

Metal Wafer による積雪相当水量の観測

木村 忠志*

国立防災科学技術センター雪害実験研究所

Observation of Water Equivalent of Snow Cover by Metal Wafer

By

Tadashi Kimura

*Institute of Snow and Ice Studies
National Research Center for Disaster Prevention
Suyoshi, Nagaoka, Niigata-ken 940*

Abstract

Observation of water equivalent of snow cover by metal wafer was carried out from January 1 to March 31, 1982 at the observation field of the Institute of Snow and Ice Studies in Nagaoka, Niigata-ken, Japan. This metal wafer consisted of four units, each being a thin flat watertight container of stainless steel sheet (0.3 mm. thick), 980 by 1980 millimeters in a rectangular shape and 12 millimeters in thickness. These units were placed side by side in a bigger rectangle similar to one unit on the ground surface, connected to a semiconductor pressure gauge in parallel by piping, then filled with antifreeze liquid, so that the output voltage of pressure gauge could indicate the values of water equivalent of snow cover on metal wafer.

The accuracy of the measurement was found to be within ± 15 mm H₂O or ± 15 kg/m² by comparing the indicated values of metal wafer and the values measured by the ordinary snow sampling method. On the other hand, the capability of detecting the start of first snow, blowing snow and a felt earthquake event were recognized on the recording chart of metal wafer.

*第2研究室

1. 序 論

Metal Wafer は Pressure Pillow の一種であって、Pressure Pillow を実用化した米国カリフォルニア州の資源局 (Resources Agency) において 1974 年に開発され、Metal Wafer Snow Pillow と称された (Greydanus, 1976)。本報告では Metal Wafer と略記する。

Metal Wafer は、金属の薄板で作った薄く平らな水密容器のなかに不凍液を充てんしたもので、水平に整地した地面上、もしくは浅く水平に地中に埋めて設置し、内圧を測って積雪重量即ち積雪相当水量を測定する。4枚の Metal Wafer の並列接続を、Standard California Installation と称して米国において実用に供されていた (Greydanus, 1976) が、最近は、人工衛星の通信中継機能や、流星によって超高層大気中に一時的に生ずるイオン・クラウドの電波反射などを利用した Data Collection System (DCS) の雪センサーとして利用されるようになり、精度や動作特性についての部分的な検討もなされている (Smith et al., 1980)。DCS 用の雪センサーとしては、人造ゴムの柔軟なシートを素材とする Pressure Pillow が、たとえば LANDSAT スノー・モニタリング装置のなかで、すでに利用されていた (Carter et al., 1978)。Pressure Pillow は、きわめて構造簡易な積雪相当水量測定装置であるが、たとえば、ネオプレン・ゴム引きのナイロン・シートをはりあわせて作る場合 (木村, 1977a)、わが国においては製造業者が限定され、単価が高くなる* という難点がある。また、内部に充てんする不凍液 (自動車用不凍液の30%体積比水溶液) の量が 350 l にもなり (木村, 1977a)、山岳地帯に設置するようなときには、大量の水を準備するのが困難な場合もあり得る。一方、Metal Wafer は、Greydanus, (1976) の報告書でみるかぎりでは、わが国の板金業者によって容易に製作できると考えられ、また、不凍液の量も 80 l 程度になると判断された。以上の事柄から、Metal Wafer を試作し、一積雪期にわたる観測を実施した。

なお、Greydanus, (1976) の報告書では、ゴム・シート製の Pillow を、Pressure Pillow、Rubber Pillow もしくは Snow Pillow と称し、金属製のものは Pressure Tank と総称して、Snow-Plate, Metal Pillow, Diaphragm Snow Gage, Tank, Standard Steel Snow Pillow, Metal Wafer Snow Pillow 等の試作機種がある。Metal Wafer はこれらのなかでもっとも完成されたものである。Metal Wafer を、California Pillow と呼んでいる文献 (Smith et al., 1980) もある。

上記した積雪相当水量の用語は、水深に換算した積雪の深さ (IHD, 1970) を意味するが、わが国におけるスノーサーベイ関係の文献には、1950年代以来、積雪水量とともに使用されている (石原, 1955) (大沼, 1960)。本報告では、積雪含水量との区別を明確にするために、積雪相当水量を用語として使用する。また、その単位として mmH₂O のほかに、便宜上 kg/m²

*本体のみ約80万円

も併用する。なお、学術用語集気象学編には、スノーサーベイの用語はあるが、上記したふたつの用語はいずれも採用されていない。また、本報告で使用する積雪相当水量の英語は、Seasonal snow cover (IHD, 1970)によった。

2. Metal Wafer

図1に試作した Metal Wafer の構造と寸法を示す。この寸法は、市販の定尺寸法のステンレス薄板を最大限に利用するように定めた。使用したステンレス薄板は、厚さ 0.3 mm ，幅

