

예열 및 cut-heat 온도와 입자의 크기에 따른 천리포 해안사구 퇴적층의 OSL 연대측정 비교

방준환★ · 김기동 · 음철현

한국지질자원연구원 지질자원특성분석센터
(2008. 11. 19. 접수, 2008. 12. 26. 승인)

Age comparisons of coastal sand dune stratum in Chollipo, Korea by altering preheat and cut-heat, and grain size distributions by OSL dating

Jun-Hwan Bang★, Ki-Dong Kim and Chul-Hun Eum

Geochemical Analysis Center, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources,
30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

(Received November 19, 2008; Accepted December 26, 2008)

요약: 천리포 해안사구 퇴적층에 대한 연대측정을 Optically Stimulated Luminescence (OSL)을 이용하여 Single Aliquot Regeneration (SAR) 법 중 열처리 조건을 일부 수정하여 실시하였다. 예열과 cut-heat을 각각 260°C 10 초 -220°C 0 초와 270°C 10 초 -270°C 10 초의 두 가지 조합을 적용하였다. 예열 및 cut-heat의 열처리 과정을 변화시킴으로써 원하는 신호만을 선별하는 것이 가능했으며, 이를 등가선량을 구하는데 이용하였다. 또한 시료를 75 µm, 150 µm, 200 µm의 표준체로 크기를 4개의 영역으로 구분하였고, 열처리 조건의 변화와 입자의 크기가 달라짐에 따라 등가선량이 다르게 측정되어 다른 연대가 산출되었다. 그 결과는 방사성탄소연대측정법에 의한 연대와 비교하였다. 입자의 크기에 따라 다른 연대가 산출된 것으로 미루어 천리포 해안사구 퇴적층은 토양의 유입원이 혼합되어 구성되었음을 추정할 수 있었다.

Abstract: The samples from coastal sand dune stratum in Chollipo were dated by Optically Stimulated Luminescence (OSL) with modified Single Aliquots Regeneration (SAR) method. It is possible to choose the OSL signals by thermal treatments such as preheat and cut-heat in SAR procedure. Preheat and cut-heat of 260°C for 10 sec -220°C for 0 sec, and 270°C for 10 sec -270°C for 10 sec were applied for estimation of equivalent dose of the samples. The OSL signals from different thermal treatment were used for OSL dating. Equivalent dose were estimated with 4 fractionated grain distributions with 75 µm, 150 µm and 200 µm sieves with above heating treatments. Consequently, the estimated dose were differently valued in sample sizes and applied heating treatments, different stratum ages were calculated. The ages from radiocarbon dating were compared with the OSL ages. The ages varying with grain sizes produce that the site sampled were formed with mixed soil sources.

Key words : OSL(Optically Stimulated Luminescence), TL(Thermally Stimulated Luminescence), preheat, cut-heat

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)42-868-3659 Fax : +82-(0)42-868-3393

E-mail : jhbang@kigam.re.kr

1. 서 론

1.1. 등가선량의 측정

A.S. Murray 등에 의해 제안된 SAR (Single-Aliquot Regenerative-dose)¹법은 OSL (Optically stimulated luminescence)에 의한 등가선량의 측정을 위해 가장 널리 이용되는 방법이다. SAR법은 한 개의 aliquot을 이용하여 자연방사선으로부터 발생되는 루미네센스를 먼저 측정 한 후, 같은 aliquot에 대하여 실험실 방사선 조사와 그로부터의 루미네센스를 얻는 과정을 반복적으로 실시하여 각각의 aliquot에 대하여 내부 검정 곡선을 작성한다. 이 때 자연방사선으로부터 얻은 루미네센스의 크기는 검정곡선의 내부에 위치하여 내삽에 의한 등가선량이 결정되도록 실험실 방사선 크기의 양을 적절하게 조절한다. 일반적인 SAR법은 Table 1에 나타내었다. 시료에 열처리를 하는 과정을 살펴보면 step 5에서는 step 2에서와는 달리 preheat이 아닌 cut-heat으로 불리는데 용어의 의미와 같이 시료의 온도를 설정온도까지 상승시킨 후 지속시간 없이 실온으로 하강시키는 과정을 거치게 된다. 일부 연구에서는 Table 2로 변형시켜 사용한다. 470 nm의 빛을 방출하는 Blue LEDs에 의해 석영의 루미네센스는 그 양의 대부분을 잃게 되나 장석의 경우에는 870 nm의 빛을 방출하는 IR LEDs에 의하여 루미네센스가 방출되게 된다. 장석으로부터 발생되는 루미네센스는 드물게 석영으로부터 발생되는 루미네센스에 영향을 미치게 되기 때문에 Table 2에서와 같이 IR을 가함으로써 그 영향을 배제시키는 것이 가능하게 된다.² Table 2

