

水素ガスの火災・爆発の感知に関する考察

Consideration about the Detection of Fires and Explosions on Hydrogen Gas

○正 茂木 俊夫^{*1}, 山崎 浩嗣^{*2}, 能美 隆^{*3}

Toshio MOGI^{*1}, Koji YAMAZAKI^{*2} and Takashi NOHMI^{*3}

^{*1} 東京大学 The University of Tokyo

^{*2} 日本自動車研究所 Japan Automotive Research Institute

^{*3} (株)ハイセーフノーミ HySafe Nohmi

Hydrogen flames are nonluminous flame and difficult to see, especially when they burn outdoors. Hydrogen flame detectors using ultraviolet light have been conventionally used for fire detection at hydrogen-filling stations, but it is known that false alarms are often generated. Therefore, we investigated the effectiveness of infrared sensing flame detectors used on oil field platforms for hydrogen fire detection by actually forming hydrogen jet flames and gas explosion flames. The effectiveness against objects that could be false alarm sources was also examined.

Key Words : Hydroge, Fire, Gas Explosion, Infrared ray, Ultraviolet ray

1. 緒 言

水素燃料電池自動車（FCV）をはじめとして水素エネルギーの需要の拡大が続いている。水素は、最小着火エネルギーが他の可燃性ガスに比べて小さい、燃焼範囲が広い、拡散速度が速いといった特性がよく知られているため、漏えいの早期検知などが安全に利用するために重要である。

炎検知器は、従来から石油プラントや自動車トンネルで実用化され、さらに大空間の建物における火災検知に有効であるとされ設置されている。炎感知器には、紫外線検知方式、赤外線検知方式、およびこれらの複合方式がある。水素スタンドにおいても、「一般高圧ガス保安規則関係例示基準 59 の 2 火災を検知するための措置（圧縮水素スタンド）」および「コンビナート等保安規則関係例示基準 66 の 2 火災を検知するための措置（圧縮水素スタンド）」において、水素火災が発する紫外線を検知する方法により常時水素火災の発生を監視することになっている。しかしながら、既存の紫外線検知方式の炎感知器では、誤報を発することが多いということも聞かれる。

そこで本研究では、各種炎センサの各種燃料の火災に対する応答状況や誤報源に対する応答性について検討した。さらに、実際に水素ガス火災や水素ガス爆発火災に対する応答性について検討したので報告する。

2. 実験方法

2・1 炎センサ

本研究で検討したセンサは、A 社の水素由来の火災爆発に対応した赤外線 3 波長検知センサ(A Co. IR3-H2)、石油、ガス火災向け紫外線赤外線 2 波長検知センサ(A Co. UV-IR)、一般火災石油火災向け赤外線 3 波長検知センサ(A Co. IR3)、B 社の紫外線検知センサ(B Co. UV)、C 社の紫外線赤外線検知センサ(C Co. UV-IR)および D 社の紫外線検知センサ(D Co. UV)である。

2・2 火災爆発および誤報源に対する応答性

誤報源としては、簡易試験では LED ライト、ハロゲンランプ、ライター、懐中電灯および LPG を燃料としたブンゼンバーナーについて検討した。屋外試験では、火災を想定して水素、プロパンおよびメタンについてジェット火炎を形成するとともに、300 mm 角のプールにより、ガソリン、灯油およびメタノールのプール火炎について検討した。また、ガス爆発については、1×1×1 m のステンレス枠にビニルシートを張ったテントに、化学量

論組成濃度の水素、プロパンおよびメタンと空気の混合気をそれぞれ形成して、中心で火花点火を行うことにより発生させた。

3. 実験結果および考察

3・1 誤報源に対する応答性の検討

表1に誤報源に対する簡易評価の結果を示す。各センサとも検知距離や検知指向角が定められているが、誤報源の位置をずらすと反応したりしなかったりする場合があった。

Table 1 Immunity test for various kinds of light source.

Light source (Distance)	① A Co. IR3-H2	② A Co. UV-IR	③ A Co. IR3	④ B Co. UV	⑤ C Co. UV-IR	⑥ D Co. UV
LED light (3m)	×	×	×	×	×	×
Halogen lamp (3m)	×	×	×	×	×	×
Cigarette lighter (4m)	×	×	×	○	×	×
Cigarette lighter (3m)	×	×	×	○	×	×
Cigarette lighter (2m)	×	○	×	○	×	○
Flash light (3m)	×	×	×	×	×	×
LPG bunsen burner (3m)	×	×	○	○	×	○

○: Response, ×: Non-response

3・2 各種火災・爆発に対する応答性

屋外においてプール火災およびジェット火災、ガス爆発を発生させて応答性について検討した結果を示す。また、誤報源となりうる光源についても示す。現象が速いガス爆発火災に対しては、紫外線検知のみのセンサでは検知できていないことがわかる。特に、水素ガス爆発については、赤外線検知もできるセンサでも検知できず、水素ガス爆発に特化したセンサのみが検知できた。一方、ジェット火災については、紫外線検知のセンサではいずれのガスも検知できているものの、赤外線検知のセンサでは水素火災は検知できないものもあった。LEDライトやアーク放電などに対しては、紫外線検知のセンサでは反応してしまったことから、誤報源となりうることを考えられる。

Table 2 Field test for various fire and gas explosions.

Exp. No.	Flame or source immunity	①	②	③	④	⑤	⑥
1	Propane gas explosion	○	○	○	○	×	×
2	Gasoline pool fire	○	○	○	○	○	○
3	Propane jet fire	×	△	○	○	×	○
4	Reference lamp	×	×	×	×	×	○
5	Methane gas explosion	○	×	○	×	×	×
6	Kerosene pool fire	×	○	○	○	○	○
7	Methane jet fire	○	△	○	○	×	○
8	LED light	×	×	×	×	×	×
9	Hydrogen gas explosion	○	×	×	×	×	×
10	Ethanol pool fire	○	×	○	○	×	○
11	Hydrogen jet fire	○	△	×	○	×	○
12	High brightness LED	×	×	×	×	×	○
13	Propane gas explosion(2nd)	○	×	○	×	×	×
14	Arc discharge(15kV)	×	△	×	○	×	○

○: Fire detected alarm level exceed 5V,

△: Fire alarm level 2.5V 50% of alarm level,

×: Non-response

4. 結 言

水素スタンドでは、スタンド内の火災をモニターする目的で炎センサを使用しているが、屋外で使用するために太陽や外乱（アーク放電や各種高輝度照明など）を AI で判別して着実に各種燃料による炎を判別する必要がある。水素については可視光では見えないためにモニターによる判別はできないが、赤外線に比べ紫外線を使用したセンサでは外乱の判別性能が劣るために誤報が減らない結果が得られた。