

문화재(文化財)의 방사선(放射線) 적용(適用) (파괴시험(破壞試驗))

*강동태(姜焯台)

1. 서언(序言)
2. X선(線) 발생원리(發生原理)
3. X선(線)의 감쇠(減衰)
4. 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗) 원리(原理)
5. 투과시험(透過試驗)에 고려(考慮)해야 할 인자(因子)
 - 5-1 고유(固有) 부선명도(不鮮明度)
 - 5-2 산유(散乳) 방사선(放射線)
 - 5-3 기하학적(幾何學的) 부선명도(不鮮明度)
 - 5-4 피름의 입도(粒度)
6. 방사선(放射線) 사진(寫眞) 노출계산법(露出計算法)
 - 6-1 교환법칙(交換法則)
 - 6-2 거리 역자승(逆自乘) 법칙(法則)
 - 6-3 시간(時間), 거리 및 mA관계 법칙(法則)
7. 방사선(放射線) 촬영기술(攝影技術)의 적용(適用)
8. 방사선(放射線) 사진(寫眞)의 판독(判讀)
 - 8-1 삼엽형(三葉形) 환두대도(環頭大刀)
 - 8-2 철편(鐵鞭)
 - 8-3 금동제(金銅製) 태환이식(太環耳飾)

1. 서언(序言)

방사선(放射線)이라 함은 알파입자(α), 베타입자(β), 감마선(γ), 중성자(n), X선(線), Fission Product(핵분열물질), Positron(양전자), Neutrino(중성미자(中性微子))등 여러 가지가 있으나 주로 문화재(文化財) 관계분야에서 이용(利用)되는 방사선(放射線)은 베타입자, 감마선, 중성자, X선(線)을 들 수 있다.

이들의 주요 특성(特性)은 비파괴적(非破壞的)이고 정성적(定性的)이며 정량적(定量的)이고 고감도(高感度)의 검출효율(檢出效率)을 나타내므로 시료채취(試料採取)가 어려운 문화재(文化財)의 재질상태(材質狀態), 제작기술(製作技術)의 추정(推定), 화학성분(化學成分)의 분석평가(分析評價), 연대측정(年代測定)등에 있어서 방사선(放射線)의 기여도(寄與度)는 매우 크다 하겠다. 그 한 방법(方法)으로서, 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)이 주는 의의(意義)는 문화재(文化財)의 아무런 손상(損傷)이나 변화(變化)를 주지 않고서도 시각적(視覺的)으로 발견(發見)할 수 없는 내부구조(內部構造) 및 문양(文樣), 명문(銘文)등의 관찰(觀察), 제작기술(製作技術)을 추정(推定)할 수 있으며 또한 각 지역(地域) 출토(出土) 유물(遺物)의 부식(腐蝕)정도에 따른 보존화학적(保存化學的) 복원(復元) 방안(方案)과 이물질(異物質)의 혼재(混材)로 인(因)한 복원(復元) 과정(過程)의 어려움을 극복(克服)해 나갈 수 있는 것이라 하겠다.

본고(本稿)에서는 문화재(文化財)의 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)(비파괴시험(非破壞試驗))에 관한 그 기본적(基本的)인 원리(原理)와 X선(線) 취급방법(取扱方法) 및 판독결과(判讀結果)로서 나타날 수 있는 여러 상황(狀況)에 대하여 기술(技術)하고자 한다.

2. X선(線) 발생원리(發生原理)

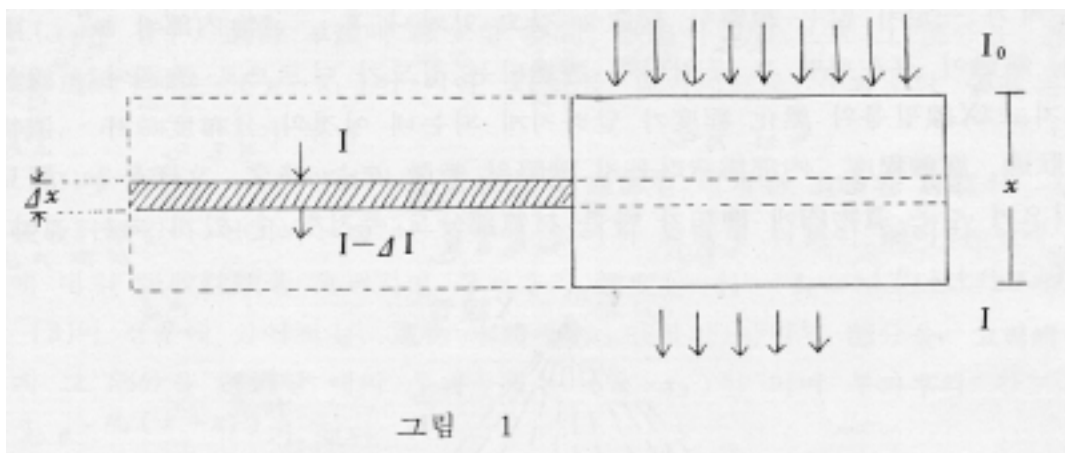
X선(線)이 발생(發生)되는 기본요건(基本要件)으로서는 첫째, 전자(電子)의 발생선원(發生線原)이 있어야 하며 둘째, 고속(高速)의 전자(電子)를 발생(發生)시켜야 하며 셋째, 전자(電子)와 상호작용(相互作用)을 하는 표적물질(標的物質)(Target)이 있어야 하는데 이들 세가지 조건(條件)을 구비한 진공상태(眞空狀態)의 관(管)을 X선관(線管)이라 한다. 이 X선관(線管)의 기능(機能)으로는 선원(線原)에서 전자(電子)를 모은 후 전자(電子)의 에너지는 그 속도(速度)에 의해 좌우(左右)되므로 고속도(高速度)의 전자(電子)가 필요(必要)하며 또한 전자(電子)의 충격을 받는 표적물질(텅스텐)의 자기장(磁氣場)(Magnetic field)에 의해서 속도(速度)가 감속(減速)되어 진행방향(進行方向)이 휘어지게 되는데 이때 감속(減速)된 만큼의 에너지 차이(差異)로 인(因)하여 X선(線)이 발생하게 된다. 이 X선(線)을 제동복사선(制動輻射線)(Bremsstrahlung)이라 하며 또한 여러 특성 X선(線)이 발생(發生)하나 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)에서 제동복사선(制動輻射線)이 주요(主要) X선(線)이며 특성(特性) X선(線)은 매우 낮은 에너지를 가지므로 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)에서는 사용(使用)되지 않는다.

