極低温の窒素・酸素混合気体中における 針対平板ギャップの正針直流フラッシュ オーバー電圧

正 員 藤 田 博 之 (東 大)

正 員 河 野 照 哉 (東 大)

1. ま え が き

極低温において、導電材料は大幅な抵抗の減少を示し、超電導状態に移行するものもある。このように良好な導電特性を電力工学に利用しようとする場合、電気絶縁材料の極低温領域における特性をはあくすることが必要となる。このため実用的な観点から、液体・気体ヘリウム、液体窒素およびそれらを含浸した固体誘電体の絶縁耐力などが測定されてきた⁽¹⁾。しかし、各種気体の放電特性を常温から極低温に至るまで連続的に観察した例は極めて少なく、データ自体が乏しい状態である。

この点について筆者らの研究室では、数年来の研究の結果以下の事実を明らかにした。すなわち、気体密度を一定に保ったまま、その気体の温度を液体窒素温度付近まで下げた場合、

(1) 平等電界の交・直流フラッシュオーバー電圧は温度によって変化せず、低温においてもパッシェンの法則が成立する⁽²⁾(窒素中、空気中)。

(2) 一方、インパルス電圧に対する窒素の 50% フラッシュオーバー電圧は低温において上昇する⁽³⁾(平等電界)。

(3) この理由は、紫外線照射による初期電子供給が低温で減少するためであることが、暗電流の測定により確かめられた⁽³⁾。

(4) 不平等電界(針対平板ギャップ)の正極性直流電圧に対する窒素のフラッシュオーバー電圧は、低温になるほど上昇する⁽⁴⁾。

以上の観察において、極低温気体中の平等電界の特性に着目してみる。窒素と空気についての上記の結果に加え、温度の変化は不連続的ではあるが諸外国におけるヘリウムガスや水素ガスの実験結果を考え合わせると、(1)~(3)項に述べたような特性は気体の種類や混合比によらず成立するものと推定される。結局、平等電界のフラッシュオーバー電圧に関する限り、極低温においても気体密度だけを考慮すれば十分という結果が得られた。このため極低温で何らかの新現象が見いだされるのではないかという期待は裏切られた形となった。

一方、不平等電界についての(4)項の結果は、気体密度一定、かつ直流電圧印加時であるのにフラッシュオーバー電圧が上昇するという点で、上記の平等電界における特性からは、全く予想されない現象であり、実験の再現性も良好であったので、とりあえず前報に述べた⁽⁴⁾。しかし、これが気体の種類によらず成立するものか、またどのような要因で生じるのかという点については検討が全く不十分な段階であった。

これらの点を明らかにするために、その後実験を続けた結果、

(a) 微量の酸素を混入してゆくと、(4)項の低温における窒素ガスのフラッシュオーバー電圧の上昇特性はその混入量の増加につれ徐々に失われ、1% 程度の混合比になるとほぼ温度に対して変化しないように見える特性になる。

(b) 更に酸素濃度が増すと、逆に低温ほどフラッ

Breakdown of a Point-to-Plane Gap in $N_2 \cdot O_2$ Gas Mixtures at Cryogenic Temperatures under Positive Point Direct Voltages.
By *Hiroyuki Fujita*, Member & *Teruya Kouno*, Member
(Faculty of Engineering, University of Tokyo).

藤田博之: 正員, 東京大学工学部

河野照哉: 正員, 東京大学工学部

シオーバ電圧が低下する。従って、空気では窒素と全く逆の特性を示すことが観察された。

この理由を解明することは今後の研究に待つべき点も多いが、直流に小さなパルス電圧を重畳させた実験から、

(c) 窒素中ではグローコロナの安定性が低温ほど増す要因が何か存在するが、酸素・二酸化炭素などが混存している場合は、おそらく気体の光電離作用によってこの要因が打ち消されてしまう。更に空気中では低温ほどグローコロナが不安定でストリーマコロナに移行しやすくなる。このようなコロナの状態の変化が(a), (b)項のフラッシュオーバー電圧の変化の原因である。

