屋外絶縁用シリコンゴム/フッ素系高分子ブレンドの表面特性

非会員 李 昌龍 正員 本間宏也 正員 泉 邦和
(電力中央研究所)

Surface Properties of Polydimethylsiloxane/Poly(trifluoropropylmethylvinylsiloxane) Blend for Outdoor Insulation

Chang-Ryong Lee, Non-Member, Hiroya Homma, Member, and Kunikazu Izumi, Member
(Central Research Institute of Electric Power Industry, Yokosuka, Japan)

This paper describes effect of blending of poly(trifluoropropylmethylvinylsiloxane) (PTFPMVS) with polydimethylsiloxane (PDMS) on the surface properties of the blend, such as hydrophobicity. The surface molecular mobility of the PDMS/PTFPMVS blends was investigated via dynamic contact angle measurement and adhesion tension relaxation. Surface resistance of the blends was also measured under the continuous of salt fog spraying. The advancing contact angle of the PDMS/PTFPMVS blends increased with increasing content of PTFPMVS, but the receding contact angle decreased. We found that a flexible side-chain segment having greater surface energy of the PTFPMVS could be reoriented easily in water to decrease the interfacial tension of the polymer/water interface. This surface functionality seems to play a major role in the decrease of receding contact angle and the surface resistance of PDMS/PTFPMVS blends during wet electrical aging.

キーワード：シリコンゴム、フッ素変性シリコンゴム、ブレンド、接触角、表面抵抗

Key word: Silicone rubber, Fluorinated silicone rubber, Blend, Water contact angle, Surface resistance

1. はじめに

シリコンゴムは、電気絶縁性能に限らず、耐候性、耐熱性、耐薬品性に優れることから、高分子がいし等の屋外使用の電力機器絶縁材料に広く適用されている[1, 2]。一般的に、シリコンゴムについては、表面撥水性に優れることが知られており、汚損湿潤時の表面漏れ電流の発生を抑制する効果が期待されている[3, 4]。さらには、一時的に表面撥水性を喪失した後も、乾燥状態での時間経過に伴い、その撥水性をほぼ元通りにまで回復する現象が知られている[5-7]。

この高分子がいし等の適用拡大にあたっては、耐汚損性能や長期信頼性の向上が不可欠であり、その撥水性回復メカニズムの究明などと共に、既存のシリコンゴムよりも撥水性を向上させた新しい材料の開発が望まれている。シリコンゴムの撥水性は、主に側鎖であるメチル基 ($-\text{CH}_3$) の特性に因ることから、メチル基より臨界面張力 (γ) の小さいフルオロメチル基 ($-\text{CF}_3$) を側鎖に持つフッ素系高分子は、シリコンゴムより優れる撥水性能を実現することが期待できる[8, 9]。例えば、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)

は、高分子の中で最も高い撥水性を示すものとして知られている。しかし、加工性や経済性などを考慮した場合には、既存のシリコンゴムにフルオロメチル基を付与するような表面改質などの方が有効と考えられる。

一方、これまでに、高分子材料の表面改質にあたっては、エッチング処理や酸化反応を利用する方法、あるいは CF_4 プラズマ処理法などが、最終の使用目的に従って適用されている[10, 11]。しかし、このような方法によって作られた改質層は薄い表面層に限られ、絶縁材料としての使用においては、連続的な降雨や部分放電によって容易に表面層が喪失される可能性が高く、長期信頼性の向上にはほとんど寄与出来ないと考えられる。したがって、屋外絶縁用シリコンゴムの表面改質には、表面層だけではなく、バルク全体を改質する必要性があり、既存のシリコンゴムとフッ素系高分子をブレンドすることや、あるいは共重合させることがより効果的であると考えられる。

本稿では、高温加硫シリコンゴムと、側鎖にトリフルオロプロピル基 ($\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$) を持つフッ素変性シリコンゴムとをブレンドし、成型したものに対して、基本的

な物性測定を行うとともに、接触角測定や表面抵抗測定等から、同ブレンド材料の表面特性を評価した。特に、ウィルヘルミイ (Wilhelmy) 法を用いた動的接触角測定と X 線光電子分光分析により、ブレンド材料の表面付近での極性基の挙動特性について検討を行った。

2. PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の作製

試料となる原料ポリマーとしては、高温加硫シリコンゴム (ポリジメチルシロキサン、東レ・ダウコーニング・シリコン：DY32-7090U、以下 PDMS) と、フッ素変性シリコンゴム (ポリトリフルオロプロピルメチルビニルシロキサン、東レ・ダウコーニング・シリコン：SE1561U、以下 PTFPMVS) を用いた。PDMS と PTFPMVS の密度はそれぞれ 1.09、1.44g/cm³ であり、重量平均分子量はどちらも約 6×10⁵ である。図 1 に、PDMS および PTFPMVS の分子構造を示す。PTFPMVS は、PDMS のメチル基をトリフルオロプロピル基に置き換えた構造を持ち、加硫反応性を増すために、一部の側鎖にビニル基 (-CH=CH₂) が導入されている。

図 1 原料ポリマーの化学構造：(a) ポリジメチルシロキサン (PDMS)、(b) ポリトリフルオロプロピルメチルビニルシロキサン (PTFPMVS)

Fig. 1. Chemical structure of parent polymers: (a) PDMS, (b) PTFPMVS.

ブレンド試料の調整は、PDMS と PTFPMVS の 2 種類の原料ポリマーを室温にて 2 ロールミルで混合して行い、PTFPMVS の重量比が、0、10、30、50、70、90、100wt% になるように、7 種類のブレンド試料を作製した。なお、上記ブレンド中に、過酸化化物加硫剤を添加した。

この PDMS/PTFPMVS ブレンドのミラブル原料を、170℃ で 10 分間加熱・成型することで板状試料 (厚さ 1mm あるいは 2mm) を得た。成型後、コンベクションオープン (恒温乾燥器) で、200℃、4 時間の 2 次加硫 (Post-curing) を行い、各測定に供試した。

表 1 に、各 PDMS/PTFPMVS ブレンド試料について、密度、硬度、引張強度、伸び率、熱伝導度を測定した結果を示す。なお、これら各試料表面の十点平均粗さは 2-3μm 程度であり、試料による違いは認められなかった。

3. PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の表面特性の検討

<3.1> X 線光電子分光分析 (XPS) による表面分析

PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の表面付近の分子構造を明らかにするために、X 線光電子分光分析装置 (日本電子、XPS-90) を用いた元素濃度測定を行った。X 線源には Mg Kα (1253.6eV) を使用し、出力は 100W (10kV、10mA) に設定した。また、検出にあたっての試料表面と分析器との角度 (脱出角、 θ_i) は、90 度および 15 度とした。ここで、XPS による光電子の浸透深さ (d_s) は、脱出角と X 線照射により試料表面から放射された光電子の非弾性平均自由行程 (λ) から、 $d_s = 3\lambda \cdot \sin \theta_i$ と定義され [11]、脱出角 90 度と 15 度に対応する光電子 (C_{1s}) の浸透深さは、それぞれ 10.3nm および 2.7nm と計算される。元素濃度分布の解析にあたっては、各元素ピークの面積を光断面積で補正し、相対原子比で評価した。

図 2 に、90 度の脱出角で測定したこれらブレンド試料の XPS スペクトルを示す。図より、PDMS に比較して、ブレンド中の PTFPMVS の重量比が大きくなるにつれ、フッ素元素 (F) のピークの増大が認められ、導入された

表 1 PDMS/PTFPMVS ブレンドの物性
Table 1. Physical properties of PDMS/PTFPMVS blends

Formulation of PDMS/PTFPMVS (wt%)	Density (g/cm ³)	Hardness (JIS A)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Thermal conductivity (W/m·K)
100 / 0	1.09	43	10.5	710	0.16
90 / 10	1.11	43	10.4	720	0.21
70 / 30	1.17	45	11.7	750	0.20
50 / 50	1.24	48	10.5	680	0.20
30 / 70	1.31	51	10.5	630	0.21
10 / 90	1.39	53	9.4	460	0.21
0 / 100	1.44	54	10.3	470	0.20

