

赤外線サーモグラフィー診断を可能にした 透明な絶縁保護カバーの開発について

(Development of a Transparent Insulating Protective Cover that Enables Infrared Thermography Diagnosis)

白松 茂樹*・米澤 和宏*
(S. Shiramatsu) (K. Yonezawa)

電気回路に接触不良等があると接点部で異常なジュール熱が発生する。この発熱は赤外線サーモグラフィー診断で容易に見つけることができる。電気設備の露出充電部は感電防止と目視点検のために透明な絶縁保護カバーを付ける必要があるが、既存の透明な樹脂板は赤外線を透過しない。今回開発した赤外線透過絶縁保護カバーGAT (The Gear of Advance Infrared Transparent Plate) は、透明で赤外線を透過するため、感電防止、目視点検が可能で、赤外線サーモグラフィー診断が適用できる。

When there is a poor contact at electrical circuits, it is heated abnormally by Joule's heat. This heating can be easily found by using Infrared thermography diagnosis. It is necessary to put a transparent insulating protective cover the front of exposed live parts of electrical equipment against electric shock. In addition, it has to be available for visual inspections. But, any existing transparent resinous protective covers don't have transparency against infrared rays. The GAT (The Gear of Advance Infrared Transparent Plate) that we had developed can be applied to infrared thermography diagnosis as well as electric shock prevention and visual inspections.

1. はじめに

当社は、透明で赤外線も透過する赤外線透過絶縁保護カバーGAT(The Gear of Advance Infrared Transparent Plate)を世界で初めて開発した。GATは、誤って不注意に触って感電しないように電気設備(配電盤、制御盤等)の露出充電部に絶縁保護カバーとして使用できる。また透明なため覆っても目視点検が可能であるだけでなく、赤外線を透過するため赤外線サーモグラフィー診断(以下、赤外線診断という)が適用できる。

2. 電気設備の異常発見に赤外線サーモグラフィー診断が有効

電気回路(ケーブル等)は電流が流れるとジュール熱により発熱する。もし回路内に端子台の緩み、部品の接触不良等があれば接触抵抗により異常に発熱する。異常な発熱のモニタリングには、非接触で温度を計測できる赤外線診断が威力を発揮する。赤外線診断では、発電所や工場の配電盤や制御盤などの端子台の緩み・接触不良等による異常な発熱(電気設備の火災等に至るようなト

ラブル兆候)を早期に安全に発見できることに期待している。

3. 赤外線サーモグラフィーの特徴と技術応用

物体は、温度が約-100~1,000℃程度であれば数 μm から数十 μm の範囲の波長のエネルギーを放出している。この波長領域を赤外線といい、この赤外線放射エネルギーを赤外線サーモグラフィー装置が検出する。

赤外線サーモグラフィー装置は、対象物から放射される赤外線放射エネルギーを検知し、対象物に触れることなく離れた場所から容易で安全に温度・温度分布を瞬時に計測する。異常な発熱、温度低下や温度分布等を二次元のカラー画像で熱画像として可視化し、その温度データをデジタルで数値化して取得保存できるため、机上に持ち帰ってソフト解析(温度分布のデジタル値の確認等)や報告書作成支援などができる。有害物質を使用しないため人体・環境にやさしく、非破壊で、動いている対象物も測定可能である。

これらは他の温度計に無い極めて優位な特徴である。強いて欠点を挙げるならば、対象物の材質、表面形状等

*日本原子力発電株式会社
(THE JAPAN ATOMIC POWER COMPANY)

により放射率補正が必要，遠方物測定の場合に視野角度に限界がある，周囲環境（湿度，炭酸ガス，煙等）に影響される，高価（近年安価になりつつある）がある。

デジタル技術の発展と相まって，この特徴を活かして建築・土木構造物，化学プラント，生産機械，電気・機械設備等において，状態監視保全やプロセス監視・制御，製品管理，品質検査，医療，文化財調査，防犯やセキュリティ等さまざまな分野での応用，需要が拡大している。

特に工場などの配電盤や制御盤などの電気設備，送配電や変電などの電力設備は，電源を切断して点検することが困難で，活線作業となる場合が多い。赤外線診断は，稼働中の電気設備の状態監視保全を行う安全で有効な設備診断の手法のひとつである。

状態監視保全に適用する赤外線診断で検知される電気設備の不具合や不具合予兆が可能な主なものとしては，緩み，腐食，結線・接続不良，負荷バランス不良，過熱，過負荷，三相バランス不良などがある（写真1）。