以上、述べたような事がらが明らかになったので、以下に詳しく報告したい。

2. 実験装置

実験装置の概要を第1図に示す。クライオスタット⁽²⁾は真空中で熱絶縁された内部容器の外側に、冷却用の液体窒素を通すパイプと加熱用の電熱線が巻かれている。そして、内側容器内4箇所に取り付けた熱電対によって測定される温度が、設定値に合致するよう両者が制御される。測定する温度は酸素の液化温度から余裕をみて最低で -160°C とした。室温からそこに至るまでと、再び室温に帰るまで中間の適当な温度において2回ずつ測定を行ない、再現性を確かめた。これにより、気体組成・電極表面状態など温度以外の条件がその日の測定中に変化しなかったことを確認できる。

供試ガスは市販のボンベ入りの窒素・合成空気・酸素ガスで、いずれも高純度のものである(公称値は、

第1図 クライオスタットの模式図と実験回路

Fig. 1. Schematic pictures of the cryostat and experimental circuit.

N_2 : 99.999%, 露点 -70°C , O_2 : 99.9%, 露点 -60°C , 空気: O_2 21% + N_2 79%)。これらの混合比以外の混合気体を用いる場合、以下の手順で気体を封入した。

(1) タンク内をロータリーポンプを用いて排気する (7×10^{-2} Torr 程度)。

(2) 窒素ガスを液体窒素トラップを通して1気圧になるまで詰める (トラップは窒素のときのみ使用)。

(3) (1)項と(2)項を交互に2回繰返し最後に真空中に引く。

(4) 混合する気体のうち封入する量の少ない方 (例えば、酸素1%であれば窒素と合成空気を混合するが、そのうちの合成空気)を所定の分圧だけ入れる。

(5) 次に量の多い方 (いまの例では窒素ガス)を全体の圧力が1気圧になるまで入れる。

(6) その状態でステンレス鋼製のタンクを封じ切り、30分間ほどそのままにして十分混合させる。

このようにして封入した気体は、温度にかかわらず常に密度一定に保たれている (圧力は低温で下がる)。更に、実験開始時と終了時 (6~7時間、まれには24時間後)のフラッシュオーバー電圧の測定値が一致することを確認め、十分に気体が混合していることを確認した。

針電極は、プラチナ1mmφの線をとがらせ、先端曲率半径0.1mmにしたものを用いた。平板電極は直径80mmの黄銅製で、端部は丸め、表面は鏡面仕上げした。ギャップの長さは全実験を通じ20mmである。

3. 実験結果⁽⁵⁾

本章では、低温になるに従い針対平板ギャップの正の直流フラッシュオーバー電圧が増加あるいは減少する特性が、いかなる酸素濃度 (以下、酸素濃度とは窒素・酸素混合気中の酸素濃度を示すものとする) の気体中で観察されるかを述べる。フラッシュオーバー電圧の測定方法は前報⁽⁴⁾に詳説したのでここでは省略する。

〈3・1〉 窒素に微量酸素を加えた場合 第2図は酸素濃度0%, 0.25%, 0.5%, 1%の4種の気体中でフラッシュオーバー電圧の温度による変化を測定したものである (ただし装置の都合上、これらの酸素濃度の値は1割程度の誤差を含む可能性がある)。まず、窒素 (O_2 : 0%) 中では、前報⁽⁴⁾に述べたように低温になるほどフラッシュオーバー電圧は上昇し、 -160°C では室温の4割増になる。しかし、微量の酸素を混入してゆくと徐々に低温におけるフラッシュオーバー電圧が低くなり、酸素濃度1%になるとその上昇率は窒素中に比べ1/3に減少する。すなわち、極低温窒素中でフラッシュオー

第2図 微量酸素を混入した窒素のフラッシュオーバー電圧と温度の関係

Fig. 2. Breakdown voltage vs. temperature in N_2 with small amount of O_2 .

