

1A3) 울산지역 초등학교 실내공기오염물질의 가을과 겨울 농도비교

Comparison of Indoor Air Quality between Fall and Winter at Elementary Schools in Ulsan

이치현 · 이병규 · 김양호^{1,2)} · 이지호^{1,2)} · 오인보²⁾

울산대학교 건설환경공학부, ¹⁾울산대학교 의과대학 산업환경의학교실

²⁾울산대학교 환경보건센터

1. 서 론

오늘날 대부분의 활동이 실내에서 이루어지면서 실내공기질에 대해 관심이 높아졌으며, 실내공기오염에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중에서 실내공기오염과 업무능력간의 상관관계에 대한 여러 연구에서는 오염물질의 농도증가가 업무능력의 저하를 가져온다고 알려져 있다. 특히, 초등학교 학생들은 실내에서의 활동이 많고 성장기에 있어 상대적으로 면역력이 약하며, 실내공기오염에 대한 인지능력이 떨어지기 때문에 실내공기오염 노출에 대한 영향이 클 것으로 여겨진다. 현재 학교의 실내공기질은 '학교보건법'에 의해서 규제되고 있지만, 중학교와 고등학교와는 달리 초등학교에서는 학생들의 움직임이 많고, 미술, 실습 등의 실내오염물질의 배출이 많은 활동의 빈도가 높기 때문에 기준을 초과하는 경우도 발생할 수 있을 것으로 추측된다. 특히, 겨울철과 같이 추운날에는 교실에서 거의 모든 창문과 출입문을 폐쇄하고 생활을 하기 때문에 실내오염물질의 농도가 더욱 높을 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 본 연구는 창문을 주로 열고 생활하는 가을철과 창문을 주로 닫고 생활하는 겨울철의 초등학교 교실에서의 실내공기질에 대한 비교 연구결과를 다루고 있다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 울산지역의 3개 초등학교를 대상으로 가을과 겨울에 실내공기오염물질을 측정하여 농도를 비교하였다. 실내공기질 측정은 1교시에는 저학년(1, 2, 3학년)교실, 4교시에는 고학년(4, 5, 6학년) 교실에서 실시하였다. 그리고 수업시간에는 교실 내에서 측정하였고, 쉬는시간에는 그 측정교실의 복도에서 측정하였다. 수업시간과 쉬는시간의 실내공기질에 대한 측정시간은 표 1에 나타냈으며, 각 오염물질에 대한 측정기기와 측정간격(시료포집시간)은 표 2에 나타내었다.

Table 1. Sampling time at the measurement places.

Period	In class(Classroom)	Break(Hall)
Period I	09:10~09:50(40 min)	09:50~10:10(20 min)
Period IV	11:40~12:20(40 min)	12:20~12:40(20 min)

Table 2. Sampling equipment and interval for each pollutant.

Item	Instrument	Sampling
CO ₂ , O ₃ , NO ₂ , CO, Temperature, Humidity	IQ-610Xtra	Continuous(10 sec Interval)
HCHO	Z-300XP	Continuous(10 sec Interval)
PM ₁₀	GT-331	Continuous(5 min Interval)
VOCs	Tenax Tube, Mini pump(MP-Σ100)	Continuous(20 min)
Aldehydes	DNPH-cartridge, Ozone-scrubber, Mini pump(MP-Σ300)	Continuous(60 min)

수업시간에 측정위치는 교실 한 가운데이며, 측정높이는 학교에서 수업시간이 대부분인 것을 고려해서, 학생들의 책상높이로 하였다. 쉬는시간에는 학생들의 통행에 불편을 주지 않기 위해서, 복도 한쪽 벽에서 측정을 하였으며, 측정높이는 교실에서와 같다. 측정 시 현실적인 가을과 겨울의 수업환경의 차이를 두기 위해서 가을에는 모든 창문과 출입문을 개방하였으며, 겨울에는 모든 창문과 출입문을 폐쇄하였다. 그리고 모든 항목의 측정은 동시에 실시되었다. 또한 데이터의 분석을 위해 측정 중 모든 활동을 상세히 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

