水分によるベーパーミスト形成とその効果

准員 永 木 保 成 (武蔵工大)

正員 板 橋 悟 (武蔵工大)

正員 光 井 英 雄 (武蔵工大)

正員 曾 禰 元 隆 (武蔵工大)

Water Mist Formation in Vapor-Mist Dielectrics and its Effect

Yasunari Nagaki, Associate, Hideo Mitsui, Member, Mototaka Sone, Member (Musashi Institute of Technology)

It has been proposed that vapor-mist dielectrics in which mixing liquid droplets such as tetrachloroethylene in a gas have an ability of increasing flashover, impulse voltage, and of suppressing partial discharge. Vapor-mist methods have been performed on other materials and the effect of the mist can also be obtained on benzen, hexan, and even if water as general materials. Although these studies have been carried out, neither the discharge mechanism on vapor-mist nor the reason for the increase of the discharge voltage is fully understood. Because the mist have various size. On the other hand, agglomeration of water molecules can be studied with FT-IR method, and are classified into monomer, dimmer, trimmer (including polymer). Water give mist stats which are significant to discuss on effects.

This paper describes states of water mist and the effect of them under non-uniform field with positive and negative polarities. Water mist in vapor exist as dimmer and trimmer, and the amount of them decrease with the reduction of temperature. These mist have no effect on discharge suppression. When the mists, however, are formed by space charges, the inception voltage is increased by these mists in the negative polarity.

キーワード：ミスト，FT-IR 法，部分放電開始電圧，空間電荷

1. ま え が き

C_2Cl_4 などの液滴を浮遊させこれを絶縁媒体とするベーパーミスト絶縁は，FO電圧の向上，インパルス破壊電圧の向上，コロナ放電の抑制^{(1)~(3)}などの優れた絶縁特性を有することが明らかにされている。これら基礎的特性の検討は他の物質についても数多く行われ⁽⁴⁾⁽⁵⁾，特に電氣的に負性であるフロンなどのミストが，特に高い効果を示している。しかし，ベンゼン，ヘキサン，水などの一般的物質においても同様に耐電圧の向上が指摘され，分子の粒径や分子間力の違いによってその耐電圧が異なることが明らかになってきている⁽⁵⁾。

ミストの発生方法として，空気や SF_6 などのバッファ気体に霧滴を混入させる超音波振動子法と，分子間引力を利用した過飽和法に大別される。前者のミストに対する粒径の計測はレーザなどにより行われ，1~25 μm に分布している。後者は，分子どうしの結合によって生じる理論的気圧と実測値間の気圧差からミストの平均的粒子径が求められ，分子単位のミストが得られている⁽⁶⁾。いずれの報告でも，ミスト平均粒径と密度に依存して放電電圧が上昇することが明らかにされている。しかし，ミスト中には，単体，多分子体，更には微粒子と様々な形態をとることが考えられるため，放電抑制効果を検討するうえでは，それらを個々に扱う必要がある。

最近、水分子のクラスターの構造解析を目的として、低温マトリックス法や分子ビーム法などの測定を併用した赤外スペクトルの測定が行われている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。更に蔵重ら⁽⁸⁾は、この手法をもとに単量体、二量体、三量体の形態をFT-IR法によって分析可能とした。このように、ミストとして形成する水分子を計測することができ、かつそのミストの状態を把握することができる。従って、Van der Waals力によって自然発生的に生じるミストのみならず、雷雲などのように微小な塵や電荷を核として形成するミストに対しても検討が行える。

そこで本論文では、水蒸気中に形成されるミストの存在下において部分放電開始電圧を計測し、ミストの放電抑制に対する効果を検討した。その結果、二量体、三量体として自然に形成されるミストは、放電を抑制する効果はなかった。しかし、空間に初期電子が放出されそれを核としたミストが形成されると、そのミストによって負極性放電が抑制されることがわかった。

2. 実験装置および方法

〈2・1〉 実験装置 実験装置を図1に示す。試験セルの形状は、内径20 mm、長さ100 mmの円筒形であり、容積は31.4 mlである。セルの材質はパイレックスであり、赤外線の入射窓としてCaF₂が取り付けられている。また、試験セルおよびそれと接続されているコックも含め恒温槽内に収められており、恒温槽内の温度が所定の温度となった後、セル内の温度が均一かつ安定するまで約20分程度放置した。なお、

