水分添加による気中コロナ暗流の異常増加

理化学研究所 御 所 康 七

1. は し が き

空気中の針対平板ギャップのコロナ電流あるいは暗流は、湿度増加により増すことが武藤・三好⁽¹⁾・角田・薩谷⁽²⁾の諸氏により発表されている。著者は同心円筒ギャップを用い、非照射のもとで種々実験条件を変えてこの水分の効果を調べた結果、次のような新事実が判明した。すなわち、ギャップの動作ガスに水分を添加すると暗流（コロナ開始電圧以下で流れる電流）は著しく増し、水分圧一定の場合、動作ガスの気圧を変えても暗流は変わらず、心線表面の電界強度そのものに依存する。高電界となる電極表面に吸着した水分が暗流増加の原因で、水分があっても電極を加熱すると暗流は激減する。水分による暗流増加は、電子の衝突電離増倍過程が関与したものではなく、高電界側電極表面に吸着した水分吸着層からの高電界による荷電粒子放出によるものと推定した⁽³⁾。以下に述べることは現象論に止まり、本質をとらえたというものではないが、水分による暗流の異常増加、荷電粒子の生成という現象は、限られた特殊条件で起こるものではなく、一般の気体破壊前駆現象に広くかかわりの深い重要な現象である。

従来の研究⁽¹⁾⁽²⁾は、気中水分の増加により暗流が増すという事実だけの報告であったが、本研究はこれをさらに拡張したもので、広い範囲に実験条件を変えて行なった結果、前記のような新しい事実が判明したわけで、これが従来の研究とは異なる点である。

2. 実験方法

水分による暗流増加は、不平等性の大きい不平等電界ギャップ、特に同心円筒ギャップで著しいので、本

実験では、主に次の二種の同心円筒ギャップを使用した。

ギャップ(a)：円筒直径=25.5mm，円筒長さ=35mmで円筒両端部は丸味を付けたもの。これは心線直径を変える場合に使用した。動作ガスは空気。

放電管(b)：ギャップ(a)と同一寸法のもを、60mmφガラス管内に封じ込んだ放電管で、動作ガスの種類やその気圧を変える場合に使った。

ギャップ(a)は7.3lの容器内に置き、空気を乾燥状態（以下Dryと呼ぶ）とするときはP₂O₅を入れ、水分を含んだ空気（Humidと呼ぶ）にするときは水を入れたシャーレを容器内に置き、水分圧をその温度の飽和蒸気圧とした。放電管(b)は排気装置に取り付けて使用した。

電流は微小電流計で測定した。Humidの場合は、心線、円筒両電極間に設けたガード電極とアース間の絶縁低下のため、微小電流計入力抵抗を高くせず、これを1MΩとした。電流波形はギャップと直列に入れた抵抗1MΩの両端の電圧をオシロスコープ（最小電圧感度1mV/cm，立上り時間50ns）で観測した。このときの入力回路時定数は約50μsである。このような大きい時定数では、変化の速いパルス波形の精密測定はできないが、著者の目的は無パルス性の大きい直流の暗流が流れることに注目し、この特性を調べることにあったので、正確な波形観測には重点をおかなかった。以上の理由から、Humidのときの最小可測電流は10⁻¹⁰Aで、いずれの供試ギャップあるいは放電管も、ガード電極により両電極間のリーク電流は完全に排除し、放電空間を通る電流だけを測定するようにした。実験は照射の効果を調べる場合を除き、すべて非照射、しゃ光、常温で行なった。

3. 実験結果

<3・1> 暗流特性に及ぼす水分の影響 ギャップ

Anomalous Increase in Prebreakdown Currents of Corona in Gases by Mixing Water Vapor. By Y. GOSHO, Member (The Institute of Physical and Chemical Research).

御所康七：正員，理化学研究所

第 1 図 水分添加による(正)コロナ暗流の異常増加

Fig. 1. Anomalous increase of prebreakdown current in positive corona by mixing water vapor.

