

## 市 街 地 の 堆 雪 量

中 俣 三 郎\*

### Accumulated snow of the city street

by

Saburō NAKAMATA

(Abstract)

Accumulated snow of the city street is mainly caused by removing the snow from the road and from the roof. Accordingly various factors as shown below influence the accumulated snow of the city street.

1. degree of the snowfalling in cold spell
2. width of the road
3. density of the house distribution in the area
4. existence of houses so constructed as to withstand snow weight
5. traffic volume etc.

On the other hand, ability of the snow removal or snow melting influence the accumulation of snow. In snowy districts, the road has extra zones on each side for the purpose of snow removal and snow accumulation, which are called road snow accumulation zones.

First, we observed the formation process, construction, volume, mean density of the accumulated snow formed on the sides of the road. The volume of accumulated snow changes according to the weather conditions the intensity and interval of snow falling and air temperature of the year and the interval of operating snow removal machines. We found that its maximum value can be calculated by measuring the maximum weight of the snow cover of the year.

The density of the accumulated snow increases according to the next conditions

1. Compression by snow plows while removing snow
2. Increase of density by the repetition of melting and freezing
3. Compression caused by the weight of accumulated snow

By our measurements during 1979-1980 winter, we got the following results.

- 1) In the first half of January when the air temperature was low and we had many snowy days, we obtained  $0.2 - 0.25 \text{ t/m}^3$  average density of accumulated snow.
- 2) At the end of January, ca  $0.37$ .
- 3) When the maximum snow depth of the winter was observed, the volume of accumulated snow

---

\* 新潟大学積雪地域災害研究センター

was the greatest and we obtained ca.0.4 then.

- 4) When the maximum weight of the snow cover of the winter was observed, the weight of accumulated snow was the greatest, and we observed ca. 0.45.
- 5) The average density of accumulated snow showed approximately the same value regardless of the width of the road.
- 6) The density of each part of the cross section of the accumulated snow was of random distribution. Its values ranged from 0.34 to 0.69.
- 7) The average density of the accumulated snow was always greater than the average density of natural snow cover, but in the thawing season, they came to almost the same value.

From these results, we can estimate the density of the accumulated snow at each period of the winter.

Now we know that the weight of the accumulated snow can be calculated from the weight of snow cover and the width of the road, so by determining the weight and the average density of the accumulated snow we can calculate its volume. By this way we compared the calculated volume of the accumulated snow with the measured volume. The measured value was obtained through the questionnaires given to 600 junior high students. From this comparison we found that the measured value was smaller than the calculated value. The calculated value is originally obtained based on the observation values at appointed places, so it should agree with the measured value in the questionnaires. But they didn't agree. The disagreement was caused by clearing various parts of the city of snow and melting snow by snow pipe. From the questionnaires we found that the amount of the desposed accumulated snow per house by clearing and melting was ca.  $1.5 - 2 m^3$ .

## Ⅰ ま え が き

研究主題の一環として、市街地からの排雪量を研究対象として、1979年12月から1981年4月の期間、2年次にわたって長岡市内の堆雪量の実態を調査した。両年とも大雪であり殊に1980~81年冬は降雪累計が昭和38年の豪雪を超える規模となり市内の堆雪量、これに伴う排雪量は過去に例をみない大きなものとなった。38年豪雪時とくらべ激増した交通量、近代化された流通系が初めて遭遇した豪雪とみて差し支えない。それだけに調査実験も豪雪に阻まれ企画通りに進展せず、その資料解析も遅れている。従って本文は主として初年度の調査を重点に、降積雪、道路幅員、市街家屋の疎密などの各条件と市内堆雪量の関連を検討した。

市街地の堆雪量は主として、道路除雪によるもの、屋根雪処理のため宅地内からの排雪によるもの二通りが考えられる。従って堆積量に影響する要素として次の各項目があげられる。

降積雪条件

道路幅員：道路面積率

市街家屋の疎密 } : 屋根面積率, 空地面積率  
建物の建ぺい率 }

耐雪建築の有無

## 交通量

また反面、除排雪、融雪などの処理能力も合わせて検討しなければならない要素といえる。

除排雪能力：除排雪機械および車輛とその運行人員の確保

道路条件に適応した除雪機器の選択

融雪能力：流雪溝、消雪パイプ施設およびその用水、地下水の確保

ここで本調査の対象とした長岡市について積雪対策の現況などまず検討した。

## Ⅱ 長岡市の雪対策

### 1 融雪対策

長岡市は全国で始めて消雪パイプによる融雪工法を実施した市街地である。昭和36年度冬、試験的に地下水利用による消雪パイプを市道および広場の一部に施設し融雪効果をあげた。その後普及に努め55年4月現在、市道 49.6 km、県道 40 km、国道 8.6 km あわせて 98.3 km に達し、図-2 に示すように市内中心部に施設が集中している。

しかし豪雪時は地下水の大量汲上げが続き地下水位が低下し、浅井戸の水涸れや局所的な地盤沈下が発生してきたため、通学道路や重要幹線道路を除き新設工事は停止している。

1979-80年冬は大量の降雪が集中した2月上旬、地下水の大量消費のため井戸涸れが続出、市道消雪用井戸の63%（井戸382本中242本使用できず）、県道用井戸の40%が機能を停止した。

また1980-81年冬は積雪の初期段階の1月中旬、すでに同様な事態に至っている。

しかし市街地の交通確保のためには欠くことのできない重要な役割りを果している。

このほか消雪パイプは除雪車の乗り入れできない細路街や、宅地内通路、車庫、駐車場などの確保にも広く利用されており、建物、アーケードなど屋根雪処理にも多く用いられている。

### 2 道路の除雪・排雪

市内道路は戦災復興時の区画整理により幅員を広くとってある。冬季間は道路両側に除雪した堆雪をおく余裕をもたせるため、従来の4 m 幅の道路は6 m または8 m に拡幅した。しかし現在なお除雪車の入れない、また消雪パイプを持たない細路街がかなりあり、これらの地域では自然積雪のまま放置されるため、し尿処理、ごみ蒐集、消火作業、病人輸送などに困難な問題をかかえている。

市の除雪対象とする市道はその重要度から次の3段階に分け除雪を確保している。

第1種路線：バス路線および主要集落間を結ぶ幹線道路 : 123 km

第2種 " : 市内準幹線道路 : 81 km

第3種 " : 生活道路 : 191 km

除雪作業は降雪の都度、早朝3時から開始し、第1、第2種路線と順次進める。積雪の状態により第3種路線の除雪まで確保するにはかなりの時間がかかるが、平常時の降雪で2日以内を目標にしている。従って豪雪時には第3種路線の生活道路は確保し難い現状にある。

このほか歩道除雪も試験的に開始し、昭和55年度市内5ヶ所、延長5,206 m を実施した。

図-1 に市内除雪路線を示す。市内中心部の密集地域に消雪路線が集中し、その外かくを包むように除雪路線が分布している。

排雪はバス路線の狭あい箇所、市で特に必要な箇所について実施しており、市内細路街の排雪は市民の要望の強い箇所だけ行い、その所要経費の60%を補助する方式をとっている。排雪の捨場は市で指定した

柿川の一部、信濃川河川敷中の指定箇所などがあげられており、その他は地元関係者の協力で空地、田畑などを利用して堆積している。

### 3 建ぺい率

都市計画にもどづく市街化区域の階級に応じて夫々の建ぺい率を適用し、屋根雪の堆雪用空地の確保をはかっている。しかしその適用は市郊外地域に膨張を続ける住宅区域に多く見られるが、既設の市中心街は密集した家屋配置の中で、耐雪構造を進めながらも屋根雪処理に大きな問題をかかえている。

### 4 現 況

このように研究対象とした長岡市は、我が国では最も雪対策の進んだ都市と言えよう。特に市内の消雪道路は地下水の涸渇、地盤沈下という難問題をかかえながらもその雪処理に強力な効果をあげており、市街地の道路は広く除雪による堆雪余裕幅も確保されており、屋根雪は建ぺい率の適用により宅地内だけで充分処理される。従って長岡市の場合余程の豪雪でもない限り市街地の災害は発生しなくともよい筈である。しかし昭和54年度の積雪条件における市街地の堆雪状況、排雪作業量、交通渋滞、消雪パイプの井戸涸れによる機能停止など、かなり厳しい障害が発生しており、昭和55年度の豪雪に対しては都市の機能が麻痺寸前の状態に至っている。このことは市の計画積雪深を超える降積雪が出現した場合、その対策施設、作業が対応しきれないことを意味し、54、55年と豪雪の続いた年度の調査結果は、今後の都市の豪雪対策にとって大きな指針を与えることになる。

