架空絶縁電線のがいし支持点近傍における インパルス沿面放電特性

正員 西 敏 行 (富山高専)

正員 櫻 野 仁 志 (石川高専)

正員 石 橋 鐮 造 (金沢工大)

正員 高 嶋 武 (金沢大)

Impulse Creeping Discharge Characteristics in the Neighborhood of Insulator Supporting Point of Areal Insulated Wire

Toshiyuki Nishi, Member (Toyama National College of Technology), Hitoshi Sakurano, Member (Ishikawa College of Technology), Ryoza Ishibashi, Member (Kanazawa Institute of Technology), Takeshi Takashima, Member (Kanazawa University)

Installation of insulated wires in a high voltage overhead distribution system has decreased electric shock accidents, but on the other hand the occurrence of wire melting accidents due to induced lightning surge has raised another problem. As flashover due to lightning surge takes place over the surface of insulator, leader strokes progress from the tip of the binding wire along the surface of the insulated wire. Clarifying the characteristics of these leader strokes will conceivably contribute to the prevention of wire melting accidents.

Numerous experiments concerning these leader strokes were carried out, which resulted in clarification of several noticeable characteristics.

From the results of this paper the following matters are clarified.

(1) The progression speed of the leader strokes from the tip of the binding wire to the distance of approx. 20 cm along the surface of the insulated wire becomes faster with increasing gap (BG) length.

(2) The potential of the tip of leader stroke against ground increases monotonously with the progression length, i. e. the distance from the tip of the binding wire. In addition, within the range of about 60 cm from the tip of the binding wire, the rate of voltage drop is approx. 250 V/cm.

(3) The results of the measurement of the potential of the leader stroke tips against conductors at the moment of progression halt (progression halt voltage) carried out with respect to three sorts of insulated wires show that the progression halt voltage is dependent to sheath thickness and dielectric constant, and takes a constant value inherent to the insulated wire.

キーワード：沿面放電，リーダストローク，絶縁電線，複合誘電体

1. ま え が き

高圧架空配電系統の絶縁電線化により，感電事故は激減したのに反し，雷電圧起因のせん絡アークによる

電線溶断事故が新たな問題となっている⁽¹⁾。絶縁電線はバインド線によってがいしに支持されており，その支持点では複合的な絶縁系が構成される。ここに侵入する雷過電圧は，がいしと電線被覆の両絶縁層によっ

て分担支持される。このとき、がいし表面にフラッシュオーバーを生ずると全電圧が電線被覆にかかり、電線に沿って沿面リーダが進展する。もし、被覆に弱点部があるとリーダはここで貫通破壊を起こし、この破壊点にアークスポットが固着することとなり断線に至る。被覆貫通点の位置はバインド部分に多く見られるが、バインド線端部から1m以上も離れる例もあり⁽²⁾、溶断後の電線の落下は必至となる。

電線溶断を防止するため、コンパウンド充てんの水密絶縁電線の開発⁽³⁾、続流を速やかに遮断するアーキングホーンの開発⁽⁴⁾などの研究があるほか、種々のがいしおよびバインド線の組合せ方法によって絶縁性能を改善しようとする研究^{(5)~(7)}などがある。このような種々の研究にもかかわらず、いまだ完全な解決方法は見いだされていない。それは、この種の複雑な絶縁系における沿面放電特性自体に不明な点が多いことによる。

著者らは、これまでこの絶縁系における放電機構を明らかにしようとし、特に絶縁電線表面上に発生するインパルス沿面放電の特性を検討してきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾。本論文では、模擬誘導雷電圧を用いてバインド線端部から沿面リーダを進展させて、その進展の開始、停止電圧、速度ならびにリーダ内部の電位分布の特性を求めることができたので報告する。

2. 実験方法

配電線系統に雷サージが侵入し、それががいし支持点に到達した場合、サージ電圧は、がいしおよび電線の被覆層よりなる複合絶縁系によって支持される。その絶縁系には、バインド線が介在するため、複雑な絶縁体系となる。

〈2・1〉 実験回路 実験回路を図1に示す。インパルス電圧発生器 (IG) により発生したインパルス電圧 ($\pm 1.7/40 \mu\text{s}$) を、供試絶縁電線の心線に印加した。本実験では、がいしの電圧分担と絶縁耐力を直径 80 mm の半球ギャップ (以後、BG と呼ぶ) によって模擬した。これにより、がいしと絶縁電線の組合せについて実際のがいしを用いることなく、がいしの絶縁耐力を変化させることができる。バインド線は通常のバインド部分を省略し、リーダの進発点、すなわちバインド線の終端部だけで模擬した。バインド線は、操作の容易な鉛 (97%) とアンチモン (3%) の合金線 (断面直径 5.5 mm) で代用した。沿面放電の進展状況を観測するためには、バインド線の両方の終端部からリーダを進展させるよりも片方に進展させたほうが観測に都合が良い。そのため、進展させない側の終

図1 実験回路
Fig. 1. Experimental circuit.

