 동아시아에 걸치는 것과, 그린란드에서 스피츠베르겐 주변에 한정되고 있다. 마이오세에는 우리나라를 비롯한 동아시아와 알래스카 지역에서 메타세콰리아의 화석이 나타나고 있지만, 그 이외의 지역에는 거의 나타나지 않는다. 그리고 플라이오세 이후의 화석 기록은 현재까지 일본만이 알려져 있다(Momohara, 1994).

우리나라에서도 마이오세 이후 메타세콰리아의 화석 기록이 전혀 나타나지 않는다. 이것으로 보아 메타세콰리아는 마이오세 이후에 우리나라에서 멸종된 것으로 볼 수 있다. Wolfe(1978)에 의하면, 아메리카 지역의 팔레오세에서 올리고세 동안에 기온이 급격하게 상승과 하강을 반복하면서 점차로 하강하였고, 올리고세 이후부터 제4기까지는 완만하게 상승과 하강을 반복하면서 점차적으로 하강한 것으로 나타난다. 또한, 동아시아 지역에서도 아메리카 지역과 비슷한 기온 변화의 패턴이 알려져 있다(Tanai, 1984, 1991). 특히 마이오세 전기부터 중기에 걸쳐서는 기온이 점차로 상승하다가 중기 이후에 다시 하강하고 있다. 이것으로 보면 장기식물군부터 연일식물군이 번성한 시기에는 기온의 상승기에 해당하는 데, 이것은 연일식물군에서 나타나는 화석의 증거와 일치한다. 즉, 장기식물군에는 상록수가 한 종도 없는 것에 비하여 연일식물군은 10종의 상록수를 포함하고 있으며(Huzioka, 1972), 전연률로부터 구한 고기온도 장기층군보다 더 높게 나타난다(김중현, 2004). 이 시기는 마이오세 중기에 일어난 연일해침의 시기(윤선, 1998)와도 대략 일치한다.

Momohara(1994)가 언급한 바와 같이, 중국의 서남부 지역에는 메타세콰리아와 같이 중생대나 고제3기에 화석 기록으로 나타나는 식물이 현재도 다수 잔존하고 있다. 그 이유는 이 지역이 제4기의 빙기에 대륙빙하나 계곡빙하의 영향을 받지 않았고, 티베트 고원을 중심으로 한 조산 운동의 영향을 받지 않았기 때문이라고 설명하고 있다(Hu, 1980).

우리나라에서는 메타세콰리아가 멸종한 원인이 마이오세 동안에 일어난 환경변화와 관련이 있는지 아니면 제4기의 빙기와 관련해서 멸종했는지 현재의 자료만으로는 알 수 없다. 한편, 일본에서는 메타세콰리아가 충적 저지대에 생육하는 식물이기 때문에 해수준 변동에 의해 멸종되었을 가능성이 지적되었다(Miki, 1953; Momohara, 1994).

Table 2. Comparison of four genera of Taxodiaceae (Miki, 1953, partly modified)

	<i>Metasequoia</i>	<i>Sequoia</i>	<i>Sequoiadendron</i>	<i>Taxodium</i>
Deciduous	○	×	×	○
Scale leaf	○	×	×	×
Phyllotaxy	opposite	spiral	spiral	spiral
Leaf form	linear linear, acicular	acicular	linear	
Cone arrangement	decussate	spiral	spiral	spiral

메타세콰이아속과 유사속과의 비교

메타세콰이아의 잎은 낙우송과에 속하는 세콰이아, 세콰이아덴드론(*Sequoiadendron*), 낙우송 등에 비슷하다. 세콰이아는 현재 아메리카에서 서식하는 상록성 거목으로 높이가 100 m 이상, 직경이 6~9 m 에 달하고 수령이 1300년 이상 생존하는 것으로 알려져 있다. 세콰이아덴드론은 높이 100 m 이상, 직경이 30 m 에 달하는 세계 최대의 거목이고 수령이 4000년 이상으로 알려져 있다(Kitamura and Okamoto, 1964). 이에 비하여 메타세콰이아의 수령은 자생지에서 가장 오래된 것이 450년 전후로 알려져 있어, 다른 속들에 비하여 수명이 극히 짧은데, 이러한 성질은 식생의 천이단계의 초기에 출현하는 선구자적인 식물이기 때문인 것으로 여겨지고 있다(Momohara, 1994).

낙우송과의 속은 잎의 모양에서 서로 비슷하게 나타나지만 Table 2와 같이 여러가지 특징에서 쉽게 구별이 된다. 특히 메타세콰이아는 유일하게 대생의 엽서와 가지의 기부에 인편엽을 갖고, 십자대생의 구과를 갖는다는 점에서 다른 유사속들과 쉽게 구별할 수 있다.

