

サーミスターボロメーター利用による 火源探知機の実用実験結果について

大・熊 順 三*
武 居 貢*

1. はじめに

この火源探知機は感知素子にサーミスターボロメーターを使用したもので、前所報4号¹⁾によってその原理、構造、設計、基礎的性能等について報告したが、今回は若干の内部構造を改良し、実用実験を行なったのでその結果について報告する。

論ずるまでもなく、地下室、地下街および無窓階建物火災は、排煙が極めて困難であり、遠方から燃焼物体を確認することは非常に難しく、火災の消火に大きな支障をきたすことになる。

したがって、なんらかの方法で燃焼個所を確認する必要があるわけである。

本機はこのように煙が充満し、肉眼で燃焼個所を確認することが困難な場合に使用し、速やかに燃焼物体を確認し効果的な消火活動を行なうことを目的とするものである。

2. 前号の概要

(1) 赤外線の種類

燃焼物体などの高温物体からは高エネルギーの赤外線が放射され、そしてその赤外線は煙霧中を通過する。

(2) 物体から放射される赤外スペクトル

$$\lambda_m \approx 3000/T(\mu)$$

λ_m : ピーク値の波長 (μ)

T : 絶対温度 ($^{\circ}k$)

(3) 物体から放射されるエネルギー

$$W = T^4 \sigma \epsilon \quad (W/cm^2)$$

W : 物体から半球円内へ放射されるエネルギー (W/cm^2)

σ : 5.67×10^{-12} ($W/cm^2 \text{ deg}^4$)

ϵ : 灰色体の放射率

(4) 受光エネルギー

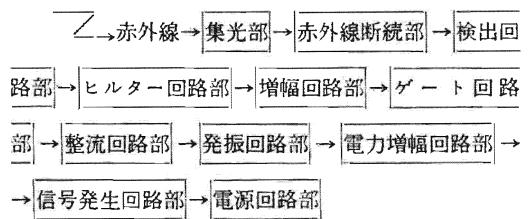
$$W_d = W/2\pi d^2 \quad (W/cm^2)$$

W_d : 任意点 (dcm) の赤外エネルギー (W/cm^2)

(5) 火源探知機の原理

ア 電子回路

イ 本機のブロックダイアグラムは次のとおりである。



各部説明

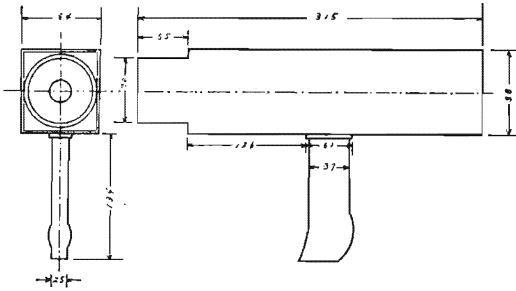
- ・集光部: 金の蒸着による反射型ミラー。
- ・赤外線断続部: 100c/s
理想周波数は $156/\tau$ 但し τ は時定数。
- ・検出回路部: サーミスターボロメーターを検出素子として利用したブリッジ回路。
- ・ヒルター回路部: サーミスターボロメーターの雑音を取り除く
- ・増幅回路部: 信号電流の第1段目の増幅
- ・ゲート回路部: 100c/sの信号のみ次の回路へスイチングする。
- ・整流回路部: 交流波を整流する。
- ・発振回路部: 1000c/s~2000c/sの信号電流を発生する。
- ・電力増幅回路部: 最終段増幅で出力電流を発生する。
- ・信号音発生回路部: スピーカーにより音声を発生する。
- ・電源回路部: サーミスターボロメーターバイアス電源、増幅回路電源、赤外線断続用モーター電源

* 第一研究室

3. 構造

(1) 概観

第1図 概観図



(2) 総重量

本機の総重量は2.3kgである。

4. 改良点

前報告書の実験考察にもとずき次の2点について改良した。

(1) 集光部

- ア 反射型ミラーの有効面積を10%増加し 23.4cm²とした。(1次ミラー-22φ, 2次ミラー-60φ)
- イ このミラーの反射面を金薄膜とし赤外線反射効果をあげた。

