

포항분지의 마이오세 두호층(연일층군)에서 산출된 소나무과 식물

김종헌¹ · 남기수^{2,*} · 김정민³

¹공주대학교 지구과학교육과

²공주교육대학교

³공주대학교 교양교육혁신본부

요 약

포항분지의 마이오세 두호층(연일층군)에서 산출된 소나무과(Pinaceae)의 구과와 종자 화석을 연구하여 다음과 같이 3아과 5속 6종으로 분류하였다: 소나무아과(Pinoideae)에 소나무속(*Pinus*)의 *Pinus miocenica* Tanai와 *P. cf. prekesiya* Xing, Liu and Zhou, 전나무아과(Abietoideae)에 가문비나무속(*Picea*)의 *Picea kaneharai* Tanai and Onoe, 기름삼나무속(*Keteleeria*)의 *Keteleeria ezoana* Tanai, 개솔송나무속(*Pseudotsuga*)의 *Pseudotsuga tanaii* Huzioka, 잎갈나무아과(Laricoideae)에 낙엽송속(*Pseudolarix*)의 *Pseudolarix japonica*. 그중에서 *Pinus cf. prekesiya* Xing, Liu and Zhou, *Picea kaneharai* Tanai and Onoe 및 *Pseudotsuga tanaii* Huzioka의 3속 3종은 연일층군에서 처음 산출되었다. 소나무과의 5속 중에서 소나무속이 가장 먼저 출현했으며 그 화석 기록은 우리나라에서 전기 백악기까지 추적이 가능하다. 소나무속, 가문비나무속, 개솔송나무속 및 낙엽송속은 화석 식물과 화분이 같이 산출된다. 기름삼나무속은 화석 잎과 구과가 알려져 있지만, 화분은 아직 발견되지 않았다. 반면에 전나무속(*Abies*), 솔송나무(*Tsuga*) 및 잎갈나무속(*Larix*)의 잎이나 구과는 아직 발견되지 않았지만, 그들의 화분 화석은 연일층군에서 이미 알려져 있다. *Keteleeria ezoana*, *Pseudotsuga tanaii* 및 *Pseudolarix japonica*의 3속 3종은 마이오세 동안에 번영했으며, 그들의 자생종이 우리나라에 분포하지 않는 것으로 보아 마이오세 이후 멸종된 것으로 추정된다.

주요어: 소나무과, 연일층군, 두호층, 마이오세

Jong-Heon Kim, Gi Soo Nam and Jeong-Min Kim, 2021, Some Pinaceae from the Miocene Duho Formation (Yeonil Group) in the Pohang basin, Korea. Journal of the Geological Society of Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 57, no. 1, p. 1-16

ABSTRACT: The cones and seeds fossils of Pinaceae from the Miocene Duho Formation (Yeonil Group) were studied and classified into 3 subfamilies, 5 genera, and 6 species as follows: Pinoideae (*Pinus miocenica* Tanai, *P. cf. prekesiya* Xing, Liu and Zhou). Abietoideae (*Picea kaneharai* Tanai and Onoe, Tanai, *Pseudotsuga tanaii* Huzioka). Laricoideae (*Pseudolarix japonica* Tanai and Onoe). Among them, *Pinus cf. prekesiya* Xing, Liu and Zhou, *Picea kaneharai* Tanai and Onoe, and *Pseudotsuga tanaii* Huzioka were first recorded in the Yeonil Group. Among the 5 genera of Pinaceae, the genus *Pinus* appeared first and its fossil record can be traced to the Early Cretaceous of Korea. Fossil plants of *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga* and *Pseudolarix* are found together with fossil pollens. The leaves or cones of *Keteleeria* have been known, but their fossils have not been discovered yet. Meanwhile, the leaves or cones of *Abies*, *Tsuga*, and *Larix* have not been found, but their fossil pollens have been recorded from the Yeonil Group. It is presumed that *Keteleeria ezoana*, *Pseudotsuga tanaii*, and *Pseudolarix japonica* might have flourished during the Miocene, but they were extinct after Miocene, because their native species did not distribute in the Korean Peninsula.

Key words: Pinaceae, Yeonil Group, Duho Formation, Miocene

(Jong-Heon Kim, Department of Earth Science Education, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea; Gi Soo Nam, Department of Science Education, Gongju National University of Education, Gongju 32553, Republic of Korea; Jung-Min Kim, Cultural Education Innovation Headquarter, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea)

* Corresponding author: +82-41-850-1668, E-mail: nks33@hanmail.net

1. 서 론

최근 포항시 두호동 부근에 분포하는 연일층군의 두호층에서 소나무과의 구과(cone)와 종자(seed) 화석이 새로이 채집되었다. Huzioka (1972)에 의하면, 연일층군에서 기재된 화석 식물은 17과 27속 35종에 이른다. 이들은 대부분 잎에 의해 분류된 종이고, 구과와 종자 등에 의해 분류된 종의 수는 아주 적다. Huzioka (1972)의 연구 이후 구과와 종자에 관한 연구는 거의 수행된 바가 없지만, 최근에 이르러 종린, 종자 및 포의 화석에 대한 연구가 일부 진행되었다. 그 결과 단풍나무속(*Acer*)(Kim, 2008; Kim *et al.*, 2017), 자귀나무속(*Albizia*)(Kim, 2005, 2010; Kim *et al.*, 2009), 낙엽송속(Kim, 2009), 그리고 서나무속(*Carpinus*)(Kim and Nam, 2017)에 새로운 종이 추가되었다. 최근까지 연일층군에서 기재된 소나무과의 화석종은 2속 2분류군이었지만(Huzioka, 1972), 후에 Kim (2009)에 의해 낙엽송속의 3분류군이 추가되어 현재 총 3속 5분류군이 알려져 있다.

현생 소나무과 식물은 겉씨식물 중에서 가장 다양하고 중요한 과(family)이며 상록교목 또는 낙엽교목으로 10속 250종(Jones and Luchsinger, 1986; Ko, 1991; Lee and Lee, 1991) 또는 11속 250종(Taylor *et al.*, 2009)이 주로 북반구의 온대 지역에 분포하지만, 수마트라, 자바, 멕시코, 중미와 인도 서부에도 분포한다(Jones and Luchsinger, 1986; Lee and Lee, 1991). 소나무과는 우리나라에도 5종이 자생하고 있다(Ko, 1991). Lee (1986)는 소나무과의 화석종과 현생종의 분포와 특징에 대해 상세하게 설명하였다. 이것은 현생종과 화석종의 유연관계나 분포를 아는데 중요한 정보를 제공해 준다.

한편, 연일층군에서는 화석 포자와 화분이 풍부하게 산출되고 있다(Takahashi and Kim, 1979; Bong, 1982, 1985; Chun *et al.*, 1983; Choi and Bong, 1986; Chang *et al.*, 1988; Yamanoi, 1992; Chung and Choi, 1993). 이들의 연구에 의해 연일층군의 모든 층에 소나무과의 화분이 다수 포함되어 있다는 것이 확인되었다. 또한 소나무과의 화석 목재는 하부의 장기층군에서 가문비나무속과 전나무속이 보고되어 있지만(Jeong *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2010) 연일층군에서는 현재까지 산출된 적이 없다.

식물 화석의 경우, 식물유체는 대부분 운반작용과

퇴적 작용을 거쳐 화석화되는 과정에서 잎, 줄기, 구과, 종자 및 화분 등과 같은 각 기관이 부위별로 분리되며, 분리된 기관들은 서로 다른 지역 혹은 다른 층군에 보존되기도 한다(Kim *et al.*, 2008b). 이들이 화석으로 발견될 경우 동일종이면서도 각 기관별로 서로 다른 학명을 갖게도 된다. 따라서 이와 같은 기관 화석들을 유기적으로 연결하여 식물체를 복원하는 과정이 반드시 필요하다(Kim *et al.*, 2008a). 이런 의미에서 구과, 종린 및 종자의 화석도 화석 식물체의 복원에 중요한 정보를 제공해 줄 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 이를 위해서는 정확한 종의 결정이 전제되어야 한다.

위에서 언급한 바와 같이 소나무과의 구과와 종자 화석에 대한 분류학적 연구는 현재까지 매우 미진한 상태이다. 이 연구에서는 포항 지역의 두호층에서 산출된 소나무과의 구과와 종자 화석에 대해 고식물학적 연구를 수행하고, 이를 통해 확인된 종의 형태적 특징을 기재하며 그 의미에 대해 논의하고자 한다. 또한, 기존에 알려진 화석 화분과 속 수준에서 대조해 보고자 한다.

2. 재료 및 연구 방법

두호층에서 채집된 소나무과의 구과 표본은 총 14 점이다. 이들은 모두 인상으로 보존되었지만 보존 상태가 비교적 양호한 편이다. 구과는 형태, 크기 및 종린 복합체의 특징이 중요하다. 날개에 붙어있는 종자는 날개와 종자의 크기와 형태 등의 특징이 종을 식별할 수 있는 유일한 기준이다. 따라서 이 연구에서는 외부 형태의 특징과 문헌적 연구를 통해서 분류학적 연구를 수행하였다. 현생 소나무과 식물은 원색 대한식물도감(Lee, 2006)과 APG 나무도감(Yun, 2017)을 참고하였다. 소나무과는 화석의 경우 구과와 종자의 특징에 의해 4개의 아과(Farjon, 1990)로, 계층 자료에 의해 3개의 계통발생도로 구분하기도 한다(Wang *et al.*, 2000). 그러나 현생의 경우는 3개의 아과로 구분하고 있다(Ko, 1991). 또한 소나무속을 2개의 아속으로 구분하기도 한다(Critchfield and Little, 1966; Taylor *et al.*, 2009). 여기에서는 Ko (1991)의 관속식물 분류를 따른다. 이 연구에 사용된 표본은 모두 공주대학교 사범대학 지구과학교육과 표본실에 보관한다.