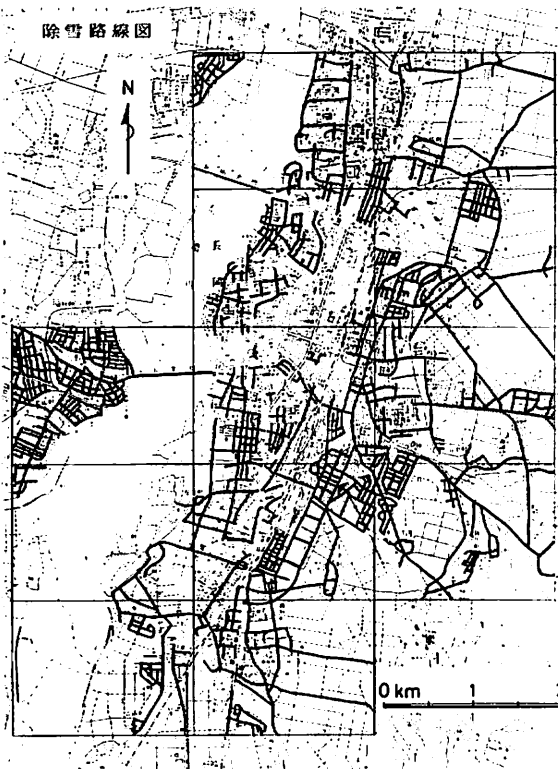


図-1 除雪路線

Fig.1 Snow removal road network

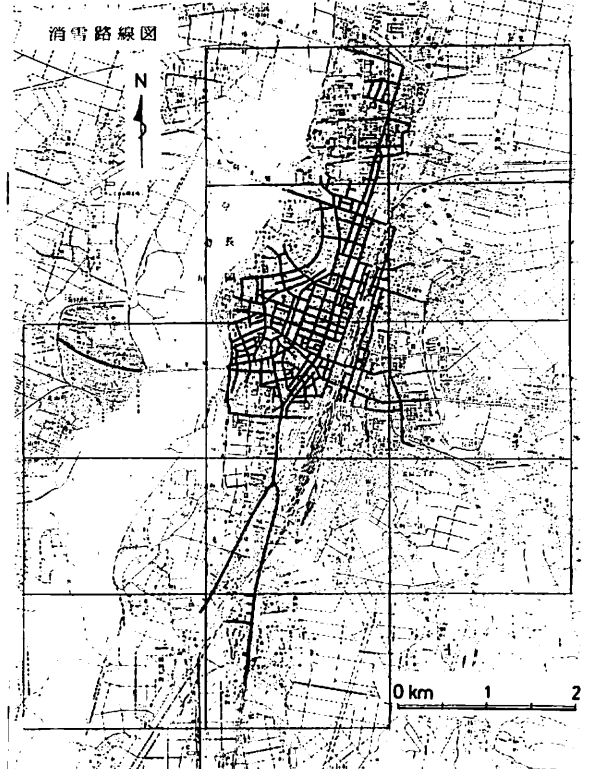


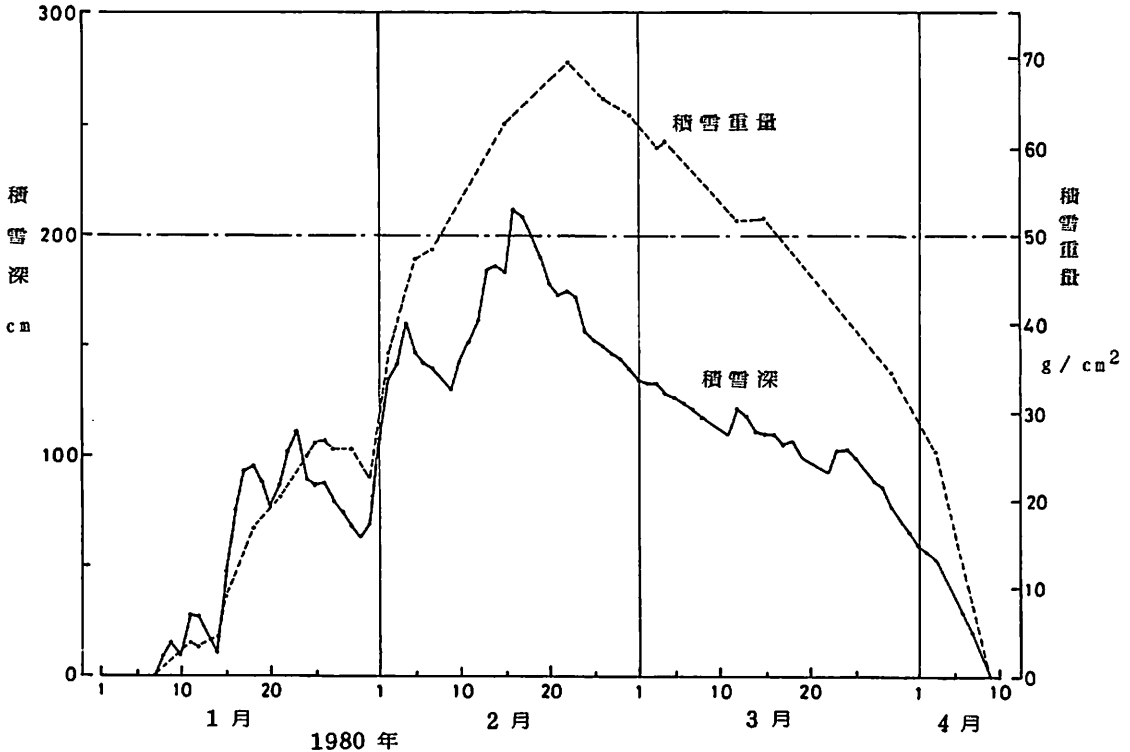
図-2 消雪路線

Fig.2 Snow melting road network

### Ⅲ 長岡市の積雪

#### 1 54年度（1979－1980年冬）の積雪状況

一冬の積雪経過を図－3に示す。測定地は長岡市学校町1旧新潟大学工学部構内（土木科実験棟西側空地テニスコート）で市中心部の値をほぼ代表する値とみられる。市街の積雪分布は南側、東側ともに積雪が増加する。市の東南に山塊が接近しており、山麓の吹き溜り効果が示されているものとみられる。気象観測所の測定地点は市中心からやや北寄りの信濃川近く、市街地の積雪分布を比較する場合、少な目に観測される位置にある。



図－3 昭和55年積雪経過

Fig.3 Snow fall diagram during 1979-1980 winter.

図－3に示すように1月上旬まで無雪状態が続き気温も平年以上に高かった。しかし1月14－23日、1月30－2月4日、2月9－17日の3回にわたる寒波の襲来で積雪はたちまち増大し、2月16日この冬の最大積雪深212 cmが出現した。この値は長岡市の積雪統計値から再現期間、約6年に相当し大雪といえよう。

この冬の平地積雪重量は図－3に点線で示した。観測値の最大2月22日0.694 ton/m<sup>2</sup>

積雪深、積雪重量の経過をみると同時に、積雪層の内部構造の変化をみるため月3回、5、15、25日を調査日として積雪断面調査を実施した。除雪、屋根雪の増減、堆雪量、交通渋滞、市街地道路施設の破損など各方面に関連する基本的データを意味する。

