

室内一酸化炭素濃度測定のパortable CO 測定器性能比較とフィールド調査

松本秀明*¹・山本尚理*²・片野秀樹*¹・横山公通*³・石津嘉昭*⁴

Performance Comparison by Portable Sampler of Indoor Carbon Monoxide Level and Its field Survey

Hideaki MATSUKI*¹, Naomichi YAMAMOTO*², Hideki KATANO*¹,
Hiromichi YOKOYAMA*³ and Yoshiaki ISHIZU*⁴

〈抄録〉

室内における一酸化炭素（CO）の発生源は調理器具、暖房機器、喫煙など様々なものが存在する。環境中の一酸化炭素濃度を測定する際は、JIS B 7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）において赤外線吸収方式による計測器について規格化しているが、この測定器は大型であり、室内環境中の測定には適さない。現在、市販されている室内環境測定用ポortableサンプラーは同じ JIS B 7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）に記載され、建築物衛生法に準拠する定電位電極法によるものが多い。本報告では一般に市販されている3社の定電位電極法によるポortable測定器の性能の比較検討を行った。またこの室内環境測定用ポortableサンプラーを用いてフィールド実験を行った。その結果、一般室内におけるシガレット発煙実験の経時変化では3社の測定器共にほぼ同じ値を示し、相関係数 $r=0.997$ 以上を示した。測定器の使用頻度にもよるが、アルコールの除去フィルターは約半年で、また CO センサーについても約1年で劣化する可能性がある。これらの点を考慮して測定することにより、正確な値が測定できると考える。

また喫煙場所では十分な換気を確保すると共に分煙の促進、調理器具使用時は換気扇の使用が重要であると考え。

Key words：ポortable CO サンプラー、性能比較、室内汚染、フィールド調査

I はじめに

一酸化炭素（CO）は化学的には無味・無臭である。炭素を含む物が燃焼すると二酸化炭素が発生するが、酸素が不十分な環境で燃焼、すなわち不完全燃焼が起こると一酸化炭素が発生する。

健康影響としては、一酸化炭素は酸素の約250倍も赤血球中のヘモグロビンと結合しやすい上に、酸素分圧と

オキシ・ヘモグロビン濃度との関係を変調させる。ヘモグロビンには4つの酸素結合部位が存在し、結合数が多いほど結合安定が安定になる。すなわち、末梢の酸素分圧が低い組織に運搬されると酸素の結合が乖離し始めるが、結合する酸素が減るほど乖離しやすくなるため、比較的末梢で酸素を放出する特性がある。ところが、4つある結合サイトのうち1つが一酸化炭素と結合したヘモグロビン（カルボニルヘモグロビン）は、他のサイトに結合した酸素も安定化し放出しにくくなるため、血液の

*1 東海大学健康科学部看護学科

*2 東海大学健康科学部看護学 日本学術振興会 特別研究員 PD

*3 神奈川県立保健福祉大学 栄養学科

*4 広島国際大学工学部 住環境デザイン学科

酸素運搬能力が下がり、末梢で酸素分圧が極端に低下することにより、一酸化中毒を発生させる。

一酸化炭素は、特に酸欠状態でなくとも燃焼に伴い発生するが、炭鉱での爆発事故や地下空間などで換気が悪い場合に蓄積し、また一般家庭では、屋内での木炭コンロの使用、ガス湯沸かし器やストーブの不完全燃焼によって発生量が急激に増えることにより中毒症状を発症させる。このため、大気汚染に係る環境基準については「1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、8時間平均値が20ppm以下であること」とされ、また、労働安全衛生法に基づく事務所衛生基準規則では、事務所の室内における濃度について50ppm以下（空調設備または機械換気設備のある事務所では10ppm以下）とするよう定められている。

大気中の一酸化炭素の測定法は、JIS B7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）で定められており、赤外線吸収方式による計測器について規格化しているが、この測定器は大型であり、一般室内での測定には、適さない。本研究では同じJIS B7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）に記載され、建築物衛生法に準拠する定電位電極法を用いたポータブルCO測定器の性能比較を行った。また、このポータブルCO測定器を用いたフィールド調査を行った。

II 方 法

1. CO測定器の性能比較

本研究に用いた一酸化炭素測定器3機種の概要を表1に示す。3機種共に、測定原理は定電位電極法であり、測定範囲はG社が50.0ppm、他2社は100ppmである。また最小メモリはS社が1ppmで他社は0.1ppmである。