PTFPMVS によって、フルオロメチル基が各ブレンド試料の表面に現れていることが確認された。

図3に、元素濃度の表面からの深さ依存性を明らかにするために、各ブレンド試料における、ケイ素元素(Si)濃度を基準として算出したフッ素元素濃度(F/Si)を、脱出角90度と15度で比較した結果を示す。図より、ブレンド中のPTFPMVS重量比が小さい試料においては、脱出角を15度として測定したフッ素元素濃度が、脱出角90度で測定したものより大きくなる様子が認められた。これは、PTFPMVS重量比が小さく、試料内部のフッ素元素濃度が低い場合においても、表面付近のフッ素元素濃度は比較的高くなっていることを示唆しており、臨界面張力の小さいフルオロメチル基が表面付近に偏析する傾向が見られたものと考えられる。すなわち、このブレンド中には、不混和のPDMSとPTFPMVSが共存しており、特にPTEPMVS濃度が低いような時には、PTFPMVSが表面付近に偏在する傾向が顕著であったものと推測される。

図2 PDMS/PTFPMVS ブレンドの XPS スペクトル (脱出角: 90 度)

Fig. 2. XPS Spectra of PDMS, PTFPMVS, and their blends (Take-off angle: 90°).

図3 フッ素元素濃度の試料の表面/内部分布比較

Fig. 3. Comparison of the atomic ratio of F element on the surface of PDMS blended with PTFPMVS.

<3.2> 動的接触角測定による表面撥水性評価

ブレンド試料に対する動的接触角の測定から、それらの表面撥水性を評価した。測定には、ウィルヘルミイ法を適用した動的接触角測定装置 (A&D 社、DCA-100) を用いた。ウィルヘルミイ法による動的接触角測定の原理については、既存の報告等を参照されたい[14-16]。

本装置は、試料の上下移動速度や浸漬時間・回数、液温度などのコンピュータ制御が可能であり、前進接触角および後退接触角の同時測定が可能である。試料としては、板状試料 (長さ 50mm、幅 30mm、厚さ 1mm) を使い、測定にあたっての試料の移動速度は 20mm/min 一定とした。また、試験用の液体には、蒸留水 (導電率: < 0.3 μ S/cm) を使い、全ての測定は 20℃ 一定の室温中で行った。データとしては、5 回の測定の平均値を取った。なお、測定用のロードセルの定格荷重は 10gf である。

図4は、PDMS、PTFPMVS、およびそれらのブレンド試料の前進・後退接触角の測定結果を示したものである。図より、PTFPMVS の前進接触角は、123 度程度と PDMS に比較して大きく、PDMS と PTFPMVS をブレンドした場合には、PTFPMVS の重量比の増加に伴って、それらの前進接触角も増大する様子が認められた。これは、PTFPMVS の導入により、臨界面張力の小さいフルオロメチル基が表面に現れることで、予想通りに撥水性向上効果が実現された結果と考えられる。

一方、後退接触角については、PDMS が 83 度程度であるのに対し、PTFPMVS のそれは 70 度程度と小さく、PTFPMVS の重量比の増加に伴って、後退接触角が低下する様子が認められた。これは、PTFPMVS の表面が、一度液体で濡れた後には、その液体が離れ難い性質を持つことを意味しており、撥水性向上という観点からはマイナスの効果であると考えられる。

図4 PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の前進および後退接触角

Fig. 4. Advancing and receding contact angles of PDMS, PTFPMVS, and their blends.

この前進接触角と後退接触角での相反する結果の原因としては、PDMS と PTFPMVS の側鎖の運動性の差が考え

られる。すなわち、PTFPMVS の側鎖のうち、臨界面張力 (γ) が 6 dyn/cm [18] と非常に小さいフルオロメチル基が表面に配向している場合は、高い撥水性が発現する。しかし、極性基の反転あるいは再配向によって、ひとたび γ が 31 dyn/cm [18] であるメチレン基 ($-\text{CH}_2-$) などが表面に配向した場合には、メチル基 (γ : 22-24 dyn/cm [18]) が一様に配向した PDMS より、撥水性が劣る結果となることが想起される。そして、PTFPMVS の前進・後退接触角のヒステリシスが、PDMS に比較して大きいことも、それぞれの側鎖の性質に起因するものであり、その分子構造の違いからも推測されるものであった。

これらの動的接触角測定結果から見ると、本研究で用いた PDMS/PTFPMVS ブレンド試料は、固体表面の濡れ難さという点では PDMS よりも優れているものの、一度表面が濡れた後には、その状態を長く継続してしまうことを示唆している。高分子がいし等の屋外用電気絶縁機器への適用を考えた場合において、表面での漏れ電流発生を抑制するためには、表面の濡れ難さのみならず、液体の離れ易さも重要であるとするれば、この後退接触角の低下傾向については改善の必要があるものと考えられる。これらについては、側鎖に臨界面張力の大きな分子を含まないことや、極性基が反転しにくいなどの分子構造を検討することが有効と思われる。

