HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	融雪面の短波放射特性について : １９８８年札幌
Author(s)	兒玉, 裕二; 石川, 信敬
Citation	低温科学. 物理篇, 51, 41-51
Issue Date	1993-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18612
Type	departmental bulletin paper
File Information	51_p41-51.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Yuji KODAMA and Nobuyoshi ISHIKAWA 1992 Characteristics of shortwave radiation at the melting snow surface in Sapporo in 1988. *Low Temperature Science, Ser. A. 51.*

融雪面の短波放射特性－1988年札幌－*

兒玉　裕二・石川　信敬

(低温科学研究所)

(平成4年11月受理)

Abstract : In order to investigate the characteristic of shortwave radiation in the melting snow surface, a survey was carried out in Sapporo from January 1 to April 3, 1988. The results were as follows : 1) the total albedo decreased gradually except for the days of new snowfalls and reached the value of 0.2 at the end of the melting season ; 2) the reflectivity of the near-infrared band was 10 to 30% smaller than that of the visual band, and its relationship became the opposite after the appearance of the bare ground ; 3) the ratios of the incoming radiation intensity of the visual and infrared bands to the whole incoming short-wave radiation were both 50% ; 4) the ratio of the reflected radiation intensity of the visual band to the total reflected radiation was 55%, and of the infrared band was 45%; 5) the ratio of the incoming near-infrared radiation to the total radiation decreased as the clearness index decreased ; 6) the total albedo, reflectivities of the visual and near infrared bands was larger in the mornings and evenings relative to midday in the melting period, but this tendency was not clear before the melting season.

要旨：融雪に寄与する熱源として重要な要素である短波長放射の特徴について，1988年1月1日から消雪日の4月3日まで，北海道大学低温科学研究所裏の気象観測露場で観測を行い，以下の結果を得た。1）全アルベドは，積雪期には融雪と新降雪によって0.7-0.9で推移し，融雪期には新降雪の日を除いて徐々に減少し，消雪日には0.2まで下がった。2）近赤外領域の反射率は，可視領域のそれよりも10-20%小さく，消雪後はその関係が逆転した。3）日射に対する可視と赤外領域の割合は50%ずつであった。4）全反射に対する可視領域の割合は55%，近赤外領域の割合は45%であった。5）晴天指数が減少すると日射に対する近赤外領域の割合が減少した。6）融雪期において，朝夕の全アルベド，可視や近赤外領域の反射率は日中のそれよりも大きくなる傾向が認められた。融雪期前には，このような傾向はあまり強くなかった。

Key words : Albedo, near-infrared band, shortwave radiation, visual band

キーワード：アルベド，可視領域，近赤外領域，短波長放射

* 北海道大学低温科学研究所業績　第3626号

I. 緒　　言

融雪量を予測する事は，各種の災害の発生の予知や積雪を水資源として有効利用するために重要である。例えば，融雪量が予想できれば，融雪洪水，融雪地滑り，泥流等の予知や防止に役立つし，ダムに於ける放水の調節も容易になる。

融雪に寄与する熱源として，放射熱・顕熱・潜熱等があるが，中緯度地方の融雪期に於いては，放射熱が融雪熱量の70～80%を占め，最も重要な要素である。新降雪の表面のアルベドは0.9前後であるが，一旦融雪が始まるとアルベドが小さくなり，放射収支量が大きくなり融雪をさらに促進する。しかし，積雪表面のアルベドは，雪質，太陽高度，入射光の波長別特性，積雪表面の含水率，汚れ，形状等の影響を受け，一義的に決まらない。

