

# 건축물 재료를 이용한 사고선량 복원 연구

2016년 5월 11일 (수)

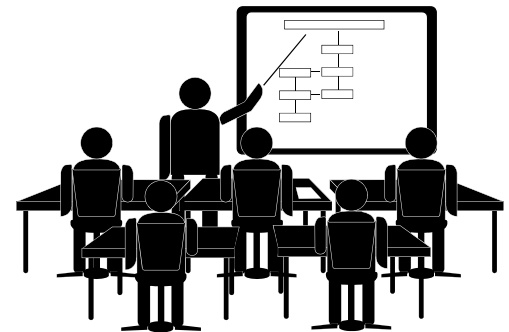
김명진, 이용주<sup>1</sup>, 이정일, 김장렬<sup>2</sup>, 홍덕균<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)네오시스코리아 방사선기술연구소, <sup>2</sup>한국원자력연구원, <sup>3</sup>강원대학교

# Contents

---

- 1 TL/OSL 이란?
- 2 연구 배경
- 3 연구 목적
- 4 사전 연구개발
- 5 SAAD-POSL 분석법
- 6 결과 및 토의
- 7 결론



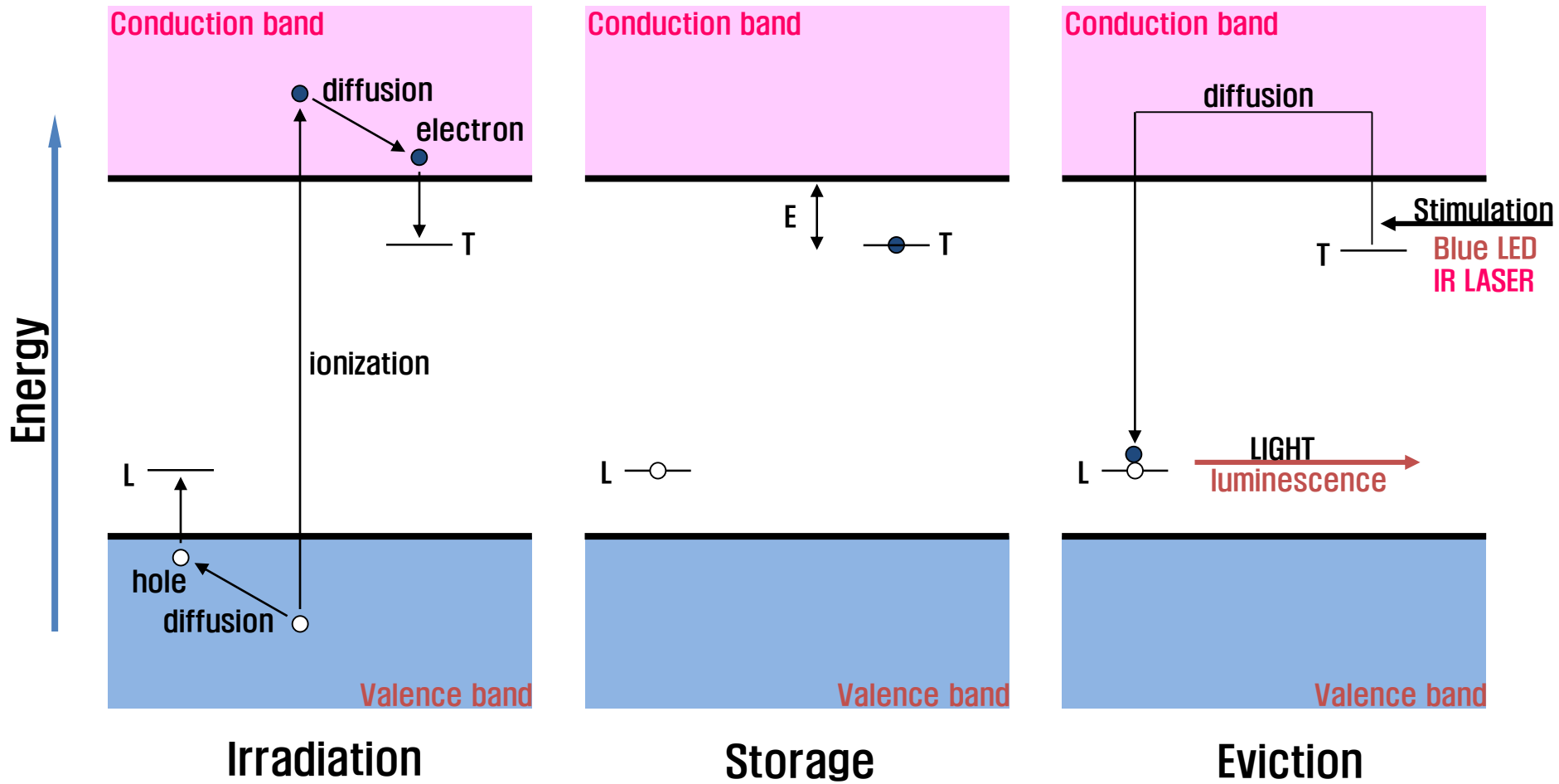
# 1. TL/OSL 이란?

## 1.1. TL/OSL research history

연도	연구자	관련내용	비고
2016		Basic research <<< Application	
2000	Murray and Wintle	Single aliquot regenerative dose (SAR) method	
1991	Riso Lab.	Riso TL/OSL reader 개발	
1985	Huntley et al.	“Optical dating of sediments” Optically stimulated luminescence (OSL)	
1985	Aitken	Thermoluminescence dating (Academic press)	
1966	Cameron & Harshaw	Commercial TL dosimeter, TLD-100	
1953	Daniels et al.	“Thermoluminescence as a research tool” TL dosimetry for atom weapon test using LIF material TL dating for irradiated rock material	
1935	Lyman	Dosimetry를 위해 TL 적용	
1930	Urbach	TL peak와 electron trap depth 상관관계	
1904	Curie	Radiation induced TL 개념 제안 (PhD thesis)	
1895	Wiedemann & Schmidt	Thermoluminescence (TL) 용어 최초 사용	
1663	Boyle	다이아몬드에서 방출되는 희미한 빛 발견	

