

# 강릉 강문동 유적의 절대연대측정 - 방사성탄소연대 및 열발광연대 -

강형태 | 정광용\*

국립중앙박물관 보존과학실  
\*한국전통문화학교 보존과학과

## Absolute Age Determination of Gangmun-dong Sites Gangneung, Gangwon-Do - Radiocarbon and Thermoluminescence Dating -

Kang Hyung-tae | Chung Kwang-yong\*

Conservation Science Laboratory, The National Museum of Korea, Seoul 140-026, Korea  
\*The Korean National University of Cultural Heritage, Buyo 323-812, Korea

**초록** 강릉 강문동 저습지유적에서 토층별로 입수한 유기물 시료(목재 및 패각) 3점 및 토기 편 2점의 절대연대를 측정하였다. 유기물 시료의 방사성탄소 농도 및 현대표준시료 옥살산(NBS SRM4990C)의 방사성탄소의 농도를 측정하고 그 비로부터 시료의 연대를 계산하였다. 토기의 열발광량은 석영입자(90~150 $\mu$ m)를 추출하여 고고선량을 계산하였다. 그리고 토기 및 매장 토양의 각 알파계수율, K<sub>2</sub>O 함량 및 수분함량을 측정하여 연간선량을 계산하였다. 고고선량을 연간선량으로 나누어 열발광연대를 계산하였다.

회갈색 모래층 패각 시료의 연대 범위는 기원후 2~3세기이며, 흑회색 니토층 및 회갈색 모래층의 목재 시료는 모두 기원전 4~2세기의 연대 범위를 나타내었다. 토기의 열발광연대는 각각 BC 170 yr 및 BC 210 yr로서 동일 지점에서 입수한 유기물 시료의 방사성탄소연대 범위에 포함되어 있음을 알 수 있다. 따라서 동일지역에서 출토된 목재, 패각 및 토기의 연대가 서로 잘 일치하고 있음을 확인하였다. 그러나 열발광연대의 오차범위가 각각 13%, 20%로 커서 정밀도의 개선이 요구된다.

중심어 : 목재, 패각, 방사성탄소연대측정, 토기편, 열발광연대측정, 고고선량, 연간선량

**ABSTRACT** Absolute ages for three pieces of organic materials such as wood and shell were determined with radiocarbon concentrations and two potsherds with thermoluminescence measurements. Radiocarbon contents of each sample were compared with those of modern standard oxalate(NBS SRM4990C) and calculated radiocarbon ages of them. Quartz grains with diameter of 90~150 $\mu$ m were extracted from potsherds and used for measuring the archaeodose. Annual dose were calculated with measuring the alpha count rates and water contents and analysing K<sub>2</sub>O concentration of both potsherds and soils. Radiocarbon ages of organic materials were in the ranges of 4~2C BC and Quartz grain techniques for thermoluminescence dating showed 170 BC and 210 BC respectively. It was found that the results of radiocarbon dating and TL dating were accorded with each other. But the deviations of TL dating have shown 13% and 20% respectively. It need to reduce the deviations.

*Key word* : wood, shell, radiocarbon, potsherds, thermoluminescence, quart inclusion technique, palaeodose, annual dose

## I. 머리말

강원도 강릉시 강문동 134번지에 위치하는 저습지 유적은 교회 신축 부지로서 강릉대학교박물관에서 1998년 12월부터 약 2개월 간 그리고 1999년 3월부터 약 2개월 간에 걸쳐 발굴조사를 실시하였다<sup>1</sup>. 강문동 저습지 유적 일대는 초당동 유적과 인접한 곳으로 철기시대 주거지와 신라시대 고분군이 분포하는 지역이며 신석기시대 유물 산포지가 조사된 바가 있다. 강문동 저습지 유적에서는 인공유물로서 절구공이, 떡매, 팽이자루, 주걱, 망태기 등 목재류가 67점이 출토되었는데 대부분 용기류와 공구류이며 생선뼈, 패각류 등과 함께 12점의 복골과 철기시대 경질무문토기, 타날문토기, 신라시대의 각종 토기류가 출토되었다<sup>1</sup>. 이러한 유물들은 경포호 주변의 습지유적으로서 당시의 생활상과 주변 자연환경연구에 귀중한 자료를 제공할 것으로 기대된다.

