

관상수조가 실내 환경의 습도와 오염물질에 미치는 영향

이지영* · 반현경* · 이용일** · 조기철*** · 고희범**** · 이기영*†

*서울대학교 보건대학원 환경보건학과, **성균관대학교 기계공학과
동남보건대학교 바이오환경과, *해양수산부 양식산업과

Impact of Aquariums on Indoor Environmental Quality

Jiyoung M. Lee*, Hyunkyung Ban*, Yongil Lee**, Ki-Chul Cho***,
Hyoung-Bum Koh****, and Kiyoung Lee*†

*Department of Environmental Health Science, Graduate School of Public Health, Seoul National University

**Department of Mechanical Engineering, SungKyunKwan University

***Department of Bio & Environmental Science, DongNam Health College

****Aquaculture Industry Division, Ministry of Oceans and Fisheries

ABSTRACT

Objectives: This study was conducted to determine the impact of aquariums on indoor air quality for improving humidity and reducing indoor air pollutants.

Methods: An air-conditioning chamber was used to determine humidity increase by aquarium volume at three different temperatures (20°C, 25°C, 30°C). Humidity increase was measured for 21 hours (20°C) and 12 hours (25°C, 30°C) while placing five different volume of aquarium in the chamber. Concentrations of several volatile organic compounds and formaldehyde were measured after a known amount was injected into the chamber with and without an aquarium.

Results: The humidity inside the chamber increased when the aquarium was inside the chamber. Humidity change was similar at 20°C, 25°C, and 30°C, but slightly higher at higher temperatures. The bigger the aquarium volume, the higher was the humidity increase that occurred. Humidity increase by the aquarium was sufficient to increase indoor humidity in winter and negligible in summer. Concentrations of some water-soluble indoor air pollutants and formaldehyde were decreased with the aquarium inside the chamber.

Conclusions: An aquarium could increase indoor humidity in winter, while the humidity increase is negligible in summer. An aquarium could decrease some water-soluble indoor air pollutants, including formaldehyde. This result implies that an aquarium may have positive effects on indoor environmental quality.

Keywords: Aquarium, humidity, indoor air quality, formaldehyde

I. 서 론

실내 환경이 건강에 미치는 영향은 매우 중요하다. 2004년 통계청의 생활시간조사 자료에 따르면, 우리나라 현대인은 하루 중 실내에서 평균 88%의 시간

을 보내는 것으로 밝혀졌다.¹⁾ 이처럼 하루 중 실내에서 생활하는 시간이 길기 때문에 현대인에게 실내 환경으로 받는 영향이 매우 크다. 산업의 발달로 인해 현대 건축물의 밀폐화와 단열화에 따른 환기 부족으로 인하여 실내 공간에서 발생하는 휘발성 유기

†Corresponding author: 1 Gwanak-ro Gwanak-gu, Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 115-470, Korea. Tel: +82-2-880-2735, Fax: +82-2-762-2888, E-mail: cleanair@snu.ac.kr

Received: 10 January 2016, Revised: 18 February 2017, Accepted: 19 February 2017

화합물(VOCs), 포름알데히드, 미세먼지 등의 오염물질 농도가 높아져, 실내 공기오염을 일으킨다고 알려져 있다.²⁾

실내 환경에 영향을 미치는 요인은 다양한데 그 중 습도는 수준에 따라 긍정적인 영향을 미치기도 하고 부정적인 영향을 미치기도 한다.³⁾ 습도가 낮아지면 안구건조증이 발생할 수 있으며,⁴⁾ 낮은 습도에 장시간 노출 되는 경우, 감기, 재채기, 인후염 등의 호흡기 감염 증상의 발생률이 더 높아진다는 연구들이 있다.⁵⁻⁷⁾ 또한, 전염성 균의 전파는 작은 입자의 형태로 존재하는 균이 확산 등에 의해 퍼질 때 가능한데, 실내 습도가 15~40%로 낮을 때 독감 바이러스의 생존율이 높아진다는 연구 결과가 있다.⁸⁾ 습도가 높아지면 곰팡이와 진드기 개체 수가 증가하게 되어 건강에 영향을 미칠 수 있다.³⁾ 대부분의 곰팡이는 75% 이상의 높은 습도에서 생장이 이루어지는데, 천식이나 비염 등의 알레르기 반응을 일으키는 원인이라는 연구 결과가 있다.⁹⁾ 진드기 역시 집먼지 알레르기의 주요 원인으로, 주로 80%의 높은 습도에서 가장 많이 나타난다.¹⁰⁾