그런데 고속도(高速度)의 전자(電子)가 양극(陽極)에 위치한 표적(標的)에 충돌하여 파장(波長)이 짧고 투과력(透過力)이 큰 X선(線)을 발생(發生)시키는데 이때 음극(陰極)의 전자(電子) 흐름을 관전류(管電流)(mA)로 측정(測定)하며 mA가 증

가(增加)하면 전자(電子)의 방출량(放出量)이 증가(增加)하여 이것이 방사선(放射線)의 강도(強度)를 나타내는 방사선량(放射線量)(Radiation quantity)을 결정(決定)하고 또한 양극(陽極)의 전압(電壓)을 키로볼트(KV)로 측정(測定)하며 키로볼트를 증가시키면 전자(電子)의 이동속도(移動速度)가 증가하므로 에너지 즉 투과력(透過力)을 나타내는 방사선질(放射線質)(Radiation quality)을 결정(決定)하게 된다.

3. X선(線)의 감쇠(減衰)

방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)을 할 경우, X선(線)이 유물(遺物)을 투과(透過)할 때 어떤 작용(作用)을 일으키는가를 올바르게 이해(理解)하는 것이 중요(重要)하다. X선(線)을 유물(遺物)에 쬐이면 어떤 것은 아무 변화(變化)없이 투과(透過)하고 어떤 X선(線)은 유물(遺物) 자체(自體)와의 상호작용(相互作用)에 의해 흡수(吸收)되고 또는 산란(散亂) X선(線), 형광(螢光) X선(線)등으로 변(變)하는데 최초의 입사(入射) X선(線)을 1차(次) X선(線)이라 부르고 2차(次) X선(線)은 또다시 유물(遺物)을 투과(透過)하여 혹은 산란(散亂)·흡수(吸收)되기도 한다. 결국 1차(次) X선(線)이 유물(遺物)을 통과할 때 유물(遺物)과의 상호작용(相互作用)에 의해 산란(散亂) X선(線), 형광(螢光) X선(線), 전자쌍생성 등이 생기는 결과(結果)로서 투과(透過)된 후의 강도(強度)는 감소(減少)되어간다. 그러므로 다음 그림1에서 보는 바와 같이 두께가 x cm 인 유물(遺物)을 단일파장(單一波長)의 X선(線)이 투과(透過)할 때 유물(遺物)에 입사(入射)되는 X선(線)의 강도(強度)를 I_0 로 하고 투과후(透過後)의 강도(強度)를 I 라고 할 때 강도(強度) I 인 입사(入射) X선(線)이 어떤 미소(微少)한 두께 Δx 를 투과(透過)하여 상호작용(相互作用) 결과 X선(線)이 감소(減少)하는 비율(比率) $-\Delta I / I$ 은 투과(透過)하는 두께 Δx 에 비례한다.



그러므로 비례상수(감쇠계수(減衰計數))를 μ 라 하고 관계식으로 표시하면 $-\Delta I / I = \mu \cdot \Delta x$ 가 된다. 여기서 유물(遺物)의 두께가 변화(變化)하면 투과(透過)되는 X선(線)의 강도(強度)가 어떻게 변하는가는 윗식을 적분(積分)함으로써 다음 식(式)으로 표시(表示)된다.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

μ : 감쇠계수(減衰計數)(흡수계수)

I_0 : 입사(入射) X선(線)의 강도(強度)

I : 투과(透過) X선(線)의 강도(強度)

e : 자연대수 ($e = 2.718\cdots$)

