宇宙線μ粒子を用いた山岳地帯における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
正会員　坪松　学　今野　誠　　非会員　境　孝祐

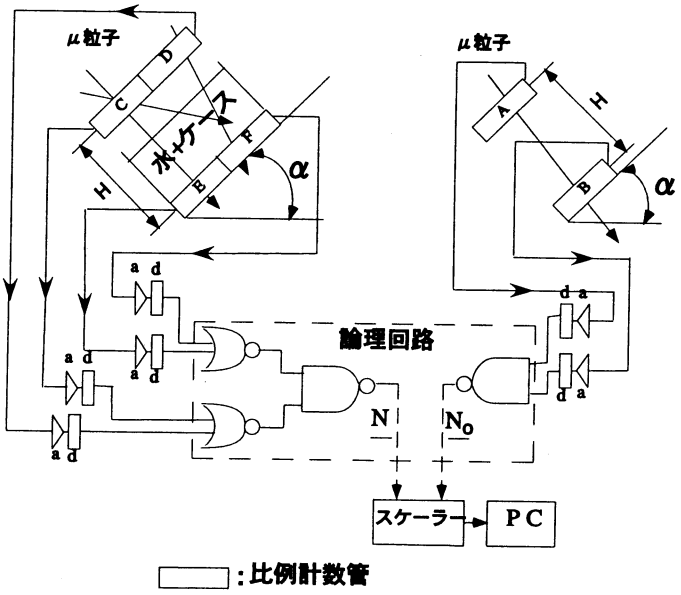
1.はじめに

地表面の積雪質量を知ることによって、水資源や融雪災害に関する重要な情報を得ることができる。又、一般に積雪深に関しては比較的容易に知ることが可能であるが、深さによって密度の異なる積雪の質量を知ることは容易ではない。そこでわれわれは宇宙線μ粒子を利用して、積雪質量の観測方法について数年来研究を行ってきた。原理的には、宇宙線μ粒子が物質中を通過することによってμ粒子のエネルギーが物質に吸収されることを利用するものである。我が国の主な積雪域には、多くの山岳斜面も含まれているので、斜面での積雪量の計測に関して検討をした。又、斜面ではなく、平地の場合について実際に、多雪地帯である新潟県八海山山麓で積雪質量に関する計測を行った。

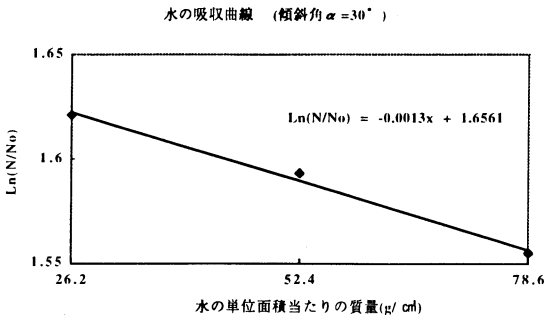
2.斜面を想定した基礎実験

積雪質量を推定する前に水によってμ粒子が減衰される割合を調べる必要がある。その割合を水の吸収係数kとし、kを求めるための実験を図—1に示す。実験装置は直径10cm、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C,D,E,F とする)と直径10cm、長さ60cmの比例計数管6本を並列配置した2組(A、B とする)を用いた。実験は図-1の様に計数管CDとEFの間に試料(今回は水のみ)を挟み、試料を通過したμ粒子の数と水の単位面積当たりの質量(g/ cm^2)との関係を調べた。

又、μ粒子は、地上付近では様々な方向から入射して来るためμ粒子が本当に試料を通過したかどうかを知る必要がある。そこでEFの上にCDを配置し、CDとEFが同時に信号を出すときのみ検出する同時放電法により試料を通過したμ粒子のみを検出した。またAとBの組には、試料を置いていないが、これはA・Bの計数の変化が試料に入射する前のμ粒子自身の気圧等による変化ではなく、確かに試料により吸収されて変化したものであることを示すために設置してある。本研究では、このCD・EFとA・Bの計数の比をとることで試料に吸収されるμ粒子の割合を吸収曲線で示している。



図—1　実験の概略図



図—2　水の吸収曲線

キーワード　宇宙線　積雪質量　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 047-473-2415