この報告では，積雪表面の放射特性の中でも特に短波長放射の特徴について述べる。

II. 観測場所と観測方法

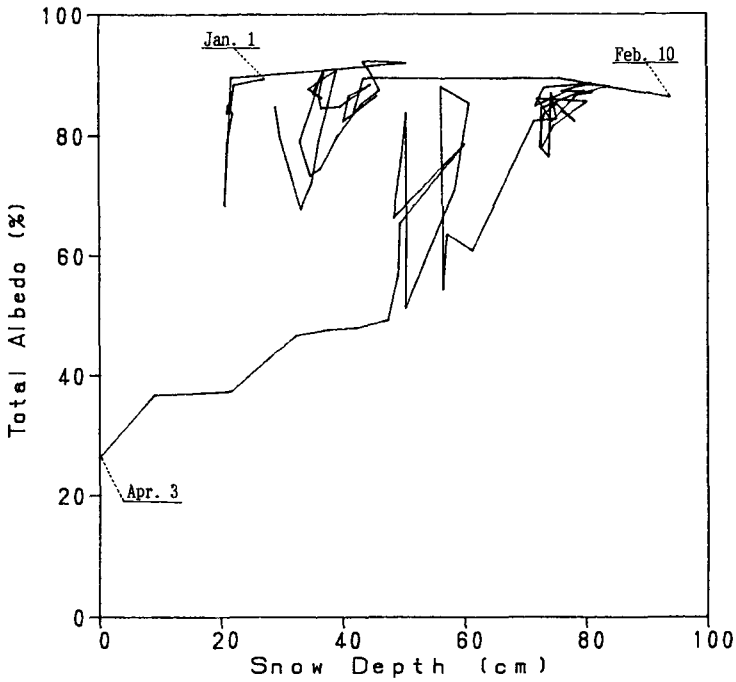
観測は，北海道大学低温科学研究所裏の気象観測露場で行った。観測期間は，1988年1月1日から，消雪日の4月3日までである。全天日射量と全反射量は，全天日射計(MS-42,MS-43F：英弘精機製)を用い，放射収支量は，放射収支計(CN-11：英弘精機製)を用いた。波長別の入射量と反射量は，3波長(305～2800 nm，395～2800 nm，715～2800 nm)のカットオフフィルターを取付けた日射計(MS-80：英弘精機製)を用いて1988年3月2日から4月3日まで測定した。

放射観測と平行して他の気象要素(気温，湿度，露点，風速，風向，等)も連続測定し，積雪の密度，積雪深は毎日1回(09時前後)測定した。なお，アルベードと反射率は同意語であるが本論文では全日射量に対する全反射量の比を全アルベド，各波長帯ごとの比を反射率と呼ぶことにする。

III. 測 定 結 果

兒玉と石川(1988)[1]の第1表に全天日射量，反射量，放射収支量の日総量(単位 $MJ/m^2/day$)，日平均及び11時から13時までの平均全アルベド，日最高気温，日最低気温及び日平均気温，日平均風速，09時における積雪深，雲量，天気状況を示した。さらに第1図には，a）日最高気温(T_{max})，日平均気温(T_{mean})，日最低気温(T_{min})(高さは積雪表面から1 m)，b）日射量(SR)，反射量(RR)，放射収支量(NR)，c）11時から13時までの平均全アルベド，d）積雪深，の経日変化が示してあり，同報告には1988年1月1日から4月2日までの積雪深，アルベド等についての概略が報告されている。

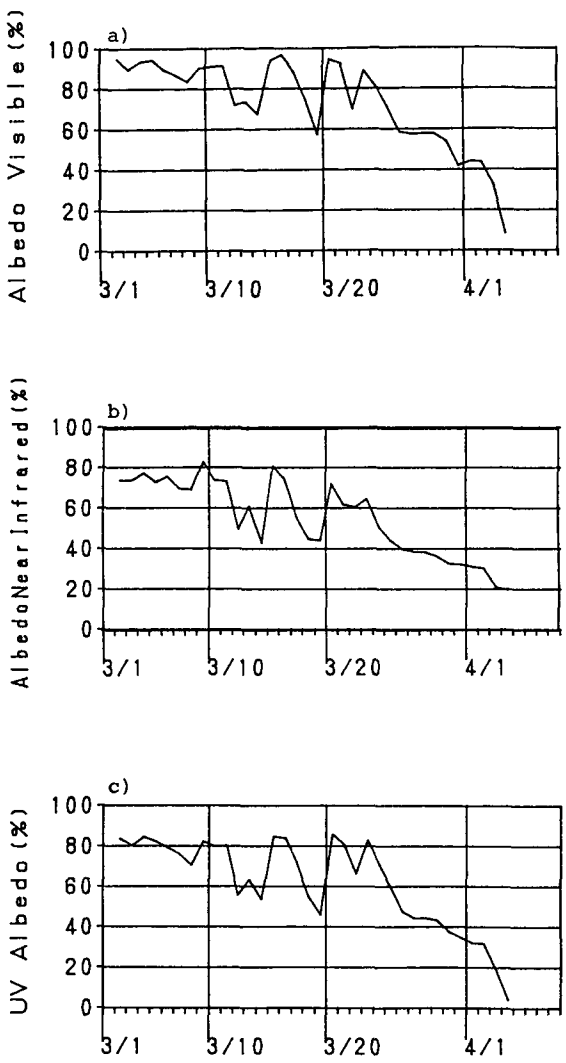
第1図に積雪深と全アルベドの関係を示す。全アルベドの変化は以下の3つの部分に分ける事ができる。1）時々積雪表面がぬれて全アルベドが下がった積雪初期，2）全アルベド・積雪



