

新潟県下における屋根雪処理の動向

宮内信之助*

The snow removal on a roof in Niigata prefecture

by

Shin'nosuke MIYAUCHI

(Abstract)

Works on the snow removal on a roof in heavy snow district in Niigata prefecture were reviewed.

Now, several methods have been carried out for snow removal on a roof. Above all, snow-sliding method has been widely spread. In order to slide down snow, the houses are roofed with galvanized iron sheets and have less friction with snow cover on them, and therefore, snow cover on them is naturally滑り下る. However, the sudden falling of an amount of snow has been frequently observed and is very dangerous, after a large amount of snow had been accumulated on the roofs by the freezing between roof surface and snow cover. The coefficient of friction between the roof surface and snow cover is estimated from the accident of the snow-sliding and is smaller than 0.1. The preventive measure against such an accident is to raise the temperature on the roof, for example using planer heaters.

Underground warm water is often sprinkled for melting snow cover on a roof, though the water is required to flow uniformly over the roof surface. Also, the circulating system of water, which is collected and warmed by the use of a boiler after sprinkled onto the roof surface was examined. These methods is almost obliged to be interrupted in a few years, because all the houses was damaged by the sprinkled water.

It is gradually being popularized to remove snow on a roof with roof heater, so called 'planer heater'. In 1979, roof heaters are attached to the about 60 houses in Nagaoka city, 18 houses in Tokamachi city and 15 in Muikamachi town. It is wasteful and expensive to melt snow cover on the whole surface of the roof, though snowfall is immediately melted even at heavy snowfall. Usually, snow cover on the roof is melted partly. It is the most effective that roof heaters is utilized to let snow slide down.

Recently the roof with the korean stove system was built in Tokamachi city and the snow cover on the roof has been removed easily by the korean stove system.

* 新潟大学積雪地域災害研究センター

I は し が き

これまで屋根雪を処理する方法としては、滑らかな長尺鉄板を利用して雪を滑落させて処理する方法(宮内, 1977参照)や、地下水または加熱水を屋根上に散布して雪を融かして処理する方法(阿部, 1976)さらに通常構造の屋根裏を暖めて雪を融かして処理する方法(木村, 1976参照)があるが、いずれの方法も一長一短で屋根雪処理の解決には程遠いのが現状である。また一方では、電熱ヒーターの利用もここ数年急速に増加してきている。数年前の十日町市における発熱体の利用状況の調査(中俣・宮内ほか, 1977)では電熱ヒーターを、屋根雪を落下させるために使用している例もあり、かなり効果をあげていた。その他、民間ではいくつかの類似した方法が実施されている。いずれの方法にしても、家屋に損害を与えたり、大きなエネルギーを必要とする等の欠点を持ち、その実用化にあたって、なお、多くの制限と欠点がある。

これらの点を要約してみると、1970年代に始まったこれらの屋根雪処理への一連の挑戦は、ここに来て大きな壁につきあたったという感じがする。そこで本報では、1970年代10年間の経過をふりかえり、1980年代に向かっての動向を探すこと目的とし、また、調査結果および新しい方法についても報告する。

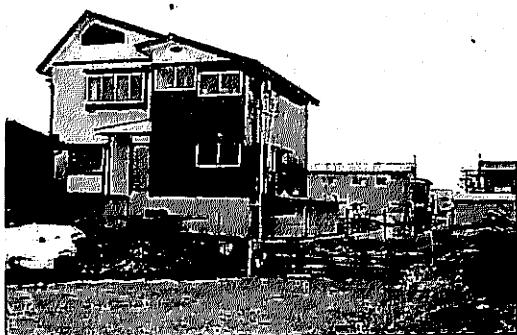
II 調 査 経 過

調査は1972~1979年の8冬にわたって行った。調査地域としては、新潟県下の中越地方すなわち、長岡市、十日町市、小千谷市、六日町、津南町等の地域を中心とし、できるかぎり現地を訪ずれ資料収集を行った。降雪地域の気象条件は、十日町市にある林業試験場十日町試験地の観測記録と長岡市にあった気象通報所の記録とを参考にした。

