

II-127 人工ガンマ線源 Cs-137 を用いた積雪水量の推定に関する実験的研究

北見工業大学大学院 学生員 中 野 誠二郎
 北見工業大学工学部 正 員 佐 渡 公 明
 北見工業大学大学院 児 島 正 洋
 北見工業大学工学部 正 員 海老江 邦 雄

1 はじめに 積雪を利雪の視点から見ると、特殊な形で貯留された水資源とみることができる。この水資源としての積雪を有効に利用するためには、積雪水量(SWE, Snow-Water Equivalent)を推定することが必要条件となってくる。リモートセンシングの方面から γ 線の性質を利用し積雪の状態を乱すことなく、この積雪水量を算出する実験について述べる。

2 積雪水量遠隔測定法(γ 線積雪水量計) この測定原理は γ 線が物質に吸収されるとき、その質量吸収係数の値が物質の相の形、すなわち密度によらないことを利用し、積雪を通過してくる γ 線の強度の減少を測って積雪水量を求めようとするものである。 γ 線強度の物質による減衰式は

$$N = N_0 \cdot \exp(-\mu d) \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。ここで N_0 は吸収物質がないとき($d=0$)の γ 線強度、 N は厚さ d の物質を通過した γ 線強度であり、 μ は吸収係数である。上式を利用し積雪水量を求める式を導くと

$$H_w = (\ln N_0 - \ln N) / k \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。 H_w は積雪の密度に積雪深をかけたもの(ρd)、すなわち積雪水量となり、 k は吸収係数を積雪の密度で割った水の質量吸収係数(μ/ρ)である。 N_0 と k が既知であれば、 N を測定することによって H_w がわかるというものである。実際には H_w と $\ln N$ との間に検定直線を定める。

3 実験方法 実験に用いた実験装置の概要を図1に示す。実験はI(γ 線源Cs-137, 1.13MBq)がII(吸収体試料容器)内の吸収体を通過し、吸収されなかった γ 線がV(γ 線測定器ソフтвер、ハイコン製3" $\phi \times 3$ " NaI(Tl)結晶)の検出器によって検出される。その過程で散乱を起こした γ 線を検出しないように検出器の前にIV(鉛製のコリメーター)を置き、 γ 線を細いビーム状のようにし、吸収されなかった γ 線のみを検出するようにした。検出された γ 線はV(γ 線測定器ソフтвер-ソфтвер)のスペクトル分析器によって波形分布を示す。その波形分布から光電光果を示す波形分布に対して半値幅(FWHM)にわたる総カウント数を γ 線強度 N とした。その際、線源がないとき自然に入射するバックグラウンドはあらかじめ測定しておき、 γ 線強度から差し引いたものを実験値とした。

4 実験結果

4.1 水の質量吸収係数の決定 水深を0 cmから50 cmまで5 cm 毎に変え、その時の γ 線強度 N を測定し、この11個のデータから回帰直線を求めたものを図2に示す。このときの回帰式(相関係数 $r=0.9998$)の傾きから水の質量吸収係数 $k=0.0808 \text{ cm}^2/\text{g}$ となる。また、縦軸の切片は吸収体がないときの γ 線強度 $N_0=3.55 \times 10^5$ (counts/30min)となる。ゆえに、式(2)は以下ようになる。

$$H_w = (12.78 - \ln N) / 0.0808 \quad \dots\dots\dots (3)$$

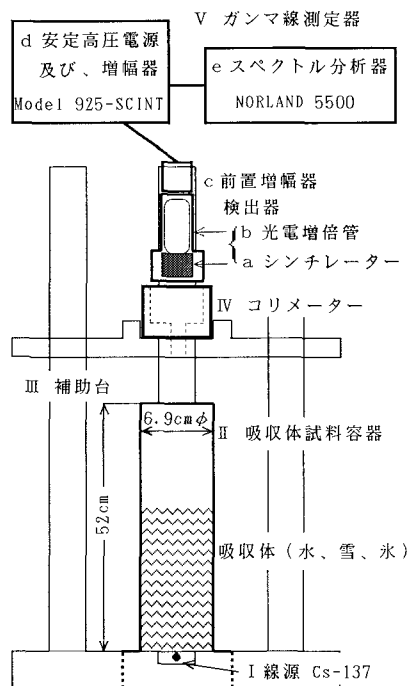


図1 ガンマ線測定装置

4.2 積雪水量測定 氷、ざらめ雪、新雪とさまざまな密度における積雪試料をそれぞれ、深さ10、20、30、40、50cmに詰め、 γ 線強度を測定し、(3)式から積雪水量 H_w を求めた。その結果を表1に示す。積雪水量の実測値は積雪試料の重量と平均断面積から求めた。図3において実測値と計算値の比較をすると、ほぼ45°の直線上にあることが示されている。