3. 연구 지역의 지질과 시대

포항 지역에 분포하는 연일층군의 층서는 Tateiwa (1924)에 의해 처음 연구되었다. 그는 연일층군을 하부의 천북역암과 상부의 연일세일로 구분하였다. 그 후 국내의 여러 연구자들에 의해 수차례 층서적 연구가 수행되었지만(Um *et al.*, 1964; Kim, 1965; Yoon, 1975; Yun, 1986; Chough *et al.*, 1990; Noh, 1994), 층서 구분과 명칭은 서로 의견을 달리하고 있다. 이 연구에서는 Yun (1986)의 층서 구분을 따른다. Yun (1986)은 연일층군을 하부로부터 천북역암(약 500 m 두께), 학전층(약 600 m 두께) 및 두호층(약 300 m 두께)의 3개 층으로 구분하였다(그림 1). 두호층은 이암, 세일 및 사암의 호층으로 구성되며 해서 척추 및 무척추동물, 미화석 및 대형식물 화석이 많이 산출되고 있다. 각 화석군의 상세한 내용과 출전은 Lee (1987)에 의해 상세히 정리되었다.

두호층의 퇴적 환경에 대해서는 여러 가지 의견이 제시되어 있다. 즉, 내만성 내지 연안성 천해 환경(Huzioka, 1972), 천해 환경(Yun, 1985; Lee and Yoon,

2004), 반심해 환경(Chough *et al.*, 1990; Hwang and Chough, 1990), 그리고 심해 환경(Kim, 1990)까지 다양하다.

연일층군의 지질 시대는 연체동물(e.g., Kanehara, 1936a, 1936b; Yoon, 1982; Lee and Yoon, 2004), 화석식물(e.g., Huzioka, 1972; Chun, 2004) 및 유공충, 규조, 화분 등의 미화석(e.g., Kim, 1965; Lee, 1975; Bong, 1981; Chough *et al.*, 1990; Yamanoi, 1992) 등의 연구에 의해 일반적으로 중기 마이오세로 추정되고 있다. 화산암에 의한 연일층군의 절대 연대는 약 15 Ma로 나타나는데(Lee *et al.*, 1992), 이것은 중기 마이오세의 화석 연대와 대략 일치한다. 한편, 연구재료는 포항시 두호동의 해안가를 따라 널리 분포하는 두호층의 전석에서 채집하였다(그림 1).

4. 연구 결과

두호층에서 산출된 구과와 종자 화석에 대해 고식물학적 연구를 수행하고 아래와 같이 5속 6종으로 분류하였다. 이들은 Ko (1991)의 관속식물 분류에

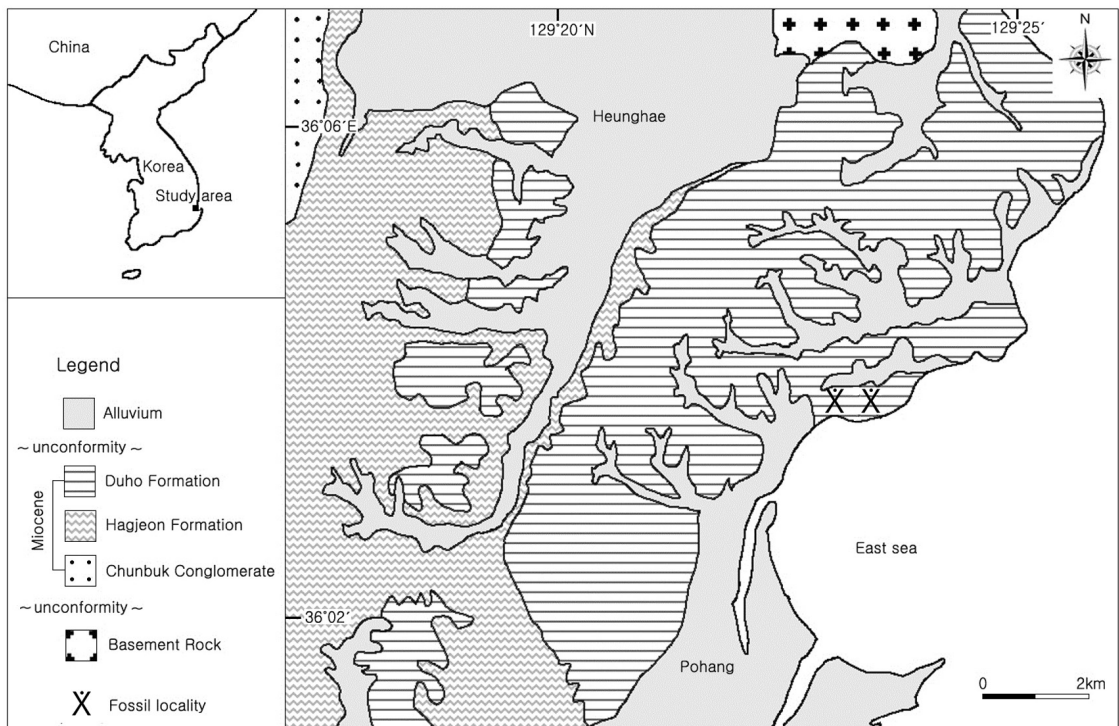


Fig. 1. Geological map of the Yeonil Group (Yun, 1986) and fossil localities.

따라 3아과로 구분한다.

소나무아과

소나무속; *Pinus miocenica* Tanai, *Pinus* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou

전나무아과

가문비나무속; *Picea kaneharai* Tanai and

Onoe

기름삼나무속; *Keteleeria ezoana* Tanai

개솔송나무속; *Pseudotsuga tanaii* Huzioka

앞갈나무아과

낙엽송속; *Pseudolarix japonica* Tanai and

Onoe

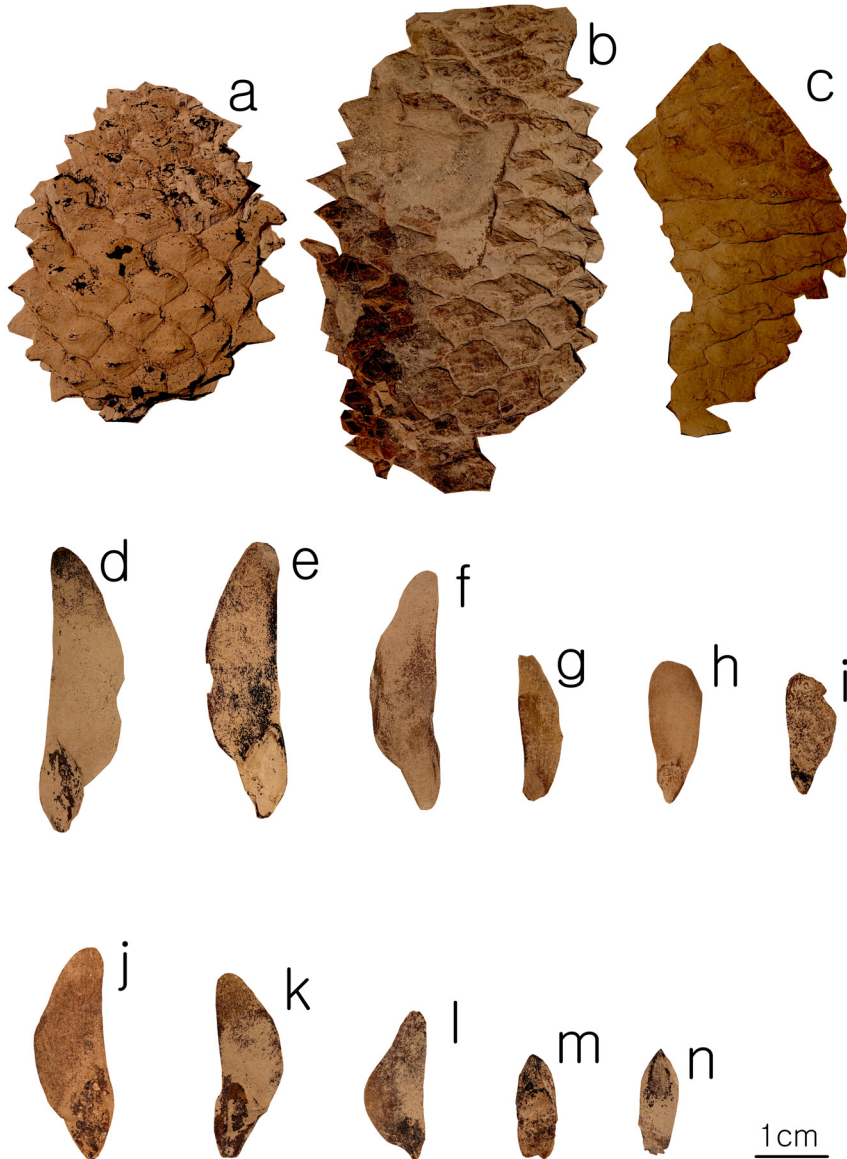


Fig. 2. Pinaceae from the Miocene Duho Formation in the Pohang Basin. a-c. *Pinus* sp. cf. *P. prekesiya* Xing, Liu and Zhou, KNU-3222153, 060326443, 060326006, d-g. *Pinus miocenica* Tanai, KNU-20090913, 20031009, 20080820079, 20031117, h-i. *Picea kaneharai* Tanai and Onoe, KNU-20030680, 20041917, j-k. *Keteleeria ezoana* Tanai, KNU-980026, 20031099, l. *Pseudolarix japonica* Tanai and Onoe, KNU-20042014, m-n. *Pseudotsuga tanaii* Huzioka, KNU-20131508, 20080820197.

