

II-133

ガラスビーズを用いた積雪の分光反射特性に関する模擬実験

建設技術研究所 正会員 筒井 浩行
 長岡科学技術大学建設系 正会員 小池 俊雄
 名古屋大学大気水圏科学研究所 非会員 瀬古 勝基
 工業技術院地質調査所 非会員 土田 聡

1. はじめに

雪面反射特性は、地球規模の熱収支の推定において重要な意味を持つことから、これまで多くの研究者により検討され続けている。その中で、Wiscombe & Warren(1980)、Warren & Wiscombe(1980)は、雪面の反射特性に対する影響因子の内、雪粒子径・雪面の汚れという積雪パラメータと乾雪の分光反射特性を数値シミュレーションを通じ明らかにした。しかし、著者らが湿雪地域として広く知られる新潟県を対象に行った観測においては、異なる特性が確認され、さらに含水率依存性も示された(小池・筒井, 1994)。ただし、自然積雪を対象とした観測では、多様に関連し合う各パラメータが分光反射特性に与える影響を評価することは、定性的な範囲でも困難である。そこで本研究では、光学的な屈折率は異なるが、非融解性で安定した実験が可能でかつ粒径の調整が容易なガラスビーズを用いて、雪面の汚れをすず(土状黒鉛)を散布することにより、また蒸留水で含水率を変化させて、多様な雪面模型を作成し、分光計測を行なった。

2. 実験条件と分光計測の概要

雪粒子の径の影響を検討するために、1.0, 2.5, 5.0(mm)の3種類のガラスビーズを用いた。また実際の積雪においては、個々の雪粒子が独立して存在することは極めてまれで、粒子間結合(ボンド)がある。そこで、各径のガラスビーズを少量の水で凍結させて、結合体雪粒子を再現した。雪面汚れは、すずの散布量とその雪面付着量との関係を予備実験で予め見出しおき、1(mm)径ガラスビーズにおいて、無・小・中・大・極大の5段階、他の径に関しては、無・小・中の3段階のすず量を散布した。雪面の含水状態は、雪粒子の溶解に伴い、乾燥状態・毛管状態・(雪粒子間凹部に溶解水がレンズ状に付着する毛管力の支配的な状態)・懸垂状態(雪粒子間凹部

に加え、粒子の周りに膜状に薄く溶解水が付着する状態)・網目状態(気泡が内在する状態で、雪粒子間隙が溶解水で飽和する状態)の4段階に分離される。しかし、本研究では、予備実験から、毛管状態と懸垂状態の境界を人工的に再現することが不可能であるという結論に達したため、この2種の状態を「毛管・懸垂状態」としてまとめて考え、3種の含水状態を再現した。図1は計測対象とした25種の模擬積雪を示している。

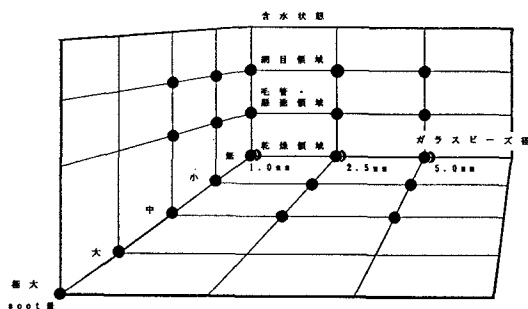


図1 模擬積雪の組み合わせ

分光反射率の計測には、可視～近赤外領域において完全な分光反射率を獲得することを目的に、MSR-7000 (280～2500(nm))・IRIS (350～2500(nm))・FSM (Field spectral meter) (350～1080(nm))の3種の分光放射計を用いた。解析では、3種のデータを比較し、最もノイズの少ないデータを基本とし、観測が欠落している区間は他のデータにより補間した。

実験は1994年1月13日の完全曇天条件の下、長岡技術科学大学屋上において実施した。

3. 実験結果と考察

1) ガラスビーズ径の変化と分光反射特性：汚れがない場合は、雪面観測において確認された「粒子径増大に伴う分光反射率の減少傾向が可視・近赤外領域

において現れ、特にこの減少が近赤外領域において顕著となる。」という示されたが、一方、「すす」が約0.4(g)付着した場合(図2)には、径が1(mm)から5(mm)に増大した場合はそれ程明確に現れないが、径1(mm)から2.5(mm)に増大した場合に注目すると、「汚れが大きいという条件の下で、径増大に伴う分光反射率の減少が、可視領域において大きく現れる。」ことが示されている。

