

박물관 환경 분석을 통한 동산문화재 영향인자에 대한 연구

Study on Environmental Factors for Movable Cultural Properties in Museum

김일규[†] · 서용수 · 이주현
Il Kyu Kim[†] · Yong Soo Seo · Ju Hyun Lee

부경대학교 환경공학과
Department of Environmental Engineering, Pukyong National University

(2009년 5월 29일 접수, 2009년 8월 25일 채택)

ABSTRACT : Along with research into the latest preservation treatments for items of cultural heritage, studies of the preservation environment and the effect of damage are also increasing. This study conducted comprehensive research into the temperature, humidity, acids, ammonia, reduced sulfur compounds, aldehydes with various ingredients in the exhibition hall, show case, and storage of three type museum. As a result, temperature, humidity, TVOCs, acetaldehyde frequently exceeded the domestic and international standards for a museum preservation environment and indoor air quality. Also, formaldehyde, chloride, and ammonia exceeded the standards intermittently. Temperature, humidity, TVOCs, acetaldehyde were evaluated to be the major influential factors. In order to control the major factors, apart from temperature and humidity, that cause damage in the museum environment, it is deemed necessary to complement this system with an effective air filter or remover.

Key words : Movable cultural properties, Museum environments, Conservation system, Museum effect, Environmental standard

요약 : 최근 문화재의 훼손을 미연에 방지하기 위하여 보존환경 및 훼손영향에 대한 연구가 중요하게 대두되고 있다. 본 연구에서는 국내 박물관 3곳의 환경 중 동산문화재의 보존환경과 관련된 전시실, 전시케이스, 수장고에서 온·습도, 산류, 암모니아, 환원황화합물, 알데히드류를 조사하여 주요 영향 인자를 확인하고자 하였다. 조사 결과 온·습도, 총휘발성유기화합물, 아세트알데히드는 빈번히 국·내외의 박물관 보존환경 기준 및 실내공기질 기준을 초과하였고, 포름알데히드, 염소, 암모니아는 간헐적으로 기준을 초과하는 특성을 보였다. 빈번히 기준을 초과한 온도, 습도, 총휘발성유기화합물, 아세트알데히드, 동산문화재의 주요 영향인자로서 동산문화재의 효과적인 보존 및 관리를 위해서 이들 인자는 적절한 제어가 필요함을 확인하였다.

주제어 : 동산문화재, 박물관환경, 보존시스템, 문화재영향, 환경기준

1. 서론

문화재 보존환경의 유지 및 관리는 문화재의 훼손을 미연에 방지하는데 있어 중요한 역할을 한다. 그렇기 때문에 최근 문화재의 보존 처리에 대한 연구와 더불어 보존환경 및 훼손영향에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.¹⁾

일반적으로 보존환경에 영향을 미치는 훼손인자는 온도, 습도, 조도, 미생물, 미세입자, 산성물질, 알칼리물질, 산화성물질 등 다양하게 존재한다. 이들 인자는 온도, 습도와 같은 환경인자와 복합적으로 작용하여 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.²⁾ 또한 문화재 중 목재, 지류(종이 등), 안료, 가죽, 섬유류(비단 등) 등의 경우 자연으로부터 추출된 재료들이 많기 때문에 재질이 취약하고 취약점이 많으며, 거시적인 대기질 보다는 미시적인 환경에 의해 영향을 받는다.³⁾

또한 이들 영향인자들은 각각 단독으로도 문화재에 열화를 줄 수 있지만 상호작용을 통하여 훼손이 가속화 되는 것으로 알려져 있다.

온도의 경우 일반적으로 10℃의 온도가 오를 때 반응속도는 두 배 빨라지는 것으로 보고되고 있으며,⁴⁾ 이러한 온도의 상승은 결국 문화재 재질을 열화시킨다. 습도는 온도 이상의 중요한 인자로 단독으로도 지류와 목재류 등에는 수축과 팽창, 가수분해작용으로 훼손영향을 주며, 주위의 알데히드류, 산성물질, 알칼리물질 등과 같은 화학물질과 상호작용으로 철재, 동재료 등과 같은 금속류에 녹화현상을 가속시키는 역할을 한다.^{4,5)} 이러한 금속류의 녹화 현상은 상대습도 40% 이하에서는 거의 진행되지 않으나 습도가 오르면 상당히 빠르게 진행되는 것으로 보고되고 있다.⁴⁾ 더구나 우리나라는 계절적 특성이 뚜렷하고, 특히 여름철에는 고온·다습의 기후 특성으로 문화재 훼손에 크게 영향을 받을 수 있다.

