

2C1) 보육시설 실내공기 중 VOCs 및 Carbonyl compounds의 오염특성

Characteristics of VOCs and Carbonyl Compounds for Indoor Air in Daycare Centers

장성기 · 박숙영 · 권기동 · 천재영 · 임정연 · 이우석
국립환경과학원 실내환경과

1. 서 론

보육시설을 이용하는 미취학 연령(1-5세)인 영·유아의 경우, 일반 성인에 비해 호흡기 계통이 취약하고, 면역시스템이 약하여 스스로의 방어능력이 부족하기 때문에 실내 오염물질에 보다 민감하며 건강의 악영향을 미칠 수 있음에도 불구하고 이러한 시설에 대한 실내공기 오염도 평가는 극히 한정적이고 미흡한 실정이다.

휘발성유기화합물이나 카보닐화합물 등의 일부 오염물질에 노출되면 아토피, 중이염(Nafstad et al., 1999), 그리고 호흡기감염(Koopman et al., 2001; Celedon et al., 1999)등의 질환과 관련성이 있다고 보고되었다. 이러한 대부분의 VOCs는 자체 독성(Tancrede et al., 1987)과 실내공기에서의 고농도 발생 빈도수가 많기 때문에 특별한 관심을 받고 있다(Ilgren., 2001; Heavenner et al., 1995). 이러한 VOCs의 환경적 중요성 때문에 영·유아들이 대부분의 시간을 보내는 보육시설에서 VOCs에 대한 실내공기질 평가는 시급한 문제로 부각되고 있다. 또한 포름알데히드는 저농도 수준에서 눈, 코, 목, 그리고 피부자극을 유발할 수 있으며 또한 일반 영·유아보다 천식이 있는 영·유아들은 이러한 증상에 보다 민감하다고 보되었다(ATSDR, 1999).

본 연구에서는 영·유아에게 건강영향을 미칠 수 있는 VOCs와 포름알데히드에 대한 오염도 실태조사 및 계절에 따라 환경특성조사를 통해 보육시설의 공기질 특성을 평가하였다.

2. 연구 내용 및 방법

2.1 연구내용

본 연구는 서울(강동구, 강북구, 광진구, 노원구, 동작구, 서초구, 영등포구)지역에 위치한 29개 보육시설을 대상으로 휘발성유기화합물과 카보닐화합물에 대한 오염특성을 계절에 따라 겨울(2~3월), 봄(4~5월), 여름(7~8월) 및 가을(10~11월)로 구분하여 오염도를 조사하였다.

2.2 시료채취 및 분석방법

2.1.1 휘발성유기화합물

휘발성유기화합물 시료채취는 MP- Σ 30H(Sibata, Japan) 펌프를 사용하여 100mL/min 유량으로 60분간 Tenax-TA 200mg이 충전된 흡착관(1/4" × 9cm, Perkin Elmer, UK)을 이용하여 채취하였으며, 열탈착장치(STD 1000, DANI, Italy)가 가스크로마토그래프(GC)칼럼(VB-1ms, 60m × 0.32mm × 0.25 μ m)으로 직접 연결된 가스크로마토그래프/질량분석기(Shimadzu, GC-2010, Japan)시스템을 사용하였다.

2.1.2 카보닐화합물

카보닐화합물 시료 채취는 MP- Σ 100H(Sibata, JP) 펌프에 Ozone scrubber(Waters, U.S.A)를 설치하여 500ml/min 유량으로 30분간 2회 실시하였으며, 분석은 고성능액체크로마토그래피(HPLC: LC-10Avp, Shimadzu, Japan)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 실내공기오염도

보육시설의 TVOC의 평균농도는 약 318.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, 톨루엔이 51.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장높게 나타났으며, 다음으로 *m,p*-자일렌 11.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 에틸벤젠 6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 벤젠 4.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 및 스티렌 3.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 순으로 나타났다(표 1). 실내/실외 농도비(I/O ratio)에서 TVOC는 2.0, 톨루엔은 1.6으로 대부분 실내에서 높게 나타났다. Liou et al.(1991)의 연구에서도 실외보다 실내 VOCs 농도가 높은 것으로 보고되었는데 이는 실내에 존재하는 가구, 난방을 위한 연소, 음식조리, 건물 내벽 페인트, 접착제, 물감, 각종 학습우드제품, 마감재료, 복사기 토너 등으로부터 VOCs가 배출되기 때문인 것으로 평가되었다.

포름알데히드의 평균 농도는 38.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 수준을 보였으며, 다음으로 아세톤이 33.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아세트알데히드 13.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 벤즈알데히드 6.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 실내/실외 농도비(I/O ratio)는 포름알데히드가 4.3, 아세톤이 3.0으로 대부분의 물질이 실내에서 높게 나타났다. 이는 포름알데히드 등이 다양한 교육기자재, 놀이완구 등의 실내 환경적인 요인의 영향을 받기 때문으로 판단된다. 선행 연구에서도 포름알데히드의 주요발생원이 실외보다 실내에 존재하는 것으로 보고되었다(Lee et al., 2002).

