

경상남도 창원군 도천리의 백악기 진동층에서 산출된 용각류 공룡의 보행열

Sauropod trackways from the Cretaceous Jindong Formation at Docheon-ri, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, Korea

저자 (Authors)	황구근, 허민, 백인성 Koo Geun Hwang, Min Huh, In Sung Paik
출처 (Source)	지질학회지 40(2) , 2004.6, 145-159(15 pages) Journal of the Geological Society of Korea 40(2) , 2004.6, 145-159(15 pages)
발행처 (Publisher)	대한지질학회 The Geological Society of Korea
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01594939
APA Style	황구근, 허민, 백인성 (2004). 경상남도 창원군 도천리의 백악기 진동층에서 산출된 용각류 공룡의 보행열. 지질학회지 , 40(2), 145-159
이용정보 (Accessed)	전남대학교 168.***.164.194 2020/04/05 21:49 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

경상남도 창녕군 도천리의 백악기 진동층에서 산출된 용각류 공룡의 보행열

황구근^{1,*} · 허민¹ · 백인성²

¹전남대학교 지구환경과학부 한국공룡연구센터

²부경대학교 환경지질학과

요 약

창녕군 도천리의 진동층에서 최대 40 m 길이의 보행열을 포함하는 연장성이 좋은 10개의 보행열이 발견되었다. 잘 보존된 앞발자국은 발가락과 발톱자국이 구분되며 이 중 I번 발가락 자국은 보행열 중심으로 향하고 나머지 발가락은 보행열 외곽 쪽으로 향하고 있어 도천리의 앞발자국은 그 동안 보고 된 용각류 앞발자국의 뒤쪽 돌출부가 I번 발가락 자국임을 지시하여 준다. 이와 같은 발가락 자국의 배열은 용각류의 앞발의 II번부터 IV까지 발가락이 한 묶음으로 되어있었다는 지금까지의 견해와 다름을 보여준다. 앞발자국과 뒷발자국의 크기는 유사하며, 뒷발자국에서는 보행열 외곽으로 돌려 찍힌 4개의 발톱이 구분된다. 10개 보행열을 남긴 용각류는 골반까지의 높이가 평균 1.4 m로 같은 방향으로 서로 유기적인 관계를 보이며 평균 0.68 m/s의 속도로 무리지어 이동하던 용각류 공룡에 의해 남겨진 것으로 해석된다.

주요어: 백악기 용각류, 공룡발자국, 진동층, 발가락 자국, 무리이동

Koo Geun Hwang, Min Huh and In Sung Paik, 2004, Sauropod trackways from the Cretaceous Jindong Formation at Docheon-ri, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, Korea. Journal of the Geological Society of Korea. v. 40, no. 2, p. 145-159

ABSTRACT: Ten sauropod trackways were recognized from the Cretaceous Jindong Formation, Docheonri, Changnyeong-gun, Gyeongsangnam-do, Korea. The longest trackway among them is 40 m in length. Manus footprints have distinct digit I impression directed to trackway midline with well-preserved claw mark. It indicates that a backward lobe of previous reported manus footprints is digit I impression, which provides different evidence from previous view that manus digits II~IV were bound together in a pad. Pes footprints with four claw impressions showing outward turning are similar to manus prints in size. The average hip height and moving velocity of track-makers are calculated 1.4 m and 0.68 m/s, respectively. It is inferred that Docheonri sauropod trackways showing similar directions and speeds were made by gregarious sauropods.

Key words: Sauropod, dinosaur footprint, Jindong Formation, Docheon-ri, Cretaceous Period

(Koo Geun Hwang and Min Huh, Faculty of Earth Systems and Environmental Sciences & Korea Dinosaur Research Center, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea; In Sung Paik Department of Environmental Geosciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea)

1. 서 론

한반도의 공룡발자국화석은 주로 남해안에 분포하는 중생대 백악기의 호수퇴적층에서 발견된

다(Lim *et al.*, 1989; Lockley, 1994; Huh *et al.*, 1997, 1998, 2003; 백광석, 서승조, 1998; 허민 외, 1999a, 1999b, 2001; Hwang, 2001; 황구근 외, 2002; Hwang *et al.*, 2002). 이 중 해남 우항리 경

* Corresponding author: Tel. +82-18-601-7567, E-mail. hwang-kg@hanmail.net

우는 공룡발자국과 새, 익룡발자국이 함께 발견되어 백악기 한반도가 다양한 척추동물들의 번식지였음을 잘 보여준다. 이 외에도 화순에서는 다량의 수각류 발자국이 발견되었고, 여수와 고성에서는 조각류와 수각류, 용각류 발자국 등 다양한 공룡발자국이 산출되어 한반도는 세계적인 공룡발자국 산지로 평가되고 있다. 특히, 고성 덕명리 진동층에서는 길이 16 cm인 어린 용각류의 발자국이 발견되어 주목을 받았으며(임성규, 1990; Lockley, 1994; Lockley and Matsukawa, 1998; Lee *et al.*, 2000), 최근에는 마산 호계리의 진동층에서 소형 용각류의 보행열이 보고되어 다양한 소형용각류가 백악기 후기동안 한반도에 번성하였음을 보여준다(황구근 외, 2002). 한편 해남과 여수의 조각류 보행열과 마산 호계리 화석지의 용각류 보행열들은 공룡들의 집단생활 흔적들을 잘 나타내는 무리이동의 특성을 보여 준다(Hwang, 2001; Huh *et al.* 2003; 황구근 외, 2002).

용각류 발자국은 경우에 따라 앞발이 더 깊게 찍혀 앞발의 하흔(undertrack)이 남아 2족보행의 형태를 보여주기도 하나 일반적으로 앞발과 뒷발이 함께 보존된다(Lockley and Conrad, 1989; Lockley and Rice, 1990; Lockley *et al.*, 1994). 잘 알려진 용각류 보행열로는 텍사스 Glen Rose에서 산출된 위로 볼록한 U자형의 앞발자국과 4개의 발톱흔적을 가진 뒷발자국으로 이루어진 용각류 보행열에 대하여 명명된 *Brontopodus*(Farlow *et al.*, 1989)가 있으며, 이외에도 학명이 부여된 용각류 발자국이 존재한다(Thulborn, 1990; Farlow *et al.*, 1989; Pittman and Gillette, 1989), 그러나 이번 연구지역에서 발견된 것처럼 발가락과 발톱흔적까지 잘 보존된 경우는 드물다.

연구지역에서 산출된 용각류 보행열은 모두가 앞발이 뒷발의 앞에 위치하여 용각류의 전형적인 발자국 배열을 보이지만 발자국의 형태는 다르다. 따라서 본 연구에서는 도천리의 백악기 진동층에서 새로이 확인된 보존상태가 양호한 용각류 보행열 10개를 대상으로 발자국의 특성을 기재하고 이미 보고된 발자국들과 비교하여 발자국의 형태와 보행열의 특징을 분석하였다.

2. 연구지역

연구지역은 남지-영산 간 국도확장 공사 구간 중 경상남도 창녕군 도천리의 도로변 절토부분으로, 이 지역에는 경상누층군 하양층군 상부에 해당하는 진동층의 퇴적층이 비교적 연속적으로 노출되어 있으며, 이 지역의 퇴적층은 1:50,000 영산도폭 지질도(김남장·이홍규, 1964)상에서 진동층의 하부에 해당된다(그림 1). 진동층은 암회색 내지 흑색 셰일(또는 이암)과 실트스톤의 호층이 진동층 전체에 걸쳐 지배적으로 나타남이 특징이며, 간헐적으로 사암과 석회질암층이 협재되어 있다(엄상호 외, 1983). 진동층의 하한은 진동리도폭(박노영·지정만, 1963), 마산도폭(김종환·김정택, 1963), 의령도폭(최유구·김태열, 1963) 등에서 하위 함안층의 특징인 붉은색 퇴적층의 협재가 끝나고 암회색 내지 흑색 퇴적층만이 발달하는 층준으로 설정되어 있으며, 연구지역이 포함된 영산도폭(김남장·이홍규, 1964)에서도 동일하게 설정되어 있다. 그러나 도로공사에 의해 새로이 노출된 연구지역의 퇴적층에는 간헐적으로 붉은색 퇴적층이 협재되어 있어, 기존의 함안층과 진동층의 경계부 설정에 재고가 필요한 것으로 여겨진다.