온도, 습도와 상호작용하여 훼손을 가속시키는 물질은 질소산화물, 황산화물, 알데히드류, 초산, 미세입자, 암모니아, 휘발성유기화합물, 환원성 황화합물, 염소 등으로 알려져 있다.⁶⁾

이러한 온도, 습도와 화학물질을 제어하고 관리할 필요가 있

[†] Corresponding author : E-mail : ikkim@pknu.ac.kr Tel : 051-629-6528 Fax : 051-621-8166

Table 1. Characteristics of museums investigated in the study

Museum	Scale	Collections	Site	BuildingType
A	2,196 m ²	History of modernages	Coastal & Urban	Concrete
B	522.32 m ²	Buddhist inheritance	Unpolluted	Wood
C	1,8284 m ²	Artefacts of the Joseon Dynasty	Urban	Concrete

으나 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

기존의 연구들은 온도, 습도, 황산화물, 질소산화물, 오존 등의 일부의 영향인자에 대한 시험이 대부분이며⁷⁾, 박물관 현장에서 종합적 분석평가를 한 경우는 없었다. 또한, 이러한 항목은 화석연료의 사용으로 과거에는 다소 높은 농도였으나, 최근 청정연료의 보급으로 영향성이 낮아지는 추세에 있으며, 박물관 실내 환경을 고려할 때 실내에서는 거의 기준치를 초과하지 않는 것으로 조사된 바 있다.⁸⁾

따라서 문화재의 손상을 미연에 방지하기 위한 기술개발 혹은 정책마련에 어려움이 있으며, 이를 보완하기 위해서는 박물관 보존환경에 대한 종합적인 조사 및 평가가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내 박물관 3곳에서 온·습도 뿐 아니라 알데히드류, 유기산성물질, 환원황화합물, 염소에 대해 ppb 수준까지 정량 분석하였다. 조사결과를 토대로 국내외 주요 박물관 환경기준과 국내 실내공기질 기준과 비교하여 주요 영향인자들을 확인하고자 하였다. 또한 연구 결과를 토대로 주요 영향물질들의 관리 기준 및 제어방안을 마련하는데 있어 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1. 조사대상 시설

본 연구에서의 조사대상시설의 박물관은 3종류이다. A박물관은 도심/해안지역에 위치하며 콘크리트로 건축되었다. B박물관은 청정지역에 위치하고 있으며 목재로 건축되었다. C박물관은 도심지역에 위치하며 콘크리트로 건축되었다. 각 박물관에 대한 환경조사는 보존 유형에 따라 전시실, 전시케이스, 수장고에서 실시하였으며, 실내·외의 농도수준을 비교하기 위해서 외기의 조사도 병행하였다. Table 1은 조사대상 박물관의 주요 특성을 나타낸 것이다.

조사대상 박물관 모두 수장고의 경우에는 휴관과 개관에 관계없이 공조기가 항상 가동되었다. 그러나 에너지 절약적 차원에서 외부의 공기를 정화하여 환기하기 보다는 내부의 공기를 순환시키면서 온·습도와 먼지를 제어하는 형태로 운전되고 있었다. 그리고 전시실의 경우에는 개관시(오전 09:00~오후 06:00)에만 공조기를 가동하며, 휴관이나 일일개관이 종료된

경우에는 공조기를 가동하지 않는 형태로 운영되고 있어, 전시실의 경우 외기의 영향을 크게 받을 수 있는 조건이었다.

2.2. 시료 채취 및 분석 방법

시료의 채취 및 분석은 문화재의 영향이 큰 계절인 고온다습의 초여름철~초가를 기간동안 수행되었다.