Table 1. Commonly used single-aliquot regeneration sequences¹

Step	Treatment ^a	Observed ^d
1	Give dose, D_i	-
2	Preheat ^b (160-300 °C for 10 s)	-
3	Stimulate ^c for 100 s at 125 °C	Li
4	Give test dose, D_t	-
5	Heat ^b to 160 °C	-
6	Stimulate for 100 s at 125 °C	Ti
7	Return to 1	-

^aFor the natural sample, $i=0$, and $D_i=0$ Gy.

^bAliquot cooled to <60°... after heating. In step 5, the TL signal from the test dose can be observed, but it is not made use of in routine applications.

^cThe stimulation time is dependent on the stimulation light intensity

^d Li and Ti are derived from the initial OSL signal (0.3 or 0.8 s) minus a background estimated from the last part of the stimulation curve.

Table 2. Modified single-aliquot regeneration sequences

Step	Treatment ^a	Observed
1	Give dose, D_i	-
2	Preheat ^b (160-300 °C for 10 s)	-
3	IR stimulation for 100 s at room T	-
4	Blue stimulation for 40 s at 125 °C	Li
5	Give test dose, D_t	-
6	Cut-heat ^b to 200 °C or 220 °C	-
7	IR stimulation for 100 s at room T	-
8	Blue stimulation for 40 s at 125 °C	Ti
9	Return to 1	-

^aFor the natural sample, $i=0$, and D_0 is the natural dose.

^bAliquot cooled to less than 60 °C after heating.

에서의 SAR법은 IR diodes로부터 방출되는 빛에 반응하여 루미네센스를 방출하는 장석의 신호를 제거하기 위한 과정이 추가된 것이다.

1.2. 물리적 · 통계적인 신뢰성을 부여하기 위한 배제조건(Rejection criteria)

동일한 시료로부터 나누어진 aliquots이라도 TL/OSL reader가 모두 동일한 등가선량을 산출하지는 않기 때문에 결과를 선별하기 위한 배제조건을 적용시키는 과정이 필요하다. 일반적으로 시료를 측정하는 과정에서 발생하는 물성의 변화를 기준으로 한다.^{3,5} 등가선량의 측정과정은 방사선의 조사와 고온의 열처리가 수회 반복되기 때문에 물리 · 화학적 처리를 거친 석영입자에 물성변화가 발생할 가능성은 매우 높아진다. 시료의 sensitivity 변화 정도는 동일한 크기의 반복된 방사선 조사에 의한 루미네센스 크기를 비교하여 추측할 수 있다. ±10%의 recycling ratio 범위를 설정한다.

OSL 연대측정의 원리에 의하면 석영입자에 대해 방사선 조사가 이루어지지 않으면 루미네센스는 전혀 방출되지 않아야 한다. 그러나 많은 석영입자들이 방사선 조사가 전혀 이루어지지 않았음에도 불구하고 열 및 광학적 작용에 의한 recuperation을 발생시켜 루미네센스가 방출된다. 자연 루미네센스에 대하여 ±5% 이내의 recuperation이 발생된 aliquots의 결과를 이용한다.

SAR법에 의해 작성된 내부 검정곡선은 대부분 일차포화지수식, $f=\{1-\exp(-De/b)\}$ 으로 나타낼 수 있다. 특정 독립변수 지점부터 함수의 증가폭은 급격히 감소하고, 내삽에 의한 등가선량 산출에 많은 오차가 발생할 가능성은 증가한다. 함수에서 De 는 등가선량을

의미하고 b는 포화가 시작되는 점을 의미하는데, De가 포화수준 a의 86.4%를 넘어서면 신뢰성을 부여하기 어렵다.