端部には図1に示すような銅製のホーンを装着した。これは銅製シムプルと円すい状に作った銅板を用い、バインド線と同電位の面をラッパ状に広げて電界緩和を図ったものであり、絶縁電線との空けきを埋めるためにパラフィンを充てんした。

また、リーダが電線表面上を進展する際、しばしば行して電線をスパイラル状に進展し、一方向からの観測を困難にすることが多いので、放電が直線状に進展するように対策を講じた。すなわち、絶縁電線の表面に電線に沿って幅約 3 mm のリーダの通路を設けることとし、通路以外の電線表面にビニールテープを張付けた。供試絶縁電線は、長さ約 6 m でその中央部にバインド線が巻いてある。この電線全体を長さ 7.7 m、高さ 2.7 m、幅 1.5 m の暗室内に設置した。また、この暗室に観測窓を設け、ストリーマおよびリーダの進展長を静止カメラ、イメージ・インテンシファイア (II) を用いて正確に把握した。実験は冬期間に行ったため気温は約 5°C であり、湿度は除湿器により約 60% に保った。また、電線の直面状態を一定とするため、電圧印加後は 1 回ごとに電線表面をアースして電荷を去除くと共にアルコールでふき、実験条件を統一して進展長のばらつきを極力押さえた。

〈2・2〉 リーダの速度、電位、電流の測定 各種プローブによってリーダの進展速度、電位および電流の観測を行った。進展速度観測装置の概要を図2に示す。図中の No.1~No.6 は光ファイバであり、各々の設置間隔は 20 cm である。各位置で検出された放電光は、光電子増倍管 (PM) に導かれ、そこで得られる各出力波形の立上り時刻の差を求めることによって、リーダが観測点の間を進展するのに要した時間を

図 2 リード進展速度の観測装置
Fig. 2. Apparatus for measurement of progression speed of leader strokes.

表 1 供試絶縁電線
Table 1. Data of insulated wires applied in experiments.

試料 番号	仕上り 外 径 (mm)	導 体		絶 縁 物			
		公 称 断面積 (mm ²)	構 成 (本/mm)	外径 (mm)	絶縁物 の厚さ (mm)	主材質	比誘 電率
No. 1	9.2	14	7/1.6	4.8	2.2	ビニール	4.2
No. 2	9.2	22	7/2.0	6.0	1.6	ビニール	4.2
No. 3	12.0	22	7/2.0	6.0	3.0	ポリエチレン	2.3

全長はいずれも 6 m である。

読取ることができる。リーダが各プローブ点に到達するまでの時間特性は、表 1 に示した No.1 の絶縁電線によって観測された。この電線は、仕上り外径が 9.2 mm、絶縁物の材質はビニールでその比誘電率は 4.2、厚さ 2.2 mm であり、全長は 6 m である。

図 3 に電位プローブの回路図を示す。これは千葉ら⁽¹⁰⁾の電位プローブにならったものである。C₁ は直径 80 mm の半球 2 個からなり、両者は約 10 cm の間隔に保持される。それゆえ、C₁ は約 1 pF の空気コンデンサとして与えられる。C₂ は 2,000 pF のマイカコンデンサである。また、探針の直径は 1 mm である。このプローブを 5 個製作し、これによりリーダ内の電位を同時に最大 5 点で測定できるようにした。この電位プローブの入力インピーダンスは十分高いが、それでも絶縁電線表面の対地インピーダンス（分布定数）に比べて低いので、リーダ到達前の電位を正確に測定することはできない。しかし、ここでの測定対象であるリーダ内の電位については、到達後のリーダの内部インピーダンスが低いので、十分正確に測定できる。

図 3 電位プローブ回路
Fig. 3. Schematic diagram of potential probe.

