

진주 지역의 하부 백악계 진주층에서 산출된 *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, 1977 (Hemeroscopidae)의 복원 및 고생태적 의미

남기수¹ · 김종현^{2,*}

¹대전과학고등학교

²공주대학교

요 약

최근 경남 진주 지역에 분포하는 하부 백악계 진주층의 새로운 화석산지에서 동일종에 속하는 것으로 추정되는 화석 잠자리의 날개, 유충 및 몸통이 분리된 상태로 다량 발견되었다. 이들은 시맥의 특징에 의해 Hemeroscopidae과의 *Hemeroscopus baissicus*로 동정하였다. 이 종은 주로 전기 백악기에 시베리아, 몽골, 중국 및 우리나라 등에서 번성하였다. 동일 종에 속하는 각 기관이 분리된 상태로 나타나지만 이를 바탕으로 성충 잠자리의 전체적인 모습을 복원했다. 또한 화석 잠자리 유충과 함께 발견된 수서 생물의 구성을 통해 당시에 현생과 비슷한 육상 및 수서 생태계가 존재했으며 유충의 경우 수서생태계에서 *Coptoclava*와 함께 상위 포식자 지위에 있었음을 알 수 있다.

주요어: 잠자리, *Hemeroscopus baissicus*, 진주층, 하부 백악계

Kye-Soo Nam and Jong-Heon Kim, 2016, Reconstruction and Paleocological implications of Dragonfly *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, 1977 (Hemeroscopidae) from the Lower Cretaceous Jinju Formation in the Jinju Area, Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 52, no. 2, p. 105-112

ABSTRACT: Recently, many specimens of winged-insects and larvae have been discovered in a new fossil locality of the Lower Cretaceous Jinju Formation in the Jinju area of Gyeongsangnam Province, Korea. Most specimens are separated body parts which are interpreted as belongs to a dragonfly species. The species is identified as *Hemeroscopus baissicus* based on the characteristics of their wing venation. This species prospered mainly in Siberia, Mongolia, China and Korean Peninsula during the Early Cretaceous Period. In comparison to morphology of modern dragonflies, the adult morphology of *H. baissicus* is reconstructed. In addition, the composition of fossilized aquatic organisms indicates that the aquatic ecosystem was similar to that of the present, and that the dragonfly larvae were a top level predator within the aquatic ecosystem along with *Coptoclava*.

Key words: Dragonfly, *Hemeroscopus baissicus*, Jinju Formation, Lower Cretaceous

(Kye-Soo Nam, Daejeon Science Highschool for the Gifted, Daejeon 34142, Republic of Korea; Jong-Heon Kim, Department of Earth Science Education, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea)

1. 서 론

일반적으로 날개가 있는 곤충은 날개의 유연성에 따라서 크게 고시류와 신시류의 두 계통으로 구별되는데, 전자는 날개를 복부 뒤로 구부릴 수 없지만 후자는 구부릴 수 있다. 현생 잠자리는 고시류에 속하며 크기가 19~127 mm로 크기가 다양하지만(Gullan and Cranston, 2003), 석탄기 후기에 출현한 Meganeuridae과

의 대형 잠자리는 날개 길이가 무려 70 cm에 이르는 것도 있다. 그러나 이들은 모두 폐름기 말에 멸종했다(Carpenter, 1992; Grimaldi and Engel, 2005). 현생 잠자리(Odonata)와 비슷한 곤충 화석은 폐름기에 출현했으며, 이들은 중생대를 통해서 번영하고 현재까지 이르고 있다(Carpenter, 1992; Brauckmann *et al.*, 1994).

한반도의 화석 잠자리의 기록은 중생대층에서 4속 4종이 알려져 있다(Kim *et al.*, 1992; Ueda *et al.*, 2005; Nam,

* Corresponding author: +82-41-850-8298, E-mail: jongheon@kongju.ac.kr

2015). 시대적으로 가장 오래된 것은 충남 보령 지역의 전기 중생대의 남포층군에서 산출된 유충(*Samarura gigantea* Brauer)이며(Nam, 2015), 다음으로 경남 사천 지역의 백악계 진주층에서 발견된 날개 화석(*Hemeroscopus baissicus* Pritykina)이다(Ueda *et al.*, 2005). 한편 북한 지역의 백악계에서도 성충(*Sinaeschnidia zasognis* Kim *et al.*)과 날개 화석(*Sinaeschnidia* sp.), 그리고 유충(*Archaeogomophus babius* Lin)이 보고된 바가 있다(Kim *et al.*, 1992).

특히 한반도 남부에 분포하는 백악기의 진주층에는 다양한 종류의 화석 곤충, 즉 잠자리, 실잠자리, 딱정벌레, 바퀴벌레, 집게벌레 등의 산출이 보고되었다(Engel *et al.*, 2002; Baek and Yang, 2004; Ueda *et al.*, 2005; Engel *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2013). 진주층에는 화석 곤충 이외에도 공룡 발자국, 무척추동물 생흔 화석, 스트로마톨라이트, 화분 포자 등의 화석이 산출된다(Choi, 1985, 2007; Kim and Kim,

2008). 한편, 잠자리 유충은 패갑류, 개형충, 모기 유충, 파리 유충, 수서 노린재, 수서 딱정벌레, 어류 등과 함께 발견되기 때문에 당시의 수서 생태계를 해석하는 데 중요한 정보를 제공해 준다.