(a) を使用し、心線(W線)を正とし、心線直径 D を $0.01 \sim 1 \text{ mm}$ の範囲に変えた場合の電流 (I) 対電圧 (V) 特性を第 1 図に示す。実験条件は空気 760 Torr, 23°C 。第 1 図の点線は空気が Dry の場合、実線は Humid の場合(水分圧=21 Torr, 相対湿度=100%)。

Dry では各 D の場合、コロナ開始電圧 V_c (第 1 図上向き矢印) 以下では暗流は観測されず、コロナ開始と同時に急増した。自然放射線による空気の電離を毎秒 10 イオン対/cc とすれば、この場合のギャップ暗流飽和値は約 10^{-17} A 程度と予想される。

次に Humid の場合は、コロナ開始電圧よりはるかに低い電圧で膨大な暗流 (10^{-17} A に比べて) が流れた(第 1 図各曲線の左下太線部分)。たとえば $D=0.2 \text{ mm}$ では、 $V=3 \text{ kV}$ で 10^{-10} A 程度の暗流が流れ、 V 増加とともに I は増し、 5.7 kV で I は急増してコロナに移行した。図の V_c' (太線部分上端 ● 印) は Humid のときのコロナ開始電圧を示す。 V_c' 以上の電圧における I - V 特性は、すべての D の場合 Dry のときとだいたい一致し、これらは通常のコロナ放電特性である。これに対し V_c' 以下の範囲(第 1 図太線部分)では、放電空間からの発光は全く認められず、電流波形は無パルス性の直流分のみであった。この領域では強度の紫外線、 β 線照射などを行っても暗流値は全然変わらなかった。 0.03 mm 以上の D では、 I の急増から V_c' は明確に測定できたが、 $D=0.01 \text{ mm}$ の場合は図のように V 増加により I は漸増し飛躍がなく、コロナ開始電圧は判然としなかった。しかし Dry の場合の V_c 付近でわずかに脈動を含む電流波形に変わったので、この電圧がこの場合のコロナ開始電圧と思われる。第 1 図太線部分の特性は再現性が良いとはいえず、日を変えて測定したときのばらつき範囲は図

第 2 図 水分添加による(負)コロナ暗流の異常増加

Fig. 2. Anomalous increase of prebreakdown current in negative corona by mixing water vapor.

示の程度である。この暗流特性の再現性については次節で述べる。

第 2 図は心線負の場合を示す。点線は Dry, 実線は Humid で、Dry の場合はすべての D に対して大きい暗流は観測されず、コロナ開始電圧 V_c で I は急増した。しかし Humid では、 $D \leq 0.1 \text{ mm}$ でやはりコロナ開始前に無パルス性の暗流(太線部分)が認められた。各曲線上の V_c' の点(●)で急に脈動を含む波形に急変し、 V 増加につれて負コロナに移行した。 I - V 特性に飛躍がなくコロナ開始電圧が判然としないが、 V_c' がこの場合のコロナ開始電圧と思われる。 $D > 0.2 \text{ mm}$ の暗流は無パルス性の直流ではなく、直流分に不規則な脈動の重なる電流で、かつ微小電流計の指示のふらつきが大であった。このためコロナ開始電圧は正確に求められなかった。

以上は同心円筒ギャップの場合であるが、針対平板ギャップについても同様の実験を行なったところ、同心円筒ギャップとだいたい同様の結果を得た。

(3.2) 暗流特性の経時変化 コロナ開始以後のコロナ放電の I - V 特性は、Dry, Humid の場合とも再現性は良かった。しかし Humid の場合の暗流特性は、(3.1)節で述べたように日によって若干相違した。新たに心線を張りかえたギャップの暗流特性(Humid)を測定する場合、はじめてから大きい暗流が流れるわけではなく、大気中で数 $10 \mu\text{A}$ のコロナ放電を数時間行なった後で異常暗流の特性が得られた。このような操作(仮に活性化と呼ぶ)を行なったものは、5 時間位の時間内では特性が安定し再現性は良かった。第 1 図、第 2 図は、すべてこういう活性化を行なった後で得られたものである。

しかし活性化後長期間大気中に放置すると、同一電

第3図 暗流特性の経時変化

Fig. 3. Variation of I - V curve with lapse of time.