セル外部、内部の温度は、熱電対により計測され下記する温度はすべてセル内の温度である。

電極は、曲率5 μm の針電極、直径10 mmの平板電極を使用した。材質は針電極に木綿針(鉄)、平板電極は銅である。また、課電側を針電極、接地側を平板電極とし、ギャップを3 mmに設定した。

放電開始電圧は、接地側に検出抵抗を設け、デジタルオシロスコープで観察されることにより求められる。なお、最小感度は0.01 kVである。

試料(蒸留水)を注入する蒸発瓶は、パイレックス製の円筒形の瓶であり、コックを介して試験セルと接続されている。

〈2・2〉 実験方法 所定の蒸発量に設定された試料(蒸留水)をコールドトラップを行い固化した後、セル内をロータリーポンプによって排気する。試験セル全体を130°Cまで上昇し、蒸発瓶内の試料を蒸発させてミストを形成させた。

水分子は、基本振動 ν_1, ν_2, ν_3 をもち、4,000~3,200 cm^{-1} に現れる ν_1, ν_3 によって単量体、二量体、三量体の分類ができる。それぞれの波数域は、4,000~3,700, 3,700~3,600, 3,600~3,200 cm^{-1} であり、スペクトルの波形分離により面積強度から存在比ならびに絶対量が求められる。そこで、ミスト計測をFT-IR法により行い、セル内の水蒸気スペクトルを、130, 110, 90°Cにおいて観測した。繰返し放電実験では部分放電開始電圧を確認後、スペクトルを得、60回繰返した。

部分放電開始電圧の計測は、セル内を所定の温度に保ち、その状態にて行った。その後、試験セル内の水

図1 実験装置

Fig. 1. Experimental apparatus.

蒸気をロータリーポンプによって排気し、新たにミストを発生させて同様に電圧を測定した。この操作を繰返し 130→90°Cまで 5°C間隔で行った。

3. 結果および検討

〈3・1〉 水のミスト形成 一般に、一定容積下の気体において、気圧と温度の関係は Van der Waals の状態方程式によって導かれる。

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - bn) = nRT \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 P : 気圧 (N/m^2)、 T : 測定温度 ($^\circ\text{K}$)、
 V : 試験容積 (m^3)、補正係数 $a=0.335$ 、
 n : 分子数 (mol)、 $b=1.84 \times 10^{-5}$ 、 R : 気体定数 ($\text{J/mol} \cdot \text{K}$)

上式の補正係数 a, b はガスの臨界圧 P_c と臨界体積 V_c によって決定する定数であり、 $a=P_c V_c^2$ 、 $b=V_c/3$ で与えられる。すなわち、分子の大きさや分子間力が考慮されているため、分子が単独で行動する気体は、広い温度範囲において (1) 式を満足し、分子数が一定であれば気圧は温度によって決定される。

90°Cから 130°Cまでの水蒸気ミストの気圧変化を図 2 に示す。同図の結果は、130°Cにおいて大気圧 (760 Torr) となるまで水分を蒸発させ、温度の低下による気圧の変化として示されている。なお、同図には (1) 式から導かれる蒸発量 0.0309 mol の気圧について付記した。同図から、0.0309 mol の水分の気圧は、温度の低下に伴い沸点付近までほぼ直線的に減少し、沸点以下で急激な減少をしている。(1) 式により求めた気圧も同様に温度低下に対して直線的に減少するが、実測値と気圧差を生じている。この気圧差は、沸

図 2 水蒸気の温度-気圧特性

Fig. 2. Characteristic of pressure in water vapor.

点付近までほぼ一定となっている。

実測気圧が (1) 式による特性と相違して低い気圧を示すことから、水分子は単分子ではなく、分子塊の存在する気体であることがわかる。すなわち、同気体中では、水分子が分子間力によるクラスター水が形成され、ミストが形成していることになる。従って、同図に示される気圧差はミストの形成量を表しており、同図の場合には、理論値の約 1/3 に相当する水分子はミストとして形成していることがわかる。

このように、理論値との気圧差はミスト形成を表し、分子の集合の平均値を示すことになる。しかし、水蒸気中に形成されるミストは同一ではなく様々な形態で存在することも考えられる。そこで、水蒸気中のミストを FT-IR 法によって求めることにする。FT-IR 法で観測される吸収スペクトルにおいて、既に

(a) 吸収スペクトル

(b) 単一スペクトル分離波形

図 3 水蒸気吸収スペクトル

Fig. 3. IR spectra of vapor of water.