이번 연구를 통하여 진주 지역에 분포하는 진주층의 새로운 화석 산지에서 비교적 보존 상태가 좋은 화석 잠자리의 유충과 한 성충 개체에 속하는 것으로 판단되는 머리, 몸통, 날개를 새로이 발견하였다. 이들은 세일의 동일한 층리면에 각 기관이 분리된 채 인상으로 보존되었다. 이와 같이 한 개체의 기관이 분리된 채로 한 장소에서 모두 발견된 것은 이번이 국내에서 처음이다. 기존에 사천 지역에서 보고된 화석 잠자리는 날개만이 알려져 있었다. 위와 같이 동일한 층리면에서 분리된 상태로 발견된 각 기관들은 당시에 존재한 화석 잠자리의 전체적인 모습을 복원하는데 중요한 자료로 활용될 수 있다.

이 연구의 목적은 진주층에서 산출된 화석 잠자

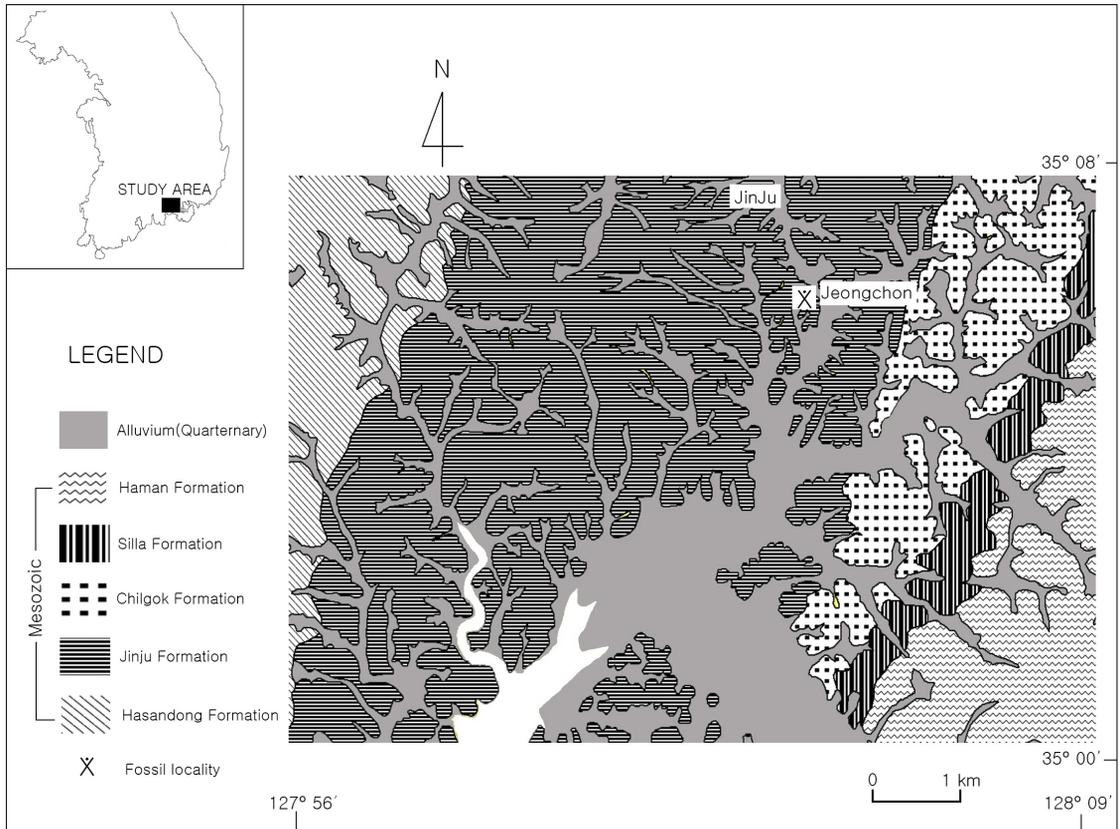


Fig. 1. Geological map of the study area (modified after Choi and You, 1969) and fossil locality.

리를 시맥의 특징을 이용하여 계통적으로 분류하고 기재하는 데 있다. 그리고 분리된 상태로 산출된 각 기관의 파편들을 조합하여 성충의 전체적인 모습을 복원하며, 화석 잠자리에 동반되어 발견된 다른 종류의 화석들을 바탕으로 고생태학적 의미를 알아보 고자 한다.

