

Ⅱ-61

宇宙線を利用した積雪状態の観測について

日本大学 正会員 ○坪松学、今野誠、境孝祐
清水豪晴、藤崎優、久保田亮二

1. まえがき

地球に降り注ぐ宇宙線を利用して、自然災害や水資源に関する情報に必要な、地表の積雪状態の僅かな変化を識別する方法について検討を行なった。宇宙線を用いることは従来の人工放射線の利用に比べ危険性や法的規制もなく改めて放射線源を求める必要もない。原理は物質中を通過する宇宙線粒子のエネルギーの減衰を利用し、物質の上下に置かれた宇宙線検出装置を通過する数の違いからその間の質量やその変化を予想するものである。また対象とする宇宙線のエネルギーが大きければほとんど通過し、小さければほとんど吸収され、僅かな質量の違いの識別するには適当なエネルギー分布を持った粒子が必要で、 μ 粒子の利用を考えた。昨年この学会で物質の種類や質量の違いによる μ 宇宙線の吸収特性に関する基礎的な実験結果を表した。今回はより効率的な宇宙線検出装置を作成し実際のフィールドでの観測を行なった。

2. 実験方法

検出器の構成および積雪域での観測状況の写真を図-1に示す。A、Bはそれぞれ上下に宇宙線検出管を持つ検出装置で、Aは積雪による吸収を、Bは宇宙線の自然変動のチェックする。いずれも上部、および下部を同時に通過した宇宙線の数に計数される。また写真は新潟県八海山麓標高約300mでの観測状況の一例で、上下検出管の間隔は300~700mm、検出管面積は300×400mmである。

3. 検出に必要なカウント数

積雪密度状態の違いを計測するのに重要な要素は識別の精度とそれを得るための必要なカウント数で、精度とカウント数の間には関係がある。ここでは妥当なカウント数を次のように求めた。

先ず図-2に示す雪の質量と宇宙線の減衰の観測データから、物質質量 X 、吸収係数 μ 、計数管の間に物質がない場合の宇宙線のカウント数 N_0 、ある場合を N として

$$N = N_0 \cdot \exp(-\mu \cdot X) \cdots \cdots (1)$$

の関係式から吸収係数を求める。

計算結果吸収係数は $\mu = -0.0036 \text{ m}^2 / \text{kg}$ であった。

つぎに必要な最低のカウント数は統計誤差を考慮して単位面積当たりの質量が ΔX だけ変化すると

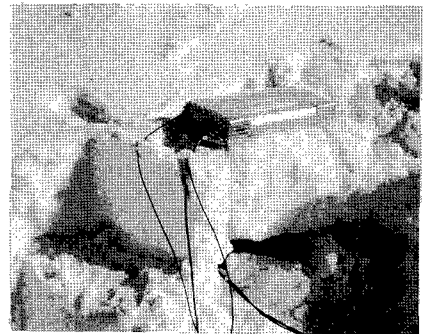
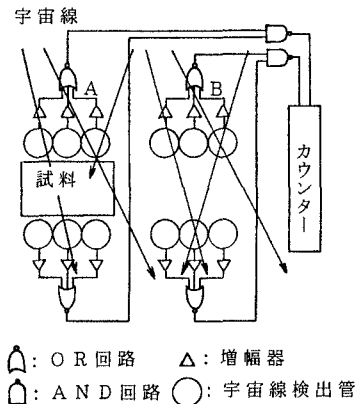