4,000~3,700, 3,700~3,600, 3,600~3,200 cm^{-1} に現れるピークは、それぞれ水の単量体、二量体、三量体を意味すると報告されている⁽⁶⁾。

各温度の水蒸気における FT-IR 吸収スペクトルを図 3 (a), (b) に示す。なお, (a) 吸収スペクトル波形, (b) 単一スペクトル分離波形である。同図には, 単量体, 二量体, 三量体の波数域を示した。また室温における液体の水の吸収スペクトルも示している。(a) 図の水蒸気スペクトルは, 温度の低下に伴ってほぼ相似形で減少する。このスペクトルは, 室温における液体の水のスペクトルと明らかに相違し, 単量体, 二量体, 三量体領域の 4,000~3,200 cm^{-1} に分布している。このことから, 水が液体から気体へと形態を変え, そのなかで自然に発生するミストは, 二量体, 三量体としての形態を示すことがわかる。

このように, 水蒸気のミストには二量体と三量体とが存在し, ミストは均一ではないことがわかる。更に, 二量体, 三量体の波数域の幅やその波数域におけるスペクトルの強度が異なり, これらのミスト形成はある比率で生じていると推測される。また, 温度によってもスペクトル強度が低下しており, ミストが温度に存在している傾向がある。そこで, スペクトル波形を (b) 図のように波形分離して, 各温度における絶対量および存在比を求めた。

その結果を図 4 (a), (b) に示す。なお, (a) 絶対量, (b) 存在比である。同図において, 単量体, 二量体, 三量体の絶対量は各温度においてほぼ同量であり, 130°C における絶対量の合計は蒸発量の 0.0309 mol に一致している。この絶対量は温度の低下とともに減少している。このことから, 水蒸気中のミストは温度が高いほど多量に存在し, 温度が低下すると単量体, 多量体の絶対量が減少することがわかる。

この単量体, 二量体, 三量体の絶対量は, ほぼ同様の減少傾向を示している。すなわち, 単量体から二量体, 二量体から三量体へ, などの低温化に伴う変化はないことを意味する。同様, (b) 図において単量体, 二量体, 三量体の存在比は, 130°C から沸点以下の 90°C に至るまで一定値を示し, その比率はそれぞれほぼ 60, 25, 15% となっていることがわかる。このように, 温度が低下し絶対量が減少しても, 単量体, 二量体, 三量体の比率は維持されていることがわかる。すなわち, 二量体, 三量体のミストの形成は, 温度によらず常に同じ比率で行われ, 温度変化によって単量体が二量体, 三量体なるミストへの移行は認められない。

以上から, 自然発生するミストは, 二量体, 三量体

(a) 絶対量

(b) 存在比

図 4 単量体, 二量体, 三量体の絶対量および存在比

Fig.4. Amount and ratio of monomer, dimer, and trimer.

の形態をとり, それらは図 4 のような絶対量, および存在比を示している。しかし, これらのミストがすべて気体として存在するかは不明である。そこで, 実測された気圧から図 4 (b) の存在比を用いて, ミストをすべて単量体としたときの気圧と理論値と比較した。

その気圧特性を図 5 に示す。同図より, 結合分子数を考慮して求めた気圧は, 130°C においてほぼ 1,200 Torr を示し, 温度の低下に伴い減少している。この気圧特性は, 130°C から 110°C 付近の範囲において状態方程式により求められる気圧とほぼ一致している。110°C 以下の範囲ではわずかな気圧差が見られ, その差は温度の低下とともに増加する。

(1) 式による気圧は, 分子が気体である場合に対して適応される。従って, (1) 式による気圧と一致する範囲においては, 水分のすべてが単量体 (60%), 二量

図 5 結合分子数補正気圧

Fig. 5. Calculated pressure with the number of bonding molecules on each mist.

体(25%), 三量体(15%)の気体として存在していることがわかる。逆に、ほぼ 110°C 以下での不一致は、気体ではなく液化分子が存在していることを表しており、その気圧差から液化量を求めることが可能である。このように、実測気圧をミストの結合分子数および形成比を考慮し、その結果と(1)式との比較により、空間中に存在するミストとごく微量の液化分子を分離することができる。

なお、この 110°C 以下における液化は、試験セルや電極表面へ付着する。特に、陰極表面のわずかな付着物でも初期電子の放出は大きく影響されるため、液化は放電電圧を変化させると考えられる。従って、ミスト中での放電電圧を求める際、同図のような液化量には注意を要する。

