

一般住宅用ガス漏れ警報器の燃焼生成ガスによる作動特性について

The Activation Behavior by Fire Gases of Gas Alarm Systems to be used in Ordinary Homes.

脇 賢*
神 田 淳*

We have proven to activate gas alarm system to be used in ordinary homes by multiple-use action of breaking out various gases, when wood, clothing or other flammable materials are burned, as the results of our study.

The results of analyzing fire gases, as for gases participating in activation of the alarm system, Carbon monoxide (CO), Methan (CH_4), Ethylene (C_2H_4), Propylene (C_3H_6), Butane (C_4H_{10}) gases have been detected.

1. はじめに

近年、一般住宅の台所等に取り付けられるガス漏れ警報器(以下「ガス警報器」という)が急速に普及しており、ガス災害に対する安全対策が逐次進められている。本来ガス警報器は都市ガス、LPガスの漏洩、爆発あるいは不完全燃焼時に発生する一酸化炭素による中毒死を未然に防止するため設置しているが、昭和59年都内で発生した二階建住宅の全焼火災では、一階台所に取り付けられているガス警報器が作動し、その鳴動に気付き2人が無事避難することができたという事例がある。この火災事例では、可燃物の燃焼生成ガスによりガス警報器が作動したのと考えられる。

そこで、ガス警報器の燃焼生成ガスによる作動特性を把握する実験を行ったのでその結果について概要を報告する。

2. ガス警報器の種類、構造、原理等

(1) 種類

ガス警報器には、写真1、2、3に示すとおり対象ガスの比重が1未満の軽ガス(都市ガス)用、比重が1を超える重ガス(LPガス、ブタンガス)用、不完全燃焼排気ガス中の一酸化炭素用などのセンサーを備えたものがある。また、1個の警報器中に2種類のガスセンサーが内蔵されているものもある。



写真1 都市ガス用ガス漏れ警報器



写真2 LPガス用ガス漏れ警報器

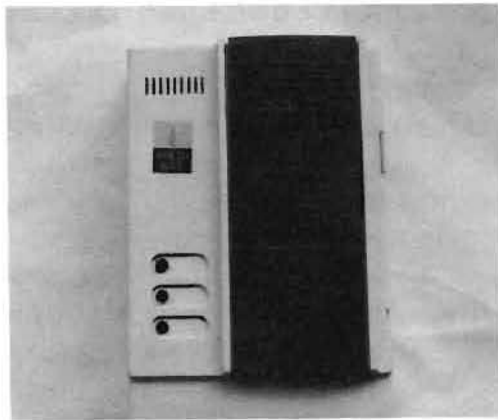


写真3 不完全燃焼排気ガス用ガス漏れ警報器

(2) 構造, 原理

一般住宅用のものは殆ど半導体センサーが使われており、これは出力電圧を取り出しやすいからである。その構造は図1に示すように酸化スズ半導体を使い、これを一對の貴金属コイルにはさみコイルの周囲を同じ半導体材料で被覆してある。基本回路は図2に示すとおりで、片側のコイルは半導体を適温(300~400°C)に加熱するためのヒーターを兼ね、一對のコイルが半導体の電気伝導度を測定するための電極を構成している。コイルヒーターに約1Vの電圧が印加されており、センサーがガス雰囲気中に置かれると可燃性ガスの吸着あるいは還元作用があり、電気抵抗 R_1 が小さくなって信号出力が得られる。ガス警報器が作動し始めるガス濃度は、爆発下限界の1/200ないし1/4の範囲内にあり実際の警報濃度は爆発下限界の1/15(0.3%, 1,000~5,500ppm)で都市ガス用はメタン, LPガス用はブタンの濃度でそれぞれ調整されている。また、不完全燃焼用は50~500ppmの一酸化炭素濃度で調整されている。この半導体センサーを使った都市ガス用, LPガス用のガス警報器は、図3に示すとおりセンサー特性として上記のガス以外に水素(4,000ppm)、エチレン(3,000ppm)、プロピレン(8,000ppm)、一酸化炭素(30,000ppm)等の可燃性ガスが()内の濃度以上になった雰囲気内に置かれた場合に作動する特性をもっている。供試ガス警報器では出力電圧が38~40V(DC)に達したとき作動するように調整されている。

