

## 학교 내 · 외 복사기 사용에 따른 오존 발생량 연구

노선진, 정경식, 서승표, 손부순<sup>+</sup>, 이종화, 이치원  
순천향대학교 환경보건학과

### A Study of Ozone Occurrence Amount by Copy Machine Use in School and Around of School

Sun-Jin Noh · Kyung-Sick Jung · Seung-Pyo Seo · Bu-Soon Son<sup>†</sup>  
Jong-Wha Lee · Che-Won Lee  
*Department of Environment Health Science  
SoonChunHyang University*

#### Abstract

This study is measured in at ozone concentrated places in school and outside of school where places that use copy machine and the others do not use one.

Library copy room, Search room, Y-copy, J-copy, R-shop are the places using copy machines and Search room, K-apt, J-billiard hall are the opposite.

The measurement was held three times a day-the morning, the afternoon and the evening-once for each at indoor and outdoor.

8 places were lower than domestic ozone concentration standard(0.06ppm).

The indoor ozone concentration average was the highest in Search room of school and was the lowest in Library restroom.

The outdoor ozone concentration average was the highest in J-billiard hall.

KeyWords : Indoor Air, Ozone concentration, Copy Amount

---

<sup>†</sup>Corresponding author E-mail : sonbss@sch.ac.kr

## I. 서론

1903년대 이래에 전 세계적으로 급격한 산업화와 인구증가 및 도시로의 인구집중 등으로 인하여 대기 오염도가 급격히 증가하였으며 곳곳에서 그 피해가 다양하게 보고 되고 있다.

최근 Well-Being 시대에 들어서 인간의 건강에 대한 중요성이 높아지고 있고 인간이 실내에서 생활하는 시간이 하루 중 90% 이상을 차지하고 있어 실내공기에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다<sup>1)</sup>. 그러면서 실내 공기 질을 높이기 위한 노력을 기울이고 있다. 실내 공기 질을 높이기 위해서 실내 공기에 영향을 미치는 여러 가지 물질은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 포름알데히드(HCHO), 휘발성유기화합물(VOCs), 석면(Asbestos), 라돈(Radon), 미세먼지(PM10), 부유세균, 오존(O<sub>3</sub>) 등이 있는데 이<sup>2)</sup>에 의하면 특히 오존은 사무용품에 의해 복사기, 레이저 프린터, 팩시밀리 등에서 발생 한다고 보고 하였다.

또한 신<sup>3)</sup>에 의하면 레이저 프린터로 한 장을 인쇄할 때 1.0-1.2 $\mu$ g의 오존이 발생된다고 보고 하였다. 오존 노출시 인체 영향은 세포조직 파괴와 이에 따른 호흡기능 저하 및 조직 손상 등을 유발시키는 반면 강한 산화력과 살균력으로 공기 청정기에 이용되기도 한다.

오존의 국내 연구 동향은 일반 대기<sup>4)5)</sup>, 박물관<sup>6)</sup>, 어린이집<sup>7)</sup> 같은 다중이용시설 등에서 오존에 대한 연구가 이루어져 왔다. 그러나 실내 오존의 주요 발생원으로 예상되는 복사기의 이용 시 실내 오존농도에 관한 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 복사기에서 발생하는 오존의 양과 그 농도

에 영향을 주는 요인들을 파악하기 위하여 학교 내·외 학생들이 이용하는 복사실과 사무기기가 없는 일반 장소의 실내·외 오존농도를 파악하여 실내의 오존 농도 관리 대책을 세우는데 기초 자료로 제시하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 기간 및 연구 대상 소재

본 연구는 충남 S대학교 교내 및 주변지역의 복사기가 설치되어 있는 장소와 설치되어 있지 않는 장소에서 실시되었다. 시료의 포집은 2005년 10월 17일부터 24일까지 8일 동안 8곳을 대상으로 이루어졌다. 특히 오존은 2차 오염물질로서 계절적인 영향을 많이 받는다고 알려져 있어 본 연구에서는 동일 계절 기간동안(24site) 동시에 측정하였다. 측정 지점은 학교 내에서는 복사기가 설치되어 있는 2곳(자연대 1층 검색실, 도서관 2층 복사실)과 일반 실내1곳(도서관 휴게실)을 선정하였다. 학교 외에서는 복사기가 설치된 3곳(Y 복사, J 복사, R 문구)과 일반 실내 2곳(K APT, J Shop)을 선정하였다.

