

문화재와 보존환경

강 대 일

(한국전통문화학교)

文化財와 保存環境

<목 차>

- | | |
|----------------|------------|
| 1. 文化財 環境 材質劣化 | 4. 文化財 環境 |
| 2. 文化財 損傷要因 | 5. 保存環境 評價 |
| 3. 文化財保存環境因子 | |

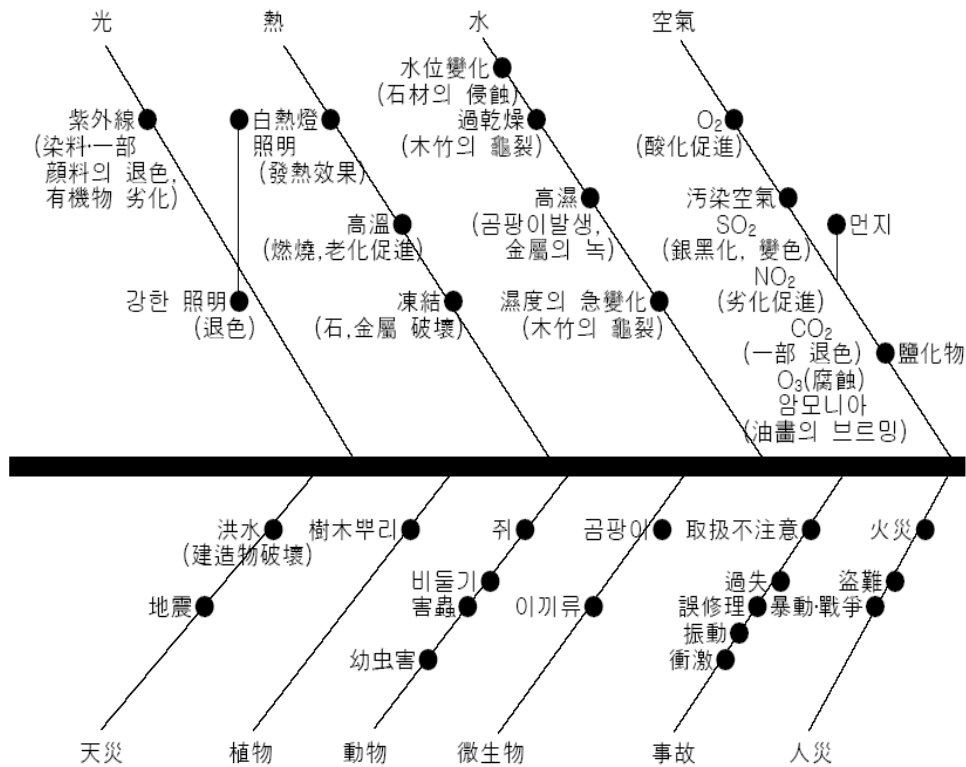
1. 文化財의 環境과 材質劣化

문화재는 땅 속에 묻혀있든 박물관에 놓여져 있든 시간의 경과와 함께 주위 환경의 화학적·물리적 작용으로 재질이 저하되는 즉 열화(deterioration)현상이 일어난다. 예를 들어 어떤 재질에 장시간 어느 한 곳에 일정 이상의 압력이 가해진 상태가 지속될 때 일어나는 크리프 현상(creep phenomenon)이나 청동 합금 중에 납 등의 원소 편석에 의한 스트레스 또는 내부 응력은 물리적 작용이며, 화학 반응에 의해 금속이 산화하여 녹이 슬거나 서양화에 사용되는 니스가 황변되는 것은 수지의 산화나 중합반응이다. 환경과 열화는 이렇게 밀접한 관계가 있지만 동일한 환경이라도 재질에 따라 영향을 받는 정도가 다르다. 금속에는 악영향을 미치지만 목제품에는 그렇지 않고 좋은 환경의 조건으로 작용하는 경우도 있다.

문화재는 다양한 재질로 구성되어 상당한 기간을 경과하여 열화가 진행된 상태로 계승된 것이 많다. 그러므로 열화의 진행을 최소한도로 줄일 수 있는 환경조건을 유지하는 것이 중요하며 문화재를 구성하는 재질에 대해 충분히 고려해야 한다. 이러한 문화재를 손상시키는 환경인자는 온도, 습도, 광, 공기오염, 생물, 진동·충격, 화재·지진, 도난·인적파괴 등으로 분류 할 수 있다. 이 중 보통의 환경하에서 문제가 되는 것은 온도, 습도, 광, 공기오염 및 생물이다.

· 文化財의 損傷要因

1. 문화재의 손상요인을 나누면 그림1 과 같다



<그림 1. 문화재의 손상요인>

이렇게 보면 우리들의 일상생활을 둘러싸고 있는 거의 대부분이 손상원인이 된다. 이 중 光, 熱, 水, 空氣는 4대 인자라 할 수 있는데, 대부분의 경우 단일인자만으로는 충분한 손상 원인이 안되고, 2개 이상 인자의 복합 상승효과로 변질이 일어나기 쉽게 된다.

유적발굴 조사 시 지하수에 침적된 수침목이 완전한 형태로 유지한 채 발견되는 경우가 있다. 수분은 보존상 위해요인이지만, 완전히 침적된 경우에는 공기와 열의 차단재로 거동한다. 따라서 물 밖으로 나와 있는 부분만이 손상되는 경우가 자주 발견된다. 또한 지중에 있어 빛에 노출되지 않는 것도 원래의 상태를 유지하는데 도움이 된다.

1985년 발견된 순흥 읍내리 고분벽화는 고습의 장소였지만 밀폐된 장소로 빛이나 온습도 변화가 없고 공기의 새로운 보급이 없었기 때문에 1000년 이상 시간이 경과하였지만 형태를 잘 남기고 있었다. 1922년 이집트에서 세기의 최대의 발굴이라 일컫는 투탕카멘의 무덤의 발굴도 3300년 만에 3400여점의 유물을 발굴한 것이나 시베리아 동토지역에서 발견되는 유물의 완벽한 보존 비밀도 마찬가지이다.

그러나 이러한 벽화고분 등도 외부에 노출되면 그 시점부터 급격한 파손이 시작된다. 적당한 밝기, 쾌적한 온도, 신선한 공기, 계절의 변화 등은 인간 생활을 쾌적하게 하기 위해서는 두말할 나위 없는 필요한 조건이지만 이러한 조건을 모두 버리면 문화재의 영구 보존은 가능하다. 타임캡슐이 이러한 원리의 응용에서 탄생하였지만 다시 개봉할 때에는 역시 여는 순간 내용물은 변성, 형태를 잃어버릴지도 모른다.

· 文化財保存環境因子

1. 溫 度

1)온도와 열화

온도란 물체를 구성하는 원자 또는 분자의 불규칙적인 운동의 척도이다. 고온의 물체와 저온의 물체를 접촉시켰을 때 열이 이동하는 것은 고온 물체의 원자, 분자의 운동이 저온 측으로 전파하는 것이라고 해석된다. 모든 화학 반응은 원자, 분자의 충돌에 따라 발생한다. 문화재의 재질손상은 온도가 높아질수록 빠른 것은 이 때문이다. Brooks식에 의하면 0 의 손상속도를 1로 하면 25 에서는 4에 이르게 된다. Brooks식이란 상대습도와 온도가 문화재의 열화에 어느 정도의 영향을 미치는지를 수치화한 공식으로서

$$A = b \times (H-K)/100 \times (1.054)^t$$

라는 식으로 표현할 수 있다.

A는 열화의 정도를 나타내는 지수, H는 상대습도(%), t는 온도(), b·K는 상수이다.

Brooks식을 이용한 예를 들면, 15 에서 100%에 가까운 습한 공기가 있다면 오히려 20 정도의 온도에 상대습도는 약 70%쪽이 손실이 적다는 것을 알 수 있다.

