

지하상가의 환경조건에 따른 포름알데히드의 농도변화 연구

소음진동과

朴贊九 · 申豐植 · 金益洙 · 李連秀 · 申載英

A Study on the Correlation Between Formaldehyde Concentration and Climate Factor at Some Underground Shopping Center

Division of Noise and Vibration

Chan-Koo Park, Pung-Shik Shin, Ick-Soo Kim, Yeun-Soo Lee and Jai-Young Shin

= Abstract =

This study was performed to investigate the state of contamination of formaldehyde and correlation between formaldehyde and climate factors (Temperature, Humidity, Air flow) at 7 main underground shopping centers in Seoul area from Feb. 1993 to Nov. 1993. The results were as followed; the average concentration of formaldehyde was 0.05ppm and the average of temperature was 24°C, humidity was 53.7% and air flow was 0.25m/sec. The order of average formaldehyde concentration was Namdaemoon > Hojeoung > Dongdaemoon > Chamsil > Hoehyun > Yeoongdeungpo > Sogong. Correlations between formaldehyde and temperature, humidity, air flow were 0.6153, 0.5027, -0.5154 respectively. The correlation between the formaldehyde and temperature was significantly positive and while correlation between the formaldehyde and air flow showed significantly negative.

서론

산업화에 따른 도시인구의 증가는 교통, 인구문제, 주거공간확보 등의 문제를 야기시켰으며 이러한 문제를 해결하기 위하여 도시의 입체적 이용방법인 건물의 고층화와 지하공간의 활용은 부족한 주거공간 확보에 절대적으로 기여하고 있으나 지하공간의 이용에는 인공적인 환기 시설이나 배기시설에 의해서만이 지하공간의 실내공기를 유지할 수 있는 특수성 때문에 지하공간에서의 공기

오염문제는 매우 심각해질 수밖에 없다¹⁾.

특히 1967년 시청앞 지하상가를 시작으로 하여 대도시 에 신설된 많은 지하상가는 거의 24시간 상주하는 지하상가 상인과 상가를 이용하는 시민의 수가 급증하는 추세이다²⁾.

이에 따라서 밀폐된 상태의 지하상가에서는 지하공간의 공기의 순환이 원활하지 않을 경우 상가내 공간은 여러 종류의 오염물질(합판, 석유염소, 냄새, 분진, 접착제, 흡연, 오염원이 되는 제품 등)에 노출되고 이 오염물질들은 축적되어 심각한 현상을 초래할 수도 있게 된

다³⁾.

이러한 오염물질 중에서 특히 Formaldehyde는 주로 건축자재(Urea-Formaldehyde Foam Insulation)와 관련된 질환을 나타내는 화학물질로서 Formaldehyde 농도가 1ppm 또는 그 이하에서는 눈, 코, 목에서 자주 증상을 유발시키고 3~10ppm의 농도에서는 기침과 함께 코와 목구멍에 심한 작열감을 수반하게 된다.

이 이상의 농도에 폭로가 되면 흉부 압박감, 신경쇠약, 기관지폐렴, 부종 또는 후두에 경련을 일으키게 되며 동물실험에서는 발암성이 있는 물질로 나타난다^{4,5,6)}.

Formaldehyde의 사용이 많은 곳에서는 농업(농약), 소독제, 염료공업, 합판제조업, 화학제조업, 종이제조업, 사진건판제조업, 직물공장 외에도 여러가지 공업에 이용되고 있으며 선박, 집, 저장고, 가구, 의복 등의 소독살균과 파리나 곤충의 박멸, 기타 방부제로 이용범위가 광범위하다⁷⁾.

이러한 인체에 유해한 Formaldehyde에 대한 조사는 1970년대에 들어와 선진각국에서 활발히 진행되고 있으나 우리나라에서는 연구활동이 미미하고 또 조사된 연구도 조사시기가 짧고 조사장소도 제한되어 있어 정확한 자료를 구하기가 어렵다.

따라서 본 연구에서는 시민다수가 이용하는 서울시내 주요 지하상가내의 오염물질 중 Formaldehyde의 농도가 내부의 환기시설, 외부의 기상조건, 계절별에 따른 변화 등 내외부 인자등에 크게 영향을 받고 있어 다양하고 연속적인 측정으로 Formaldehyde 농도를 파악하여 Formaldehyde로 인한 건강피해를 예방하고, 보다 나은 상가내 생활 환경을 도모하는 기초자료로써 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1. 조사기간 및 대상

1993년 2월부터 1993년 11월까지 서울지역 26개 지하상가 중 7개지점(동대문, 소공, 남대문, 잠실, 호정, 영등포신세계)을 선정하였으며 계절에 따라서 6회에 걸쳐 시료채취하였다.