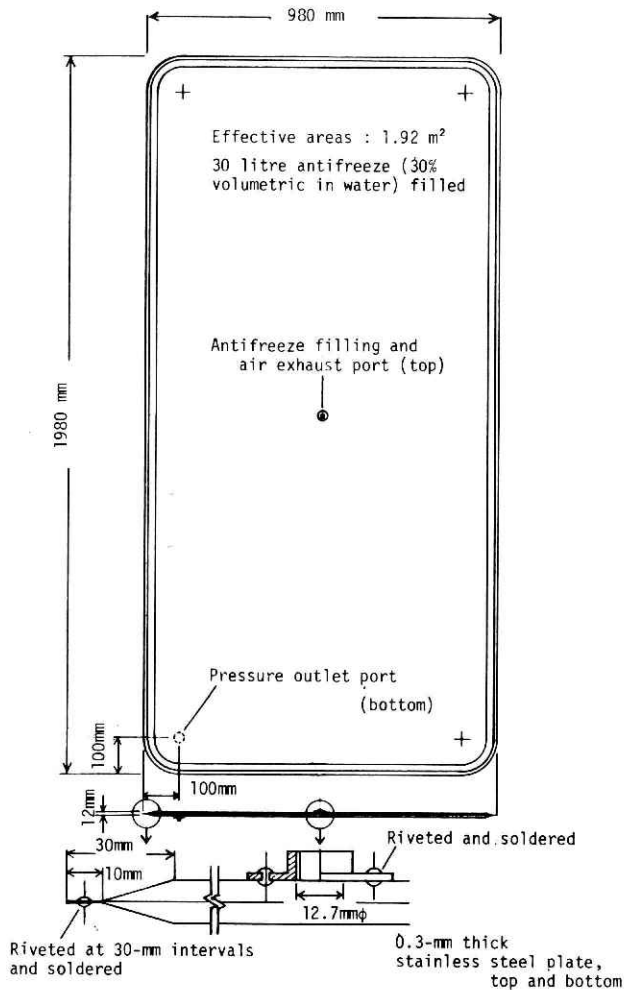


図1 Metal Waferユニットの平面図と側面図

Fig. 1 Plan and lateral view of metal wafer unit

1000 mm,長さ 2000 mmで,材質は SUS 304 である. この定尺寸法のまま, 四隅を丸く切りとり, 周囲を図のように整形して, 2枚向いあわせに重ね, 周囲に直径 3 mmの銅の丸リベットを 30 mmの間隔に打ったのち, ステンレス用ハンダを上下の板の重ねあわせの部分にじゅうぶんにしみこませ, 更にリベットもハンダで完全におおって, 気密に接合した. 上板の中央には, 空気ぬきをかねた不凍液の注入口をあけ, 下板には, 図 1 では左すみに, 内圧を測定する配管の接続口をあけた. これらの穴には, 図 1 の下部に示した黄銅製の接続金具を固定し, 不凍液注入口には, 呼び径 1/2 (外径 12.7 mm)のプラグが, 圧力配管の接続口には, 同じ呼び径のニップルが, それぞれねじこまれるようにした. 接続金具は, 上下の板を整形したのち, 両者の接合に先立って, 4本のリベットで図示の位置にそれぞれ固定し, ハンダづけした. このリベットは上下の板の接合に用いたものと同じものである. 上下の板の間隔即ち Metal Wafer の厚さは, 図面上では内法 12 mmとしたが, 仕上り寸法は図面通りにはならず, 不凍液を入れない状態では, ステンレス板のゆがみのため, 上板と下板の接触する部分が, 不規則に分布した.

この Metal Wafer では, 周囲の重ねあわせの部分を除いた有効面積が 1.92 m² となった. Metal Wafer Snow Pillow (Greydanns, 1976) では, 有効面積 1.61 m², 幅 1143 mm, 長さ 1524 mm, 厚さ 12.7 mm, 素材が板厚 0.573 mmのステンレス板なので, 試作した Metal Wafer より厚さの不均一は少ないであろう. また, 全体の Stiffness は, 試作 Metal Wafer の方が小さいと考えられるが, 運搬その他に伴う変形など, 実用上の事故はなかった. なお, Metal Wafer Snow Pillow の水槽加圧試験 (Smith, et al, 1980)において, 液柱式マンメータによる内圧の測定値に, Stiffness が誤差をおよぼさなかったことが報告されている. 試作した Metal Wafer の内圧測定は, 後述するように, 加圧に伴う変形量が液柱式マンメータよりはるかに少ない, 半導体圧力ゲージでなされることでもあり, Stiffness による誤差は問題にならないと考えてよいであろう.

3. 設 置

図 2 に設置した Metal Wafer の平面図と側面図を示す. Standard California Intallation を準用して, 4枚の Metal Wafer を並列に半導体ゲージに接続した. 配管には, 呼び径 1/2 (内径 6.5 mm)肉厚 0.76 mmの銅パイプと, 同径のティー (Tee) 3個およびニップル 4個を用いた. 銅管の継手形式は, 圧力ゲージの部分を除いてフレア形とした. ニップルの Metal Wafer 側は, 呼び径 1/2 のネジが切っており, Metal Wafer の圧力配管接続口にこれをねじこみ, ハンダで気密に固定した.