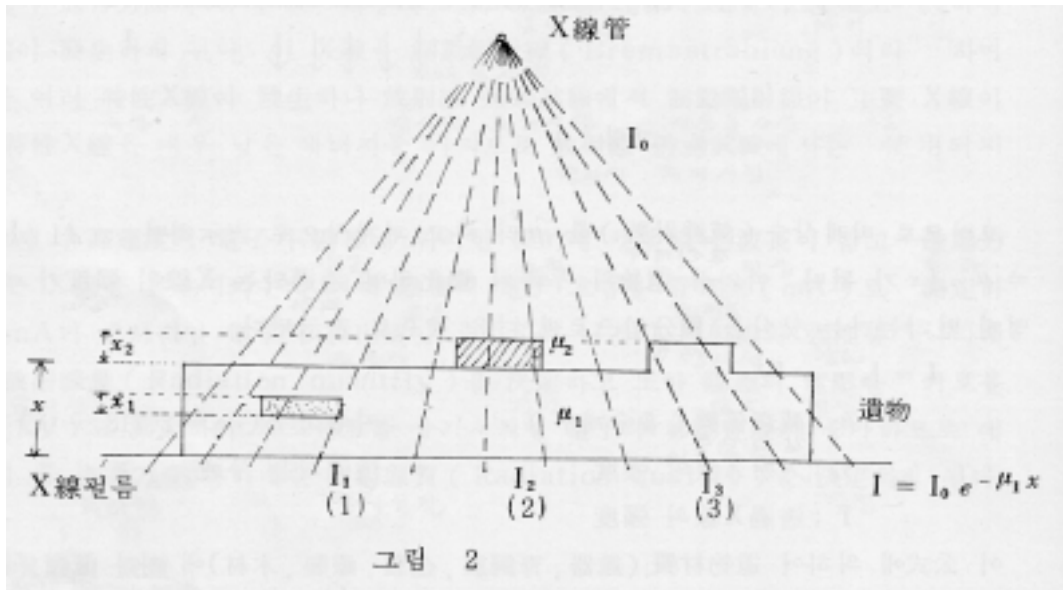
x : 투과(透過)되는 두께

이 공식(公式)에 의하여 유물재질(遺物材質)(철기(鐵器), 청동제(靑銅製), 금제(金製), 은제(銀製), 목재(木材))에 따라 감쇠계수(減衰計數)가 변하며 또한 유물(遺物) 두께에 따라, 입사(入射) X선(線)의 강도(強度)에 따라 즉, 세가지의 변수(變數)에 의한 투과(透過)X선(線)의 강도(強度)는 변(變)함을 알 수 있다.

4. 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗) 원리(原理)

여러 종류(種類)의 방사선(放射線)은 물체(物體)를 투과(透過)하는 성질(性質)이 있지만 알파입자나 베타입자에 비해서 X선(線)은 투과력(透過力)이 크고 또 방사선(放射線)의 성질(性質)로서 필름 유제막의 할로젠화 은(銀)에 현상핵이 생기므로 사진필름을 감광(感光)시키게 된다. 이같은 성질(性質)을 이용(利用)하여 유물(遺物)을 투과(透過)한 X선(線)에 의해 가시상(可視相)을 만들어 유물(遺物)을 관찰(觀察)하는 것이 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)의 원리(原理)이다.

선원(線原)에서 방사(放射)되는 X선(線)은 유물(遺物)을 투과(透過)할 때 광전효과(光電效果)나 Compton 산란(散亂) 등에 의해 흡수, 산란을 받고 그 선량(線量)이 감소(減少)한다. 그림 2에서 보는 바와 같이 유물(遺物)이 두께가 일정(一定)치 않은 복잡(複雜)한 구조(構造)를 갖고 있거나 혹은 유물내부(遺物內部)에 결함(缺陷), 양각음핵(陽刻陰核), 부식(腐蝕)이 존재(存在)하면 그 부위마다 투과(透過)되는 정도가 다르므로 투과(透過)되는 선량(線量)이 달라지고 X선(線)필름의 흑화(黑化) 정도(程度)가 달라지게 되는데 이것이 분포도(分布度)로서 유물(遺物)의 재질상태(材質狀態), 부식정도(腐蝕程度), 내부구조(內部構造)라든지 결함(缺陷)의 특징(特徵) 또는 명문(銘文), 문양(文樣)등을 발견(發見)할 수 있으며 같은 유물내(遺物內)에 종류(種類)가 다른 재질부분(材質部分)도 추정할 수 있게 되는 것이다.



(1) : 유물(遺物)의 내부구조(內部構造) 및 내부결함(內部缺陷)

(2) : 다른 재질(材質)이 상감(象嵌)된 부분(部分)

(3) : 유물(遺物)이 양각(陽刻)된 부분(部分)

I_0 : 입사(入射) X선(線)의 강도(強度)

I : 투과(透過) X선(線)의 강도(強度)

μ_1 : 유물(遺物)의 자체(自體) 흡수계수(吸收計數) (철(鐵)제)

μ_2 : 상감(象嵌)된 재질(材質)의 흡수계수(吸收計數) (은(銀))

x_1 : 내부(內部) 공간(空間)의 깊이

x_2 : 상감(象嵌) 및 양각(陽刻)된 내부(內部)의 두께 (단, $x_2 > x_1$, $\mu_2 > \mu_1$)

앞의 설명(說明)에 대한 이론(理論)은 다음과 같다. 즉, 흡수(吸收)를 나타내는 식(式) $I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$ 에서 유물(遺物)의 부위에 따른 두께차이 및 재질상(材質上)의 특성(特性)으로 인(因)하여 투과(透過)후의 정도(程度) I 가 다르게 된다.

(1)의 경우, 유물(遺物), 본체(本體)에 미소(微少)한 공간(空間), 결함(缺陷)이 있으므로 그 부분(部分)을 투과(透過)할 때의 투과(透過)두께는 $(x - x_1)$ 이 되어 x_1 만큼 얇아지므로 투과후의 강도(強度)는 $I_2 = I_0 \cdot e^{-\mu_1(x - x_1)}$ 이 된다.

(2)의 경우, 일정(一定) 에너지의 X선(線)으로 촬영(撮影)할 때에는 유물(遺物)의 목질(木質)이 달라지면 흡수계수(吸收計數) 값이 변화되는데 이 경우에 있어서 상감(象嵌)된 목질(木質)이 은(銀)이라 할 때 철(鐵)과 은(銀)에 대한 흡수계수(吸收計數)를 고려하면 투과후의 강도(強度)는 $I_2 = I_0 \cdot e^{-(\mu_1 x - \mu_2 x_2)}$ 가 된다.

(3)의 경우에 있어서는, 유물(遺物) 본체(本體)에 x_2 만큼의 양각(陽刻)된 부분

(部分)을 고려해야 하는데 그 부분(部分)을 투과(透過)할 때의 투과두께의 $(x + x_2)$ 이 되며 투과후의 강도는 $I_0 \cdot e^{-\mu_1(x + x_2)}$ 가 된다.

(2),(3)의 비교에 있어서는 철(鐵)의 흡수계수(吸收計數) (μ_1)가 은(銀)의 흡수계수(吸收計數) (μ_2)보다 작으므로 같은 두께의 유물(遺物)이라 하더라도 투과후(透過後)의 강도(強度)는 $I_3 > I_2$ 임을 알 수 있다.