5 考察 実験結果により水の質量吸収係数 $k=0.0808$ (相関係数 $r=0.9998$)と得られた。この k の信頼性を確かめるため、別途に、水の場合の実験をし、実測値と計算値の比較を行った(表2参照)。相対誤差は $\pm 2\%$ 内に収まっている。表1から積雪水量は、氷、ざらめ雪とも相対誤差が $\pm 5\%$ 以内に収まっている。しかし、氷を見ると全て負の傾向を示している。考えられる原因としてメスシリンダー内で水が凍る際、周りから凍っていき、中心に気泡が集まる。メスシリンダーの中心は γ 線の通り道であり、気泡によって、 γ 線が吸収されにくく、よって N が大きく、計算値の方に低い結果がでてきたと思われる。また、新雪において30cmまでの所で相対誤差が非常に高くでてきた。メスシリンダーの中心付近で密度が大きく γ 線が吸収されやすく、相対誤差が大きくなったと考えられる。新雪の充填方法において、改善しなくてはならない。

表1 積雪水量の測定結果

	深さ (cm)	実測値 (cm)	密度 (g/cm ³)	N (c/30min)	計算値 (cm)	相対誤差 (%)
氷	10	9.022	0.902	175918	8.739	-3.127
	20	18.07	0.900	85451	17.68	-2.202
	30	27.22	0.907	43721	25.97	-4.589
	40	36.07	0.902	20506	35.34	-2.032
	50	44.84	0.900	10025	44.20	-1.432
ざらめ雪	10	5.270	0.527	230855	5.376	2.011
	20	10.07	0.503	158702	10.01	-0.536
	30	14.94	0.498	108004	14.78	-1.098
	40	20.31	0.508	67660	20.62	1.511
	50	24.71	0.494	49844	24.35	-1.481
新雪	10	2.598	0.260	276290	3.152	21.32
	20	3.572	0.179	254351	4.176	16.91
	30	4.487	0.150	219155	6.019	34.14
	40	5.512	0.138	222322	5.842	5.987
	50	9.159	0.183	165989	9.458	3.265

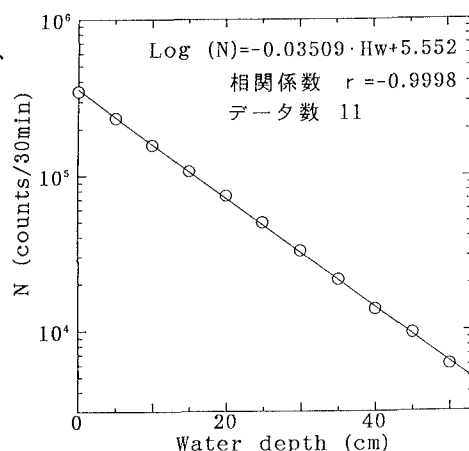


図2 水の質量吸収係数

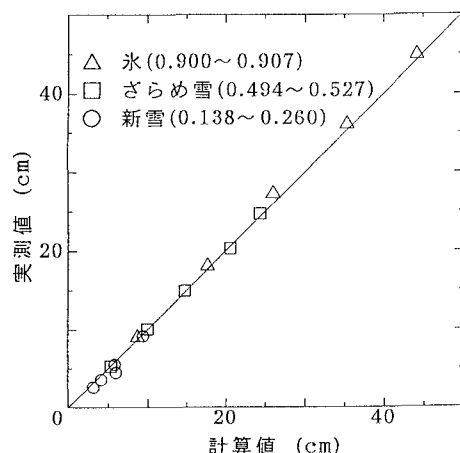


図3 実測値と計算値の比較

表2 質量吸収係数 k の信頼性

	実測値 (cm)	N (c/30min)	計算値 (cm)	相対誤差 (%)
水	6.92	201331	7.07	-2.122
	17.02	91970	16.77	1.491
	26.80	41472	26.62	0.676
	36.90	17046	37.63	-1.940
	47.00	7966	47.04	-0.085

(謝辞) 本研究は平成5年度財団法人北海道河川防災研究センターの研究助成を受けて遂行された。ここに期して感謝する。

- 参考文献 1) Elmer L. Offenbacher and Samuel C. Colbeck : Remote Sensing of Snow Covers Using the Gamma-Ray Technique, CRREL REPORT 91-9, 1991.
 2) 小川 岩雄著: 放射線, コロナ社, 1992.
 3) 東 晃著: 寒地基礎論, 古今書院 pp97-102, 1981.
 4) 関口 晃著: 放射線測定概論, 古今書院 pp97-102, 1981.