III 調査結果および考察

1 自然落下方式による屋根雪処理

自然落下方式には、大別すると二つの問題点がある。一つは屋根から雪をいかにして安全に下に落すかということ、もう一つは下に落した雪をいかに処理するかである。重要なことは前者であるが、意外なことにこの点に案外に研究者は無関心である。著者はすでに早くからこの点を指摘しているにもかかわらず、依然としてこの点に关心が少ない。この点については後で述べることにして、先に落ちた後の雪の問題について触れることにする。この問題も、もちろんないがしろに出来ない問題である。その一つとして、自然に雪を落していくとどのように雪が堆積するかという点がある。この問題に関しては、中村(1978)が報告している。実際に足で各家をまわって意見を聞いた現状では、雪の少ない長岡市では比較的問題が少ないが、雪の多い十日町市、津南町地区ではそれなりに対策が講じられている。床を高くする方法(Fig 1参照)や、流水路を利用する方法がしばしば採用されている。流水路の利用は多分にその地形的条件がものをいうので一般的ではないが、高床式は六日町、十日町市、津南町と雪の多い所ではかなり普通に実施されている。床を高くすればすべて解決するかといえばかならずしもそうではなく、1977年の豪雪時に津南町の数軒の家をまわって、話を伺った所では雪は側面をおおってしまう問題はさけられず、床を高くしても、豪雪時には雪で部屋は暗くなってしまうということである。しかし、その津南町のある落下式を採用している足の不自由な人の話しによれば、家が暗くなても自然落下式は楽であるということである。この一言に、自然落下式の利点がいかに多大であるか隠されているような気がする。また、特例



(a)



(b)

図-1：自然落雪型の家 (a) 最近の落雪型の家 (b) 最も初期の落雪型の家

Fig.1 The houses removing snow cover by sliding down.

(a) The recent typical house. (b) The earliest house.

として六日町では落下側に 6 m 以上の空地がないと 1976 年より許可しないようになったが、たとえ 6 m 以上の空地があっても家の両側が暗くなる欠点は落ちた雪を融雪または除雪しなければ免がれない。

一方、最初にも指摘したように、いかに全安に雪を下に落すかについては、著者の報告(1977)以外あまり研究例が少ない。先にも指摘したようにこの問題は気温の低い地域で問題となっている。新潟県内に限れば、山間地であり、長岡市より、六日町、十日町市、津南町等の地域で問題となっている。十日町市では幅 8 m の川を飛び越えて屋根雪が道路に落下した例や、津南町でも幅 8 m の空地を飛び越えて雪が道路に落下し、自然落下式を採用した家が、一冬も経ないで中止した例がある。十日町市の事故現場で推定した雪面と屋根の間の摩擦係数は 0.1 であり、かなり小さい値であることがわかった。

著者は、1977 年に気象条件と滑落条件との関係を究明するために新潟大学・工学部屋上に、アクリル製のプラスチック板をモデル屋根として使用したが、この冬は幸か不幸か異常な程低温が続き、多くの知見を得ることが出来た。それらの結果については雪氷学会で発表したが(宮内、1977)，ここでその詳細について報告することにする。Fig.2 に実験風景を示した。ここで屋根モデルとして用いたアクリル樹脂板は 100×100 cm の正方形で、厚さ 1 cm の板である。このアクリル板は、現在、屋根の塗装に用いられているアクリル塗料と同じ系統なので、実際のカラートンとほぼ同じように吟味できる所が実験の特徴である。この実験では、角度 0 度、15 度、35 度にセットできるようになっている。

1977 年 1 月、2 月はここ数年見られない低温多雪の年であった。比較的湿り気のある新潟県下において低温が続くと屋根と積雪との間に凍結が起こりやすい。加えて、その凍結がいったん解除されると屋根から雪は急激に滑り出しが、その際屋根と雪面との間の摩擦は予想されるより小さく事故を起こしやすい状況になる。そこでこの点を

