

## 燃焼排ガスによる室内空気の汚染について(第3報)

齋藤 安 正\*  
山 形 真 司\*\*

### 1. はじめに

近年、多くの分野において省エネルギーが唱えられ、建物については冷暖房効率の向上がはかられており、建物の気密性は、今後益々高くなる傾向にあると言える。

一方、室内において換気を充分行わずに開放型(室内の空気を消費し、燃焼ガスを室内に放出する)燃焼器具を使用した場合に発生する、不完全燃焼による中毒事故(一酸化炭素中毒)は東京消防庁管内において毎年70件程度発生している。<sup>(1)</sup>

将来、前述のように建物の気密性が高くなった場合には、現在以上の事故の発生が予想されるため、昭和51年度以降、事故に至る諸要因に関する研究を続けてきたが、今回は燃焼ガス及びガス器具の種類別の燃焼特性に関して、前年度から継続して実験研究を行った結果の概要を報告する。

### 2. 実験目的

通気性の良くない室内で、ガス器具を使用することにより発生する酸欠状態における燃焼特性を、燃焼ガス及びガス器具の種類ごとに究明する。

表1 都内で使用されているガスの組成とその特性

	6 B (製造ガス)	13 A (天然ガス)	6 A (ブタン,エアガス)	LPガス (い 号)
発熱量 (kcal/ Nm <sup>3</sup> )	5,000±5	11,000±5	7,000	24,000
比重	0.62	0.66	1.24	1.52
ガス組成 (容量%)	H <sub>2</sub> 37.2 CO 4.6 CH <sub>4</sub> 26.7 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 4.8 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 1.3 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 0.5 CO <sub>2</sub> 10.1 O <sub>2</sub> 2.1 N <sub>2</sub> 12.7	CH <sub>4</sub> 87.5 C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 5.7 C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 6.0 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 0.8	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 22.0 O <sub>2</sub> 16.0 N <sub>2</sub> 62.0	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> 90.0 C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> 1.5 C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> 8.0 C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 0.3 CH <sub>4</sub> 0.2
着火温度 (°C)	550~600	630~730	490	510
燃焼速度 (cm/s)	47~67	38~40	38	43
火炎温度 (°C)	1,700	2,050	1,895	2,150
爆発限界 下限 (空气中vol%)	5.6	4.3	1.9	2.2
爆発限界 上限 (空气中vol%)	31.3	14.4	8.5	9.5
完全燃焼理論空気量 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	4.6	11.0	6.1	24.4
1,000 kcal当りの理論空気量 (m <sup>3</sup> )	0.92	1.00	0.87	1.02

### 3. 実験内容

#### (1) 実験室及び実験装置

前回(所報第15号)の報告と同一のものを用いた。なお、実験室の換気回数は前回(所報第15号)に報告したように実験中は0.1~0.2回/時程度である。

#### (2) 燃料ガス

現在、東京都内で使用されている燃料用ガスの中から、今回は6B、今回は13A及びLPGを選び実験に使用した。

これらのガスの組成とその特性については表1に示す。

#### (3) ガス器具

前回(所報第15号)報告済みの6B用ガス器具と発熱量がほぼ等しい13A及びLPG用ガス器具を実験に使用した。これらの器具は全て新品で、器具名とその発熱量を、6B用器具とともに表2に示す。

表2 実験に使用したガス器具の表示発熱量 (kcal/hr)

器具の種類	ガスの種類		
	6B	13A	LPG
コンロ(1口)	2,150	2,400	2,150
コンロ(2口)	4,600	5,000	4,300
ストーブ(赤外線式)	2,150	2,340	2,270
ストーブ(耐熱金網式)	2,400	2,400	2,380
瞬間湯沸器	9,990	8,300	9,400

なお、LPG用器具の表示発熱量は、単位時間当りの燃料消費量から算出した値である。

#### (4) 測定項目

- ア 酸素濃度 (実験室中央1点)
- イ 一酸化炭素濃度 ( " )
- ウ 二酸化炭素濃度 ( " )
- エ 温度(実験室内上下2点及び室外1点)

