

宇宙線 μ 粒子を用いた植生質量の推定方法に関する研究

日本大学大学院 学生会員 ○西端 健 学生会員 川添 貴史
正会員 坪松 学 非会員 境 孝祐

1. はじめに

地球の環境は、植生の環境調整機能により大気中の二酸化炭素の吸収や蒸散作用で自然にコントロールされているが、植生が減少するにしたがいこの機能の効果が弱まりつつある。そこで、植生環境や植生量を調べ、人間の手による植生環境の再建をすることは、地球上に生きる人間にとって当然すぎるテーマである。

現在、衛星データ（Landsat）を利用して森林の表面積や樹木の種類などの測定がなされている。しかし、広域な面積の樹冠部における単位面積当たりの植生質量（上空から見た時の深さに対する情報）を調べることは不可能である。そこで、大気頂上から降り注いでいる宇宙線 μ 粒子を利用して樹木の葉の質量を推定することが出来れば、衛星データでは知ることの出来ない樹冠部の植生質量を測定することが出来る。

本研究では、電荷を持つ宇宙線 μ 粒子が、物質を通過する際に物質中の電子との相互作用によってエネルギーを失い物質に吸収されることを利用する。図—1のように、 μ 粒子が樹木に降り注いだ時、 μ 粒子の一部は樹木の葉に吸収される。その μ 粒子の減衰量を測定し樹木の葉や枝の単位面積当たりの質量を知ることがを試みる。そのための基礎データとして、水に対する μ 粒子の吸収に関する実験を行い、それを用いて樹木の葉の単位面積当たりにおける植生質量の推定を行った。

2. μ 粒子の観測及び実験方法

植生量を計測するには、 μ 粒子が吸収される度合いが必要である。そこで植生の代わりに水の質量を変化させ μ 粒子の水に対する吸収係数 k を調べた。 k を求めるための実験の概略図を図—2に示す。本実験では、直径10cm、長さ40cmの円筒形の比例計数管を3本並列に並べたものを一組とし、これを1つの検出器とした。実験は、図—2のように検出器Aを上部に、Bを下部に配置して、AとBの両方を通過した μ 粒子だけをカウントする（コインシデンス）方法を行った。CとDの場合も同様で、CはAに、DはBに対応した関係である。ここで、比例計数管の間隔 H は過去のデータ（ $H=100\text{cm}$ ）より $H=100\text{cm}$ の k の値が最も大きいことが分っているので採用した。2組のうち1組A—B間に試料（水）を置き、もう1組C—Dは試料などによる宇宙線 μ 粒子の減衰が起きない状況下でのカウント数を計測するために設置した。そして、A—Bの μ 粒子のカウント数 N とC—Dの μ 粒子のカウント数 N_0 との比を取った。なお、植生を実際に計測するときはA—Bを植生（木）の下に設置し、設置場所を変え、2箇所（PとQ）において計測を行った。



図—1 観測方法

キーワード 宇宙線 植生質量 計測

連絡先 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科坪松研究室 TEL 047-473-2415

3. 実験結果

3-1 吸収係数 k の算定

一般に 粒子の物質中での吸収については、単位面積当たりの質量 X (g/cm^2) その物質における

粒子の吸収係数 k (cm^2/g) 粒子が試料を通過した後のカウント数 N 及び試料を通過する前のカウント数 N_0 との間には次式の関係が仮定される。

$$\frac{N}{N_0} = \text{Exp}(-kX) \cdots \cdots (1)$$

ケースの水の量を $0 \sim 30 \text{ g}/\text{cm}^2$ まで変化させて得られた図 3 の観測値に (1) 式を最小二乗法で当てはめた曲線が図 3 の実線で、これによって吸収係数 k (グラフの傾き) が求まり、 $k = 0.0059 \text{ cm}^2/\text{g}$ になる。しかし、今回測定する樹木の単位面積当たりの質量が微小であると予想したため、図

3 より水の単位面積当たりの質量を $0 \sim 4 \text{ g}/\text{cm}^2$ までの部分を用いた。これを図 3 の場合と同様最小二乗法で当てはめた曲線により吸収係数 $k = 0.0214 \text{ cm}^2/\text{g}$ となり植生量の推定にはこれを用いた。