# 1. TL/OSL 이란?

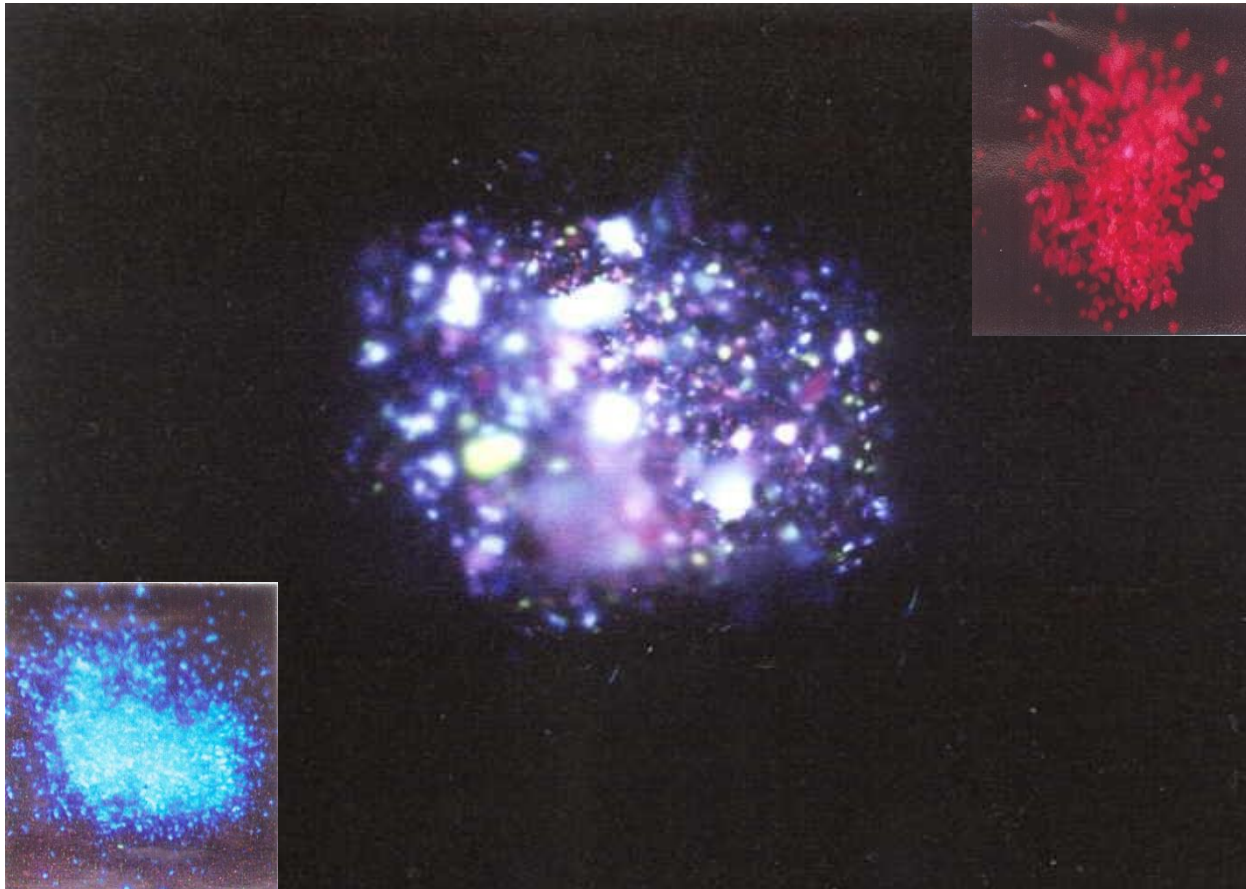
## 1.2. Physical model



$E_{\text{emission}} > E_{\text{stimulation}}$  : Anti-Stokes theorem

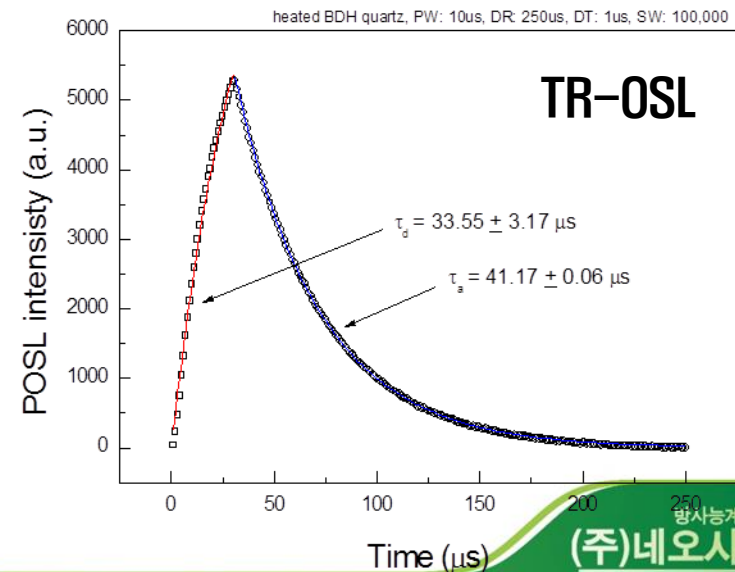
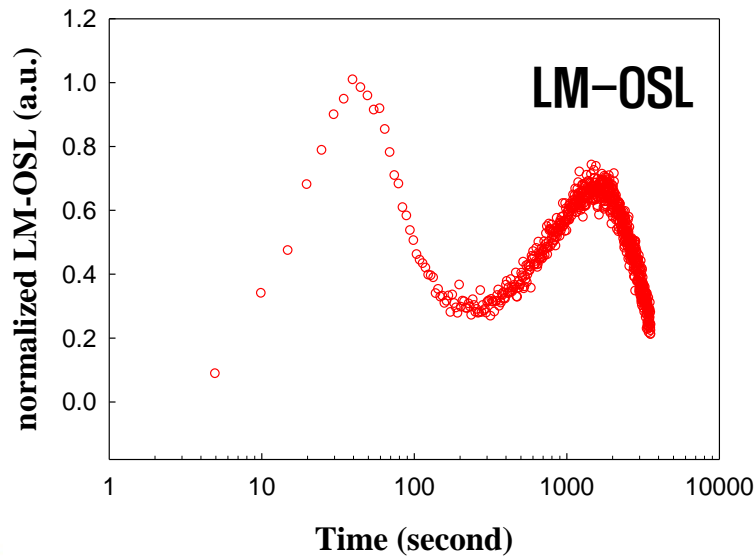
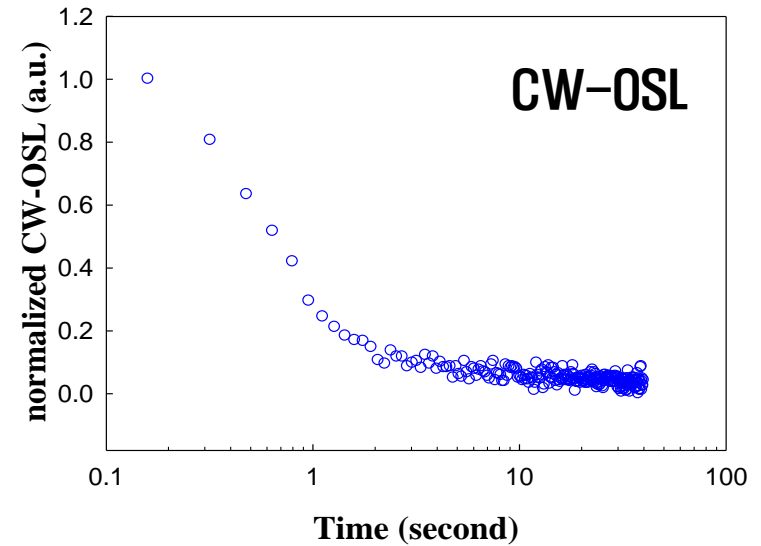
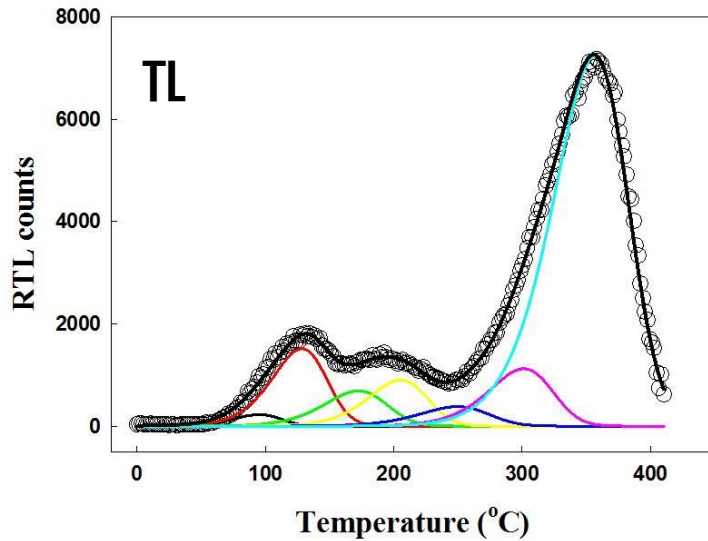
# 1. TL/OSL 이란?

## 1.2. Physical model



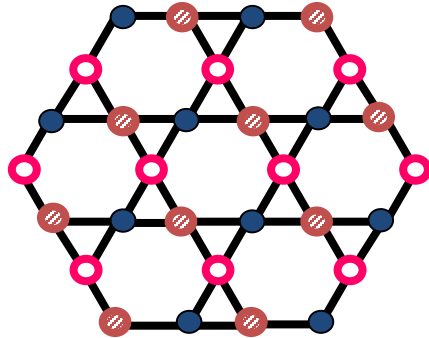
# 1. TL/OSL 이란?

## 1.3. TL/OSL signal

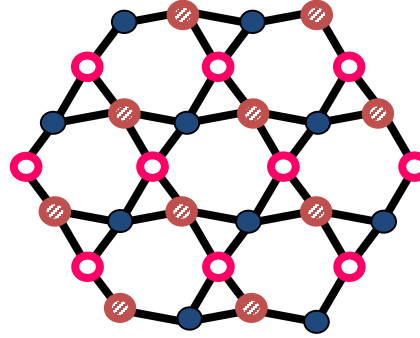


# 1. TL/OSL 이란?

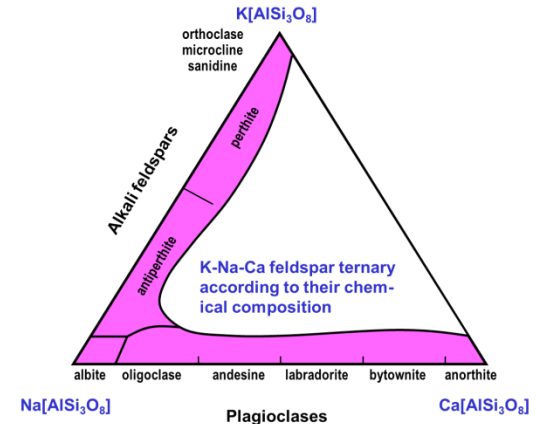
## 1.4. Natural sample materials



<  $\alpha$ -quartz >

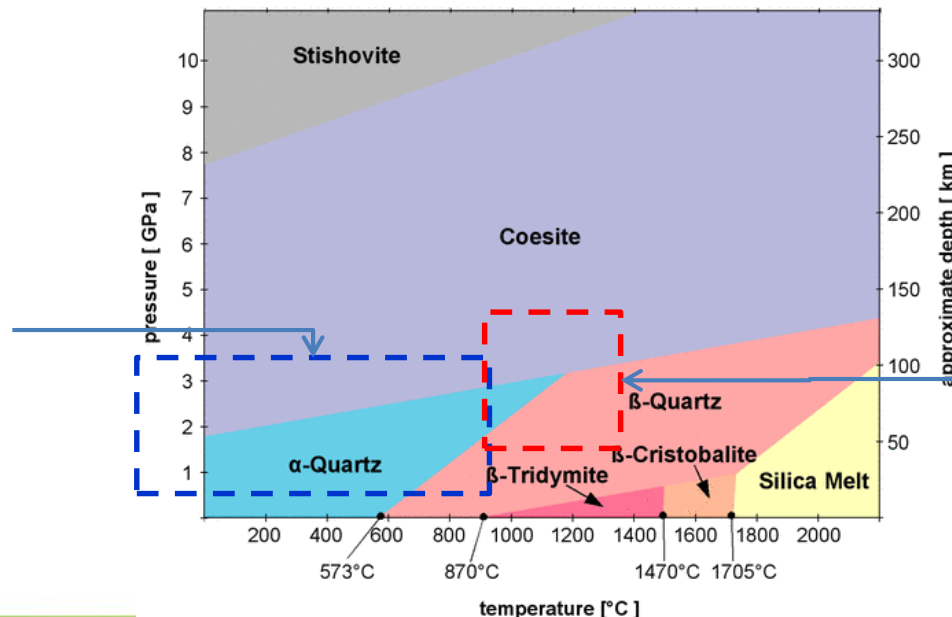


<  $\beta$ -quartz >



< Feldspar >

SAR-OSL  
SAR-TTOSL  
SAR-ITL  
SAAD-POSL



SAR-TL (2006)  
SAAD-POSL (2014)

