

# 一酸化炭素의 家庭內 濃度 및 主婦의 個人曝露濃도에 關한 調査研究

## Indoor and Personal Exposure to Carbon Monoxide in Homes

金潤信<sup>1)</sup> · 孫富順<sup>2)</sup> · 柳幸 幸雄<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 漢陽大學校 醫科大學

<sup>2)</sup> 日本 東京大學 醫學部 疫學教室

<sup>3)</sup> 하바드대학교 보건대학원

(원고접수 : 1990. 3. 2)

Yoon-Shin Kim<sup>1)</sup>, Boo-Soon Son<sup>2)</sup>, Yukio Yanagisawa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>College of Medicine, Hanyang University

<sup>2)</sup> Faculty of Medicine, University of Tokyo

<sup>3)</sup>Dept. of Epidemiology, Harvard School of Public Health

(Received 2 March 1990)

### Abstract

A pilot field study was conducted to measure indoor and personal exposure to carbon monoxide(CO) levels using personal monitors from January to February in 1989. The principal objectives of the study was to design and evaluate the research protocol and the instrumentation performance for application to the conduct of a large-scale personal monitoring program. The mean CO concentrations in kitchen and in bedroom were 23.4 and 11.9 ppm, respectively, while mean concentration of personal CO exposure was 18.9 ppm. It was found that the mean CO concentrations in kitchen exceeded 20 ppm of the Korea ambient CO standard(8-hr average) not to be exceeded more than three times per year. The results suggest that indoor CO levels in Korean houses appear to be affected by use of coal briquette for heating any cooking.

### 1. 서 론

주요 대기오염물질중의 하나인 일산화탄소(CO)는 탄소를 함유한 모든 물질이 연소시에 발생하는 가스로서 특히 산소의 공급이 불충분한 상태에서 불량한 상태로 다량으로 발생된다. 일산화탄소는 대기중에는 주택난방 연료의 연소과정 및 자동차 배기가스 방출시에 이르기

까지 우리생활 주변에 상존할 수 있는 가스이다.

일산화탄소에 의한 중독은 고농도에 의한 급성중독과 장기간에 걸쳐 반복적인 저농도에 의한 만성중독으로 크게 나눌 수 있다<sup>1)</sup>. 외국에서는 각종사고 및 자동차 배기가스에 의한 급성중독이 많고 최근에는 경제성이 높은 난방기구사용 증가에 따른 가정내 중독에 관한 연구가 조사 보고되고 있다<sup>2-4)</sup>.

이에 반하여 우리나라는 전통적인 온돌양식과 전국 가정의 70% 이상이 연탄을 가정의 난방연료로 사용하고 있어 연탄사용으로 인한 일산화탄소의 급만성중독 환자가 계속적으로 발생되고 있다<sup>5)</sup>. 일명 연탄가스인 일산화탄소 가스로 인한 피해는 지난 30여년간 10만당 400 이상의 연탄가스 중독 발생율을 나타내 심각한 사회보건학적 문제로 야기된지는 오래되었다<sup>6)</sup>. 이에 정부를 비롯한 여러 연구기관에서 일산화탄소 중독의 발생현황과 대책에 관한 임상적 연구의 역학적 조사 연구가 진행되어 왔다<sup>7-9)</sup>.

그러나 연탄가스에 의한 중독이 가정내에서 발생했을 경우 일산화탄소의 농도가 어느 정도 인지는 알려지지 않고 측정하기도 어렵다. 따라서 일반가정에서 일산화탄소의 실내농도 및 개인의 폭로농도를 측정할 수 있다면 일산화탄소 가스가 인체에 미치는 영향을 구체적으로 파악하는데 도움이 될 수 있겠다. 특히 주부들이 취사시와 난방을 위한 연탄사용으로 저농도의 일산화탄소에 장기간 반복적으로 노출될 수 있어 주부들의 일산화탄소의 폭로농도를 조사하는 것은 주부들의 건강문제와 관련지어 큰 의의가 있다.