실내의 습도는 공간의 실내오염물질 농도에도 영향을 미친다. 포름알데히드의 경우 건축 자재 등에서 배출되어 높아지며,^{11,12)} 이산화황 및 이산화질소의 경우 또한 공기 중 습기와 결합하여 황산 및 질산을 생성한다.¹³⁾ 오존의 경우, 오히려 공기 중 습도가 낮을수록 오존의 농도가 더 높아진다는 연구 결과 또한 있다.¹⁴⁾ 2006년 신축공동주택의 습도의 변화에 따른 실내 휘발성유기화합물의 발생 특성을 관찰한 결과, 휘발성유기화합물 중 benzene, ethylbenzene, styrene, xylene의 경우 습도의 증가에 따라 농도가 증가하는 경향을 나타냈다.¹⁵⁾

우리나라의 실내 환경의 습도는 적정수준에 비해 높고 낮기 때문에 관리가 필요하다. 2010년부터 2011년까지 총 14곳의 가정집의 실내 온도 및 습도를 측정 한 결과, 월별 실내 최저 및 최고 평균 온도는 각각 1월의 21.3°C와 8월의 29.7°C, 월별 실내 최저 및 최고 평균 습도는 각각 1월의 32%와 8월의 68%였다.¹⁶⁾ 실내와 실외 온습도 환경 간의 상관성을 비교하였을 때, 겉보기 온도, 절대 습도의 경우 실내 환경이 실외 환경에 비해 높게 나타났으나, 상대습도의 경우 실내 환경이 실외 환경에 비해 상대적으로 낮게 나타났다. 환경부에서 제시한 한국 실내 적

정 습도는 40~60%인데, 대부분의 가정에서 겨울철의 경우 적정 습도에 비해 낮고, 여름철의 경우 적정 습도에 비해 높다. 따라서 실내 습도를 적정 수준으로 관리하는 방안이 필요하다.

습도를 관리하는 방안은 다양하게 제시되고 있지만 이에 대한 과학적인 연구가 부족하다. 환경부와 한국환경공단은 실내 활동 공간의 습도를 조절하는 방안을 제시하였는데,¹⁷⁾ 실내 습도를 낮출 경우 난방기를 가동하거나 제습제 및 제습기 사용, 실내 습도를 높일 경우 가습기를 사용하거나 실내에 젖은 빨래를 너는 등의 방안을 제안하고 있다. 그 외에 주택 내에 솥이나 녹색 식물을 키우는 것으로 실내 습도를 자연 조절 하는 것 또한 방안이라고 제안하고 있다. 하지만 이러한 권고 방안들이 근거를 두고 제시하는 것이 아니기 때문에 이에 대한 검증이 필요하다. 미니 수족관 또는 분수대를 설치하는 것 또한 실내 습도를 높이기 위한 방안으로 제시되고 있는데, 서울시 실내 공기질 관리 매뉴얼에는 실내 습도조절뿐만 아니라 실내 공기 오염물질 저감을 위한 지침으로 수족관을 설치하는 것을 제안하고 있다.¹⁸⁾ 다만 이에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 실제로 관상용 수조가 실내 습도를 조절하고, 실내 오염물질을 저감하는가에 대한 과학적 입증이 필요하다.

본 연구의 목적은 관상용 수조를 설치하기 전과 설치한 후의 습도 변화 및 실내 오염물질 농도 변화를 통하여, 관상용 수조가 실내 습도에 주는 영향과 실내 오염물질의 감소 효과를 입증하는 것이다.

II. 재료 및 방법

수조에 따른 실내 공간의 습도 변화 및 실내 오염물질 농도 변화 실험을 수행하기 위하여 가로 3.21 m×세로 3.13 m×높이 2.41 m의 부피 24 m³의 항온, 항습 챔버를 이용하였다. 수조는 부피와 표면적의 크기에 따라 소형, 중소형, 중형, 중대형, 대형 수조 총 5가지로 정하였다(Table 1). 챔버 내부에 Center 345 온습도 기록계(CAS Home, Korea)를 설치하여 챔버의 실내 온습도를 측정하였다.

