電気集じん器内のイオン風—シュリーレン法による実験的考察—

山口大学 足立 宜良

1. ま え が き

コロナ放電電界において、発生した多量のイオンが電界の作用力で移動する際に中性ガス分子に運動量を分つことによって中性ガス分子も移動する。これらの移動は一種の風であって、イオン風(あるいは電気風、コロナ風)と呼ばれる。風向は放電電極の極性に関係なく放電電極から対極に向う⁽¹⁾ことが知られている。

電気集じん器(以下、EP と略記する)内に発生するイオン風の挙動については古くから関心が持たれ、Deutsch 氏⁽²⁾は針対平板電極において針端の直下を中心とするリング状のダストフィギュアがイオン風によって作られることを実験的に示し、また諫早氏⁽³⁾は心線対平板電極における電極面上のイオン風速分布(傾斜マノメータにて測定)とコロナ電流密度分布の関係を明らかにしている。そのほかにイオン風によって実用 EP 内の帯電粒子が複雑な運動をするのであろうことは推測⁽⁴⁾されている。しかし、現在まで実用 EP のコロナ放電が行なわれる平均電界強度(4~6kV/cm)⁽⁵⁾において、両電極間の空間におけるイオン風の挙動について観察した報告は見あたらない。また、イオン風によるダストの集じん過程ならびに集じん効率に与える影響についてはじゅうぶん明らかにされていない。

筆者は多針電極対金網電極において、平均電界強度 5.7kV/cm ではイオン風速が 2.2m/s⁽⁶⁾程度であることと、一般に実用 EP の処理ガス速度が 2.0m/s 以下⁽⁷⁾であることから、EP 内におけるダストの捕集効果にイオン風が与える影響は非常に大きいと考える。ここで、模擬 EP を試作して、ダストおよびガス流の

ない大気中において両電極間に生じるイオン風の挙動をシュリーレン法によって観察した。さらに、サーミスタ風速計を用いて電界外におけるイオン風速を測定した。本論文はこれらのイオン風の挙動についての実験的考察の報告である。

実験は大気中で行ない、そのふんい気の状態は、温度 20~29°C、湿度 60~80%、気圧 999~1,020mb であった。

2. 実験装置の概要

第1図に実験回路、第2図に電極構造の概要を示す。第1図において SV は静電電圧計(20kV)、 A_1 は検流計(感度 $1.1 \times 10^{-7}A$)、 A_2 は直流電流計(10A)、点線内はコロナ放電電極装置で、放電線と平板電極から構成され、EP の電極装置を模擬したものである。 B 、 R 、 A_2 を含む閉回路はシュリーレン法でのイオン風の観察を容易にするための放電電極加熱用の付加回路であって大地と絶縁されている。

第1図の点線内の模擬 EP は第2図の電極 $a-b$ 、 $a-c$ ならびに $d-b$ の組合せで構成し、これらについて実験を行なった。第2図の電極寸法はシュリーレン装置の凹面鏡の直径(325mm)によって制限され、(a)

第1図 実験回路の概要

Fig. 1. Schematic diagram of experimental circuit.

Ionic Wind in the Electrostatic Precipitator — Experimental Treatment by the Schlieren Method. By T. ADACHI, Member (Faculty of Engineering, University of Yamaguchi).
足立宜良: 正員, 山口大学工学部電気工学科助教授, 電気機器工学担当

第2図 電極構造 (単位: mm, 材質: Fe)

Fig. 2. Detail of electrode.

ならびに(d)図, は端効果対策を施された集じん電極である。(b)図は加熱と冷却効果による線の伸縮ならびに線の振動防止をかねて一端をスプリング(張力4 kg重)で支持された線電極を示す。(c)図は石綿で絶縁して加熱線を施した針電極である。

シュリーレン法としては平行光線中での現象を観察できる2面对向法を用い, 装置概略を第3図に示す。図中の平行光線領域にあたる試料配置場所 S には第1図に点線で示した模擬EPにおいて, P 点においてイオン風の挙動観察および写真撮影を行なった。撮影, 現像条件は使用フィルムの感度 ASA 200, 露出時間 1/500, 絞り開放($F=5.6$)で暗室にて撮影し, 2倍に増感現像を行なった。

シュリーレン法は光の屈折を利用して空気密度のわ

第3図 シュリーレン装置の概要

Fig. 3. Schematic diagram of schlieren apparatus.

