

진주 상촌리 공룡발자국 화석의 발굴과 복원

서 승 조 · 임 성 규* · 박 강 은
진주교육대학교 과학교육과 · 경북대학교 지구과학교육과
(2003년 4월 29일 접수; 2003년 7월 25일 채택)

Excavation and Restoration of the Sangchon-ri Dinosaurs' Track fossils

Seung-Jo Seo, Seong-Kyu Lim* and Kang-Eun Park

Dept. of Science Education, Chinju National University of Education, Jinju 660-756, Korea

*Dept. of Earth Science Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Manuscript received 29 April, 2003; accepted 25 July, 2003)

The valuable fossils are distributed in Korean peninsula. In consequence of the development of inland, many road constructions and other public works have been carried out. As a matter of course, lots of paleontological materials in Kyongsang basin were destroyed. Fortunately, one of them was rescued and restored in a suitable place by authors. A fine 4 × 5 m sandstone slab having about 40 dinosaur tracks was brought from Sangchon-ri, Jinju city, and restored at Danghangpo, Goseong County, Gyeongsangnam-do Province. This fossil bearing slab suggests dinosaurs' ecology and paleo-environment during the early Cretaceous Period of Kyongsang basin.

Key words : Dinosaur tracks, Restoration, Paleo-environment, Kyongsang basin

1. 서 론

우리 사회가 산업화되면서 도로의 신설 또는 확장이나 주택 건설 등의 이유로 각종 토목·건축공사가 여러 곳에서 진행되고 있다. 서부 경남 지역에서도 예외는 아니어서 도로공사, 대규모 건축공사, 댐 공사 등으로 인하여 암석과 지층이 파괴 되고, 이들 암석이나 지층이 토사로 덮여지기도 한다¹⁾. 특히 경상남·북도에 걸쳐 넓게 분포한 경상분지 퇴적층은 각종 화석을 포함하고 있는데, 이들 화석 중에는 문화재적인 가치를 지니는 종류가 많이 있다. 그러나 각종 공사로 인해 값진 화석들이 멸실되거나 매몰될 위기에 놓여 있다. 학문의 발달을 위하여 또는 후세들에게 유산으로 물려주기 위하여 이들 고생물자료는 현장에서 보호 관리되어야 하나 현실적으로 불가능한 경우가 없지 않다.

현행 문화재 보호법에 따르면, 문화재는 인간에 의해 인공적으로 형성된 '인문 문화재'와 자연적으

로 형성되었거나 오랜 동안 사람과 함께 살아오면서 선조의 얼과 삶의 양식이 진하게 배어있는 '자연 문화재'로 대별된다. 이 분류는 UNESCO가 1972년 총회에서 채택한 "세계 문화 및 자연유산의 보호에 관한 협약"에서 '세계유산'을 '문화유산'과 '자연유산'으로 구분한 것²⁾과 일맥 상통한다.

현재 보호되고 있는 문화재를 이 범주로 분류할 경우 '인문 문화재'에는 건물이나 탑·도자기·성터 등 유형 문화재와 판소리 등 무형 문화재 등이 해당 되고, 자연 문화재에는 천연기념물과 명승이 해당된다. 천연기념물에는 식물·지질광물·동물·천연보호구역·자연현상이 있다²⁾. 현재 우리나라는 그 가치가 천연기념물에 버금가는 경우에 도(시)기념물로 지정하여 보호하고 있다. 따라서 본 논문에서 다룬 고생물자료인 상촌리에서 발굴한 공룡발자국 화석은 천연기념물 또는 도 기념물로 지정될 수준의 문화재이나 발굴·이전되었을 경우 문화재로 지정할 예가 없어 '문화재 급'이라 부를 수밖에 없다.

공룡발자국의 경우에, 뼈 화석이 갖지 못하는 당시 살아있던 공룡의 행동이나 생활습성 등을 이해할 수 있는 정보를 가지므로 그 가치를 인정받아 경

Corresponding Author : Seung-Jo Seo, Dept. of Science Education, Chinju National University of Education, Jinju 660-756, Korea

Phone : +82-55-740-1245

E-mail : sjseo@cue.ac.kr

상분지나 해남분지에서 발견되는 공룡발자국 화석을 대상으로 1980년대 중반부터 활발히 연구되어 오고 있다.

