

論 文

差動型イオン風速計の基礎研究

浅野和俊*, 衣川利光*

(1985年5月24日受理)

On the Study of a Differential Type Ion-flow Anemometer

K. ASANO* and T. KINUKAWA*

(Received May 24, 1985)

Although there are many different kinds of wind velocity measuring methods, each method has its own advantages and disadvantages. Thus, depending on the circumstance under which a wind velocity is measured, a suitable anemometer must be chosen. An ion-flow anemometer is one of such variety and newly developed method, which has several advantages, such as fast response, measurable at high temperature atmosphere. In order to study fundamental characteristics of an ion-flow anemometer, the differential current type was constructed and examined. The main part of a sensor consists of a fine discharging wire and two collecting electrodes which situated on opposite sides each other. The difference of collecting electrode current is converted to output voltage by an electronic circuitry. The results revealed that there is the lack of knowledge of a wire-rod discharging system. The relation between wind velocity and output signal can become linear if the electrode configuration is suitably chosen. Quick response on the sudden change of air flow is obtained. However, it is found that the output signal drift with time is serious problem. Thus, a compensating method for drift must be included in the system for actual operation.

1. はじめに

風速測定に古くから用いられているおもな方法を列記すると、(1)風のモーティンエネルギーを風車等で、回転エネルギーに変換し、その回転数から風速を求める方法が現在でも広く使用されている。その特徴は、原理、構造が単純であるために堅牢で長期間の使用に耐えることで、プロペラ型、ロビンソン型が代表的なものである。(2)ベルヌーイの定理から、風の運動エネルギーと圧力エネルギーの和が一定であることから、ピトー管により静圧力と動圧力の差を測定しそれから流速を求められる。この方法は主として実験室用に用いられている。これら(1), (2)の方法は、流速の時間変動率が大きいときの応答性はあまりよくない。(3)通電加熱した白金などの金属線に風をあてると金属線の熱がうばわれ、温度が低下し、電気抵抗が増加する。したがってこの抵抗変化を測定すれば風速が求められる。この原理を用いたものが、熱線風速計であり、微風速、変動率の大きい風速の測定が可能

である。熱線の代りに半導体素子を用いたものもある。

(4)“超音波風速計”は、超音波が空気中を伝播する際に空気流があると伝播速度が変動する、ドップラ“効果”を利用したもので、微速から高速までの風速測定が可能で、風速の変動に対する応答性も優れている。(5)“レーザドップラ流速計”は、レーザ光を照射された運動している空気中の微粒子からの散乱光中のドップラ信号を検出するもので、非接触で、微小領域の流速を測定できる。また、低速から高速までの風速の測定可能であるが、高価で操作が複雑なことが欠点である。

(6)これらの他に、空気の密度変化を光学的に測定する方法や他の多くの方法があるが、いずれも一長一短で、すべてに万能の方法はない。

“イオン風速計”は、運動空気中にイオンを放出し、イオンの挙動から風速を求めるとするものである。この風速計の原理は、アメリカで1950年に特許として公表されている¹⁾。その後、いろいろな方式のイオン風速計の原理が考案されたが、多くの問題があり、実用化されたものは非常に限られている。

イオン風速計の実現には種々の方式が考えられ、またこの風速計の特徴自体も、方式によって異なる。あとで述べるように特許として公表されたいいくつかの方式の特

* 山形大学工学部電気工学科 (992 米沢市城南 4-3-16)
Department of Electrical Engineering, Faculty of
Engineering, Yamagata University, 3-16, Jonan
4-chome, Yonezawa, 992 Japan

従は、1) 可動部分がない、2) イオンの運動を利用するため応答性がよい、3) 電気的信号として出力を取りだすことができる、4) 広い範囲の風速測定が可能となる等である。しかし、特許に関してはデータがほとんど示されないので、検討が困難である。そこでわれわれは、いくつかの方式のなかでも原理的に簡単で、しかも実用化の可能性が高いと思われる“差動型”について基礎的研究を行なった。