ずかの違いを見出す方法なので, 大気圧のもとで第3図の S の場所でコロナ放電を生じさせても, それに伴う気流の乱れ(イオン風)を観察することは困難である。そこで放電電極自体を電流で加熱し, その周囲の空気を温め大気に対して空気密度差を与えることでこの目的を達する。この方法ではイオン風の挙動の全貌をとらえることはできないが, 概略の傾向を観察することができる。模擬EP全体は, 上下開放で平行光線が通過するところにガラス窓を設けたボックスに入れて, 外部の空気の流動によってイオン風が乱されないようにくふうされている。

第2図(b)の放電線径(0.52mm)ならびに加熱電流($I_h=5A$)は放電線の断線, 振動, コロナ電流, 電源電圧, イオン風の挙動の観察しやすさを考慮して定められたもので, 放電線有効長におけるヒータによる発熱量は33Wである。また, 第2図の(c), (d)電極の場合も同様にして定数は定められたものである。

一例として第2図の(a)-(c)電極の組合せにおける放電特性を第4図に示す。両電極間距離 $D=20mm$ としたのは印加電圧と実用EPにおける平均電界強度⁽⁵⁾を考慮して定めた。放電線を加熱した場合, コロナ電流が著しく増加しコロナ開始電圧(計算⁽⁸⁾による $I_h=0A$ の場合の本実験条件でコロナ開始実効電圧は7.93kV)が著しく低下することはすでに報告⁽⁹⁾されており, 装置は異なるが, 本実験でも同じ傾向を示している。また, 放電線加熱電流 $I_h=5A$ において, 印加電圧 $E=0kV$ では放電線は赤熱(光高温計で740°C)されているが, 印加電圧を上昇すると発生したイオン風の風速が増加し, これによる冷却作用でだんだんと暗赤色になり, 放電特性も $I_h=0A$ の特性に近づく傾向を示す。

第4図 線対平板電極の放電特性

Fig. 4. Discharge characteristics of wire vs. plate electrode.

第 5 図 線対平板電極における負性イオン風のシュリーレン写真

Fig. 5. Schlieren photographs of negative ionic wind for wire vs. plate electrode.

3. シュリーレン法によるイオン風の現象観察と考察

〈3・1〉 放電線対平板電極の場合のイオン風 放電電極の極性にはほとんど関係なくイオン風は放電電極から対極に向かって吹くわけであるが、正性コロナ放電または負性コロナ放電に伴って発生するイオン風を区別して、正性イオン風または負性イオン風と呼ぶことにする。

第 5 図は両電極間距離 $D=20\text{mm}$ 、加熱電流 $I_h=5\text{A}$ における負性イオン風のシュリーレン写真である。(a)図は印加電圧 $E=0\text{kV}$ の場合で、放電線の周囲の空気は加熱電流で温められて鞘状になるわけである。同図においては層状になって見える。(b)図はコロナ電流が流れ始めた部分コロナ領域で、若干イオン風が発生して気流の乱れが観察される。

(c)図(4kV/cm , 0.16mA/m)は EP の実用的電界強度ならびにコロナ電流密度に相当する全面コロナ放電の領域で、イオン風はコロナ輝点から直線的に伸展しておりその中間域に小さなうず流が複雑に発生している。放電線上から一様にコロナ放電が行なわれず、多数のコロナ輝点 (図中に直線状のイオン風が発生している点) が散在するのは、 γ 作用 (電子放出) の大きい箇所から放電が制御集中⁽¹⁰⁾ するからである。したがって、イオン風がうず状に発生するのは、コロナ輝点に沿って発生する個々のイオン風相互の干渉結果によるものと考えられる。また、コロナ輝点の

発生と消滅がくり返されるので、うず流現象は時々々と変化するのが観察される。

(d)図はコロナ輝点が密になった比較的安定した放電状態で、イオン風速が大になるから冷却効果が増大して放電線はほとんど赤味がない。したがって、実際に発生している気流の乱れよりも微弱にしか観察できないが、非常に小さなうず流が多数発生していると推測される。

放電線と集じん電極の上下関係位置を逆にした場合ならびにそれぞれを垂直にした場合でも、コロナ電流が $30\mu\text{A}$ (第 4 図参照) 以上になると同様の現象が観察される。また、二つの平行板電極の中央に放電線を置いた場合においては、前述の現象とほとんど同じであった。さらに、これらの実験で正コロナ電流と負コロナ電流が等しい場合 ($30\mu\text{A}$ 以上) にはほとんど現象に差がみられない。

時間とともに変化するイオン風の挙動は、挙動の瞬間を示すシュリーレン写真だけでは不明なので、モデ

第 6 図 線対平板電極におけるイオンの挙動
Fig. 6. Aspect of ionic wind for wire vs. plate electrode.