진동층 내에는 사층리, 연흔, 건열, 생흔화석 등 다양한 퇴적구조들이 보존되어 있으며(엄상호 외, 1983; Paik *et al.*, 2001), 특히 경남 고성군 하이면 덕명리를 비롯한 여러 지역에서 다수의 공룡발자국 화석이 진동층에서 집중적으로 보고됨에 따라(양승영, 1982; 임성규, 1990; 백광석·서승조, 1998; 황구근 외, 2002), 진동층은 우리나라 백악기 지층 중 가장 대표적인 공룡발자국 산출지층으로 알려져 있다. 진동층은 이질펄원 및 천호저의 퇴적층으로서, 호수의 규모는 조수현상이 일어날 정도로 매우 컸으며, 퇴적당시의 기후조건은 건조한 가운데에 건기와 우기가 반복되는 계절성 기후인 것으로 해석된 바 있으며(백인성 외, 1998; 김현주·백인성, 2001; Paik and Kim, 2003), 이와 같은 지형 및 기후조건이 진동층 퇴적층내에 다량의 공룡발자국이 보존된 바탕원인이었던 것으로 해석되었다(Paik *et al.*, 2001).

연구 지역에 노출되어 있는 진동층 퇴적층에는

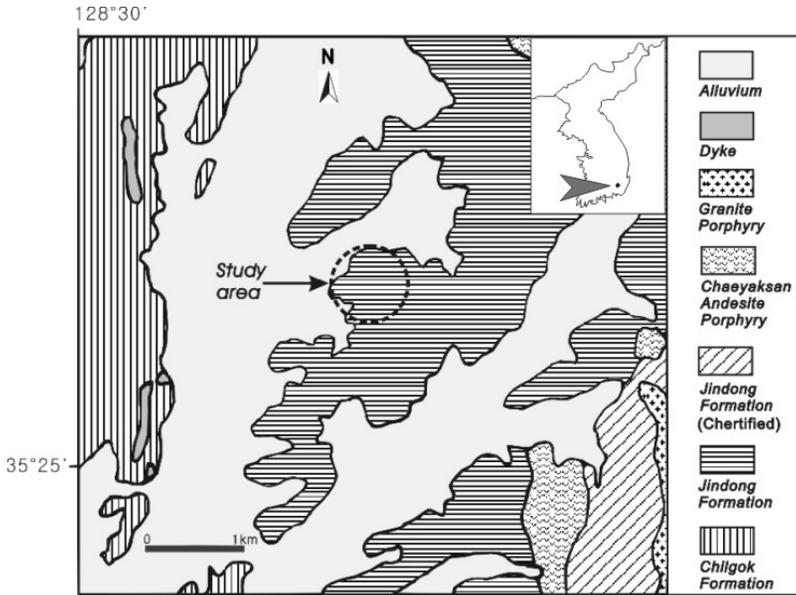


Fig. 1. Geological map of study area (after Kim and Lee, 1964).

다른 지역의 진동층과 마찬가지로 엽층 또는 얇은 층으로 발달한 담회색질의 세립사암 내지 실트스톤과 암회색질 이암의 호층이 가장 지배적으로 발달되어 있다(그림 3A). 이 암상에는 다각상의 견열이 흔히 수반되어 있으며, 드물게 원형 또는 8자형의 균열구조가 관찰된다(그림 3B). 연구지역 퇴적층에는 이회암이 간헐적으로 협재되어 있으며, 수 cm 두께의 응회질사암층이 드물게 나타난다. 이와 함께 고토양기원 또는 속성작용기원의 캘크리트가 단괴상 또는 렌즈상 내지 층상으로 발달되어 있다(그림 3C). 연구 지역 진동층 퇴적층의 가장 뚜렷한 특징은 퇴적층 전반에 걸쳐 증발암광물의 캐스트들이 산재되어 있는 것으로(그림 3D), 이들 증발암광물은 주로 용해성이 높은 미라블라이트(mirabilite), 글러버라이트(glauberite), 석고 등이었던 것으로 여겨지며(Paik and Kim, 1998), 소금 캐스트는 관찰되지 않는다.

체화석은 매우 드물게 관찰되는 개형층을 제외하고는 산출되지 않으며, 탄화목편이 드물게 관찰된다. 무척추동물의 생흔화석 또한 다른 지역의 진동층과는 달리 거의 산출되지 않으며, 공룡 발자국 외에 새발자국화석이 한 층준에서 확인되

었다. 공룡발자국 또한 다른 지역의 진동층과는 달리 퇴적단면에서도 매우 드물게 관찰된다. 공룡발자국이 산출되는 퇴적층은 다른 지역의 진동층과 마찬가지로 엽층 또는 얇은 층으로 발달한 담회색질의 세립사암 내지 실트스톤과 암회색질 이암의 호층으로서, 다각상의 견열구조가 잘 발달되어 있다. 수 cm 내외의 파장과 1 cm 미만의 파고를 가지는 파랑연흔이 아직선형의 연흔정선을 가지며 수반되어 있으며(그림 3E), 이들 연흔의 정선방향은 대체적으로 공룡보행열과 65도 내지 85도 정도의 교차각도를 보인다.

3. 기 재

남북방향으로 길게 노출된 가로 56.8 m 높이 25 m의 사다리꼴 모양의 절개지에서 북서 방향으로 나란하게 진행되는 10개의 보행열이 발견되었다(그림 2). 보행열은 모두 동일 층준에서 발견되었으며 대부분의 보행열에서 발자국이 보행열 중앙선에 서로 겹쳐 보행열 폭이 매우 좁다. 보행열의 진행방향은 N18°W~N37°W의 범위로 최대 19°의 차이를 보이고 있으나 보행열 G와 H를 제외하면 N21°W~N32°W로 11°차이를 보여

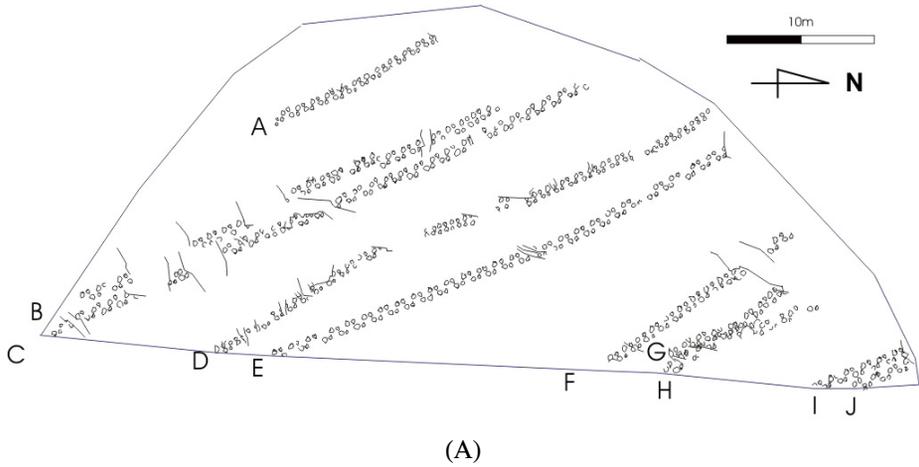


Fig. 2. Map (A) and photograph (B) of Docheon-ri sauropod tracksite.

보행열의 진행방향은 매우 유사하다(그림 2). 보행열은 모두 앞발과 뒷발이 보존된 4족 보행열로 앞발자국은 초승달모양에서 부채꼴모양까지 다양하며 모든 보행열에서 뒷발자국 앞에 찍혀있다. 뒷발자국은 길이가 폭보다 크고 보행열의 외곽(outward rotation)으로 돌려 찍혀 있다(그림 4, 5, 표 1).

보행열 중 보행열 E가 가장 보존상태가 좋으며 보존상태가 양호한 경우 앞발과 뒷발의 발가락이 구분된다(그림 5). 이 중 37번째 앞발자국과 53번째 앞발자국이 잘 보존되어 발가락과 발톱자국을 구분할 수 있다(그림 5A, 5B).