バ電圧を上昇させている機構が、1% 程度の酸素の混入でその働きを阻害されてしまうことがわかる。

なお、室温から -40°C までは気体によらず同一の曲線上にあるが、室温付近のフラッシュオーバー電圧は窒素中を除き日によるばらつきが大きいので、必ずしも再現性がない。一方、 -80°C 以下の極低温域では再現性の良好であることを確認した。

〈3.2〉 酸素濃度 2.5~50% の気体 ここでは酸素濃度が数%~50% 程度の空気組成に近い混合気体を扱う。このような気体中では第3図に示すように、室温で高い値をとったフラッシュオーバー電圧は、温度と共に減少し、 -160°C では室温の約7割になってしま

第3図 酸素濃度 2.5, 21, 50% の気体のフラッシュオーバー電圧と温度の関係

Fig. 3. Breakdown voltage vs. temperature at O_2 concentrations.

う。これは〈3.1〉節に述べた窒素中と全く逆の傾向である。

更にグラフを検討すると、室温から -80°C にかけてフラッシュオーバー電圧は急激に減少するが、それ以下の温度では傾きが緩やかになり、一定の値に落ち着く傾向を示す。そしてこの一定になった値は、酸素濃度 1% (第2図) の極低温でのフラッシュオーバー電圧とほぼ一致する。すなわち、酸素濃度 2.5~50% の気体中では室温付近でフラッシュオーバー電圧を高めている機構があり、それが極低温になると機能し難くなるため、酸素濃度 1% と同じ低いフラッシュオーバー電圧を示すようになったと解釈できる。そして室温でフラッシュオーバー電圧を高めている機構は、酸素濃度 1% では存在せず、同 2.5% では既に作用していることがわかる。両者の中間の濃度においてもフラッシュオーバー電圧の測定を行なったが、過渡的な状態で不安定なため再現性が良好でなく明確な境界は定められなかった。このように酸素濃度 1% の気体中では、室温においても極低温においても極端にフラッシュオーバー電圧を高める要因がないことがわかる。そしてこれより酸素濃度を減らせば極低温のフラッシュオーバー電圧が、そして逆に酸素濃度を適量増せば室温付近のそれが上昇することになる。

なお、酸素濃度 2.5~50% の中間の濃度についても実験を行なったが、いずれも低温においてフラッシュオーバー電圧が減少する特性を示した。

〈3.3〉 合成空気中のコロナ形態 窒素中のフラッシュオーバー電圧の低温における上昇とコロナの形態とは密接な関係があった⁽⁴⁾。同様に、〈3.2〉節で述べたような組成の気体中のコロナ形態を観察すると、低温でストリーマコロナが見られ、そこから低い電圧で火花に移行することがわかった。この現象を、合成空気を例にとって説明する。

第4図はコロナ電流波形よりコロナの形態を調べ、各電圧・温度について図示したものである。電流波形は第1図の回路図に示す平板とアース間に入れた抵抗により電圧波形にかえシンクロスコープで観察した。図中、ST としてハッチを入れた領域では、大きなパルス電流が見られた。このときコロナの外観を見るとほつ状に両極間を橋絡しており、以下ストリーマコロナと呼ぶことにする。これ以外の領域でのコロナは電流波形は全くの直流であり、膜状に針先全体に広がる外観を示すので、以下グローコロナと呼ぶ。図から明らかなように、室温~ 50°C 付近まではグローコロナからのフラッシュオーバーであり、その電圧は同温度の窒素に比べ非常に高い。一方、 -80°C 以下ではストリーマコロナからフラッシュオーバーし、その電圧は低

第 4 図 空気中のコロナ形態の温度による変化

Fig. 4. Corona modes in air at various temperatures.