## 1.4. Natural sample materials

Some values for **Trap Parameters** & **Electron Lifetimes** at 15°C

Mineral and peak Temp.(°C)		Trap depth (eV)	Frequency factor (sec <sup>-1</sup> )	Method	Lifetime (years)	Reference
Quartz	85	0.84	1.9*10 <sup>11</sup>	IR	0.13*10 <sup>-3</sup>	Strickertsson(1985)
	110	0.80	2.7*10 <sup>9</sup>	IR	1.2*10 <sup>-3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	110	0.98	8*10 <sup>12</sup>	Several	0.8*10 <sup>-3</sup>	Fleming(1969,1979)
	110	0.99	—	IR,ID,PS	—	Wintle(1975)
	190	1.42	3.4*10 <sup>14</sup>	IR	0.7*10 <sup>3</sup>	Strickertsson(loc.cit)
	230	1.79	5*10 <sup>18</sup>	PS	130*10 <sup>3</sup>	Wintle(1974,1975a)
	240	1.60	9.2*10 <sup>14</sup>	IR	340*10 <sup>3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	310	1.68	1.8*10 <sup>13</sup>	IR	450*10 <sup>6</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	325	1.69	1*10 <sup>14</sup>	ID,PS	100*10 <sup>6</sup>	Wintle(1975a,1977)
375	1.66	1.5*10 <sup>13</sup>	IR	≥ 10 <sup>8</sup>	Fleming(loc.cit.)	
K-feldspar	90	0.76	6*10 <sup>9</sup>	IR	0.16*10 <sup>-3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	110	1.10	1.3*10 <sup>13</sup>	IR	43*10 <sup>-3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	210	1.40	2.8*10 <sup>13</sup>	IR	3.6*10 <sup>3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	280	1.62	4.1*10 <sup>13</sup>	IR	3.9*10 <sup>3</sup>	Strickertsson(loc.cit.)
	320	1.60	1*10 <sup>13</sup>	IR	1*10 <sup>9</sup>	Hutt & Smitnov(1983 & pers. comm.) 방사능계측



## 1.5. TL/OSL 연구분야

### 가. Physical research

- Photoionization cross-section using CW-OSL and LM-OSL
- Trap properties using RTL
- Lifetime and physical characteristics using TR-OSL

### 나. Retrospective dosemetry

- Single grain measurement
- SAR-TL measurement
- SAAD-POSL measurement

### 다. Archaeological research

- Dating of pottery, roof-tile, burnt soil, etc.
- Dating of hydroponic farm, etc.
- Dating of Paleolithic culture layer, Paleosol, etc
- Dating using predose effect
- Dating using subtraction method
- Provenance study

### 라. Geological research

## 2. 연구 배경

- 1986년 4월 26일 Chernobyl 원전사고 발생
- 방사성 강하물이 주변지역에 지속적인 방사능 오염을 초래
- 방사성 낙진 등으로 인한 사고선량 평가 필요
- 건축재료(벽돌, 타일, 콘크리트 등)를 이용한 사고선량 평가 연구(EU)

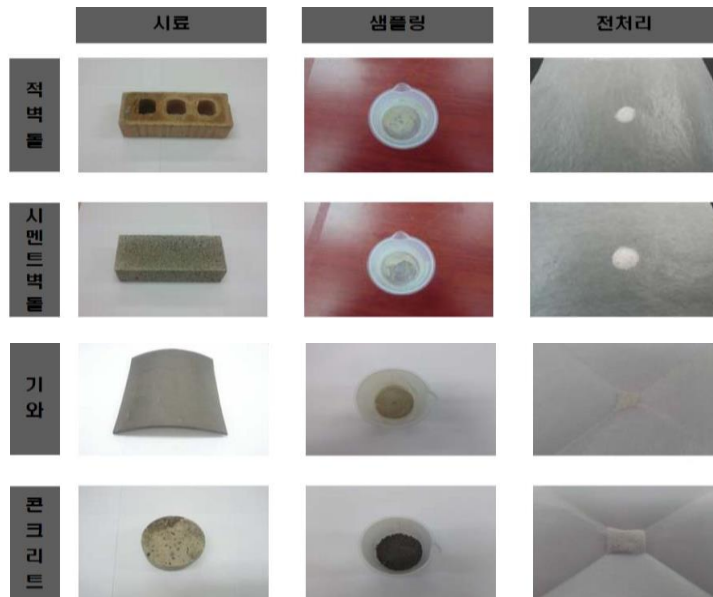


〈 우크라이나 프리피야트 전경 〉

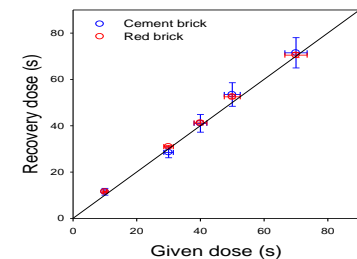
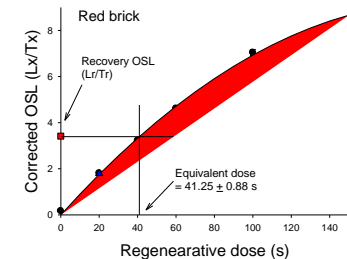
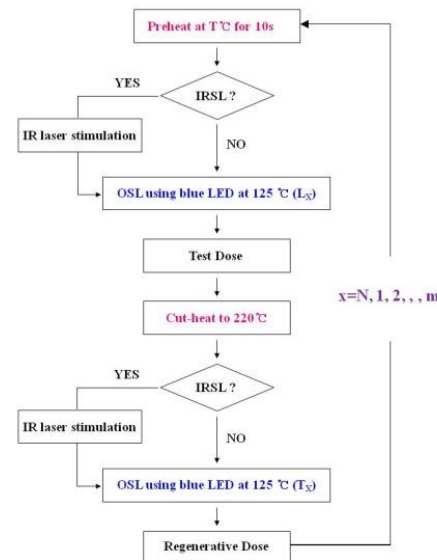
## 2. 연구 배경

### ➤ 건축재료를 이용한 사고선량 평가 연구

#### < 석영시료 분리 >



#### < SAR 분석법 >



**석영 추출**을 위한 Conc. HF(~48%)를 이용한 화학 전처리 필수

화학 전처리 및 SAR 분석 과정에서 **장석의 오염** 존재

사고선량 분석시간 : > 50 hr / 등가선량(equivalent dose)

석영 추출을 위한 **화학 전처리 없이** 사고선량을 신속히 산출  
건축재료를 이용한 **사고선량 신속평가법** 개발



## SAAD-POSL 분석법

#### < Pulsed OSL(POSL) >

- 석영과 장석의 OSL 신호 간의 lifetime 차를 이용하여 **화학전처리 없이 석영 신호만을 추출**
- 매우 짧은 시간동안의 측정이므로 **partial bleach 현상 발생**

#### < SAAD 분석법 >

- 단일 시료 디스크를 **partial bleach 측정하여 등가선량 산출**
- 등가선량 계산용 **S/W 부재**
- **저선량 조사**를 위한 조사장치 필요

## 4. 사전 연구개발

- POSL 측정을 위한 새로운 시료 채취법 개발

[Core-disc sampling]



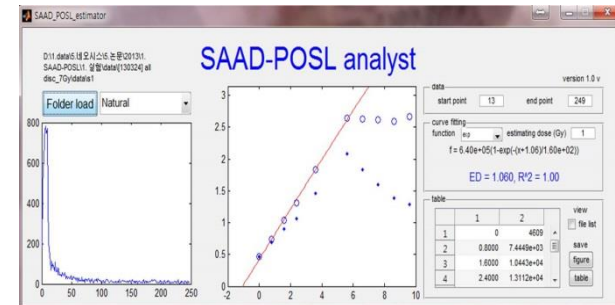
- 저선량 조사가 가능한 POSL측정장치 개발

[POSL system + X-ray source]



- SAAD분석법을 위한 등가선량 산출용 프로그램 개발

[SAAD-POSL analyst program]