### 2. 측정 및 분석방법

오존의 측정 및 분석은 대기오염공정시험법<sup>8)</sup>에 근거하여 실시하였다. 시료의 포집은 오존 흡수액(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + KI)을 제조하여 오존을 포집하였다. 포집 시간은 오전·오후·저녁으로 하루에 3번으로 나누어 각 30분 동안 포집하였으며 Handy

Air Sampler를 사용하여 유량은 1.7mℓ/min으로 실내·외 오존을 10mℓ 흡수액에 흡수시켜 포집하였다. 포집된 시료의 분석은 가시 자외선 분광광도계(UV-Visible Spectrophotometer) (UV-1601, Japan)를 사용하여 352nm파장에서 분석하였다.

도서관 2층 복사실의 경우 오전 오존 농도는 0.015ppm, 오후 오존 농도 0.022ppm, 저녁 오존 농도 0.022ppm으로 나타났다. 도서관 1층 휴게실의 오존 농도는 오전, 오후, 저녁의 오존 농도가 각각 0.015, 0.017, 0.017ppm으로 조사되었다. 자연대 1층 검색실의 각 시간대별 오존 농도는 오전 0.035ppm, 오후 0.039ppm으로 나타났다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 학교 교내 각 측정 장소별 실내 오존 농도 비교

Table 1은 학교 내에 측정지역은 복사기가 있는 도서관 2층 복사실, 자연대 1층 검색실과 복사기가 없는 도서관 휴게실 세 곳에서 측정·분석 한 결과이다.

자연대 1층 검색실을 측정하였을 당시 시험 기간이었기 때문에 검색실 안에 학생의 출입이 금지되어 있었고 근무자를 통한 환기상태를 조사한 결과 9시에 출근하여 20분가량 창문을 열어 놓지만 이것이 익일환기의 전부인 것으로 나타나고 있다. 복사량은 많지 않았지만 환기가 제대로 되지 않아 오존 농도가 높게 측정(0.035-0.039ppm)된 것으로 생각된다.

Table 1. Indoor ozone concentration of each measurement place in school

		Temp (°C)	Humidity (%)	Copy amount	Toner change	Area (m <sup>2</sup> )	Copy machine number (Copy/PC/Printer)	Ozone Concentration (ppm)
Library copy room	Morning	18.7	59	6				0.015
	Afternoon	21.3	55.7	26	None	62.4	2/1/1	0.022
	Evening	21.3	62.7	163				0.022
Library rest room	Morning	20	51	0				0.015
	Afternoon	22.7	55.3	0	None	1802.7	0/4/1	0.017
	Evening	22	65	0				0.017
Search room	Morning	18.7	64.5	0				0.035
	Afternoon	21.3	50	0	2/mont h	499.2	2/7/4	0.039
	Evening	-	-	-				-

Library copyroom : 도서관 2층 복사실      Library restroom : 도서관 휴게실  
 Search room : 자연대 1층 검색실

도서관 2층 복사실의 경우 면적도 좁고 유동 인구도 많고 복사량도 많았지만 환풍기 2대를 계속 가동 시켰고, 출입문도 항상 개방되어 있어서 환기가 충분히 이루어져 있는 것으로 판단되어 상대적으로 자연대 1층 검색실(0.035-0.039ppm)보다 오존 농도가 낮게(0.015-0.022ppm) 조사된 것으로 사료된다.

복사기, PC 및 프린터가 각각 2, 7, 4대 인 자연대 1층 정보검색실의 오존 농도(0.035 -0.039ppm)가 가장 높고 도서관 2층 복사실(0.015-0.022ppm), 도서관 1층 휴게실(0.015-0.017ppm) 순으로 나타났다.

자연대 1층 검색실의 오존 농도(0.035 -0.039ppm)가 높게 조사된 결과는 복사량은 많지 않았지만 환기량이 적어 밀폐된 공간에 공기 순환이 되지 않았던 것으로 사료된다.

