蛍光ファイバ方式 GIS 故障区間標定装置の開発

正員 鈴木 浩文 正員 山田 康久 正員 松尾 幸蔵 (高岳製作所)

正員 岨 知宏 正員 山下 和徳 正員 黒澤 潔 正員 田中晃司 (東京電力)

Development of Fault Location System for GIS Using Fluorescent Plastic Optical Fiber

Hirofumi Suzuki, Member, Yasuhisa Yamada, Member, Kozo Matsuo, Member
(Takaoka Electric Mfg. Co., Ltd)

Tomohiro Sowa, Member, Kazunori Yamashita, Member, Kiyoshi Kurosawa, Member,
Kouji Tanaka, Member (Tokyo Electric Power Company)

The Gas Insulated Switchgear (GIS) is intended to be both maintenance free and inspection free, inhibiting the affects of the external environment by sealing the main circuit equipment with SF₆ gas in a tank. Once an abnormality occurs inside it, however, it may develop into a major malfunction. Therefore, it is necessary to develop the fault locating technique.

In this paper, we present the fluorescent plastic optical fiber system for a way to detect a fault location in the GIS, and we examined the system reliability using a full scale GIS.

The sensitivity of the fluorescent plastic optical fiber is considered to be influenced by structure of the GIS, decomposed material of SF₆ gas deposited on the fiber surface, and other environmental conditions. We conducted reliability tests against these factors. We conclude that under the normal field condition, we can practically locate 100A fault current, if faults occur somewhere in the units of GIS, even inside the current breaker units.

キーワード : GIS、故障、アーク光、蛍光ファイバ

1. まえがき

ガス絶縁開閉装置(GIS)の内部で地絡、短絡故障が発生した場合は、電力の供給に支障をきたさないよう速やかに故障箇所を把握し、適切な処置を行う必要がある。GISは信頼性の高い機器であるが、密封型の機器でその内部の状態を監視することが困難であることから、故障箇所を発見する手法として、故障点標定装置の開発および、適用が各種進められている⁽¹⁾。また、光ファイバに蛍光物質を埋め込んだ蛍光ファイバを使用する簡易な方式も提案されている^{(2)~(6)}。衝撃圧力(SP)リレー方式、ガス圧力センサ方式などのこれまでの方式は、感度やコストの面で普及への課題が残されていた。筆者らはこれまで、センサとして蛍光ファイバをGISの各ガス区分内に配置し、地絡、短絡故障時のアーク光を検出する方式の研究を行ってきた^{(6)~(11)}。本方式は、SF₆ガス中の部分放電検出用として開発されたノルボルネン系プラスチックファイバに蛍光物質を混入させ、部分

放電に伴う光によりファイバ内の蛍光物質が蛍光反応を起こすことを利用している^{(12)~(14)}。この蛍光ファイバは構造が単純で、かつ絶縁物であること、電氣的ノイズに強いことからGIS内部への設置が可能である。また、蛍光ファイバは端面でなくファイバの側面からの光を取り込むため、感度よく広範囲を監視できる。これらのことから、今回故障時のアーク光を検出するセンサとして適用した。一方、GISは高圧SF₆ガスにより絶縁されており、内部で検出した光信号を気密性を保持したまま、効率よく機器外部へ導出する必要がある。このため、単一モード光ファイバ用に開発されたメタライズ構造の光気密端子^(15,16)の応用として大口径光ファイバを用いた気密端子を新たに開発した⁽⁹⁾。

本装置はGISの各ガス区画への設置を目標としているが、実機への適用を考慮する際、使用条件、使用環境における信頼性が求められ、特に機器の絶縁性能を損なわないことが本装置を取付ける上で重要となる。また、光を検出するにあたって、GISの内部構造が複雑であり、遮蔽の影響を

考慮しなければならないことや、特に遮断器や母線断路器のように電流遮断を行なうガス区画では SF_6 ガス分解生成物の蛍光ファイバへの付着など、蛍光ファイバの検出特性への影響を考慮する必要がある。今回、本方式の故障点標定装置の試作を行ない、各構成要素の環境に対する信頼性試験を実施するとともに、検出の信頼性を調査するために実規模の GIS タンクを用いた信頼性試験を実施し、実機への適用性を評価したので報告する。

