

## 降水量計を改良した霧水量測定を試み

小林俊一\*<sup>1</sup>・佐藤篤司\*<sup>2</sup>・阿部 修\*<sup>2</sup>・宮腰秀巳\*<sup>3</sup>・石丸民之永\*<sup>3</sup>・丸山敏介\*<sup>3</sup>

### A measurement method of liquid water content of fog using a precipitation gauge

by

Shun'ichi KOBAYASHI\*<sup>1</sup>, Atushi SATOW\*<sup>2</sup>, Osamu ABE\*<sup>2</sup>, Hidemi MIYAKOSHI\*<sup>3</sup>  
Taminoei ISHIMARU\*<sup>3</sup> and Toshisuke MARUYAMA\*<sup>3</sup>

*Keywords* : Liquid water content, Precipitation gauge, Fog, Rain

キーワード : 霧水量, 降水量計, 霧, 雨

#### 1. はじめに

過冷却水滴が原因の着氷雪害や放射霧で発生する視程悪化による交通障害は寒冷地域において現在でも未解決な問題をふくんでいる。これらの問題の中で、まず霧水量は基本的な物理量である。現在、市販されている霧水量計測装置は価格が高価で取り扱いが簡便ではない。そこで、現有の降雪・降水量計(新潟電機<sup>3</sup>製、型式CSN)に霧水補足用ネットを取り付けて霧水量の測定を試みたのでその結果について報告する。

#### 2. 測定方法

現有の降雪水量計(受け口の直径:10.7cm, 面積:75cm<sup>2</sup>)の上部に霧水捕捉部を試作して取り付けられた。この降雪水量計は雨雪判別用温度センサーが取り付けられており、計測システムはセンサー部と制御部及びデータロガーからなる。受水部より導かれた降雪水が導水管を通過後、流下水滴となり、それを針状電極との間でカウントするものである。カウントは5分間の水滴数を計測する。導水管に空気排出口を設けることにより、水滴の質量は大きなバラツキもなく落下することが確認されている(田村, 1994)。霧水捕捉部は市販のポリエチレンの水切りネット(糸の直径:0.5mm, 開口:2mm)を高さ20cmと10cmの2種類を図-1のような支え枠を作り、それに取り付け上部は閉じたものである。その拡大写真を図-2に示した。霧水量の捕捉実験は山形県新庄市にある独立法人防災科学技術研究所の長岡雪氷防災研究所・新庄支所の実験棟で行った。この実験棟では人工降雪装置の他、人工降雨装置も設備されている。実験は降雨強度が1時間当たり5.7mmで行った。その他の実験条件は室温が10℃で、無風状態と0.5m/sの水平風速で比較を行った。図-3には霧水捕捉部の高さが20cm(H200)と高さが10cm(H100)と捕捉部がない場合の降雪水量計が並べて設置してある状態をしめしてある。この時の雨滴の顕微鏡写真が図-4に示してある。これはガラスの表面に透明な油を塗って、その上に雨滴を受けて撮影した。この方法では、水滴は球になることが小島(1969)によって確認されている。雨滴の直径は60μm~410μmの範囲にある。一般に霧は直径が数十μm以下の微小な水滴をいうが、この実験の場合は実際の霧粒よりも大きい。