Systematic description

Order Coniferales Dumortier

Family Pinaceae Lindley

Subfamily Pinoideae Sprengel and Rudolphi

Genus *Pinus* Linne

Pinus miocenica Tanai

Fig. 2d-g

1961 *Pinus miocenica* Tanai, p. 256, pl. 2, fig. 2.
Ishida, 1970, p. 61, pl. 1, figs. 15-16. Huzioka,
1972, p. 38, pl. 1, fig. 10.

Materials: Seeds; KNU-20030913, 20031009, 2008
0820079, 20031117.

Descriptions: Winged seed is blade-like in shape, obtuse at apex; wings are commonly 3.2~4.2 cm long and 0.8~1 cm wide at widest middle part of wing; small one is 2.3 cm long and 0.6 cm wide; seed is elliptic, 1.4 cm long and 0.7 cm wide. Outer margins of wing are nearly straight and inner margins are broadly convex outwards on the distal one thirds of the wings.

Remarks: The present seeds agree well with those of *Pinus miocenica* Tanai described by Ishida (1970) from the Miocene floras of Japan. *Pinus miocenica* was established by Tanai (1961) based on the two-needled leaves from the Middle Miocene floras of Japan. The leaves of this species commonly have been known from the Miocene floras of Honshu and Hokkaido of Japan (Tanai, 1961), and also from the Yeonil Flora of Korea (Huzioka, 1972). The seed of this species was first discovered in the Yeonil Flora.

According to Tanai (1961), *Pinus miocenica* Tanai is closely similar to the modern two-leaved pine of *Pinus thunbergii* Uyeki, and *P. densiflora* Siebold and Zuccarini, and in particular more similar to the last species. The extant *P. densiflora* Siebold and Zuccarini is now widely distributed in Japan and Korea (Tanai, 1961; Lee, 1986; Ko, 1991).

Pinus sp. cf. *P. prekesiya* Xing, Liu and Zhou

Fig. 2a-c

1928 *Pinus* sp., Ichimura, pl. 16, fig. 5 (non 6)

1972 *Pinus* sp., Huzioka, pl. 1, fig. 11 (non 12)

Materials: Cones; KNU-3222153, 060326443, 06
0326006.

Descriptions: Cone is ovoid to conical, closed, symmetric, 7.3 cm long and 4.4 cm wide, with a tapered apex, and cordate at base, about 53 in number in plane view, helically arranged about the cone axis, and expanded at each apophysis. In plane view basal apophysis are vallate, broadly rhombic, almost pyramidal, 1.4 cm wide and 0.5 cm high; apical apophysis is long rhombic, 1.2 cm wide and 0.3 cm high, but ridges are not preserved. Umbo is located slightly above the middle part of the ovuliferous scale, dorsal, elliptic to rhomboidal in plane view, 4 mm wide and 2~3 mm high, slightly sunken and with a small mucro on the middle part of umbo. Transverse keel arises one by one on both sides of the umbo; each mostly reaches the conjugation between apical and basal apophysis. Stalk is short, 0.4 cm long and 0.5 cm wide.

Remarks: As already mentioned by Xing *et al.* (2010), cone and apophyses are very important for the systematics of *Pinus* and have been described in detail by Klaus (1980, 1989). The present specimens are represented by one fully preserved cone and three partly preserved cones. These cones are considered to represent the same species due to morphological similarities of the ovuliferous scale complexes. In particular, the ovuliferous scales are characterized by expanded apex with a apophysis and an umbo. These features can be safely assigned to the genus *Pinus* (Miller, 1976; Stockey, 1983; Xing *et al.*, 2010).

Xing *et al.* (2010) described this-type of cones as *Pinus prekesiya* from the late Miocene of Yunnan, China. The present cones closely resembles those of *Pinus prekesiya* Xing, Liu and Zhou in size and shape of the cones. However, two forms differ

from one another in a few minor characteristics: In the Korean cones, the umbo is located slightly above the middle part of the apophyses, rhomboidal to elliptical in shape, whereas in the umbo of Chinese cones is located in the middle part of the apophyses and elliptical in shape. For this reason, we regard the present cones as *Pinus* sp. cf. *P. prekesiya* Xing, Liu and Zhou.

So far, more than 21 species based on the cones have been known from the Neogene floras of Japan, Korea and China (Miki, 1957; Tanai, 1961; Xing *et al.*, 2010). Among them, 10 species have been known from the Early to Late Miocene floras as follows: *Pinus fujiii* (Yasui) Miki (Yasui, 1928; Miki, 1941; Tanai, 1961), *P. trifolia* Miki (Miki, 1939; Tanai, 1961), *P. oligolepis* Miki (Miki, 1941), *P. prekesiya* Xing, Liu and Zhou (Xing *et al.*, 2010), *P. dixoni* Gardner (Mai, 1986), *P. ornata* Sternberg (Mai, 1986; Teodoridis and Sakala, 2008), *P. engelhardtii* Menzel (Mai, 1986), *P. hampeana* Unger (Mai, 1986), *P. nodosa* Ludwig (Mai, 1986), and *P. urani* Unger (Mai, 1986). Of these, *Pinus fujiii* (Yasui) Miki resemble *P.* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou in having characteristic umbo and similar form of transverse keel. The former species described by Yasui (1928) and Miki (1939, 1941, 1957) from the Miocene floras of Japan. However, the cones of *Pinus fujiii* (Yasui) Miki is much smaller than those of the *P.* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou. Moreover the cone of *P.* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou is about twice as large as in size than those of *Pinus fujiii* (Yasui) Miki. Similar cones assigned to *Pinus trifolia* from the Neogene of Japan (Miki, 1941) is distinguished from *P.* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou by its large sized asymmetrical cone (12~14 cm long and 8~9 cm wide) with typically 3 leaves.

Pinus fujiii (Yasui) Miki described by Tanai (1961) from the Mio-Pliocene flora of Japan, is also distinguished from *Pinus* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou by its small conical cone and lateral margins with rapidly tapering toward the apex.

Huzioka (1972) refigured Ichimura's two cones

(pl. 16, figs. 5, 6) regarded as *Pinus* sp. (pl. 2, figs. 11, 12). These two cones were found by Ichimura (1928) from the Miocene Tongcheon Flora of Korea. As already mentioned by Huzioka (1972), Ichimura (1928) did not show any characters of ovuliferous scale complexes. Huzioka (1972) also mentioned that two cones may be specifically new to science. However, at first glance of two cones, they differ from one another as follows. The cone of Huzioka's fig. 11 is conical, whereas that of fig. 12 is long elliptic with parallel margins. Although the characters of ovuliferous scale complexes in the cone of fig. 11 is unknown, it is highly probable that it belongs to *Pinus* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou.

Subfamily Abietoideae Rich and Sweet

Genus *Picea* Dietrich

Picea kaneharai Tanai and Onoe

Fig. 2h-i

1961 *Picea kaneharai* Tanai and Onoe, p. 17, pl. 1, fig. 9. Tanai, 1961, pl. 1, figs. 3-4. Tanai and Suzuki, 1965, p. 3, pl. 7, figs. 2-3. Ishida, 1970, p. 61, pl. 1, figs. 11-14. Huzioka, 1972, p. 37, pl. 1, fig. 6.

1961 *Picea magna* MacGinitie Tanai, p. 253, pl. 1, figs. 5-7. Huzioka, 1964, p. 62, pl. 1, figs. 15-16.

1961 *Picea miocenica* Tanai, p. 253, pl. 1, figs. 12, 15. Huzioka, 1964, p. 12, pl. 2, figs. 1, 1a, 2

Materials: Seeds; KNU-20030680, 20041917.

Descriptions: Winged seed is elongated oblong; wing is 1.6 cm long and 0.7 cm wide, rounded at apex; seed is oblong, 0.6 cm long and 0.4 cm wide.

Remarks: The external morphology of present seeds agrees well with those of *Picea kaneharai* Tanai and Onoe. The latter species was established by Tanai and Onoe (1961) from the Mio-Pliocene flora of Japan based on the seeds. Tanai (1961) also established *Picea miocenica* from the Miocene flora of Japan based on the ovuliferous scale and seed. However, Huzioka (1972) synonym list cited above,

includes some of the specimens identified by earlier works as *Picea magna* MacGinitie (Tanai, 1961) and *Picea miocenica* Tanai (Tanai, 1961).

Picea kaneharai Tanai and Onoe is close to the modern *Picea polita* Carrière. The latter species is distributed in the mountains of Japan (Tanai, 1961; Huzioka, 1972).

Genus *Keteleeria* Carrière

Keteleeria ezoana Tanai

Fig. 2j-k

1961 *Keteleeria ezoana* Tanai, p. 251, pl. 1, figs. 16, 40-41. Tanai and Suzuki, 1963, p. 99, pl. 1, figs. 2-4; pl. 2, figs. 1-2, 31. Matsuo, 1963, p. 231, pl. 44, fig. 8, Ishida, 1970, p. 60, pl. 1, figs. 4, 9, 10. Huzioka, 1972, p. 38, pl. 1, figs. 8-9.

