

II-6 降雪粒子の特性を考慮したZ-R関係

長岡技術科学大学 学生員○平賀 雅彦
フジタ工業(株) 中本聖一郎
長岡技術科学大学 正 員 小池 俊雄
長岡技術科学大学 正 員 後藤 巖

1.はじめに

レーダーにより降雪粒子を観測する際に問題となるのは、降雪粒子の粒径分布、形状、落下速度、密度、散乱断面積及び複素比誘電率等である。これらの内粒径分布及び形状については、中本ら^{1), 2)}の研究によりその特性が示されている。本研究では、冬期において降雪粒子の直接観測を継続して行い、残された問題点の内落下速度、密度について明かにし、これらの降雪粒子の特性を考慮したZ-R関係を求めた。

2.観測の概要

粒径分布観測は、中本らの方法に準じピロード板に降雪粒子を直接捕らえる方法で行った。またこれらの捕らえた粒子を、融解・再凍結させ質量を計り密度の算定を行った。降雪粒子の落下速度は、長岡技術科学大学屋上に観測装置を設置し降雪粒子をビデオ撮影し解析した。同時に電子天秤により降雪強度も実測した。

3.結果と考察

(1) 落下速度：落下速度を観測した降雪のうち、「雪片」について2ケース、「あられ」について2ケース、計4ケースについて解析を行った。その結果、平均で「雪片」は約1.2(m/sec)、「あられ」は約2.8(m/sec)の値となることが示された。今回は粒径との対応は行っていないため、以下の検討にはこの平均値をそれぞれの雪質の落下速度として用いた。

(2) 密度：粒径に対する密度は次のようにして算定した。粒径分布において、粒径の小さな領域では「あられ」、「雪片」共に似たような傾向を示すため、この領域は小さな水の粒で支配されていると考え、両者共に0.27mm以下の粒径では0.9g/cm³とした。粒径の大きな範囲については、粒径がある値を越えると密度がほぼ一定になる傾向があるため、「あられ」については3mm以上で0.02g/cm³、「雪片」については6mm以上で0.0025g/cm³で一定とした。これらの粒径の間の区間の密度については測定値を最小自乗法により近似した。得られた粒径と密度の関係を図1a, bに示す。

(3) Z-R関係：従来のZ-R関係においては降雪粒子の粒径を融解粒径を用いて表している例が多い³⁾。ところが、降雪粒子はあくまでレーダーで観測している空間中では氷粒子の集合体として存在していることを考えれば、融解粒径を用いることは疑問が残る。そこで、図1a, bから密度を考慮して水滴に換算して計算したZ_wと水当量として表した降雪強度Rの関係を図2aに示す。図から融解粒径を用いても $Z = BR^{\beta}$ (B, β : 定数)の適合性がよいことが示された。一方、降雪粒子に対して密度を考慮せずそのままの粒径で計算したZと降雪高として表した降雪強度R_hの関係を図2bに示す。この関係においても上式の適合性がよいことが示された。しかしながら、図から

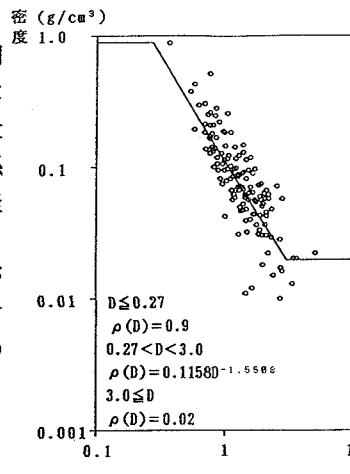


図1a 降雪粒子の粒径と密度の関係(あられ)

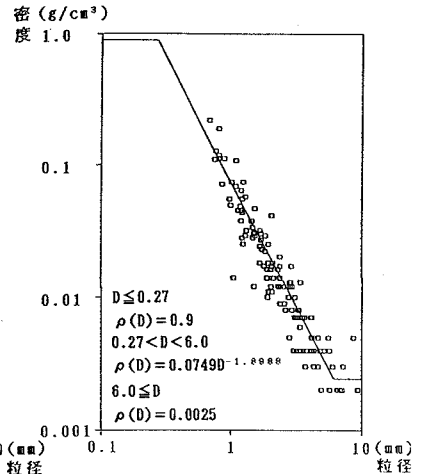


図1b 降雪粒子の粒径と密度の関係(雪片)