<계산>

계산을 용이하게 하기 위해 임의의 상수 b와 K는 10이라 정하여 계산하였다.

A식

$$b \cdot K = 10$$

$$H = 100$$

$$t = 15()$$

$$\begin{aligned} A &= 10(100-10)/100 \times (1.054)^{15} \\ &= 900/100 \times (1.054)^{15} \\ &= 9 \times (1.054)^{15} \\ &19.80850378 \\ &(1.054)^{15} \quad 2.20944864 \end{aligned}$$

A'식

$$b' \cdot K' = 10$$

$$H' = 70$$

$$t = 20()$$

$$\begin{aligned} A' &= 10(70-10)/100 \times (1.054)^{20} \\ &= 600/100 \times (1.054)^{20} \\ &= 6 \times (1.054)^{20} \\ &17.17763886 \\ &(1.054)^{20} \quad 2.86293981 \end{aligned}$$

위의 계산에서 열화정도는 A A'임을 확인하였다. 그러므로 단순히 온도가 높다고 해서 열화의 속도가 빠르다고 말할 수 없으며, 습도 또한 무시할 수 없는 문화재 열화 요인이라는 것을 알 수 있다.

또, 같은 습도에서 온도 변화의 열화정도에 따른 손상 속도를 알아보기 위해 습도 50%에 각각의 온도는 1()와 26()로 차이는 25 로 정하고, Brooks식에 대입해 보았다. 이번 계산에서도 계산의 편리를 위해 임의의 상수 b와 K는 각각 10으로 정하였다.

A식

$$t = 1()$$

$$b \cdot K = 10$$

$$\begin{aligned} A &= 10(50-10)/100 \times (1.054)^1 \\ &= 400/100 \times (1.054)^1 \\ &= 4 \times (1.054)^1 \end{aligned}$$

$$(1.054)^1 \quad 1.054$$

A'식

$$t' = 25()$$

$$b' \cdot K' = 10$$

$$\begin{aligned} A &= 10(50-10)/100 \times (1.054)^{26} \\ &= 400/100 \times (1.054)^{26} \\ &= 4 \times (1.054)^{26} \end{aligned}$$

$$(1.054)^{26} \quad 3.92514669$$

A와 A'의 손상속도를 비교해 보면 $(1.054)^{26}/(1.054)^1 \quad 3.724048016$ 배의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 따라서 동일 습도 상에서 온도의 차이가 25() 정도이면 손상속도 비율은 약 3.7배 정도의 차이가 있는 것을 알 수 있다.

또한 엄밀하게 온도와 의 관련은 Arrhenius의 식으로 표현하는데 상온 20 의 손상을 기준으로 온도가 8 상승하면 손상속도는 약 2배, 8 하강하면 약 1/2이 된다.

1903년 노벨화학상을 수상한 Arrhenius(1859-1927)는 1901년 노벨화학상 수상자인 반트 호프로부터 영감을 받아, 1889년 반응속도정수와 절대 온도의 관계를 식으로 정리하였다.

$$K = Ae^{-E_a/RT}$$

이 식에서 A는 빈도인자, K는 반응속도 상수, R은 기체 상수(8.314J/mol·K이고, T는 절대온도를 나타낸다. 그리고 E_a 는 활성화 에너지를 나타내며, 이제까지의 실험결과, 분해 반응의 활성화 에너지는 $E_a = 100\sim 500\text{KJ/mol}$ 로 알려져 있다.

이 이론에 의해 제기된 한 가지 가정은 전이상태는 매우 빨리 지나가며, 그 시간은 분자가 진동하는 시간 정도라는 것이었다. 분자 안에서 원자가 한번 진동하는 데는 보통 10-100fs정도가 걸린다.

아레니우스 식을 풀어보면

$$K = Ae^{-E_a/RT}$$

양변에 로그를 취하면

$$\ln K = \ln Ae^{-E_a/RT} = -E_a/RT + \ln A$$

$$(\ln Ae = \ln A + \ln e, \ln e = 0)$$

고로 $\ln K = -E_a/RT + \ln A$

온도(T)가 증가하면 우변이 적어져 K의 값은 증가하여 반응속도가 빨라진다. $\ln K$ 과 온도의 역수(1/T)의 그래프는 직선이다.

그래프와 식으로도 알 수 있듯이 K의 측정값의 로그를 취하여 1/T에 대하여 그래프를 만들면, 일반적으로 직선을 얻을 수 있다. 이 직선의 기울기로부터 E 의 값을, 또 직선이 세로축을 자르는 값으로부터 A의 값이 구해진다. 온도범위가 넓은 때에는 엄밀하게 말해

서 A나 Ea도 온도의 함수가 된다. 아레니우스는 온도가 높아질 때 화학반응이 뚜렷하게 빨라지는 것은 보통 상태의 활성화 상태와의 평형이 온도에 따라 차이가 있기 때문이라고 설명하였으나, 나중에 H-아이링에 의하여 통계역학적으로 기초가 만들어졌다.

그러나 문화재의 재질이 손상되는 것은 온도가 직접 작용하는 것이 아니고 온도가 높으면 다른 인자의 직접 원인에 의해 작용이 빨라지는 것으로 온도는 어디까지나 간접적인 손상의 원인이 된다. 모든 재료는 온도의 상승·하강에 의해 신축된다. 예를 들면, 길이 1m의 목재를 0 에서 30 까지 온도를 높여도 6/100mm정도 늘어나는 것에 불과하다. 이 점은 자연의 습도 변화에 의한 신축률 2mm에 비하면 대단히 작은 것이다.

이와 같이 반응속도는 온도가 높을수록 크게 되어 반응이 빨리 진행되므로 자료의 보존은 온도가 낮을수록 좋다. 그러나 문화재는 박물관의 전시를 위해서 수장고에서 출납함에 따라 온도변화가 자주 일어나서 표면에 결로가 발생할 우려가 높다. 따라서 보통은 전시 실이나 수장고의 온도를 인간이 가장 쾌적함을 느끼는 온도인 20 °C 전후로 설정하는 경우가 많다. 다만 사진필름은 저온의 수장환경에 보존하고 있다.

화학반응의 진행을 느리게 하기 위해서는 저온이 바람직하지만 자료의 보존에 있어서는 온도가 너무 낮아도 문제가 발생한다. 잘 알려진대로 흔히 박물관 전시 문화재 중 주석 재질의 보존이 문제가 된다. 주석은 예부터 금속의 하나로써 청동기의 주성분으로 이용되어 왔지만 순수한 주석기도 이용되어 왔다. 주석에는 저온에서 안정한 다이아몬드형구조의 α 주석(회색주석)과 고온에서 안정한 정방정계의 β 주석(백색주석)의 2가지의 변태가 있다. β 주석에서 α 주석으로 전이하는 온도는 18 °C 로 β 주석에서 α 주석으로 전이하면 팽창하여 부서지기 쉬워진다. 추운 지역에서 겨울철에 주석제품의 일부가 부서져서 분말화하는 현상이 19세기 러시아의 박물관에서 발견되어 틴페스트(tin pest) 혹은 주석의 박물관병으로 불리고 있다.

또한 온도가 내려가면 재료의 연성이 저하되어 태성파괴를 일으킬 염려도 있다. 이것은 힘을 가하여도 그 부분이 늘어나거나 휘거나 하는 소성변형이 일어나 파괴되지 않는 전성을 지닌 금속재료가 온도가 하강함에 따라 연성을 잃게 되어 극히 작은 비뚤어지는 현상에서도 파괴되는 현상이다. 옥외에 있는 구조물 등에서 태성파괴에 의한 사고가 일어나기 쉽다.