Materials: Seeds; KNU-980026, 20031099

Descriptions: Winged seed is blade-like in shape; wing is 2.8~3.2 cm long and 0.9~1 cm wide, outer margin is slightly bending towards the inner part, inner margin is convex, widest at the middle part of wing and then gradually narrowing towards the base, obtusely rounded at apex and acute at base; seed is elliptic in shape, 1.3 cm long and 0.5 cm wide.

Remarks: The general features of present seeds agree well with those of *Keteleeria ezoana* Tanai. *Keteleeria ezoana* was originally described based on the cone-scales and seeds by Tanai (1961) from the Middle Miocene flora of Japan.

Keteleeria ezoana is similar to the modern *Keteleeria davidiana* Beissner (Tanai, 1961). The latter species is now confined to southern China and Taiwan of eastern Asia (Tanai, 1961; Ishida, 1970; Lee, 1986), and is not native in Korea and Japan (Huzioka, 1972).

Genus *Pseudotsuga* Carrière

Pseudotsuga tanaii Huzioka

Fig. 2m-n

1964 *Pseudotsuga tanaii* Huzioka, p. 60, pl. 1, figs.

5, 5a, 6, 6a, 7, 7a.

Materials: Seeds; KNU-20131508, 20080820197

Descriptions: Winged seed is small, elliptical; wing is 1.6 cm long and 0.6 cm wide, roundedly obtuse at apex. Seed is elliptical, 0.6 cm long and 0.3 cm wide.

Remarks: The present seeds agree well with those of *Pseudotsuga tanaii* Huzioka originally described based on the some detached leaves and seeds by Huzioka (1964) from the Miocene flora of Japan. This species has also been known in the Janggi and Gogeonweon floras (Huzioka, 1972), but it is first discovered in the Yeonil Flora.

Subfamily Laricoideae Miller

Genus *Pseudolarix* Gordon

Pseudolarix japonica Tanai and Onoe

Fig. 2l

1961, *Pseudolarix japonica* Tanai et Onoe, p. 17, pl. 1, fig. 5. Tanai, 1961, p. 257, pl. 1, figs. 18, 19, 24, 27, 33-35. Kim, 2009, p. 600, fig. 2G.

Material: Seed; KNU-20042014

Descriptions: Winged seed is elongated triangular in shape. Wing is small in size, 2.2 cm long and 0.8 cm wide in the widest part, outer margin is nearly linear, inner margin is convex, gradually broadening towards the lower part, widest in the middle part, and then gradually narrowing towards the base, rounded at apex. Seed is not preserved. Stalk is short, 0.1 cm long and 0.1 cm wide.

Remarks: This species was established by Tanai and Onoe (1961) from the Middle Miocene to Pliocene flora of Japan based on the ovuliferous scale. The winged seed of this species was described from the Middle Miocene to Pliocene floras of Japan by Tanai (1961). The present specimen agrees with those of *Pseudolarix japonica* (1961). Kim (2009) have described *Pseudolarix japonica* based on the sev-

eral ovuliferous scales obtained from the Yeonil Flora of Korea. This species has also been known in the Miocene floras of Asia, Europe and America (Miki, 1957; Tanai, 1961; Tanai and Onoe, 1961; Li and Yang, 1984).

The ovuliferous scale of *Pseudolarix japonica* is somewhat similar to those of *Abies* or *Keteleeria*, but differs from them by its shape and small lanceolate bract (Tanai and Onoe, 1961). The monotypic genus *Pseudolarix* includes both extant and fossil species, and is restricted in modern distribution to central and southeastern China (Miki, 1957; Manchester *et al.*, 2009).

5. 토 의

소나무과의 화석은 북반구의 백악기와 신생대 지층에서 소나무속, 전나무속, 개비자나무속, 잎갈나무속, 가문비나무속, 낙엽송속 등이 보고되어 있다 (Manchester, 1999). 이들의 대부분은 오늘날 북반구에 널리 분포하고 있지만, 개비자나무속과 낙엽송속은 아시아 동부의 한정된 지역에만 분포하고 있는 것으로 알려져 있다 (LePage and Basinger, 1995). 이러한 소나무과의 지리적 분포뿐만 아니라 화석종과 현생종과의 유연관계를 비롯하여 진화에 대한 다수의 연구가 있다 (Miki, 1957; Critchfield and Little, 1966; Miller, 1976; LePage and Basinger, 1995; Fu *et al.*, 1999; LePage, 2003; Manchester *et al.*, 2009).

5.1 소나무아과

5.1.1 소나무속 *Pinus miocenica* Tanai

2엽송의 *Pinus miocenica* Tanai는 일본의 중기 마이오세 식물군에서 처음 기재된 이래 (Tanai, 1961), 일본의 마이오세 식물군에서 보편적으로 산출되고 있는 종이다 (Ishida, 1970; Huzioka, 1972). 연일층군에서도 2엽송의 *P. miocenica*가 알려져 있지만 (Huzioka, 1972), 그 종자는 이번에 처음 기재되었다. Kanehara (1936b)는 연일층군에서 자신이 직접 채집하고 분류한 약 50종의 화석 식물을 기재 없이 기록했지만 실제로는 종명이 결정되지 않은 것까지 포함하면 70분류군에 이른다. 그중에는 소나무속의 종자, *Pinus* sp. a와 *Pinus* sp. b가 포함되어 있다. 그러나 Huzioka

(1972)는 연일층군에서 기존에 보고된 화석 식물을 모두 재검토하고 정리해서 논문으로 발표했는데, 여기에는 Kanehara (1936b)가 기록한 소나무속의 종자에 대한 언급이 전혀 없다. 소나무속의 종자가 산출되었다고 해도 그 표본은 이미 소실되었고 또한, 기재나 그림도 없는 상태이므로 *Pinus miocenica*의 종자와 같은 것인지 아니면 다른 것인지 확인할 수 없다. 한편 Chun (1982)도 연일층군에서 소나무 잎을 발견하고 *Pinus* sp.로 분류했다. *P. miocenica*는 표 1과 같이 연일식물군 이외에 다른 식물군에서는 발견되지 않았다.

한편, 연일층군에서 산출된 소나무속의 화석 화분은 *Pinuspollenites pseudolabdacus* Takahashi, *P. pristinipollinicus* (Traverse) Takahashi, and *P. taedaformis* (Zaklinskaja) Ke and Shi 의 3종을 비롯하여 (Takahashi and Kim, 1979), *Pinus* type 1-3 (Bong, 1985), 그리고 종명은 기록되지 않았지만 소나무속의 화분이 다수 산출되었다 (Bong, 1982; Chun *et al.*, 1983; Chung and Choi, 1993). 이것으로 보아 소나무속은 적어도 3종 이상이 서식했다는 것을 알 수 있지만 2엽송의 잎이 어느 종의 화분과 직접 관련이 있는지는 정확히 알 수 없다.

5.1.2 소나무속 *Pinus* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou

Pinus cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou의 구과는 현재 연일식물군과 통천식물군에서만 알려져 있다. Ichimura (1928)는 강원도 통천 탄전 지질조사 보고서에서 18속 25분류군의 화석 식물을 기재 없이 기록하였는데, 그중에는 *Pinus* sp.에 2개의 소나무속 구과가 스케치와 함께 기록되어 있다. 그리고 Endo (1938)도 통천 탄전의 같은 장소에서 채집한 21속 26분류군의 화석 식물을 보고하였다. 여기에도 소나무속의 구과와 종자가 *Pinus* sp.로 기록되어 있지만, 기재와 사진은 없다. Huzioka (1972)는 Ichimura (1928)가 스케치한 2개의 구과를 자신의 논문에서 재인용하면서 (pl. 1, figs. 11, 12) 그림이 명확하지 않고 구과에 대한 상세한 특징이 없다는 점을 언급하면서 그대로 *Pinus* sp.로 분류하였다. 그러나 Huzioka (1972)가 재인용한 Ichimura (1928)의 그림 11과 12를 형태적인 면에서 비교해 보면, 그림 11은 구과의 형태가 난형-원추형인 것에 비해 그림 12는 좁은 타원형

Table 1. Fossil species of Pinaceae reported from the Miocene floras in the Korean Peninsula (*; new occurrence in the Yeonil Flora).

No	Species	Floras						References
		Janggi	Yeonil	Tongcheon	Yongdong	Hamjingdong	Gungshim Gogeonweon	
1	<i>Pinus miocenica</i>		o					Huzioka, 1972
2	<i>Pinus cf. prekesiya</i>		*	*				this study
3	<i>Pinus sp.</i>						o	Ablaev <i>et al.</i> , 1993
4	<i>Pinus sp. 1</i>						o	Lim <i>et al.</i> , 1994
5	<i>Pinus sp. 2</i>						o	Lim <i>et al.</i> , 1994
6	<i>Pinus sp. 3</i>				o			Lim <i>et al.</i> , 1994
7	<i>Pinus sp. 4</i>				o			Lim <i>et al.</i> , 1994
8	<i>Pinus sp. 5</i>			o				Lim <i>et al.</i> , 1994
9	<i>Picea kaneharai</i>	o	*			o		this study
10	<i>Picea ugoana</i>				o	o		Huzioka, 1972
11	<i>Keteleeria ezoana</i>		o				o	Huzioka, 1972
12	<i>Pseudotsuga tanaii</i>	o	*				o	this study
13	<i>Pseudolarix japonica</i>		o					Kim, 2009
14	<i>Pseudolarix sp. A</i>		o					Kim, 2009
15	<i>Pseudolarix sp. B</i>		o					Kim, 2009

을 이루고 있어 서로 약간 다르다는 것을 알 수 있다. 그림 11은 비록 종린 복합체의 특징이 보존되지 않았지만 구과의 크기와 형태가 *Pinus cf. prekesiya*에 비슷하다. 그러나 그림 12는 종린 복합체의 특징이 없기 때문에 확실하게 소나무속에 속하는 것인지조차도 확인할 수 없으며, 외형적인 모습은 가문비나무속의 구과(Lee, 2006)에 더 비슷하다. 소나무속은 일반적으로 종린 상부에 있는 apophysis에 작은 능형이나 타원형의 배꼽, 배꼽 양 옆에서 거의 수평으로 나가는 한 개씩의 transverse keel, 그리고 소돌기(mucro) 등의 특징에 의해 소나무과의 다른 속들과 구별된다(Miki, 1957; Klaus, 1980, 1989; Frankis, 2002).