調査結果は日本雪氷学会の積雪観測法に基づいて図化した。

調査項目は次の各項目である。

積雪層の構造、位置

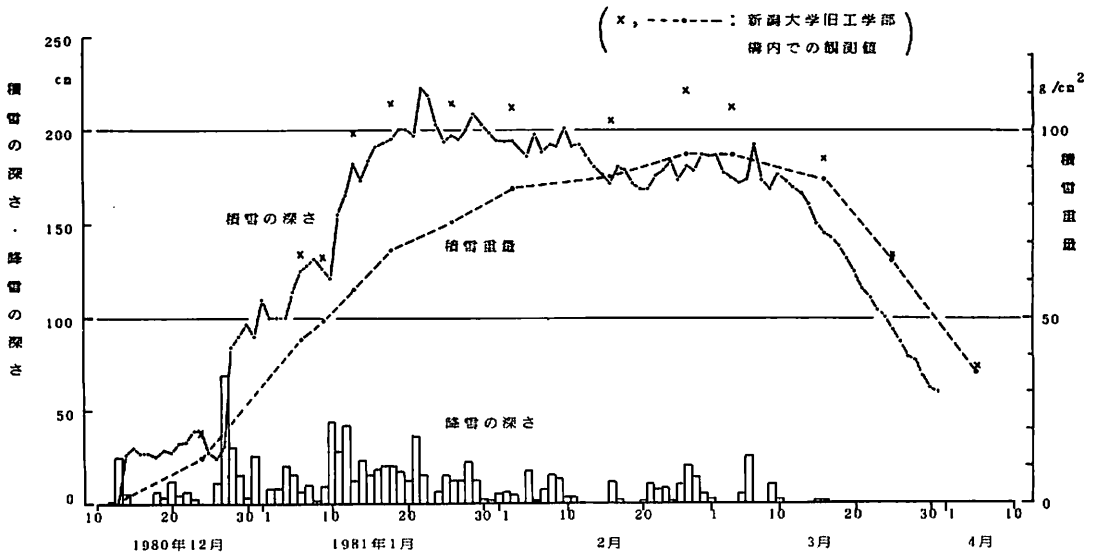
## 積雪層の雪質，名称

- 〃 密度 : スノーサンプラー（断面積  $20\text{ cm}^2$ ，長さ  $17\text{ cm}$ ，アクリライト円筒製）
- 〃 硬度 : 木下式硬度計，または円錐圧入式硬度計
- 〃 含水率 : 電気式含水率計（誘電率測定方式）
- 〃 雪温 : トランジスター指示温度計
- 〃 積雪重量 : スノーサンプラー（断面積  $20\text{ cm}^2$ ，長さ  $3\text{ m}$ ，金属製）
- 〃 粒度 : 粒度目盛板，ルーペ

長岡地方の積雪は北陸特有の湿雪が主体と言って差し支えない。県南部の山間地に比し平均気温が高いため，厳冬期にあたる1月下旬でも積雪層内の雪温は $-0.4^{\circ}\text{C}$ 以上で，かわきしまり雪からぬれしまり雪への移行が早い。2月末には全層が湿雪に変っている。従って内部に乾燥したしまり雪を温存する例は豪雪直後から1週間程度で大部分含水率2～3%から20%程度までの湿雪で占められている。積雪重量が大きいと雪の硬度は含水率が高いにも拘らず，比較的大きい。密度は最大 $0.55\text{ g/cm}^3$ 程度で一般の積雪と変わらず，最大積雪重量が出現した2月後半，全層平均密度は約0.40を示した（最深積雪時の平均密度0.30）

## 2 55年度（1980－81年）積雪状況

先年度と同様な方法で観測した。この冬の特徴は最大積雪深は前年とさほど変わらないが降雪累計が大きく積雪重量は3月8日 $0.96\text{ ton/m}^2$ の値を観測し，38年豪雪時よりも大きな雪重量が出現したことになる。従って積雪経過は図－4に示すように1月中旬から3月中旬まで長期間にわたって2 m近い積雪におおわれていた。また図－5に示す積雪断面図から1月下旬以降，全積雪層 $0^{\circ}\text{C}$ を示し湿雪化が早かったことがわかる。含水率は測器の故障から観測していないが，大量の湿雪が長期間市街地をおおっており重量，体積共に記録的な堆雪が道路両側に出現した。密度は湿雪化が早かったため何れの層も平均化され，表面から底部に至るまで比較的均一な密度分布を示した。このため積雪重量曲線は直線的に底部に向かって増加している。なお積雪層中に大粒のアラレの介在が多く見られた。



図－4 昭和56年積雪経過

Fig.4 Snow fall diagram during 1980-1981 winter.

図-5 積雪断面調査図 (1981年)  
 Fig.5 Snow profile (1980-1981 winter)