1.3. TL glow curve

TL (thermo luminescence)은 OSL과 더불어 지층 및 문화재 유적시료의 연대측정에 많이 이용된다. OSL 신호는 태양광 등의 광원에 의해 이전에 축적된 신호를 잃는 속도가 매우 빠르기 때문에 지층이 매장된 이후의 신호만을 검출하는 것이 가능하다. TL은 고온에 장시간 노출했을 때 그 신호를 완전히 잃게 된다. 따라서 고온에 노출되지 않은 지층의 경우 TL을 이용하여 연대를 측정할 경우 시료가 빛의 노출에 의해 제거되지 않은 신호를 검출하여 측정된 연대가 과대평가될 가능성이 있기 때문에 OSL을 이용한 방법이 유리하게 작용한다.⁶ 그러나, TL의 glow curve는 석영 또는 장석 등의 광물이 가진 OSL을 발생시킬 수 있는 여러 trap을 반영할 수 있는 장점이 있다. 예를 들면, 대부분 석영 입자의 경우 OSL 연대측정에 이용하는 주요한 신호가 TL glow curve의 325 °C에서의 peak (RBP, rapidly-bleaching peak)에 해당되며, 시료를 빛에 노출시킴으로써 축적된 신호를 짧은 시간에 잃는다. 그러나 TL glow curve는 매우 복잡하다. 석영입자의 또 다른 주요 OSL 신호는 TL glow curve의 375 °C peak (SBP, slowly-bleaching peak)에 해당되나, 325 °C peak와는 달리 그 신호를 완전히 잃게 하는 것은 쉽지 않다. 이외에도 TL glow curve의 22 °C, 95-110 °C, 150-180 °C, 200-220 °C, 305-325 °C에서 BRP가 관찰되며, SBP로써 260 °C, 350 °C에서 관찰된다.⁷⁻¹¹ 장석의 경우에는 석영보다 매우 복잡한 TL glow peak가 발생한다.⁶ 283 °C, 290 °C, 298 °C, 389 °C를 비롯하여 190 °C, 225 °C, 240 °C, 280 °C, 310 °C, 340 °C 이외에도 많은 TL peak가 장석의 화학조성과 결정구조 등의 차이에 따라 발생한다는 연구가 발표되었다.^{12,13}

OSL 연대측정을 하고자 하는 시료는 물리·화학적 전처리를 한 후에도 순수한 석영입자만이 얻어지지 않기 때문에 장석 등이 불순물로 남아 있게 된다. 석영과 장석으로부터 발생하는 루미네스센스를 각각 분리하여 OSL 연대측정 결과의 신뢰도를 높이는 방법에 대한 연구가 발표되었다.^{2,14-16}

본 연구에서는 물리·화학적 처리 후에도 장석으로부터 발생하는 루미네스센스(IRSL, Infrared stimulated luminescence)가 발생된 것으로 미루어 장석이 불순물

로 여전히 남아 있음을 확인하였다. 따라서 시료 고유의 TL glow curve를 활용하여 새로운 열처리를 적용 시킴으로써 장석에 의한 루미네스센스 신호를 제거하고자 하였다. 그 결과 석영의 OSL 연대측정의 정확도를 높일 수 있었으며, 동일한 지역의 탄소동위원소 연대 측정 결과와 비교하였다. 또한 석영입자의 크기에 따른 OSL 연대를 측정하였다.

2. 실험

2.1. 시료의 채취

충남 태안의 천리포지역에서 연대측정을 위한 시료를 채취하였다. 대상이 되는 지점은 시료 채취를 위해 지층의 표면에 대하여 수직으로 절개하여 절개면을 따라 직경 50 mm, 길이 500 mm의 스테인레스파이프를 지층에 평행하게 삽입하였다. 태양광 및 기타의 광원에 의한 시료의 bleaching을 방지하기 위하여 파이프의 양끝단은 검은색 비닐로 포장하여 빛의 유입을 차단하였다. 삽입된 파이프의 길이 방향으로 파이프 주변의 토양이 연간선량의 측정을 위해 채취되어 건조시킨 후 450 g을 사용하였다.