半導体圧力ゲージは, 米国 Tyco 社製 A B 型* 定格最大圧力 4218.42 kg/m² (6 PSI) のも

* 株式会社 MTT (03-348-8301) 扱い

Metal Wafer による積雪相当水量の観測—木村

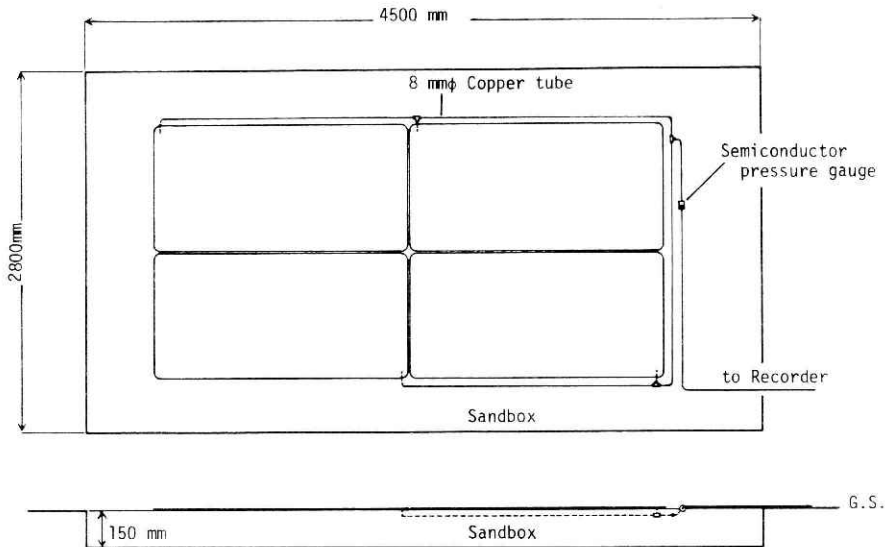


図 2 Metal Wafer の設置平面図と側面図

Fig. 2 Plan and lateral view of the installation of metal wafer

ので、配管の接続には、呼び径 1/2 の専用アダプター (AD-1 S S) を使用した。この部分の配管継手形式は、喰い込み形 (フレアレス形) になっている。

Metal Wafer の設置は次のように行なった。地面に深さ 150 mm、幅 2800 mm、長さ(南北方向) 4500 mm の砂場を作り、ほぼ平らにならした砂の表面に 4 枚の Metal Wafer ユニットの相互に密着させて設置し、配管は圧力ゲージ付近の約 400 mm を除いて、砂の中に浅く埋めた。設置状況を写真 1 に示す。圧力ゲージは地面に置き、配管とリード線の一部分とともに幅 75 mm、高さ 45 mm、長さ 1500 mm のリップみぞ形鋼でおおった。おおいをとりはずした圧力ゲージの部分を写真 2 に示す。

Metal Wafer と配管のなかには、自動車用不凍液を体積比で 30% 水にまぜた不凍液を注入した。不凍液の注入には、市販の 20 ℓ 入りポリエチレン製角形携行タンクのノズルの先端に、外径 8 mm、長さ 100 mm の銅パイプをビニール・テープで固定した注入器具を使用した。このとき、ユニット内の空気は、注入口と挿入した銅パイプの間の空隙から排出された。このようにして、ひとつのユニットに不凍液を 30 ℓ 注入したのち、プラグで注入口をふさぐ操作を順次くりかえし、4 枚のユニットに合計 120 ℓ の不凍液を注入した。ひとつのユニットの容量は、図 1 の寸法ではおよそ 23 ℓ になるので、30 ℓ の不凍液を入れると、ユニットの中央部がもりあがって、上板と下板の接触部分は完全に無くなるが、ユニットを上から押さないかぎり、注入口から不凍液が噴出するようなことはなかった。注入後、プラグのネジ山にシール用のテフロン・テープを 2 回まきつけ、ゴムのガスケットをはめて注入口にねじこみ、密

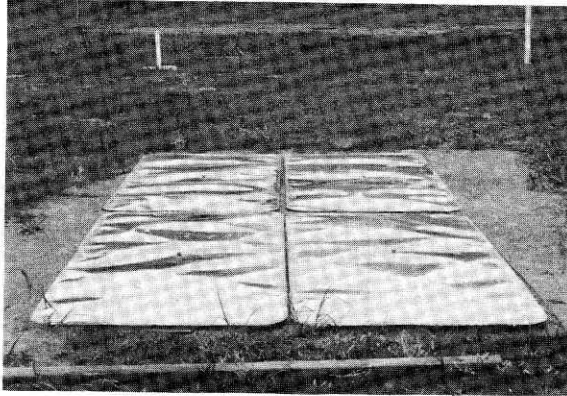


写真1 Metal Wafer の設置
Photo 1 Installation of metal wafer

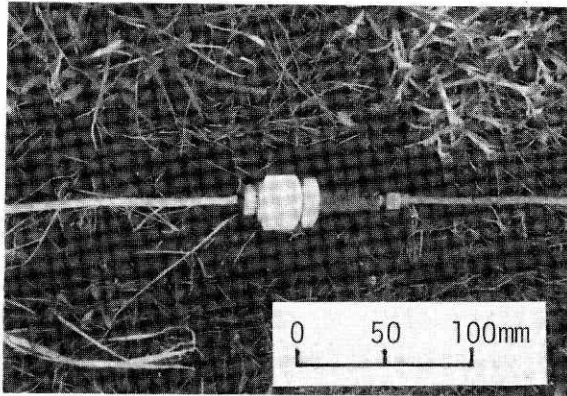


写真2 圧力ゲージの設置
Photo 2 Installation of pressure gauge

閉した。

Metal Wafer の全ユニットに不凍液を注入したのち、圧力ゲージの配管接続を外し、配管内の空気が自然に排出されて、不凍液が流出をはじめたところで、銅パイプの先端をもちあげて不凍液の流出を止め、一方、先端を丸めた注射針をつけた、 10cm^3 の注射器により、圧力ゲージのアダプター内部に不凍液をみたしたのち、銅パイプを再接続した。この操作により、配管内に気泡が残るのを防止できた。