한편 북한 지역에서는 Ablaev *et al.* (1993)가 북한의 고건원 지역에서 *Pinus sp.*를 그리고 Lim *et al.* (1994)도 함진동, 부화 및 하면 지역에서 소나무속의 5개 분류군을 각각 기재하였다. 이것으로 보아 소나무속은 마이오세 동안에 우리나라의 각지에 널리 분포했다는 것을 알 수 있다. 그러나 표 1과 같이 소나무속에 8개의 분류군이 알려져 있지만, 미결정종 6분류군을 제외하면 실제로 2종에 불과하다. 일본의 신생대에서 보고된 소나무속의 9종(Miki, 1957)에 비하면 다양성이 떨어진다. 현생 소나무속은 상록교목 또는 관목으로 북반구에 약 100종이 분포하고 있

으며, 우리나라에도 5종이 자생하는데 2엽송으로는 소나무(*Pinus densiflora* Siebold and Zuccarini)와 곰솔(*P. thunbergii* Uyeki), 5엽송으로는 잣나무(*P. koraiensis* Siebold and Zuccarini), 눈잣나무(*P. pumila* Regel) 및 섬잣나무(*P. parviflora* Siebold and Zuccarini)가 있다(Ko, 1991). 그 중에서 2엽송의 곰솔(*P. thunbergii*)의 구과(Lee, 2006)는 *Pinus cf. prekesiya*의 구과와 비슷하다.

Miller (1976)와 Taylor *et al.* (2009) 등이 이미 언급한 바와 같이, 현생 소나무아과의 가장 오래된 선조형은 북아메리카 노스캐롤라이나의 상부 트라이아스계에서 보고된 *Compsostrobus*로 알려져 있다(Delevoryas and Hope, 1973, 1987). 그러나 현생 소나무속에 비슷한 화석은 백악기부터 나타나기 시작한다(Taylor *et al.*, 2009). 소나무속의 가장 오래된 화석으로 추정되는 것은 벨기에의 하부 백악계에서(Albin, 1960), 그리고 북아메리카의 상부 백악계에서 각각 발견된 소나무속의 구과 화석이다(Miller and Malinky, 1986). 일본의 백악계에서도 구화된 상태로 보존된 소나무속의 잎 화석이 보고되었다(Stockey and Ueda, 1986). 또한, 우리나라의 백악기 지층에서도 사진이나 기재는 없지만 소나무속의 잎이 화석으로 산출되었다는 기록이 나타난다(Tateiwa, 1976). Tateiwa (1976)에

의하면, 전북 진안에 분포하는 진안통의 달길층과 황해도 고편 지방의 한봉산층에서 소나무속(*Pinus* sp.)의 잎이 화석으로 산출되었다. 진안통은 현재 전기 백악기의 하양층군에 대비된다(Chang, 1987). Pak and Kim (1996)에 의하면, 북한의 만경대와 재령 분지에 분포하는 전기 백악기의 퇴적암은 하부의 한봉산통과 상부의 보남리통으로 구분되고 있는데, Tateiwa (1976)의 한봉산층은 Pak and Kim (1996)의 한봉산통과 동일한 것으로 판단된다. 또한, Pak (1984)도 한봉산통에서 7분류군의 화석 식물을 보고하였는데, 그 목록에 소나무속 *Pinus* sp.가 포함되어 있다. 이 결과를 통해 판단하면 소나무속은 우리나라에서 이미 전기 백악기 동안에 전국적으로 분포했다는 것을 알 수 있다. 백악기 이후 현생 소나무속과 비슷한 화석은 신제3기의 마이오세 식물군에서 보편적으로 나타난다.

5.2 전나무아과

5.2.1 가문비나무속 *Picea kaneharai* Tanai and Onoe

Picea kaneharai Tanai and Onoe는 일본의 후기 마이오세-플라이오세 식물군에서 구과와 종자에 의해 설립된 종이다(Tanai and Onoe, 1961). 이종은 포항 지역의 장기 식물군과 북한의 함진동 식물군에서 종자 화석이 각각 알려져 있지만(Huzioka, 1972), 연일층군에서도 종자가 처음 산출되었다. 또한, 가문비나무속의 *P. ugoana* Huzioka (Huzioka, 1972)는 북한 지역의 용동과 함진동 식물군에서 산출이 알려져 있지만, 연일층군에서는 아직 발견되지 않았다.

가문비나무속의 화석 화분은 *Piceapollenites alatus* Potonie와 *P. saccifer* Takahashi의 2종(Takahashi and Kim, 1979)과 *Picea* type 1-3(Bong, 1985)이 각각 알려져 있다. 이것으로 보아 당시에 가문비나무속의 여러 식물이 서식했다는 것을 알 수 있다.

한편, 전나무속의 잎이나 구과의 화석은 연일층군에서 발견되지 않았지만, 화석 화분은 이미 알려져 있다(Chun *et al.*, 1983; Choi and Bong, 1986; Chung and Choi, 1993). 뿐만 아니라 *Abiespollinites giganticus* Takahashi, *A. cf. microsaccoides* Krutzsch, *A. sibiriciformis* (Zaklinskaja) Krutzsch 및 *A. yonilensis* Takahashi의 4종도 알려져 있다(Takahashi and Kim, 1979). 이것은 당시에 전나무속의 여러 종류가 분포했다는 것을 의미한다. 하부의 장기층군에

서도 전나무속의 규화목이 산출되고 있기 때문에(Kim *et al.*, 2008a) 연일층군에서도 잎이나 구과가 산출될 것으로 예상되며 앞으로 이에 대한 연구가 더 필요하다고 판단된다.

가문비나무속의 구과 화석은 세계적으로 에오세부터 나타나며, 약 40건의 화석 기록이 알려져 있다(LePage, 1991, 2001). 그러나 LePage (2003)에 의하면, 이들의 대부분은 인상화석이거나 또는 불완전한 기재에 기초한 것이라 확실성이 결여된다고 하였다. 현생 가문비나무속은 상록교목이며 약 40종(Ko, 1991) 또는 50종(Jones and Luchsinger, 1986)이 유럽, 북아메리카, 동아시아에 분포하며 우리나라에는 가문비나무, 종비나무 및 풍산가문비나무의 3종이 자생한다(Ko, 1991). Tanai (1961)에 의하면, 화석종 *P. kaneharai*는 일본에서 자생하는 *P. polita* Carrière와 유사하지만, 우리나라에 분포하지 않는다(Lee, 2006).

5.2.2 기름삼나무속 *Keteleeria ezoana* Tanai

Keteleeria ezoana Tanai는 일본의 마이오세 중기의 지층에서 산출된 구과와 종자에 의해 설립된 종이다(Tanai, 1961). 이 종은 우리나라의 연일 식물군과 고건원 식물군에서 잎과 종자가 각각 알려져 있다(Huzioka, 1972). Chun (1982)은 연일층군에서 *Keteleeria ezoana*와 *K. sp.*를 보고했지만 기재가 없기 때문에 잎인지 종자인지 알 수 없다. 또한, 이 종은 중국의 마이오세 산왕층에서도 산출된다(Institute of Botany and Institute Geology and Palaeontology of Academy Sinica, 1978). 기름삼나무속의 화분은 연일층군에서 발견되지는 않았지만, 하부의 장기층군에서 산출된다(Bong, 1981). 따라서 연일층군에서도 기름삼나무속 화분이 발견될 가능성이 있다.

기름삼나무속의 가장 오래된 화석종은 북아메리카의 브리티시 콜롬비아의 에오세 식물군에서 그리고 오레곤의 올리고세 식물군에서 각각 보고되었다(Meyer and Manchester, 1997). 이속은 유럽의 후기 올리고세부터 마이오세 시기에 산출된다(Manchester *et al.*, 2009). 기름삼나무속은 신생대에 세계적인 분포를 하고 있지만, 현생종은 상록교목으로 중국 남부, 대만, 라오스, 및 베트남에 한하여 3종 또는 5종이 분포하며 동아시아의 고유종으로 알려져 있다(Manchester *et al.*, 2009). 우리나라에는 재식종인

K. davidiana Beissu를 제외하고는 자생종이 분포하지 않는다. 그러므로 기름삼나무속은 유럽과 마찬가지로 우리나라에서 마이오세 이후 멸종된 후 재식된 것으로 볼 수 있다.

한편, 연일층군에서 잎 화석으로 많이 산출되고 있는 금송속(*Sciadopitys*)과 메타세콰이아속(*Metasequoia*) (Huzioka, 1972; Chun, 1982; Kim and Choi, 2008)도 우리나라에는 자생종이 분포하지 않는다. 그러나 재식종인 *Sciadopitys verticillata* Siebold and Zuccarini와 *Metasequoia glyptostroboides* Hu and Cheng은 관상수나 가로수로 널리 식재되고 있다. 특히 전자는 1속 1종으로 구성된 수목으로 일본 남부 지방에 자생하며, 소나무과나 삼나무과 또는 독립적인 과로 분류되기도 한다(Ko, 1991). 후자는 중국 사천성과 호북성에 자생하며 1속 1종으로 구성되고, 현생종보다 화석종이 먼저 발견된 유일한 식물이면서 살아 있는 화석으로 유명하다(Hu and Cheng, 1948).