이러한 고고학적 유물들의 연구를 통하여 당시의 생활상 및 자연환경을 이해하기 위해서는 정확한 연대가 그 밑바탕이 된다. 따라서 유물의 고고학적 편년과 함께 자연과학적 방법에 의한 유물의 연대측정 결과를 제시하는 것이 중요하다. 목재 및 패각의 경우에는 시료에 함유되어 있는 방사성탄소의 농도와 그 반감기를 이용하는 방사성탄소연대측정법<sup>2</sup>을 사용할 수 있다. 그리고 토기와 같은 점토를 구워 제조한 것에 대하여는 시료를 가열할 때 방출하는 열발광량을 측정하여 토기가 폐기되거나 매장된 시점의 연대를 측정하는 열발광연대측정법<sup>3,4,5,6</sup>을 사용할 수 있다. 따라서 강문동 유적에서 출토된 두 가지 시료를 사용하여 서로 다른 과학적 원리에 입각한 절대 연대측정 결과를 비교하면 유적의 연대 규명에 중요한 기초를 마련 할 수 있을 것이다. 또한 이들 연대측정 결과를 유적의 성격 그리고 출토 유물의 형식학적 편년과 함께 비교 검토하면 강문동 유적에 대한 고고학적 연구 성과도 크리라 기대한다.

본 연구를 위하여 강문동 저습지에서 출토된 유기물로서 목재 및 패각 시료 3점, 토기 시료 2점을 입수하였다. 각 유기물 시료의 방사성탄소 함량을 측정하기 위한 첫 단계로서 시료를 태워 발생하는 탄산가스( $\text{CO}_2$ )를 벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ )<sup>7</sup>으로 합성하였다. 다음 벤젠 시료 속에 함유한 방사성탄소의 양을 측정하기 위하여 벤젠 시료에 섬광체(scintillator)를 녹여 간접적으로 베타선을 검출하는 액

체섬광계수법을 사용하였다<sup>7,8,9</sup>. 방사성탄소연대(BP yr)로부터 실연대(AD/BC)교정은 국제적으로 사용하고 있는 고정밀교정곡선(high precision calibration curve)을 전산화한 프로그램<sup>10,11</sup>을 사용하였다.

토기의 열발광 측정은 토기 시료에서 추출한 석영입자( $90\sim 150\mu\text{m}$ )를 사용하는 조립자법(quartz inclusion method)<sup>6</sup>을 채용하였다. 토기 시료의 열발광량으로 부터 토기가 매장 기간 중에 받은 총방사선량을 결정하였고, 토기 및 토양 각각의 알파선량을 측정, 산화칼륨( $\text{K}_2\text{O}$ ) 함량분석 그리고 수분함량을 측정하여 연간선량을 계산하였다. 시료가 받는 총방사선량을 연간선량으로 나누어 토기의 열발광연대를 계산하였다.

## II. 방사성탄소연대측정

### 1. 시료의 전처리

강문동 유적에서 유기물 시료(목재, 패각) 3점을 입수하였다. 입수한 목재와 패각 시료 3점의 유적 위치를 Table 1에 나타내었다. 본 고에서는 일부 그 모습을 Figure 1A, 1B에 나타내었다. 플라스틱 박스에 밀봉한 시료를 실험실에 옮겨와 우선 시료에 섞여 있던 잔가지 뿌리 등을 골라내어서 버리고 목재를 잘게 뺄아 분말로 만든 다음 화학적 세척을 수행하였다.

