

밀폐형 전시케이스의 기밀성능 평가방법 연구

김재용, 노광철, 오명도*

서울시립대학교 기계정보공학과 대학원, *서울시립대학교 기계정보공학과

Study on the Performance Evaluation of the Air-tightened Exhibition Case in the Museum

Jae-Yong Kim, Kwang-Chul Noh, Myung-Do Oh*

Department of Mechanical Engineering, Graduate School, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

*Department of Mechanical Engineering, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

(Received January 8, 2002; revision received January 30, 2002)

ABSTRACT: This study was undertaken to judge the quality of air-tightened exhibition cases. Exhibition cases for artifacts display provide a layer of protection between the interior conditions in the exhibition case and the exterior fluctuating conditions of temperature and relative humidity in the museum environment. An infiltration model of the exhibition case was developed through the experimental measurements to calculate the number of air change rate in the exhibition case undergoing in a day, which represents the airtightness of the exhibition case. The results indicate that tighter exhibition cases provide greater protection against the fluctuating conditions of temperature and humidity outside. When the temperature and humidity difference between the exhibition case in-and-out is larger, some absorption materials should be applied to control the environmental conditions in the exhibition case.

Key words: Infiltration model(침입모델), Airtightness(기밀도), Exhibition case(전시케이스), Museum(박물관).

기호 설명

C : 추적가스의 농도 [ppm]
 K : 확산 질량교환율 [$\text{kg}/(\text{min} \cdot \text{m}^3)$]
 P_b : 전시케이스 내부압력 [Pa]
 R : 특정기체상수
 t : 시간
 T : 온도 [$^{\circ}\text{C}$]
 V_{case} : 전시케이스의 체적 [m^3]

그리스 문자

$\rho_{\text{air, in}}$: 전시케이스내 공기밀도 [kg/m^3]

상·하첨자

in : 전시케이스 내부
 n : 현재 시간스텝
 $n-1$: 이전 시간스텝
 out : 전시케이스 외부

1. 서론

박물관에 사용되는 전시케이스는 유물들을 여러 가지 유해인자들로부터 보호함과 동시에 유물

† Corresponding author

Tel.: +82-2-2210-2756; Fax: +82-2-2248-5110

E-mail address: mdoh@uos.ac.kr

의 전시효과를 극대화하며, 관람객들의 편의를 고려하여 제작하는 것이 일반적이다. 유물의 모양이나 크기에 따라 전시케이스의 형태도 여러 가지가 있지만 유물을 전시하는 전시케이스라면 기본적으로 유물에 가장 적합한 환경으로 유지시켜 주는 것이 무엇보다 중요하다.

유물 전시를 위한 전시케이스는 내부의 적정환경을 유지하는 방식에 따라 공조식과 비공조식으로 나눌 수 있다. 공조식은 전시케이스 자체에 독립적인 공조시스템을 설치하여 내부의 온·습도를 일정하게 유지하는 전시케이스이며, 비공조식은 전시케이스를 내·외부의 공기교환이 거의 일어나지 않도록 밀폐시킨 후, 실리카겔이나 아트소음(Artisorb)과 같은 조습제를 사용하여 내부의 온·습도를 유지시켜 주는 밀폐형 전시케이스이다.⁽¹⁾ 불안정한 조건을 가진 금속유물이나 아주 낮은 온도 또는, 특별한 청정공기를 필요로 하는 유물인 경우에는 공조식 전시케이스를 설치하는 것이 바람직하지만, 공조시스템의 고장이나 정전으로 인한 내부의 급격한 환경의 변화를 막을 수 있다는 이점과 더불어 경제적인 측면에서 비공조식 밀폐형 전시케이스가 많이 사용되고 있다. 단, 밀폐형 전시케이스를 사용하는 경우에는 외부와의 차단과 함께 전시케이스 자체에서 유해가스가 발생하지 않도록 제작되어야 한다. 또한 최근 전시케이스 내부에 내장시킬 수 있는 소형 공기청정기 제품이 발달되어 공조식 전시케이스는 점점 소멸되어 가는 경향에 있다.