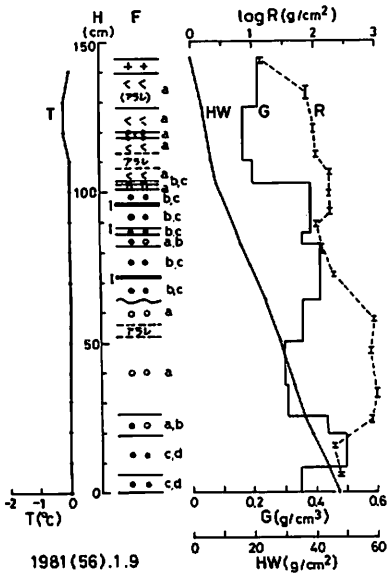


図-5-1

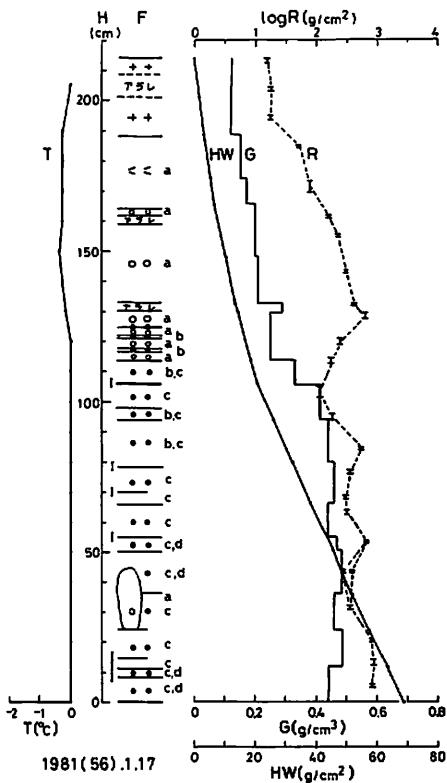


図-5-2

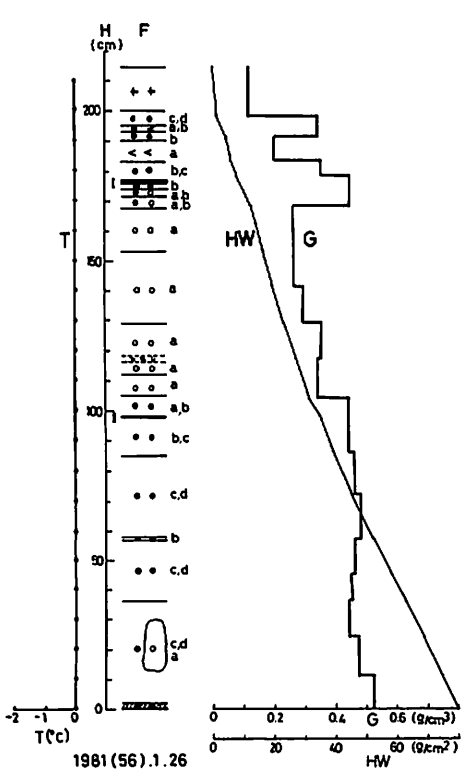


図-5-3

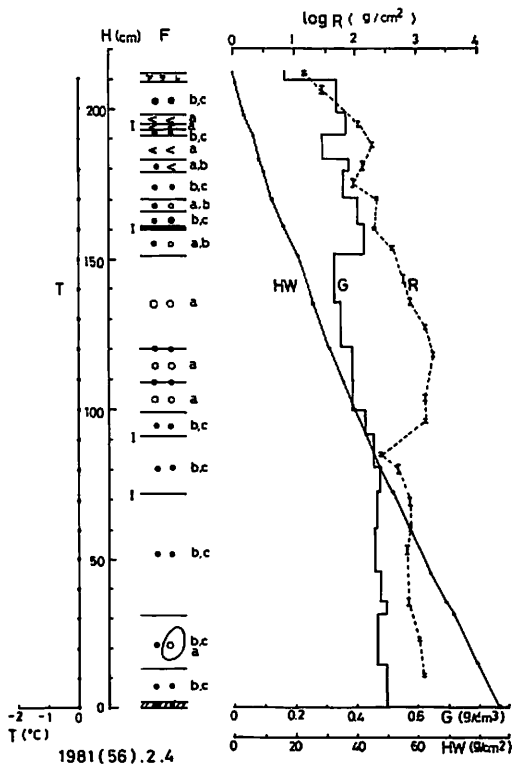


図-5-4

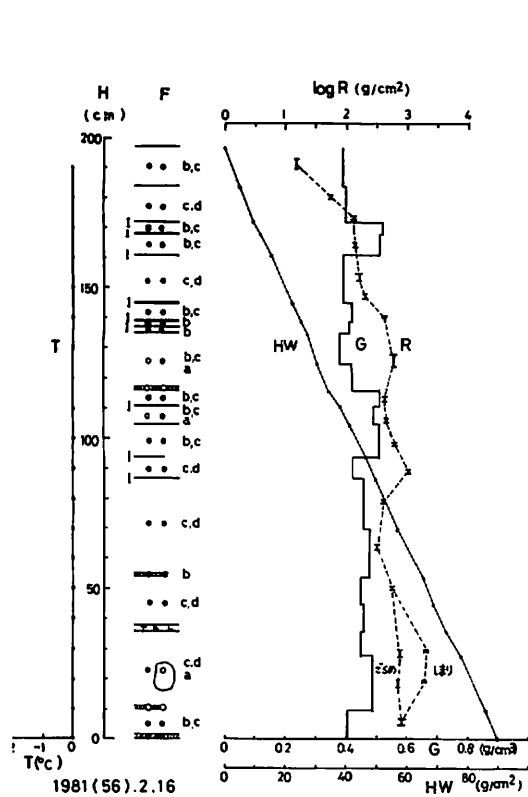


图-5-5

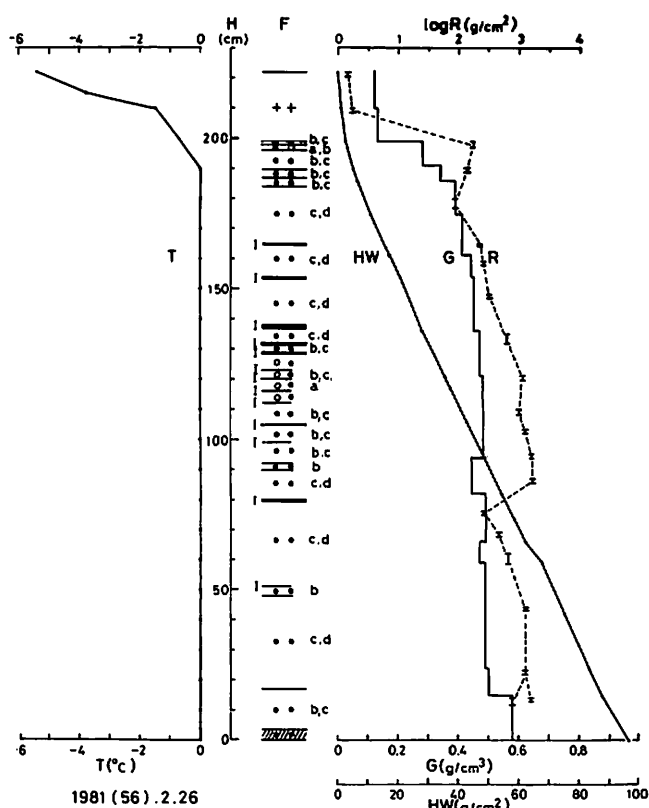


图-5-6

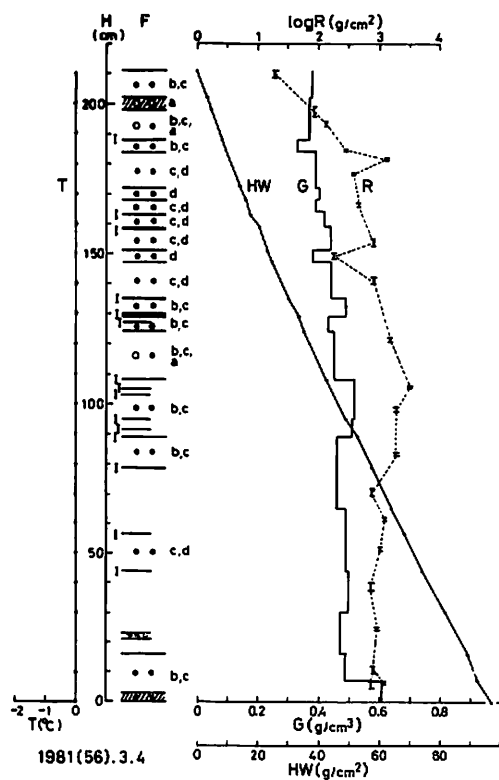


图-5-7

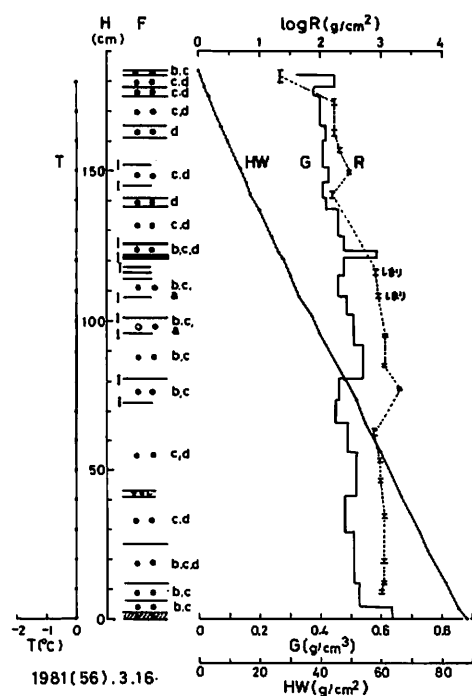


图-5-8



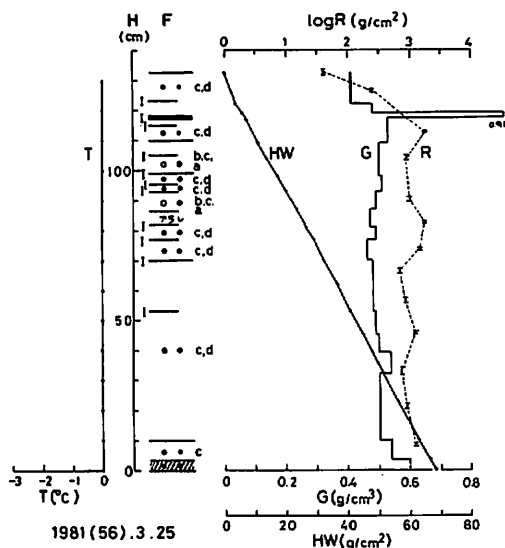


図-5-9

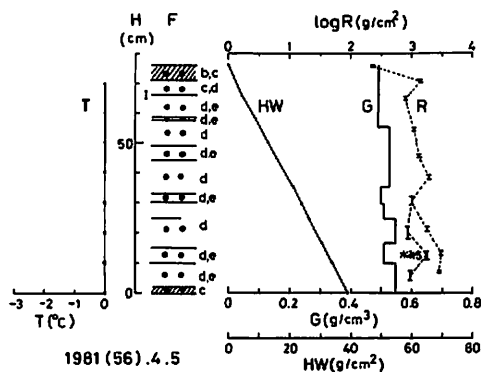


図-5-10

#### Ⅳ 道路の堆雪

道路の除雪回数が増すにつれて道路わきの雪壁が高くなっていく。この雪壁の山即ち堆雪を路肩に置くため、雪国ではあらかじめ道路幅員に余裕をもたせてある。道路構造令にも路肩の幅員として条文化されており、路側余裕幅と呼ばれる。この余裕幅内に積む堆雪も無制限に高くすることができない。積上げる雪の崩れる安息角から、一定の幅に対して限界の高さ（後記）が適用される。国県道の重要幹線に対しては堆雪余裕幅が考慮されているが、市街地の道路の場合必ずしも余裕のある幅員をもっているとは限らない。除雪車の乗入れできる最小限6m幅の道路では、積雪期間一車線を確保できるかどうかの問題である。また計画積雪深に基づいて堆雪余裕幅をとってある道路も計画を越える大雪の場合堆雪の増加をどのように処理するか、大量の堆雪が日頃交通渋滞の元凶となっているだけに、その対策は雪国都市の一つの問題であろう。また現在採られている排雪作業も捨場の確保、運搬車輛による交通渋滞、雪捨場の塵芥、融雪のおくれなど厄介な諸問題をかかえている。従って重要路線を除いて、多くは気温上昇による自然融雪をまつか、減少してから逐次排雪により労力を省くなどが行われている。

まず降雪の増加につれて堆雪はどのように増すか検討した。

##### 1 堆雪量の算出

図-6に示すように道路の幅員をAとし、道路内の降雪は除雪により左右両側に均等にふり分けられ、余裕幅Bに堆積するものとする。長岡市の場合1回5cm以上の降雪があった場合だけ除雪すると決めると道路上の除雪重量、堆雪重量は夫々表-1に示される。ただし、

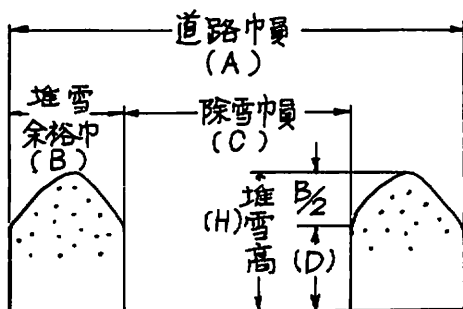


図-6 堆雪形状

Fig.6 Form for snow accumulation

$W$  : 除雪期間中の降雨量 (ton)  
 $V_0$  : " 日降雪深の累計 (m)  
 $V_1$  : " 1日5cm以上降雪累計 (m)  
 $V_2$  : " " " 以下 " (m)  
 $r_0$  : " 日降雪深の平均密度 (ton/m<sup>2</sup>)  
 除雪期間は積雪開始後融雪期に入るまでの期間とする。