옥외에 있는 유적에서는 암석 중에 포함되어 있는 물이 빙점 이하로 내려가서 동결하여 표면층 바로 밑에서 얼음층을 형성하여 표면층의 박리나 박락을 발생시킨다. 이것을 동결

파괴라 하며 동결파괴는 암석 중 수분의 동결, 융해 반복으로 수분공급, 저온, 연약한 암질 등의 조건이 갖추어지면 발생한다.

온도의 급격한 변화도 열팽창에 따라 재료의 손상파괴를 초래할 수 있다. 암석이나 유리는 열에 의한 팽창이 청동 등의 금속에 비해 약 $1/2$ 정도이다. 따라서 열팽창율이 다른 재료간의 조합으로 만들어진 재료는 커다란 온도변화를 받을 때 접촉부분의 여유 틈이 없으면 무리한 힘이 가해져 부서질 수 있다.

2) 온도측정

가. 온도측정의 원리

2개의 물체를 열적으로 충분히 긴 시간동안 접촉시켜두면 열평형상태가 되어 서로 온도가 같아지게 된다. 따라서 이미 온도를 알고 있는 물체와 온도계를 열평형 상태로 하여 온도계의 물리적 성질을 관찰한다. 이 때 물체는 온도계에 비하여 충분히 커서 온도계를 접촉시켜도 그 온도는 변화하지 않도록 가정한다. 다음 다른 온도를 가진 물체와 온도계를 역시 열평형상태로 하여 물리적 성질을 관찰한다. 이것을 온도가 다른 물체에 대하여 반복하면 온도계의 물리적 성질이 온도에 따라 어떻게 변화하는지 알 수 있다. 물리적 성질과 온도와 관계를 알게 되면, 미지의 온도를 가진 물체에 온도계를 접촉시켜 물리적 성질을 측정함으로써 물체의 온도를 알 수 있게 된다. 이것이 온도측정의 기본적인 개념이다. 이 경우, 온도계의 종류는 어떠한 물리적 성질을 이용하느냐에 따라 다음과 같이 나누어 질 수 있다.

열팽창을 이용하여 측정 : 온도의 상승에 비례하여 물질의 체적이나 길이는 팽창하므로 그 변화를 이용하여 온도를 측정 (액체온도계, 바이메탈 자기온도계)

전기저항의 변화 : 온도에 따라 물질의 전기저항은 증감하므로 그 변화를 이용하여 온도를 측정 (저항온도계)

열기전력 : 그 종류의 금속선의 양 끝을 접합하여 한 쪽 끝을 기준 점점으로 일정하게 온도를 유지하면 다른 한쪽 끝의 온도에 비례하여 전위차가 생기므로 그 전위차의 크기를 측정하여 온도를 측정 (열전대)

방사를 이용하여 측정 : 물체에서는 그 온도에 대응한 파장의 빛이 방사되므로 그 빛의 색이나 에너지를 구하여 온도를 측정 (방사온도계)

미세구조의 변화를 이용하여 측정 : 온도에 따라 광학적 특성이 변화하여 색이 변하는
성질을 이용하여 측정 (액정온도계)

나. 온도 측정 시 주의사항

측정 대상을 대표로 하는 곳을 측정하는지 확인한다.

측정 대상에 적합한 측정기를 선정한다.

온도계가 측정대상과 열평형이 되어 있는지를 확인하고 눈금을 읽는다.

측정 시에 온도계나 측정대상에 접촉하지 않도록 한다.

3) 온도의 표기방법

온도의 표기는 우리나라, 일본, 유럽 지역에서는 셀루시우스의 섭씨온도()가 사용되며
미국에서 파렌하이트가 고안한 화씨()가 일반적으로 사용된다.

변환식은

$$T() = 5/9 [T() - 32] \text{ 이다.}$$

이러한 온도를 변화시키는 원인으로서는 외기온의 변동, 관람자 수의 증가, 조명 장치의
발 열 등이 있는데 이중 가장 큰 영향을 주는 것은 외기온의 변화이다. 우리나라와 같은
4계절이 있는 나라는 20 전후의 적정 온도를 유지하기 위해서는 공기조화설비 등의 상시
가동이 필요하다. 다만 전력의 사용으로 인한 경상유리 관리비의 부담이 있다.

2. 濕度

가. 습도의 기술

일반적으로 습도라 하면 상대습도(relative humidity, RH)를 지칭한다. 그 외에도 습도에
는 절대습도나 이슬점 온도 등 여러 표현이 있다.

절대습도란 공기 중 함유되어 있는 수분량을 나타내며 상대습도는 그 공기가 최대 함유할
수 있는 수분량(포화 수증기량)에 대한 현재의 수분량의 비로 표시된다. 수증기를 함유한
공기를 습윤공기, 함유하지 않은 공기를 건조공기라 한다.

1) 절대습도

건조공기 1m³중 함유되어 있는 수증기의 질량(g)을 절대습도(absolute humidity, AH)라 하며 단위는 g/m³이다.

온도나 압력이 변화하면 기체의 체적이 변화하여 수증기량은 변화하지 않는데 절대습도가 변화하는 불편이 있어 체적 대신 공기의 무게를 기준으로 한 것이 혼합비로써 주로 공기 조화 관련에서 이용된다. 혼합비(m)를 절대습도로 부르는 경우도 있으므로 주의가 필요하다.

$$\text{절대습도(AH)} = \frac{\text{수분량(g)}}{\text{체적(m}^3\text{)}}$$

2) 상대습도

수증기압과 포화수증기압의 비를 백분율로 표시한 것으로 단위는 %이다. 수증기압대신에 수증기량(절대습도)과 포화수증기량과의 비를 사용하기도 한다.

$$\text{상대습도(RH)} = \frac{\text{수증기압(h Pa)}}{\text{포화수증기압(h Pa)}} \times 100 \quad \text{또는}$$

$$\text{상대습도(RH)} = \frac{\text{절대습도(g/m}^3\text{)}}{\text{포화수증기량(g/m}^3\text{)}} \times 100$$

포화수증기압이나 포화 수증기량은 온도가 변하면 변화하므로 공기의 수증기압은 변하지 않는데 상대습도가 변화하는 결점이 있다. 또한 포화 수증기압은 기온 이외에 공기의 접촉면이 수면일 때와 얼음면 일 때에 따라서 차이가 나기 때문에 저온시의 습도측정은 물에 대한 포화수증기압과 얼음에 대한 포화수증기압 중 어느 것을 선택하느냐에 따라 다르기 때문에 측정에는 주의가 필요하다.

3) 이슬점 온도

포화수증기압은 온도가 낮아질수록 작아진다. 여기서 압력을 일정하게 하여 용기내의 공기를 냉각하면 수증기량은 변하지 않아도 용기 중 상대습도는 상승하여 100%가 되어

포화하면 수증기가 응결되는 결로가 시작되는데 이것을 이슬점 온도(dew point, Td)라 하며 단위는 이다. 이슬점이 0 이하에서 결로한 서리가 얼려져 있을 때를 서리점 (frost point, Tt)이라 한다.

냉각전의 공기의 수증기압은 이슬점 온도의 포화수증기압과 같다. 이슬점은 결로나 공기조화기에 의한 냉각의 문제를 연구할 때 편리하지만 이슬점온도로부터 수증기량은 직감적으로 파악하기 어렵다.

