タバコ煙中のCOの含有量について

大塚昭治, 藤原一恵, 井川久保, 平山 清

日本大学理工学部薬学科¹⁾

Studies on Carbon Monoxide Content in Cigarette Smoke

SHOJI OTSUKA, KAZUE FUJIWARA, HISAYASU IKAWA

and KIYOSHI HIRAYAMA

Pharmaceutical Institute, College of Science and Engineering

Nihon University¹⁾

(Received March 26, 1970)

In order to determine the amount of carbon monoxide in cigarette smoke, examination was made on how to dilute cigarette smoke with air to 50-fold dilution, and the amount of carbon monoxide in the diluted smoke was determined by the test tube detector of Kitagawa's method. This method may be the simplest and most practical because the values obtained were very close to that of Mumpower and others who had employed gas chromatography to estimate carbon monoxide in cigarette smoke. This apparatus is compact and portable, and the whole determination requires only five minutes. Since the moisture content of cigarettes had little or no effect on evaluation of carbon monoxide, as was proved by Mumpower, examination was made on relationship between carbon monoxide content and some other factors.

まえがき

近年日本でも公害問題が急に注目され、とくに都市では自動車の排ガス中のCOとNO₂, さらに媒煙中のSO₂による空気汚染が重視されている。COについては今年2月20日にその環境規準が閣議で決定され、8時間では20 ppm 以下、24時間では10 ppm 以下とされた。

COの有害性については、排ガスのみならずタバコ煙中の喫煙者ならびに同室者にたいし当然問題視すべきものと思う。タバコ煙中のCOについては、衛生試験法注解²⁾および広川書店発行「裁判化学」に0.5—1.0%と記載されているが、これはどんな測り方をした結果か明らかでない。

著者らが検知管でざっと測定して概算するとタバコ煙中のCOは大体3%前後と推定されたので、これを精密に測定するために、この実験を始めた次第である。

外国では古くは Armstrong and Evans,³⁾ Baumber-

ger,⁴⁾ Bogen,⁵⁾ Osborne⁶⁾ らが各々報告しているが、その値は0.6—5.8%と種々である。1962年 Mumpower⁷⁾ はガスクロマトグラフィーにより、15種類の米国製タバコを測定し、3.0—5.0%と報告している。しかしこれらの報告で使用された方法すなわち赤外線吸収スペクトル法、質量分析法、ガスクロマトグラフィーなどは、いずれも高価な機器を必要とし、操作が複雑で測定時間もかなり長い。今回著者らはCO定量法として最も簡易な検知管法により、国産タバコ10種類について、喫煙時のタバコ煙中のCO含量と、喫煙方法によるCO含量の変化について実験したので結果を報告する。なお本測定法による所要時間は1回につきわずか5分である。

本法のアイデアはきわめて簡単で、だれでも思いつくであろうが、実技操作について下記のように細心の注意を払わなければ、好結果は決して得られない。

COを濃厚に含む気体試料の場合、これを検知管で測

1) Location: Kandasurugadai 1-8, Chiyoda-ku, Tokyo (東京都千代田区神田駿河台1-8)

2) 日本薬学会編, 「衛生試験法注解」, 金原出版株式会社, 1965.

3) Armstrong H. E., E. V. Evans, *Brit. Med. J.*, **1**, 992 (1922).

4) Baumberger J. P., *Pharmacol. Exptl. Therap.*, **21**, 23 (1923).

5) Bogen, Emil, *J. Am. Med. Assoc.*, **93**, 1110 (1929).

6) Osborne J. S., Adamek, M. E., Hobbs, *Anal. Chem.*, **28**, 211 (1956).

7) Mumpower R. C., J. S. Lewis, G. P. Touey, *Tabacco Science*, **8**, 30 (1962).

定するには、まずこの試料を空気などで希釈しなければならないが、従来は希釈するのに電気モーターと 18 liter の藤巻瓶を使っていた。これでは携帯ができないが、著者らの方法では携帯が容易で、野外でも応用できるから、排ガスなどに対して測定し得るようになった。

実験方法

1. 試料 市販の国産紙巻きタバコ 10 種類について実施した。

両切り：しんせい、いこい、スリー A、ピース、富士。
フィルター付き：ハイライト、セブンスター、ルナ、ロングピース、ロングホープ。

2. 測定器具 (i) 北川式 CO 検知器——a：送用法用ポンプ、内容積 50 ml、三方コック、比色表、温度計つき。

b：送用法用 B 型検知管

測定可能範囲：0.01—0.1% (15°基準)

送 入 時 間：30 秒

この B 型は検知剤層が 2 層で、CO と共存するエチレンまたは炭化水素類の影響を避けられるようにできている。

(ii) ガラス管製タバコホルダー——内径 8 mm、長さ 2.5 cm のガラス管の一端を、タバコ外径に合わせてわずかに捻げたもの。

(iii) 連結用ゴム管——内径 6 mm、長さ 2 cm の黒ゴム管。

(iv) ガラス製ツベルクリン皮内注射用注射器——2 ml。

以上の部品を Fig. 1 のように連絡する。

Fig. 1. The Pump for CO Determination

3. 測定方法 本測定は原則として衛生試験法記載の方法によるが、吸引した煙はそのままでは CO 濃度が大きくて検知管の測定範囲を超えるので、希釈法その他に少し工夫を加えた。