이번 연구는 진주시 진성면 상촌리에서 도로공사 중에 발견된 공룡발자국화석이 갖는 학술적인 가치를 찾아내고, 이 화석이 발견된 지층을 연구하여 퇴적 당시 환경을 이해하며, 아울러 이 화석을 기술적으로 발굴하여 적절한 장소에 이전 복원한 전 과정을 소개함이 이 연구의 주요 목적이다.

2. 재료 및 방법

진주시 진성면 상촌리에서 발견된 공룡발자국 화석 및 일대의 층서 및 지질자료 등을 연구 자료로 하였다.

진주-진성간 도로4차선 확장 및 포장공사를 위해 암반을 폭파하여 제거하는 과정에서 공룡발자국 화석이 몇 개의 층준에서 다량으로 발견되었다. 이 중에 보존 상태가 양호하고, 보존된 발자국의 종류도 다양하며 밀도도 비교적 높은 화석층이 확인되었다. 그러나 이 화석층을 현장에 보존하려면 공사 중지나 도로 공사의 설계를 변경하여야 하는데, 현실적으로 불가능하여 이 공룡화석을 발굴하게 되었다.

발굴은 토사에 묻힌 매장문화재의 발굴방법과는 달리 암편 또는 지층사이에 있는 화석을 찾아내야 하므로 중장비를 사용하지 않을 수 없다. 따라서 화석의 회수율을 높이고 기계적 파손을 예방하는데 많은 노력을 기울여야 하는 난점이 있다.

발굴 순서는 다음과 같이 진행하였다.

- 1) 한 층을 중장비로 뜯어내면서 새롭게 나타나는 성층면을 깨끗이 한 후에 표면을 정밀하게 조사한다.
- 2) 화석이 발견되면 화석포함 성층면을 따라 조사범위를 확대하여 정밀 조사한다.
- 3) 화석표면을 물을 이용하여 씻어내고 정밀계측하고 기록한다.
- 4) 표면에 생긴 흠집은 충전제로 막고, 케스트(cast)를 제작하기 위하여 전 표면에 실리콘을 2-3회 바른다.
- 5) 실리콘이 완전 건조된 후에 유리섬유를 넣은 FRP 수지를 몇 차례 바른다.
- 6) 케스트는 떼어내어 실험실로 가져와서 화석을 복제할 때 사용한다.

이상은 발굴이 힘든 경우에 시행하는 방법이며 화석의 가치가 아주 클 때는 화석 자체를 떼어내서 운반해 오는 경우도 있다. 본 논문에서 발굴한 화석의 경우에는 복원을 예상하여 직접 떼어내었다. 이때 '발굴'의 의미는 화석을 발견하고 이를 떼어내는

작업까지를 뜻하는 용어로 사용하였다.

복원은 판상으로 떼어낸 총 4 × 5 m 면적의 slab에 한정하여 시행하였다. 전석(轉石)에서 발견된 화석들은 자체로서 충분한 학술적 가치를 가지므로 복원 대상에서 제외하였다.

복원 순서는 다음과 같다.