2. 装置構成

蛍光ファイバ方式の GIS 故障区間標定は、センサである蛍光ファイバを絶縁スペーサで区切られた各ガス区画内に設置し、故障時のアーク光を機器外部に設置された光電変換部で検出し、どのガス区画で発光があったかを標定するもので、図 1 に本装置の概略構成図を示す。蛍光ファイバでとらえたアーク光により発する蛍光を光信号として、この光信号は気密性を確保しながら気密端子を介して機器の外部へ導出され、伝送用光ファイバケーブルにより光電変換部に入力される。この光電変換部では入力された光信号が GIS のどのガス区画で検出したものかを識別する機能を有する。また、開閉器のあるガス区画では、開閉アークが発生することから、開閉アーク光との識別も行なう。各ガス区画への蛍光ファイバの取付け位置は、機器の絶縁性能に影響を与えない場所として吸着剤容器部とした。吸着剤容器はタンクの容量や開閉器の有無で大きさが異なる。センサとしてできるだけコンパクトにするため、蛍光ファイバはループ状に構成することとした。図 2 に蛍光ファイバの取付け状況を示す。

図 1 蛍光ファイバを GIS に取付けた構成図

Fig.1 Block diagram of setting on GIS

図 2 蛍光ファイバの取付け状況

Fig.2 Setting situation of fluorescent plastic optical fiber

3. 蛍光ファイバ

蛍光ファイバは蛍光体を含む透明なプラスチックコアとコアより屈折率の小さいクラッドからなる。図 3 に蛍光ファイバによる光の検出原理を示す。蛍光体の吸収スペクトルの範囲にある波長の光が蛍光ファイバに照射されると、光は蛍光体に吸収され、蛍光体は放射状に蛍光を発する。この蛍光のうち、コアとクラッドの境界面に、その臨界角より大きい入射角をもって入射された光線は境界面で全反射し、ファイバ内を伝播する。GIS における故障時のアーク光は SF_6 ガス中で発生し、そのアーク光は波長帯域が広く、特に波長 300～500nm の範囲で強度が大きい^(5,12)。蛍光物質はこれらの波長域に対して励起が一定して起こり、さらに伝送ファイバ内の損失の少ないものとして、蛍光が 650nm (赤) の波長のものを選定した。また、プラスチックファイバは表面積が大きいほど感度に対して有利であることから、現状で最も太い直径 1mm のものを選定した。

図 3 蛍光ファイバの光検出原理

Fig.3 Principle of fluorescent plastic optical fiber

4. 気密端子

蛍光ファイバで検出した光は気密端子により GIS 外部に導出される。気密端子は GIS の絶縁媒体である SF_6 ガスに対する気密性が要求される重要な構成要素である。気密性を確保する手段として、単一モード光ファイバの密封貫通法として光学的特性、温度特性の安定性が確認されたメタライズ方式の気密端子を開発した^(9,15,16)。気密端子の外観と構造を図 4、5 に示す。金属フランジの中央に細径の穴を開け、そこに表面に Ni メッキを施したコア径 1mm の大口径石英ガラスファイバを挿入した。金属フランジとメッキしたファイバの間隙にははんだを流し込み、両者を固定している。金属フランジの材質は、はんだとの接合性から銅を使用した。また、蛍光ファイバおよび伝送用光ファイバとの接続のために、大口径石英ガラスファイバの両端面を研磨した後、FC 形(JIS C 5970 : CF01 形)レセプタクルを取付けた。

図 4 気密端子の外観

Fig.4 Outlook of air tight terminal

図5 気密端子のメタライズ構造
Fig.5 Structure of air tight terminal

5. 蛍光ファイバの光検出特性

ループ状に構成した蛍光ファイバを取付ける GIS ユニツトは内部構造がそれぞれ用途によって異なる。そこでループ状に構成した蛍光ファイバの基礎的な光検出特性について模擬光源を用い、距離、角度、および蛍光ファイバ長それぞれと検出光量の関係を調査した。

図6は光源と蛍光ファイバの離隔距離 R と蛍光ファイバ出力および照度 E の関係を示す。蛍光ファイバは長さ 700mm のものをループ径 100mm に巻回した。光源にはハロゲン光源を用いた。照度はループの中心で計測した。照度と蛍光ファイバ出力は高い相関性を示し、両者とも離隔距離 R の 2 乗に反比例して減少し、 $R=1\text{m}$ になると $R=0.2\text{m}$ の時の数%程度にまで減衰した。これは、照度の逆 2 乗の法則により与えられる次式とよく一致した。

$$E = \frac{I}{R^2} \cos \theta \quad \dots(1)$$

E は照度(Lx)、 I は光度(cd)、 R は距離(m)、 θ は光源と蛍光ファイバの任意の点の角度である⁽¹⁷⁾。

また、光源位置と蛍光ファイバのループ面の角度 ϕ と光量の関係を図7に示す。蛍光ファイバのループ面の中心の距離を 200mm とし、 $\phi=0\text{deg}$ のとき、 $\phi=90\text{deg}$ の検出光量の 50%となった。また、 $\phi=45\text{deg}$ 付近で検出光量が最大になる傾向を示した。