(i) 試料煙の採取——(a)タバコに点火した煙を約 10 ml 吸引した後、ピストンを静かに押して煙をホルダー内に逆流させ、タバコとホルダーの間に漏れのないこと

を確認する。

(b)ピストンを 2 回往復させて、ホルダーおよびポンプ内の空気を煙と置換する。この際放出する煙は検知管取付口 B から逃がす。

(c)ピストンを引き試料の煙を採取する。

(ii) 試料の煙の希釈——(a)ピストンを静かに押して煙を検知管取付口 B から徐々に流出させながら注射器を B にはめ、煙を約 1.5 ml 注射器に移す。

(b)注射器のピストンを静かに押しながら、筒先を B から半分はずし、注射器の中の煙を放出した後、手早く筒先を B にはめこむ。

(c)再び注射器に煙を移し、(ii)の操作をくり返し注射器内の空気を煙と置換した後、正確に 1.5 ml の煙を注射器に移し、ポンプ内に残った煙はガス取入口 A から全部放出する。

(d)ポンプ内を空気で 2 回洗った後、コックを立て (Fig. 1 C₂ の位置) 注射器中の煙を正確に 1 ml だけポンプ内に移し、注射器をぬきとる。

(e)ポンプのピストンを 50 ml いっぱいまで引き、煙を 50 倍に希釈する。

(f)上記(a)(b)(c)の操作中は検知管取付口 B から空気の逆流を防ぐため、常にピストンを軽く押して内部圧をわずかに高くし、煙が外に流出するよう注意する。また注射器のピストンは特に軽く動くようにし、1 ml の煙を測り取る時、煙が 1 気圧の状態になるよう注意する。

(iii) 検知管への送入——送入速度は 1—1.5 ml/sec とし、正確に 30 秒で送入を止めて検知管をはずす。

(iv) 比色・温度補正——(a)待ち時間 2 分間経過後 (測定温度 15—20° の時)、比色によりその示度を読み、測定場所の温度から温度補正表を用い補正濃度を求め、さらに 50 倍にして真の濃度を求める。

TABLE I. Corrected CO Concentration (ppm) by Temperature

Indication (ppm)	Temperature (°C)					
	15	16	17	18	19	20
100	100	90	85	80	75	70
200	200	190	170	160	150	140
300	300	280	260	240	220	200
400	400	370	340	310	290	270
500	500	460	430	400	370	340
600	600	550	510	470	440	400
700	700	650	600	560	520	480
800	800	740	690	640	600	560
900	900	840	780	720	680	630
1000	1000	930	860	800	750	700

(b)温度補正表：衛生試験法の温度補正表は温度が5°間隔なので，グラフ法により補正を行ない，つぎの Table I を作成した。

Table I で明らかなように，温度差による補正值の変化が大きいため，測定場所の温度は正確に知ることが必要である。

実験成績

本実験に際して，北川式検知管を用いた場合の各種条件下における測定値の影響を考慮し，(1)他の含有物の影響，(2)タバコの吸引条件について，つぎのような基礎的実験を行なった。

(1) 他の含有物の影響 タバコ煙中には CO 以外に窒素，酸素，水蒸気，CO₂，ニコチン，タール，メタン，エタン，炭化水素類，青酸ガスなどが含まれているのでこれらが検知管の着色に影響を与えないことが，測定の条件として必要である。

(a)窒素，酸素，水蒸気，CO₂，メタン，エタンは全く影響しない。²⁾

(b)炭化水素類としては，エチレン 0.1%，アセチレン 0.01%，プロパン 0.06%，プロピレン 0.07%，イソブタン 0.001%，ブタン 0.006%程度を含有しており，³⁾ これらのガスにより，検知剤は青褐色に着色するが，B型検知管を使用することにより，この程度の含量（測定時に50倍に希釈）による影響は，第1層の検知剤で押えられ，第2層には影響がないものと考えられている。

(c)青酸ガスは 0.04% 程度含まれている。³⁾ 青酸カリと希塩酸とから発生させた，青酸ガスと空気との混合気体 (0.05%) を B 型検知管に 1 分間送入した結果，検知剤に

着色は認めない。

(d)ニコチンおよびタールの影響を調べるため，喫煙によってパイプに附着した黒褐色のニコチン，タールを含む混合物（一般にタバコのやにと呼ばれるもの）を集めその約 0.3 g をフィルターにしみこませ，このフィルターをとおした空気を B 型検知管に 5 分間送入した結果，検知剤に着色は認められない。