- 1) 복원을 예상한 화석인 경우, 화석 포함 성층면의 표면에 실리콘을 발라 건조시킨다.
- 2) 복원할 때 조각을 맞추기 쉽게 하기 위해서, 5 × 5 cm의 눈금을 넣은 방안에 좌표 값을 넣은 후 실리콘이 굳은 면 위에 붙인다.
- 3) 암편을 쉽게 떼어내기 위하여 절리면을 따라 실리콘 막과 방안지를 자른다.
- 4) 분리가 잘되는 하부 지층면을 따라 slab를 떼어낸다.
- 5) 작은 조각들을 접착제로 붙여 운반이 가능한 정도의 크기로 만든다.
- 6) 복원은 평면 바닥에 하는 것이 바람직하나 벽면에 비스듬히 고정하여 설치해도 좋다. 단 무게를 감안하여 안전성은 반드시 고려되어야 한다.
- 7) 발굴과정에서 생긴 틈은 도료를 섞어 만든 석회 등으로 메운다.
- 8) 발자국이 깊게 찍히지 않았거나 발자국 부분을 보다 잘 드러나게 하기 위하여 발자국 자리에 수성 물감을 칠한다. 발자국 임자(track maker)의 종류에 따라 다른 색깔을 사용하면 구분이 쉽고, 상호 관계를 이해하는데 도움이 된다.
- 9) 표면을 보호하고 또 암석의 색깔이나 발자국 등 퇴적구조가 잘 보이도록 비닐아세테이트를 얇게 바른다.
- 10) 설명판을 세운다.

3. 결과 및 논의

3.1. 조사지역의 상세 지질

조사 및 발굴 지점은 남해고속도로 진성 인터체인지에서 진주방면으로 약 500m 떨어진 곳으로 진주-진성간 도로공사 현장이다. 함(畝) 화석 지층은 백악기 경상누층군 하양층군 함안층의 하부에 해당한다³⁾. 암질은 주로 붉은색 미사질 셰일(silty shale)과 세립질 사암(fine sandstone)으로 구성되어 있으며 하부 층위에서 중립질 사암(medium sandstone)이 발견된다(Fig. 1). 지층의 자세는 주향 N16~30°E, 경사는 10~14°SE로 경상분지 퇴적지층의 평균적인 값이며, 이는 인근에서 화성암의 관입이 없었고 따라서 습곡작용 등의 지각변동이 없었음을 시사한다.