따라서 본 연구에서는 실내의 공기오염도에 관한 조사의 일부로서 최근 미국에서 새로이 개발된 일산화탄소의 개인폭로농도 측정기구를 사용하여 서울시 일부 연탄사용 가정내의 일산화탄소 농도와 주부들의 일산화탄소개인폭로농도를 측정하여 우리나라에서 차후 연탄가스 중독사고의 예방 및 대책에 일익을 담당하고자 하였다.

## 2. 조사대상 및 방법

조사대상 지역은 서울지역과 서울에서 128 km 남쪽에 위치한 충청남도 도고지역을 택하여 가정 난방연료로서 연탄을 사용하는 가정을 대상으로 서울지역에서는 2지역(구로동과 쌍문동)에서 25세대, 도고에서는 10세대를 선정하였다. 조사기간은 1989년 1월 10일부터 25일까지 약 2주간에 걸쳐 선정된 가정을 대상으로 조사하였다. 일산화탄소 농도의 측정에는 최근

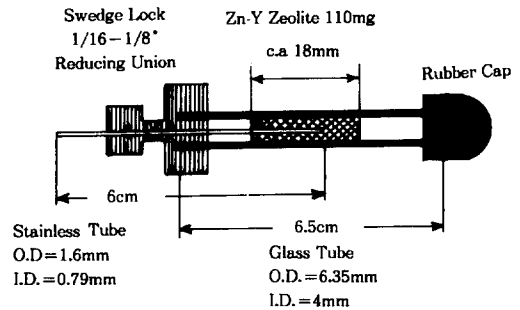


Fig. 1. Illustration of the carbon monoxide personal sampler.

개발된 일산화탄소 개인용 측정기구(COPS-Carbon Monoxide Personal Sampler, 그림 1 참조)<sup>10)</sup>를 사용하여 가정내에서는 부엌과 안방에서 일산화탄소 농도를 측정하였다. 측정기구는 각 방의 중심부에 있는 천정에 24시간 매달아 놓고 실내공기중에 폭로시킨후 수거하였다. 또한 각 가정의 주부를 대상으로 개인용 측정기구를 옷깃에 달은 후 24시간 후에 수거하였다.

본 조사에 사용된 개인용 측정기구(이하 COPS라고 칭한다)는 소형으로 플라스틱 튜브 안에 흡수제(Zn-Y-Zeolite)를 보호하여 측정조사에 적용성이 매우 좋아 건조한 상태에서 일산화탄소의 농도를 550ppm까지 측정가능한 것으로 분석되어 시험되었다. 또한 일산화탄소의 가정내 농도 및 개인의 폭로농도를 측정하는 것과 동시에 실외의 농도를 일산화탄소 검지경보기(CM-2B형)를 사용하여 실내의 농도를 비교하고자 하였다.

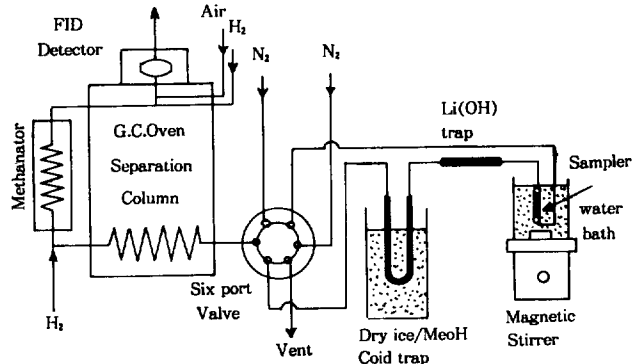


Fig. 2. Schematic diagram of the thermal desorption system.

일산화탄소의 실내외 농도 측정외에 피조사자인 주부를 대상으로 질문지 1일 생활양식의 기록표, 주택구조, 가옥의 면적, 건강상태 등을 파악하기 위한 설문조사를 병행하였다. 수거된 일산화탄소 개인용 측정기구는 Gas Chromatography(GC-Shimadazu Co. Model GC-8A)의 FID를 이용하여 분석하였다. 분석에 필요한 thermal desorption system은 그림 2와 같다.

