上向き雷撃路を考慮した鉄塔縮小モデルのサージ特性

准員 渡部雄樹 (東洋大)
 正員 加藤正平 (東洋大)
 正員 望月東 (東京電力)
 正員 財満英一 (東京電力)

Surge Characteristics of A Miniature Transmission Tower Model Simulated Upward Lightning Current Path

Yuuki Watanabe, Associate, Shohei Kato, Member (Toyo University)

Azuma Mochizuki, Member, Eichirō Zaima, Member (Tokyo Electric Power Co.,)

It is investigated surge characteristics of a miniature transmission tower model with power lines and overhead ground wires experimentally. The Lightning path from the tower to sky is simulated by a current delay line of which the velocity is a several tenth of the light velocity. Experimental results show that the surge voltage in the tower is not very much affected by the upward current velocity, and the voltage between the tower arm and the power line decreases from the upper line to the lower one.

We obtained a higher surge impedance of the tower without overhead ground wires than that of the one with wires. The transient mutual coupling factor between the overhead ground wires and power lines estimated from the results shows small values, about a fourth of the conventional values that is used in an analysis of a slow front wave surge.

キーワード：鉄塔サージ、鉄塔雷撃、サージインピーダンス、結合率

1. まえがき

最近のサージ解析は EMTP 等の回路シミュレータを使用することにより高い精度が得られるようになってきた。回路シミュレータでは等価回路構成や回路定数の選定によって結果が変化する場合があり、鉄塔を含む線路の等価回路が多数提案されている。また、鉄塔のサージインピーダンスを求める式も多数提案されている。しかし、これらのモデルを使用した解析結果と実鉄塔の様々な条件下での実測結果とは差を生じる場合もあり、実鉄塔や鉄塔モデルを使用した実測結果を利用したモデル^{(1)~(4)}も多い。鉄塔はその送電線路構成上、様々な構造形態をもち、サージインピーダンスが鉄塔構造に依存するため、鉄塔を含む線路のサージ解析を複雑にしている。実鉄塔での測定は大規模となるため、また雷サージ特性は印加波や観測する時間領域を小さくすることでサイズを縮小できることから鉄塔縮小モデルによる測定^{(5)~(7)}も行なわれている。

サージインピーダンスの測定には様々な方法や測定条件があるが条件や測定方法により値が異なり、測定方法間で測定値の換算が必要となる。雷撃の電流路に該当する電流

印加線と鉄塔との角度による鉄塔サージインピーダンスの変化を調べた結果⁽⁸⁾では、印加線を水平としたときよりも、垂直としたときの方がインピーダンスは大きくなる。一般に、鉄塔のサージ特性の測定では、水平な電流印加線で鉄塔塔頂へ印加されることが多いが、実際の雷撃では大地に垂直な雷撃路となることが多いので、垂直方向に模擬することが望ましい。

鉄塔内の電流速度は光速あるいは光速の数 10% の速度として解析されている。一方、帰還雷撃路の電流速度はこれまで光速とした測定や解析が行われてきた。最近、小島らは逆フラッシュオーバー解析で雷撃路からの影響を考慮すると測定結果を説明できることを報告⁽⁹⁾している。雷電流の速度が低下すると線路と雷撃路の電磁結合が異なり鉄塔のサージ特性に影響を生じる可能性が考えられる。

そこで鉄塔縮小モデルにおいて実雷撃での電流速度を考慮した帰還雷撃電流路モデルを使用して鉄塔のサージインピーダンスに与える影響を調べた。

2. 雷撃電流速度依存特性の測定

＜2・1＞ 測定配置 測定配置を図1に示す。鉄塔は送電線路を実装した状態で測定する。高さ1.8mの鉄塔縮小モデルを用い、長さ5.2mの架空地線2条と電力線6条の線路中央に鉄塔モデルを配置し、それぞれ鉄塔塔頂、鉄塔アーム下に水平に懸架した。架空地線は直径6mmの円柱導体線を架空地線アーム先端に接続し、各架空地線終端は抵抗510Ωを介し垂直にアース板に接地している。電力線には直径4mmの円柱導体線を使用し、終端は架空地線と同様に垂直にアース板に接地した。雷撃印加点は鉄塔塔頂部の片側架空地線アーム先端とし、雷撃電流路は鉄塔塔頂の印加点より垂直に懸架して帰還雷撃電流路の上空への主放電を模擬する。塔頂に電流源を配置する代わりに直角波電圧源を地上に置き、そこから同軸ケーブルで塔頂まで引き込み出力抵抗⁽¹⁰⁾約200Ωを経て電流を鉄塔と雷撃電流路へ印加する。同軸ケーブルシースはアース電位に固定するようにアース板、鉄塔に接触固定する。