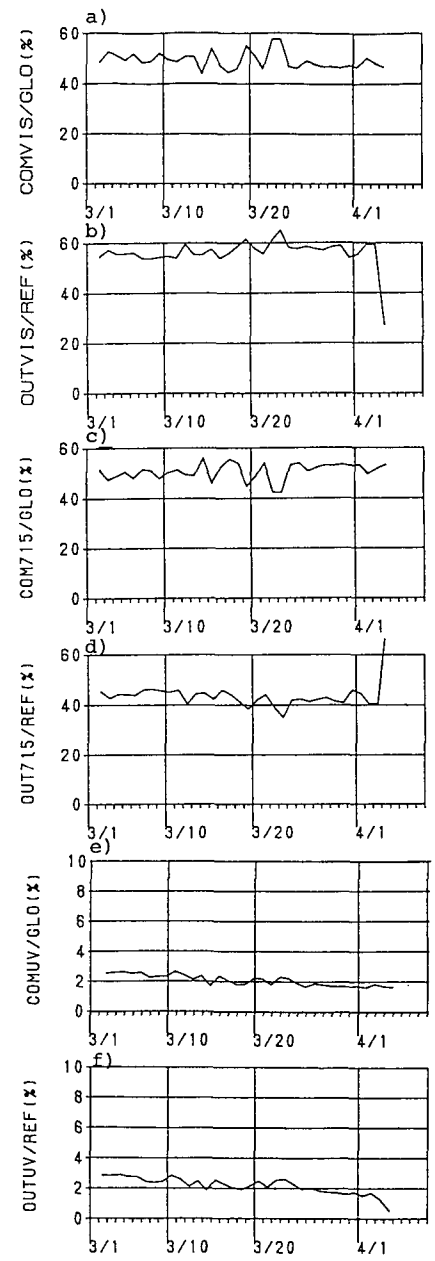
第1図　全アルベドの積雪深変化に伴う経時変化

深共に安定している積雪中期, 3)積雪深の減少とともにアルベドが減少し, 時々新降雪のために全アルベドが増加した融雪期。積雪初期においては, 気温が上がって実際に融雪が起こった時もあったが降雨によって積雪表面がぬれた時もあった。この場合においてもアルベドは65%以下になる事はなく, 融雪期後期のような低い値にはならなかった。積雪中期には気温が低く, 融雪はほとんど起こらなかった。融雪期には, 積雪深の減少と共に積雪表面の汚れがめだった。全アルベドは一般的に一義的には積雪表面の雪粒子の大きさに依るとされている。融雪期以前に全アルベドがあまり変わらない事, 融雪期にそれが減少していることは, それぞれ雪粒子の大きさが変わらなかった事, 雪粒子が変態で大きくなった事が主に対応していると思われる。積雪表面のぬれや汚れは二次的に全アルベドを下げる方向に働き, 新雪は粒子の大きさを小さくしたと考えられる。新雪が降ると全アルベドは上昇したがその新雪の部分が融解するとすぐに又もとの全アルベドの値にもどった。

次に波長帯別の反射率の経日変化をみる。第2図ａ）に可視領域（波長が395 nmから715 nm), ｂ）に近赤外領域（波長が715 nmから2800 nm), ｃ）に紫外領域（波長が305 nmから395 nm）のそれぞれの反射率経日変化が示してある。可視領域の反射率は融雪期以前においては平均して0.9, 融雪期に入って減少しながら新雪の度に増加, 完全に雪の消えた4月4日には, 0.1まで下がった。近赤外領域の反射率は融雪期以前においては平均して0.75前後, 融雪期に入ると減少しながら新雪の度に変化を繰り返して, 完全に雪が消えた4月4日には0.2となった。



