

仙台での新積雪密度の一測定例

中 村 勉*

国立防災科学技術センター新庄支所

An Example of Measurement of the Density of Newly Fallen Snow at Sendai

By

Tsutomu Nakamura

Shinjo Branch, National Research Center for Disaster Prevention

Shinjo-shi, Yamagata-ken 996, Japan

Abstract

The density of newly fallen snow in Sendai was 6.8×10^{-2} g/cm³ according to measurements made on Dec. 17, 1984. In Sendai, snowfall is not common. The density value was quite similar to the mean values measured at Shinjo, about 100 km inland from Sendai on Honshu Island, and at Nagaoka, Niigata-prefecture.

はじめに

56 豪雪の年から早や四冬が過ぎた。この年の雪害はまだ記憶に新しく、例えば仙台地方では、未曾有の送電線鉄塔の損傷破壊がひどく、それは 114 基に達した（中村，1982）。また、この時には、体育館等建物の倒壊も多かったが、仙台地方には新積雪の密度測定値が無かったので当支所の値が参考資料として用いられている（日本鋼構造協会，1981）。当時、すなわち降雪がひどくなり始めた昭和 55 年 12 月 24 日の夕刻に、著者は偶々仙台市にはいたが、手術前日の身のため密度測定ができなかった。兼ねがね、測定できなかった事を残念に思っていたが、今回の、すなわち昭和 59 年 12 月 17 日の朝にはそれが可能であったので、一例ではあるが雪害防止の一助となる事を願ってここに報告するものである。

*新庄支所

1. 測 器

仙台市では仮滞在の身であったから、測器は持ち合せていなかった。それゆえ身の廻りの品で代用した。スノーサンプラーとしては直径 18.9 cm (18.8, 18.8, 19.2 cm の平均)、高さ 30 cm の円柱状のブリキ製のごみ箱で代用した。物指は 18 cm のプラスチック製のもの(物指の先端から零目盛の所までの長さは 4 mm あった)を、重量秤には秤量 8 kg、最小目盛 20 g のものを使用した(ISHIDA の秤, 昭和 59 年 10 月検査済証有, 制検№810010)。採取した雪の質量の秤量には、通常のショッピングストアで買物を入れてくれるビニール製の袋(風袋 9.5 g, 三越デパートのもの)で代用した。

2. 観 測 日 昭和 59 年 12 月 17 日, 08 時~09 時。

3. 観 測 場 所

観測場所は仙台市国分町にある東北公済病院外来正面玄関前方のアクセス道路のアスファルト路面上であった。ここは三階建のビルディングとビルディングの谷間で、面積は約 20 m×100 m、当時は駐車用建物の建造中でこのアクセス道路は立入禁止になっていたので雪は乱されてはいなかった。

4. 観測方法及び結果

ビニールカバーがかかっているベニヤ板(旅行用靴の底に入っているもの、大きさは幅 18 cm、長さ 27 cm、厚さ 2 mm)を、アスファルト上に積った新積雪の下方にできるだけ水平に挿入した。この時あらかじめ新積雪層に鉛直断面を作り、この断面に垂直に挿入した。この断面の向きは太陽光に直接当たらない向きに作った。このアスファルト路上には 17.9 cm (17.5+0.4 cm*)の新積雪層が形成されていた。下層は水しみ層となっており、その厚さは 0.9 cm (0.5+0.4 cm*)位であった。この新積雪は 12 月 16 日の夕方から翌 17 日の朝までに降り積ったものである。

新積雪表面には少し起伏があった。この積雪表面上では、雪の結晶形はいがぐり初期のものが観察された。水平に挿入したビニールカバー付ベニヤ板上に、上記のブリキ製スノーサ