Table 2는 각 항목별 시료채취 방법과 분석 방법을 나타낸 것이다. 온·습도는 Sensor monitoring and data logger system (model SE-342, Gillwoo trading Co., Korea)를 이용하였으며, 각 박물관별로 전시실을 개방할 경우와 개방하지 않았을 경우를 모두 포함하여 일주일이상 연속 모니터링 하였다. 일반적인 휘발성유기화합물(volatile organic compounds, VOCs)과 알데히드류는 15 L의 캐니스터를 이용하여 시료채취를 하였으며, 분석은 자동열탈착장치(automatic thermal desorber, ATD, model ATD400, Perkin Elmer, USA)와 기체크로마토그래피-질량분석계(gas chromatography-mass spectrometer, GC-MS, model QP-2010A, Shimadzu, Japan)로 수행하였다. 환원황화합물은 PTFE (poly tetra floure ethylene) bag을 이용하여 시료채취를 실시하였으며, 분석은 극저온 주입 시스템(cryogenic injection system, CIS, model TI-203F, Top trading co., korea)와 기체크로마토그래피-불꽃광도형검출기(gas chromatography - flame photometric detector, GC-FPD, model GC-17A, Shimadzu, Japan)로 수행되었다. 일부 휘발성이 강하고 분자량이 작은 포름알데히드와 아세트알데히드는 DNPH cartridge에 흡착채취한 후 HPLC (high performance liquid chromatography, model 1100 series, Agilent, USA)로 분석이 이루어 졌으며, 현장에서 센서형 분석장비(model Z300XP, Environmental Sensors Co., USA)도 이용하였다. 암모니아와 무기산류, 염소는 흡수액(암모니아는 붕산용액, 무기산류와 염소이온은 NaOH 흡수액)에 흡수한 후 UV/Vis 분광광도계(UV/Vis spectrophotometer, model UV-1240, Shimadzu, Japan)와 이온크로마토그래피(ion chromatography, IC, model 651, Alltech, USA)에서 각각 분석하였다.

2.3. 영향인자 평가 방법

국내에는 아직 박물관 보존환경 기준이 마련되어 있지 않

Table 2. Sampling and test methods in this study

Components		Sampling	Test methods
Temperature and Relative humidity		-	Sensor monitoring and data logger system
VOCs	General VOCs	15 L Canister	ATD with GC-MS
	Aldehydes	15 L Canister	
	Sulfurs	PTFE bag	CIS with GC-FPD
Formaldehyde	Vacuum pump with DNPH cartridge	Sensor type analyzer	
Acetaldehyde		HPLC	
Ammonia	Boric acids solution	UV/Vis Spectrophotometer	
Inorganic Acids	NaOH solution	IC	

아, 본 연구에서는 영향인자를 평가하기 위해 각국의 박물관 보존환경 기준과 실내공기질 기준을 적용하여 평가하였다. Table 3은 일본의 동경박물관 기준, 유네스코 박물관 기준, 우리나라 실내공기질 권고기준 및 유지기준, 영구기록물관리기관 시설·환경기준, CCI (Canadian Conservation Institute) 박물관 기준, NBS (National Bureau of Standard) 박물관 기준을 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 온·습도

Table 4는 3종의 박물관에 있어서 온·습도 조사 결과를 나타낸 것이다. 조사는 온·습도가 영향을 많이 받는 여름철에 수행되었다. 습도의 조사 결과를 보면, 전시실의 경우 변화율은 35.0%~70.0%로 나타났다. 또한 전시케이스의 경우에는 35.0%~67.0%를 나타냈고, 공조기가 항상 가동되는 수장고의 경우에는 42.3%~69.7%로 나타났다. 외기의 경우 습도의 변화특성이 24.2%~100.0%로 그 변화가 크게 나타났다. 조사 결과를 유네스코의 박물관 기준인 45~63%에 비교

하였을 때, 3종의 박물관에서 전시실, 전시케이스, 수장고 모두 기준을 초과하였다.

온도 조사 결과를 살펴보면 전시실은 22.0℃~29.6℃, 전시케이스는 21.0℃~30.0℃, 수장고는 17.5℃~22.9℃로 나타났다. 또한 외기는 13.0℃~36.6℃로 나타났다. 조사 결과를 유네스코 박물관 기준인 16~24℃에 비교하였을 때, 3종의 박물관에서 수장고를 제외한 전시실과 전시케이스에서 기준을 초과하였다. 외기의 영향은 전시실이 가장 크게 영향을 받는 것으로 조사되었으며 다음으로는 전시케이스, 수장고 순으로 영향을 받는 것으로 나타났다.

