

신축학교 교실 실내공기 중 유해유기물질 농도와 초등학생의 신경행동기능에 관한 연구

곽 흥 탁¹ · 사공 준^{2,*}

¹영남대학교 환경공학과 · ²영남대학교 의과대학 예방의학교실

Hazardous Organic Compounds Concentration of Newly Built School Classroom and Neurobehavioral Performance of Elementary School Children

Hong-Taak Kwaak¹ · Joon Sakong^{2,*}

¹Department of Environmental Engineering, Yeungnam University

²Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine, Yeungnam University

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of volatile organic compounds and formaldehyde of newly-built school classroom indoor air on the neurobehavioral functions of students. The elementary schools that were opened in September 2008(as of September 2008) was selected for newly-built school and the elementary school that were opened in March 2006 was selected for control group schools.

The concentration of formaldehyde(HCHO), a hazardous organic compound that exists in the air of classrooms, exceeded the standard value of $108.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in newly-built schools while it was $60.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in control group schools, which is around 60% of the standard concentration. However, the concentration of the total volatile organic compounds (TVOCs) was $788.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $756.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in newly-built schools and control group schools respectively, which are approximately two times higher than the standard concentration.

In newly-built schools, the mean reaction time of additions and symbol digit, respectively 3,020ms and 2,398ms in pre-exposure were increased to 3,167ms and 2,514ms respectively in post-exposure. The difference of mean reaction time between pre and post exposure was 146.8 ms, or 4.6%, and 116.7ms, or 4.8%, respectively, showing statistically-significant increase of reaction time($p < 0.05$). On the contrary, the difference of reaction time of both tests were not statistically significant in the control group schools.

These results showed that the neurobehavioral performance of newly-built schools students were affected by volatile organic compounds and formaldehyde of classroom indoor air.

Key words : hazardous organic compounds, neurobehavioral function, symbol digit, the mean reaction time

I. 서 론

실내 공기 중 유해 물질들이 인체에 미치는
영향은 오염 물질의 농도와 노출시간에 의해

* Corresponding Author : e-mail : jjsakong@gmail.com, Tel : +82-53-620-4370, Fax : +82-53-623-4399

결정된다. 신축학교의 경우, 학생들에게 유해한 영향을 주는 대표적 유해유기물질은 폼알데하이드(HCHO)와 휘발성 유기화합물(VOCs) 등이며, 휘발성 유기화합물로는 톨루엔(C₇H₈), 벤젠(C₆H₆), 에틸벤젠(C₆H₅C₂H₅), 자일렌(C₆H₄(CH₃)₂), 스티렌(C₈H₈) 등이 있으며, 이러한 유해 물질에 교사들과 학생들이 쉽게 노출될 수밖에 없다.

외국의 경우, 학교 교실에서 이산화탄소(CO₂) 농도가 1,000ppm 증가할 때 학생들의 결석률이 10~20% 증가했음을 보고하였고(Shedell, Prill, Fisk, Apte, Blake, & Faulkner, 2004), 학교 교실에서 전기집진기를 이용한 공기정화로 학생들의 결석률을 감소시켰음을 보고하고 있으며(Rosen & Richardson, 1999), 학교 교실에서 폼알데하이드와 휘발성 유기화합물 등으로 오염된 교실을 충분한 환기를 시키지 않았을 때 학생들의 학습수행능력에 미치는 영향은 질병으로 인한 수업 결손 및 학교 내에서 집중력, 계산, 기억들을 필요로 하는 학습능력의 저하를 가져올 수 있으며(U.S. EPA 2003; Shedell, Prill, Fisk, Apte, Blake, & Faulkner, 2004; Mendell & Heath, 2005), 학생들이 천식 등의 호흡기 질환을 야기할 수 있다고 하였다(Daisey, Angell, & Apte, 2003).

국내 연구에서도 유해한 실내공기질로 인하여 두통이나 피로, 눈의 자극, 집중력 감소 등의 일시적 또는 만성적인 건강상의 피해는 물론 집중력 감소, 정신적 학습능력 감소 등으로 인한 학생들의 인지기능에 미치는 영향을 연구한 보고도 있다(사공준 등, 2007).

