

新庄における新積雪の密度

中村 秀 臣*・阿 部 修*

国立防災科学技術センター新庄支所

Density of the Daily New Snow Observed in Shinjo

By

Hideomi Nakamura and Osamu Abe

*Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention
No. 1400, Takadan, Tokamachi, Shinjo-shi, Yamagata-ken 996, Japan*

Abstract

Simultaneous measurements of both the density and the depth of the daily new snow were carried out at the meteorological observation field of this Branch in order to estimate the mean value of the water equivalent of the new snow in the Shinjo district only from the measurement of snow depth.

From the result, it is found that the mean value of the density of the daily new snow at Shinjo is about $0.076 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ and that it becomes to be 0.078 and $0.068 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ in the cases of $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ and $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, respectively, where \bar{U} is the mean daily wind speed. These values will be applicable to the estimation of the water equivalent of snow in the Shinjo district in each case.

1. はじめに

新積雪(本稿では前日9時から当日9時までの24時間に積った雪を指す)の積雪相当水量は雪環境の地域的特性を表わすものの一つであり、これはたとえば融雪施設の設計融雪量を定める際には重要な要素である。しかしながら、一般的には新積雪についてはその深さの測定値しかないので、これから積雪相当水量を求めるためには新積雪の密度を仮定しなければならないのが現状である。

そこで、新積雪の深さと重量とを同時に測定することにより新積雪の密度を求め、この気温および風速依存性を調べ、上記のような場合に用いるべき新積雪の密度を定めたので報告する。

2. 観測期間、場所および方法

観測は1975年1月から1977年3月までの3冬期間に山形県新庄市に所在する当新庄支所構内において行なった。観測は原則として新積雪の深さが5cm以上の時にのみ実施したが欠測も何日かあった。

* 雪害防災研究室

新積雪の密度は雪板に積った新積雪を円筒形の亚克力製採雪器で採取し、その体積と重量から求めたが、前日の9時から当日9時の間に降雨もあったと思われる時の密度は解析には使用しなかった。夜間における降雨の有無はその間の気温の記録や翌朝の雪面の状況から判断した。

また1975—76年、1976—77年の2冬期には新積雪を構成している雪の結晶形の観察も肉眼または拡大率10倍のルーペによって行なった。

なお、各冬期における最大積雪深は1974—75年：126 cm、1975—76年：131 cm、1976—77年：146 cm、であった。

3. 観測結果

観測期間中に行なった105回の測定で得た新積雪の深さとその出現日数を示すと図1のようになり、そのほとんどが30 cm以下である。

また、新積雪の密度 ρ とその出現日数を示せば図2

のようになる。これによると ρ は $0.03 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ から $0.14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ の間に分布し、その9割は $0.05\sim 0.10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ の範囲に含まれており、全体を単純平均すると $0.076 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ となる。

次に ρ と日平均気温 \bar{T}_a （前日9時から当日6時までの3時間ごとに測定した気温の8回の平均値）との関係を見ると図3のようになり、これによると \bar{T}_a が -1°C 以上の範囲で ρ は \bar{T}_a の低下に従って急激に減少しているが、 \bar{T}_a が $-1\sim -5^\circ\text{C}$ の範囲ではほ

