種々のプラスチックチューブ内に点弧された 溶発アークの電界の強さと溶発ガス量

正 員 滝 川 浩 史 (豊橋技科大)

学生員 大 西 隆 二 (豊橋技科大)

正 員 榊 原 建 樹 (豊橋技科大)

Electric Field Strengths of the Arcs Burning through Various Plastic Tubes and their Ablation Gas Volumes

Hirofumi Takikawa, Member, Ryuji Ohnishi, Student Member, Tateki Sakakibara, Member (Toyohashi University of Technology)

Electric field strength of the arcs burning through plastic tubes (PE, PP, PMMA, POM, PA, ABS, PVC, PTFE) at atmospheric pressure are measured as a function of arc current (2~500 A) for various tube inner diameters (2, 4, and 6mm ϕ). Tube lengths are 10~30 mm. The result shows that, as the current increases, the electric field strength decreases in lower current range and increases in higher current range. In lower current range, the electric field strength depends on the material: the electric field strength of PTFE arc is the lowest, that of PVC arc is higher than that of PTFE arc and those of the other material arcs are higher than that of PVC arc. In higher current range, as the current increases, the difference becomes small.

The gas volume ablated from the tube wall by the arc is measured for various tube materials and the arc currents. The result shows that the relationship between the ablation gas volume and the electric field strength in lower current range is linear if the current is constant, whereas that in higher current range is linear regardless of the tube material or the arc current.

キーワード：プラスチックチューブ，溶発アーク，電界の強さ，チューブ損耗量，溶発ガス量

1. ま え が き

近年，電力用機器の絶縁材料として，種々のプラスチック材料が用途や条件に応じて用いられてきている。そのプラスチック材料の内部や近傍でアークが発生すると，アークの熱によってプラスチック材料が溶発し，アークはその溶発ガス雰囲気中に存在することになる。このような形態のアークは，溶発アーク (ablation arc) と呼ばれる。これまで研究の対象とされたプラスチック材料は，ポリ塩化ビニル (PVC; C_2H_3Cl)⁽¹⁾，ポリアセタール (POM; CH_2O)⁽²⁾，アクリル (PMMA; $C_5H_8O_2$)^{(3)~(5)}，テフロン (PTFE; C_2F_4)^{(5)~(8)}，ナイロン (PA; $NH(CH_2)_xNH-CO(CH_2)_y-CO$)⁽⁵⁾⁽⁹⁾，ポリエチレン (PE; C_2H_4)^{(8)(10)~(12)} などである。しかしながら，同一条件において，材料の違いによるアーク特性の変化を明らかにした報告はない。

著者らは，これまでプラスチック材料として PE を取り上げ，PE チューブ内に点弧した低電流のアークに関し，電界の強さ⁽¹⁰⁾，温度分布⁽¹¹⁾，流速⁽¹²⁾などを計測してき

た。本論文では，PE のほかに，PVC，PTFE，ポリプロピレン (PP; C_3H_6)，PMMA，ジュラコン (ポリアセタール)，PA，および ABS 樹脂 (ABS; $C_9H_{12}N_1$) を対象に，それらのチューブ内に点弧した大気圧アークプラズマの電界の強さを，直流電源およびコンデンサ電源を用いて計測している。更に，プラスチック材料の損耗量および溶発ガス量を計測し，電界の強さとの関係を明らかにしている。

なお，本論文では，各種プラスチック材料のチューブ内に点弧させたアークを，それぞれの材料の名前を冠し，例えば PE アークとか PVC アークと呼ぶことにする。実験条件は，チューブ孔径：2, 4, 6 mm ϕ ，チューブ長：10~30 mm，電流領域：2~500 A とした。

2. 低電流領域 (2~30 A) における電界の強さ

〈2・1〉 実験方法 アーク発生装置，電源回路構成，および計測系を図 1 に示す。銅製水冷陽極と陰極との間にプラスチックチューブを軸方向に配置し⁽¹⁰⁾，チューブ両

図1 プラスチック溶発アーク発生回路と計測系
Fig.1. Plastic ablation arc device and measurement system.

図2 低電流領域における電界の強さ-電流特性
Fig.2. Electric field strength-current characteristics in the range of 2~30 A.

