

## 루미네선스 연대측정법을 이용한 전곡현무암 연대추정: 예비결과

최정현<sup>1,3\*</sup>, 정창식<sup>1</sup>, 김정민<sup>1</sup>, 김종욱<sup>2</sup>, 장호완<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국기초과학지원연구원 연대측정팀(jhchoi@kbsi.re.kr)

<sup>2</sup> 서울대학교 지리교육과

<sup>3</sup> 서울대학교 지구환경과학부

### 1. 서론

최근 루미네선스 연대측정법은 광여기루미네선스(Optically Stimulated Luminescence; OSL) 연대측정법을 중심으로 많은 이론적, 기술적 발전이 있어왔다. Huntley et al.(1985)이 처음 OSL연대측정법의 가능성을 제기한 이후, 좀 더 정확한 연대측정결과를 얻기 위한 노력들이 시도되었으며, 이들 중 Murray and Wintle(2000a)이 제안한 단일시료재현법(Single-Aliquot Regenerative-Dose; SAR법)은 등가선량(equivalent dose,  $D_e$ ) 측정과정 중에 발생하는 광물의 민감도 변화(sensitivity change)를 효과적으로 보정해 줌으로써 지금 현재 가장 정확한 OSL연대측정법으로 널리 이용되고 있다. 하지만, SAR법을 이용하여 OSL연대측정을 한다고 하더라도, 석영이 주변에서 받을 수 있는 최대 방사량이 250 Gy~350 Gy 정도이기 때문에, 퇴적된 이후 350 Gy 이상의 방사량을 받았을 것으로 생각되는 아주 오래된 시료들(150~200 ka 이상)에 대한 연대측정은 불가능하였다.

최근 몇 년동안 OSL뿐만 아니라 TL(thermoluminescence)을 이용하여 루미네선스 연대측정의 상한을 높이기 위한 실험들이 시도되었다 (Huntley et al., 1993; Stokes and Fattahi, 2003; Yoshida et al., 2000; Watanuki, 2002). Murray and Wintle(2000b)은 루미네선스 연대측정의 상한을 높이기 위하여 석영의 375°C TL 신호를 이용하였지만, 이 신호는 백만년 정도의 연대를 가지는 퇴적물의 연대측정에 적합하지 않다는 결론을 내렸다.

전곡지역에는 전곡현무암 혹은 추가령현무암으로 명명된 신생대 현무암질암이 분포하며, K-Ar 전암연대측정법에 의하여 지금까지 270 ka~280 ka의 연령을 가지는 것으로 알려져왔다(Choi, M.C., 1982). 하지만, K-Ar법으로 플라이스토세에 해당하는 젊은 연대를 측정할 때에는, 대기기원 Ar에 의한 오염이 연대결과에 많은 영향을 미칠 수 있어, 다른 독립적인 연대측정법과 비교 검토해 볼 필요가 있는 것이 사실이다.

본 연구에서는 루미네선스연대측정의 상한을 높이기 위한 시도의 하나로서 여러 퇴적환경의 퇴적물로부터 석영을 채취하여 310°C isothermal TL 신호의 적용가능성을 검토하였고, 이 방법을 전곡현무암하부의 하성퇴적물시료(fluvial sediments)에 적용하여, 전곡현무암의 연대추정 가능성을 살펴보았다.

### 2. 시료준비, 실험장비 및 실험과정

310°C isothermal TL법의 신뢰도를 점검하기 위하여, 루미네선스 연대측정법에 가장 적합하다고 생각되는 4개의 퇴적시료, 두개의 풍성사구시료, 그리고 5개의 고해빈층시료를 채취하였다. 이들로부터 125 $\mu$ m~250 $\mu$ m의 석영을 추출한 후 실험을 실시하였다. 석영의 OSL과 isothermal TL신호는 한국기초과학지원연구원에 설치된 루미네선스 자동화측정장비(Riso TL/OSL-DA-15A, Bøtter-Jensen, 2000)를 사용하였다.

풍성사구시료 YH04에서 분리한 석영을 이용하여 성장곡선(dose response growth curve)을 만들었다. 그림 1에서와 같이 isothermal TL을 이용하여 만든 성장곡선은 350 Gy 근처에서

방사량포화현상을 보이는 OSL성장곡선과는 달리 전혀 방사량포화현상을 보이지 않는다. 또한, 현생퇴적환경의 시료들로부터 분리한 석영의 등가선량은 약 15 Gy로 측정되었으며, 이는 isothermal TL신호가 시료의 퇴적당시 햇빛에 의해 충분히 “bleaching”되었음을 의미한다(측정대상시료의 연대를 감안할 때, 15 Gy정도의 등가선량이 연대결과에 미치는 영향은 5%미만으로 무시할 만하다).