4. 圧力ゲージの電気回路と較正

図3に圧力ゲージの電気回路と較正装置の概略図を示す。圧力ゲージには、ビニール被覆

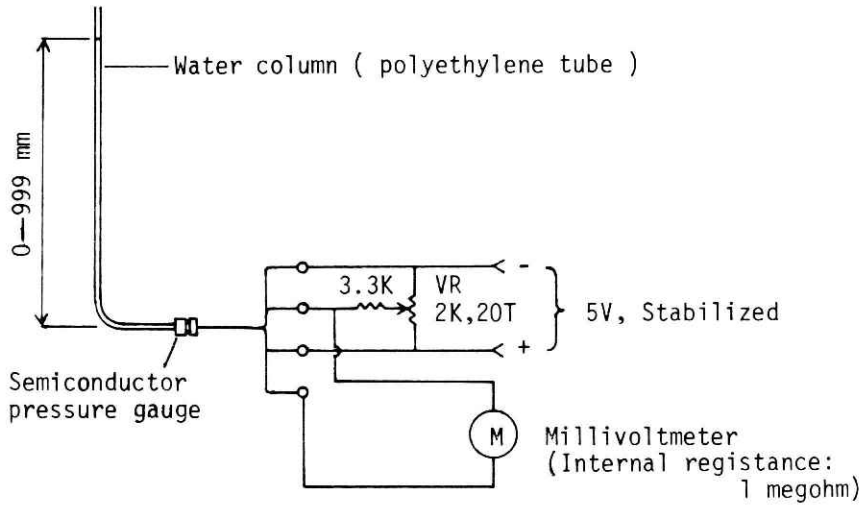


図3 校正装置と電気回路の概念図
 Fig. 3 Scheme of calibration apparatus and electric circuit

の4芯シールド線が50cmついている。芯線はそれぞれ赤、白、黒、緑に色わけしたビニール被覆より線で、大気圧のキャンセルは、ゆるく束ねた芯線の間を通してなされる。校正に先立って、圧力ゲージのリード線に4芯シールド線を接続して、全長を圧力ゲージ設置地点から、電気回路と記録計の位置までに要する40mとした。延長用の4芯シールド線は、圧力ゲージのリード線と同じ色わけをしたものであるが、通気管の入ったものが入手できなかったので、4本のビニール被覆芯線をひとまとめにして、木綿の糸束でゆるく巻きあげたうえでシールドとビニール被覆をほどしたものを使用した。大気圧のキャンセルは、糸束の部分を通してなされる。4本の芯線とシールドをハンダでつないだのち、接続部分をビニール・テープで2重に巻き、そのうえをブチルゴムの自己融着テープで更に2重に巻いて、水の侵入を防いだ。

4本のリード線には、図3に示したように、 $3.3\text{K}\Omega \cdot 1/4\text{W}$ の固定抵抗と、 $2\text{K}\Omega \cdot 20$ 回転の半固定可変抵抗器、安定化電源、ミリボルトメータをそれぞれつないだ。固定抵抗には温度係数の小さい金属被膜抵抗器を、半固定可変抵抗器には同じ理由から巻線形のを、それぞれ採用した。安定化電源は、出力電圧5V、電圧変動範囲 $\pm 0.01\%$ ($\pm 0.5\text{mV}$)、最大出力電流200mAのもので、図3の回路常数では40mAの電流が流れた。この回路は、スライダで2分された可変抵抗器と、圧力ゲージ内のふたつの半導体ゲージの抵抗変化により発生する不平衡電圧を出力する。このため、ミリボルトメータには、入力抵抗が $1\text{M}\Omega$ の電圧記録計を用いた。この記録計の入力回路は平衡形で、リード線のシールドをGND端子に接続した。上記した電気回路は、100mm角のプリント基板にまとめ、粘着テープで電圧記録

計のケース上面に固定した。

圧力ゲージの較正は、次のように行なった。圧力ゲージを、アダプター内部に水を満たしたのち、使用状態と同じく中心軸を水平にして固定し、配管接続口に内径10mmの柔軟なポリエチレン管をつなぎ、ポリエチレン管を、曲げ部分を半径50mmほどとって、高さ1.2mまで垂直に立てた。この状態でポリエチレン管の上端から注射器で水を注入し、ほぼ100mmきざみに999mmまでの水柱を作り、その都度出力電圧をよみとって較正值とした。ゼロ点は、ポリエチレン管に水を入れない状態で、記録計がゼロmVを示すように、電気回路の可変抵抗器を調整して定め、水柱の長さは、圧力ゲージの中心線から、長さ1m、1mm目盛のステンレス製直尺で測定した。

図4に較正曲線を示す。縦軸に水柱の長さ、横軸に電気回路の出力電圧をとって、10点の較正值を記入した。縦軸の単位はmm H₂Oで、そのままkg/m³でもよみとれる。図中の直線は平均的に引いたもので、良好な直線性が示された。データの直線からのズレは、最大±6mm H₂Oとなった。前述したCalifornia Pillowの水槽加圧試験(Smith et al., 1980)では、液柱マノメータで測定した、Pillowの外圧に対する内圧の変化が、平均直線から±6.1mm H₂Oのズレを示している。Metal Waferに使用した半導体圧力ゲージの直線性と精度は、Metal Wafer自体のそれらとほぼ同じと考えてよいであろう。この較正曲線は、Metal Wafer全体の較正曲線として使用できる。