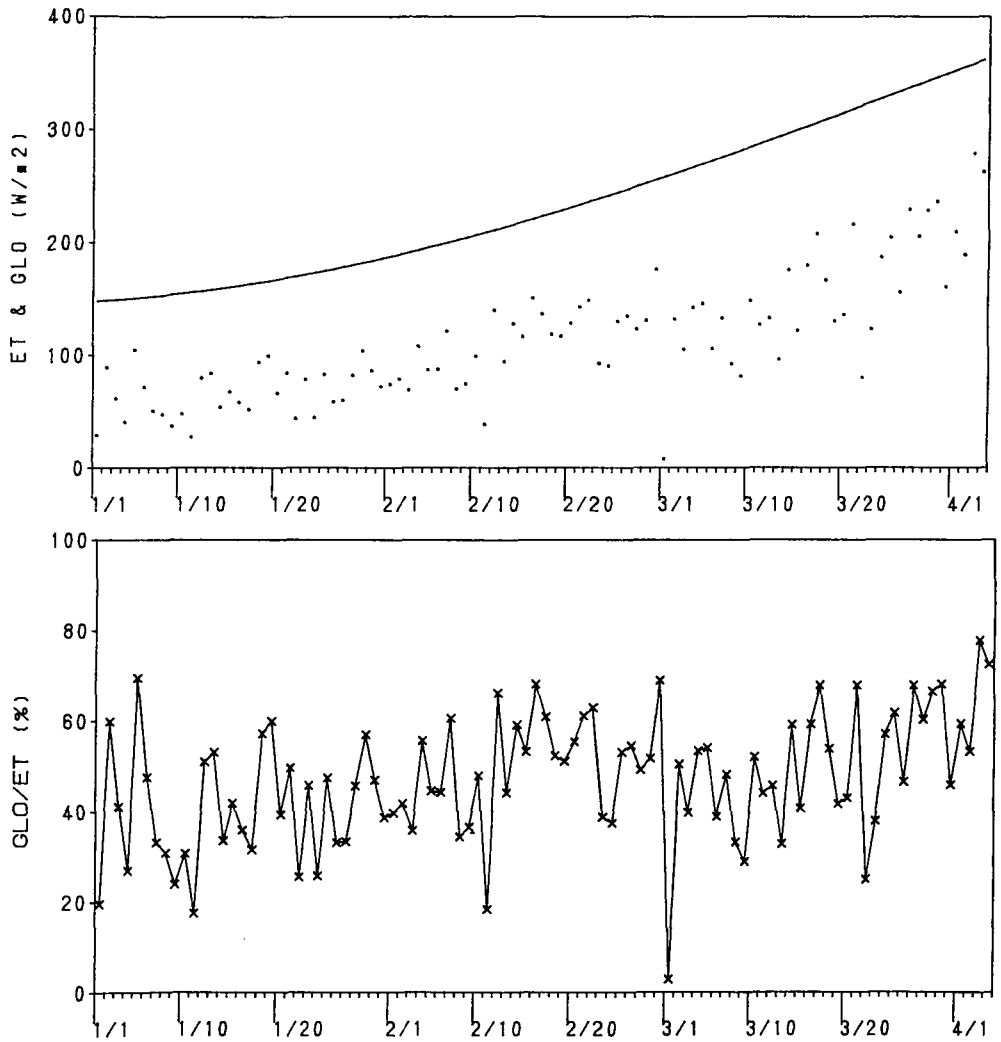
第2図　波長別反射率の経日変化。
a）可視領域，b）近赤外領域，c）紫外領域



第3図　全天日射及び全反射に占める，可視領域（a，b），近赤外領域（c，d），紫外領域（e，f）の入射・反射の割合

近赤外領域の反射率は，可視領域の反射率よりも常に10～20%小さく雪が消えるとその関係は逆転した。紫外領域の反射率は，可視領域のそれよりも10～15%小さく，近赤外領域のそれよりも数%大きかった。