2. 시료채취

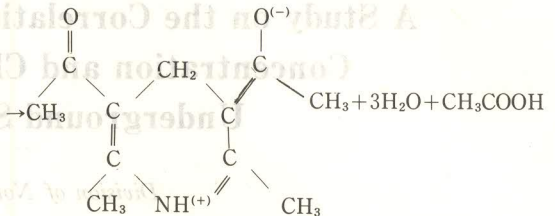
Impinger tube에 Formaldehyde 흡수액 10ml를 취하여 시료공기를 1l/min의 유량으로 60분간 통과시킨 용액을 분석용 시료로 하였다. 채취된 시료는 즉시 분석

하였으며 부득이한 경우 중탕냄비에서 100°C로 10분간 가열한 후 방냉시킨 뒤 냉장실에서 보관 후 분석하였다.

3. 정량조작

공해공정시험법(대기편)⁸⁾과 위생법 주해⁹⁾를 참조하여 Acetone-Acetyl법으로 분석하였는데 이는 다음과 같은 과정을 거친다.

Formaldehyde는 흡수발색액과 반응하면 다음과 같이 3,5-아세틸-1.4디히드로 루티딘을 생성한다.



생성된 디아세틸 히드로 루티딘은 420nm에서 흡수극대에서 황색을 나타낸다. 이러한 과정을 거친 시료를 Beckman Du-65 Spectrometer로 분석하였으며 지하상가내의 Formaldehyde와 기후인자와의 상관관계를 SPSS로 통계처리하였다.

결과 및 고찰

Table 1에서와 같이 지하상가의 포름알데히드 전체 평균농도는 0.05ppm으로 나타났다. 각 지하상가 별로는 남대문 0.08ppm, 호정 및 동대문 0.06ppm, 잠실 0.05ppm, 회현 0.04ppm, 영등포(신세계) 0.03ppm, 소공 지하상가 0.03ppm 순으로 농도가 분포되고 있으며 특히 남대문 0.08ppm, 호정, 동대문 0.06ppm은 평균농도치보다 높으며 영등포(신세계), 소공지하상가 등은 0.03ppm으로 평균농도 0.05ppm 보다 낮다.

온도와 습도의 평균은 24°C, 53.7%이며 기류는 0.25m/sec이다. 또한 포름알데히드 농도가 7개 지하상가 중 평균치보다 가장 낮은 상가인 소공경우에는 온도, 습도는 19.2°C, 52.8%로서 평균치 이하였고 기류는 0.5m/sec로 평균치 0.25m/sec 보다 2배 이상의 흐름이 있음을 알 수 있다. 이러한 사실에서 포름알데히드와 온도, 습도, 기류의 관계를 알아보기 위해 각 항목간의 상관관계를 SPSS으로 통계처리하였다. 이에 대한 결과는

Table 1. Mean Formaldehyde concentration 9 (ppm) by 7 main underground shopping centers in Seoul area.

	HCHO			TEM			HUM			CUR		
	M±SD	Min.	Max.	M±SD	Min.	Max.	M±SD	Min.	Max.	M±SD	Min.	Max.
Namdaemoon (n=4)	0.08±0.03	0.04	0.11	26.3±2.3	23.3	28.0	57.5±8.7	45.0	64.0	0.1±0.05	0.1	0.2
Dongdaemoon (n=6)	0.06±0.03	0.02	0.10	27.4±6.1	17.9	33.0	50.0±22.8	28.0	74.0	0.1±0.04	0.1	0.2
Yeongdeungpo (n=6)	0.03±trace	0.02	0.04	23.2±5.2	16.5	28.0	63.2±17.8	36.0	82.0	0.3±0.1	0.05	0.4
Sogong (n=6)	0.03±0.02	Trace	0.07	19.2±10.5	-1.0	28.5	52.8±24.8	17.0	85.0	0.5±0.3	0.01	0.8
Hoehyun (n=6)	0.04±0.02	Trace	0.06	21.0±8.9	3.0	26.4	49.7±23.3	18.0	74.0	0.2±0.1	0.05	0.3
Chamsil (n=6)	0.05±0.02	0.03	0.08	25.9±2.1	23.0	29.0	50.3±21.8	26.0	84.0	0.2±0.05	0.2	0.3
Hojeong (n=6)	0.06±0.04	0.03	0.14	26.1±3.2	20.5	29.0	53.8±14.9	35.0	67.0	0.2±0.1	0.1	0.3
Total	0.05±0.03	Trace	0.14	24.0±6.6	-1.0	33.0	53.7±19.3	17.0	85.0	0.25±0.18	Trace	0.8