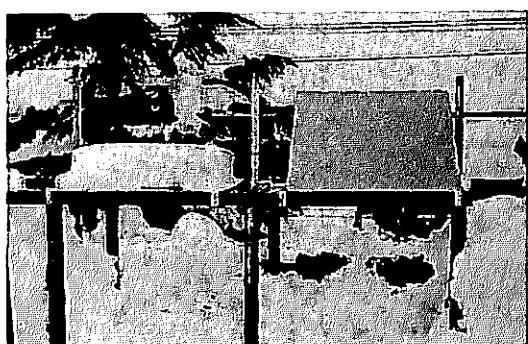


図-2：アクリル樹脂板をモデル屋根とした実験

Fig.2 The observation view of the snow cover on the acrylic plates. The acrylic resin plates used : size, 100×100 cm, thickness 1 cm. (1977. 1. 7)

中心として、アクリル板をモデル屋根として観察を行った。アクリル板は好都合なことに雪を裏側から観察できる。観測は、1977年1月10日から降った雪と1月12日から降り積った雪とを水平にした樹脂板に受け、板の温度を記録しながら、雪を板の裏側から行われた。この期間の外気温と板の表面温度とをFig 3に示した。この図からわかるように、外気温は低温が続いているが、板の表面温度は日昼、まわりからの輻射を受けて上昇している。一方、雪については1月13日の午前11時に観察したが、この時の板の表面温度が8°Cにも上がっていた。この板の表面温度は裏側にサーミスタ温度をはりつけるようにして測定した値であるから、雪が積っている面ではもっと低い温度であろう。この時の雪が屋根板に接している面での状態は、1月10日に積った雪と1月13日に積った雪で異なっていた。

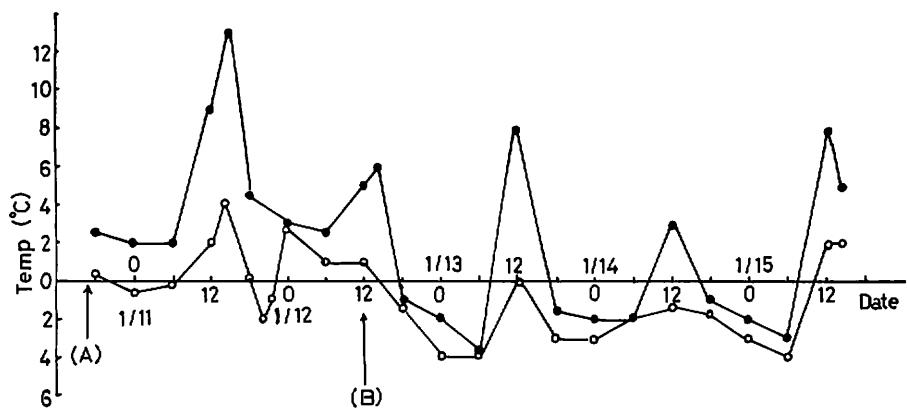
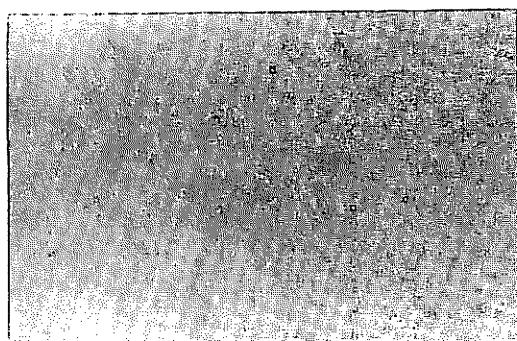


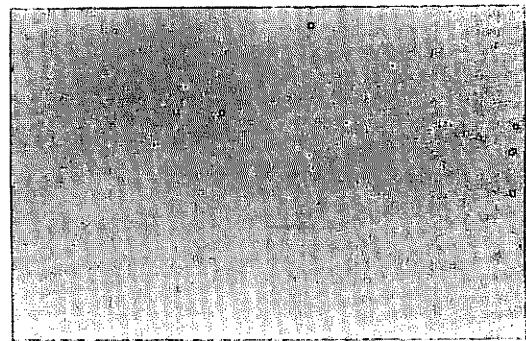
図-3：1977年1月10日～1月15日の気温とアクリル樹脂板表面温度

Fig. 3 Temperature in atmosphere and on the surface of resin plate during 1977. Jan. 10～Jan. 15. (---): temperature in atmosphere, (-•-): temperature on the surface of resin plate.