4) 비습, 혼합비

공기 중에 같은 양의 수증기가 포함되어 있어도 공기의 온도나 압력이 변하면 상대습도나 절대습도는 변화한다. 따라서 공기의 온도나 압력이 의존하지 않는 습도 표시 방법이 필요하게 된다. 비습(specific humidity, s)은 습윤 공기 1kg에 대한 수증기량의 비율로 즉 g/kg 또는 kg/kg 단위로 표시된다. 혼합비(humidity mixing ratio, m)은 건조한 공기 1kg에 대한 공기 중 수증기량의 비율로 단위는 역시 g/kg 또는 kg/kg이다. 비습과 혼합비는 수증기압과 기압을 알면 계산할 수 있다. 보통 대기 중에서 수증기압은 총기압의 수 %에 불과하다 주변의 공기와 혼합되지 않으면서 공기 덩어리가 상승하면 수증기가 공급되지 않고 빠져나가지도 않는 한 수증기압과 총기압은 같은 비율로 감소한다. 이와 반대로 응결이 일어나면 공기덩어리는 수증기를 잃게 되어 기압보다 수증기압이 더 급격하게 하강한다. 공기덩어리에서 예를 들어 물방울이 증발하면 반대 현상이 일어난다.

5) 실효습도, 불쾌지수

실효습도란 화재 예방을 위해 이용되고 있는 습도의 표기방법으로 건조한 날이 길게 계속되면 목재는 너무 말라서 화재가 발생하기 쉽다. 따라서 다음 식에서 실효습도 r을 구하여 화재 위험성의 높고 낮음을 판가름할 수 있다.

$$\text{즉 } r = (1-a)(r_0 + ar_1 + a^2r_2 + \dots)$$

여기서 r_0, r_1, r_2 은 당일, 전 일, 그 전 일...의 일 평균 상대습도이며 a 는 시간경과에 따른 영향 정도를 나타내는 값으로 보통 0.7이 이용되고 있다.

불쾌지수(discomfort index)는 인간이 느끼는 불쾌감을 평가하는 지수로서

$$\text{불쾌지수} = 0.72 \times (\text{건구온도} + \text{습구온도}) + 40.6$$

으로 표시된다.

불쾌지수가 70이상이 되면 일반적으로 불쾌감을 느끼게 되며 75이상이면 반수 이상이, 80이상이면 거의 대부분 사람이 불쾌감을 느끼게 된다.

나. 습도와 열화

1) 수분과 습도와의 관계

종이나 나무 등에 함유된 수분이 변화하면 팽윤·수축하여 물리적 변화가 일어난다. 나무의 수분은 온도가 변화하지 않는 경우에는 상대습도의 변화에 따라 변하며 보통의 보존환경에서는 상대습도가 일정하면 수분을 일정하게 유지하게 된다. 그러나 포장하여 운송하는 경우에는 유물에 대한 공기량이 극히 작고 온도 변화가 심한 경우 상대습도가 일정하면 오히려 유물의 수분 변화를 일으키기 쉽다.

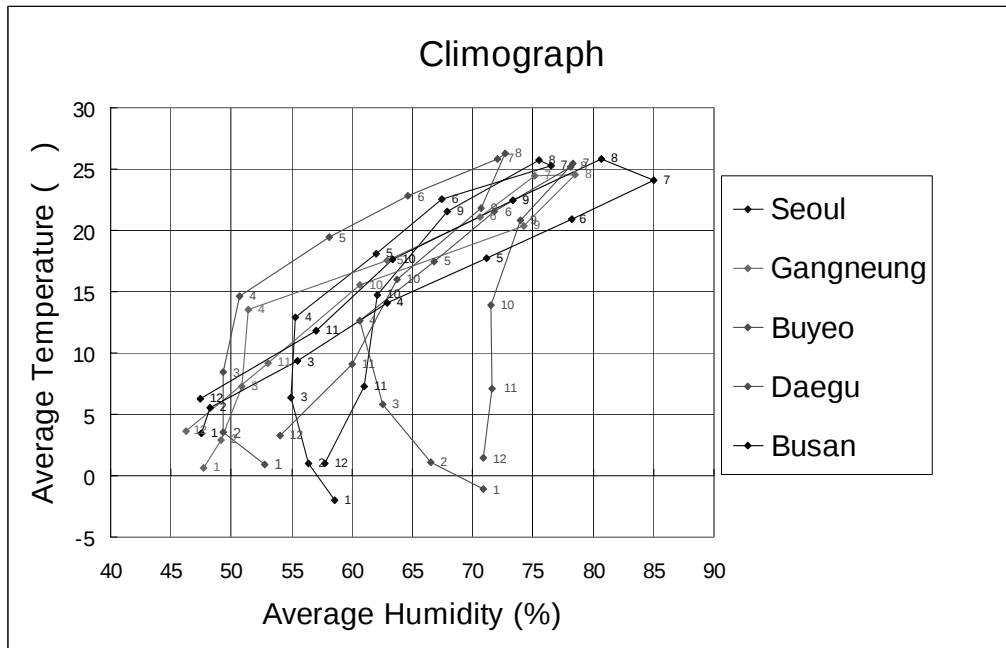
2) 습도와 곰팡이

곰팡이가 발생하는 온도·습도 범위를 나타내는 것이 그림 2이다. 그림 2는 우리나라 서울, 강릉, 부여, 대구 및 부산의 최근 10년간(1995년~2004년)의 통계기록을 이용한 클라이모 그래프이다. 우리나라 여름은 모두 기온과 습도가 높으며, 단지 부여만이 겨울철 습도가 높고 나머지 지역은 기온, 습도가 낮다

이 그래프에서 우리나라의 6월에서 9월 까지는 곰팡이나 해충의 발생이 쉬워진다. 곰팡이가 발생하는 25 , 60%의 값은 이 환경 하에서 곰팡이가 발생하기 쉬운 자료를 약 10여년간 방치하여 둘 때 눈으로 확인 가능한 곰팡이며, 보통 서적 등은 100일에서 200일 정도 하에 방치하여 둘 때 70%정도에서 발생한다.

최근에는 종이나 섬유 등의 천연재료 이외에도 플라스틱 등의 인공 재료의 보존, 특히 도서관등의 사진 필름, 영화필름, 테이프, CD 등의 전자 매체의 내구성이 문제시되고 있

다. 내구성이 가장 떨어지는 칼라 필름의 경우 온도가 5℃ 내려가거나 상대습도가 1/2



2. (1995 ~ 2004)

낮아질때 자료의 수명은 2배로 늘어난다고 한다. 표 6은 IIC, ICOM, ICCROM 등에서 추천하는 온·습도 기준이다. 그러나 이 조건을 적용하기 위해서는 보존환경의 이력이나 기후 조건을 충분히 고려해야 한다.

실제의 문화재에 있어서는 금속이나 칠기, 목재, 섬유, 가죽이 혼재한 복합재료로 되어 있는 경우가 많다. 이러한 복합재료는 온·습도 조건에 따라 다른 신축율을 가져서 접합부 등에 스트레스가 발생하기 쉽다. 그러나 긴 시간 일정한 환경하에서 놓여있는 경우에는 서로의 재료는 평형상태에 있기 때문에 설사 지금의 보존환경 조건이 표 6에 일치하지 않더라도 자료에 곰팡이나 녹 등이 발생하지 않는다면 표 6의 조건을 맞추기 위해 급격한 온·습도 변화를 주는 것은 피해야 한다.

표 6은 일정한 습도를 유지할 때의 보존조건이지만 온도나 습도의 변동이 자료에 미치는 영향을 나타낸 것이 표 7이다. 표 7은 온도가 30℃를 넘지 않고 습도도 75%를 넘지 않는 조건 하에서 평가한 결과이다. 양피지 위에 두껍게 채색된 자료와 같이 열화된 것의

경우에는 $\pm 5\%$ 의 습도 변동으로도 아주 작은 손상을 자료에 미칠 수 있다.

여기서 손상이란 원래의 상태로 회복 불가능한 변형, 파열, 박리 등을 가리킨다.