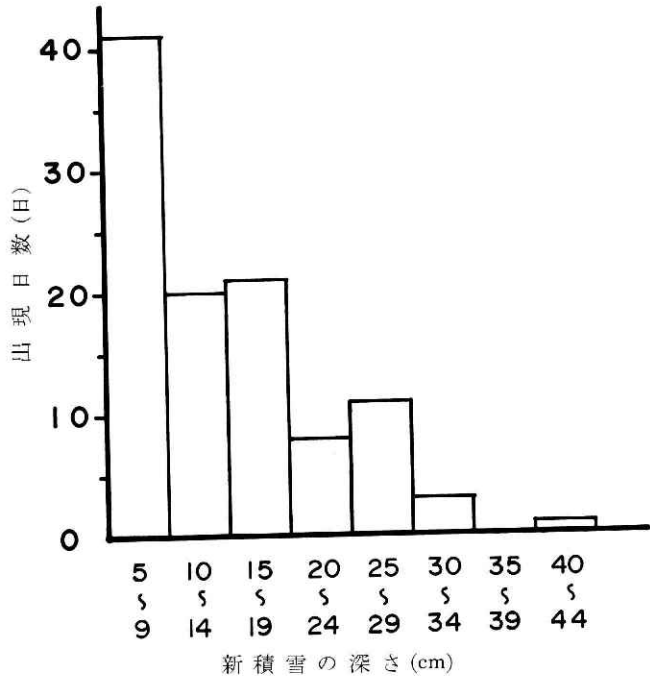


図1 新積雪の深さとその出現日数 (1975年1月～1977年3月)

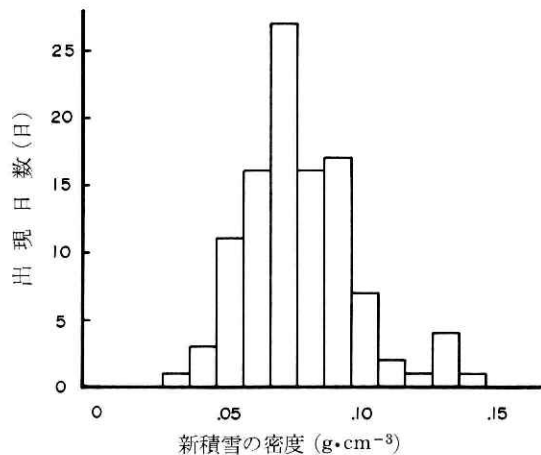


図2 新積雪の密度とその出現日数 (1975年1月～1977年3月)

ば一定値を示し、 \bar{T}_a が -5°C 以下の場合には逆にやや増加する傾向を示している。 \bar{T}_a が -1°C 以上で大きな密度が測定されたのは融雪現象が生じたためであろう。

次に ρ と日平均風速 \bar{U} (前日 9 時から当日 6 時までの 3 時間毎に測定した風速の 8 回の平均値) との関係を示すと図 4 のようになる。ただし、図 3 で示したように \bar{T}_a が -1°C 以上の範囲では気温の影響を大きく受けるので、その範囲に含まれる測定値は除外した。

これによると、 \bar{U} の増加とともに ρ も増加する傾向を示している。その原因として風の作用によって生じる圧密が考えられるが、 \bar{U} が増加するに従い ρ はある一定値に近づくようにも見えることからその時の雪の結晶形 (後述) や地吹雪の影響も考えられる。

一方、新積雪に含まれる雪の結晶形を $\bar{T}_a - \rho$ の関係図 (図 3) 上に示すと図 5 のようになる。同図では結晶形を表わす記号の示す位置がその時の \bar{T}_a と ρ との関係を表わしている。ただし、同一の新積雪の中に数種類の結晶が観察された場合や、観察を行なわなかった場合があるため図 1, 2 および 3 に示した密度の測定数と結晶形を示す記号の数は一致しない。同一の新積雪中に 2 種以上の結晶形を見出した時にはそれらに () を付けて示した。