목재 분말 시료들의 표면을 탈이온수로 수회 세척하였다. 화학적 전처리 과정으로 시료를 8% 염산에 담구어 80℃ 건조기에서 하루 동안 방치하여 탄산염에 의한 오염물질들을 제거하였고 탈 이온수로 수회 세척하여 중성으로 맞추었다. 다음 시료를 0.5N 수산화나트륨 용액에 담구어 4시간 동안 방치하여 잔존하는 부식산등을 제거하였다. 100℃ 건조기에서 3일간 시료의 수분을 완전히 제거한 다음 시료를 분쇄하고 무게를 칭량하였다. 시료를 알루미늄 호일에 넣고 시료 보관 통에 넣어 두었다.

### 2. 벤젠합성 및 액체섬광계측

시료에 함유된 방사성탄소의 양을 측정하기 위해서는 시료를 계측 가능한 물질로 전환하는 것이 필요하다. 그 방법으로서 시료를 연소시킨 다음 여러 화학적 단계를

Table 1. Sample position and species from Gangmun-dong site

Sample No.	Sites	Item
Kcp 360	Grayish-brown sand layer 4-1(underneath the surface 1.0m)	shell
Kcp 367	Grayish-black layer No. 1(underneath the surface 1.3m)	wood
Kcp 368	Grayish-brown sand layer No. 2(underneath the surface 1.6m)	wood



Figure 1A. Shells on grayish-brown sand layer 4-1(underneath 1.0m).



Figure 1B. Woods on grayish-brown sand layer No. 2(underneath 1.6m).

거쳐 벤젠으로 합성하는 방법<sup>7</sup>을 채용하였다.

액체섬광계측법은 시료가 함유하고 있는 방사성탄소의 방사능을 측정하는 분석방법으로 광범위하게 사용되고 있다<sup>8</sup>.

본 실험을 위해 사용한 액체섬광계측기(Model LS6000LL, BECKMAN)는 저준위방사능을 측정할 수 있도록 설계된 장비이다. 섬광용액은 일차 섬광체로 PPO(2,5-Diphenyloxazole)와 이차 섬광체로 POPOP(1,4-Bis-(5,2-phenyl-oxazolyl)-benzene)을 벤젠에 각각 6g/l 와 2.1g/l 을 녹인 용액을 사용하였다. 섬광용액의 용매는 <sup>14</sup>C가 없는 상업용 벤젠 1 l 을 사용하였다. 측정용기는 7ml 저칼륨 유리용기를 사용하고 벤젠이 계측시에 증발되는 것을 막기 위하여 얇은 테프론을 뚜껑에 넣고 밀봉하는 방법을 사용하였다.

계측범위는 현대 표준물질(NIST Oxalate SRM 4990C)로부터 합성된 벤젠과 백그라운드 벤젠 시료를 360분 계측하여 얻은 <sup>14</sup>C 스펙트럼으로부터 최대 FOM(Figure of Merit)값을 나타내는 에너지 범위를 설

정하였다. 계수율로부터 FOM값을 계산한 결과 최대 FOM값을 나타내는 계측범위는 13.2~79.3 KeV였다. 동일 시료를 위의 계측범위에서 각각 2,700분 계측한 결과(100분 간격으로 27회) 계측효율은 66.59%였다.

강문동 유적에서 입수한 각 목재 및 폐각 시료들로부터 합성한 벤젠 3ml 그리고 앞서 제조한 섬광용액 0.5ml 을 취하여 7ml 유리용기에 첨가하였다. 위 실험에서 결정된 계측범위에서 각 벤젠시료를 100분 주기로 27회 계측하였다.

### 3. 방사성탄소연대 계산

강문동 유적 각 시료의 방사성탄소연대는 아래 식(1)을 사용하였다.

$$t(\text{year}) = 8033 \ln(A_0/A) \text{ ————— (1)}$$

A<sub>0</sub>는 옥살산(NIST Oxalate SRM4990C)의 알짜 계

Table 2. Radiocarbon ages and calibrated ages of samples\* Libby half life have used for radiocarbon age calculation