ル図を作成すると第6図のようである。この図は第5図の(b),(c)の場合ならびに同一条件下の側面からのイオン風の挙動を観察して、コロナ放電がじゅうぶんに行なわれている場合について作成したもので、側面図については第11図も参考とした。図中のコロナ輝点の発生と消滅に基づく、時々刻々と変化する小さなうず流現象は側面図から判断して、放電線直下のみに発生するようである。

〈3・2〉 針電極対平板電極の場合のイオン風 針電極3本を用いてイオン風の干渉の様子について観察を試みる。電界は第2図の電極(a)-(c)の組合せで構成し、加熱電流 $I_h=5A$ で針電極1本の発熱量は66Wである。 $E=0kV$, $I_h=5A$ における加熱線の表面温度は約740°Cである。 $E=20kV$ では、構造の関係から前節の場合のようにイオン風の冷却作用が顕著でないため約700°Cである。

第7図に針電極3本の場合の負性イオン風のシュリーレン写真を示す。(a)図は初期コロナの段階でイオン風が発生しているが風圧が小でうず流現象は生じていない。(b)図はコロナ放電が盛んになり負性イオン風の挙動が顕著になった状態で、両側のイオン風はい

第7図 3本の針対平板電極における負性イオン風のシュリーレン写真

Fig. 7. Schlieren photographs of negative ionic wind for three needles vs. plate electrode.

第8図 3本の針対平板電極におけるイオン風の挙動

Fig. 8. Aspect of ionic wind for three needles vs. plate electrode.

ずれも外側に向う圧力を受けている。(c)図は(b)図の状態を側面から観察したものであるが、イオン風の干渉がないので針電極1本について行なったシュリーレン写真とほとんど同じ状態である。これらのことから大きなうず流現象は前節と同様に3本の針電極を含む同一平面内にコロナ輝点間の空間において生じている。

第7図(b)に基づいてモデル図を作成すると第8図のようになる。この図に示すようにコロナ輝点(針電極先端)から発生したイオン風の主流は平板電極に衝突して、隣にコロナ輝点がない場合には平板電極面に沿って流れ去るが、隣接してコロナ輝点がある場合には、お互いのイオン風が電極面上で衝突して盛り上がり、上昇気流になって大きなうず流現象を生じる。

〈3・1〉節ならびに〈3・2〉節から次の点が推測される。

(1) コロナ輝点が放電線に多数発生する電界ではイオン風の相互干渉によって小さなうず流現象が放電線直下の平板電極近傍に多く発生する。このことは3本並列針電極を用いた実験において一そう顕著に観察される。

(2) 3本の並列針電極の実験結果からさらに、2本以上の放電線が並列に設けられている装置においては、各放電線間の空間にも大きなうず流現象が生じると考えられる。

(3) コロナ輝点の不定常によって、前述の小さなうず流現象はその発生場所と現象が時々刻々と変化する。しかし、両電極間に発生する大きなうず流現象は発生する場所は変わらないが、状態がごくわずかに変化する。

〈3・3〉 円筒形集じん器のイオン風 第2図の電極(b)-(d)を組合せた円筒形EPにおいては、 E - I_c 放電特性が印加電圧の上昇に伴ない加熱電流 $I_h=5A$ の特性が $I_h=0A$ 特性にわずかに近づく傾向しか示さない。このことは円筒内部でのイオン風による放電線冷却効果がそれほど顕著でないことを示している。

(a) $E=6.5\text{ kV}$, $I_c=2.2\text{ }\mu\text{A}$ (b) $E=15.0\text{ kV}$, $I_c=66.0\text{ }\mu\text{A}$

第 9 図 円筒形電気集じん器における負性イオン風のシュリーレン写真

Fig. 9. Schlieren photographs of negative ionic wind in cylindrical type electrostatic precipitator.