2. 진주층의 지질 개요와 시대

한반도 남동부의 경상남북도 일대의 경상분지에는 중생대 백악기의 퇴적암이 넓게 분포하고 있다. 경상분지의 퇴적암은 처음 Tateiwa (1929)에 의해 연구가 시작되었다. 그는 경상분지의 퇴적암을 하부로부터 낙동통과 신라통 및 불국사통의 3개 통으로 구분하였다. 그 후 Chang (1975)은 신동층군, 하양층군 및 유천층군으로 재분류하고, 이 층군들을 합하여 경상누층군으로 명명하였다.

신동층군은 하부로부터 낙동층, 하산동층, 진주층으로 다시 세분된다(Tateiwa, 1929; Chang, 1975; Choi *et al.*, 1981). 진주층은 의성, 군위, 대구, 진주, 사천을 잇는 축선을 따라 북동-남서 방향으로 길게 연장되어 분포한다. 진주층은 두께가 약 1000 m에서 1800 m에 달하며 지층의 경사가 10° 내외로 비교적 완만하다. 진주층의 암상은 대부분 흑색 셰일이 주를 이루고 있고 사암과 이암이 군데군데 협재한다(Lee and Yang, 1990). 그리고 진주층은 하상-호소 환경에서 퇴적된 것으로 해석되고 있다(Chough and Sohn, 2010). 곤충 화석이 산출된 지역의 지질도는 그림 1과 같다.

진주층의 지질 시대는 고생물학적, 고지자기적 및 절대 연대 측정 방법에 의해 연구된 바가 있다. 포자 화분 화석에 의한 연대는 Barremian부터 Albian을 지시한다(Choi, 1985; Yi *et al.*, 1994). 고지자기학적 연구는 Aptian부터 Albian으로 나타난다(Kim *et al.*, 1993). 진주층에서 분리한 쇄설성 저어콘에 대한 SHRIMP U-Pb 측정에 의한 진주층의 절대 연대는 112±1.3Ma로 측정되었다(Lee *et al.*, 2010). 지질 시대를 추정하는 방법에 따라 다소 차이는 있지만 진주층의 퇴적 시기는 절대 연대에 근거하여 Albian으로 볼 수 있다.

3. 자료 및 연구 방법

채집된 화석 표본은 날개가 31점, 유충이 13점, 몸

통이 37점 등 총 81점이다. 이 중에서 보존 상태가 좋은 20점을 선정하여 계측하고 형태적 특징을 기재하였다. 화석의 세밀한 부분의 특징을 알기 위해 화석 표면에 알코올을 바르고 실체 현미경으로 관찰했다. 그리고 접사 렌즈를 장착한 카메라로 사진을 촬영한 후, 컴퓨터 프로그램을 사용하여 스케치하였다. 마지막으로 날개의 외형적 특징과 시맥의 형태적 특징에 근거하여 속과 종으로 분류하였다. 날개 시맥의 형태와 명칭은 Riek and Kukalová-Peck (1984)와 Bechly (1996)의 명명법을 따라 기술하였다(그림 2b). 본 연구에 사용된 표본은 대전과학기술대학교 표본실에 보관되어 있다.

4. 계통적 기재

Order Odonata Fabricius, 1793
 Family Hemeroscopidae Pritykina, 1977
 Genus *Hemeroscopus* Pritykina, 1977
Hemeroscopus baissicus Pritykina, 1977

Fig. 2 a-d

1977, *Hemeroscopus baissicus* sp. nov., Pritykina, p. 91, figs. 7-10

1992, *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, Carpenter, p. 84, fig. 6b

1995, *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, Ren *et al.*, p. 50, figs. 3-2

2005, *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, Ueda *et al.*, p. 149, fig. 5

기재: 앞날개의 길이는 54 mm, 결절에서의 폭은 12 mm, 결절까지의 길이는 28 mm, 결절부터 연문까지 길이는 26 mm이다. 연문은 C맥과 R맥 사이에 형성되며 2개의 시맥 세포 크기로 길쭉한 형태이고 단일 세포로 구성되어 있다. RP맥은 결절 이전에 3개로 분지되며 RP맥은 결절 부분에서 RP1과 RP2로 분지된다. Rsp1이 뚜렷하다. M맥은 MA와 MP로 분지되며 날개 앞부분에서 하나의 세포로 된 삼각실을 형성한다. M맥은 다른 맥보다 분지된 맥 사이의 폭이 넓다. CuA맥은 곡률이 크게 굽어져 있으며 4개로 분지된다(그림 2a-b). 뒷날개의 길이는 47 mm, 결절에서의 폭은 16 mm, 결절까지의 길이는 20 mm이며 결절부터 연문까지 길이는 27 mm, 앞날개

와 시맥이 유사하며 다만 날개의 둔부가 넓은 것이 앞날개와 구별되는 차이점이다.