화석은 미사질 셰일에서 발견되며 회색암보다는

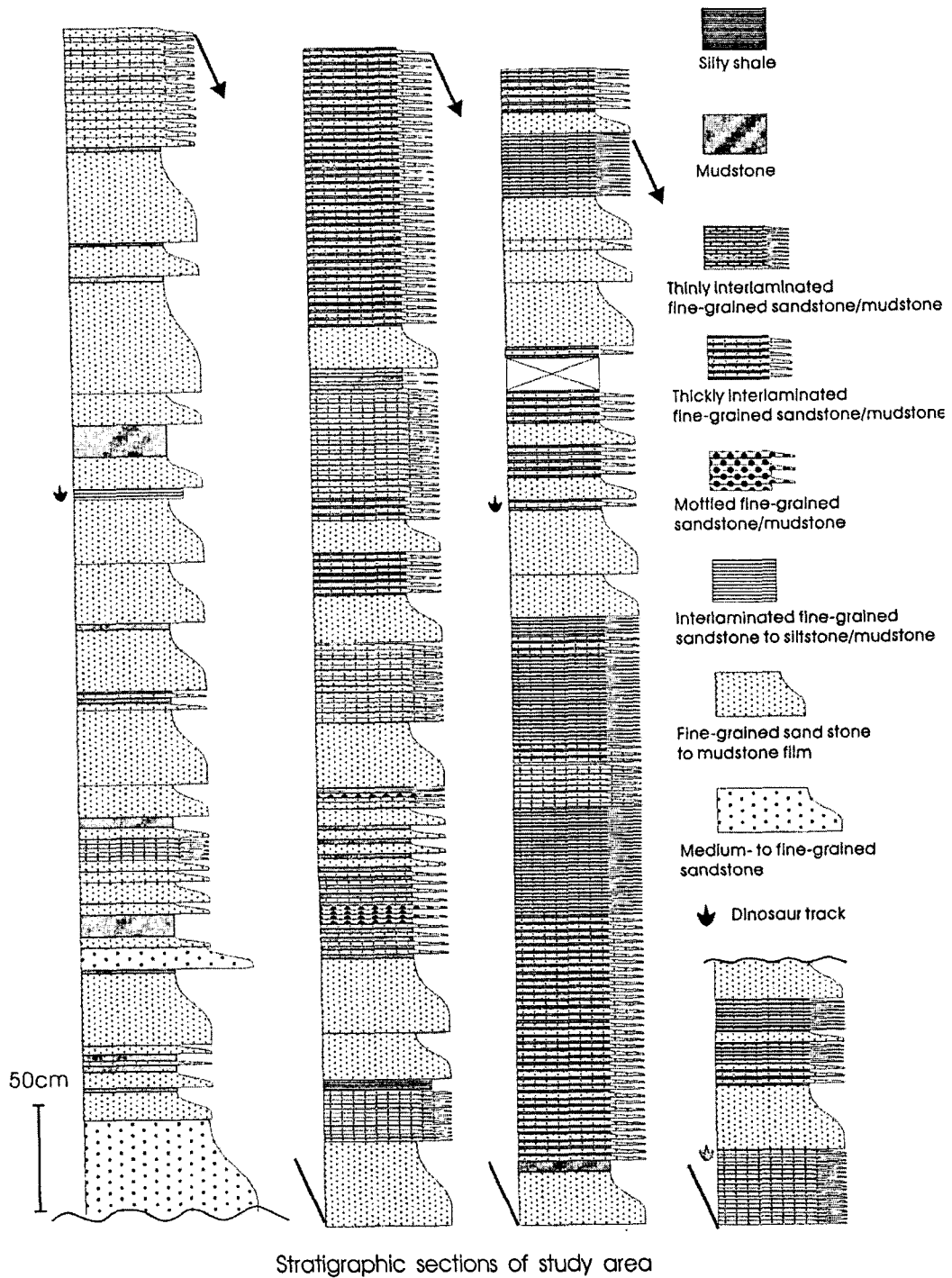


Fig. 1. Stratigraphic sections of dinosaur track study area¹⁾. Dinosaur track symbols at the most left column means fossil-rich horizon.

적색암에서 많이 발견된다. 세일은 대개 4~8cm 두께의 얇은 층으로 분리되는데, 이 분리된 성층면의

표면에서 각종 발자국화석이 발견된다. 전형적인 알은 물 밑 환경을 지시하는 연흔이나 건렬이 흔히 발

견되며 간혹 빗방울 자국도 보인다.

함안층의 층서적 위치는 경상분지 퇴적층을 3분할 때 아래로부터 신동층군이 쌓이고, 그 위에 함안층을 포함하는 하양층군이 쌓인 후에 이를 관입하거나 부정합으로 덮는 유천층군이 놓이고 이들을 불국사 관입암군이 관입함에 따라 함안층은 모든 퇴적층 중에서 대체로 중간보다는 아래에 위치한다. 주 구성암석이 붉은 색을 띠는 사암이나 셰일로 되어 있어 당시 퇴적 환경은 하성(河成)퇴적 환경임을 알 수 있다. 암석 중에 화산암질 모래성분이 포함되어 있어 당시에 화산활동이 간간이 있었던 것으로 해석된다.

조사지역에서 직선 거리 약 250m 떨어져 있으며, 층위상으로 30~40m 하위인 경남과학고등학교 부지내의 함안층 사암에서도 많은 새발자국 화석과 공룡화석이 보고되어 있다⁵⁾. Table 1은 장기홍⁶⁾의 경상분지 퇴적층의 암석층서 분류로서 함안층의 층서적 위치를 잘 이해할 수 있으며, 조사지역에서 확인된 함안층의 특징들은 함안층의 퇴적환경을 하성 환경으로 해석한 과거의 연구결과^{7,8)}와 일치한다.