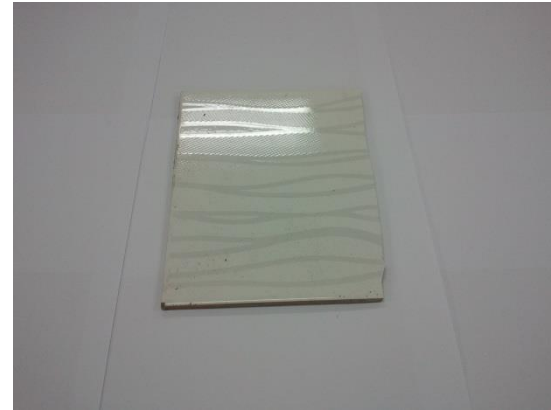


## 5. SAAD-POSL 분석법

### 5.1. 시료 및 전처리



(a) 적벽돌



(b) 타일



(c) 변기



(d) 기와

# 5. SAAD-POSL 분석법

## 5.1. 시료 및 전처리



(a) 시료(적벽돌)



(b) 코어링



(c) 디스크형 커팅



(d) 표면 폴리싱



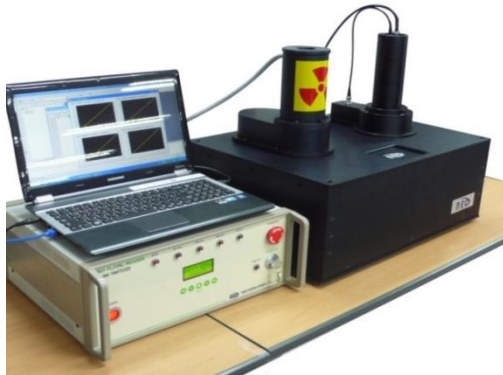
(e) 완성된 시료



(f) 시료 광표백

# 5. SAAD-POSL 분석법

## 5.2. 실험기기 및 분석프로그램



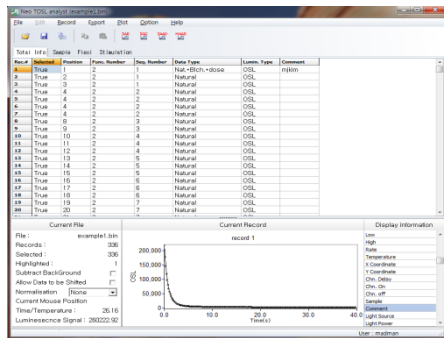
(a) Neo TOSL system



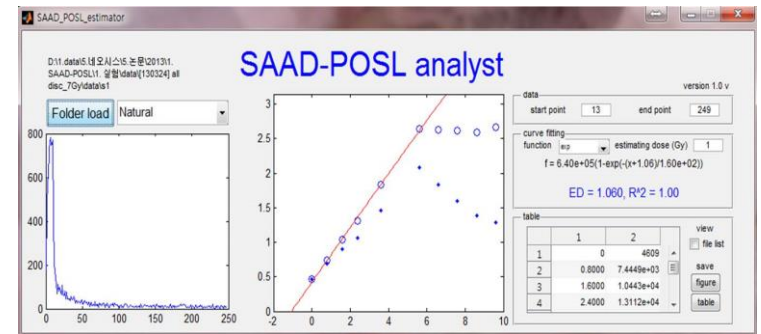
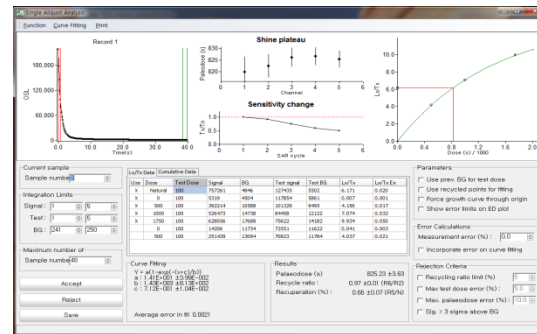
(b) KNU POSL system



(c) Riso TL/OSL system



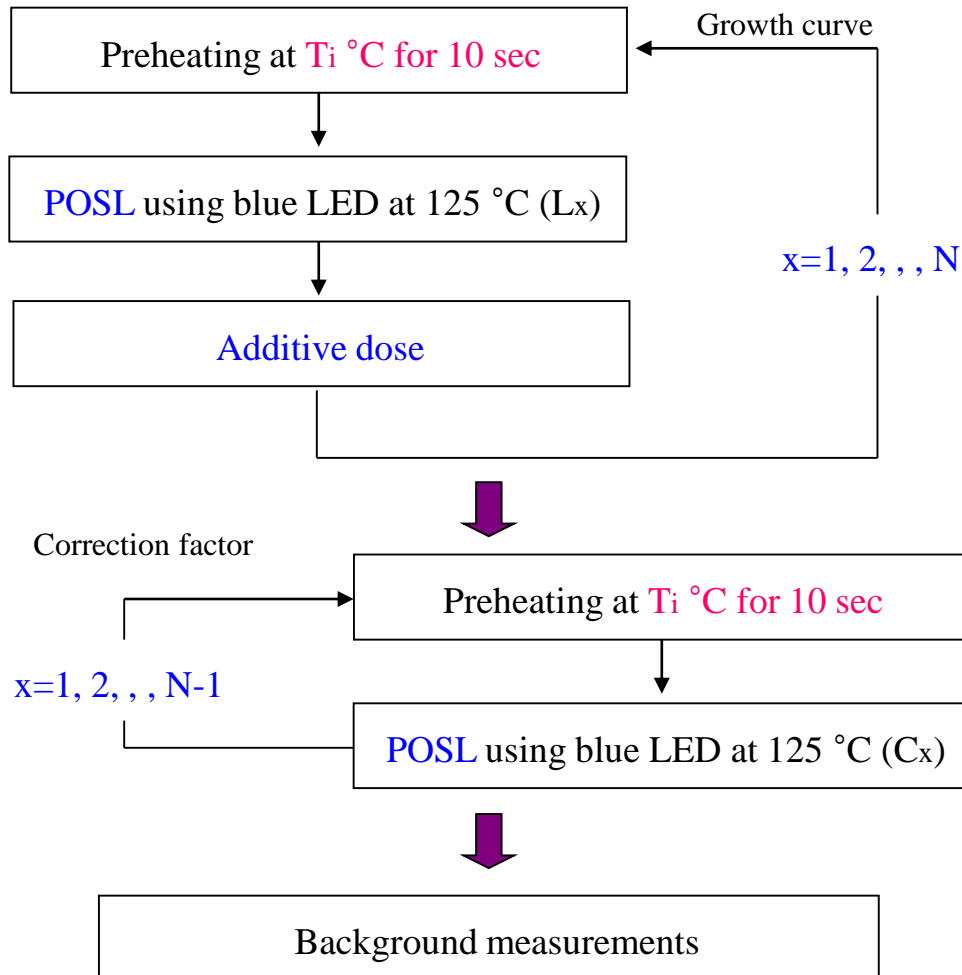
(d) Neo TOSL analyst



(e) SAAD-POSL analyst

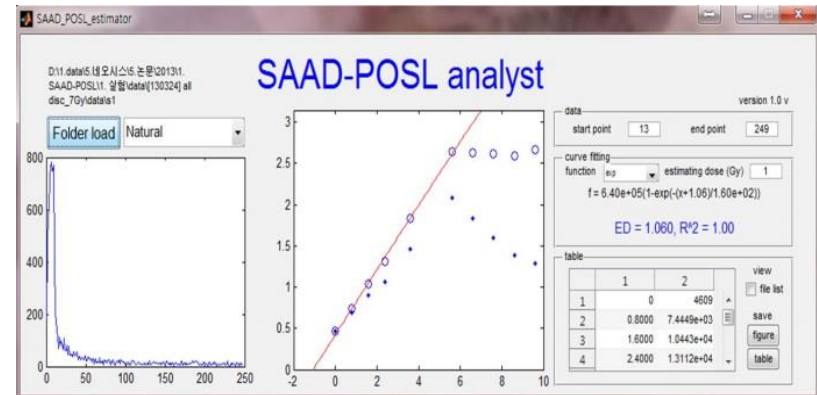
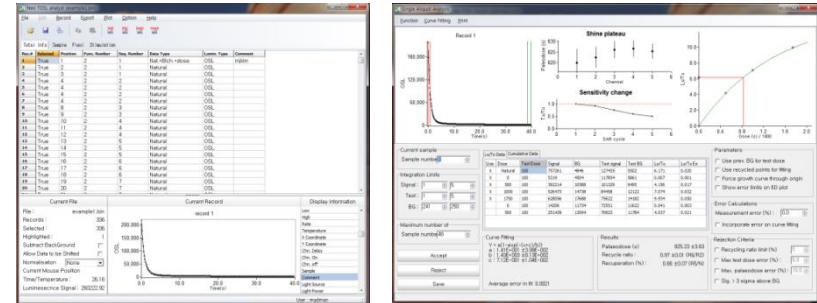
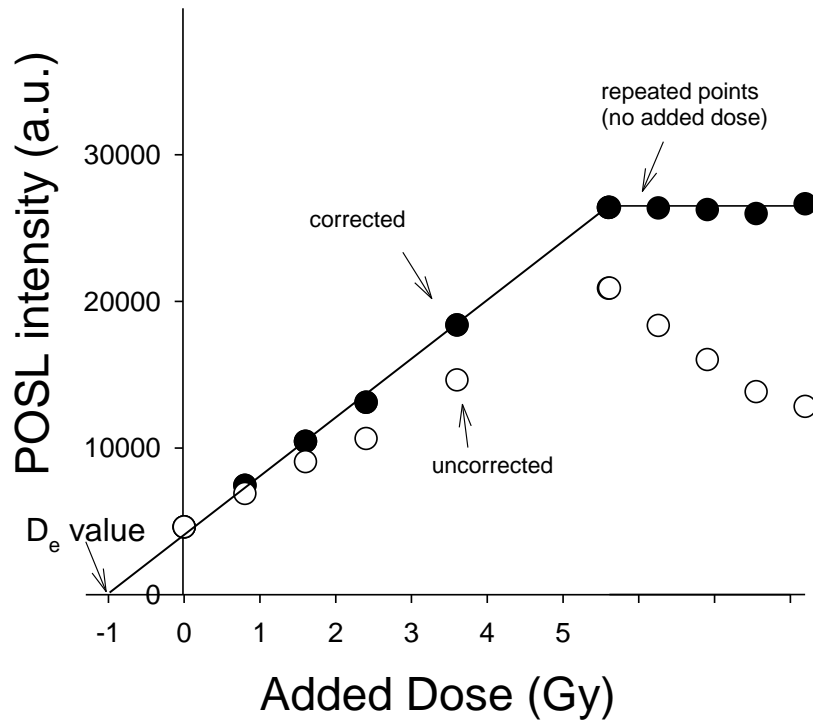