い。そして $-50 \sim -80^\circ\text{C}$ では両者を結ぶように中間の電圧でグローコロナからフラッシュオーバーする。この現象は、室温大気中でストリーマコロナとグローコロナからのフラッシュオーバー電圧を比べると、前者の方が後者に比べずっと低い値になるという実験結果とも良く合致する⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

またストリーマコロナの開始電圧（ハッチの下辺の曲線）に着目すると、ちょうど室温付近からフラッシュオーバー電圧が減少してきた曲線の延長となっており、両者を結んだ線は温度に対してとても滑らかに変化している。後述するように、これは室温付近のフラッシュオーバーが、ストリーマの出現と同時に生じると考えるとうまく理解される。更に、各温度におけるストリーマコロナを写真に写して比較すると、同じ電圧では明らかに低温のストリーマコロナの方が、陰極付近での横方向の広がりが小さく、細く絞られているのが観察された。最後に、コロナ開始電圧は温度によらず全く一定であり、室素中では低温で1割強増加した⁽⁴⁾のと対照的である。

以上、合成空気を例にとり、室温付近における高い電圧でのフラッシュオーバーはグローコロナから生じ、低温における低い電圧でのそれはストリーマコロナから生じることを説明した。なお、この現象は〈3・2〉節で扱ったような組成の気体全部に共通して見られたものである。一方、〈3・1〉節で扱った酸素濃度1%以下の気

第 5 図 酸素濃度過多の気体のフラッシュオーバー電圧と温度の関係

Fig. 5. Breakdown voltage vs. temperature at high O_2 concentrations (a) O_2 100%, (b) O_2 80%.

体では、常に直流状のグローコロナからフラッシュオーバーが生じていた（この場合のグローコロナの外観は、針先に輝点状になる点が空気中と異なっている）。

〈3・4〉 酸素濃度過多の気体 〈3・2〉 節で酸素濃度 50% までの気体では、低温でフラッシュオーバー電圧が低下する特性を持つことを述べたが、それ以上に酸素を増したらどうなるであろうか。第5図(a)に酸素濃度 100%, 同図(b)に 80% の二つの気体について各温度のフラッシュオーバー電圧を示す。

酸素 100% の気体中では測定値に大きなばらつきがあり、特に低温域でそれが著しい。強いフラッシュオーバー電圧の最大値を結べば 24 kV でほぼ一定であるが、低温 (-80°C 以下) になるに従ってより低い電圧でもフラッシュオーバーが生じるようになる。また、酸素濃度 80% の場合は複雑なグラフだが、破線で結ばれた高い方の値は、測定の最初の数回にみられる値である。そのまま測定を続けると、徐々にフラッシュオーバー電圧は下がり低い定常値（実線で結んである）に落ち着くようになる。これは一種のコンディショニング効果と思われる。低い定常値を結んだ曲線は一応 -100°C に山を持ったグラフになるが、温度に対するはっきりした傾向がみられない。そして、低温から室温に向っ

て温度を上昇してゆく途中、 -100°C で一定温度に保って測定した値は ϕ_1 , ϕ_2 と示したように二つの値にはっきり分かれてしまう。

このように不整の大きな原因はよくわからないが、供試気体の化学的活性が強いため電極などが変化を受けた、もしくは気体自身が化学変化 (O_3 , NO_x など) したためと思われる (実験終了後タンク内の気体を排気する際、部屋にオゾンの臭いが充満した)。

以上見たように、酸素濃度過多の気体中では不整が大きいため、フラッシュオーバー電圧と温度の関係は明瞭でない。なお、コロナ形態はすべてストリーマコロナであった。

〈3・5〉 各温度における放電特性と酸素濃度の関係

前節までは酸素濃度を一定として、温度を変えた場合のフラッシュオーバー電圧の変化に着目してきた。本節では温度を一定としたとき、フラッシュオーバー電圧とコロナ形態が酸素の濃度によってどのように変わるかを