圧でも水分添加時の暗流は増すことがわかった。第3図は $D=0.01$ mm (W線) の放電管(b) について得られた特性の経時変化を示す。空気, 水分圧=10 Torr, 全圧=760 Torr, 心線正。曲線 A は放電管試作直後の特性, B は活性化後, C は B を約1年大気中に放置した後の特性である。このように経時変化が認められるが, B, C いずれも5時間位の時間内では再現性は良かった。この経時変化の原因は心線表面状態変化のためと思われ, これについては後述する。第3図 B と C との間では測定しなかったで, C におちつくのにどの位の時間が必要かは不明である。

非照射であるにもかかわらず, 水分添加によってコロナ開始前にこのような膨大な暗流が流れることは, ギャップ内に多量の荷電粒子が何らかの過程で生成されていることを意味し, 破壊前駆現象にとりきわめて重大である。以下この異常暗流を観測の対象とし, いろいろの条件を変えてその特性を調べた。放電管(b) を使用し, 心線正の場合について実験した。以下の実験はすべて5時間以内で終了したので, 経時変化の影響は入っていないと考えてよい。

〈3.3〉 水分の分圧の影響 心線直径 $D=0.01$ mm の放電管を1年放置したもの(第3図の曲線 C) について, 動作ガスを乾燥空気とし, 水の分圧を変えた場合の I - V 特性を測定した。結果を第4図に示す。心線正, 各曲線の数字は水分圧を示し, いずれも全圧は760 Torr である。 $I>10^{-6}$ A の範囲はコロナの特性で, 水分圧を変えてもほとんど変わっていない。しかし, コロナ開始電圧 ($V_c'=2.2$ kV) 以下の暗流は水分圧増加で増している。すなわち, 大気圧空気中の湿度変化(水分圧変化)によって正コロナ暗流特性はどのように大きく変わるわけである。

〈3.4〉 動作ガスの気圧の影響 〈3.3〉 節の放電管を使用し, 動作ガスをまず乾燥空気とし, その気圧

第4図 水の分圧増加による暗流の増大

Fig. 4. Increase of prebreakdown current by raising partial pressure of water vapor.

第5図 電流電圧特性

Fig. 5. Current-potential characteristics.

を変えた場合(10~760 Torr)の I - V 特性を測定した。結果を第5図(a)に示す。どの気圧の場合もコロナ開始と同時に I は飛躍し, 大きい異常暗流は観測されない。次に水分圧10 Torr 一定とし, 動作ガス空気の気圧を変えた場合を第5図(b)に示す。各曲線の数値は全圧。10 Torr は水分だけの場合。水分添加の場合はすべて異常暗流が認められ, しかも 10^{-6} A 以下の領域では気圧を変えても(100~760 Torr) 暗流特性はほとんど変わっていないことは注目すべき事実である。図中の上向き矢印は, 各気圧に対するコロナ開始電圧 V_c' を示す。これと同様の実験を別の装置で5気圧まで行なったが, やはりガス圧には依存しない異常暗流が観測された。

〈3.5〉 動作ガス種類の影響 〈3.3〉 節の放電管を使用し, 水分圧=10 Torr 一定とし, 動作ガスの種類を Ar, N₂, O₂, CO₂, SF₆, CCl₂F₂ などに変えた場合の I - V 特性を測定した。全圧=760 Torr, 心線正。第6図(a), (b) はそれぞれ Ar, N₂ の場合を示す。

第 6 図 各種ガス中の電流電圧特性

Fig. 6. Current-potential characteristics in different gases.