2. イオン風速計の原理

2.1 格子状平板電極型風速計

一定風速 u_w の存在する空間に、図1に示すような2枚の格子状平板電極を風向に対し直交するようおく。ここで平板電極対は風に対し何ら抵抗を示さず、しかも平等電界を形成すると仮定する。電極1から電荷密度 ρ_0 のイオンが供給される場合、空間での電流密度 j は

$$j = \rho_0 \mu E \quad (1)$$

ただし、 μ : 移動度、 E : 電界強度

で与えられる。もし、空間電荷による電位の変化が無視できるなら、 $E = V_0/l$ で与えられる。風速がゼロの場合の電流を I_0 、電極面積を A とすれば

$$I_0 = A \rho_0 \mu E = A \rho_0 \mu V_0 / l \quad (2)$$

であり、電界方向の風速が u_w の場合には

$$I_w = A \rho_0 (\mu V_0 / l + u_w) \quad (3)$$

である。電流の変化量を ΔI とすれば

$$\Delta I = I_w - I_0 = A \rho_0 u_w \quad (4)$$

となる。すなわち、電流の変化量は風速に比例する。

上記の状態を実現するには、イオンの発生法、電極構造による電界分布、イオン移動速度の検出法、出力信号の処理法をどうするかにより多くの方式が考えられる。

2.2 差動型風速計

前項に述べた単純な構造の風速計では、電流の変化量が風速に比例するが、同時に電荷密度にも直接比例する。印加電圧や電極表面状態の変化、さらには空気の流動により電極間の電荷密度が変化すると ρ の値を補正しない限り風速測定値に大きな誤差を発生する。この欠点を改良したものが“差動型”であり、ジャン・バラによる特許があり²⁾、この系列で多少異なった方式の Durbin による特許が 1969 年に公表されている³⁾。

差動型の基本構成は図2に示すようなもので、細線による放電電極と左右対称におかれた2本のロッド状のコレクタ電極からなる²⁾。コレクタ電極の直径は、放電電極よりもはるかに大きく選ばれているため、電極間に印加した高電圧により、放電電極表面の電界強度は気体の絶縁破壊強度を上まわりコロナ放電を発生しうる。コロナ放電電極と同符号の単極性イオンの大部分はコレクタ

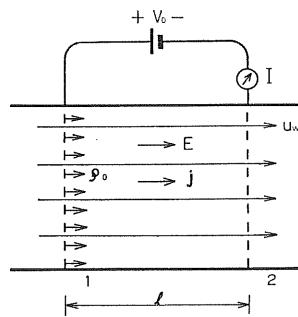


図1 格子状平板電極型風速計の原理図

Fig. 1 Principle of parallel grid type wind velocity sensor.

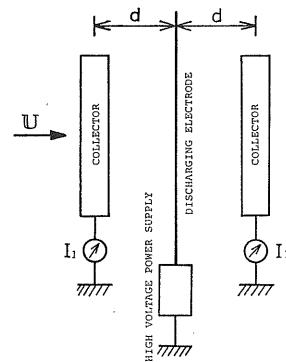


図2 差動型風速計の原理

Fig. 2 Differential type wind velocity sensor.

電極によってとらえられる。電極間距離 d が等しければ風のない場合、電流 I_1, I_2 は等しくなるから、差の電流 $I_s = I_2 - I_1$ は 0 となる。いま、コレクタ電極1から2に向かう風が吹いている場合、電極1に向かうイオン流は逆方向、電極2に向かうイオン流は順方向であるから、電極2でとらえられるイオンの量が電極1によるものよりも多くなり、 $I_s = I_2 - I_1 > 0$ となる。すなわち、 I_s と風速との相互関係がわかれば I_s から風速が求められる。この現象を支配している方程式は以下のものである。

$$\nabla \phi = -\rho/\epsilon \quad (5)$$

$$j = \rho(\mu E + U) \quad (6)$$

$$E = -\nabla \phi \quad (7)$$

ただし、 ϕ : 電位、 ρ : 電荷密度、 ϵ : 誘電率、 μ : イオンの移動度、 E : 電界強度、 U : 空気の速度、 j : 電流密度。

図3は図2の電極構造での電荷の移動を模式的に表したもので、電界 E 、電流密度 j とともに2次元的に分布している。(5), (6), (7)の3式を解き、与えられた電極構造、コロナ開始電圧等の境界条件を与えることによ

より $j(x, y)$ を求めることができ、その j を電極表面上で積分することにより電流が求められる。

$$I_{1,2} = \int_{1,2} j \cdot n da \quad (8)$$

ただし、 n ：電極表面での法線ベクトル。

2.3 電位分布

図3の電極構造で空間電荷が存在する場合の電位分布は、(5)式より求まるはずであるが、解析解を求めることが不可能である。結局は数値解にたよらざるをえないが、空間電荷のない静電界分布を知っておけば、解の推定に役立つ。

電極の長さが十分長ければ、長さ方向の電界成分は無視できるから $x-y$ の2次元平面で考えればよい。二次元空間電位分布はさまざまな方法で解くことができるが、この問題の場合、等角写像法が適している。等角写像法は成書に詳しく述べられているが、複素関数 $w=u+jv$ がもう一つの複素関数 $z=x+jy$ の関数であり、

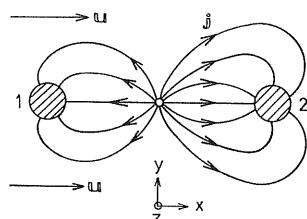


図3 差動型風速計での電流分布

Fig. 3 Cross sectional view of ion flow at the sensor.

