

적외선 복사에너지에 의한 시료의 물리적 손상 측정

(Measurement of Physical Damage of Samples by Infrared Radiation)

정동선*·김기훈·한중성·김 훈

(Dung-Sun Jeong · Gi-Hoon Kim · Jong-Sung Han · Hoon Kim)

Abstract

The molecules of the substance absorbing a light obtains the radiant energy to the wavelength of the light to make thermal reactions or photochemical reactions. Specially, thermal reactions by infrared radiation brings about physical damage by temperature rise process or temperature drop process of the material. In this study, a measuring system was set up to measure the temperature rise and temperature drop of each sample by infrared radiation from light source. And a physical damage of samples by infrared radiation were measured using the measuring system.

1. 서론

자연광이나 인공광원의 복사에너지는 가시광선 외에도 자외선과 적외선을 포함하며 이들은 모두 전자파의 형태로 물질에 조사된다. 광원의 복사에너지에 포함되어 있는 자외선, 가시광선, 적외선 중에서 열적 효과와 가장 관련이 큰 것이 적외선이다. 자외선과 가시광선의 광양자가 적외선의 광양자보다는 에너지가 크지만 대부분의 물질에서 적외선의 흡수율과 침투깊이가 크므로 적외선이 주로 열에 의한 물리적 손상을 일으킨다.

열적 반응에 의한 물리적 손상은 주로 물질의 온도상승이나 온도하강 등의 과정을 통하여 일어나는 것으로 알려져 있다. 즉 조명 장치의 on/off 등에 의해 전시물의 온도가 상승하거나 냉각이 되면서 물질의 팽창과 수축이 수반되고, 이에 따른 물질내의 수분의 증발과 흡수의 주기적인 반복이 물리적 손상

의 주요 원인된다.

이러한 현상에 의해 팽창계수가 다른 물질의 조합으로 구성된 전시물의 경우 각종 염료나 안료 등의 접착력을 약화시켜 이탈, 박리와 함께 비틀림, 찌그러짐 등과 같은 물리적 손상이 발생하고 전시공간의 온도 변화와 상대습도의 변화가 초래된다[1,2].

전시조명에 사용되는 광원 중에서 청공광이나 형광램프의 복사에너지는 상대적으로 적외선이 적으나 태양직사광, 백열전구나 할로겐전구와 같이 온도방사를 하는 광원에서 복사에너지에는 다량의 적외선이 포함되어 있다. 따라서 이러한 광원을 이용한 조명을 실시할 때에는 적외선 제거를 위한 노력을 기울여야 한다.

본 연구에서는 광원에서 방출되는 적외선 복사에너지에 의한 물질의 물리적 손상 파악에 중점을 두어 이를 측정할 수 있는 측정시스템을 구축하였다. 이 측정시스템을 이용하여 일정한 주기로 온도상승과 온도하강이 반

복되도록 조명장치의 on/off 시간을 설정한 상태에서 여러 가지 시료를 대상으로 적외선 복사에너지에 의한 물리적 손상의 정도를 살펴보았다.

2. 적외선복사와 물리적 손상

조명에 의한 전시물의 손상은 크게 광화학 적 손상과 물리적 손상으로 구분된다. 광화학 적 손상은 자외선 및 가시광선과 관련이 있으며, 물리적 손상은 열적인 효과를 갖는 적외선 복사에 의해서 일어난다. 즉, 물질에 대하여 자외선과 파장이 짧은 자색 부근의 가시광선은 광화학반응에 의하여 변색 및 구조적인 손상을 일으키며, 적외선과 파장이 긴 적색 부근의 가시광선은 건조에 의한 물리적 손상을 일으킨다[3,4].

광원의 복사에너지가 전시물에 입사하면, 전시물의 고유한 특성이나 복사에너지의 분광분포에 따라 그 에너지의 일부는 흡수되고 나머지는 반사되거나 투과된다. 복사에너지가 반사되는 경우에는 그 에너지가 관람자의 눈에 들어가 물체를 보이게 하거나 공기 중에 흡수되므로 전시물에 직접적인 영향을 주지 않는다. 그러나 전시물에 직접 흡수되는 경우나, 투과의 경우에도 완전히 전시물의 뒷면으로 통과하지 않으면 결국은 전시물의 내부에서 흡수되어 전시물의 온도를 상승시킨다. 또한 전시물의 적외선을 포함하는 복사에너지의 흡수는 주변 공기 온도를 엄밀히 조절하고 있는 환경에서도 온도를 상승시킨다[4].