測定器の重量はK社が1kgで最も軽かったが、S社

製品はCOの他に粉塵計・騒音計・照度計が一体となっている。

2. 使用機材

2.1 測定器：G社、S社、K社製CO測定器

2.2 データロガー（記録用）：G社用は外付け、S社、K社の測定器には内蔵されている。

2.3 スパンガス：スパン調整用

高千穂化学工業株式会社（CO：26.4ppm、CO₂：1570ppm）

2.4 ゼロガス；ゼロ調整用ガス

高千穂化学工業株式会社（O₂：20.8%、N₂：Balance）

3. 測定前の調整

3.1 ガス濃度測定前の点検

(1) アルコール除去筒またはアルコールフィルターの確認

(2) ランプ、液晶表示部の全点灯を確認

(3) 電池電圧の確認

3.2 センサーのゼロ調整

ガスの抜けている校正用バックに50～100cc程度、ゼロ調整用ガスを封入、測定し、ゼロ調整を行った。

3.3 センサーのスパン校正

スパンガスにより、CO測定器のCOスパンボリュームで指示値を校正用ガス濃度（CO）に合せた。スパンボリュームを回しても指示が上がらなかった場合は、感度が低下しているので、COセンサーを交換した。

4. 測 定

電源を入れてから暖気終了後（G社；2分、S社；1分、K社；1分）後の状態から測定を開始した。

表1 CO測定器の概要

機種	G社	S社	K社
測定原理	定電位電極式	定電位電極式	定電位電極式
測定範囲	0～50.0ppm	0～100ppm	0.0～100.0ppm
最小メモリ	0.1ppm	1ppm	0.1ppm
測定精度	フルスケールの±5%	フルスケールの±5%	フルスケールの±5%
使用温度範囲	－5℃～40℃	0～40℃	0～40℃
重量	2kg	3.5kg	1kg
電源	AC100V 内蔵電池で6時間以上	AC100V 内蔵電池で5時間	AC100V アルカリ乾電池にて6時間

5. 結果の出力

データは、データロガーに蓄積される。蓄積されたデータは接続ケーブルを介して、パソコンに取り込まれる。

なおデータロガーのCO測定間隔は1分間隔で蓄積した。

また解析は表計算ソフト（Micro Soft 社製 Excel 2003）、および統計解析ソフト SPSS（ver. 15.0）によって実施した。

6. 室内における発煙実験

幅 2.3m×長さ 6.6m×高さ 2.7m=40.99m³ の室内においてロングピース 1 本を発煙させ、点火部から 4 cm の部分で消火した。G 社・S 社および K 社の CO 測定器を用い、室内 CO 濃度を発煙時から、発煙前のレベルまで CO 濃度が減少するまで CO を経時的に測定した。

7. 喫煙所におけるフィールド調査

病院に隣接する喫煙所（天井および片方の壁面は病院ビルの一廊であるが、他方の壁面は被われていない。）において、喫煙者のいる状態で、G 社、S 社および K 社の CO 測定器を用い経時的に測定した。

8. 一般家庭における調理器具使用時の室内 CO 濃度の変化

一般家庭において、調理時に発生する CO 濃度を測定した。調理器具はパロマガスコンロ PD-K32 を用いた。また CO 濃度測定は東芝社製：台所用換気扇 VFH-

30AN2 を使用した場合と、換気扇を使用しない場合について測定した。調理内容は野菜炒め 4 名分、調理時間は 5 分間であった。なお調理についての実験には G 社測定器と K 社測定器の 2 機種を用いた。

III 結 果

1. 室内における発煙実験

室内におけるロングピース 1 本を発煙させた後の、CO 濃度の経時変化を図 1 に示す。シガレット発煙後から 3 測定器共に CO が上昇し、測定開始から 15 分後まで CO の濃度は直線的に上昇し、最大値は S 社 4.1ppm、G 社と K 社では 3.8ppm を記録した。その後、CO 濃度が緩やかに減衰するという濃度変化は、3 測定器ともに同じパターンを示した。

測定値は S 社測定器が、他の 2 社の測定器の値に比べ、やや高い値を示したが、3 社の測定器の最大値と最小値の差は 0.1ppm～0.3ppm であった。

3 社の CO 濃度測定値の相関図を図 2～図 4 に示す。

G 社と S 社測定器の CO 濃度の相関係数 $r=0.9991$ 、S 社と K 社では $r=0.9978$ 、G 社と K 社では $r=0.9983$ で高い相関係数を示し、いずれも有意 ($p<0.001$) であった。