2—1.吸収曲線

一般にμ粒子の物質中での吸収ついては、単位面積当たりの物質の質量 X,その物質におけるμ粒子の吸収係数 k,物質を通過する前のμ粒子のカウント数 No,および通過した後のカウント数 N との間に、次式の関係が仮定される。

$$\frac{N}{No} = Exp(-kX)...(1)$$

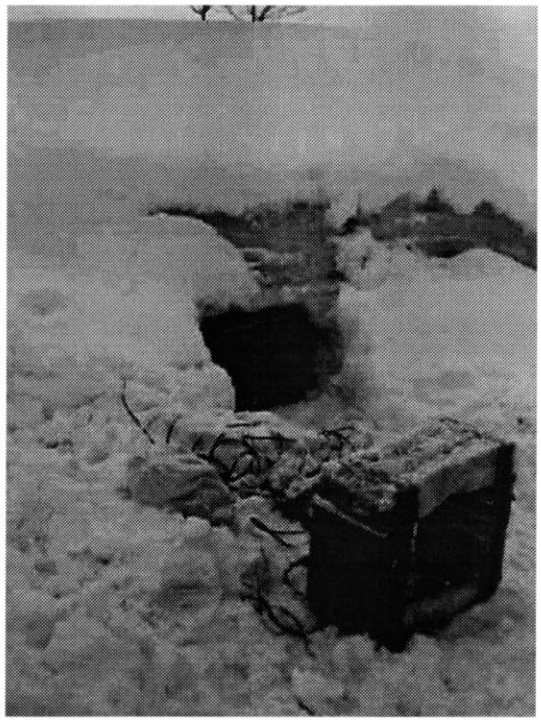
又、今回は、山の斜面での積雪量の計測に適した方法を知るために、計数管を傾斜させて(図—1にける傾斜角αを 15°、30°、45°と変化させた)、それぞれの傾斜角の場合において水の単位面積当たりの質量を変化させNとNoを観測した。その結果(傾斜角α=30°の場合)を図-2 に示す。図中の黒点は実験値でこれに(1)式の関係式を用い最小二乗法で吸収係数を求めるとk=0.00/gとなる。また検出可能な水の単位面積当たりの質量 dx とμ粒子のカウント数Nとの関係は(1)式より

$$dX = \frac{1}{k}\left\{\left|\frac{\Delta N}{N}\right| + \left|\frac{\Delta No}{No}\right|\right\}\cdots\cdots(2)$$

となりその計算結果を表-1 に示す。この表より読みとると1時間当たりの水分変化が 10 g/cm² 程度あれば検出が可能である。

表—1　斜方向基礎実験結果

α(°)	k(g/cm²)⁻¹	N(counts/hr)	dx(g/cm²)
15	0.0017	86186	**6.704**
30	0.0013	63962	**9.778**
45	0.0016	42670	**9.782**

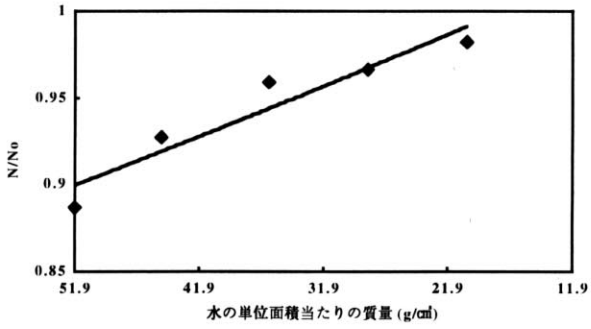


写真—1　観測風景

3.積雪質量の予備観測

観測は、新潟県八海山山麓標高約 1000m付近で行った。実験装置は、運搬のし易さを考慮して直径10cm、長さ 40cm の小型比例計数管 3 本を並列に配置したものを 1 組とし計 4 個(それぞれ A,B,C,D とする)を用い、計数管 CD を積雪の下に計数管 AB を積雪のない場所に置いた(今回は、平地の場合で実験を行った。)。写真—1 はそこでの観測風景である。

観測した一例を図—3 に示す。積雪質量は水等量で約 50(g/cm²)であった。これはそれぞれ短時間の観測によるものであるが、変化量が大きいことから十分識別されていることがわかる。



図—3　積雪質量観測例

4.まとめ

われわれが観測している地域では、3月の終わりの時点で積雪深は2mを超え今後さらに数回の観測を行う予定である。今までの観測から積雪が数メータになるような地域では、融雪期に積雪深 20cm程度の変化毎に観測することにより比較的容易に積雪質量変化（融雪量）を知ることができると思われる。