かつ、微分可能であれば w 空間での複雑な電位分布を z 空間の単純な電位分布に変換することが可能となる^{4,5)}。この問題の場合、次に示す関数が要求条件を満足し、図4に示すように電位分布を計算することが可能である。

$$\bar{z} = \frac{a}{(e^w + 1)^{1/2}} \quad (9)$$

ただし、 $\bar{z} = x - jy$, $w = u + jv$ 。

u が一定の線群は等電位面を、 v が一定の線群は電気力線を表わす。 $y=0$ で $x=0$ 、または $x=a$ の付近では、等電位面は円を表わすから、この写像法により、差動型風速計の電位分布および、電界強度を求めることが可能である。

図4でもわかるように、(9)式を展開して計算してみると、放電電極半径が十分小さい場合、放電電極表面の電界強度は一様である。この事実より、放電電流の存在する場合も放電電極表面電界は、一様であろうと推定される。

同軸円筒電極構造でのコロナ放電についてはよく検討されているが、図2の実験系における放電電極に関しては、近似的に同軸円筒系で考えることが可能と考えられる⁶⁾。そのように近似して電圧電流特性を計算してみると、実験結果と比較して5倍程度大きな値となり、このような単純モデルでは表わしえないことがわかる。この理由についてはあとで検討する。

2.4 風速検出方法

平板型構造モデルで、もし空間電荷密度が無視できるならば、(4)式のように電流の変化量が風速に比例する

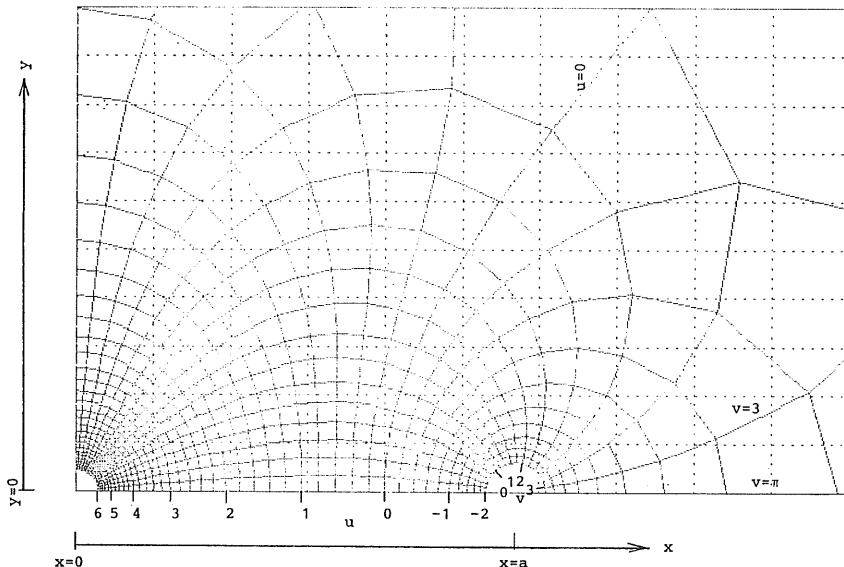


図4 空間電荷のない状態での電位分布

Fig. 4 Potential distribution around wire electrodes.

ことを示したが、差動型においても同じ近似を用いれば同様な結果を示すことができる。しかし(5)～(7)式をみてわかるように、実際は電流密度は電荷密度と電界強度の関数であり、その電界強度は電荷密度の関数であるので、一般には(4)式のような簡単な関係式では表わせない。実験的に確認する必要があるのは、 I_1 と I_2 の差動電流と風速がどのような関係にあるかを求ることである。コロナ放電を利用した静電気応用機器では、コロナ放電電流が時間とともに変動することが知られているので、差動電流が時間とともに変動することが考えられる。(4)の近似式では差動電流は放出されたイオン、すなわち空間電荷密度に直接比例するから、もし、全電流で差動電流を割ってやると、この変動の影響を低減できると考えられる。それゆえ、直接、差動電流ではなく、無次元化された差動電流を利用したほうが有利で式で表わすと次のようになる。

$$I_d = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1} \quad (10)$$

測定された電流値 I_1, I_2 から、無次元化された I_d を求めることは、アナログ演算回路で容易に実現される。実験は、この I_d と風速の関係を求めるようにした。