위에서 언급한 바와 같이 기름삼나무속, 금송속 및 메타세콰이아속은 자생종이 없는 것으로 보아 마이오세 이후 멸종된 것을 의미한다. Kim and Choi (2008)가 언급한 바와 같이, 멸종 원인이 환경 변화 때문인지 또는 빙기에 관련된 것인지는 정확히 알 수 없다.

5.2.3 개솔송나무속 *Pseudotsuga tanaii* Huzioka

개솔송나무속의 *Pseudotsuga tanaii*는 Huzioka (1964)가 일본의 마이오세 식물군에서 잎에 기초하여 설립한 종이다. 이 종은 장기층군과 북한의 고건원 지역에서 잎과 종자가 알려져 있지만(Huzioka, 1972), 이번의 연구에서 연일층군에서도 종자의 산출이 확인되었다. 개솔송나무속의 화석 화분은 *Pseudotsuga* sp.가 알려져 있다(Bong, 1982, 1985). 화분의 존재는 당시에 낙엽송속의 식물이 분포했다는 것을 강력히 지지한다.

한편, 솔송나무속의 화석 화분은 *Tsuga ignicula* (Potonie) Frederiksen와 *T. heterophyllites* Martin and Rouse의 2종이 알려져 있고(Bong, 1985), 그 이외에도 종명은 미상이지만 솔송나무속 화석 화분의 산출이 여러 건 보고되었다(Bong, 1982; Chun et al., 1983; Choi and Bong, 1986; Chung and Choi, 1993). 화분의 존재로 보아 당시 솔송나무속 식물이 분포했다는 것은 확실하지만, 현재까지 연일층군에서 잎이나 종자의 화석은 보고되지 않았다.

중국의 북동부에서 기재된 *Pityostrobus*는 개솔송나무속, 잎갈나무속 및 가문비나무속의 중간적 특징을 갖고 있는 것으로 알려져 있다(Shang et al., 2001). 이런 점에 착안하여 Kunzmann (2014)은 *Pityostrobus*를 개솔송나무속의 가장 오래된 선조형이라고 보았다. 개솔송나무속과 비슷한 구과의 가장 오래된 화석은 북아메리카의 에오세 식물군에서부터 나타난다(Erwin and Schorn, 2005). Wei et al. (2010)은 개솔송나무속이 북아메리카에서 아시아로 이주한 그룹으로 추정했으며, 그 시기는 적어도 올리고세라고 보았다. 그 이유는 우리나라와 일본의 마이오세 식물군에서 개솔송나무속의 화석 *Pseudotsuga tanaii* (Huzioka, 1964, 1972)가 이미 존재하기 때문이다. 현생 종은 상록교목이며 6종(Ko, 1991; Fu et al., 1999) 또는 7종(Jones and Luchsinger, 1986)이 북아메리카, 유럽 및 아시아에 분포하고 있지만(Kunzmann, 2014), 우리나라에는 자생종이 분포하지 않는다(Ko, 1991). 미송이라 하여 북아메리카에서 건축용으로 수입되는 나무는 이 속의 *Pseudotsuga taxifolia* Britt.이며 일반적으로 더글라스 전나무로 불린다(Ko, 1991).

5.3 잎갈나무아과

5.3.1 낙엽송속 *Pseudolarix japonica* Tanai and Onoe

Pseudolarix japonica Tanai and Onoe는 올리고세부터 플라이오세 동안에 유럽, 중국 및 일본에서 흔하게 산출되는 종이다(Miki, 1957; Tanai and Onoe, 1959; Tanai, 1961; Li and Yang, 1984). 이 종은 종래 우리나라의 마이오세 식물군에서 발견된 적이 없었으나, 최근에 Kim (2009) 의해 3분류군이 처음 기재되었다. 기존에 연일층군에서 발견된 것은 종린이었지만, 이번에 종자가 새로이 산출되었다. 또한, 낙엽송속의 화석 화분도 종명은 미상이지만 산출이 알려져 있다(Bong, 1982). 이것으로 보아 당시에 낙엽송속이 분포했다는 것을 확실하게 알 수 있다. 한편, 잎갈나무속의 화석 화분은 많이 알려져 있는 것에 비해(Bong, 1982; Chang et al., 1988; Chung and Choi, 1993), 그들의 잎이나 구과화석은 아직 발견되지 않았다.

낙엽송속의 가장 오래된 화석 기록은 유라시아와 북아메리카의 백악기 지층에서 발견되었다(LePage and Basinger, 1995; Manchester et al., 2009). LePage (2003)가 이미 언급한 바와 같이, LePage and Basinger

(1995)는 유라시아와 북아메리카의 신생대층에서 기록된 낙엽송속의 모든 화석종을 검토한 후, 이들을 *Pseudolarix amabilis* (Nelson) Rehder와 *P. wehrlii* Gooch의 2종으로 정리하였다. 그리고 이 두 종에 포함되지 않은 기타의 화석들을 모두 *Pseudolarix* sp.에 포함시켰다. *P. amabilis* (Nelson) Rehder는 화석종과 현생 종을 모두 포함하고 *P. wehrlii* Gooch는 화석종으로만 존재한다. LePage and Basinger (1995)에 의하면, 일본에서 기재된 *P. japonica* Tanai and Onoe (Tanai and Onoe, 1961; Ozaki, 1979)와 중앙아시아에서 기재된 *P. fossils* Yamolenko (Kryshstofovich, 1956)는 *Pseudolarix* sp.에 포함된다. *P. japonica*는 일본의 마이오세-플라이오세 지층에서 발견된 종린 화석에 의해 설립된 종이며(Tanai and Onoe, 1961), 후에 중국과 우리나라의 마이오세 식물군에서도 알려져 있는 종이다(Li and Yang, 1984; Kim, 2009). 현재의 자료로 판단한다면 LePage and Basinger (1995)가 제안한 *Pseudolarix* sp.보다는 *P. japonica*로 두는 것이 더 맞다고 판단된다.

Manchester *et al.* (2009)이 언급한 바와 같이, *Pseudolarix*는 북아메리카에서 중기-후기 마이오세 동안에(LePage and Basinger, 1995), 그리고 유럽에서는 플라이오세 이후에 사라졌다(Martinetto, 2001). 그러나 우리나라에서는 중기 마이오세까지 일본에서는 플라이오세까지 기록이 나타난다(Tanai, 1961; Tanai and Onoe, 1961; Huzioka, 1972).

현생 낙엽송속은 *Pseudolarix amabilis* (Nelson) Rehder의 1개의 종으로만 이루어진 특이한 속이다. 이 종은 낙엽교목이며 현재 중국 중부와 남동부 지역의 100~1500 m 고지대에 자생하고 있으며 동아시아의 고유종으로 알려져 있다(Manchester *et al.*, 2009). 우리나라에는 재식종인 *Pseudolarix amabilis* (Nelson) Rehder가 있지만, 자생종은 분포하지 않는다(Ko, 1991). 낙엽송속의 종린, 종자 화석과 화분의 존재는 마이오세 동안에 우리나라에도 낙엽송속이 분포했다는 것을 지지하는 강력한 증거로 볼 수 있다.

6. 결론

- 소나무과에 속하는 구과, 종린 및 종자 화석을 연구하고 다음과 같이 3아과에 5속 6종으로 분류하였다. 소나무아과는 소나무속의 2종, 전나

무아과는 가문비나무속, 기름삼나무속, 개솔송나무속의 3속 3종, 잎갈나무아과에 낙엽송속의 1속 1종으로 각각 구성된다.