これによると樹枝状が非常に多く観察され

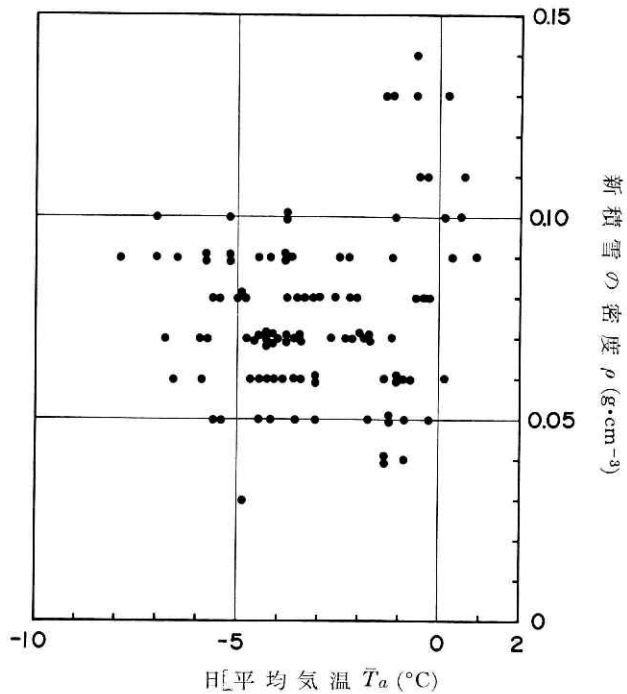


図 3 日平均気温と新積雪の密度との関係

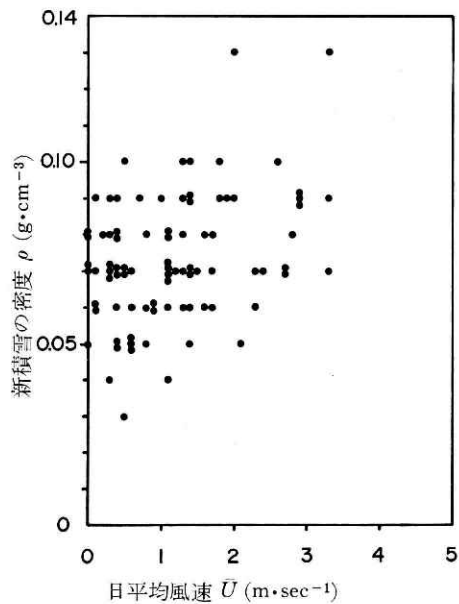


図 4 日平均風速と新積雪の密度との関係 (ただし、日平均気温が -1°C 以上の場合は除く)

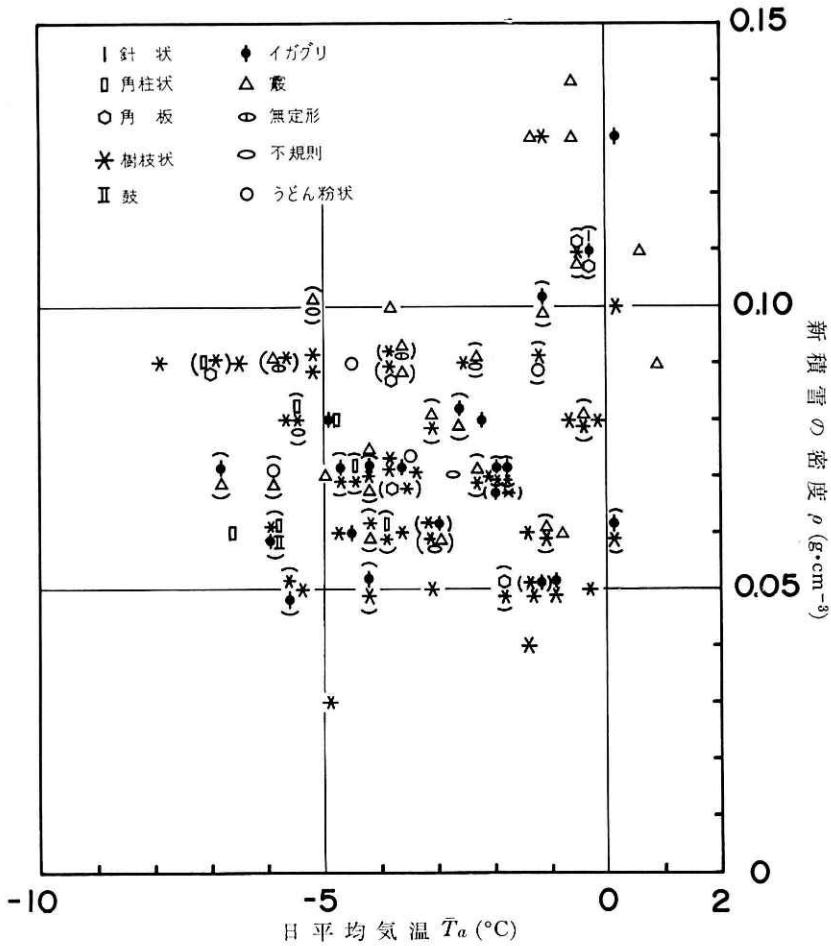


図5 新積雪に含まれる雪の結晶形と日平均気温、新積雪の密度との関係。各記号の内容は図中に示したとおりであるが、その中で、イガグリとは塊状霰状雪のことであり、うどん粉状とは側面結晶のことである。なお、角板以外の正規六花を全て樹枝状として記入した。