*物指の端から零目盛までの長さ

ンプラーを上方からできるだけこの板に垂直になるように板迄挿入し、次いでこのスノーサンプラーをベニヤ板で押えつつひっくり返した。次いでベニヤ板をはずして、ブリキ缶内に入った雪試料の結晶形を観察したところ、樹枝状、板状、そしてきれいな広幅六花が観察された。つまり、これらの雪の結晶は積雪層の下方にあったものである。ブリキ製のスノーサンプラーを雪に挿入する前には、熱伝導による融解をできるだけ少なくするためにこのスノーサンプラーを空気になじませて冷却した。後刻調べた所、仙台地方気象台での朝8時の気温は -0.6°C であった。この雪を採取する前に、ビニール付ベニヤ板上迄プラスチック製物指を鉛直に挿入して雪の厚さを測ったところ、それは13.9、13.6そして13.9 cmであった(平均13.8 cm、この雪の厚さには物指の先端部の目盛のない個所の長さ0.4 cmの補正值がすでに入っている)。戸外に出たのが8時10分で測定終了時刻は8時22分であったから、一回の測定に約12分かかった事になる。測定中には雪がチラホラと降っていた。雪の質量は室内に戻り、上記の秤で測定した。質量は280 gであったが、秤の零点のずれと風袋(風袋は新庄支所へ戻ってから測定した値9.5 gを用いている。ちなみに、上記の仙台での秤で測定した風袋の平均値は13.5 gであった)を差し引くと正味265.5 gとなった。円筒型雪サンプラーの平均直径が18.9 cmであったから、これらから雪の密度を求めるとそれは 0.069 g/cm^3 となった。これらの測定結果を表1に掲げる。部屋に戻り質量を測り、密度を計算した所、想像していたよりも小さかったのもう一度測定した。表2には、その結果を簡単にして示してある。雪の採取はうまくいった。星状結晶形が観察された。上記の二回の測定結果の平均値は $6.8 \times 10^{-2}\text{ g/cm}^3$ であった。この日の朝の雪の降り方は、6時頃は雪片として降っていて、8時頃小降りとなった。

表1 一回目に採取した新積雪の厚さ、質量そして密度
(スノーサンプラーの直径は18.9 cm)

Table 1 The depth, mass and density of newly fallen snow measured at the first run (Diameter of the snow-sampler: 18.9 cm).

測定回数	雪の厚さ cm	補正値 cm	真 値 cm	質 量 g	補正値 g	真 値 g	密 度 g/cm^3
1	13.5	+0.4	13.9	280	零点のずれ分-5	265.5	6.9×10^{-2}
2	13.2	+0.4	13.6		風袋 -9.5		
3	13.5	+0.4	13.9		計 -14.5		
平均	13.4	+0.4	13.8				

表2 二回目の測定・計算結果

Table 2 Results of the measurements and calculations (2nd run).

測定回数	雪の厚さ cm (補正後の値*)	質量 g (補正後の値**)	密 度 g/cm^3	備 考
1	13.8	258.5	6.6×10^{-2}	*補正値: 0.4 cm
2	14.4			**補正値: -14.5 g(風袋
3	13.7			の-9.5 gと零点のずれ
平均	14.0			分-5 g)

5. スノーサンプラーの検定

前述したように、スノーサンプラーとしてはあり合せの層入れを代用したので、これを新庄支所に持ち帰り、そこで検定した。検定の方法は、ある深さの新雪層の密度をこのサンプラーと正式のスノーサンプラー（新庄支所で通常用いているもの）とで測定し、これら二つの密度の測定値を比較する方法をとった。

この測定は 1985 年 2 月 12 日の朝 9 時頃当新庄支所の構内で行った。雪試料は厚さ 90 cm の積雪上の新雪である。これは前日 11 日に降ったものであり、わずかに、こしまり雪になりつつあったが、まだ新雪部分が大半であった。表 3 にはその二種類の方法による測定・計算結果を表わしてある。

表 3 にみられるごとく、両者の測定値は測定精度 2 桁で十分合致しているので、仙台での測定値は十分信頼性が高いと判断した。

表 3 仙台で用いたスノーサンプラーと正式のスノーサンプラーとの測定値の比較

Table 3 Comparison of the measurements at Sendai and at Shinjo Branch.

測定回数	仙台で用いたスノーサンプラー				正式のサンプラー (透明プラスチック製, 直径 7.0 cm)		
	サンプラー直径 cm 再測値	雪の深さ cm	雪の質量 g	雪の密度 g/cm ³	雪の深さ cm	雪の質量 g	雪の密度 g/cm ³
1	18.75	10.0	308.4	1.1×10^{-1}	12.3	3 つの合計値 157.7	1.1×10^{-1}
2	18.93	10.0			12.8		
3	18.75	10.0			13.0		
平均	18.8	10.0			12.7		