電流の測定は電流プローブにより印加電流、架空地線電流を測定する。また、各鉄塔電位の測定はFET電圧プローブを収めた銅パイプ製の電圧測定接地線⁽¹¹⁾を鉄塔近傍まで延ばし鉄塔塔頂電圧、アーム電圧、電力線電圧を測定する。

図1 実験配置図

Fig.1. Experimental layout

＜2・2＞ サージインピーダンスの算出法 鉄塔のサージインピーダンスは測定した電流波形・電圧波形より同一経過時間における波高値を求め、その値をもとに算出する手法をとる。帰還雷撃により塔頂の電荷は開放され鉄塔本体や架空地線に分流する。これを模擬するためには鉄塔塔頂への電流源の配置が理想的とされるが電源サイズの都合上、塔頂への配置は困難であるため電流は印加線により印加点に供給する。これにより印加電流の分流は図2の等価回路構成となる。

図2 等価回路

Fig.2. Equivalent circuit of the measuring system

印加電流は印加点から架空地線電流と鉄塔電流に分流するため印加電流と架空地線電流の差を求め鉄塔電流とする。

$$I_t = I_i - 2 \cdot (I_{gwn} + I_{gwf}) \quad (1)$$

ここで、 I_t : 鉄塔電流、 I_i : 印加電流、

I_{gwn} : 近傍側架空地線電流、 I_{gwf} : 遠方側架空地線電流

図2の等価回路で測定した塔頂電圧と鉄塔電流の比から鉄塔サージインピーダンスを計算する。

$$Z_t = V/I_t \quad (2)$$

ここで、 Z_t : 鉄塔サージインピーダンス、

V : 塔頂電圧

架空地線のサージインピーダンスは次式で求める。

$$Z_{gwi} = V/I_{gwi} \quad (3)$$

ただし、添字 gwi は近傍、遠方側を表す。

＜2・3＞ 雷撃電流線 雷撃電流速度によって鉄塔のサージ特性が変化するか調べるために次の伝搬速度の異なる3種類の雷撃電流路を使用した。

- (1) 長さ1.81m、直径6mmの銅パイプ製直線円柱導体線を光速伝搬模擬用に使用する直線導体モデル
- (2) 長さ約1.8m、直径8.4mmの亚克力丸棒の軸方向に導線を折り返しに巻いて固定し直線導体モデルの約四倍の導体全長(7.2m)を持たせた折返し巻線モデル
- (3) 長さ約1.8m、直径8.4mmの亚克力丸棒に約13.3mの導線をコイル状に光速の伝搬速度の1/3となるような巻線ピッチ(3.6mm)で巻かれたコイル巻線モデル

いずれも図1に示すように垂直に懸架して上端を開放端とする。図3に雷撃電流路モデルの略図を示す。

図3 雷撃電流路モデル

Fig.3. Models of lightning current line

＜2・4＞ 測定結果 図4に直線導体モデルの各測定波形を示す。直角波電圧源からの信号約30Vを50Ωの特性インピーダンスを有する同軸ケーブルで鉄塔塔頂に引き込み、出力抵抗が200Ωである直角波電流源とした。印加点直前に波形整形回路を設け、立ち上がり時にピークを示す印加電流を直角波に近づけている。直線導体の場合、印加電流波形の立ち上がり後から方形波平坦部を経て立ち下がり直前までの時間は約12.3nsである。これを開放端からの反射波の到達時間と考え雷撃電流速度に換算すれば光速の約98%となり、ほぼ光速を模擬していると言える。

架空地線電流は印加点近傍側と遠方側とで波形が異なる。印加点近傍側電流は印加点に近いことから立ち上がり時に図4(c)のようなスパイク電流が流れその後もやや振動する。一方、遠方側電流波形は直角波電流とスパイク状電流の差の電流が流れるため緩やかに立ち上がる。電流波高値も近傍側と遠方側では明らかに近傍側のほうが多く流れている。