端と陰・陽極との距離を5 mm一定に保持した。直流電源(100/500 V, 30 kVA)と電流制限用可変抵抗とからなる右側の回路を用いて、2~30 Aの低電流のアークを発生させた。ピアノ線を高速に引き抜くことによって、チューブ内にアークを点弧させた。電極間ギャップ長の長さを30 mmとした場合、ピアノ線の引抜き時間は約20 msであった。チューブ内にアークを点弧すると、溶発ガスがチューブ両端から激しく放出した。

〈2・2〉 電界の強さ-電流特性 低電流領域の電界の強さ-電流特性は、以下のようにして求めた⁽¹⁰⁾。チューブ長を10, 20, 30 mmと変えてアーク電圧-電流特性を計測する。この結果から、電流をパラメータとしたアーク電圧-アーク長特性を求め、その特性の傾きから電界の強さを求める。こうすることにより、チューブ内陽光柱の電界の強さが得られる。なお、アークの点弧期間は0.35 sとし、その間、電極間電圧を連続的に計測し、その平均値をアーク電圧とした。

PE, PVC, PTFE, PP, PMMA, POM, PA, およびABSアークに対し、チューブ孔径を2, 4, 6 mmφと変え、電界の強さ-電流特性を求めた。それらのうち、チ

ューブ孔径4 mmφの場合のものを図2に示す。同図から次のことがわかる。どのプラスチックアークの場合も、電界の強さは電流が増加するに従って減少する。電界の強さは、PE, PP, PA, ABS, POM, PMMAアークが高く、PVCアークが中程度でPTFEアークがかけはなれて低い。また、参考のため、溶発のない器壁安定化空気アークの電界の強さ⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾も図2に示した。PTFEアーク以外のプラスチック溶発アークの電界の強さ-電流特性は、空気アークのそれを上回っていることがわかる。チューブ孔径2 および6 mmφの場合も同様の傾向であった。

3. 大電流領域 (20~500 A) における電界の強さ

〈3・1〉 実験方法 図1において、いったん10 Aの低電流アークをプラスチックチューブ内に点弧し、0.2 s後、気中投入器を投入することによって、あらかじめ充電しておいたコンデンサ電源(800 μF, 充電電圧: 1.5~5 kV)から、インダクタンス(66 mH, 1.5 Ω)を介して大電流を注入した⁽¹⁴⁾。

アーク電圧および電流はデジタルストレージオシロスコープを用いて同時に記録した。チューブ材料は、低電流領域において電界の強さに顕著な差が見られたPE, PVC, およびPTFEとした。

〈3・2〉 アーク電圧・電流波形 チューブ長20 mm, 充電電圧5 kVの場合のPEアークの電圧・電流波形を図3に示す。アーク電流の波形は、半周期25 msの正弦波状である。チューブ孔径を細くすると、電流のピーク値はやや低くなり、チューブ孔径2 mmφの場合、約430 A, 6 mmφの場合、約460 Aである。一方、アーク電圧は、チューブ孔径が細いほうが高い。

〈3・3〉 電圧-電流特性 図3に示したアーク電圧および電流波形から、アーク電圧-電流特性が得られる。アーク電圧は、Ibrahim⁽³⁾がPMMAアークの場合について示しているように、電流上昇期間と電流下降期間とでは、上昇期間のほうが高く、ヒステリシスがある。チューブ孔径が細いほどヒステリシスが大きい。今回の計測範囲では、チューブ孔径2 mmφの場合、電流上昇期間のアーク電圧は、電流下降期間のそれより最大で10%高かった。

図4にチューブ孔径が4 mmφの場合で、電流上昇期間におけるアーク電圧-電流特性を示す。コンデンサ充電電圧が1.5 kVと5 kVの場合の結果を示している。20~150 Aの電流領域で、両方の結果はほぼ同じである。また、アーク電流を一定とすると、アーク電圧は、チューブ長が長くなるに従って比例的に増加していることがわかる。

以上のような傾向は、PVCおよびPTFEアークの場合に関しても同様であった。

〈3・4〉 電界の強さ-電流特性 図4の計測結果を近似曲線(実線)で表し、〈2・2〉節と同様にして電界の強さ-電流特性を求めた。他のチューブ孔径およびチューブ材料に関しても同様にして求めた。その結果を図5に示す。直流電源を用いて求めた2~30 Aの低電流領域の結果も併記

図3 コンデンサ電源を用いた場合のPEアークの電圧・電流波形

Fig. 3. Voltage and current waveforms of PE arc using capacitor bank power supply.

図4 チューブ長をパラメータとしたPEアークの電圧-電流特性

Fig. 4. Voltage-current characteristics of PE arc for various tube lengths.