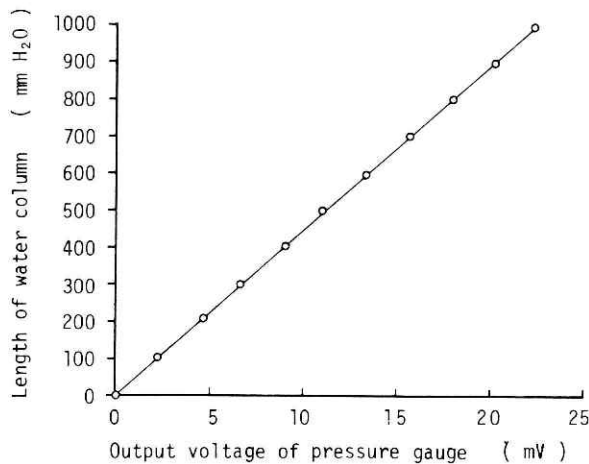


図4 圧力ゲージの較正曲線

Fig. 4 Calibration curve of pressure gauge

5. 測定結果

1982年1月1日から同年3月31日までのMetal Waferの測定結果を、図5に示す。縦軸

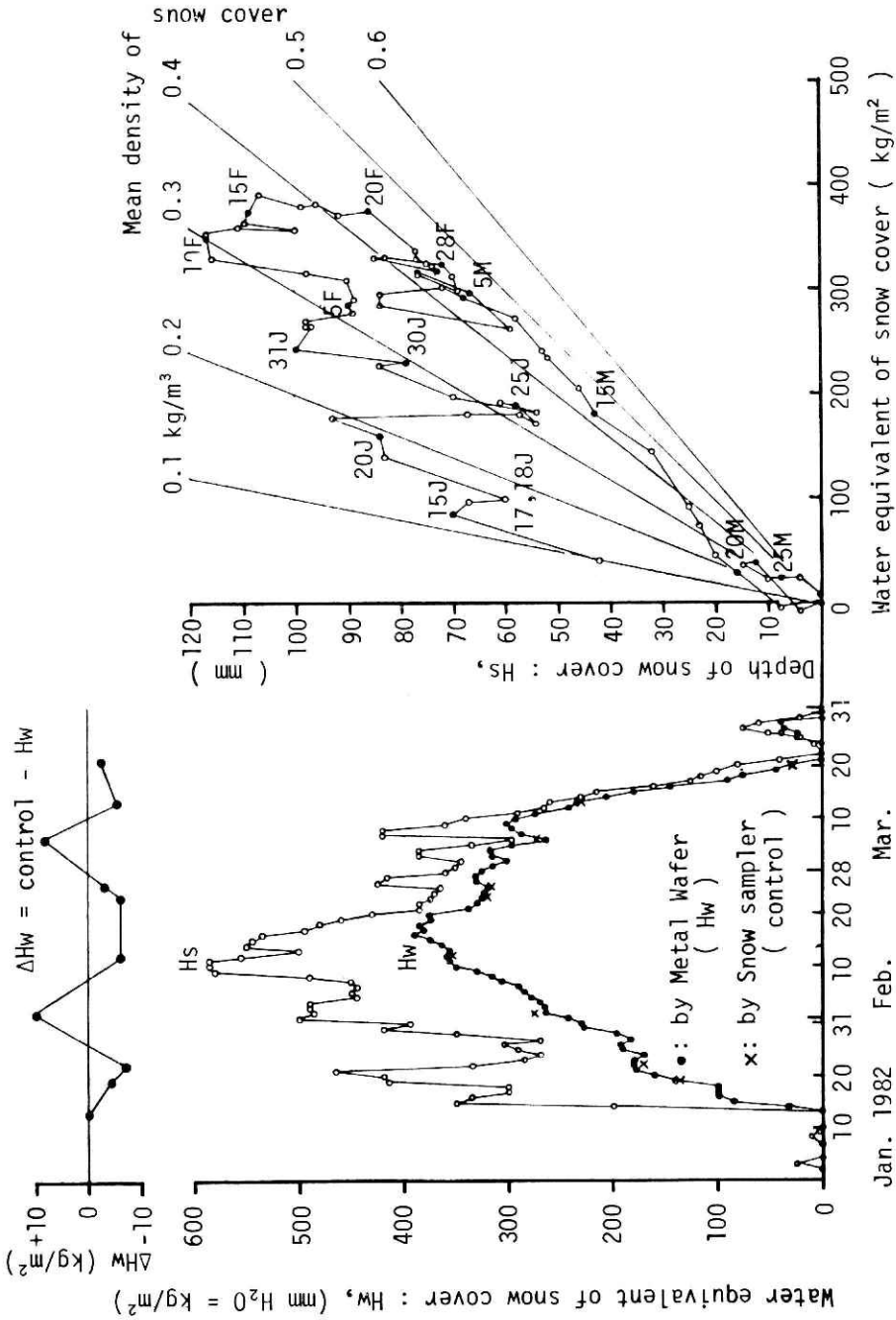


図5 Metal Wafer の測定値とスノーサンプリャーによる測定値の比較(左)および積雪循環曲線(右)