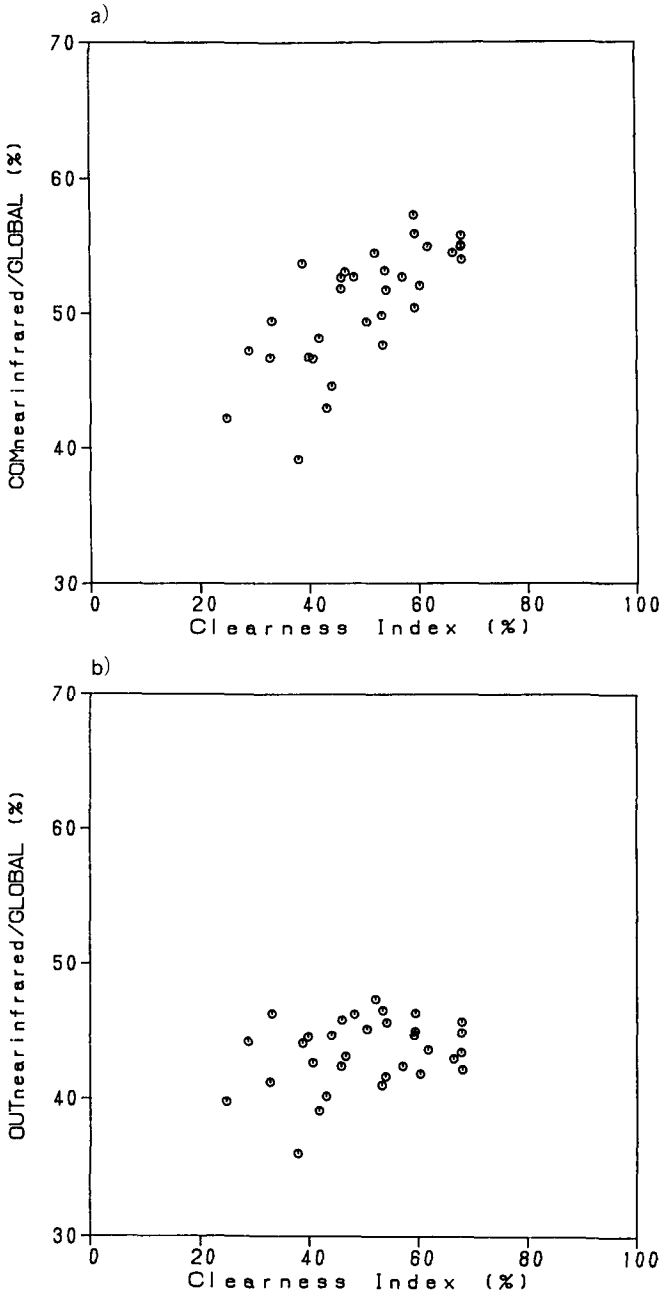
次にそれぞれの波長帯の入射・反射が全天日射・全反射に占める割合をみる。第3図にａ）全天日射に対する可視領域の入射の割合，ｂ）全反射に対する可視領域の反射の割合，ｃ）全天日射に対する近赤外領域の入射の割合，ｄ）全反射に対する近赤外領域の反射の割合，ｅ）全天日射に対する紫外領域の入射の割合，ｆ）全反射に対する紫外領域の反射の割合，の経日変化が示してある。積雪中期から融雪期にかけて全ての割合がほとんど一定している。全天日射に対する可視領域と近赤外領域の入射の寄与はほとんど50%ずつで等しい。しかしながら，全反射にたいする可視領域と近赤外領域の反射の寄与はそれぞれ55%と45%で，可視領域の方が大きくなっている。雪が消えた4月4日には全反射に対する近赤外領域の反射が可視領域のそれよりも急激に大きくなっている。紫外領域の入射・反射の寄与は小さく，２%前後であっ