\*<sup>1</sup> 新潟大学積雪地域災害研究センター

\*<sup>2</sup> 独立行政法人防災科学技術研究所長岡雪氷防災研究所

\*<sup>3</sup> 新潟電機株式会社

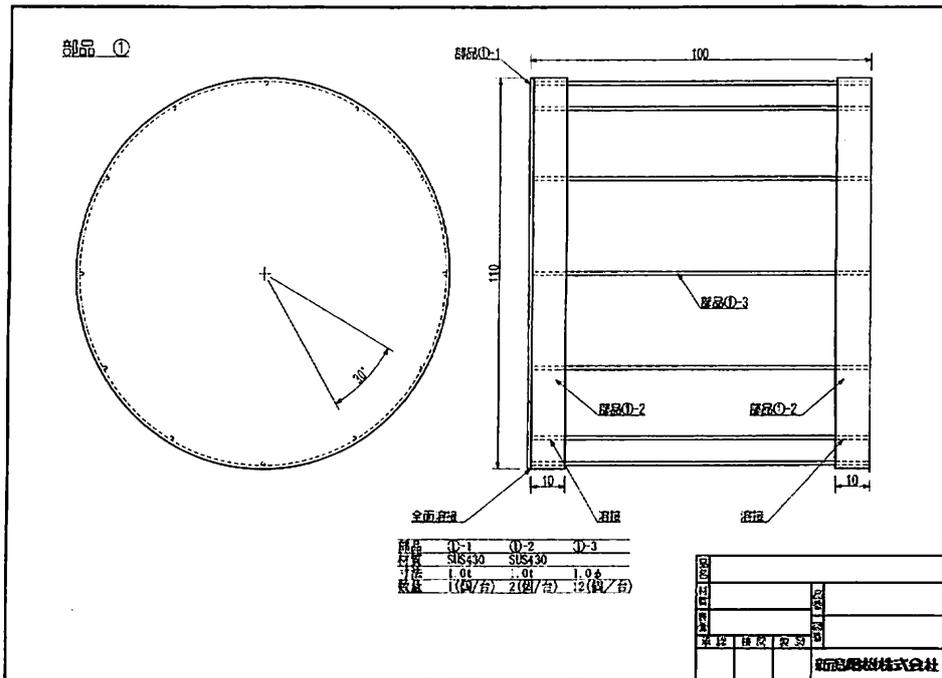


図-1 霧水捕捉用ネット取り付け部品図(高さ10cm用)

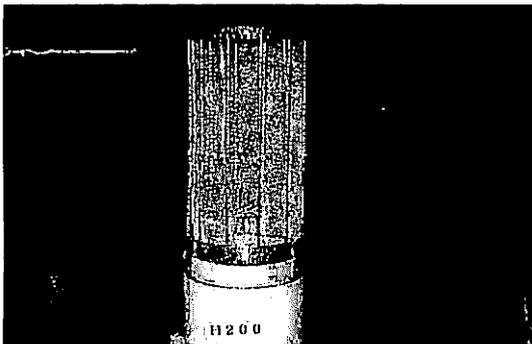


図-2 高さ20cmの霧水捕捉部の写真

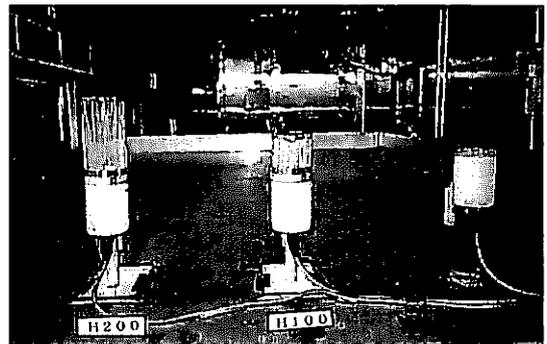


図-3 測定時の状態

### 3. 実験結果

図-5 に実験結果の一例を掲げた。最初、12月5日の9時から11時40分まで無風状態で降雨は連続して降らせている。次に13時から15時40分までは降雨は間欠的に降らせている。いずれも、無風の時、10分間で捕捉量は1mm以下であった。特に捕捉ネットの高さが10cmの場合には無視できる値であった。水平風速が0.5m/sの場合の結果は、図-5の12月6日の9時10分から13時50分の実験で示されている。それによれば捕捉ネットの高さが20cmの場合(有効露出面積:200cm<sup>2</sup>)、捕捉霧水

