

# 실내공기질을 고려한 유치원 보육실의 적정 환기량 검토

정 창 현<sup>†</sup>, 이 윤 규<sup>\*</sup>, 김 태 연, 이 승 복

연세대학교 건축공학과, \*한국건설기술연구원

## Minimum Ventilation Rate of Kindergarten in the respect of IAQ

Chang Heon Cheong<sup>†</sup>, Yun-Gyu Lee<sup>\*</sup>, Tae-Youn Kim, Seung-Bok Leigh

**ABSTRACT:** Indoor Air Quality Guideline of Kindergarten in Korea didn't consider the vulnerable properties of children to indoor air pollutants. For this reason, Suggestion for the IAQ guideline of formaldehyde and minimum ventilation rate was made in this study. Suggested IAQ guidelines for formaldehyde in the respect of children's vulnerable immune system is 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and for the ventilation rate 11.9 ACH, 5.8 ACH, respectively. This value is based only formaldehyde and CO2 concentrations in child-care room of Kindergarten and needed to be verified by further investigations and studies. However it is discovered that lower formaldehyde concentration can do mal-effects to children's health by literature review.

**Key words:** formaldehyde(폼알데하이드), Kindergarten(유치원), Ventilation Rate(환기율), IAQ(실내공기질)

### 기 호 설 명

$$C^n \cdot T = K$$

C : Concentration

T : Time of Exposure

n : Chemical specific parameter

K : Severity of response

$$C_i = C_o + S/Q_{oa}$$

$C_i$  = 정상상태의 오염물질 농도  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$C_o$  = 외기 농도  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

S = 오염물질 방출강도  $\mu\text{g}/\text{s}$

$Q_{oa}$  = 환기율  $\text{m}^3/\text{s}$

### 1. 서 론

현재 제실자들에게 건강한 실내환경을 보장하기 위하여 실내 휘발성 유기화합물을 농도를 적정 수준으로 유지해야 한다는 연구결과가 다수 보고되고 있다. 그리고 이와 관련하여 정부에서도 건축물 내 실내 공기질 기준을 설정하고, 각 건물에서 이를 유지하도록 하고있다. 본 연구에서 대상으로 하고자 하는 유치원의 경우 1000 $\text{m}^2$  이상의 국공립보육시설에 한하여 다중이용시설등의 실내공기질관리에 관한 법률의 적용을 받고 있다. 이 법률에 제시된 실내 오염물질 농도 기준치는 폼알데하이드의 경우 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 다른 다중이용시설과 동일한 수준을 제시하고 있다. WHO에서 규정한 폼알데하이드 가이드 라인에 의하면 폼알데하이드 농도 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  은 일반적으로 건강한 성인이 30분간 노출되었을 경우 코와 목에 자극을 주지 않는 농도이며, 어린이의 신체적 특징을 고려한 기준이 아니다. 그리고 가이드

<sup>†</sup>Corresponding author

Tel.: +82-31-910-0145; fax: +82-31-910-0361

E-mail address: changheon@kict.re.kr

라인 자체가 30분 노출을 기준으로 하고 있기 때문에, 실내에 장기간 재질하는 경우와는 다소 상이한 조건이다. 특히 영,유아의 경우 신체조직이 발달하는 과정에 있고, 외부 오염물질에 대한 저항력이 완전하지 않기 때문에 이러한 어린이의 신체적 특성을 고려한 실내 공기질 기준이 필요하며 동시에 이러한 기준을 충족시키기 위한 건축적 대안으로써 필요환기량의 확보가 절실히 요구되고 있다.

이에 이 연구에서는 문헌조사를 통하여 유치원 보육실 내 어린이의 노출시간 및 오염물질에 대한 민감도에 따라 요구되는 실내 오염물질 농도를 고찰하고, 이에 기초하여, 유치원 보육실의 필요환기량을 검토하였다.

## 2. 국내외 실내 공기질 기준 검토

### 2.1 실내공기질 국외기준 조사결과

다음은 국내외 실내공기질 기준을 조사한 결과이다. 대상 오염물질은 CO<sub>2</sub>, TVOC, 폼알데하이드로 한정하였다. 조사 물질 중 TVOC의 경우 그 자체로써 위해성 유무를 판단하기 힘들나 실내 휘발성 유기화합물의 총량으로써 잠정적인 위험 척도로써 사용된다. CO<sub>2</sub>도 일반적인 오염물질의 척도로써 사용되나, 농도에 따른 급성의 위험은 적은 편이다. 세 물질 중 폼알데하이드가 가장 급성의 위해성을 가지고 있으며, 이에 어린이의 신체 특성을 고려한 실내 기준농도 검토 시 폼알데하이드 농도를 중심으로 실시하였다.