Table 2에 나타내었다. 포름알데히드와 각 항목간의 상관관계는 포름알데히드와 온도, 습도의 관계에서는 정의상관관계로서 온도와 습도와는 각각 $r=0.6153$, $r=0.5027$ 로서 1% 위험율로서 고도로 유의한 정의상관관계를 나타낸 반면 포름알데히드와 기류와는 부의 상관관계 $r=-0.5154$ 로 나타났다. Fig. 1에서와 같이 계절별로 포름알데히드의 농도를 비교하면 온도가 높은 하절기는 0.07ppm으로 타계절의 농도에 비해 높았으며 온도가 낮은 동계-춘계는 0.02ppm 전후로서 계절별로 큰 농도차를 보였다. 이는 포름알데히드의 휘산성 때문에 기온이 높은 하절기에 이의 농도가 상승함을 알 수 있었다. 본 측정된 자료에 의하면 최고농도를 기록한 호정 지하상가는 하절기(6월 26일)에 온도 29°C, 습도 66%, 기류 0.09m/sec 조건에서 0.145ppm을 기록하였으며 반면 최저 농도는 소공 지하상가의 4월 19일 온도 20.5°C, 습도 48%, 기류 0.67m/sec의 조건에서 Trace이었다. 호정상가의 경우는 2월 19일, 6월 26일의 농도차를 비교하면 0.03ppm, 0.14ppm으로 매우 큰 변동폭을 나타내고 있으므로 특정장소의 특정시설의 농도로서 전체를 평가한 것은 신중을 기해야 할 것으로 사료된다. 이²⁾(1986), 김¹⁰⁾(1988), 고¹¹⁾(1988) 등에 의해 조사된 지하상가내의 포름알데히드농도는 0.05ppm-0.16ppm까지 보고된 바 본 측정결과와 매우 유사한 것으로 나타났다. 또한 김(1988)은 포름알데히드농도와 온도의 상관성을 정상관 관계로 습도와는 역상관을 나타낸다고 보고하였으나

본 조사에서는 아주 높은 정상관계로 나타나 이와 상치되는 결과를 나타나 앞으로의 조사 연구가 더 진행되어야 할 것으로 사료된다. 포름알데히드에 대한 세계 각국의 기준은 미국과 유럽에서 100ppb(0.1ppm)으로 규정되어 있으나 현 우리 나라에서는 아직 일반 환경에 대한 포름알데히드 기준은 규정되어 있지 않으나 환경권고치로 준해서 사용되고 있다. 이 기준을 적용하게 되면 0.1ppm/24hr로서 공해공정시험법 포름알데히드 측정 제 1법인 크로모트로핀산법과 제 2법인 아세틸아세톤법의 흡수액의 한계농도는 각각 0.01-0.2ppm, 0.02-0.4ppm으로서 현 지하상가의 한시간 평균농도가 0.05ppm이므로 이 이하 극저 농도 측정은 환경기준에 의거 가스크로마토그래프법 등의 시험법의 보완책이 강구되어야 하겠다.

Table 2. The correlation coefficient of each item at underground shopping centers in seoul area.

	TEM	HUM	CUR
HUM	0.6033**		
	0.001		
CUR	-0.3910*	-0.1320	
	0.012	0.414	
HCHO	0.6153**	0.5028**	-0.5154**
	0.001	0.001	0.001