〈3・2〉 ミスト中における部分放電開始電圧

ペーパーミストの放電抑制効果の主要因は初期電子の欠乏とされ、ミストが初期電子を付着することによる存在時間の低下と考えられている⁽⁴⁾。従って、ギャップ間に存在するミストの量によって変化すると考えられるが、絶対的な量に言及した例は極めて少ない。そこで、本節では前節で明らかにしたミストの存在下において、部分放電の開始電圧を計測した。

130°C から 90°C における部分放電開始電圧を図 6 に示す。なお同図には、単量体、二量体、三量体の絶対量を付記している。負極性において、130°C においてほぼ 1.6 kV を示す開始電圧は、温度の低下とともに上昇し、ほぼ沸点において最大値 (1.8 kV) を示す。沸点以下になると急激に減少している。一方、正極性では 130°C から沸点付近までほぼ一定の 2.8 kV を示し、沸点以下になると急激に低下している。

図 6 部分放電開始電圧特性

Fig. 6. Characteristics of partial discharge inception voltage.

同図の正極性において、沸点付近でのミストの絶対量はかなり減少しているが、ミストが多量に存在する 130°C とほぼ同じ開始電圧値を示している。負極性ではむしろ高くなっていることがわかる。このように、たとえミストの絶対量が多量であっても、放電開始電圧は高くないことがわかる。従って、放電抑制に対するミストの効果は必ずしもあるとはいえない。

この要因として、形成されるミストの結合力の弱さすなわち電子やイオンの衝突に対して容易に崩壊してしまうことが考えられる。このため、初期電子の付着、あるいは初期電子の衝突時の電離抑制などのミストとしての効果が薄れ、結果としてミストの絶対値に依存した特性が得られないと考えられる。

ここで、同図の負極性の特性を見ると、絶対量の減少に対して逆の特性を示し、沸点付近においてピーク値をもつことがわかる。このような特性は、過去の文献⁽⁷⁾においても報告され、放電電圧が最大になるとされている。この最大値を示す沸点付近は、前節においても述べたように、薄い液化膜が電極表面をおおうようになる。従って、陰極から放出される初期電子によって放電が開始する負極性放電時には、初期電子の放出を抑制し、沸点付近でその効果が最大になる。

逆に、同図の正極性は、ほとんど一定であり特性の変化は見られない。不平等電界下の正極性放電では、電極表面に影響されず空間の電離によって開始するため液化の増加に伴う上昇はなく、液化の効果は見られないことがわかる。このことから、初期電子が電極からの放出電子である場合、電極表面の液化分子によってその放出を抑制されると考えられる。従って、これまで報告されている平等電界における破壊試験でも液化の抑制効果であると解釈される。

以上のことから、通常形成される水のミストは放電

を抑制する効果はなく、液化の効果が強いことがわかる。しかし、ミストの結合力が異なったり、特にそれが強い場合には、外力に対して容易に崩壊しないため安定した効果が得られることも考えられる。

130°C一定として水ベーパーミスト中において繰返し部分放電時のスペクトルを図7(a)-1, (a)-2, (b)に示す。なお、(a)-1 負極性放電吸収スペクトル, (a)-2 差分スペクトル, (b) 正極性放電吸収スペクトルであり、差分スペクトルは部分放電による変化を明らかにするため、放電なしのときのスペクトルをリファレンスとした。また、(a)-2 図には室温における水(液体)および氷の吸収スペクトルを記した。(a)-1 図の吸収スペクトルは水蒸気特有のスペクトル形状を示し、4,000~2,800 cm^{-1} に存在していることがわかる。4,000~3,600 cm^{-1} の単量体, 二量体領域は放電による変化はなく、三量体およびそれより低波数の 3,600~2,800 cm^{-1} の領域においてスペク

図7 繰返し部分放電に伴う水蒸気スペクトル変化

Fig. 7. IR spectra of vapor with repeating partial discharge.

トル強度の増加が見られる。(a)-2 図において、水(液体)および氷の吸収スペクトルはそれぞれ 3,800~2,800 cm^{-1} , 3,600~2,500 cm^{-1} に存在し、3,450 cm^{-1} , 3,200 cm^{-1} 付近にピークをもつ。4,000~3,600 cm^{-1} , 2,800~2,500 cm^{-1} でほぼ 0 を示しているが、3,600~3,000 cm^{-1} , 3,000~2,800 cm^{-1} の二つの領域においてスペクトル強度が放電回数に対して増加している。そのピーク位置はそれぞれ 3,250 cm^{-1} , 2,920 cm^{-1} である。