Sample No.	Depth (m)	Item	<sup>14</sup> C Age (BPyr±1σ)*	Calibrated AD/BC Yr	Calibrated Age (±1σ)	Calibrated Age (±2σ)
Kcp 360	1.0	shell	1860±50	AD139	AD120~230AD	AD 60~320AD
Kcp 367	1.3	wood	2160±50	BC188	BC350~ 90BC	BC360~ 50BC
Kcp 368	1.6	wood	2210±50	BC315	BC360~200BC	BC390~140BC

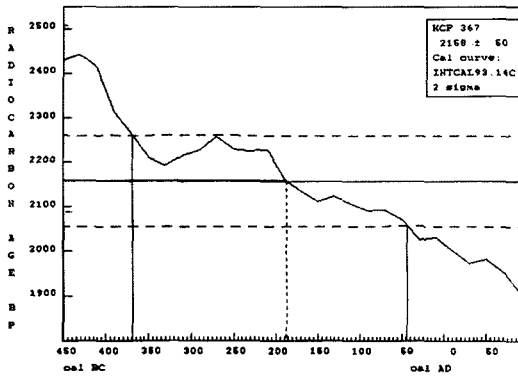


Figure 2. Radiocarbon and calibrated age of wood sample(KCP 367).

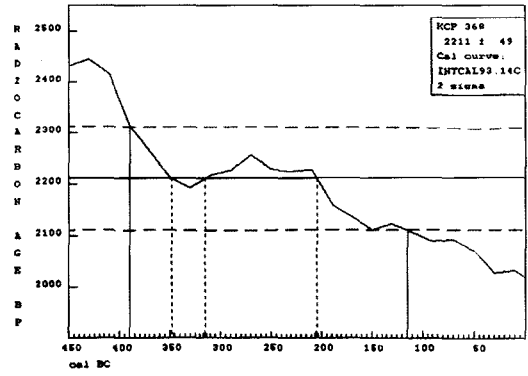


Figure 3. Radiocarbon and calibrated age of wood sample(KCP 368).

수율 (net count rate)을 -25%로 표준화한 값에 0.7459 배를 곱해 주어 AD 1,950년의 기준 값으로 환산한 계수율이다. 그리고 A는 시료의 알짜 계수율이다. 여기서 반감기는 Libby half-life 5,568년이다. 표준시료인 옥살산의 계수율(A<sub>0</sub>)과 시료의 계수율(A)을 구하고 위의 식 (1)로 부터 계산한 방사성탄소연대(BP yr) 결과를 Table 2에 함께 나타내었다.

방사성탄소연대(BP yr)로부터 실연대(AD/BC)교정<sup>10,11</sup>은 전 세계가 공용으로 사용하고 있는 고정밀교정곡선을 전산화한 프로그램(CALIB, rev. 3.0.3, 1993)을 사용하였다. 방사성탄소연대의 ±2편차를 사용하여 실연대로 교정하는데 일부 그 과정 및 결과를 Figure 2 및 3에 나타내었다. 실연대로 교정하는 과정은 방사성탄소연대의 2편차(±2σ)를 사용하여 교정된 실연대 범위를 나타낸 것으로 Figure 2 및 3에서 점선으로 나타내었다.

Table 2에는 방사성탄소연대(BP yr)에 대응하는 실연대(calibrated AD/BC yr), ±1편차(±1σ)에 범위에 해당하는 실연대범위(calibrated age) 및 ±2편차(±2σ)에 범위에 해당하는 실연대 범위(Calibrated age)를 나타내었다.

Table 2에서 보는 바와 같이 강문동 유적의 연대는 회

갈색 모래층 폐각의 연대는 기원 후 2~3세기, 흑회색층(지표에서 1.3m) 및 회갈색층(지표에서 1.6m)의 목재는 기원 전 4~2세기 범위의 연대임을 알 수 있다.