3. 実験装置

3.1 測定電極系

電極系として種々のものを製作し実験したが、系統的実験を行なったのは図5の1号電極と図6の2号電極である。図5の構造は上下のアクリル樹脂板と支柱で全体の枠を組み、その中央部に放電電極とコレクタ電極を配置するもので、放電電極、ならびにコレクタ電極のとりかえが容易に行なえる。欠点は図の横方向、すなわち支柱方向からの風に対しての支柱の影響が生ずることである。図6のものはコレクタ電極自体が支柱の役割を果たすようにしたもので、絶縁材料としてはセラミックスを用いコンパクトな構造になっている。1号電極では放電電極をスプリングで引っぱるようにしたが、2号電極では特殊な構造で張力を得るように工夫した。

放電電極としては、主としてタンガステン線を用いたが、モリブデン線、ステンレス線でも実験を行なった。タンガステン線は直径 $30\text{ }\mu\text{m}$ と $100\text{ }\mu\text{m}$ 、モリブデン、ステンレス線とも $50\text{ }\mu\text{m}$ のものを用いた。放電電極への電圧印加の極性が正となる正コロナと、その逆の負コロナについても実験を行なった。

3.2 風速検出回路

風速検出の原理は(10)式で、それを実現するための回路構成は図7のようになる。実際に測定に用いた回路例を図8に示す。これは、主として2号電極測定に用いら

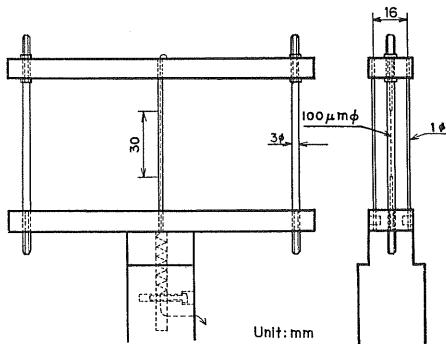


図5 実験に使用した1号電極
Fig. 5 Configuration of the sensor No. 1.

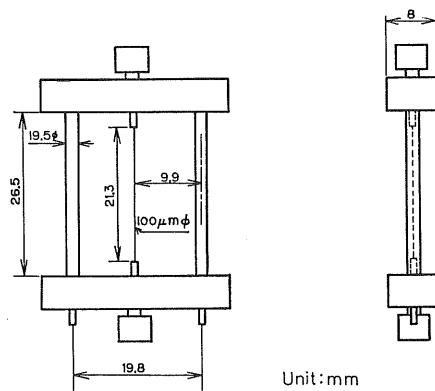


図6 実験に使用した2号電極
Fig. 6 Configuration of the sensor No. 2.

れたもので I_1, I_2 の値が小さいため電流-電圧変換回路の抵抗 R_1, R_2 は抵抗値の大きなものを使っている(大体 $1\text{ M}\Omega$)。1号電極の場合、 R_1, R_2 は小さな値(数百 $\text{k}\Omega$)を用い、出力電圧を $0\sim10\text{ V}$ の範囲におさめるようにした。 Q_1, Q_2 は電流-電圧変換で、 I_1, I_2 をそれぞれ変換し、その後 Q_3, Q_4 で符号反転させる。 Q_5 では加算を、 Q_6 で減算と同時に零調整を行なう。 Q_7 で割算を行ない出力を得る。

3.3 高圧電源装置

放電電極に加える高圧電源として、はじめは旧型TVで高圧発生に使用されているフライバックトランジスタを用いた回路をそのまま利用した。しかしこの回路では安定性、取扱い上の問題があったので、4段コッククロフト回路を自作して高圧電源とした。出力電圧測定は $100\text{ M}\Omega$ と直列に接続した電流計の読みから換算して行なう。電圧の較正は静電電圧計により行なった。

3.4 実験用風洞

実験に用いる風洞は、風速が一定で、広範囲の風速が得られるものが望ましい。また、実験室内で他の実験の

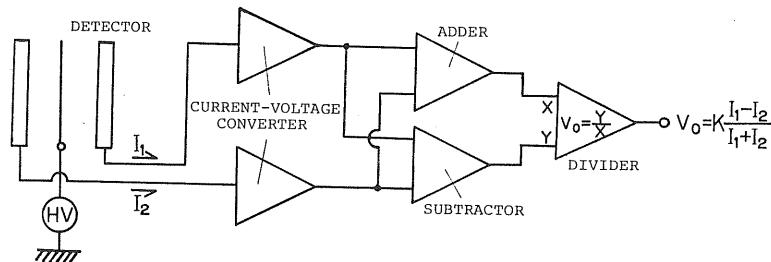


図 7 風速検出の回路構成

Fig. 7 Schematic diagram of signal conversion system.