次に、蛍光ファイバの長さ と検出光量の関係を調査するために、蛍光ファイバを部分的に遮蔽して露出部長と検出光量を計測した。その結果を図8に示す。蛍光ファイバは長さ 3m としてループ径 100mm に巻回した。蛍光ファイバの長さ と検出光量は比例関係とはならず、長くしても感度向上の効果が小さい傾向を示した。これは蛍光ファイバ内の伝送損失に起因する。また、導体配置により光源を遮蔽した場合には 25%まで光量が減衰することを確認した⁽⁷⁾。

図9にはモデルタンクを用いて模擬地絡を発生させたときの電流と蛍光ファイバの検出光量との関係を示す。蛍光ファイバループ径 100mm として、地絡発生点との離隔距離は 300mm とした。蛍光ファイバ出力は光パワーメータで計測した。本試験において地絡電流 20A 以下の範囲では、地絡電流と蛍光ファイバ検出光量は直線的に変化する傾向を示した。

図6 蛍光ファイバと光源の距離と
蛍光ファイバ検出感度の関係

Fig.6 Relation between the intensity of the fluorescent light from the plastic fiber and distance from light source to the fiber

図7 蛍光ファイバループ面と光源の
角度による光検出特性

Fig.7 Angular characteristics of looped fluorescent plastic fiber power

図8 蛍光ファイバの露出部長と出力の関係

Fig.8 Relation between fiber length and fluorescent plastic fiber output

図 9 模擬地絡電流と蛍光ファイバ検出力の関係

Fig.9 relation between fault current and fluorescent plastic fiber output

6. 耐環境性

蛍光ファイバは機器の内部に設置するため、SF₆ ガスに晒される。SF₆ ガス自体は不活性ガスであるため、蛍光ファイバには直接的な影響はないと考えられる。しかしながら、開閉器のあるガス区画へ設置する場合、開閉アークによる紫外線や、SF₆ 分解ガスの影響を考慮する必要がある。紫外線による蛍光ファイバの伝送損失は、母線断路器による定格電流 3000A のループ開閉 7×10⁵ 回に相当する紫外線を照射させたとき、5.6dB となった。実使用時のループ電流開閉回数は JEC に基づくループ電流開閉試験回数から 200 回程度とすると、紫外線による伝送損失の変化はほとんどないと考えられる。SF₆ 分解ガスとして、アークの熱による分解反応の最初に生成される SF₄ に着目し、SF₆ ガス中に SF₄ を 5%(vol.) と水分 2000ppm(vol.) を混入した状態で蛍光ファイバの伝送損失の変化を調査した。上記雰囲気中に 2500 時間放置したところ変化はほとんどなく、変化の範囲は 1dB 以下であった。温度変化に対する蛍光ファイバの損失を図 10 に示す。-20~65℃の範囲での損失の変化は±2%以下であり、実使用上問題無い範囲であることを確認した。

図 10 蛍光ファイバと気密端子の伝送損失の温度依存性

Fig.10 Temperature dependence of transmission loss of fluorescent plastic fiber and air tight terminal

表 1 試験条件

Table 1 Test conditions

項 目	試 験 条 件
高温試験	85℃×72 時間
低温試験	-20℃×72 時間
湿度試験	93% (40℃) ×48 時間
ヒートショック試験	0→100→0℃×3 サイクル

図 11 気密端子の信頼性試験後の光伝送損失

Fig.11 Optical propagation loss after reliability tests for air tight terminal

気密端子に対する耐環境性試験を、表 1 に示す試験項目と試験条件に基づいて実施した。試験条件は JEC2350「ガス絶縁開閉装置」による GIS の使用条件を考慮した上で、JISC5961「光ファイバコネクタ試験方法」に基づいて決めた。高温試験では、GIS の構造物として接近し得る外表面の最高許容温度が 70℃であるため、この温度より高い 85℃を選定した。低温試験温度は GIS の使用状態として周囲温度は-20~+40℃であるため-20℃とした。湿度試験の試験条件は JIS 規格の耐湿性試験方法に準じた。ヒートショック試験は周囲温度の急激な変化を考慮し、0℃と 100℃の液中に交互に浸した。