### III. 열발광연대측정

#### 1. 조립자 시료

토기의 태토에는 여러 가지 광물이 포함되어 있고 그 입도도 일정치 않지만 이 중에서 직경 90~150 μm 정도 크기의 입자를 골라 약 1시간 정도 불산(HF)으로 식각(etching)하면 석영 알갱이만 남게된다. 이때 식각되면서 알파선의 영향을 받은 부분이 제거되고 베타선량은 약 10% 감소된 석영 알갱이만이 남게된다. 따라서 조립자법의 경우 석영 알갱이가 받은 자연방사선은 태토중의 방사성원소에서 방출되는 베타선과 감마선, 주위의 흙에 포함되어 있던 방사성원소에서 방출되는 감마선, 그리고 우주선이다. 조립자법의 연대측정식은 다음 식(2)와 같이 표현된다. 여기서 D는 각 방사선의 연간선량이며 c는 우주선이다.

$$\text{연대(Age)} = \frac{\text{고고선량(Palaeodose)}}{0.90D_{\beta} + D_{\gamma} + D_{\alpha}} \text{ ----- (2)}$$

토기편(3cm x 4cm x 0.8cm)을 바이스(vice)에 물려 압착시켜 4 조각으로 분할하였다. 각 조각은 고고선량 측정, 연간선량 측정 및 수분 함량을 측정하기 위한 것이 고 나머지 한 조각은 여분으로 남겨 두었다.

고고선량 측정을 위한 시료 조각은 다이아몬드 휠을 사용하여 조각의 양 측면을 각각 2mm 두께로 깎아 내어 건조기에 넣고 50 °C에서 2일간 완전히 건조시켰다. 다음 고고선량용 조각을 건조기에서 꺼내어 막자사발에서 고온 분말 시료를 얻었다. 입자크기가 90~150µm인 시료를 약 1g 정도 취하여 PPCO(Polypropylene copolymer) 튜브에 넣고 48% 불산을 천천히 첨가하고 45분간 방치하여 석영이외의 광물질을 제거하였고 증류수로 수회 세척하였다. 여기에 37% 염산을 첨가한 후 45분간 방치하여 잔존하는 탄산염광물과 유기물을 제거하였다. 다시 증류수로 수회 세척한 다음 10% calgon용액으로 세척하여 석영입자들이 응집되지 않도록 하였다. 증류수와 아세톤으로 번갈아 가면서 수회 세척하고 50 °C 건조기에서 완전히 건조시키고 보관하였다.

열발광측정을 위해 알루미늄 디스크(직경 0.95cm, 두께 0.45mm) 24개를 준비하였고 각각에 조립자 시료 1~2 mg씩 균일하게 얹어 놓았다.

**2. 고고선량(Palaeodose)**

1차 열발광 : 위에서 준비한 12개 디스크는 석영알갱이 시료의 자연열발광량(Natural TL)을 측정하기 위해 사용하였다. 나머지 12개는 Sr-90 베타선원(0.0808 Gy/sec)이 들어있는 조사장치(801 Multiple irradiator, Daybreak Co., USA)를 사용하여 부가선량법(Additive dose method)으로 4개 디스크를 한 셋트로 하여 세 셋트를 각각 80초, 160초, 240초간 조사하였다. 이들 24개 디스크를 열발광읽개(Model 1100 TL System, Daybreak Co., USA)의 가열판 위에 올려놓았다. 열발광읽개를 진공상태로 해준 상태에서 아르곤가스를 계속 흘려주면서 200°C에서 30초간 예열한 다음

10°C/sec의 속도로 500°C까지 가열하여 각 시료의 열발광량 및 백그라운드를 얻었다.

시료의 자연열발광량 및 부가선량에 의한 열발광량으로부터 플레토(Plateau) 특성을 관찰한 결과 안정한 온도범위는 320~370°C 범위이었다. 위 온도범위에서 24개 디스크의 열발광량을 석영알갱이 무게로 나누어 표준화(Normalization)된 열발광량으로부터 시료의 등가방사선량(Equivalent Dose), Q를 구하였다.

2차 열발광 : 다음 위의 1차 열발광에서 자연열발광량(Natural TL)의 측정에 사용하였던 12개의 디스크를 세 셋트로 나누어 Sr-90 베타선원(0.0808 Gy/sec)으로 다시 80초, 160초, 240초, 320초간 조사하고 표준화된 열발광량으로부터 시료의 방사선량을 계산하였다. 위와 동일한 온도 범위, 320~370°C에서 방사선량 I를 계산하는데 이는 1차 열발광곡선의 supralinearity를 보정한 값이다.