電界を与えない水蒸気中の水分子は、4,000~3,200 cm^{-1} にスペクトルが現れるが、負極性部分放電を繰返し与えた場合、三量体より低波数の 3,200~2,800 cm^{-1} において変化が現れるようになる。負極性部分放電では、電極から放出された初期電子が分子に付着することによって負イオンを生じ、空間電荷が形成される。水蒸気中の水分子が分子間引力でミストを形成することを考えると、電気的に強い性質をもつ空間電荷と水分子との間により強い引力が働くことになり、電荷を核としたミストは形成されやすくなる。従って、(a)-2 図に出現するピークは、負イオンを核としたミストであることがわかる。更に、このピークは二量体領域より低波数に位置し、氷のスペクトル域内に存在している。氷状の水分子は、液体の場合のように自由に運動することができなく、極めて強い力で拘束されている。このことから、ここで形成されたミストは、結合力が強いことがわかる。

これに対し、(b)図の正極性では、4,000~3,600 cm^{-1} の単量体, 二量体領域の変動がなく、しかも 3,600~2,800 cm^{-1} の領域におけるスペクトルはわずかな変動のみである。従って、多くの正イオンの発生を伴う正極性部分放電では、負極性で見られる新たなミストの形成は生じないことがわかる。このことから、正イオンはミストの核となりにくいといえる。

このように、気中の負イオンはミストの核となって新たな形成を行うことがわかる。このようなミストの存在は、ギャップに放出される初期電子や電離過程に変化をまねき、放電開始に対して影響を与えることが考えられる。そこで、繰返し回数に対する放電により生成されるミストの面積強度と負極性部分放電開始電圧の変化を求めた。

繰返し回数に対する部分放電開始電圧と面積強度の変化を図8に示す。同図において、部分放電開始電圧は多少のばらつきはあるものの、繰返し回数とともに上昇している。この開始電圧は放電初回の 2.1 kV 付近から急激に立ち上がり、ほぼ繰返し回数 30 付近から飽和する傾向にある。同図の面積強度において、繰

図 8 放電生成ミストおよび開始電圧の繰返し特性（負極性）

Fig.8. Characteristic of negative discharge corona inception and amount of ionic mist.

返し回数 10 付近までほぼ $10 \text{ ABS} \cdot \text{cm}^{-1}$ * を示しているが、その後繰返し回数とともに急激に上昇し、繰返し回数 30 以上ではほぼ飽和状態となり 60 回で $40 \text{ ABS} \cdot \text{cm}^{-1}$ に達する。

同図において、開始電圧と面積強度はともに繰返し回数の増加に伴い上昇することがわかる。すなわち、負イオンを核としたミストが増加することによって放電を抑制し、開始電圧が上昇すると考えられる。そこで、面積強度の増加率に対する開始電圧の上昇率を求めた。ここで、面積強度および開始電圧は、次式に示すように表される。

$$\Delta V = \frac{V_N - V_0}{V_0} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta S = \frac{S_N - S_0}{S_0} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし、 V_N ：繰返し回数 N 時の部分放電開始電圧（図 8 中に付記）、 V_0 ：第一回目の部分放電開始電圧、 S_N ：繰返し回数 N 時のスペクトル面積強度、 S_0 ：第一回目のスペクトル面積強度（図 8 中に付記）

ΔS に対する ΔV を図 9 に示す。なお、同図には正極性についても付記した。同図の正極性では、面積強度の増加によらずほぼ一定値を示している。一方、負極性では面積強度の増加に対して開始電圧上昇率は増加し、ほぼ比例関係にある。

このように、イオンを核としたミストが形成されな

図 9 部分放電開始電圧上昇効果

Fig.9. Increase of partial discharge inception voltage.

い正極性では開始電圧の上昇を示さない。これに対し負イオンを核とするミストを形成する負極性では、その形成が進むにつれ、開始電圧は上昇していることがわかる。一般に放電開始の条件としては、電離のしやすさ、および電子の付着量が挙げられる。従って開始電圧の上昇は、以下のように説明できよう。負イオンを核としたミストは上記したように極めて結合力が強く、電極から放出された初期電子が衝突しても崩壊しにくい。また、初期電子はそれらに衝突することによって運動エネルギーを失い、他の単量体やミストに吸収されやすくなる。こうした過程が繰返され、負イオンを核としたミストが増加することによって、初期電子はそれらに衝突する確率が高くなり、結果として開始電圧が上昇すると考えられる。

以上から明らかになった点をまとめると、分子間力による自然発生的なミストは、放電を抑制する効果はない。しかし、空間に初期電子が放出されそれを核としたミストが形成されると、そのミストによって負極性放電が抑制されることがわかった。