表-1 道路内の雪重量

Table.1 Snow weight on the road

	降 雨 ( $W$ )	5cm/日以上以上の降雪による	5cm/日以下の降雪による
除雪幅員内 ( $C$ )	$CW \rightarrow 0$ 流失	$CV_1 r_0 \rightarrow$ 除雪量	$CV_2 r_0 \rightarrow$ 融解
堆雪余裕幅内 ( $B \times 2$ )	$2BW$	$2BV_1 r_0$	$2BV_2 r_0$

堆雪が形成されるまでの期間、その表面は外気にさらされ融解して減量する。除雪間隔が長くなるほどまた堆雪量の増加に伴い表面積が増すほど融雪量が増加するので、堆雪自体の融解による減量分 ( $M'$ ) を考慮しなければならない。

従って堆雪余裕幅内の雪重量 ( $M$ ) は次式で示される。

$$\begin{aligned}
 M &= 2B(W + V_1 r_0 + V_2 r_0) + CV_1 r_0 - M' \\
 &= 2B(W + V_2 r_0) + AV_1 r_0 - M' \dots\dots\dots(1)式
 \end{aligned}$$

但し  $C = A - 2B$

表-1で5cm/日以下の降雪は除雪せず融解消失するものとして取扱ったが、人車の交通量の少ない道路では融解しきれず残雪として次の除雪によって処理される場合が多い。この場合は、

$$M = 2BW + A r_0 V_0 - M' \dots\dots\dots(2)式$$

今積雪重量 ( $HW$ ) は降雪重量の累計 ( $r_0 V_0$ ) から融解、蒸発などによる減量分  $M^*$  を引き去った重量に相当するので  $(HW) = r_0 V_0 - M^*$  を(2)式に代入すると

$$\begin{aligned}
 M &= 2BW + A(HW + M^*) - M' \\
 &= A \cdot HW + 2BW + AM^* - M' \dots\dots\dots(3)式
 \end{aligned}$$

(3)式の第2項以下は第1項に比し省略できるほど小さな値であり、堆雪自体の融雪重量  $M'$  が2, 3項の和と相殺するとみなすと、堆雪は次の近似式で示される。

$$M \approx A \cdot HW \dots\dots\dots(4)式$$

堆雪と自然積雪は同一の気象条件にさらされ融解凍結をくり返す点を考慮すると、堆雪重量の算出には降雪量累計よりも自然積雪の重量 ( $HW$ ) を採った方が相関性が高い。

なお、1980年1～3月の期間、降雪深累計と積雪重量の関係を図-7に示した。

積雪重量は降水(降雪, 降雨)重量の累計を示す筈であるが積雪表面の融解, 昇華および底面の融解などのため、融水として流出し、降雪重量の累計より少なめに示されるのが普通である。特に地表温度が高い積雪初期や融雪期近くになって積雪全層が透水性の良いざらめ雪に移行した時期には、その差が大きい。図-7の曲線の傾斜は日降雪深の密度を表わし長岡市は0.11 t/m<sup>2</sup>前後の降雪密度が多いことを示している。

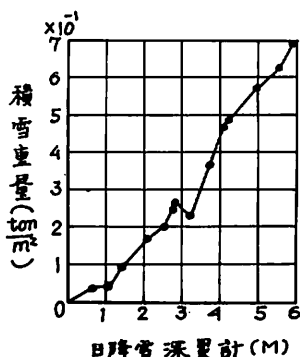


図-7 日降雪深累計と積雪重量

Fig.7 Relation between integrated value of daily snow fall and weight of snow cover.

これまでに堆雪余裕幅にある雪重量は積雪重量を測定することで近似的に求められたが、堆雪重量を実測することは困難な作業で誤差も大きい。このため堆雪の形状を測定し、その平均密度から重量を推定した。

## 2 堆雪の実測、形状、密度

堆雪の密度は、(1)除雪作業中スノーブラウによる圧縮、(2)路肩に積上げた後の凍結融解の繰返し過程下の圧密化、(3)積上げ雪荷重による圧縮、などで次第に増加する。

(1)の場合は除雪前の新雪の雪質により異なる。気温が低く大量の降雪が続く場合は新雪の密度0.06～0.08程度の乾燥した雪でプラウにより圧縮し難いため密度増加は少ない。さらに除雪間隔も短かいため、堆雪の密度は0.2～0.25 (ton/m<sup>2</sup>)程度の小さい値を示す。逆に気温が高く含水率の大きい新雪の場合、プラウにより高密度に圧縮されやすい。また車輛、歩行者など交通量の多い道路では既に圧縮した路上雪を除雪して路肩へ積上げるため最初から大きな堆雪密度を適用しなければなら

ない。一般に積雪初期1月中は気温も低く降雪量も多いため堆雪密度は小さな値を適用する。

(2)、(3)における堆雪密度増加は、気温上昇のため堆雪自体の融解によるものと、堆雪中に混在する自然積雪(堆雪上部に降り積る雪で、除雪車により積上げる雪と異なる)の圧密化によるものがある。従って気温が高いほど、除雪重量が増すほど堆雪密度は増加する。

今、市街地各箇所の堆雪について構造、密度分布、積雪重量分布を調査した。

表-2 市内各所の堆雪(1980年1月24日、25日)

Table.2 Accumulated snow at various parts of city (Jan 24,25,1980 year)

場 所	道路幅員	歩道幅員	堆雪の密度分布	平均密度	堆 雪 量	堆雪重量	記 事
土合一丁目	11 m	2.9 × 2	0.31～0.44	0.37 t/m <sup>2</sup>	5.16 m <sup>2</sup>	1.91 ton	住宅地域
東宮内町	14 "	1.5 × 2	0.30～0.46	0.36 "	5.08 "	1.83 "	田，畑
柏2丁目	6 "	2.5, 2.9	0.30～0.41	0.37 "	3.97 "	1.47 "	住宅密集地

表-2の堆雪について形状、密度分布、積雪重量分布を夫々図-8-1, 2, 3に示した。

上記3例とも消雪施設をもたない除雪路線でその平均密度は0.36～0.37を示し、地域別及び道路幅員別の差は認められなかった。なお、調査当日の積雪基準値(工学部構内測定値)は、積雪深90cm平均密度0.28～0.30で堆雪密度とかなりの相異を示している。

なお、堆雪が異常に増大した56年豪雪における例を次表に示す。

表-3 豪雪時の堆雪観測例(1981年3月8日)

Table.3 Observed of the accumulated snow during heavy snowfall (Mar.8, 1981 year)

場 所	車道幅員	歩道幅員	堆雪の高さ	平均高	積雪重量分布	密 度 分布範囲 平均	堆雪量
長岡市東宮内町	14 m	1.5m以上	0.68m～3.24m	2.54	0.24～1.9 t/m <sup>2</sup>	0.34～0.69 0.456 t/m <sup>2</sup>	16.9 m <sup>2</sup>
"	"	"	0.40～4.12	2.30	0.28～1.45 "	0.35～0.68 0.465 "	14.75 "