備考 雪の深さ測定には長さ 50cm の金属製物指を、質量測定には秤量 600 g、最小目盛 0.5 g の自動天秤（村上製）を用いた。

6. 考 察

新積雪密度が $6.8 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ という値は私の予想よりも小さい値であった。ちなみに新庄支所での測定値（中村・阿部, 1978）と比べてみると、そこでの最多出現頻度が $7.0 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ であるからこの仙台で測定された値は、新庄でよく観察される値とほぼ同一であったということになる。また、新潟県長岡市での測定値と比べてみると、そこでの最多出現値は $7.5 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ であるので（五十嵐・清水・監物, 1967）、この値とも似かよっていたことになる。

この時の降雪状況を簡単に調べてみると、図 1 の地上天気図にみられる通り、九州地方にあった低気圧の日本列島沿いの東北進による影響である。このために北関東から東北南部地方にかけて雪となったものであり、仙台では 19 cm の積雪が記録されたのである。図 2 は、

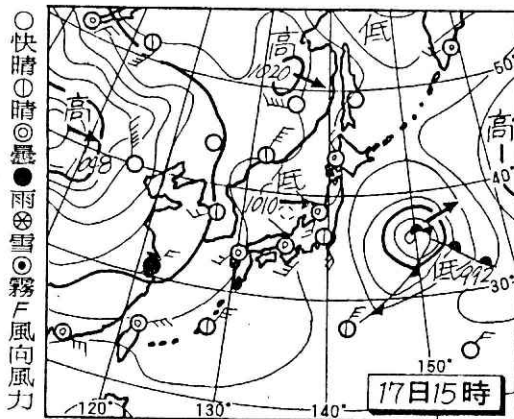
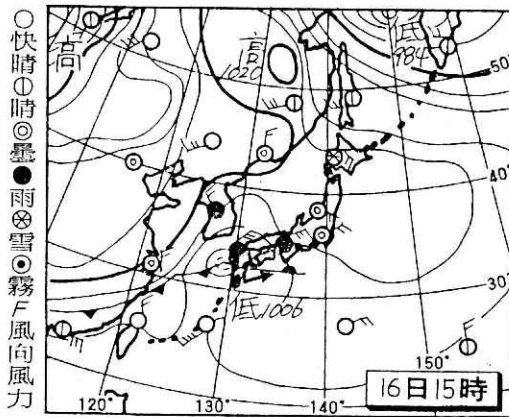
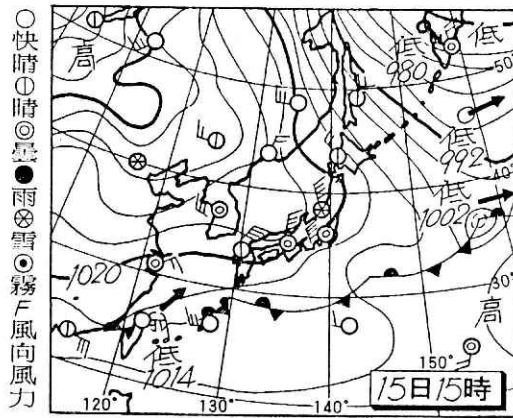


図1 1984年12月15日、16日、17日の地上天気図。

Fig. 1 Surface weather charts for 15: 00 JST, Dec. 15, Dec. 16 and Dec. 17, 1984, respectively.

