

## 화산용암속에 묻혀있던 《화대사람》에 대한 핵분열흔적(FT)년대결정

지원혁, 김정호

위대한 령도자 김정일 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《력사유적에 대한 발굴사업은 유물을 찾아내는것으로 그쳐서는 의의가 없습니다. 발굴된 유물이 은을 내도록 하자면 유물을 옳게 정리하고 그에 대한 분석과 종합을 잘하여야 합니다.》(《김정일전집》 제3권 124페이지)

핵분열흔적(FT)법은 오랜 력사유적유물들의 절대년대를 측정하기 위한 한가지 자연과학적방법으로서 우라니움이 미량으로 들어있는 광물에 생긴 핵분열흔적의 개수를 계수하여 년대를 결정한다.[1, 2]

논문에서는 핵분열흔적(FT)법을 리용하여 우리 나라에서의 인류진화발전사연구에서 매우 중요한 의의를 가지는 《화대사람》에 대한 절대년대를 고찰하였다.

### 1. 화산분출물에 대한 핵분열흔적년대측정법의 원리

화산분출물속에는 대체로  $10^{-4}\%$  정도의 우라니움이 포함되어있는데 이 우라니움은 자발핵분열되어 흔적을 남긴다. 그런데 화산이 분출하면서 나오는 높은 열에 의해 그때까지 생겼던 자발핵분열흔적들은 모두 없어진다. 즉 령점화된다. 결국 화산유리와 같은 화산분출물속에 남아있는 흔적들은 화산이 분출한 후부터 생겨난것들이다.

자발핵분열흔적수는 물질속에 포함되어있는 우라니움의 함량과 지나온 년대에 비례한다. 그러므로 화산분출물에 남아있는 자발핵분열흔적수를 계수하고 그속에 들어있는 우라니움의 함량을 결정하면 화산이 분출한 후 지나온 년대를 구할수 있다.

핵분열흔적년대는 다음의 식으로 계산한다.[3]

$$T = \frac{\sigma}{\lambda_f} \cdot \frac{C_{235}}{C_{238}} \cdot \frac{\eta_{235}}{\eta_{238}} \cdot \frac{R_{235}}{R_{238}} \cdot \frac{\rho_s}{\rho_i} \cdot \Phi \quad (1)$$

여기서  $\lambda_f$  는  $^{238}\text{U}$  의 자발핵분열상수( $7.03 \cdot 10^{-17} \text{y}^{-1}$ ),  $\sigma$  는 열중성자에 의한  $^{235}\text{U}$  의 핵분열자름면적( $582 \cdot 10^{-24} / \text{cm}^2$ ),  $C_{238}$  과  $C_{235}$  는 각각  $^{238}\text{U}$  과  $^{235}\text{U}$  의 농도,  $R_{238}$  은  $^{238}\text{U}$  의 자발핵분열흔적길이( $\mu\text{m}$ ),  $R_{235}$  는  $^{235}\text{U}$  의 유도핵분열흔적길이( $\mu\text{m}$ ),  $\eta_{238}$  은  $^{238}\text{U}$  의 자발핵분열흔적부식효률,  $\eta_{235}$  는  $^{235}\text{U}$  의 유도핵분열흔적부식효률,  $\rho_s$  는  $^{238}\text{U}$  의 자발핵분열흔적밀도(개/ $\text{cm}^2$ ),  $\rho_i$  는  $^{235}\text{U}$  의 유도핵분열흔적밀도(개/ $\text{cm}^2$ ),  $\Phi$  는 열중성자묶음(개/ $\text{cm}^2$ )이다.

식 (1)에 상수들을 대입하면

$$T = 5.96 \cdot 10^{-8} \frac{\rho_s}{\rho_i} \Phi \quad (2)$$

로 된다.

## 2. 화산분출유리의 FT년대측정을 위한 실험방법

《화대사람》은 함경북도 화대군 석성리소재지로부터 3km정도 떨어져있는 곳에서 발견되었는데 화산용암속에 묻혀있던 인류화석의 결면에 붙어있던 화산분출유리를 년대측정 시료로 선정하였다.