교육과학기술부는 2005년 11월 그동안 교실 실내공기질중 미세먼지 및 이산화탄소만 규제하던 것을 소위 ‘새학교 증후군’의 원인물질인 폼알데하이드와 휘발성 유기화합물 등을 추가하여 교실 실내공기질에 대한 12개 항목의 유지·관리기준을 마련하고(환경부, 2007), 정기적으로 측정을 의무화하는 내용을 담은 ‘학교보건법 시행 규칙’을 개정하여 2006년 1월부터 시행하고 있다.

우리나라 초·중·고등학교의 학생들은 2010

년 4월 기준으로 약 7,236천 명(교육과학기술부, 2010)으로 전체 인구의 약 14.5%를 차지하고 있으며(행정안전부, 2010), 학교생활의 많은 시간을 학교 교실 내에서 생활하고 있다. 그러므로 이들이 생활하는 공간인 학교의 교실 실내환경을 쾌적하고 건강에 위해가 없도록 안전하게 유지·관리하는 일은 매우 중요하다.

그러나 학교 시설 관련 ‘친환경건축물’ 인증제도(환경부, 2005) 이후 친환경건축물 인증 신축학교를 연구 대상으로 교실 실내공기중 유해유기물질 농도와 학생들의 신경행동기능에 미치는 영향을 조사 연구한 보고는 극히 미미하다. 쾌적하고 안전한 학습권 유지·관리를 위한 교실 실내공기질 농도기준과 학습도구의 친환경제품 인증제도의 도입과 같은 학교 환경보전정책의 기초자료를 제시하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

첫째, 신축학교와 대조학교의 교실 실내공기중 주요 유해유기물질인 폼알데하이드, 휘발성 유기화합물의 농도를 측정하였고, 둘째, 숫자더하기 검사와 부호숫자 짝짓기 검사 등의 신경행동검사를 통해서 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도에 따른 학생들의 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하였다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구대상

연구대상 학교는 대구광역시 소재 같은 구(區)내의 친환경건축물 인증학교인 신축학교 1개소와 비인증학교인 대조학교 1개소를 선정하였다. 신축학교는 2008년 9월 1일에 개교한 대구A초등학교로 친환경건축물 인증을 받은 학교이다. 그리고 대조학교는 2006년 3월에 개교한 대구B초등학교로 선정하였으며, 친환경건축물 비인증 학교이다. 신축학교인 대구A초등학교의 5학년 학생들 중 약 1/2 정도인 약 65명은 300m 정도 떨어져 있는 대조학교에 재학하다가 전·입학한 학생들이기 때문에, 본 연구에 가장 적합한 조건에 해당되는 학생들이라고 판

표 1. 연구대상에 참여한 학교와 학생수
(단위: 명(%))

학 교	5학년		합 계
	남학생	여학생	
신축학교	50(52.6)	45(47.4)	95(100.0)
대조학교	43(55.8)	34(44.2)	77(100.0)
합 계	93(54.1)	79(45.9)	172(100.0)

단하여 선정하였다.

연구대상 학생은 컴퓨터 조작능력 등의 여러 가지 상황을 고려하여 5학년 학생을 대상으로 하였다. 신축학교와 대조학교 모두 5학년 3개 학급을 대상으로 선정하여 각각의 교실에서 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도를 측정하고, 동시에 컴퓨터실에서 컴퓨터 신경행동검사를 실시하였다. 연구에 참여한 신축학교와 대조학교의 5학년 3개 학급의 학생수는 표 1과 같다.

2. 연구방법

가. 교실 실내공기중 유해유기물질

1) 시료 채취방법

교실 실내공기중 유해유기물질 농도 측정을 위한 시료 채취는 2008년 12월에 실시하였으며, 장소 및 위치는 신축학교와 대조학교간 동일한 교실환경 조건을 유지하도록 하였다. 그리고 이 연구에서는 교실 실내공기중 유해유기물질과 학생들의 컴퓨터 신경행동기능에 끼치는 영향을 연구하기 위해 빈 공간에서의 농도 측정을 위한 시료 채취가 아닌 실제 수업하고 있는 상태에서 교실 실내공기중 유해유기물질의 시료를 신축학교와 대조학교간 동일한 교실 환경과 시간에 채취하였다.