4계절의 변화가 뚜렷한 우리나라의 특성을 고려하여 온·습도의 급격한 변화가 없도록 다른 항목에 비하여 주요하게 관리되어야 하는 항목으로 평가된다.

3.2. 총휘발성유기화합물(TVOCs)

총휘발성유기화합물(total volatile organic compounds, TVOCs)은 포집한 공기중의 휘발성유기화합물 농도의 합계치이며, 각 종류의 휘발성유기화합물을 동정하여 정량화하는 것이 어렵기 때문에, JIS A 1901에서는 GC/MS로 분석하였을 때 노르말헥산에서 노르말헥사데칸까지의 범위에서 검출

Table 3. The standards of museum-environments and indoor air quality

No	Components	Unit	U	T	K	F	C	N
1	Temperature	℃	16~24			18~22		
2	Relative humidity	%	45~63			40~55		
3	TVOCs	μg/m ³			500	400		
4	Formaldehyde	μg/m ³		50	100	120		
5	Acetaldehyde	μg/m ³		10				
6	Acetic acid	ppbv		100				
7	Formic acid	ppbv		50				
8	Ammonia	ppbv		40				
9	Cl ⁻	ppbv		5				
10	NO ₂	ppbv		5	50		3.8	
11	O ₃	ppbv		10	60	50		30
12	SO ₂	ppbv		5		50	5.2	
13	Particulate(PM10)	μg/m ³			150	50		75

T : Guideline of air pollutants in Tokyo national museum of japan⁶⁾
 K : Indoor air standards in korea⁷⁾
 C : CCI (Canadian Conservation Institute) standard⁸⁾

U : UNESCO museum air standards⁵⁾
 F : Facilities and Environmental Standard for Archives⁹⁾
 N : NBS (National Bureau of Standard)⁹⁾

Table 4. Variability of the air temperature and relative humidity at A, B and C museum

Site	Periods	Relative humidity (%)			Temperature (°C)			
		Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	
Out door	A	2008. 7.17 ~ 2008. 8. 7	68.0	94.2	25.0	29.8	36.6	23.2
	B	2008. 6.11 ~ 2008. 6.18	72.0	100.0	24.2	17.9	29.1	13.0
	C	2008. 7. 4 ~ 2008. 7.11	75.3	92.5	45.8	26.5	32.8	22.6
Storage room	A	2008. 7.17 ~ 2008. 8. 7	47.4	65.4	42.3	21.8	22.9	20.6
	B	2008. 6.11 ~ 2008. 6.18	55.0	66.0	52.0	21.5	21.8	20.6
	C	2008. 7. 4 ~ 2008. 7.11	66.0	69.7	55.2	18.0	20.7	17.5
Show room	A	2008. 7.17 ~ 2008. 8. 7	51.8	66.1	40.8	27.6	29.6	25.2
	B	2008. 6.11 ~ 2008. 6.18	50.0	70.0	35.0	23.7	26.0	22.0
	C	2008. 7. 4 ~ 2008. 7.11	52.0	67.4	43.8	24.9	25.8	24.5
Show case	A	2008. 7.17 ~ 2008. 8. 7	49.0	53.0	44.0	27.8	30.0	24.9
	B	2008. 6.11 ~ 2008. 6.18	54.0	67.0	35.0	22.0	25.0	21.0
	C	2008. 7. 4 ~ 2008. 7.11	50.2	55.4	41.9	24.9	28.7	24.6

Table 5. Concentrations of aldehydes at A, B and C museum (unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Compounds	A museum		B museum			C museum			
	Show room	Storage room	Show room	Show case	Storage room	Show room	Show case	Out door	Storage room
Formaldehyde	18.5	25.1	8.24	11.5	18.7	17.0	20.0	15.0	25.0
Acetaldehyde	35.7	42.8	12.41	7.5	30.5	50.1	57.2	55.3	65.2
Propionaldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	0.31	ND	ND	ND
Isobutyraldehyde	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06
Butyraldehyde	ND	ND	ND	ND	0.12	2.76	3.26	3.95	ND
Isovaleraldehyde	ND	ND	0.60	ND	ND	0.96	1.27	ND	0.88
Valeraldehyde	ND	ND	0.63	ND	ND	3.69	9.23	1.23	ND