また電位測定に併せて、ギャップ BG を流れる電流も同時に測定した。リーダの電位は、表 1 における No.2, No.3 の絶縁電線によって実測された。電線 No.2 は、仕上り外径 9.2 mm、絶縁物の材質はビニールで、その比誘電率は 4.2、厚さは 1.6 mm である。電線 No.3 は、仕上り外径 12.0 mm、絶縁物の材質はポリエチレンで、その比誘電率は 2.3、厚さは 3.0 mm であり、両電線とも全長は 6 m である。

3. 沿面リーダの諸特性

〈3・1〉 進展速度 沿面リーダの基本特性として、最初に進展距離と到達時間の関係を示す。図 4 (a), (b) は、それぞれ正極性および負極性リーダの進展時間特性の一例を示す。印加電圧波高値は -112 kV [(a) 図] および +112 kV [(b) 図] である。時間軸の原点は、リーダの進展開始瞬時を表す。いずれもギャップ BG の長さをパラメータとしたもので、BG = 2.5 cm のときは印加電圧波形の波高値付近で BG がせん絡する。負極性の電圧を心線に印加するときはリーダの極性は正極性となり、反対に正極性のときは負極性となる。図 4 より、正極性および負極性のいずれのリーダにおいても進展距離 20 cm までは、BG ギャップ長が 2.5 cm のものは進展速度が速く (約 1×10^8 cm/s)、それよりギャップ長が短いものほど進展時間が長くなり、速度は遅くなる。一方、20 cm 以上の進展部分では、BG ギャップ長との関連はあまり見られない。

印加電圧の波高値付近で BG がせん絡すると、絶縁被覆には電圧の波高値が瞬時に加わり、バインド線先端の電界もまた瞬時に高まる。そのため、周囲の空気

(a) 正極性リーダ
(印加電圧波高値: -11.2 kV)

(b) 負極性リーダ
(印加電圧波高値: $+11.2 \text{ kV}$)

図 4 リーダの進展距離-到達時間特性
(電線 No. 1)

Fig. 4. Relation between progression distance and arrival time of leader strokes (wire No. 1).

を電離するのに必要なエネルギーが瞬時に十分与えられる結果、放電は速やかに進展することとなる。逆に、BG ギャップ長が 0 cm (短絡) のときは、バインド線の電位は最初から大地電位に置かれるため、この部分の絶縁被覆には、電圧印加と同時に全電圧が加わることとなる。このため、バインド線先端の電界が高まり、波頭しゅん度に対応して周囲の空気を徐々に電離し始めてから進展を開始し、その後も電圧の上昇に応じて次第にリーダが伸びるため、進展時間が長くなるものと推定される。

〈3・2〉 進展開始電圧および進展距離 印加電圧波高値 (負極性) とそのとき発生するリーダ (正極性) の進展距離との関係を図 5 に示す。これは絶縁電線 No. 2 と No. 3 について比較したものであり、両電線の心線半径は同一であるが、絶縁層の材質および厚さが異なる。測定は、印加電圧波高値を変化させたときのリーダの進展距離をスチールカメラにより撮影した。また、両電線の場合ともに BG のせん絡が印加電圧波高値付近になるようにギャップの長さを調整し

図 5 電線の種類によるリーダ進展距離の相異

Fig. 5. Difference between progression distances due to kinds of insulated wire.

た。沿面リーダは印加電圧の波高点を $1 \sim 2 \mu\text{s}$ 経過した時点でその進展を完了し、停止する。印加電圧波高値が低くなるほど沿面リーダの進展長は短くなる。特性曲線を外挿して電圧波高値を更に減少するならば、ついには進展長 0 cm となる。このときの印加電圧波高値が、バインド線先端から沿面リーダが進展を開始するときの心線電圧にほかならない。このようにして求めたリーダ進展開始電圧は、電線 No. 2 では約 -35 kV 、電線 No. 3 では約 -46 kV となった。これより、バインド線先端に生起する電界強度は、絶縁層の厚さに密接な関係を有することがわかる⁽¹¹⁾。これに関する精密な検討については近い将来の報告を予定している。