실내오염물질 농도 변화 실험의 경우, 총 6종의 실내 오염물질(Hexane, Methyl tert-butyl ether(MTBE), Acetone, 2-Butanone, Benzene, Formaldehyde)을 이

Table 1. Aquarium volume and water surface data

Aquarium	Volume (W × L × H) (cm)	Water Surface (cm ²)
Extra-small (Aquarium 1)	30 × 19.5 × 23.5	585
Small (Aquarium 2)	38 × 28 × 39	1064
Medium (Aquarium 3)	60 × 22 × 30	1320
Large (Aquarium 4)	60 × 35 × 38	2100
Extra-large (Aquarium 5)	61.5 × 36.5 × 52	2244.75

용하였다. 이 때, 수용성 실내오염물질의 감소율을 비교하기 위하여 비수용성 실내오염물질인 Toluene, Xylenes, Ethylbenzene의 감소율을 동시에 측정하였다. VOCs를 샘플링하기 위하여 Coconut Charcoal Sampler tube와 XAD-2 Sampler tube 총 2종을 이용하였고, Formaldehyde를 샘플링하기 위하여 DNPH

카트리지를 이용하여 실내오염물질을 샘플링하였고, 시료는 채취 후 전부 냉동보관 하였다. 시료를 채취할 때 펌프는 Formaldehyde와 VOCs 각각 MP-Σ100H(SIBATA Scientific Technology Ltd. Japan)와 MP-Σ30NII (SIBATA Scientific Technology Ltd. Japan)를 이용하였다.

Table 2. Chamber settings for aquarium and humidity increase correlation measurement data

Time	+3hr	+21hr	+12hr	+12hr	+12hr	+12hr
Chamber's Outdoor Temperature (°C)	20		25			30
Chamber's Outdoor Circulation Fan			On			
Chamber's Indoor Circulation Fan			On			
Relative Humidity Set (%)			20			
Temperature Set (°C)	20		25			30
Flow rate (lpm)	400	0	400	0	400	0

Table 3. Chamber settings for aquarium and indoor pollutant decrease correlation measurement data

Time	~09:00	~09:30	~10:30	~11:30	~12:30	~13:30
Chamber's Outdoor Temperature (°C)			25			
Chamber's Outdoor Circulation Fan			On			
Chamber's Indoor Circulation Fan			On			
Relative Humidity Set (%)			40%			
Temperature Set (°C)			25			
Flow rate (lpm)	800	0	0	0	0	0
Reference Note	Stabilization	Standard aliquotion	Standby	Sampling	Standby	Sampling
Time	~16:30	~17:00	~18:00	~19:00	~20:00	~21:00
Chamber's Outdoor Temperature (°C)			25			
Chamber's Outdoor Circulation Fan			On			
Chamber's Indoor Circulation Fan			On			
Relative Humidity Set (%)			40%			
Temperature Set (°C)			25			
Flow rate (lpm)	800	0	0	0	0	0
Reference Note	Stabilization	Standard aliquotion	Standby	Sampling	Standby	Sampling

실험에서 유지하는 온도 환경은 각 20°C, 25°C, 30°C로 3가지 경우로 나누어 실험을 수행하였으며, 챔버의 설정 습도는 20%RH로 설정하였다. 습도 변화를 보기 위하여 실험 시작 전에 20°C 환경은 3시간, 25°C, 30°C 환경은 12시간 동안 설정된 온습도의 청정 공기를 400 lpm의 유속으로 유입하여 내부 환경을 안정화 하였다. 챔버 안정화 당시 장비 성능으로 인하여 약 30±5%RH로 안정화 하였다. 이후 챔버에 공기를 유입하지 않고, 20°C 환경은 21시간, 25°C, 30°C 환경은 12시간 동안 습도의 변화를 관찰하였다(Table 2). 수조의 경우 실제 사용하는 경우와 같이 실제 생물이 들어있는 상태로 실험에 이용하였다. 습도 실험의 경우, 수조의 유무 및 크기에 따른 습도 증가율을 비교하기 위하여 수조를 넣지 않은 상태의 챔버, 즉 빈 챔버 상태의 습도를 대조군으로 설정하였다.