図4 直線導体モデルの測定波形

Fig.4. Measured waveforms of straight conductor model

図4の測定波形より鉄塔電流を印加電流と架空地線電流の総和の差から求める。塔頂電圧が立ち上がりから最大波高値になるまでの時刻11.4nsにおける電流値を使用してインピーダンスを求める。この時刻における印加電流 I_i は29mAであり、近傍側架空地線電流 I_{gwn} は約4.8mA、遠方側架空地線電流 I_{gwf} は約3.9mAである。これより全架空地線電流は約17.4mAとなり、(1)式より鉄塔電流 I_t は約11.6mAと計算される。

図4(b)における塔頂電圧値は約2.4Vである。これと鉄塔電流値との比から鉄塔のサージインピーダンスを求めれば、(2)式より鉄塔サージインピーダンス Z_t は207V/Aとなる。また、(3)式より架空地線サージインピーダンス Z_L は近傍側で521V/A、遠方側で615V/Aである。

図5に折返し巻線モデルの測定波形を示す。直角波電圧約30Vを出力抵抗200Ωで電流源として印加している。このモデルでは線路の長さから考えて光速の約1/4の伝搬速度を期待した。しかし開放端反射波到達時間は約23.5nsであり、伝搬速度は光速の約51%になる。これは線路が分布定数線路となり巻線間の静電容量によって導体を流れる導伝電流よりも早く空間を伝搬する電磁波による電流があるためであろう。図3(b)の他に導体長を変えたモデルを試みたが伝搬速度は光速の半分程度しかなかった。折返し巻線はコイル巻線モデルの遅延構造と異なり、折返しに電流が流れるために軸方向に発生する磁束はより小さくなる。

図5 折返し巻線モデルの測定波形

Fig.5. Measured waveforms of zigzag conductor model

塔頂電圧の最大波高となる時刻は12nsであり、この時の印加電流 I_i は25mAである。また、近傍側架空地線電流 I_{gwn} は約4mA、遠方側架空地線電流 I_{gwf} は約3.4mAである。これにより(1)式から鉄塔電流 I_t は約10.2mAである。

図5(b)で塔頂電圧は約2.1Vである。(2)式より鉄塔の

サージインピーダンスを求めると Z_L は206V/A、(3)式より架空地線のサージインピーダンス Z_L は近傍側で525V/A、遠方側で618V/Aである。

図6にコイル巻線モデルの各測定波形を示す。印加電流の開放端反射波到達時間は約42nsであり光速の約29%に相当する。実雷撃模擬を目的とした光速の1/3に近い伝搬速度になっている。電流波形整形のため出力抵抗を300Ωに変更した。このため、電流波形は波頭部の微小な振動以外は方形波に近いものになった。

架空地線の電流波形は直線導体モデルよりも大きく振動する。波形の特徴は印加点近傍側・遠方側とも直線導体モデルと同様である。すなわち、電流の波高値は近傍側と遠方側では近傍側のほうが多く流れ、また立ち上がり時に最も多く流れている。

図6(b)の塔頂電圧波形の立ち上がりから最大波高値までの時刻12nsにおける印加電流 I_i は17mAである。また、近傍側架空地線電流 I_{gwn} は約2.45mA、遠方側架空地線電流 I_{grf} は約2.4mAである。これにより(1)式から鉄塔電流 I_t は約7.3mAと計算される。

図6 コイル巻線モデルの測定波形

Fig.6. Measured waveforms of winding conductor model

各サージインピーダンスは図6(b)の塔頂電圧値が約1.5Vであるので、これと印加電流値との比より鉄塔サージインピーダンス Z_t は205V/A、架空地線サージインピーダンス Z_L は近傍側で612V/A、遠方側で625V/Aとなる。

各雷撃モデルにおける鉄塔各部のサージインピーダンスを表1に示す。表には図2で架空地線を除いた鉄塔単体の場合における測定結果も同様に示し架空地線の効果を調べ

図7 鉄塔各部の電位分布

Fig.7. Voltage distribution of tower arms

表1 雷撃モデルのサージインピーダンス測定結果

Table 1. Surge impedance of each model

雷撃電流路モデル		直線導体モデル		折返し巻線モデル		コイル巻線モデル	
			鉄塔単体		鉄塔単体		鉄塔単体
光速に対する割合(%)		98	96	51	50	29	29
サージインピーダンス (V/A)	鉄塔塔頂	207	173	206	170	205	169
	上相アーム	181	163	196	159	192	150
	中相アーム	147	131	167	136	185	131
	下相アーム	164	143	176	127	178	131
	近傍側架空地線	521		525		612	
	遠方側架空地線	615		618		625	