図 6 は、電線 No. 3 において印加電圧波高値が -45 kV のときに観測されたストリーマの様相を示している。リーダ進展開始前の -45 kV のときには、静止カメラには写らないが、イメージインテンシファイアを取付けることによってストリーマを撮影することができる。同図より、絶縁電線表面に沿った発光に伴って、電線の外縁部に半球状に広がった発光部が起伏しながら存在することがわかる。沿面放電のステップ状進展特性は既に報告されており⁽¹²⁾、図 6 の場合も同様にステップ状進展を示しているものと思われる。ストリーマは絶縁電線表面に設けられた溝の外にも広がっているが、それ以後のリーダは溝に沿って進展している。

〈3・3〉 進展中および進展停止時の電位分布

図 7 の各図は、心線への印加電圧 (a) 図に同期して同時に観測された各種の波形を示す。(b) 図の (P1)

図 6 電線表面における沿面放電
(ストリーマ)の空間的広がり
(電線 No.3)

Fig. 6. Radial expansion of creeping discharge along insulated wire (wire No. 3).

～(P5)は、電位プローブによって測定した正極性リーダ内の電位を示す。同図は対地電位波形であり、表 1 の電線 No.2 を用い、5 個の電位プローブをリーダの進行方向に配置して、同時観測したものである。このときの BG は 0 cm (短絡)である。また、電位プローブはバインド線先端に 1 個 (P1) および、そこから 30 cm 間隔で 4 個 (P2, P3, P4, P5) の合計 5 個配置されている。また、(c)図は BG 電流波形を示す。このときのリーダは(d)図に示すようにスチールカメラによって撮影された。同図のリーダの途切れている部分は、各点に設置したプローブが写っているためであり、実際のリーダは連続している。これより、リーダ進展距離は 120 cm と測定された。

図 8 は心線電位波形、BG 電流波形、プローブ点の対地電位波形の対応を模式的に示している。三つの波形の時間軸は、BG せん絡の時点で対応させられる。 V_{n1} はリーダの先端がプローブ (n) 点に到達した瞬間における (n) 点の対地電位を示す。 V_{n2} は BG 電流が 0 となった時点、すなわちリーダの進展が停止した瞬間における (n) 点の対地電位を示す。また、 V_{n1} , V_{n2} に対応する時刻の心線電位波形は V_1 , V_2 として求める。

〈3・4〉 リーダ内部の電位降下

(1) BG ギャップ長の影響 BG ギャップ長をパラメータとして求めたリーダの内部電位降下の一例を図 9 (a) に示す。印加電圧波高値は、 -63 kV で一定である。プローブ (n) 点における V_{n1} からバインド端プローブ (P1) における V_{11} を差し引けば、リーダの内部電位降下が求まる。BG ギャップ長がリーダの初期進展速度に大きな影響を及ぼすことは図 4 に示し

図 7 リーダ電位の測定例 (電線 No.2)
Fig. 7. Typical example of potential distribution along leader strokes (wire No. 2).

図 8 沿面放電路内の電位波形の模式図
Fig. 8. Schematic diagram of potential wave form at a probe point within leader strokes.

たが、他方、リーダ内部の電位降下に及ぼす影響は格別には認められなかった。すなわち、リーダの電位降下はがいしの耐圧には影響されないことがわかる。また、バインド先端からほぼ 60 cm までの範囲では、リーダ内部の電位降下率は約 250 V/cm である。これを越えた距離 (同図の A-B 区間) に相当する時間域

は、心線電圧が波高点からわずかに減衰を始めた時間域に相当し、この間はまだ十分な高電圧範囲にあるため、リーダもまたおう盛であり、その内部抵抗は低くなるため電位降下率は約 53 V/cm となる。B 点以降ではリーダの勢いが衰え始め、電位降下率が B-C 区間のように次第に高くなり、ついには進展を停止する。このときのリーダ先端部の対心線電圧を、ここでは進展停止電圧と呼ぶことにする。

(2) 印加電圧波高値の影響 印加電圧波高値を変化させたときのリーダ内部の電位降下を図 9 (b) に示す。この場合も (a) 図の場合と同様に、電位降下は進展距離と共に単調に増加し、リーダの停止直前になると内部電位降下は急激に増加することがわかる。

4. 進展停止電圧

〈4・1〉 リーダ内部の対心線電位 図 10(a) はリーダの進展が停止した瞬時における対地電位を示す。また、図 8 に示す方法で $V_2 - V_{12}$ を求めるとリーダ内