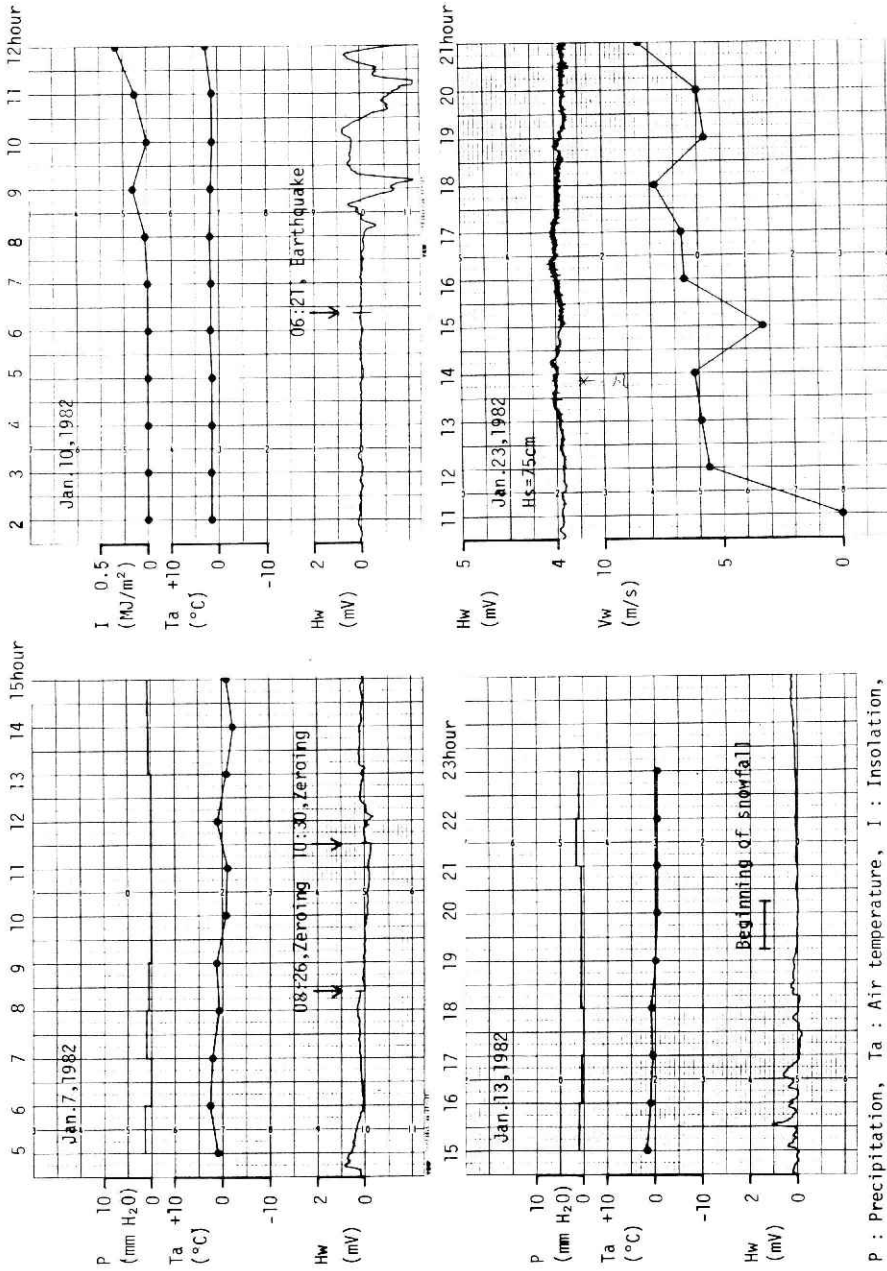
Fig. 5 Comparison of the indicated values of metal wafer and the values measured by snow sample (left), and the cyclic diagram of snow cover (right)

は積雪相当水量(Hw)と積雪の深さ(Hs), 上段にはスノーサンプラーで測定した積雪相当水量と, Metal Waferの値との差を, それぞれとり, 横軸には日付と, 積雪相当水量をとった. 図5左側には, 白丸で毎朝9時00分(以後00:00の形で時刻を略記する)のHsを記入し, Metal Waferで測定した09:00のHwを黒丸で記入した. Hsは, Metal Waferの北側の縁から北に11mはなれた雪尺によって測定された. スノーサンプラーによる測定は, 積雪期間中9回実施し, その値は×印で記入した. 図5右側には, 1月13日から3月20日までの, 毎日09:00のHsとHwによる循環曲線を示した. この循環曲線は大沼匠之の考案した表示形式(木村, 1977b)で, 一冬にわたる降積雪の状況を表示するのに便利であるが, Hsの自動測定がすでに実用化(木村, 1975)(木村, 1977c)しているので, Hwの自動測定によって, 循環曲線の自動表示と詳細化が実現するはずである.

この冬の降雪は, 1982年1月に入って本格的になり, 1月3日と7日の2回, 少量の降雪があったのち, 1月13日から根雪期間が開始し, 3月22日に消雪後, 再度降雪があって, 3月30日が消雪日になった. 循環曲線が示すように, この冬の主な降雪期は2月14日までであり, 2月11日に最大積雪の深さが, 2月16日に最大積雪重量がそれぞれ現われている. 3月10日以後は, ほぼ $0.45\text{g}/\text{cm}^3$ の平均密度を保って3月16日まで積雪が減少しているが, 3月16日以後の変化が, 平均密度の低い方にズレているのは, 雪尺とMetal Waferの設置場所が離れていたためと考えられる. 雪尺の付近はMetal Waferの設置場所よりも, わずかに低地になっていて, Metal Waferのうえの積雪は, 消雪日より1日早く消失した.

Metal Waferのゼロ点調整は1月7日の降雪を利用して行なった. Metal Waferの積雪は3月21日に消失したが, このとき, Metal Waferの測定値は $-2.5\text{mm H}_2\text{O}$ を示していた, また, 次の降雪がMetal Wafer上で消失したと考えられる3月29日は, 09:00に $-9\text{mm H}_2\text{O}$ が表示されていた. Metal Wafer上の消雪は, 一様ではなく, 部分的にMetal Waferが露出するので, これらのズレは気温や日照の影響によるものと考えられるが, この冬の観測では, 消雪日前後のMetal Wafer上の消雪状況を観察できなかったため, 詳細は不明である.

スノーサンプラーによる積雪重量の測定は, Metal Waferの北側の縁から4m北に離れた東西線上で, 毎回09:00から10:00の間に3箇所ずつ, ほぼ50cm間隔で実施して平均値をとった. 但し, 2月1日のみは1箇所みのサンプリングによる値である. 各回3箇所の測定値のバラツキの幅は, おおむね $1.5\text{mm H}_2\text{O}$ から $6\text{mm H}_2\text{O}$ の程度であったが, 2月12日に $8.6\text{mm H}_2\text{O}$, 3月15日に $9.1\text{mm H}_2\text{O}$ と, やや大きな値が出た. スノーサンプラーによる雪試料の採取にあたっては, 採取孔の底を点検して, スノーサンプラーからの雪の脱落の有無をたしかめた. また, 融雪期に全層がザラメ化してサンプリングが困難な場合には, サンプラーごと地面まで掘り出して試料を採取し, 脱落をさけた. 図5の上部に, スノーサンプラーの測定値から, Metal Waferの測定値を引いた値の分布を記入した. この値は $\pm 10\text{mm H}_2\text{O}$ の範囲に分布したが, スノーサンプラーの測定値の誤差を $10\text{mm H}_2\text{O}$ とすると, 総合精度は



