

국내 Geotourism 대상 지역의 보존현황에 대한 기초 연구

김근미 · 김성수 · 박형동(서울대학교 지구환경시스템공학부)

1. 서 론

지구의 역사는 46억 년 정도이고 이 기간 동안에 많은 크고 작은 변화 과정을 거쳐 현재의 상태가 되었다. 이러한 변화과정들은 지구 자체에 기록되어 있으므로 지표면상에 나타나는 여러 가지 지질학적 요소들을 조사하고 분석하면 지구의 역사와 지구내부까지도 추정할 수 있다. 이렇게 지구의 역사와 내부 구조에 대한 정보를 제공하는 특정 지역을 대상으로 하는 새로운 관광형태가 Geotourism이다(Hose, 1996).

Geotourism이란 지질학적으로 또는 지형학적으로 의미가 있는 지역에 대해 이 분야에 지식이 없는 관광객들도 그 지역의 지질과 지형의 학문적인 의미와 지구의 역사를 밝히는데 공헌한 내용을 이해할 수 있도록 도움이 되는 설명과 자료 등을 제공하는 것이다. 구체적인 방법으로는 관광객을 위한 강의 시설이나 안내판 설치, 소책자나 엽서, 전단, 오디오 테이프 등의 제공 등이 있을 수 있다.

Geotourism의 대상이 되는 자연물은 대규모의 토목공사나 오랜 기간 동안의 침식으로 인해 드러난 노두 또는 지층, 화성이나 퇴적 기원의 특정한 암석(건축에 사용된 석재까지도 포함된다)이나 광물, 침식·퇴적, 침강·융기에 의해 만들어진 특이한 지형 등이다(Hose, 1995, Hose, 1996).

영국 등에서는 여러 지역의 지질학적 특성에 대한 연구가 진행되었고, 관광객을 위한 소책자도 제작되어 배포되고 있다. 또한 Geotourism을 경험한 관광객의 만족도나 행동 양식, 지식 수준과 만족도와의 상호 관계까지도 연구된 바 있다(Hose, 1996).

한반도는 비록 땅덩어리는 작지만 20~30억년의 오랜 나이를 가진 선캄브리아기 지층에서부터 고생대, 중생대, 신생대에 이르는, 세계적으로 보기 드문 다양한 지질을 가지고 있다. 이러한 지사를 보여주는 층준이나 고지자기, 화석 등을 여러 곳에서 찾아 볼 수 있는데도 무지와 무관심 때문에 훼손되고 있는 경우가 많다. 따라서 본 논문에서는 국내의 Geotourism 대상 지역의 대표 사례 및 각 지역의 보존에 관한 지질공학적 기초연구 내용을 서술하고 있다.

2. 우리 나라의 대상 지역과 풍화 상태

국내에서는 직접적으로 Geotourism을 언급한 것은 아니지만 그 대상물인 석조문화재를 대상으로 한 문화재 보존 연구가 있고(예: 이상현, 1993), 특이한 지형이나 지질에 대해 일반인을 대상으로 한 여행안내서 등이 있다(최영선, 1995). 그러나 직접적으로 Geotourism을 정의하며 다룬 연구나 관광형태는 아직 없었다.

우리 나라의 Geotourism의 대상물로는 각종 석조 문화재, 공룡 발자국과 알 화석, 자연동굴, 분화구, 협곡, 구상암, 화산작용으로 인해 생성된 암석, 침식작용을 생긴 해안 가의 특이한 지형, 특이한 지질구조로 인해 이상 기온 현상을 보이는 지역 등이 있다.

이러한 여러 대상물 중에서 이번 연구에서는 석탑과 공룡발자국의 풍화를 대상으로 선정하였다. 대표적인 석조 문화재인 석탑은 국보로 지정된 것이(1997년 현재) 42기, 보물로 지정된 것이 147기로 그 외에도 각 시도 지정 기념물까지 포함하면 500여 기에 이르며 전체 석조 문화재의 약 37%를 차지하고 있다(문화재 관리국, 1997). 국보급 석탑의 경우도 자연적인 풍화와 관광객에 의한 훼손 등에 그대로 노출되어 있는 경우가 많으므로 석탑의 풍화 상태 판정과 그에 적절한 대책을 세우는 것이 중요하다.