各点の対心線電位となるが、図 10(a) の場合について対心線電位を求めた結果を同図 (b) に示す。

〈4・2〉 リーダの進展距離と進展停止電圧 リーダの進展距離とその先端の対地電位 V_{11} との関係について考察する。図 11(a) の模式図に示すように、心線にインパルス電圧 V を印加すると心線と絶縁被覆表面との間に電圧 V' 、被覆表面とアースとの間に電圧 $V'' = V - V'$ がそれぞれ分配される。ギャップ BG が火花せん絡すると、A 点では絶縁被覆表面と心線との間に V が直接加わる。バインド線端からリーダが進展すると、リーダ内部では進展方向に沿って電位降下を生じ、リーダ進展中の B 点では被覆層の電圧は V より小さい V_a になる。その V_a はリーダの進展と共に小さくなる。リーダ先端の電離に必要な対心線最小電圧を V_r とするならば、 $V_a = V_r$ となったときリーダは進展を停止する〔(b) 図〕。この V_r が進展停

(a) BGギャップ長の影響

(b) 印加電圧波高値の影響

図 9 リーダ内部の電位降下 (電線 No.2)
Fig. 9. Potential drop along leader strokes (wire No. 2).

(a) 進展が停止した瞬時のリーダ内の各点の対地電位

(b) 進展が停止した瞬時のリーダ内の各点の対心線電位

図 10 進展停止時のリーダの対地電位と対心線電位 (電線 No.2)

Fig. 10. Potential of leader strokes against ground and conductors at the moment of progression halt (wire No. 2).

図 11 リーダの進展と対地および対心線電位の配分

Fig. 11. Progression and potential sharing of leader strokes against ground and conductors.

図 12 進展停止電圧の測定 (電線 No.3)
Fig. 12. Measurement of progression halt voltage (wire No. 3).

止電圧となる。

進展停止電圧 V_r を No.3 の絶縁電線について求めた結果の一例を図 12 に示す。これはリーダの進展距離が 109 cm のときの例である。 V_a , V_k , V_r , V_{ir} は図 11 に対応して示してある。リーダが進展を開始する時刻は、印加電圧 V の波高点 V_m の時刻と一致している。実測値 V_k の曲線と心線電圧、すなわち印加電圧 V との差が V_a である。よって進展停止時のリーダ先端における V_a は図から $V_a = V_r$ として求

図 13 進展停止電圧 V_r
Fig. 13. Progression halt voltages V_r .

表 2 電線種類による進展停止電圧の比較
Table 2. Comparison of progression halt voltages of insulated wires.

試料番号	仕上り外径 (mm)	絶 縁 物			進展停止電圧 V_r (kV)
		絶縁物の厚さ (mm)	主材質	比誘電率	
No.3	12.0	3.0	ポリエチレン	2.3	54.3
No.4	10.0	2.0	ポリエチレン	2.3	47.0
No.5	12.0	3.0	E P ゴム	3.5	47.1

心線公称断面積、心線構成、心線直径、全長は、いずれも 22mm^2 , $7/2.0$ 本/mm, 6.0 mm, 6 m である。

まる。

<4・3> 電線の種類と進展停止電圧 No.2 と No.3 の電線について、リーダの進展距離と進展停止電圧 V_r との関係を図 13 に示す。同図はリーダの進展距離にかかわらず、それぞれの電線に特有のほぼ一定した進展停止電圧 V_r を先端に保留してリーダは進展を停止することを示している。

表 2 に心線直径が等しい三種類の電線について、進展停止電圧 V_r を求めた結果を示す。電線 No.3 と電線 No.4 の V_r を比較すると、同じ材質で被覆が薄いと V_r は小さいことがわかる。また、電線 No.3 と電線 No.5 を比較すると、同じ被覆厚さで誘電率が大きいと V_r は小さいことがわかる。

5. 結 論

架空絶縁電線のがいし支持点における沿面リーダの特性を明らかにするために、模擬誘導雷を印加し、電位プローブなどを用いて速度、電位を測定した結果、次の結論を得た。

(1) リーダがバインド線先端から進展して約 20 cm に達するまでの速度は、BG ギャップ長が大きいほど、すなわち BG のせん絡点印加電圧の波高点

に近いほど速い。一方 20 cm 以上の進展部分では、BG ギャップ長との関連はあまり見られない。

(2) リーダの先端の対地電位は、リーダの伸びと共に単調に増加し、伸びの最大値付近になると急激に電位が上昇する。リーダ内部の電位降下は、BG ギャップ長に影響されない。また、バインド線先端から 60 cm までの範囲では、電位降下率は約 250 V/cm である。