학생들이 등교 완료전까지 자연환기를 실시 하였으나, 등교 완료한 오전 8시 30분 이후는 출입문을 가능한 통제하도록 하였다. 이후 약 1시간 30분 경과한 2교시 수업중인 오전 10시부터 10시 30분까지 30분간 1차 시료를 채취하도록 하였다. 그리고 10분의 시료 채취 준비시간

을 가진 후 10시 40분부터 11시 10분까지 30분간 2차 시료를 채취하였다.

폼알데하이드의 경우, 농도측정을 위한 신축학교와 대조학교의 시료 채취는 동일한 조건에서 대기공정시험법 및 미국 EPA method TO-17 분석 방법의 근본 원리와 특성에 준하는 동일한 방법을 채택하여 시료 채취를 하였다. 시료 채취 장소의 교실 중앙에서 30분간 채취한 15L (0.5 L/min)를 샘플량으로 하였다.

휘발성 유기화합물의 경우, 신축학교와 대조학교의 동일한 교실환경조건하에서 현장 시료 채취를 수행하였다. 모든 흡착관은 시료 채취 직전에 앞서 언급한 전처리 과정을 통하여 불순물을 깨끗하게 탈착시킨 후 운송 중의 최소한의 인위적인 오염을 막기 위하여 최종적으로 50 mL vial에 swagelok cap을 씌워서 각 측정지점별 시료 채취에 사용하였다. 휘발성 유기화합물의 시료 채취는 휴대용 펌프(double take sampler, SKC, USA)를 이용하여 흡착관을 연결한 후 약 200~250mL/min의 유량으로 각각 30분 동안 시료를 채취하였다. 시료 채취시 흡착관을 통과하는 유량은 전자식 초미량 유량계(ultra-flow electronic calibrator, SKC Inc., USA)를 사용하여 측정하였다. 채취된 공기량의 산출은 시료 채취 전·후의 유량 측정치를 각각 4회 이상 실시한 후 평균하여 실제 현장시료의 농도 결정시에 적용하였다. 전·후 유량에 대한 상대표준편차는 2% 이내의 높은 재현성을 나타내므로 펌프의 흡입유량은 시료 채취 기간 동안 거의 변화가 없도록 하였다.

이 연구에서 신축학교와 대조학교의 교실 실내 공기중 유해유기물질 농도측정을 위한 시료 채취는 대구보건환경연구원의 기술지도를 받아 시료 채취를 한 후 연구원에서 농도분석을 실시하였다. 그리고 환경부에 등록된 실내공기질 측정 대행기관에 의뢰하여 연구의 정확도와 신뢰도를 위해 동시에 시료 채취를 실시하였다.

2) 측정기기 및 분석 방법

폼알데하이드의 경우, 시료의 분석을 위해 시료 채취용으로 사용한 펌프는 측정 전·후의

유량변화가 비교적 적은 Personal Air Sampler (Gilian, USA)를 이용하여 30분간 포집하였으며, 측정 전·후의 유량변화는 거의 모든 측정에서 5% 이내였다. 시료 채취가 끝난 시료는 내부가 알루미늄으로 코팅되어 있는 컨테이너(container)에 개별 포장하여 실험실로 이송하여 용매 추출 전까지 4℃ 이하에서 냉장보관한 후 농도 분석을 실시하였다.

농도분석은 관련 기준의 내용을 준수하였으며, 학교보건법 시행규칙 기준에 의거하여 분석하였다. 그리고 교실 실내에서 방출되는 폼알데하이드 분석은 ES 02601.1 ‘실내 및 건축자재에서 방출되는 폼알데하이드 측정방법 2.4-DNPH 카트리지와 액체크로마토그래프법’에 따라 분석하였다.

