

空気イオンの生成と測定

1. はじめに

大気中には、正又は負に帯電した微粒子が無数存在する。これらの帯電微粒子は、大気中の電気伝導性に起因することから空気イオン（大気イオン）と呼ばれている。空気イオンは、環境条件の一部であるが、特に負に帯電した小イオンは、森林や滝などの周辺に豊富に存在すると言われ、快適性に関連した機能をもつものとして最近注目されている。しかし、今のところ、空気イオンの測定方法は統一されておらず、また生体に及ぼす影響や作用についても未だ明確にされていない部分が多くある。ここでは、空気イオンの生成と測定例に関する事例を紹介する。

2. イオンと空気イオン

2.1 イオン

物質を構成する原子は、中央に正の電気を帯びた原子核があり、その周囲を負の電気を持つ電子が数個まわっている。普通、電氣的に中性である原子では、原子核の正電気量と、電子の負電気の総量は等しい。しかし、何らかの理由により原子または分子を構成している原子核の正の電気量に比べて、電子の負の電気総量に過不足が生じた場合、物体が全体として正または負に電荷を帯びたようになる。これらをイオンと呼び、原子や分子が電子を失ったものを正イオン（陽イオン）、逆に原子や分子に電子が付加したものを負イオン（陰イオン）と呼ぶ。図1には、イオンの模式図を示す。

正イオンは中性の原子または分子から電子を取り去って生成される。これを電離またはイオン化と

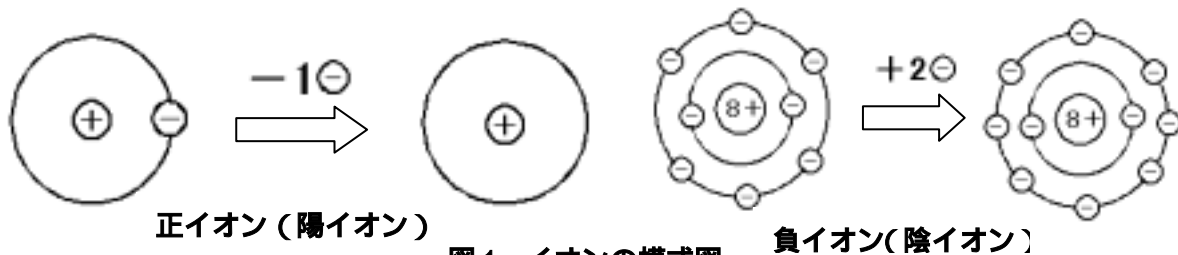


図1 イオンの模式図

いう。一方、空気中の電子が中性の原子や分子と衝突・付着して負イオンを生成する（負イオンの生成は、普通電離とはいわない）。

2.2 空気イオン

空気イオンとは、大気中に浮遊する正または負に帯電した微粒子の総称であり、負に帯電したものをマイナス（空気）イオン、正に帯電したものをプラス（空気）イオンと呼ばれている。空気イオンは、便宜上、その大きさや移動度によって小イオン、（中イオン、）大イオンに分類される。これらのイオンは、生成過程や物理的效果が全く異なるといわれている。

小イオンは、大気を構成する窒素、酸素などの気体分子や水滴、煤塵などの微粒子が電子を獲得、喪失することによって生成される。すなわち、小イオンとは、放射線や宇宙線などの電離作用により大気組成成分（分子）が、正または負に帯電し、それに引き続いて起こる一連の化学反応や水和反応の結果生じた比較的安定した帯電分子団である。表1には、自然環境において大気中の組成成分がイオン化される要因の一例を示す。また図2は、粒子によるイオン生成のモデルである。その他、人工的にイオンを生成する方法としてはコロナ放電方式などがある。

小イオンの大きさは、約1~3 nmである。また、移動度(単位電界において移動する速度)は、 $1\sim 2 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ で、負イオンのほうが正イオンよりも大きいといわれている。