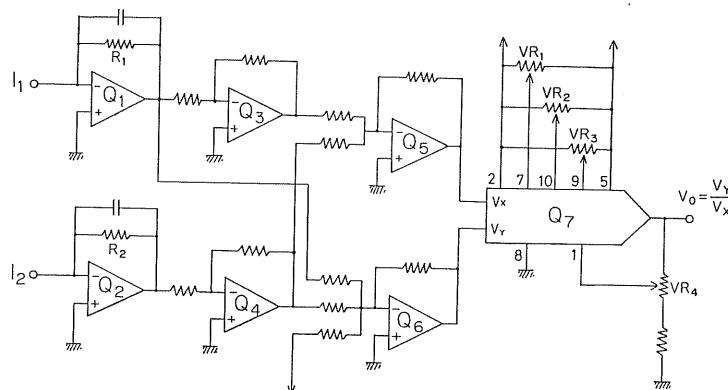


図 8 風速検出回路図

Fig. 8 An example of conversion circuitry.

妨害とならないためには閉路型が望ましいが、場所と工作の容易さから開路型のものとなった。測定部で均一な風速を得るために吸い出し型とし、上流および下流にハニカム型整流板を配置した。使用した換気扇は松下電器 FV-30GSF-A で最大風量は $29 \text{ m}^3/\text{min}$ である。風速の変化は換気扇へ供給する電圧を可変することにより行ない、最大 5 m/s の風を得ることができる。

風速測定の標準として、日本科学工業の熱線風速計 Model 24-6111 を用いた。精度はフルスケールで $\pm 2\%$ である。

4. 実験結果

4.1 放電電極および極性の影響

風速検出部が本来の空気流を乱さないためには、なるべく小型化する必要がある。しかし、放電電流はある程度以上の大きさがなくては測定誤差が大きい。これらの要求を満足させるには、放電電極直径をなるべく細くすることで、はじめ $30 \mu\text{m}$ のタンゲステン線を用いて予備的実験を行なった。

この測定電流を、3.2 項の風速検出回路の入力端に入

れ、電圧出力として取り出したところ、無風状態においても、ドリフトが非常に大きい。原因の一つとして検出回路の安定性が疑われたので、まず風速検出回路入力に一定電流を加えたときの出力電圧変動を調べたところ、ほとんど影響ない。このことより、コロナ放電電流自体の変動が大きいことが確かめられた。

風速と出力電圧との関係を調べたところ、かなりよい直線関係が得られた。しかし実験開始から 20~30 分後に不規則に出力電圧が変動をはじめ、ついには測定不能となる状態が発生した。この放電電極表面を顕微鏡でながらると非常に荒れているのがわかる。その例を図 9 に示す。

その後、モリブデン線、ステンレス線でも実験を行なったが、ステンレス線は変動が大きく、また、ヒステリシスもあり使いものにならないことが判明した。いろいろと実験した結果、タンゲステン線で直径 $100 \mu\text{m}$ のものが特性も割合安定で、しかもかなりの電流が流せる。顕微鏡の観察でも表面はほとんど変化がないので、以降の実験は $100 \mu\text{m}$ のタンゲステン線を用いた。また、電気集塵装置等では負コロナが多く用いられているが、微

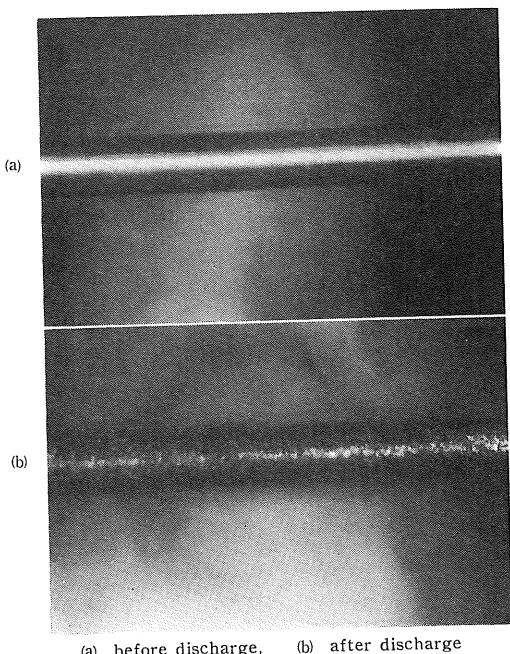


図 9 放電電極表面状態
Fig. 9 Surface conditions of an ionizing electrode.