유물보전에 대한 인식이 높고 박물관 환경에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 외국의 경우 일본, 독일 등에서는 전시케이스를 제작하고 성능평가실험을 실시한 자체 보고서가 나오고 있고 객관적인 연구보고⁽²⁾가 있다. 그러나 국내에서는 전시케이스의 기밀성능을 평가할 수 있는 연구나 실험이 수행된 사례가 없을 뿐만 아니라 객관적인 성능평가 기준 자체도 마련되어 있지 못한 실정이다.

현재 국가적으로 국립중앙박물관이 건립되고 있으며 문화수준의 향상과 더불어 유물보존과 전시를 위한 박물관의 건립은 계속적으로 증가하게 될 것이다. 이에 따라 전시 목적에 부합하는 여러 형태의 전시케이스의 수요 및 개발도 늘어날 것으로 예상된다. 우리나라와 같이 사계절 기후변화가 심하고, 특히 하절기 고온·다습한 조

건과 동절기 저온·건조한 조건에서 유물을 안전하게 보존하기 위해서는 우수한 성능의 다양한 전시 목적에 맞는 전시케이스를 개발하는 것도 중요하다.

본 연구에서는 밀폐형 전시케이스의 성능을 객관적으로 평가할 수 있는 기준을 제안하기 위하여 이론 및 실험방법으로 연구를 수행하였다.

2. 기밀성능 측정방법

대부분의 전시케이스는 전시가 이루어지는 외부의 온도, 습도 등의 변동이 심하기 때문에 이러한 외부의 영향을 차단하기 위해 밀폐형으로 제작되고 있다. 이는 온도변화에 따른 열응력뿐만 아니라 습도변화에 따른 응력변화 및 SOx, NOx 같은 유해가스의 침투로 인하여 유물에 손상을 입히기 때문이다. 따라서 유물보존에 있어 가장 중요한 항목인 적정습도의 유지와 외부의 유해한 가스로부터의 차단성을 보증하기 위해서는 전시케이스의 밀폐성능, 즉 기밀성능이 우수해야 한다. 이러한 기밀성능을 측정하는 방법에는 다음과 같이 반감기법과 추적가스 감소법 등이 있다.

2.1 반감기법

반감기법은 밀폐형 전시케이스의 내부와 외부 사이의 수분 감소량을 이용하여 기밀성능을 평가하는 방법이다. 전시케이스 내부와 외부의 습도 조건을 다르게 설정한 후 내부의 습도가 초기설정조건에 반이 되는 시간을 측정한다. 이때 측정된 시간을 반감기라고 하고 이를 통하여 상대적인 평가가 이루어진다.

여기서 습도는 상대습도와 절대습도가 모두 사용되고 있다. 전시케이스 내·외부의 온도가 거의 같은 경우, 내·외부의 포화수증기압이 같아져서 순수하게 분압차로 인하여 수분이동이 발생하기 때문에 절대습도를 사용하여 측정한다. 그러나 여름철이나 겨울철과 같이 전시케이스 내·외부의 온도차가 심한 경우에는 내·외부의 포화수증기압이 다르기 때문에 온도차에 의한 포화수증기압력의 차이가 수분의 이동을 일으키게 되는 추진력(driving force)으로 작용하게 되기 때문에 이러한 경우에는 상대습도를 사용한다.

2.2 대류 추적가스 감소법

대류 추적가스 감소법은 건축·환기 분야에서 건물의 기밀성능을 평가하거나, 건물 내의 거주자에게 도입되어야 하는 외기량을 산출하는 데 사용되어진 방법⁽²⁾을 전시케이스에 적용한 것이다. 사용되는 추적가스는 감지의 용이성, 비반응성, 무독성, 대기 중에서 상대적으로 저농도인 특징을 가져야 한다. 따라서 일반적으로 상온에서 기체상태인 CO₂ 가스나 SF₆ 가스를 사용하여 기밀성능을 측정한다.