正の小イオンの組成としては、 $\text{H}_3\text{O}^+ \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ 、 $\text{NH}_4^+ (\text{H}_2\text{O})_n$ があげられる。また、負のイオンは、 $\text{O}_2^- \cdot (\text{H}_2\text{O})_n$ 、 $\text{CO}_3^- (\text{H}_2\text{O})_n$ 、 $\text{NO}_3^- (\text{HNO}_3)_m (\text{H}_2\text{O})_n$ ができるとされている。しかし、これらのイオンは、生成直後から大気中の多くの中性微粒子との衝突、

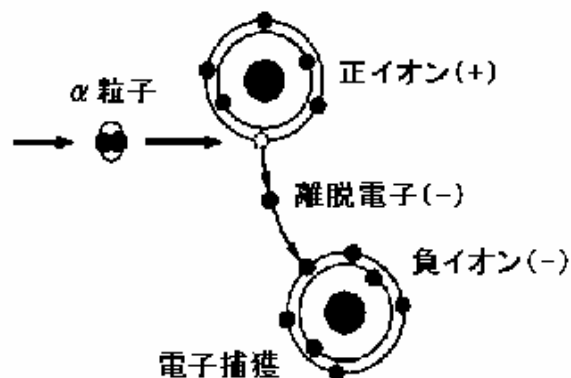


図2 粒子によるイオン生成のモデル⁽³⁾

反応を伴って、その組成を常に変化させていくといわれている。すなわち、正イオンは陽子親和力の大きな成分へ、負イオンは電子親和力の大きな成分へと電荷が移動していく⁽⁴⁾。

表1 大気のイオン化される要因の一例^{(1),(2)}

要因	イオンの生成
紫外線	紫外線の光子吸収による電子放出作用(光電効果)
放射線	放射性同位元素による電離作用
宇宙線	地球外から来る放射線による電離作用

一方、中イオン、大イオンは、中性のエアロゾル粒子に小イオンが衝突、付着して電荷を与えたものである。エアロゾル粒子への小イオンの衝突結合は、小イオンの拡散沈着と両者間の電気力の結果であり、大きな粒子ほど小イオンと結合して大イオンに転化する確率が高いといわれている。中イオン、大イオンの大きさは、約 10nm ~ 100 μm 範囲に広く分布し、移動度は $10^{-5} \sim 10^{-8} \text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ を示す。

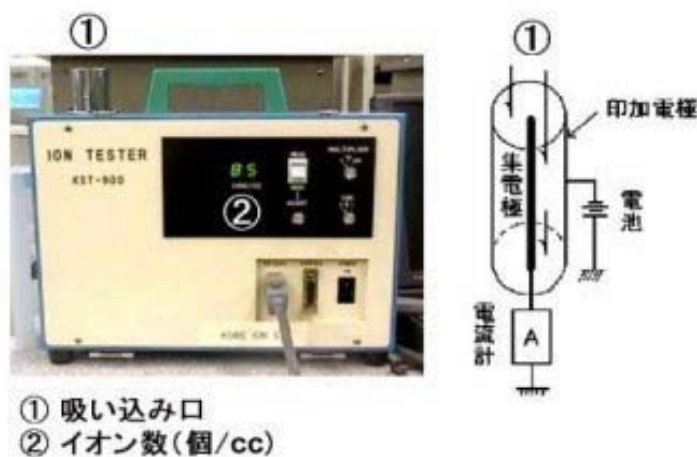


図3 大気イオンカウンターと構成図

3. 空気イオンの測定

図3には、当所に設備開放機器として設置された小イオン測定用の大気イオンカウンターとその構成図を示す。空気イオン濃度の測定には、同軸円筒型コンデンサーを用いる。大気イオンカウンターは同軸上に集電極と印加電極から構成されている。吸入口から空気が入ると、印加電極による電界の作用によって空気イオンが集電極に捕集される。捕集された空気イオンの総電荷量を測定し、この総電荷量を電気素量($e=1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)で割ることによってイオン濃度を求める。単位は、単位体積当たりのイオンの個数(個/CC)で示される。