小電流の安定性では正コロナのほうがよいことが実験的に確かめられたので主として正コロナを用いた。

4.2 コレクタ電極寸法の影響

1号電極においてコレクタ電極径を3mm、電極中心間隔を8mmとした場合の風速と出力電圧特性の関係を図10に示す。風速1.5m/s以下での直線性はあまりよくないが、それ以上ではよい直線関係にある。

電極の向きを風に対し変化させた場合、出力信号は、正弦的に変化するはずであるが図11に示すように、電極配列方向からの風に対し、特性にくぼみができるることがわかった。これは放電電極がコレクタ電極の陰になっているための風速の低下である。このような特性は一定方向の風の測定の場合は問題ないが、二次元風速の測定を行なう場合、問題となる。この対策としてコレクタ電極直径を1mmに変更したところ、図12に示すように影響をほとんど取り除くことができた。そのときの風速と出力電圧特性は図13に示すように低風速まで直線性がよくなっている。

4.3 安定性の評価

短時間で測定した場合、風速と出力電圧にはかなりよい直線関係が得られる。しかし長時間にわたって測定した場合の安定性は、実用化のための必要欠くべからざる条件なので、無風条件でのドリフトについて測定を行なった。

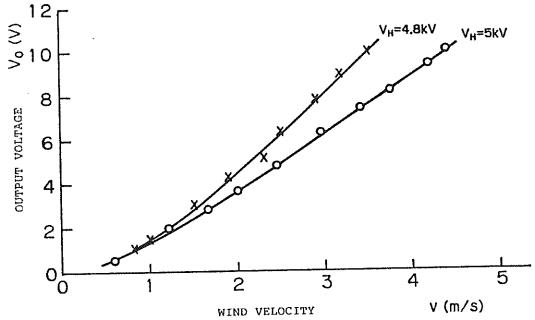


図 10 風速と出力電圧の関係 (改良前)

Fig. 10 Relation between wind velocity and output voltage (before modification).

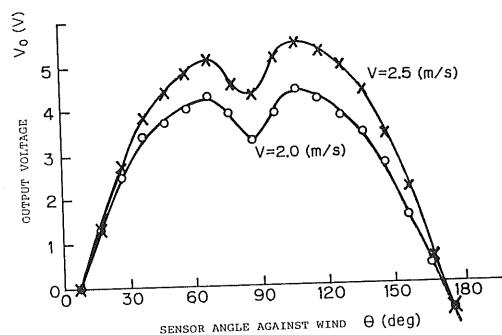


図 11 出力信号の角度依存性 (改良前)

Fig. 11 Angular dependency of the sensor (before modification).

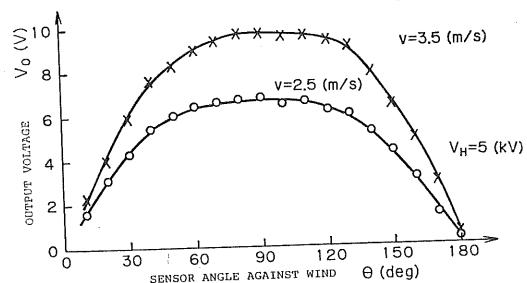


図 12 出力信号の角度依存性 (改良後)

Fig. 12 Angular dependency of the sensor (after modification).

1号電極において、風速と出力電圧との関係の例は図10に示されているが風速1m/s以上では、単位出力電圧当りの風速は0.38m/s/Vである。この条件で、無風状態でドリフトを測定した例を図14に示す。これは長時間にわたっての測定のなかで最もドリフトの大きかった部分を取りだしたのであるが、30分間に約1.5Vのドリフト、すなわち風速にして0.57m/sのドリフトが

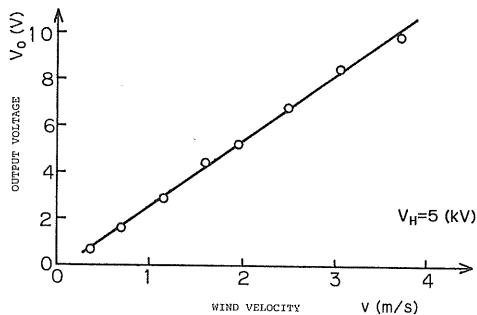


図 13 風速と出力電圧の関係（改良後）

Fig. 13 Relation between wind velocity and output voltage (after modification).