대류에 의한 추적가스 감소법이 사용될 때에는 다음과 같은 가정이 필요하다

- (1) 외부의 추적가스 농도는 일정하다
 - (2) 공간 내부에서 알려지지 않은 가스의 발생이 없다.
 - (3) 공기의 유동량(Q)이 내부의 추적가스를 감소시키는 주요 원인이다.
 - (4) 추적가스는 공간 내부에서 화학적인 반응을 일으키지 않고 다른 물질에 흡수되지 않는다.
 - (5) 추적가스는 내부에서 완전혼합된 상태이다.
- 위와 같은 가정을 통하여 전시케이스 내의 제어공간에서 추적가스에 대한 질량평형을 고려하면 다음과 같은 식이 된다.

$$V \cdot dC_{in} = Q(t) \cdot C_{out} dt - Q(t) \cdot C_{in} dt + F(t) dt \quad (1)$$

- Q(t) : 급기량, 배기량 [m³/s]
- C_{out} : 추적가스의 내부농도 [ppm, m³/m³]
- C_{in} : 추적가스의 외부농도 [ppm, m³/m³]
- F(t) : 추적가스의 주입량 [m³/s]
- V : 전시케이스의 체적 [m³]

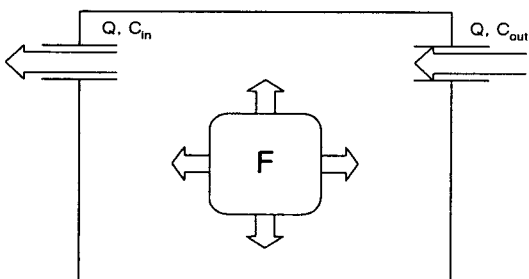


Fig. 1 Mass balance of trace gas in show case.

2.3 확산 추적가스 감소법

전시케이스 내·외부 사이에서 가스의 이동은 다음의 세 가지 메카니즘으로 정의된다. 분압 또는 농도차에 의한 확산(diffusion)과 다공성 표면을 통한 투과(permeation), 그리고 전시케이스 내·외부의 압력변화에 의한 침기(infiltration)이다. 확산(diffusion)은 가스의 농도차에 의해서 일어나는 현상으로 밀폐형 전시케이스의 내·외부 사이에서 가스이동의 주 요인이 된다. 전시케이스의 구성재질은 대부분 유리로 되어 있으므로 다공성 표면을 통한 투과(permeation)는 무시될 수 있고, 침기(infiltration)의 경우 전시케이스 내·외부의 압력변동에 의한 압력차에 의하여 아주 조금만 구멍이나 틈새를 통해서도 발생할 수 있으므로 고려해야 할 대상이다.

전시케이스 내·외부 사이의 가스이동을 농도차에 의한 확산(diffusion)과 압력변화(barometric pressure)의 영향을 고려한 모델은 다음과 같다.

$$\rho_{air, in} \frac{dC_{in}}{dt} = K_{diff}(C_{out} - C_{in}) + \dot{m}_b \cdot C_* \quad (2)$$

- ρ_{air, in} : 전시케이스내 단위체적당 공기질량 [kg/m³]
- C_{out} : 추적가스의 외부농도 [ppm, kg/kg]
- C_{in} : 추적가스의 내부농도 [ppm, kg/kg]
- K_{diff} : 확산 질량교환율 [kg/(min · m³)]
- ṁ_b : 전시케이스내 단위체적당 공기유출입률 [kg/(hr · m³)]

여기서 질량유동은 전시케이스 내부로 들어오는 방향을 양으로 한다. 그리고 내압이 외압보다 클 때에는 탈기(exfiltration)가 일어나기 때문에 C*는 C_{in}이 되고 반대로 내압이 외압보다 작을 때는 침기가 일어나기 때문에 C*는 C_{out}이 된다.

ṁ_b는 전시케이스 내 단위체적당 공기유출입률로 이상기체방정식을 사용하여 구하고 그 식은 다음과 같다.

$$\dot{m}_b = \frac{d\rho_{air, in}}{dt} = \frac{d(P_b/RT_{in})}{dt} \quad (3)$$

- P_b : 전시케이스 내부압력 [Pa]
- R : 특정기체상수

3. 기밀성능 평가기준

본 연구에서는 가스의 확산 추적가스 감소법을 이용하여 전시케이스를 평가하였다. 확산 추적가스 감소법은 대류에 의한 방법에 비해 물리적인 해석이 용이하고 평가방법이 간단하다. 그리고 추적가스는 CO₂를 사용하였다. 실제로는 전시케이스 내부의 유물에 영향을 미치는 주 오염원인 수분을 이용하여 실험을 해야 하지만 수분이 상온에서 2상으로 존재하고 유물의 종류와 주변의 조건에 민감하며 습도센서의 오차범위가 상당히 커서 전시케이스의 기밀성능을 평가하기가 쉽기 때문이다.