した。直流電源を用いて計測した結果とコンデンサ電源を用いて計測した結果とはほぼ連続している。

同図から次のことがわかる。電界の強さは、どのチューブ孔径および材料の場合でも、電流の増加とともにいったん減少し、その後は増加に転じる。電界の強さが上昇し始めると、チューブ材料による電界の強さの差が縮まる。チューブ孔径2mmφの場合、電流が100A以上になると、3種類のアークの電界の強さは接近している。4mmφの場合、電流30A以上で、PEアークの電界の強さとPVCアークのそれとの間には明らかな差異は見られず、300A以上になると、PTFEアークの電界の強さがそれらへ近づいている。6mmφの場合も同様な傾向がうかがえる。このように、プラスチック溶発アークの電界の強さは、低電流においてはチューブ材料依存性が顕著であるが、大電流になるほどチューブ材料依存性がなくなるといえる。な

(a) チューブ孔径：2mmφ

(b) チューブ孔径：4mmφ

(c) チューブ孔径：6mmφ

●, ▲, ■：直流電源を用いた実測値，
○, △, □：コンデンサ電源を用いた実測値

図5 PE, PVC, およびPTFEアークの電界の強さ-電流特性

Fig. 5. Electric field strength-current characteristics of PE, PVC, and PTFE arcs.

お、図4(b)には、器壁安定化空気アークの電界の強さ⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾も示した。PEおよびPVCアークの電界の強さは、大電流領域でも空気アークのそれより高いことがわかる。一方、PTFEアークの電界の強さは、大電流領域になると空気アークのそれより高くなることがわかる。

また、チューブ孔径が細いほど、電界の強さが最小とな

る電流値が低くなる傾向にあることがわかる (付図1 参照)。例えば、PE アークの場合、その電流値は、チューブ孔径 2, 4, および 6 mm ϕ で、それぞれ、50, 110, および 140 A である。PVC アークの電界の強さも、PE アークの場合と同様な電流値で最小となるが、PTFE アークの場合は、より低い電流値で最小となる。

なお、大野らは、チューブ孔径 5 mm ϕ の PTFE アークに関し、200 A 以下の電流領域における電界の強さ-電流特性を計測している⁽¹⁵⁾。その特性は、今回の計測結果であるチューブ孔径 4 mm ϕ と 6 mm ϕ の曲線の間に位置する。

4. チューブ損耗量および溶発ガス量

溶発アークにおいては、チューブの内壁からプラスチック材料が溶発し、そのガスがチューブの両端から噴き出す。そこで、チューブ損耗量および溶発ガス量と電界の強さとの関係を計測した。

〈4・1〉 低電流領域 長さ 20 mm の各種プラスチックチューブ内に 10 および 20 A のアークを 0.35 s 間点弧し、アーク点弧前のチューブの質量と消弧後の質量とを電子天秤で測定し、その差をチューブ損耗量とした。

チューブ孔径 4 mm ϕ の場合のチューブ損耗量と電界の強さとの関係を図 6(a) に示す。当初、チューブ損耗量が多いほど、電界の強さが高くなると考えた。しかしながら、図 6(a) において、そのような傾向は見られない。例として、電界の強さが最も低い PTFE アークと次に電界の強さの低い PVC アークとを比較してみる。電流 10 A の場合、PTFE アークのチューブ損耗量は、8 種類のアークのうち約 15 mg と最も少ないものの、PVC アークのそれは、約 55 mg と最も多い。電流 20 A の場合も同様な傾向を示している。チューブ孔径 2 mm ϕ の場合も同様な傾向であった。なお、図 6(a) の損耗量から、チューブの損耗厚さを計算したところ、本実験条件下では 0.2 mm 以下であった。

チューブ損耗量と電界の強さとの相関が図 6(a) のように明白でない原因は、チューブ損耗量のすべてがガス化するとはかぎらないからである。実際、PVC アークや ABS アークなどでは、他のアークに比べてかなり多くのカーボン微粒子 (すす) が発生した。そこで、純粹にガス化した量、すなわち溶発ガス量を計測した。その方法を図 1 に示す。アクリル製 (板厚: 5 mm) の密閉容器 (900 $\times$ 900 $\times$ 700 mm, 軽量アルミはり付き) 内にアーク装置を閉じ込め、排気口にポリエチレン袋 (2,000 mm 2 $\times$ 150 mm $\sim$ 3,200 mm 2 $\times$ 400 mm) を取り付け付けた。アークを 0.35 s 間点弧したところ、ポリエチレン袋が膨らんだ。十分に時間を経た後、ポリエチレン袋に捕集されたガスを水中でメスシリンダに移し、体積を測定した。ポリエチレン袋に捕集された気体のほとんどは、チューブ材料からの溶発ガスではなく、発生した溶発ガス量に押し出された空気である。それゆえ、溶発ガスに水溶性成分があったとしても、捕集気

(a) チューブ損耗量

(b) 溶発ガス量

図 6 低電流領域におけるチューブ損耗量および溶発ガス量の電界の強さ依存性

Fig. 6. Ablated mass and gas volume as a function of electric field strength in lower current range.