Table 1. IAQ Guidelines in many countries

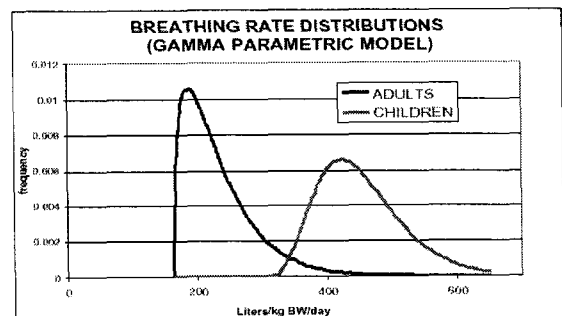
	Formaldehyde	TVOC	CO <sub>2</sub>
다중이용시설의 실내공기질 관리법	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1000 ppm
WHO	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30min)	-	920 ppm
CANADA	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (current) 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (long-term)	-	3500 ppm (long-term)
OEHHA	94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 hour) 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 hour)	-	-
FISIAQ	S1* : 30 S2 : 50 S3 : 100	S1* : 200 S2 : 300 S3 : 600	S1* : 700 S2 : 900 S3 : 1200

OEHHA : California Office of Environmental Health Hazard Assessment  
FISIAQ : Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate  
S1 : elderly people, people with allergies or respiratory illnesses, and others

현재 보육시설의 실내 공기질 기준은 환경부의 “다중이용시설의 실내공기질 관리법”에 포함되어 있다. 현행 법규상 폼알데하이드는 이용시설의 용도에 관계없이 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하의 농도를 유지하도록 설정되어 있다. WHO의 경우 일반적인 사람에게 있어 코와 목에 심각한 자극을 주지 않는 농도로써 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 제시하고 있으며 현재, 어린이가 환경에 대해 가지는 취약성 및 민감성을 고려, 어린이의 건강과 환경과의 관계를 규명하고 어린이를 위한 쾌적한 환경 조성하는 것을 법제화 하기위한 기초연구를 2005년부터 시작하였다<sup>1</sup>. 캐나다의 경우 실내에서의 농도를 가능한 낮게 유지하도록 권장하고 있다. 하지만 국내 상황을 고려하여 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 현재의 가이드라인으로 적용하고 장기적인 최종 목표치로 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 제시하고 있다.

California Office of Environmental Health Hazard Assessment(이하 OEHHA)에서는 폼알데하이드의 독성에 근거하여 94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 1시간 노출치로 규정하고 있으나, 실내에 8시간 이상 머무르는 재실자의 생활 패턴을 고려하여, 8시간 노출치로써 실내 폼알데하이드 농도가 반드시 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  넘지 않도록 권고하고 있다. 그리고 핀란드의 경우 일반적인 기준으로써 S3등급(100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 적용하고 있으나, 노인 및 알러지를 보유한 사람등 특별한 경우에는 S1(30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )등급 내지 S2(50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )등급을 권장하고 있다.

국내외 실내공기질 기준을 검토한 결과, 일부 국가에서 인체 위해성에 근거하여 강화된 폼알데하이드 농도 기준을 적용하고 있는 것으로 나타났다.



\* from OEHHA (2000b)  
children = 12 years of age or less  
adults = greater than 12 years of age

fig 1. Breathing rate distributions

특히 OEHHA 와 Fiestas에서는 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  정도의 높은 수준의 기준을 제안하고 있다.