전시케이스 내부에 CO₂를 주입하여 내·외부에서 CO₂의 변화추이를 관찰하면서 확산에 의한 질량교환율을 계산하였고 이를 통하여 기밀성능을 평가할 수 있는 공기교환횟수를 계산하였다.

3.1 질량교환율(K_{diff})

질량교환율이란 추적가스가 확산에 의하여 전시케이스의 내부에서 외부로 또는 외부에서 내부로 단위시간, 단위체적당 이동하여 변화되는 질량을 나타낸다.⁽²⁾ 먼저 실험을 통하여 일정한 시간간격으로 전시케이스 내·외부에서의 CO₂의 농도와 내부에서 온도를 측정한다. 전시케이스의 질량교환율(K_{diff})를 계산하기 위하여 측정된 값을 프로그램의 데이터로 입력한다. 각 시간간격마다 기록된 CO₂ 농도값들은 임의로 설정된 CO₂ 질량교환율과 함께 내부 CO₂ 농도의 예상값을 계산하는 데 이용된다.

$$K_{diff,CO_2}^n = \frac{1}{(C_{out}^{n-1} - C_{in}^{n-1})} \times \left[\frac{M_{air,in}^{n-1}}{\Delta t} (C_{in}^n - C_{in}^{n-1}) + \dot{m}_b \cdot (C_s^n - C_s^{n-1}) \right] \quad (4)$$

여기서 n 은 전시케이스 내·외부에서 측정되는 현재 시간스텝이고 $n-1$ 은 이전 시간스텝이다. 단위체적당 전시케이스내 공기유출입률(\dot{m}_b)은 식(5)와 같이 계산된다.

$$\dot{m}_b = \frac{1}{\Delta t} \left\{ \left(\frac{P_b}{RT_{in}} \right)^n - \left(\frac{P_b}{RT_{in}} \right)^{n-1} \right\} \quad (5)$$

임의로 CO₂가스의 질량교환율을 정하고 이전 스텝의 내·외부 CO₂농도값을 식(4)에 대입하여 수치적인 방법으로 내부농도(예상값)를 계산한다. 이러한 계산을 각 스텝마다 수행하면 각 스텝마다 계산에 의한 현재의 내부농도(예상값)를 구할 수 있다. 여기서 CO₂가스의 질량교환율이 부정확한 값이라면 계산에 의한 내부농도(예상값)와 측정에 의한 내부농도(측정값)에는 많은 차이를 보일 것이다. 그러므로 질량교환율을 변화시키면서 계산에 의한 현재의 내부농도(예상값)와 측정에 의한 현재의 내부농도(측정값)의 차이가 최소가 되는 CO₂ 질량교환율을 찾아야 한다. 이때 계산된 값과 실제 측정된 농도값 차의 평균 제곱근(root mean square)이 최소가 되는 질량교환율이 실험한 전시케이스의 CO₂에 대한 질량교환율이 된다.

3.2 공기교환횟수(N_{air})

식(4)와 식(5)를 이용하여 CO₂에 대한 질량교환율(K_{diff,CO_2})이 계산되어지면 Graham's law를 이용하여 다음과 같이 공기의 질량교환율($K_{diff,air}$)을 계산한다.

$$K_{diff,air} = K_{diff,CO_2} \sqrt{\frac{MW_{CO_2}}{MW_{air}}} \quad (6)$$

하루 동안 전시케이스의 공기교환횟수(N_{air})는 식(7)을 이용하여 계산되고 이는 전시케이스의 기밀성능을 평가하기 위하여 사용된다.

$$N_{air} = \frac{K_{diff,air}}{\rho_{air,in}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \cdot \frac{24 \text{ hr}}{\text{day}} \quad (7)$$

4. 기밀성능 측정장치 및 실험방법

4.1 제 원

Fig. 2는 전시케이스의 기밀성능을 평가할 평가하기 위한 실험장치 구성도를 보여준다.