**2. 학교 교내 각 측정 장소별 실외 오존 농도 비교**

Table 2는 학교 교내 각 측정 장소별 실외 오존 농도를 나타낸 결과이다. 도서관 2층 복

사실의 오존 농도는 오전 0.013ppm, 오후 오존 농도는 0.016ppm, 저녁 오존 농도는 0.014ppm으로 조사되었다. 도서관 1층 휴게실의 실외 오존 농도는 오전, 오후, 저녁 순으로 0.014, 0.016, 0.014ppm으로 나타났다. 자연대 1층 검색실의 경우 오전의 오존 농도는 0.015ppm, 오후의 오존 농도는 0.017ppm으로 조사되었다.

실외 오존 농도는 실내 측정치보다 낮은 농도를 나타냈지만, 실내 오존 농도와 실외 온도를 비교해 보면 온도가 높은 시간의 농도가 다른 시간 때 보다 오존 농도가 높게 측정되었다는 것을 알 수 있다. 오존은 햇빛 강도가 강해지면 증가하는 경향이 있어서 본 연구결과에서도 실외 오존 농도가 실외 온도가 높을수록 오존 농도가 높게 나타난 것으로 생각된다.

학교 교내 외기의 오존 농도 범위는 도서관 2층 복사실이 0.013~0.016ppm, 도서관 1층 휴실은 0.014~0.016ppm, 자연대 1층 검색실은 0.015~0.017ppm으로 조사되었다.

**Table 2.** Outdoor ozone concentration of each measurement place in school

		Temperature (°C)	Humidity (%)	Ozone Concentration (ppm)
Library copyroom	Morning	15	70	0.013
	Afternoon	22	52.7	0.016
	Evening	14.3	93	0.014
Library restroom	Morning	15	70	0.014
	Afternoon	22	52.7	0.016
	Evening	14.3	65	0.014
Search room	Morning	17.3	68.7	0.015
	Afternoon	23.7	50.7	0.017
	Evening	-	-	-

Library copyroom : 도서관 2층 복사실  
 Search room : 자연대 1층 검색실

Library restroom : 도서관 휴게실

**Table3.** Indoor ozone concentration of each measurement place at school outside

		Temp (°C)	Humidity (%)	Copy amount	Toner change	Area (m <sup>2</sup> )	Copy machine number (Copy/PC /Printer)	Ozone Concentration (ppm)
Y Copy	Morning	22.7	47.5	0				0.015
	Afternoon	26.3	42	800	1/Week	133.7	2/1/0	0.031
	Evening	21.7	62	0				0.015
J Copy	Morning	23.3	48.3	1000				0.027
	Afternoon	23.7	43.5	280	1/Week	142.6	3/0/0	0.025
	Evening	23	65	150				0.019
R Shop	Morning	23.7	47	51				0.015
	Afternoon	25.6	40.3	100	None	264	2/1/0	0.022
	Evening	23	62.3	100				0.022
J Shop	Morning	19.8	61	0				0.019
	Afternoon	22.3	44	0	0	782.1	0/1/0	0.026
	Evening	19	71	0				0.017
K APT	Morning	21.3	35	0				0.013
	Afternoon	22.3	48	0	0	38.88	0/1/0	0.018
	Evening	21	63	0				0.019

우리나라의 실외 오존농도는 8시간 기준으로 0.06ppm 이하, 1시간 기준으로 0.1ppm이하로 학교 교내 각 측정 장소별 실외 오존 농도를 살펴보면 오존 농도의 범위가 우리나라의 오존 기준치를 초과하지는 않았지만 대부분의 학생들이 많은 시간을 이용하는 도서관이라는 점을 고려한다면 체계적인 관리가 필요할 것으로 사료된다.

### 3. 학교 교외 각 측정 장소별 실내 오존 농도 비교

Table 3에서 볼 수 있듯이 Y 복사의 오존농도는 오전, 오후, 저녁 시간대별로 0.015ppm, 0.031ppm, 0.015ppm 순으로 나타나고, J 복사는 오전의 오존 농도는 0.027

ppm, 오후의 오존 농도는 0.025ppm, 저녁의 오존 농도는 0.019ppm으로 조사되었다. R 문구점의 경우는 0.015, 0.022, 0.022ppm의 오존 농도가 오전, 오후, 저녁 순으로 조사되었으며 J 문구점의 오존 농도는 오전 0.019ppm, 오후 0.026ppm, 저녁 0.017ppm으로 나타났고 마지막으로 K 아파트는 오전, 오후, 저녁 순으로 0.013, 0.018, 0.019ppm으로 조사되었다.