#### (5) 測定方法

ガス器具を実験室ほぼ中央に置き、燃料ガスを燃焼させて、燃焼中の火炎の状態を観察するとともに、室内の各ガス(O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>)濃度を測定した。

実験中は各開口部を閉鎖し、2台のファンで室内空気を攪拌することにより、室内のガス濃度分布を一様にし、攪拌状況は温度測定により

確認した。

### 4. 実験結果

#### (1) 不完全燃焼中の炎の状態

各器具について、目視により不完全燃焼中の炎の状態を観察した結果、次の様な現象が生じることがわかった。

##### ア 一口コンロ及び二口コンロ

雰囲気中の酸素濃度の低下につれて、炎の長さが正常燃焼時より上方に伸びる。更に酸素濃度が低下すると、炎の一部が欠け始め、不安定な状態が続いた後消えてしまう。

##### イ ストーブ(赤外線式及び耐熱金網式)

正常燃焼時に赤熱されるセラミックプレート又は耐熱金網が、雰囲気中の酸素濃度の低下につれて、床に近い部分から青く変色し、更に酸素濃度が低下すると全体が青色となり、不安定な状態が続いた後消えてしまう。

##### ウ 瞬間湯沸器

雰囲気中の酸素濃度の低下につれて、炎が上方に伸び、更に酸素濃度が低下するとバーナー周辺部の炎の一部が欠け始め、中央部で不安定な状態が続いた後消えてしまう。

#### (2) 実験室内の各ガス濃度の時間変化

実験室内における各ガス濃度の時間変化について測定した結果を、13A用器具について図1~図5に示す。LPG用器具については、紙面の都合上省略する。