성충의 배마디는 모두 분리된 상태로 나타나며 평균 길이가 4 mm, 폭이 7 mm에 이르고 최대 7개의 마디로 구성된다. 배에는 한 쌍의 미모가 붙어있으며 각 미모의 길이는 3 mm이다. 성충의 머리는 평균 길이가 6 mm, 폭이 9 mm이며 한 쌍의 겹눈과 입틀의 구조가 뚜렷하다. 유충은 머리부터 하부속기까지의 길이가 평균 48 mm이다. 머리의 평균 길이는 4 mm, 폭은 5 mm이다. 배는 10개의 마디로 구성되어 있고 배의 중앙부가 볼록한 유선형이다. 배의 평균 길이는 35 mm, 폭은 5~12 mm이다. 가슴에는 3쌍의 다리가 붙어 있으며 넓적다리 마디는 길이가 6 mm, 폭은 1.3 mm, 종아리 마디는 길이가 6 mm, 폭은 1 mm, 발목 마디는 길이가 2 mm, 폭은 0.5 mm이다.

자료: DSHS-OD-2011001 (날개), DSHS-OD-2011046 (몸통), DSHS-OD-2011097 (유충), (DSHS: Daejeon

Science High School, OD: Odonata).

산출지 및 산출층: 경남 진주시 정촌면의 정촌산 업단지에 분포하는 신동층군의 진주층(35°07'45"N, 128°06'02"E).

비고: 진주층에서 산출된 화석 잠자리 날개의 가장 현저한 특징은 Rsp1이 뚜렷하며, 3-4개의 세맥으로 분리되고 곡률이 큰 CuAa가 있으며, 황맥이 없는 뚜렷한 삼각실, 절절까지의 길이와 유사한 길이를 갖는 MP, 세맥으로 나뉘지 않는 연문 등이 뚜렷하게 나타나는 것이다. 이러한 특징은 Pritykina (1977)가 시베리아의 하부 백악계 자자층(Zaza Formation)에서 산출된 날개 화석에 근거하여 신종으로 기재한 *Hemeroscopus baissicus*의 형태와 잘 일치한다. 이 종은 중국, 몽골 및 한반도의 전기 백악기의 지층에서도 보고된 바가 있다(Ren *et al.*, 1995; Ueda *et al.*, 2005; Zheng *et al.*, 2015).

Hemeroscopidae과에 속하는 화석 잠자리는 멸종

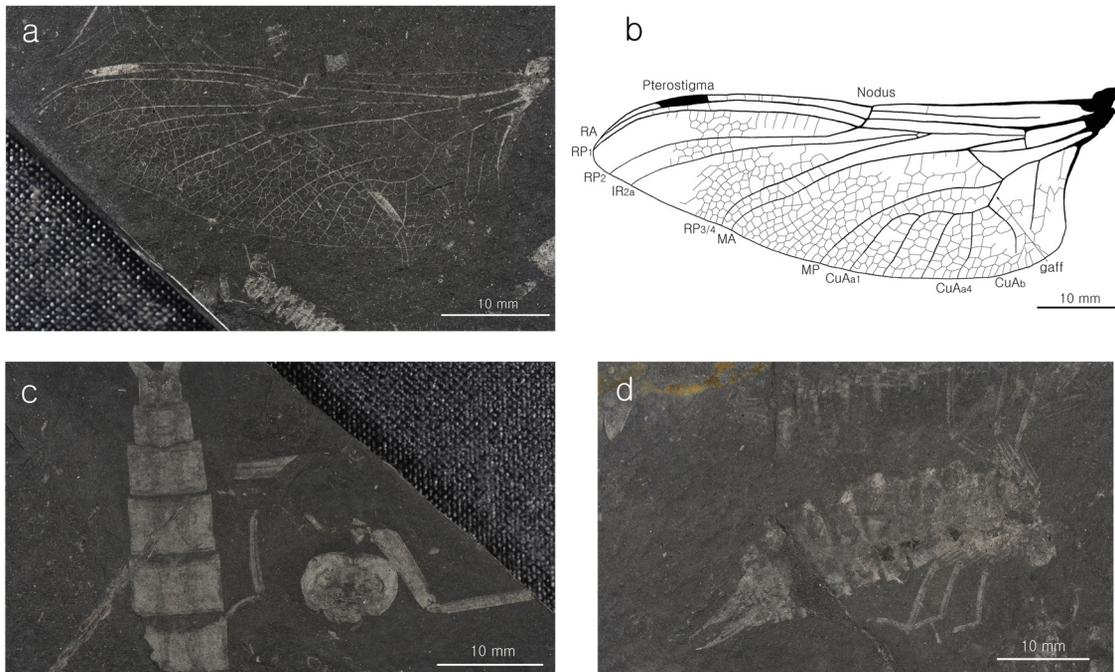


Fig. 2. a-d. *Hemeroscopus baissicus* Pritykina. a: Photograph showing the hind wing (DSHS-OD-2011001), b: Drawing from DSHS-OD-2011001, c: Fragments of *H. baissicus* (DSHS-OD-2011046), d: Nymph of *H. baissicus* (DSHS-OD-2011097), Pt: Pterostigma; RA: radius anterior; RP: radius posterior; IR: intercalary Radus; MA: media anterior; MP: media posterior; CuA: cubitus anterior; gaff: basal part of CuA between A.