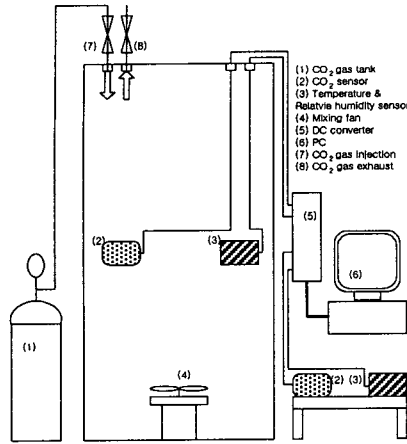


Fig. 2 Schematic diagram of experimental set-up.

주입구를 통하여 CO₂ 가스가 주입되고 전시케이스 내·외부에 있는 각각의 센서를 통하여 CO₂ 의 농도와 온·습도를 실시간으로 측정한다. 하부의 교반팬은 CO₂ 가스를 전시케이스 내부에 고루 분포시키기 위하여 사용되었다.

실험에 사용된 전시케이스는 3종류이고 제원은 Table 1과 같다. 독립장인 A와 B는 조습제 박스의 유무에서 차이가 있다. 조습제 박스는 전시케이스 내부의 습도를 조절하기 위하여 조습제를 넣어 두는 장치이다. 실제 실험에서는 추적가스로 CO₂가 사용되었기 때문에 실리카겔이나 아트소음(Artisorb)과 같은 조습제는 사용하지 않았다. 광섬유 조명장치는 전시케이스 내부에 열을 전달하지 않는 냉광 조명과 항상 균일한 고휘도 조명을 얻을 수 있도록 하기 위하여 사용되었다.

4.2 실험방법

- (1) 전시케이스 내부와 외부에 온·습도 센서와 CO₂ 센서를 설치한다.
- (2) 교반팬을 설치한 후, 전시케이스를 전시상태와 마찬가지로 완전히 밀폐시킨다.
- (3) CO₂ 가스통의 밸브를 개방하여 전시케이스 내부에 CO₂ 가스를 주입한다. 단, 실내환경의 오염방지를 위하여 전시케이스 내부의 CO₂ 가스농도는 2000 ppm 이하가 되도록 조절한다.
- (4) 교반팬을 10분간 작동시켜 내부에서의 CO₂ 가스 혼합을 촉진시킨다.
- (5) 내부의 CO₂ 가스농도가 감소하기 시작하는 시점부터 1분마다 전시케이스 내외부의 온·습도 및 CO₂ 농도를 측정하여 PC에 기록한다.
- (6) 측정된 값과 식(4)과 식(5)를 이용하여 계산된 값을 이용하여 추적가스의 질량교환 및 공기교환횟수를 계산한다.

5. 실험결과 및 고찰

5.1 전시케이스의 종류별 기밀성능

본 실험에 사용된 전시케이스는 Table 1에서 보는 바와 같이 3종류이다. 독립장인 A와 B는 형태는 같지만 조습제 박스의 유무에 차이가 있고, 조감장인 C는 독립장과는 완전히 다른 형태의 전시케이스이다.

각 전시케이스의 기밀성능을 평가하기 위하여 측정된 CO₂의 질량교환율과 일당 공기교환횟수는 Table 2와 같다. 조감장 C의 공기교환횟수는 독립장 A, B 보다 훨씬 높게 나타났다.