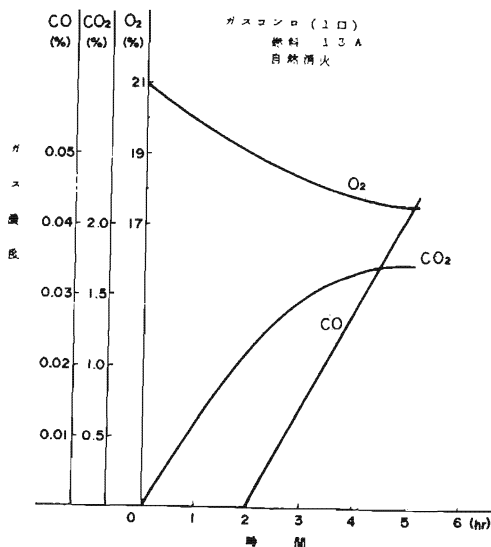


図1 ガスコンロ(1口)のガス濃度変化

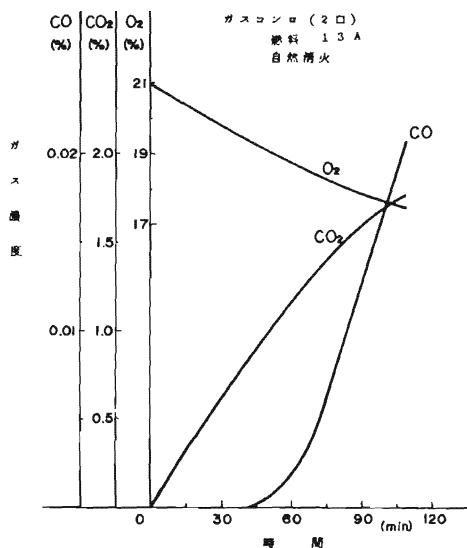


図2 ガスコンロ (2口) のガス濃度変化

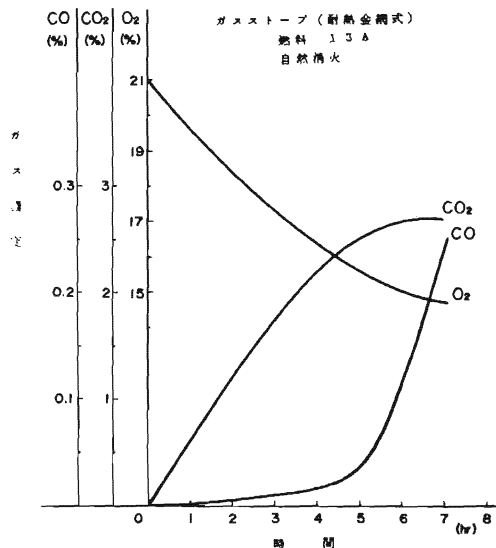


図4 ガスストーブ(耐熱金網式)のガス濃度変化

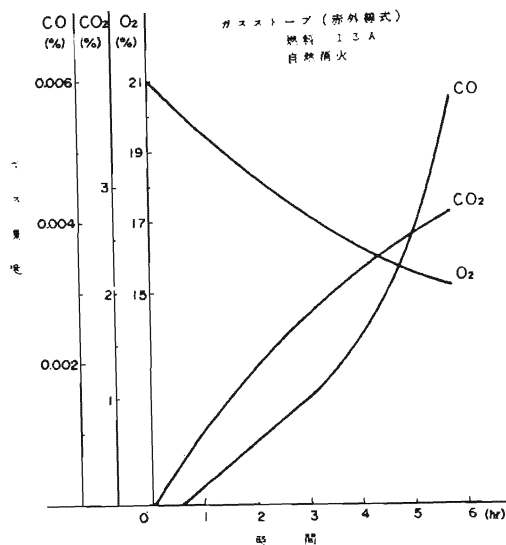


図3 ガスストーブ (赤外線式) のガス濃度変化  
なお、6B用器具については前回(所報第15号)掲載済みである。

ア 酸素濃度及び二酸化炭素濃度

13A及びLPG用器具についても、6B用器具の場合と同様の時間変化が見られ、瞬間湯沸器のように発熱量の大きな器具ほど、酸素濃度の減少速度と二酸化炭素の増加速度が大きくなる傾向が見られた。

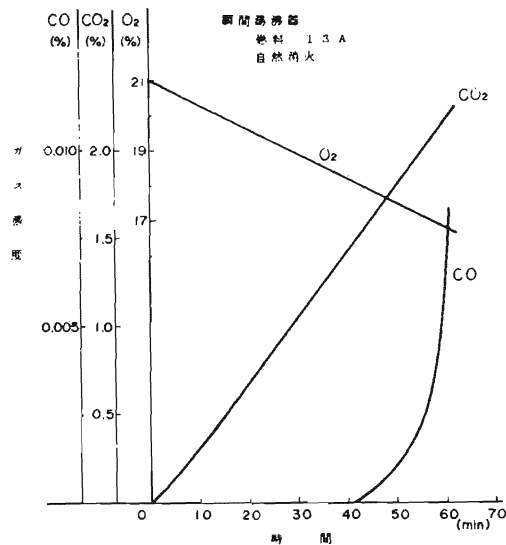


図5 瞬間湯沸器のガス濃度変化

イ 一酸化炭素濃度

一酸化炭素濃度の時間変化については、前回(所報第15号)6B用器具について、いくつかのタイプに分類したが、13A及びLPG用器具についても、これらの分類のどれかに該当した。なお、器具ごとに一つのタイプが対応する傾向は、全体としては見られなかった。

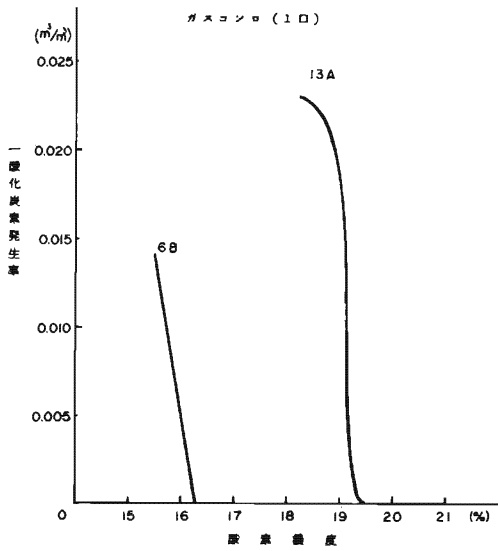


図6 ガスコンロ(1口)の一酸化炭素発生率(6B, 13A)

