

電力ケーブルの過熱異常時におけるにおいセンサの応答特性

○ [電] 赤木 雅陽 [電] 重枝 秀紀

潮木 知良 京谷 隆 川崎 たまみ (鉄道総合技術研究所)

Response Characteristics of the VOCs Sensors in the Overheating of Electric Cables

○Masataka Akagi, Hidenori Shigeeda, Tomoyoshi Ushiogi,

Takashi Kyotani, Tamami Kawasaki, (Railway Technical Research Institute)

The overheating of electric cables is one of the causes of electrical fire. Volatile compounds such as plasticizers are known to be released from heated shielded materials at an early stage of electrical fire. If some signals at an early stage of electric fire can be detected, we can take measures properly. This report presents response characteristics of the VOCs sensors in the overheating of electric cables.

キーワード：ケーブルシース、揮発性有機化合物

Key Words: Cable Sheath, VOC (Volatile Organic Compounds)

1. はじめに

配電盤故障の主な原因の 1 つに電線の過熱異常があげられる。過熱異常等により電線被覆材が加熱されると、可塑剤等の揮発性有機化合物成分 (VOC) が放出されるため、火災に至る前の前兆段階で揮発性成分を検知できれば被害を軽減できる可能性がある。筆者らは以前より、揮発性成分の検知手法として SPME ファイバーによる採取器具を用いた、SPME (Solid Phase Microextraction, 固相マイクロ抽出)・GCMS (ガスクロマトグラフィー質量分析, Gas Chromatography / Mass Spectrometry) 法¹⁾ (以下 SPME-GCMS 法という) 及び一般的なにおいセンサに着目し種々の検討を行ってきたが、本稿では変電所の配電盤を模擬した箱の中で CV 電力ケーブルに大電流を通電した際のおいセンサ応答特性の試験結果について報告する。

2. 電線の過熱異常と放出される揮発性成分の関係

一般に電線の過熱異常時には電線被覆材等から様々な揮発性成分が放出される²⁾。筆者らが SPME-GCMS 法を用いて以前行った検討³⁾等によれば、ビニルシースからは主に基材に混合される可塑剤として利用されている 1~2 種類の特徴的な成分 (例えば 1-ドデカノール) が検出されること、及び個々の成分について加熱温度ごとのガスクロマトグラムのピーク面積 (揮発量の相対値) を比較すると、図 1 に示すように加熱温度が 100℃を超えるとピーク面積

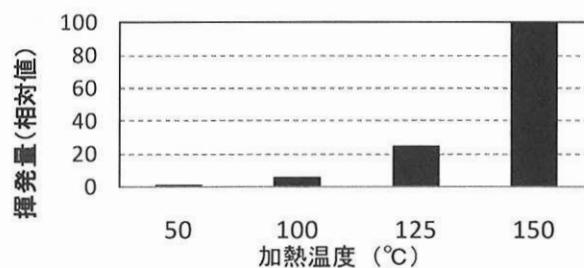


図 1 ビニルシース中の 1-ドデカノールの揮発特性が急激に大きくなる傾向にあることが判明している (図 1 参照)。

これらの成分には常規使用温度では放出が少なく、過熱時に放出が多くなる特徴があり、異常の検知対象として適していると考えられる。なお、これらの成分が 100℃以上に加熱された場合に特徴的に検出される原因は、ビニルシースの基材である軟質ビニルが熱によって柔らかくなり始める温度 (軟化温度) が 120℃であることから、基材が加熱により軟化し、混合されている可塑剤等の成分が揮発しやすくなったためであると考えられる。

3. 大電流通電時のおいセンサ応答特性

3.1 試験方法

実際の変電設備において揮発性成分を過熱異常の検知に利用するためには、前章のような SPME-GCMS 法を用いた分析による手法は現実的ではなく、センサ等を利用した

状態監視が必要である。先述の 1-ドデカノールは化学物質管理促進法に定める VOC 物質の一種であり、VOC に対応するセンサであれば簡易に検知可能であると考えられる。そこで、配電盤内における CV 電力ケーブルの過熱異常を想定した試験装置を製作し、VOC 対応の汎用のにおいセンサを用いて、過熱異常時にケーブルから放出される揮発性成分を検出することが可能であるか調べた。

センサはいずれも検知原理が一般的なガス漏れ警報器等に使用されている半導体式であり、空気を吸引ノズルからポンプで吸引（アクティブ）ないしは対流により（パッシブ）センサに接触させる構造で、リアルタイムでの計測が可能であることから常時監視に適している（表 1 参照）。