표 3은 울산지역 세 초등학교(A: 교통밀집지역, B: 산업 및 교통배출 오염물 풍하지역, C: 조선산업 인근 주거지역)에서 측정된 대기오염물질의 산술평균농도와 표준편차를 나타낸 것이다. PM₁₀, CO₂, CO, Formaldehyde, Acetaldehyde, Benzene, Toluene는 세 학교 모두 겨울에 농도가 높게 나타났다. 특히, 조선, 자동차 및 석유화학 산업오염물의 배출 풍하지역과 교통영향을 많이 받는 B 학교에서의 겨울철 교실내의 PM₁₀, CO₂, O₃ 그리고 NO₂ 농도는 학교보건법에서 규정한 기준농도보다 훨씬 높게 나타났다. O₃과 NO₂는 산술평균상 A와 C 학교에서는 가을에 농도가 높았고, B 학교에서는 겨울에 농도가 높았다. 그러나 그림 1에 나타난 것처럼 자료의 분포를 보여주는 Box plot으로 나타냈을 때는 B 학교에서도 가을에 농도가 높은 것을 볼 수 있다. 가을에는 NO₂를 제외한 모든 오염물질이 기준을 만족하였지만, 겨울에는 PM₁₀과 CO₂가 대부분 기준을 초과하였다.

Table 3. Concentrations of each pollutant at three elementary schools.

Season	Pollutants	A	B	C	Standard*
Fall	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	73.3±26.5	77.8±44.6	43.7±16.0	100
	CO ₂ (ppm)	615±96	618±89	634±239	1000
	O ₃ (ppm)	0.057±0.020	0.041±0.014	0.055±0.025	0.06
	NO ₂ (ppm)	0.067±0.026	0.048±0.019	0.066±0.032	0.05
	CO(ppm)	1.2±0.3	1.4±1.0	1.2±0.3	10
	Formaldehyde($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	27.23±6.84	15.83±6.20	25.64±6.60	100
	Acetaldehyde($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.13±4.77	6.92±2.88	13.75±2.51	
	Benzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.636±0.225	0.620±0.397	0.595±0.236	
Winter	Toluene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10.31±4.706	5.984±2.642	11.499±11.938	
	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	261.2±60.4	118.2±54.2	90.4±40.9	100
	CO ₂ (ppm)	1670±286	1839±435	1639±424	1000
	O ₃ (ppm)	0.022±0.010	0.064±0.106	0.040±0.015	0.06
	NO ₂ (ppm)	0.025±0.013	0.081±0.143	0.047±0.020	0.05
	CO(ppm)	1.6±0.5	2.5±1.8	1.4±0.3	10
	Formaldehyde($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	33.48±4.48	33.13±8.10	35.55±7.65	100
	Acetaldehyde($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15.15±6.27	12.8±3.40	15.98±6.51	
Benzene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0.877±0.133	0.895±0.421	1.342±0.644		
Toluene($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.609±2.899	9.887±5.480	28.417±29.392		

*: 학교보건법 시행규칙 (시행 2008.8.4), [별표4의2] 교사안에서의 공기의 질에 대한 유지 관리기준.

PM₁₀, CO₂, CO, Formaldehyde, Acetaldehyde, Benzene, Toluene의 농도가 가을보다 겨울에 높았던 것은 현실적인 겨울철의 수업환경을 고려해 측정 시 모든 창문과 출입문을 폐쇄하였기 때문에 실내에서 발생된 오염물질이 외부로 잘 빠져나가지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 또 이는 검출된 오염물질의

발생원이 실내에 주로 있다는 것을 나타내고 있다. 그리고 O_3 과 NO_2 의 농도가 겨울보다 가을에 높았던 것은 가을철의 수업환경을 고려해 측정시 모두 개방하였던 창문과 출입문을 통해, 외부에서 태양광에 의한 VOC의 광화학반응에 의해서 주로 발생하는 O_3 과 NO_2 가 실내로 유입되었기 때문이다. 즉, 발생원이 주로 외부에 있는 오염물질은 실내환기시 교실에서의 농도가 증가됨을 알 수 있었다.