Isothermal TL신호를 이용하여 구한 등가선량은 기존의 OSL신호로 구한 등가선량과 0~300 Gy 범위에서 일치하였으며, 실험실에서 임의로 시료에 가한 방사량도 0~600 Gy범위에서 오차범위 10%이내에서 정확히 구할 수 있었다(dose recovery test).

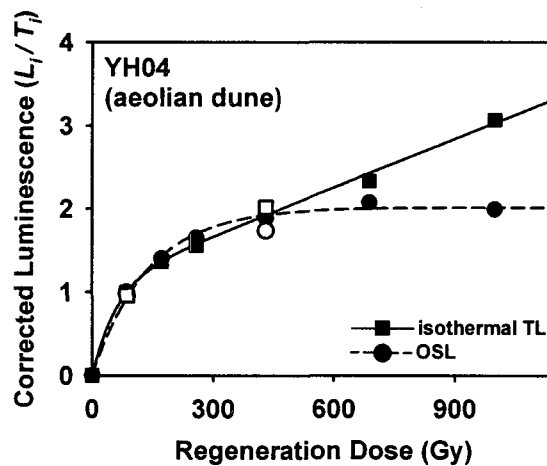


그림 1. 석영의 isothermal TL(실선)과 OSL(점선)을 이용하여 만든 성장곡선. 350 Gy에서 방사량포화에 이르는 OSL성장곡선과는 달리 isothermal TL 성장곡선은 1000 Gy이상 자라고 있다.

### 3. 결론

연구결과로부터 석영의 310°C isothermal TL 신호를 이용하여 1000 Gy 이상의 등가선량측정이 가능하며, 따라서 평균적인 퇴적물의 연간선량을 3.0 Gy/ka로 가정하였을 때, 약 300 ka이상의 퇴적물에 대한 연대측정도 가능할 것으로 생각된다. 석영의 isothermal TL로 구한 전곡리 하성퇴적물의 등가선량은 529±32 Gy였고, 3.83±0.09 Gy/ka의 연간선량을 고려할 때, 138±9 ka (148±10 ka; 포화수분함량을 근거로 계산했을 때)의 퇴적시기를 지시한다. 따라서, 시료채취지점 상부의 현무암은 140 ka 이후에 분출되었을 가능성이 있으며, 이는 기존의 K-Ar 전암연대보다는 젊지만, 전곡리층 석기로부터 추정된 기존의 연대 (10 ka, Choi, M.C, 1982)와 부합하는 결과이다. 다만, 통상적인 OSL연대측정법을 이용하였을 때는 24개의 sub-sample중 10개는 연대측정이 불가능하였고(측정상한 초과; 93 ka 이상), 나머지 14개의 sub-sample은 평균 60 ka의 퇴적연대를 지시하여 두 가지 방법을 이용한 연대결과가 서로 불일치하였다. 그러므로, 좀 더 정확한 연대결과를 위해서는 OSL과 isothermal TL을 이용한 연대결과의 차이점에 대한 신중한 연구(dose recovery test 등의 신뢰도 점검작업), 그리고 연구에 사용된 하성퇴적물 상부의 현무암에 대해서 보다 정밀한 K-Ar 혹은 Ar-Ar연대측정 연구가 필요하다.

본 연구의 예비결과는 석영의 isothermal TL 법이 일반적인 방사기원동위원소연대측정법을 적용하기 어려운 조건에 있는 시료(특히 제4기 지질시료)들의 연대결정에 유용하게 사용될 가능성을 보여준다.

#### 4. 참고문헌

- Bøtter-Jensen, L., Bulur, E., Duller, G.A.T., Murray, A.S., 2000. Advances in luminescence instrument systems. *Radiation Measurements* 32, 523-528.
- Choi, M.C., 1982. Report of the third excavation in Cheon-Kok paleolithic sites. *Kon-Kuk University, Journal of Liberal Art* 14, 207-238.
- Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I., Thewalt, M.L., 1985. Optical dating of sediments. *Nature* 313, 105-107.
- Huntley, D.J., Hutton, J.T., Prescott, J.R., 1993. The stranded beach-dune sequence of south-east south Australia: a test of thermoluminescence dating, 0-800 ka. *Quaternary Science Reviews* 12, 1-20.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000a. Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32, 57-73.
- Murray, A.S., Wintle, A.G., 2000b. Application of the single-aliquot regenerative-dose protocol to the 375°C quartz TL signal. *Radiation Measurements* 32, 579-583.
- Stokes, S., Fattahi, M., 2003. Red emission luminescence from quartz and feldspar for dating applications: an overview. *Radiation Measurements* 37, 383-395.
- Watanuki, T., 2002. Chronological study of loess-palaeosol by improved method of luminescence dating and application to reconstruct past environmental changes. Unpublished Ph.D thesis, Tokyo Metropolitan University.
- Yoshida, H., Roberts, R.G., Olley, J.M., Laslett, G.M., Galbraith, R.F., 2000. Extending the age range of optical dating using single 'supergrains' of quartz. *Radiation Measurements* 32, 439-446.