한반도 영남에 위치한 공룡 발자국 산지는 세계적으로도 3대 산지 가운데 하나로 꼽힌다. 영남 지방 뿐 아니라 호남 지방과 충북 내륙의 일부 지방에서도 공룡의 발자국이나 알 화석이 발견되었으며 발견 빈도로 볼 때는 세계적인 수준이다. 이러한 국제적인 보물들이 파도에 의한 침식 등으로 인해 손상되어 가고 있으므로 침식 방지와 보존을 위한 대책 마련이 우선적으로 필요하다.

2.1 석탑의 풍화와 연구 대상 선정

석탑에 대한 연구는 감은사지 삼층석탑과 갈항사 삼층석탑을 대상으로 하였다. 이들 탑은 비슷한 시기에 비슷한 암석으로 건축되었으나 서로 상이한 환경에 놓여 있었고, 현재의 상태도 매우 차이가 나기 때문에 풍화 요인과 석탑의 풍화 사이의 관계를 관찰할 수 있는 근거가 된다. 이 두 탑은 모두 신라 시대에(각각 682년, 759년) 화강암으로 제작되었다. 이후 감은사지 삼층석탑은 해안 지방인 경북 용당에 위치해 있고, 갈항사 삼층석탑은 내륙 지방인 경북 금릉에 위치한 후 1916년 경북궁 내로 옮겨졌다. 감은사지 삼층석탑은 해수의 분무에 의해 유입된 염의 결정화 현상으로 인한 풍화 현상이 심각할 것으로 예상되며, 갈항사 삼층석탑은 대기 오염이 심한 서울 도심에 위치해 있으므로 산성비에 의한 풍화 현상이 예상된다.

두 탑의 서탑 상대적 표면을 대상으로 박리, 그늘음, 이끼가 나타나는 면적의 비율을 조사하고, 탑에서 자연적으로 떨어져 나온 조각을 이용하여 X선 회절 분석을 하였다(표 1, 표2).

감은사지 삼층석탑에서는 박리 현상이 두드러지게 나타나며, 그을음은 갈항사 삼층석탑에서 더 많이 보였다(그림 1). 그을음이나 이끼 등은 크게 심각하지 않았으나 박리 현상은 표면의 모양을 바꿔 놓을 정도로 심각한 정도이다. 두 탑을 비교한 결과로만 본다면 대기 오염에 의한 산성비는 화강암의 풍화에 크게 영향을 주지 않는다고 할 수 있다.

X선 회절 분석 결과를 통해 보면 광물조성의 뚜렷한 차이는 관찰되지 않으며 이는 확보된 시료의 양이 충분치 않기 때문인 것으로 판단된다.

2.2 공룡 발자국 화석의 풍화와 연구 대상 선정

연구 대상 지역은 경상남도 고성군 하이면 덕명리이다. 이 지역은 중생대 백악기의 진동층에 해당하며 구성 암석은 사암과 세일이다. 화석은 검은색을 띠는 응회암질 사암에 포함되어 있다. 화석은 해안에 인접한 넓은 암반에 분포하고 있으며 이 암반은 바다쪽으로 기울어져 있다. 이 지역은 간조와 만조의 차이에 의해 화석의 침수와 건조상태가 반복되고 있다. 또한 파도에 의한 침식의 우려도 있으나 별다른 보존대책 없이 방치된 상태이다(그림 2).

3. 대상 지역 암석의 물리적 성질

고성 덕명리에서 화석이 위치한 지층의 암석 시료를 채취하여 건조밀도, 공극률, 흡수율, P파 속도를 측정하고 Slake durability test를 실시하였다(표3). 덕명리의 응회암질 사암은 공극률이 매우 낮고, 흡수율도 낮으므로 수분을 통한 염의 침투 현상은 크게 문제되지 않을 것으로 보이며, P파의 속도가 큰 것으로 보아 내부 균열의 문제도 심각하지 않다. Slake durability test로 보아 물에 의해 풀어지는 현상도 거의 없으므로 물과 접촉해 있기 때문에 일어나는 문제들은 크게 심각하지 않을 것으로 보인다.

바닥 면에 발달한 절리를 따라 모양이 훼손된 발자국 화석들이 발견된다(그림 2). 이는 절리가 있는 부분에서 풍화가 가속화되어 일어난 현상으로 추정된다. 따라서 절리의 분포와 화석의 풍화상태에 대해 많은 수의 화석을 관찰한 후 통계적 방법을 통해 이 지역에서 절리의 문제가 풍화의 중요한 요인인지를 판단할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 제안

앞에서 언급한 네 개의 대상물은 비교적 유명한 지역이고 문화재로 지정되어 있는데도 이들에 대한 안내가 잘 되어 있지 않으며 보존상태 또한 좋지 않다. 이들 외에도 우리 나라에는 학술적 가치가 있거나 희귀한 대상들이 많이 발견되었음에도 불구하고 이를 Geotourism

으로까지 발전시킨 경우는 드문 실정이어서 소중한 자원이 그대로 자연적 풍화, 인위적 훼손 등에 노출되어 있는 경우가 많다.