2. 喫煙所におけるフィールド調査

病院に隣接する喫煙所における喫煙者のいる状態での G 社、S 社および K 社の CO 測定器による測定値の経

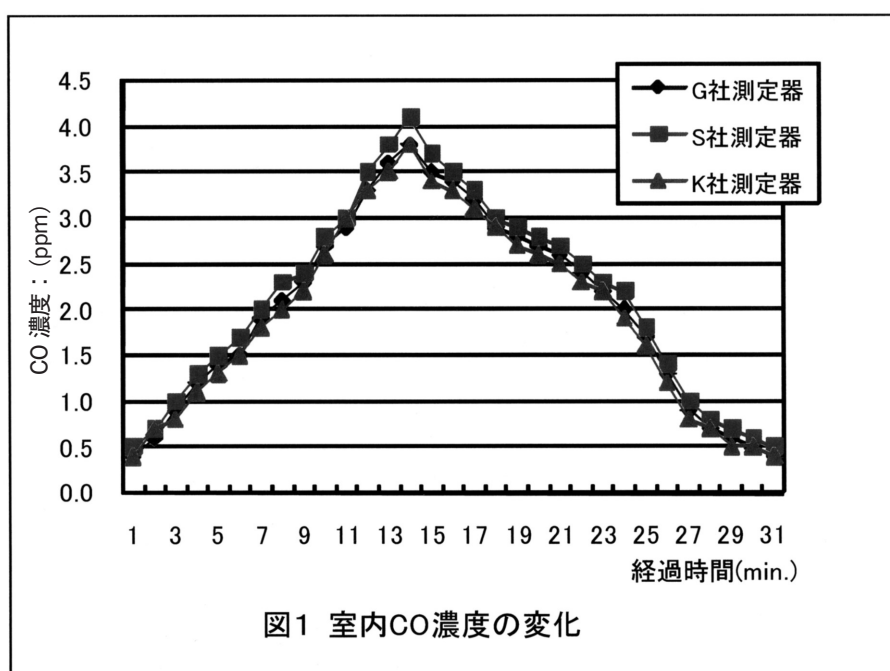


図1 室内CO濃度の変化

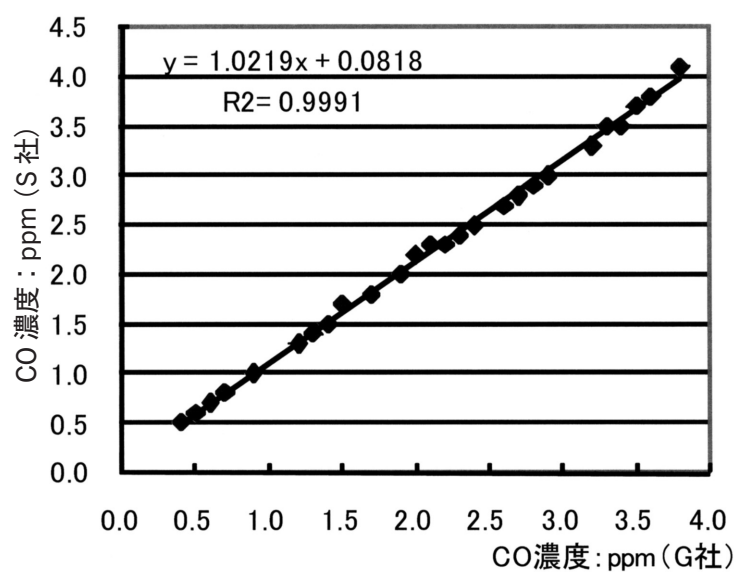


図2 G社とS社の測定器によるCO濃度の相関

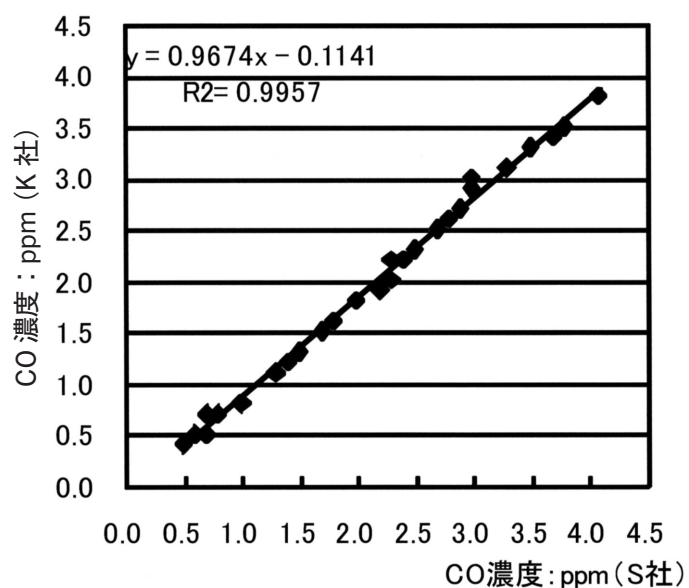


図3 S社とK社の測定器によるCO濃度の相関

時変化を図5に示す。S社の測定器が、他2社の測定器に比べやや高値を示したが、3測定器共に喫煙者がいた場合にはCO濃度が上昇し、喫煙者がいない場合、CO濃度は減少し、3社の測定値は一致していた。なお測定中の喫煙場所における喫煙者数は図5中のCO濃度のピーク時において、各々4人、8人、7人、5人であっ