4. 空気イオン濃度の測定例

イオンは、反応活性に富み、周囲に適当な電荷吸収物質があれば、これに電荷を与えて中性の安定状態にもどろうとする。そのため大気中でも小イオンの生成と消滅がおり、平衡状態を保つと考えられる。表2には、空気イオンの消滅する要因を示す。小イオンは、反対符号のイオンと再結合をして電荷を失ったり、エアロゾル粒子に付着して大イオン(帯電粒子)を形成することにより消滅する。ここで、中性のエアロゾル粒子に小イオンが付着した場合には、小イオンの消滅と同時に大イオンの生成が起こっていると考えられる。

また、空気イオン濃度が異なる場合には、高いほうから低いほうへ拡散現象がおり、次第に一樣になる傾向がある。

このように、空気イオンは様々な要因によって拡散や消滅を行うため、空気イオン濃度は時間や測

表 2 空気イオンが減少する要因^{(1),(2)}

減少要因		
イオンの消滅	反対符号との再結合	正、負の空気イオンが相互の引力によって再結合する。
	大きい粒子との結合	粉塵や霧などの粒子に吸着する。 大イオンの形成
イオンの移動	拡散	空気イオン濃度が高いほうから低いほうへ移動する。
	吸着	地表近くで雲・霧・粉塵・煙等に吸着される。
	電場の作用	電場による空気イオンの移動。

定距離によって大きく変化する。図 4 には、20℃、20%の恒温恒湿室において1時間測定した負イオン濃度の時間変化の一例を示す。ここでの時間平均値は約 91 個/cc である。しかし、イオン濃度は大きく変動し、最大約 120、最小約 60 個/cc の値を示すことがわかる。また、図 5 には、20℃、60%の恒温恒湿室において、約 10 日間にわたって測定した日変化の一例を示す。この恒温恒湿室の場合には、正イオン、負イオンとも同程度のイオン濃度を示す。しかし、イオン濃度は測定日によって変化することがわかる。その他、対流（気流）などの影響によっても環境中のイオン濃度は大きく変動する。

図 6 は、空気清浄機を空気イオンの発生源として、測定距離と負イオン濃度の関係を求めた結果である。生成源と大気イオンカウンターの距離が離れるほど、その濃度は急激に減少していくことがわかる。以上のように、空気中のイオン濃度を測定するときには条件や環境（たとえばイオンカウンターとの距離や試料の大きさ、気流など）をできる限り統一して行う必要がある。