### 3. 결과 및 고찰

수집된 일산화탄소 개인용 측정기구를 분석하여 일산화탄소의 가정내 농도 및 주부의 개인폭로농도를 보면 표 1과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 안방(Bedroom)과 부엌의 일산화탄소의 평균농도는 각각 11.8ppm, 23.4ppm으

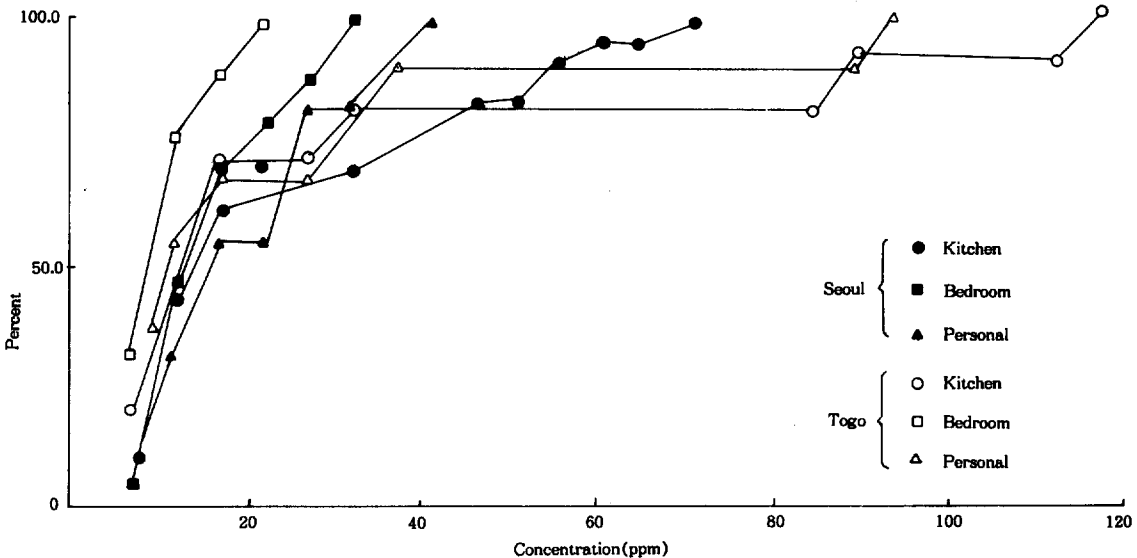
로 부엌의 농도가 안방의 농도보다 약 2배이상 높게 나타났다. 또한 주부의 개인폭로농도는 18.9ppm이었다. 특히 부엌의 농도와 개인폭로농도에서는 최고치가 90ppm을 초과하는 수준이었다. 또한 부엌의 평균농도는 우리나라의 일산화탄소의 대기오염기준치(20ppm-8시간 평균)를 초과하고 있다.

그림 3은 지역별로 실내 및 개인의 일산화탄소 농도를 누적 도수분포로 나타낸 것이다. 일산화탄소의 부엌농도와 주부의 개인 폭로농도는 서울지역에서 21.3ppm, 17.7ppm, 도고지역이 28.3ppm, 21.8ppm로 각각 나타나 각 농도에서 도고지역이 서울지역보다 높았다. 또한 안방의 평균농도는 서울지역이 13.7ppm, 도고에서 6.8ppm으로 서울지역이 약 2배정도 높게 나타났다.

난방용 연탄을 사용하는 가정에서 연탄 아궁이 형태가 기존의 재래식 연탄아궁이와 개량된 보일러 형태로 나뉘지고 있다. 표 2는 각 지역별로 가정의 연탄아궁이 형태에 따른 일산화탄소의 평균 농도를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 서울지역에서는 연탄보일러 사용가정에서 재래식 연탄아궁이 사용가정보다 실내 농도 및 개인폭로농도가 각각 높게 나타났다.

**Table 1.** Summary of statistics for average CO concentrations(ppm).

	Mean	S.D.	Range	n
Indoor				
Bedroom	11.8	7.2	1.7- 19.8	33
Kitchen	23.4	26.2	2.8-115.1	33
Personal	18.9	17.1	3.0- 94.5	31



**Fig. 3.** Cumulative percent distribution of indoor and personal carbon monoxide concentration (ppm) by area.

**Table 2.** Mean CO concentrations(ppm) in houses at different sampling sites, locations, and heating types.

	Seoul		TOGO	
	Traditional Ondol	Boiler	Traditional Ondol	Boiler
Bedroom	11.1 (n=10)	15.6 (n=14)	14.2 (n=2)	4.7 (n=7)
Kitchen	16.7 (n=9)	24.3 (n=14)	57.6 (n=2)	21.0 (n=8)
Personal	10.8 (n=10)	23.5 (n=12)	63.1 (n=2)	10.0 (n=7)