## 2.2 방출강도 및 노출시간을 고려한 농도기준 검토(캘리포니아 OEHHA 기준을 중심으로)

WHO에서 규정하고 있는 폼알데하이드 농도기준은 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 30분 노출을 기초로 한 것이다. 반면, OEHHA에서는 재실원의 노출시간을 8시간으로 설정, 강화된 폼알데하이드 농도기준을 제시하고 있다. 폼알데하이드 노출 강도를 결정하는데 사용한 식은 『Haber's Law』인데, 『Haber's Law』는 농도와 노출시간에 의해서 신체 반응의 정도가 결정되는 것을 표현한 식이다(Rinehart and Hatch, 1964). OEHHA에서는 수정된 『Haber's Law』를 제시하여, 실내 오염물질 농도 기준 산정에 적용하고 있다. 수정된 『Haber's Law』는 다음과 같다.

$$C^n * T = K$$

C : Concentration , T : Time of Exposure  
n : Chemical specific parameter  
K : Severity of response

OEHHA에 의하면, 이 식에서 폼알데하이드에 대한 계수 n 은 2이다. 이와 같은 이론적 근거하에 OEHHA에서는 폼알데하이드의 기준농도를 제시하고 있는데, 결과적으로 1시간 노출치는 94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 8시간 노출치로써 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 이는 성인을 대상으로한 기준이지만, 방출강도 및 노출시간을 고려하여 보다 실질적인 기준을 제시한 것의 의미를 갖는다.

이외 앞서 언급한 바와 같아 FiSIAQ에서는 노약자들을 대상으로 한 기준으로 폼알데하이드 농도를 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도로 제안하고 있다.

## 2.3 어린이의 신체적 취약성을 고려한 폼알데하이드 농도기준 제안

### 2.3.1 어린이의 신체적 취약성

일반적으로 어린이는 다음과 같은 이유에서 성인에 비해 실내 공기 중 오염물질에 대해 취약하다.

1) 신체의 체적에 대한 호흡량이 크다  
성인의 흡입량 및 어린이의 영아기(1~3세) 및 유소년기(4~7세)의 흡입량은 400ml/min-kg 로 성인의 흡입량인 1500ml/min-kg보다 크다.그리고 어린이는 활동적인 놀이등으로 인하여 흡입량에 있어 상대적인 불균형이 일어나며 공기중의 오염 물질을 더 많이 흡입할 수 있는 가능성이 있다. 그림 1은 12세 이하의 어린이와 그 이상의 어린이 및 성인의 1일당 단위체중당 흡입하는 기적(liter)의 분포를 나타낸 것이다.<sup>2</sup> 아래 그림에서 어린이의 단위 체중당 공기 흡입량이 어른에 비해 2배 이상 크다는 것을 확인 할 수 있다.

2) 어린이의 신체적인 특성에 있어 유소년기의 기도 및 신체 기관이 아직 발달하고 있는 과정에 있다.

3) 유아기에는 신체의 저항력이 성인에 비해 약하며, 면역체계 역시 발달하고 있는 과정에 있다.

상기와 같이 어린이들이 성인과 구별되는 신체적인 특징을 가지고 있기 때문에 실내 오염물질 관리에 있어서도 성인과 구분될 필요가 있다. 하지만 지금 현재로써는 이러한 어린이의 특성이 실내 공기질 기준에 반영되지 않은 상태이며, 이러한 정책적인 기준을 수립할 수 있도록 뒷받침해 줄 연구 결과도 매우 부족한 상황이다.

### 2.3.2 어린이에 대한 저농도 폼알데하이드의 위해성

폼알데하이드는 급성의 위해를 일으킬 수 있는 독성 물질인 동시에 장기적으로 암을 유발 할 수 있는 발암물질이기 때문에 이 두 가지를 동시에 고려하여 실내에서의 적정 농도 기준을 결정해야 한다. 급성 반응을 만족할 수 있을 정도의 농도 일지라도 반복적인 노출에 의해 장기적인 발암 가능성을 유발할 수 있기 때문에, 캐나다 및 California Air Resources Board는 실내 폼알데하이드의 농도는 가능한 낮게 유지해야 한다고 권장하고 있다.<sup>3</sup>

일반적으로 폼알데하이드의 급성 위해성에 대한 농도기준은 60~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위이다(0.055 ~ 0.08 ppm, OEHHA, 1999; WHO, 1987; CDNHW,

Table 2. Suggestion for the formaldehyde concentration as a IAQ guideline in Korea

Suggestion	Reference	
30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	- OEHHA Indoor Air Quality Guideline - Increased Risk of Allergy in Children due to Formaldehyde Exposure in homes, Garrett et al, Allergy, 1999 - FISIAQ S2	RECOMMENDED
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	- Michal Krzyzanowski et. al. Chronic respiratory effects of indoor formaldehyde exposure, Environmental Research, 1999 ( $48\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 72\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) - FISIAQ S1	
120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Current Regulation	

1987). WHO의 폼알데하이드 농도 기준 역시 성인에 대한 급성 자극이 없는 수준인  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 제시하고 있다. 그러나 이 기준치는 성인에 대한 수치이며, 면역체계가 취약한 어린이의 특성을 반영한 것이 아니다.