2.2. 시료의 처리

실험실로 운반한 파이프내부 시료의 모든 물리·화학적 처리는 암실에서 진행하였다. 등가선량의 측정을 위한 시료는 파이프 중앙 50-100 mm 부분만을 사용하기 위하여 파이프를 절단하였다. 시료의 교차오염 방지를 위해 일회용 체를 제작하여 90 μm와 250 μm의 크기를 갖도록 wet sieving을 통하여 입자를 선별한 뒤, Nd자석으로 상자성물질을 제거하였다. 15% HCl, 10% H₂O₂를 순차적으로 적용하여 시료 중의 금속원소 및 유기물을 제거하고, 석영입자 외부표면에 대한 알파 입자의 영향을 배제하기 위해 10% HF, C-HF를 적용하였다. 마지막으로 잔존되어 있는 HF로부터 가능한 CaF₂의 생성을 방지하기 위해 10% HCl을 적용하였다. 시료는 RISØ 국립연구소(Denmark)의 DA-20 TL/OSL reader로 등가선량을 측정할 수 있도록 자연건조 시켰다.

연간선량을 위하여 채취한 시료는 48 시간 동안 건조시켜 함수율을 측정 한 뒤, 144 mm 체를 이용하여 450 mL의 마리넬리 비이커에 담아 감마선 스펙트럼을 160,000초 동안 30% HP Ge (Caberra GMX series) detector가 내장된 감마선 분광분석기와 Genie 2000 프로그램으로 측정하였다.^{235, 238U, 232Th, 40K}의 베타

선 및 감마선에 의한 토양의 흡수선량은 본 연구실에서 최근 계산한 방법에 따랐다¹⁷. 방사성 동위원소의 붕괴로 인하여 생성된 Rn은 시료가 채취된 깊이 및 토양의 밀도 상태에 따라 대기로 방출되는 양에 차이가 발생한다. 본 연구의 시료채취 지점에서의 Rn의 대기 방출여부와 그 비율은 정확한 양을 측정할 수 없기 때문에 Rn 이후의 붕괴영향에 대한 영향은 고려하지 않은 연간선량을 계산하여 연대의 산출에 이용하였다.

석영입자의 크기에 따른 연대를 측정하기 위해 75, 150, 200 μm 의 표준체를 이용하여 크기를 세분화하였다.

3. 결과 및 토의

3.1. TL glow curve를 통한 예열 온도의 설정

전처리 과정을 거친 시료의 예열온도를 설정하기 위해 TL glow curve의 변화를 살펴보았다. TL은 5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 의 속도로 450 $^{\circ}\text{C}$ 까지 측정을 하였으며, 예열을 하지 않았을 때와, 220 $^{\circ}\text{C}$, 260 $^{\circ}\text{C}$, 270 $^{\circ}\text{C}$ 로 예열했을 때의 TL glow curve가 Fig. 1에 나타내었다. 예열은 10초간 이루어졌다. 예열온도에 따라 peak의 위치가 이동하였으며, 260 $^{\circ}\text{C}$ 와 270 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열을 적용하였을 때 그 크기가 대폭 감소되었다. 예열을 하지 않은 시료의 TL glow curve에는 약 200 $^{\circ}\text{C}$ 이상에서 설정된 예열온도 사이에 많은 부분이 기여되고 있음을 짐작할 수 있다. 270 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열이 가해졌을 때 석영의 RBP에 해당하는 325 $^{\circ}\text{C}$ 에서 peak의 위치가 고정되었고, TL의 크기를 확보할 수 있었다. 260 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열을 실시했을 때 역시 석영의 325 $^{\circ}\text{C}$ 의 RBP peak인 325 $^{\circ}\text{C}$ 에서 peak이 나타났다.

OSL에 적합한 신호를 선별하기 위하여 석영 이외

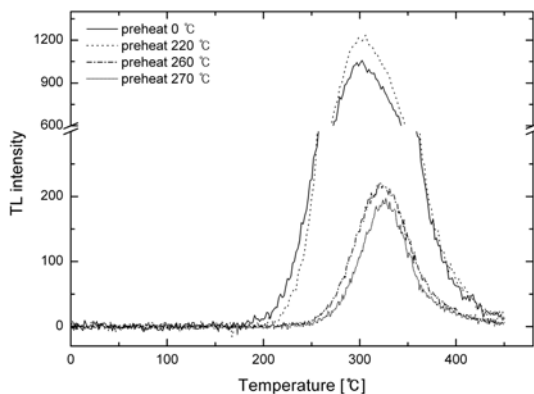


Fig. 1. Effect of the preheat temperature on TL glow curves

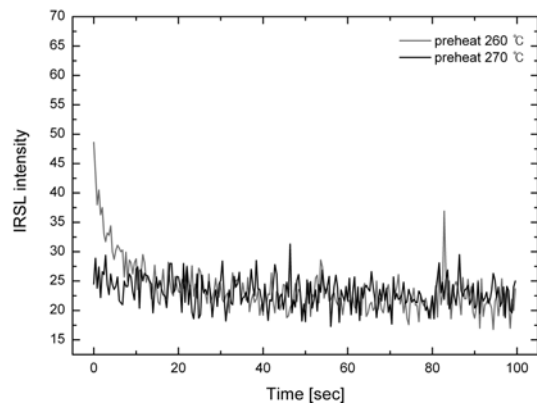


Fig. 2. IRSL signal from feldspar after preheat of 260 $^{\circ}\text{C}$ and 270 $^{\circ}\text{C}$.