이에 반하여 도고지역에서는 재래식 연탄아궁이 사용가정에서 보일러 사용가정보다 실내농도 및 개인폭로농도가 2.5-6배 정도 높게 나타났다. 이같은 결과는 서울지역에서는 보일러 사용가정의 주택구조가 재래식 연탄아궁이 사용가정보다 더욱 밀폐된 결과에 의한 것이 아닌가 추측된다. 이에 반하여 도고지역에서는 재래식 아궁이 사용 가정의 안방 및 부엌 크기가 보일러 사용가정보다 작아 더욱 밀폐된 주택구조에 의해 나타난 결과인지, 혹은 주부가 좁은 부엌이나 안방에서 오랜 시간을 보냄으로 개인폭로량이 높은 것이 아닌가 추측된다. 동시에 조사대상자수가 작으므로 농도가 높게 나타난 결과인지에 대하여는 그 원인이 현 시점에서는 불명하다. 따라서 온돌사용 가정과 보일러 사용가정의 농도 차이에 대하여는 더욱 정확한 조사가 요청된다.

**Table 3.** Mean CO concentrations(ppm) by ventilation condition in kitchen.

	No Ventilation(n=24)		Fan Use(n=9)		Significance
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Bedroom	12.5	7.8	10.8	6.5	NS
Kitchen	28.7	21.6	19.3	18.7	<.05
Personal	20.1	18.1	16.3	15.3	NS

S.D. : Standard Deviation

NS : Not Significant

표 3은 부엌에 환기시설 유무에 따른 농도를 나타낸 것이다. 조사된 가정에서 가족구조에 따라 부엌에 창문이 없어 환기가 안되는 가정과 부엌에 환기팬이 있어 팬을 사용하는 가정으로 나눌 수 있다.

표에서 보는 바와 같이 환기가 되지 않는 부엌의 가정에서는 일산화탄소의 실내농도 및 개인폭로 농도가 환기팬을 사용하는 가정의 농도보다 각각 높게 나타났다. 특히 환기를 하는지에 따라 일산화탄소의 부엌 농도는 그 차이가 매우 유의하게( $P < 0.05$ ) 나타나 연탄사용 가정에서는 환기를 자주 시키는 것이 중요함을 시사하고 있다.

표 4는 가정내 흡연자 유무별로 일산화탄소의 평균농도를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 흡연자가 있는 가정에서 일산화탄소 평균농도는 흡연자가 없는 가정보다 안방과 부엌에서 높은 반면 개인폭로 농도에서는 그 반대로 나타났다. 또한 흡연자 유무별 일산화탄소의 실내농도 및 개인폭로 농도의 차이는 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 특히 흡연자가 없는 가정의 부엌에서 일산화탄소 폭로 농도가 높게 나타난 것은 어느 특정인의 농도가 이상하게 높은 이유로 전체 평균 농도에 영향을 준 것이 아닌가 추측된다. 또는 비흡연자 가정의 주부들이 연탄사용시 부엌에서 오랜 시간 생활함으로써 높은 농도에 폭로된 것이 아닌가 시사되나 이점에 대하여 현 조사 결과에서는 불명하므로 구체적 분석이 요망된다.

**Table 4.** Mean CO concentrations(ppm) by presence of smokers in homes.

	Smoker(n=24)		No Smoker(n=10)		Significance
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Bedroom	12.6	8.0	10.3	4.8	NS
Kitchen	23.1	26.1	22.1	26.6	NS
Personal	15.4	8.5	26.2	26.1	NS

S.D. : Standard Deviation

NS : Not Significant

그림 4는 조사대상가정에서 취사연료별로 일산화탄소의 실내농도 및 개인피폭 농도를 측정 한 결과이다. 조사된 35세대중 24세대(73%)가 주로 프로판가스를 사용하고 다음엔 연탄(18%), 석유(9%)의 순이었다. 그림에서 보는 바와 같이 부엌의 일산화탄소 평균 농도는 취사용으로 프로판가스를 사용하는 가정이 제일 낮았으나 연탄 및 석유를 사용하는 가정과의 차이는 별로 크지 않았다. 부엌의 일산화탄소 평균농도는 연탄사용 가정이 평균 26ppm으로 가장 높았고 석유사용가정, 프로판가스 사용가정의 순을 나타냈다. 또한 주부의 일산화탄소 폭로농도를 보면 프로판가스 사용가정에서 제일 높게 나타났다.