손상이 중대한 것으로 구분된 것 이외에는 주위깊게 조사하여 검사하지 않으면 관찰이 되지 않은 손상이지만 경미한 손상이 수 천 회 이상 반복되면 작은 손상으로, 작은 손상 역시 수 천 회 반복되면 중대한 손상으로 진행될 수 있다. 따라서 중대한 손상이라도 여유가 전혀 없는 횟수를 가진 자료인 경우를 제외하면 자료에 결손이 일어나는 것을 의미하는 것은 아니다. 또한 변동이 큰 자료가 과거에 받은 최대 변동 보다 작아지면 받는 손상은 여기서 열거한 것보다도 훨씬 작게 된다.

온도·습도의 변동 폭	자료의 위험도*에 따른 손상 정도의 평가		
	위험도 「고」	위험도 「중」	위험도 「저」
± 5	안전~경미	안전	안전
± 10	안전~작음	안전~경미	안전
± 20	작음~중대	안전~작음	안전~경미
± 40	중대	작음~중대	안전~작음

표 7. 온도와 상대습도 변동이 자료에 미치는 기계적 손상의 위험도 평가

* 위험도에 의한 자료의 분류

위험도 「고」 : 양피지에 그린 두꺼운 그림.

종이나 섬유에 기름이나 수지를 사용하여 그린 두꺼운 그림

「중」 정도의 위험도를 가진 자료 중 자외선이나 화학물질에 의해 손상된 자료

위험도 「중」 : 대부분의 현상된 사진, 흑백 및 필름, 대부분의 자기 기록 매체

대부분의 유채화, 양피지에 쓰인 잉크필체, 종이에 그려진 수채화 물감, 상질피지나 목재로 구성된 책의 장정

위험도 「저」 : 대부분의 종이인쇄, 강판, 선화, 잉크화, 수채화 등

대부분의 하드커버 책, CD 등 온도 30 , 상대습도 75%를 넘지 않는 범위에서의 변동

다. 습도 측정

1) 건습구 온도계

서로 나란히 붙어있는 두 개의 동일한 수은 온도계로 구성된다. 그 중 한 온도계의 수은주를 얇은 천이나 거즈로 둘러 물로 적셔 이를 습구 온도계라 하며 다른 것을 건구 온도계라 한다.

습구는 물의 증발에 의한 기화열 때문에 건구가 가리키는 기온보다도 낮은 온도를 나타내며, 그 온도차로부터 상대습도를 계산한다.

습구와 건구가 가리키는 온도차는 물의 증발량에 의존하며 물의 증발량은 공기 중의 수증기압에 의존한다. 따라서 습구, 건구 양쪽에 나타난 눈금을 읽어 건습구 온도계의 실험식을 이용하여 수증기압, 상대습도를 구할 수 있다.

간이 건습구 온도계는 바람이 불지 않을 때 측정하는 것이 원칙이다. 습구 주변에 바람의 변화가 있으면 증발도 변화하여 습구 온도계가 가리키는 것이 안정치 못하여 측정이 어려워진다.

2) 아쓰만 건습계

건구와 습구 온도계를 3~4m/s이상의 속도로 통풍시켜 측정하는 건습구 온도계이다. 상온에서 정확한 측정값을 갖고, 휴대가 간편하여 야외 측정에 편리하다.

1892년 독일의 아쓰만이 발명하였다 습구를 싸고 있는 거즈가 오염될 때 오차가 발생하므로 깨끗한 거즈를 사용하며 교정한 전기 습도계와 비교하여 사용한다.

3) 모발 습도계

사람의 머리카락은 흡습, 탈습에 의해 신축하는 성질을 이용하여 18세기 말 스위스의 소 슈르에 의해 발견되었다.

머리카락은 흡습과정과 탈습과정에서의 신축의 차이가 최대 10%정도 이상이고 온도가 높을수록 머리카락이 늘어나는 현상이 작아지는 등 측정기로서의 정도는 좋지 않다. 또한 습도의 변화에 대하여 지시값이 안정되기까지 10분 이상 소요되므로 습도가 빈번하게 자주 변동하는 장소는 적합지 않다. 그러나 구조가 간단하고 가격도 저렴하며, 자동 기록이 가능한 장점을 갖고 있어 널리 사용되고 있다.

4) 전기 저항 습도계

주위의 상대습도에 따라 함수율이 변하여 전기저항이나 용량 등이 성질을 이용하며 감습 재료로는 반도체 막, 세라믹 막, 금속산화물 막 등과 고분자 화합물의 막, 염화리튬을 함침 시킨 박편 등 고분자 재료를 전극을 부착한 절록체의 기판위에 붙인 것으로 구분된다. 대부분의 온도가 높아지면 전기저항이 저하하는 성질을 지니고 있다. 따라서 감습 재료의 전기저항은 온도가 높을수록 작으며 아주 작은 전류가 흘러도 저항의 측정이 가능하다.

전기 저항식 습도계의 성능은 감습재료 표면의 오염 및 변형에 의해 변화한다. 먼지가 많은 장소에서는 보호관 등을 잘 써서 필터 등을 부착 사용한다. 상대습도가 100%에 가까운 장소에서의 장시간 사용은 피한다.

3. 光

20세기에 들어서 확립된 양자역학에 의하면 광은 입자와 파동의 이면성을 갖고 있다. 입자라고 생각할 경우 광자(photon)라고 불리우며, 그 운동에너지가 광에너지이다. 파동이라 할 경우 발생원인은 자기적 작용에 의한 것이기 때문에 전자파(electromagnetic wave)라 불리우며, 파장이란 개념도 성립된다. 입자성과 파장성은 본래 하나의 것을 다른 측면으로 볼 경우에 나타나는 모습이다. 광에너지를 kev단위의 에너지, h 를 프랑크 정수(6.6×10^{-27} 를 erg-s), c 를 광속(3×10^{10} cm/s), ν 를 주파수, λ 를 단위의 파장이라면

$$E=h\nu =hc/\lambda, \text{ 즉 } E=12.396/\lambda \text{ 가 된다.}$$

일반적으로 광이란 가시광선을 떠올리지만 물리학에는 흔히 전자파를 가리킨다. 다시 말하면 전파, 적외선, 가시광선, 자외선, X-선, γ -선 등이다. 여기서 이하 광이란 넓은 의미의 광을 말한다.

문화재의 분광 분석에서 많이 사용되는 형광 X-선 분석장치에는 파장분산형과 에너지 분산형이 있는데 이것은 분광 계측에 X-선의 파장성을 이용한 것인지 아니면 입자성을 이용한 것 인가에 대한 차이만이다.

광이 물질에 닿으면 광자에너지는 물질을 구성하는 원자 또는 분자에 전해져 소멸되는 경우가 있는데 이것이 광의 흡수이다. 또한 물질과의 상호 작용 없이 그대로 진행하는 것이 투과 현상이다 광이 물질에 흡수되는 정도를 흡수계수라는 물리량으로서 정의된다. 흡

수계수는 광에너지와 물질을 구성하는 원소 또는 분자에 또는 크게 변하며 복잡하다. 광이 물질에 구성하는 에너지에 의해 원자 또는 분자가 들뜨거나 이온화한다. 분자의 경우는 원자간의 결합이 잘라질 수도 있다. 이렇게 잘라진 원자나 분자는 불안정하므로 산소나 물과 반응하기 쉽다. 이와 같이 광의 직접 효과가 부수적으로 발생된 2차적인 화학 반응이 광에 의한 문화재 열화의 주요한 원인이다. 광은 문화재의 검사, 특히 비파괴적인 방법의 여러 형태로 이용되고 있다. 편리함과 함께 열화의 요인이 된다는 것도 고려해야 된다.