앞발자국의 I 번 발가락 흔적은 보행열 중심으

로 향하는데 발톱 끝의 방향은 보행열 E의 42번째 앞발자국(그림 6B)처럼 진행방향에 수직인 경우부터 보행열 E의 53번과 27번째 앞발자국(그림 5B, 5C)처럼 보행열 뒤쪽으로 휘어져 있는 경우까지 진행방향에 대해 90°~151°의 범위를 보인다. II, III, IV번 발가락은 I 번 발가락과 반대방향인 보행열 바깥방향으로 향하는데 그 방향이 대체로 진행방향에 수직이다. 흔적이 가장 두꺼운 III번 발가락자국은 I 번 발가락방향과 대칭방향으로 향하며 그 발톱자국은 보행열 뒤쪽으로 향한다(그림 5). IV번 발가락자국은 III번 발가락자국과 마찬가지로 I 번 발가락 흔적과 반대방향으로 향하지만(그림 5B) 드물게 뒤로 향하는 경

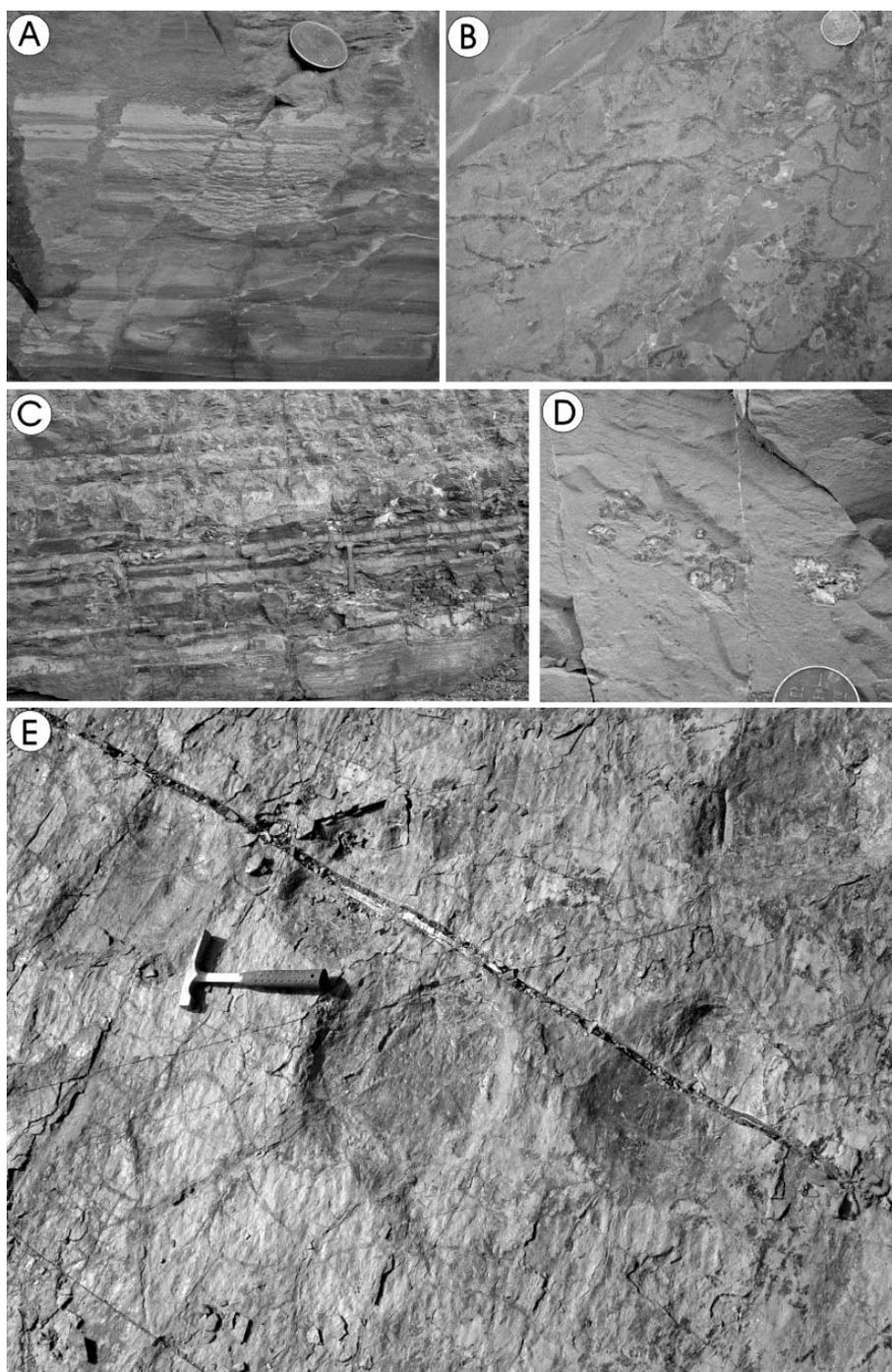


Fig. 3. Occurrence of dinosaur-track bearing deposits in study area. (A) Interlaminated fine-grained sandstone to siltstone and mudstone with desiccation cracks. (B) Incomplete subcircular cracks on marginal lake deposits. (C) Nodular, lenticular to bedded calcretes formed in interlaminated fine-grained sandstone to siltstone and mudstone. (D) Nodular occurrence of aggregated evaporite mineral casts. (E) Sublinear wave ripples with polygonal desiccation cracks on the dinosaur tracks.

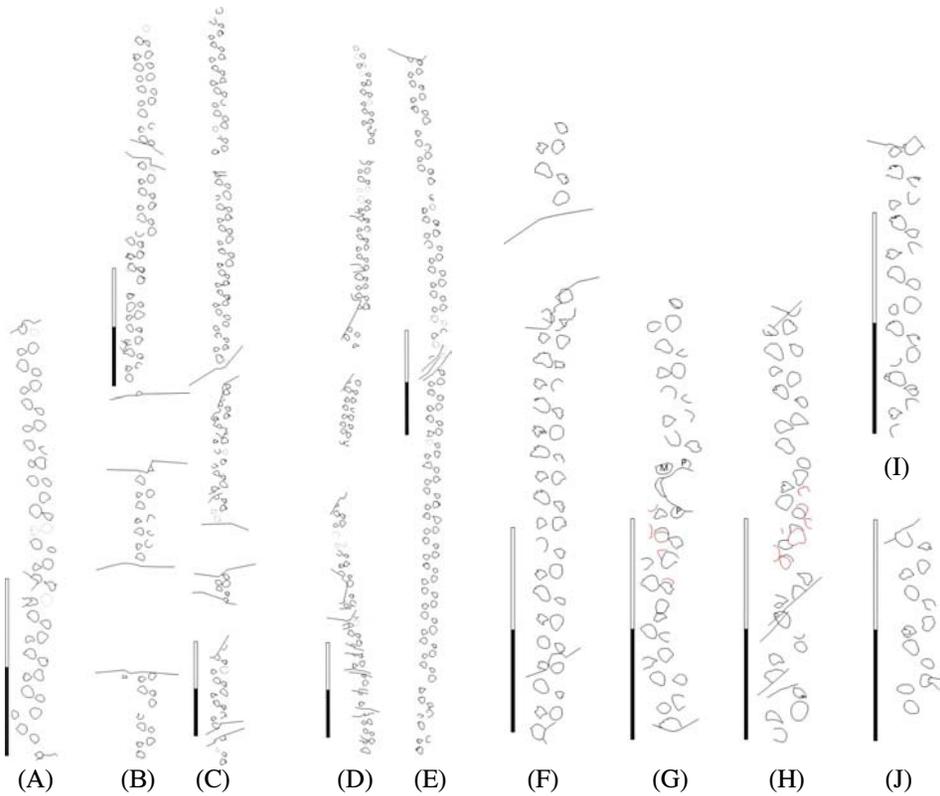


Fig. 4. Detailed line-drawings of Docheon-ri sauropod trackways. (A) Trackway A. (B) Trackway B. (C) Trackway C. (C) Trackway C. (D) Trackway D. (E) Trackway E. (F) Trackway F. (G) Trackway G. (H) Trackway H. (I) Trackway I. (J) Trackway J. Scale bars = 5 m.

Table 1. Measurements of trackways from Docheon-ri tracksite.

Trackway	pes /manus	Pace length	Stride length	Trackway width	Pace angulation	Footprint length	Footprint width	Footprint depth
A	Pes	83.0	111.2		88.1	29.9	31.0	25.4
	Manus	80.6	111.6		88.2	28.9	30.9	27.5
B	Pes	82.7	115.4	12.0	89.7	35.1	30.0	31.9
	Manus	78.0	113.0		93.1	22.9	30.4	20.1
C	Pes	70.4	119.6	8.0	100.0	35.7	29.8	27.4
	Manus	78.8	118.1		94.9	22.1	33.5	24.4
D	Pes	56.9	101.0		95.9	31.0	26.9	13.8
	Manus	62.0	101.6		105.4	20.1	27.4	17.8
E	Pes	69.6	125.3	11.0	95.8	33.5	30.1	30.8
	Manus	77.2	123.7		95.4	23.8	30.1	30.0
F	Pes	71.2	111.5	9.0	88.8	37.6	30.9	18.8
	Manus	79.3	115.4		91.8	24.0	27.1	19.2
G	Pes	65.1	108.7		101.3	35.6	29.9	19.8
	Manus	78.6	110.1		87.1	22.7	31.4	16.3
H	Pes	75.5	115.0		98.8	35.2	30.5	17.3
	Manus	79.9	126.4		97.8	19.8	31.1	13.8
I	Pes	68.3	116.0		116.6	38.2	32.0	25.8
	Manus	76.8	117.4		102.7	21.4	28.9	20.1
J	Pes	74.7	128.4	8.0	112.2	33.7	27.6	13.5
	Manus	78.9	131.7		105.0	20.2	31.5	18.2

