

ガス検知管用感度増幅器の開発

札幌市消防局（北海道） 橋本 慎也

1 はじめに

放火火災の原因調査においては、灯油やガソリンなどの助燃材の立証が極めて重要となり、その検出手段としてガス検知管が広く採用されている。

しかしながら、火災現場では、火災熱や消火水等の影響により助燃材の濃度が低下しており、ガス検知管が変色しない場合や口先だけの変色する程度で、油種の判別ができないことが多い。

加えて、冬期間ともなると、低温の影響で助燃材の揮発量が抑制されるため、ガス検知管による助燃材の検出が一層困難となる。最高気温でも氷点下となる寒冷地域の消防本部においては、冬場のガス検知管の取り扱いに相当苦慮していることであろう。

そこで、氷点下の環境においても、通常の測定方法では検出できない微量な助燃材を、油種の判別ができるまでに検出量を高める器具を開発した。

2 器具の概要

本器具は加熱式で、内部にガス検知管を差し込み空気とともに温めて使用する。開発にあたり、構造が単純で取り扱いが容易であることを重視した。

アルミ製漏斗にシリコンコードヒーターを巻きつけ、耐熱ガラスクロステープで固定した上、シリコン栓で蓋をするという構造で、電源は100V交流電源を使用する。ヒーター線の損傷による漏電や熱傷危険を考慮し、サーモスタットを取り付けたほか、発熱部分を断熱材で覆い、更に漏斗を重ねた。また、料理用の温度計やサーモワッペンを取り付け、器具の稼働状況や内部の雰囲気温度が分かるようにした。（写真1、2）

火災現場では、車載の発電機や交流出力を備えるモバイルバッテリーから電源を供給して使用する。測定箇所と器具との密着性を高めるために、穴を空けたシリコンシートを用意した。(写真 3)

3 原理

ガス検知管の測定原理は、採取器を用いて周囲の空気とともに目的のガスを検知管内に通気すると、化学反応により検知剤が変色するものである。また、助燃材から発生する揮発性ガスは、温度が上昇するほど発生量が大きくなるという性質を持つ。本器具は、この原理と特性に着目した。ガス検知管に吸引させる空気量を漏斗内の容量に限定するとともに、装置内の雰囲気温度を高めることにより、助燃材の検出量が増幅される仕組みである。

4 器具の温度

ガス検知管の使用温度範囲は 0°C ～ 40°C である。そのため、動作温度 40°C のサーモスタットを使い、器具内部の雰囲気温度を制御した。器具内部の雰囲気温度は、外気温 25°C の環境下では 30°C ～ 40°C の範囲、外気温 -10°C の環境下では 12°C ～ 28°C の範囲である。(写真 4 及び図 1、2)

5 使用方法

助燃材の有無を確認したい箇所に本器具を置き、シリコン栓にあけた穴からガス検知管を挿入する。その後、電源スイッチを入れて本器具を加熱し、採取器のレバーを引くだけの簡単操作である。

加熱時間は気温や助燃材の濃度にもよるが、目安は、電源投入後、常温下で約 2 分、氷点下で約 6 分であり、加熱時間が長いほど増幅効果は高まる。

6 作成材料及び参考価格

(1) 必需部品 (合計 13,602 円)

ア	広口アルミ漏斗 (内径 150 mm)	2 個	2,484 円
イ	シリコンコードヒーター (100V 30W 2m)	1 本	2,808 円
ウ	ガラスクロステープ (19 mm×10m)	1 巻	2,700 円
エ	サーモスタット (ICP-40)	1 個	3,240 円
オ	シリコン栓 (NO.18 52×46×41 mm)	1 個	648 円
カ	中間スイッチ (300V 7A)	1 個	324 円
キ	差し込みプラグ		103 円
ク	ビニールコード (10m)		1,190 円
ケ	トタン板 (漏斗固定用のツメ)		廃材利用
コ	断熱材 (グラスウール)		廃材利用
サ	スパイラルチューブ (内径 5 mm、2m)	1 本	105 円

(2) 付属部品 (合計 40,133 円)

ア	料理用温度計 (バイメタル式)	1 個	1,047 円
イ	数字サーモワッペン (WR-40)	1 箱	4,850 円
ウ	AC 出力端子搭載モバイルバッテリー (TACMB-18K)	1 台	27,540 円
エ	シリコンシート (300×300×5 mm)	1 枚	6,696 円

