

大 気 電 気 の 測 定 I

吉 岡 敏 太 郎*

Measurement of the Atmospheric Electricity

Toshitaro YOSHIOKA*

(Received August 23, 1973)

The measurement of atmospheric electricity has been formulated as a programme in this Institute, and the general plan, specifically procedures of experiments with the ion mobility spectrometer, set up recently, are described.

1. ま え が き

今回、中部工大超高層研究所のプロジェクトの一部門として、大気電気の測定が加わり、この報告では、その計画の概要と本年より始まる大気中のイオンの測定法について述べる。

雷電気を中心にした大気中の電気現象を対象として出発した大気電気学は、新しい学問というわけではないが、対象自身の性質からして多くの学問分野、すなわち電磁気学のほかに気象学、イオン化学、物性論等にまたがっているために、現象の解明も遅れている。身近な問題が謎々につつまれている。研究目的としては、これまで気象学、特に雷災防止が中心的な課題であったが、近年大気中に浮遊する極微小粒子（サブミクロ・ユーロゾル）の研究を通して、大気汚染の研究手段として脚光をあびている。最近広くおこなわれた電気伝導率の測定による地球規模での大気汚染の調査は我々の関心の中心になった。本学超高層研究所においても、従来からおこなわれてきた電波伝播、雷雑音等の研究と関連づけていくと同時に、この環境工学の視点をもとり入れていきたい。本年の大イオン計の設置をはじめとして、今後大気電気および気象関係の総合的な観測システムをととのえたいと考えている。

2. 大 気 中 の イ オ ン

Elster, Geitel によりすでに1889年に大気中のイオンの存在が指摘されて以来、イオンの性質、数密度および成因について多くの研究が積み重ねられてきている。概括する

ならば、大気中のイオンは直径の大きさにしたがって、小イオン、中イオン、大イオン等に分けられている。小イオンといっても分子レベルの表現ではなく気体分子が大体 $10\sim 30$ 個位集まった大きさに相当し、直径で約 10^{-7} cm位の大きさであり、イオンのもっている電荷の大きさは素電荷と同じである。数密度は、清浄な大気中で正負各 $500\sim 600$ (個/cm³)で、正イオンの方が少々多い。電氣的移動度は 0.4 (cm²/V.sec)以上。次に小イオンが大気中の細塵や霧粒に附着すると大イオンとなり(従って、小イオンと大イオンの密度は逆相関をもち、又、大気中の細塵は大気汚染の状況を反映している)、その大きさは $0.5\sim 1.1\times 10^{-5}$ cm相当で、分子が数万あるいはそれ以上集まったものである。大イオンの密度は大都会、工場地帯で大きい。大イオンの電氣的移動度は 0.004 [cm²/V.sec]以下。この大イオンと小イオンの間に存在するものを中イオンと呼ぶがこれは気体分子が 1000 個程度集まったものに相当する。これらの極微小粒子(正確に言えば、直径 10^{-4} cm以下の粒子)はサブミクロン粒子と総称されている。このサブミクロン粒子の静止大気中の沈降速度は三崎¹⁾によると半径 1μ で 1 cm/min., 0.1μ で 1 cm/hrr., 0.01μ で 1 cm/day程度であり、空気中に浮遊していると表現することができる。サブミクロン粒子の成因は、地上からの放射能によるものと宇宙線によるものが考えられる。サブミクロン粒子の化学的組成を直接調べる手段はまだ開発されていない。

さて、サブミクロン粒子のふるまいとしての沈降、凝集帯電現象等、このいずれも粒子の大きさに依存する。したがって、大気中における各粒子の粒径スペクトラムを求めることが我々の最初の関心となっている。電氣的中

* 電子工学科 (Department of Electronic Engineering)

性粒子に対しては、沈降速度および拡散係数の測定を通して、いくらかの量を仮定して（三崎¹⁾）、粒径スペクトラムが求められている。我々が今回考えている大気中のイオンについては、それが電場の中を運動することを利用して、電気的移動度の測定を通し、粒径分布が求められる。この方法は分解能の高いスペクトラム分析が可能なこと、半粒の小さい領域ほどむしろ高精度で測定できる点ですぐれているが、測定の対象は帯電粒子に限られるから、粒子全体の粒径分布については、これから推定する以外にない。なお帯電しているものの比率は三崎²⁾によると、 0.01μ の粒子で約18%、 0.1μ で64%程となっている。但し、 0.03μ 以上の粒子では素電荷の2倍、3倍の帯電の確率が無視できなくなり問題を複雑にしている。

3. 実験方法

原理としては、大気流の中に電極を置き、トラップされたイオンの数を電流の大ききで読みとるものである。この電流は非常に微小な量であり、現在の電流計の限界の所に位置している（むしろ、このために開発された電流計を用いるというべきである）。しかしむやみに大きな装置を作ることは出来ないし、又、¹気流の速さが大きき