실내 오염물질 농도 변화 실험은 실험 전날 수조를 설치한 후, 설정 온도 및 습도를 각 25°C, 40%RH 챔버를 800 lpm의 유속으로 유입하여 안정화 하였다. 스탠다드 물질을 분취하기 위하여 MP-Σ100H 펌프를 이용하여 N₂ 탱크를 1.5 lpm으로 30분 간 45 L를 유입하였으며, 유입 20분 이내에 스탠다드 물질을 분취한 후 10분 간 퍼징하였다(Table 3). 유입 1시간 후 3개의 MP-Σ30NII 펌프를 각각 0.5 lpm, 0.3 lpm, 0.3 lpm으로 유량을 세팅한 후, 0.5 lpm으로 맞춘 펌프에 formaldehyde를 채취하였으며, 0.3 lpm으로 맞춘 펌프에 VOCs 시료를 채취하였다(Fig. 1). 실제 분취하는 용량의 경우 NIOSH의 실험 기법을 참고하여 각 물질의 LOD와 챔버 부피를 고려하여 다음과 같이 결정하였다(Table 4). 채취 이후 3시간 동안 챔버를 가동하여 챔버 내부의 오염물질을 제거

Table 4. Indoor pollutants and 24 m² chamber standard aliquotion amount data

Chemical	24 m ² chamber standard aliquotion amount (μl)
n-Hexane	20
Methyl tert-butyl ether (MTBE)	750
Acetone	700
2-Butanone (MEK)	140
Benzene	10
Toluene	25
o-Xylene	25
Ethylbenzene	20
Formaldehyde	5

및 안정화 한 후 동일한 방법으로 실험을 반복하였다. 이 때 3시간 가량 안정화하는 동안 총 6회의 환기가 이루어졌다. 채취한 시료는 VOCs의 경우 gas chromatography-mass spectrometry 기법을, formaldehyde의 경우 high-performance liquid chromatography 기법을 이용하여 농도를 분석하였다. 실내 오염물질 농도 변화 실험도 수조의 유무에 따른 실내 오염물질의 감소율을 비교하기 위하여 빈 챔버 상태의 실내 오염물질의 감소율을 대조군으로 설정하였다.

III. 결 과

Figure 2와 Table 5는 각각 20°C, 25°C, 30°C에서의 10시간 동안 24 m³ 챔버에 다양한 크기의 수조를 설치할 때 습도의 증가를 보여주는 그래프 및 증가율이다. 챔버의 안정화 이후 환기장치를 끄고 습

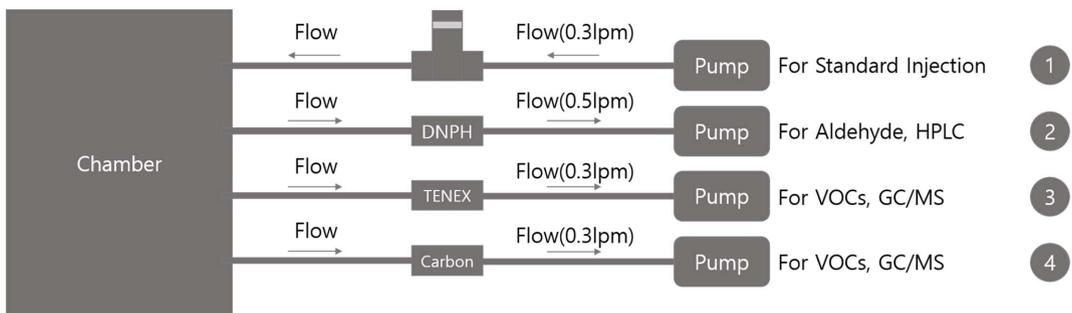
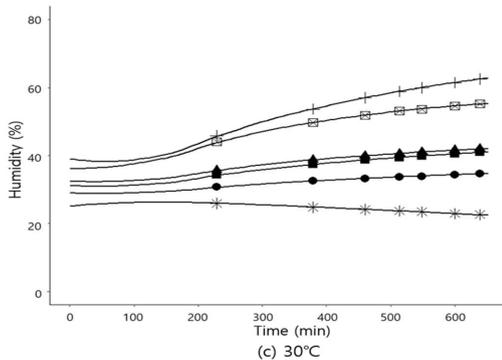
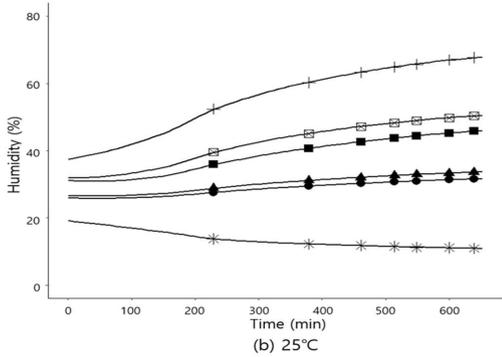
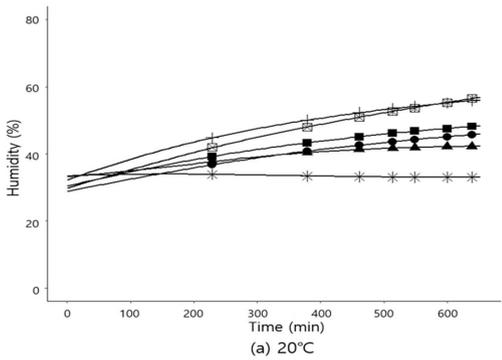