<3.3> 極性基反転に伴う湿潤張力の緩和現象

上記のように前進接触角と後退接触角が相反する結果を示したことについて、その原因と考えられる極性基の反転挙動を検証するために、PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の湿潤張力の緩和現象[16]について検討を行った。

湿潤張力の緩和現象の観測は、板状試料を一定速度で液体中に挿入し、一部が浸漬された時点で試料の移動を停止し、その直後にロードセルで観測される荷重変動を連続的に測定することで行った。また、その後、十分長い浸漬時間の後に、試料の引き上げを開始し、一部が液体中に残った状態で移動を停止し、その直後からの荷重変動を測定した。

試料が液体中に入る前進過程における荷重 $F_A(t)$ は、

$$F_A(t) = P\gamma_L \cos \theta_A - F_B = P(\gamma_{S,A} - \gamma_{SL,A}(t)) - F_B$$

で表される[16]。ここで P は試料周囲長、 γ_L は液体の表面張力、 θ は接触角、 γ_S は試料の表面張力、 γ_{SL} は試料と液体の間の界面張力、 F_B は浮力である。(なお、各パラメータの添え字“ A ”は、「前進過程」を意味する。) この過程で試料の移動が停止した場合、その停止直後から、試料が液体中に浸漬された部分では、液体との界面張力 γ_{SL} を小さくするように親水性セグメントが再配向を始めるために、 γ_{SL} は時間の関数となり、 $\gamma_{SL,A}$ は減少する。従って、 $F_A(t)$ は時間と共に増加する。

また、上記と同様に、後退 (引き上げ) 過程における荷重 $F_R(t)$ は、

$$F_R(t) = P\gamma_L \cos \theta_R - F_B = P(\gamma_{S,R}(t) - \gamma_{SL,R}) - F_B$$

で表される[16]。(同様に、添え字“ R ”は、「後退過程」を意味する。) この後退過程では、空气中に引き上げられた試料表面は、初期には液体中で水和していたため、高い表面張力 γ_S を持つが、次第に疎水性セグメントが再配向するために、時間と共に $\gamma_{S,R}$ は減少し、 $F_R(t)$ も減少することになる[14, 16, 17]。これらの荷重変動特性を評価することにより、表面の極性基の運動性について考察が可能となる。なお、試料の移動速度は 20mm/min であり、停止時間は 30 分とした。

図 5 に、PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の前進過程および後退過程における停止時間中に測定された荷重の経時変化を示す。図より、全ての試料について、湿潤張力の緩和現象が観測され、その緩和時間は PTFPMVS の重量比の増加によって大きくなることが認められた。この結果は、PTFPMVS のトリフルオロプロピル基が PDMS のメチル基より長く、そこにあるフレキシブルな二つのメチレン基の運動性が大きいこと、時定数が大きな緩和現象が現れたものと考えられる。

図 5 PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の前進過程 (a) および後退過程 (b) における停止時間中に測定された荷重の経時変化

Fig. 5. Adhesion tension for PDMS blended with PTFPMVS as a function of elapsed time: (a) In advancing process, (b) In receding process.

＜3.4＞ 塩霧中での表面抵抗の時間変化

汚損湿潤時の PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の表面抵抗の変化を調べるため、PDMS/PTFPMVS ブレンド試料に直流電圧を印加した状態で塩霧を発生し、試料表面に付着した塩水を介して流れる電流を測定した。測定条件を表 2 に、装置概要を図 6 に示す。

表 2 表面抵抗測定の実験条件

Table 2. Test condition for the measuring of surface resistance

Test voltage	DC 1 kV
Electrode spacing (Electric field)	5 cm (200 V/cm)
Electrode	Stainless steel (50x20x5 mm)
Fog conductivity	0.2 S/m
Amount of spraying	380 ml/h

平板試料（長さ 200mm、幅 150mm、厚さ 2mm）の上に、電極間隔が 5cm になるようにステンレス製電極を取り付け、容積 1m³ の立方体の塩霧室中央に、図 6 に見られるような配置で垂直に固定した。試験中は、塩水（0.1wt% 塩化ナトリウム水溶液）を連続的に噴霧しながら、直流電源（松定プレシジョン社）より 1kV の直流電圧を 100 時間連続で印加した。塩霧室内への塩水噴霧量は 1 時間あたり約 380ml であった。シャント抵抗は 1 M Ω であり、デジタル電圧計（アドバンテスト社）からのデータを、コンピュータによって 10 秒間毎に記録した。

図 6 表面抵抗測定の実験装置

Fig. 6. Schematic diagram for the measurement of the surface resistance.