ぎても乱流となって定常性が保証されなくなる。安定化電源の電圧も数百ボルトまでが望ましい。装置の大きさ、電圧、風速および電流計の精度が、本装置の困難な実験条件を構成している。円筒形の電極を考えたとき、装置が軸方向に長くても両端の効果が無視できるという仮定のもとでは、次式で与えられる電気的移動度 k 以上のすべての荷電粒子が電極にとらえられている。

$$k = \frac{v(R^2 - r^2)}{2lV} \log\left(\frac{R}{r}\right) \quad (1)$$

但し、

v = 風速

V = 電極の電圧

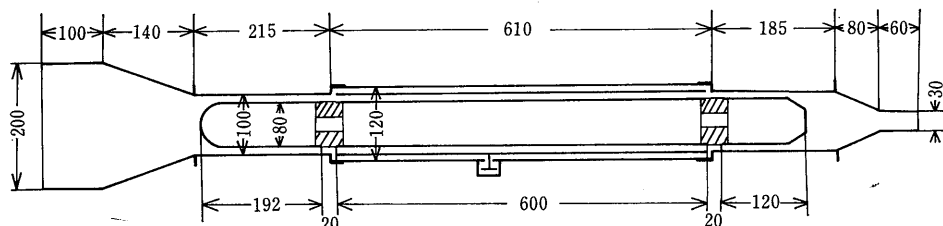
l = 電極の軸方向の長さ

R = 外円筒の半径

r = 内円筒の半径

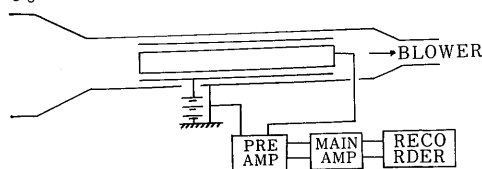
実験条件としては電圧 V を可変にすることができる。

イオンを測定する際、通風筒内の気流の乱れが誤差の主原因になる。これに関しては、三崎³⁾により、著者らの装置とほとんど同寸法の装置で実験されており、 $4l/\text{sec} \sim 9l/\text{sec}$ の範囲では層流であるという結果をだしている。これは小イオン計の場合の限界範囲となっている。



第1図 大イオン形

大イオン計のセンサー部を第1図に、全体の装置のブロックダイアグラムを第2図に示す。この装置は名大空電研究所佐久島観測所で現在測定中のものと同じものである。



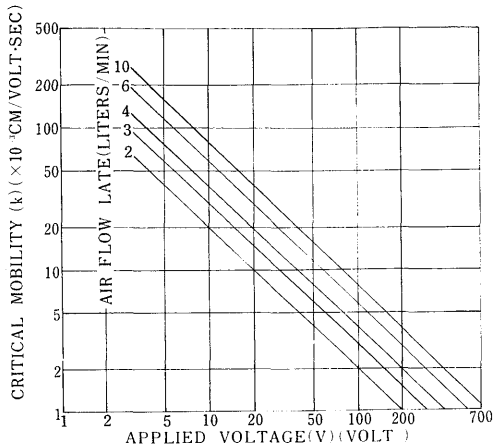
第2図 実験装置のブロックダイアグラム

イオン形のプローブは、シリンダーの軸にそって、3つの部分に分けられてある。頭部と尾部はアースされており、中央の集電極部は、各部分の間にベークライトのスペーサーを使い、完全に電気的に絶縁されている。各寸法の大ききは、外側のシリンダーの直径は10cmで、内側

のそれは8cmとなっており、集電極の軸方向の長さは60cmである。外部の印加電極部に適当な電圧（数V～数百V）をかけて、集電極に集まった微小なイオン電流を振動容量形電位計で測定し、その電流を記録計にて記録する。

第3図に我々の使用する装置の各寸法を(1)式に入れて計算した電圧と移動度の関係を示す。尚パラメーターは1分当りの流量の値である。

第3図より流量 $6l/\text{min}$ の時に、電圧が10Vの時は $5.92 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{sec}$ 以上移動度をもつ帯電粒子がとらえられ、同じ流量で、電圧を300Vまで上げると $1.67 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{sec}$ 以上の粒子をとらえることがわかる。一般には流量（風速）を変化するより、印加電圧を変化する方がたやすいために、電圧を変化させて、粒子の粒径スペクトラム分布を求める。



第3図 印加電圧に対する電氣的移動度の関係

4. 結論および検討

本学超高層研究所の観測プロジェクトの一部門として本年度より導入される大気電気の測定の計画を紹介するとともに、その意義について述べた。大気中のイオンの粒径スペクトラムを求める手段として、顕微鏡で気流の粒子をいちいち測定することはできないので、荷電粒子を対象とした場合、そのために電氣的移動度の測定が利用される。この方法にしたがって、本年設置される大イオン形の実験装置およびデータ解析の手續を説明した。

大気中のイオンの測定のみでは大気電気の分野のほんの一部にすぎないので、大気電気および気象関係の総合的な観測体制の確立が望まれる。

終りに本実験が計画されるにあたり、中部工大超高層研究所予算および奨励研究費を特別配慮して下さいました中部工大三浦幸平学長並びに関係者に対して、深く感謝の意を表わします。又、本研究計画の手がかりを作って下さった電子工学科主任金原教授に対して厚くお礼を申し上げます。超高層研究所鈴木国弘助教授には、本研究の指導教授になっていただき、ディスカッションを始めあらゆることで御協力をいただき大変深く感謝しています。さらに、名古屋大学空電研究所高木教授には、現在当研究所で使用されている大気電気観測装置について詳しく説明をしていただきました。ここに深く感謝致します。

文 献

- 1) 三崎, 大気中に浮遊する極微小粒子, 日本気象学会誌“天気”, 第17巻第8号
- 2) 三崎他, 最近の大気電気学研究, 日本気象学会機関誌“天気”, 第12巻第8号
- 3) M. Misaki, Determination of Llow in on Ion chamber, Papers in Meteorology and Geophysics, Vol. XI Nos. 2~4 1960