体のうち水に吸収される量は無視できる。

チューブ長 20 mm, 孔径 4 mm ϕ の場合の溶発ガス量と電界の強さとの関係を図 6(b) に示す。同図から、電流を一定とすると、溶発ガス量は PTFE アークの場合が最も少なく、続いて PVC アーク、その他のアークの順に多くなっており、電界の強さが大きいほど、溶発ガス量が多くなる傾向にあることがわかる。また、電流が大きいほうが、溶発ガス量が多いこともわかる。横軸の電界の強さをエネルギーに変えると、溶発ガス量とエネルギーとの関係は、ほぼ直線となる傾向にある。同様な傾向がチューブ孔径 2 mm ϕ の場合にも見られた。

〈4・2〉 大電流領域 PE, PVC, および PTFE アークに関し、コンデンサ電源を用いて大電流を流した場合のチューブ損耗量および溶発ガス量を、前節同様にして計測した。コンデンサ電源から大電流を注入する前に、直流 10 A のアークを 0.2 s 間点弧させたため、その分の損耗量および溶発ガス量を全体の計測量から差し引いた。

チューブ孔径 4 mm ϕ , チューブ長 20 mm の場合のチューブ損耗量および溶発ガス量とピーク電流との関係を図 7 に示す。(a) 図から、チューブ損耗量は、PE アークの場

(a) チューブ損耗量

(b) 溶発ガス量

チューブ孔径：4 mmφ，チューブ長：20 mm

図7 大電流領域におけるチューブ損耗量および溶発ガス量のピーク電流依存性

Fig. 7. Ablated mass and gas volume as a function of peak current in higher current range.

合が最も少なく、PTFE アーク、PVC アークの順に多くなっていることがわかる。

Müller⁽⁸⁾ は、PE および PTFE アークに関し、700～3,600 A の電流領域でチューブの損耗体積を計測している。その結果、PTFE のほうが PE の損耗体積よりも大きいことを示している。これは、図 7(a) の結果と一致する。

図 7(b) から、溶発ガス量もピーク電流の増加とともに増加していることがわかる。PE アークと PVC アークとの間には顕著な違いはなく、ピーク電流の増加とともに緩やかに増加している。これらと比較すると、PTFE アークの場合、溶発ガス量はピーク電流の増加に伴い急激に増加している。すなわち、PTFE アークの溶発ガス量は、ピーク電流が小さい場合、PE や PVC アークのそれの 1/3 程度であるが、ピーク電流が 330 A 以上になると、PE や PVC アークのそれとほぼ等しくなる。

図 7(b) の溶発ガス量とピーク電流との関係と、図 5(b) の 50 A 以上の電界の強さと電流との関係とはよく似た傾向にある。そこで、両図から電流の実効値をパラメータにとって、溶発ガス量と電界の強さとの関係を求めてみた。その結果を図 8 に示す。同図から、溶発ガス量は、チ

チューブ孔径：4 mmφ，チューブ長：20 mm

図8 大電流領域における溶発ガス量と電界の強さとの関係（パラメータ：電流の実効値，チューブ材料）

Fig. 8. Relation between ablation gas volume and electric field strength in higher current range (parameter: current rms, tube material).