주지의 사실이지만 물질을 보존하기 위해서는 빛의 영향이 없는 것이 좋겠지만 관람자가있는 한 광을 필요로 한다. 따라서 양질의 광을 선택하기 위해서 현재의 문화재의 전시수장 시설은 대기오염의 침식 방지 안정한 공기조화 위험도가 높은 외부로부터의 광 차단을 위하여 폐쇄적인 건물이 대부분이다 또한 전시실의 조도를 고려하여 형광등을 중요한 광원으로 사용하고 있다.

최근에는 천연광을 채택하여 조도를 자동적으로 조절하는 시설이라든가 또는 고압 수은등을 설비한 시설이 늘고 있다. 그러나 이러한 조명광원은 사용하는 방법에 따라 전시물의 재질에 미치는 영향이 안전할 수 있고 위험할 수도 있다.

천연광은 시시각각 변화하기 때문에 안정한 조명이라 할 수 없다. 따라서 전시물 본래의 색의 구분이 어렵고 인공적으로 조절하는 것이 불가능하다. 천연광의 에너지 분포는 자외선이 290~400nm 약 5%, 가시광선이 400~780nm 약 45%, 적외선이 780~3200nm 약 50% 이다. 천연광이 창유리를 통과한 후의 자외선량은 맑은 날은 약 1.3%, 흐린 날은 약 0.5%이다. 형광등에서 방사되는 자외선은 약 1~2%전방사를 100%로 한 경우) 이다.

자외선은 400nm이상의 파장으로서 광으로 눈에 주는 효과는 적지만 물질의 재질에 대한위험성은 상당히 크다. 1953년 NBS(미국 상무성 표준국)의 Harrison이 색지를 사용하여 구한 상대손상계수에 의하면, 580nm이하의 가시광 및 자외선이 변퇴색에 작용하며, 300nm 이하의 자외선은 공기에 흡수되어 물체에는 사실상 도달하지 않는다고 한다.

박물관의 기능은 전시물이 지니고 있는 역사적 의미를 부여시켜야 하기 때문에 전시의 조건은 제작 당시의 형태를 고려하여 천연광을 채택해야겠지만 미술품을 보존하는 의미에서 밝은 조명을 피해야 한다.

Kruithof에 따르면 조도와 쾌감색온도대의 관계에서 300lx의 조도라면 광원의 색온도는 4500K 이하, 2800K 이상 정도가 좋으며 1lx가 내려감에 따라 점점 이러한 범위가 밀로 좁아지게 된다. 따라서 박물관 등의 조명은 그 조도에 적당한 쾌감대의 색온도의 흑체 복사를 가진 광원을 채택하는 것이 타당하다고 본다.

<기본용어>

• 광속(lumen)

광원에서는 여러 가지 파장의 에너지가 방사되지만 이중 파장 380~760(nm)의 범위만이 광으로서 보라에서 빨강까지의 각종의 색을 눈으로 느낄 수 있다. 그러나 적, 청, 황의 광을 같은 정도로 받아도 눈이 느끼는 밝기는 황색이 제일 밝고, 적, 청은 어둡다. 이와 같이 색(파장)에 따라 밝기가 다른 특성을 시감도라 한다. 광의 양을 표시할 때에는 이 시감도를 고려한 입사한 광속 $F(lm)$ 루멘을 사용한다.

-태양광의 전광속은 $4 \times 10^{28}(lm)$

-40W 형광등은 약 3400(lm)

-100W 백열전구는 약 1570(lm)

• 광도(Candela)

광의 세기(어떤 방향의 단위입체각내에 방사되는 광의 양을 말한다. 단위는 cd(칸델라)이다.

• 조도(lux)

광원에 의해 방사되고 있는 면의 밝기의 정도를 나타내는 단위이다. 단위면적 당 입사하는 광속으로 표시되며 광속 $F(lm)$ 가 면적 $S(m^2)$ 에 입사되고 있다면 조도 $E(lx)$ 는 $E=F/S$ 로 표시된다. 직사 일광 하에서는 10만 lx, 나무 밑그늘에서는 1만 lx, 실내에서 북측 창가는 1000lx 정도이다.

• 휘도

어떤 방향에서 본 물체의 밝기(단위정사면적에서 어떤 방향으로 향하는 광의 세기)를 말한다. 조도가 단위면적당 얼마만큼의 광이 도달하는가를 표시하는데 대하여, 휘도는 그 결과 어떤 방향에서 볼 때에 얼마만큼 밝게 보이는 가를 나타냄. 단위는 cd/m^2 이다.

• 광원의 연색성(Colour rendering)

수은등이나 나트륨등에 조사된 물체의 색은 본래의 색과는 거의 먼 색으로 보인다. 이와 같이 광원의 특성에 따라 물체의 색이 변해 보이는 성질을 연색성이라 한다. 연색성을 표

현하기 위해서는 8종류의 정해진 물체의 색(평균연색평가용시험색)에 시험 광원 및 기준 광원을 조사, 비교하여 8종류의 색의 차이를 평균하여 100에서 빼어 얻어지는 평균연색평가수 R_9 가 이용된다.

• 색온도(Colour temperature)

광원의 광색에는 적색을 띠거나 황색을 띠는 등 여러 가지가 있다. 그러나 이 광색을 인간의 주관으로 표현하는 경우 보는 사람에 따라 미묘하게 차이가 난다. 따라서 광색을 물리적, 객관적인 숫자로 표시한 것이 색온도이다. 즉, 색온도란 어떤 광원에서 방사(열방사)되는 빛의 색과 같은 열방사를 하는 흑체의 온도를 말하는 것으로 절대온도 K(켈빈)으로 표시한다. 광원 자체의 온도를 의미하는 것은 아니다. 색온도가 낮으면 낮을수록 적색을 띠는 광색이 되어 색온도가 3,300K 이하에서는 적색을 띠기 시작한다. 이에 반하여 색온도가 높으면 높을수록 청색을 띠는 광색이 되어 색온도가 5,000K 이상이 되면 청색을 띠기 시작한다. 또한 표 8에서 나타내었듯이 광원의 색온도에 따라서 심리적인 광색 감각의 경향은 변화한다. 광색 감각과 쾌적한 조도와 관계는 표 9처럼 주위의 밝기가 낮은 경우에는 색온도가 낮은 광원이 백색 광원으로써 자연스럽게 보인다. 박물관 전시 조명은 비교적 낮은 조도를 채택하는 경우이므로 일반적으로 색온도가 낮은 따뜻한 분위기가 느껴지는 광색이 심리적으로 쾌적함을 준다. 여기서 주의할 사항은 색온도의 차이는 광색의 차이를 나타내는 것일 뿐 색이 잘 보이고 안 보이고 하는 것과는 관계가 없다는 것이다. 즉 적색을 띠는 색온도가 낮은 광원이 적색의 물체를 아름답게 표현하는 것은 아니라는 점이다.

• 비시각도(relative spectral sensitivity)

인간의 망막은 555nm의 빛의 파장에 대하여 가장 예민하게 감도를 느낀다. 가시 방계의 한계파장인 380nm나 760nm의 빛에 대해서는 감도가 대단히 낮아져 밝게 느끼지 못한다. 빛에 대한 시각각의 분광감도를 시감도라 한다. 감도가 제일 높은 부분을 1로 하여 다른 파장에 대한 시감도를 정규화시킨 그래프를 비시감도라고 부른다. 비시감도는 인간에 따라 다르지만 다수의 인간이 평균적값으로 국제조명위원회에서 정한 표준값이 표준비시감도이다.