4. 電気設備の感電防止カバーの重要性と異常早期検知のための赤外線診断に弊害なカバー

電気設備の点検は活線の状態でカバーなどを開放して行うため，感電防止対策が必要である。感電による労働災害は重篤化しやすく，労働災害の中でも致死率の高い災害の一つである。特に夏季で200V以下の低圧による感電災害が多い。⁽¹⁾

感電は，作業者が法令や作業手順を遵守すること，作業責任者が作業者に守らせることにより防止できる。作業者は，時には過酷な環境下で，長時間にわたって働くことがある。このような作業は，集中力を低下させるだけでなく，作業効率も落ちる。特に，気がゆるみ「これまで災害が起きていないし，このくらいなら“作業手順

を省いても”いいだろう。」と思うことがある。基本的な手順を守ることが大切である。⁽²⁾

しかし，電気作業者の感電による死傷事故の被害者は毎年60～80人，その内，作業方法不良が約40%と最も多く，手順の不備や手順を守らなかったことが原因となっている。⁽³⁾

発電所や工場の配電盤や制御盤などの電気設備には端子台等の露出充電部がある。扉や保護板などを設置して感電防止が図られているものもある。しかし点検のために盤の扉の開放，保護板を外したら，充電部が露出して作業者は感電の危険にさらされる。「うっかり」，「思い込み」で，電気作業者といえども誤って不用意に露出した充電部に触れてしまうことが無いようにすることが重要である。このため，電気設備の露出充電部には感電防止対策のひとつの解決策として絶縁保護カバーを常設する必要があると考えてきた。このことから，かつて我々は，感電防止に係る設備側の対策として，作業者が露出充電部に誤って触られないようにするために透明なアクリル板やポリカーボネイト板を設置することを要求してきた。

しかし，一般的に透明な既存の樹脂材であるアクリルやポリカーボネイト板等は，赤外線を透過しないため，赤外線診断が適用できない。赤外線診断を行うために絶縁保護カバーを外すこととなってしまい，感電の危険が発生する。

写真2は感電防止のために盤のカバーに絶縁保護カバーの窓を設置したもので，中央の一部はGAT，そのまわりはアクリル板である。GATで覆った部分の向こうの温度は赤外線サーモグラフィ装置で計測できているが，アクリル板の部分は計測できない。写真3は感電防止のために端子台部に絶縁保護カバーを取付けた場合