조사지역에 노출된 40여 m 두께에 이르는 퇴적층을 대상으로 전반적인 암질 특성을 조사한 결과가 지역의 퇴적층은 크게 중립 내지 세립질 사암, 이막(泥膜)을 갖는 세립질 사암, 세립질 사암과 이암의 두꺼운 엽호층(葉互層), 세립질 사암과 이암의 얇은 엽호층, 이암 및 셰일 등으로 구성되어 있음이

확인되었다. 이들 퇴적층들의 색깔은 대체적으로 붉은색이 우세한 가운데에 녹색 내지 녹회색이 교호되는 양상을 띄고 있다. 노출된 퇴적층의 하부는 수십cm의 두께로 발달한 세립질 사암이 지배적이며, 상부는 세립질 사암과 이암의 엽호층이 우세한 양상을 보였다.

사암층은 일반적으로 뚜렷한 침식 기저면을 가지며 상향 세립화하는 양상을 보였다. 사암층에서는 평행층리, 사층리, 연흔이 흔히 관찰되며, 일부 세립질 사암층에는 생란(生亂)작용으로부터 기인된 것으로 해석되는 얼룩구조가 나타났다. 사암층 위에 접이적인 경계를 가지며 덮고 있는 이막 및 이암의 표면에는 연흔과 건렬구조가 흔히 발달되어 있으며, 여러 유형의 흔적화석, 침식에 의한 다양한 형태의 표면구조, 빗방울자국 등이 보존되어 있었다. 한편 이들 이암층 내에서 하산동층이나 칠곡층의 이암 내에 흔히 발달되어 있는 석회질 단괴는 관찰되지 않았다.

조사지역의 퇴적층은 중생대 백악기 당시 충적선상지, 충적평원 및 호수 등의 환경으로 구성된 경상분지에 속하는 퇴적층이다. 이상과 같이 조사지역의 퇴적학적 특징은 당시 평원을 흐르는 충상범람에 의해 퇴적되었음을 시사해준다. 또한 이암층의 표면에 건렬이 흔히 발달되어 있지 않은 이유는 퇴적 속도가 비교적 빨랐음을 시사해 준다. 이처럼 석회질 고(古)토양이 지배적으로 발달된 하산동층과는 달리 석회질 고토양의 발달이 없었던 이유는 당시 기후가 비교적 습윤했음을 의미한다. 결론적으로 이 지점은 당시 퇴적환경이 충적평원의 하류지역이 아니라 충적선상지 하단부 주변에 위치한 망상평원의 한 지점이었음을 시사해 주고 있다.

3.2. 발굴 성과 및 학술적 가치

경남 진주시 진성면 상촌리 국도 확장공사장에서 초소형 수각류 3 종, 조각류 발자국화석, 물갈퀴새 발자국 1점 및 다수의 퇴적구조 등 총 16 점을 발견하였다. 수각류 3종 모두 지금까지 우리나라에서 발견되지 않은 종으로서 보존 상태가 완벽하여 육식 공룡 연구에 좋은 자료가 될 것이다. 이 화석에 대한 상세한 연구는 추후 진행할 예정이다. 또 화석을 포함하는 4 × 5 m 면적의 성층면 위에서 Table 2, Fig. 2에서와 같은 화석을 확인하였다. 약 20 m² 면적의 붉은색 세립질 사암층에 총 44개의 공룡발자국화석을 포함하는 이 화석층을 발굴하여 고성군 당항포 자연사 자료관에 복원 전시할 수 있도록 하였다(Fig. 3).