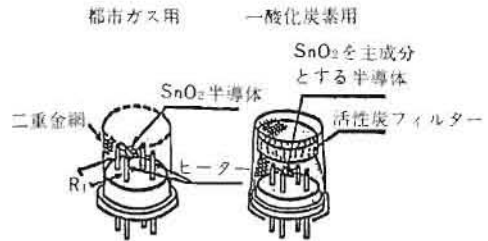


図1 半導体センサーの構造原理図

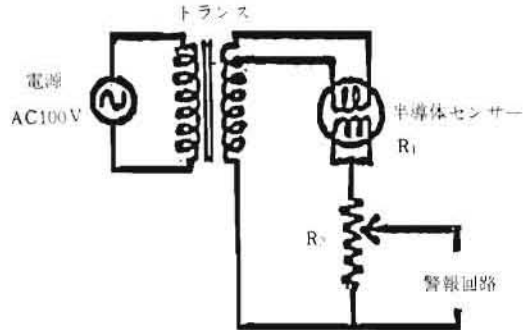


図2 ガス警報器の基本回路図

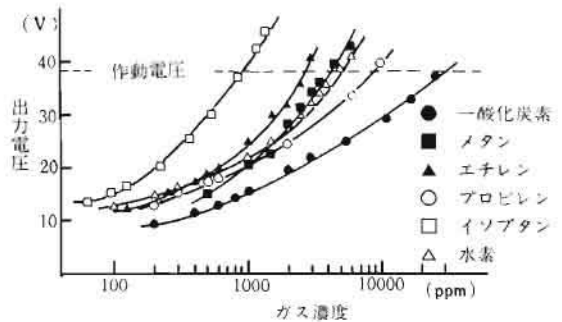


図3 ガス警報器のガス濃度と出力電圧
(都市ガス用)

3. 作動実験

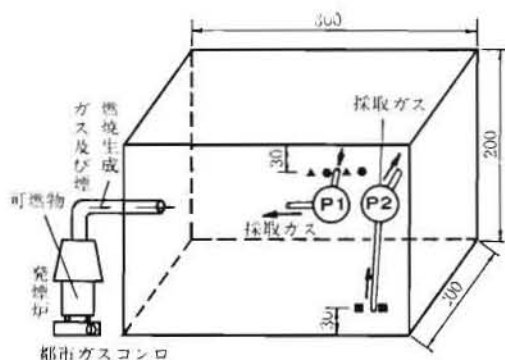
(1) 燃焼生成ガスによる作動実験(第1実験)

ア 供試ガス警報器

実験に使用したものは、写真1, 2, 3に示す都内で比較的多く使われている半導体センサー内蔵の都市ガス用, LPガス用, 不完全燃焼用(CO用)の3種類について行った。

イ 実験設備及び実験方法

図4に示すとおり鉄骨材及び透明塩化ビニール板で構成する間口2 m、奥行2 m、高さ2 mの煙室内壁面に3種類のガス警報器を取り付け、煙室側面から発煙炉によって木材、衣類等の繊維製品、合成樹脂等を約1 kgそれぞれ燃焼させた時の煙及び生成ガスを室内に送り込み各ガス警報器が作動(鳴動)するまでの経過時間及び作動時のガス濃度測定を行った。ガス濃度はガス警報器近くのガスを吸引ポンプ及びサンプリングバック等で採取し、ガス検知管、ガスクロマトグラフ等の測定器を使い定性、定量分析を行った。



凡例 (単位cm)

ガス警報器 ● 都市ガス用 ▲ 不完全燃焼用 P1 エアーポンプ
 ■ LPガス用 P2 エアーポンプ

図4 実験装置概略図

(2) 混合ガス濃度と警報器出力電圧の測定 (第2実験)

ア 供試ガス警報器

第1実験で使用した都市ガス用、LPガス用のものと同等級品の2種類について行った。

イ 実験設備及び実験方法

写真4に示す幅20cm、奥行20cm、高さ20cm(容積8ℓ)の鉄製角型容器の前面にプラスチック製透明扉を設けたものを用い、容器内上面に上記2種類のガス警報器を取り付け、単体ガスとして市販されている一酸化炭素、メタン、エチレン、プロピレン、イソブタンを1種類ずつ注射器により注入した。注入ガス量は表1に示す各燃焼材燃焼時にガス警報器が作動した時の濃度で実験容器の内容積から算出した。ガスを順次注入した時のガス警報器の出力電圧はペンレコーダーにより記録した。



写真4 第2実験装置

表1 各種可燃物燃焼時のガス警器作動時間

燃焼材料	木材(1kg)			衣類(1kg)			塩化ビニール(1kg)		
	都市用	LP用	CO用	都市用	LP用	CO用	都市用	LP用	
警報器種別	都市用	LP用	CO用	都市用	LP用	CO用	都市用	LP用	
作動時間(分)	34	30	8	42	32	12	8	14	
発生ガスの種別・濃度	一酸化炭素(ppm)	3000	3000	400	2000	1500	250	2	5
	メタン(ppm)	670	940	/	560	650	/	200	40
	エチレン(ppm)	210	400	/	430	520	/	120	30
	プロピレン(ppm)	80	100	/	90	120	/	30	15
	イソブタン(ppm)	/	100	/	/	105	/	/	/

