

(VII-43) 宇宙線中の μ 粒子を利用した斜面積雪質量の計測方法に関する研究

日本大学 学生会員 川添 貴史
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 望月 直樹

1.はじめに

積雪質量を知することは、防災や利水の上で非常に有益な情報の1つである。本研究では積雪質量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、大気の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 μ 粒子の減衰に関する基礎的実験を行い、積雪質量の観測について検討する。従来は、鉛直方向の μ 粒子を利用して積雪量を計測してきたが、今回は、山の斜面での積雪の観測を想定し、斜方向の μ 粒子に対する水の吸収係数を求めた。今後は、山岳地帯の斜面で積雪質量を長期的に観測する予定である。

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組（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とEF（置面積100 cm $\times$ 100 cm）を平行に配置し、同様にAとBも平行に配置した。

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ー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 粒子のカウント数 N 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 粒子のカウント数 N_0



写真-1.実験風景

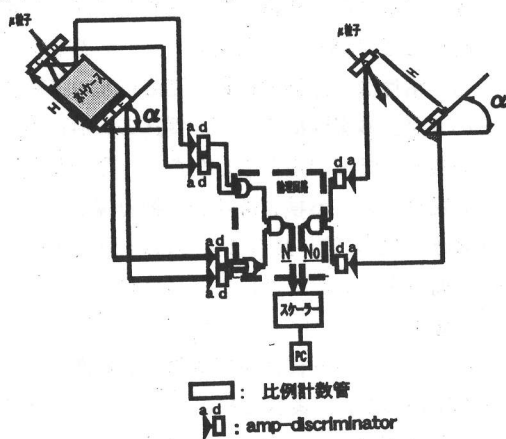


図-1.実験装置の概略図

キーワード 宇宙線 積雪量 比例計数管

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 TEL047-474-2415

を比較することによって求めた。

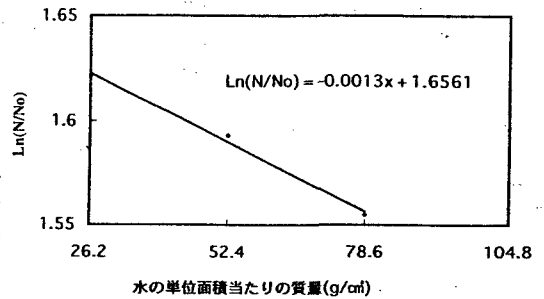
3. 吸収係数 k

図-2 は計数管 CD と EF の間隔を 150cm、比例計数管への負荷電圧を 2600V 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 N/N_0 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。

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

図-2. ケース 1 (傾斜角 $\alpha = 30^\circ$) の水の吸収曲線



N 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 150cm) の計数を用いた。

4. 実験結果

今回は山の斜面での積雪量の計測に適した計測方法を知るために、計数管を斜方向に設置して実験を行った。

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

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

ケース	傾斜角 α (度)	吸収係数	誤差 (g/cm ²)
1	30	0.0013	9.778
2	45	0.0016	9.782
3	15	0.0017	6.704

表-1. 実験結果

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。

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

表-1 に観測時間を同じにした場合の結果を示す。この表によると、傾斜角 α (図-1 参照) が小さい方が試料の質量変化の誤差が少ないことが分かる。これは、傾斜角 α が小さい方が μ 粒子のカウント数が多くなりその結果、誤差が小さくなるからである。

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質量を推定していきたい。