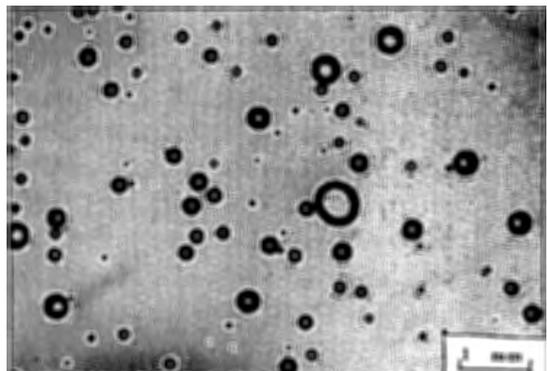


図-4 実験に用いた水滴の大きさ分布を示す顕微鏡写真

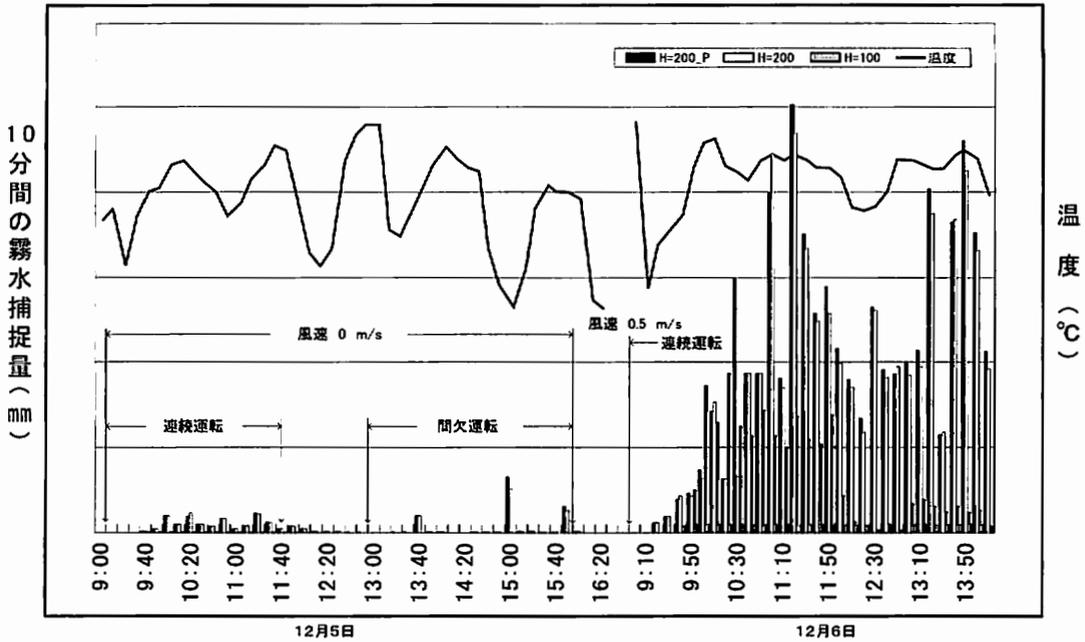


図-5 実験結果

量は10分間で10~20mmであり(1時間当たり3~6mm/h)、捕捉ネットの高さが10cmの場合(有効露出面積:100cm<sup>2</sup>)、捕捉霧水量は3~8mm(1時間当たり1.8~4.8mm/h)であった。また、ネットに捕捉された霧粒が併合して水滴となって降雪水量計の計測部に流下して計測されるまでの遅れ時間はネットの高さが20cmの場合で約10分、ネットの高さが10cmの場合で約40分であった。

図-5では、H200PとH200があるが、データロガーの関係で前者は記録をパルスで数えたもの、後者は電圧で記録して数えたもので両者の差は小さい。

#### 4. 考 察

ここでは風がある場合とない場合の捕捉の比較を理論的に考察する。その結果を実験値と比較して本装置の妥当性を検証する。

まず、無風の場合、次の式(1)が成り立つ。

$$F_0 = \rho_w \times I_0 = N_s \times w \quad (1)$$

ここで、

$F_0$ : 地面に向かう水滴の質量フラックス (kg/m<sup>2</sup>・s)

$\rho_w$ : 水滴の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$I_0$ : 地面上での時間降水強度 (mm/h)

$N_s$ : 水滴の空間濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

$w$ : 水滴の端末落下速度 (m/s)

次に、風がある場合には、次の式(2)が成り立つ。

$$F_N = \rho_w \times I_N = N_s \times (U^2 + w^2)^{1/2} \quad (2)$$

ここで、

$F_N$ : 捕捉部に向かう水滴の質量フラックス ( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ )

$I_N$ : 捕捉部に対する時間降水強度 ( $\text{mm}/\text{h}$ )

$U$ : 水平風速 ( $\text{m}/\text{s}$ )

式 (1) と式 (2) から、次の式 (3) が導かれる。

$$I_N/I_0 = \{ (U/w)^2 + 1 \}^{1/2} \quad (3)$$

従って、式 (3) に、 $U = 0.5 \text{ m/s}$  と  $w = 0.5 \text{ m/s}$  を仮定して代入すれば、捕捉部に対する降水強度 (捕捉霧水量) と地上に対する降水強度の比は、 $I_N/I_0 = 1.4$  となる。

実験では、 $I_0$  は  $5.7 \text{ mm/h}$  であるので、 $I_N$  は  $8 \text{ mm/h}$  となる。実測値は妥当な値であった。従って、本方式で霧水量の測定は十分可能であることが分かった。ただし、もっと風速の大きい範囲の実験が必要であるがファンの能力が限られているため限定されている風速下の測定しか出来なかった。

## 5. 結 語

本実験から捕捉部の高さは  $20 \text{ cm}$  の方が  $10 \text{ cm}$  よりも、理論値に近く、応答時間も短かったので  $20 \text{ cm}$  のネットによる捕捉を推奨する。これと風速計を併用すれば霧の自動計測システムとして利用できることが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究は独立行政法人防災科学技術研究所との共同研究で行ったものである。種々便宜を図っていただいた同研究所の長岡雪氷防災研究所新庄支所のスタッフの方々の心から御礼申し上げる。

本報告を平成15年3月に退官する本研究センターの佐藤修教授に謹んで捧げます。

## 参考文献

小島賢治(1969):顕微鏡による飛雪粒子の観測. 低温科学, 物理編, 27, 115-129.

田村盛彰(1994):制御用降雪検知装置の開発とそれを応用した計測・制御システムの研究. 新潟大学学位論文, 184p.