## 5.3. SAAD-POSL 분석법



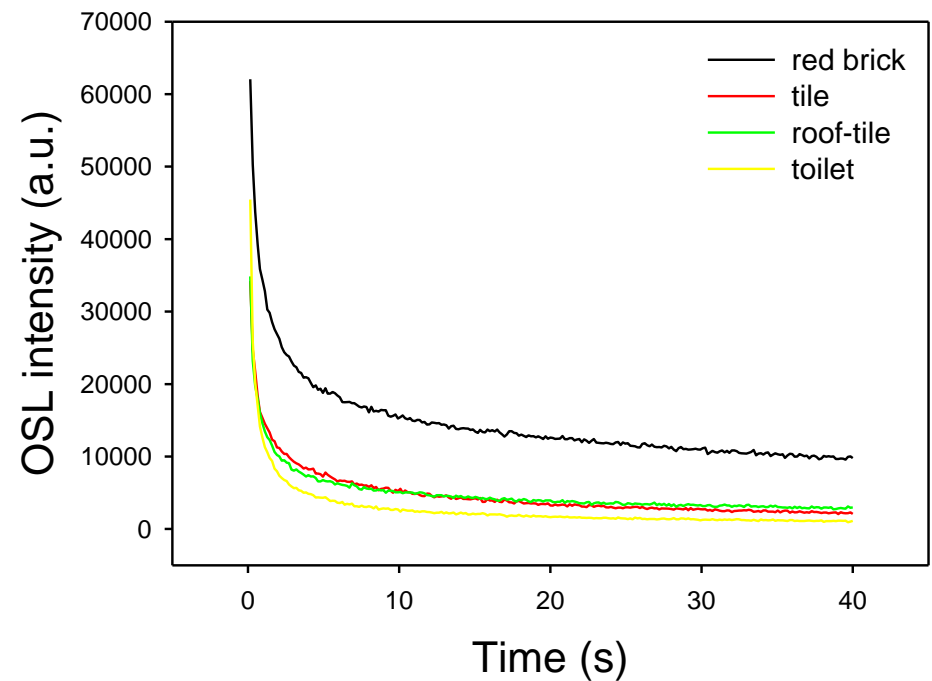
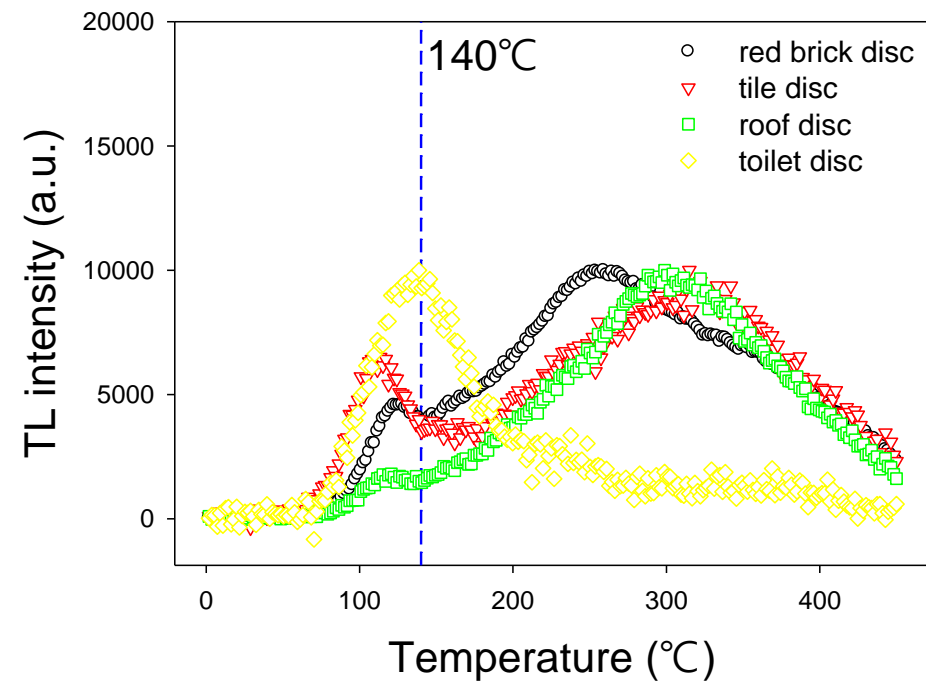
- Pulse condition
  - Pulse width : 10us
  - Dynamic range : 250us
  - Sweep number : 10,000
- Measurement condition
  - Dwelling time : 1us
  - Channel number : 250

## 5.3. SAAD-POSL 분석법



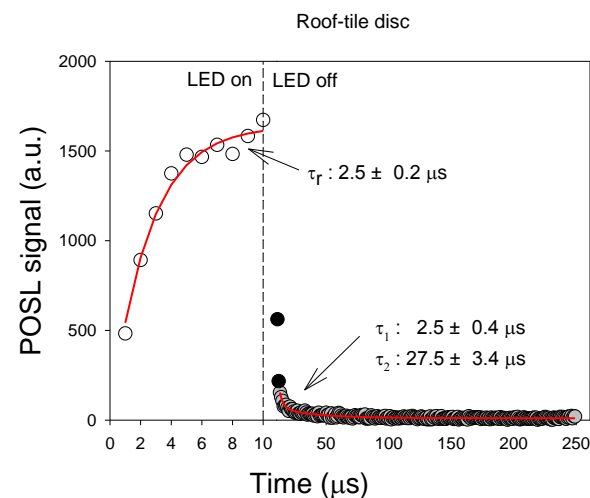
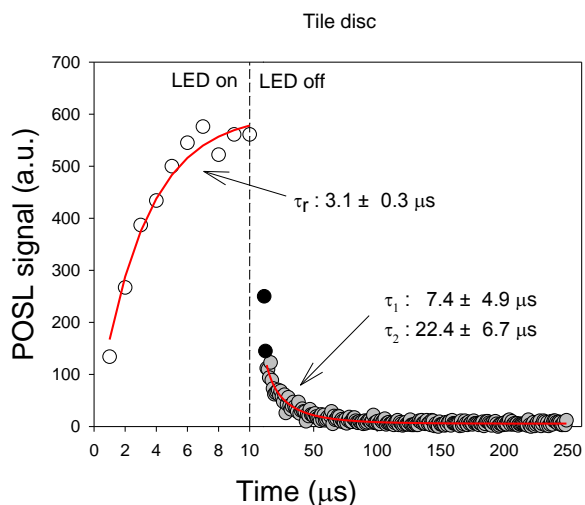
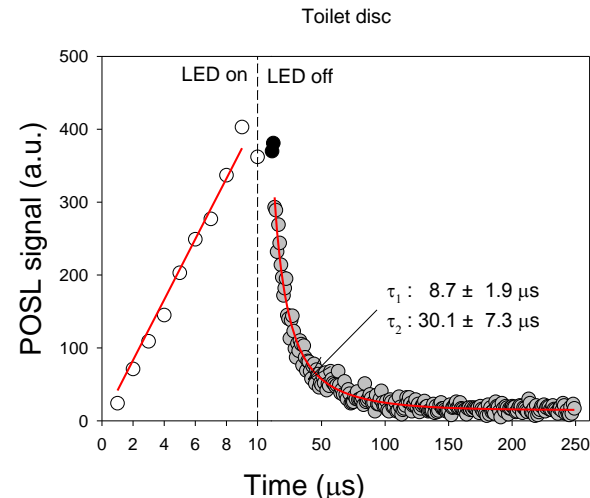
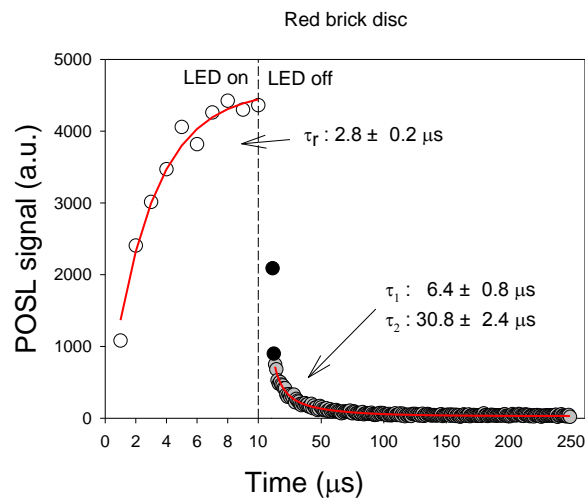
< SAAD-POSL 분석법을 이용한 등가선량 산출 >