(2) 電子回路

ゲート回路を設け雑音を防止し発振回路により音声信号を発生した。

5. 性能実験結果

(1) 温度特性

一般にトランジスター回路は熱に弱いのでその補償をおこなっているが、その特性は第1表のとおりである。

第1表 温度特性

周囲温度℃	ゲート回路前段電圧mv	備考
0	200	出力電圧
20	220	600mvより
45	320	音声信号が
50	500	発生する
55	430	

(2) 一般可視光線による不感知特性

本機は燃焼物体から放射される赤外線を探知するものであるから一般の可視光線を感知してはならない。この試験の結果は第2表のとおりである。またこの場合の照度は蛍光灯(100V 40W)中央付近の光線によ

るもので周囲温度は20℃である。

第2表 一般可視光線不感知特性

照度 (lx)	ゲート回路前段電圧 (mv)
0	220
100	220
200	230
300	250
400	360
500	360

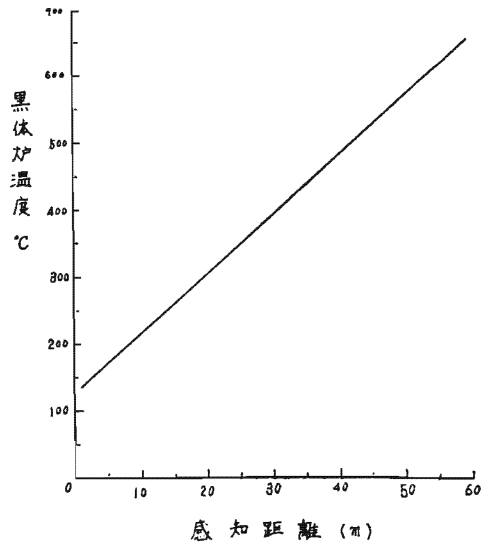
(3) 一般空気中の火源探知特性(基準)

半径100mmのスクリーン型円形黒体炉を火源とすると、その感知特性は第3表および第2図のとおりである。なおこの試験は以後の製作仕様の基準特性として使用すると便利である。

第3表 一般空気中火源探知特性

黒体温度℃	感知距離 m
100	2
200	8
300	20
400	32
500	43
600	54
700	65

第2図 一般空気中の感知特性



6. 実用実験結果

(1) 実験装置および実験方法

実験装置は間口2m×2m, 奥行30mの密閉室で、

その一端に火源を、他の一端に火源探知機を設け、室内に杉の木乾材の燻焼による煙を発生させ、煙濃度および火源の大きさに対する感知距離を測定する。この火源の種類は次のとおりである。

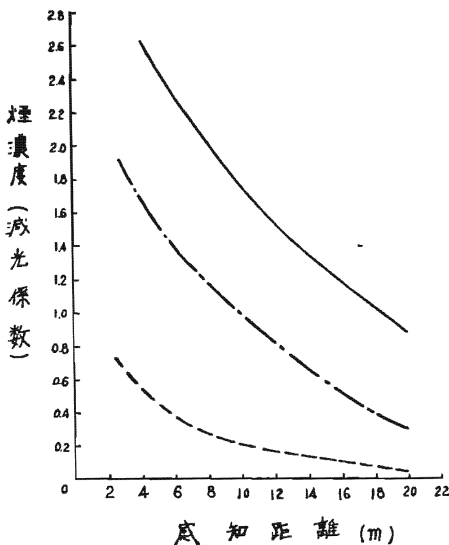
- ア 半径 100mm のスクリーン型円形黒体炉 (700℃)
- イ 杉の木乾材 (1cm×3cm×30cm) 2.5kg の最燃焼時

なお、煙濃度は減光係数によって示す。

(2) 実験結果

実験結果は第3図のとおりである。

第3図 煙中火源別感知特性



ここで、実線 (—) 半径 100 mm スクリーン型円形黒体炉 (700℃)

一点鎖線 (— · —) 杉の木乾材 2.5kg の最燃焼時

点線 (···) 内眼感知

7. 考 察

原理、構造上の問題として赤外線集光方法、赤外線検出素子、赤外線断続チャップラー周波数と時定数の関係、電気回路、ノイズ、電源等については前所報 4号において述べてあるので省略する。以下においては各性能実験結果のみについて考察する。

(1) 温度特性について

温度特性は第1表に示すとおり、温度変化によるゲート回路前段電圧は50℃の500mVを最高に前後減少する。本機はこの電圧が600mVになるとゲート回路が作動し音声信号が発生するように設計されている。したがって、周囲温度変化によって音声信号が発生す