図 7 に、PDMS および PTFPMVS、PDMS/PTFPMVS (50/50) ブレンド試料の表面抵抗の時間特性を示す。図より、各試料ともに、塩水噴霧の時間経過に伴い、表面抵抗が低下する様子が見られる。この表面抵抗の低下は、導電率が高い塩水の水滴が表面に形成されたことを示しており、表面に付着する水滴の量が多ければ多いほど、その抵抗値は低下するものと考えられる。図 7 より、PTFPMVS の表面抵抗は、PDMS に比較して短時間に低下し、そして飽和している様子が認めら

れた。また、PDMS/PTFPMVS (50/50) ブレンドについては、これら PDMS と PTFPMVS のほぼ中間の特性を示すことが確認された。

この結果は、長時間の連続的な噴霧によって、PTFPMVS の最表面が塩霧室中を漂っている塩水の水滴と接触した際に、その界面エネルギーを最小にするため、高分子材料中の表面エネルギーが高い成分が表面に現れることによって、水滴が離れにくくなったものと考えられる。

図 7 PDMS/PTFPMVS ブレンドの表面抵抗の時間特性：(a) PDMS, (b) PDMS/PTFPMVS (50/50) blend, (c) PTFPMVS

Fig. 7. Surface resistance of PDMS/PTFPMVS blends: (a) PDMS, (b) PDMS/PTFPMVS (50/50) blend, (c) PTFPMVS.

4. まとめ

シリコンゴムの表面特性に対するフッ素変性シリコンゴムのブレンド効果を調べるため、異なる重量比を持つ PDMS/PTFPMVS ブレンド試料を作製して、動的接触角測定による撥水性評価と塩水噴霧による表面抵抗測定などを行った。その結果、以下の結論が得られた。

- ブレンド試料中の PTFPMVS 重量比の増加に伴って、前進接触角は増大するものの、後退接触角が低下する傾向が認められた。この前進接触角の増大は、ブレンド試料に導入されたフルオロメチル基が試料表面に現れた効果と考えられる。一方、後退接触角の低下は、水中への浸漬中に極性基の反転が起こり、高い表面張力を持つ分子セグメントが試料表面に現れたことによると考えられる。
- 湿潤張力の緩和現象の観測からは、PTFPMVS の重量比の増加によって、分子の再配向の時定数が大きくなることが分かった。この様子は、PDMS と PTFPMVS の分子構造の違いからも推測されるものであった。
- 連続的な塩水噴霧条件下においては、PDMS/PTFPMVS ブレンド試料の表面抵抗は低下し、ブレンド中の PTFPMVS 重量比の増加に伴って、より短時間に低下することが明らかとなった。

これらのことより、シリコーンゴムへのフルオロメチル基の導入による撥水性の向上効果については、一部にその傾向が確認されたものの、マイナス効果をもたらす可能性も認められ、特に連続的な汚損湿潤時の電気絶縁性能などに関しては、極性基の反転など分子の運動性による影響も重要であることが分かった。

(平成 13 年 4 月 3 日受付、平成 13 年 9 月 25 日再受付)