의 광물로부터 나타나는 적합하지 않은 신호를 제거하고 선별된 신호를 고정화시키기 위한 예열온도의 설정을 위해 TL glow curve를 예열온도에 따라 의존성 여부를 확인하였다.

예열 과정을 거친 시료로부터 장석에 의해 발생하는 IRSL 신호가 Fig. 2에 나타나었다. 전처리 과정을 거친 시료를 260 $^{\circ}\text{C}$ 와 270 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열을 처리한 후 실온에서의 IRSL을 100초 동안 측정하였다. 장석으로부터 발생하는 IRSL 신호는 260 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열이 가해진 후에도 여전히 존재하였으며, 10 $^{\circ}\text{C}$ 를 더 높인 예열에 의해 제거되었다. Fig. 1의 결과에 의해 빠른 신호의 감소를 보이는 석영의 RBP를 선택하고 Fig. 2에 의해 IRSL 신호를 제거할 수 있는 270 $^{\circ}\text{C}$ 와 260 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열을 사용한 결과에 의한 OSL에 의한 등가선량과 연대를 비교하였다.

3.2. OSL에 의한 등가선량의 산출

OSL에 의한 천리포 지역의 등가선량은 다음의 Table 3-1에 나타내었다. 사용된 예열은 260 $^{\circ}\text{C}$ 와 220 $^{\circ}\text{C}$ 의 cut-heat을 설정하였다. 모든 시료를 48개의 aliquots로 나누어 측정하였으나, 통계적으로 이용 가능한 배제 조건을 만족시킨 aliquots는 CR 1과 CR 7의 경우 불충분하여 측정된 연대에 많은 오차가 발생할 수 있다. TL glow curve를 통해 예열온도의 영향을 살펴보았을 때, 270 $^{\circ}\text{C}$ 예열의 TL 크기가 260 $^{\circ}\text{C}$ 에 비하여 다소 작았다. 270 $^{\circ}\text{C}$ 의 예열과 cut-heat으로 예열과 같은 조건을 적용시킨 결과는 Table 3-2에 나타내었다.

모든 시료의 연대는 260 $^{\circ}\text{C}$ 예열과 220 $^{\circ}\text{C}$ 의 cut-

Table 3.1. Equivalent doses and ages of coastal sand dune stratum in Chollipo in the conditions of the preheat of 260 °C heat and the cut-heat of 220 °C^a*

	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9
De (Gy) ^b	156.3±3.7	157.2±10	142.7±7.6	154.8±6.5	140.4±7.8	148.7±10	198.9±30	139.5±6.8	111.3±10
Aliquots ^c	2	11	11	13	15	12	2	22	13
Age (ka) ^d	58.3±1.7	56.1±3.8	53.5±3.0	60.9±2.8	58.3±3.4	51.7±3.7	68.2±11	49.1±2.5	45.0±4.2

Table 3.2. Equivalent doses and ages of coastal sand dune stratum in Chollipo in the conditions of the preheat of 270 °C and the repeated same preheat as cut-heat^a

	CR 1	CR 2	CR 3	CR 4	CR 5	CR 6	CR 7	CR 8	CR 9
De (Gy) ^b	126.5±12	112.9±7.4	88.4±7.2	116.2±9.0	116.9±9.5	126.3±11	116.0±8.0	107.9±8.1	99.7±10
Aliquots ^c	13	17	26	27	13	28	21	35	19
Age (ka) ^d	47.2±4.6	40.3±2.7	33.1±2.8	45.7±3.6	48.5±4.0	43.9±4.0	39.8±2.8	38.0±2.9	40.3±4.2

^a Applied 260 °C preheat and 220 °C cut-heat

^a Applied 270 °C preheat and repeated preheat as cut-heat

^b De means equivalent dose

^c Age producible aliquots number (physical and statistical stands) from measured 48 aliquots