試験は、断面積 22mm^2 ・定格 140A の交流 6600V 用 CV 電力ケーブルを箱の中（配電盤を模擬しフレキ板および FRP 板で構成・ $1\text{m} \times 0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ ）に収納し、450A の過電流を通電することで発熱させ、箱の天井部に設けた直径 10mm の穴にセンサを設置して検出を試みた。なお、ケーブルの表面温度が 150°C になった段階で、電流を約 350A まで抑制し、一定の温度が維持されるように調整している。

3.2 試験結果

3 種類のセンサのうち、センサ A およびセンサ C の 2 種類においてケーブル表面の温度上昇に伴い指示値が上昇した。また、両者ともケーブル表面の温度が 100°C を超えると温度変化に対する指示値の上昇が大きくなり、前章の結果と類似の傾向が見られた（図 2 参照）。

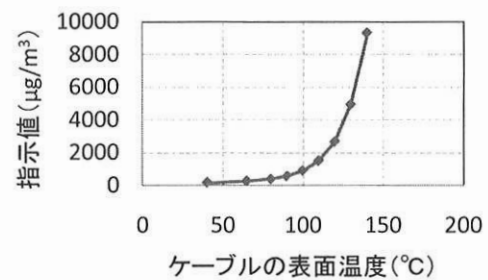
以上の結果から、過熱異常時にケーブル表面から放出される揮発性成分を、検知範囲が比較的低濃度の汎用のガスセンサで感知することが可能であることがわかった。さらに、ケーブル表面温度が 100°C を超えると温度上昇に対する指示値の上昇が急激になることがわかり、常時監視下において指示値の急激な変化や差分を検知の指標として利用できる可能性も考えられる。

3.3 センサ応答範囲に関する考察

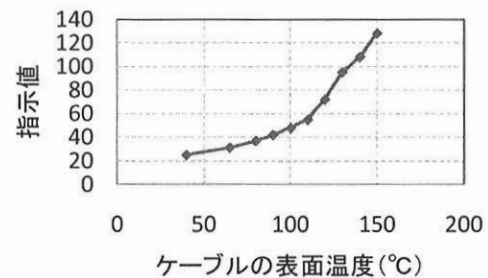
ところで、本試験に用いたセンサのうちセンサ A およびセンサ C はシックハウス対策など比較的低濃度の揮発性有機化合物を対象としている。本試験で放出された揮発性成分のレベルは、例えばセンサ A ではケーブル表面温度が 90°C の場合で測定範囲上限値の 5% ($500\mu\text{g}/\text{m}^3$) をやや

表 1 試験に用いたにおいセンサ

供試センサ	方式	測定範囲	トルエン (ppm 値) を基準とした場合における各測定器の測定値比較
A	パッシブ	1～ $10,000\mu\text{g}/\text{m}^3$	$260\mu\text{g}/\text{m}^3$ のトルエンは 0.07ppm に相当
B	アクティブ	1～3,000ppm (トルエン換算濃度)	—
C	アクティブ	0～2,000 (レベル表示)	10ppm のトルエンにおいてレベル表示は約 200



(a) グラフ 1 (センサ A)



(b) グラフ 2 (センサ C)

図 2 においセンサの応答特性

く超え始める程度である。一方、センサ B は作業環境評価や工場排ガスの管理に用いられる検知範囲が比較的高濃度のセンサである。このため、揮発性成分が測定範囲の下限近傍かそれ以下であったことから応答しなかったと考えられる。

今後の実用化に際しては、比較的低濃度の揮発性有機化合物を対象としたセンサを選定する必要があるが、不用意に測定範囲下限を低くすると外乱の影響や不要動作の懸念が生じるため、適正な測定範囲の選定と整定値の決定手法の構築が重要になると思われる。

4. まとめ

電力ケーブルに過電流を通電し、火災に至る温度より低い 150°C 程度に加熱した場合、被覆材に含有する可塑剤と見られる揮発性成分が放出され、電力ケーブルの過熱異常検知に適用できる可能性があることをにおいセンサを用いた試験により明らかにした。今後は今回の試験結果を踏まえたセンサシステムの構築を行うと共に、実際の配電盤サイズでの検証、及び営業線区での検証を行う予定である。

参 考 文 献

- 1) 京谷隆, 川崎たまみ, 潮木知良, 早川敏雄: 駅構内のにおいに関する揮発性物質分析手法, 鉄道総研報告, vol. 23, No.7, pp.29-32, 2009.
- 2) 石田克義, 高橋克彦, 国村智, 宮田裕之, 安部知明, 清見広和: 機器用電線における環境対応技術, フジクラ技報, No.109, pp.46-50, 2005.
- 3) 潮木知良, 京谷隆, 川崎たまみ, 赤木雅陽: 電線被覆材から放出される揮発性成分を利用した電気火災検知の研究, 電気学会研究会資料, TER-11-004, PP17-20, 2011.