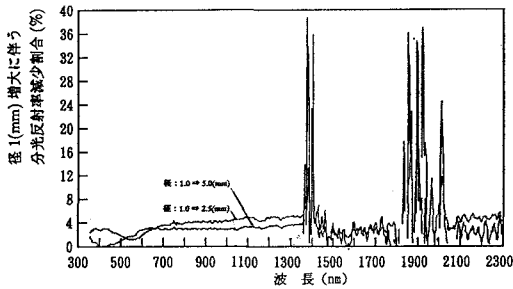


図2. 粒子径と汚れが分光反射特性及ぼす複合効果

2)すす量の変化と分光反射特性: 雪面の汚れについては、「汚れの増大に伴う分光反射率の減少が、可視・近赤外全領域において現れ、特にこの減少が可視領域において顕著となる。」ことが示されている。図3は、約0.5(g)の「すす」を付着させ、「すす1(g)増大に伴う分光反射率の減少割合」を実験結果を用い検討した結果であるが、「含水率が小さい場合、汚れの増大に伴う分光反射率の減少が可視領域において大きく現れ、含水率が大きくなるに従い、その減少が可視・近赤外全領域にわたり小さくなる。」という特性が明らかに示されている。

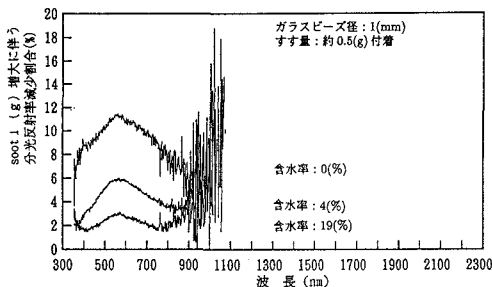


図3 汚れと含水率が分光反射特性に及ぼす複合効果

3)含水状態の変化と分光反射特性: 図4は、1(mm)ガ

ラスビーズを対象に含水状態を変化させ、「含水状態変化に伴う分光反射特性」を検討したものであるが、「可視・近赤外全領域において現れる積雪含水率増大に伴う分光反射率の減少傾向」が明確に示されている。更に、この特性は、2.5, 5.0(mm)径ガラスビーズを対象とした結果においても明瞭に現れている。

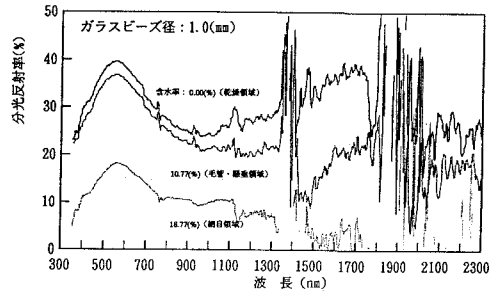


図4 含水率が分光反射特性に及ぼす効果

4)粒子の結合と分光反射特性: 図5より、「ガラスビーズが単体から結合体に変態することにより分光反射率が減少し、その傾向は、小粒径の粒子程大きく現れる」ことが示された。

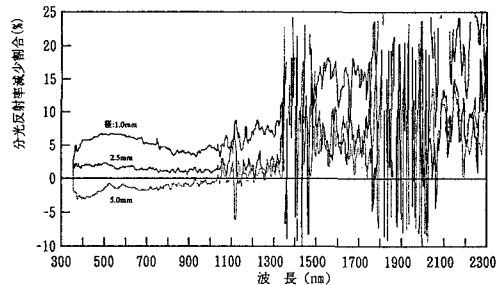


図5 粒子結合が分光反射特性に及ぼす効果

参考文献

- 1)Wiscombe, W. J. & Warren, S. G. (1980): A Model for Spectral Albedo of Snow. I: Pure Snow. J. Atmos. Sci. 37, pp. 2712-2733.
- 2)Warren, S. G. & Wiscombe, W. J. (1980): A Model for Spectral Albedo of Snow. II: Containing atmospheric aerosols. J. Atmos. Sci. 37, pp. 2734-2745.
- 3)小池俊雄・筒井浩行・小熊宏之: 雪面アルベド推定に関する基礎的研究、雪氷(投稿中)。