(3) 三種類の絶縁電線について、進展停止電圧 V_r を比較すると、心線直径が同じで被覆の材質が同じものは、被覆が薄いと V_r は小さい。また、被覆の誘電率が大きいと V_r は小さい。

最後に、本研究の実験において多大の御助力をいただいた金沢大学工学部電気工学科 杉本美知徳元助手、森本 修助手、大学院生 飯野 修（現在、エルコー）の諸氏に深く感謝いたします。また、実験に使用したバインド線および電線を提供していただいた宇都宮電機製作所と倉茂電工の御好意に深甚の謝意を表します。

（平成元年5月22日受付，同元年12月11日再受付）

文 献

- (1) 大和・三谷：「雷害事故実態」，電学誌，98，1151(昭53-12)
- (2) 電気協同研究会：「配電線雷害対策」，電気協同研究，40，No. 6 (昭60-2)
- (3) 松本，他：「架空配電線のアーク溶断特性」，昭58 電気学会全大，978
- (4) M. Washino, et al.: "Development of Current Limiting Arcing Horn for Prevention of Lightning Faults on Distribution Lines", IEEE PES Summer Meeting, 86 SM 363-6
- (5) K. Nakamura, et al.: "Impulse Breakdown Characteristics of 13.2 kV Covered Conductor Insulator/Tie Configuration", IEEE Trans. Power Device, PWRD-1, No. 4 (1986)
- (6) 伊藤・富永・宮内・M. S. A. A. Hammam: 「ピンがいしに把持された絶縁電線の放電特性」，電学論 B，103，561 (昭58-8)
- (7) 伊藤・富永・宮内・M. S. A. A. Hammam: 「ピンがいしに把持された絶縁電線の交流放電特性」，同上 B，105，829 (昭60-10)
- (8) 石橋，他：「絶縁電線のがいし支持点近傍における衝撃性沿面放電特性」，電気学会放電研資，ED-84-44 (昭59)
- (9) 石橋，他：「模擬誘導雷波形と配電線の碍子支持点における絶縁破壊現象」，電気学会放電・高電圧合同研資，ED-87-93；HV-87-40 (昭62)
- (10) 千葉・河野：「大気中負極性沿面放電の電位及び電流分布の測定」，電気学会放電研資，ED-75-14 (昭50)
- (11) 石橋，他：「絶縁電線支持用がいしのせん絡時におけるバインド線近傍の電界について」，昭60 電気関係学会北陸支部連大，A-35
- (12) 千葉・日高・河野：「負極性沿面放電のステップ進展現象」，電学論 A，108，162 (昭63-4)

西 敏 行 (正員)

昭和34年3月8日生。58年3月金沢大学大学院工学研究科修士課程修了。同年4月ユーザック電子工業(株)(現、(株)PFU)入社。60年4月富山工業高等専門学校電気工学科助手，現在に至る。主として，沿面放電現象，液体絶縁物の導電に関する研究に従事。

櫻 野 仁 志 (正員)

昭和22年5月16日生。45年3月金沢大学工学部電気工学科卒業。同年4月石川工業高等専門学校電気工学科助手，59年4月同助教授，現在に至る。主として，雷放電現象，雷害防止技術に関する研究に従事。

石 橋 鏖 造 (正員)

大正11年10月18日生。昭和20年9月東京工業大学電気工学科卒業。同年同大学助手，23年4月金沢工業専門学校へ転出。32年7月新潟大学助教授，37年4月同教授。その間，積雪の放電に及ぼす影響の研究などに従事。38年4月金沢大学教授。複合誘電体層中の電界分布，液体誘電体の耐電圧現象，架空絶縁電線の支持点近傍における絶縁性能の研究などに従事。63年4月金沢工業大学教授，現在に至る。液体誘電中の破壊前駆現象の研究などに従事。工学博士。応用物理学会、日本雪氷学会会員。

高 嶋 武 (正員)

昭和12年4月10日生。36年3月金沢大学工学部電気工学科卒業。同年4月三菱電気(株)入社。38年9月金沢大学工学部助手，47年1月同講師，53年4月同助教授，60年4月同教授，現在に至る。工学博士。主として，電界計算法および接地電極に関する研究に関する数値計算法，絶縁液体に関する研究に従事。IEEE，電気設備学会会員。