た。喫煙者が8人、7人の場合、CO濃度は4.0ppmを超えていた。

3. 一般家庭における調理器具使用時の室内CO濃度の変化

調理器具使用時の室内のCO濃度の経時変化を図6に

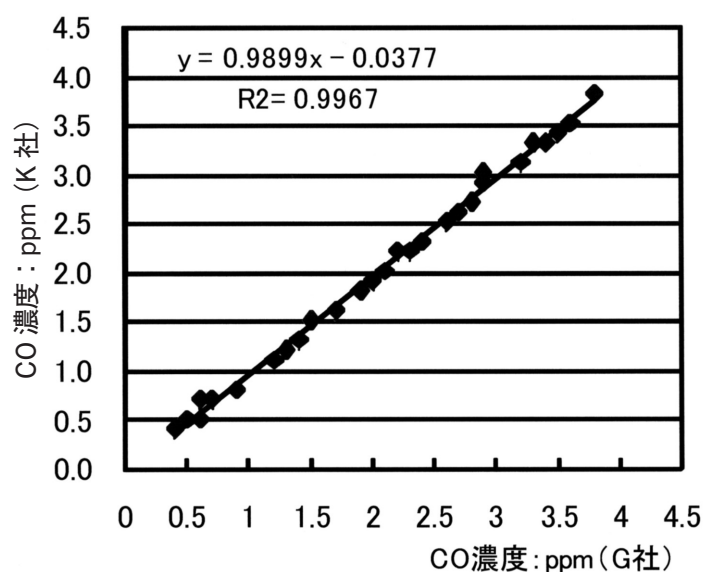


図4 G社とK社測定器によるCO濃度の相関

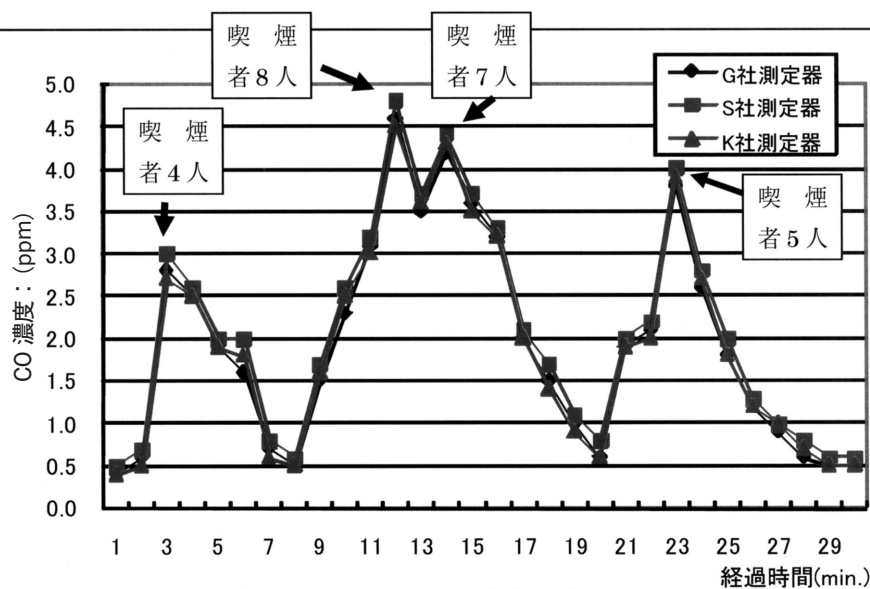


図5 喫煙場所におけるCO濃度の変化

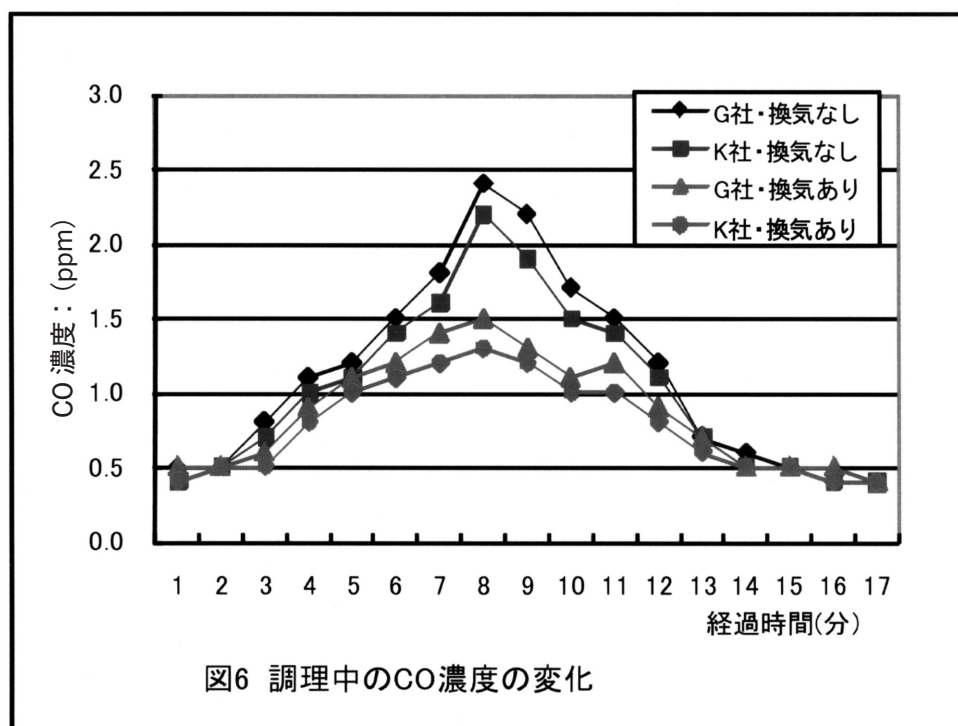
示す。換気扇を使用しない場合、台所の CO 濃度は調理開始から徐々に濃度が増加し、料理開始 8 分後に最高濃度（G 社測定器で 2.4ppm、K 社測定器で 2.2ppm）に達し、その後、徐々に減少した。また換気扇を使用した場合も同様に料理開始 8 分後に最高濃度（G 社測定器で 1.5ppm、K 社測定器で 1.3ppm）に達し、その後、徐々に減少した。

換気扇を使用した場合と使用しない場合の最大の差は

G 社の測定器で、調理開始後 8 分後、9 分後に 0.9ppm を示し、換気扇の使用により、CO は 2.4ppm から 1.5ppm へ約 37% 減少したことになる。

IV 考 察

大気中的一酸化炭素の測定法は、JIS B 7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）で定められており、赤



外線吸収方式による計測器について規格化しているが、この測定器は大型であり、一般室内での測定には、適さない。

本研究では同じ JIS B 7951（大気中一酸化炭素自動計測器：2004年）に記載され、建築物衛生法に準拠する定電位電極法を用いたポータブル CO 測定器の性能比較を行った。なお、赤外線吸収方式と定電位電極法による CO 測定の信頼性については、Bay 等の論文に詳細に記載されている。（Bay *et. al.*, 1972：Bay *et. al.*, 1974）

本研究では、このポータブル CO 測定器の性能比較とフィールド調査を行った。今回の測定器の検討から、3社の測定器による CO 濃度は高い相関を示した。測定に際してはセンサーのゼロ調整、スパン校正を行うことにより空气中 CO の正確な測定が可能となる。しかし、測定器の使用頻度にもよるが、アルコールの除去フィルターは約半年で、また CO センサーについても約1年で劣化する可能性がある。これらの点を考慮して測定することにより、正確な値が測定できると考える。