図示のように、両者とも $I < 10^{-7}$ A の特性は気圧を変えてもほとんど変わっていない。この傾向は O_2 , CO_2 , SF_6 , CCl_2F_2 の場合も同様であった。第 6 図 (c) は水分圧 10 Torr, 全圧 760 Torr としたときの各種ガスに対する特性をまとめた図である。各ガスとも $V < 1$ kV ではすべてコロナ開始以前であり、 CO_2 , N_2 などの暗流は若干小さいが、他のガスでは大差はない。それぞれのガスを Dry としたときの特性は図示されていないが、すべてコロナ開始前の異常暗流は全く認められなかった。

〈3・6〉 心線温度の影響 前述のように大きい暗流が流れるためには水分が必要である。しかし 〈3・2〉 節で述べたように心線電極の活性化で特性が変わり、長期間の放置で変わることなどは、放電空間の水分よりはむしろ心線表面状態への依存度が大きいものと予想される。すなわち、この現象の主役となるものは心線表面上に吸着する水分ではないかと予想された。そこでこれを確認するため、通電により心線を加熱し、加熱の効果を調べた。心線温度は心線抵抗値測定により室温からの増加分より算出した。結果を第 7 図 (a) に示す。放電管 (b), 心線正, 動作ガス CO_2 , 水分圧 22 Torr, 全圧 760 Torr。図示のように Humid 中では心線温度増加により暗流は激減し、Dry の特性に近づくことがわかる (点線は 23°C, 室温, Dry の場合)。しかし、コロナの領域では心線温度を変えても特性はほとんど変わっていない。次に Dry のときの心線温度変化特性は、いずれの温度 (23~118°C) においても異常暗流は認められず、電圧増加につれてコロナ開始電圧において暗流は飛躍急増しコロナへ移行した。第 7 図 (b) は心線温度 118°C における Humid (実線) と Dry (点線) の比較を示す。118°C では両者の相違はきわめてわずかで、Humid 中でも異常暗流は流れない。これは予想されたように、心線昇温により吸着水分が

第 7 図 心線電極加熱の効果

Fig. 7. Effect of temperature of inner wire surface on prebreakdown current.

脱着し、心線表面が Dry の状態になるためと思われる。動作ガスを他のガスとした場合も同様で、心線昇温による特性変化はすべて第 7 図 (a) と類似の結果を得た。この心線昇温による暗流の激減という事実は、暗流増加の機構解明にとってきわめて重要な結果である。

〈3・7〉 心線材料の影響 常温状態で心線材料を変えた場合を実験した。ギャップ (a) を使用し、 $D = 0.04$ mm の Pt と W の二種について水分添加時の暗流特性を測定した。空気 760 Torr, 心線正。いずれも水分添加で異状暗流が観測されたが、両者の相違はわずかであった。

〈3・8〉 実験結果のまとめ これまで示した第 4 図~第 7 図の特性は、放電管 (b) を 1 年放置したものについて得られた結果である。ところで、放電管試作後に活性化を行なった時点で (第 3 図 B 曲線) 前掲第 4 図~第 7 図の諸特性を測定したところ、すべてこれまで示した結果と類似の特性を得た。

さて、以上述べた実験結果をまとめれば次のようになる。

(i) 空気中正、負コロナの暗流は水分添加により激増する。コロナ放電特性にはほとんど影響しない。

(ii) 水の分圧増加で暗流は増す。

(iii) 動作ガスの種類を変えても水分添加で異常暗流が認められる。

(iv) 水分圧一定の場合の暗流特性は、動作ガスの気圧を変えても変わらない。

(v) 水分添加時の暗流は、心線温度を増すと激減する。Dry ガスではこの温度効果はない。

(vi) 暗流特性は経時変化する。しかし、どのような前歴をもつ放電管でも、上記(i)~(v)項の傾向は常に認められる。

4. 考 察

〈4・1〉 水分と暗流増加現象との相関性 これまでの結果は、第2図を除いてすべて心線正の場合である。したがって、以下、心線正の場合について水分と暗流増加との関係について考察しよう。