Table 1. An overall summary of indoor concentration of VOCs of daycare centers.

Pollutant($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N	Mean	S.D	Max	Median	Min	I/O
VOCs							
Benzene	183	4.2	3.4	13.1	3.6	N.D	2.2
Toluene	199	51.6	29.3	162.1	44.6	6.3	1.6
Ethylbenzene	200	6.5	4.6	24.6	5.3	N.D	1.6
<i>m,p</i> -Xylene	198	11.7	7.6	38.7	10.7	N.D	2.0
Styrene	195	3.6	5.3	31.6	1.8	N.D	1.9
<i>o</i> -Xylene	199	3.6	2.9	15.3	3.4	N.D	2.0
TVOC	201	318.7	168.5	891.5	282.9	46.6	2.0
Carbonyl compounds							
Formaldehyde	206	38.3	29.1	161.3	28.0	1.2	4.3
Acetaldehyde	212	13.6	12.0	79.5	10.3	N.D	1.9
Acetone	209	33.9	23.7	135.4	27.2	N.D	3.0
Propionaldehyde	207	4.2	4.2	18.6	3.0	N.D	3.1
Butyraldehyde	211	4.8	4.8	28.0	3.6	N.D	1.5
Benzaldehyde	206	6.1	6.1	29.1	3.6	N.D	2.0

3.2 계절별 실내공기 오염특성

계절별 휘발성유기화합물 오염도를 비교한 결과, 여름철에 TVOC, 톨루엔 및 *m,p*-자일렌의 평균 농도는 각 433.9, 59.2 및 17.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 높은 오염도를 보였다. 이러한 이유는 휘발성유기화합물들이 온도가 높은 여름철에 다량 방출되었기 때문인 것으로 추정되었다. 여름철을 제외한 총휘발성유기화합물(TVOC) 오염도는 겨울 280.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 봄 298.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가을 264.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 계절별 차이를 보이지 않았다.

카보닐화합물의 경우, 모든 물질들이 여름철에 가장 높은 농도로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 여름철의 포름알데히드의 평균 농도는 63.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아세톤 44.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 아세트알데히드 24.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 포름알데히드가 가장 높은 오염도를 보였다. 이러한 이유는 휘발성이 강한 포름알데히드 등이 온도와 습도가 높은 여름철에 다량 방출된 것으로 추정되어진다. 포름알데히드는 여름철이 겨울철보다 2.5배 높은 농도를 보였으며, 아세트알데히드는 2.7배 높은 농도를 보였다.

참 고 문 헌

- ATSDR, Toxicological profile for lead. Atlanta. (1999a) GA: U.S Department of Health and Human Services, Public Health Service. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofile/tp13.html>.
- Celedon, J.C., A.A. Litonjua, S.T. Weiss, and D.R. Gold (1999) Daycare attendance in the first year of life and illnesses of the upper and lower respiratory tract in children with a familial history of atopy, *Pediatrics*, 104, 495-500.
- Heavner, D.L., W.T. Morgan and M.W. Ogden. (1995) Determination of volatile organic compounds and ETS apportionment in 49 homes, *Environ. Int.*, 21, 3-21.
- Ilgen, E., N. Karfich, K. Levsen, J. Angerer, P. Schneider, J. Heinrich, H. Wichmann, L. Dunemann, and J. Begerow (2001) Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment: Part I. Indoor versus outdoor sources, the influence of traffic, *Atmos. Environ.*, 35, 1235-1252.
- Koopman, L.P., H.A. Smit, Heijnen, A. wijga, R.T. van Strein, M. Kerkhof, J. Gerritsen, B. Brunekreef, J.C. de Jongste, and H. Neijens (2001) Respiratory infections in infants: interaction of parental allergy, child care, and sibling - The PIAMA Study, *Pediatrics*, 108, 943-948.
- Lee, S.C., H Guo., W.M. Li, and L.Y. Chan (2002) Inter-comparison of air pollutant concentration in different indoor environments in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 36, 1929-1940.
- Nafstad, P., J.A. Hang, L. Øie, P. Magnus, and J.J.K. Jaakola (1999) Daycar centers and respiratory health, *Pediatrics*, 103, 753-758.
- Tancrede, M.R., W.L. Zeise and E.A.C. Crouch (1987) The carcinogenic risk of some organic vapors indoors: a theoretical survey, *Atmos. Environ.*, 21, 2187-2205.
- United States Environmental Protection Agency(USEPA). Cancer risk from outdoor exposure to air toxics, PA-450/1-90-0004a. 1990.