4. ま と め

本論文では、水蒸気中に形成されるミストを計測と部分放電開始電圧を測定し、自然に形成されるミストと電荷を核として形成するミストの効果について検討した。その結果、次のことが明らかとなった。

(1) $130 \sim 90^\circ\text{C}$ の水蒸気中では、二量体、三量体としてのミストが形成される。

(2) 単量体、ミストである二量体、三量体の存在比はそれぞれ 60、25、15%であり、 $130 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲

*：化学分野での FT-IR によるスペクトルの定量において、厳密には活用したスペクトルの面積 ($\text{ABS} \cdot \text{cm}^{-1}$) で求めるが、ときとして最大値のみを利用する場合がある。本論文では厳密値を用いた。

では温度によらず一定である。ただし、その絶対量は温度の低下に伴い減少する。

(3) (2)の二量体、三量体ミストは、放電を抑制する効果はない。しかし、ミストが液化し負極性放電時の陰極に付着すると、その膜によって開始電圧が上昇する。

(4) 負極性部分放電下では、空間電荷、特に負イオンを核として新たにミストを形成する。

(5) 負イオンを核として形成するミストは、負極性部分放電開始電圧を上昇させる。

今後、更にミストの放電抑制機構を明らかにするためには、負極性放電において形成されるミストが正極性放電に与える影響についても検討する必要がある。

終りに、本研究を進めるにあたり貴重な助言をいただいた本学電力情報工学研究室の諸氏ならびに卒業生に感謝の意を表します。(平成4年8月25日受付)

文 献

- (1) R. T. Harrold: "Vapor-mist Dielectrics", 1981 Annual Report of the Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, p. 360
- (2) R. T. Harrold: "Physical Aspect of Vapor-mist Dielectrics", 1982 IEEE Industry Application Society Conference, San Francisco, CA p. 1172
- (3) R. T. Harrold: "Partial Discharge suppression in Vapor-mist Dielectrics", 1984 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectrics Phenomena, Clayton, DE, p. 364
- (4) 八島・藤波・宅間: 「液滴混合ガスの絶縁体向上要因の検討」, 電気学会放電研資, ED-88-13 (昭63)
- (5) 矢島・飯島・曾禰・光井: 「各種気体のペーパーミスト効果」, 同上, ED-89-60 (平成)
- (6) L. Fredin, B. Nelander & G. Ribbegard: "Infrared Spectrum of water dimmer in solid nitrogen. I. Assignment and force constant calculations", *J. Chem. Phys.*, **66**, 4065 (1977)
- (7) D. F. Coker, R. E. Miller & R. O. Watts: "The infrared predissociation spectra of water clusters", *ibid.*, **82**, 3554 (1985)
- (8) 蔵重・高岡・高砂: 「State of Dissolved Water in Triglycerides as Determined by Fourier Transform Infrared and Near Infrared Spectroscopy」, 油化学, **40**, No. 7 (平3)

永 木 保 成 (准員)

昭和43年9月18日生。平成3年3月武蔵工業大学工学部電気電子工学科卒業。同年4月同大学大学院電気工学専攻修士課程進学, 現在に至る。主として,

ペーパーミスト絶縁に関する研究に従事。

板 橋 悟 (正員)

昭和42年11月25日生。平成4年3月武蔵工業大学大学院電気工学専攻修士課程修了。同年4月同博士課程進学, 現在に至る。主として, 液体誘電体における電気電導現象に関する研究に従事。

光 井 英 雄 (正員)

昭和9年6月13日生。32年3月武蔵工業大学電気工学科卒業。38年3月東京電機大学大学院電気工学専攻修士課程修了。32年4月武蔵工業大学電気電子工学科勤務, 51年4月同教授, 現在に至る。この間, 48年イギリス・サルフォード大学に客員研究員として1年間赴任。工学博士。主として, 電気絶縁物の絶縁破壊と放電機構に関する研究に従事。47年電気学会論文賞受賞。真空協会, 電気設備学会会員。

曾 禰 元 隆 (正員)

昭和17年1月12日生。43年3月武蔵工業大学大学院電気工学専攻修士課程修了。40年4月同大学電気電子工学科勤務, 平成2年4月同教授, 現在に至る。この間, 59年アメリカ・クラークソン大学に客員研究員として1年間赴任。工学博士。主として, 有機絶縁材料の絶縁破壊機構および気中放電現象に関する研究に従事。47年電気学会論文賞受賞。電子情報通信学会会員。