• 블루스케일(Blue scale)

염직포의 태양광에 대한 내광성을 측정할 때 블루스케일(blue wood standard)이 표준자료로서 사용된다. 블루 스케일은 양모평직물을 정련표백후 내광성이 다른 8가지의 청색염료를 이용하여 염색하여 색상이 조금씩 다르다. 각각 염료의 내광성을 1등급에서 8등급까지 분류하여 1급이 가장 낮고 8급이 가장 높다. 즉 5급의 블루스케일을 3단계로 구분하여

통사 사용하는데 빛에 대단히 민감한 자료는 3등급, 빛에 비교적 민감한 자료는 6등급까지로 하였으며 그 d상은 내광성이 있는 자료로 분류된다.

4. 空氣汚染物質

가. 공기의 조성

공기는 우리가 생활하는데 없어서는 안 될 존재이지만 인류의 진화와 함께 지구상의 공기를 오염시키는 물질은 증가 추세에 있다.

공기는 단일 성분이 아닌 질소78%, 산소21%, 아르곤1%, 이산화탄소0.03%가 함유되어 있으며 이를 구성하는 기체 중 산소와 이산화탄소가 문화재 열화를 촉진시키는 방향으로 움직인다. 이 외에 대기오염물질로 황산화물, 질소산화물, 오존, 황화수소, 메르캅토류, 암모니아, 염분 및 매연과 분진을 들 수 있다. 물리적인 영향으로서는 기계적인 마모가 있다. 화학적 영향은 주로 산화 환원에 의한 변질 산성 알칼리성 물질로서의 영향 등을 들 수 있다.

나. 오염물질의 종류와 영향

문화재를 공개하는 시설에서는 표2, 표3, 표5에 열거한 실내오염물질이 문화재에 현저한 영향을 일으키는 물질이다. 문화재와 화학물질 사이의 반응은 화학물질과 문화재 재질과의 반응성, 문화재 재료의 특성 및 문화재 제작 기술의 다양성에 따라 변화하므로 이 점을 미리 점검·검토하여 감시대상 물질을 선정할 필요가 있다.

또한 친수성의 표면을 가진 문화재 재료가 많으므로 보관 공간의 상대습도 관리가 반응속도를 제어하는 데에는 매우 중요하다. 따라서 암모니아, 개미산, 초산 등 물에 대하여 용해도가 큰 오염 물질 농도가 높은 경우에는 건조에 의한 왜곡 현상이 일어나지 않도록 주의해야 하면서 공간의 상대습도를 낮게 조제해야 한다. 산성을 띠는 오염물질은 항상 금속의 녹 발생을 초래하지만 이 중 질소화합물은 셀룰로오즈와의 반응성이 높아서 종이, 목재 문화재에도 영향이 크다. 황산화물은 대리석재와 작용하여 석고를 형성하거나 화산활동이 있는 지역에서는 황화수소의 반응성이 높아서 은, 납 등의 재질을 검게 변색시켜 심지어는 녹 발생과 이에 따른 진행으로 갈라지는 등의 손상이 보고되고 있다.

개미산이나 초산 등의 유기산은 목재 특히 합판으로부터 다량 발생된다. 목재의 접착제에 사용된 포름알데히드는 산화되어 개미산이 되며 이 반응은 알칼리성 환경 하에서 진행된다는 보고가 있다. 또한 알칼리성 물질은 서양화에 사용되는 아민유가 갈색으로 변화하며, 암모니아는 구리와 반응하여 녹청을 생성하기도 한다. 오존 등은 산화력이 강하여 유기질 문화재를 과산화물로 만들어 약화·변질시킨다.

알데히드 등의 환원성 물질은 염료의 퇴색을 촉진시킨다. 염화물은 청동병의 원인물질로서 해안에서 가까운 시설 등에서 세심한 주의가 필요하다.

또한 실내 전시 시설의 부자재의 접착제로부터 파생되는 포름알데히드 등의 휘발성유기화합물(VOC) 이 악취나 인체의 알레르기 증상을 일으킬 뿐만 아니라 회화 작품의 안료의 변색에 관여하고 있다.

5. 生物피해

곰팡이나 충의 발생은 온도와 습도에 의존하며 유기질의 문화재나 석조 문화재에 상당한 손상을 입힌다.

가해 생물을 예방하는 방충제에는 파라디클로벤젠 15-20g/m³, 방미제에는 티몰 60g/m³, 파라포름알데히드 20g/m³을 사용한다. 또한 가해 생물을 방제하기 위해서는 훈증법(에틸렌옥사이드 +메틸브로마이드 가스)을 사용한다.

최근에는 이러한 약제사용을 피하고 예방적으로 생물학적 피해의 확대를 예방하고 좋은 환경을 유지하는 종합유해생물관리(Integrated Pest Management : IPM)이란 방법이 제창되어 실천되어 가는 추세에 있다.

	,
	,
	,
	,
	,
	,
, 가	(,)
2	,

2.

이외에 분진이라 불리우는 미립자상 물질을 상당량 포함하고 있다. 분진은 가장 인간과 밀접한 곳에 존재하며 입자의 크기는 다양하다. (표 3참조)

	(μm)		(μm)
雨 適	1 - 7000		0.1 - 100
	0.004 - 200	油	0.3 - 1
砂塵(浮遊)	20 - 200	花 紛	20 - 60
	1 - 200		10 - 150
	0.01 - 0.2		

3. (10 μm)

．環境因子와 作用

1. 酸素와 물

공기 중에는 약 20%의 산소가 함유되어 많은 물질이 산소에 의해 산화된다. 문화재도 예외 없이 산소의 영향을 피할 수 없으며, 재질에 따른 산화 정도도 다르다. 또한 다른 환경인자 (열, 물, 광등)가 존재하면 작용의 속도는 크게 변화한다. 흔히 열화 현상은 산소의 존재가 커다란 요인으로 작용한다.

2. 물

물은 기체 액체 고체의 상태로 산소 다음으로 신변에 존재하는 중요한 인자이다. 물은 산소 이외의 다른 공기 오염 물질 등의 산화 반응에 관여한다. 그 자신이 습도나 물로써 물체에 영향을 미치는 한편 기상의 영향을 받아서 표. 4와 같은 상태로 문화재에 작용한다.

3. 土砂

지역에 따라 지질이 다르고 철분이 많은 흙, 모래가 섞인 흙, 화산재 등이 있으며, 직접 작용으로 바람이나 견학자에 부착되어 반입되는 가는 토사가 문화재에 부착되어 물리적 손상이나 오염을 야기시킨다.

	$\begin{array}{ccccccc} _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \\ + & _ & + & _ & + & _ & _ \\ _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \end{array}$
	$\begin{array}{ccccccc} _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \\ (& _ & _ & _ & _ & _ &) \\ _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \end{array}$
	$\begin{array}{ccccccc} _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \\ (& _ & _ & _ & _ & _ &) \\ _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \end{array}$
	$\begin{array}{ccccccc} _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \\ (& _ & _ & _ & _ & _ &) \\ _ & _ & _ & _ & _ & _ & _ \end{array}$

	土() , 汚點, , , 沈着
	砂塵 ,
	가 , , 沈着, ()
	. (), , 冬季 積雲
	(+)
	, 가 , , ,
	, 布 裂損,
	光劣化, , , ,
	, , , , . , , , ,

4.