述べる。

(1) 室温 ($+12 \sim 20^\circ\text{C}$) 室温における酸素濃度とフラッシュオーバー電圧の関係は、これまで何人かの研究者によって測定されてきた⁽⁸⁾⁽⁹⁾。そして窒素中に数%の酸素を混入することによりフラッシュオーバー電圧は急上昇すること、その後一定値に落ち着き、酸素濃度過多で再び降下することが知られている。そしてこの上昇は、適量の酸素濃度に対して膜状グローコロナが安定に生じるためとされている⁽⁸⁾。

第6図(a)に今回の結果を示す。ばらつきもあるが文献(8), (9)と同じ傾向が確認された。コロナの形態を見ると、酸素濃度 80% 以上ではストリーマコロナだけが存在し、それ以下ではすべてグローコロナである。ただし、酸素濃度 50~60% のコロナ開始時に前駆ストリーマコロナが見られる。

(2) -80°C 次に、第6図(b)に -80°C における結果を示す。酸素濃度 80% 以上で少しフラッシ

第6図 温度一定でのフラッシュオーバー電圧と窒素酸素混合比の関係

Fig. 6. Breakdown voltage vs. O₂ percentage in N₂-O₂ gas mixture (a) $+20^\circ\text{C}$, (b) -80°C , (c) -160°C .

オーバー電圧が高いのを除けば、低い酸素濃度で極端にフラッシュオーバー電圧が変化することがなく、全般に低い値にとどまることがわかる。コロナの形態をみると、酸素濃度 50% でもストリーマコロナから火花に至るようになり、温度の低下と共に徐々に低い濃度までストリーマコロナ領域の広がる傾向がわかる。

(3) -160°C 第6図(c)には今回の測定の最低温である -160°C の結果を示す。ここで特徴的なのは、純粋な窒素から酸素濃度が極めて低い部分にかけて、フラッシュオーバー電圧が高いことである。そして、数%以上酸素を含む気体では一定の低いフラッシュオーバー電圧であり、酸素 100% で高い以外は変化しない。第6図(a)と(c)とを比較すると、酸素濃度が数%以下の部分の山と谷とがちょうど逆転したようになっている。

ストリーマコロナ領域は酸素濃度数%のあたりまで広がっており、低いフラッシュオーバー電圧を示す気体組成にはストリーマコロナが必ず存在する(ただし、酸素中のようにストリーマコロナが存在するからといって必ずしもフラッシュオーバー電圧が低いとは限らない)。また、前報⁽⁴⁾で窒素中の低温領域で存在したパーストパルスが、酸素濃度の低い気体中においても観察された。

以上をまとめると、まず空気組成以下の酸素濃度において、

(i) 室温では酸素濃度数%以上の気体中のフラッシュオーバー電圧が高い。

(ii) -160°C では逆に窒素から 1% 以下の酸素濃度でフラッシュオーバー電圧が高い。

(iii) -80°C では低酸素濃度で極端にフラッシュオーバー電圧が変化することはない。

また酸素濃度の全般にわたって、

(iv) ストリーマコロナは、低温になるほど低酸素濃度の気体中でも存在するようになる。

〈3・6〉 その他の混入気体の影響 窒素中の酸素以外の混入気体の効果を検討するために、水蒸気と二酸化炭素をそれぞれ混入した気体について放電特性の温度変化を調べた。

まず、水蒸気を混入した場合について述べる。容積 9l の実験容器を真空に引いてその中に水を 1 滴(約 10 mg) 蒸発させ、その後に窒素を 1 気圧になるまで入れた。この気体の水蒸気濃度は約 0.14% (分圧約 1 Torr) である。さて、この気体中でコロナ形態を調べると、室温付近では活発なストリーマコロナが観察されるが、 -20°C まで温度を下げるとグローコロナだけが存在した。前報⁽⁴⁾で窒素中の $+20\sim-40^{\circ}\text{C}$ にかけて

ストリーマコロナが見られることを報告したが、これは -40°C の水の蒸気圧が 0.1 Torr であることを考え合わせると、水蒸気の混入とその凝固によって説明できると思われる。しかし、フラッシュオーバー電圧への影響は見られなかった。