(i) 暗流増加原因の主役は何か→水分 水分添加で暗流が増すわけであるから、暗流増加の原因は水分であると断定できる。

(ii) 暗流増加の必要条件は→心線への水分吸着 第7図(a)のように、Humid 中では心線の昇温で暗流は激減し Dry の場合に近づく。これは心線の昇温により心線吸着水分が脱着し ($>118^{\circ}\text{C}$)、心線表面上は Dry の状態に近くなり、したがって異常暗流が流れないと考えられる。つまり、異常暗流は気相中の水分に依存しないで、心線上の吸着水分に依存するといえる。

Dry では心線温度を変えても異常暗流は流れず、暗流特性に大差はない。これはもともと水分がないからである。Dry の場合、心線の昇温によりコロナ開始電圧はわずかに減っているのは〔第7図(a) Dry 23°C 、(b) Dry 118°C 〕、心線周囲のガス密度減少のためである。この密度減少の効果は暗流の増大とは深い関係はない。

以上のことから、暗流増加の必要条件は心線への水分吸着であるといえる。そして、水分はガス相に存在する状態で暗流増加に寄与するものではなく、心線表面上で寄与する。前述〈3・2〉節のように Humid のときの暗流特性は、心線の活性化操作および長期間の放置などによって変化した。これは心線表面状態の変化により水分吸着の仕方が変わるため⁽⁴⁾、水分吸着作用が支配的要因だと考えれば説明つく。

(iii) 暗流の担い手は何か→荷電粒子

心線に水分が吸着した状態で電圧がかかると、コロ

ナ開始電圧よりはるかに低い電圧で異常暗流が流れるわけである。このような電子の衝突電離過程がまだ主役とはなっていないガス空間を通して、直流の定常電流(異常暗流)が流れるためには、両電極を含むギャップ内のどこかで何らかの荷電粒子が生成され、その荷電粒子の流れがあると考えざるを得ない。ここでいう異常暗流とは、Dry の場合に比べて異常に大きいという意味である。Dry のときの暗流値は実測できなかったが、これは自然放射線の電離による電流である。自然電離によるイオン生成量は毎秒約 10 イオン対/cc といわれ、供試管ギャップ空間の容積(円筒電極で囲まれた空間容積 $=17.8\text{cc}$)から試算して、その飽和電流は約 10^{-17}A である。

(iv) 荷電粒子の出所はどこか→心線の水分吸着層 次にこの荷電粒子の生成場所だが、これは前記(ii)項の推論(水分が暗流増加に寄与している場所)から心線の水分吸着層であるといえる。すなわち、電圧印加によって心線表面上の水分吸着層から荷電粒子が放出されるものと考えられる。これについてはさらに後で検討する。円筒側からの荷電粒子放出は、後述のように心線表面に比べて電界が著しく低いので無視できると思われる。

(v) 考察のまとめ 以上から次の結論をうる。水分の吸着した電極(心線)表面に電界がかかると、吸着層より荷電粒子が放出する。ここでは、心線正の場合を考えているので、その荷電粒子は正の電荷をもつ。これは本実験から得られた重要な推論で、本論文の要旨である。

〈4・2〉 推論の妥当性の検討

(1) 電界による荷電粒子放出に関する文献 次に水分吸着電極から電界によっていったい荷電粒子が放出しうるものかどうかであるが、これに関して次のような論文が発表されている。

気体破壊の実験ではないが、Bragg 氏⁽⁵⁾は液体ベンゼンの破壊の実験で、金属対電解質液体の電極を使用し、高電界(10^6V/cm)では液体電極よりイオンが放出すると推定した。また Sugita 氏⁽⁶⁾は、変圧器油中にそう入した平板ギャップの導電電流を測定したところ、 10^5V/cm 程度の電界における電流は電極表面上の吸着ガスに著しく影響された。電極のガス出しをしないときは(大気中に放置した後のガス吸着状態)、陰極から負の荷電粒子、陽極からは正の荷電粒子が放出し、これらが導電電流に著しく寄与すると報告した。