第9図に模擬円筒形 EP における負性イオン風のシュリーレン写真を示す。(a)図は初期コロナの段階で、自然対流の気流が乱れていることが分る。(b)図はコロナが活発になった段階でイオン風が放電線から円筒電極に向かって放射状に吹いていることがうかがわれる。内筒内部では放電線の全長にわたって生じているイオン風が重なり合って観察されている。放電線から放射状に吹いたイオン風は、コロナ輝点の不定常性から放電極近傍で小さな複雑なうず流現象を発生していると察知される。また、放電線の振動によるコロナ輝点の大きな変化によっても、イオン風は円筒電極表面上に到達し、あるいはその過程において、互いに衝突して相互に干渉を起こして複雑な小さなうず流現象(前節の二つの針電極間のうず流現象に比較して)を生ずるであろうと考えられる。

4. イオン風速分布

シュリーレン法による定性的観察結果で、さらに定量的に考察するため線電極には第2図(a)を用い平板電極には(b)図と外形寸法が同じ金網電極を用い、金網電極裏において風速測定を行なった。この電極構成において平板形 EP とはイオン風の挙動が異なるがイ

オン風速測定のごとく、実用される金網電極についても、一応考察する必要からこの電極構成を採用した。

サーミスタ風速計の検出素子(直径 1.5mm)は線電極正面位置を $X=0\text{ mm}$ として線電極と直角方向に移動させる。また、風速測定は線電極に対し金網電極の裏側面から距離 2~7mm の範囲では測定にほとんど差がないので 5mm において行なった。金網は目開き $1.00 \times 1.06 \sim 2.93 \times 3.07\text{ mm}$ 、線径 0.74~1.14mm を使用したが、この範囲では $E-I_c$ 特性は第4図とはほとんど差がない。

第10図に示す負性イオン風のシュリーレン写真において、うず流現象がかすかにうかがわれるが、目開きがあらくなるほどこの現象は減少した。第10図と同一条件で印加電圧 E パラメータの負性イオン風速分布を第11図に示す。(a)図より(d)図の特性のほうが広がりが大きいのは、 $I_a=5\text{ A}$ のとき気体温度が高いので、粘性作用が大きい⁽¹¹⁾ことに原因すると考えられる。また、正性イオン風速分布は負性イオン風速分布に比較して、大きな相異は認められなかった。第10図(第6図参照)は第11図のイオン風速分布の全貌を示すわけではなく、放電線を含む金網電極に対して直角な面(すこし厚みがある)におけるイオン風の挙動を示していることになる。

第11図の負性イオン風速分布と第4図の放電特性から計算して、イオン風として移動する分子はほとんど中性ガス分子でイオンはごくわずか(付録I参照)である。また、コロナ放電の電気エネルギーのうちわ

(a) $E=8.0\text{ kV}$, $I_c=34.5\text{ }\mu\text{A}$ (b) $E=12.0\text{ kV}$, $I_c=180\text{ }\mu\text{A}$

第 10 図 線対金網電極における負性イオン風のシュリーレン写真

Fig. 10. Schlieren photographs of negative ionic wind for wire vs. net electrode.

第 11 図 線対網電極における負性イオン風速の分布

Fig. 11. Distribution of negative ionic wind velocity for wire vs. net electrode.

ずか 10^{-2} オードのパーセント (付録Ⅱ参照) が風の運動エネルギーになったにすぎない。すなわち、このコロナ放電装置を送風装置として考えると非常に効率の悪い装置ということになる。

第 11 図(a)のそれぞれの特性曲線は二つのガウス分布関数の和として、(b)図の場合は一つのガウス分布関数として表わした場合、実験値とかなりよい一致 (付録Ⅲ参照) が得られた。さらに、これら三つのガウス分布関数の分散 σ^2 を縦軸に印加電圧を横軸にしてグラフで表わすと、それぞれがほとんど 3 本の直線上にプロットされる。また、正性イオン風速分布においても、これらのことに関して同様の傾向がいえる。

5. EP 内のイオン風が集じん効果に与える影響について

以上の実験に基づいて、EP 内に発生するイオン風が集じん効果に与える影響を、有効な面と逆効果的な面について考察する。

I. 有効な面

- (1) ダストを集じん電極に駆動する集じん速度増加作用

- (2) 集じん速度増加と気流じょう乱による粒子の物理的凝集促進作用

II. 逆効果的な面

- (1) 再飛散現象と類似な現象の発生作用
- (2) 放電線肥大現象を誘発する作用
- (3) 放電線振動を誘発する作用

I (1) の考察 第 1 章に述べた条件のイオン風速は 2.2 m/s で、本実験装置規模においても同一電界強度で 0.92 m/s (第 11 図(b)より) となる。これらは電極直下の最大風速であり、かつ平板電極でなくて金網電極であることから、EP の一般粒子に与える速度はもっと減少すると考えられる。しかし、上記と同一電界強度 (5.7 kV/cm) で粒子径 2μ の飽和帯電粒子がクーロン作用力によって集じん極に引きつけられる速度は 0.32 m/s⁽¹²⁾ である。したがって、帯電粒子の集じん方向速度に同方向のイオン風による粒子駆動作用が大きく影響すると考えられる。