결국 (1),(2),(3)을 비교하면 $I_1 > I_3 > I_2$ 가 되며 이 투과(透過) X선(線)의 강약, 다시 말해서 필름의 흑화도(黑化度)의 강약에 따라 모든 부위(部位)를 관찰(觀察)할 수 있게 되는 것이다. 또한 X선(線) 필름상에 일정(一定)한 농도를 주기 위한 투과선량(透過線量)은 유물(遺物)이 두꺼울 때 단위(單位) 시간당(時間當) 투과선량율(透過線量率)이 작을 경우는 노출시간을 길게 하여 노출 선량(線量)을 일정(一定)하게 할 필요(必要)가 있다. 두꺼운 유물(遺物)의 짧은 시간(時間)에 촬영(撮影)하기 위해서는 투과선량율(透過線量率)이 커지게 할 수 있도록 선원(線原)의 강도를 크게 하든지 또는 흡수계수(吸收計數) μ 가 작게 되도록 에너지가 큰 X선(線)을 이용하여야 한다.

5. 투과시험(透過試驗)에 고려(考慮)해야 할 인자(因子)

좋은 상(像)의 방사선(放射線) 사진을 만들려면 유물(遺物)의 특성(特性)과 필름의 성질(性質)을 파악(把握)하여야 하는데 이들 유물(遺物)에 대한 적용(適用) 으로서는, 특히 공간구조가 다양하고 부식(腐蝕)에 의한 밀도차(密度差)에 의해서 예상되는 여러 인자(因子)를 고려하여 방사선(放射線) 사진의 명암도(明暗度)와 선명도(鮮明度)를 높여야만 한다. 그러기 위해서는 방사선(放射線)이 필름에 미치는 영향과 필름의 선택과 불선명도(不鮮明度)에 미치는 여러 요인(要因)을 알아야 하며 유물(遺物)의 내부구조(內部構造)에 대한 상상력과 재질상태(才質狀態) 및 조건(條件)들에 따라 여러 인자보상법(因子補償法)을 강구하여야만 한다.

5-1 고유(固有) 부선명도(不鮮明度)(Inherent Unsharpness)

X선(線)이 필름을 통과하면서 일어나는 광전효과(光電效果), Compton 산란, 쌍생성(雙生性)(Pair Production)등과 같은 상호작용(相互作用)에 의해 이온화되어 생성되는 자유전자(自由電子)들이 X선(線) 필름에 흡수(吸收)되기 때문에 영상이 부선명(不鮮明)하게 되는 것으로 이것은 피할 수 없는 현상(現象)이다.

5-2 산유(散乳) 방사선(放射線)(Scatter Radiation)

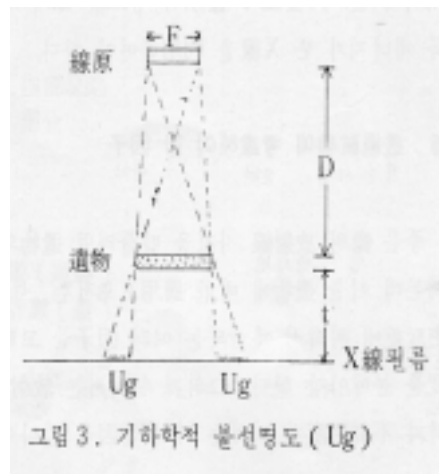
X선(線)이 유물(遺物)에 부딪칠 때 일부는 흡수(吸收)되고 일부는 산란(散亂)되며 또한 투과(透過)되기도 한다. 산란에 의해 발생(發生)되는 방사선(放

射線)은 파장(波長)이 증가되며 최초의 방사선(放射線)에 비해 약하고 침투력도 적다.

산란(散亂) 방사선(放射線)은 세가지로 구별할 수 있는데 내면(內面)산란, 측면(側面)산란, 후방(後方)산란으로서 이들 산란 방사선(放射線)에 의해 방사선질을 저하시키므로 필름에 영향이 적도록 하기 위해서 마스크, 필터, 납증감지, Collimator등을 사용(使用)한다.

5-3 기하학적(幾何學的) 불선명도(不鮮明度)(Geometric Unsharpness)

선원(線原)이 일점(一點)이 아니고 어떤 면적(面積)을 가질 때 그림자의 윤곽이 선명(鮮明)하지 못하고 선원(線原)과 필름이 수직으로 위치하지 않을 경우 상(像)이 늘어난 형태(形態)가 되는데 이러한 현상(現象)을 말하는 것이다. 그러므로 선원(線原)(Focus)은 작을수록 기하학적(幾何學的) 불선명도(不鮮明度)가 줄어들고 유물(遺物)과 선원(線原)이 가능(可能)한 수직이어야 한다. 기하학적 원리(原理)에 따른 유물(遺物)의 상(像)을 도시하였으며 그 측정(測定)은 다음과 같이 계산한다.



D : 선원(線原)과 유물간(遺物間)의 거리

t : 유물(遺物)과 필름간(間)의 거리

F : 선원(線原)의 크기

$$U_g = F \cdot t / D$$

그러므로 앞의 식(式)에서 보는 바와 같이 선원(線原)의 크기가 작을수록, 선원(線原)과 유물(遺物)과의 거리가 멀수록, 유물(遺物)의 필름과의 거리가 짧을수록 기하학적(幾何學的) 불선명도(不鮮明度)(Ug)를 최소로 줄일 수 있게 된다. 이러한 원리(原理)에 입각한 방사선(放射線) 투시(透視)만이 좋은 영상(映像)을 얻을 수 있는 기본적인(基本的)인 방법(方法)이다.