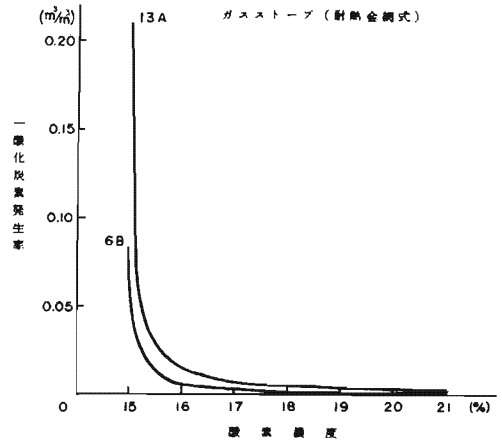


図9 ガスストーブ(耐熱金網式)の一酸化炭素発生率(6B, 13A)

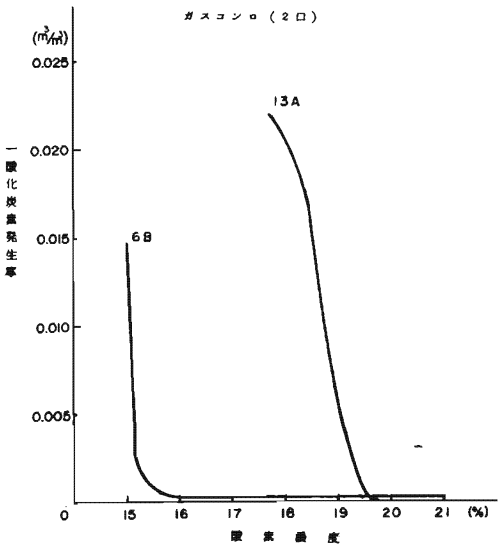


図7 ガスコンロ(2口)の一酸化炭素発生率(6B, 13A)

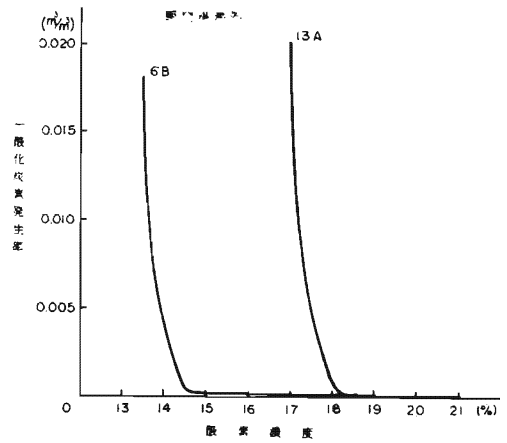


図10 瞬間湯沸器の一酸化炭素発生率(6B, 13A)

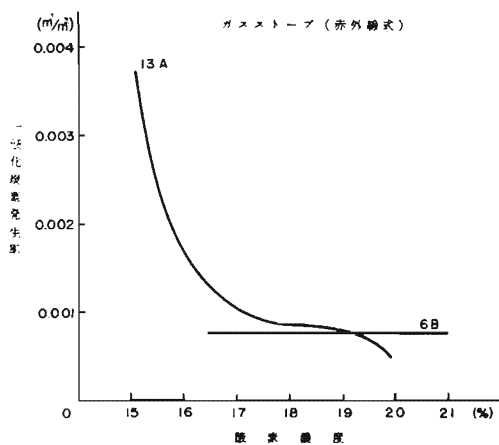


図8 ガスストーブ(赤外線式)の一酸化炭素発生率(6B, 13A)

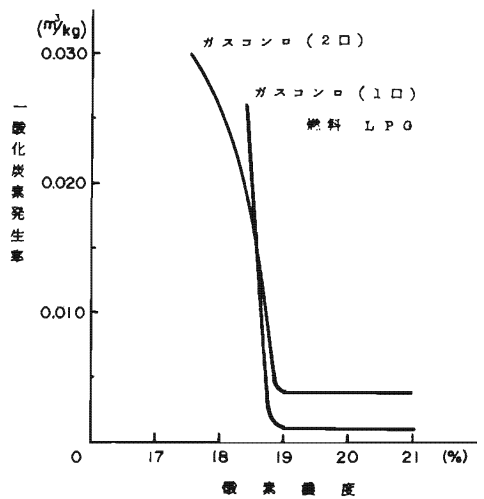


図11 ガスコンロの一酸化炭素発生率(LPG)