I (2) の考察 この作用については諫早氏⁽³⁾がすでに考察している。ここで物理的凝集促進作用はイオン風による駆動効果が粒子径によって異なることと気流かく乱によって、空間における粒子相互の衝突によるものと、電極表面上におけるサイクロンの作用によるものの二つに分けられる。これらは電氣的凝集作用による集じん効果と同じ効果をもたらすと考える。

II (1) の考察 EP の処理ガス速度は再飛散現象の発生限界から一般的に 2 m/s 以下⁽⁷⁾ が採用されていることと前述のイオン風速から考慮して、処理ガス風速とイオン風速の合成されたところには再飛散現象が生じやすいと考えられる。さらに再飛散した粒子はうず流作用によって、放電極方向へもおしやられるであろうこともじゅうぶん考えられる。

II (2) の考察 <3.2> 節で 2 種類のうず流現象が発生すると述べたが、これらのうず流作用によって放電電極の方向へ駆動される粒子が少なくないと考えられる。したがって、放電電極近傍の誘電作用力⁽⁶⁾ が大きく働く領域に粒子が飛び込んでくることになるので放電線肥大現象を促進する原因を成す。

II (3) の考察 カルマンうずによる放電線振動励発が知られており、前述の小さなうず流現象とコロナ輝点から発生するイオン風によって、放電線の共振振動が放電線の状態によっては誘発されうる。

6. む す び

以上の実験ならびに考察の結果を要約すると、次のようである。

- (1) 正性コロナ放電ならびに負性コロナ放電に伴

なって発生するイオン風を区別して、正性イオン風ならびに負性イオン風と呼ぶことにする。(筆者提案)

(2) 本実験における種々電極構成において、コロナ放電が安定した同一電流値のもとでは正性イオン風ならびに負性イオン風の挙動は、シュリーレン法による観察のかぎりではほとんど同一の現象である。

(3) 平板形 EP で放電線が2本以上ある場合、放電線直下の空間にコロナ輝点のばらつきによる小さな多数のうず流が発生し、二つの放電線間に二つのイオン風衝突による大きなうず流(3本並列針電極実験より推測)が発生すると考えられる。前者は発生場所と現象が時々刻々と変化するが、後者はほとんど変化しない。

(4) 円筒形 EP でもうず流現象と思われる挙動が観察された。小さな複雑なうず流現象が放電線から円筒電極に至る空間に発生していると考えられる。

(5) 平板形 EP の負性イオン風速分布から計算すると、風として移動する分子はほとんど中性分子でイオンはごくわずかである。また、コロナ放電による電気エネルギーに対して風の運動エネルギーは 10^{-2} オーダのパーセントであって効率としては非常に小さな値である。

(6) EP 内のイオン風の存在は粒子の集じん過程において、有効な面として粒子速度増加作用ならびに物理的凝集作用、また逆効果的な面として放電線振動、再飛散現象ならびに放電線肥大現象を促進するものと考えられる。

本報告をまとめるにあたり終始懇切なご指導をいただいた西日本工業大学 橋本清隆教授ならびにシュリーレン装置使用について便宜をはかっていただいた日立製作所 諫早典夫博士のご厚意に深く謝意を表する。また、実験その他でご援助いただいた西日本工業大学 川崎元之講師、本学 陶山俊道助手、池田 隆技官に感謝する。

(昭和47年8月30日受付、同47年12月4日再受付)

文 献

- (1) 本多: 気体放電現象 96 (昭 46)
- (2) W. Deutsch: Ann. Phys. 476, 729 (1925)
- (3) 諫早: 学位論文(東京大学) (昭 36-12)
- (4) 大気汚染研究全国協議会: 除塵装置ハンドブック 152 (昭 36-12)
- (5) J. White: Electrostatic Precipitation 235 (1963)
- (6) 足立: 電学誌 90, 710 (昭 45-4)
- (7) 橋本・谷口: 電気集じん装置の理論と実際 65 (昭 40)
- (8) 電気学会: 放電現象 65 (昭 41)
- (9) 牧野・木脇・中曽根: 電気試験所業報 16, 938 (昭 27)
- (10) 本多: 気体放電現象 83 (昭 46)
- (11) 橋本・足立: 静電気とその産業技術 317 (昭 44)
- (12) 橋本・谷口: 電気集じん装置の理論と実際 51 (昭 40)
- (13) 福田: 応用統計入門 76 (昭 46)