Fig. 1. Sampling method of indoor pollutant decrease rate measurement



● AQ1 ▲ AQ2 ■ AQ3 + AQ4 □ AQ5 * EC
Fig. 2. Relative humidity growth by time duration in 20°C, 25°C, 30°C
 *EC: Empty Chamber, †AQ: Aquarium

도의 변화를 측정하였을 때, 20°C의 경우 처음 시작 습도와 10시간 후 최종 습도 간 차이가 수조 크기 순으로 각각 17%, 8%, 17%, 24%, 26%였으며, 25°C의 경우 수조 크기 순으로 각각 9%, 15%, 15%, 36%, 29% 증가하였다. 30°C의 경우 또한 수조 크기 순으로 각각 9%, 11%, 23%, 45%, 28%로 증가

Table 5. Increase amount of relative humidity from control group (empty chamber) by volume of aquarium and temperature

Temperature	20°C	25°C	30°C
Aquarium 1	17%	9%	9%
Aquarium 2	8%	15%	11%
Aquarium 3	17%	15%	23%
Aquarium 4	24%	36%	45%
Aquarium 5	26%	29%	28%

하였다. 세 온도 조건에서 모두 빈 챔버의 경우와 비교하여 습도가 증가하였다. 또한, 수조의 크기가 커질수록, 즉, 수조의 표면적이 더 넓을수록 습도의 증가율 또한 높아지는 경향을 보였다. 하지만 25°C와 30°C의 온도 조건의 경우 4번 수조(중대형 수조)가 5번 수조(대형 수조)보다 습도가 더 많이 증가하는 양상을 보였고, 20°C에서는 1번 수조(소형 수조)가 2번 수조(중소형 수조)보다 습도가 더 많이 증가하는 양상을 보였다.

Figure 3은 수조 설치 전과 수조 설치 후의 물질 감소율을 비교한 그래프이다. 비 수용성 실내 오염물질인 Toluene, Xylenes, Ethylbenzene의 화학물질 감소율을 1로 기준을 잡았을 때, 비수용성 화학물질 감소율을 각 수용성 물질별 감소율로 나눈 값으로 표현하였다. 각 물질별 왼쪽 결과는 수조 설치 전의 상대적 감소율을, 오른쪽 결과는 각기 다른 크기의 수조 설치 후의 상대적 감소율을 보여준다. 수조 설

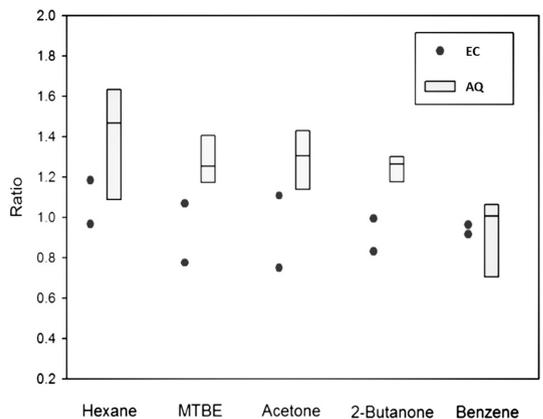


Fig. 3. Relative reduce ratio of water-soluble indoor pollutants
 *EC: Empty Chamber, †AQ: Aquarium