このような従来の研究と著者の場合とが同一だとはいえないが、類似点はある、水分吸着電極からの荷電粒子放出という推論は、根拠のないものとは思われない。

い。

(2) 心線正の場合 心線からの荷電粒子放出という推論を前提として、再び本実験結果を再考察し、あわせて推論の妥当性を検討しよう。

前掲第5図(b)、第6図(a)、(b)などに示したように、暗流は水分圧一定なら動作ガス圧に依存しない。すなわち、心線表面上の電界強度で決まる一定量の正荷電粒子が心線から放出されると考えれば、出た量だけが暗流に寄与するわけである。正イオンだから分子との衝突による増倍作用はないので、動作ガスの圧力には依存しないと思われる。

暗流が動作ガス圧によらないことは、 E/p (E : 電界強度, p : 気圧) に依存しないこと、つまり、電子の衝突電離増倍過程が異常暗流には関与していないことを意味している。心線昇温による暗流の激減という事実も、電子の衝突電離過程を否定する結果である。

次に、荷電粒子放出の支配的因子だが、これは心線表面電界である。電界による気相への荷電粒子放出は、単位面積あたりの放出量すなわち暗流密度 J が、その表面の電界 E で決まると考えられる。そこで、心線表面上の暗流分布を一樣とみなして、第1図の各 D に対する $I-V$ 特性から $J-E$ 特性を求め (E : 静電界計算値)、これらをまとめてみると第8図(a)のようになる〔ギャップ(a), 水分圧 21 Torr, 全圧 760 Torr, 空気, 心線正〕。 D を 0.01 mm から 1 mm まで2けたの範囲に変えたこの特性は、だいたい一本の曲線で書けることがわかる。これは心線表面の単位面積あたりの暗流が表面電界で決まることを意味している。この場合は心線が正だから正イオン電流である。

図から次の値をうる。

$$E=100 \text{ kV/cm} \text{ で } J=10^{-8} \text{ A/cm}^2$$

第8図 心線表面電流密度 (J) - 心線表面電界 (E) 特性

Fig. 8. Plot of prebreakdown current density (J) on inner wire vs. field intensity (E) on inner wire.

$$E=400 \text{ kV/cm} \text{ で } J=10^{-5} \text{ A/cm}^2$$

これらの値は供試ギャップ(a)について得られた一例で、経時変化によって変わるものと思われる。

これまでは正となる心線側だけを考えたが、次に負となる円筒電極側に着目しよう。一般に、負極表面に電界がかかれば電界電子放出が予想される。特に酸化皮膜がある場合には、等価の仕事関数の低下により清浄面に比べて電子放出は顕著となる。Llewellyn Jones 氏ら⁽⁷⁾は Ni, W などの電極で 10^{-5} cm 程度の厚さの酸化皮膜があると、 100 kV/cm のマクロの電界で $10^4 \sim 10^5$ 個/s の電界電子が放出すると報告した (電極面積 $\approx 1 \text{ cm}^2$)。これを電流値にすると $10^{-13} \sim 10^{-14} \text{ A}$ となる。ところで、本実験にもどり、 $D=0.01 \text{ mm}$, 円筒直径 $= 25.5 \text{ mm}$, $V=1 \text{ kV}$ として心線表面電界 E , 円筒表面電界 E' を計算すると、

$$E=257 \text{ kV/cm}, E'=0.1 \text{ kV/cm}$$

すなわち、円筒の負極表面電界は 100 V/cm となり、このような低電界での電界電子放射は、前記 Llewellyn Jones 氏らの数値から考えて本実験暗流実測値 $J=10^{-6} \text{ A/cm}^2$ (第8図(a) $E=257 \text{ kV/cm}$) に比べたら無視できる値であろう。