次いで霰(あられ)やイガグリ[正式名称は塊状霰状雪(孫野, 1962)]が多くみられた。 ρ との関係についてみると、樹枝状はどちらかというとも ρ の小さい場合に多くみられるのに対し、霰は ρ が大きい所に分布しているようなので結晶形も ρ に影響しているように思われる。なお \bar{T}_a が -4°C 以下で角柱状の結晶が時々観察された。これは寒い日によく見られ、サラサラとしてグラニュー糖のような印象を受けるのですぐにわかる。

うえに述べたように、新庄における新積雪の密度は平均すると $0.076\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ であるが、気温や風速などによって変化しているようなので、それらと密度との関係をみしてみる。いま、風速が $1\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ より強い場合と弱い場合とに分けると測定数がほぼ同数ずつ二分されることから、試みに $\bar{U} > 1\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ と $\bar{U} \leq 1\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合に分けて調べてみる。

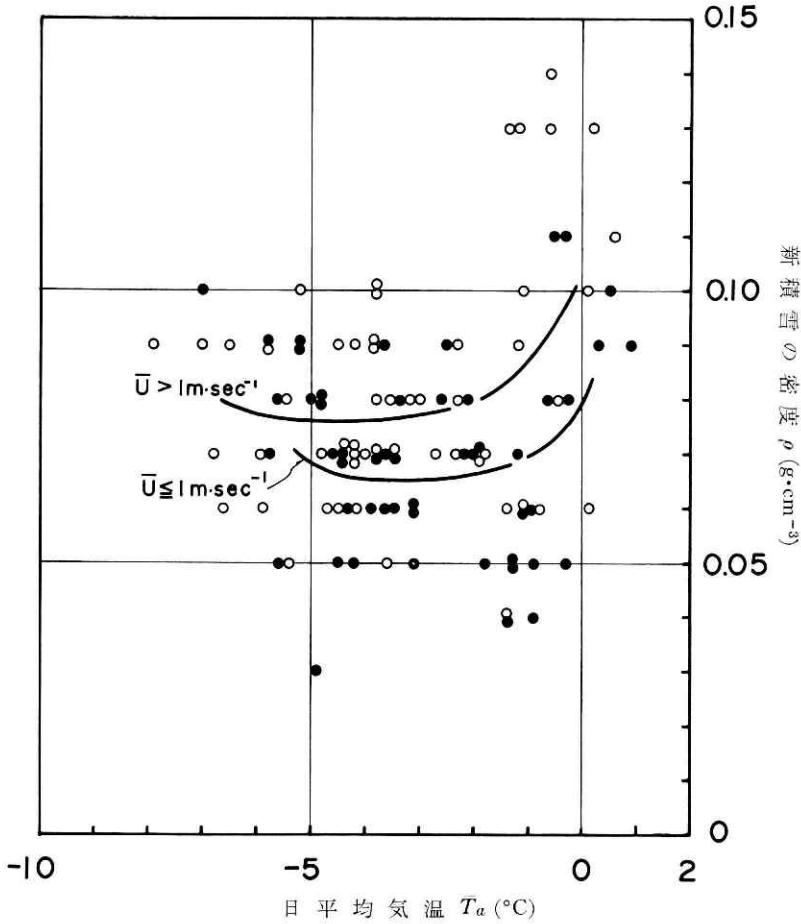


図 6 日平均気温と新積雪の密度との関係 (○印: 日平均風速が $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ を超える場合, ●: 日平均風速が $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以下の場合)

図 6 は図 3 に示した $\bar{T}_a - \rho$ の関係を $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合 (○印) と $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合 (●印) とに分けて示したもので, 2 本の曲線はそれぞれ $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合および $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合の平均密度の温度変化を示すものである. これによると ρ は $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時には \bar{T}_a が -1°C 以下の範囲でほぼ一定値を示している. また, $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合には多少ばらつきはあるものの \bar{T}_a が -1°C 以下 -5°C 以上の範囲で一定であるのに対し, \bar{T}_a が -5°C 以下ではやや増加する傾向を示している. またいずれの場合でも \bar{T}_a が -1°C 以上の範囲においては ρ は大きくなっており気温の影響を強く受けている. $\bar{T}_a < -1^\circ\text{C}$ における ρ の平均値は $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合には $0.078 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合には $0.068 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ である.