図-1 上段は検出装置の構成
下段は実測風景

積雪量、融雪量、計測、宇宙線

〒275-8575 習志野市泉町1-2-1 TEL 0474-74-2451 FAX 0474-74-2449

$$N + \Delta X = N_0 \cdot \exp(-\mu \cdot (x + \Delta X)) \quad (2)$$

(2) 式を (1) 式で割り、 $|\mu \cdot \Delta X|$ が 1 に対し十分小さいとき $1 + \Delta N/N = 1 - \mu \cdot \Delta X$ $\therefore \Delta N/N = -\mu \cdot \Delta X$
統計誤差を $\sqrt{N}$ とし、 ΔX の物質を検出するには安全率をみて $\Delta N = 3\sqrt{N}$ 程度必要とすると

$$N = (3/\mu \cdot \Delta X)^2 \quad (3)$$

となり図-3 の関係式を得る。

この図から例えば 20 グラム程度の積雪に対して 4 グラム、つまり 20 % の違いを識別するには約 40000 カウント程度必要なことが分かる。

以上の結果から、密度が小さい新雪期や積雪が少ない場合には、僅かな融雪や降雪による数グラム程度の積雪質量の変化をこの程度の面積の検出装置でも 30 分程度の観測で十分識別できる。しかし深い積雪域での変動の観測は、通過する質量の増加の他、上下の検出管の間隔が広いことから立体角が小さく通過する宇宙線の数が少ないため、一定のカウント数を得るためには長い時間観測するか検出装置の面積を大きくする必要がある。また一つの観測装置ではその検出管の間の垂直状況しか知ることが出来ないが、場所毎の積雪状態の違いの影響を出来るかぎり小さくするため上下の検出管を左右にずらし、その間の平均的な値を求めることも考えられるし、上部検出管による下部検出管への積雪の減少を避けることもできる。

検出管を上下左右にずらし、間隔を変えたときのカウント数について実験により調べた結果を図-4 に示す。

上段は上下の検出管の間隔を 90 cm とし上下検出管を左右に平行のずらした幅を横軸に、そのときのカウント数を縦軸に示し、また下段は上下検出管の間隔を変えたときの値である。

4. 結論

積雪は深さにより密度状態が大きく異なり、したがって表層を見ただけでは内部の密度状態を知ることは出来ない。宇宙線を利用することにより積雪質量や降雪や融雪による僅かな質量の変化を識別することができる。このことは水資源としての積雪量や、現在の流出状況を知る重要な情報となる。

代表的な場所をモニタリングポストとして、そこでの値の変化から広い範囲での積雪の状態を知ることができると思われ、今後積雪期にこれらのことについてさらに観測を続ける予定である。

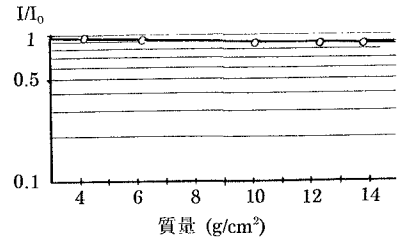


図-2 積雪質量と減衰量の関係

I : 積雪通過カウント数

I₀ : 積雪がない場合のカウント数

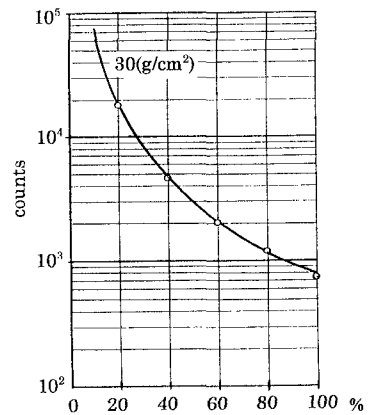


図-3 30 g の質量に対する識別、変化量と安全率を考慮した計測カウント数

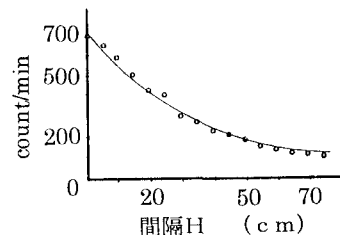
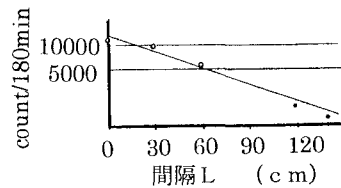


図-4 上段横軸は間隔90cmの検出管を左右に、また下段は検出管間隔を変えたもので、縦軸はいずれもカウント数