結局、暗流増加の支配的要因は心線 (正) からの正イオン放出であり、ギャップ空間を走行するイオンは単一極性の正イオンであると推察される。

(3) 心線負の場合 心線が負の場合は第2図に示したように、やはり水分添加で異常暗流が認められる。したがって、暗流増加原因は水分といえる。また心線加熱の実験を行なったところ、加熱により暗流は激減し Dry の場合に近づくことがわかった。よって、この場合も心線正のときと同様に、心線吸着水分が主役と思われる。この場合は負極心線表面電界が大きいので電界電子放射⁽⁷⁾が考えられる。しかし、Dry では異常暗流がでないこと、水分添加で異常暗流が流れ、心線昇温で暗流が激減することなどの事実から、電界による負の荷電粒子放出⁽⁶⁾が寄与していると思われる。したがってギャップ空間では、負イオンからの電子離脱、離脱電子の衝突電離および電子付着などの諸過程が起こり、心線正の単純な場合よりは現象が複雑となろう。心線正の $J-E$ 特性を求めた方法で第2図負の場合の $J-E$ 特性を求めた結果を第8図(b)に示す。心線正の場合と異なり、 D 増加につれて曲線は左方へより、一本の曲線にはまとまらない。これは前記諸過程混在のためと思われる。

心線負のときの正極円筒表面電界は低いので、これからの正イオン放出〔第8図(a)〕は無視できると思われる。

5. む す び

不平等電界ギャップのコロナ開始前の暗流は、水分の添加で著しく増大する。同心円筒ギャップを使用してこの水分効果を調べた結果、次のことが判明した。

(1) 正、負コロナの暗流は、水分の添加で激増する。コロナ開始以後のコロナ特性にはほとんど影響しない。

(2) 水分添加時の暗流特性は、動作ガスの気圧を変えても変わらない。電界依存形に近い(心線正)。

(3) 水分添加のときの暗流は、同心円筒ギャップ心線温度を増すと激減し、水分を添加しないときの特性に近づく。乾燥ガスではこの温度効果はない。

(4) 暗流増加原因の主役は、心線表面上に吸着された水分である。

(5) 水分の吸着された電極に高電界がかかると、その電極面から荷電粒子が放出する。これは本実験より得られた重要な推論である。心線が正で、電界強度 400 kV/cm のとき、放射電流密度は 10^{-5} A/cm^2 である。

(6) 電子の衝突電離作用は、この異常暗流の現象には関与していない。

結論として、水分吸着電極からの荷電粒子放出という推論を得たわけだが、次はいったいどういう荷電粒

子が放出するのか、そのイオン種の検出がぜひ必要である。また荷電粒子の生成原因、放出機構、移動度測定などの課題究明も必要で、これらについては今後の研究にゆずりたい。

水分添加による多量の荷電粒子生成という現象は、ギャップ破壊遅れの特性とも密接な関連のあることが当然予想される。

著者は、準平等電界ギャップ、不平等電界ギャップ(正コロナ、負コロナ)などにパルス電圧を印加した際の放電開始遅れを測定した結果、いずれも水分添加で遅れは減少し、本推論を支持する結果を得た⁽⁶⁾。これらについては改めて別稿で述べる予定である。

(昭和49年2月5日受付)

文 献

- (1) 武藤・三好: 電工論 4, 192 (昭 27)
- (2) 角田・薩谷: 昭42電気四学会連大 116
- (3) 御所: 放電研究会資料 ED-72-11 (昭 47-9)
- (4) 木下: 応用物理 24, 6, 215 (昭 30)
- (5) J. K. Bragg, A. H. Sharbaugh & R. W. Crowe: J. Appl. Phys. 25, 382 (1954)
- (6) K. Sugita, T. Sato & Y. Toriyama: Brit. J. Appl. Phys. 11, 539 (1960)
- (7) F. Llewellyn Jones & D. J. Nicholas: *ibid.* 13, 514 (1963)
- (8) 御所: 第26回物理年会 30 aQ 2 (昭 46); 昭47電気学会全大 31; 昭46電気学会東京支大 1; 昭48電気学会全大 73; 放電研究会資料 ED-74-7 (昭 49-3)