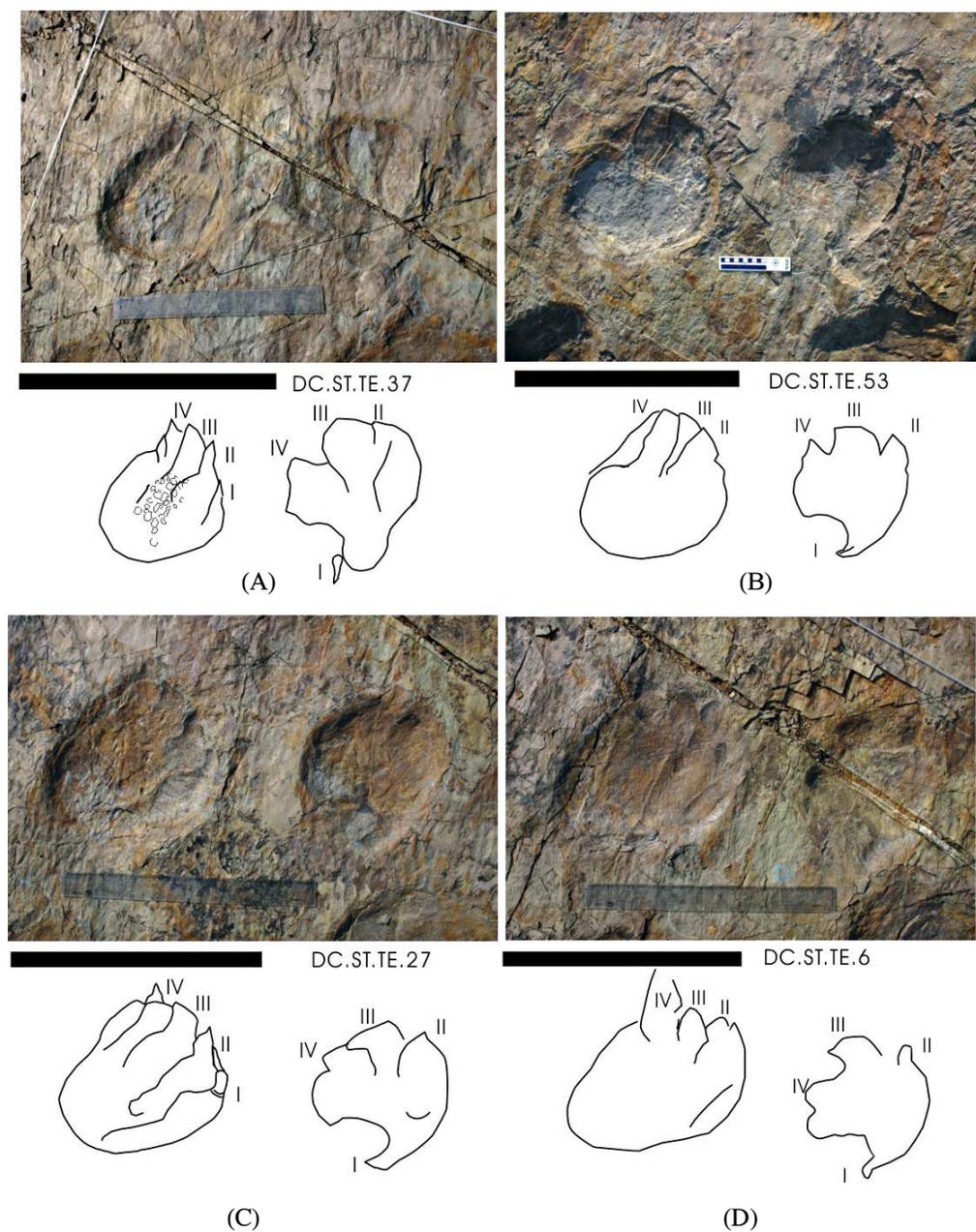


Fig. 5. Detail line-drawing and photos of well preserved manus-pes in the trackway E. (A) 27th manus-pes set. (B) 37th manus-pes set. (C) 53th manus-pes set. (D) 6th manus-pes set. Scale bars = 0.5 m.

우도 있다(그림 5D). 보행열E의 42번째(그림 6B)와 같이 IV번 발자국 뒤로 둥글고 얇은 흔적이 있는 경우가 있는데 이 흔적이 IV번 발자국의 마디흔적인지 V발가락의 흔적인지는 구분할 수 없

다. 이 흔적이 없는 경우는 앞발자국의 모양이 반달모양이지만(그림 6B), 이 흔적이 있는 경우(그림 5B, 5C, 5D)나 발가락III과 IV의 각이 큰 경우에는 앞발자국의 길이가 길어지면서 원형에 가

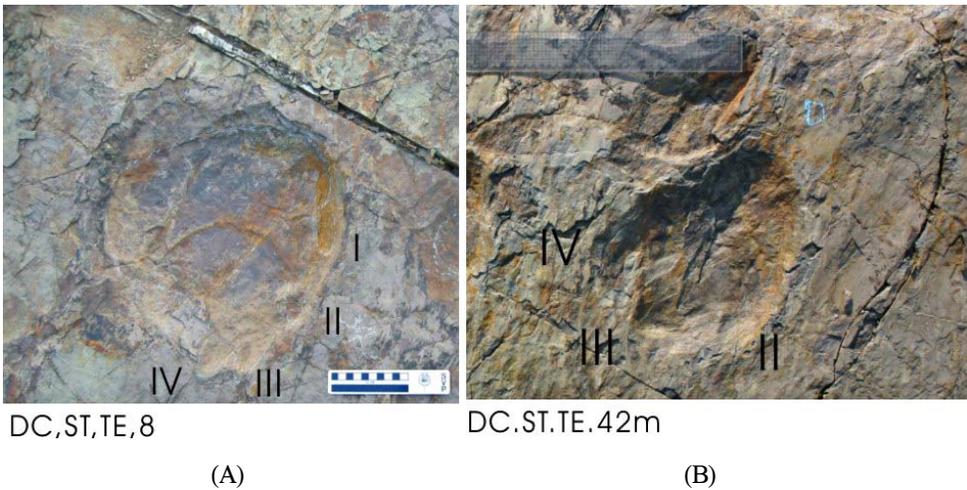


Fig. 6. Pes (A) and manus (B) impression showing well-preserved claw impressions.

깝게 된다.

앞발자국의 크기는 뒷발자국의 평균 76%에 달하지만, 그림 5A와 5C처럼 앞발자국의 길이가 긴 발자국은 각각 113%와 80%로 앞발자국과 뒷발자국의 크기가 유사하거나 앞발자국이 더 커 일반적인 용각류와 다르다.

뒷발자국은 앞쪽에 비해 넓고, 길이와 폭의 비(FL/FW)가 평균 1.56으로 폭에 비해 길이가 약간 길다. 그러나 발자국이 잘 보존된 보행열 E의 경우는 그 평균값이 0.90으로 폭이 더 넓은데 이는 그림 보행열E의 8번째와 53번째 발자국(그림 6A, 5B)처럼 발가락 III번과 IV번 흔적이 발자국 옆으로 길게 찍히기 때문인데 이 경우 두 발가락은 보행열의 진행방향에 직각방향으로 서로 나란하게 찍힌다. 뒷발자국은 네 개의 발가락이 구분되며 발톱들은 모두 보행열 바깥방향으로 돌려 찍힌다. 보행열 E의 27번째 발자국은 발가락 I번의 발가락 마디 흔적을 잘 보여주는데 발가락의 중간부분이 두꺼운 것을 볼 수 있다. 특히, 보행열 E의 37번째 뒷발자국 발바닥부분에는 피부흔적으로 보이는 돌기자국이 있다(그림 5A).

연구지역에서 조사된 보행열의 특징은 다음과 같다.

보행열 A(그림 4A) - 도천리 화석지의 남서쪽에 위치하는 보행열로 발자국이 얇게 찍혀 있다. 길이는 12.1 m이며 24째 보폭까지 연장되어있다

(그림 2, 4A). 보행열을 구성하는 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있다.

앞발자국의 경우 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 $90^{\circ}\sim 110^{\circ}$ 로 보행열 중심축의 수직에 가깝다. 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 $21^{\circ}\sim 31^{\circ}$ 의 회전각을 보였다. 보행열 폭(trackway width)은 22~35 cm 이지만 발자국 간 거리(inner trackway width)는 0~13 cm 로 폭이 좁았다. 보존상태가 양호하지 못해 대부분의 뒷발자국은 외곽선만 구분되어 길이가 긴 타원형의 형태이지만, 6번째 뒷발자국처럼 III, IV의 발가락흔적이 구분되기도 한다. 앞발자국은 보행열 안쪽으로 돌출되는 I 번 발가락의 흔적은 대체로 구분되지만 나머지 발가락 흔적은 잘 구분되지 않는다.