7 検証実験

(1) 増幅効果

微量の助燃材を測定し、増幅効果を検証した結果、本器具を使用することで定性可能なまでに検知量が増大した。

実際の火災現場では、検知量を増幅するため、採取袋に残焼物を入れて気密を保つ手法が取られる。同手法と本器具の増幅効果を比較したところ、本器具を加熱しない状態で使用した場合と採取袋を使用した場合とが同程度であった。(写真 5～8 及び図 3)

(2) 火災想定実験

灯油を燃やしたのち、大量の水で消火し、氷点下の環境で増幅

効果を検証した結果、通常の測定では灯油は検知されなかったが、本器具を使用することで定性可能なまでに検知量が増大した。(写真 9～14 及び図 4)

(3) 妨害ガスの影響

ア 煙の影響についての注意点

本器具を使用することにより、鎮火直後の煙が燻っている状況ではガス検知管が反応してしまうが、煙が目視できない状態では反応しなかった。(写真 15～18 及び図 5、6)

イ 発電機から発生する未燃ガスの影響についての注意点

発電機の排気が直接本器具にあたる場合は、ガス検知管が若干反応したが、発電機の直近でも排気があたらなければ反応しなかった。(写真 19、20 及び図 7、8)

(4) 他の油類の影響

他の油類による影響を検証したところ、軽油及び A 重油は灯油と同様の変色を示し、潤滑油（第 3 石油類）は口先が若干薄茶色に変色する程度、エンジンオイル及び天ぷら油に反応はなかった。(図 9)

8 開発効果

- (1) ガス検知管の通常測定では検出できない微量な助燃材を、分析機器を使うことなく、現場検証時にリアルタイムで定性できる。
- (2) 氷点下であってもガス検知管の検出濃度を高めることができる。
- (3) コンクリート床等、残焼物を採取できない箇所でも検出濃度を高めることができる。
- (4) ガス検知管の検出濃度を高める際に採取袋を要しないため、現場保存に留意できる。
- (5) 火災原因調査以外の用途として、河川に流出した低濃度の油膜についても、その場でガス検知管を用いた判定が可能となる。

9 使用上の注意事項

- (1) 通常測定で十分に検知できる場合、本器具を使用すると過剰反応により逆に定性が難しくなり、可能性は極めて低いものの引火を誘発する恐れもあるため使用しない。
- (2) 本器具の内側に、結露した助燃材が付着するため、使用後は内側を洗浄する必要がある。連続使用した場合、空測定であっても変色反応が現れることがある。

10 その他

外気温が氷点下で現場が凍りついている場合、本器具の仕様では内部の雰囲気温度が十分に上昇しない可能性がある。その場合、直径の小さい漏斗や作動温度の高いサーモスタットを使用することで温度上昇が高まり、加熱時間も短縮される。(図 10、11)