핵분열혼적년대측정에서는 시료를 크게 두뭉으로 가르고 한뭉은  $^{238}\text{U}$ 의 자발핵분열 혼적을, 다른 뭉은  $^{235}\text{U}$ 의 유도핵분열혼적을 계수하는데 리용한다.

핵분열혼적법으로 유물의 년대를 결정하는 일반적인 측정공정도는 그림 1과 같다.

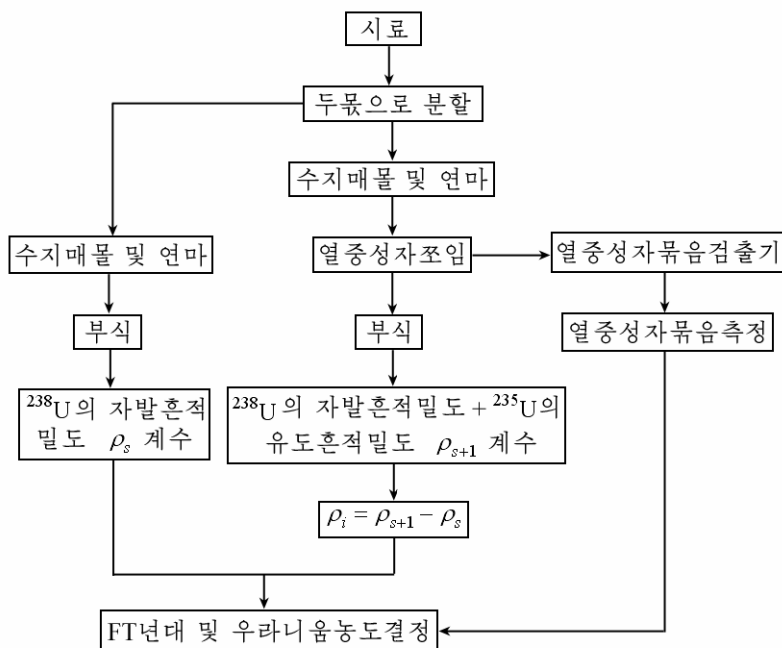


그림 1. 핵분열혼적년대측정공정도

FT년대측정공정도에 따라 진행한 실험조작과정은 다음과 같다.

### ① 시료채취 및 가공

화대군 석성리의 화산용암속에 묻혀있던 《화대사람》은 화산분출물에 의하여 덮여있었다. 여기서 유리질의 분출물시료 5건을 채취하였다. 다음 매 시료를 각각 두뭉(한뭉의 크기가 30mm×30mm×30mm정도 되게)으로 나누고 연마하였다. 연마는 먼저 기계연마를 진행하여 수평면을 만들고 연마분 M-28로 7min, M-20에서 7min, M-14에서 10min정도 수동 연마를 한 다음 광택분(산화세리움)으로 광택이 날 때까지 연마하는 방법으로 하였다. 연마한 시료들은 테플론수지로 매몰하여 고정시켰다.

### ② 열중성자조임

유도핵분열혼적계수용 시료들을 원자로에서 중성자로 조임한 다음 수주일동안 방치하였다가 리용하였다.

## ③ 흔적부식

핵분열흔적은 너무 작아 보통의 현미경에서는 관찰할수 없다. 그러므로 적절한 부식제로 시료를 부식하여 보통의 광학현미경에서도 계수할수 있게 흔적을 확대한다.

보통 유리의 최적부식조건은 48% HF, 23°C에서 15~20min이지만 화산분출유리에서는 달라진다.

실험에서 얻은 화산분출유리의 최적부식조건은 25%의 HF, 23°C에서 20min이다. 이때 타원-조명형의 뚜렷한 흔적들이 나타난다.

화산분출유리인 경우 기포가 많은것을 고려하여 부식한 시료들을 물로 3~4회 씻고 24h동안 증류수속에 잠그었다가 자연건조시켜 리용하였다.

## ④ 흔적계수

부식한 시료들을 광학현미경(《OLYMPUS》)으로 관찰하면서  $^{238}\text{U}$ 의 자발핵분열흔적과  $^{235}\text{U}$ 의 유도핵분열흔적들을 계수하였다. 이때 면적계를 가로세로 이동하면서 흔적들이 겹침이 없이 계수되도록 하였다.