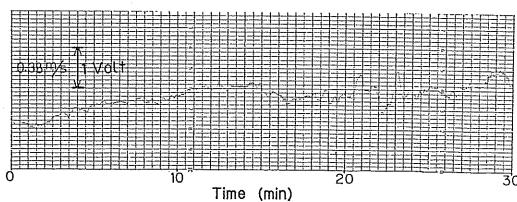


図 14 無風時の出力信号ドリフト

Fig. 14 Signal voltage drift without air flow.

検出された。3時間の連続測定では、最大と最小の変動幅は1.22 m/sに相当するドリフトが測定された。

5. 考察と検討

差動型の構造は基本的には図2に示すような3本の電極よりなるものが主体であるが、このような構造でのコロナ放電特性がどのようなものかについては、定性的に知られているが、実際に測定してみたところ、予想とはかなり様相が異なることが判明した。理論解析の可能な同軸円筒構造と比較したところ、その結果は図15に示すように単純にコレクタ電極を外側円筒電極でおきかえることは不可能である。図4に示した空間電荷のないラプラス空間での電気力線では放電線のまわりの電界は同軸円筒型とほとんど同じ分布をしていることから、放電線のまわりの電界およびイオンの分布状態は同軸円筒の場合と似た状態にあるものと思われる。円筒電極で、コロナ放電による空間電荷のある場合の電位分布を模式的に描けば図16のようになる⁷⁾。すなわちコレクタ電極近傍の電界強度はラプラス空間より大きなものとなり、電荷は移動しやすくなるはずである。差動型の場合、円筒に比較してコレクタ電極面積は小さいから、イオンの集中度が高くなり、結果としては、電界強度は円筒の場合より大きくなるはずである。すなわちコレクタ電極近傍でのイオン速度は相当大きいはずである。それにもか

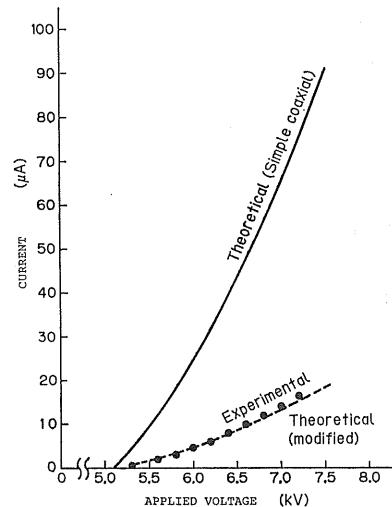


図 15 電圧-電流特性の比較

Fig. 15 Voltage-current characteristics of the sensor.

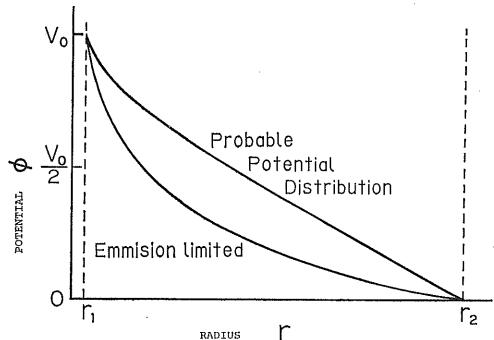


図 16 コロナ放電空間の電位分布

Fig. 16 Potential profile between electrodes.

かわらず、電流値が小さいということはコレクタとしての有効電極面積が小さいということにはかならない。そこで同軸円筒で近似した場合、円筒半径をパラメータとして実験値に対し最もよい近似を与える条件を求めたものを、図15に点線で示す。これは半径を17mmにした場合で、実際のコレクタ電極位置(8mm)の2倍強の位置に、円筒電極をおいたものが大体同じ電圧電流特性を示す。しかし、特性を詳細に検討すると曲線の形状に違いがあり、必ずしもこのようない近似で現象を正確には表わせない。それゆえ、現在のところ無風状態でも電圧-電流特性の予測がむずかしく、まして風がある場合、イオンの移動がどのように影響をうけるか、それが結果としての電流値をどのように変化を与えるかを理論的に予測することは不可能に近い。

このように半径の異なるロッド状電極におけるコロナ特性は、今後の研究課題と考えられる。理論から厳密に風速と出力電圧との関係を求めようとしても求まらないが、実験結果では図13に示すように風速と出力電圧にはよい比例関係にあることが示された。すなわち、(4)式のような単純な関係が複雑な電極構造にも大体適用されることがわかる。