文 献

- (1) H. M. Schneider, J. F. Hall, G. Karady and J. Rendowden, "Nonceramic Insulators for Transmission Lines", *IEEE PES 89 WM 118-1 PWRD* (1989).
- (2) T. Kikuchi, S. Nishimura, M. Nagao, K. Izumi, Y. Kubota and M. Sakata, "Survey on the Use of Non-ceramic Composite Insulators", *IEEE Trans. on Dielectr. Electr. Insul.*, **DEI-6**(5), 548-556 (1999).
- (3) A. E. Vlastos and S. M. Gubanski: "Surface Structural Changes of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators", *IEEE Trans. on Power Delivery*, **6**, 888-900 (1991).
- (4) R. Hackam: "Outdoor HV Composite Polymeric Insulator", *IEEE Trans. on Dielectr. Electr. Insul.*, **DEI-6**(5), 557-585 (1999).
- (5) S. M. Gubanski and A. E. Vlastos: "Wettability of Naturally Aged Silicone and EPDM Composite Insulators", *IEEE Trans. on Power Delivery*, **5**(4), 2030-2038 (1990).
- (6) J. W. Chang and R. S. Gorur: "Surface Recovery of Silicone Rubber Used for HV Outdoor Insulation", *IEEE Trans. on Dielectr. Electr. Insul.*, **DEI-1**(6), 1039-1046 (1994).
- (7) S. H. Kim, E. A. Cherney, and R. Hackam: "The Loss and Recovery of Hydrophobicity of RTV Silicone Rubber Insulator Coating", *IEEE PES 90 WM 024-0 PWRD*, (1990).
- (8) T. Yasuda, T. Okuno, and K. Yoshida: "A Study of Surface Dynamics of Polymers. II. Investigation by Plasma Implantation of Fluorine-Containing Moieties", *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.*, **26**, 1781-1794 (1988).
- (9) W. Adamson and A. P. Gast: *Physical Chemistry of Surfaces*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.
- (10) A.K. Bhowmick, J. Konar, S. Kole, and S. Narayanan: "The Surface Relaxation of Glow Discharge-treated Silicone Rubber", *J. Appl. Poly. Sci.*, **57**, 631-637 (1995).
- (11) M. Khorasani, H. Mirzadeh, and P. Sammes: "Polydimethylsiloxane Surface Modification by Laser Irradiation: A Noble Technique for the Preparation of Blood Compatible Materials", *Surface Modification Technologies*, **10**, 499-507 (1997).
- (12) 鈴木、日下部、高橋、岩木、鈴木: 「イオン注入によるシリコーンシート表面改質効果」、高分子論文集、**45**, 747-754 (1988).
- (13) 井上、松川: 「ESCA Surface Analysis of Silicone-PMMA Graft・Block Copolymer Blend Films」、科学と工業、**72**, 431-437 (1998).
- (14) H. Okamoto, S. Takahashi and T. Kasemura: "Surface Properties for Blended Films of Poly(methylmethacrylate) and Terpolymers Composed of Methacrylate, Methoxypoly(ethyleneglycolmethacrylate) and Poly(dimethylsiloxanemethacrylate)", *J. Adhesion*, **70**, 281-298 (1999).
- (15) 本間、李、畔柳、泉: 「動的接触角測定によるシリコーンゴムの短時間撥水性挙動の解明」、電気学会論文誌 A、**121-A**, 157-162 (2001).
- (16) T. Kasemura: "Dynamic Contact Angle and Adhesion Tension Relaxation for Multi-component Polymeric System", *Membrane*, **21**, 197-204 (1996).

(17) 井本: 「表面張力の理解のために」、高分子刊行会 (1993).

(18) 「シリコーン材料ハンドブック」、東レ・ダウコーニング・シリコーン (1993)

李 昌龍

(非会員) 1967年8月17日生まれ。97年8月韓国高麗大学大学院材料工学専攻博士課程修了。96年2月-97年2月 韓国電力公社電力研究院客員研究員。97年11月-98年12月(財)電力中央研究所post-docと日韓産業技術協力財団フェロー。99年1月-01年4月(財)電力中央研究所特別契約研究員。01年4月より、韓国現代重工業勤務。主として、高分子絶縁材料の電気的性質に関する研究に従事。工学博士。IEEE会員。

本間 宏也

(正員) 1964年9月29日生まれ。87年3月立教大学理学部物理学専攻卒業。89年3月筑波大学大学院修士課程理工学研究科修了。同年(財)電力中央研究所入所。94-95年米国コネチカット大学客員研究員。現在、横須賀研究所機能材料部主任研究員。主として、屋外用高分子絶縁材料の研究開発に従事。工学博士。IEEE会員。

泉 邦和

(正員) 1945年10月4日生まれ。68年3月関東学院大学工学部2部電気工学科卒業。64-77年(財)超高压電力研究所勤務。77年(財)電力中央研究所入所。83年横浜国立大学工学部研究員。89-90年米国コネチカット大学客員研究員。現在、横須賀研究所大電力試験所長 兼 機能材料部長。主として、送変電機器の研究開発に従事。工学博士。92年電気学会進歩賞、98年電気学会論文賞受賞。