이러한 결과로 볼 때 겨울철 교실의 실내공기질(O_3 과 NO_2 제외)의 개선을 위해서는 수시로 창문을 열어 환기를 통해 교실에서의 실내공기오염물질의 농도를 감소시킬 필요가 있음을 확인하였다.

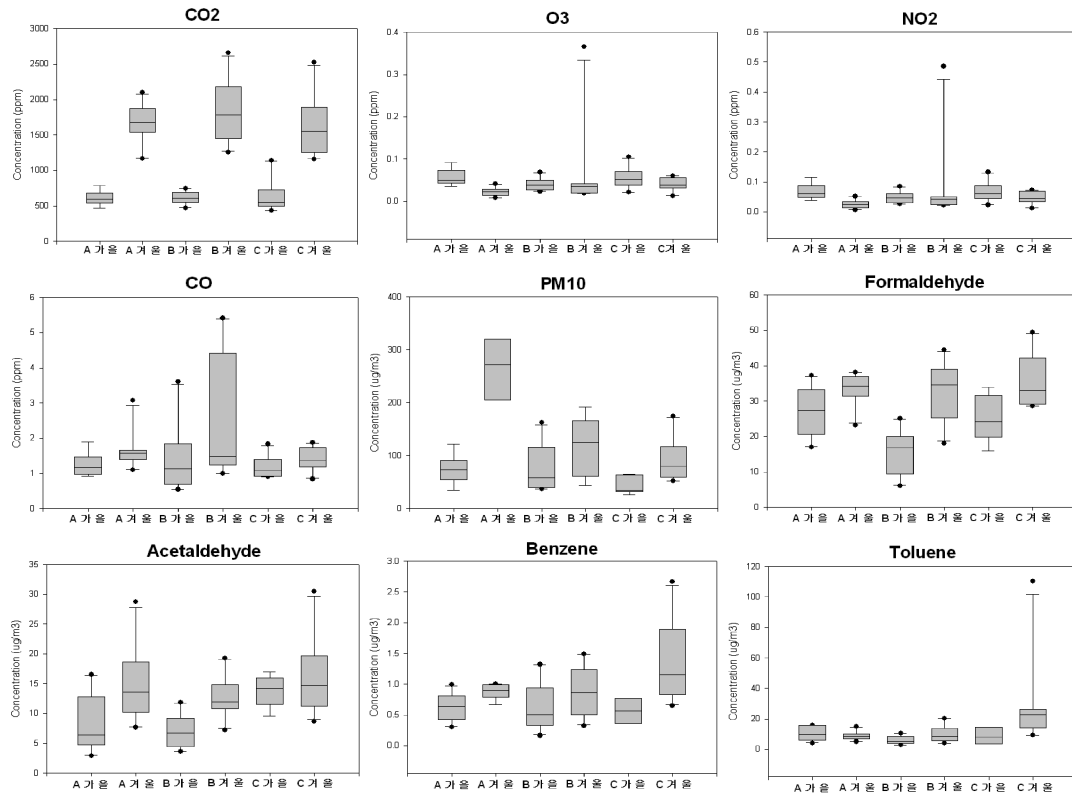


Fig. 1. Box plot of indoor air pollutions in elementary schools in Ulsan.

참 고 문 헌

- 김대섭, 김선주, 박시영, 전만중, 김규태, 김창운, 정종학, 백성욱, 사공준 (2007) 신축학교 실내공기질이 초등학교생들의 인지기능에 미치는 영향, 대한산업의학회지, 19(1), 65-72.
- 손종렬, 윤승욱, 전정우, 조마리아, 전석진, 이재림 (2007) 서울 일부 신축 초등학교 교육활동에 따른 실내공기질 평가, 환경공동학술대회 논문집, 456-459.
- 정지원, 이희관 (2005) 초등학교 교실 내의 실내공기질 개선에 관한 연구, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 172-173.