

# 長野市における降雪中の視程について\*

岩 井 邦 中\*\*

## 要旨

1973年1月長野市において、降雪強度と視程の観測を行ない、それらの間の関係を調べた。その結果、視程  $V$  (km) と雨量に換算した降雪強度  $R$  (mm/hr) との間にはほぼ  $V=1.0R^{-2/3}$  の関係が見い出された。また他の地点での観測と比較したところ、長野での結果は北陸の高田、長岡とはほぼ同じ傾向のあることがわかった。

## 1. まえがき

水性現象をともなった視程の観測は古くから霧や雲の中の含水量、霧粒、雲粒の大きさと関係づけられて行われており、Trabertの法則として知られている〔例えば Middleton(1952), aufm Kampe と Weickmann(1952)〕。また氷霧の中では Ohtake と Huffman (1969) によって観測が行われている。

しかし降雨あるいは降雪中の視程の観測は比較的少ない。鈴木 (1963) は視程と降雨(雪)強度との関係について研究を行ない、降雨中の視程の悪化はそれほど顕著ではないが、降雪中の視程はかなり悪くなることを示している。O'Brien (1970) は雪片をそれを構成する種々の雪の形に分類して降雪中の視程、光の減衰について観測を行なった。

冬期間、降雪日数の多い日本海に面した地方において、降雪中の視程の悪化は交通機関にとって障害の1つであり、今後更に北陸新幹線等、高速で運転される交通機関の発達につれて重大な問題になるであろう。

この小論では、長野では80年ぶりの大雪であった1973年1月11, 12日の両日、降雪強度と視程の観測を行なった結果について述べる。

## 2. 観測方法

降雪量の測定は底の浅い軽い容器 (面積 1, 310cm<sup>2</sup>) を直接降雪中に露出して雪を受け5分ないし10分間隔で容器ごと上皿自動ばかり (最大1kg, 最小目盛2g) で重量を測ることによって行なった。したがって降雪強度 (以後すべて雨量に換算した) は5分ないし10分間の平

均である。その他、黒い布に雪を受け降雪中の雪の形を記録した。しかし当日の気温は 0°C 近くでありしかも雪片は雲粒つきであったため細かな点はよくわからなかった。霰が降っているかどうかの点に主に注目した。

視程の観測は信州大学教育学部の建物の屋上より、市内のめばしい建物、塔を目標として行なった。視程の観測法によると昼間の視程目標は明かるい空を背景として黒または黒に近い色なるべく水平に近い地物でなければならぬとされている。上記の市内のめばしい建物のうち、壁の色が白いものもあるが窓が多く、窓は遠くから見ると黒く見えるので、これらの建物も視程の目標物としてさしつかえないであろう。降雪中の視程は5分ないし10分間でかなり変化するので視程の観測は1分ないし、2分間隔で行ない、降雪強度を求めた5分ないし10分間の平均値あるいは変位量として表わした。

## 3. 結果と考察

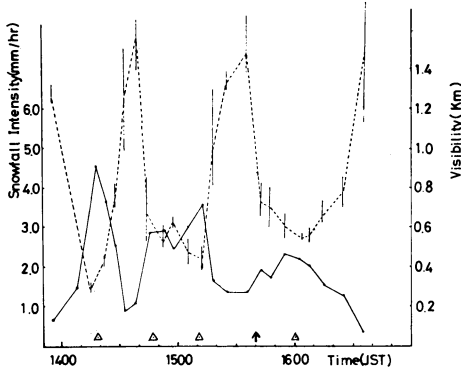
### a) 降雪強度と視程の時間変化

1973年1月11日1400JST より1630JST 頃までの降雪強度 (実線) と視程 (破線) の時間変化を第1図に示す。図から明きらかなように降雪強度と視程は逆の位相で変動しておりその周期は約30分である。図中の3角印は雪片にまじって霰が降っていたことを示す。また矢印は一発雷のあったときである。降雪強度のピーク時と霰が降っていたときが一致していることは大雪時の降雪機構を知る上で興味がある。霰は比較的雲水量の多い、上昇気流の強い積雲内で形成されると考えられるので、約30分の周期で変動する降雪強度のピークは積雲の通過に対応していると思われる。この雪は1630JST 頃一時やんだが1800JST 頃より再び降りはじめ翌日の午後まで断続的に降り続き、一昼夜で約45cmの積雪があった。

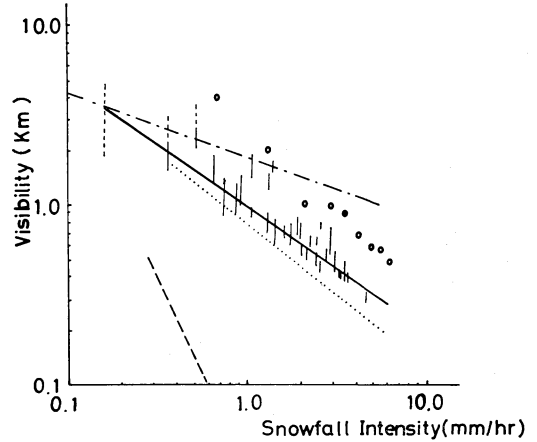
\* On the Visibility in Snowfall at Nagano City.