Table 1. Comparison of *Hemeroscopus baissicus* found from the Siberia and Northeast Asia.

Locality	Geological Time	Size of wings	CuAa number	Authors
Jinju, Korea	Albian	Fore 54 mm L. × 12 mm W. Hind 47 mm L. × 16 mm W.	4	This study
Bon-Tsagaan, Mongolia	Aptian or Early Albian	Fore 40 mm L. × 9 mm W. Hind 36 mm L. × 11 mm W.	3, 4	Pritykina (1977)
Transbaikalia, Russia	Barremian	Fore 40 mm L. × 9 mm W. Hind 36 mm L. × 11 mm W.	3, 4	Pritykina (1977)
Beijing, China	Late Aptian to Early Albian	Fore 51 mm L. × 12 mm W. Hind 42 mm L. × 16 mm W.	3, 4	Ren <i>et al.</i> (1995)
Sacheon, Korea	Albian	Fore 56 mm L. × 13 mm W. Hind 45 mm L. × 19 mm W.	3	Ueda <i>et al.</i> (2005)
Jiuquan, China	Late Aptian to Early Albian	Fore 41 mm L. × 11 mm W. Hind 37 mm L. × 12 mm W.	4	Zheng <i>et al.</i> (2015)

된 그룹으로 다양성이 극히 낮다. 동북아시아의 전기 백악기의 지층에서 유일하게 *Hemeroscopus baissicus* 와 *Abrohemeroscopus mengi*의 2속 2종이 알려져 있을 뿐이다(Pritykina, 1977; Ren *et al.*, 2003). 전자는 주요 시맥의 분지 형태에서 후자와 유사하지만 뒷날개의 anal loop가 6-7개의 셀로 구성되어 있어 더 작고, CuAa가 5개로 분지되어 있으며, MP와 CuAa맥 사이의 간격이 좁다는 특징으로부터 후자와 쉽게 구별된다.

5. 논 의

*Hemeroscopus baissicus*는 시베리아, 중국, 몽골, 우리나라 등 동북아시아 지역의 백악기 지층에서만 발견되고 있다(Pritykina, 1977; Ren *et al.*, 1995; Ueda *et al.*, 2005; Zheng *et al.*, 2015). 이들은 날개의 형태와 시맥의 분지 양상이 대체로 서로 비슷하지만 지역이나 암수에 따라서 시맥의 수나 날개의 크기가 서로 다르게 나타난다. 이러한 예는 CuAa맥의 수에서 나타난다. 즉, 이번에 진주 지역에서 새로 발견된 잠자리 날개에서 CuAa맥은 명확하게 4개로 분지되는 데, 이것은 Pritykina (1977)가 시베리아 지역에서 기재한 것과 잘 일치한다. 그러나 중국의 베이징 지역(Ren *et al.*, 1995)과 우리나라의 사천 지역에서 이전에 보고된 날개의 CuAa맥은 3개로서(Ueda *et al.*, 2005) 진주 지역의 것보다 1개가 적다.

이와 같이 동일종임에도 불구하고 CuAa맥의 수가 다르게 나타나는 현상을 Bechly *et al.* (1998)는 종내의 개체변이로 해석했다. 날개맥의 변이는 지역성 이외에도 한 개체의 암수 날개에서도 나타난다(Ren *et al.*, 1995). 또한, 동일종이라 해도 지역에 따라서 날개 길이가 다르게 나타난다. 표 1과 같이 시베리아 산의 날개 길이는 40 mm이지만, 중국의 베이징과 간쑤성의 것은 각각 51 mm와 41 mm, 그리고 한국의 사천에서 보고된 것은 56 mm이다. 이번에 진주 지역에서 새로이 발견된 앞날개의 길이는 54 mm로 큰 편에 속한다.

표 1과 같이 *Hemeroscopus baissicus*는 동북아시아의 각지에서 발견되었지만 시대적으로 가장 오래된 것은 시베리아의 Transbaikalia의 Barremian에서 보고된 것이다(Pritykina, 1977). 따라서 Zheng *et al.* (2015)은 *H. baissicus*가 시베리아 지역에서 시작되어 중국의 북동부 지역을 거쳐 우리나라까지 서식 영역을 확대했다고 언급했다. 다만 동북아시아 지역에서 화석 잠자리가 산출된 백악기 지층은 모두 육성층이기 때문에 산출지별로 정확한 지질 시대를 판단하기가 어렵다. 따라서 서식지의 확대 경로는 정확히 단정하기 어렵지만, *H. baissicus*가 적어도 전기 백악기에는 시베리아, 몽골, 중국 동북부 및 우리나라를 포함한 전 지역에 걸쳐 널리 분포했다는 것은 확실하다.