第4図　ａ）大気外水平面日射量（実線）と全天日射量（・）の経日変化，
ｂ）晴天指数（%）の経日変化

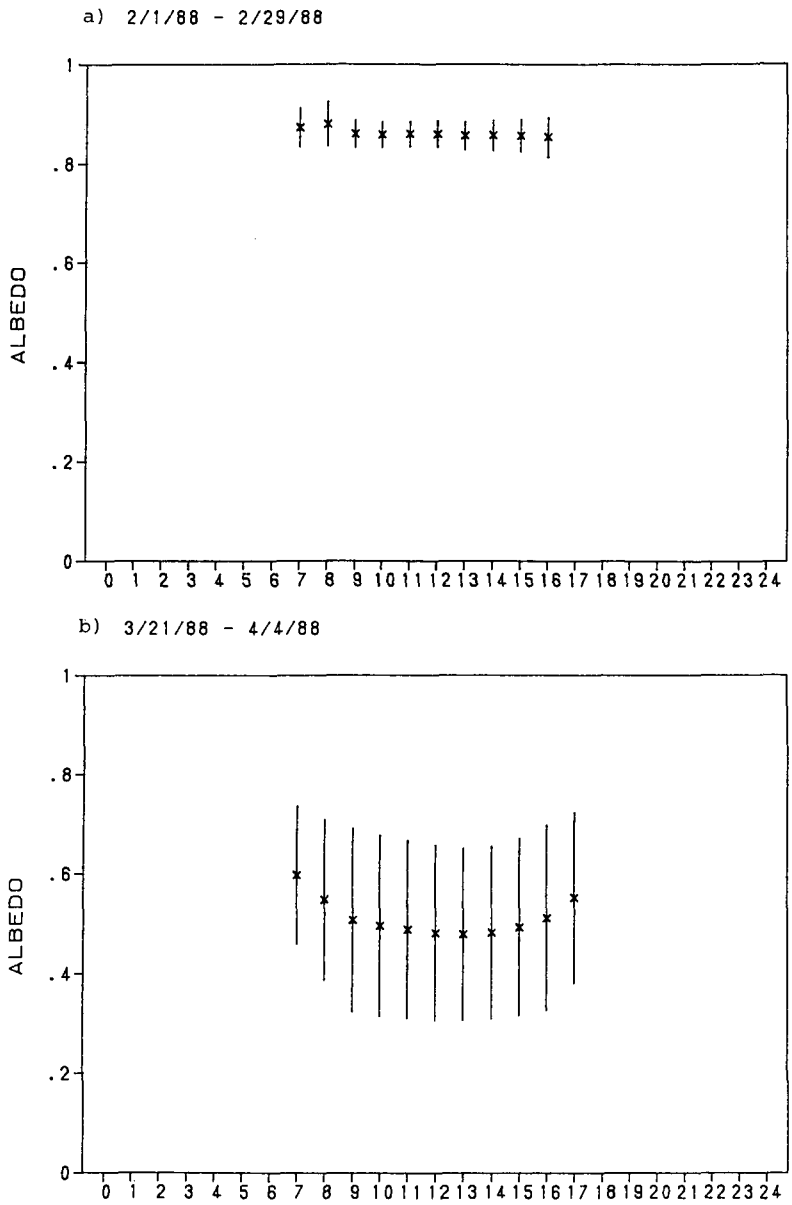
た。

第4図a）に平均全天日射量（・）と大気の外での予想水平面日射量（実線）がプロットしてある。この2つの量の差が大気による反射・吸収を示している。この比は晴天指数（Clearness Index）と呼ばれている。第4図b）に晴天指数（%）の経日変化が図示してある。大気による反射・吸収は一義的には雲の影響によるものであり，この比は雲量を示している。つまり，晴天指数が小さい程，雲量が大きいと見積られる。第5図a）に全天日射量に対する近赤外領域の入射量の比（%）が晴天指数に対してプロットしてある。晴天指数が小さい（雲量が大きい）程，全天日射量に対する近赤外領域の入射量の割合が減少している。第5図b）に全反射量に対する近赤外領域の反射量の比が晴天指数に対してプロットしてあるが，第5図a）の様な傾向は顕著でない。つまり，全反射に対する近赤外領域の反射は雲量の変化による入射光の波長別特性の変化に対して鈍感であることを示している。又，全反射量に対する近赤外領域の反射量の割合は融雪面に対しては，35%－45%と比較的一定した値をとるものと予測できる。