^d Age means the time past since the last deposition of stratum

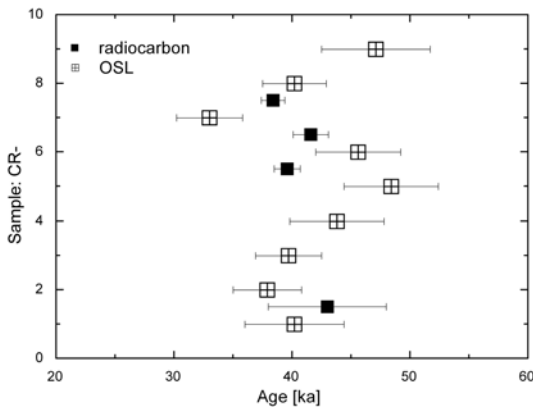


Fig. 3. Comparison of OSL dating and radiocarbon dating for the coastal sand dune stratum in Chollipo.

heat을 적용했을 때보다 다소 낮았다. 각 시료마다 측정된 48개의 aliquots 중 이용 가능한 aliquots의 수는 270 °C 예열과 cut-heat으로 270 °C의 예열을 적용시켰을 때 더욱 증가되어 OSL의 물리적 특성 및 통계적 이용가치가 높은 결과를 나타낼 수 있었다. 이 결과를 방사성탄소 연대측정법에 의한 결과와 비교하여 Fig. 3에 나타내었다. 방사성 탄소연대측정법과 OSL 연대측정법에 의한 두 결과는 매우 비슷한 추세를 보였으며, 인접한 높이에서 채취한 시료의 경우 연대가 오차범위 이내에서 동일한 결과가 나타났다. 260 °C 예열-220 °C cut-heat을 적용하면 방사성탄소 연대측정법에 의한 결과와는 다른 추세를 보였다.

3.3. 입자의 크기 분포에 의한 OSL 연대측정

천리포를 거친 CR-1과 CR-9시료는 75, 150, 200 μm의 표준체를 이용하여 크기를 4개의 분포군으로 나누어, 입자의 크기 분포에 따른 열처리 조건의 변화에 의한 OSL 연대를 비교하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 모든 측정은 24개의 aliquots로 나누어 이루어졌다. 260 °C 예열과 220 °C cut-heat의 열처리 조건을 적용하였을 때, CR-1은 입자의 크기가 150 μm 이상일 때, 측정된 연대에 신뢰성을 부여할 수 있는 결과를 나타내지 못했다. 그러나, 270 °C의 예열과 cut-heat으로서 예열조건을 적용시켰을 때는 입자의 크기 분포별로 연대를 산출할 수 있었다.

CR-1 시료의 260 °C 예열조건에서는 75-150 μm 분포에서 Table 3.1과 같은 결과를 얻을 수 있었으나 20%의 오차 범위와 결과를 이용할 수 있는 aliquots의 개수가 적기 때문에 산출된 연대의 신뢰성은 부족하다. 반면, Table 3.2와 오차범위 내에서 같은 결과는 270 °C 예열조건에서 75 μm 이하의 크기분포에서 얻을 수 있었다. 270 °C의 예열에는 75 μm 이하의 입자들이 주로 OSL 신호에 영향을 준 것으로 추측된다. CR-9의 경우, Table 3.2의 결과는 270 °C 예열조건에서 75-150 μm의 분포에서 얻어진 반면, 260 °C의 예열조건을 이용한 Table 3.1의 결과는 어떠한 입자크기 분포에서도 일치되지 않았다. 260 °C의 예열이 이용되었을 때는 입자의 크기 분포에 따라 다양한 결과를 나타낸 것으로 보아 입자의 크기 분포별로 Table 1의

Table 4. Dependence of the thermal treatment and the size distribution in OSL age dating

		270 °C preheat - repeated preheat as cut-heat				260 °C preheat -220 °C cut-heat			
Grain size (μm)		<75	75-150	150-200	200<	<75	75-150	150-200	200<
Age (ka)	CR-1	41.9±2.5 (14)	39.5±2.8 (16)	39.1±4.6 (13)	38.9±2.4 (15)	74.6±6.7 (2)	57.0±11 (3)	-	-
	CR-9	31.9±3.1 (18)	39.5±2.5 (17)	48.1±3.3 (13)	44.3±3.8 (16)	28.0±4.3 (6)	54.9±21 (3)	52.7±11 (4)	54.5±3.7 (6)

The numbers in () means age producible aliquots number from measured 24 aliquots

결과에 모두 영향을 준 것으로 보인다.