に積った雪で異なっていた。1月10日に積った雪これを仮に(A)とすると、この雪は樹脂板の端を除いて凍結状態を示し、一方、1月12日に降り積った雪は全面水を含んだ湿雪状態を示していた〔これを雪(B)とする〕。この状態の表面写真をFig 4に示した。また、1月15日の午後2時における観察では気温はすでに+2°Cまで上がっていったため、いずれも樹脂板には凍結していなかった。その時の雪の裏側の状態写真をFig 5に示した。1月10日に降り積った雪(A)はその粒子径が2～5mmに達し、かなりざらめ化が進んでいたが、1月12日に積った雪(B)は1mm以下の粒子径の小さい雪であった。このような粒子状態を表面に持つ雪を、Fig 6に示したような方法でアクリル樹脂板を滑らせて滑落させ摩擦係数を求めてみた。その結果、



(a)



(b)

図-4：アクリル樹脂板上の雪の表面

Fig. 4 Snow surface on the acrylic resin plates. (A), snowfall at Jan. 10. (B), snowfall at Jan. 12. Observed at Jan. 13 (AM 11).

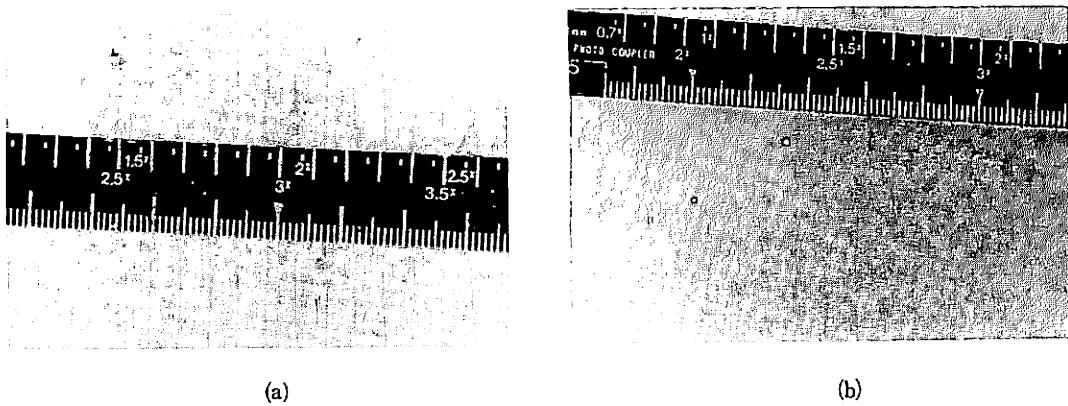
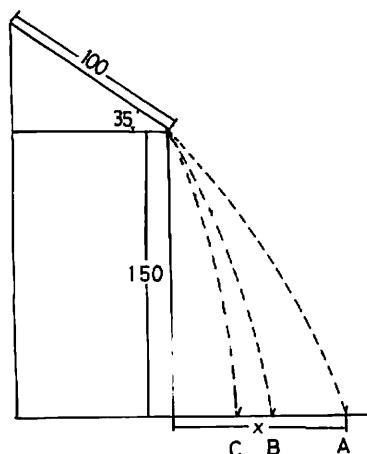


図-5：アクリル樹脂板上の雪粒子

Fig.5 Snow particles on the acrylic resin plates. (A), snowfall at Jan.10.
(b), snowfall at Jan.12. Observed at Jan.15.(PM 2).

粒子径の大きい雪（
1月10日の降雪）(A)
は(B)の雪より摩擦係
数がはるかに小さく、
また、1月11日に
測定した雪よりもは
るかに小さい値（0.
16）であった。この
値はかつて十日町の
事故現場で求めた値
0.1に近く、おそらく、
0.1前後の摩擦
係数によって大きい
事故が起ると考え
られる。



	Horizontal distance cm	Friction coefficient	Density g/cm ³
A	96	0.19	0.16
B	57	0.57	0.16
C ^a	35	0.65	0.09

a. measured at Jan.11

$$x = v t \cos \theta$$

$$y = v t \sin \theta + 0.5 g t^2$$

$$v^2 = 2 g l (\sin \theta - \mu \cos \theta)$$

x: horizontal flight distance

y: vertical distance

μ : friction coefficient

v: initial velocity of snow projected from
the plate

l: length of the inclined plate

図-6：アクリル樹脂板からの雪の落下

Fig.6 The snow falling from the acrylic resin plates.