보행열 B(그림 4B) - 보행열 C와 근접하여 위치하며 남동쪽에서 북서쪽으로 진행하는 공룡에 의해 남겨졌다. 길이는 32.35 m로 49째 보폭까지 연장되어있다(그림 2, 4B). 보행열의 3지점에 손실된 층리면이 존재한다. 보행열을 구성하는 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있다. 앞발자국의 경우 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 $90^{\circ}\sim 108^{\circ}$ 로 보행열의 중심축에 대해 수직에 가깝고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 $35^{\circ}\sim 46^{\circ}$ 의 회전각을 보

였다. 보행열 폭(trackway width)은 15~33 cm 이지만 발자국간 거리(inner trackway width)는 0~14 cm 로 폭이 좁았다. 뒷발자국은 앞쪽이 뒤쪽보다 넓으며 다수의 발자국에서 뒷발자국의 III, IV의 흔적이 구분된다. 앞발자국은 발가락이 구분되며 I은 보행열 안쪽으로 나머지 발가락은 보행열 바깥쪽으로 향한다.

보행열 C(그림 4C) - 보행열 B 바로 아래쪽에 근접하여 위치하며 남동쪽에서 북서쪽으로 진행하는 공룡에 의해 남겨졌으며 보행열의 길이는 40.15 m로 65째 보폭까지 연장되어 도천리에서 발견된 보행열 중 가장 길다(그림 2, 4C). 보행열 B와 마찬가지로 중간에 4지점에서 손실된 층리면이 존재한다. 보행열을 구성하는 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 있다. 앞발자국의 경우 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~117°로 대부분의 발자국은 보행열의 중심축에 대해 수직에 가깝고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 19°~28°의 회전각을 보인다. 보행열 폭(trackway width)은 25~33 cm 이지만 발자국간 거리(inner trackway width)는 0~13 cm로 폭이 매우 좁다. 발자국의 크기와 모양은 보행열 B와 비슷하고 보행열 외곽으로 뺀 IV, V 발톱의 흔적은 잘 구분된다. 앞발자국의 전체적인 모양은 I 번 발가락이 보행열 안쪽으로 반듯하게 뺀 반달모양이며 나머지 발가락은 보행열 바깥쪽으로 향한다.

보행열 D(그림 4D) - 보행열 E 바로 위쪽에 근접하여 위치하며 남동쪽에서 북서쪽으로 진행하는 공룡에 의해 남겨졌으며 진행방향이 N32°W, N22°W, N24°W, N20°W 로 4회 변한다. 그 결과 근접한 보행열 E와 간격이 멀어지다 다시 가까워져 보행열 시작 부분과 유사한 간격을 유지하게 된다(그림 2).

보행열의 길이는 36.85 m로 67째 보폭까지 연장되어 도천리에서 발견된 보행열 중 가장 많은 보폭으로 구성되어있다. 보행열을 구성하는 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있다.

앞발자국의 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 87°~127°이고 뒷발자국은 보

행열의 중심축에 대하여 12°~40°의 회전각을 보인다. 보행열 폭(trackway width)은 25~30 cm, 발자국간 거리(inner trackway width)는 0~9 cm로 폭이 매우 좁다.

보행열 E(그림 4E) - 보행열 D 바로 아래쪽에 근접하여 위치하며 남동쪽에서 북서쪽으로 진행하는 공룡에 의해 남겨졌으며 31번째 보폭에서 진행방향이 N22°W, N30°W 로 바뀐다. 그결과 옆에 위치한 보행열 D와 간격이 벌어지다가 다시 가까워진다(그림 2).

보행열의 길이는 32.7 m로 54번째 보폭까지 연장된다. 도천리의 보행열 중 보존상태가 가장 양호한 보행열로 발자국의 발가락과 발톱이 구분되며 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있다. 앞발자국의 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~125°이고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 15°~44°의 회전각을 보인다. 보행열 폭(trackway width)은 52~35 cm 이고 발자국간 거리(inner trackway width)도 7~13 cm 로 좁지만 도천리의 보행열 중 가장 넓은 폭을 보인다.

보행열 F(그림 4F) - 화석지의 북쪽에 존재하며 보행열 G, H와 인접해있다. 보행열의 진행방향은 N34°W이며 보행열의 길이는 15.08 m로 구성하는 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있다(그림 2). 앞발자국의 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 83°~129°로 대부분의 발자국은 진행방향에 수직에 가까웠고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 25°~46°의 회전각을 보였다. 보행열 폭(trackway width)은 35~25 cm, 발자국간 거리(inner trackway width)는 0~8 cm로 매우 좁았다.

보행열 G(그림 4G) - 화석지의 북쪽에 존재하며 보행열 H와 7번째 보폭에서 교차한다. 보행열의 진행방향은 N18°W이며 보행열의 길이는 9.7 m로 18개의 보폭으로 구성된다(그림 2). 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있는데 앞발자국의 I 번과 III번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~114°로 진행방향에 수직에 가깝고 뒷발자국은 보행열의

중심축에 대하여 28°~49°의 회전각을 보인다. 보행열 폭(trackway width)은 21~29 cm이지만 발자국들이 서로 보행열 중앙선에 서로 겹쳐 있어 매우 좁았다.

보행열 H(그림 4H) - 화석지의 북쪽에 존재하며 보행열 G와 7번째 보폭에서 교차한다. 보행열의 진행방향은 N37°W이며 보행열의 길이는 9.9 m로 16개의 보폭으로 구성된다(그림 2). 발자국의 깊이가 2 cm 이내로 매우 얇아 발가락이 구분되지 않고 발톱의 흔적도 거의 나타나지 않는다. 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있고 그 회전각은 앞발자국의 I 번과 III 번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~112°으로 진행방향에 수직이거나 보행열 외곽으로 회전하여 찍혀있고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 25°~39°의 회전각을 보였다. 보행열 폭(trackway width)은 28~32 cm이지만 발자국이 서로 보행열 중앙선에 서로 겹쳐 있어 매우 좁았다.

보행열 I(그림 4I) - 화석지의 북쪽에 존재하며 보행열 J와 나란하게 위치한다. 보행열의 진행방향은 N21°W이며 보행열의 길이는 6.5 m로 12개의 보폭까지 연장되어 있다(그림 2). 발자국의 깊이가 2.5 cm 이내로 얇아 발가락이 구분되지 않으나 발톱의 흔적은 일부 보존되어 다른 보행열과 동일한 형태의 발자국임을 알 수 있다. 6번째, 8번째 앞, 뒤발자국처럼 얇게 찍힌 앞발자국의 경우 반달모양의 형태를 보인다. 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있고 그 회전각은 앞발자국의 I 번과 III 번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~104°으로 진행방향에 수직이거나 보행열 외곽으로 회전하여 찍혀있고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 35°~40°의 회전각을 보였다. 보행열 폭(trackway width)은 28~39 cm이지만 발자국들은 서로 보행열 중앙선에 서로 겹쳐 있어 그 폭이 매우 좁았다.

보행열 J(그림 4J) - 화석지의 가장 북쪽에 존재하며 보행열 I와 나란하게 위치한다. 보행열의 진행방향은 N21°W이며 보행열의 길이는 4.2 m로 7개의 보폭까지 연장되어 있어 도천리의 보행

열 중 가장 짧다(그림 2). 발자국의 깊이가 2 cm 이내로 얇아 발가락이 구분되지 않지만 뒷발의 발톱의 흔적과 앞발의 발톱의 위치로 보아 다른 보행열을 구성하는 발자국의 형태와 같음을 알 수 있다. 얇게 찍힌 앞발자국의 경우 I 발가락이 나온 반달모양의 형태를 보인다. 앞, 뒤 발자국 모두 보행열 외곽으로 회전(outward rotation)하여 찍혀있고 앞발자국은 I 번과 III 번 발가락자국의 연장선이 보행열에 대하여 90°~108°으로 진행방향에 수직에 가깝게 회전하여 찍혀있고 뒷발자국은 보행열의 중심축에 대하여 13°~32°의 회전각을 보였다. 보행열 폭(trackway width)은 26~32 cm이지만 발자국이 서로 보행열 중앙선에 서로 겹쳐 있어 매우 좁았다.

4. 토 의

발견된 용각류 보행열은 모두가 동일 층준에서 발견된 것으로 구성 앞, 뒤발자국 모두가 동일한 형태이다. 연구지역의 보행열 특징을 국내외 용각류 발자국과 비교하고 보행열을 남긴 공룡의 종류와 보행특성을 해석하였다.