전시물의 물리적 손상에 영향을 미치는 요소는 조명 외적인 요소를 포함하여 그 변수가 매우 다양하고 복잡적이지만 주로 문제가 되는 것은 반복적인 온도상승과 온도하강, 전시물의 구성 성분, 적외선복사의 물리적 특성 등이다. 특히, 조명장치의 on/off 등에

의해 전시물의 온도가 상승하거나 냉각되면서 전시물의 팽창과 수축이 수반되고 이에 따른 수분의 증발과 흡수의 주기적인 반복이 물리적 손상의 주요 원인인 것으로 알려져 있다[2].

목재, 지류, 섬유 등의 습기가 많은 유기 물질을 건조한 공기중에 놓으면, 그 물질의 내부로부터 일정한 수분이 방출되어 공기중의 상대습도는 평형을 유지한다. 이러한 주변 상황에 전시물이 놓여 있으면 전시물 자체의 습도가 주변과 평형을 이루기 위하여, 전시물에 포함되어 있던 얼마간의 수분이 이 탈되며, 반대로 온도가 내려가면 공기중의 수분은 거꾸로 유물에 흡수된다. 목조품인 경우 극단적인 가열과 냉각으로 균열과 깨짐의 결과를 가져오므로 특별히 문제가 될 수 있다.

그리고 전시물이 서로 다른 물질로 구성된 경우에는 구성 물질 각각의 팽창률이 달라서 이것이 전시물에 균열이나 찌그러짐 등의 물리적 손상을 일으킨다[1].

반면 전시물 자체가 균일한 물질로 구성되어 있다 하더라도 광원의 형상 및 필라멘트 구조, 광원의 위치, 에너지의 전도와 대류 등과 같은 온도복사의 물리적 특성에 의해 전시물 표면에 도달하는 복사에너지 자체가 균일하지 않을 경우 전시물의 온도분포가 달라진다. 따라서 이런 불균일한 온도분포는 물질의 구성 성분이 동일한 전시물은 물론이고 구성성분이 다른 전시물도 국부적으로 다른 열적 반응을 일으킨다.

조명에 의한 전시물의 물리적 손상 여부를 규정하기는 매우 어려우며, 어느 정도의 온도 상승과 수분 방출이 전시물의 보존에 위협적인 영향을 미칠 것인지에 대해서는 그다지 밝혀진 바 없으나, 조명에 의한 전시물의 온도 변화가 실내에서 통상적으로 발생하는 온도의 변화보다 크다면 기준으로 설정된 보존

기간보다 빨리 전시물의 손상이 발생할 것으로 생각할 수 있다. 따라서 적외선을 포함하는 복사에너지의 조사에 의하여 전시실, 진열장내의 전시물의 온도 변화를 측정하여 그 온도의 변화 범위보다 적은 온도의 변화가 전시물에서 일어나도록 조명을 제한하고 알맞은 광원을 선정하는 등 손상에 대한 적절한 조명환경을 마련하여 손상의 최소화나 보존에 많은 노력을 기울여야 할 필요가 있다.

3. 측정방법

본 연구에서는 광원에서 방출되는 적외선 복사에너지에 의한 물질의 물리적 손상을 측정할 수 있는 측정시스템을 구축하였다. 이 측정시스템을 이용하여 일정한 주기로 온도상승과 온도하강이 반복되도록 조명장치의 on/off 시간을 설정한 상태에서 여러 가지 시료를 대상으로 적외선 복사에너지에 의한 물리적 손상을 측정하였다.

광원과 시료가 위치하는 실험공간은 면적 0.8[m]×0.8[m], 높이 1[m]인 직사각형 모양의 밀폐된 공간으로서, 내부에 반사의 영향을 억제하기 위해 무반사 흑색 페인트가 칠해진 일종의 작은 암실이다. 암실 상부의 중앙에 광원이 위치하고 그 아래면 중앙에 시료를 위치시켰으며, 광원과 시료와의 거리는 0.8[m] 정도이다. 그리고 시료가 위치한 부근에 디지털 온도 및 습도계의 센서를 고정시켜 놓고 주기적으로 온도 및 습도를 측정하였다.

시험용 광원은 250[W] PAR형 적외선전구를 사용하였으며, 30분 주기로 점등과 점멸이 반복되도록 타이머회로를 부가시켰다. 피조사물인 시료는 피혁(흑색), 고무(흑색), 아크릴(회색), 비닐(투명), 목재(노랑), 금박모직(금색), 금박종이(금색), 건축아트지(회색), 아트지(황색), 복사지(백색) 등 총 10종류를 사용하였다. 각 시료는

1.5[cm] 크기의 정사각형 모양이며, 일정한 간격으로 반경 10[cm] 이내에 위치시킨 상태에서 빛에 노출시켰다. 적외선 복사에 의한 물리적 손상의 정도를 파악하기 위해서 적외선 복사의 빛에 노출된 시료와 노출 이력이 없는 동일한 시료들을 전자현미경으로 같은 조건하에서 다양한 배율로 각각 촬영하였다.