一方、もっと低温
で降り続いた場合にはどうなるであろうか。この年の1月29～2月1日の条件があてはまるであろう。結論からいえば、ほとんど-3°C以下で降り続くとほとんど樹脂板に凍りつかないことである。

Fig.7に1月29日～2月1日までの外気温を示したが、1月31日からほとんど気温は低く、観測を行った2月1日午後9時までほとんど-3°C以下であった。この状態ではFig.8に見られるように、ほとんど雪がアクリル板に凍りついていないことがわかる。特に35度の傾斜でセットした板では雪が大量に積らないうちに滑落した。また、裏側からの観察では落ちる直前においてもしまり雪であった。

以上の実験、および先に述べた市街地での調査結果を総合すれば、雪を安全に下に滑落させるためには、できるだけ早く、言いかえれば、多く積らないうちに下に滑落させることである。凍結に関連して塗料の

改良の問題については、この面での研究（宮内，1975），（宮内，池田，津沢，1977）は数少ない。現在、フッ素樹脂を用いることがいくつか試みられている（阿部，1978），（宮内，1978）。フッ素樹脂はその界面エネルギーが小さいことから、早くから期待されてきた材料である。しかしながら、現在最も問題となっている低温時での屋根面への雪の凍結の問題は、このフッ素樹脂を用いても解

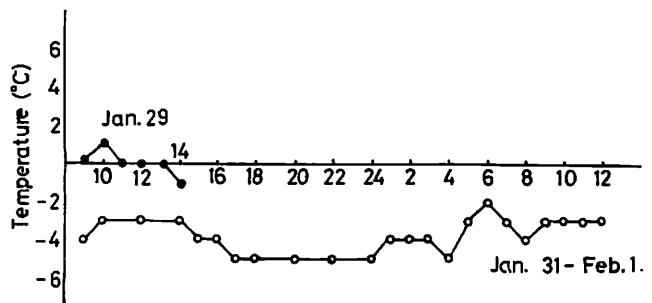


図-7：1977年1月29日～2月1日の気温
Fig.7 Temerature in atmosphere during 1977. Jan.29～Feb.1.

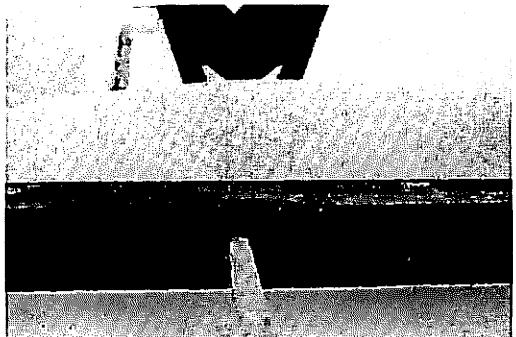
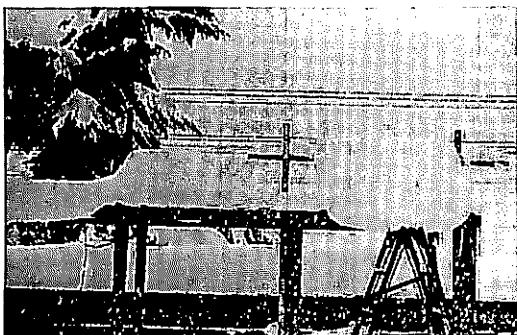


図-8：樹脂板表面の雪（1977年2月1日）
Fig.8 Snow on the surface of resin plates at Feb.1 (AM 9).