4.1 보행 특성

보행열을 남긴 용각류의 이동속도는 Alexander (1976)가 제시한 방법에 의해 계산하였다(표 2). 계산결과 보행열 A를 남긴 용각류의 이동속도는 0.76 m/s, 보행열 B는 0.67 m/s, 보행열 C는 0.70 m/s, 보행열 D는 0.62 m/s, 보행열 E는 0.81 m/s, 보행열 F는 0.58 m/s, 보행열 G는 0.59 m/s, 보행열 H는 0.66 m/s, 보행열 I는 0.61 m/s, 보행열 J는 0.84 m/s로 가장 빠른 이동속도를 보인 보행열 J와 가장 느린 속도인 보행열 F와 0.16 m/s의 편차를 보이며 모두가 유사한 이동 속도를 보였다(표 2). Thulborn(1990)이 제안한 Relative stride length(stride length/hip height) 값은 0.74~0.95 사이로 모든 보행열이 2미만의 값을 보여 당시 공룡의 보행자세는 모두가 서서히 걷는 자세를 취했던 것으로 계산되었다(표 2).

연구지역의 보행열 진행방향은 모두가 북서쪽으로 향하는데 그 편차가 19°로 작고 이동속도도

Table 2. Estimated velocities and hip heights from sauropod trackways at Docheon-ri tracksite. Velocity(V) calculated using : $V=0.25g^{0.5}\lambda^{1.67}h^{-1.17}$; where g-gravitational acceleration, λ -stride length, h-hip height (estimated as 4×footprint length).

Trackway	Hip height (FLX4)	Stride length /hip height	Velocity		Glenoacetabular length
			m/s	km/h	
A	119.70	0.93	0.76	2.73	94.7
B	140.22	0.82	0.67	2.41	95.2
C	142.72	0.84	0.70	2.51	104.2
D	124.00	0.81	0.62	2.23	87.7
E	133.99	0.94	0.81	2.92	108.2
F	150.46	0.74	0.58	2.10	108.1
G	142.47	0.76	0.59	2.14	99.7
H	140.62	0.82	0.66	2.39	107.3
I	152.63	0.76	0.61	2.20	96.9
J	134.80	0.95	0.84	3.01	109.6
Average	138.16	0.84	0.68	2.46	101.3

유사해 이 보행열을 남긴 용각류가 집단 이동했을 가능성을 보여준다. 지금까지 여러 화석지에서 이러한 이동방향의 유사성을 기초로 조각류와 용각류의 집단이동을 보고해왔다(Cotton *et al.*, 1998; Currie, 1983; Lockley, 1987, 1994; Lockley *et al.*, 1983, 1994; Meyer, 1993; Hwang, 2001). 이러한 추론은 Cotton *et al.*(1998)이 Relative stride length와 공룡의 크기가 반비례함을 보임으로써 공룡의 집단이동을 좀 더 확실하게 보여 주었는데, Hwang 등(2002)는 이를 호계리 용각류 화석지에 적용해 용각류의 동시이동을 다시 한번 설명하였다. 본 연구지역의 경우도에서도 Relative stride length와 공룡의 크기는 서로 반비례하였는데 보행열 D를 제외하면 상관관계가 0.8287로 높은 값을 보여 서로 관계가 있음을 보여준다(그림 8). 따라서 연구지역의 보행열을 남긴 용각류들이 작은 공룡이 큰 공룡의 이동속도를 맞추기 위해 좀더 빠른 보행자세를 취한 것으로 해석된다. Currie(1983)는 Alberta 에서 발견된 Hadrosaur 보행열이 다른 보행열과 간격을 유지하게 위해 방향을 바꾼 것을 공룡의 동시 이동의 증거로 제시한 바 있는데 이러한 보행열의 방향전환이 연구지역의 보행열 D와 E에서도 관측된다. 보행열 E의 속도와 Relative stride length의 값이 커서 보행열 E를 남긴 공룡이 뒤에서 보행열 D을 남긴 공룡에게 접근했던 것으로 보인다.

용각류의 보행열이 발견되는 층준은 연흔들로 덮여있는데 능이 방향이 남서-북동 방향으로 보행열과 거의 수직을 이루고 있다(그림 3E, 5A). 따라서 용각류는 마산 호계리에서 발견된 용각류가 호숫가를 따라 걸어가왔 것이라는 것과는 달리 창녕군 도천리의 공룡은 호안선에 수직방향으로 이동했던 것으로 보인다.

4.2 국·내외 용각류 발자국 화석과의 비교

도천리의 발자국은 앞발과 뒷발의 발가락과 발톱을 구분할 수 있는데, 앞발의 경우 I 번발가락이 보행열 중심으로 향해있고 나머지 발가락은 보행열 밖으로 향해있고, 뒷발의 경우는 발가락 III과 IV번의 발톱 흔적이 진행방향에 대해 수직 방향으로 회전되어 있는 것이 특징적이다. 그 동안 진동층에서 다양한 용각류의 보행열이 보고되었으나 호계리 화석지에서 발가락이 구분되는 뒷발자국을 보고한 경우를 제외하고는 발가락이나 발톱이 구분되어 보고된 바 없다(임성규, 1990; Lee *et al.*, 2000; 황구근 외, 2002). 임(1990)은 진동층에서 용각류 발자국을 형태에 따라 Q1, Q2, Q3, Q4로 구분하였으나 도천리의 용각류 발자국처럼 앞발자국에 I번 발가락의 흔적이 뚜렷하고 앞발자국이 넓어 뒷발자국의 80%~113%에 달하는 형태는 없다. 그리고 호계리에서 발견된 뒷발자국도 발톱이 도천리처럼 굽어있지 않아 도천리의

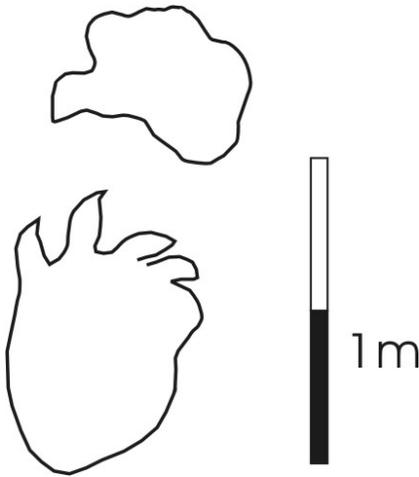


Fig. 7. Line drawing of sauropod footprints from Galinha site, Portugal (redrawn from Santos *et al.*, 1994).

발자국과 구분된다.

용각류의 발자국 중 발톱의 흔적이 잘 보존된 것으로 백악기 하부층인 Glen Rose Limestone에서 보고된 *Brontopodus birdi*가 있으며 이 후로 (Farlow, *et al.*, 1989) 이와 유사한 용각류 보행열들이 보고되었다(Lockley *et al.*, 1994; Santos *et al.*, 1994; Lockley and Meyer, 2000). 도천리의 용각류발자국과 비교해 보면 *Brontopodus birdi*는 보행열의 폭이 넓고 앞발자국이 말굽모양으로 I번 발가락 자국이 뒤로 향하는 반면 도천리의 보행열은 보행열 폭이 좁고, 앞발의 형태는 부채꼴 모양이며 I번 발가락 자국의 방향은 진행방향에 대하여 수직에 가깝다(그림 4, 5). 그리고 앞발과 뒷발의 비가 *Brontopodus birdi*는 1:3인 반면 도천리는 잘 보존된 발자국의 경우는 1:1에 가까워서 구별된다(Farlow *et al.*, 1989; Lockley *et al.*, 1994).

도천리와 유사한 형태의 용각류 앞발자국은 포르투갈의 Galinha 화석지에서 보고된 적이 있다. 이 곳에서 산출된 용각류 보행열은 길이가 100 cm에 달하는 대형 뒷발자국과 보행열 중앙으로 향하는 두껍고 큰 발가락 흔적을 가지는 앞발자국으로 구성된다(Santos *et al.*, 1994). Santos 등(1994)은 이를 *Brontopodus*와 같은 부류로 분류하고 이 돌출부를 I번 발가락이라 설명하였다.

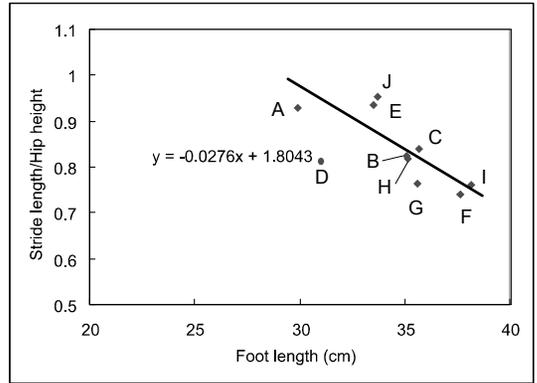


Fig. 8. Scatter diagram showing the ratios of stride length to hip height vs foot length from study area.