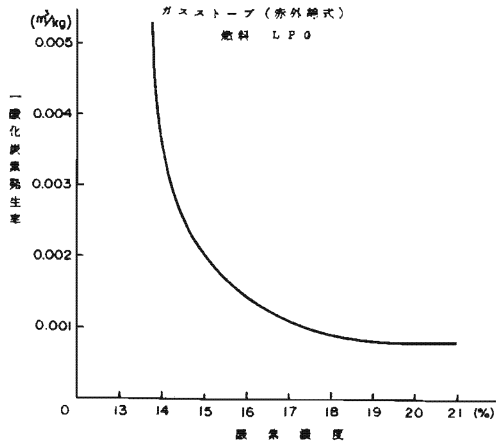


図12 ガスストーブ(赤外線式)の一酸化炭素発生率(LPG)

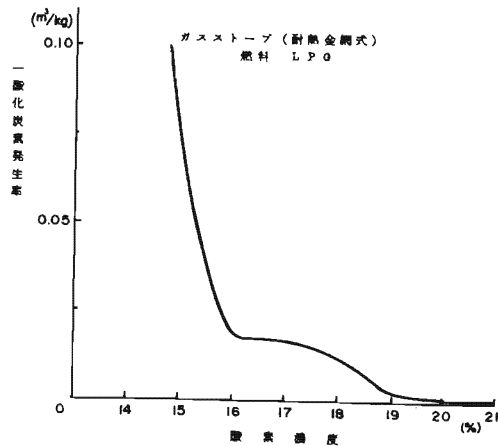


図13 ガスストーブ(耐熱金網式)の一酸化炭素発生率(LPG)

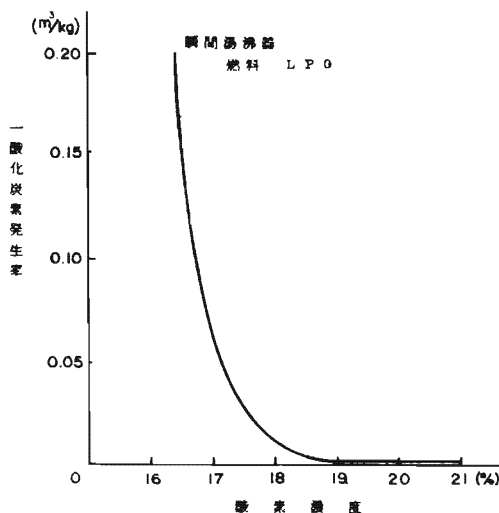


図14 瞬間湯沸器の一酸化炭素発生率(LPG)

全体的に、酸素濃度がある値(器具及び燃料ガスにより異なる)まで低下すると、一酸化炭素濃度が急増する傾向が見られた。

### (3) 酸素濃度と一酸化炭素発生率

一酸化炭素の発生を、酸素濃度と関連づけて考察するために、各酸素濃度における一酸化炭素発生率(単位燃料当りの一酸化炭素発生量)を、燃料ガス及びガス器具ごとに図6～図14に示す。

一酸化炭素発生率の計算方法については、前回(所報第15号)に記載済みなので、ここでは省略する。

これらの図から、13A及びLPG用ガス器具は、6B用の器具に比較して、より高い酸素濃度において一酸化炭素発生率が急増することがわかる。

このことは、容量と換気量が同一の部屋で同種の器具を比較する場合、発熱量に差が無ければ、13A及びLPG用器具を使用する場合の方が、6B用器具を使用する場合より、早期に室内の一酸化炭素が急増することを意味している。