明らかなようにZに関してはそのオーダーが著しく異なっており、前述のような降雪粒子の状態を勘案すれば、密度を考慮して水滴に換算する事なく降雪粒子そのままのサイズを用いたZ-R_h関係で表現する方がより適当であると思われる。この場合、水当量に換算したRと降雪高としてのR_hの対応づけが必要となるのでこの関係を図3a,bに示す。これによると「雪片」ではR_h>40mm/hの領域でよく表現されている。「あられ」に関しては多少のばらつきがみられるがほぼよい傾向を示していると思われる。従って、レーダー反射強度Zを測定して、Z-R_h関係を用いることによりRの算定が可能であることが分かった。このRの計算値は、電子天秤により計測した降雪強度の実測値と観測時刻近傍で概ね一致していることが確認できた。また、降雪粒子の各粒径に対する粒度分布N_Dの関係を求めた結果、粒子の全個数に対する割合が1%以上の粒径に対しては、 $N_D = N_0 \exp(-AD)$ 、(A, N₀:定数, D:粒径)の適合性がよいことが確かめられた。ただし特に雪片に関しては、降雪中に含まれる個数は少ないがRおよびZに対して大きな寄与を持つ大粒径の粒子の存在が大きな問題となる。これらを連続的な関数で表すことには無理があり、粒子個数の大部分を支配する比較的小さな粒径の部分と、R、Zに対して大きな影響を持つ大粒径の部分に分けて考える必要があると思われる。この点に関しては検討中である。

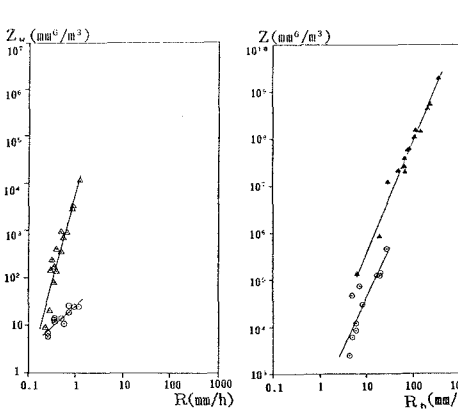


図2a 降雪粒子観測より求めたZ_w-R関係
図2b 降雪粒子観測より求めたZ-R_h関係

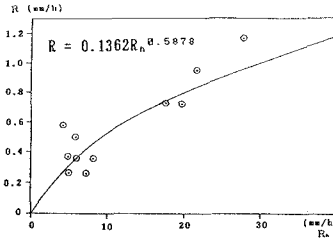


図3a R_hとRの関係(あられ)

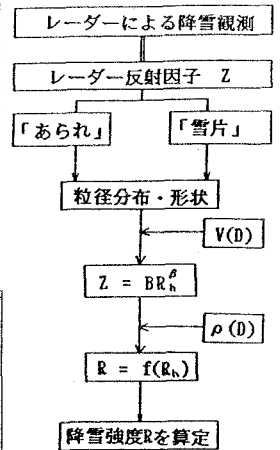
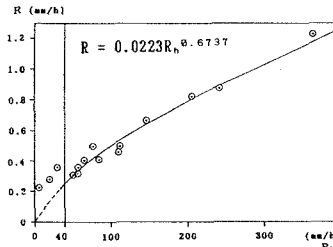


図4 レーダーによる降雪量の定量観測

4. 結論

本研究で行われた降雪粒子の直接観測により、図3b R_hとRの関係(雪片)降雪粒子は「あられ」と「雪片」に分けられ、そ

れぞれについて粒径分布・形状・密度・平均的な落下速度等の諸特性が明らかにされた。また、それぞれの雪質でZ-R_h関係が得られ、密度の特性を考慮することでRとR_hの対応関係が明らかになった。従って、図4に示すようにレーダー反射強度Zを測定しZ-R_h関係及びR-R_hの関係から、それぞれの雪質でRを算出する手法が示された。

<謝辞>本研究を進めるにあたり、建設省北陸地方建設局信濃川工事事務所、並びに(財)河川情報センターには多大な援助を頂いた。また、降雪粒子の観測に際しては、富山高専：村本助教授・椎名助手に貴重な助言を頂いた。ここに記して謝意を表す。

<参考文献>1)中本、小池ら：降雪時の粒径分布及び誘電率に関する研究，土木学会第44回年次学術講演会予稿集，1989 2)中本、小池ら：降雪粒子の粒径分布に関する研究，平成元年度雪氷学会予稿集 3)例えば八木鶴平・上田博：長岡における降雪粒子のZ-R関係および粒度分布の特徴Ⅱ，国立防災科学技術センター研究報告第23号 4)村本健一郎・椎名徹：画像処理による降雪粒子の大きさと落下速度の測定，電子情報通信学会，1989 5)古濱洋治・岡本謙一・増子治信：人工衛星によるマイクロ波リモートセンシング，社団法人電子通信学会