3-2 植生量の推定方法

植生量の観測を検出器で行った結果は、表 1 のようになった。表中の dX (g/cm^2) は、粒子だけの統計誤差より推定した植生の推定質量 X に対する誤差のことであり、 dX は次式で求めた。

$$dX = \pm \frac{1}{k} \left| \frac{\frac{1}{N} \frac{dN}{N}}{\frac{1}{N_0} \frac{dN_0}{N_0}} \right| + \left| \frac{\sqrt{N_0}}{N_0} \frac{\hat{O}}{\hat{O}} \right| \cdots \cdots (2)$$

表 1 より 粒子によって求められた植生量と、実際に目測で樹木についている葉や枝の数を数え、葉や枝における 1 個体当たりの単位面積当たりの質量に掛けて、樹木の単位面積当たりの総質量を求めたもの (表 1 における実際の植生量) との差が、 dX より小さいことが分る。したがって、粒子を利用した植生量の推定は可能であると考えられる。

4. まとめ

植物資源を観測するための基礎データを収集することが出来た。また、今回の実験結果より、粒子を利用して単位面積当たりの植生質量を知ることは可能であったと結論できる。将来的には、ランドサットと併用すれば地球環境の温暖化に関する森林の二酸化炭素吸収量が詳しく把握できるのではないかと考えられる。

参考文献

- ・西山 樟生：日本物理学会誌 56 - 10749 (2001), 748.

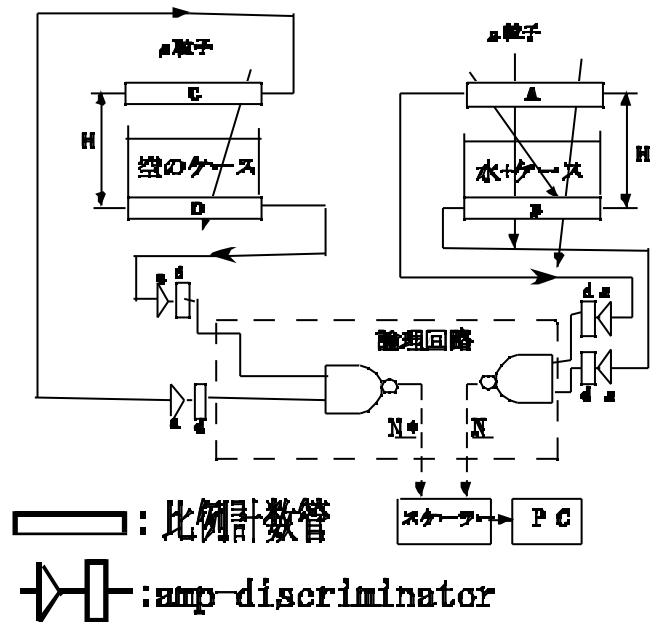


図 2 実験の概略図

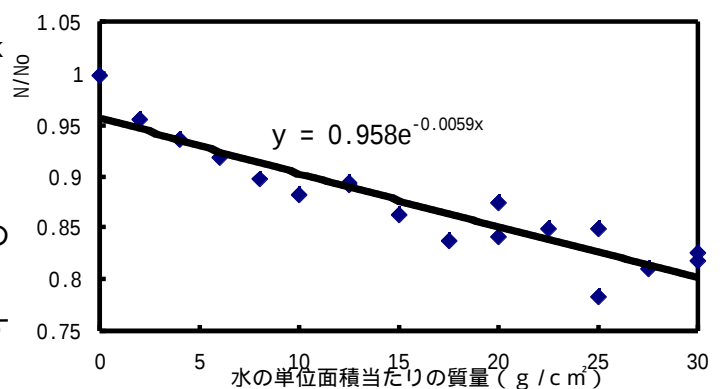


図 3 単位面積当たりの水の質量と宇宙線の計数

表 1 植生量の観測を検出器で行った結果

設置場所	実際の 植生量 (g/cm^2)	N/N_0	粒子に よる植生量 (g/cm^2)	統計による 誤差 dX (g/cm^2)
P	0.847	0.9745	1.10	± 0.46
Q	0.81	0.9783	0.92	± 0.27