Table 1 Specifications of exhibition cases for experiment

Spec. \ Type	Exhibition case A	Exhibition case B	Exhibition case C
Size	W900×D900×H2306	W900×D750×H2088	W900×D900×H2306
Frame	Aluminum/epoxy-podwer painting		
Glass	THK 11.76 mm compression glass		THK 10 mm fortified glass
Humidity control box	Yes	No	
Door system	Right-left direction rolling door system		Up-down opening gas spring door system
Lighting equipment	Optical fiber lighting	Optical fiber/fluorescent lighting	Optical fiber lighting
Internal volume	1.076 m ³	0.86 m ³	0.23 m ³

Table 2 Air change rate of exhibition cases

Exhibition case type	K_{diff, CO_2} [kg/min · m ³]	Average air change rate [1/day]
Case A	0.000141	0.170
Case B	0.000155	0.186
Case C	0.000722	0.870

이는 유리면의 개폐방향과 스크류 조임장치의 압착방향이 주 요인인 것으로 판단된다. 독립장은 각각이 분리가 되는 4면의 유리 사이에 개스킷을 끼우고 각 모서리 부분을 스크류로 압착하여 밀폐시키는 방식으로 개폐방향과 압착방향이 일치하는 반면, 조감장 C는 개폐방향과 압착방향이 수직이다. 따라서 조감장은 덮개 부분과 본체 사이의 결합과정에서 독립장의 경우보다 개스킷에

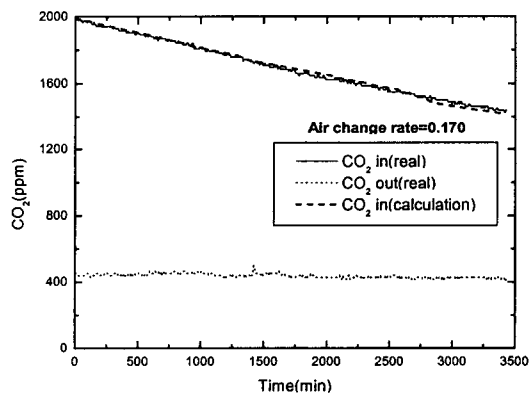


Fig. 3 Measurement of CO₂ concentration (Show case A).

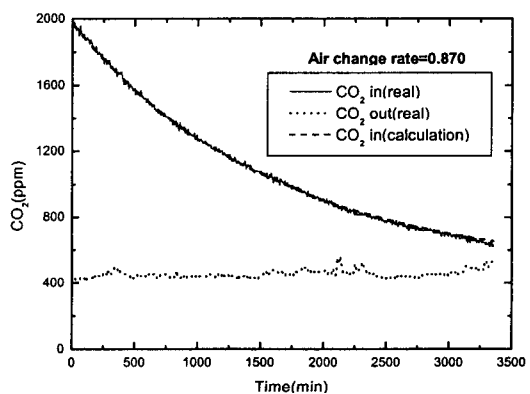


Fig. 4 Measurement of CO₂ concentration (View case).

의한 압착력이 약하게 되고 이는 기밀성능을 저하시키는 원인이 된다.

Fig. 3과 Fig. 4는 공기교환횟수를 계산하기 위하여 독립장 A와 조감장 C의 내·외부에서 5분마다 CO₂ 농도를 측정하여 실험결과를 보여준 것이다. 두 경우 모두 내부 CO₂ 농도가 초기설정치 2000 ppm에서 계속해서 줄어들고 있고 외부의 CO₂ 농도는 거의 일정한 값을 나타내고 있다.

그림에서 보면 알 수 있듯이 독립장 A가 조감장보다 농도감소율이 작은 것을 볼 수 있고 따라서 기밀성능은 독립장 A가 더 우수하다는 것을 알 수 있다.

5.2 틈새크기에 따른 기밀성능 변화

본 연구에서는 틈새에 따른 밀폐형 전시케이스의 기밀성능 변화를 수치적으로 비교하기 위하여 독립장 A를 대상으로 개스킷과 유리사이에 각각 2.5 mm의 비닐스트로를 끼워 임의로 작은 틈새를 주었을 경우, 유리와 유리 사이에 끼워지는 개스킷을 200 mm, 600 mm 절취한 경우, 개스킷 1면을 완전히 제거한 경우에 대하여 질량교환율과 공기교환횟수를 측정하였다. Table 3은 전시케이스 개스킷 틈새 크기에 따라 기밀성능이 변화하는 것을 보여준다.