휘발성 유기화합물의 경우, 시료의 분석은 ES 02603.1 ‘실내 및 건축자재에서 방출되는 휘발성 유기화합물 측정방법 - 고체흡착관과 기체 크로마토그래프-MS/FID법’에 따랐으며, 미국 EPA Method TO-17에 따른 흡착관/열탈착/GC MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry - Thermal Desorber) 방법을 이용하였다.

나. 신경행동검사

1) 검사항목

이 연구에 사용된 ‘한국형 컴퓨터 신경행동검사 ZNC soft. 대한민국’ 프로그램은 초등학교 5학년 이상의 교육수준을 지닌 대상자들은 컴퓨터 신경행동검사를 무리 없이 수행함으로써 컴퓨터 신경행동검사가 청소년뿐만 아니라 아동 층에서도 수용성이 있는 것으로 평가된 바 있다(박재희, 2006). 그러므로 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도와 신경행동기능에 미치는 영향을 알아보기 위한 컴퓨터 신경행동검사에 활용한 컴퓨터 신경행동검사용 프로그램은 ‘한국형 컴퓨터 신경행동검사 ZNC soft. 대한민국’을 이용하였다.

검사항목으로는 주의 집중력, 단기기억력, 시각적 탐색능력을 반영하는 숫자더하기 검사,

지각-운동속도, 시각적 검색, 단기기억력을 반영하는 부호숫자 짝짓기 검사를 실시하였다.

2) 검사방법

컴퓨터 신경행동검사의 수행방법에 숙달된 검사자는 피검자 학반별 약 30명의 학생을 검사자 4명이 학생 7~8명씩 담당하였다. 신축학교와 대조학교 각각 5학년 1반, 2반, 3반의 차례로 검사를 수행하였으며, 컴퓨터 신경행동검사 결과 해석은 전문의사가 담당하였다.

숫자더하기 검사에서는 세 개의 일련의 숫자가 수평적 형태로(예: 2+3+5) 화면에 1초 동안 나타난다. 피검자는 최대한 빨리 계산을 하여 정답을 숫자 키보드를 통하여 입력한다. 8회의 연습수행 후 16회의 본 검사를 수행하게 된다. 부호숫자 짝짓기 검사에서는 화면의 상단에 임의로 짝지어진 부호와 1에서 9까지의 숫자가 나타나며, 하단에는 상단과 다른 순서로 배열된 부호와 9개의 빈 칸이 나타난다. 피검자는 상단에 예시된 부호와 숫자의 짝과 일치되게 숫자 키보드만을 이용하여 하단의 빈 칸에 숫자를 입력한다. 처음 9회의 연습수행 후 63회의 본 검사를 수행한다.

컴퓨터 신경행동검사는 대상 학생들이 등교를 완료한 오전 8시 30분에 즉, 교실환경에 노출되기 전에 학교의 컴퓨터실에 비치된 개인용 컴퓨터를 이용하여 노출 전 검사를 실시하고, 교실환경에 노출된 12시 30분부터 동일한 방식으로 노출 후 검사를 실시하였다. 노출 전 검사와 노출 후 검사시간은 각각 학생당 약 10~15분 정도 소요되었다.

III. 연구 결과

1. 교실 실내공기중 유해유기물질 농도

신축학교와 대조학교의 교실 실내공기중 유해유기물질 농도측정 결과는 표 2와 같다.

2008년 9월에 5학년 3개 학급을 예비실험으로 같은 교실환경 조건에서 동시에 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도를 측정된 결과, 폼

표 2. 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도

(단위: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

유해 물질	폼알데하이드	총휘발성 유기화합물	벤젠	톨루엔	에틸벤젠	자일렌	스틸렌	
기준·권고 농도	100	400	30	1,000	360	700	300	
신축 학교	1차	106.5	792.9	2.6	275.8	10.5	16.4	14.7
	2차	110.2	784.9	2.9	291.8	11.0	16.5	15.6
	평균	108.2	788.9	2.7	283.8	10.8	16.4	15.1
대조 학교	1차	58.4	751.5	1.6	152.6	4.5	8.7	10.2
	2차	63.3	760.7	0.3	143.7	3.6	7.0	10.0
	평균	60.8	756.1	0.9	148.2	4.0	7.9	10.1

자료: 기준·권고 농도는 교육과학기술부, 학교보건법 시행규칙, 2010.