決できない。たしかに滑落性は良好であるが、この点について依然として問題を残している。また、フッ素樹脂は表面が粗くなりやすく、この点では阿部らが低成本化をねらって、四フッ素化樹脂より、二フッ素化樹脂、一フッ素化樹脂を用いてある程度成功を収めている。しかし、逆に耐光性が劣ってくるのが欠点である。

現在のところ、凍結を防ぐ最も良い方法は津端（1968）らが考案した面状発熱体による方法であろう。この点については後の面状発熱体のところで述べることにする。

2 地下水等の流水による融雪

地下水を利用した消雪パイプによる市街地道路融雪の成功により、屋根への利用は当然、当初より各家庭で実施されている。雪を融かすことはすでに実証済みであるので、当然屋根雪を十分融かすことはわかっていたが、二つの問題が出された。一つは、不幸にして雪が降り積ってしまった場合、水を散布すると雪は重くなり、その重みで家がつぶれる危険性はないかということであり、もう一つは、屋根に流された水が家屋に損害を与えないだろうかという問題である。前者の問題は、幸いにもそれほど必配がいらないということがわかつってきた。また、気になる場合は簡単な降雪検知器をつくって取りつけておけば良い。むしろ、最近では屋根に雪を積らせた状態で散水した方が良いとの説がでてきた。もっともこの説の裏づけとして、最近では性能の良いスプリンクラーが開発され、水を均一に散布できるということを忘れてはならない。Fig 9は十日町市で地下水を利用してある民家であるが、写真からもわかるように大量

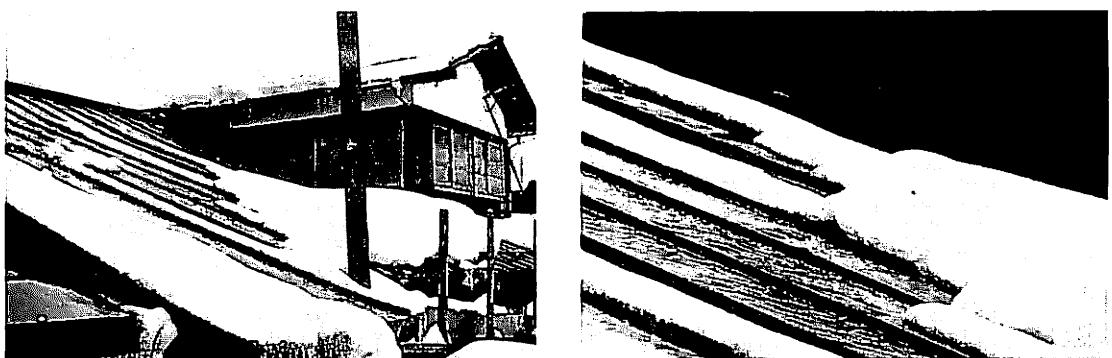


図-9：屋根表面への地下水の散布

Fig.9 The sprinkling of underground water on the surface of a roof.

の水が散水されている。これは水の流れを屋根全体に均一に流すためと、雪を融かすためにはある程度の大量の地下水が必要なためである。このことが、家屋に水を散水する場合重大な問題をはらんでいる。元来、屋根は雨漏りを防ぐために勾配をとっているが、瓦の場合4寸以上、長尺鉄板は2寸以上を必要とするといわれている。これは普通の雨水の場合であって、このような大量の水を散水する場合は別である。このことによって、当然屋根に撒かれた水は家屋に侵入しやすくなり、地下水を屋根に揚げている多くの家が大きな損害を受けている。従って、家の被害を無視している家庭を除いて、多くは2、3年で中断しているのが実情である。実際には、実施・中断・再開・中断というような型をとりやすい。

一方、地下水の枯渇に伴って、水を循環する試みもなされている。阿部(1976)は、1972年より数年間この方法について鋭意研究し、商品化ということを除いて一応の成功を見た。阿部は、降雪検知器、ボイラー等を利用して、散布した水を再びタンクに集め、これをボイラーで暖め再び循環させる一つのシステムを完成させた。ここにその実験風景を一部紹介する(Fig 10)。このような試みはほとんど雪国では試みられていなかったので、この時に遭遇した数々の実績は非常に貴重である。その後、彼のアイデアを借用して実施しているところが、六日町等で見受けられる。それはともかくとして、この研究はこの分野での先駆的なものであろう。ただしこの場合にも家屋への被害が問題である。