서론에서 언급한 바와 같이 진주 지역에서 새로

이 발견된 화석 잠자리는 그림 2c와 같이 머리, 몸통, 다리, 날개가 모두 분리된 상태로 같은 지역의 동일한 층준에서 산출된다. 이것은 잠자리가 사후에 호수의 가장자리 부근까지 이동된 후 수류의 이동이 거의 없는 상태에서 관절로 이어져 있던 각 부위가 떨어져 나온 후 퇴적물로 덮여 화석으로 보존되었음을 의미한다. 또한 같은 층준에서 한꺼번에 수 십 마리의 유충이 밀집되어 나타나기도 한다. 이것은 빠른 매몰에 의해 유충이 화석화된 것을 의미한다.

현재까지 동북아시아에서 보고된 *H. baissicus*의 화석은 한 개체가 온전한 형태로 발견된 기록은 없다. 진주 지역에서는 비록 분리된 상태로 각 기관이 발견되지만 시맥에 근거해 종을 분류했을 때 오직 한 종만이 확인되었고 다리, 몸통 및 유충이 모두 동일 층준에서 발견되기 때문에 이들은 모두 동일 개체일 가능성이 높다. 따라서 분리된 각 기관들의 형태와 크기를 바탕으로 그림 3과 같이 온전한 성충 잠자리의 상태로 복원하였다. 복원된 *H. baissicus*의 크기는 현생종의 왕잠자리(*Anax parthenope*)와 비슷하다.

진주층에는 화석 잠자리를 비롯하여 파리, 벌, 밀들이 등 날개를 갖고 비행하던 다양한 종류의 화석 곤충이 나타나며, 그리고 양치류와 구과류의 화석 식물도 함께 산출된다(Nam and Kim, 2013). 이것으로 보아 백악기 당시에 양치류와 구과류의 육상식물이 번성한 숲에서 잠자리처럼 날개달린 곤충들이 다양하게 서식하고 있었음을 추정할 수 있다. 현생 수서생물의 생태계는 호수로 떠내려 온 육상 식물이나 물속에 사는 식물, 광합성 작용을 하는 조류 등의

생산자 집단이 있고, 이들을 먹고 사는 새우, 갑각류, 하루살이 등의 1차 소비자가 있으며 2차나 3차 소비자로는 비교적 몸이 크거나 단단한 골격을 갖고 있는 수서 곤충 그리고 어류 등으로 구성되어 있다. 진주 지역에서는 딱정벌레목에 속하는 *Coptoclava* 유충과 잠자리 유충이 함께 발견되고 어류, 패각류, 개형충, 노린재 등 다양한 수서 곤충들도 함께 발견되기 때문에 당시에 수서 생태계도 잘 갖춰져 있었다고 해석된다. 잠자리 유충은 강한 턱을 이용해 호수 바닥에서 파리, 하루살이 같은 작은 곤충을 잡아먹고 살았으며 *Coptoclava*는 수면 근처에서 날카로운 앞발을 이용해 작은 곤충을 잡아먹고 살면서 수서 곤충들 중에서 최상위 포식자 위치를 차지하고 있었을 것으로 추정된다(Rasnitsyn and Quicke, 2002; Triplehorn and Johnson, 2005).

진주 지역에서 발견된 화석 잠자리는 동일 층준에서 한 종류의 잠자리 성충과 이에 비슷한 형태의 유충 화석이 동반되어 산출되고 있으며 몸에 비해 머리의 크기가 작다는 특징으로부터 판단하면 잠자리 성충과 동반된 유충은 동일종에 속할 가능성이 매우 크다. *H. baissicus*는 시베리아와 중국 북동부 지역 등에 국한되어 발견되는 것처럼 *H. baissicus*의 유충도 역시 동일 지역에서만 발견되고 있기 때문에 성충과 유충의 관계를 추론하기가 어렵지 않다. 그러나 유충만이 발견되었을 때 이를 함께 발견되는 성충의 유충으로 동정하는 것은 논란이 되기도 한다(Zhang, 2000; Huang and Lin, 2001; Zhang and Zhang, 2001). 한편, 진주 지역에서 발견된 유충 화석은 배의 길이에 대한 다리 길이의 비율, 배의 전체적인 형태가 현생 잠자리과의 노란허리잠자리(*Pseudothemis zonata*)의 유충과도 비슷하다(Triplehorn and Johnson, 2005).

6. 결론

진주 지역에 분포하는 전기 백악기의 진주층에서 동일층에 속하는 것으로 추정되는 잠자리 날개, 몸통, 다리, 머리 및 유충의 화석들이 다량 산출되었다. 잠자리 날개 화석은 시맥의 형태와 분지 양상에 의해 분류학적으로 잠자리목 Hemeroscopidae과의 *Hemeroscopus baissicus*으로 분류되었다. 진주 지역의 동일 층준에서 분리된 채로 발견된 각 기관 화석

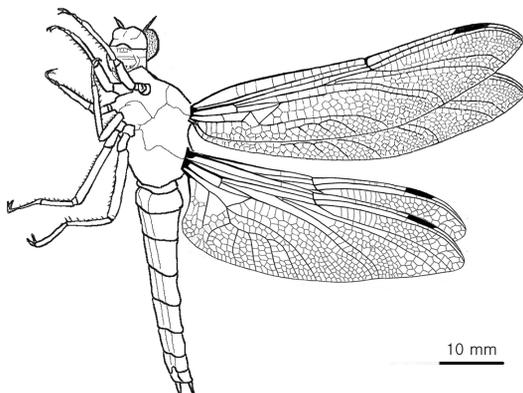


Fig. 3. Reconstruction of *H. baissicus* Pritykina.