알데하이드 농도가 각각 $110.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $115.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $113.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 비슷하게 나타났다. 그러므로 교실 실내공기중 유해유기물질 농도측정은 학교 교육과정과 교육활동, 측정 장비 등 여러 가지 여건으로 2008년 12월에 5학년 1개 학급에서만 실시하였다. 이는 3개 학급이 나란히 인접해 있기 때문에 1개 학반에서 실시해도 검사결과에 대표성이 있을 것으로 판단되었기 때문이다.

폼알데하이드의 경우, 신축학교에서는 $108.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준농도를 초과하였으나, 대조학교는 $60.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로써 기준농도의 약 60% 정도로 나타났다. 그러나 총휘발성 유기화합물의 농도는 신축학교와 대조학교 각각 $788.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $756.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준농도의 약 2배 정도 높게 나타났다. 그 외의 교실 실내공기중 유해 물질인 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스틸렌 등은 별도의 기준은 없지만 권고기준 이하로 나타났다.

2. 신경행동검사

컴퓨터 신경행동검사는 교실 실내공기중 유해유기물질 농도측정과 동시에 2008년 12월에 수행하였다. 컴퓨터 신경행동검사는 신축학교와 대조학교의 교실환경을 최저의 동일한 조건 하에서 오전 8시 30분부터 5학년 1, 2, 3반 순서로 교실환경에 노출되기 전에 실시하였으며, 약 250분 노출된 후에 다시 5학년 1, 2, 3반 순서대로 실시하였다. 학생들의 컴퓨터 신경행동

검사의 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에 대한 반응시간 결과와 교실환경에 노출된 후의 컴퓨터 신경행동검사 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기 반응시간을 각각 측정하였다. 그리고 노출되기 전에 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기 각각의 반응시간을 측정할 값의 차이를 통계처리 하였다.

신축학교와 대조학교가 교실 실내공기 유해유기물질에 노출 전·후 차이의 통계적 유의성을 paired *t*-test로 검정하였으며, 신축학교와 대조학교의 노출 전·후에 따른 차이 분석은 *t*-test를 사용하였다. 자료의 분석은 SPSS-PC+(Ver 12.0)를 이용하였다.

그리고 신축학교와 대조학교의 컴퓨터 신경행동검사에 참여한 학생은 표 3과 같이 신축학교 학생 95명, 대조학교의 학생 77명이 참여하였다. 검사 결과에서 전문의사의 판단으로 무성의하게 응답한 경우나 지능이 다소 떨어진 학생이라고 평가된 경우의 검사자료는 제외하였다. 통계분석시 참여한 최종 참여 학생 수는 신축학교에서 92명, 대조학교에서 76명을 검사대상자로 하였다. 신축학교와 대조학교의 2008년 12월의 노출 전·후 컴퓨터 신경행동검사 전체반응의 평균 반응시간 분석결과는 표 3과 같다.

신축학교의 경우, 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 노출 전 검사의 평균 반응시간이 각각 $3,020\text{ms}$ 와 $2,398\text{ms}$ 였으며, 노출 후 숫자더하

표 3. 노출 전·후 컴퓨터 신경행동검사 전체반응의 평균 반응시간

신경행동검사 항목(단위)		신축학교(92)	대조학교(76)	p-value
숫자더하기 (ms)	노출 전 검사	3,020±74.1	3,018±75.8	0.864
	노출 후 검사	3,167±89.7	3,113±80.8	<0.001
	변화량	146.8±49.3	95.7±52.5	0.481
	변화 %	4.64	3.05	
	p-value	0.004	0.072	
부호숫자 짝짓기 (ms)	노출 전 검사	2,398±33.9	2,450±36.4	<0.001
	노출 후 검사	2,514±39.2	2,430±39.0	<0.001
	변화량	116.7±28.2	-19.5±25.6	0.001
	변화 %	4.84	-0.82	
	p-value	<0.001	0.448	

* paired t-test. + t-test

비교: ()의 숫자는 검사 참여 학생수.