전체 측정기간은 65일이며, 이 기간 동안 광원의 on/off에 의한 온도상승과 온도하강의 최소 및 최대 변동 범위는 약 26[°C]~36[°C]이며, 전체 기간의 평균 온도는 약 29.4[°C] 이었다. 또한 온도변동에 따른 상대습도의 최소 및 최대치는 27[%]~52[%] 이었으며, 평균상대습도는 40[%] 정도를 유지하였다. 시료위에 제공되는 조도는 약 270[lx]이며, 측정시 실험실내의 주위온도의 변화와 공기의 유동을 최대한 억제하였다.

4. 측정 결과 및 고찰

본 연구에서는 65일간 30분 주기로 온도상승과 온도하강이 반복되도록 조명장치의 점등-점멸 시간을 설정한 상태에서 여러 가지 시료를 대상으로 적외선 복사에너지에 의한 물리적 손상을 시험하였다. 시료의 물리적 손상의 정도를 파악하기 위해서 적외선 복사의 빛에 노출된 시료와 노출 이력이 없는 동일한 시료들을 전자현미경으로 측정하였다.

두 시료의 비교 측정 결과, 확연한 손상의 정도를 발견하지 못하였으나, 미소한 변화의 조짐을 읽을 수 있었다. 손상의 정도가 미소하게 나타난 것은 온도상승과 온도하강의 차가 약했기 때문으로 생각된다. 특히 온도상승의 강도가 실온에 가깝기 때문에 손상이 약하고 느리게 나타났으리라 사료된다.

그림 1~그림 6은 3가지 시료의 노출전 이력과 노출 후의 이력을 비교한 전자현미경 측정사

진을 나타낸 것이다. 그림 1과 그림 2는 흑색 고무시료에 대한 비교 사진이다. 그림 1은 노출 후의 변화된 모습이고, 그림 2는 오리지널 시료의 모습이다. 그림 1의 경우, 원 시료에 비해 크랙 등의 큰 변화는 아직 나타나지 않고 있으나, 백화현상이 나타나고 있음을 볼 수 있다.

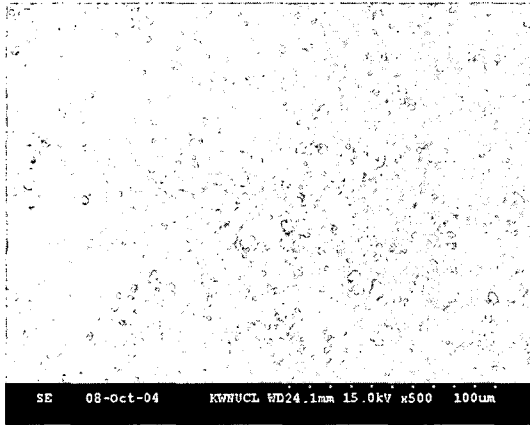


그림 1. 고무(흑색) 시료의 노출 후 이력

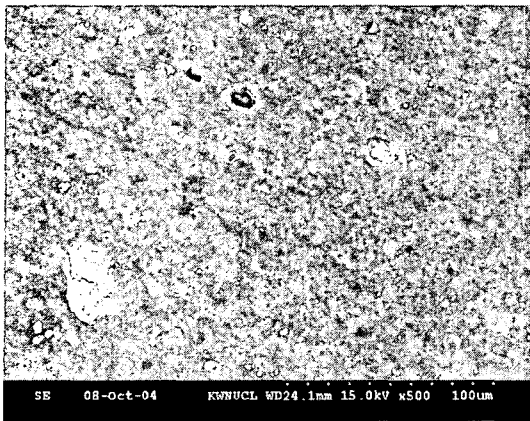


그림 2. 고무(흑색) 시료의 노출 전 이력

그림 3과 그림 4는 회색의 건축용 아트지에 대한 비교 사진이다. 그림 3이 노출 후 변화된 모습으로, 원시료에 비해 흰색계통으로 색이 변하고 있다. 그림 5와 그림 6은 금박천의 모습을 보인 것이다. 그림 5가 적외선 복사에너지에 의해 변화된 모습이고, 그림 6이 원시료의 모습이다. 그림에서 보이는 바와 같이 큰 변화는 없는

것 같으나, 미소하나마 시료면의 가장자리에서 버플 같은 것이 생겨나고 있음을 볼 수 있다.