るようなことはない。

(2) 一般可視光線による不感知特性

本機の一般可視光線による不感知特性は第2表のとおりである。すなわち螢光灯の光ではその照度の大小によってゲート回路前段電圧にあまり変化を生じない。そしてその最大電圧は400mV程度で音声発生電圧の600mVまでの上昇には相当の余裕がある。

ただこの場合の周囲温度は20℃の場合であるので、周囲温度が50℃程度でしかも周囲照度が500lx以上のような場合になると赤外線の入射がなくとも音声信号が発生する場合もある。しかし本機を太陽の方向に直接向けた場合を除くほか一般に考えられる明るさでは感知(音声信号を発生)しない。したがって一般可視光線には感知しないとすべきと見なさない。

(3) 一般空気中の火源探知特性について

この特性は第3表に示すとおりであり、実際使用上において直接関係ないが製作仕様のバロメーターとすると便利である。

またこの特性は火源を半径100mmのスクリーン型円形黒体炉、周囲温度5℃の場合の黒体炉温度と感知距離の関係を示すもので煙に関係ない。

この特性から考慮すると火源の大きさを一定にした場合、その温度と感知距離は直線的な関係にあり温度があがれば感知距離も長くなる。その割合は500℃で43m、1/2勾配程度と思われる。勿論火源の面が大きければそれだけ大きな赤外エネルギーを放出していることになるので感知距離も長くなる。また火源温度が大きくなる場合も同様である。

これらのことは前所報 4号又は当論 2前号の概要、

(3)物体から放射される赤外エネルギー、(4)受光エネルギーの式からも明らかである。すなわち放射エネルギーWは次の式で表わされ

$$W = T^4 \sigma \epsilon \quad (W/cm^2)$$

絶対温度の4乗に比例する。又受光エネルギーWdは次の式で表わされ

$$Wd = W/2\pi d^2 \quad (W/cm^2)$$

距離の2乗に逆比例する。もし、火源を点火源とし赤外エネルギーが放射状に放射されていればこれらの二式は相関関係にあるといえるが、当測定では明らかでない。

(4) 実用実験結果について

本機の感知距離は第5図に示すとおり火源の種類、煙濃度により異なる。すなわち感知距離は煙濃度が一定ならば火源の赤外線放射エネルギーが大きければまた放射エネルギーが一定ならば煙濃度が小さい程大きくなる。

たとえば第3図によると燃焼物体を肉眼で確認でき

る距離が2 mの場合、その煙濃度は0.8である。この状態の煙濃度で火源探知機を使用すれば、その探知距離は半径100mmのスクリーン型円形黒体炉（700℃）の火源の場合で約12m、杉の木乾材（1 cm×3 cm×30 cm）2.5kgの最燃焼時の火源（高さ1 m、前面1 mの位置の放射熱量が0.05cal/cm²sec）の場合で約20mである。

したがって火源探知機を使用すればその感知効果は肉眼に比較して、前者の場合で6倍、後者の場合で10倍ということになる。

すなわち、この効果は第3図でも明らかのように火源の赤外線エネルギーの差異によって異なり、比例的でないが、火源の赤外線エネルギーが大きい程大きい。またこの実験に使用した煙は杉の木乾材の燃焼(燻焼)によるものでその周囲温度も40～45℃で前所報で発表した発煙筒によるものと比較することはできない。

8. 結 論

実際の火災では火源の大きさ、煙濃度、温度、周囲

温度等が千差万別であるので本機使用効果を限定することが非常に難しい。

しかしこの実験結果すなわち杉の木乾材（1 cm×3 cm×30 cm）2.5kgの最燃焼の火源の場合、肉眼での確認距離2 mに対し、本機を使用することにより約20mの遠方から探知することができたこと等から本機の性能は一応初期の目的を達したものと考えられる。また本機は総重量2.3kgで内部電池を使用しているため完全携帯用で消防用個人装備として一応満足できるものであると考えられる。

なお、本機は昭和43年3月27日、電々公社本田中継所において実施した火災実験の結果、木材約3トンを火災室において燻焼させ小窓より吹き出る炎を肉眼透視距離約0.3mの煙の充満する隣室で15mの遠方から探知できることが明らかとなった。

又この場合、煙の充満する室の最長が15mであったためこれ以上の距離において実験することができなかった。