기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간이 각각 3,167ms와 2,514ms였다. 노출 전·후 평균 반응 시간 차이는 각각 146.8 ms로 4.6%, 116.7ms로 4.8%로 유의하게 증가하였다($p<0.05$).

대조학교의 경우, 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 노출 전 검사의 평균 반응시간이 각각 3,018ms와 2,450ms였으며, 노출 후 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간이 각각 3,113ms와 2,430ms였다. 숫자더하기에서 노출 전·후 평균 반응시간 차이가 95.7ms로 3.1% 증가한 반면, 부호숫자 짝짓기에서는 19.5ms로 0.8% 감소하였다. 그러므로 대조학교에서는 학생들의 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간의 증가와 감소량은 통계적으로 유의하지 않았다.

IV. 결론 및 제언

2005년 ‘친환경건축물’ 인증제도가 실시된 이전에는 신축학교 교실 실내공기질과 학생들의 건강영향에 관한 연구가 일부 있어 왔으나(신동인, 2005; 사공준, 2005; 사공준, 2007), 인증제도 이후 최근까지 ‘친환경건축물’로 인증받은 학교를 대상으로 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도와 건강영향에 관한 연구는 극히 미미하였다. 이에 착안하여 2008년 9월에 개교

한 친환경건축물로 인증받은 신축학교와 2006년 3월에 개교하여 약 30개월이 경과한 학교를 대상으로 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도와 학생들의 신경행동기능과 관련성을 평가하기 위하여 2008년 12월에 농도측정과 신경행동기능 검사를 실시하였다.

신축학교와 대조학교의 초등학교 5학년 각각 95명, 77명, 총 172명을 연구대상으로 교실 실내공기중 주요 유해유기물질 농도를 측정하였으며, 동시에 컴퓨터 신경행동검사 항목 중 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기를 이용하여 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도에 따른 초등학교 학생들의 신경행동기능에 미치는 영향을 평가하였다.

이 연구에서 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도의 경우, 폼알데하이드는 신축학교에서는 $108.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준농도를 초과하였으나, 대조학교는 $60.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로써 기준농도의 약 60% 정도로 나타났다. 이는 선행연구에서 폼알데하이드의 농도는 학교별 실내·외 건축자재에 따라 다소 차이는 있을 수 있으나, 1년 안에 약 50% 정도 감소하는 것으로 나타난 결과(이정재 등, 2005)와 유사한 경향을 나타냈다.

그러나 총휘발성 유기화합물의 농도는 신축학교와 대조학교 각각 $788.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 $756.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 기준농도의 약 2배 정도 높게 나타났다. 그

외의 교실 실내공기중 유해 물질인 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 스틸렌 등은 별도의 기준은 없지만 권고기준 이하로 나타났다.

이 연구의 결과로 대조학교의 경우, 2008년 12월에는 폼알데하이드의 농도는 기준 이하로 우려할만한 수준이 아니지만 30개월 이전인 2006년 9월 개교할 당시의 총휘발성 유기화합물의 농도는 매우 높았을 것으로 추정된다.

신경행동검사에서 신축학교의 경우, 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 노출 전 사의 평균 반응시간이 각각 3,020ms와 2,398ms였으며, 노출 후 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간이 각각 3,167ms와 2,514ms였다. 노출 전·후 평균 반응시간 차이는 각각 146.8ms로 4.6%, 116.7ms로 4.8%로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$).

대조학교의 경우, 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기에서 노출 전 검사의 평균 반응시간이 각각 3,018ms와 2,450ms였으며, 노출 후 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간이 각각 3,113ms와 2,430ms였다. 숫자더하기에서 노출 전·후 평균 반응시간 차이가 95.7ms로 3.1% 증가한 반면, 부호숫자 짝짓기에서는 19.5ms로 0.8% 감소하였다. 그러므로 대조학교에서는 학생들의 숫자더하기와 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간의 증가와 감소량은 통계적으로 유의하지 않았다(곽홍탁, 2011).