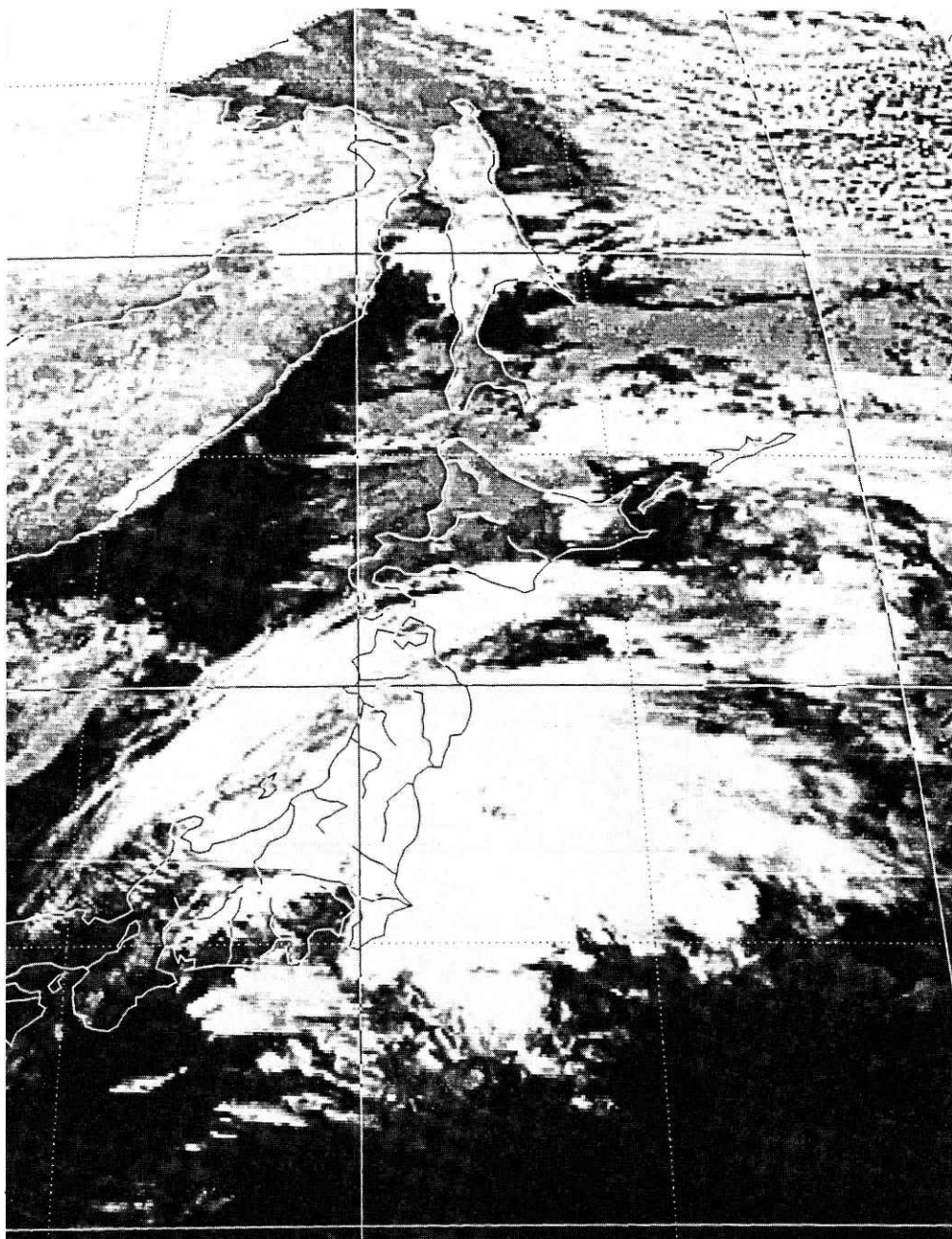


図2 仙台上空の雲の様子。昭和59年12月17日01:00時JST(16日16Z), 赤外線写真(気象衛星ひまわり, GMS-3より)

Fig. 2 Cloud distribution above Sendai.
01:00 JST (16Z, Dec.16), Dec. 17, 1984

この時の東北一帯をおおっている雲の状態を示す写真(気象衛星ひまわり, GMS-3, 1984年12月17日01時(JST))である。56豪雪(気象庁予報部, 1981)時には, 日本列島沿いに低気圧が北進しながら急速に発達し, 仙台沖で中心気圧972 mb という台風なみの勢力をもつに到り(図3参照), そこで暴風雪をもたらした。図4はこの時の気象衛星から撮影された雲

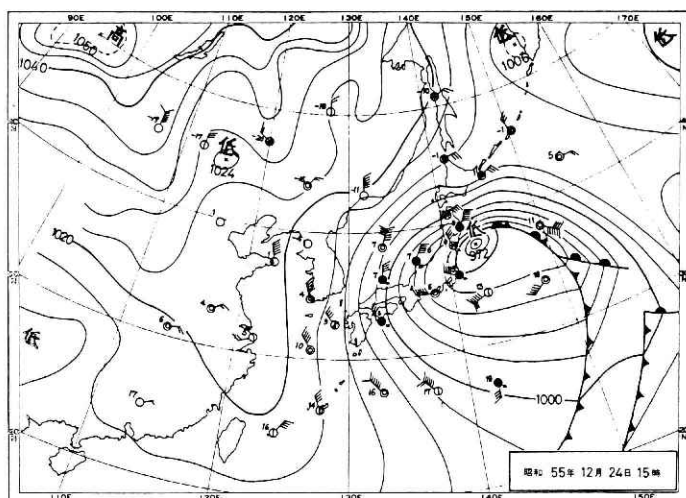


図3 昭和55年12月24日, 仙台地方に豪雪被害をもたらした時の地上天気図。

Fig. 3 Surface weather chart for 15:00 JST Dec. 24, 1980.