4. 実験結果と考察

各種ガス警報器について各種可燃物の燃焼生成ガスによる作動実験を行った結果は、表1のとおりである。煙室内に各種可燃物の燃焼（燃焼を含む）時発生する煙及びガスを送り込んでからガス警報器が作動するまでの経過時間については、この実験では8分ないし42分であったが燃焼物の燃焼速度、室内容積などによって大きく異なるもの

である。また、警報器作動時にサンプリングバックに採取したガスを分析した結果、一酸化炭素（CO）、メタン（CH₄）、エチレン（C₂H₄）、プロピレン（C₃H₆）、ブタン（C₄H₁₀）などの各種のガスが生成されていることがわかった。各警報器が作動した時のガス濃度をみると杉材、衣類等の燃焼生成ガスによる実験例では、不完全燃焼用（CO用）のガス警報器については設定値（50～500 ppm）以上のCOガス濃度を検知して作動してい

表2 注入ガス種別・濃度と警報器出力電圧（都市ガス用）

		燃焼物の材質別・注入ガス濃度・出力電圧						
		木材（1kg）		衣類（1kg）		塩化ビニール（1kg）		
ガスの注入順序	注入ガス種別	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	
		一酸化炭素	3000	21.4	2000	19.9	2	8.0
		一酸化炭素 + メタン	3000 670	36.9	2000 560	34.2	2 200	20.0
		一酸化炭素 + メタン + エチレン	3000 670 210	39.4	2000 560 430	39.3	2 200 120	23.0
		一酸化炭素 + メタン + エチレン + プロピレン	3000 670 210 80	39.7	2000 560 430 90	40.5	2 200 120 30	23.5

表3 注入ガス種別・濃度と警報器出力電圧（LPガス用）

		燃焼物の材質別・注入ガス濃度・出力電圧						
		木材（1kg）		衣類（1kg）		塩化ビニール（1kg）		
ガスの注入順序	注入ガス種別	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	注入ガス濃度（ppm）	出力電圧（V）	
		一酸化炭素	3000	21.0	1500	19.1	5	7.5
		一酸化炭素 + メタン	3000 940	30.7	1500 650	27.4	5 40	10.0
		一酸化炭素 + メタン + エチレン	3000 940 400	34.4	1500 650 520	36.8	5 40 30	11.0
		一酸化炭素 + メタン + エチレン + プロピレン	3000 940 400 100	36.4	1500 650 520 120	37.6	5 40 30 15	12.0
		一酸化炭素 + メタン + エチレン + プロピレン + イソブタン	3000 940 400 100 100	37.1	1500 650 520 120 105	38.4		

るが、都市ガス用、LPガス用ガス警報器についてはメタン670ppm、ブタン100ppmという設定値(1,000～5,500ppm)よりかなり低いガス濃度で作動していることがわかった。

次に混合ガス中に置かれたガス警報器が作動するメカニズムを詳細に調べるため、混合ガス濃度と警報器出力電圧の測定実験を行った。実験結果は表2、表3に示すとおりで、都市ガス用警報器作動時の燃焼生成ガスと同じ種類のガス及び量(濃度)を順次実験容器内に注入し、出力電圧を測定した結果、木材燻焼時の条件では、一酸化炭素3,000ppmを注入すると出力電圧が21.4Vとなった。順次これにメタン670ppm注入により36.9V、エチレン210ppm注入により39.4V、プロピレン80ppm注入により39.7Vになった。衣類(繊維製品)燻焼時の条件でも同じ要領で出力電圧を測定した結果40.5Vになった。このように木材、衣類等の燻焼条件と同じガス濃度では、いずれも警報器作動電圧に達した。また、塩化ビニール樹脂を燻焼させた時の条件で出力電圧を測定し

た結果、最終的に23.5Vで警報器の作動電圧に達していないことがわかった。LPガス用警報器についても同様の実験を行ったが、都市ガス用警報器とほぼ同様の結果となった。結局、第2実験の結果から本実験に使用した都市ガス用、LPガス用のガス警報器は、半導体ガスセンサーの特性として図3に示すとおり各種の単体ガスを検知し、それぞれのガスが出力電圧を独自に上昇させる作用があり、その複合作用によって作動電圧(38～40V)に達し鳴動することがわかった。

5. おわりに

今回使用したガス警報器のセンサーは、半導体式のものでそれぞれ1器種について行ったが、他の器種との比較、塩化ビニールなど合成樹脂の燃焼生成ガスの分析については今回十分でなかった点があったので更に補足実験を行う必要がある。また、実大規模の火災実験におけるガス警報器の作動特性の確認など今後の研究課題である。