그리고 그 동안 보고된 *Brontopodus*의 앞발자국의 뒤쪽 두 돌출부 중 보행열 안쪽 돌출부가 I번 발가락임을 주장하였다. 이와 같은 주장은 도천리에서 뚜렷한 I번 발가락 흔적을 보이는 용각류 앞발자국이 발견되어 다시 한번 확인되었다. 이처럼 도천리와 Galinha의 발자국 형태가 유사하지만, Galinha의 화석지 연대는 쥐라기 중기이고 도천리의 연대는 백악기 후기로 두 화석지의 발자국 주인을 동일시하기에는 시대 차가 너무 크다. 뿐만 아니라 발자국의 형태에 다음과 같은 차이가 있다. 앞발자국과 뒷발자국의 비(manus/pes area)가 Galinha의 경우는 1/2이지만 도천리의 경우는 1:1에 가까워 앞발자국이 상대적으로 더 크고 앞발 I번 발가락의 크기는 Galinha의 화석지에 비해 훨씬 작다(그림 5, 7). 뒷발자국의 모양도 도천리는 발자국 옆으로 뻗은 III, IV번 발톱흔적이 뚜렷해 뒷발의 앞부분이 넓지만, Galinha의 경우는 III번 IV발가락이 옆으로 돌출되어 있지 않다(그림 6a, 7).

발자국 사이의 폭(inner trackway width)도 도천리의 경우는 0~15 cm 이하로 보폭이 60 cm인 Galinha의 보행열에 비해 보폭이 매우 좁아 이 두 보행열은 차이가 있다(그림 4).

4.3 발자국을 남긴 용각류

Farlow 등(1989)은 *Brontopodus birdi*의 앞발자국이 I번과 V번 발가락은 찍히지 않아 II~IV

의 발가락으로 이루어졌다고 생각하고 앞발의 골격을 복원하여 II번 발가락에서 IV번 발가락은 하나로 묶여 찍히고 I번 발가락과 V 발가락은 살짝 들려 찍힌다고 설명하면서 이 발자국의 주인으로 brachiosaurid를 제안했다. 그리고 Galinha 화석지에서 용각류 발자국을 보고한 Santos 등 (1994)도 이 곳의 보행열 역시 brachiosauridae에 의해 남겨졌을 것이라고 추측했다.

도천리에서 발견된 용각류 발자국은 앞발자국이 I번 발톱 발자국이 뚜렷해 brachiosaurid의 골격구조와 잘 일치한다. 하지만 나머지 앞발의 II~IV의 발가락 위치가 모두 발가락 I번과 반대 방향인 보행열 밖으로 돌려 찍혀 있어 지금까지 복원된 앞발의 모양과 다를 뿐만 아니라 뒷발자국의 경우도 발가락 III번과 IV번의 길이가 길어 brachiosaurid의 골격구조와 다르다(Farlow *et al.*, 1989; Thulborn, 1990; Norman, 1985). 길이가 긴 뒷발의 III번과 IV번 발가락은 Prosauropoda의 골격구조와 유사하지만 지금까지 Prosauropoda의 것으로 보고 된 발자국의 형태와 시대가 달라 이와 대비할 수 없다(Thulborn, 1990; Weishampel *et al.*, 1990).

지금까지 진동층에서 발견된 용각류의 체화석으로는 하산동에서 보고 된 Euhelopodidae, Camarasauridae, Titanosauridae의 이빨화석(Lee *et al.*, 1997; Park *et al.*, 2000)과 Euhelopodidae의 골격(Dong *et al.*, 2001) 등이 있다. Lockley(1994)는 하산동층에서 산출된 Camarasaurid의 치아화석을 기준으로 진동층의 시대를 백악기 전기로 생각해 진동층에서 산출된 용각류 공룡발자국 주인으로 Camarasaurid를 제안했지만, 최근 연구(김현주 외, 2001; Paik *et al.*, 2001)에서 진동층의 시대가 백악기 후기로 알려진 것을 고려한다면, 발견된 화석 중에는 백악기 후기의 것으로 주로 알려진 Titanosauridae(Norman, 1985; Wilson and Sereno, 1998; Lockley, 1998)가 더 가능성이 있다. 그러나 진동층 용각류 발자국화석과 관련짓기에는 진동층과 하산동층 간의 시대 차이가 크다.

도천리의 발자국의 발견으로 그 동안 용각류 앞발의 발가락이 기둥처럼 모여 보행했을 것이라는 그 동안의 생각과 달리 발가락이 옆으로 벌어

져 찍혀있어 이를 기초로 한 용각류 발자국에 대한 재해석이 필요하고 이에 따른 보행시 용각류의 발가락의 배열 역시 새로이 설명되어야 할 것이다. 지금까지 도천리의 발자국과 대비되는 골격이 알려져 있지 않아 발자국 주인을 밝히기 위해서는 계속적인 진동층의 발자국과 체화석의 추가적인 발견과 연구가 필요하다.

5. 결 론

1. 경남 창녕군 도천리의 백악기 진동층에서 10개 용각류 보행열이 발견되었다.

2. 발자국의 길이는 앞발자국이 평균 21.52 cm 이고 뒷발자국은 평균 34.53 cm 이고 발자국의 면적은 80%~113%로 앞발자국의 넓이가 넓은 공룡발자국이다.

3. 앞발자국의 I 번 발가락흔적이 보행열 안쪽으로 찍혀있고 II~IV번 발가락은 보행열 외곽으로 돌려 찍혀있어 그 동안 보고된 용각류의 발자국과 구별된다.

4. 보행열을 남긴 용각류는 골반까지의 높이가 약 1.4 m 이며 평균 0.68 m/s의 속도로 퇴적 당시 존재했던 호안선을 가로지르는 방향으로 이동했다.

5. 10개의 보행열이 대체적으로 평행하게 나타나며, 상대적인 보폭길이(Relative stride length)와 발자국크기가 반비례관계를 보임은 연구지역의 보행열이 용각류의 무리이동에 의한 것임을 시사하여 준다.

사 사

이 연구는 2003년부터 2004년까지 “남지-영산간 국도확포장공사 구간내 공룡족인 학술조사” 연구 사업을 통해 나타난 자료들을 기초로 연구된 것이다. 현장조사에 협조하여 주신 문화재청, 경상남도 및 부산지방국토관리청 관계자 분에게 감사를 드린다. 이 연구를 위하여 자료를 제공해 준 Colorado 대학의 Martin Lockley 교수와 추운 날씨에도 불구하고 야외 조사에 참여하여 준 류찬규, 송남진 선생님께 감사드리며, 논문의 내

용을 개선하는데 도움을 주신 진주대학교 서승조 교수님과 서울대학교 임종덕 박사님께도 감사를 드린다. 본 연구는 2001년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의해 수행되었다.