長岡市土合1丁目（第1種除雪路線）

1980年1月24日

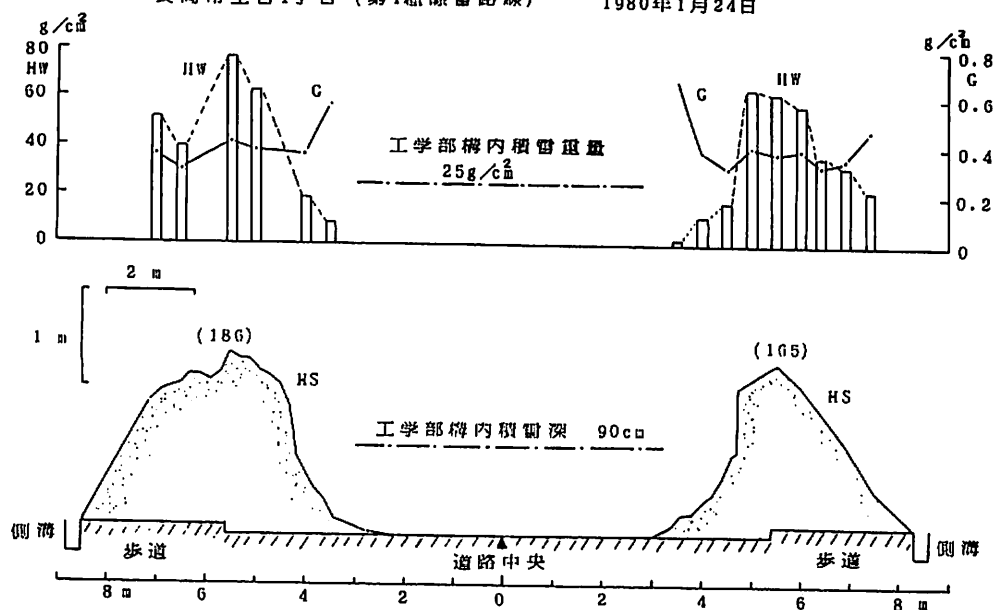


図-8-1

長岡市東宮内町（第1種除雪路線）

1980年1月24日

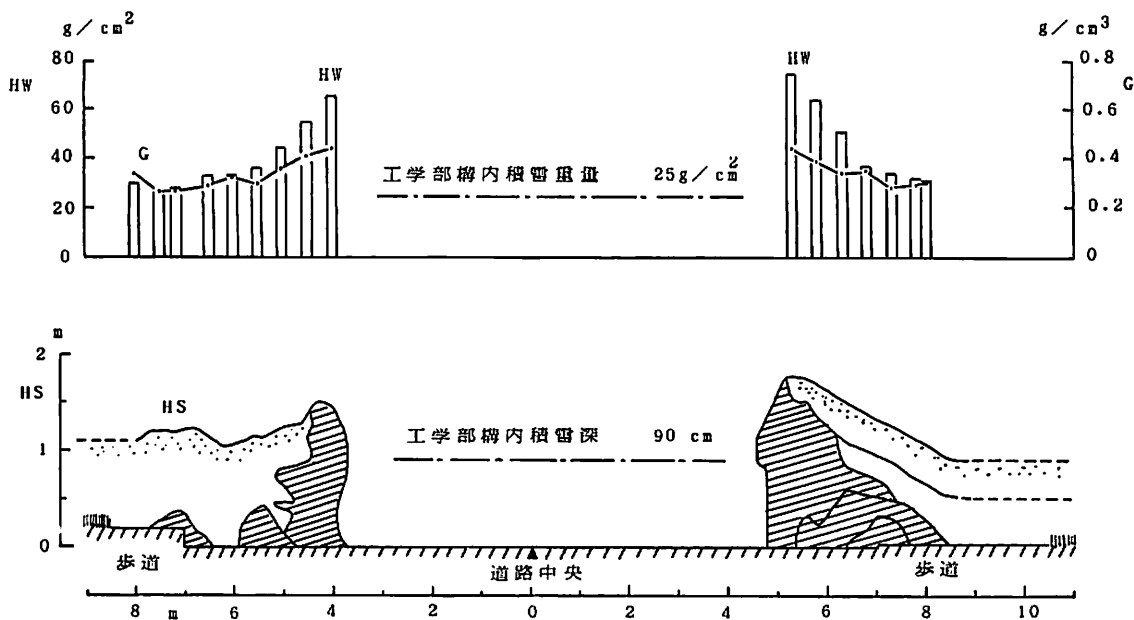


図-8-2

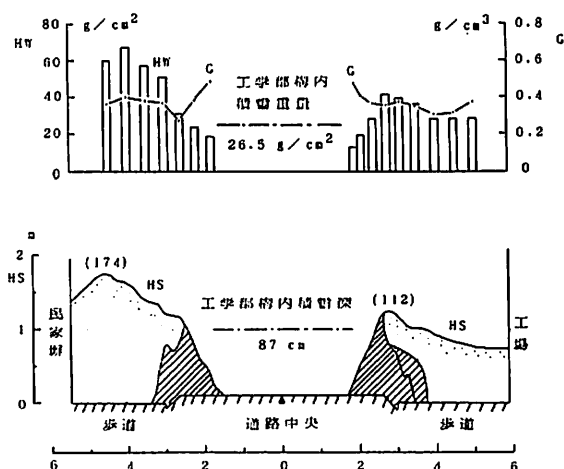


図-8-3 堆雪状況

Fig.8 Shape of the accumulated snow on the snow cleared road

堆雪の平均密度はその年の降雪経過により異なるが、一般に積雪初期で  $0.2 \sim 0.25 \text{ t/m}^3$ 、堆雪が最大に達した時期で  $0.46 \text{ t/m}^3$  程度を示す。融雪期に入り堆雪が減少するに伴って更に  $0.55$  程度まで増加する。堆雪の体積が最も大きい時期は、その冬の最大積雪深が出現する時期で、堆雪密度  $0.40$  程度、堆雪重量が最も大きい時期は、最大積雪重量の出現時とほぼ一致し密度  $0.46$  程度と推定した。

先に堆雪の重量は(4)式により近似的に求めた。その際の堆雪密度を知れば体積も求めうる。但し、(4)式は道路両側の合計堆雪重量を示す式であり表 2, 3 は共に片側堆雪の値である点注意を要する。今(2), (3)表に示した月日の積雪重量は夫々の冬の積雪経過図より既知であり、また道路の幅員は歩道を含めて余裕幅とみなすと各例の計算堆雪量を求めることができる。表 4 参照。

表-4 堆雪の実測と計算

Table.4 Observed field data and calculated data on accumulated snow

場 所	実測堆雪量	計算堆雪量	堆 雪 密 度	道路幅員 (歩道を含む)	記 事
土 合 1 丁 目	$5.16 \text{ m}^3$	$5.68 \text{ m}^3$	$0.37 \text{ t/m}^3$	$16.8 \text{ m}$	1980-1-24
東 宮 内	$5.08 \text{ "}$	$5.90 \text{ "}$	$0.36 \text{ "}$	$17.0$	"
柏 2 丁 目	$3.97 \text{ "}$	$3.85 \text{ "}$	$0.37 \text{ "}$	$11.4$	" -1-25
東 宮 内	$16.9 \text{ "}$	$17.1 \sim 17.7$	$0.46 \text{ "}$	$17.0$	1981-3-8
"	$14.75 \text{ "}$	$16.8 \sim 17.4$	$0.47 \text{ "}$	"	"

計算値がやや実測を上回る。しかし堆雪断面を除雪し観察し自然積雪との境界は厳密に区別し難いことを考えると(4)式の近似値で堆雪量を示しても実用上さし支えないと言える。

### 3 アンケートによる市内堆雪量

長岡市内の中学生（2年）約 600 名に対するアンケート調査形式により 1980年 1～3月の期間、5回にわたって宅地と道路との間の堆雪形状を測定した。方眼目盛に記入した堆雪形状から堆雪量 ( $\text{m}^3$ ) を求め

表-3 に対応する基準積雪（工学部構内）は、積雪深  $2.12 \text{ m}$ 、積雪重量  $0.93 \sim 0.96 \text{ t/m}^2$ 、平均密度  $0.44 \sim 0.45 \text{ t/m}^3$  を示した。堆雪の密度もこの時期になると自然積雪の平均密度にほぼ近い値になっている点が注目される。

堆雪の断面をみると除雪時の大小の雪塊が不規則に重なり、その部分的な密度は最大  $0.69$  まで得た。堆雪重量を算定するため  $50 \text{ cm}$ 毎にスノーサンプラーによる積雪重量を測定した。雪塊間の空隙もかなりみられ空隙部分の含みかたで積雪重量はかなり異なる。堆雪の硬度は凍結状の雪塊が多いので非常に大きく一般の金属サンプラーでもカムロ式（切口先端が鋸歯状）を用いないと採雪不可能であった。

た。堆雪は道路幅員（歩道を含む），降雪累計（或いは積雪重量）によって異なり，特に道路の消雪パイプの有無が大きく影響するので，消雪パイプを持たない箇所の堆雪を主に解析した。アンケートにおける調査月日の決定は，寒波の来襲した時点またはその直後に実施するよう指導した。なお，一斉調査日の基準積雪を表-5に示す。

表-5 アンケート調査日の積雪状況（旧工学部構内）  
Table.5 Each factors of snow cover at the census - taken

調 査 No	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
調 査 月 日	1月11~13日	1月19~20日	2月3~4日	2月16~17日	3月1~5日
積 雪 深 (cm)	29	93.5	145	208	145
積 雪 重 量 ( $t/m^2$ )	0.037	0.175	0.445	0.645	0.595
積雪平均密度 ( $t/m^3$ )	0.128	0.187	0.307	0.31	0.41
日降雪深累計 (m)	0.29	2.23	4.07	5.79	5.95