그리고 일대의 퇴적지층을 상세한 층서학적, 암석학적 연구를 통하여 경상분지 남서부의 함안층 층

Table 1. The stratigraphy of the south western Kyongsang basin^{6,7)}

Bulkksa intrusive group	Bulkksa intrusive complex	
--Intrusive--	--Intrusive--	
Yucheon group	Volcanic complex	
~~~~~	~~~~~	
Hayang group	Jindong Fm. Haman Fm. Shilla(conglo.) Fm.	Lacustrine environment Aluvial Aluvial
-----	-----	-----
Shindong group	Chilgok Fm. Chinju Fm. Hasandong Fm. Nakdong Fm.	Aluvial Lacustrine Aluvial Aluvial
-----	-----	-----
	Pre-Kyongsang Basement rock	

Table 2. Measurements of dinosaur tracks from Sangchonri, Jinju¹⁾

Classification		Mean length (cm)		Mean width (cm)		Mean depth (cm)		Pace (cm)	Direction of trackway	No. of track maker/track
Sauropoda		Manus	pes	Manus	pes	Manus	Pes	85	W(250°)	3(?) / 18
		33	50	25	35	2~5				
Ornitho-poda	Mid-sized	16~32		9~22		1				1/1
	Small sized	12		9		0.5		25(?)		4/7
Thero-poda	Mid-sized	29		18		2		136	SW(220°)	1/2
	Small sized	16		10		1		?	No special direction	14(?) / 16
Total										23(?) / 44

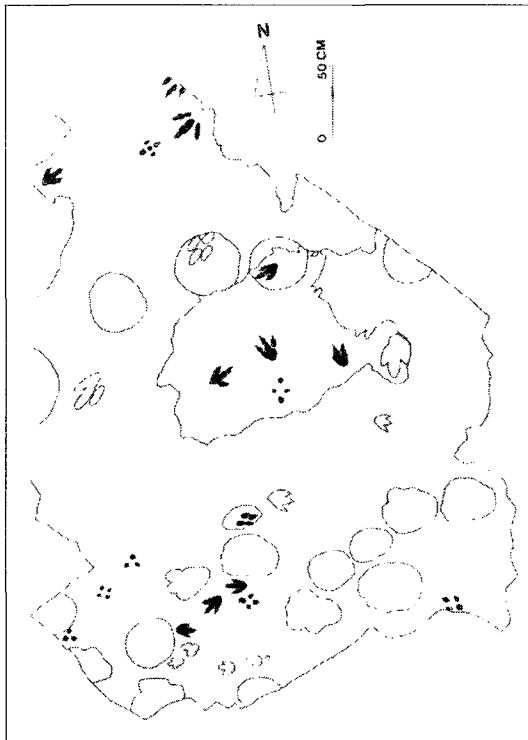


Fig. 2. Diagram of dinosaur tracks from Sangchonri, Jinju, showing that the Sauropods (○; open circle), Ornithopods (◐; shadow) and Theropods (●; black) are lived together at the same area¹⁾.

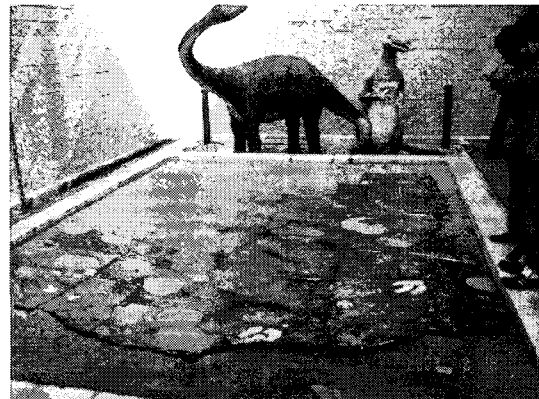


Fig. 3. Restored dinosaur tracks by authors at the Danghangpo exhibition complex, Goseong County, Gyeongsangnam-do Province, Korea.

해석된다. 조각류 공룡은 중형이 1마리, 소형이 4마리이며 보행방향이 일정하지 않다. 그리고 수각류 공룡은 14-15마리로 보이며 소형이다. 그러나 수각류의 특징인 발톱구조가 잘 발달되어 있으며 걸여간 방향은 제각각이다⁹⁾. Fig. 2의 그림 위부분에 보이는 용각류 발자국 위에 겹쳐서 조각류나 수각의 발자국이 찍힌 이유는 이들이 아주 가까운 동시기에 살았음을 의미하는 좋은 자료이다. 이 퇴적층에는 발자국화석 외에도 지렁이 같은 기어 다닌 환형동물의 기어간 자국과 구멍을 뚫고 사는 동물들의 흔적화석이 많이 발견되었다.

서 지질 자료를 얻을 수 있었다. 함안층의 층서 및 지질은 횡적인 변화가 심하여 이미 상세하게 연구⁸⁾가 진행된 분지 중앙부와는 큰 차이가 있음을 확인하였다(Fig. 1).