결 론

포항 분지의 제3기 장기층군에서 산출된 낙지성 식물화석은 낙우송과의 *Metasequoia occidentalis* (Bewberry)로 동정되었다. 이 종은 우리나라의 제3기 식물군 전역에서 공통적으로 산출되지만, 마이오세 이후부터는 화석기록이 전혀 나타나지 않는 것으로 보아 멸종한 것으로 보인다. 낙우송과의 식물은 북쪽으로 갈수록 중수가 많아지는 경향이 나타나며, 이것은 연평균 기온이 북으로 갈수록 낮아지는 것과 조화적이다. 중국, 일본 및 캐나다에서 연구된 바와 같이, 메타세콰이아는 포항 분지 주변의 수분조건이 충분한 하천의 범람원에서 습지림을 이루었다고 추정된다. 메타세콰이아는 유일하게 대생의 엽서와 가지의 기부에 인편엽을 갖는다는 점에서 다른 유사속들과 형태적으로 쉽게 구별된다.

사 사

본 논문의 원고를 읽고 친절하게 심사를 해주신 충북대학교의 이창진 교수님과 교원대학교의 김정률 교수님, 그리고 내용의 미비점에 대하여 상세한 지적과 건설적인 비평을 가해주신 익명의 심사자에게 깊은 감사를 드립니다. 화석사진 촬영과 지질도 작성에 도움을 준 공주대학교의 이동희 조교와 박진규 조교에게 감사를 드립니다.

참고문헌

김봉균, 윤선, 1982, 신생대충. 연세대학교 지질학과 동문회, 한국의 지질과 광물자원. 연세대학교 출판부, 서울, 133-154.

김중현, 2004, 우리나라 제3기 식물화석군에 의한 고기후의 추정. 한국과학재단 사사과정보고서, 29 p.

립경호, 장춘빈, 권정림, 리혜원, 리현수, 김장건, 박정남, 1994, 조선의 화석. 과학기술출판사, 평양, 223 p.

윤선, 1998, 신생대충. 1. 제3기층. 이종혁, 원종관, 김정환, 이창진(편집), 한국의 지질, 시그마프레스, 서울, 274-306.

이영노, 1986, 한국의 송백류. 이화여자대학교출판, 서울, 241 p.

이유대, 이영길, 1986, 한국 포항분지 신제3기층의 연구. 부산대학교 자연대학 논문집, 42, 281-297.

이창복, 2006, 원색 대한식물도감. (2판) 상. 1. 양치 및 나자식물. 향문사, 914 p.

전희영, 1982, 포항분지에 분포하는 제3기층군의 고식물군 연구. 한국동력자원연구소 조사연구보고 14, 298 p.

전희영, 이호영, 봉필운, 백인성, 1983, 포항분지(형산강 이북 지역)의 층서고생물 연구. 한국동력자원연구소, 102 p.

전희영, 김동학, 엄상호, 봉필운, 이호영, 최성자, 김유봉, 김복철, 권영인, 이동영, 박영수, 최영섭, 1990, 한반도 진화생물에 의한 퇴적분지연구(III), 과학기술처, KR-91-(T)-17, 145 p.

정철환, 최덕근, 1993, 포항지역 연일층군(마이오세)에서 산출된 포자화분 화석군의 고기후적 의미. 한국고생물학 회지, 9, 143-154.

최성일, 2007, 경북 제3기 장기층군에서 산출된 메타세콰이아의 생태적 특징과 지사적 분포. 공주대학교 교육대학 원 석사학위논문, 33 p.