이러한 현상은 신축학교에서 평소대로 수업한 학급에서 부호숫자 짝짓기의 평균 반응시간이 2,340ms에서 2,563ms로 평균 반응시간이 223ms 증가한 반면, 대조학급에서는 1교시에 2,585ms에서 4교시에 2,459ms로 감소한 것으로 나타난 선행연구(사공준 등, 2007)와 유사하였다.

이 연구의 결과, 친환경건축물이라 하더라도 준공 초기에는 교실 실내공기중 유해유기물질의 농도가 다소 높았으며, 비록 적으나마 통계적으로 유의한 수준의 인지기능 저하가 관찰되었다. 이는 친환경 소재의 사용을 권장하고, 교실 실내공기질의 유지·관리기준을 법적으로 보다 강화할 필요가 있음을 시사한다.

학교 건축물을 신·개축할 경우에는 ‘다중이

용시설 등의 실내공기질관리법’에 의한 오염물질방출 건축자재 사용의 제한과 관리뿐만 아니라 내부수장재료도 교실 실내공기 유해유기물질의 방출량이 적은 것을 사용하여야 한다. 또한, 교실 내의 개인용 사물함, 각종 전자제품, 여러 유형의 학습도구와 학습자재 등도 친환경 인증제도를 실시한다면 학교 교실 실내공기질은 보다 더 개선될 것이다.

참고문헌

1. 곽홍탁, 이옥희 (2007). 21세기를 위한 환경학, 신평문화사.
2. 곽홍탁, 사공준 (2010). 신축학교 교실내 공기질이 초등학생들의 신경행동기능에 미치는 영향, 한국환경교육학회 2010년 상반기 정기학술대회 논문, 45-48.
3. 곽홍탁 (2011). 신축학교 교실 실내공기중 유해유기물질 농도와 초등학생들의 신경행동기능, 영남대학교 대학원 박사학위논문.
4. 교육과학기술부 (2010). 교육기본통계자료실 자료.
5. 교육과학기술부 (2010). 학교보건법 시행규칙.
6. 박재희 (2006). 아동 및 청소년에 있어서 한국형 컴퓨터 신경행동검사를 이용한 수행능력 평가, 영남대학교 대학원 박사학위논문.
7. 사공준, 박선영, 서영교, 이여진, 박대권, 백성욱(2005). 신설 초등학교의 실내 공기질에 관한 연구, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 322-323.
8. 사공준, 김대섭, 김선주, 박시영, 전만중, 김규태, 김창윤, 정종학, 백성욱 (2007). 신축학교 실내공기 질이 초등학생들의 인지기능에 미치는 영향, 대한산업의학회지, 19(1), 65-75.
9. 신동인 (2005). 실내 환경오염실태 조사와 인체에 미치는 영향분석에 관한 연구, 충주공과대학 논문집, 40(1).
10. 이정재, 김석근, 최석용(2005). 부산지역의 신축학교 실내공기 질 현장측정, 대한건축학회논문집, 21(6), 1-2.

11. 환경부, 건설교통부 (2005). ‘친환경건축물’ 인증제도 세부시행 지침서.
12. 환경부 (2007). 실내공기질 관리 Q&A.
13. 행정안전부 (2010). 월별통계인구자료.
14. Daisey, J. M., Angell, W. J. & Apte, M. G. (2003). Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information, *Indoor Air*, 13(1), 53-64.
15. Mendell, M. J. & Heath, G. A. (2005). Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of literature. *Indoor Air*, 15(1), 27-52.
16. Rosen, K. G. & Richardson, G. (1999). Would removing indoor air particulates in children's environments reduce rate of absenteeism-A hypothesis, *The Science of Total Environment*, 234, 87-93.
17. Shedell, D. G., Prill, R., Fisk, W. J., Apte, M. G., Blake, D. & Faulkner, D. (2004). Association between CO₂ concentration and student attendance in Washington and Idaho, *Indoor Air*, 14, 333-341,
18. US EPA. (2003). Indoor Air Quality and student performance. Available: [http://www.epa.gov/iaq/school/pdfs/publication - and - student - performance](http://www.epa.gov/iaq/school/pdfs/publication_and_student_performance).

2011년 5월 25일 접수
2011년 8월 17일 심사완료
2011년 8월 22일 게재확정