그리고 최근 연구에 의하면 가이드라인 이하의 낮은 농도가 공기 중의 에어로졸에 대한 어린이의 알러지 반응을 증가시킬 위험이 있다고 보고되고 있다<sup>4</sup>. 이 연구 결과 실내 폼알데하이드 농도가  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상일 경우 어린이의 호흡기 질환 및 알레르기 반응이 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이 연구의 결과에 기초할 때, 폼알데하이드가 이러한 신체적 질환의 직접적인 원인은 아니더라도, 어린이의 신체에 위해성을 줄 수 있는 증상의 발현에 기여하는 중요한 요인이라는 것을 확인할 수 있다. 이와 비슷한 예로써 동물 실험 결과 폼알데하이드가 흡입된 알레르기 유발 물질에 대한 민감도를 증가시킨다는 연구보고가 있다<sup>5</sup>.

이 외 어린이들이  $48\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 72\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 폼알데하이드에 노출될 때, 그 이하 농도에 노출된 어린이에 비해 천식과 만성 기관지염이 증가한다는 연구결과가 있다<sup>6</sup>. 이 연구 결과에 의하면  $48\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 72\mu\text{g}/\text{m}^3$  농도에 노출된 어린이들은 천식과 만성 기관지염이 증가하였지만, 성인에 있어서는 특이할만한 결과를 확인할 수 없었다. 이상 어린이의 신체적 특성 및 폼알데하이드가 어린이에게 미치는 영향을 고려 할 때, 어린이들이 이용하는 시설에 대한 폼알데하이드 농도기준을 강화하여 적용 할 필요성이 대두된다. 어린이 보육시설에 대하여 국내 다중이용시설의 실내공기질 관리기준에서 규정하고 있는 폼알데하이드

농도는  $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 국외에서도 일반적인 건물에 대하여 규정하고 있는 농도는 이와 비슷한 수준이다. 그리고 현재로써는 어린이들에 대한 폼알데하이드의 영향에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있지 않으며, 이러한 자료의 부족으로 국내 실정 및 어린이의 특성에 적합한 기준 농도를 제시하기에는 무리가 있다.

이러한 이유에 국외의 문헌조사를 통하여 실내 폼알데하이드 농도를 제시하고자하며, 폼알데하이드가 어린이에게 미치는 영향을 검토한 결과, 어린이들이 장기간 체질하는 보육실의 경우 표2와 같은 폼알데하이드 농도기준을 적용할 필요가 있다고 판단된다. 이 제안치는 FISIAQ의 S1, S2 등급의 폼알데하이드 농도 기준과 동일하다.

결과적으로, 본 연구에서는 표2에 나타난 두 가지의 폼알데하이드 농도를, 유아 보육실에 적용되고 있는 폼알데하이드 기준치의 대안으로 제시하고자 한다. 그리고, 이후 진행되는 연구에서 이러한 폼알데하이드 농도기준에 의해 환기량을 산정하였다.

### 3. 유치원 보육실 내 필요환기량 산정

본 연구에서는 실내 건축자재로부터 방출되는 폼알데하이드 및 재실원으로부터 발생하는  $\text{CO}_2$ 에 기초하여 필요환기량을 산정하였다. 환기량 산정은 실내 오염물질의 완전확산 시 농도를 기준으로 하였으며, 산정식은 다음과 같다.

$$C_i = C_o + S/Q_{oa}$$

- $C_i$  = 정상상태의 오염물질 농도  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- $C_o$  = 외기 농도  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- $S$  = 오염물질 방출강도  $\mu\text{g}/\text{s}$
- $Q_{oa}$  = 환기율  $\text{m}^3/\text{s}$

Table 3. Boundary conditions

categories	value
size of child-care room	7m * 8m * 2.6m (average area : 56m <sup>2</sup> )
floor size per 1 child	2.64m <sup>2</sup> /person (infants care act-minimum area) 5m <sup>2</sup> /person (average by survey : 56m <sup>2</sup> )
CO <sub>2</sub> emission rate per 1 child	0.0128m <sup>3</sup> /h (based on USPEA and KS)
Outdoor concentration of formaldehyde	11 µg/m <sup>3</sup>
Outdoor concentration of TVOC	200 µg/m <sup>3</sup>