また、一酸化炭素発生率が急増する酸素濃度は、ガス器具により異なり、13A及びLPG用器具においては、コンロと瞬間湯沸器の方がストーブより高い傾向がみられた。

### (4) ストーブの燃焼方式と汚染度

今回の実験においては、ガスストーブとして赤外線式と耐熱金網式の2種類を用いたが、長時間燃焼させた場合の室内一酸化炭素濃度は、赤外線式の場合、実験中常に0.01%(100ppm)以下であったのに対し、耐熱金網式の場合は、各燃料ガスに共通して6時間以内に0.1%(1,000ppm)に達した。

文献<sup>2)</sup>によると、人間が0.1%の一酸化炭素を含む空气中に約3時間暴露した場合、命を失う可能性があるとしてされている。

### (5) 複数の器具の同時使用による汚染度

現実の生活環境のもとでは、一室内に複数のガス器具を置き、それらを同時に使用することが考えられるので、ガス器具の組み合わせを数通り設定して実験を行った。

図15はその一例であるが、ストーブに点火して2時間後に瞬間湯沸器を点火させた場合、ガス器具による酸素消費量が急増するため、室内

の各ガス濃度の減少速度又は増加速度も急に大きくなり、約20分後に瞬間湯沸器が自然に消えてしまった。

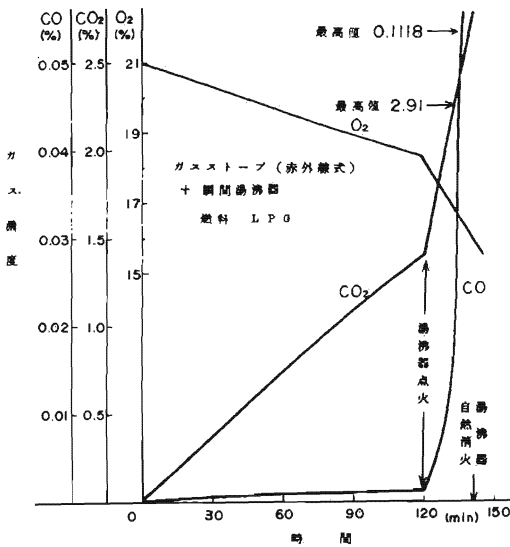


図15 複数の器具使用時のガス濃度変化

このような現象は、他の組み合わせ実験においても見られたので、複数の器具を同時に使用する場合、室内汚染度は著しく高まると考えられる。

## 5. ま と め

今回は、3種類の燃料ガスに対して、各5種類のガス器具を1機種ずつ用いただけで、市販されている多くの機種について実験できなかったのが、断定はできないが、一般的な傾向として次のことが考えられる。

- (1) ガス器具は、雰囲気中の酸素濃度が低下してくると、燃焼状態が不完全燃焼となって炎が上方に伸び、更に酸素度が低下すると、炎の一部

が欠けたり、不安定となる等の現象が発生し、ついに消えてしまう。

- (2) 瞬間湯沸器のような発熱量の大きいガス器具を使用する場合、又は、複数のガス器具を同時に使用する場合には、室内の酸素濃度の低下速度が大きく、短時間のうちに不完全燃焼が始まるため、特に換気に心がける必要がある。
- (3) 多くのガス器具は、雰囲気中の酸素濃度がある値まで低下すると、急激に一酸化炭素を放出するが、その時の酸素濃度は、燃料ガス及び器具の種類により異なる。

13A及びLPG用器具は、6B用器具に比較して高い酸素濃度において、その一酸化炭素発生率が急増する傾向があり、特に換気に心がける必要がある。

- (4) 燃焼方式が異なるストーブの一酸化炭素発生率を比較すると、発熱量がほぼ等しいにもかかわらず、大きな差が生じる場合があり、今回の実験においては、耐熱金網式ストーブが赤外線式ストーブより多量に一酸化炭素を発生するという結果を得た。

## 6. お わ り に

これまで、主としてガス器具と燃料ガスに関して、限られた範囲内で実験を続けて、ある程度の傾向を見出した訳であるが、今後も事故の減少に結びつけるべく、機会ある度にデータを蓄積するとともに、換気方法に関する研究等を推進する必要があると考える。

## 7. 文 献

- (1) 東京消防庁生活安全課：ガス燃焼機器等によるガス事故の実態
- (2) 猿田南海雄：日医会誌