次に二酸化炭素について。使用したのは市販のボンベ入高純度二酸化炭素(99.99%, 公称値)で、濃度は 1, 5, 20% とした。1% の場合は、純粋な窒素中と同様に低温になるほどフラッシュオーバー電圧は上昇した。5% の場合は、 -100°C あたりまでのフラッシュオーバー電圧はほぼ一定(約 17 kV) であるけれども、この分圧での凝固点(約 -115°C) 以下の温度では急に上昇して純粋窒素中の値に近づく。20% の場合も、フラッシュオーバー電圧の変化は 5% の場合と似ているが、フラッシュオーバー電圧より 0.5 kV ほど低い電圧で定常的なストリーマコロナが観察された点だけが相違する。

4. 検 討

〈4・1〉 グローコロナの安定性の変化⁽¹⁰⁾ 第3章で述べたようなフラッシュオーバー電圧の低温における変化は、コロナが火花に転換することなしに存在できる電圧範囲の広さによって決まると考えられる。すなわち、コロナが安定に形成され火花に移行するのを抑止する効果が増大すれば、フラッシュオーバー電圧が高くなり逆に減少すれば低くなる。この火花への転換しにくさを、ここではコロナの安定性と呼ぶことにする。以下では、代表的な窒素中と空気中のグローコロナの安定性を調べた結果について述べる。

グローコロナの安定性を調べるには、直流電圧にパルス重畳してフラッシュオーバーを引き起こすかどうかをみればよい⁽⁹⁾。グローコロナが発生している所に、急しゅんなパルス(100V 程度)を重畳するとストリーマが誘発される。この単発のストリーマは、低い直流電圧に対しては、火花放電路に転換することができない。しかし、十分直流電圧が高く強力なストリーマが誘発されると、そのままフラッシュオーバーを生じる。このようにパルスを重畳してフラッシュオーバーする最低の直流電圧を、パルス破壊電圧と名付ける。パルス破壊電圧以上の電圧の印加されている場合、ストリーマが発生しさえすればいつでもフラッシュオーバーする可能性を秘めているが、グローコロナがストリーマ形成を妨げているためフラッシュオーバーしないと考えられる。そして更に電圧が高くなると、コロナの安定性を上回る強力なストリーマが形成可能になり、遂にフラッシュオーバーに至る。つまり、グローコロナからの直流フラッシュオーバー電圧は、別の観点からストリーマ自発電圧と

第 7 図 パルス重畳の実験の回路図

Fig. 7. Experimental circuit for the pulse superposing experiment.

呼んでも差つかえないであろう。それゆえ、パルス破壊電圧と、ストリーマ自発電圧との差が、その温度におけるグローコロナの安定性を示していることになる。なお、極低温の空気中に見られるようにストリーマコロナからフラッシュオーバーする場合、グローコロナからストリーマコロナに転換する電圧がストリーマ自発電圧であり、フラッシュオーバー電圧はパルス破壊電圧に対応する。つまり、このときは非常に不安定なグローコロナしか存在しないわけである。

第 7 図に実験回路を示す。1,000pF の結合コンデンサを通し、 $\pm 200\text{V}$ 、立上り 100ns 以下のパルスを水銀リレーを用いたパルスジェネレータより重畳した。なお、直流電圧は 10~20kV であるから、パルスの波高値はその 1~2% という小さなものである。パルスは正・負両極性を加えてみたが、どちらも同じパル

ス破壊電圧を与えた。この点、生田氏の報告⁽⁹⁾では、正極性のパルスのみ破壊を生じたとされているのとは異なっている。また、パルス電圧を半分の 100V にしても同じ値であった。