5-4 필름의 입도(粒度)

모든 필름을 노출시켜 X선(線) 영상을 현상(現像)하면 일정량(一定量)의 점도(粘度)를 갖는데 이 입도(粒度)는 필름의 종류(種類)에 따라 다르며 사

용 목적에 따라 선택할 수 있다. 그러나 문화재(文化財) 관계의 방사선(放射線) 필름은 입도가 작은 것을 선택(選擇)하는 것이 바람직한데 그 이유(理由)는 필름의 입도(粒度)가 작을수록 현상시간(現像時間)은 많이 걸리나 좋은 선명도(鮮明度)를 얻을 수 있기 때문이다.

사진의 선명도(鮮明度)에 영향을 주는 요인(要因)으로서는 유물(遺物)의 명암(明暗)도와 필름의 명암도(明暗度)에 의한 것으로 유물(遺物)의 명암도(明暗度)란 유물(遺物)에 투과(透過)된 방사선(放射線)의 강도(強度) 범위(範圍)에 따라 결정(決定)되며 필름의 명암도(明暗度)란 필름 자체가 갖고 있는 명암도(明暗度)의 특성(特性)을 말한다.

6. 방사선(放射線) 사진(寫眞) 노출계산법(露出計算法)

방사선(放射線)을 이용(利用)하여 좋은 영상을 얻기 위해서는 노출(露出)을 계산(計算)하지 않으면 안된다. X선관(線管)의 초점과 유물(遺物)과의 거리(FOD), 초점과 필름과의 거리(FFD), 밀리암페어(mA), X선(線)의 파장(波長)(KV), 노출시간(露出時間)등이 노출(露出)을 계산(計算)하는 요인(要因)들이며 이러한 조건(條件)들을 2, 3항(項)에서 기술(記述)한 유물(遺物)의 목질(木質), 두께, 형상(形象), 부식(腐蝕)정도등을 고려하여 적절(適切)한 배합(配合)을 하여야만 한다.

또한 유물(遺物)은 일반(一般) 산업체(產業體)의 생산품(生產品)처럼 규격화(規格化) 내지 균질화(均質化)등의 획일성(劃一性)이 없으므로 단지 계산(計算)에 의한 것 뿐만 아니라 경험상(經驗上)의 체득이 우선(優先)하는 경우도 많다. 일반적(一般的) 노출계산(露出計算)에 필요(必要)한 여러 법칙(法則)은 다음과 같다.

6-1 교환법칙(交換法則)

mA와 시간(時間)에 의한 일정노출(一定露出)을 유지하는 법칙(法則)을 공식(公式)으로 표시(表示)하면 다음 식(式)이 성립(成立)된다.

$$m_1T_1 = m_2T_2 = \dots\dots\dots m_nT_n$$

m_1, m_2, m_n : mA

T_1, T_2, T_3 : 시간(時間)

일정시간(一定時間)에 일정(一定) mA로 촬영된 방사선(放射線) 사진을 다른 조건이 모두 동일(同一)한 상태(狀態)에서는 시간(時間)과 mA를 나누어 동일(同一)한 값을 얻으면 처음 얻은 사진과 같은 조건의 사진을 얻을 수 있다.

6-2 거리 역자승(逆自乘) 법칙(法則) (Inverse Square Law)

방사선(放射線)을 이용(利用)하여 사진을 얻을 때 방사선(放射線)의 강도(強度)는 유물간(遺物間)의 거리에 따라 결정(決定)되는데 그 강도(強度)는 거리제곱에 반비례한다.

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

I_1, I_2 : 방사선(放射線)의 강도(強度)

D_1, D_2 : 거리

6-3 시간(時間), 거리 및 mA관계 법칙(法則)

이미 사용(使用)하여 사진을 얻은 노출조건(露出條件)중 시간, 거리 mA의 어느 한가지 조건을 바꾸어 동일(同一) 사진을 얻고자 할 때 이미 사용(使用)했던 노출조건(露出條件)에 의하여 새로운 노출조건(露出條件)을 계산(計算)할 수 있다.

$$\frac{m_1 T_1}{D_1^2} = \frac{m_2 T_2}{D_2^2}$$

m_1, m_2 : mA

T_1, T_2 : 시간(時間)

D_1, D_2 : 거리

7. 방사선(放射線) 사진촬영기술(寫眞撮影技術)의 적용(適用)

방사선사진(放射線寫眞) 시험(試驗)에서 유의(留意)하여야 할 것은 X선(線)의 방향(方向)과 관련되는 유물(遺物)과의 배치 관계이다.

X선관(線管)의 촬영각도, 초점의 위치 및 촬영(撮影) 배치에 따른 입사방사선(入射放射線)의 배열이 유물(遺物)의 필요(必要) 부위 촬영(撮影)에 중요(重要)한 역할(役割)을 하고 있다.

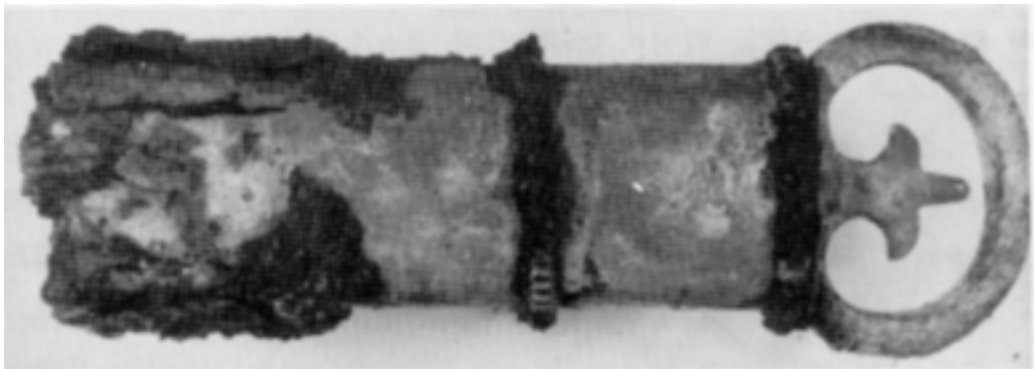
8. 방사선(放射線) 사진(寫眞)의 판독(判讀)

