

남제주 사람 발자국 화석의 생성 연대

김경수^{*1}, 김정률²

¹충북과학고등학교, 363-853, 충북 청원군 가덕면 상야리 산 4-23

² 한국교원대학교 지구과학교육과, 363-791, 충북 청원군 강내면 다락리 산 7

요약

제주도 남제주군 사계리 해안에서 발견된 사람과 각종 동물 발자국 화석의 생성 연대를 규명하기 위하여 문화재청에서 한국지질자원연구원에 연구 용역을 의뢰하여, 사람 발자국 화석이 산출되는 지층에서 유기물의 탄소동위원소 연대 측정과 광여기루미네선스(Optically Stimulated Luminescence, OSL) 연대 측정을 실시하였다. 그 결과, Humin 유기물에 대한 탄소동위원소 측정값은 상부로부터 10,901±60년, 13,513±65년 그리고 15,161±70년이고, Humic 유기물에 대한 탄소동위원소 측정값은 9,289±90년, 8,622±90년 및 8,098±50년이며, OSL 연대 측정 방법에 의하면 6,800±300~7,600±500년이다. 이 측정 자료에서 한국지질자원연구원은 탄소동위원소에 의한 측정값은 배제하고, OSL 연대 측정값인 6,800±300~7,600±500년을 사람 발자국 화석의 생성 연대로 해석하였다.

그러나 Humin 유기물에 의한 탄소동위원소 측정값을 배제한 가장 중요한 이유로 Humin 유기물이 산성 또는 알칼리에 잘 녹지 않기 때문에 재순환되어 발자국 화석이 생성될 당시 외부에서 유입되어 더 오래된 연대값을 나타낸다고 주장하였는데, 이러한 주장은 아무런 근거가 없다. 또한 송악산의 분출이 약 10,000년 이내에 분출하였다는 명확한 근거가 없으며, 석영을 이용한 OSL 연대 측정은 연대를 결정하기 위해 고려되는 여러 요소들에 수반되는 불확실한 요소(예를 들면, 수분 함량 문제 등)들로 인해 탄소동위원소 연대 측정에 비해 정밀도와 정확도가 낮으며, 특히 화산 기원 석영의 경우, 정확한 등가선량의 측정이 어렵기 때문에 연대 측정에 오류가 발생할 수 있음이 잘 알려져 있고, 주변의 화산 활동으로 인한 열수에 의해 OSL 신호가 영향을 받을 수 있는 가능성을 배제할 수 없다.

따라서 현재의 연대 측정 결과만으로 사람 발자국 화석의 생성 연대를 결정하는 데 가장 신뢰성이 있는 자료는 Humin 유기물에 의한 탄소동위원소 연대 측정값이며, 이

를 근거로 할 때, 사람 발자국 화석의 생성 연대는 $13,513\pm 65\sim 15,161\pm 70$ 년 사이로 보는 것이 가장 합리적이고 타당하다.

1. 서론

제주도 남제주군 사계리 해안에서 발견된 사람과 각종 동물 발자국 화석은 2004년 2월 문화재청의 발표 당시 발자국 화석의 형성 시기를 약 50,000년 전으로 추정하였던 의견에 대하여 약 4,000년 전 이후일 것이라는 주장이 제기되었다. 이에 따라서 문화재청은 발자국 화석의 정확한 생성 연대를 규명하기 위하여 한국지질자원연구원에 연구 용역을 의뢰하였고, 발자국 화석의 지질 연대에 대한 연구 조사를 수행하여 지질 연대 결과를 해석·발표하였다.

한국지질자원연구원의 조사 결과, 사람 발자국 화석이 산출되는 지층에서 Humin 유기물에 대한 탄소 동위 원소 측정값은 상부로부터 $10,901\pm 60$ 년, $13,513\pm 65$ 년 그리고 $15,161\pm 70$ 년이고, Humic 유기물에 대한 탄소 동위 원소 측정값은 $9,289\pm 90$ 년, $8,622\pm 90$ 년 및 $8,098\pm 50$ 년이며, 광여기루미네선스(Optically Stimulated Luminescence, OSL) 측정 방법에 의하면 $6,800\pm 300\sim 7,600\pm 500$ 년으로 인 것으로 밝혀졌다. 이 자료를 근거로 한국지질자원연구원은 발자국 화석이 산출된 지층의 위와 아래에 놓인 지층에서 OSL 측정법으로 구한 $6,800\pm 300\sim 7,600\pm 500$ 년을 사람 발자국 화석의 생성 연대로 해석하였다.