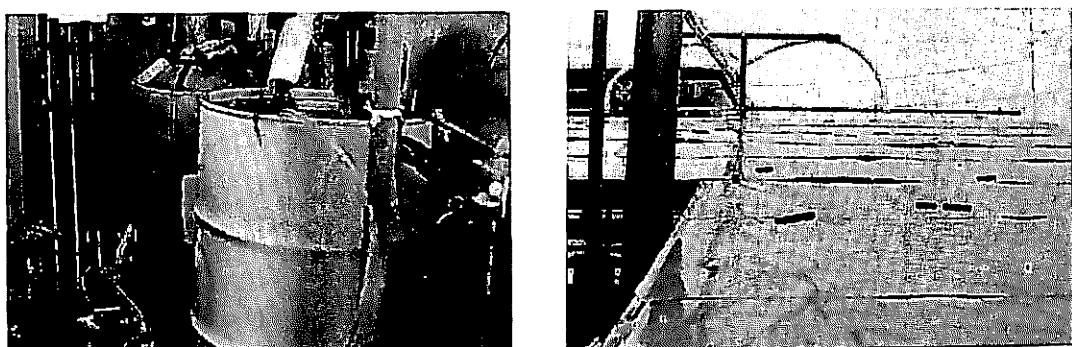


図-10：温水循環融雪システム

Fig.10 The warm water-circulating system.

3 面状発熱体による屋根雪処理

面状発熱体による融雪状況については、1977年の十日町市の状況についてすでに報告している（中俣、宮内、1977）。その後、1979年12月に筆者が十日町市とともに六日町、長岡市についても調査したので報告する。十日町市ではこの前の調査時には12軒であったが、その後今年度までに6軒が面状発熱体を取りつけ、また、1軒が発熱体の使用を中止している（その理由は明らかでない）。一方、六日町では12軒が実施しているが、ここ2年間に9軒が面状発熱体を取りついているのが注目される。長岡市は、十日町、六日町などに比較すると雪は少ないが、町が大きいことも影響しているが、面状発熱体はかなり普及しており、約60軒が実施している。しかし、電気融雪の場合は、電力料金が高いので、むしろ比較的雪の少ない長岡市などに適しているのかも知れない。すなわち、長岡市の場合3年に1回は雪下ろしが不用で、また、3年に1回はがまんすれば雪下ろしは不用である。つまり、若干の融雪で屋根の雪を下ろさなくて済むことになる。従って、完全に電気融雪を実施する必要があるのは3年に1回であり、しかもその降雪量も、十日町、津南地域の平年量に達しないのであるから、使用電力量はかなり少なくて済むであろう。

ところで前回十日町市で調査した各家々について、1979年1～2月にかけての実施状況を前回と比較してみた（Table-1, Table-2を参照）。この表の中で参考になるのがD家とE家である。D家は前回の実施時後半より滑落式を採用しており、一方、E家は融雪方法を採用しているが、時々屋根の上に出て、雪を踏んだりして空洞を防いだりして丹念に実施している。いずれも、他の家に比べてかなり電力量を節約していることがわかる。なお、1979年の1～2月はまれにみる少雪の年であり、林業試験場十日町試験地の観測でも、1977年2月317cmを記録しているのに対し、1979年は高々1mであった。

表-1：ルーフヒーターの設備状況
Table 1. The situations of the facilities for the roof-heating

	setting up date	Areas of the roof (m ²) , (A)	The heater's power (kW) , (B)	power density applied (W/m ²) , (B)/(A)
H ₁	August 4, 1976	9. 9	2. 34	236
H ₂	September 25, 1976	49. 4	6. 80	138
H ₃	May 18, 1975	140. 4	23. 40	167
H ₄	November 6, 1976	115. 1	20. 30	176
H ₅	October 6, 1976	69. 6	9. 4	135

面状発熱体の利用は電気料金が少し高くなるが、住宅への被害は全くなく、現在屋根除雪で商品化されている唯一のものである。とくに他の方法に比べて、家の中に無駄なスペースが不用で、屋根の雪を除くために装置を入れるための屋根を増やす愚を犯す必要がない。ともあれ今後の推移を見守りたい。