유물(遺物)의 방사선사진(放射線寫眞) 판독(判讀)에 있어서는 여러 어려움을 수반(隨伴)하게 되는데 그 이유(理由)로서는 재질(材質) 특성(特性)이 다양하고 오랜 시일동안 지층(地層)이나 해수(海水)에 방치되어 야기된 여러 결함(缺陷)을 예상하는 것이 중요(重要)하기 때문이다. 다시 말하면, 그 결함(缺陷)의 이차원적(二次元的) 형태(形態), 크기, 분포(分布)와 내부구조(內部構造)에 대한 상상력(想

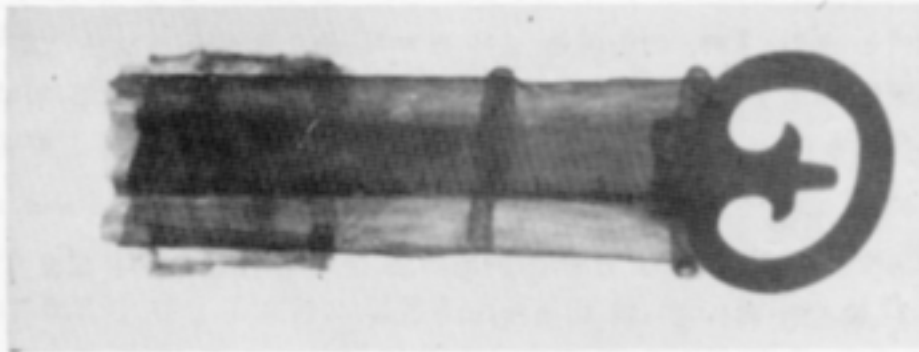
像力)을 갖추어야 한다. 또한 유물(遺物)의 종류(種類) 및 시대적(時代的) 구분(區分) 등(等)에 따른 특성(特性)에 대한 많은 지식(知識)이 있어야만이 좀더 정확(正確)하고 세밀(細密)한 판독(判讀)이 가능(可能)하게 될 것이다.

다음은 방사선(放射線) 사진(寫眞) 판독(判讀)의 예(例)를 기술(記述)한 것으로서 방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)이 문화재(文化財)의 구조적(構造的) 특징(特徵) 및 보존처리(保存處理) 방안(方案)에 절대적인 필요성(必要性)을 설명(說明)한 본보기이다.

8-1 삼엽형(三葉形) 환두대도(鑲頭大刀)(출토지(出土地) : 부산시(釜山市) 동래구(東來區) 복천동(福川洞) 산(山)) : 부산대박물관(釜山大博物館) 소장(所藏))



(a) 보통사진



(b) X線촬영사진

<X선(線) 촬영조건>

- ① 전압(電壓) : 120 KV
- ② 전류(電流) : 3mA
- ③ 노출시간(露出時間) : 4min
- ④ FFD : 700mm
- ⑤ X선(線) 필름 : FUJI (공업용) Ix 100
- ⑥ 현상(現像) : 20℃, 5min

<판독(判讀) 결과(結果)>

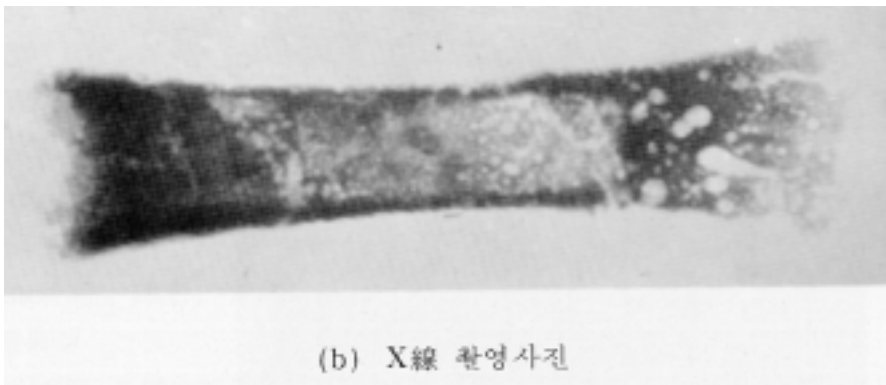
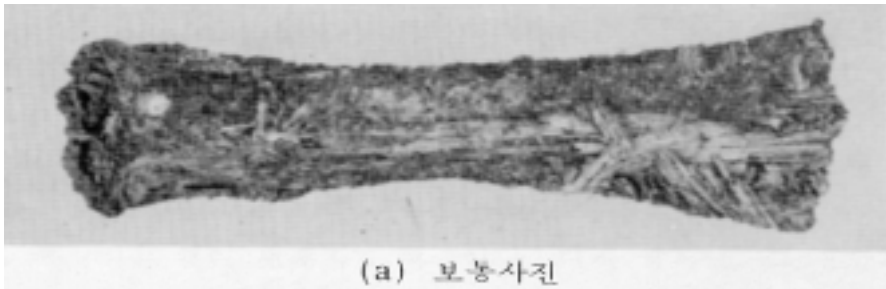
이 환두대도(環頭大刀)는 5세기(世紀) 전반대(前半代) 가야시대(伽倻時代)의 것으로 동래(東來) 복천동(福川洞) 11호(號) 고분(古墳)에서 출토(出土)된 유물(遺物)이다.