Y 복사의 실외 오후 오존 농도와 J 복사의 실외 오전 오존 농도가 0.017ppm으로 동일하나 실내 오존 농도가 Y 복사는 0.031ppm이고 J 복사는 0.027ppm으로 농도의 큰 차이가 나타나는 이유는 Y 복사보다 520장이나 복사량이 많았기 때문이라고 생각된다.

#### 4. 학교 교외 각 측정 장소별 실외 오존 농도 비교

학교 교외 각 측정 장소별 실외 오존 농도는 Y 복사의 오전, 오후, 저녁 오존 농도는 0.015, 0.031, 0.015ppm으로 나타났고, J 복사의 오전 오존 농도는 0.027ppm, 오후 오존 농도는 0.025ppm, 저녁 오존 농도는 0.019ppm으로 조사되었다. R 문구점의 경우 오전, 오후, 저녁 시간대별로 0.015, 0.022, 0.022ppm순으로 나타났고, J 문구점의 오전 오존 농도는 0.019ppm, 오후 오존 농도는 0.026ppm, 저녁 오존 농도는 0.017ppm이며, K 아파트의 오존 농도는 오전 0.013ppm, 오후 0.018ppm, 저녁 0.019ppm 으로 나타났다(Table 4).

학교 외 측정 지역 5곳 중에서 J 당구장에서 실외 오존 농도가 오후에 0.022ppm으로 가장 높게 나타났는데 이는 이때의 실외 온도가 27℃였다. 이것으로 오존 농도와

온도와의 관계가 밀접한 것으로 나타났다.

지금까지의 연구 내용을 살펴보면 학교 내·외 8곳을 대상으로 오존 농도를 측정한 결과 8곳 모두 국내 오존 농도 기준치(0.06ppm)보다 낮다는 것을 알 수 있었고 Table 1을 보면 실내 오존 농도는 자연대 1층 검색실이 평균적으로 가장 높았다(0.037ppm). 이는 자연대 1층 검색실이 복사량은 없었지만 시험기간이라 학생의 출입이 금지되어있어 유동인구가 없어서 환기상태가 양호하지 않았기 때문으로 사료된다.

Y, J 복사의 경우에는 두 곳의 실외 오존 농도는 0.017ppm으로 동일하나 각 실내 오존 농도는 Y 복사 0.031ppm, J 복사 0.025ppm으로 차이를 보인다. 또한 이때 복사량을 비교해보면 Y복사는 800장, J 복사는 280장으로 큰 차이를 보인다. 따라서 실내 오존 농도는 복사량에 의해 차이가 나타난 것으로 생각된다. (Table 3,4)

**Table 4.** Outdoor ozone concentration of each measurement place at school outside

		Temperature (℃)	Humidity (%)	Ozone Concentration (ppm)
Y Copy	Morning	22.7	47.5	0.015
	Afternoon	26.3	42	0.031
	Evening	21.7	62	0.015
J Copy	Morning	23.3	48.3	0.027
	Afternoon	23.7	43.5	0.025
	Evening	23	65	0.019
R Shop	Morning	23.7	47	0.015
	Afternoon	25.6	40.3	0.022
	Evening	23	62.3	0.022
J Shop	Morning	19.8	61	0.019
	Afternoon	22.3	44	0.026
	Evening	19	71	0.017
K APT	Morning	21.3	35	0.013
	Afternoon	22.3	48	0.018
	Evening	21	63	0.019

이<sup>6)</sup>, 사회정책연구소<sup>7)</sup>, 이<sup>2)</sup>의 연구결과에서 박물관의 오존 농도는 0.004ppm, 어린이집 1과 2의 오존 농도는 각각 0.005ppm, 0.004ppm으로 나타났고 노인복지회관은 0.037ppm으로 보고하였다.