(SO ₂)	, 가 ,
(NO ₂)	, 가 , ,
(H ₂ S,)	,
(, PAN)	, ,
	(),
(HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃)	,

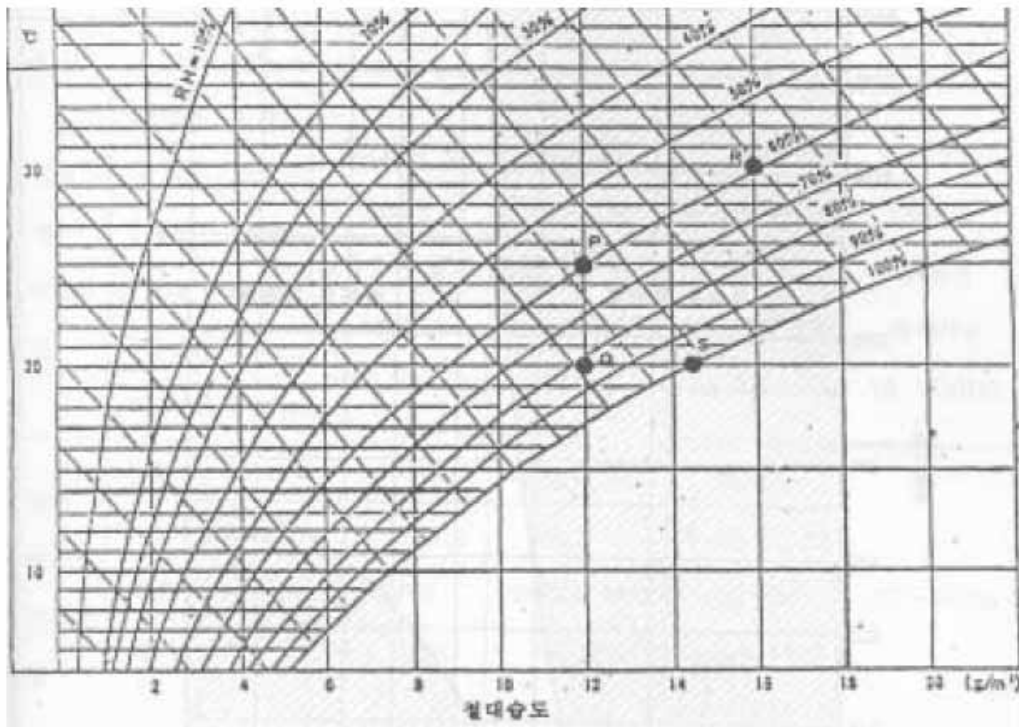
5.

	20 15 2
()	100% : () : 가 55~65% : , , , 50~65% : , , , 50~55% : 45~55% : 45% : , () 30% : ,

6. .

．保存環境의 評價

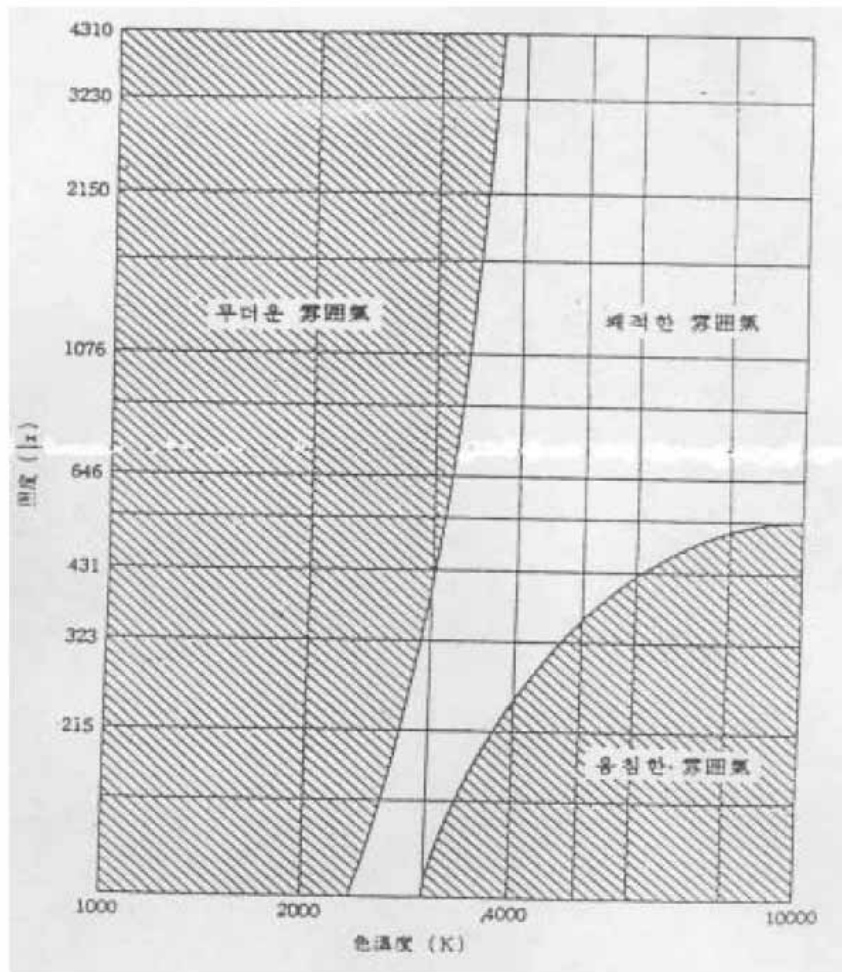
박물관, 미술관의 보존과학 관련 학예직원의 가장 큰 역할은 각 시설에 있어 다양한 문화재의 열화원인과 영향을 예측 대책을 수립하는 것이다. 다시 말하자면, 박물관 미술관에 있어 보존과학의 중요한 역할은 박물관의 시설 설비 관리 운영의 현상을 문화재 보존의 입장에서 분석 평가하는 것이다.



3. , ,

20 공기 1m^3 에 포함되어 있는 수분의 양을 구하기 위해서는 우선 20 에 있어 RH 100% 커브선과의 교점을 본다(S점 약 $14.5\text{g}/\text{m}^3$). 실제 공기 중에 있는 수분량이 12g 이라면 상대습도83%(Q점)이 된다. 만약에 수분량이 변하지 않고 온도가 5 상승하면 상대습도는 60%가 된다(P점). 습도 60%를 유지하면서 온도를 30 로 높이기 위해선 공기 1m^3 당 4g 의 수분을 보충해야 된다(R점).

따라서 급격한 온도의 변화는 결로의 원인이 되므로 항상 온도의 변화는 습도와 상관관계에 있다는 것을 염두에 두어야 한다.



4. (Kruithof)

그림 4는 조도(Lux)와 색온도(K)의 관계를 나타낸 쾌감색온도대이다. 가령 판화 전시의 경우 조도기준은 약 100Lux이며 약 2,500-3,200K의 범위의 형광등이 쾌적한 조명 분위기를 연출시킬 수 있다.

		ICOM (1977)	IESNA () (1993)	CIBSE () ()	JIS () (1979)	MMFA () (1991)	G.Thomson (1986)	KS () (1993)	() (1980)	CULCON Report (1984)
	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	50 lx	54 lx 18 125	50 lx 60 50	75~300 lx ()	75 lx 14 12,000 lx·h (100)	50 lx	150~300 lx	150 lx (60 30)	100 lx 1 10 50 50,000lx·h
	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	150~180 lx (4,000)	220 lx 18 300 500,000 lx·h	200 lx 60 50 600,000 lx·h	300~750 lx	100 lx 110 42,000 lx·h (250)	200 lx	300~600 lx	150 lx	
	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100	300 lx (4,000 0 ~6,000K)			750~1,500 lx	100 lx 120 84,000 lx·h (3,500)		600~1,500		

표 8. 각국의 미술관, 박물관에서의 전시조명 추천 조도

ICOM : International Council of Museum(국제박물관회의)

IESNA : Illuminating Engineering Society of North America(북미조명학회)

CIBSE : Chartered Institution of Building Service Engineers (영국건축설비공학회) JIS : 일본공업규격 Z 9110

MMFA : Montreal Museum of Fine Art (몬트리올 박물관)

G.Thomson : Gary Thomson의 「The Museum Environment」

CULCON Report : U.S-Japan Conference on Cultural and Educational Exchange

KS : KS A 3011