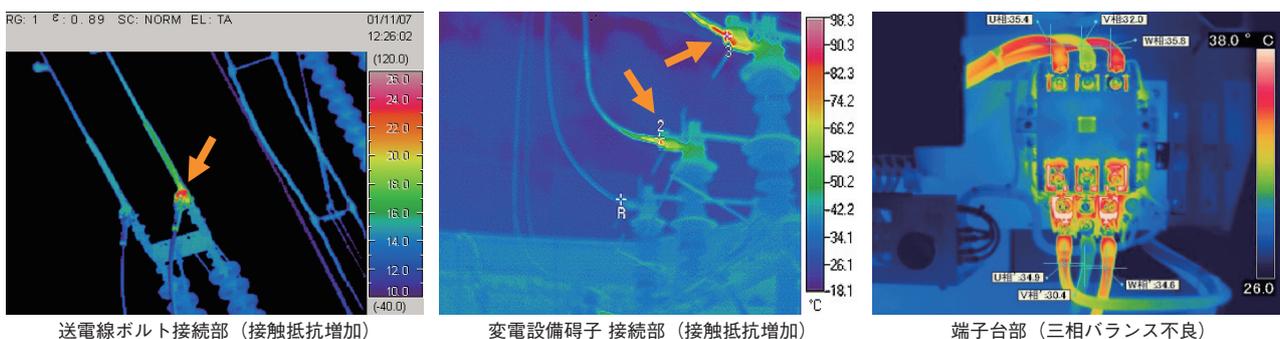


写真1 電気設備の赤外線診断 熱画像例

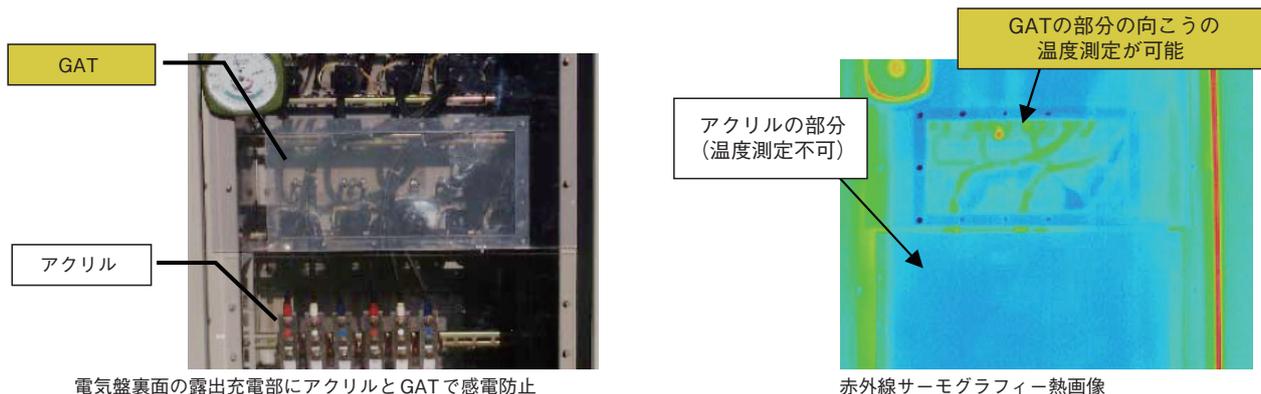


写真2 電気盤に感電防止絶縁保護カバーを設置した例

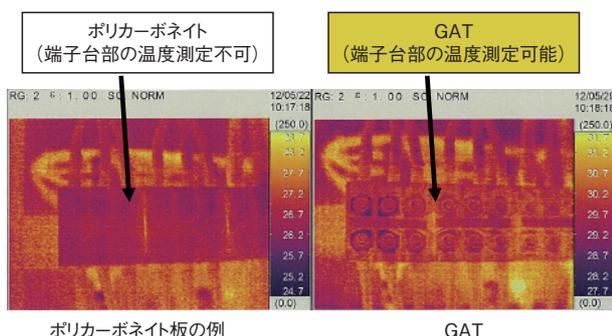


写真3 端子台部へ絶縁保護カバーをした赤外線サーモグラフィー熱画像

の赤外線サーモグラフィー熱画像である。写真左は透明なポリカーボネイト製、写真右はGATである。写真2と同様に透明なポリカーボネイト板では温度計測ができない。このため、赤外線を透過し赤外線診断が可能な透明な樹脂の開発が必要となった。

5. GATの機能・性能

- ・透明・目視点検が可能《覆っても向こうが透ける》
- ・赤外線サーモグラフィー熱画像で鮮明に温度分布データの取得が可能
- ・感電防止機能である電気絶縁性は、一般的に絶縁保護カバーとして使用されているアクリル等と同程度
体積抵抗率：約 $10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$
絶縁破壊強度：約75kV/mm (アクリル：約20kV/mm)
- ・盤内温度環境 (80℃以下の範囲) で使用が可能
《融点120~140℃, 引火点341℃》
- ・発火点400~440℃ (アクリル421℃)
- ・薄くて割れない (耐衝撃性が強い)
《アクリル板は衝撃で割れるが, GATは割れない》
- ・カッターナイフで容易に必要な大きさに加工可能

《厚み0.5~1.0mm, 幅380~400mm, 長さ1,000mm》
 ・密度910~950kg/m³ (アクリル940kg/m³)
 アクリル：ポリメタクリル酸メチル樹脂【国際化学物質安全性カード (ICSC) 日本語版より参照】

6. これからの展望

実際に、当社発電所の電気盤に厚み0.5mmと1.0mmのGATを設置 (2012年5月~) して試運用を実施した。約80nSv/h環境下で、約1年半経過した2013年10月に評価し、白濁、表面荒れ、湾曲などと合わせ、赤外線診断状況ともに問題ないことを確認して本格運用を開始した。GATの開発に当たり協力いただいた旭化成グループの工場においても赤外線診断の適用拡大に向けて設置・運用をしており、当社発電所においても電気盤への適用範囲を拡大中である。

電気設備の感電防止用に保護カバーを設置する場合は、赤外線診断が適用できるGATが採用されることを推奨する。電気設備の異常な発熱を早期に安全に発見できる赤外線診断の適用拡大のために、赤外線透過絶縁保護カバーGATが、電力会社、プラントメーカー、他産業を含む多くの分野で広く採用されることが期待される。

参考文献

- (1) 公益社団法人 日本電気技術者協会 Webサイト「感電災害の防止対策」
- (2) 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所「感電の基礎と過去30年間の死亡災害の統計 JNIOOSH-SD-NO.25 (2009)」
- (3) e-Stat：政府統計の総合窓口
http://WWW.e-stat.go.jp
総務省統計局/独立行政法人 統計センター