본 연구 대상에서 감은사지 석탑의 경우 자세한 표면 관찰을 통해 봤을 때 단순히 외관 관찰만으로 판정한 것보다는 풍화가 더 진행된 것으로 드러났다. 덕명리 공룡 발자국 화석의 경우에는 암석의 기본 물성 및 Slake durability test를 통한 측정결과를 보면 외관 관찰과 주변 환경으로 미루어 추정된 것 보다 내구성이 강한 것으로 나타났다. 따라서 향후 연구에서는 국내의 다른 Geotourism 대상물에 대한 풍화도 정량화를 통해 보존대책이 요구되는 우선 대상물을 결정하는 기법을 연구할 수 있다.

Table 1. Three-storied stone pagodas on Kamunsa temple site

Direction	Area under exfoliation (%)	Area covered by soot (%)	Area covered by lichen (%)	Minerals identified
North	23	1	4	Quartz, Orthoclase, Muscovite
South	23	1	4	Quartz, Orthoclase, Muscovite, Albite
East	47	4	1	Quartz, Orthoclase, Muscovite, Albite
West	6	4	7	Quartz, Orthoclase, Muscovite, Albite

Table 2. Three-storied stone pagodas from Kalhangsa temple

Direction	Area under exfoliation (%)	Area covered by soot (%)	Area covered by lichen (%)	Minerals identified
North	0.6	48	11	Quartz, Orthoclase, Kaolinite, Muscovite
South	1	14	0	no samples are obtained
East	1	22	1	Quartz, Orthoclase, Dolomite
West	0	2	3	Quartz, Orthoclase, Kaolinite, Anorthite

Table 3. Physical properties of stone including fossil in Dugmyong-ri

dry density (g/cm ³)		2.7
porosity (%)		0.7
P-wave velocity (m/s)		4508
S-wave velocity (m/s)		3103
Absorption (%)		1.2
Slake durability test (%)	after 1 cycle	99.5
	after 2 cycle	97.3
	after 3 cycle	97.0
	after 4 cycle	96.9
	after 5 cycle	96.8
	after 6 cycle	96.8
	after 7 cycle	96.7

참 고 문 헌

문화재관리국, 1997, 지정문화재목록.

이상헌, 1993, 석조문화재의 보존에 관한 지질학적 연구, 문화재 연구소, 85p.

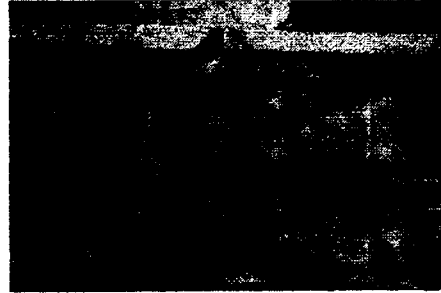
최영선, 1995, 자연사 기행-한반도는 숨쉬고 있다, 한겨레신문사, 236p.

Hose, T. A., 1995, Selling the story of Britain's stone, Environmental Interpretation, May, p.16-17.

Hose, T. A., 1996, Geotourism, or can tourists become casual rock hounds?, Geology on your Door-step, The Geological Society, p.207-228.



(a)



(b)

Fig 1. Surface of stone pagodas (a) Three-storied stone pagodas on Kamunsa temple site (b) Three-storied stone pagodas from Kalhangsa temple

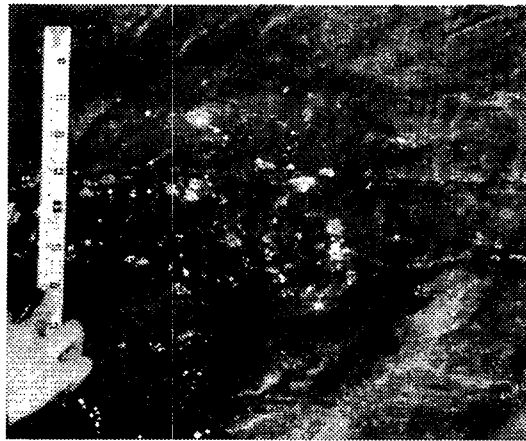


Fig 2. Influence of existing joints on the differential weathering in Dugmyong-ri dinosaur foot print fossil area