X선(線) 사진은 환두대도(環頭大刀)의 평면(平面)과 수직(垂直)을 동시(同時)에 촬영한 것으로 상호(相互) 양면(兩面)을 비교할 수 있도록 하였다.

환두말단부분(環頭末端部分)과 대도경(大刀莖)의 이음새는 환두말단부(環頭末端部)에 구멍(直徑(直徑) 2mm)을 3개 뚫어서 덧대어진 상태에서 못으로 고정(固定)시켰으며 병부(柄部)는 철재(鐵材)에 나무를 덮고 그위에 은판(銀板)을 덮었다. 병부(柄部) 길이는 14cm 로서 은판(銀板)을 돌려 그 맞닿는 부분(部分)은 중앙(中央) 위치(位置)하고 병부상단(柄部上端)에서 4cm내(內)에는 1.1cm 간격으로 끝이 날카로운 못 3개로 양측(兩側)에는 길이 7cm 가운데는 길이 8cm 의 못으로 고정(固定)시켰다. 그 하단부(下端部)에는 4종류(種類)의 격쇠못()으로 다음과 같은 배열로 8개를 박은 것으로 판명되었다.()

X선(線) 사진의 농담(濃淡)으로 보아서 위의 모든 못 11개는 은제(銀製)로 추정되며 격쇠못을 박은 방향성(方向性)에 대해 물리적(物理的) 효율(效率)은 병부(柄部)가 느슨하게 이완되거나 은판(銀板)이 풀어지기 어려운 구조적(構造的) 특성(特性)을 나타내고 있다.

8-2 철부(鐵斧)(출토지(出土地) : 경주(慶州) 황남대가(皇南大家) 남분(南墳))



<X선(線) 촬영조건>

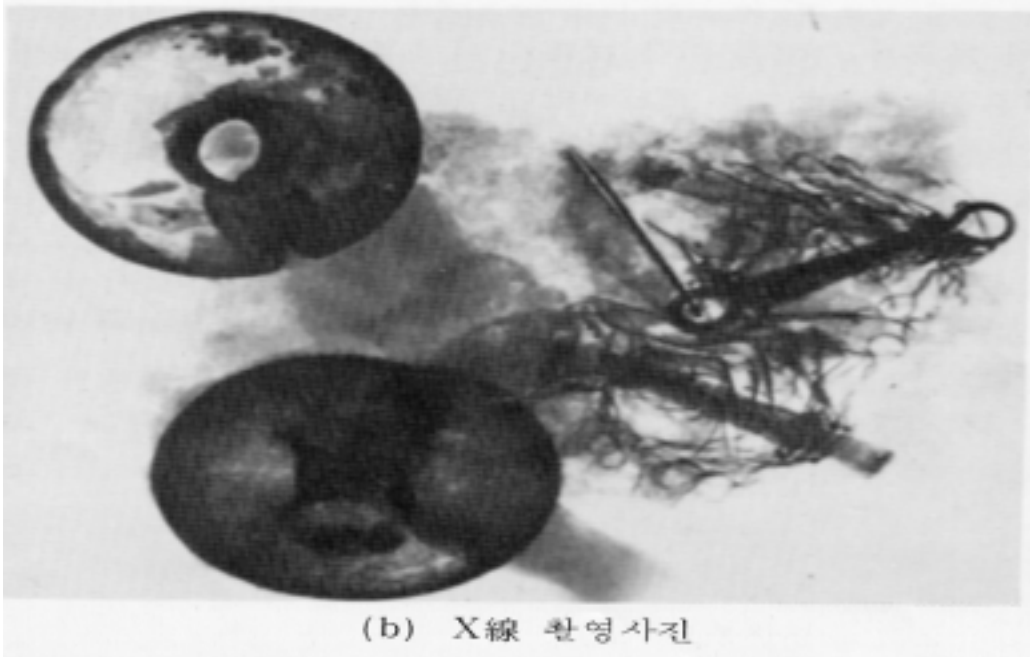
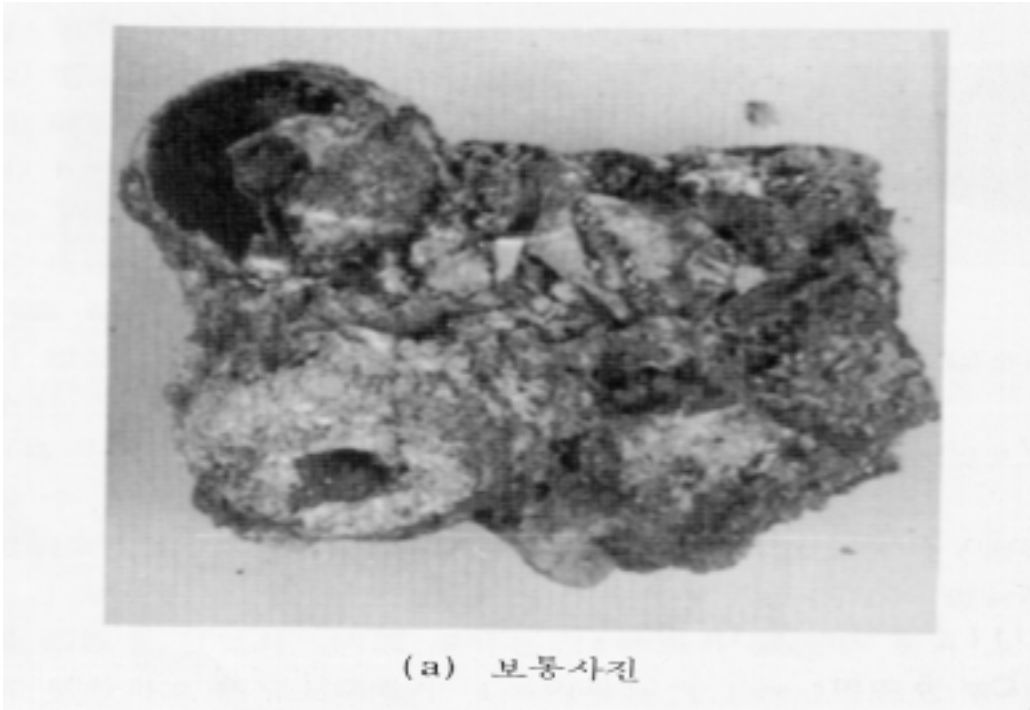
- ① 전압(電壓) : 160 KV
- ② 전류(電流) : 3mA