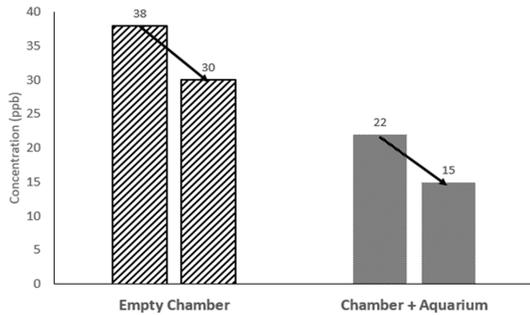


Fig. 4. Relative reduce ratio of Formaldehyde

치 전, 비수용성 오염물질에 대한 수용성 실내 오염물질의 감소율을 2회 실험한 결과, 수용성 실내 오염물질인 Hexane(0.97, 1.19), MTBE(0.78, 1.07), Acetone(0.75, 1.11), 2-Butanone(0.83, 1.00), Benzene(0.92, 0.96)의 수조 설치 전 화학물질 감소율은 비수용성 물질과 비슷하거나 더 적었다. 수조 설치 후 동일한 실험을 5회 반복한 결과, 비수용성 화학물질의 감소율에 비하여 Hexane은 25%, MTBE는 21%, Acetone은 21%, 2-Butanone은 약 20% 더 감소하였다. 하지만 Benzene의 감소율은 비수용성 화학물질의 감소율과 비슷한 수준으로 나타났다.

Figure 4는 수조 설치 전과 수조 설치 후의 포름알데히드 감소율을 비교한 그래프이다. 수조 설치 전에 포름알데히드를 주입하였을 때, 주입 직후의 농도와 주입 1시간 후의 농도를 비교하였을 때, 주입 직후 농도인 38 ppb에서 30 ppb로 약 21% 감소하였고, 수조를 설치한 후에 장기간 설치하여 습도를 높인 후, 같은 양의 포름알데히드를 주입하였을 때, 주입 직후의 농도와 주입 1시간 후의 농도를 비교하였을 때 주입 직후 농도인 22 ppb에서 15 ppb로 약 32% 감소하였다.

IV. 고 찰

실내 환경에 수조를 설치하면 습도가 높아질 수 있음을 실험으로 증명하였다. 챔버의 온도를 20°C로 정한 것은 겨울의 조건을 모의 실험한 것으로 수조의 수 표면적이 커지면 습도의 증가가 더 높아진다. 여름철 실내환경 조건을 모의 실험하기 위해 챔버를 30°C로 조정했을 때 수조의 수 표면적에 따라 습도가 증가하였고 낮은 온도보다 습도의 상승폭이 약간

커졌다. 실제 가정집 14곳에서의 실내 온·습도 측정 결과 겨울의 실내 평균 온·습도는 각각 21.3°C와 32%이며, 여름의 실내 평균 온·습도는 각각 29.7°C와 68%이다.¹⁶⁾

겨울철 습도의 증가 수준은 실험 결과를 통해 계산할 수 있다. 수행된 실험에서 겨울철 환경과 비슷한 20°C, 33%에서의 실험 조건에서 가장 작은 수조를 설치하였을 때 상대습도는 43%로 증가하였고, 가장 큰 수조를 설치한 상대습도는 56%로 증가하였다. 이를 챔버의 부피와 환기율을 고려하여 절대 습도로 환산하였을 때, 20°C, 33%에서의 절대 습도는 0.006 kg/m³, 43%에서의 절대 습도는 0.007 kg/m³, 56%에서의 절대 습도는 0.01 kg/m³이다. 이를 챔버 부피인 24 m³에 적용하면 가장 작은 수조를 설치할 때 0.024 kg의 습도가 추가되고, 가장 큰 수조를 설치할 때 0.096 kg이 추가된 것이다. 일반적인 거실의 부피를 90 m³라고 가정할 때, 같은 환경에서 가장 작은 수조를 설치할 경우 절대 습도는 0.00027 kg/m³, 가장 큰 수조를 설치할 경우 절대 습도는 0.00107 kg/m³이 증가하며, 이는 약 2~6%의 상대습도가 증가한다는 것이다. 즉, 겨울철 가정에서의 평균 습도가 35~40% 정도로 향상되는 데 수조가 도움을 줄 수 있다.