을 조합하여 *H. baissicus*의 온전한 형태를 복원했다. 진주층에는 잠자리 성충과 유충 화석이 다양한 육상 및 수서 곤충들과 함께 발견되기 때문에 당시에 현생과 비슷한 육상 및 수서 생태계가 존재했으며 유충의 경우 수서 생태계에서 *Coptoclava*와 함께 상위 포식자 지위에 있었음을 알 수 있다.

사 사

본 논문의 미비점에 대하여 상세한 지적과 건설적인 비평을 해주신 충북대학교 이동찬 교수님과 진주교육대학교 김경수 교수님 그리고 경북대학교 이성주 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 화석 잠자리의 동정과 중국의 화석 잠자리 관련 자료를 제공해주신 중국 북경수도사범대학교 Ren dong 교수께 감사를 표합니다.

REFERENCES

- Baek, K.S. and Yang, S.Y., 2004, Cockroaches from the Early Cretaceous of Korea. *Journal of Paleontological the Society of Korea*, 20, 71-98 (in Korean with English abstract).
- Bechly, G., 1996, Morphologische untersuchungen am flügelgeäder der rezenten libellen und deren stammgruppenvertreter (Insecta; Pterygota; Odonata), unter besonderer berücksichtigung der phylogenetischen systematik und des grundplanes der odonata. *Petalura*, 2, 1-402.
- Bechly, G., Nel, A., Martinezs-Delclòs, X. and Fleck, G., 1998, Four new dragonflies from the Upper Jurassic of Germany and the Lower Cretaceous of Mongolia (Anisoptera: Hemeroscopidae, Sonidae, and Proterogomphidae). *Odonatologica*, 27, 149-187.
- Brauckmann, C., Brauckmann, B. and Gröning, E., 1994, The stratigraphical position the oldest known Pterygota (Insecta. Carboniferous, Namurian). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 117, 47-56.
- Carpenter, F.M., 1992, Superclass Hexapoda. *Treatise on invertebrate paleontology, part R, Arthropoda 3-4*. Geological Society of America, Colorado, USA, 655 p.
- Chang, K.H., 1975, Cretaceous stratigraphy of southeast Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 11, 1-23.
- Choi, C.G., 2007, Rod-shaped Stromatolites from the Jinju Formation, Sacheon, Gyeongsangnam-do, Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 28, 1, 54-63.
- Choi, D.K., 1985, Spores and pollen from the Gyeongsang Supergroup, southeastern Korea and their chronologic and paleoecologic implications. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 1, 33-50.
- Choi, K.I., Son, J.D. and Oh, J.H., 1981, Sedimentology and stratigraphy of the Cretaceous Gyeongsang strata: Implication for the origin of the Gyeongsang Basin. *CCOP Technical Bulletin*, 14, 1-15.
- Choi, Y.G. and You, B.W., 1969, Explanatory text of the geologic map of Sacheon sheet. *Geological Survey of Korea*, Seoul, Korea, 26 p.
- Chough, S.K. and Sohn, S.K., 2010, Tectonic and sedimentary evolution of a Cretaceous continental arc-back-arc system in the Korean peninsula: New view. *Earth-Science Reviews*, 101, 225-249.
- Engel, M.S., Lim, J.D. and Baek, K.S., 2006, Fossil snakeflies from the Early Cretaceous of southern Korea (Raphidioptera: Mesoraphidiidae). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 12, 249-256.
- Engel, M.S., Lim, J.D., Baek, K.S. and Martin, L.D., 2002, An earwig from the Lower Cretaceous of Korea (Dermaptera: Forficulina). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 75, 86-90.
- Grimaldi, D. and Engel, M.S., 2005, *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York, USA, 755 p.
- Gullan, P.J. and Cranston, P.S., 2003, *The insects, An Outline of Entomology* Second edition. Blackwell Publishing, USA, 470 p.
- Huang, D. and Lin, Q.B., 2001, The Early Cretaceous Hemeroscopid larva fossils from Beijing, China. *Chinese Science Bulletin*, 46, 17, 1477-1481.
- Kim, I.S., Kang, H.C. and Lee, H.K., 1993, Paleomagnetism of Early Cretaceous sedimentary rocks in Chingyo-Sach'on area, southwestern Kyongsang Basin. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 26, 519-539 (in Korean with English abstract).
- Kim, K.S. and Kim, J.Y., 2008, *Lockeia gigantus* ichnosp. nov. in the lacustrine deposits of the Early Cretaceous Jinju Formation, southern coast of Korea. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 29, 1, 13-28.
- Kim, S.T., Han, N.K., Yoon, H.B., Jeon, B.C., Park, J.N., Lim, K.H., Park, I.S., Lee, J.I. and Choi, J.H., 1992, The Fossils of Chosen 2. *Science Engineering Press, Pyongyang, North Korea*, 112 p (in Korean).
- Lee, Y.D. and Yang, S.Y., 1990, Studies on depositional history of Jinju Formation in Jinju-Sacheon area, Korea: Sedimentological and paleontological studies. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 11, 38-44 (in Korean with English abstract).
- Lee, T.H., Park, K.H., Chun, J.H. and Yi, H.W., 2010,