アメリカ Surgeon General の報告（USDHEW, 1979）によれば、シガレット 1 本当たり（標準喫煙状態：1 分間に 1 度 2 秒間吸煙し、吸い殻の長さ 23mm を残す）の主流煙（MS：Main stream）と副流煙（SS：Side Stream）の CO は MS, SS 各々 1000～20000 μ g/cig. と 25000～50000 μ g/cig. とされている。また SS/MS の比を比べると 2.5 であり、SS が MS より多く排出されて

いる。

今回の室内実験では、シガレット煙 1 本の発煙で、最大値 4.1ppm（S 社）であったが、同じ室内で同時に何本もの喫煙がなされた場合は、大気環境基準値：「1 時間値の 1 日平均値が 10ppm 以下であり、かつ、8 時間平均値が 20ppm 以下であること」を超えることは想像に難くない。また喫煙所の CO 測定において、天井および片方の壁面は病院ビルの一廊であるが、他方の壁面は被われていない状況であっても、喫煙者が 7 人あるいは 8 人を超えると 4ppm を超えることは希ではない。喫煙については今後も分煙を図って行く必要があると考える。

また今回の調理器具の CO 測定結果から、換気扇を使用することにより台所の CO 濃度は約 37% 減少することが明らかとなった。

室内汚染問題は、喫煙や調理の問題に限定されるものではない。即ち、現代人の多くは通常 1 日 80～90% を室内で過ごす。また 1970 年に起きたオイルショックを契機とし省エネルギー対策により、室内換気回数の減少及び室内保温増大のための気密性が増加し、室内空気汚染問題に関心が集まった。さらに高度経済成長・生活水準の向上と相まって、建材・室内装飾品への、化学物質利用が進み、化学物質による室内汚染が発生した（春日等、1992）。

室内空気汚染濃度を左右する要因は第一に室内の発生

源、第二に外気から室内への進入、第三に室内の換気率と部屋の容積が考えられる。室内発生源は移住空間により変化する。即ち、使用している暖房器具が開放型か排気型か、また石油ストーブか、住宅構造が木造か鉄筋・鉄骨かにより、また調理器具が石油・ガスか電気か、室内に喫煙者が居住するか否かにより、室内汚染の量と質が変化する。さらに、室内の温・湿度によって建材や室内装飾品から放散される化学物質の濃度が異なってくる。室内汚染物質は暖房・調理等によって発生するCO、CO₂、NO_x、NO₂、粒子状物質等が存在し、建材から放散されるラドン、室内装飾品・断熱材等からのホルムアルデヒドをはじめとする化学物質が挙げられる(松木、1998)。また住宅の気密性の増大と冷暖房の普及に伴い室温の温・湿度が一定に保たれ、ダニ・カビ・微生物の繁殖・生育に好条件となり、室内汚染を引き起こしていることも注目される。

現在、室内空気汚染物質の規制に関しては、大規模な職場に限り、建築物衛生法により浮遊粒子状物質、COの管理値が定められているが、一般住宅に対する法的規制はない。快適で健康な室内環境を達成するため一層の努力が望まれる。

謝 辞

本研究の一部は、喫煙科学研究財団からの研究助成を頂いた。

参考文献

- Bay H.W., Blurton K.F., Lieb H.C., Oswin H.G. (1972): Electrochemical measurement of carbon monoxide. Amer. Lab. 4, 57-61.
- Bay H.W., Blurton K.F., Sedlak J.M., Valentine A.W. (1974): Electrochemical technique for the measurement carbon monoxide. Anal. Chem. 46, 1837-1839.
- USDHEW (1979): Smoking and health; A report of the Surgeon General. Public Health Service, Office of the assistant secretary for health, Office of the Smoking and Health. DHEW publication, No. (PHS) 79-500066, 11-3~11-47.5)
- USDHHS (1986): The health consequences of involuntary smoking: A report of Surgeon General, Public Health Service, Center for disease control. 66-102.
- 春日 齊、松木秀明 (1992): 室内汚染と健康問題、大気汚染学会誌、27、A65-A72.
- 松木秀明 (1998): 化学物質による室内汚染、大気環境学雑誌、33、A19-A30.