P : Precipitation, Ta : Air temperature, I : Insolation, Hw: Metal Wafer output (1mV=89.6mm H₂O), Vw: Wind speed,

図6 Metal Wafer 出力の特殊な記録パターン
Fig. 6 Special recording patterns of metal wafer output

±15 mm H₂O となる。

図6に Metal Wafer の記録紙に現われた特徴的なパターンを4例示す。4例とも横軸は時間で、2日盛を1時間とした。縦軸には、積雪相当水量、気温、降水量、風速をとった。積雪相当水量はkg/m²を単位として、1月23日の場合のみ、4日盛で44.8kg/m²、他は2日盛で89.6kg/m²とした。気温は1月23日を除く3例に、降水量は1月7日と13日、日射量は1月10日、風速は1月23日にそれぞれ記入した。図6左上は1月7日の例で、このとき Metal Wafer のゼロ点調整を行なった。図中の下から3本目の横線が0 kg/m²のレベルで、このことは1月23日を除く他の例について共通である。1月23日(図6右下)の場合は上から4本目の横線が201.6 kg/m²になっている。

1月7日は早朝から降雪(みぞれ)が始まり、08:23には、ぬれ新雪が約10mmの厚さに Metal Wafer をおおった。この状態で、Metal Wafer の温度が0℃になったとみなして、電気回路の変抵抗器を調整し、08:26に記録計の指示を0mVに合せた。09:30頃止んで、11:00頃までに Metal Wafer 上の積雪は消え、気温の低下に伴って記録計の指示はマイナスになった。次いで11:00から降雪が再び始まり、Metal Wafer が雪でうすくおおわれ、気温も0℃近くになったので、11:30に再度ゼロ点調整を行った。

図6右上は1月10日の例で、00:30頃積雪はほとんど消失し、気温は+1.5℃付近で11:00まではほぼ一定であり、Metal Wafer の指示値は、ほぼ0mVを07:30まで保っていて、日射量の増えはじめた07:30以後は指示値に大きな乱れが認められる。このことは、1月7日に行なったゼロ点調整が適正であったことを示している。この朝、新潟県小千谷市付近を震源とする地震があり、長岡市では震度3を感じたが、自記紙上の06:21に、これが原因と考えられる振動が記録されている。

図6左下は1月13日の例で、19:15から20:15の間に、きわめて安定した0mVが記録されている。降水量と気温の変化から、この時間内に降雪が開始したと判断できる。この降雪は翌1月14日09:00に40cmに達し、以後も降りつづいて、この冬の根雪となった。

図6右下は、積雪でおおわれている Metal Wafer に、風の影響が現われた例で、1月23日の記録である。09:00の積雪の深さは57cmで、11:00頃から風が強くなり、降雪もあって、ふぶきになった。風速は、地上高14mに設置したエアロベーンで測定した毎正時の値を記入した。

6. 考 察

スノーサンプラーと試作 Metal Wafer それぞれの測定値を比較して、±15 mmH₂O 以内の差が両者の間に認められた。前記した California Standard Installationにおける Pressure Tank について、一冬季間に12回のスノーサンプラー測定値との比較がなされている (Grey-

danns, 1976) が、増雪期に 127 mm H₂O, Pressure Tank の値が低く出ており、融雪期には ±25 mm H₂O 程度の差で比較的良く一致している。増雪期のこのような傾向は、新潟県奥只見における Pressure Pillow の観測でも認められ、低温によるものと考えられた(木村, 1977a)。今回の Metal Wafer の場合には増雪期にあまり低温になることはなかったので、増雪期についての比較はできない。しかし、一方、California Pillow についての報告(Smith et al., 1980)によれば、融雪期に 1 回実施したスノーサンプラー測定値を California Pillow の値が 76.2 mm H₂O うわまわっている。これらの値は今回試作した Metal Wafer の場合にくらべて大きい。北陸地方のような冬季間あまり低温にならない地方では、Metal Wafer は、かなり高精度で積雪相当水量を測定できると考えてよいであろう。

Metal Wafer のゼロ点調整は、気温が 0°C 近くるとき、湿った積雪が Metal Wafer をうすくおった状態で行なったが、このような条件が得られない場合には、図 7 左下の例のように、降雪に先立つ積雪ゼロの期間中に、日射がなく、気温が一定で風もないとき、50 mm H₂O 程度の指示を可変抵抗器を調整して出しておき、図 5 右上のように降雪の開始を確認したのち、降雪開始時の指示値と 0 mm H₂O の間のズレを補正するという操作でゼロ点調整をすることができる。このような操作は、今回使用した圧力ゲージのように、校正曲線が ±100 mm H₂O 程度の範囲で完全に平行移動できることを条件として可能である。

1 月 10 日 06:21 の地震の記録については、図 6 右上のように、地震の発生のみが判断され、この上下にふれているパルス状の振動が、どの程度の震度以上で出現するか不明であるが、無雪期の日中で、日射や気温の変動の影響で記録が上下に乱れている場合でも、容易に識別できるであろう。