## 6.1. TL/OSL 신호의 물리적 특성 파악



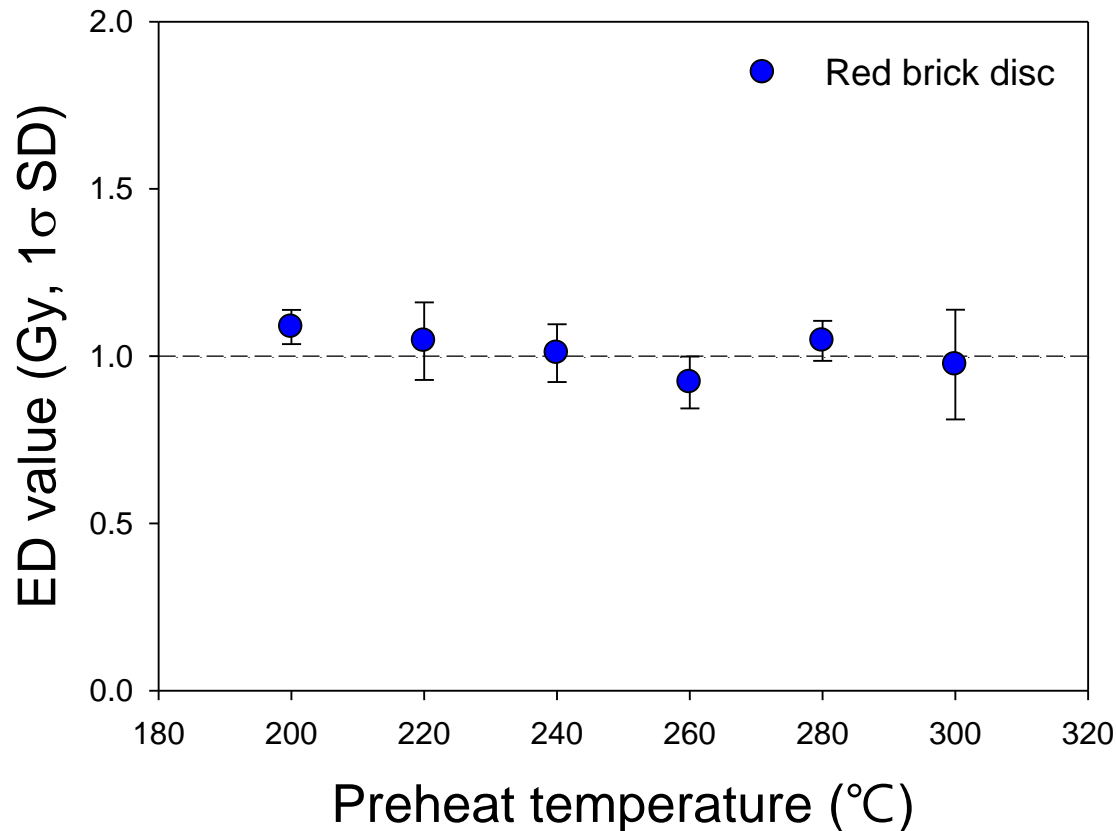
〈 건축물 시료에 대한 TL/OSL 신호의 특성 〉

## 6.2. POSL 신호의 물리적 특성 파악



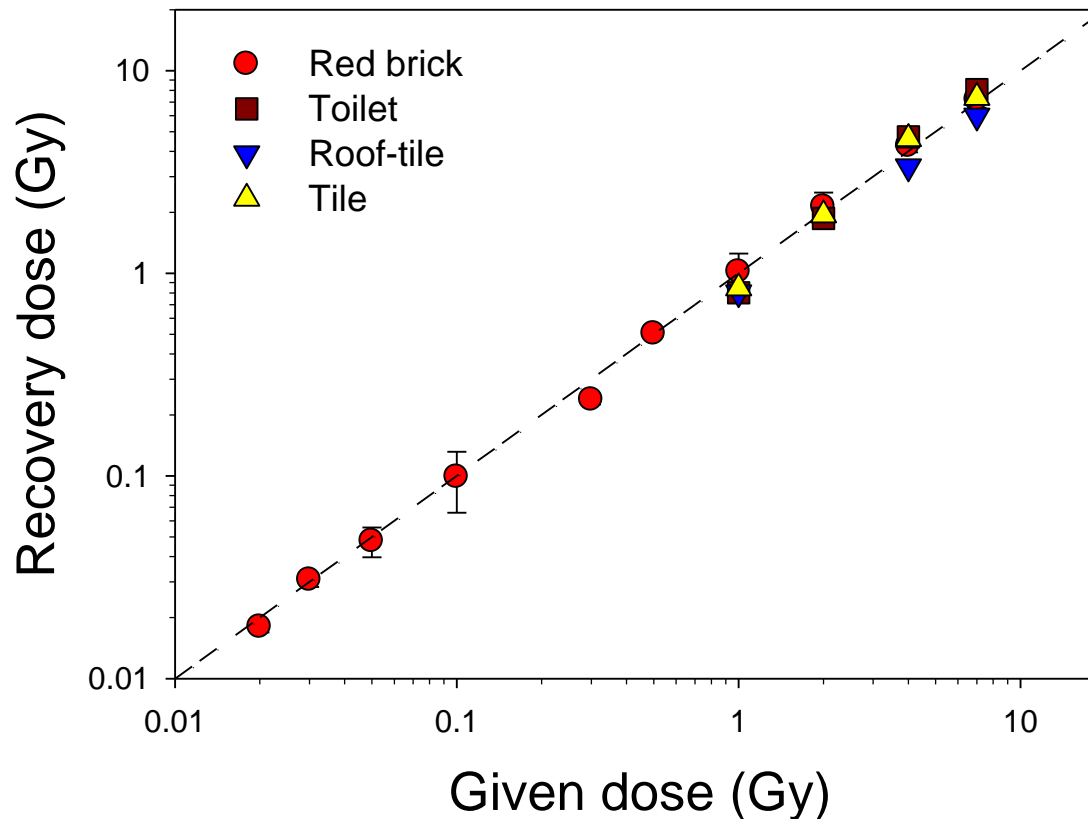
〈 건축물 시료에 대한 POSL 신호의 특성 〉

### 6.3. Plateau test



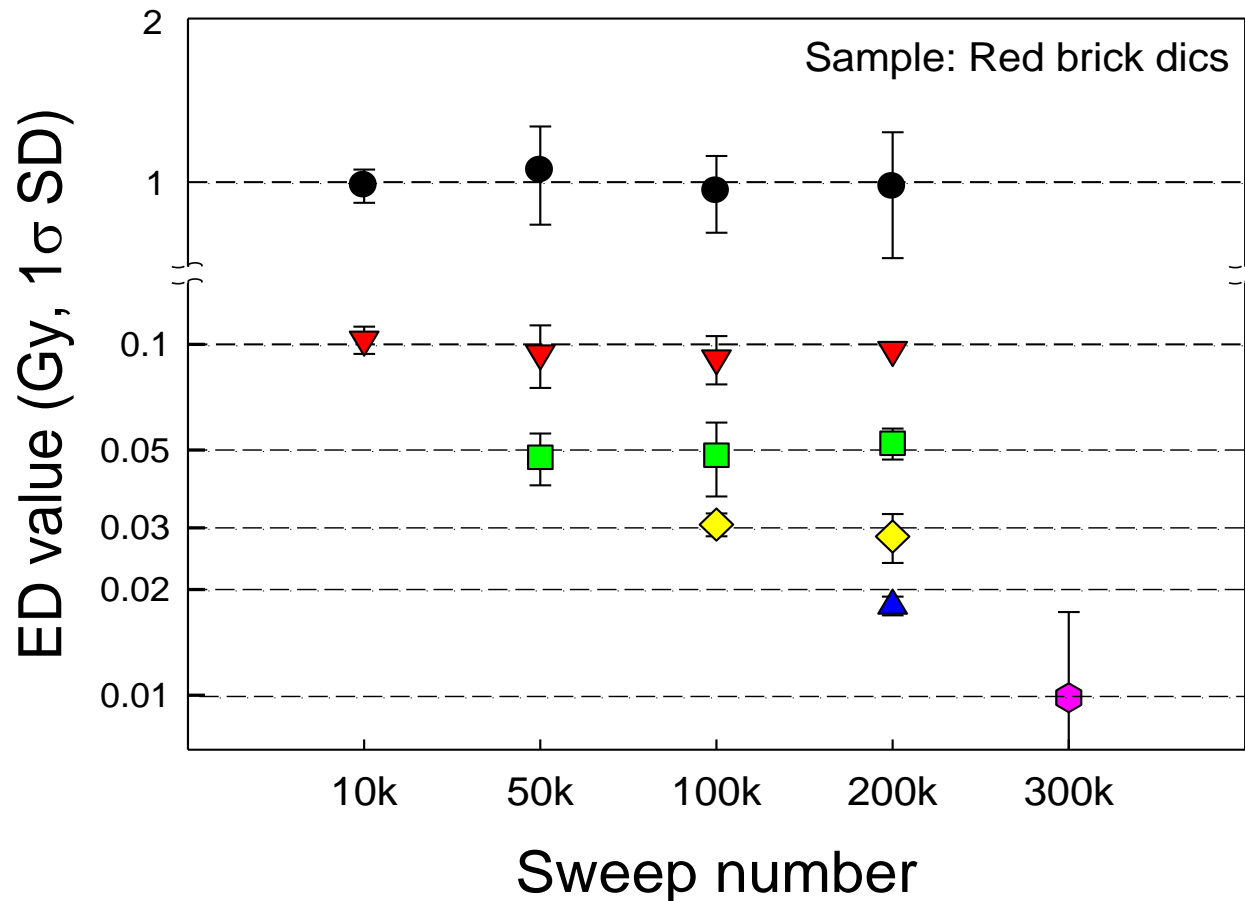
〈 ED의 열전처리 의존성 평가를 위한 플래토우 평가〉

### 6.4. Dose recovery test



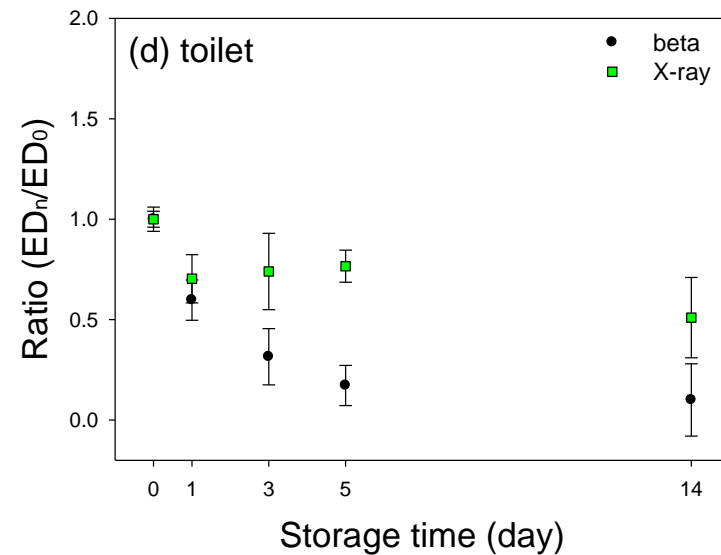