된 휘발성유기화합물 총량을 톨루엔 농도로 환산한 값을 총휘발성유기화합물로 규정하고 있다.¹¹⁾

Fig. 1은 3종의 박물관에 있어서 총휘발성유기화합물의 조사 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 보관 형태 별 총휘발성유기화합물의 농도 분포를 살펴보면 C박물관의 경우 외기가 $175.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 가장 낮은 값을 보인 반면, 전시케이스가 $569.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높게 나타난다. 다음으로 전시실 $436.16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 수장고에서 $285.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 값을 보여 전시케이스가 국내 실내공기질 기준($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하였다. 이러한 결과로부터 박물관 내부가 외기보다 수배의 높은 농도로 오염되어 있음을 확인할 수 있으며, 현재의 공조기 시스템은 이러한 오염물질을 적절히 제거하지 못하는 시스템으로 판단된다. 해안 도심지역에 위치하는 A박물관의 경우에는 수장고에서 $1,140.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 전시실에서 $310.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높게 나타났으며 수장고에서 국내 실내공기질 기준을 크게 초과하였다. 청정지역에 위치한 B박물관은 전시실 $11.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 전시케이스 $5.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 수장고 $174.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 국내 실내공기질기준을 초과하지 않았다.

총휘발성유기화합물은 휘발성유기오염물질의 특성에 의한 습도의 변화에 따라 총휘발성유기화합물 농도가 많은 영향을 받고, 환기 횟수 또한 총휘발성유기화합물 농도에 중요한 요인이라 적절한 횟수의 환기가 필요하다고 알려진 바 있

다.¹²⁾ 따라서 총휘발성유기화합물의 농도는 해당 박물관의 각종 오염원으로부터 방출되어 적절히 제거되지 못하고 room 내에서 계속 순환하며 적체되는 것으로 판단된다. 특히 수장고와 전시케이스는 외기와 차단되어 환기가 이루어지고 있지 않아 빈번히 기준을 초과하는 것으로 판단된다. 총휘발성유기화합물은 실내에 적체되어 있지 않도록 적절한 환기시스템의 마련이 필요하다고 판단된다.

3.3. 알데히드류

Table 5는 3종의 박물관에 있어서 알데히드류의 농도를 나타낸 것이다. A박물관의 경우 포름알데히드와 아세트알데히드가 높은 농도로 나타났다. A박물관에서 포름알데히드는 전

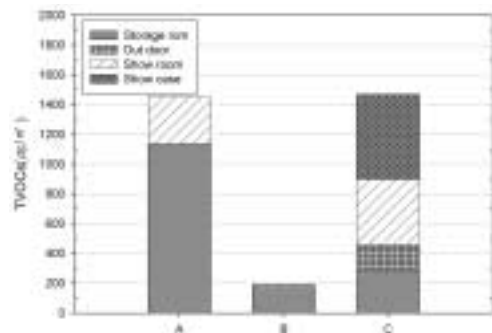


Fig. 1. Concentration of TVOCs at A, B and C museum.

Table 6. Concentrations of sulfurous compounds at A, B and C museum (unit : ppbv)

Compounds	A museum		B museum			C museum			
	Show room	Storage room	Show room	Show case	Storage room	Show room	Show case	Out door	Storage room
Hydrogen sulfide	ND	ND	ND	ND	0.75	ND	0.88	0.55	0.79
Methyl mercaptane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dimethyl sulfide	ND	ND	ND	ND	0.28	0.27	0.28	ND	0.26
Dimethyl disulfide	ND	0.17	ND	ND	0.15	0.15	0.16	0.16	1.80

Table 7. Concentrations of acids, ammonia and chloride at A, B and C museum (unit: ppbv)

Compounds	A museum				B museum			C museum			
	Show room	Show case	Out door	Storage room	Show room	Show case	Storage room	Show room	Show case	Out door	Storage room
Ammonia	38	62	35	72	42	28	35	26	62	55	85
Formic Acid	0.1	-	-	ND	0.14	0.13	0.12	0.29	1.37	1.72	0.38
Acetic Acid	0.68	-	-	0.48	0.7	0.66	0.60	1.45	6.87	8.62	1.90
n-Butyric Acid	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
n-Valeric Acid	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
i-Valeric Acid	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chloride	8.7	6.5	9.5	5.2	1.4	1.5	2.1	2.3	1.5	2.2	1.5