수행된 실험에서 여름철 환경과 비슷한 30°C, 24% 조건에서 실험한 결과 가장 작은 습도를 설치하였을 때 상대습도는 33%로 증가하였고, 가장 큰 수조를 설치하였을 때 상대습도는 52%로 증가하였다. 이를 절대 습도로 환산하였을 때, 30°C, 24%에서의 절대 습도는 0.007 kg/m³, 33%에서의 절대 습도는 0.01 kg/m³, 52%에서의 절대 습도는 0.016 kg/m³이다. 이를 챔버 부피에 적용하면, 가장 작은 수조를 설치한 경우 0.072 kg, 가장 큰 수조를 설치한 경우 0.216 kg이 증가한다. 다만, 여름철 가정의 평균 습도가 68%인 조건에서의 추가 수분 증발량은 이번 실험의 약 10% 정도이므로, 추가 증발되는 수분의 양은 가장 작은 수조의 경우 0.0072 kg, 가장 큰 수조의 경우 0.0216 kg이 된다. 일반적인 거실의 부피를 90 m³라고 가정하였을 때, 같은 환경에서 절대 습도는 가장 작은 수조의 경우 0.00008 kg/m³, 가장 큰 수조의 경우 0.00024 kg/m³이 증가하며, 이는 약 0~1%의 습도가 상승한다는 것이다. 여름에 수조가 실내 습도에 미치는 영향이 미미할 것이다.

수조의 크기 차이와 습도 증가율을 관찰한 실험에서, 25°C와 30°C의 온도 조건에서 4번 수조가 5번 수조에 비하여 표면적이 좁음에도 불구하고 습도의 증가율이 더 높았다. 이는 해당 수조에 설치되어 있던 정화기의 용량 차이인 것으로 고려된다. 4번 수조 정화기의 경우 5번 수조 정화기의 용량보다 더 크고, 물줄기의 개수 또한 더 많이 나왔다. 이는 수조의 표면적뿐만 아니라 수조에 설치된 수조 정화기 또한 습도의 증가에 영향을 미칠 수 있다고 고려된다. 특히 여름 조건에서 4번 수조를 설치하면 여름철 평균 습도인 68%보다 더 높일 수 있기 때문에 수중 생물의 생존에 영향을 주지 않는 선에서 수조의 정화 용량과 수온을 낮추고, 뚜껑을 덮는 등 수분의 증발을 최소화하는 조치를 취한다면 무리가 없을 것으로 사료된다.

수용성 실내 오염물질의 경우, 실내 공기 중에 부유하는 수용성 오염물질(수용성 VOCs, Formaldehyde)가 수조 표면의 물과 결합하여 수조에 녹을 것이라는 가설을 세웠으며, 실험 결과 일부 수용성 실내 오염물질과 발암물질인 포름알데히드의 농도는 수조를 설치할 경우 감소되는 것을 실험으로 증명하였다. 같은 조건에서 비수용성인 휘발성유기화합물질의 감소에 비해 1~2시간안에 20% 정도 더 감소하였다. 실내 오염물질 감소 실험의 경우 역시 수조의 크기를 다르게 하여 수조의 크기와 실내 오염물질 저감률 차이를 보고자 하였으나, 수조의 크기에 따른 감소율의 차이는 보이지 않았다. 이는 1~2시간의 짧은 시간 동안의 변화를 관찰하였기 때문으로 생각된다.

수조 자체에서 발생할 수 있는 오염물질의 경우 주로 관상어의 배설물이나 관상어 먹이의 찌꺼기로 인해 발생하는 암모니아이며, 이는 수조에 장착되어 있는 여과기와 이로 인해 증식하는 호기성 박테리아의 작용으로 암모니아가 아질산 또는 질산으로 산화되어 수질이 자정된다.¹⁹⁾ 하지만 이 또한 한계가 있어 물갈이를 주기적으로 할 필요성이 존재한다. 따라서 수조의 여과기 및 물 관리에 신경을 쓴다면 수조에서 발생하는 오염물질이 대기 중으로 확산될 가능성은 낮을 것으로 생각된다.

이번 연구는 실험을 조건당 1회씩 실시하여 제한적일 수 있다. 그러나 챔버의 온습도 세팅과 유입 온습도, 내부 온습도, 유량 세팅 및 전체 유량 등을

제어한 상태에서 실험을 진행하였기 때문에 반복 실험에 의해 결과가 달라지지 않았다. 실제 pilot연구에서 동일 조건에서 2회 반복하였을 때 결과의 차이가 없었기 때문에 본 연구에서 반복실험을 하지 않았다. 또 일정한 온습도 환경을 만들기 위해 안정화하는 시간이 24시간 정도 걸리기 때문에 실험에 필요한 시간을 고려하여 반복 실험에 의한 의미가 크지 않았다고 판단하였다.