개인의 폭로농도가 도고지역의 주부에서 서울의 주부보다 약 6배 정도 높게 나타난 것은 도고지역의 주부들이 부엌에서 보내는 시간이 많거나 환기 장치가 없는 가정이 많은 것에 기인한 것으로 생각된다. 이번 조사대상지역이 서울지역은 구로동의 저소득층 지역으로 재래식 연탄아궁이 사용가정과 쌍문동의 중류층 지역으로 연탄보일러 사용가정이었으며 도고지역은 모두 재래식 연탄아궁이 사용가정이었다.

전체 조사대상에서 주부의 개인폭로 농도가 안방의 농도보다 높게 나타난 것은 주부가 연탄을 새로 바꿀 경우 연탄아궁이나 보일러실에 자주 출입함으로 일산화탄소가스에 많이 폭로된 결과에 의한 것이 아닌가 추측된다.

1985년 연탄가스 중독자의 사회경제측면을 고려할 경우 학력수준이 낮고 경제생활수준이 낮은 층에 높은 중독사고율을 보이고 있어 본 조사대상자가 중하의 경제생활수준과 일산화탄소의 부엌농도가 일산화탄소의 대기오염기준치(20ppm-8시간 평균)를 초과하는 것을 고려하면 본 조사대상지역에서도 연탄가스 중독사고에 폭로될 수 있을 가능성이 높은 것으로 시사된다.

본 조사대상중 도고지역 주부들은 실내에서 하루중 91%를 생활하고 있어 실내에서 일산화탄소 농도가 높을 경우 고농도에 장기간 폭로되어 일산화탄소 가스에 만성중독될 가능성도 배제할 수 없는 것으로 나타났다.

일산화탄소의 부엌농도는 부엌의 크기가 클수록 농도가 낮은 것으로 나타났다. 본 조사는 연탄이 24시간 사용되는 겨울철 기간중에 사용되어 부엌의 환기율, 안방의 크기 등에 따라