화산분출유리에서 핵분열흔적을 관찰하는것은 특히 어렵다. 그것은 진짜흔적과 함께 유리질박의 불순물에 의한 거짓흔적들이 나타나는데 그것들을 가려보기 대단히 힘들기때문이다. 진짜흔적의 형태는 타원-조명형이며 거짓흔적은 타원형 또는 원형으로 나타난다.(그림 2)



그림 2. 화산분출유리에서 진짜흔적(ㄱ))과 거짓흔적(ㄴ))의 모양

## ⑤ 열중성자묵음결정

열중성자묵음은  $^{235}\text{U}(n, f)$  핵반응의  $\gamma$  선스펙트럼분석법, Au방사화법 및 Cu방사화법으로 호상 비교검토하여 확정하였다.[3, 4]

원자로에서 열중성자를 쏘임한 후 시료의 방사능은 매우 높다. 그러므로 몇주일동안 방사능각시켜 방사능이 거의 령으로 될 때 쏘임용기에서 시료들과 검출기들을 꺼내서 처리하였다. 시료들은 모두 증류수와 알콜로 세척하였다.

화산분출유리속에 들어있는 우라늄의 농도는 다음식에 의하여 결정할수 있다.

$$C = 5 \cdot 10^{10} \rho_i / \Phi \quad (3)$$

## 3. 측정결과 및 분석

함경북도 화대군 석성리에서 발굴된 《화대사람》에 붙어있던 화산분출유리에 대한 핵분열년대측정결과는 표와 같다.

표에서 보는바와 같이 함경북도 화대군 석성리에서 발견된 화산용암속에 묻혀있던 《화대사람》은 310ky전에 산 사람의 화석이라는것을 알수 있다.

표. 《화대사람》에 붙어있던 화산분출유리에 대한 핵분열년대측정결과

No.	$\rho_s$ /( $\cdot 10^2$ 개 $\cdot$ cm $^{-2}$ )	$\rho_i$ /( $\cdot 10^4$ 개 $\cdot$ cm $^{-2}$ )	$\Phi$ /( $\cdot 10^{15}$ 개 $\cdot$ cm $^{-2}$ )	$(T \pm \sigma)/ky$	상대 오차 /%
1	2.26	1.31	3.04	313 $\pm$ 39	12.6
2	2.05	1.27	"	292 $\pm$ 40	13.5
3	2.38	1.53	"	290 $\pm$ 35	12.2
4	2.89	1.43	"	362 $\pm$ 32	12.1
5	2.27	1.39	"	295 $\pm$ 39	13.4
평균	2.37	1.39	"	310 $\pm$ 37	12.8

## 맺 는 말

함경북도 화대군 석성리에서 발견된 《화대사람》의 핵분열 혼적년대((310 $\pm$ 37)ky)는 《화대사람》에 대한 열형광(TL)년대((318 $\pm$ 44)ky) 그리고 고지자기년대((295 $\pm$ 75)ky)와 잘 일치한다. 이 결과는 《화대사람》에 대한 인류학적분석자료를 년대학적으로 안받침해 주고있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 장우진 등; 화산용암속에 묻힌 인류화석, 사회과학출판사, 93~101, 주체93(2004).
- [2] 김정호; 전국력사학부문 과학토론회론문집, 97, 주체106(2017).
- [3] G. Bigazzi et al.; Rad. Meas., 31, 639, 1999.
- [4] G. A. Wagner; Nucl. Track. Detection, 2, 1, 51, 1978.

주체107(2018)년 9월 5일 원고접수

## Fission-Track Dating of “Hwadae Paleolithic Man” Buried in Volcanic Lava

*Ji Won Hyok, Kim Jong Ho*

“Hwadae Paleolithic Man” buried in Soksong-ri, Hwadae County, North Hamgyong Province was dated by using fission-track(FT) method. As a result, its FT age is about 310ky.

Key words: FT dating, Hwadae Paleolithic man, volcanic ejecta