一方結晶形についても同様に $\bar{U} = 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ を境にして分けてみると図 7, 8 のようにな

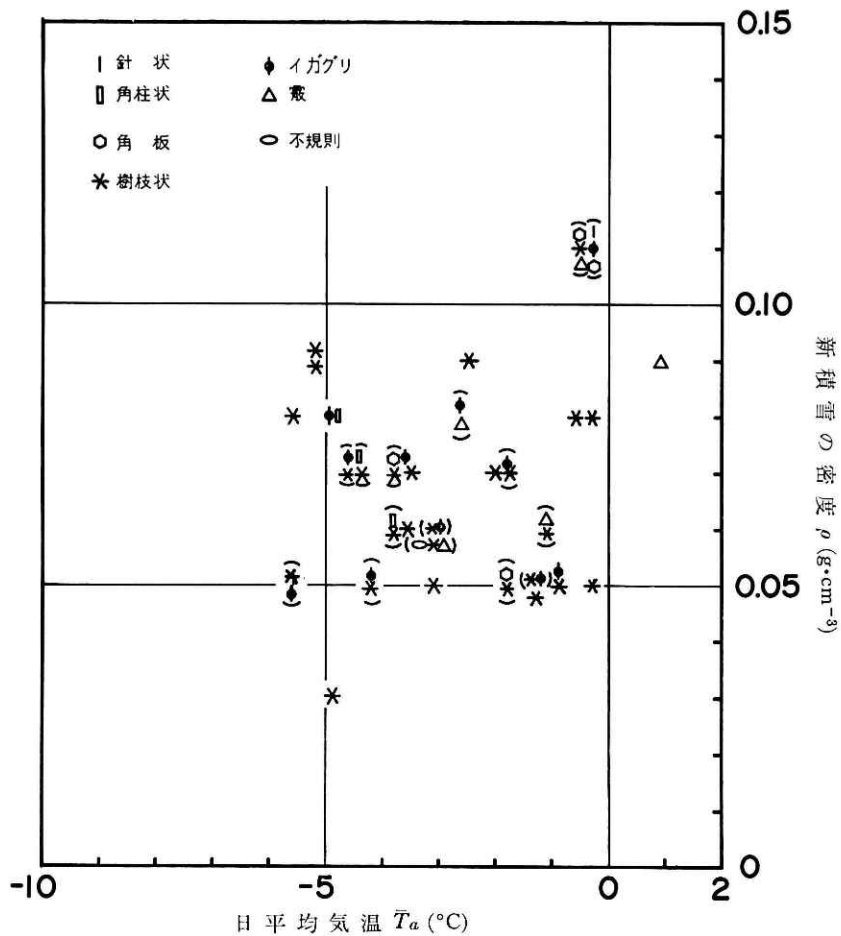


図7 雪の結晶形ごとの日平均気温と新積雪の密度との関係 (日平均風速が $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 以下の場合).

っており $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合 (図7) には六花が数多く観察されたが $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の場合 (図8) には六花も見られるものの霰も非常に多くなっているのが特徴的である.

以上のことから、 ρ は \bar{T}_a が -1°C 以上の範囲では融雪のためにその変動幅が大きく特定の値として定めることはできないが、 \bar{T}_a が -1°C より低く、 $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時には $0.078 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ であり、 $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時には $0.068 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ と考えてよいであろう。そしてそのように風が強い場合に ρ が多少大きくなる原因としては風圧による圧密も考えられるが、その他に、そのような時 (風が強い時) に降りやすい結晶 (霰) による影響もあるようだ。つまり今井 (1954) が報告したように風の強い気象状況のもとでは霰のようなそれ自体の密度が大きいものが降ることが多く、このことが新積雪の密度を大きくする原因ともなっていると思う。