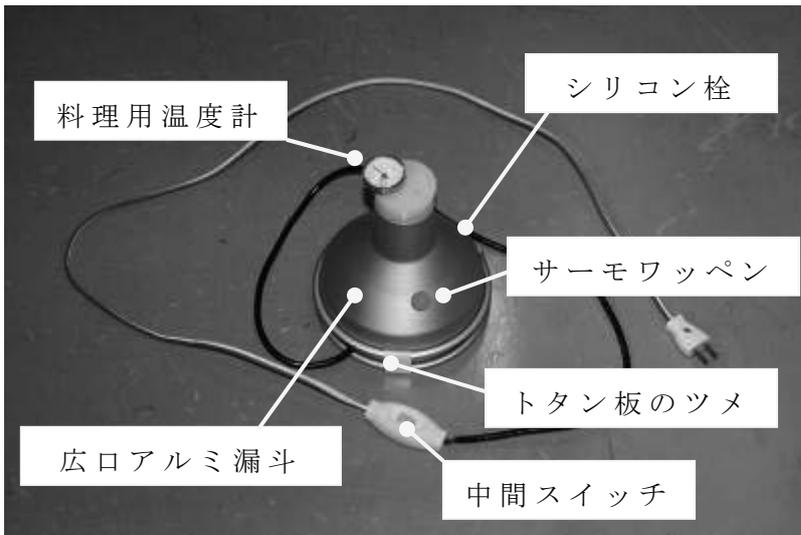


写真 1

器具外観

温度計及びガス検知管を差し込めるよう、コルクボーラーでシリコン栓に穴をあけている

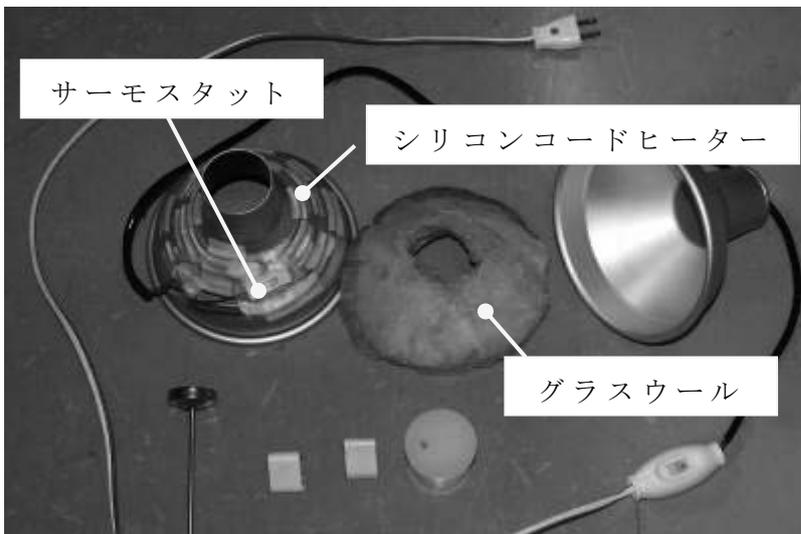


写真 2

器具を展開したところ

漏斗の固定にはトタン板をツメとして使用

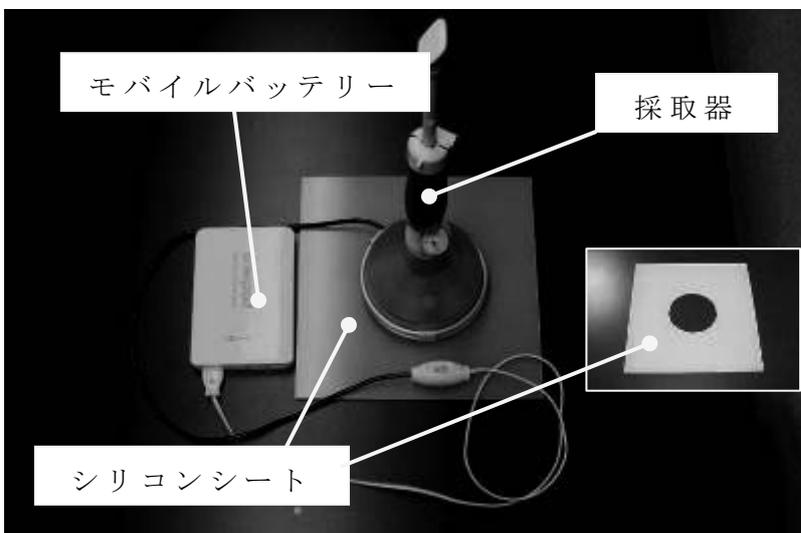


写真 3

器具の使用状況

ガス検知管をシリコン栓にあけた穴に完全に差し込む、状況に応じてシリコンシートを活用



写真 4

K 熱電対及びデータロガーにより器具各部の温度変化を測定

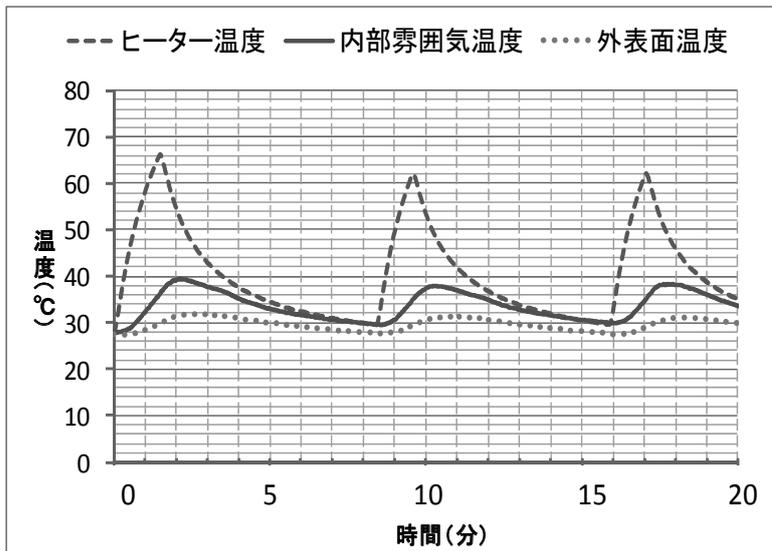


図 1

器具各部の温度変化（外気温 25°C の環境下で器具を作動させた場合）

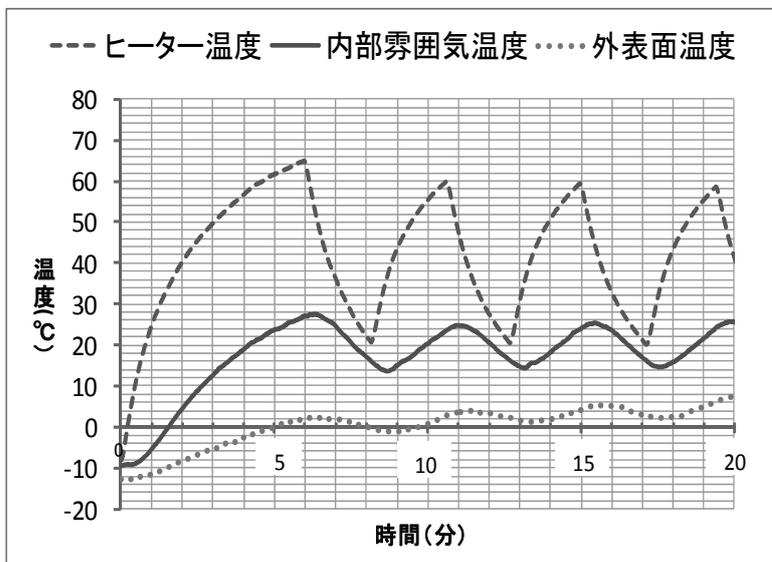


図 2

器具各部の温度変化（外気温 -10°C の環境下で器具を作動させた場合）

増幅効果の検証

外気温 23℃ 及び -10℃ の環境下において、40 mm 角のインシュレーションボードに 0.1 ml の灯油又は 0.25 ml のガソリンを滴下し、1 時間後に本器具を用いて増幅効果を検証した。



写真 5 助燃材を滴下



写真 6 2 cm 上方で通常測定



写真 7 採取袋に入れて測定



写真 8 器具を用いて測定

	常温 (23℃)	低温 (-10℃)
灯油	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 2分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 5分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II
	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 2分) GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 5分) GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管
ガソリン	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 2分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 5分) 北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II
	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 2分) GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管	通常測定 採取袋 器具(加熱なし) 器具(加熱 5分) GASTEC No. 108 火災原因調査用検知管

図 3 検証結果

火災想定実験による検証

350×450×1 mmの合板上に灯油 500ml を撒き、10 分間燃焼させてから大量の水で消火し、-10℃の環境に 5 時間静置したのち、本器具を用いて増幅効果を検証した。