본 토기 시료의 1차 열발광곡선과 2차 열발광곡선에 대한 방사선량 Q값 및 I값 그리고 고고선량, P를 계산한 결과는 각각 8.77, 6.24 Gy이며 Table 3에 나타내었고 그 내용은 Figure 4 및 5에서 볼 수 있다.

**3. 연간선량(Annual dose)**

조립자법에서 석영알갱이가 받은 자연방사선은 태토 중 방사성원소(우라늄, 토륨, 칼륨)에서 방출되는 베타선과 감마선, 매장 토양에 포함된 방사성원소(우라늄, 토륨, 칼륨)에서 방출되는 감마선으로서 이들의 연간선량을 계산하였다. 본 연구에서 우주선에 의한 연간선량은<sup>9</sup> 0.15 mGy/a를 사용하였다.

알파선량을 측정 : 각 시료에 대하여 원형 프로필렌 필름에 ZnS을 코팅한 섬광스크린(직경 44.4mm)의 반쪽이는 면을 밑으로 해서 시료 홀더에 넣고 스텐 링으로 고정시켰다. 다음 각 분말시료(38µm이하)를 시료홀더에 넣고 잘 눌러 밀착시켜 두껍게 한 다음 뚜껑을 닫고 알파계측기(583 Alpha Counter, Daybreak Co., USA)를 사용하여 총 계수값이 4,000정도 될 때까지 약 3일간 계측하였다.

K<sub>2</sub>O 함량분석 : 토기 및 토양의 K<sub>2</sub>O 함량을 ICP분석 방법으로 함량을 결정하였다.

Table 3. Plateau and Palaeodose(P=Q+I) of Potsherds from Gangmun-dong Site

Sample no.	Sites	Plateau(°C)	Palaeodose	
			Q(Gy)	I(Gy)
KCP99TLQi 16-1-B	Grayish black layer	310~380	5.23±0.45	3.54±0.35
KCP99TLQi 17	Grayish brown sand layer	310~370	4.38±0.68	1.86±0.58

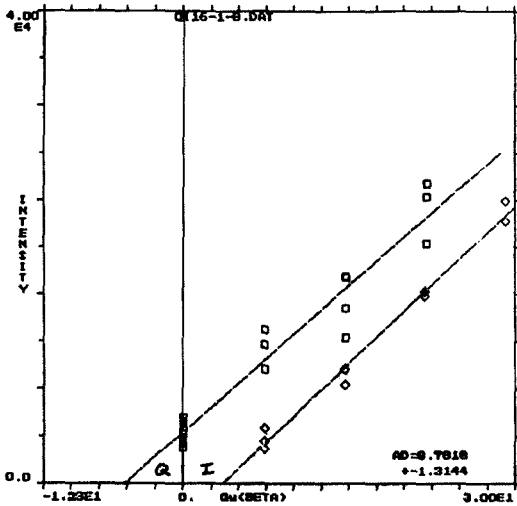


Figure 4. First and second-glow growth(Q+I) of potsherd sample(KCP99TLQi 16-1).

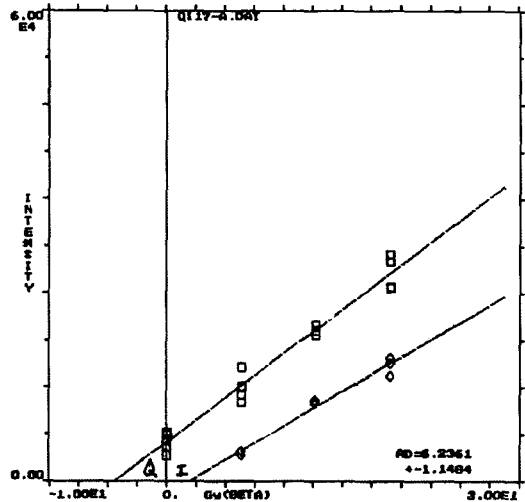


Figure 5. First and second-glow growth(Q+I) of potsherd sample(KCP99TLQi 17).