以上の結果から CO 以外の含有物は測定値に影響しないものと考えた。

(2) タバコの吸引条件 喫煙者 10 名について観察の結果，下記の吸引条件で実験を行ない，実験はすべて一服の煙について測定した。

(a)標準吸引速度——1 回の吸引量：25 ml

1 回の吸引時間：2 秒

吸引の間隔：30 秒

(b)特殊な場合の吸引速度——軽く吸う：25 ml を 6 秒間で吸う。

強く吸う：25 ml を 1 秒間で吸う。

(c)標準測定位置——どのタバコも吸い口から 3 cm を残すこととし，半分まで吸った位置の 1 服について測定する。

(d)特殊な位置——吸い始めの 1 服：点火端から 0.5 cm の所，最後の 1 服：吸い口から 3 cm の所で，ほぼ 12 服目に相当する。

(3) 試料のタバコについての測定結果 (a)10 品種について各 5 本あて標準吸引速度，標準測定位置における 1 服について測定した結果は，Table II のように両切りタバコの方が，フィルターつきタバコよりも CO 含量が

TABLE II. CO % in the Smokes of Various Cigarettes

Commercial names		CO (%)					Minimum	Maximum	Average
Cigarettes without mouthpieces	Shinsei	5.3	4.6	5.1	4.0	4.8	4.0	5.1	4.8
	Ikoi	4.1	4.2	4.6	4.8	4.5	4.1	4.8	4.4
	Three A	4.5	4.9	4.5	3.2	3.7	3.2	4.9	4.2
	Peace	4.5	4.9	3.2	3.7	3.7	3.2	4.9	4.0
	Fuji	3.8	3.5	2.7	2.9	3.2	2.7	3.8	3.2
Cigarettes with filter	Hi-lite	3.5	3.2	2.9	3.4	3.7	2.9	3.7	3.4
	Seven star	2.8	2.4	2.7	2.9	2.9	2.4	2.9	2.7
	Luna	2.3	3.2	2.9	2.8	3.4	2.3	3.4	2.9
	Long peace	3.5	3.9	2.9	3.4	3.2	2.9	3.9	3.5
	Long hope	2.7	3.8	3.3	2.7	2.9	2.7	3.8	3.1
average in all		3.6							

8) H. W. Patton, G. P. Toney, *Anal. Chem.*, **28**, 1685 (1956).

9) 塚元久雄，奥井誠一，“裁判化学”，南山堂，24.

TABLE III. Relation between Smoking Rapidity and CO %

Smoking condition		CO (%)					Minimum	Maximum	Average
Strong	(25ml, 1 sec)	4.5	5.6	4.8	4.3	5.2	4.3	5.6	4.9
Standard	(25ml, 2 sec)	3.1	3.5	3.5	4.1	3.8	3.1	4.1	3.6
Week	(25ml, 6 sec)	2.4	2.1	1.6	1.9	2.2	1.6	2.4	2.0

TABLE IV. Relation between Smoking Part of a Cigarette and CO %

Smoking part		CO (%)					Minimum	Maximum	Average
Beginning part	(0.5cm)	2.4	2.8	2.0	3.1	2.8	2.0	2.8	2.6
Standard	(half)	3.1	3.5	3.5	4.1	3.8	3.1	4.1	3.6
End part	(3 cm)	3.4	4.1	3.5	4.1	4.2	3.4	4.2	3.9

多い。

(b)吸い方の強弱とCO含量の関係を調べるため、ハイライトについて標準測定位置で強、標準、弱の3条件で各5本あて測定した結果は、Table IIIのようにタバコを短時間で強く吸うとき、その煙中のCO含有量は多くなる。

(c)吸引位置とCO含量の関係を調べるため、ハイライトについて標準吸引速度で吸い始め、標準位置、最後の1服について各5本あて測定した結果はTable IVのようにCO含量ははじめに少く、終りに多くなっている。

考 察

国産品10種類のタバコについて、その煙中のCO含量を北川式検知管法により測定し、Table II—IVを得た。これらの結果を総合して考察すると、次のようなことがいえる。

(i) 10種類のタバコ煙中のCO含量は2.7—4.8%、平均3.6%で、一般に両切りタバコの方が、フィルター付きタバコよりもCO含量が多い。本実験ではその原因分析に触れなかったが、両切りでも富士は3.2%でフィルター付きの平均3.1%と同程度であるから、タバコ葉の品種によるファクターが相当大きいと推察される。両切りの平均は4.1%である。

(ii) 吸い方の強弱により、CO含量は明らかに差があり、軽く吸えば強く吸った時よりCOを半分以下に押えることができる。

(iii) はじめの1服と終りの1服とではCO含量に明らかな差があり、終りに近づくにつれてその含量は多くなる。この原因としてニコチン、タールなどの凝縮が考えられる。

む す び

本実験のデータはガスクロマトグラフィーによる R. C. Mumpower⁷⁾ のデータと近似の結果を示したが、タバコ煙の希釈法や、温度補正法に細心の注意をはらえば、北川式検知管法はタバコ煙中のCO含量の簡易測定法として十分実用に供し得ると思う。器具が小さくて携帯に便利であるうえ、実験所要時間が1回につき約5分の短時間でこなせる利点を持つ。R. C. Mumpowerらは巻タバコの水分がCOの発生量にほとんど全く影響のないことを証明したので、著者らは他のファクターとCOとの関係を明らかにしようと試み、その結果を表で示した。

謝辞 本研究について助言をいただいた専売公社中央研究所の鍋木部長に深く感謝の意を表わす。