環境試験として高低温試験、ヒートショック試験、湿度試験を、機械的試験として振動試験を実施し、挿入損失を計測したところ、図 11 に示すように各試験後の挿入損失の変化は 20%(1dB) 以下であった。各試験後に気密試験を実施し、1.05MPa (最高使用圧力の 1.5 倍) の圧力に対して気密性が確保されていることを確認した。以上のことから、今回開発した気密端子は、GIS の使用条件において、機器の性能を損なわずに正常に機能すると考えられる。なお、気密端子に対しても温度特性を計測し、図 10 中に併記して示した。

7. 実規模 G I S タンク内遮蔽試験

蛍光ファイバを用いた故障区間検出装置を GIS に取り付ける場合、地絡アーク光の発生箇所によっては検出装置の受光量が GIS 内部の導体やタンクの分岐など、実機の構造物による遮蔽の影響を受けると考えられる。また、吸着剤

容器に取付けた蛍光ファイバと故障発生箇所との距離も大きくなる場合がある。そこで、故障箇所をタンク内部各所に想定して模擬光源を配置し、その時の蛍光ファイバによる検出光量を調査した。

供試器として、三相一括型 GIS の構成機器である母線分岐ユニットを用いた。定格電圧は 72kV、定格電流は 3000A である。蛍光ファイバは吸着剤容器部に長さ 1m のものを直径 100 mm のループ形状になるように巻回して取付け、フランジに取付けた気密端子、伝送用光ファイバケーブル (10m) を介して光パワーメータで光量を計測した。

図 12 に母線分岐ユニットの模擬光源の配置を示す。模擬光源は絶縁スパーサ表面の地絡と短絡、相間短絡、導体-大地間地絡の各故障を想定した位置に取付けた。接地開閉器の電極部にも配置した。試験結果を表 2 に示す。母線分岐ユニットでは、乙母線断路器ユニット接続用絶縁スパーサ部に配置した光源の発光に対するセンサの検出光量が少なかった。

検出光量が最大となる光源位置の光量を基準とした場合、検出光量の差は母線分岐ユニット内で 27dB になった。母線分岐ユニットの乙母線接続絶縁スパーサ表面から蛍光ファイバまでの距離は約 750mm であり、また蛍光ファイバループ面との角度は約 75deg である。角度による減衰は無いものと考え、距離による減衰は図 6 から約 10dB、導体による遮蔽は三相分 1 組で 6dB であるが、本ケースは光源から蛍光ファイバまでの間に 2 組の導体があるので、全体の減衰量はこれらの合計で 22dB 程度となる。さらに分岐部での減衰量は 5dB 程であったと考えられる。なお、母線分岐ユニットの最大検出光量が得られた光源の位置は、導体分岐部で蛍光ファイバからの距離は約 0.2m であった。

図 12 母線分岐ユニット内部の模擬光源の配置

Fig.12 Configuration of light sources in Bus Branch unit

表 2 母線分岐ユニット内遮蔽試験結果

Table2 Result of screening influence in Bus Branch unit

故障想定	図 12 中 光源位置	光パワーメータ 検出光量 [μW]	最大検出量基準 の検出光量 [dB]
遮断器接続絶縁スパーサ地絡	①	19.93	-7.3
甲母線接続絶縁スパーサ地絡	③	13.58	-8.9
乙母線接続絶縁スパーサ地絡	⑤	0.20	-27.3
甲乙分岐部相間短絡	⑦	106.60	0.0
乙接地電極分岐部地絡	⑩	0.66	-22.1
接地開閉器電極部地絡	⑫	0.570	-22.7

なお、同様の試験を母線断路器ユニットを用いて行なったところ、最も検出光量が少ないと思われる位置での発光に対して、母線分岐ユニットの最小検出光量に比べ約 2.5 倍の検出光量が得られた。母線断路器ユニットは母線分岐ユニットにくらべ小さく、蛍光ファイバを取付ける吸着剤容器の位置とユニット内の各位置との距離が母線分岐ユニットより小さいことが理由と考えられる。