* 0.05, ** 0.01

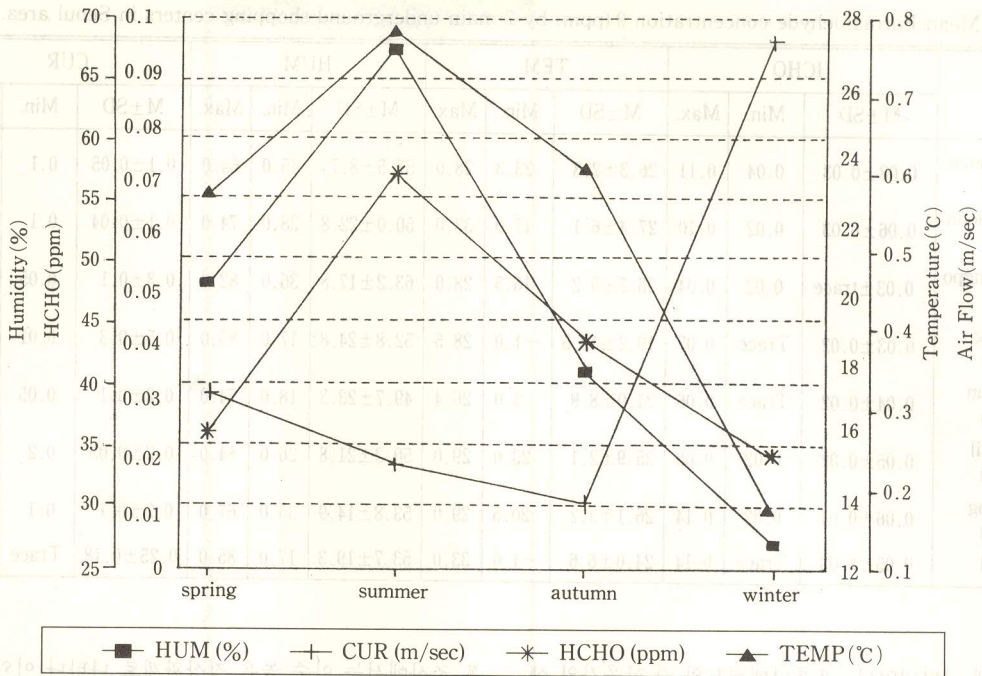


Fig. 1. Map of formaldehyde concentration and climate factor by season.

결론

서울지역에 위치한 7개 지하상가의 Formaldehyde 농도와 기후인자(온도, 습도, 기류)와의 상관관계를 알아보기 위해 1993년 2월부터 1993년 11월까지 6회에 걸쳐 시료를 채취하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사기간 중의 지하상가의 평균 Formaldehyde 농도는 0.05ppm, 온도 24°C, 습도 53.7%, 기류 0.25m/s이었으며 Formaldehyde의 최저농도는 소공의 trace 이었으며 최고농도는 호정의 0.14ppm이었다.

2. 7개 지하상가의 Formaldehyde 농도는 남대문 > 호정 > 동대문 > 잠실 > 회현 > 영등포신세계 > 소공지하상가순이었다.

3. Formaldehyde 농도와 온도, 습도, 기류의 상관관계를 보면 Formaldehyde 농도와 온도($r: 0.6153, p: 0.01$), Formaldehyde 농도와 습도($r: 0.5027, p: 0.09$), Formaldehyde 농도와 기류($r: -0.5154, p: 0.07$)로 나타났다.

4. 조사된 지하상가의 Formaldehyde 농도는 하절기 3회를 제외하고는 모두 환경 권고치를 초과하지 않았다.

5. Formaldehyde 농도는 온도, 습도가 높고 기류가 느린 경우 상승하는 반면, 온도, 습도가 낮고 기류의 흐름이 빠른 경우 농도가 감소함을 알 수 있었다.

참고 문헌

1. National Academy of Science: Committee of Toxicology; Formaldehyde-An Assessment of Its Health Effect Report to the consumer product safety Commission, Washington, D.C. (1980).
2. 이민희 외 4명 : 지하환경의 대기오염물질 규제에 관한 연구. 대한위생학회지, 1(1) : 47-58(1986).
3. Nero, A.V: Controlling Indoor Air pollution Sci. America 258(5) : 4348 (1988).
4. Mayer, B.: Urea-Formaldehyde Resins. Addison-Wesley, Reading, MA (1979).
5. Schemker, M.B. and Weiss, S.T.: Health Effect of Indoor Formaldehyde Exposure; International symposium on Indoor Air pollution, Health Energy Conservation, Amherst, Mass. (October 13-16) (1981).
6. 김윤신 : Formaldehyde 환경관리인 연합회보, 54, 16-21(1991).
7. 환경청 : 유해화학물질 해설집 (I), p. 814-832, (1986).

8. 환경청 : 환경오염 공정시험법, (1988).
9. 일본 약학회편 : 위생시험법 주해 금천출판사, (1986).
10. 김윤신, 김미경 : 실내의 Formaldehyde 농도에 관한 조사연구, 환경위생학회지, 15(2) : 1(1989).
11. 고광석 : 서울시내 일부 지하상가에서의 공기중 Formaldehyde 농도에 관한 조사연구, 서울대학교 보건대학원 환경보건학과 석사학위논문, (1988).