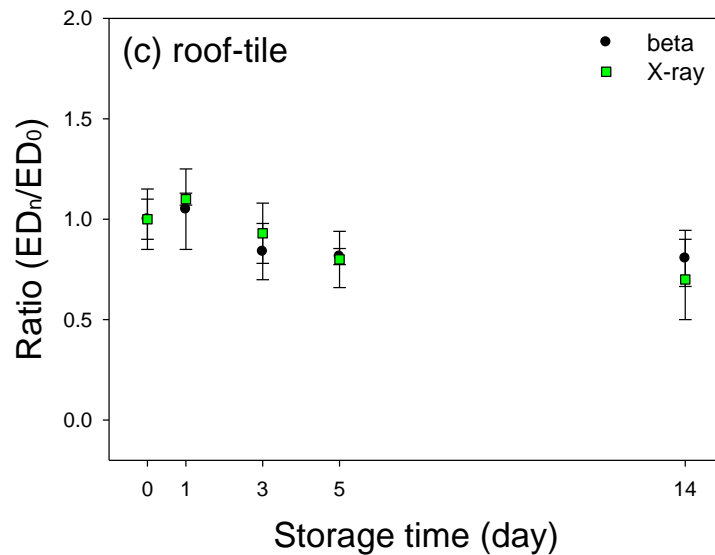
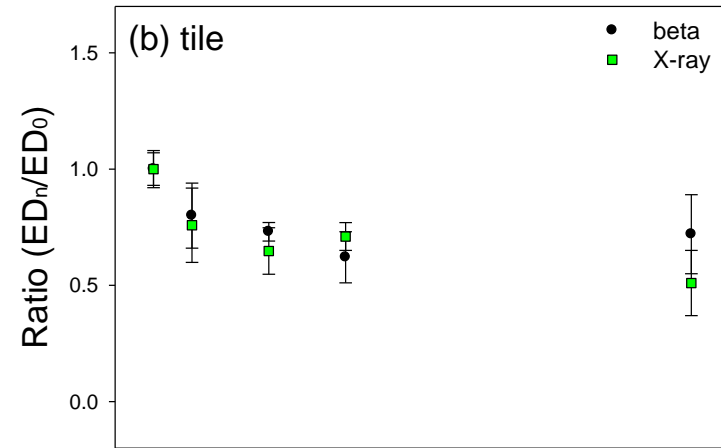
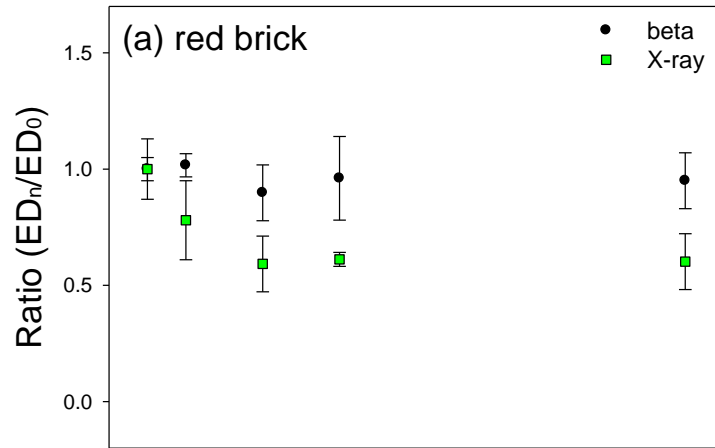
〈 치사선량(7 Gy) 범위 내에서 ED의 재현성 평가 〉

### 6.5. Minimum detectable dose



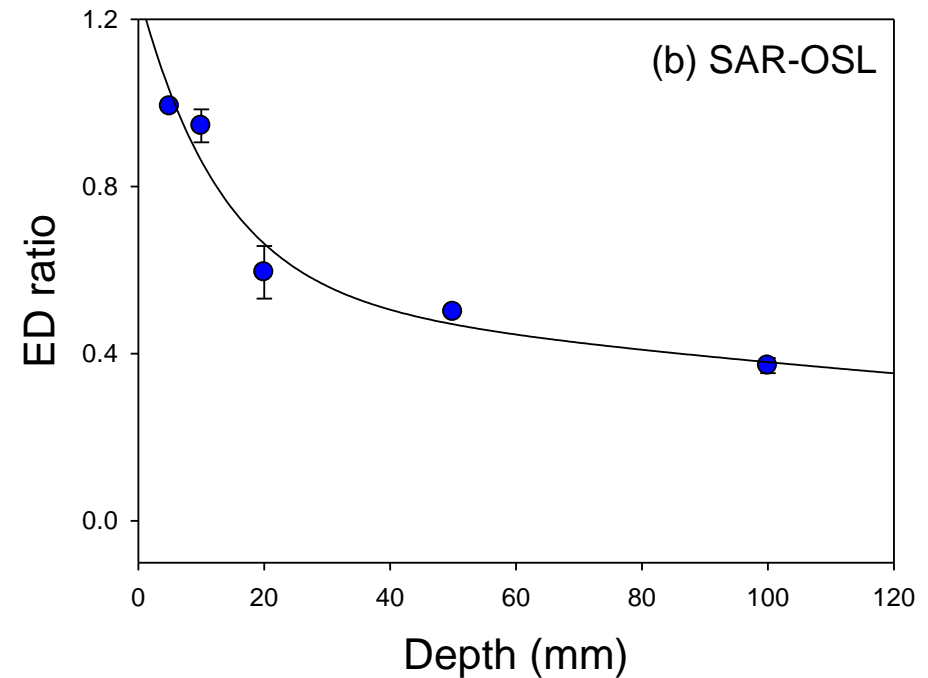
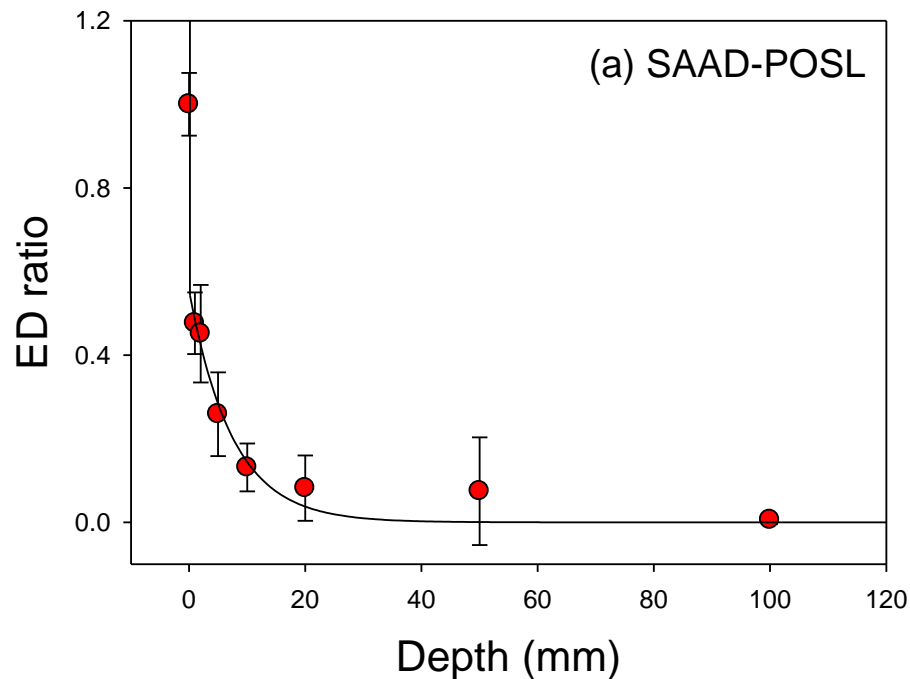
〈 SAAD-POSL 방법에서의 반복횟수에 대한 최적화 조건과 최소검출선량 (MDD) 결정〉