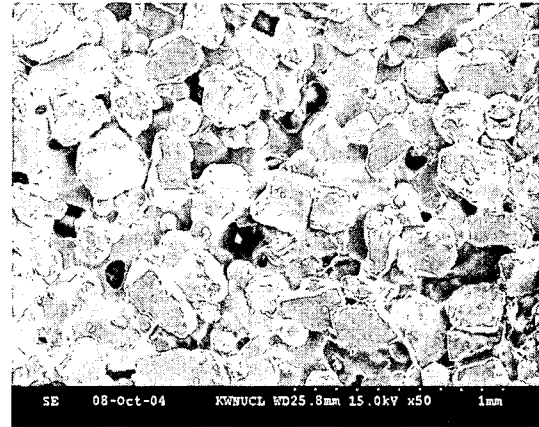


그림 3. 건축아트지(회색) 시료의 노출 전 이력

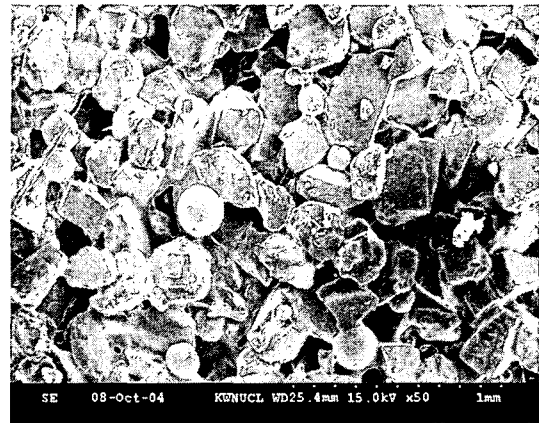


그림 4. 건축아트지(회색) 시료의 노출 전 이력

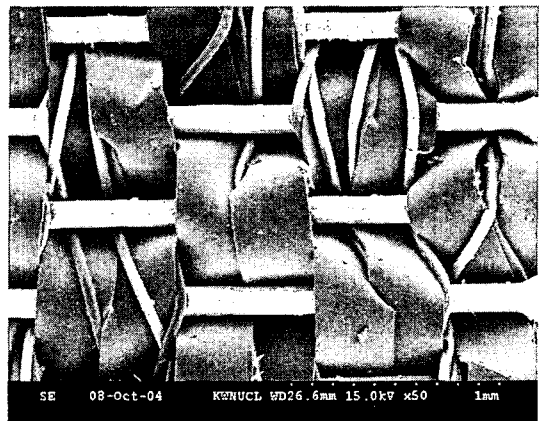


그림 5. 금박천(금색) 시료의 노출 후 이력

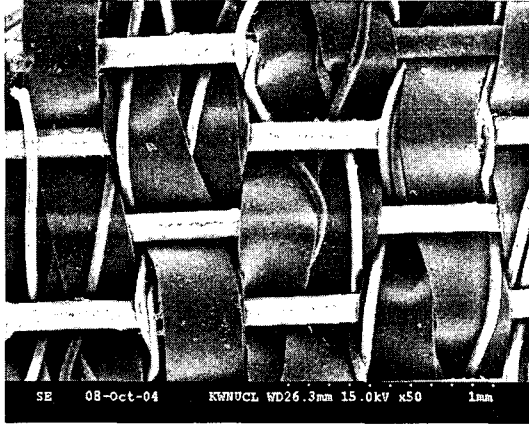


그림 6. 금박천(금색) 시료의 노출 전 이력

- [1] 大澤善次郎, "高分子の劣化と安定化", 武藏野 クリエイト, 東京, 1992
- [2] 森田恒之, "博物館の展示照明と微氣象變化", 照明學會誌, Vol. 74, No. 4, pp. 220~202, 1990
- [3] 森礼於 譯, "光と照明: 光工學の理論と實際", 日本理工出版會, 1994
- [4] G. Thomson, "The Museum Environment, 2nd ed.", Butterworth-Heinemann, Oxford, 1986

5. 결 론

본 연구에서는 광원에서 방출되는 적외선 복사에너지에 의한 물질의 물리적 손상 파악에 중점을 두어 이를 측정할 수 있는 측정시스템을 구축하였다. 이 측정시스템을 이용하여 일정한 주기로 온도상승과 온도하강이 반복되도록 조명장치의 on/off 시간을 설정한 상태에서 여러 가지 시료를 대상으로 적외선 복사에너지에 의한 물리적 손상의 정도를 살펴보았다.

두 시료의 비교 측정 결과, 확연한 손상의 정도를 발견하지 못하였으나, 미소한 변화의 조짐을 읽을 수 있었다. 손상의 정도가 미소하게 나타난 것은 온도상승과 온도하강의 차가 약했기 때문으로 생각된다. 특히 온도상승의 강도가 실온에 가깝기 때문에 손상이 약하고 느리게 나타났으리라 사료된다.

향후 측정시스템을 보완하여 좀 더 정밀하고 강도 높은 가속시험이 요망된다.