2. 본론

하지만 위와 같은 해석은 불충분한 측정 자료와 뚜렷한 근거 없이 해석된 것으로 비합리적인 것으로 생각된다. 그 이유는 첫 번째로 해수면 변동과 관련하여 송악산의 분출과 응회암의 퇴적 시기를 약 10,000년 전으로 해석하고, 하모리층의 퇴적물이 송악산으로부터 기원하였기 때문에 하모리층의 생성 연대를 10,000년 이내로 제한하고자 하였다. 하지만 송악산 분출과 관련된 조면현무암의 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 분석 결과는 $10,600\pm 19,900\sim 11,700\pm 26,300$ 년으로 측정 오차가 유효 숫자보다 크기 때문에 의미가 없는 자료이며, 이를 통해 송악산의 분출 시기를 알 수는 없다. 또한 단순히 40만 년 이후의 빙하기와 관련된 해수면 변동 자료와 비교하여 송악산의 분출을 약 10,000년 이후에 일어난 것으로 해석하고 하모리층의 퇴적이 10,000년 이내에 시작되었다고 한정짓는 것은 근거가 너무 희박한 것이다. 다시 말하면 해수면 변동 자료 자체는 송악

산 분출 시기를 알려주지 않는다.

두 번째는 사람 발자국 화석이 산출되는 상하위 층준에서 측정한 탄소 동위 원소 연대에 대한 해석으로 휴민(Humin) 유기물에 의한 $13,513 \pm 65 \sim 15,161 \pm 70$ 년의 측정값은 휴민 유기물이 재순환되어 더 젊은 퇴적물에 섞여 들어간 것이기 때문에 실제 사람 발자국 화석 생성 연대보다 오래된 것이라고 주장하여 이 측정값을 제외하고 있으나, 휴민 유기물이 재순환되었다는 어떠한 근거도 제시되어 있지 않다. 더욱이 이번 사람 발자국 화석 지층의 탄소 동위 원소 연대를 측정한 뉴질랜드 지질학과 연구소의 프라이어(Prior) 박사(2005, 개인 서신 교환)에 의하면 많은 학자들은 산과 알칼리에 녹지 않는 휴민 성분이 휴믹 성분에 비하여 지층 형성 당시의 유기물을 잘 나타낸다고 하며, 심지어 미국 크뤼거 지질 연대 측정 실험실의 체르킨스키(Cherkinsky) 박사(2005, 개인 서신 교환)는 자신의 연구소에서 측정한 제주의 탄소 동위 원소 연대 측정 자료(JJ 번호의 시료), 뉴질랜드에서 측정한 휴믹과 휴민으로 측정한 자료 중에서 가장 오래된 휴민 자료를 지질 연대로 해석할 것을 권고하였다.

세 번째는 탄소 동위 원소에 의한 연대 측정법보다 OSL 측정법을 더욱 신뢰하여 사람 발자국 화석의 생성 연대를 $6,800 \pm 300 \sim 7,600 \pm 500$ 년으로 해석하였다. 하지만 석영을 이용한 OSL 연대 측정법은 연대를 결정하기 위해 고려되는 여러 요소들에 수반되는 불확실한 요소(예를 들면, 수분 함량 문제, OSL 감쇄곡선의 문제, Partial bleaching의 문제 등)들로 인해 방사성 동위 원소 연대 측정법에 비해 정밀도와 정확도가 낮다. 특히 화산 기원의 석영의 경우 정확한 등가선량 측정이 어렵기 때문에 연대 측정 결과에 오류가 발생할 수 있음이 잘 알려져 있다. 또한 Duller(2004)에 의하면 OSL 연대 측정법에서 석영 입자의 OSL 신호가 "0"이 되는 경우는 1) 마그마나 생물의 작용에 의한 결정화 작용(crystallisation)에 의해 광물이 형성되는 경우, 2) 매우 높은 압력이 광물에 가해지는 경우, 3) $200\text{--}300^\circ\text{C}$ 이상으로 석영 입자가 가열되는 경우, 4) 빛에 노출되는 경우라고 하였다. 조사 지역이 화산 활동과 관련된 지역인 것으로 볼 때, 화산 활동과 관련된 온도(특히 열수의 작용)가 OSL 결과에 전혀 영향을 미치지 않았을 것이라고 확신할 수 없다. 이는 발자국 화석 지층의 상부와 하부에서 측정한 OSL 측정 자료와 손영관 등(2005)에 의해 측정된 송악산 응회암의 OSL 측정 결과가 오차 범위 내에서 모두 같은 값을 갖는 이유 중의 하나로서 화산 활동과 관련된 온도 때문일 가능성도 전혀 배제할 수 없다.

3. 결론

따라서 박기화 등(2005)에 의해 수행된 제주도의 사람 발자국 화석지의 연대 측정 자료 중에서 가장 신뢰할 수 있는 것은 휴민(Humin) 유기물에 의한 탄소 동위 원소 연대 측정 자료이며, 이에 따르면 사람 발자국 화석의 생성 연대는 $13,513\pm 65\sim 15,161\pm 70$ 년으로 해석하는 것이 가장 합리적이고 타당하다.