8. ループ電流開閉試験

蛍光ファイバを用いた故障点標定装置を GIS の母線断路器 (DS) ユニットに取り付ける場合、DS ユニットの責務としてループ電流の開閉動作を行なうため、開閉アークにより SF₆ ガスの分解生成物が発生し、検出装置の受光感度の低下が予想される。そこでループ電流開閉試験を実施し、SF₆ ガスの分解生成物の影響を調査した。これにより開閉器を有するガス区画への適用性を評価した。

図 13 に測定装置の構成を示す。蛍光ファイバは直径 100mm のループ形状にし、DS ユニットの吸着剤容器頭頂部に取り付けた。蛍光ファイバは吸着剤フランジに取付けた気密端子、伝送用光ファイバケーブル (10m) を介して光電変換部に接続した。光電変換部の各部の出力は電流、電圧波形および断路器の動作信号と同時に記録した。

ループ電流開閉試験の試験条件は JEC-2310-1990「交流断路器」に基づき、電圧 100V、電流 3000A (定格電流) とした。DS ユニット 1 相での、通電状態から開路に至る過程でアークを発生させ、蛍光ファイバでこのアーク光の発生を確認した。DS 接点の開閉を 350 回行なった。SF₆ ガス圧力は GIS の最低保証圧力の 0.45MPa とした。

図 13 ループ電流開閉試験装置の構成

Fig.13 Set up of test equipment for loop current braking

図 14 ループ電流開閉試験後の蛍光ファイバの状態
Fig.14 Surface situation of fiber after loop current test

蛍光ファイバの検出光量は試験後の分解生成物が覆っている状態では、試験前に比べ約 20%(1dB)低下した。これは図 14 に示すように、(試験後には)SF₆ガスの分解生成物と思われる白色の粉体が蛍光ファイバの表面を覆っており、これにより蛍光ファイバの検出特性が低下したものと考えられる。

9. 検討

以上の試験結果を基に、蛍光ファイバと故障が想定される位置の離隔距離が大きい人形部タンクについて本装置の検出光量の設定値を検討する。表 3 に各試験から得られた減衰量をまとめた。減衰量は合計 27dB となり、表 2 の母線分岐部タンク内光源位置⑤での発光に対する減衰量と同等レベルであった。このことから、地絡電流 100A に相当する発光がこの位置で発生した場合に本装置が動作すれば、最悪条件下でのアーク光を検出できると考えられる。遮蔽試験で模擬光源に使用したハロゲンランプの光量は 0.056A の地絡に相当する。一方、地絡電流と光量の関係は図 9 で示したように比例関係にある^{6, 7)}。この関係から模擬光源の光量を地絡電流 100A 相当のアーク光に換算すると、蛍光ファイバの出力として 350nW の光量が得られると考えられる。このことから光電変換器の検出光量の設定値をこのレベルに設定したところ、検出動作することを確認した。

表 3 光量の減衰

Table 3 Attenuation of optical power	
光量の減衰要因	減衰量[dB]
距離(10m)	10
角度(θ=0deg)	3
遮蔽(導体)	6
遮蔽(分岐)	5
環境(気密端子)	1
環境(蛍光ファイバ)	1
SF ₆ 分解生成物	1
合計	27

10. まとめ

蛍光ファイバ方式 GIS 故障区間標定装置の各構成部品に対して、信頼性試験を実施し、さらに実機を用いて検出動作の機能の検証を行った。その結果、蛍光ファイバおよび、気密端子は GIS の使用条件において十分に機能することがわかった。このとき蛍光ファイバの損失変化、気密端子の伝送損失の変化は最大で約 2dB の範囲内にあり、光電変換器の能力から実用上問題のないレベルであった。また、GIS の内部構造物による光検出特性への影響を確認し、光ファイバを吸着剤容器部に取付けた場合の目標である地絡電流 100A 相当のアーク光検出が可能であることがわかった。さらに、開閉器を有する区画に対して、アークの紫外線による影響はほとんど無く、SF₆分解ガスによる検出光量の低下は 1dB 以下と少なく、また分解生成物が蛍光ファイバの表面に付着した場合でも十分に機能することがわかった。以上のことから、本装置が開閉器のあるガス区画を含む GIS へ適用できることを確認し、実用化の目途を得た。

(平成 10 年 6 月 26 日受付、同 11 年 2 月 10 日再受付)

文 献

(1)電気協同研究会：「電力設備へのセンサ適用技術」、電気協同研究、第 46 巻、第 4 号、185 (1990)

(2)R. Mangeret, J. Ferenc, Bui Ai, P. Destruel, D. Puertolas : "Optical Detection of Partial Discharges using Fluorescent Fiber", IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol.26, No.4 (1991)