た。鉄塔各部のサージインピーダンスは各相のアーム先端で測定した電圧波形の最大値と鉄塔電流値の比より求めた。この結果から各雷撃モデルにおける鉄塔各部の電位分布を図7に示す。

鉄塔塔頂のサージインピーダンスは各雷撃電流路モデルとも206Ω前後のほぼ一定した値を示している。これは雷撃電流速度に雷撃点の電位上昇は影響を受けないことを意味している。鉄塔単体の場合にも塔頂インピーダンスは雷撃モデルによる差はほとんどない。ただし、鉄塔単体のサージインピーダンスは上空からケーブルで電流を印加した場合⁽⁸⁾よりも約10Ω低い値になっている。この原因は印加電流の一部がケーブルシースに流れたためと考えられ、地上に電源を置いた図1の測定法の欠点である。しかし、測定条件は各雷撃モデルで同一であるから、全電流が鉄塔に流れる場合とサージインピーダンスの大小関係は相対的に変化しないものと考えられる。

図7より架空地線の有無によって鉄塔サージインピーダンスに差が生じることがわかる。その差は雷撃モデルに依らずほぼ一定である。また、鉄塔の電位分布割合は架空地線の有無による影響をうけていない。

今回の雷撃電流路モデルの遅延構造は鉄塔の電位分布に影響を与える結果となった。直線導体モデルの電位分布は下相よりも中相が下回る特徴を示し、折返し巻線モデルも直線導体モデルに比較的似かよった電位分布を示している。一方、コイル巻線モデルでは中相は下相より高い電位分布となる。この原因としては、雷撃電流速度の差と巻線構造が考えられるが直線導体モデルと折返し巻線モデルとの間に差がほとんどないことから前者よりは後者の可能性が考えられる。すなわち軸方向の磁束は折返し巻線よりはコイル巻線で大きくなることである。

表1では雷撃電流伝搬速度の低下にともなって架空地線のサージインピーダンスは上昇する結果となっている。架空地線は水平に懸架しているので、水平2条一括線路の特性インピーダンスの式⁽¹⁶⁾

$$Z=\sqrt{\frac{L}{C}}=30\sqrt{\log\left(\frac{4h^2}{aD}\right)\cdot\left(\frac{3}{4}+\log\left(\frac{4h^2}{aD}\right)\right)} \tag{4}$$

ただし、h: 地上高 a: 架空地線半径
D: 架空地線間距離
において h=1.8m、a=3mm、D=44cm とすれば特性イン

ピーダンスとして 286V/A が得られ、1条あたりでは 572V/A となる。この値は表1において直線導体モデルと折返し巻線モデルの2条の平均値に近い。(4)式は十分時間が経過して電磁波がTEM波で近似される場合のサージインピーダンスであり、サージの初期部ではTEM波を仮定した値より低いサージインピーダンスになることが鉄塔の場合に知られている⁽²⁾。近傍側と遠方側でサージインピーダンスに差があることは測定時間内で未だTEM波になっていないことを示しているが、コイル巻線モデルではほとんど差がないのにもかかわらず(4)式より大きな値になっている。この場合もコイル巻線は他のモデルと特性が異なっている。

架空地線を架線した場合、各サージインピーダンスが鉄塔単体時よりも増加している。この原因として2つ考えられる。第1は測定上の誤差であり、特に鉄塔電流は雷撃電流と架空地線電流の和の差から求めるため誤差が入り易い。測定では細心の注意を払ったが読取り誤差等で±5V/Aの誤差は避けられなかった。しかし、誤差だけではインピーダンスの増加を説明できない。

第2として、架空地線と鉄塔間の相互サージインピーダンスが考えられる。表2は今回測定した各雷撃モデルで鉄塔サージインピーダンスを求めた時刻における電力線電圧と鉄塔電流の比をまとめたものである。架空地線を切り離した鉄塔単体の電力線電圧は鉄塔と大地に水平な線路の相互サージインピーダンスであるから架空地線と鉄塔間にも同様の相互サージインピーダンスが考えられる。表1では架空地線が接続された鉄塔のサージインピーダンスが単体時よりも約30Ω増加しているが、表2の鉄塔単体の電力線電圧から、この増加は架空地線と鉄塔間の相互サージインピーダンスによる可能性が高い。しかし、結論を得るには円柱モデルなど鉄塔モデルを簡単にして精度の高い測定や数値電磁界解析などの理論解析が必要である。