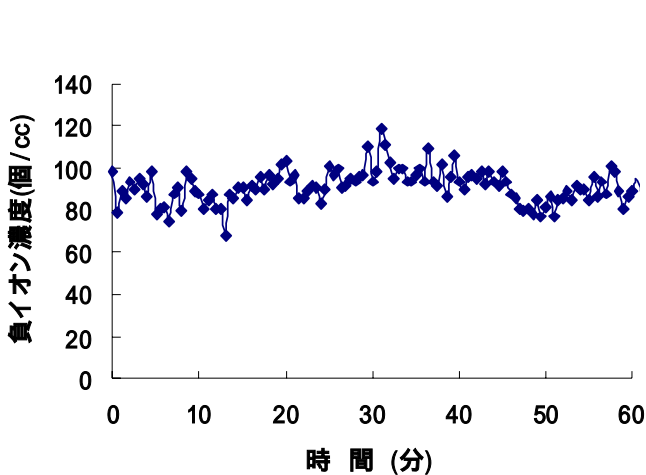


図 4 負イオン濃度の時間変化

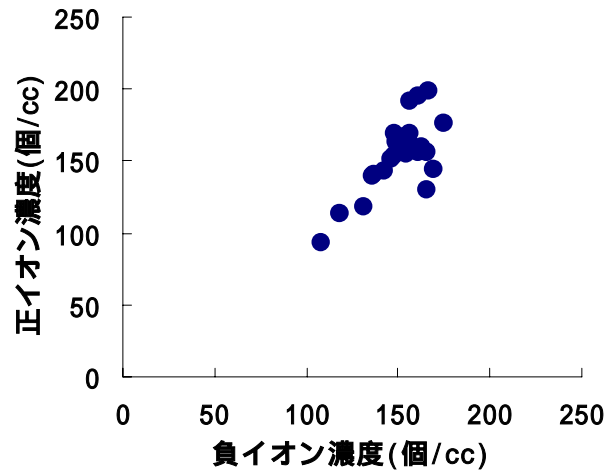


図 5 測定日によるイオン濃度の変化

5. おわりに

ここでは、空気イオンの生成について述べ、イオンカウンターによる測定例と空気イオンの性質（特性）を簡単に紹介した。現在のところ、空気イオン濃度に関する統一した測定基準はなく、またその組成や化学種などについては未だ明確にされていない部分が多くある。

今後は、このような空気イオンを応用した機能性製品を定量的に評価、検討するため

に、測定基準の標準化も含めてさらに多くの研究が必要であると考えられる。

今回の報告が、空気イオンの計測、評価技術の確立と、機能性製品の開発や効果の検証に活用されれば幸いである。

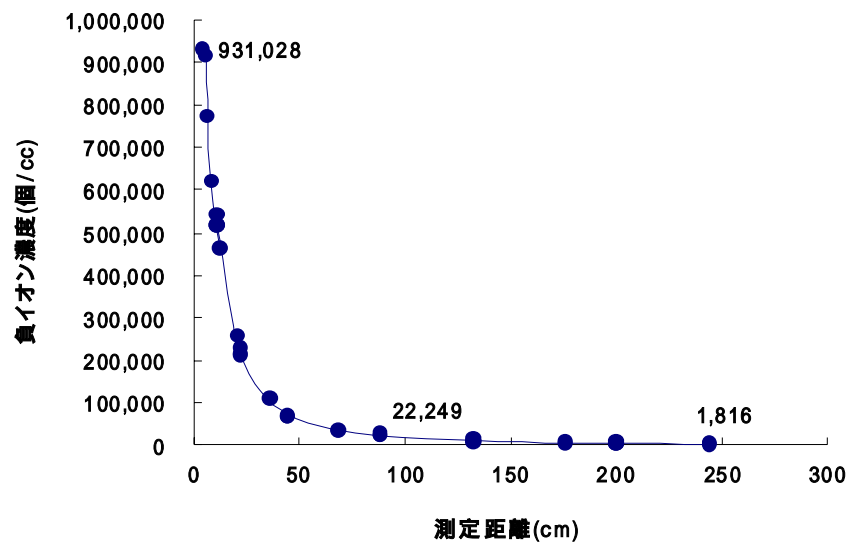


図6 測定距離と負イオン濃度の関係

参考文献

- (1) 三浦豊彦ら編：現代労働衛生ハンドブック，(財)労働科学研究所出版部(1998)
- (2) 琉子友男、佐々木久夫編著：空気マイナスイオン応用事典，人間と歴史社(2002)
- (3) 静電気学会編：静電気ハンドブック，オーム社(1981)
- (4) 第37回化学懇談会資料：日本化学会中国四国支部，中国四国・化学と工業懇話会(2002)
- (5) 静電気学会編：新版静電気ハンドブック，オーム社(1998)
- (6) 北川信一郎，河崎善一郎，三浦和彦，道本光一郎：大気電気学，東海大学出版会(1996)
- (7) 高分子学会編：静電気ハンドブック，地人書館(1971)

(2002.12.18 (社)西日本プラスチック製品工業協会での講演内容)

お問合せ先(大阪府立産業技術総合研究所 生産技術部 生活工学グループ 山本 貴則 氏、
電話番号: 0725-51-2579)