(3)J. Ferenc, R. Mangeret, A. Boulanger, P. Destruel : "A Fluorescent plastic optical fiber sensor for the detection of corona discharge in high voltage electrical equipment", Review of Scientific Instruments, 65(1)(1994)

(4)K. Muto : "Electric-Discharge Sensor Utilizing Fluorescent Optical Fiber", Journal of Lightwave Technology, Vol.7, No.7(1989)

(5)沢、黒澤、田中、沢田：「蛍光ファイバを用いた電力設備診断技術の研究」、第 3 回光波センシング技術研究会講演論文集、LST3-16(1989)

(6)黒澤、大島、山田、田中、松尾：「プラスチック蛍光ファイバの微小アーク光検出特性」、平成 8 年電力・エネルギー部門大会、No.425

(7)黒澤、佐野、田中、山田：「プラスチック蛍光ファイバの SF₆ ガス中アーク放電光の検出特性」、平成 9 年電気学会全国大会、No.1560

(8)黒澤、岨、鈴木、山田：「プラスチック蛍光ファイバを用いた故障点標定装置」、平成 10 年電気学会全国大会、No.1497

(9)黒澤、岨、鈴木、山田：「大口径ファイバを用いた光気密端子の開発」、平成 10 年電気学会全国大会、No.1522

(10)岨、黒澤、鈴木、山田、松尾：「蛍光ファイバ方式故障点標定装置の開発」、電気学会開閉保護・高電圧合同研究

会資料、SP-98-33、HV-98-42(1998)

- (11)K. Kurosawa, T. Sowa, K. Tanaka, Y. Yamada: "Arc-discharge Light Detection Using Fluorescent Plastic Optical Fiber in SF₆ Gas", Proc. 12th International Conf. on Optical Fiber Sensors, pp249-252(1997)
- (12)渡辺、黒澤、田中、山田、藤井:「SF₆ガス中部分放電光の特性」、電気学会開閉保護装置研究会、SPD-91-28(1991)
- (13)黒澤、畠山、田中:「蛍光ファイバ型ガス絶縁開閉器用部分放電検出器」、平成8年電気学会全国大会、No.1429
- (14)黒澤、田中、畠山:「SF₆ガス中部分放電光検出用高効率・耐熱プラスチック蛍光ファイバ」、平成8年電気学会全国大会、No.1428
- (15)黒澤、吉田、近藤:「単一モードファイバによる密封容器壁の光の貫通法」、平成7年電気学会全国大会、No.1693
- (16)黒澤、吉田、佐野、板倉、近江:「GIS用光ファイバ貫通気密フランジの特性試験」、平成8年電気学会全国大会、No.1460
- (17)電気学会:「照明工学」、オーム社、7(1985)

鈴木 浩文

(正員) 1961年9月6日生。1985年信州大学工学部電気工学科卒業。同年(株)高岳製作所入社。主として変電機器の診断技術に関する研究に従事。

山田 康久

(正員) 1967年12月10日生。1992年山梨大学大学院電子工学専攻終了。1992年(株)高岳製作所入社。主として変電機器の診断技術に関する研究に従事。

松尾 幸藏

(正員) 1949年12月18日生。1975年九州大学工学部電気工学科卒業。同年(株)高岳製作所入社。主として変電機器の診断技術に関する研究に従事。電気設備学会、空気調和・衛生工学会、IEEE会員。

岨 知宏

(正員) 1962年7月1日生。1986年近畿大学理工学部金属工学科卒業。同年(株)高岳製作所入社。1997年東京電力(株)出向。主に光ファイバとその電力設備への応用技術の研究、開発に従事。

山下 和徳

(正員) 1967年2月1日生。1991年東北大学大学院電子工学専攻終了。同年東京電力(株)入社。現在光ファイバセンサとその電力設備への応用技術の研究、開発に従事。

黒澤 潔

(正員) 1952年9月6日生。1971年東京電力(株)入社。1980年東電学園大学部技術科卒業。主に光ファイバセンサとその電力設備への応用技術の研究、開発に従事。現在同社電力技術研究所。1990年電気学会進歩賞受賞。工学博士。

田中 晃司

(正員) 1957年4月23日生。1981年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。同年東京電力(株)入社。主に変電技術の開発とその電力設備への応用研究に従事。現在同社エネルギー環境研究所電力貯蔵グループ。