시설에서 18.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 수장고에서 25.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일본의 동경 박물관 기준치(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 낮은 값을 보였다. 반면 아세트알데히드는 전시실에서 35.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 수장고에서 42.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일본의 동경 박물관기준치(10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 초과하고 있다. B박물관과 C박물관에서는 A박물관과 유사한 농도특성으로 포름알데히드는 동경박물관 권고기준치를 초과하고 있지 않으며, 아세트알데히드는 수배 높은 농도로 초과하는 것으로 나타났다. 실내에서 알데히드류 중 아세트알데히드는 가장 높은 농도를 차지하고 있고 다른 물질과의 상호작용에 의하여 초산이나 알콜로 변하여 크게 영향을 미칠 수 있는 물질이므로 적절히 관리되어야 할 항목이다.

3.4. 환원황화합물

Table 6은 3종의 박물관에 있어서 환원황화합물 중 대표적인 물질인 황화수소, 메틸메르캅탄, 황화메틸 및 이황화메틸의 농도를 나타낸 것이다. 환원황화합물의 경우 전체적으로 거의 검출되지 않았으며, 검출된 경우 환원황화합물의 농도 수준은 1 ppbv 이하로 검출되었다. C박물관의 수장고에서 황화메틸이 1.8 ppbv로 다른 박물관과 다른 전시 형태와 비교하여 다소 높은 농도로 나타났다. 황화수소 등은 대기중에서

산화하여 이산화황이나 황산염으로서 문화재의 은, 동 재질을 부식시키며 약취규제물질로서 미량으로도 관람객에게 피해를 줄 수 있다고 알려져 있으나⁷⁾ 본 조사대상 박물관 실내에서의 농도 수준은 매우 낮은 것으로 조사되었다.

3.5. 산류와 기타 물질

Table 7은 3종의 박물관에 있어서 산류와 암모니아, 염소이온의 농도를 나타낸 것이다. 유기산의 경우 초산을 제외한 부티르산, 발레르산, 이소발레르산은 모두 검출한계 이하로 나타났다. 아세트산은 3종의 박물관의 수장고, 전시실, 전시케이스에서 0.48~6.87 ppbv로 나타내어 동경국립박물관 기준인 100 ppbv를 초과하지 않았다. 염소이온의 경우에는 1.4 ppbv~8.7 ppbv 수준으로 나타났으며, A박물관에서 다른 박물관에 비하여 수배 높은 농도로 나타나 일본 동경 박물관 기준치(5 ppbv)를 초과하였다. A박물관이 해안지역에 위치한 박물관이어서 인근 해역의 영향을 받아 염소이온의 농도가 높은 것이라 판단된다. 암모니아의 경우에는 A, C박물관의 경우 일본 동경 박물관 기준치(40 ppbv)를 전시케이스 및 수장고에서 모두 초과하였으며, 청정 지역에 위치한 B박물관의 경우 전시실에서 기준을 초과하였다. 염소이온의 경우 해안지역에서 특히 높은 농도로 나

Table 8. Major harmful factors against cultural properties in the museum-environments

No	Components	Remarks
1	Relative humidity	Often over the standard levels or indicator of the museum air pollution, and major harmful component.
2	Temperature an	
3	TVOCs	
4	Acetaldehyde	
5	Formaldehyde	Intermittently over the standard levels, harmful component against cultural properties.
6	Cl ⁻	
7	NH ₃	

타났으므로, 해안지역에서 특별히 주의하여 관리되어야 하는 항목으로 판단된다. 아세트산은 낮은 농도 수준이라 할지라도 산성을 띄고 있어 동산문화재의 종이류, 섬유류, 금속류 등 대부분의 문화재에 온·습도와 상호작용으로 직접적으로 영향을 주는 물질이므로 지속적인 관리가 필요하다고 판단된다.