付 録

I. 風に含まれるイオンと中性分子の比 イオン風として移動するガス中に含まれるイオンの個数 n は e を電子の電荷(C), Q を風量 (cm^3/s), I_c をそのときのコロナ電流(A)とすると、次式で表わされる。

$$n = \frac{I_c}{eQ} \quad (\text{個}/\text{cm}^3) \quad \dots\dots\dots (\text{付 } 1)$$

ここで、風量 Q は第 11 図(a)における $E=14\text{kV}$ ($I_c=74\mu\text{A}$) のイオン風速分布曲線の面積 S (区分求積法で求めると $124.8\text{cm}^3/\text{s}$) と放電線有効長 l (21cm) の積で表わされる。

$$Q = Sl = 2.62 \times 10^3 \quad (\text{cm}^3/\text{s}) \quad \dots\dots\dots (\text{付 } 2)$$

I_c と e の値ならびに(付2)式を(付1)式に代入すると

$$\begin{aligned} n &= \frac{I_c}{eQ} = \frac{74 \times 10^{-6}}{1.602 \times 10^{-19} \times 2.62 \times 10^3} \\ &= 1.76 \times 10^{11} \quad (\text{個}/\text{cm}^3) \end{aligned}$$

となる。

標準状態における気体分子密度 2.67×10^{19} (個/ cm^3) に比較すると8けたも異なる。したがって、電界内におけるイオンの移動によって誘起されたイオン風はほとんど中性ガス分子の移動によるものである。

II. イオン風の運動エネルギーと電気エネルギーの比 付録 I と同一条件の風速分布曲線を $\Delta X=2\text{mm}$ として区分し、ある区分域におけるイオン風の運動エネルギー w_{ij} を求めて、その総和を求めると全体のイオン風の運動エネルギー W_i になる。

$$\begin{aligned} W_i &= \sum_j w_{ij} = \frac{1}{2} \sum_j \rho V_j v_{ij}^2 \\ &= 0.47 \times 10^{-3} \quad (\text{W}) \quad \dots\dots\dots (\text{付 } 3) \end{aligned}$$

ただし、 ρ : 空気の密度 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$, V_j : ある区分域の風量, V_{ij} : ある区分域の平均イオン風速である。一方電気エネルギー W_e は条件より

$$\begin{aligned} W_e &= E I_c = 14 \times 10^3 \times 76 \times 10^{-6} \\ &= 1.04 \quad (\text{W}) \quad \dots\dots\dots (\text{付 } 4) \end{aligned}$$

(付3)式と(付4)式の比を求めると

$$\frac{W_i}{W_e} \times 100 = \frac{0.47 \times 10^{-3}}{1.04} \times 100 = 0.045 \quad (\%)$$

となる。したがって、コロナ放電による電気エネルギーのほとんどは、熱、音、光などによって発散し、 10^{-2} オーダのパーセントのエネルギーがイオン風のエネルギーになったにすぎない。

III. イオン風速分布の関数表示 第 11 図のイオン風速分布をガウス分布関数⁽¹³⁾ で表わすことにする。(a)図の印加電圧 $E=18\text{kV}$ における分布曲線は

次のように二つのガウス分布関数の和として表わされる。

$$f(X) = f_1(X) + f_2(X) \\ = 1.22 \exp \left\{ -\frac{X^2}{434} \right\} + 0.88 \exp \left\{ -\frac{X^2}{54.3} \right\}$$

(b)図の同一条件の分布関数は、次のように一つのガウス分布関数で表わされる。

$$f_3(X) = 2.47 \exp \left\{ -\frac{X^2}{393} \right\}$$

印加電圧 E を変化させた場合、(a)図は二つの式

の和で、また、(b)図は一つの式で近似的（誤差は数%以下）に表わされる。このことは前者は俊鋭な山形を示し、後者は加熱電流による気流粘性増加のためやや鈍った山形を示す。

上記三つの関数 $f_1(X)$, $f_2(X)$, $f_3(X)$ における母標準偏差を $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ とすると、 σ_1^2 と印加電圧 E の間にはこれら三つのこう配は異なるが、概略直線的関係が得られた。このことは E が定まれば近似的に風速分布が簡単に求められることを示している。