

II-9

降雪時の粒径分布及び誘電率に関する研究

長岡技術科学大学大学院 学生員 ○中本聖一郎  
 長岡技術科学大学大学院 学生員 桜庭孝一  
 長岡技術科学大学建設系 正 員 小池俊雄  
 長岡技術科学大学建設系 正 員 後藤 巖  
 (財)河川情報センター 正 員 山口高志

1. まえがき

降雪量は災害としての雪崩、社会活動に関わる除雪、水資源としての融雪水等において重要な水文量である。近年、レーダーの全国的な配備により降雪量の時間的・空間的分布の観測が可能となってきた。本研究ではレーダーで降雪粒子を観測する際に問題点となる雪粒子の粒径分布、落下速度、誘電率の影響を1989年1月から3月の観測結果より検討した。

2. レーダーによる降雪観測

レーダー方程式は式(1)で表され、レーダー定数 Cは式(2)で示される。また、降雪粒子の粒径分布を指数関数的に定めるとレーダー反射因子 Zと降雪強度 Rの関係は一般に式(3)で表される。一方、Z,Rは降雪粒子の粒径を Dとすると粒径分布N(D)と落下速度v(D)を用いて式(4),(5)で求められる。

$$P_r = CKF \frac{Z}{r^2} \quad (1) \quad Z = BR^\beta \quad (3)$$

$$C = \frac{P_t A G_t h \pi^4 \theta^2}{2^7 \lambda^4} \left| \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right|^2 = \alpha \left| \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right|^2 \quad (2) \quad R = \frac{\pi}{6} \int v(D) D^3 N(D) dD \quad (4)$$

$$Z = \int D^6 N(D) dD \quad (5)$$

ここに、 $P_r$ : 受信電力,  $F$ : 補正係数,  $K$ : 減衰係数,  $\epsilon$ : 雪の誘電率,  $r$ : 距離,  $B, \beta$ : 定数

従って、レーダーによる降雪強度の観測には誘電率を含むレーダー定数 C, 粒径分布N(D), 落下速度v(D)の特性を明らかにする必要がある。ここで、落下速度 v(D)に関しては、村本ら<sup>1)</sup>や村山<sup>2)</sup>により降雪時の映像の画像処理からその特性が示されており、本研究では粒径に対する落下速度の違いが明瞭でないことから、得られた値を平均化し、v(D)=1(m/s)とした。そして、下記に示すように、粒径分布、レーダー定数の特性を調べた。

3. 粒径分布観測

粒径分布観測は長岡技術科学大学屋上において、1989年1月14日～3月8日の期間の各降雪毎に行われた。計測法としては、ピロード布を張り付け1cm毎にメッシュを入れた40cm×30cmの板を低温室(-20°C)で冷やしておき、降雪時に持ち出して板上に落下してくる雪を30秒間捕らえ、接写した。得られた各降雪時の3～5枚の写真から、雪粒子の長径、短径をメジャー計量して集計した。同時に、-20°Cで冷やした灯油中に降雪粒子を直接取り込み、実体顕微鏡で撮影したものを写真1,2に示す。

粒径分布観測より得られたヒストグラムの一例を図1,2,3に示す。これによると長径分布に関しては、「あられ」、「雪」、「あられ+雪」のどの場合においても0.8mm前後及び1.4mm前後にピークが見られる。面積分布に対しても8mm<sup>2</sup>までの範囲に対し、ほぼ同様な結果が得られている。最も大きな特徴の違いとしては、長径分布に関してはその範囲が「雪」、「あられ+雪」の場合、最大14mm当りまでであるのに対し、あられでは4～5mmまでしかなく、面積分布に対しても同様に前者はその分布の範囲が広く、後者は狭いということである。ただし、落下中の降雪粒子密度以下の計測は困難であるため以下の考察は体積的な取扱いにとどめる。

4. 考察

粒径分布観測より得られた結果の内の12ケースに対し式(4),(5)よりR,Zを算出した。その結果を表1,図4に示す。これより雪質毎に式(3)の適合性がよいことが示され、「あられ」に対してはB=2333,  $\beta=1.6$ 、「雪

」に対しては $B=2183$ ,  $\beta=2.2$ が得られた。「あられ」と「雪」で $R-Z$ 関係に違いがみられるのは図1,2の矢印に示すように「あられ」では「雪」にみられるような大粒径の粒子が存在しないためであると考えられる。ここで、No.11（分類上「雪」に属す）は小さな雪粒子が支配的で、図2に示すような大きな雪粒子が存在していないため、図4のように $R-Z$ 関係は「雪」→「あられ」にシフトしている。また、「あられ」は雪片に雲粒が付着して成長したものであり、一方「雪」は多数の雪片が立体的に結合したもので、誘電率は写真1,2の粒子構造の違いによって変化すると考えられる。従って、レーダーによる降雪観測の実用化のためには、先に述べた雪質の違いによる粒径分布特性を考慮すると共に誘電率に関する基礎的研究が必要であると思われる。