수분함량 측정 : 토기 시료의 무게를 칭량한 후 50°C 건조기에 넣고 2주일간 완전히 건조시켰다. 건조 후 시료를 꺼내어 무게(W<sub>dry</sub>)를 칭량하고 다시 물에 깊숙이 담가둔 다음 7주일 지나서 시료를 꺼내어 무게(W<sub>wet</sub>)를 칭량하였다. 포화무게에서 건조무게를 뺀 후 건조무게로 나누어 토기의 포화 흡수율(water uptake)을 구하였다.

$$\text{포화흡수율(\%)} = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{W_{dry}}$$

$$\text{수분함량(\%)} = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{W_{dry}}$$

토양시료는 무게(W<sub>wet</sub>)를 칭량한 후 50°C 건조기에 넣고 2주일 동안 완전히 건조시킨 후 시료를 건조기에서 꺼내어 무게(W<sub>dry</sub>)를 칭량하였다. 수분이 포함된 무게에서 건조무게를 뺀 다음 토양의 건조무게로 나누어 토양

의 수분함량(water content)을 계산하였다.

년간선량을 계산하기 위한 강문동 토기 및 토양시료 각각의 알파계수율, K<sub>2</sub>O %함량 및 수분함량을 Table 4에 함께 나타내었다.

#### 4. 열발광연대 계산

강문동 토기 및 토양 각각의 알파선량율과 K<sub>2</sub>O의 함량을 이용하여 베타선 및 감마선의 연간선량을 계산하였다. 위의 베타선량과 감마선량은 건조된 시료의 경우이며, 실제 매장된 기간 동안에는 수분이 포함되어 있었므로 방사선 종류에 따른 수분 흡수계수를 고려하였다<sup>3</sup>. 여기서 W는 시료의 포화흡수율(%), W1은 토양의 수분함량(%)이다. F는 매장기간 중 평균 수분흡수 분율로서 극한 조건이 아닌 경우에 대부분 F=(0.8±0.2)를 사용한다.

Table 4. Alpha Dose Rate, K2O Content and Water Uptake of Potsherds and Soil

Sample no.	Sites	Sample	$\alpha_0^*$	K <sub>2</sub> O(%)	Water(%)
KCP99TLQi 16-1	Grayish black layer	Pottery	0.824	4.70	10.93
		Soil	0.484	2.77	77.11
KCP99TLQi 17	Grayish brown sand layer	Pottery	0.791	2.40	12.03
		Soil	0.296	2.80	27.89

\* Alpha dose rate  $\alpha_0$  = cnts/ks/cm<sup>2</sup>

$$D_{\beta, \text{tile}} = \frac{(D_{\beta})_{\text{dry}}}{1+1.25FW} \quad D_{\gamma, \text{soil}} = \frac{(D_{\gamma})_{\text{dry}}}{1+1.14FW_1}$$

$$D_{\text{cosmic}} = 0.15 \text{ mGy/a}$$

따라서 위에서 계산된 각 방사선의 고고선량과 연간 선량으로 시료의 연대를 식(2)로부터 계산하여 그 결과를 Table 5 나타내었다. 열발광연대에서 yrs. BP는 시료의 열발광량을 측정할 시점을 기준으로 하므로 측정년도인 1999년을 빼주면 실제연대를 구할 수 있다. 여기서 강문동 흑회색 니토층(16-1)의 토기는 2167 BP yr. 이므로 실연대로 전환하면 중심연대가 기원전 170년이며 이때의 오차는 13%이다. 강문동 회갈색 모래층(17)은 2212 BP yr. 로서 실연대는 기원전 210년이고 오차는 약 20% 정도 이었다.