- SHRIMP U-Pb zircon ages of the Jinju Formation and Silla conglomerate, Gyeongsang Basin. *Journal of the Petrological Society of Korea*, 19, 1, 89-101 (in Korean with English abstract).
- Lee, Y.I., Choi, T.J., Lim H.S. and Orihashi, Y.J., 2010, Detrital zircon geochronology of the Cretaceous Sindong Group, Southeast Korea: Implication for depositional age and Early Cretaceous igneous activity. *Island Arc*, 19, 647-658.
- Nam, K.S., 2015, Mesozoic fossil insect fauna from the Amisan Formation in Boryeong area, Korea and its geological implication. Unpublished Ph.D. dissertation, Kongju National University, Gongju, Korea, 135 p (in Korean with English abstract).
- Nam, K.S. and Kim, J.H., 2013, Diversity of Early Cretaceous insect fossils from the Jinju Formation. Presented at 2013 spring symposium of the Korean Earth Science Society, April 19, 2013, Korea National University of Education, 84.
- Park, T.Y., Kim, Y.H. and Nam, K.S., 2013, Preliminary research on the aquatic coleopteran, *Coptoclava* from the Early Cretaceous Jinju Formation. *Journal of the Geological Society of Korea*, 49, 6, 617-624 (in Korean with English abstract).
- Pritykina, L.N., 1977, New Odonata from the Lower Cretaceous deposits of the Transbaikalia and Mongolia. *Trudy Sovmestnoy Sovetsko-Mongol'skoy Paleontology, Expdeitsii*, 4, 81-96 (in Russian).
- Rasnitsyn, A.P. and Quicke, D.L.J., 2002, *History of insects*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 516 p.
- Ren, D., Lu, L.W., Guo, Z.G. and Ji, S.A., 1995, Fauna and stratigraphy of the Jurassic-Cretaceous in Beijing and adjacent areas. Seismic Publishing House, Beijing, China, 222 p (in Chinese with English abstract).
- Ren, D., Liu, J.Y. and Cheng, X.D., 2003, New hemeroscopid dragonfly from the Lower Cretaceous of Northeast China (Odonata: Hemeroscopidae). *Acta Entomologica Sinica*, 46, 622-628.
- Riek, E.F. and Kukalová-Peck, J., 1984, A new interpretation of dragonfly wing venation based upon Early Carboniferous fossils from Argentina (Insecta: Odonatoidea) and basic characters states in pterygota wings. *Canadian Journal of Zoology*, 62, 1150-1166.
- Tateiwa, I., 1929, Geological atlas of Korea. No. 10, Gyeongju, Yeongcheon, Daegu, Waegwan sheets. Geological Survey of Chosen, Seoul, Korea, 19 p.
- Triplehorn, C. and Johnson, N., 2005, *Borrer and Dellong's Introduction to the study of insects*. Thomson Brooks & cole, Belmont, USA, 864 p.
- Ueda, K., Kim, T.W. and Aoki, T., 2005, A new record of Early Cretaceous fossil dragonfly from Korea. *Bulletin Kitakyushu Museum of Natural History and Human History Series, A*, 145-152.
- Yi, M.S., Cho, B.H. and Chi, J.M., 1994, Palynomorphs from the Jinju Formation in the Euseong area, Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, 10, 41-56.
- Zhang, J.F., 2000, The discovery of aeschnidiid nymphs (Aeschnidiidae, Odonata, Insecta). *Chinese Science Bulletin*, 45, 11, 1031-1038.
- Zhang, J.F. and Zhang, H.C., 2001, New findings of larval and adult aeschnidiids (Insecta: Odonata) in the Yixian Formation, Liaoning Province, China. *Cretaceous Research*, 22, 443-450.
- Zheng, D.R., Zhang, H.C., Zhang, Q., Li, S., Wang, H., Fang, Y., Liu, Q., Edmund, A.J., Yan, E. and Wang, B., 2015, Discovery of an Early Cretaceous dragonfly *Hemeroscopus baissicus* Pritykina, 1977 (Hemeroscopidae) in Jiuquan, Northwest China, and its stratigraphic implications. *Cretaceous Research*, 52, 316-322.

Received : February 18, 2016

Revised : March 24, 2016

Accepted : March 28, 2016