참고문헌

- 김남장, 이흥규, 1964, 한국지질도 영산도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소, 31 p.
- 김종환, 김정택, 1963, 한국지질도 마산도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소, 26 p.
- 김현주, 백인성, 2001, 경상남도 고성군에 분포하는 백악기 진동층의 퇴적상 및 퇴적환경. 지질학회지, 37, 235-256.
- 백인성, 이용일, 김현주, 1998, 경상누층군에 발달된 공룡화석층: 화석화과정 및 고환경. 지질학회지, 34, 243-265.
- 박노영, 지정만, 1963, 한국지질도 진동리도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소, 24 p.
- 백광석, 서승조, 1998, 경남 고성군 동해면 일대 진동층에서 발견된 공룡 생흔화석. 고생물학회지, 14, 81-98.
- 양승영, 1982, 상부 경상누층군에서 발견된 백악기 공룡의 족흔화석에 관하여. 지질학회지, 18, 37-48.
- 엄상호, 최현일, 손진담, 오재호, 광영훈, 신성천, 윤현수 (1983) 경상분지의 경상누층군에 대한 지질 및 지화학적인 연구. 한국동력자원연구소 연구보고, 36, 124 p.
- 임성규, 1990, 한국 고성 백악기 진동층의 생흔화석. 경북대학교 대학원 박사학위논문, 126-128.
- 최유구, 김태열, 1963, 한국지질도 의령도폭(1:50,000) 및 설명서. 국립지질조사소, 7 p.
- 허민, 백인성, 정철환, 박재봉, 김보성, 2001, 전남 여수시 도서지역에서 발견된 공룡발자국 화석. 지질학회지, 37, 653-658.
- 허민, 백인성, 황구근, 1999a, 화순 공룡화석지 기초학술조사 보고서. 전남대학교 출판부, 광주, 31 p.
- 허민, 황구근, Currie, P. J., 1999b, 백악기 우항리층에서 산출된 조각류 발자국 화석. 대한지질학회 제 54차 추계 공동학술발표회(초록), 대호농어민복지센터, 11월 3-5일, 8 p.
- 황구근, 허민, 백인성, 2002, 마산시 호계리 부근의 백악기 진동층에서 산출된 조각류 공룡발자국화석. 지질학회지, 38(3), 361-375.
- Alexander, R. M., 1976, Estimates of the speeds of dinosaurs. Nature, 261, 129-130.
- Alexander, R. M., 1989, Dynamics of dinosaurs and other extinct giants. Columbia University Press, New York, 167 p.
- Cotton, W. D., Cotton J. E. and Hunt A. P., 1998, Evidence for social behavior in ornithomimid dinosaurs from the Dakota Group of Northeastern New Mexico, U. S. A. Ichnos, 6, 141-149.
- Currie, P. J., 1983, Hadrosaur trackways from the Lower Cretaceous of Canada. Acta Palaeontologica Polonica, 28, 63-73.
- Dong, Z., Paik, I. S. and Kim, H. J., 2001, A preliminary report on a sauropod from the Hasandong Formation (Lower Cretaceous), Korea. In: Deng T. and Wang Y. (eds.), Proceeding of the eighth annual meeting of the Chinese society of vertebrate paleontology. China Ocean Press, Beijing, 41-53.
- Farlow, J. O., Pittman, J. G., and Hawthorne, M., 1989, *Brotopodus birdi* Lower Cretaceous sauropod footprints from the U.S. Gulf coastal plain. In: Gillette, D. D., and Lockley, M. G. (eds.), Dinosaur tracks and trace. Cambridge University Press, New York, 371-394.
- Huh, M., Hwang, K. G., Paik, I. S., Chung, C. H. and Kim, B. S., 2003, Dinosaur tracks from the Cretaceous of South Korea: Distribution, occurrences and paleobiological significance, The island arc, 12, 132-144.
- Huh, M., Lee, Y. N., Lim, S. K. and Hwang, K. G., 1998, Research report on the Haenam dinosaur site, Korea. Chonnam National University Museum, 492 p.
- Huh, M., Lim, S. K., Yang, S. Y. and Hwang, K. G., 1997, A preliminary report on Cretaceous dinosaur tracks from the Uhangri Formation, Haenam, Korea. In: Yang, S. Y., Huh, M., Lee, Y. N. and Lockley, M. G. (eds.), International dinosaur symposium for Uhangri dinosaur center and theme park in Korea. Journal of the Paleontological Society of Korea, Special Publication, 2, 1-16.
- Hwang, K. G., 2001, Pterosaur and dinosaur tracks from the Late Cretaceous Uhangri Formation, Haenam, SW Korea. Ph.D. Thesis. Chonnam National University, Gwangju, Korea, 182 p.
- Hwang, K. G., Huh, M., Lockley, M., Unwin, D. and Wright, J. L., 2002, New pterosaur tracks (Pterachinidae) from the Late Cretaceous Uhangri Formation, SW Korea. Geological Magazine, 139, 421-435.
- Lee, Y. N., Yang, S. Y., Seo, S. J., Baek, K. S., Yi, M. S., Lee, D. J., Park, E. J. and Han, S. W., 2000, Distribution and paleobiological significance of dinosaur tracks from the Jindong Formation (Albian) in Kosong County, Korea. In: Lee, Y. N. (eds.), 2000 international dinosaur symposium for Kosong county in Korea. Journal of the paleontological society of Korea, Special publication, 4, 1-12.
- Lee, Y. N., Yang, S. Y. and Park, E. J., 1997, Sauropod dinosaur remains from the Gyeongsang Supergroup, Korea: In: Yang, S. Y., Huh, M., Lee, Y. N. and Lockley, M. G. (eds.), International dinosaur symposium for Uhangri dinosaur center and theme park in Korea. Journal of the paleontological society of Korea, Special publication, 2, 103-144.

- Lim, S. K., Yang, S. Y. and Lockley, M. G., 1989, Large dinosaur footprint assemblages from the Cretaceous Jindong Formation of Southern Korea. In: Gillette, D. D. and Lockley, M. G. (eds.), *Dinosaur tracks and trace*. Cambridge University Press, New York, 333-336.
- Lockley, M. G., 1987, Dinosaur footprints from the Dakota Group of Eastern Colorado. *The Mountain Geology*, 24, 107-122.
- Lockley, M. G., 1994, Dinosaur ontogeny and population structure: Interpretations and speculations based on fossil footprints. In: Carpenter, K., Hirsch, K. F. and Horner, J. R. (eds.), *Dinosaur eggs and babies*. Cambridge University Press, New York, 372 p.
- Lockley, M. G., 1998, The Vertebrate track record. *Nature*, 396, 429-432.
- Lockley, M. and Conrad, K., 1989, The paleoenvironmental context, preservation and paleoecological significance of dinosaur tracksites in the Western USA. In: Gillette, D. D. and Lockley, M. G. (eds.), *Dinosaur tracks and trace*. Cambridge University Press, New York, 121-134.
- Lockley, M. G. and Matsukawa M., 1998, Lower Cretaceous vertebrate tracksites of East Asia. In: Lucas, S. G., Kirkland, J. I. and Estep, J. W. (eds.), *Lower and Middle Cretaceous terrestrial ecosystems*. New Mexico Museum of Natural history and Science, Bulletin, 14, 135-142.
- Lockley, M. G. and Meyer, C., 2000, Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe. Columbia University Press. New York, 323 p.
- Lockley, M. G., Meyer, C. A. and Santos, V. F., 1994, Trackway evidence for a herd of Juvenile sauropods from the Late Jurassic of Portugal. *Gaia*, 10, 27-35.
- Lockley, M. G. and Rice, A., 1990, Did "Brontosaurus" ever swim out to sea?: evidence from brontosaurus and other dinosaur footprints. *Ichnos*, 1, 81-90.
- Lockley, M. G., Young, B. H. and Carpenter, K., 1983, Hadrosaur locomotion and herding behavior: evidence from footprints in the Mesaverde Formation, Grand Mesa Coal Field, Colorado. *The Mountain Geologist*, 20, 5-14.
- Meyer, C. A., 1993, A sauropod dinosaur megatracksite from the Late Jurassic of northern Switzerland. *Ichnos*, 3, 29-38.
- Norman, D. B., 1985, *The illustrated encyclopedia of dinosaurs*. Salamander Books, London, 208 p.
- Paik, I.S. and Kim, H.J. 1998. Subaerial lenticular cracks in Cretaceous lacustrine deposits, Korea. *Jour. Sed. Research*, 68, 80-87.
- Paik, I.S. and Kim, H.J., 2003, Palustrine calcretes of the Cretaceous Gyeongsang Supergroup, Korea: variation and paleoenvironmental implications. *The Island Arc*, 12, 110-124.
- Paik, I.S., Kim, H.J. and Lee, Y.I., 2001. Dinosaur track bearing deposits in the Cretaceous Jindong Formation, Korea: occurrence, palaeoenvironments and preservation. *Cretaceous Res.*, 22, 79-92.
- Park, E. J., Yang, S. Y. and Currie, P. J., 2000, Early Cretaceous dinosaur teeth of Korea. In: Lee, Y. N. (eds.), 2000 International dinosaur symposium for Kosong county in Korea. *Journal of the Paleontological Society of Korea*, Special publication, 4, 85-98.
- Pittman, J. G. and Gillette, D. D., 1989, The Briar Site: a new sauropod dinosaur tracksite in Lower Cretaceous beds of Arkansas, USA. In: Gillette, D. D. and Lockley, M. G. (eds.), *Dinosaur tracks and trace*. Cambridge University Press, New York, 313-336.
- Santos, V. F., Lockley, M. G., Meyer, C. A., Carvalho, J, Galopim, A. M. and Moratalla, J. J., 1994, A new sauropod tracksite from the Middle Jurassic of Portugal. *Gaia*, 10, 5-13.
- Thulborn, R. A., 1990, *Dinosaur tracks*. Chapman & Hall, London, 410 p.
- Weishampel D. B, Dodson, P. and Osmalska, Halszka. 1990. *The dinosauria*. University of California Press, London. 733 p.
- Wilson, J. A. and Sereno, P. C., 1998, Early evolution and Higher-level phylogeny of sauropod dinosaurs. *Society of Vertebrate Paleontology, Memoir*, 5, 1-68.

투 고 일 : 2004년 3월 29일

심 사 일 : 2004년 4월 8일

심사완료일 : 2004년 5월 25일