V. 결 론

관상수조를 실내에 설치할 경우, 실내의 습도가 상승하여 겨울철 실내 적정 습도를 유지하는 데 도움을 주며, 일부 수용성 오염물질을 제거한다는 것이 챔버 실험을 통하여 확인되었다. 이는 적정 습도 유지 및 실내오염물질 감소로 인하여 실내환경에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 다만 여름철의 경우 평균 실내습도가 적정 수준을 넘어선 환경에서 추가로 0~1%의 습도가 상승될 수 있어, 실내 습도를 적정 수준으로 유지하는 조치를 취해야 할 필요성이 있다.

Acknowledgement

본 논문은 해양수산부로부터 연구비를 지원받아 수행하였습니다.

References

1. National Institute of Environmental Research. Personal exposure assessment study based on Korean individual's daily time-activity pattern. National Institute of Environmental Research, 2009; p. 61 Available: http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/downloadResearchAttachFile.do?work_key=001&file_type=CPR&seq_no=001&pdf_conv_yn=N&research_id=1480000-200900233 [accessed 30 December 2016].
2. Institute of Urban Science, University of Seoul. A study on indoor air pollution characterization and management. Ministry of Environment, 2002; p. i Available: http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/downloadResearchAttachFile.do?work_key=001&file_type=CPR&seq_no=001&pdf_conv_yn=N&research_id=1480000-200800499 [accessed 31 December 2016].

3. Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH, Sterling TD. Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments. *Environmental Health Perspectives*. 1986; 65: 351-361.
4. Liviana JE, Rohles FH, Bullock PE. Humidity, comfort and contact lenses. *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Transactions*. 1988; 94(Part 1): 3-11.
5. Korsgaard J. Preventive measures in house-dust allergy. *American Review of Respiratory Disease*. 1982; 125(1): 80-84.
6. Arlian LG, Bernstein IL, Gallagher JS. The prevalence of house dust mites, dermathphagoides spp. and associated environmental conditions in homes in Ohio. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1982; 69(6): 527-532.
7. Murray AB, Zuk P. The seasonal variation in a population of house dust mites in a North American city. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1979; 64(4): 266-269.
8. Hemmes JH, Winkler K, Kool SM. Virus survival as a seasonal factor in influenza and poliomyelitis. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1960; 28(1): 221-233.
9. Gravesen S. Fungi as a cause of allergic disease, *Allergy*. 1979; 34(3):135-154.
10. Wraith DG, Cunnington AM, Seymour WM. The role and allergenic importance of storage mites in house dust and other environments. *Clinical and Experimental Allergy*. 1979; 9(6): 545-561.
11. Anderson I, Lundqvist GR, Molhave L. Effect of air humidity and Sulphur dioxide on formaldehyde emission from a construction material (chipboard). *Holzforschung und Holzverwertung*. 1976; 28(5): 120-121.
12. Gupta KC, Ulsamer AG, Preuss PW. Formaldehyde in indoor air: sources and toxicity. *Environment International*. 1982; 8(1-6): 349-358.
13. United States Environmental Protection Agency. Air quality criteria for oxides of nitrogen. Environmental Criteria and Assessment Office, Research Triangle Park, NC.
14. Mueller FX, Loeb L, Mapes WH. Decomposition rates of ozone in living areas. *Environmental Science and Technology*. 1973; 7(4): 342-346.
15. Cho H, Choi JM, Kim WJ. Assessment of indoor volatile organic compounds (VOCs) and emission characteristics by humidity variation in new apartments. *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*. 2006; 13(4): 283-289.
16. Yeom J, Lee D, Lee K, Spengler JD, Kim G, Yu S. The relationship between indoor and outdoor temperature and humidity in two types of residence. *Journal of Odor and Indoor Environment*. 2014; 13(4): 1-10.
17. Ministry of Environment, National Institute of Environmental Research. Household inoor air quality management guidance. *Ministry of Environment*, 2012 Available: <http://www.me.go.kr/home/file/readDownload-File.do?fileId=6588&fileSeq=1> [accessed 30 December 2016].
18. Seoul Metropolitan Government, Indoor Air Quality Management manual. *Seoul Metropolitan Government*, 2012; p.21 <https://cleanindoor.seoul.go.kr/download.do?fileNo=3869> [accessed 30 December 2016].
19. Urakawa H, Tajima Y, Numata Y, Tsuneda S. Low temperature decreases the phylogenetic diversity of ammonia-oxidizing archaea and bacteria in aquarium biofiltration systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 2008; 74(3): 894-900.