

積雪期における森林のアルベド

中井裕一郎・坂本知己・寺嶋智巳・北村兼三（森林総合研究所 北海道支所）

はじめに

積雪面のアルベドは大きく、しかも積雪の変態や融雪過程に伴って大きく変動する。一方、森林地のアルベドは自然地表面の中でも小さい値を示す(1)。両者が相互に影響を及ぼす積雪期の森林地域においては樹冠上に雪が堆積したり落下や融解によって消失したりしてアルベドが変化することが考えられる。積雪期の森林樹冠上でのアルベド観測結果を報告したい。

観測地と観測方法

観測は20年生(1993年現在)のトドマツ(*Abies sachalinensis* Masters)人工林、およびカラマツ(*Larix leptolepis* Gordon)人工林(表-1)で1994年1月から3月まで行った。これらは森林総合研究所北海道支所の羊ヶ丘実験林内にあり、北向きで傾斜5度以下の平坦な地形に位置する。各々の林の中央部にある観測鉄塔に日射計(EKO MS-42)を下向きに取り付けて樹冠上の反射短波放射量を測定した。日射計の設置高度はトドマツが地上12m、カラマツが17mである。同時に実験林内の気象観測露場(以下、露場)において、上向きと下向きに各々1台の日射計を地上高1.7~1.9mに設置して全短波放射量および反射短波放射量を測定した。これらの放射量はトドマツ林と観測露場では10分間平均値を、カラマツ林では1時間平均値を記録した。また、トドマツ林ではトドマツ樹体1個の重量を電子天秤で連続計測して、冠雪量の変化を把握した(2)。さらに、露場で観測された降水量、気温、相対湿度を利用した。

本報告では日平均アルベドを対象として以下の解析を進める。日平均アルベド(α)は次式により求めた。

$$\alpha = R S r / R S d \dots\dots\dots (1)$$

ここで、RSr: 日積算反射短波放射量、RSd: 日積算全短波放射量である。

トドマツ樹体の冠雪量は次式により水高S(mm)で表した。

$$S = (W t - W t 0) / L a / \rho \dots\dots\dots (2)$$

ここで、Wt: 観測重量、Wt0: 無冠雪時の重量(一定と仮定)、La: 樹体のすべての枝葉の水平投影面積の合計、 ρ : 水の密度、である。

表-1 観測を行った森林の概要

樹種	トドマツ	カラマツ
	人工林	人工林
樹齢(1993年現在)	20年	20年
平均樹高(m)	7.4	10.5
平均胸高直径(cm)	10.8	15.2
本数密度(/ha)	1580	1020
平均枝下高(m)	3.0	4.5
平均開空度(%)	8	19

観測結果および考察

観測期間中、露場の積雪深は25~109cm、森林内の積雪深は10cm以上あり、土壌面は林内、林外とも全面的に積雪で被覆されていた。図-1に、観測期間の一部について露場、トドマツ林、およびカラマツ林各々のアルベドを気温、降水量、トドマツ冠雪量の変化とともに示す。アルベドの変化と冠雪量について図-1より、トドマツ林、カラマツ林共に冠雪量Sが増加するとアルベドが増大する傾向、トドマツ林、カラマツ林共にアルベドの最大値は0.4程度であること、カラマツ林のアルベドはトドマツ林と比べて、立上り、減少が急であり、0.13~0.14程度の基底部分の期間が長いこと、などが認められる。トドマツ林とカラマツ林のアルベドの特性の相違は主として両者の冠雪特性の違いから定性的に説明できる。すなわち、カラマツの冠雪は冠雪可能最大量が小さく降雪直後の1~2日程度しか継続しない。一方、トドマツは冠雪可能最大量が大きく冠雪状態をより長く継続する(3)からである。