#### IV. 맺음말

강문동 저습지유적에서 출토된 3점의 유기물 시료(목재 및 패각)에 대하여 방사성탄소연대를 측정하였고 토기 편 2점에 대해서는 열발광연대를 측정하였다. 방사성탄소연대측정을 위해서 벤젠합성법 및 액체섬광계수법

을 사용하였다. 방사성탄소연대의 교정연대(calibrated age)는 국제적으로 사용하고 있는 고정밀교정곡선을 사용하였다. 강문동 방사성탄소연대의 ±1편차 및 ±2편차를 사용하여 교정한 연대범위를 Table 2에 함께 나타내었다.

열발광연대측정은 토기의 조립자 시료를 추출하여 측정하는 조립자법을 채용하였다. 토기 시료의 열발광량에 해당하는 고고선량을 구하였고, 토기 및 매장토양의 각 알파계수를 측정, K<sub>2</sub>O 함량 분석 및 수분함량을 측정하여 연간선량을 계산하였다. 고고선량을 연간선량으로 나누어 주어 계산한 열발광연대를 Table 4에 나타내었다.

방사성탄소연대 : 강문동 저습지유적의 목재 및 패각 시료 3점의 교정연대를 살펴보면 회갈색 모래층 패각 시료의 연대 범위는 기원후 2~3세기이며, 흑회색 니토층 및 회갈색 모래층의 목재 시료는 모두 기원전 4~2세기의 연대 범위를 나타내었다.

열발광연대 : 강문동 유적 입수한 토기의 중심연대는 각각 BC 170 yr 및 BC 210 yr로서 동일 지점에서의 방사성탄소연대 범위에 포함되어 있음을 알 수 있다. 따라서 동일지역에서 출토된 목재, 패각 및 토기의 연대가 서로 잘 일치하고 있음을 확인하였다. 그러나 오차범위가 각각 13%, 20%로 커서 정밀도에 있어서는 실험적 개선이 요구된다.

Table 5. Palaeodose, Annual Dose and Thermoluminescence Ages of Two Potsherds

Sample no.	Palaeodose(Gy)		Annual dose (mGy/a)			TL age	AD/BC age
	Q	I	D <sub>#</sub>	D <sub>γ</sub>	D <sub>e</sub> (yrs. BP)*		
KCP99TLQi 16-1	5.23	3.54	3.197	0.706	0.15	2167±290	BC 168±290
KCP99TLQi	17	4.38	1.86	1.882	0.786	0.15 2212±438	BC 213±438

\* BP yr means the thermoluminescence measurement date. In this study, 1999

## 참고문헌

1. 지현병, 강릉 강문동 저습지유적, 전국역사학대회 (2000)
2. Taylor R. E., Radiocarbon Dating an Archaeological Perspective, Academic Press, p. 71-75, (1987)
3. Aitken, M. J. *Science-based dating in archaeology* (Singapore: Longman archaeology series) 141-185, (1990)
4. Nagatomo T. Thermoluminescence Dating of Earthenwares and other related materials, *Japanese Antiques and Art Crafts 29*: 111-120, (1991)
5. 전영수, 「질그릇의 연대측정에서 열형광법의 응용」, 『조선고고학연구』(사회과학 출판사) 2: 46-48. (1989)
6. Aitken, M. J. *Thermoluminescence Dating* (Orlando:Academic press) 17-39. (1985)
7. Polach H. A. and Gupta S. K., Radiocarbon Dating at ANU, Australia ANU Printing Service, p100-105, (1985)
8. Polach H. A., Radiocarbon Vol.29, No.1, 1-11, (1987)
9. Parkes, P. A. *Current scientific techniques in archaeology* (Great Britain: Mackays of Chatham Ltd) 36-60, (1986)
10. Stuiver M. and Kra R., Proc. 12th Int. Radiocarbon Conf. , Radiocarbon, Vol 28, No. 2B, (1986)
11. Stuiver M and Pearson G. W., Radiocarbon Vol. 35, No 1, 1-33, (1993)
12. Prescott, J. R. and Hutton, J. T. Cosmic ray contribution to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements 23*: 2/3, 497-500, (1994).