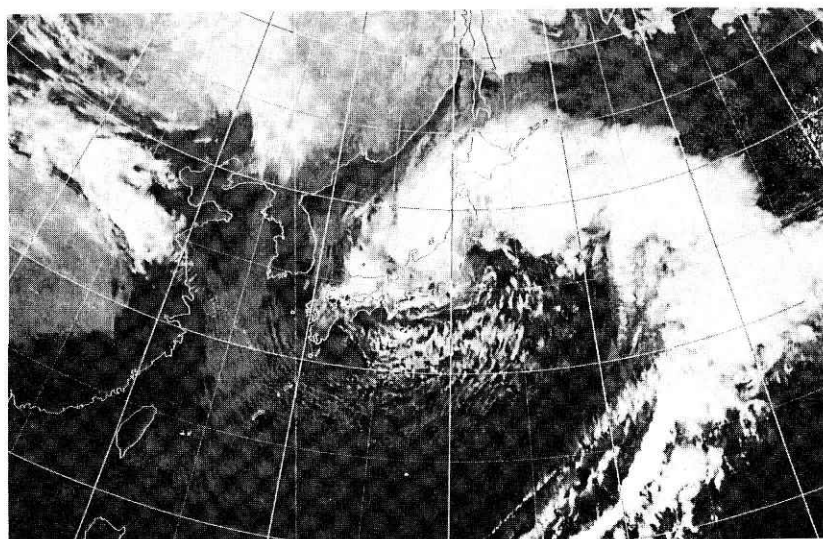


図4 56豪雪時(昭和55年12月24日, 14:32 JST)の日本上空の雲の様子。(赤外線写真, 気象衛星ひまわり, GMS-1より)

Fig. 4 Cloud distribution at 14:32 JST, Dec. 24, 1980 (Infrared photo., GMS-1).

の写真であるが、昭和59年12月17日の時の低気圧性の雲よりも格段、規模の大きいものであることが知られる。今回の降雪も日本列島沿いに北上した低気圧によるものであるから、低気圧性降雪という点では同じである。しかし今回は幸いにも56豪雪時ほどの被害はもたらされなかったものの、各種の交通障害が発生した。例えば仙台空港では12便の欠航があり、国鉄ではダイヤが混乱し、白河発仙台行の列車が1時間遅れたのを最高に、仙台駅を発着する上下20本の列車に遅れが出た。また東北自動車道、矢吹—白河間は雪による交通事故のため一時閉鎖された（河北新報、1984）。

56豪雪時の当新庄支所で朝9時に測定された新積雪の密度（昭和55年12月25日）は、 $2.7 \times 10^{-1} \text{g/cm}^3$ （中村・阿部・東浦・沼野・中村、1985）と異常に高い値であった。今回の仙台での測定値は $6.8 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ という小さい値であったが、この時、すなわち1984年12月17日9時、新庄支所での値は $9.4 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ （新積雪深7cm）であり、仙台での値よりは大きな値を示している。

