

(II-47) 宇宙線を利用した積雪量の計測装置に関する研究

日本大学 学生会員 望月 直樹

日本大学 正会員 坪松 学

日本大学 境 孝祐

日本大学 学生会員 前田 利和

1.はじめに

積雪中の水分状態を知ることは、防災や利水の上で非常に有益な情報の1つである。本研究では水分状態を計測する手段として地表に降り注ぐ宇宙線中の μ 粒子を利用する事について検討を行った。宇宙線は、大気外から入射する高エネルギー粒子であり、大気原子核と衝突することによっていろんな種類の多くの数の粒子が発生する。その中で地上付近まで到達できるのは、 μ 粒子が大部分であり、そのため μ 粒子を利用することにした。ここでは、水に対する宇宙線の減衰に関する基礎実験を行い、積雪中の水分の観測について検討した。また本研究は、過去同様の観測規模を拡大して行ったものである。

2.実験方法

今回行った実験の様子を写真-1に示す。使用した実験装置は直径10 cm、長さ100 cmの比例計数管5本を並列に配置したものを1組とし計4本（それぞれをC、D、E、Fとする）と直径10 cm、長さ60 cmの比例計数管6本を並列に配置した2組（A、Bとする）を使用した。装置は、図-1のように計数管CD（置面積100 cm $\times$ 100 cm）とEFを上下に配置し、同様にAとBも上下に配置した。 μ 粒子は、地上付近ではあらゆる方向から入射してくるため μ 粒子が本当に試料を通過したかどうかを判断するために論理回路を用いる。ここでは、上方の計数管CDと下方のEFを同時に通過したものだけを取り出してその出力をスケーラでカウントしパソコンで記録する（A・Bも同様である）ようにする。今回の実験では、計数管の間に試料（今回は水のみ）を挟み、試料の質量変化による μ 粒子の減衰について調べた。ここで μ 粒子の減衰が大気や μ 粒子自身の変動ではなく試料に確かに吸収されたことを示すために、試料を挟んでいる計数管（今回はCD・EF）を同時に通過した μ 粒子のカウントと、試料を挟まない計数管（CD・EFを使用するのが理想的であるが、今回はA・Bを使用した）を同時に通過した μ 粒子のカウントを比較することによって求めた。

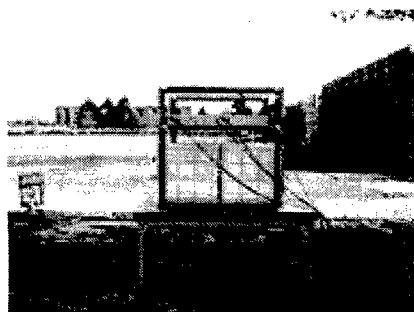


写真-1.実験風景

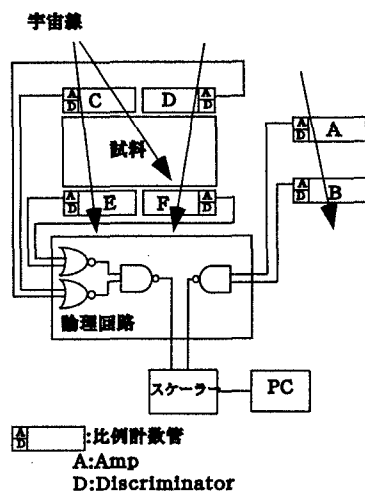


図-1.実験装置の概略図

キーワード 宇宙線 積雪 計測

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 047-474-2415

3.吸収係数 k

図-2 は一例として計数管の間隔を 120cm、負荷電圧を 2500V とし、試料となる水の量を変化させたときの μ 粒子の減衰の関係を示したもので、横軸に水の単位面積あたりの質量 (g/cm²)、縦軸に μ 粒子の通過率の対数を示してある。一般に、物質の単位面積あたりの質量 X、その物質の μ 粒子の吸収係数 k、その物質を通過した μ 粒子のカウント数 N および計数管の間に何も物質がない場合のカウント数 N_0 との間には、次のような関係がある。

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

N、 N_0 を X の関数として計測し、この関係式よりいくつかの条件のもとで水の吸収係数を求めていく。ここで N_0 の値として、AB (間隔は一定で 70 cm) の計数を用いた。

4.実験結果

μ 粒子のカウント数は、計測時間や計数管の間隔、計数管に負荷させる電圧などにより変動する。そこで今回は最も積雪量の計測に適した計測方法を知るために、計数管の間隔と負荷電圧のをいくつか変えて実験を行った。

ここで最適な計測方法を評価する手段として、計測の誤差について考えていく。試料の計測誤差は以下のように求めた。すなわち、 μ 粒子の観測から試料の単位面積あたりの質量を求めるために(1)式を書き換えて

$$X = \frac{\text{Ln}\left(\frac{N}{N_0}\right)}{k}.....(2)$$

を得る。ここで N、 N_0 における統計誤差を求めそれから X に対する誤差 ΔX を評価する。ここで、 ΔX は、次式の通りである。

$$\Delta X = \frac{1}{k} \left\{ \left| \frac{\Delta N}{N} \right| + \left| \frac{\Delta N_0}{N_0} \right| \right\}.....(3)$$

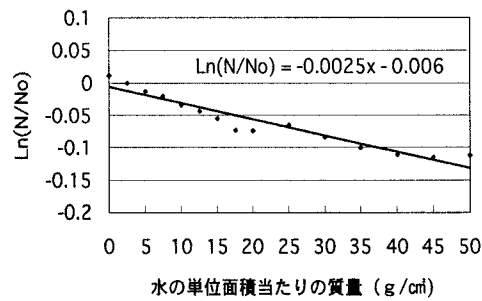


図-2.ケース 1 の水の吸収曲線

ケース	電圧(V)	間隔 (cm)	吸収係数	誤差(g/cm ²)
1	2500	120	0.0025	2.91
2	2700	120	0.0026	2.74
3	2300	120	0.0040	2.95
4	2500	140	0.0026	3.00
5	2500	70	0.0050	1.29

表-1.実験結果

表-1 に観測時間を同じにした場合の結果を示す。表-1 よりケース 1 を基準にして考えると、誤差が生じやすいのは、間隔を大きくとり、電圧を低くするときである。またケース 5 のように間隔を小さくすると吸収係数が大きくなり試料に吸収される宇宙線も多くなるので、試料の質量変化もわかりやすくなる。また立体角も大きくなるのでカウント数也多くなりその結果、誤差が小さくなるといえる。

5.まとめ

以上のように μ 粒子の試料 (水) に対する吸収の実験から、水の質量の推定に関する基礎的データを得ることができた。今後は、この結果を応用して実際に積雪中の水分量を推定していきたい。