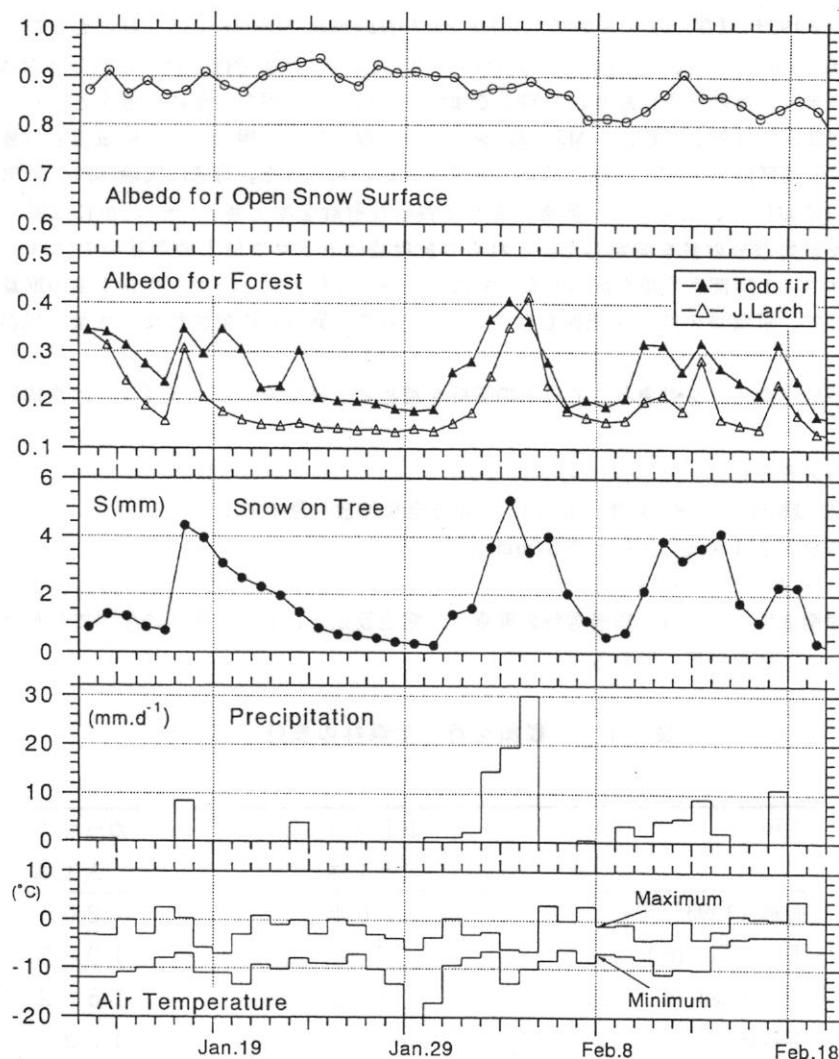


図-1 日平均アルベド、毎日12時の冠雪量、日降水量、および日平均気温 (1994年1月12日~2月19日)

次にトドマツ林のアルベドと冠雪量との関係を図-2に示す。概ね冠雪量の増加に伴ってアルベドが増大する傾向がある。しかし、秤量観測を行った樹体の冠雪状態が必ずしも森林全体の冠雪状態を代表していないので両者の関係は大きくばらついている。日降水量10mm以上の降雪があった日にはアルベドが、一例を除いて0.3以上であった。

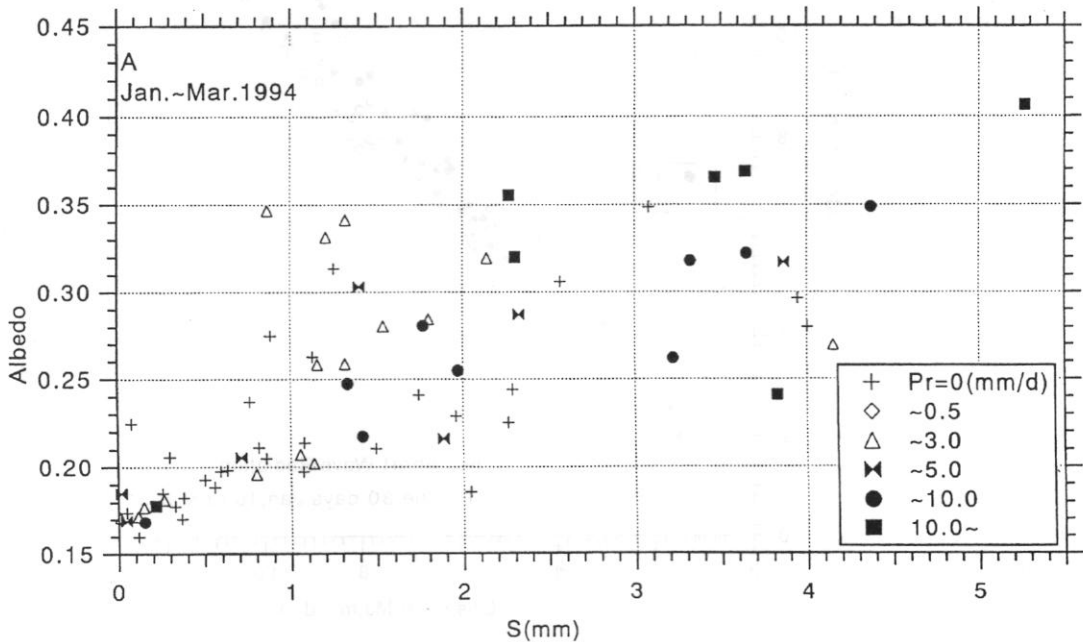


図-2 トドマツ林のアルベドと冠雪量(S)との関係

短波放射収支の推定上アルベドの値を冠雪量の変化に対応させて変化させる必要があるかどうか、次の3種類の短波吸収放射量 R_{Sn1} 、 R_{Sn2} 、 R_{Sn3} を求めて比較を行った。

$$R_{Sn1} = R_{Sd} - R_{Sr} \quad (\text{観測値}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$R_{Sn2} = R_{Sd} * (1 - \alpha) \text{、ただし、}\alpha = 0.16 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$R_{Sn3} = R_{Sd} * (1 - \alpha) \text{、ただし、}\alpha = 0.0388S + 0.16 \quad \dots\dots\dots (5)$$