## 6.6. Fading test (연구중)



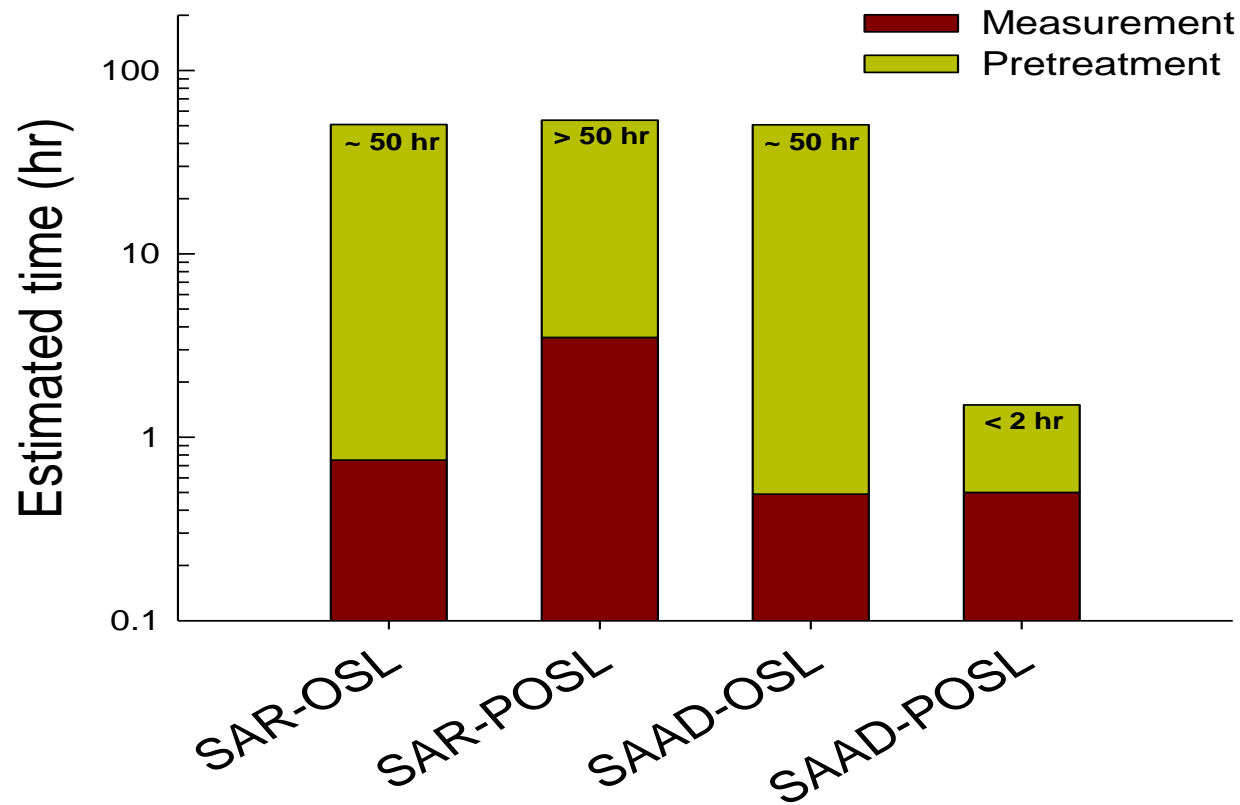


### 6.7. Depth profile using Cs-137 gamma source (연구중)



〈 적벽돌 시료에서 깊이에 따른 SAAD-POSL법의 ED 값 변화 〉

### 6.8. 측정시간 비교

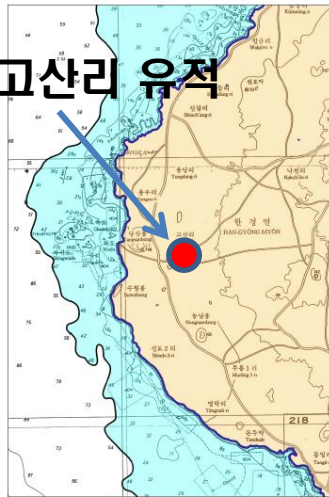


〈 ED 산출을 위한 측정시간 비교 〉

- ❖ 이 연구에서는 건축재료를 이용한 사고선량 신속평가법 수립을 위해 생활주변의 적벽돌, 기와, 타일, 변기로부터 core-disc 형태의 시료를 추출하였다.
- ❖ 이후 이들 시료에 대한 POSL 신호의 물리적 특성을 파악하고, 7 Gy까지의 치사선량 범위 내에서 SAAD-POSL법의 신뢰성을 입증하였다.
- ❖ 또한 SAAD-POSL법을 적용할 경우, MDD는 0.01Gy로 매우 낮았을 뿐만 아니라 equivalent dose의 산출시간도 2시간 이내로 매우 짧았다. 이로부터 SAAD-POSL법은 기존의 SAR-OSL법보다 사고선량 신속평가법으로 매우 효과적임을 알 수 있었다.
- ❖ 그러므로 SAAD-POSL법은 향후 원전사고 및 방사선사고시 사고선량을 빠르게 산출하여 방사선안전관리 및 *in-situ* 사고선량 평가에 기여하리라 예상된다.

# Appendix. 우리나라 최초의 토기, 제주 고산리식 토기

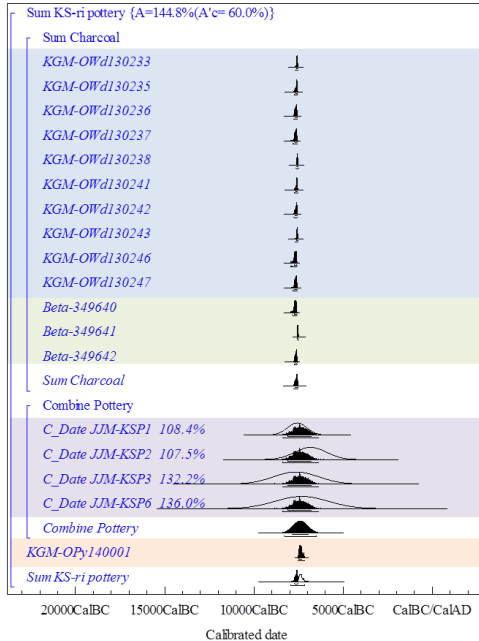
## 제주 고산리 유적



도면 1. 고산리유적의 해저 지형도



IntCal12 atmospheric curve (Reimer et al 2013) (IntCal v1.10 Brook Runney (2005), cub r-5 sd 12 prob up (chron))



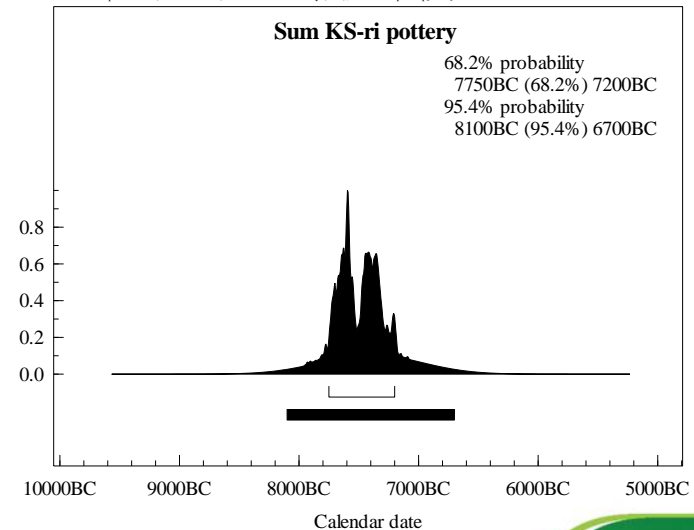
14C : 목탄 (KIGAM)

14C : 목탄 (Beta)

OSL : 토기

14C : 토기

IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013) (IntCal v1.10 Brook Runney (2005), cub r-5 sd 12 prob up (chron))





■ **대전본사**

(305-380) 대전광역시 유성구 엑스포로 339번길 10-11 T.042-489-6541(代) | F.042-489-6534

■ **서울사무소**

(130-805) 서울특별시 동대문구 고미술로 14 신도빌딩 6층 T.02-2215-1630(代) | F.02-2215-3930

■ **정읍방사선응용연구센터**

(580-185) 전북 정읍시 금구길29 첨단방사선연구소 RFT 실용화연구동 402호 T.063-536-6541(代) | F.063-536-6534