ューブ材料および電流によらず、電界の強さに対し直線的に増加していることがわかる。

5. 考 察

プラスチック溶発アークの電界の強さは、低電流ではチューブ材料依存性があるが、大電流になるとその依存性が小さくなることがわかった。この原因について考察しておく。

一般に、アーク放電において、電界の強さ E 、アーク電流 I 、導電半径 R_c 、導電率 σ 、アーク中心からの距離 r との間には、次式が成立する。

$$E = I / \int_0^{R_c} \sigma(r) \cdot 2\pi r dr \dots \dots \dots (1)$$

上式は、 σ が高いほど、また R_c が大きいほど E が低くなることを意味している。

図 9 に、PE 蒸気⁽¹¹⁾、PVC 蒸気⁽¹⁶⁾、PTFE 蒸気⁽¹⁶⁾、および純粋空気⁽¹⁷⁾ の導電率-温度特性を示す。低電流溶発アークでは、アーク柱への注入エネルギー（電界の強さ×電流）が小さく、中心温度がたかだか 10,000 K 程度⁽¹¹⁾ であるので、導電領域の平均的な温度はそれよりかなり低い。導電領域の平均温度が 6,000～8,000 K であるとする、その温度範囲の σ を高い順に並べると、(1) PTFE 蒸気、(2) PVC 蒸気、(3) PE 蒸気となる。従って、 R_c が一定であるとする、(1) 式から E の高い順に並べると、(1) PE アーク、(2) PVC アーク、(3) PTFE アークとなる。

また、プラスチック溶発アークでは、チューブ内壁から発生する溶発ガスがアーク中央に向かって流れる。そのため、導電領域が狭められ、 R_c が小さくなり、(1) 式に従って E が高くなる。この溶発ガス量が材料によって異なるために、材料依存性が明確となる。図 6(b) の結果はこのことを示している。

図9 PE, PVC, および PTFE 蒸気の導電率-温度特性 (1 atm)

Fig. 9. Electrical conductivity of PE, PVC, and PTFE vapors as a function of temperature (1 atm).

空気の σ は、6,000~8,000 の温度範囲ではプラスチック蒸気のそれに比べて低く、そのため導電率のみからみれば、(1)式に従って空気アークの E は最も高くなるはずである。そうならない原因は、空気アークでは、溶発ガスがないために、 R_c がプラスチック溶発アークより大きいからである。例外的に、PTFE アークの E は空気アークの E より低い。これは、PTFE アークの溶発ガス量が極めて少ないために、 R_c の減少がほとんどない一方、 σ が空気より高いからである。

大電流になると、アーク柱への注入エネルギーが増加し、導電領域の平均温度が 10,000 K 以上になる。そうすると、図9からわかるように、材料による導電率の違いがなくなる。一方、図7(b)は電流の増大に伴って溶発ガス量の材料による違いが小さくなることを示している。従って、(1)式の σ と R_c が材料によって違わなくなるため、 E の材料依存性が小さくなる。

6. まとめ

種々のプラスチック材料 (PE, PVC, PTFE, PP, PMMA, POM, PA, ABS) のチューブ内に点弧させた大気圧アーク陽光柱の電界の強さを、2~500 A の電流領域において計測した。一方、その結果を検討するために、チューブ損耗量および溶発ガス量を計測した。本論文で得られた主な結果を以下に要約する。

(1) 低電流領域 (2~30 A) における電界の強さは、チューブ材料によって異なる。大別すると、PE, PP, PA, ABS, POM, PMMA アークの電界の強さが高く、PTFE が最も低く、PVC がそれらの中間に位置する。

(2) 低電流領域において、電流を一定とするとチューブ損耗量と電界の強さとの相関は明らかでないが、溶発ガス量と電界の強さとの間には正の相関がある。

(3) PE, PVC, および PTFE アークの電界の強さ

は、2~500 A の電流領域において、電流の増大とともにいったん低下するが、その後上昇する。大電流になるほどチューブ材料依存性がなくなる。

(4) 大電流領域 (100~500 A) における PE, PVC, および PTFE アークの溶発ガス量は、ピーク電流の増大とともに増加する。その増加割合は、PE や PVC と比べ PTFE アークのほうが高い。

(5) 大電流領域におけるプラスチックアークの電界の強さと溶発ガス量との関係は、プラスチック材料や電流値が変わっても、ほぼ一つの直線に乗る。

以上のような特性を呈するプラスチック溶発アークの電界の強さを決める要因は、低電流領域においては、プラスチック蒸気の導電率-温度特性および溶発ガスのアーク導電断面積を狭める効果が、大電流領域においては主として後者が支配的であることを明らかにした。

終わりにあたり、卒業研究として本研究の一部に従事された山根義昭君、岡 章治君に謝意を表す。また、本研究の一部は、文部省科学研究費補助金の援助を受けて行われた。(平成6年1月27日受付)