第 8 図(a)に窒素中の結果、同図(b)に合成空気中の結果を示す。どちらの図においても、パルス破壊電圧の温度による変化は、ストリーマ自発電圧に比べわずかである。つまり、潜在的にフラッシュオーバー可能な電圧というのは温度に比較的左右されないことがわかる。しかし、窒素中では極低温のグローコロナが安定になるため、 -160°C ではそれから実に 10kV も電圧を上昇しなければフラッシュオーバーしない。なお、第 8 図(a)と第 2 図の酸素濃度 0.0% のフラッシュオーバー電圧は測定日が違うため必ずしも一致しない。しかし温度に対する傾向は同一とみなしてよい。また空気では、室温付近でのグローコロナが安定でフラッシュオーバー電圧も高いが、温度が下がるにつれてその安定性は弱まり、 -80°C ではストリーマ自発電圧とパルス破壊電圧が一致してしまう。更に低温では、全路破壊を生じないほど弱いストリーマに対しても、グローコロナは抑制効果がなく、定常的なストリーマコロナが存在した後にフラッシュオーバーする。そして、このフラッシュオーバー電圧はパルス破壊電圧の延長とうまく一致する。

以上の実験により、窒素中では低温のグローコロナ

第 8 図 パルス重畳の実験の結果

Fig. 8. Results obtained by the pulse superposing experiment (a) N_2 , (b) air.

の安定性が高まるためフラッシュオーバー電圧が上昇し、逆に空気中では低温のグローコロナが弱まるためストリーマコロナを経て低いフラッシュオーバー電圧を示すことが明らかになった。

5. 結 論

種々の組成の窒素・酸素混合気体の温度を室温から極低温に至るまで変化し、その中で針対平板ギャップの針側に正の直流電圧を印加して放電特性を調べたところ、以下の諸点が判明した。なお、気体密度は一定に保ってある。

(1) 前報⁽⁴⁾にも述べたように、窒素中では低温でフラッシュオーバー電圧が上昇するが、そこに微量の酸素を加えてゆくと徐々に低温におけるフラッシュオーバー電圧が低くなり、酸素濃度が1%程度に達するとこの上昇は見られなくなる。

(2) 更に酸素を2.5%に増すと室温付近のフラッシュオーバー電圧が高くなり、窒素中と逆に低温になるほどこれが減少する(室温の約7割)特性を示す。そして、このような特性は酸素濃度2.5~50%の気体すべてに観察された。

(3) これらの気体中のフラッシュオーバー電圧の増減は、グローコロナの安定性が温度によって変化するた

めに生じたものである。このことを、直流に小さなパルスを重畳する実験により確かめた。

終りに、実験にあたって種々の御助力をいただいた千葉政邦氏はじめ河野研究室の諸氏、また共同実験者として協力してくれた中村 浩氏に深く感謝する次第である。

(昭和52年7月25日受付、同52年10月27日再受付)

文 献

- (1) 岩田・川井：「極低温電気絶縁の諸性能」電学誌 97, 13 (昭52-1)
- (2) 野口・河野・鳳：「低温領域における空気と窒素のフラッシュオーバー特性」電学論A, 92, 129 (昭47-3)
- (3) 河野・殖栗：「低温における窒素ガスのインパルスフラッシュオーバー特性と暗電流」同上A, 94, 469 (昭49-11)
- (4) 藤田・河野：「低温窒素ガス中における正針対平板ギャップの直流放電特性」同上A, 97 (昭52-7)
- (5) 藤田・中村・河野：「極低温気体中の不平等電界放電(I)」昭52電気学会全大 128
- (6) 本多：「刃形電極の交流火花特性」理研集報 7, 543 (昭3)
- (7) W. Hermstin: "Die Stromfaden-Entladung und Übergang in das Glimmen", Arch. Elektrotechnik 45, 209 (1960)
- (8) L. B. Loeb: Electrical Coronas p. 213, Univ. of Calif. Press Berkeley (1965)
- (9) 生田：「混合気中におけるコロナ生成過程と火花破壊に関する研究」学位論文
- (10) 中村・藤田・河野：「極低温気体中の不平等電界放電(II)」昭52電気学会全大 82