- *Pinus* cf. *prekesiya* Xing, Liu and Zhou, *Picea kancharai* Tanai and Onoe 및 *Pseudotsuga tanaii* Huzioka의 3종은 연일층군에서 처음 기재되었다.
- 소나무과의 5속 중에서 소나무속이 가장 먼저 출현했으며 그 화석 기록은 우리나라에서 전기 백악기까지 추적이 가능하다.
- 소나무속, 가문비나무속, 개솔송나무속 및 낙엽송속은 화석 식물과 화분 화석이 같이 산출된다.
- 기름삼나무속의 화석 잎과 구과는 알려져 있지만, 화석 화분은 발견되지 않았다.
- 전나무속, 솔송나무속 및 잎갈나무속의 화분 화석은 이미 알려져 있지만, 그들의 잎이나 구과의 화석은 발견되지 않았다.
- *Keteleeria ezoana*, *Pseudotsuga tanaii* 및 *Pseudolarix japonica*의 3속 3종은 최근에 재식된 현생종들을 제외하고 유연관계가 있는 현생종이 우리나라에 분포하지 않는 것으로 보아 마이오세 이후 멸종된 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문이 나오기까지 논문을 심사해주시고 내용의 미비점을 상세히 지적해주시고 건설적인 비평을 주신 익명의 심사위원님께 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- 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).
- Albin, K.L., 1960, Further conifers of the Pinaceae from the Wealden Formation of Belgium. *Mémoires de l'Institut Royal des Sciences de Belgique*, 46, 1-39.
- Bong, P.Y., 1981, Palynology of the Janggi area. Korea Institute of Energy and Resources, Report on Geoscience and Mineral Resources, 10, 7-16 (in Korean with English abstract).
- Bong, P.Y., 1982, Palynology and stratigraphy of Yeonil-Dongsanri area. Korea Institute of Energy and Resources, Report on Geoscience and Mineral Resources, 13, 7-18

- (in Korean with English abstract).
- Bong, P.Y., 1985, Palynology and stratigraphy of the Neogene strata in the Pohang sedimentary basin. Unpublished Ph. D. Thesis. Seoul National University, 219 p.
- Choi, D. and Bong, P.Y., 1986, Neogene palynomorphs from lignite beds of Bugpyeong and Yonghae areas. *Journal of the Palaeontological Society of Korea*, 2, 1-17.
- Chang, K.H., 1987, Cretaceous strata. In: Lee, D.S. (ed.), *Geology of Korea*. Geological Society of Korea, 202-194.
- Chang, N.-K., Kim, K.-W. and Kim, J.-G., 1988, Analyses of fossil pollen of Tertiary Miocene in the Yeonil area, Korea. *Korean Journal of Ecology*, 11, 137-144 (in Korean with English abstract).
- Chough, S.K., Hwang, I.G. and Choe, M.Y., 1990, The Miocene Domsan fan-delta, Southeast Korea: a composite fan-delta system in back-arc margin. *Journal of Sedimentary Petrology*, 60, 445-455.
- Chun, H.Y., 1982, Plant fossils from the Tertiary Pohang Sedimentary Basin, Korea. *Institute of Energy and Resources*, 14, 7-23 (in Korean with English abstract).
- Chun, H.Y., 2004, Taxonomic and morphological diversity of the Miocene Pohang flora. *Geology of Korea, Special Publication*, 2, 25-38.
- Chun, H.Y., Lee, J.Y., Bong, P.Y. and Paik, I.S., 1983, Stratigraphy and paleontological study of the Pohang Basin. *Korea Institute of Energy and Resources*, 82-1-16, 7-29 (in Korean with English abstract).
- Chung, C.H. and Choi, D.K., 1993, Paleoclimatic implication of palynoflora from the Yeonil Group (Miocene), Pohang area, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 9, 143-154 (in Korean with English abstract).
- Critchfield, W.B. and Little, E.L., 1966, Geographic distribution of the pines of the world. U.S. Department of Agricultural Forest Service, Misc Publication, 991, 1-97.
- Delevoryas, T. and Hope, C., 1973, Fertile coniferophyte remains from the Late Triassic Deep River Basin, North Carolina. *American Journal of Botany*, 60, 810-818.
- Delevoryas, T. and Hope, C., 1987, Further observations on the Late Triassic conifers *Compsostrobus neotericus* and *Voltzia andrewsii*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 51, 59-64.
- Endo, S., 1938, Cenozoic plants from Tyosen (Korea) (II). *Journal of the Geological Society of Japan*, 45, 326-328 (in Japanese).
- Erwin, D.M. and Schorn, H.E., 2005, Revision of the conifers from the Eocene Thunder Mountain flora, Idaho, U.S.A. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 137, 125-145.
- Farjon, A., 1990, Pinaceae: Drawings and descriptions of the genera. *Regnum Vegetabile*, 121, 1-330.
- Frankis, M., 2002, Classification of the genus *Pinus*. <http://pinetum.org/Lovett/classification.htm>.
- Fu, L., Ki, N. and Robert, R.M., 1999, In: Wu, C.Y. and Raven, P.H. (eds.), *Flora of China*. Vol. 4, Pinaceae. Beijing Science Press, China; ST. Louis: Missouri Botanical Garden Press, USA, 11-52.
- 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., 1964, The Aniai flora of Akita Prefecture, and the Aniai-type flora in Honshu. *Japan. Journal of Mining College, Akita University, Series A*, 3, 1-105.
- Huzioka, K., 1972, The Tertiary floras of Korea. *Journal of Mining College, Akita University, Series A*, 5, 1-83.
- Hwang, I.G. and Chough, S.K., 1990, The Miocene Chunbuk Formation, Southeastern Korea: marine Gilbert-type fan delta system. In: Colella, A., Prior, D.B. (eds.), *Coarse-Grained Deltas*. International Association of Sedimentologists, Special Publication, 10, 235-254.
- Ichimura, T., 1928, Geological Report of Coal-field in Korea. Fuel beneficiation Institute of Korea, 3, 23 p., pl. 1-16 (in Japanese).
- Institute of Botany and Institute, Geology and Palaeontology of Academy Sinica, 1978, Cenozoic plants from China. *Fossil plants of China*, 3, Science Press, Beijing, China, 232 p., pls. 149 (in Chinese).
- Ishida, S., 1970, The Noroshi flora of Noto Peninsula, central Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 37, 1-112, pls. 1-22.
- 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*, 117, 183-189.
- Jones, S.B. and Luchsinger, A.E., 1986, *Plant systematics*. McGraw-Hill Book Company, USA, 512 p.
- Kanehara, K., 1936a, The geology of the northern part of Geizitsu District, Korea. *Journal of the Geological Society of Japan*, 43, 73-103 (in Japanese).
- Kanehara, K., 1936b, Neogene shells from south Chosen (Korea). *Japanese Journal of Geology and Geography*, 13, 31-37.
- Kim, B.K., 1965, The stratigraphy and paleontologic studies on the Tertiary (Miocene) of the Pohang area, Korea. *Journal of Science and Technology Series*. Seoul National University, 15, 32-121.
- Kim, J.-H., 2005, Fossil *Albizia* legume (Mimosaceae) from the Miocene Duho Formation of the Yeonil Group in the Pohang area, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 26, 166-171.

- Kim, J.-H., 2008, A new species of *Acer* samaras from the Miocene Yeonil Group in the Pohang Basin, Korea. *Geosciences Journal*, 12, 331-336.
- Kim, J.H., 2009, Occurrence of *Pseudolarix* (Pinaceae) from the Miocene Duho Formation of the Yeonil Group in the Pohang Basin, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 30, 598-604.
- Kim, J.H., 2010, *Albizia miokalkora* Hu and Chaney from the Duho Formation of Yeonil Group (Miocene) in the Pohang Basin, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31, 691-697 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.-H. and Choi, S.-I., 2008, Discussion on the *Metasequoia* fossils from the Miocene Keumkwangdong Formation of the Janggi Group, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 29, 319-327 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.-H., Lee, S., An, J., Lee, H. and Hong, H., 2009, *Albizia* fruit fossils from the Miocene Duho Formation of Yeonil Group in the Pohang Basin, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 30, 10-18 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.H. and Nam, K.-S., 2017, Fossil involucre of *Carpinus* and their significances from the Duho Formation of Yeonil Group, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 53, 759-772 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.-H., Nam, K.-S. and Jeon, Y.-S., 2017, Diversity of Miocene fossil *Acer* from the Pohang Basin, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 53, 387-405 (in Korean with English abstract).
- Kim, K., Jeong, E.K., Sun, B.Y. and Lee, J., 2008a, New record of fossil woods from the Janggi Group in Pohang, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 24, 135-147 (in Korean with English abstract).
- Kim, K., Paik, I.S. and Lee, J.D., 2008b, Research report on the Cenozoic plant fossil cite. *National Research of Cultural Heritage*, 101 p (in Korean).
- Kim, W.H., 1990, Significance of Early to Middle planktonic foraminiferal biostratigraphy of the E-core in the Pohang basin, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 6, 144-164.
- Ko, K.S., 1991, Taxonomy of vascular plants. Saemunsa, Seoul, 648 p (in Korean).
- Klaus, W., 1980, Neue Beobachtungen zur morphologie von *Pinus* und ihre Beduertung für die Systematik, Fossilbestimmung, Arealgestaltung und evolution der Gattung. *Plant Systematics and Evolution*, 134, 137-171.
- Klaus, W., 1989, Mediterranean pines and their history. *Plant Systematics and Evolution*, 162, 133-163.
- Kryshstofovich, A.N., 1956, Oligocene flora of Mt. Aschutas in Kazakhstan. *Paleobotanica*, 1, 1-179 (in Russian).
- Kunzmann, L., 2014, On the fossil history of *Pseudotsuga* Carr. (Pinaceae) in Europe. *Palaeobio Palaeoenv*, 94, 393-409.
- Lee, H.K., Moon, H.-S., Min, K.D., Kim, I.-S., Yun, H., and Itaya, T., 1992, Paleomagnetism, stratigraphy and geologic structure of the Tertiary Pohang and Changgi Basins in the volcanic rocks. *Journal of the Korean Institute of Mining Geology*, 25, 337-349 (in Korean with English abstract).
- Lee, H.Y., 1987, Korean paleontology. Mineumsa, Seoul, Korea, 434 p (in Korean).
- Lee, T.B., 2006, Coloured flora of Korea. Hyangmoon Publishing Co., Seoul, 914 p (in Korean).
- Lee, Y.G., 1975, Neogene diatoms of Pohang and Gampo areas, Kyongsangbug-do, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 11, 99-113.
- Lee, Y.G. and Yoon, S., 2004, Cenozoic bivalves and gastropods. The Paleontological Society of Korea, Special Publication, 7, 217-224.
- Lee, Y.N., 1986, Korean coniferae. Ewha Womans University Press, Seoul, Korea. 241 p.
- Lee, Y.S. and Lee, S.T., 1991, Modern plant taxonomy. Useong Publishing Co., Seoul, 509 p (in Korean).
- LePage, B.A., 1991, The use of the bract as a diagnostic feature in the taxonomy of the Pinaceae. 42nd AIBS Annual Meeting. San Antonio, Texas. *American Journal of Botany*, 78, 199.
- LePage, B.A., 2001, New species of *Picea* A. Dietrich (Pinaceae) from the middle Eocene of Axel Heiberg Island. *Arctic Canada Botanical Journal of the Linnean Society*, 135, 137-167.
- LePage, B.A., 2003, The evolution, biogeography and paleoecology of the Pinaceae based on fossil and extant representatives. In Mill, R.R. and Trehane, P. (eds.), *Proceedings of the Fourth International Conifer Conference: Conifers for the further?*. *Acta Horticulturae*, 615, 29-52.
- LePage, B.A. and Basinger, J.F., 1995, Evolutionary history of the genus *Pseudolarix* Gordon (Pinaceae). *International Journal of Plant Science*, 156, 910-950.
- Li, H.M. and Yang, G.Y., 1984, Miocene Qiuligou flora in Dunhua County Jilin Province, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 23, 204-214 (in Chinese).
- Lim, J.D., Jeong, E.K., Kim, K., Suzuki, M. and Kim, H.D., 2010, Miocene woods of the Janggi Basin in Korea: Implications for paleofloral changes. *Geosciences Journal*, 14, 11-22.
- Lim, K.H., Jang, C.B., Kwon, J.R., Lee, H.W., Lee, H.S., Kim, C.G. and Park, J.N., 1994, The Fossils of Chosen 3. Science Engineering Press, Pyongyang, North Korea, 223 p., pls. 1-96 (in Korean).
- Mai, D.H., 1986, Über Typen und Originale tertiärer Arten von *Pinus* L. (Pinaceae) in mitteleuropäischen Sammlungen-