調査当日の堆雪密度を実測値やこれまでの調査結果に基づく推定値から次のように決めると，各回の堆雪量は(4)式を用いて夫々求められる。表-6に道路幅員別，各回の堆雪量を示す。

表-6 道路幅員別各回の堆雪量（計算値）  
Table.6 Each volume of accumulated snow per width of road (Calculated)

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
堆 雪 密 度 ( $t/m^2$ )	0.25	0.30	0.37	0.40	0.45
積 雪 重 量 ( $t/m^2$ )	0.037	0.175	0.445	0.645	0.595
堆 雪 量 ( $m^3$ )	5 m幅員	0.37	1.46	3.01	4.03
	6	0.44	1.75	3.61	4.84
	8	0.59	2.33	4.81	6.45
	10	0.74	2.92	6.01	8.06
	12	0.89	3.50	7.22	9.67
	14	1.04	4.08	8.42	11.29

アンケート資料の一部，南中学，東中学の試料150余を抽出して，降雪累計と堆雪量の関係を見る。図-9は南中学々区で道路幅員8mの例，図-10，11は南中学，東中学道路幅員6mの例を夫々示す。図中の白丸印は(4)式にもとづく計算堆雪量で各例とも数点を除き計算堆雪量の範囲内にあることが分かる。堆雪に手を加えず自然のまま放置した場合実測値は計算値を結ぶ曲線上に並べなければならない。しかし図に示すように実測した堆雪量は大半計算量より小さく，堆雪なしの例もかなり含まれる。このことは何等かの方法で排雪作業或いは自家用消雪パイプで処理した結果とみられる。なお，計算値を大幅にこえる数点は，宅地内で処理しきれない屋根雪の一部が投入されたためとみられる。

堆雪は降雪累計の増加に伴って大きくなるが，融雪期に入ると既述のように堆雪自体の融解で降雪累計の増加にもかかわらず減少する。表-5にみられるようにアンケート調査第5回は降雪累計5.95mに対し積雪深，積雪重量ともに前回より減少し堆雪量も同時に減少しはじめる。この冬の堆雪が最大に達した時点は第4回の調査時と一致するものとみられ，4回の調査結果から堆雪量と道路幅員の関係を検討した。

図-12は北中学，宮内中学から抽出した66例についての道路幅員別堆雪量を示す。（幅員8m以上は消

雪パイプが多いので除外)。各点の分布は不規則に散乱するが計算堆雪量の範囲内に入るとみて良い。しかし幅員との関連はとらえ難い。そこで幅員毎の平均値をとってみる。試料数の多い南・東中学 149 例（消雪施設有 60, 無 89）を使って作成し図-13 に示した。消雪パイプの有無別に白, 黒丸印で区分した。

本来消雪パイプをもつ道路は堆雪がない筈であるが, 消雪水量の多くは, 平常時の降雪を対象にして設計している。このため, 降雪強度が大きい場合融雪しきれず堆雪が成長する。また, アーケード, 雁木の屋根雪を道路側に投下することなども消雪道路の堆雪原因とみて良い。図-13 で, 消雪パイプの有無により堆雪量の差が示されるのは当然であるが, 道路幅員の増加に伴い計算と実測の堆雪量の差が大きくなる傾向がみられる。幅員が大きい道路ほど交通量が多く, 車道内で融雪し除雪量が少ないと解されるが定量的に示すまでには至っていない。更に多くの試料から検討したい。

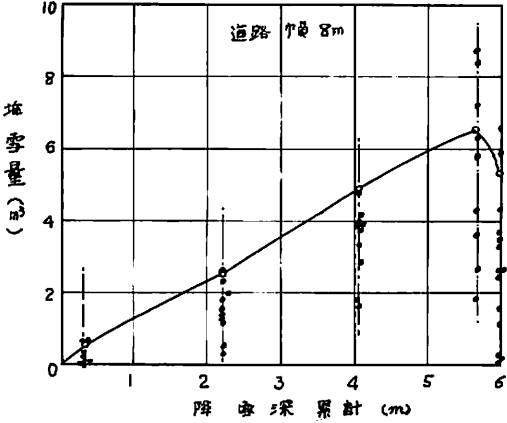


図-9 降雪累計と堆雪量 (南中学)

Fig.9 Relations between volume of the accumulated snow and the total amount of daily snow fall (minami junior high school)

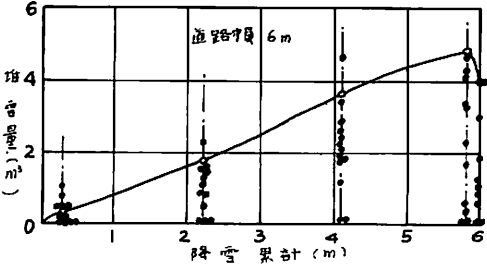


図-10 降雪累計と堆雪量 (南中学)

Fig.10 " " " (6 m width of road)

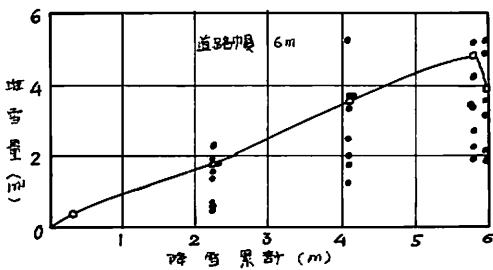


図-11 降雪累計と堆雪量 (東中学)

Fig.11 " " " " "

的に示すまでには至っていない。更に多くの試料から検討したい。

積雪の増加につれ, 市街地は堆雪の山が各所にてきてくる。アンケートによる堆雪量は, これまで各図で示したように計算堆雪量を下廻る。しかし排雪処理しない場所では実測すると計算値とほぼ見合う値をうる。従って市街地では大部分の人々が, 自宅前の堆雪の山を処理している結果とみられ, この処理量 (排雪量) を求めた。

図-14 は, 南・東中学のアンケート調査月日毎の平均堆雪量を示す。図の X 軸は降雪累計よりも堆雪量に相関性の高い積雪重量を基準にとった。実線, 破線は消雪パイプの有無により区分した。この計算堆雪量を求める際, 抽出した試料の道路幅員が夫々異なるので平均値を適用する必要がある。その平均値を求めて下段に示す。

南中学: 消雪パイプなし, 試料数 63	
道路幅員平均	6.2 m
" あり, 試料数 23	
道路幅員平均	8.8 m
東中学: 消雪パイプなし, 試料数 32	
道路幅員平均	6.9 m
" あり, 試料数 40	
道路幅員平均	10.5 m

図-14-1 ~ 2 に示す堆雪量曲線の計算と実測の差が, 堆雪処理量の平均値 (各回毎) であり両中学の処理量を図-14-3 に示す。例えば第 3 回調査時 (2 月 3 ~ 4 日) までは両中学区内ともに消雪パイプを施設しない箇所では平均 1 ~ 1.4 m³ の排雪処理をし, 消雪パイプのある箇所は一戸あたり東中学区