- ③ 노출시간(露出時間) : 5min
- ④ FFD : 700mm
- ⑤ X선(線) 필름 : FUJI (공업용) Ix 100
- ⑥ 현상시간(現像時間) : 20℃, 5min

<판독(判讀) 결과(結果)>

X선(線) 사진에 의하면 외부(外部)와 내부(內部)가 다른 물질(材質)로 되어 있음을 알게 되었는데 내부(內部)는 진흙류(類)의 토재(土材)로 된 주조품임을 확인(確認)하였다. 공부(鑿部)가 완전(完全)히 진흙으로 채워져 있는 것으로 보아 주조후 사용전(使用前)의 상태로 보인다. Core의 깊이는 12.8cm이며 직사각형의 형태를 나타내고 있다. 또한 도조품(鑄造品)에서 볼 수 있는 결함(缺陷)으로서 기포(氣泡)와 기공(氣孔)이 많이 존재(存在)하고 있는데 이것은 표면(表面) 또는 내부(內部)에 생긴 둥근 구멍으로 지름 2~3mm까지의 것을 기공(氣孔)이라 하며 그 이상(以上)의 것을 기포(氣泡)라 한다. 이것의 원인(原因)은 용탕금속에 의해 일어나는 것으로 통기성(通氣性)이 좋지 못하여 Gas가 잔유(殘油)하여 생기는 것이다. 이런 점을 검토해 볼 때 이 철부(鐵釜)는 좋은 기술(技術)과 환경(環境)하에서 제조(製造)된 것으로 보기는 어렵다. 인부(刃部)에 Crack(갈라진 틈)이 세군데 보이므로 보존처리(保存處理) 주의를 요(要)함.

8-3 금동제(金銅製) 태환이식(太鑲耳飾) (출토지 : 경주(慶州) 황룡사지(皇龍寺址))



<X선(線) 촬영조건>

- ① 전압(電壓) : 120 KV
- ② 전류(電流) : 3mA
- ③ 노출시간(露出時間) : 5min
- ④ FFD : 700mm
- ⑤ X선(線) 필름 : FUJI (공업용) Ix 100

⑥ 현상시간(現像時間) : 20°C, 5min

<판독(判讀) 결과(結果)>

유물(遺物) 인수시(引受時) 흠덩어리로 덮여있는 상태를 X선(線) 촬영(撮影)한 결과(結果) 수식부분(垂飾部分)이 남아 있는 것을 알게 되었다. 이 태환이식의 실물크기와 촬영된 X선(線) 필름의 비율은 1 : 1 으므로 수식부분(垂飾部分)에 아무런 손상(損傷)을 줌이 없이 이물질(異物質)을 제거시킬 수 있으며 유물(遺物)의 보존처리(保存處理) 전(前)에 그 상태파악(狀態把握)을 정확(正確)히 알려주고 있다.

참고문헌(參考文獻)

1. 이용(李湧) 「공업용(工業用) 방사선(放射線) 시험기술(試驗技術)」, 형제사 1980. pp. 30 ~ 61.
2. 소천국태(小泉菊太) 「X선(線)과 SOFTEX사진」 창문사(創文社) 1982. pp. 36 ~ 52
3. 김재록(金載祿) 「방사선동위원소(放射性同位元素)의 이공학적(理工學的) 이용(利用)」 한국(韓國)에너지연구소(研究所) 1982. pp. 31 ~ 59
4. 유양원자(裕洋原子)㈜ 「방사선(放射線) 투과시험(透過試驗)」 1981
5. 기계교육연구회(機械教育研究會) 「비파괴검사(非破壞檢査) 개론(概論)」 동명사(東明社) 1981. PP. 11 ~ 31
6. 삼포정후(三浦定後) 「X선(線) 컴퓨터 단층촬영(斷層撮影)의 문화재(文化財)への응용(應用)일목심건칠상(一木心乾漆像)의 조사(調査)」 동경국립문화재연구소(東京國立文化財研究所), 보존과학(保存科學), 19호(號) 1980년(年) 3월(月)
7. KEN ZO TOISHI, 「Radiography of the Great Buddha at Kamakura」, Studies in Conservation, 1965. 5, pp. 47 ~ 51.
8. L. Hatziandreou & G. Ladopoulos, 「Radiographiz examination of the marble statue of hermes at Olympia」, Studies in Conservation, 1981. 2, pp. 24 ~ 28.
9. 고종건(高種健)·함인영(咸仁英) 「방사선(放射線) 투과법(透過法)에 의한 고미술품(古美術品)의 조사(調査)(一)」, 미술자료(美術資料), 8號, 1963. 12 pp. 1 ~ 5
10. 고종건(高種健)·함인영(咸仁英) 「방사선(放射線) 투과법(透過法)에 의한 고미술품(古美術品)의 조사(調査)(이(二))」 미술자료(美術資料), 9號, 1964. 12 pp. 13 ~ 17
11. 한양대학교(漢陽大學校) 산업과학연구소(産業科學研究所), 「경주(慶州) 98호고분(號古墳) 철제유물(鐵製遺物)의 과학적(科學的)인 보존처리(保存處理)」 1980. 12. 30.