문헌조사에 의한 보육실 실내 마감재 현황<sup>8</sup>은 천정에는 흡음텍스(49.9%)와 벽지(28.6%)가, 바닥재는 비닐시트(78.6%)가 그리고 벽 마감재로는 페인트(50%)와 벽지(35.7%)가 주로 사용되었다. 이러한 문헌조사 결과에 기초하여 실내 마감재의 기본 유형 2가지(case 1, case 2)를 설정, 실내 휘발성 유기화합물질 방출강도를 산정하고, 이에 따른 필요환기량을 도출하였다.

위 표는 오염물질 방출량에 따른 각각의 필요 환기량을 산출한 것이다. 휘발성 유기화합물의 방출강도를 결정하기 위한 실 크기는 문헌조사를 통하여 결정하였으며, 7\*8\*2.6m 이다. 그리고 재질 밀도에 따른 필요환기량을 검토하였다. 물질별 필요환기량의 상대적인 비교를 위하여, ACH로 표시하였다. 각 물질별 필요환기량을 비교한 결과, HB등급 중 최우수 등급과, 우수 등급을 적용 하였을 경우, CO<sub>2</sub>를 제거하기 위한 필요 환기량이 재질밀도 2.64m<sup>2</sup>/인일 경우 3.08 ACH로

Table 4. VOCs emission rate in a room(mg/h)

	Case 1	Case 2
floor	wood+adhesive	PVC
wall	wall paper+adhesive	water paint
ceiling	wall paper+adhesive	gypsum board
indoor HCHO emission rate(최우수자재)	17.1	5.7
indoor TVOC emission rate(최우수자재)	66.5	19
indoor HCHO emission rate(우수자재)	32.3	9.5
indoor TVOC emission rate(우수자재)	133	38

가장 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 국내 유아보육법 상 보육실 내 1인당 면적을 2.64m<sup>2</sup>/인으로 규정 하고 있으며, 최대 재질밀도로 재질시 CO<sub>2</sub>가 가장 제거하기 힘든 물질로 나타났다. 국내 문헌조사에 의한 1인당 평균면적인 5m<sup>2</sup>/인을 적용할 경우에는 실내 마감재의 상태에 따라 필요 환기량이 달라지는 것으로 나타났다.

다중이용시설의 실내공기질 관리법상의 폼알데하이드 농도기준을 만족시키기 위한 필요환기량은 일반 자재 적용시 2.04ACH로 나타났다. 최우수 자재 및 우수 자재를 적용한 경우에는 CO<sub>2</sub>가 실내 필요 환기량을 결정하는데 주요한 오염물질인 것으로 나타났다. 그러나 보다 강화된 폼알데하이드 기준을 적용 할 경우 폼알데하이드를 제거하기 위한 필요환기량이 실내 필요환기량을 결정하는 것으로 나타났다.

건축마감재 특성을 고려한 환기량 검토 시, 접착

Table 5. Minimum ventilation rate when low-VOCs emission materials were applied(HB,clover 5) (ACH)

	Ventilation rate by IAQ Guideline in Korea		Ventilation rate by Finnish IAQ Guideline						
	CASE 1	CASE 2	S1		S2		S3		
			CASE 1	CASE 2	CASE 1	CASE 2	CASE 1	CASE 2	
formaldehyde	1.08	0.36	6.31	2.10	3.04	1.01	1.33	0.44	
TVOC	2.28	0.65	-	-	4.57	1.30	1.14	0.33	
co2	2.64m <sup>2</sup> /person	3.08	3.08	6.15		3.69		2.31	
	5m <sup>2</sup> /person	1.61	1.61	3.22		1.93		1.21	

제를 사용하지 않고 흡음텍스, 페인트, PVC 바닥

Table 6. Minimum ventilation rate when low-VOCs emission materials were applied(HB,clover 4) (ACH)

	Ventilation rate by IAQ Guideline in Korea		Ventilation rate by Finnish IAQ Guideline						
	CASE 1	CASE 2	S1		S2		S3		
			CASE 1	CASE 2	CASE 1	CASE 2	CASE 1	CASE 2	
formaldehyde	2.04	0.60	11.93	3.51	5.75	1.69	2.50	0.74	
TVOC	4.57	1.30	-	-	9.13	2.61	2.28	0.65	
co2	2.64m <sup>2</sup> /person	3.08	3.08	6.15		3.69		2.31	
	5m <sup>2</sup> /person	1.61	1.61	3.22		1.93		1.21	