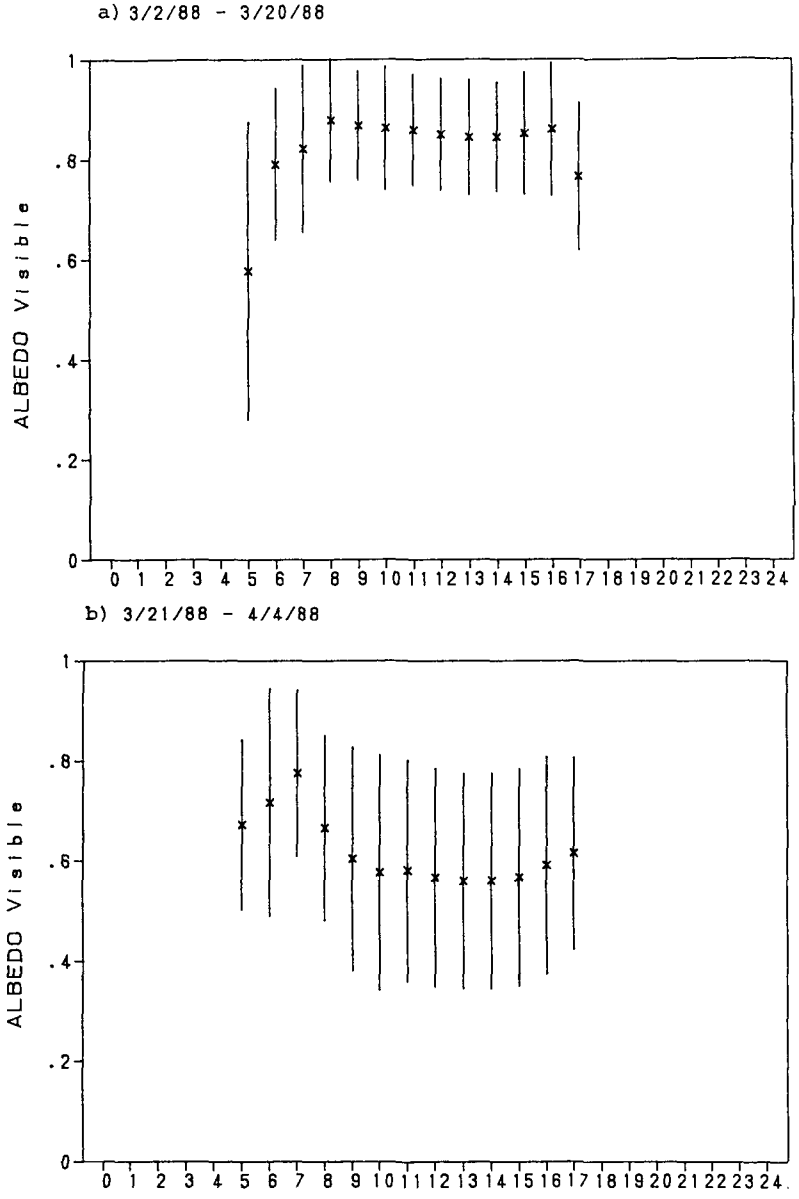
第5図　a）全天日射量に占める近赤外領域の入射量の割合と晴天指数との関係，b）全反射量に占める近赤外領域の反射量の割合と晴天指数との関係

次に全アルベドの日変化をみてみる。第6図a）に積雪中期（2月1日から2月29日まで）の，そして第6図b）に融雪期（3月21日から4月4日まで）の平均の日変化が示してある。



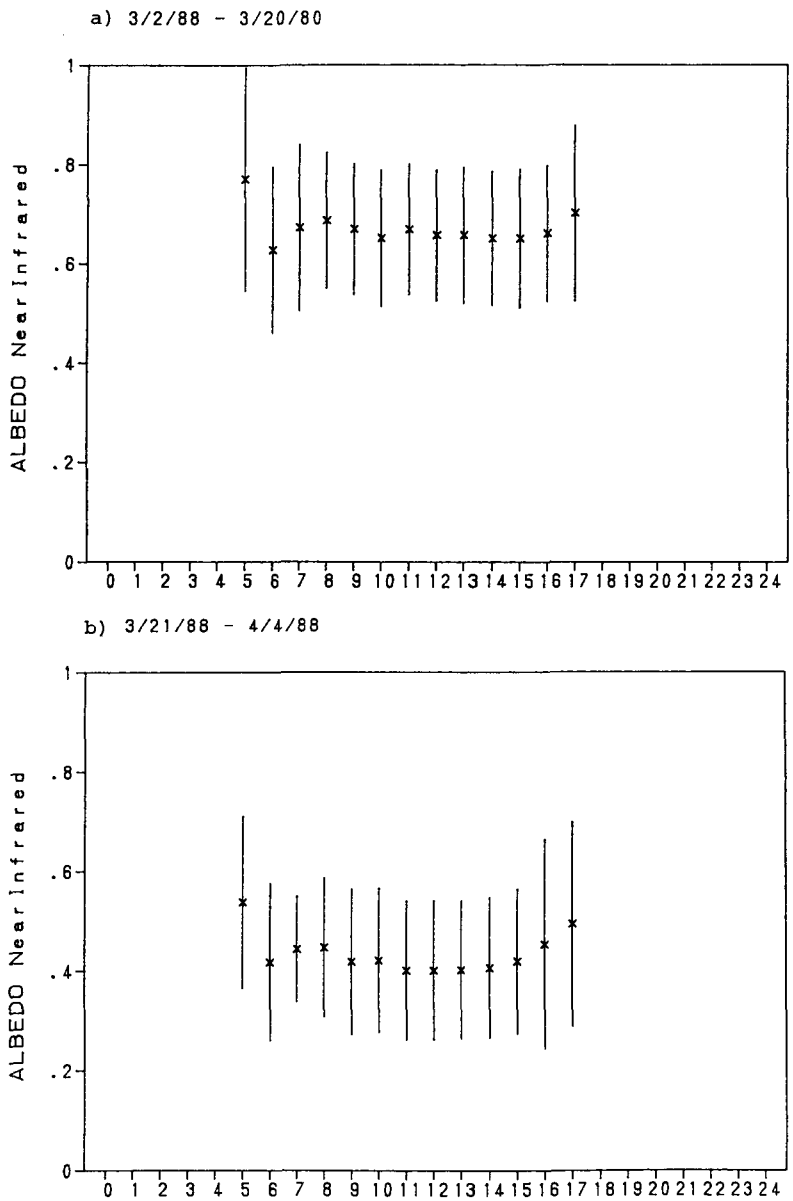
第6図 全アルベドの日変化。a) 2月1日～2月29日,
b) 3月21日～4月4日