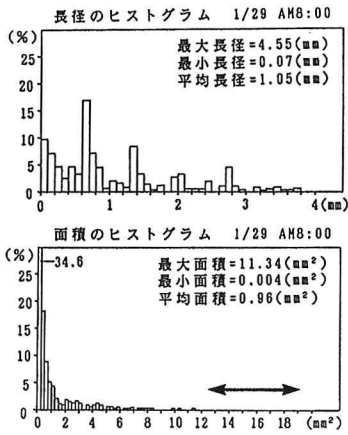


図1. あられの場合のヒストグラム

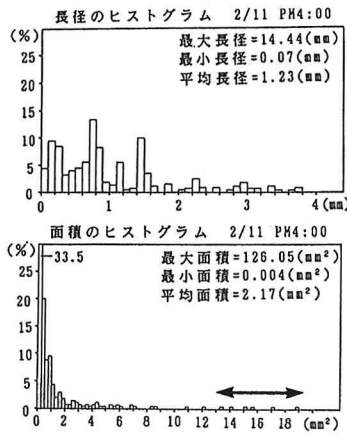


図2. 雪の場合のヒストグラム

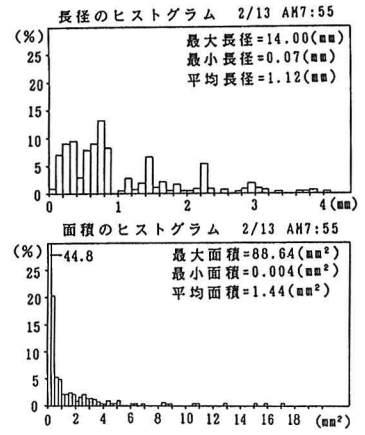


図3. あられと雪の場合のヒストグラム

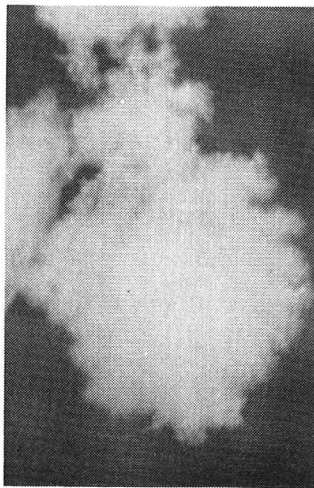


写真1. あられ粒子

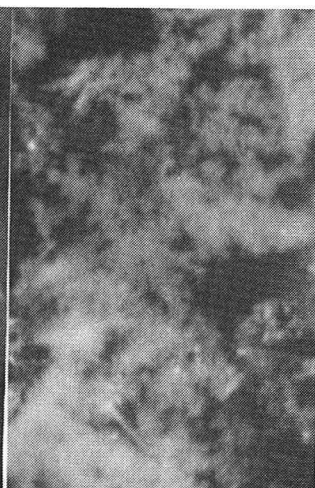


写真2. 雪粒子

表1. 観測結果より求めたR, Zの値

No.	観測時間	雪質	R(mm/h)	Z(mm <sup>6</sup> /m <sup>3</sup> )
1	1/27 PM. 8:00	雪	75.91	60,893,148
2	1/29 AM. 8:00	あられ	10.32	233,393
3	1/29 AM. 9:20	あられ	34.13	783,214
4	2/ 2 PM. 5:00	あられ	8.48	55,889
5	2/ 4 PM. 3:25	あられ	153.85	4,836,800
6	2/ 4 PM. 7:05	あられ	85.12	4,635,740
7	2/11 PM. 4:40	雪	89.44	68,921,987
8	2/12 AM.11:45	雪	15.56	831,975
9	2/13 AM. 7:55	あられ雪	75.76	51,110,283
10	2/13 PM. 2:55	あられ雪	73.65	10,620,850
11	2/13 PM. 5:00	雪	213.80	25,950,533
12	3/ 8 PM. 3:50	雪	125.63	53,893,400

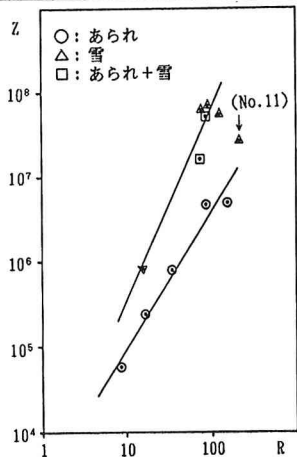


図4. 降雪粒径分布より求めたR-Z関係

謝辞 本研究は河上記念財団研究助成「降雪量分布のモデル化に関する基礎的研究」(代表: 小池俊雄)による。

参考文献 1)村本健一郎・椎名徹・成瀬敏行・上野真一・北野孝一・増山敏之・若浜五郎・遠藤辰雄・小西啓之: 画像処理による降雪雪片の大きさと落下速度の測定, 昭和62年度雪氷学会予稿集, p.449,1987. 2)村上実: 一次元イメージセンサーによる雪片落下速度計, 昭和63年度雪氷学会予稿集, p.132,1988.