

강동군 주현동유적 사람뼈화석의 ESR년대

지원혁, 김정호

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《력사유적에 대한 발굴사업은 유물을 찾아내는것으로 그쳐서는 의의가 없습니다. 발굴된 유물이 은을 내도록 하자면 유물을 옳게 정리하고 그에 대한 분석과 종합을 잘하여야 합니다.》(《김정일선집》 제1권 증보판 96페이지)

전자스핀공명(ESR)년대측정법은 시료가 묻혀있는 기간에 받은 자연방사선의 량을 결정하여 그것의 고고학적지위를 해명하는 절대년대측정방법들중의 하나이다. 특히 뼈화석을 직접 시료로 하여 년대측정할수 있는것으로 하여 고고학과 인류학에서 위력한 방법으로 인정되고있다.[2]

우리는 평양시 강동군 란산리 소재지로부터 동쪽으로 약 4km정도 떨어진 곳에 위치하고있는 주현동유적에서 발굴된 사람뼈화석가운데서 다리뼈를 시료로 하여 ESR년대측정을 진행하였다.

1. ESR년대측정법의 원리

ESR현상은 자기마당속에서 홀전자가 마이크로파를 흡수하여 상태가 변화되는것을 말한다.

물질이 자연방사선(α, β, γ 선)과 우주선의 영향을 받으면 결정살창의 원자준위에서 전자들이 전리되면서 홀전자들이 생긴다. 이 홀전자들은 에네르기보충결과로 려기되어 일정한 에네르기준위를 가지고있는 살창의 고유결함이나 혼입물결함 등에 포획되며 준안정상태로 안정화된다. 이 포획전자들이 자기마당속에서 마이크로파를 흡수하면 공명현상을 일으켜 상태가 변화된다.

자기마당속에서 ESR현상이 준안정상태의 포획전자들과 관련된다는것은 ESR스펙트르의 증가분이자 곧 포획전자들의 수이며 그 수는 자연방사선의 총흡수량과 같다는것을 의미한다. 그러므로 ESR스펙트르의 증가분을 리용하여 시료가 받은 자연방사선의 총량을 구할수 있으며 이로부터 년대를 결정할수 있다.

ESR년대측정법에 의한 년대 $T(a)$ 는 자연방사선의 세기가 일정하다고 보면 다음과 같다.

$$T = TD / D$$

여기서 TD 와 D 는 각각 시료가 받은 총선량(Gy) 및 연간선량률(Gy/y)이다.

2. 시료가공 및 ESR스펙트르측정

시료는 주현동유적에서 나온 사람뼈화석들가운데서 높은 압력이나 온도, 빛이나 수분의 영향을 받지 않았다고 인정되는 비교적 굳은 다리뼈를 선정하였다.

먼저 뼈시료의 결층을 벗겨버린 다음 바이스에 천천히 힘을 주어 가루내고 마네펜으로 붓아 120 μ m의 알갱이들만 골라냈다. 그리고 자성분리기로 철성분을 제거한 다음 20mg씩 12건 저울질하고 그가운데서 3건은 자연ESR스펙트럼측정을 위하여 남겨놓았다.

시료의 년대를 계산하기 위하여서는 먼저 그것이 받은 총방사선량을 결정하여야 한다.

이를 위해 저울질한 시료를 3건씩 한조로 하여 매 조에 각각 각이한 선량의 인공방사선을 쬔었다. 쬔임은 ^{60}Co 원천에서 나오는 γ 선(100, 300, 800Gy)을 이용하였다.

인공쬔임한 시료를 어두운 방에서 습도가 15%정도 되게 충분히 건조시킨 다음 측정에 이용하였다.

ESR스펙트럼측정은 석영유리로 된 관에 넣은 시료를 공동공진기중심에 넣고 자기마당의 세기를 변화시키면서 제만효과의 에너지분리값과 마이크로파의 에너지가 일치할 때 마이크로파의 흡수를 검출하는 방법으로 한다.

원리적으로는 고정된 자기마당속에서 마이크로파의 주파수를 연속적으로 변화시키면서 전자의 상태를 문의하지만 마이크로파를 조절하는것보다 자기마당의 세기를 변화시키는것이 더 쉽기때문에 마이크로파의 주파수를 고정시키고 자기마당의 세기를 연속적으로 변화시키면서 전자스핀의 상태변화를 측정하였다.