3. 相互サージインピーダンスと結合率

架空地線によって鉄塔単体時よりサージインピーダンスが変化することから、相互誘導が考えられる。そこで鉄塔単体と架空地線・電力線がある場合の測定結果から架空地線と電力線間の結合を考えてみる。

模擬電力線を有する鉄塔縮小モデルの測定から電力線の架空地線電流や鉄塔電流による相互誘導⁽¹²⁾を考えるために図8の等価回路を考える。

表2 各相電力線電圧
Table 2. Power-line voltages of each model

雷撃電流路モデル		直線導体モデル		折返し巻線モデル		コイル巻線モデル	
		鉄塔単体		鉄塔単体		鉄塔単体	
電力線電圧 (V/A)	上相	80	20	78	18	100	28
	中相	67	21	59	20	82	31
	下相	76	33	64	25	96	44

図8 電力線の相互誘導等価回路

Fig.8. Equivalent circuit to explain mutual induction of power-line

電力線と鉄塔間の電圧は架空地線電流と鉄塔電流、電力線電流の誘導によって生じるが電力線電流は他の電流に比して十分小さいと仮定すれば次式が得られる。ただし、各架空地線と電力線間と同じ相互サージインピーダンスをとるものとする。

$$4Z_{LP}I_{gw} + Z_{TP}I_t = V_i \quad (5)$$

ここで I_{gw} : 架空地線電流、 I_t : 鉄塔電流、

Z_{LP} : 架空地線と各電力線間の相互サージインピーダンス、 Z_{TP} : 鉄塔と電力線間の相互サージインピーダンス、 V_i : 各電力線と鉄塔間の電圧

一方、鉄塔単体時の電力線電圧 V_i は鉄塔電流分だけにのみ依存するため次式を満たす。

$$Z_{TP}I_t = V_i \quad (6)$$

ここで架空地線一本当りの電流 I_{gw} と鉄塔電流 I_t の比が求まれば、表2と(5)・(6)式より各相の架空地線・電力線間相互サージインピーダンスが求まる。架空地線電流は印加点近傍側と遠方側とで電流値に差があるが全架空地線電流の1/4を架空地線一本当りの電流 I_{gw} に換算する。今回測定した各雷撃モデルの電流分流比は I_{gw} を1とすると I_t は直線導体、折返し巻線、コイル巻線それぞれ2.67、2.76、3.01倍であった。

各相の架空地線・電力線間相互サージインピーダンスを表3に示す。電力線電圧を使用してインピーダンスを求めているので電力線電圧分布と同様にコイル巻線モデルの相互サージインピーダンスは直線導体モデルよりも約20V/A高くなっている。この原因としては雷撃モデルの巻線構造の可能性が考えられる。

結合率は架空地線のサージインピーダンスに対する相導体の相互サージインピーダンスの割合で求められる。架空地線のサージインピーダンスとして遠方側と近傍側の値の平均を使用して各雷撃モデルにおける結合率を表4に示す。

一般的な架空地線2条、電力線6条の送電線鉄塔の実鉄

表3 架空地線・電力線間相互サージインピーダンス

Table 3. Mutual surge impedance between overhead ground wire and power-line

雷撃電流路モデル	直線導体	折返し巻線	コイル巻線
相互サージ	上相	40	41
インピーダンス (V/A)	中相	31	27
	下相	29	27

表4 電力線の架空地線から誘導される結合率

Table 4. Coupling coefficient between overhead ground wire and power-line

雷撃電流路モデル	直線導体	折返し巻線	コイル巻線
結合率	上相	0.070	0.072
	中相	0.055	0.047
	下相	0.051	0.047

塔における結合率は上相で0.32～0.30、中相で0.25～0.23、下相で0.20～0.18とされる⁽¹³⁾。この鉄塔縮小モデルでは結合率は実鉄塔の約1/4を示す結果となった。

