

II-7

降雪粒子の物理特性と
レーダー観測アルゴリズムの開発

三井建設 株式会社 正員 平賀雅彦
 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 早川典生
 長岡技術科学大学建設系 正員 後藤 巖

1. はじめに

レーダーにより降雪を観測する際に問題となるのは、主に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。本論ではこれらのうち、粒径分布・形状、落下速度、密度について直接観測を行ない特性を明らかにすると共に、これらの降雪粒子の特性を総合的に考慮したZ-R関係の算定手法について考察した。

2. 観測の概要

粒径分布観測は、ビロードを張り付けた板に降雪粒子を直接捉える方法で行なった。密度観測もまた、-20℃に冷却した灯油をプラスチック製の容器に満たし、この中に粒子を直接捉え計測した。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) 粒径分布・形状：観測から降雪粒子は「あられ」と「雪片」に分類された。長径約4mmまでは分布形はほぼ同じであったが、「雪片」には非常に大きな径の粒子が存在する点が大きく異なっている。

(2) 密度：「あられ」の密度は粒径に依存しないが、「雪片」の密度は粒径の増加にともない減少する傾向がみられた。「あられ」について雲粒の径の大きさを3段階に分類すると、雲粒の径が大きいほど密度が大きくなるような傾向がみられた。一方、「雪片」について雲粒の付着の程度で3段階に分類すると、雲粒の付着の大きいほど密度が大きくなるような傾向がみられた。また、密度の値は「あられ」の方が「雪片」より数倍から1オーダー程度大きくなることが示された。結果を図1, 2に示す。

(3) 落下速度：落下速度を観測した降雪のうち、層状性の降雪と対流性の降雪について、それぞれ「あられ」と「雪片」で検討した。どちらの降雪形態の場合も、「あられ」・「雪片」とともに粒径の増加にともない落下速度は指数関数的に増加する傾向がみられた。対流性の降雪の場合は層状性の場合に比べ大きな落下速度を示し、「あられ」と「雪片」では「あられ」の方が1.5～数倍程度大きな値を示した。特に対流性で「あられ」が降るときは非常に大きな落下速度となった。結果を図3, 4に示す。

(4) 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。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には疑問が残るので、本研究では粒径分布観測から得られた降雪粒子の粒径

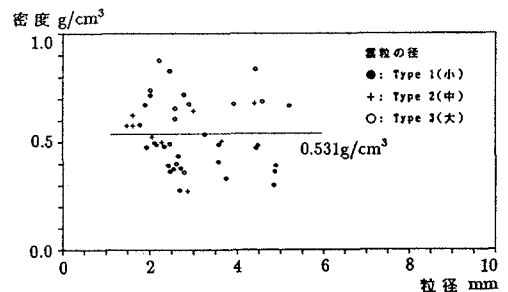


図1 粒径と密度の関係(あられ)

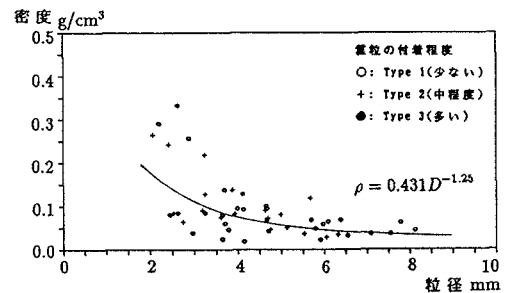


図2 粒径と密度の関係(雪片)