- Ein Beitrag zur Geschichte der Gattung in Europa. Feddes Repertorium, 97, 571-605.
- Manchester, S.R., 1999, Biogeographical relationships of North American Tertiary floras. Annual Missouri Botanical Garden, 86, 472-522.
- Manchester, S.R., Chen, Z.D., Lu, A.M. and Uemura, M., 2009, Eastern Asian endemic seed plant genera and their paleogeographic history throughout the Northern Hemisphere. Journal of Systematics and Evolution, 47, 1-41.
- Martinetto, E., 2001, Studies on some exotic elements of the Pliocene floras of Italy. Palaeontographica, Abteilung B, 259, 149-166.
- Matsuo, H., 1963, The Notonakajima flora of Noto Peninsula. Tertiary floras of Japan. Geological Survey of Japan, 80th Anniversary Association, Tokyo, 1-4, 219-243.
- Meyer, H.W. and Manchester, S.R., 1997, The Oligocene Bridge Creek flora of the John Day Formation, Oregon. University of California Publications in Geological Sciences, 141, 1-195.
- Miller, Jr., C.N., 1976, Early evolution in the Pinaceae. Review of Palaeobotany and Palynology, 21, 101-117.
- Miller, Jr., C.N. and Malinky, J.M., 1986, Seed cones of *Pinus* from the Late Cretaceous of New Jersey, USA. Review of Palaeobotany and Palynology, 46, 257-272.
- Miki, S., 1939, On the remains of *Pinus trifolia* n. sp., in the upper Tertiary from central Honshu in Japan, Botanical Magazine, Tokyo, 53, 239-246.
- Miki, S., 1941, On the change of flora eastern Asia since Tertiary period (1). The clay or lignite beds flora in Japan with special reference to the *Pinus trifolia* beds in central Hondo. Japanese Journal of Botany, 11, 237-303.
- Miki, S., 1957, Pinaceae of Japan, with special reference to its remains. Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D, 8, 221-272, pls. 1-10.
- Noh, J.H., 1994, Stratigraphy, lithology and diagenetic mineral facies of the Tertiary Yeonil Group. Korea of Petroleum Geology, 2, 91-99.
- Ozaki, K., 1979, Late Miocene Tatsumitoge flora of Tottori Prefecture, southwest Honshu, Japan. Science Report of Yokohama National University, 26, 31-56.
- Pak, I.S., 1984, Cretaceous conifer fossils in the basin of the River Jaeryong and their stratigraphic significance. Geological Survey, North Korea, 2, 19-20.
- Pak, I.S. and Kim, Y.N., 1996, Section 5. Mesozoic Era. In Paek, R.J., Kang, H.G. and Jan, G.P. (eds.), Geology of Korea, Pyongyang Korea, 155-188.
- Shang, H., Cui, J.-Z. and Li, C.-S., 2001, *Pityostrobus yixianensis* sp. nov., a pinaceous cone from the Lower Cretaceous of north-east China. Botanical Journal of the Linnean Society, 136, 427-437.
- Stockey, R.A., 1983, *Pinus driftwoodensis* sp. n. from the early Tertiary of British Columbia. Botanical Gazette, 144, 148-156.
- Stockey, R.A. and Ueda, Y., 1986, Permineralized pinaceae leaves from the Upper Cretaceous of Hokaido. American Journal of Botany, 73, 1157-1162.
- Takahashi, K. and Kim, B.K., 1979, Palynology of the Miocene formations in the Yeongil Bay district, Korea. Palaeontographica, Abteilung B, 170, 10-80.
- Tanai, T., 1961, Neogene floral change in Japan. Journal of Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4, 11, 119-398, pls. 1-32.
- Tanai, T. and Onoe, T., 1959, A Miocene flora from the northern part of the Joban Coal-Field, Japan. Bulletin of Geological Survey of Japan, 10, 261-286, pls. 1-7 (in Japanese).
- Tanai, T. and Onoe, T., 1961, Mio-Pliocene flora from the Ningyo-toge area on the border between Tottori and Okayama Prefectures, Japan. Report of Geological Survey of Japan, 187, 1-62, pls. 1-18.
- Tanai, T. and Suzuki, N., 1963, Miocene floras of southwestern Hokkaido, Japan. Part 2. Systematic consideration. Tertiary flora of Japan. Geological Survey of Japan, 80th Anniversary Association, Tokyo, 1-2, 97-149.
- Tanai, T. and Suzuki, N., 1965, Late Tertiary floras from northeastern Hokkaido, Japan. Palaeontological Society of Japan, Special Papers, 10, 1-117.
- Tateiwa, I., 1924, Tertiary plants from Eunnichi and Choki, N. Keisho-do. Journal of Chosen National History and Society, Reading paper, 1, 36-57 (in Japanese).
- 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).
- Taylor, T.N., Taylor, E.L. and Krings, M., 2009, Paleobotany. The biology and evolution of fossil plants. Academic Press Publication, USA, 1230 p.
- Teodoridis, V. and Sakala, J., 2008, Early Miocene conifer macrofossils from the Most Basin (Czech Republic). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen, 250, 287-312.
- Um, S.H., Lee, D.W. and Bak, B.S., 1964, Explanatory text of the geological map of Pohang sheet. Geological Survey of Korea, Seoul, Korea, 17 p (in Korean with English abstract).
- Wang, X.Q., Tank, D.C. and Sang, T., 2000, Phylogeny and divergence times in Pinaceae: Evidence from three genomes. Molecular Biology and Evolution, 17, 773-781.
- Wei, X.X., Yang, Z.Y., Li, Y. and Wang, X.Q., 2010, Molecular phylogeny and biogeography of *Pseudotsuga* (Pinaceae):

- Insights into the floristic relationship between Taiwan and its adjacent areas. *Molecular Biology and Evolution*, 55, 776-785.
- Xing, Y., Liu, S.Y., Tao, S., Jacques, F.M.B. and Zhou, Z., 2010, *Pinus prekesiya* sp. nov. from the upper Miocene of Yunnan, southwestern China and its biogeographical implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160, 1-9.
- Yamanoi, T., 1992, The palyno-flora of Early Middle Miocene sediments in the Pohang and Yangnam Basins, Korea. In: Ishizaki, K. and Saito, T. (eds.), *Centenary of Japanese Micropaleontology*, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, Japan, 473-480.
- Yasui, K., 1928, Studies on the structure of lignite, brown coal and bituminous coal in Japan. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section III (Botany)*, 1, 381-468, pls. 9-24.
- Yoon, S., 1975, *Geology and Palaeontology of the Tertiary Pohang Basin, Pohang District, Korea, part 1*. *Geology. Journal of the Geological Society of Korea*, 11, 187-214.
- Yoon, S., 1982, Tertiary stratigraphy of the Eoil basin, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 18, 173-180.
- Yun, H., 1985, Some Fossil Squillidae (Stomatopoda) from the Pohang Tertiary Basin, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 1, 19-31.
- Yun, H., 1986, Emended stratigraphy of the Miocene Formation in the Pohang Basin, part 1. *Journal of the Palaeontological Society of Korea*, 2, 54-69.
- Yun, J.B., 2017, *A pictures book of Tree APG*. Jisun Publishers, Seoul, Korea, 751 p (in Korean).
-

Received : September 17, 2020

Revised : December 8, 2020

Accepted : December 17, 2020