충남 천리포 사구 시료는 270 °C의 예열과 그리고 cut-heat을 두 번째의 예열로 처리하였을 때 장석으로부터 발생되는 IRSL 신호와 OSL에 이용하지 않는 신호를 제거하여 SAR법에 의한 포화도를 낮추어 각각의 시료마다 많은 aliquots가 결과를 산출하는데 이용될 수 있었으며 OSL에 의한 연대측정에 재현성을 더욱 확보하는 것이 가능했다. 전처리 과정을 거친 시료를 입자의 크기에 따라 OSL을 이용하여 연대를 측정 한 결과, 입자의 크기별로 산출된 연대에 주로 영향을 미치거나 혹은 각각의 크기별로 연대의 산출에 영향을 준 것으로 보인다. 본 연구에서는 OSL을 이용하여 연대를 산출하는 과정에서 석영을 이용한 OSL 연대 측정에서의 물리적 현상을 이용함과 동시에 결과에 대한 통계적인 신뢰성을 부여할 수 있는 연대 산출에 중점을 두었다. 지층의 연대를 입자의 크기별로 산출하는 것은 의미 있는 과정이 될 수 있다. 크기에 따라 다른 연대가 산출된 것은 지층의 퇴적 기원이 서로 다른 곳에서 거의 동시에 이루어졌을 가능성을 추측할 수 있다. 이러한 가정이 성립할 경우, 퇴적층을 구성하는 유입기원을 추적하고 주요 구성기원을 파악할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 “지질물질 특성분석 시스템 구축 및 표준화(08-3412-11)” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. A. S. Murray and A. G. Wintle, *Radiation Measurements*, **32**(1), 57-73(2000).
2. D. Banerjee, A. S. Murray, L. Botter-Jensen and A. Lang, *Radiation Measurements*, **33**(1), 73-94(2001).
3. A. S. Murray and J. M. Olley, *Geochronometria*, **21**, 1-16(2002).
4. L. Bøtter-Jensen, Stephen W. S. Mckeever and Ann G. Wintle, ‘Optically Stimulated Luminescence Dosimetry’, 119-130, 276-298, Elsevier Science, Netherlands, 2003.
5. 김종욱, 장호완, 최정현, 최광희, 변종민, 한국지형학회지, **14**(1), 15-27(2007).
6. M. J. Aitken, ‘An Introduction to Optical Dating’, 20-25, Oxford University Press, USA, 1998.
7. R. B. Scholefield, J. R. Prescott, A. D. Franklin and P. J. Fox, *Radiation Measurements*, **23**(2-3), 409-412(1994).
8. J. R. Prescott and P. J. Fox, *Ancient TL*, **8**(3), 32-34(1990).
9. D. J. Huntley, D. I. Godfrey-Smith and E. H. Haskell, *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, **18**(1-2), 127-131(1991).
10. B. W. Smith, M. J. Aitken, E. J. Rhodes, P. D. Robinson and D. M. Geldard, *Radiation Protection Dosimetry*, **17**(1), 229-233(1986).
11. B. W. Smith and E. J. Rhodes, *Radiation Measurements*, **23**(2-3), 329-333(1994).
12. J. F. S. Bitencourt, D. M. Silva, P. H. Silva, A. Kinoshita, C. S. Munita and S. H. Tatum, *Radiation Measurements*, **41**(7-8), 948-953(2006).
13. A. B. Ahmed, R. K. Gartia and P. S. Mazumdar, *J. Materials Science*, **23**(10), 3683-3687(1988).
14. G. A. T. Duller, L. Bøtter-Jensen and N. R. J. Poolton, *Radiation Measurements*, **24**(1), 87-93(1995).
15. M. Jain and A. K. Singhvi, *Radiation Measurements*, **33**(6), 883-892(2001).
16. Zhixiong Shen, Barbara Mauz, Andreas Lang, Jan Bloemenda and John Dearing, *Quaternary Geochronology*, **2**(1-4), 150-154(2007).
17. 김기동, 음철현, 방준환, 한국분석과학회지, **20**(6), 460-467(2007).