をそのまま用いて、図5に示す様な手順に従い $Z-R$ 関係を検討した。また得られた結果を図6に示す。ここで R_h とは密度を考慮せず表した降雪強度であることを示している。この図から分かるように、従来から提案されている粒径分布に指数関係を仮定した $Z = BR^\beta$ (B, β : 定数)の適合性がよく、しかも「あられ」と「雪片」で一つの式で表すことができた。ただし、「雪片」には大きな粒径の粒子が存在し、「あられ」にはあまり存在しない粒径分布の違いを反映して、 Z の値の分布に特徴的な違いがみられる。最終的に、密度を考慮し水当量に換算した降雪強度 R を求めるためには R と R_h の対応づけが必要となるので、(2)で述べた密度を考慮し計算した R と R_h の関係を、「雪片」について図7に示す。 R と R_h にはこの図のような依存関係があるので、 R から R_h の算定が可能である。また「あられ」については図1に示した平均密度を R_h に乗ずることで R の算定が可能である。従って、レーダー反射因子 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。

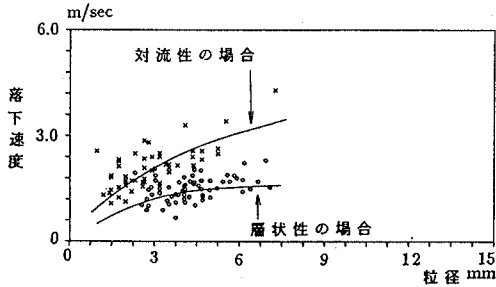


図3 粒径と落下速度の関係（あられ）

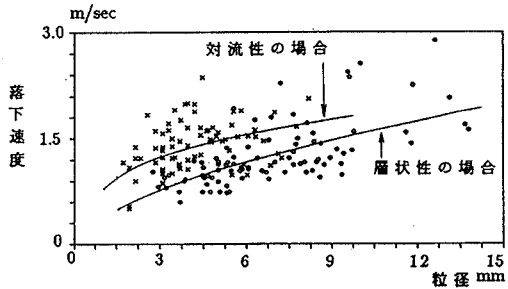


図4 粒径と落下速度の関係（雪片）

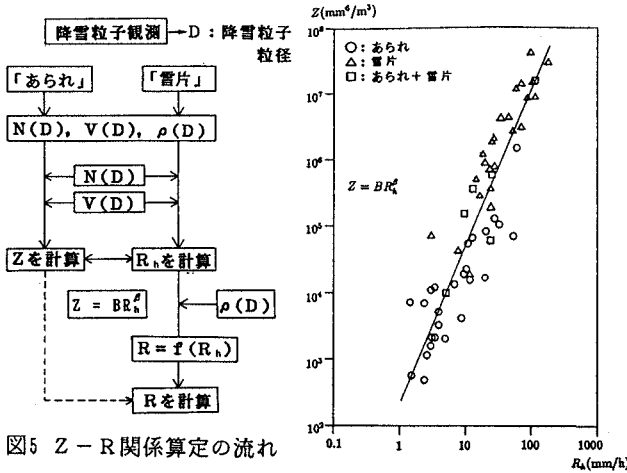


図5 $Z-R$ 関係算定の流れ

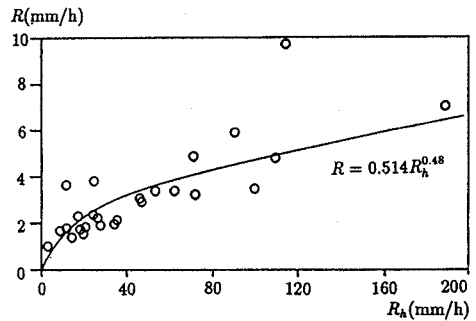


図8 R_h と R の関係（あられ）

図7 降雪粒子観測より求めた $Z-R_h$ 関係

4. 結論

本研究で行われた降雪粒子の直接観測により、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・落下速度等の諸特性が明らかにされた。これらの諸特性をのうち、粒径分布・落下速度を考慮して $Z-R_h$ 関係が得られ、さらに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5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、 R を算出する手法の可能性が示された。

謝辞 本研究は文部省試験研究「降雪リモートセンシング検証システムの開発」（代表：小池俊雄）による。また、御協力戴いた北陸地方建設局信濃川工事事務所と（財）河川情報センターに謝意を表す。