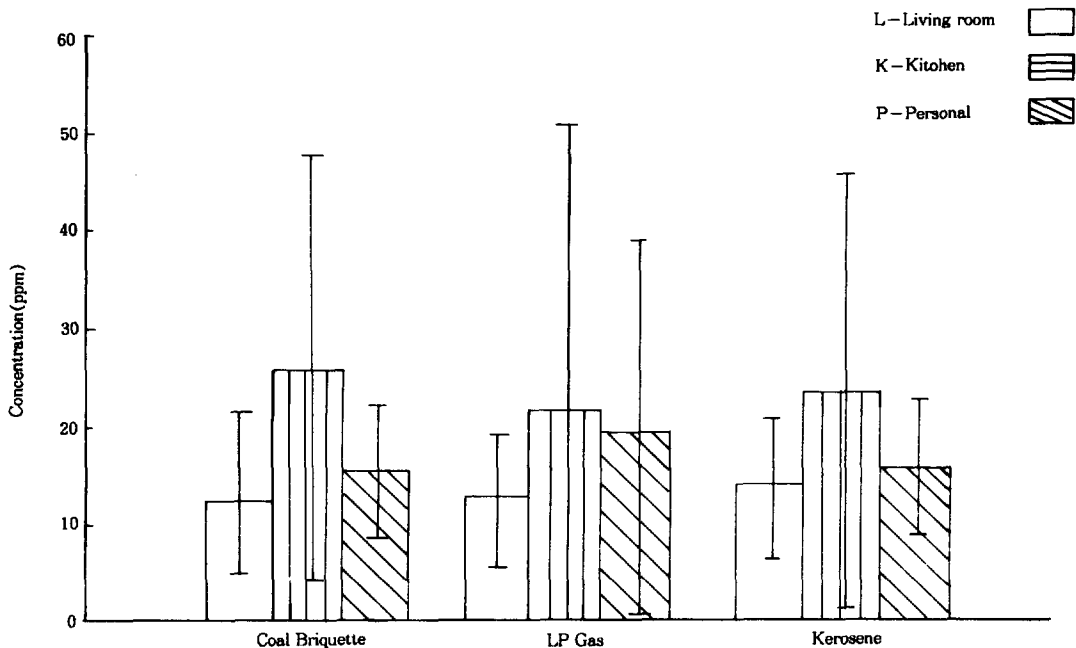


Fig. 4. Mean CO concentrations in houses by type of cooking fuel. Bars denote 1 S.D.

안방의 농도가 달라질 수 있다. 특히 연탄중독 사고의 발생은 기온, 습도 등 가정내 경제생활 수준 및 실내환경에 따라 좌우될 수 있어<sup>11)</sup> 연탄사용 가정에서의 일산화탄소의 실내의 농도 측정에 대한 계속적이고 장기적인 연구가 진행되어야 한다.

#### 4. 결 론

서울과 충남 도고지역의 연탄사용 가정을 대상으로 1989년 1-2월에 걸쳐 일산화탄소 개인용 측정기구를 이용하여 일산화탄소의 실내(부엌, 안방) 및 주부의 개인 폭로농도를 조사하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 일산화탄소의 실내평균농도는 안방과 부엌에서 각각 11.8ppm, 23.4ppm으로 부엌의 농도가 안방농도보다 약 2배 높았다. 주부의 개인폭로 농도는 18.9ppm이었다.
- 2) 지역별 아궁이 형태별로 보면 서울에서는 재래식 연탄아궁이 사용가정에서 보일러 사용가정보다 일산화탄소의 실내농도 및 개인폭로 농도가 높은 반면 도고에서는 반대현상을 나타냈다.
- 3) 부엌에서 환기시설을 사용했을 경우 사용한 가정보다 일산화탄소의 부엌농도는 높아 그 차이가 유의하게 높은 것으로 나타났다.
- 4) 가정내 흡연 유무는 일산화탄소의 실내농도 및 개인폭로농도에 영향을 미치지 않는 것으로 시사되었다.
- 5) 취사용으로 연탄사용시는 부엌의 일산화탄소 농도가 더욱 높아 일산화탄소의 실내농도는 연탄사용에 크게 좌우되는 것을 시사하고 있다.

(本 論文의 일부는 1988년도 문교부지원 학술진흥재단의 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.)

#### 참 고 문 헌

1. 윤덕로(1987) 일산화탄소중독, 대한의협지, 30, 1078-1085.
2. Baker, S.P., Fisher, R.S., et al.(1972) Fatal unintentional carbon monoxide poisoning in motor vehicles Am. J. Public Health, 62, 1465-1467.
3. Editorial(1981) Carbon monoxide, an old enemy forget, Lancet, 2(8237), 75-76.
4. Fisher, J., Rubin, K.P.(1982) Occurring carbon monoxide poisoning. Arch. Intern. Med., 142, 1270-274.
5. 한국동력자원연구소(1988) 1987년도 에너지 센서스 결과보고서.
6. 조수현 외 2인(1986) 연탄가스중독 발생실태에 관한 조사 연구. 대한의협지, 29, 1233-1240.
7. 이강현 외 3인(1971) 일산화탄소중독의 발생실태에 대한 역학적 고찰. 예방의학지, 4, 95-105.
8. 김일성 외 2인(1973) 가정주방에서의 일산화탄소농도 조사연구. 공중보건잡지, 10(2), 88-96.
9. 이상암 외 2인(1988) 급성 일산화탄소 중독증에서 혈청효소의 변화에 대한 연구. 대한의협지, 31, 70-76.
10. Hishinuma, M., Yanagisawa, Y.(1989) Passive sampler for carbon monoxide using a solid adsorbent. Presented at the 82nd Annual Meeting of Air & Waste management Association.
11. Kim, Y.S.(1985) Seasonal variation in carbon monoxide poisoning in urban Korea, J. Epidemiol. Comm. Hlth., 39, 79-81.