Table 8. Suggestion for minimum ventilation rate by variation of indoor formaldehyde concentration

	Suggestion (1)	Suggestion (2)	Suggestion (3)
ventilation rate	3.1 ACH	5.8 ACH	11.9 ACH
ventilation rate per 1 person (2.64 m <sup>3</sup> /person)	21.3 CMH/hour-person (36 CMH/hour-person by law)	39.8 CMH/hour-person	82.7 CMH/hour-person
ventilation rate per 1 person (5 m <sup>3</sup> /person)		76.1 CMH/hour-person	157.9 CMH/hour-person
	formaldehyde : 120 µg/m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> : 1000 ppm (2.64 m <sup>3</sup> /person)	formaldehyde 50 µg/m <sup>3</sup>	formaldehyde 30 µg/m <sup>3</sup>

제를 사용한 경우 우수자재 이상의 등급 적용 시 폼알데하이드를 유지기준 이하로 유지하기 위해 필요한 환기회수는 0.74 ACH 이상으로 나타났다. 이는 실내 CO<sub>2</sub> 농도를 기준치 이하로 유지하기 위해 필요한 환기회수 3.08 ACH에 비해 매우 낮은 값이다. 즉, 오염물질 저방출 자재를 사용하고, 접착제를 사용하지 않는 마감자재를 적용할 경우 실내 폼알데하이드 농도를 매우 낮은 농도로 유지할 수 있음을 의미한다.

#### 4. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

가. 국외 문헌자료 및 실내 농도기준 검토 결과 어린이에 대한 저농도 폼알데하이드의 위해성이 확인되었다. 이와 관련하여 국내에서도 어린이들에 대한 실내 오염물질의 위해성에 관한 연구가 진행될 필요성이 있으며 이의 결과에 바탕한 실내 공기질 기준 및 환기량 기준 설정의 필요성이 대두된다.

나. 현행 국내 법규상의 환기량 적용시 실내 폼알데하이드 및 CO<sub>2</sub> 농도를 적정 수준 이하로 유지하는 것이 가능한 것으로 나타났다. 하지만 폼알데하이드 농도기준을 강화할 경우 추가적인 환기량 확보가 예상된다. 그리고 현행 법규와 같이 재실인원 당 필요환기량을 규정할 때 재실 밀도에 따라 실내 폼알데하이드를 제거하기 위한 필요환기량을 확보하지 못하는 경우가 발생하게 된다. 현재 다중이용시설 등의 실내공기질 관리 기준상의 폼알데하이드 농도기준을 충족하기 위한 환기량은 CO<sub>2</sub> 제거를 위한 필요환기량이 폼알데하이드 제거를 위한 환기량 보다 많은 것으로 나타

나 적용상의 문제는 없는 것으로 확인되었다.

다. 본 연구에서는 유치원 보육실내의 폼알데하이드 가이드 라인 및 이에 기초한 개략적인 필요환기량을 제시하였다. 하지만 이는 문헌 조사 및 간략화된 예측 방법을 사용하였으며, 이후 어린이의 신체적 특성 및 유치원내 오염물질 방출 특성 등에 대한 연구를 시행, 보다 현실적인 결과를 도출할 필요성이 있다.

#### 참고문헌

1. Children's health and environment. Developing action plans
2. Prioritization of Toxic Air Contaminants Under the Children's Environmental health Protection Act, OEHHA, 2001.
3. Formaldehyde in Home, Indoor Air Quality Guideline No.1 and Supplement, California Air Resources Board, Research Division, CARB, CA, 1991
4. Increased Risk of Allergy in Children due to Formaldehyde Exposure in homes, Garrett et al, Allergy, 1999
5. Tarkowski & Gorski, 1995; Reidel et al., 1996
6. Michal Krzyzanowski et. al. Chronic respiratory effects of indoor formaldehyde exposure, Environmental Research, 1999
7. 이연숙교수 연구실, 어린이집 실내환경 디자인 지침, 교육과학사, 1997, p22
8. 유치원 실내환경 특성에 관한 연구, 황연숙, 한국실내디자인 학회지 13호, 1997년 12월