Table 2는 발굴 복원한 화석층에 보존된 공룡발자국화석에 관한 측정값이다. 용각류 공룡은 세 마리로 보이며, 크기는 중형이며 4족 보행초식성으로

#### 4. 결론 및 제언

본 연구에서는 진주시 진성면 상촌리에서 약 20 m² 면적의 붉은색 암석 표면에 총 44개의 공룡발자국화석을 가진 암편을 발굴하였다. 그리고 이를 고성군 당항포 자연사 자료관에 복원하여 전시할 수 있게 하였다. 발굴 복원된 이 화석은 좁은 면적에 용각류, 조각류 및 수각류의 발자국이 완벽하게 보

존되어 있어 이들 공룡의 당시 생활상을 이해하는데 유용한 자료로 활용될 수 있다.

이러한 고생물자료는 학술연구에 귀중한 참고자료일 뿐 아니라 문화재로서의 가치도 크다. 자연문화재 중 광물문화재가 우리 주변에는 많이 있는데, 고생물자료와 더불어 잘 보존하고 관리하여야 한다. 발굴하여 복원하는 일에 있어서 차선책이지 결코 최선책은 아니다. 경북 상주의 구상화강암 분포지는 훼손되어 표품을 구하기 어려운 실정이며, 건설 현장에서 밀려나고 파괴된 광물문화재가 허다하다.

고성군 마암면 두호리의 고속도로 공사에서처럼 도로를 건설하는 과정에서 나타난 화석을 불가피하게 이전 복원해야 할 경우가 있다. 현장보존이 불가능하거나 현장 보존에 막대한 예산이 소요되기 때문에 본 연구결과와 같이 이전하여 복원하는 것이 바람직하다.

고생물 학자나 문화재 담당공무원은 야외 조사를 철저히 하고 공사허가과정에서 문화재급의 고생물자료 등이 훼손되는 일이 없도록 적절한 행정조치를 해야 하며 불가피할 경우에 발굴-이전-복원하는 차선책을 강구해야 한다. 현재 공사 시행자 부담으로 이루어지는 발굴경비 조달 형태는 공사업자들의 경영에 압박을 가할 가능성이 크므로 문화재를 고의로 훼손하거나 멸실하게 하는 사례를 발생시킬 수도 있어 앞으로 적절한 대책을 마련하여야 할 것이다.

### 감사의 글

이 논문은 2002년도 학술진흥재단 기초학문육성

사업(과제번호 : KRF-2002-074- BM1035)의 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- 1) 지질학회 · 대한자원환경지질학회, 2001, 문화재 보존에 있어서의 지질학의 역할, 137pp.
- 2) 문화재청, 2000, 자연문화재 지도-천연기념물, 명승, 사적 및 명승, 277pp.
- 3) 김옥준, 윤 선, 1969, 한국지질도 1 : 50,000 진주도폭, 국립지질조사소.
- 4) 서승조, 1985, 경상분지 중앙부의 지질과 고생물, 경북대학교 대학원 박사학위 논문, 177pp.
- 5) 김항목, 이상현, 서승조, 1998, 경남 진주시 가진리 조류족인 및 공룡족인 화석 발굴 조사보고서, 자연사환경학회 · 경상남도 교육청, 259pp.
- 6) Chang, K. H., 1975, Cretaceous Stratigraphy of Southeast Korea, Jour. Geol. of Korea, 11, 1-23.
- 7) 한국지질자원연구소, 1983, 경상분지의 경상누층군에 대한 지질 및 지화학적연구, 124pp.
- 8) 서승조, 백인성, 정의도, 2002, 진주-진성 간 도로 4차선 확 · 포장공사 구간 내 공룡 화석, 부산지방국토관리청 · 경남문화재연구원, 29pp.
- 9) Lockley, M. G. and A. P. Hunt, 1995, Dinosaur tracks and Other Fossil Footprints of the Western United States, New York, Columbia University Press, 338pp.