実線の長さは標準偏差の2倍を示している。積雪中期には全アルベドの日変化は顕著でないが，融雪期のそれはかなり顕著である。これは，融雪によって積雪表面の含水率が増し，太陽高度が低い時の鏡面反射の割合が大きくなったものと思われる。



第7図 可視領域の反射率の日変化
a) 3月2日～3月20日，
b) 3月21日～4月4日

第7，8図に第6図と同様な図が可視と近赤外領域について示してある。これらの日変化を評価するために次のようなIndex,I,を計算してみた。



第8図　近赤外領域の反射率の日変化
a）3月2日～3月20日，
b）3月21日～4月4日

第1表 アルベドの日変化の Index, I

Period	2/2～2/29	3/21～4/4
Total Albedo	1.01	1.07
Period	3/2～3/20	3/21～4/4
Albedo, visible	1.01	1.07
Albedo, Near IR	1.01	1.07

$$I=\frac{A_{08}+A_{15}}{A_{11}+A_{12}}$$

Aは時間平均全アルベドを，下付の数字は平均した時間帯を示す。このIは日中の全アルベドに対する朝夕の全アルベドの比をとったものである。その結果を第1表に示す。全アルベド，可視領域，近赤外領域の反射率共に積雪期よりも融雪期において朝夕の全アルベドの値が日中の全アルベドよりも大きくなっている事がわかる。

IV. ま と め

融雪面の放射特性，特に短波長の特性を調べるために，1988年1月1日から消雪日の4月3日まで，北海道大学低温科学研究所裏の気象観測露場で放射観測が行われた。その結果は以下のようになった。

1）全アルベドは，積雪期の時期に対応して変化した。積雪前期は，暖気が入って融雪が起こった日もあり，0.7－0.9で推移した。積雪後期は，0.9前後の値で一定していた。融雪期に入ると，新降雪のあった日を除いて徐々に減少し，消雪日前には，0.2までさがった。

2）近赤外領域の反射率は，可視領域のそれよりも10－20%小さく，消雪後は，その関係が逆転した。

3）日射に対する可視と赤外領域の割合は50%ずつであった。

4）全反射に対する可視領域の割合は55%，近赤外領域の割合は45%であった。

5）晴天指数が減少すると日射に対する近赤外領域の入射の割合が減少した。

6）融雪期において，朝夕の全アルベドは日中のそれよりも大きくなる傾向が認められた。融雪期以前にはこのような傾向はあまり強くなかった。

7）6）の結果は可視や近赤外領域の反射率にも認められた。

今後の課題として，積雪表面の物理量（例えば，粒子の大きさ，形状，汚れ，含水率等）とアルベドとの関係の把握が残されている。

本研究の一部は文部省科学研究費重点領域研究，雪氷災害の防災ポテンシャルの変遷に関する研究（代表者　名古屋大学理学部　水谷伸治郎）によって行われた。

文　献

1）兒玉裕二・石川信敬　1988　1988年積雪期の札幌における放射量測定．低温科学，物理編，**47**，資料集，27-33.