지름이 2.5 mm인 스트로를 개스킷의 유리면 사이에 끼워 놓아도 정상상태보다 2.5배 이상의 공기교환횟수가 증가한다. 이는 아주 작은 틈새로도 기밀성능이 상당히 저하됨을 보여준다. 따라서 전시케이스의 제작과정에 있어서 세심한 주

Table 3 Measurements of air change rate with different gasket conditions of show case A

Experimental condition	K_{diff, CO_2} [kg/min · m ³]	Average air change rate [1/day]
Normal gasket	0.000141	0.170
Vinyl straw insertion (φ 2.5 mm)	0.000372	0.446
200 mm gasket cutting	0.001377	1.652
600 mm gasket cutting	0.013656	16.387
One-side gasket removal	0.038140	45.647

의가 필요할 뿐만 아니라 모든 전시케이스에 대해서 제작 후 실험을 통하여 기밀성능을 측정해야만 한다. 또한 필요에 따라서는 각각의 틈새 부분에 대한 누출시험(penetration test)을 실시하여 틈새에 대한 기밀성능 저하를 확인해야 한다.

5.3 온 · 습도변화에 따른 영향

Graham's law에 의한 식(6)에서 CO₂의 질량교환율과 분자량, 수분의 분자량을 안다면, 전시케이스에서 수분의 질량교환율을 알 수 있다. CO₂의 분자량이 44.01 g/mol이고 수분의 분자량이 18.015 g/mol이므로⁽⁴⁾ 수분의 질량교환율은 CO₂의 질량교환율보다 1.56배 정도 크다. 공기에 대해서도 공기의 분자량이 28.9 g/mol이기 때문에 수분의 질량교환율은 공기의 질량교환율보다 1.27배 크다. 따라서 수분은 공기보다 많은 질량교환을 하게 될 것이므로 전시케이스는 다른 종류의 가스보다 수분변화에 대해서 더욱 민감하게 반응할 것으로 여겨진다.

전시케이스 내부에서 유물의 온 · 습도 최적조건이 20±4℃, 50±7%라고 가정하자.⁽¹⁾ 습공기선도에서 보면 알 수 있듯이 전시케이스 외부의 온도가 5~8℃만 낮아지면 이슬점 온도에 도달하게 되어 상대습도차가 발생하고 반대로 온도가 5℃ 이상 높아지면 상대습도가 떨어지게 된다. 이러한 상태가 되면 전시케이스 내 · 외부 중 한 곳의 습도가 감소하게 되고 이로 인한 농도차 증가로 수분의 이동량을 증대시키게 된다. 이는 유물에 습응력을 유발시키는 원인이 되어 유물을 손상시키게 된다. 실제로 우리나라 박물관의 경우 여름철에는 고온 · 다습하고 겨울철에는 저온 · 건조할 뿐만 아니라 개방시간이 지나면 공조설비를 끄기 때문에 내 · 외부의 온도차가 발생하여 습도변화

에 의한 유물 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 이러한 곳에서는 조습제를 이용하여 전시케이스 내부습도를 적절한 조건으로 안정시켜 유물손상을 최소화해야 한다.

6. 결 론

이상의 연구로 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전시케이스 밀폐도 평가를 위해 확산 추적 가스 감소법으로 이론적인 해석을 수행하였고 실험을 통하여 전시케이스의 기밀성능을 측정하고 객관화할 수 있는 기준을 제안하였다.

(2) 전시케이스 종류와 틈새의 크기에 따른에 따른 기밀성능 실험을 수행하여 기밀성능을 저하시키는 원인을 분석하였고 이에 대한 추가적인 실험방법을 제안하였다.

(3) 전시실 내부의 온 · 습도의 변화가 심한 곳에서는 기밀성능이 우수한 전시케이스를 사용할 경우, 조습제를 사용해서 전시케이스 내부습도를 조절해야만 전시 유물손상을 최소화할 수 있다.

참고문헌

1. 문화체육부, 1996, 박물관 전시 및 수장공간의 공조환경 기준 연구, pp. 224-240.
2. Ault, J. R., 2000, Environmental requirements for museum, MS Thesis, University of Wisconsin-Madison.
3. ASHRAE Handbook FUNDAMENTAL, 1996, Ventilation and Infiltration, pp. 23.10-23.12.
4. David W., Berg, 1993, Indoor Air Quality and HVAC Systems, Lewis Publisher, pp. 105-119.