4 その他の方法

その他の方法として注目されているのは、小千谷市で実施されている屋根を動かすシステムである。今のところいろいろ難点があるが興味ある方法である。またワイパーを用いて雪を落とす方法も実験的に実施されているが、これは多くの問題点を含んでいる。

最近注目されているのがオンドル型の屋根融雪であろう（宮内、根津、若林、1979）。これは屋根を二重に葺くことによって融雪する方法で、その実施風景をFig 11に示した。これまでとかく屋根裏を暖め

表-2 ルーフヒーターの利用状況
Table 2. The utilization appearances of the heaters

		During 1976. 12. 1 - 1977. 3. 31			During 1978. 12. 1 - 1979. 3. 31		
	Method	Total time used	Total power dissipation	Traffic	Total power used	Total power dissipation	Traffic
H ₁	Snow-melting	hrs 985	KWH 2306	yen 27, 275 base traffic 6, 722	hrs 252	KWH 590	yen 4, 926 base traffic 3, 696
H ₂	Snow-melting	971	6606	76, 684 base traffic 17, 837	433	2943	24, 573 base traffic 23, 520
H ₃	Snow-melting + sliding	305	2667	43, 588 base traffic 75, 609	-	-	- base traffic 80, 274
H ₄	Snow-melting before 1977.2.5 Snow-sliding after 1977.2.6	440	8935	159, 500 base traffic 51, 483	31. 4	638	5, 327 base traffic 58, 240
H ₅	Snow-melting	584	5484	82, 345 base traffic 32, 633	123	1157	9, 656 base traffic 28, 451

る方法は、家屋が結露によっていたみやすいこと、
および融雪効率が悪いことが欠点であったが、こ
のオンドル式はそれらのいずれの欠点をも克服し
ている。これらの詳細については別に報告する予
定である。

このオンドル式を簡単にふれると、二重に葺いた屋根の間を温風を送って暖め、それによって屋根上の雪を融雪する方法である。現在屋根のデザイン的なものに若干の難点があるが、今後改良されれば、最も期待される方法の一つであろう。



図-11：オンドル型屋根

Fig.11 The roof with the korean stove system

IV 結 論

1970年代に高まった屋根雪処理方法は、いずれの方法もなんらかの欠点を持ち、また'70年代終わり頃になって急速に大きな問題となったエネルギー危機によって、大きな壁につきあつた感が深い。このような状況下で今後予測されることとは、これまでの方法の組み合わせであろう。すなわち、それぞれの方法の利点を組み合わせることによって、より省エネルギー的方法が考案されるような感がする。また、よりすばらしい方法が考案されていくことを期待している。

文 献

- 阿部恵一(1976)：水の循環加熱方式による屋根雪処理，(私信)。
- 阿部恵一(1978)：滑落屋根の実施テスト，(私信)。
- 石井郁夫・津端一郎・大北熊一・藤井杉也(1968)：Snow chaising employing graft carbon heating sheet, 新大工学部研究報告, 17, 63-72.
- 木村忠志(1976)：屋根雪の融雪，雪氷，36, 152-157。
- 宮内信之助(1975)：ポリエチレングリコールによる融雪，雪氷，37, 34-36。
- 宮内信之助(1977)：自然落下方式による屋根雪処理の現状，雪氷，39, 7-14。
- 宮内信之助・池田耕藏・津沢久晴(1977)：ポリエチレングリコールとポリメタクリル酸とのブレンド，新大工学部研究報告，26, 105-108。
- 宮内信之助(1977)：屋根雪の滑落と気候条件，昭和52年度日本雪氷学会秋期大会講演要旨集，232。
- 宮内信之助(1978)：フッ素樹脂を塗布した自然落下型屋根，昭和53年度日本雪氷学会秋期大会講演要旨集。
- 宮内信之助・根津文男・若林俊彦(1978)：二重構造屋根利用による融雪装置，特願昭53-142668。
- 中俣三郎・宮内信之助・他4名(1978)：雪氷工学研究施設報告，1, 47-50。
- 中村秀臣(1978)：滑落した雪の堆積形状，雪氷，40, 37-41。