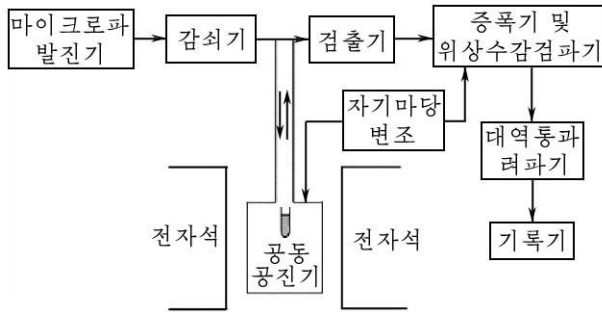


그림 1. ESR측정 장치구성도

ESR측정장치는 크게 마이크로파발진기, 시료를 투입하는 공동공진기, 마이크로파를 발진기로부터 공동공진기에 유도하는 도파관, 자기마당세기를 연속적으로 변화시키기 위한 전자석 등으로 되어있다.(그림 1)

ESR스펙트럼측정은 ESR장치 《JEX-JEOL》로 다음의 기록조건에서 진행하였다.

자기마당 (3 310~3 510)·10⁻⁴T, 마이

크로파출력 1mW, 변조진폭 20Gauss, 증폭도 1×1 000, 응답시간 0.01s.

3. 실험결과 및 해석

총선량평가 주현동유적 사람다리뼈시료에 대한 ESR스펙트럼곡선은 그림 2와 같다.

그림 2로부터 인공쬔임선량에 따르는 ESR 신호상태세기를 구하고 $y = a + bx$ 의 회귀모형을 리용하여 그 관계를 그래프로 그리면 그림 3과 같다.

추가선량법으로 총선량(TD)을 구한 결과 TD 값은 59.1Gy이다.

년간선량률평가 주현동유적의 뼈화석시료가 받은 자연방사선에는 U, Th계렬로부터 나오는

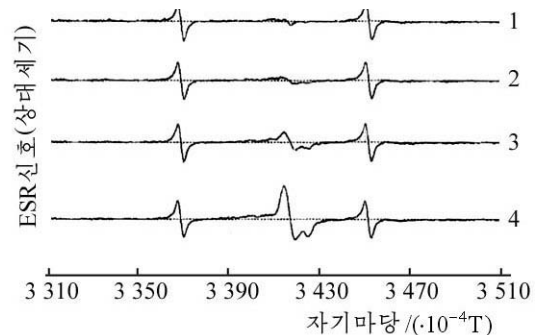


그림 2. 주현동유적 사람다리뼈시료의 ESR스펙트럼

1-4는 쬔임선량이 각각 0, 100, 300, 800Gy인 경우

α , β , γ 선과 K로부터 나오는 β , γ 선 그리고 우주선 등이 있다. 여기서 α 선에 해당하는 몫은 뼈화석의 결면을 처리함으로써 제거하였다.

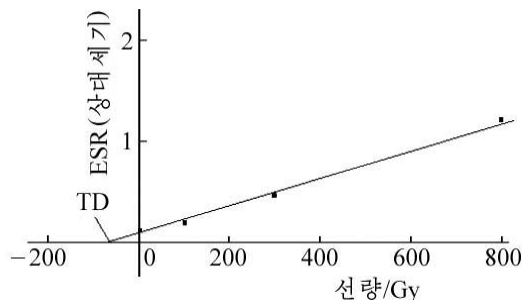


그림 3. γ 선량에 따르는 ESR신호세기

U, Th계렬에 의한 β , γ 선의 연간선량률은 두꺼운 원천 α 계수법으로 평가하였다.[1] 이때 우주선의 연간선량률은 시료채취점이 지각결면으로부터 1.5m 깊이에 있는것을 고려하여 0.15mGy로 하였다.

이로부터 계산한 연간선량률(D)은 7.86mGy이다.

년대계산 옷식에 따라 계산된 강동군 주현동 유적 사람뼈화석(다리뼈)의 ESR년대는 약 7 500년이다.(표) 측정오차(α 계수, K분석, 인공방사선

조임에서의 오차를 고려하면)는 $\pm 7.6\%$ 이다.

표. 주현동유적 사람뼈화석의 ESR년대

시료	총선량/Gy	연간선량률/(mGy·y ⁻¹)	년대/y
人-Ⅱ	59.1	7.86	7 500

표로부터 주현동유적에서 발굴된 사람뼈화석이 신석기시대의것이라는것을 알수 있다.

맺 는 말

평양시 강동군 주현동유적에서 나온 사람뼈화석의 ESR년대는 약 7 500년전의것으로서 신석기시대에 해당되며 주현동유적에서 나온 질그릇을 비롯한 다른 유물들의 시대와 잘 일치하였다.

참 고 문 헌

[1] 김일성종합대학학보(자연과학), 51, 12, 59, 주체94(2005).

[2] D. Bhattacharjee et al.; J. Radiat. Res., 50, 6, 559, 2009.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

ESR Dating of the Hominid from the Juhyon Cave in Kangdong County

Ji Won Hyok, Kim Jong Ho

We have measured the age of the human leg bone from Juhyon cave using the ESR dating method. As a result, it was estimated that the age of hominid from this cave is about 7 500 years ago. This means that human of Juhyon cave had lived during the Neolithic era.

Key words: ESR dating, hominid, Neolithic era