新積雪の密度は、その時の降雪条件や気温に大きく左右される。この時の仙台での上空の

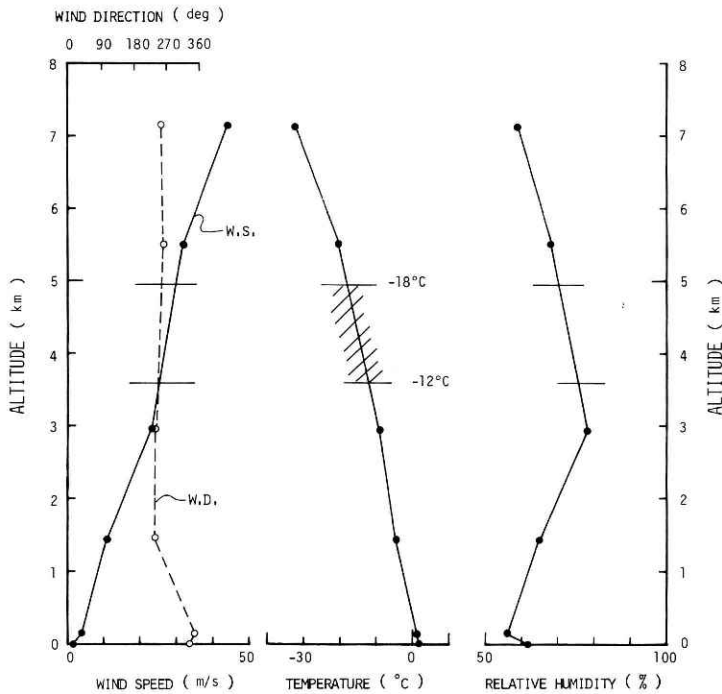


図5 1984年12月16日21:00 JST (12:00 Z) の仙台上空での気温、相対湿度(氷に対する)ならびに風速分布。斜線個所は観察された雪の結晶の成長域。

Fig. 5 Wind direction and speed, air temperature and relative humidity on ice above Sendai at 21:00 JST (12:00Z), Dec. 16, 1984.

付表 1984年12月16日21:00 JST (12:00 Z)の仙台上空での気温、相対湿度(氷上)ならびに風速分布

Appendix Air temperature, relative humidity on ice, wind direction and speed above Sendai at 21:00 JST, Dec. 16, 1984.

高度 (m)	気温 (°C)	相対湿度 (%)	風向 (deg)	風速 (m/s)
0	1.8	62	340	1.5
150	1.2	56	350	4.1
1438	-4.7	65	240	10.8
2953	-9.1	78	240	23.1
5510	-20.9	68	260	31.9
7120	-32.5	59	255	44.2

気温等を調べてみたのが図5である。地上で観察された雪の結晶形は上に述べたように樹枝状、板状および広幅六花であったから、これの成長域は -12°C ～ -18°C の所にあった(孫野, 李, 1966)ことになる。図5にはこの温度範囲を斜線で示してある。この所の湿度は生憎と実測されていない。この成長域にあった雪の結晶の発現個所を推定してみる。すなわち、その域の平均高度を4.2 kmとすると、そこから平均風速15 m/sの風によって平均の落下速度 $(0.35 \div 2)$ m/s (Magono, 1954)で落下してきたと考えられるから、水平距離に換算すると、風上側360 kmの所に発生源があったと考えられる。この様な遠方からやってきた雪も地上に落下した後、重力の場にあるから、そこで圧密化が進む。この圧密化もその場所の気温に大きく左右されるから、この仙台での値 $6.8 \times 10^{-2} \text{g/cm}^3$ が仙台での最多出現値とはいえないが、この測定値が雪害防除のための何らかの助けになれば幸いと考えている。

なお、新庄支所での降積雪に関する値は同支所職員の測定によるものである。また、気象データを収集してくれた研究員の阿部修氏に謝意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 五十嵐高志, 清水増治郎, 監物勝英(1967): 北陸地方平野部における雪質に関する調査(II), 雪害実験研究所報告, pp. 29~70.
- 2) 河北新報社(1984): 12月17日付の夕刊.
- 3) 気象庁予報部(1981): 昭和55年12月中旬から昭和56年2月末までの北陸・東北地方を中心とした大雪災害時自然現象報告書, 1981年第1号, pp.1~49.
- 4) Magono, C. (1954): On the Falling Velocity of Solid Precipitation Elements. Science Reports of the Yokohama National Univ., Sec. I, No. 3, pp. 33~40.
- 5) Magono, C. and Chung Woo Lee (1966): Meteorological Classification of Natural Snow Crystals. Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Univ., Ser. VII, Vol. II, No. 4, pp. 321~335と付図.
- 6) 中村秀臣・阿部修(1978): 新庄における新積雪の密度, 国立防災科学技術センター研究報告, 第19号, pp. 243~250.
- 7) 中村秀臣, 阿部修, 東浦将夫, 沼野夏生, 中村勉(1985): 新庄支所における10冬期間の降積雪・気象観測, その3. 日降雪密度編, 防災科学技術研究資料(投稿準備中).
- 8) 中村勉(1982): 都市における防雪上の諸問題とその解決策における雪氷学の役割. 雪氷, 44, 1, pp. 27~33.
- 9) 日本鋼構造協会(1981): 東北・北陸56年豪雪による鋼構造物災害調査報告, pp. 1~46.

(1985年6月15日 原稿受理)