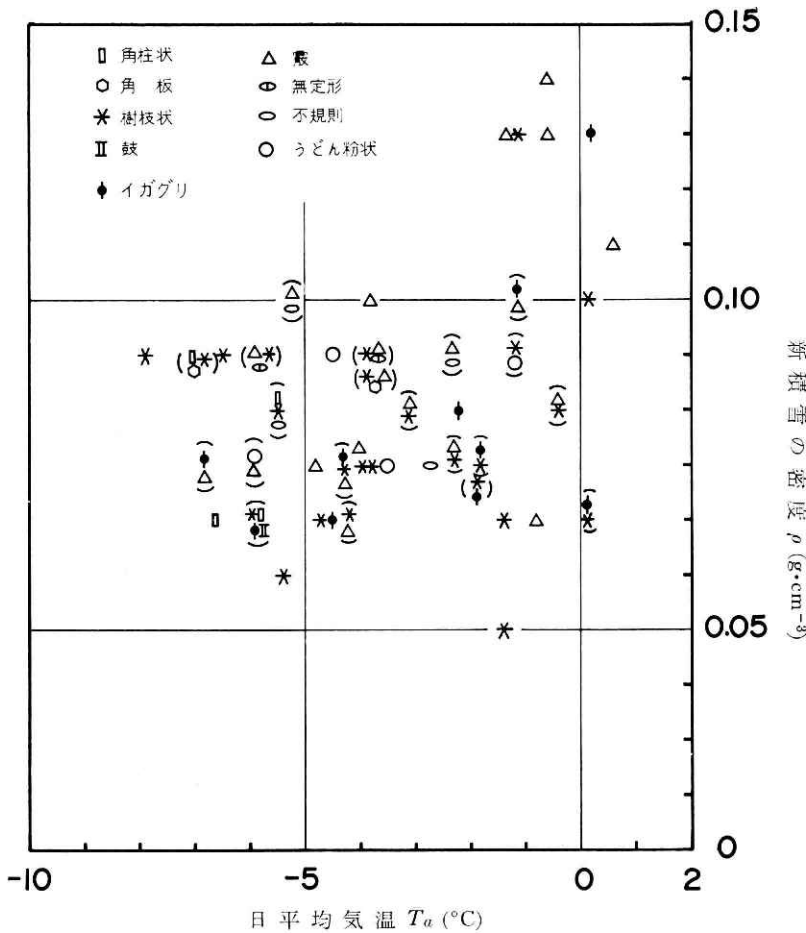


図 8 新積雪に含まれる雪の結晶形と日平均気温、新積雪の密度との関係（日平均風速が $1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ を超える場合）

4. む す び

新積雪の密度 ρ を日平均気温 \bar{T}_a 、日平均風速 \bar{U} およびその時の雪の結晶形との関係において調べた。 \bar{T}_a, \bar{U} ともに24時間の平均値にすぎず、降雪中の気象状況を代表するものではないため解析に際しては多少矛盾を含んでいるが（たとえば比較的暖かい時に降雪があり、その後快晴となり夜間に急激にかつ大きく気温が低下したため、本来 \bar{T}_a が 0°C 付近に位置すると思われる ρ を $-5\sim-6^\circ\text{C}$ 近辺にプロットせざるを得なかった例などがある）、ここではそのような点にはふれないで、新積雪の深さからその時の重量（積雪相当水量）を推定するために ρ を求めてみた。その結果新庄における新積雪の密度の平均値は $0.076 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ であるが、日平均気温が -1°C 未満の場合にこれを強風時と微風時とに分けてみると、 $\bar{U} > 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時には $0.078 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 位、 $\bar{U} \leq 1 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時には $0.068 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 位である

ことが判明した。

おわりに

観測の一部は、中村勉研究室長(現支所長)および東浦将夫研究員によっても行なわれました。ここに記すとともに深く感謝致します。

本研究は科学技術庁試験研究所経常研究費によって行なわれた。

参 考 文 献

- 1) 今井一郎 (1954): 季節風による降雪の研究. 気象集誌, 32 卷, 192—214.
- 2) 孫野長治 (1962): 気象学的な雪の結晶の分類. 雪氷, 24 卷 2 号, 1—5.
(1977 年 12 月 22 日原稿受理)