写真 9 灯油を撒いたところ

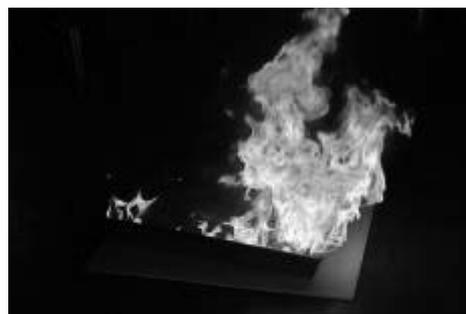


写真 10 燃焼



写真 11 散水栓により消火



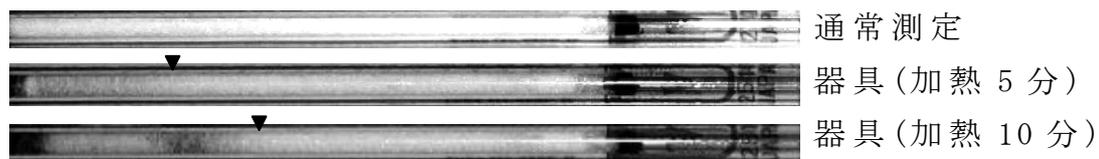
写真 12 更に水をかける



写真 13 2 cm 上方で通常測定



写真 14 器具を用いて測定



北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II

図 4 検証結果

煙の影響についての注意点

木材、ポリエチレン及び紙にイソプロピルアルコールをかけて燃焼させたのち、水をかけて消火し、鎮火直後及び 20 分後に本器具を用いて煙の影響について検証した。



写真 15
着火物



写真 16
燃焼

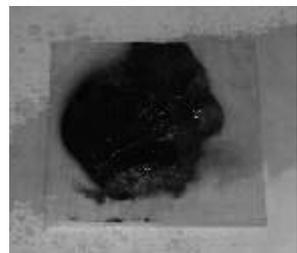


写真 17
鎮火直後
若干煙が
燻る

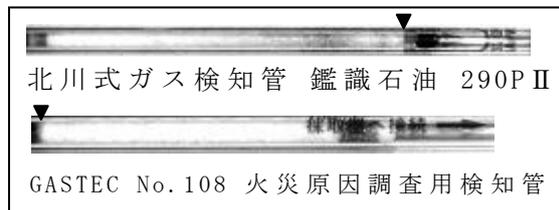


図 5 検証結果 影響あり



写真 18
20 分後
煙は目視
できない

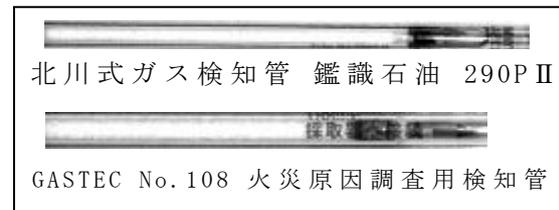


図 6 検証結果 影響なし

発電機から発生する未燃ガスの影響についての注意点

発電機の直近で排気が直接あたる場合とあたらない場合について、本器具を用いて空測定を行った。



写真 19
排気前
で測定



写真 20
排気か
ら遠ざ
け測定

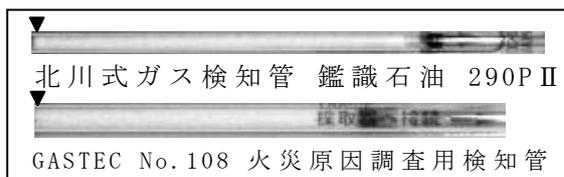


図 7 検証結果 若干影響あり

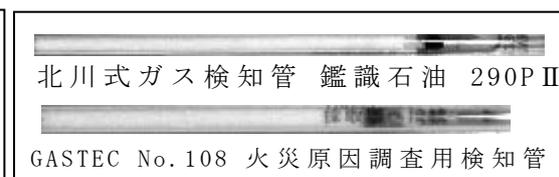


図 8 検証結果 影響なし

他の油類の影響

外気温 23℃ の環境下において、40 mm 角のインシュレーションボードに 0.1ml の軽油、A 重油、エンジンオイル、潤滑油（第 3 石油類）及び天ぷら油を滴下し、1 時間後に本器具を用いてその影響について検証した。（加熱時間は 2 分）

	北川式ガス検知管 鑑識石油 290P	GASTEC No.108 火災原因調査用検知管
軽油		
A 重油		
エンジンオイル		
潤滑油		
天ぷら油		

図 9 検証結果 潤滑油は GASTEC のみ若干反応
器具の仕様を 150℃ 作動のサーモスタットに変え、寒冷地特化型にした際の実験データ

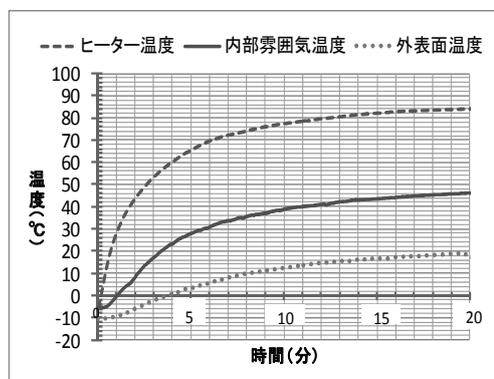


図 10
器具各部の温度変化（外気温 -10℃ の環境下で器具を作動させた場合）

加熱時間	雰囲気温度 40℃ 制御型	寒冷地特化型
1 分		
3 分		
5 分		
10 分		

北川式ガス検知管 鑑識石油 290P II

図 11 仕様の違いによる増幅効果の比較
※外気温 -10℃ の環境下で 0.1ml の灯油を滴下し検証した