文 献

- (1) N. N. Ogurtsova, I. V. Podmoshenskii & V. L. Smirnov: "Ohmic Superheating in the Dense Plasma of a Capillary Discharge", *High Temp.*, **14**, 1 (1976)
- (2) L. Niemeyer: "Evaporatoin Dominated High Current Arcs in Narrow Channels", *IEEE Trans. Power Apparatus. Syst.*, **PAS-97**, 950 (1978)
- (3) E. Z. Ibrahim: "The Ablation Dominated Polymethylmethacrylate Arc", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **13**, 2045 (1980)
- (4) P. Kovitya & J. J. Lowke: "Theoretical Predictions of Ablation-Stabilised Arcs Confined in Cylindrical Tubes", *ibid.*, **17**, 1197 (1984)
- (5) A. D. Stokes, H. Sibilski & P. Kovitya: "Ablation Arcs II: Arcs in Plastic Materials and in Boric Acid", *ibid.*, **22**, 1702 (1989)
- (6) G. R. Jones, N. Y. Shammass & A. N. Prasad: "Radiatively Induced Nozzle Ablation in High-Power Circuit Interrupters", *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **PS-14**, 413 (1986)
- (7) C. B. Ruchti & L. Niemeyer: "Ablation Controlled Arcs", *ibid.*, **PS-14**, 423 (1986)
- (8) L. Müller: "Modelling of an Ablation Controlled Arc", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **26**, 1253 (1993)
- (9) P. Kovitya: "Ablation-Stabilized Arcs in Nylon and Boric Acid Tubes", *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **PS-15**, 294 (1987)
- (10) 滝川・榊原・鬼頭:「ポリエチレンチューブ内のアーク陽光柱の電界の強さと放射パワー」, 電学論 A, **106**, 588 (昭61-12)
- (11) 滝川・榊原・宮下・作田・鬼頭:「ポリエチレンチューブを貫通するアーク陽光柱の中心付近温度分布の計測」, 同上 A, **112**, 47 (平4-1)
- (12) 滝川・大西・榊原:「ポリエチレンアークシース領域の流速計測」, 同上 A, **112**, 849 (平4-10)
- (13) 鬼頭・宮地・足立:「器壁安定化空気アーク陽光柱の電界の強さ」, 同上 A, **96**, 280 (昭51-6)
- (14) 榊原・鬼頭・宮地・池田:「放射のある安定化空気アーク陽光柱の電界の強さ」, 同上 A, **99**, 592 (昭54-12)
- (15) 大野・長縄・鬼頭:「PTFE 分解ガス混入空気アークの電界の強さ-電流特性」, 平5電気関係学会東海支部連大, No. 159, p. 80
- (16) P. Kovitya: "Thermodynamic and Transport Properties of Ablated Vapors of PTFE, Alumina, Perspex, and PVC in the Temperature Range 5000-30000K", *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **PS-12**, 38 (1984)
- (17) 作田・鬼頭・宮地:「銅蒸気が混入した高温空気の導電率, 熱伝導率およびエンタルピー」, 電学論 A, **101**, 241 (昭56-4)

付 録

図5の電界の強さ-電流特性を、チューブ孔径をパラメータとして書き変えたものを付図1に示す。また、付図2

(a) PE アーク

(b) PVC アーク

(c) PTFE アーク

付図1 チューブ孔径をパラメータとした電界の強さ-電流特性
app. Fig. 1. Electric field strength-current characteristics of PE, PVC, and PTFE arcs with tube inner diameter as a parameter.

に、チューブ孔半径 R で規格化した $RE-I/R$ 特性を示す。電界の強さ-電流特性は、チューブ孔半径でほぼ規格化できることがわかる。

付図2 チューブ孔半径で規格化した電界の強さ
app. Fig. 2. Electric field strength of PE, PVC, and PTFE arcs normalized by tube inner radius.

滝川 浩史 (正員) 1962年2月15日生。1984年3月豊橋技術科学大学電気・電子工学課程卒業。1986年3月同大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻修士課程修了。1987年1月～1989年12月カナダ・シャープブルック大学プラズマ技術リサーチセンター研究員。以後、豊橋技術科学大学電気・電子工学系助手を経て、現在、釧路工業高等専門学校電気工学科助教授。工学博士。1992年電気関係学会東海支部連合大会奨励賞受賞。応用物理学会会員。

大西 隆二 (学生員) 1969年7月27日生。1992年3月豊橋技術科学大学電気・電子工学課程卒業。1994年3月同大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻修士課程修了。同年4月三浦工業(株)入社、現在に至る。

榊原 建樹 (正員) 1967年3月名古屋大学工学部電気学科卒業。1972年3月同大学大学院工学研究科博士課程修了。以後、名古屋大学工学部助手などを経て、現在、豊橋技術科学大学電気・電子工学系教授。工学博士。応用物理学会、日本太陽エネルギー学会、IEEE 会員。