본 연구 결과에서 제시하였듯이 박물관, 어린이집 1, 2 및 노인복지회관보다 높은 오존 농도는 나타내고 있는 장소는 자연대 1층 검색실(0.035-0.039ppm)이다. 이는 학교 실내의 오존 농도 측정 장소가 오존 방출이 많은 복사기를 사용한다는 점 때문에 오존 농도가 다중이용시설보다 높았던 것으로 판단된다.

태가 중요한 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3. Y 복사와 J 복사의 경우 실외 오존 농도는 0.017ppm으로 동일하나 실내 오존 농도의 경우는, Y 복사 0.031ppm, J 복사 0.027ppm였다. 이때의 복사량을 비교해보면 Y 복사량이 많아 이의 영향을 받았던 것으로 생각된다.
4. 실외 오존 농도는 J 당구장이 0.022ppm으로 가장 높게 나타났는데, 이는 일사량이 가장 높은 낮 시간이었기 때문에 실외 온도가 증가하면 오존 농도가 증가한다는 것으로 생각된다.

#### IV. 결론

2005년 10월 17일부터 24일까지 충남 S대학교 내 · 외에서 복사기가 설치된 5곳과 복사기가 없는 일반 실내 3곳을 대상으로 오존 농도를 측정하였다. 또한 오존 농도에 영향을 미치는 요인들이 무엇인지를 알아본 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 학교 내 각 측정 장소별 실내 오존 농도는 자연대 1층 검색실이 0.039ppm으로 가장 높았는데 이는 유동인구가 거의 없고 환기량이 극히 적어서 공기가 순환되지 못해 희석되지 못했기 때문으로 생각된다.
2. 도서관 2층 복사실은 0.020ppm으로 다른 장소와 비교해서 낮은 농도로 나타났다. 이는 환풍기 2대가 계속 가동되었고 출입문도 개방되어있어서 환기상태가 양호했기 때문이라고 생각되며 실내에서의 오존농도를 감소시키기 위해서는 환기상

#### 참 고 문 헌

1. 이태규, 실내공간 공기오염의 특성에 관한 연구, 용인대학교 교육대학원 석사논문, 2002.
2. 이윤규: 다중이용시설의 실내공기질 실태조사 연구, 대한설비공학회, 33, 6, 2004.
3. 신동천: 사무실의 실내환경과 건강영향, 2005.08.
4. 정용, 장재연, 권숙표, 서울시 대기중 오존의 오염도와 그 영향인자 분석, 한국대기보건학회, 2, 73-79, 1986
5. 정용, 장재연, 권숙표: 서울시 대기중 오존의 오염도와 그 영향인자 분석, 한국대기보건학회지, 2, 1, 73-79, 1986.
6. 이정주, 김신도, 부문자, 박물관 실내공기질 변동에 관한 연구, 22, 4호, 43-48, 1996
7. 어린이집 실내공기질 모니터링 결과 및 개선대책, 서울시 녹색서울시민위원회,

- (사)한국환경·사회정책연구소, 85, 2005
8. 환경부; 실내공기질공정시험방법, p131~139, 제2004-80호, 2004. 6. 5.
  9. 김유근, 이화운, 오인보, 황미경: 도시 배출원 환경과 기상조건에 따른 오존오염 특성, 한국환경과학회 가을 학술발표회지, 10, 2, 58-59, 2001.
  10. 정승, 정재섭, 서울 수도권 지역의 광화학오존에 관한 연구: 한국대기보전학회지 7, 3, 169-179, 1991.
  11. 김경환, 최호선, 이감규, 한화택, 권용일: 사무실에서의 환기용 급/배기구 위치에 따른 실내 공기환경 특성, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 734-738, 2004.
  12. 김윤신, 업무중, 이철민, 박원석, 이태형: 다중이용시설에서의 실내공기 중 오염물질 분포현황, 한국대기환경학회 춘계 학술대회 논문집, 2003.
  13. 이주상, 원정일, 이철민, 김윤신: 노래방과 컴퓨터 게임방 내의 실내공기오염에 관한 연구, 대한위생학회지, 17, 3호, 67-74, 2002.
  14. 이윤구; 실내공기질 공정시험법, 설비저널, 제 33권, 제 1호, 2004
  15. 공성용, 이희선; 실내 공기질 관리제도 발전방안에 관한 연구, 한국환경정책 평가연구원, 2004