4.2 項で述べたように、電極面と風向の間の角度を変化させた角度-出力電圧特性に対し、コレクタ電極寸法が影響を与えているが、これは一様な流れにおかれた円柱による流れの影響の問題を考えることができる。いま、円柱の直径が1mm、風速1m/sとすれば、レイノルズ数は67くらいとなり、近似的手法を用いても円筒のまわりの流れを、解析的に解くことはできない。結局、試行錯誤的に放電線に対し、コレクタ電極の影響を小さくする方法をみつける必要があり、実験ではコレクタ電極寸法をいろいろと変更して、図12に示すようにコレクタ電極の影響を低減することができた。

差動型の利点は、はじめに述べたように放電電流の時間変動の影響を低減する点にある。左右電極へ流れこむ電流が変動しない項とする項に分けることができるといえば、

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{10} + i_1 \\ I_2 &= I_{20} + i_2 \end{aligned} \quad (11)$$

と書くことができる。 i_1 , i_2 の変動項の最大値を $i_{1\max}$, $i_{2\max}$ とすれば、 i_1 , i_2 は次の条件を満足する。

$$\begin{aligned} -|i_{1\max}| &\leq i_1 \leq |i_{1\max}| \\ -|i_{2\max}| &\leq i_2 \leq |i_{2\max}| \end{aligned} \quad (12)$$

ここで、 $\Delta I = I_2 - I_1$, $\Delta I_0 = I_{20} - I_{10}$, $\Delta i = i_2 - i_1$ とすれば

$$\Delta I = I_{20} - I_{10} + i_2 - i_1 = \Delta I_0 + \Delta i \quad (13)$$

となる。 Δi の最大値は(12)の条件式より $|i_{1\max}| + |i_{2\max}|$ であることがわかる。しかし、 i_1 と i_2 がまったくランダムであれば最大値は $|i_{1\max}| + |i_{2\max}|$ となるが、放電電極で同時に生ずるものと考えるならば、大体比例関係にあると推定され、 Δi は i_1 か i_2 自体より小さくなると推定される。それゆえ、もし Δi が ΔI_0 より小さければ(10)式は近似的に

$$I_d = \frac{\Delta I_0}{I_{20} + I_{10}} + \frac{\Delta i}{I_{20} + I_{10}} \quad (14)$$

と書け、第2項は第1項に比べて小さいはずである。ところが実験結果から ΔI に比べて Δi は決して無視できるほど小さいものでないことが判明した。

図14に示されるように時間変動は相当大きく、差動型の構造においても長時間の運転では安定した特性を得

ることはむずかしい。すなわち、細線からのコロナ放電電流を直接利用する限り、よほどの工夫がなくては安定な特性が得られないことが判明した。これは、放電が安定している正コロナを用いての結果で負コロナでは、変動はさらに大きかった。

6. む す び

イオン風速計の各種方式について検討したところ、ジャン・バラによる差動型イオン風速計が、原理的に安定した特性が得られると考えられるが、公表された資料がないので基礎研究を行なった結果、以下のような結論を得られた。

コロナ放電電極として針対平板、ワイヤ対平板等が各種応用の必要性からよく研究されているのに比較し、線径の異なるワイヤ対ロッド構造のコロナ放電に関してはあまり検討されていない。実験結果から、その特性は単純に円筒電極近似では表わせず、このような形状でのコロナ放電に関して基礎的研究の必要があることがわかつた。

電極形状を適当にえらび空気流を滑らかにすることにより、風速と出力信号はよい比例関係にあり、短時間測定では応答性のよい風速計を実現できる。しかし、長時間測定ではドリフトが大きく、ワイヤ径や材質、コレクタ電極等の変更、電源の安定化等を図っても実用に耐えるような風速計の実現はむずかしく、ドリフトの影響を取り除くには特別の工夫が必要である。これらの実験結果より原理的には可能でも実用化には多くの問題があることが判明した。われわれは、これらの問題を解決すべく新しい方式や、安定化方法の開発実験を現在行なっているところである。

なお、この研究は鈴木春男氏および、大学院生三浦忠彦君の協力のもとに行なわれたこと、さらに光進電気㈱から研究補助を受けたことを明記し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) G.A. Gemin, et al.: U.S. Patent No. 2514235 (1950)
- 2) ジャン・バラ: 公開特許公報(A), 昭56-93049
- 3) E.J. Durbin: U.S. Patent No. 3470741 (1969)
- 4) P. Moon and D.E. Spencer: *Field Theory Handbook*, p. 63, Springer-Verlag, Berlin (1971)
- 5) 浅野和俊: 静電気学会誌, 8 (1984) 78
- 6) 静電気学会編: 静電気ハンドブック, p. 487, オーム社 (1981)
- 7) K. Asano and A.W. Bright: J. Phys. D: Appl. Phys., 4 (1971) 1306