(5)の α とSの関係は図-2の関係を直線回帰して求めた。図-3は、 R_{Sn1} に対して R_{Sn2} 、 R_{Sn3} をプロットしたものである。 R_{Sn2} 、 R_{Sn3} は共に R_{Sn1} に対して過大な傾向を示した。その中でもアルベドを一定とした R_{Sn2} は観測値 R_{Sn1} に対して過大な推定値を与えた。例えば、図中で8~9 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)の短波吸収放射量観測値に対して R_{Sn2} は20%程度過大である。したがって、短波収支の推定を行う際に、冠雪によるアルベドの変化を考慮する必要があると考える。また、冠雪量の一次式でアルベドを表した R_{Sn3} は R_{Sn2} よりは小さかったが、 R_{Sn1} に対してやや過大な傾向であった。これは、アルベドに影響する冠雪状態を冠雪量によって表現することが適切ではないためであるとする。

図 - 3

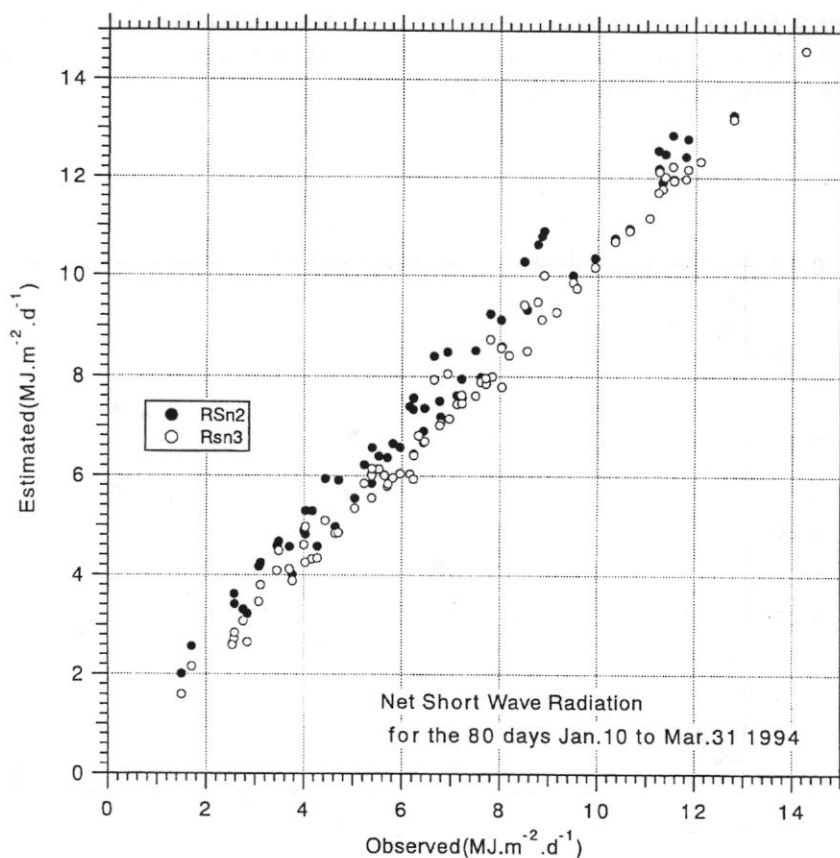
短波吸収放射量の
推定値と観測値の
比較

RSn1 : 観測値

RSn2 : $\alpha=0.16$ 、

RSn3 :

$\alpha=0.0388S+0.16$



まとめ

冠雪量の変化に伴うアルベドの変動を観測結果によって示した。このようなアルベドの変動は札幌のような気候条件では、常緑針葉樹では短波放射収支推定上、無視できない。落葉樹の場合には、常緑針葉樹ほどの重要性はないと推察するが、主要樹種について冠雪特性を明らかにした上で議論する必要がある。冠雪状態の表現方法とその推定方法については今後の課題として取り組みたい。

謝辞

北原 曜（現森林総合研究所）、斎藤武史（現森林総合研究所東北支所）の各氏から研究内容や観測について多くの助言・協力を頂いた。観測地に関して森林総合研究所北海道支所の実験林室、土壌研究室をはじめとする多くの方々に便宜を図っていただいた。記して謝意を表する。

引用文献

- (1) OKE, T. R. : Boundary layer climates. Methuen & Co.Ltd., London, 1978, 境界層の気候。
(斎藤直輔・新田 尚 訳)、(株)朝倉書店、324pp. 1981
- (2) 雪の樹冠遮断蒸発—常緑針葉樹の秤量と微気象観測：中井裕一郎・北原 曜・他、日本雪氷学会
1993年度全国大会講演予稿集、107、1993
- (3) 森林における降雪の遮断蒸発に関係する冠雪の2, 3の特性：中井裕一郎・北原 曜・他、日林
論104、753~754、1993