図 6 右下の 12:00 以後の Metal Wafer の記録に現われている振動は、風によって雪面に加えられる Drag Force (小林, 1969) によるものと考えられる。この振動は、風速 6 m/s 以上で顕著になり、およそ 5 m/s 以下ではほぼ消失している。雪面に加えられた力は、積雪層を通して Metal Wafer に伝わるが、そのときの遅れ時間は、きわめて小さい(木村, 1977a)。北海道地方の地ふぶきについて、雪面上 1 m における風速が 5 m/s 以上で、地ふぶきが発生するという実験式(小林・小林・石川, 1969)があり、一方、野外観測での経験として、雪面上 1 m の風速が 6 m/s 以下では地ふぶきは発生しにくいという記述(小林, 1970)もある。図 6 右下において、Metal Wafer の記録と比較した風速は、地上高 14 m での測定値であるが、接地気層内の風速の垂直分布の経験式(斉藤, 1979)をもちいて計算すると、地上高 14 m で 6 m/s の風速のとき、地上高 1 m では約 4 m/s になる。この風速は平均風速であり、瞬間値はもっと大きくなるはずであるから、Metal Wafer の記録に現われた風による振動は、地ふぶきの発生する風速以上で発生していると考えてよいであろう。-5°C 以下の気温では、風速 4 m/s 程度で地ふぶきが発生しているという、北海道における観測資料(竹内, 1977)もある。

7. 結 論

試作したMetal Waferの、一積雪期にわたる動作により、気温があまり低くない条件のもとに、実用上十分な測定精度が得られた。また、Metal Waferは一般の板金業者に依頼して、容易かつ安価*に製作でき、組みあわせて使用する圧力ゲージの室内較正を行なうのみで測定値が得られ、ゼロ点調整も簡易な操作手順によって実行できるなど、実用上有利な特徴が判明した。低温における動作特性を調査する必要はあるが、冬季間気温があまり低くない北陸地方の平地においては、このままでも実用的な積雪相当水量計としてよいであろう。

今回の観測により、Metal Waferが一種の強震計として利用できそうなことが判明した。現時点では、震度3の地震の発生を示す記録が、一例だけ取れたのみであるが、この記録の振幅と震度を関連づけることは可能と思われる。

また、風速4m/s以上で記録上に微振動が現われたことから、地ふぶきの発生を間接的に表示するセンサーとして、Metal Waferを利用できると考えられる。

8. あとがき

引用文献のうち、新防雪工学ハンドブック所収の“ふぶき”(竹内, 1977)については、同ハンドブックには執筆者名が担当項目別には明示されていないので、執筆者に確認して引用した。

謝 辞

Metal Waferの記録紙上に現われた風による微振動波形の解釈に関連して、北海道開発局土木試験所応用理化学研究室室長、竹内政夫理学博士に、風速と地ふぶきの発生についてご教示をいただいた。また、Metal Wafer近くの積雪の深さの資料は、雪害実験研究所の全研究職員(7名)が、一週間交代で実施した定時観測による。

以上を記して謝意を表明する。

* 4ユニットで約30万円

参 考 文 献

- 1) Carter, W.D. and Paulson, R.W. (1978) : Introduction to Monitoring Dynamic Environment Phenomena of the World Using Satellite Data Collection Systems, 1977. COSPAR Technical Manual Series Manual No 8, Prepared at the Request of COSPAR Working Group VI, Meteorology and Earth Resources, (1978), 20pp. cs. 1—20.
- 2) Greydanus, H.W. (1976) : Snow Sensor Evaluation in the Sierra Nevada California Cooperative Snow Surveys, State of California. The Resources Agency, Department of Water Resources, Division of Planning, 155pp. cs. p. 1—155.
- 3) IHD (1970) : Seasonal Snow Cover. Technical papers in hydrology 2, UNESCO/IAHS /WMO 1970, Printed in France, Sc. 68/XXI. 2/A., 38pp. cs. p. 30.
- 4) 石原教二 (1955) : 雪量調査の計画と整理. 雪氷の研究, No 2, 日本雪氷協会, 東京, pp. 165—179 参照.
- 5) 小林大二・小林俊一・石川信敬 (1969) : みぞれによる地ふぶき量の測定. 低温科学, A, 27, pp. 99—106 p. 103 参照.
- 6) 小林大二 (1970) : 地ふぶきの発生と発達. 低温科学, A, 28, pp. 141—146 p. 145 参照.
- 7) 小林俊一 (1969) : 雪面に働く風の力の測定. 低温科学, A, 27, pp. 87—97. p. 87 参照.
- 8) 木村忠志 (1975) : R—O型積雪の深さ計. 測器技術資料, 気象庁第5017号, 11 pp.
- 9) 木村忠志 (1977a) : Pressure Pillow による積雪相当水量の観測. 雪氷, 39, 3, pp. 17—23.
- 10) 木村忠志 (1977b) : 積雪の密度. 新防雪工学ハンドブック, 日本機械化協会編・森北出版, 東京, pp. 16—23, p. 20 参照.
- 11) 木村忠志 (1977c) : スノージャム検知器. 昭和48・49・50年度特別研究促進調整費降雪情報の広域自動収集による交通路雪害防止に関する総合研究報告書, 昭和52年3月, 科学技術庁研究調整局, 東京 pp. 55—69.
- 12) 大沼匡之 (1960) : スノーサーベアー. 雪氷の研究, No 3, 日本雪氷学会, 東京, p. 1, 21 参照.
- 13) 齊藤直輔 (1979) : 微小規模の現象. 気象ハンドブック, 気象ハンドブック編集委員会編・朝倉書店, 東京, pp. 115—118. p. 117 参照.
- 14) Smith, F.W.・Boyn, H.S. and Burns, P.J. (1980) : Cooperative Research in Hydro-meteorological Data Acquisition. Progress Report to the Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, for the period December, 1979 through March, 1980. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 24pp. cs. p. 1—24.
- 15) 竹内政夫 (1977) : ふぶき. 新防雪工学ハンドブック, 日本機械化協会編・森北出版, 東京, pp. 58—74. p. 61 参照.

(1983年6月9日 原稿受理)