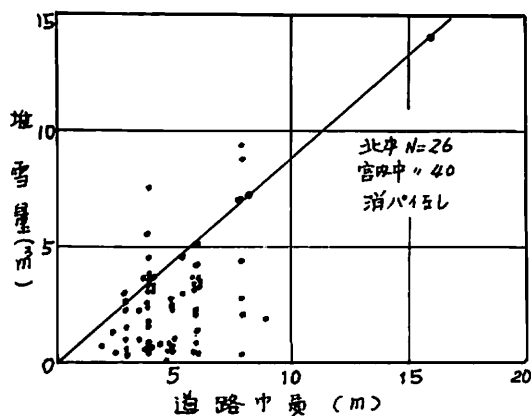


図-12 道路幅員と堆雪量

Fig.12 Relations between volume of the accumulated snow and width of road

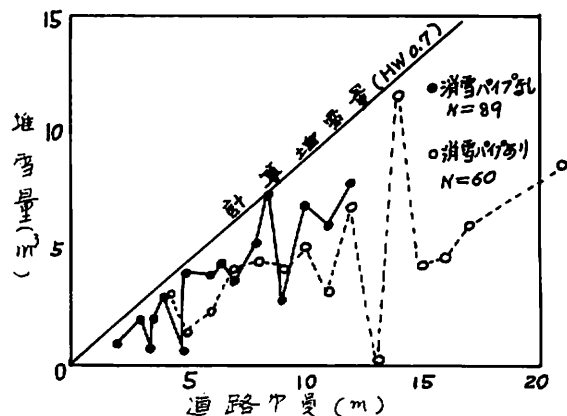


図-13 道路幅員別の平均堆雪量

Fig.13 Average volume of accumulated snow per width of road

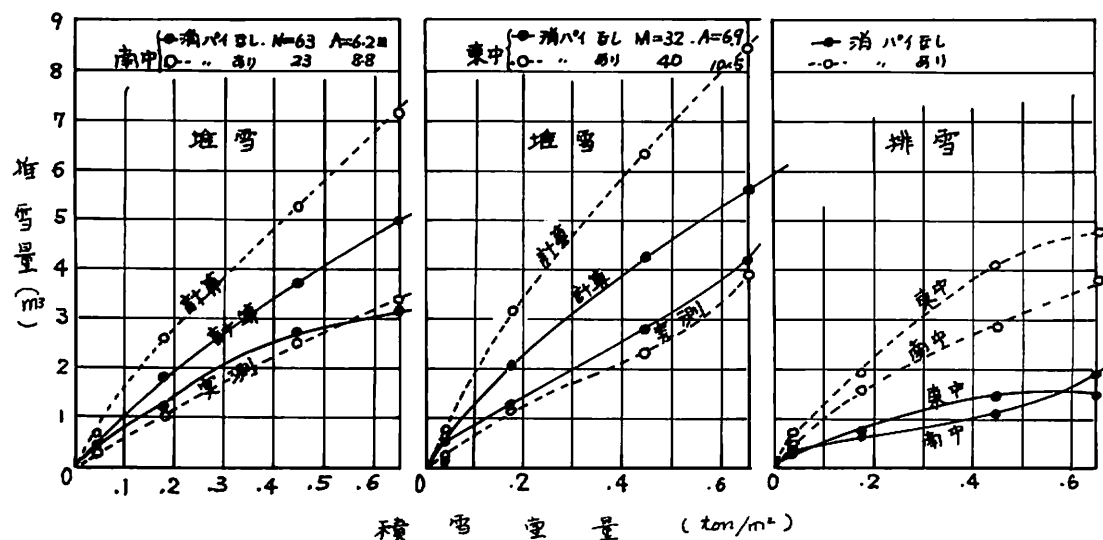


図-14 堆雪量と排雪量 (南中学, 東中学)

Fig.14 Relations between volume of accumulated snow and cleared snow

で  $4 \text{ m}^3$ , 南中学区で  $2.8 \text{ m}^3$  消雪処理している。堆雪処理量は道路幅員の平均が大きい東中学区の場合当然大きい値を示している。

ここで採り上げた排雪量は、道路除雪によって出来上がった堆雪量の増大を防ぐための排雪量で、各戸で実際に取り扱った排雪量全体を示すものでない。各戸ではむしろ、宅地内で処理し切れなくなった屋根雪、玄関や車庫から道路への出入口を確保するための除雪或いは自宅前の駐車スペースを確保するための拡幅除雪などを目的として排雪作業を行う。アンケート調査項目中のスノーダンプ、その他による排雪の項はこの排雪量の調査を意図し且つ、宅地内から外への排雪と限定したため、道路堆雪の排雪は除外される。今、アンケート中にみる排雪量は南中学の例をあげると表-7に示すように一冬に一戸平均  $4 \sim 5 \text{ m}^3$  を排雪していることが分かる。但し、アンケートの排雪量はスノーダンプ1台  $0.05 \text{ m}^3$  として求めた。



表-7 一戸の平均排雪量, 排雪量累計

Table.7 Average volume of cleared snow and total amount

消雪施設	試料数	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回
消雪パイプなし	63戸	0.22 m <sup>3</sup>	1.08 m <sup>3</sup>	1.02 m <sup>3</sup>	1.25 m <sup>3</sup>	0.23 m <sup>3</sup>
		0.22 "	1.30 "	2.32 "	3.57 "	3.80 "
消雪パイプあり	23戸	0.27 "	1.20 "	1.65 "	1.78 "	0.09 "
		0.27 "	1.47 "	3.12 "	4.90 "	4.99 "

このように市街地の道路両側に積まれた堆雪と別に, 各戸から宅地外へ搬出しなければならないかなりの雪量があることを示す。この宅地内からの排雪量は雪国の人達が生活するために, 或いは家屋や庭木を損傷しないため, 最小限の排雪量である。

### V 市街地の排雪量

前記Ⅳ-3に述べた排雪量は, 道路堆雪の一部排雪と各戸から外への排雪の2通りあって, 前者は図-14に示すように積雪のピーク時までに1.5~2m<sup>3</sup>程度, 後者は表-7に示すように4m<sup>3</sup>程度の排雪量であることを示す。しかし道路上の堆雪は一部排雪しても, 宅地からの排雪量に比してばう大な量を示している。交通量のはげしい市街地ではこのまま堆雪を放置することは許されない。堆雪余裕幅内の量が一定量を超えると排雪作業が, 除雪作業と並行して進まなければならない。

市郊外の交通量の少ない道路では, 自然融雪をまつか, 或いは町内の組織で協同排雪を行う。(長岡市はこの町内単位の排雪に対し助成金60%を交付して排雪を促進させている。)

これらの事柄から家屋連担地区では道路堆雪はすべて排雪の対象と考えなければならない。また屋根雪の排雪も建ぺい率と関連して対象となるが, 本文では道路堆雪の面からだけ検討した。

道路の堆雪量は, 一冬の最大積雪重量と道路幅員(歩道を含む)を知れば計算により求められる。従っ

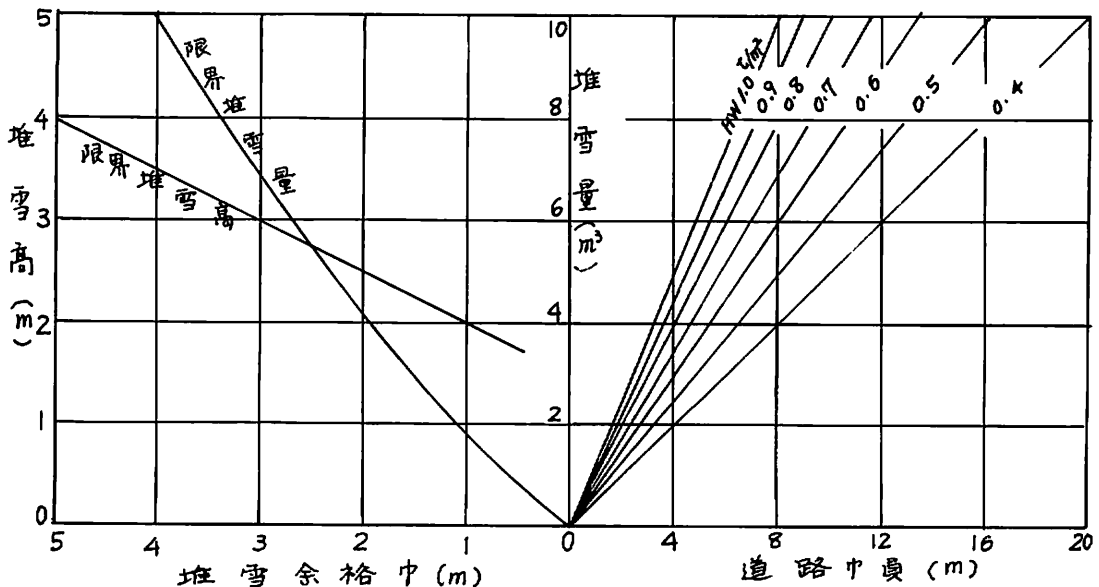


図-15 道路幅員と計算堆雪量

Fig.15 Relation between width of the road and calculated volume of the accumulated snow

て市街地の密集地区の道路面積（アーケード、雁木面積を含む）とその冬の積雪重量から市街地の排雪対象となる堆雪量が推定されよう。

なお、図-15に道路幅員と計算堆雪量の関係及び一定の堆雪量に必要な余裕幅、その堆雪の高さ等を求めるグラフを示した。

## Ⅵ あ と が き

市街地の排雪量を算定するには、まず市街の積雪状況、特に堆雪の発生状況を知ることが前提であり、その実態を把握することに努めた。

56年豪雪のため現地調査が難行し、56年資料の解析が遅れ本文は初年度調査資料が主となった。

なお、アンケート調査はその結果整理にかなり難行したが、調査目的以上の貴重な回答も一部みられ、これらを中心に今後更に詳細な解析を進めたい。

本文は現段階で得た資料にもとづく中間報告であり詳細は本報告に譲りたい。

この調査にあたり長岡市から各種資料の提供ならび御指示をうけ、アンケート調査には教育委員会及び市内中学6箇校の貴重な御協力を得た。

また現地観測、堆雪調査、資料の蒐集には和泉薫氏（新潟大、災害研）の御協力を得た。

ここにあわせて、心から御礼申し上げます。