このような結果は数値電磁界解析を使用した場合⁽¹⁴⁾にも見られており今後さらに検討が必要である。

4. まとめ

実際の雷撃電流速度を模擬するために電流伝搬速度が光速の51%および29%の雷撃路モデルを使用して縮小鉄塔のサージ特性を調べた。鉄塔のサージインピーダンスは光速の場合とほぼ同じ値となり雷撃電流速度の低下による鉄塔電位への影響は少ない結果が得られた。したがって、サージ解析に使用する鉄塔サージインピーダンスは、従来の直線導体モデルを使用した雷撃を光速伝搬速度と仮定した測定や解析において十分評価することが可能である。

また、架線時には、鉄塔および架空地線ともに、単体時よりもインピーダンスの増加が観測された。さらに架空地線・電力線間結合率を求めたところ、従来より小さな値になった。これらの現象は鉄塔往復伝搬時間前後のサージ初期部に特有の現象と考えられるが、さらに数値電磁界解析や電磁界理論等による検討が必要である。

(平成6年4月4日受付)

文 献

- (1) 原 他:「鉄塔伝送線路モデルの実規模鉄塔への適用」電気学会 放電・高電圧合同研究会, HV-92-94, (1992)
- (2) 原 他:「24m 模擬鉄塔のサージ特性測定実験」電気学会 放電・高電圧合同研究会, ED-93-139, HV-93-47, (1993)
- (3) 原 他:「主材・斜材・アームの三要素よりなる鉄塔多段伝送線路モデル」電気学会 放電・高電圧合同研究会, ED-93-140, HV-93-48, (1993)
- (4) 井上 他:「防雷線による鉄塔逆フラッシュオーバーの抑制」電気

学会 全国大会, NO.1281, (1993)

(5) 加藤 他:「送電線鉄塔縮小モデルのサージ特性」電気学会電力・エネルギー部門大会, No.264, (1992)

(6) 加藤 他:「縮小鉄塔モデルのサージ特性(架空地線がある場合)」電気学会 全国大会, (1992)

(7) 加藤 他:「送電線鉄塔縮小モデルのサージ特性-雷撃路を考慮した場合-」電気学会 放電・高電圧合同研究会, ED-93-141, HV-93-49, (1993)

(8) 小島 他:「帰還雷撃電流による誘導電圧を考慮した逆フラッシュオーバーの評価」電気学会論文誌B, Vol.113, No.11, (1993)

(9) 加藤 他:「鉄塔サージインピーダンスの印加電流角度依存特性の実測」電気学会 全国大会, No.1287, (1991)

(10) 松原 他:「鉄塔サージ応答特性に対する印加電流平滑用抵抗の影響」電気学会 電力・エネルギー部門大会, No.409, (1993)

(11) 望月 他:「鉄塔サージ測定における測定線配置の影響の検討」電気学会 全国大会, No.1395, (1993)

(12) Working Group 33.01: "GUIDE TO PROCEDURES FOR ESTIMATING THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES" CIGRE Paper 33-01 (1991)

(13) 関根 他:「電気・電子工学大百科事典」株式会社 電気書院, (1983)

(14) 加藤、望月 他:「数値電磁界解析による送電線路サージ解析(鉄塔雷撃の場合)」電気学会 全国大会, No.1370, (平成6年3月)

(15) T.Yamada, A.Mochizuki, J.Sawada, E.Zaima et al., "Experimental Evaluation of A UHV Tower Model for Lightning Surge Analysis", IEEE 94 WM 044-8 PWRD, 1994

(16) 植野、田村:「近代送電工学」 電気書院、1969

渡部 雄樹

(准員) 1968年6月2日生。1992年3月東洋大学工学部電気電子工学科卒業。1994年3月同大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。同年4月東京電力(株)入社、現在に至る。

加藤 正平

(正員) 昭和23年9月12日生。46年3月横浜国立大学電気工学科卒業。51年東京大学博士課程終了。工学博士。平成5年東洋大学工学部教授。主として、高電圧測定法、数値電磁界解析、放電現象、サージ解析に関する研究に従事。

望月 東

(正員) 昭和34年6月24日生。昭和59年3月東京理科大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程終了。59年東京電力(株)入社。主に、変電技術およびUHV等の絶縁協調の研究に従事。現在、技術研究所電力研究室主任研究員。

財満 英一

(正員) 昭和24年10月28日生。49年3月東京大学工学部電気工学科卒業。平成2年6月マサチューセッツ工科大学大学院修士課程終了。49年東京電力(株)入社。主として、変電技術およびUHV等の絶縁協調の検討、研究に従事。現在、技術研究所電力研究室副研究室長。平成5年電気学会論文賞受賞。