- Ablaev, A.G., Sin, E.U., Vassiliev, I.G., and Lu, Z.M., 1993, Miocene of the North Korea and the South Primorye (beds with *Engelhardia*). Feb Ran, 1-140. (in Russian)
- Aichi Kawa Petrified Forest Investigation Committee, 1993, Petrified Forest occurred in the Aichi Kawa and its Paleoenvironmental Reconstruction. Investigation Committee Report for Biwa Lake Museum Opening Preparation. no. 1, 129 p. (in Japanese)
- Bartholomew, B., Boufford, D.E., and Spongberg, S.A., 1983, *Metasequoia glyptostroboides*-its present status in Central China. Journal of Arnold Arboretum, 64, 105-128.
- Basinger, J.E., 1991, The vegetative body of *Metasequoia milleri* from the Middle Miocene of southern British Columbia. Canada Journal of Botany, 59, 2379-2410.
- Chaney, R.W., 1951, A revision of fossil *Sequoia* and *Taxodium* in western north America based on the recent discovery of *Metasequoia*. Transaction of American Philosophy of Society, 40, 171-263.
- Editorial Committee on Vegetation of China, 1980, Vegetation of China. Science Press, Beijing, China, 137 p. (in Chinese)
- Florin, R., 1963, The distribution of conifer and taxad genera in time and space. Acta Horti Bergiani, 20, 121-312.
- Fuzimoto, O., Kimura, T., and Furuyama, H., 1971, On the study of the *Metasequoia* forest discovered from the Kitaasa river table of Hachiozi in Japan's Private School Educational Study and Investigation Material, 10, 31 p. (in Japanese)
- Horita, S., 1989, History of Geology 24 Recitation. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 254 p. (in Japanese)
- Hu, S.Y., 1980, The *Metasequoia* flora and its phyto-geographic significance. Journal of Arnold Arboretum, 61, 41-94.
- Hu, S.Y. and Cheng, W.C., 1948, On the new family Metasequoiaceae and on *Metasequoia glyptostroboides*, a living species of the genus *Metasequoia* found in Szechuan and Hupeh. Bullitin of Fan Institute of Biology, 1, 153-166.
- Huzioka, K., 1972, The Tertiary floras of Korea. Journal of Mining College, Akita University, Ser. A, 5, 1-83.
- Ichimura, T., 1928, Tongcheon anthracite coal field. Geological Report of Coal-Fields in Korea. 3 (in Japanese)
- Jeong, E.K., Kim, K.S., Kim, J.H., and Suzuki, M., 2003, Comparison of Korean and Japanese Tertiary fossil wood floras with special references to the genus *Wataria*. Geosciences Journal, 7, 157-161.
- Jeong, E.K., Kim, K.S., Kim, J.H., and Suzuki, M., 2004, Fossil woods from Janggi Group (Early Miocene) in Pohang Basin, Korea. Journal of Plant Research, 117, 183-189.
- Kanehara, K., 1936, The geology of the northern part of Geizitu District, North Keisyodo, Korea. Journal of Geological Society of Japan, 43, 73-103. (in Japanese)
- Kim, B.K., 1984, Cenozoic biostratigraphy of South Korea. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 46, 85-96.
- Kim, B.K., Cheong, C.H., and Kim, S.J., 1975, Stratigraphic studies on the lignite-bearing strata distributed in the Yeongil district, North Gyeongsang-do, Korea. Journal of Geological Society of Korea, 11, 240-252. (in Korean with English abstract)
- Kitamura, S. and Okamoto, S., 1964, Coloured illustrations of trees and shrubs of Japan. Osaka, Japan, 306 p. (in Japanese)
- Kryshstofovich, A.N., 1921, Contribution to the Tertiary flora of Eastern Asia. Records of Geological Committee of the Russian Far East. To the Tertiary Flora of Chang-gi in Korea. no. 18, 1-14. (in Russian with English abstract)
- Miki, S., 1941, On the change of flora in Eastern Asia since Tertiary Period (1): The clay or lignite beds flora in Japan with special reference to the *Pinus trifolia* in Central Hondo. Japan Journal of Botany, 11, 237-303.
- Miki, S., 1951, Discovery of *Metasequoia*. Science of Asahi, 11, 31-34. (in Japanese)
- Miki, S., 1953, On *Metasequoia*, fossil and living, Kyoto. Nippon Kobutsu Shuminokai Publishing, Kyoto, Japan, 141 p. (in Japanese)
- Momohara, A., 1994, Paleogeography and paleobiogeography of *Metasequoia*. Fossils, 57, 24-30. (in Japanese with English abstract)
- Momohra, A., Yin, K.P., Yamakawa, C., and Gu, M.X., 1993, Natural habitat of *Metasequoia* from the Lichuan city of Hubei Province in China. Vegetation History Research, 1, 73-80. (in Japanese)
- Simpson, G.G., 1953, The Major features of evolution. Columbia University Press, NY, USA, 434 p.
- Tanai, T., 1978, Coniferopsida. In Huzioka, I. (ed.), Palaeontology IV. Asakura Syoten, Tokyo, Japan, 284-310. (in Japanese)
- Tanai, T., 1984, Recent progress of angiosperm paleobotany. Journal of Earth Science, 93, 76-84. (in Japanese)
- Tanai, T., 1988, Dajima-type floras (Miocene) in Southwestern Hokkaido and northern Part of Honshu, Japan. Bulletin of National Science Museum, Ser. C, 15, 121-149.
- Tanai, T., 1991, Tertiary climate and vegetational changes in the Northern Hemisphere. Journal of Geography, 100, 951-966.
- Tateiwa, I., 1924, Tertiary plants from Ennichi and Choki, N. Keisho-do. Proceedings of the Chosen National History and Society, 1, 6-57. (in Japanese)
- Wolfe, J.A., 1978, A paleobotanical interpretation of Ter-

tiary climates in the northern Hemisphere. *American Scientist*, 66, 694-703.
Yang, J.M., Yang, X.Y., and Liang H., 2004, The discov-

ery of buried *Metasequoia* wood in Lichuan, Hubei, China, and its significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 43, 124-131. (in Chinese with English abstract)

2008년 3월 6일 접수
2008년 5월 20일 수정원고 접수
2008년 7월 4일 채택