3.6. 영향인자의 평가 결과

본 연구에서 여름철 박물관 환경 조사를 통하여 온·습도를 포함한 미량의 다양한 화학물질에 대해 정성 및 정량 분석한 결과 대부분의 물질들이 빈번히 혹은 간헐적으로 각국의 박물관 보존환경 기준 및 실내공기질 기준을 초과하는 것으로 나타났다. Table 8은 본 연구를 통하여 조사된 문화재 영향인자를 나타낸 것이다. 온·습도, 총휘발성유기화합물, 아세트알데히드가 주요 영향인자로 평가되었으며, 2순위 영향인자로는 포름알데히드, 염소이온, 암모니아 순으로 평가되었다. 일반적으로 대부분의 박물관에서 동산문화재 보존환경을 유지하기 위해 이용하는 공조기는 온도와 습도, 그리고 먼지의 일부를 제거할 수 있는 시스템이다. 그러나 이러한 공기조화시스템으로써는 총휘발성유기화합물 및 아세트알데히드, 산류 등을 모두 제거할 수 없다. 따라서 박물관 환경에서 온도 및 습도 외의 주요 영향인자들을 제어하기 위해서는 효과적인 필터 혹은 제거장치로 보완하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 본 연구결과는 향후 국내 박물관에 맞는 기준 설정에 있어 기초 자료로 활용될 수 있다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 박물관 3곳의 환경 중 동산문화재의 보존환경과 관련된 전시실, 전시케이스, 수장고에서 온·습도, 산류, 암모니아, 환원황화합물, 알데히드류를 조사하여 주요 영향 인자를 확인하였다. 그 결과 온·습도, 총휘발성유기화합물, 아세트알데히드가 주요 영향인자로 평가되었으며, 2순위 영향인자로는 포름알데히드, 염소이온, 암모니아 순으로 평가되었다. 동산문화재의 환경에 의한 훼손을 미연에 방지하기 위해서는 온도 및 습도 뿐 아니라 이와 상호작용을 하는 총휘발성유기화합물, 아세트알데히드, 초산류에 대하여 제어가 필요한 것으로 평가되었다. 그러나 일반적으로 대부분의 박물관에서 동산문화재 보존환경을 유지하기 위해 이용하는 공조기는 온도와 습도, 그리고 먼지의 일부를 제거할 수 있는 시스템이며, 이러한 공기조화시스템으로써는 총휘발성유기화합물 및 아세트알데히드, 산류 등을 모두 제거할 수 없다. 따라서 주요

영향인자의 제어를 위한 공조시스템의 개선, 국내 박물관 환경 기준의 마련도 시급히 필요한 것으로 판단된다.

KSEE

사 사

본 연구는 부경대학교 기성회계(과제번호 PK-2006-074)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Bradley, S., "Preventive Conservation: the research legacy". *Conservation Science* 2002, pp. 3~7 (2002).
2. Bradley, S., and Thickett, D., "The pollution problem in perspective" In *ICOM-CC 12th Triennial Meeting preprints*, Lyon, Bridgland, J. (ed). London : James and James, **1**, pp. 8~13 (1999).
3. Camuffo, D., R. Van Grieken, H. -J. Busse, G. Sturaro, A. Valentino, A. Bernardi, N. Blades, D. Shooter, K. Gysels, F. Deutsch, M. Wieser, O. Kim, and O. U. Ulrych. "Environmental Monitoring in Four European Museum." *Atmospheric Environment* **35**(Supplement 1) pp. 127-140 (2001).
4. 임채진, "박물관 수장환경의 개념설정과 설계지표에 관한 연구 - 박물관 환경디자인에 관한 기초적 연구(7) -", *한국실내디자인학회지*, **21**, 129~138 (1999).
5. 도이시겐조, *문화재보존과학의 원리*, 한연출판사 (2004).
6. Pamela B.Hatchfield, *Pollutants in the Museum Environment* (2002).
7. 홍정기, "문화재 전시 및 수장시설 내에서의 보존환경 조사연구", *보존과학연구*, **22**, 155~171 (2001).
8. 김윤신, *동산문화재 보존환경 시스템 개발에 관한 연구*, 국립문화재연구소, (2007).
9. 환경부, *다중이용시설 실내공기질기준* (2008).
10. 영구기록물관리기관 시설·환경 기준, 행정안전부 국가기록원 (2008).
11. JIS A 1901 "Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products - Small chamber method" (2003).
12. 김윤덕, 이경희, "환기방식에 따른 TVOC의 방출량을 고려한 실내 적정 환기량 예측에 관한 연구", *대한건축학회 논문집 - 계획계*, **22**(11), 279-287 (2006).