\*\* K. Iwai: 信州大学教育学部地学教室

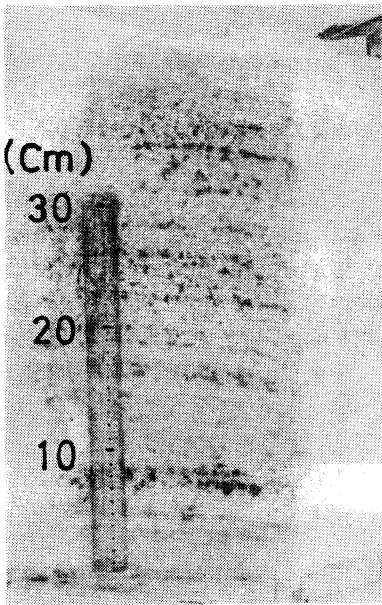
—1974年5月8日受理—



第1図 1973年1月11日、長野市における降雪強度と視程の時間変化の例実線は降雪強度、破線は視程を示す。



第3図 雨量強度に換算した降雪強度と視程の関係。実線は本観測、鎖線、点線、破線はそれぞれ黒岩の著書より引用した。ニューハンプシャー（メラー）、長岡（斎藤）、札幌（由田）における観測結果であり白丸は鈴木による高田での結果である。



第2図 1973年1月11日、12日にかけての降雪の際の長野における積雪の断面写真

翌日、雪の止んだ後、積雪の鉛直断面に青インクを混ぜて霧吹きを行なったところ第2図に示す様な断面図が得られた。一統きの降雪であるので雪面線とよばれる明瞭な線は見えないが何本かはっきりした縞模様が見れている。この層のところをよく見ると霰が降ったと思われる比較的粒の大きい硬い粒子から成っていることがわかった。第2図の断面図からは時間間隔はわからないがおそらく霰が周期的に降っていたと考えられる。

霰が降っているとき、降雪強度が増加したのは雪片の

量は余り変化しないで霰が降った分だけ増加したものであるのか、霰に加えて雪片の量も増加したのかどうかは明らかではない。このため降雪強度が増加したとき、視程が悪化した原因は霰によるものか雪片も全体として増加したためであるのか明らかではないが、霰が降っていないときにも降雪強度の増減により視程が減増することから、霰も含めた降雪粒子の増減が視程に関係していると考えられる。

b) 降雪強度と視程の関係

第3図に1973年1月11日および12日の長野市における降雪強度と視程の関係を示す。図中の縦棒は降雪強度を測定した5分ないし、10分間に变化した視程の変位量を示している。両対数のグラフ上で視程は降雪強度の増加にともなってはほぼ直線的に減少している。多少のパラッキはあるが実線で示す直線を引くと視程  $V$  (km) と降雪強度  $R$  (mm/hr) との間に次の関係がある。

$$V = 1.0R^{-0.67} \sim 1.0R^{-2/3} \quad (1)$$

Koschmieder の式 (例えば Middleton 1952)

$$V = \frac{3.9}{\sigma} \quad (2)$$

(ここで  $\sigma$  は光の減衰係数である)

を用いて降雪粒子が単分散していると仮定すれば次の式

を使って視程と降雪強度の関係を導くことができる。

$$\sigma = K\pi a^2 N \quad (3)$$

$K$ : 粒子の散乱面積係数が波長に比べて粒子が大きいとき  $K=2$  である、

$a$ : 降雪粒子の半径

$N$ : 単位体積あたりの降雪粒子の個数

降雪強度  $R$ (mm/hr) は次の式で与えられる。

$$R = \frac{4}{3} k\pi a^3 v \rho N \quad (4)$$

$k$ : 単位変換のための常数

$v$ : 降雪粒子の落下速度

$\rho$ : 降雪粒子の体積と融解して水滴になったときの体積の比

(3) と (4) より  $a$  を消去して (2) 式に代入すると

$$V \sim 1.63 (k\rho v)^{2/3} \cdot N^{-1/3} \cdot R^{-2/3} \quad (5)$$

が得られ視程は降雪強度の  $-2/3$  乗に比例し、観測結果と定性的に一致する。ここでは降雪粒子が単分散していると仮定しているが実際の雪はある粒度分布をもっており、降雪強度は粒子の大きさ、空間個数、落下速度、降雪粒子の比重等の関数であり、(5) 式の様簡単な式にはならないであろう。しかし第一近似とすれば平均値でおきかえたと同じ式である (5) 式が成り立つであろう。

c) 降雪中の視程に関する他の地点との比較

第3図に本観測(実線)の他に黒岩(1972)の著書より引用した米国のニューハンプシャー(鎖線)、長岡(点線)、札幌(破線)での観測結果および鈴木(1963)による高田での平均の観測結果(白丸)を示す。長野における降雪強度の増加による視程の減少率(図の勾配)は北陸地方の長岡、高田におけるものに比較的近い。これはおそらく、長野における雪の降り方が雪片を主として降る北陸地方の長岡や高田と類似しているためと考えられる。これに対して札幌のような寒冷地では雪片よりも、細かい雪が多量に降ることにより、降雪強度が大きくなっても視程を悪化させるものと考えられる(もちろん札幌でも雪片が主に降ることもあるであろう)。また黒岩が指摘している様に降雪中は湿度が高くなるため大気中のエアロゾルが成長して降雪粒子の他に視程を悪くさせる原因があるかも知れない。

O'Brien (1970) は降雪の質量フラックス  $M_f$  と消散

係数  $\sigma$  (視程の逆数に比例) との間

$$\sigma = 7.58 M_f^{0.69}$$

を得ており本観測結果とはほぼ一致している。Atlas(1953)は降雨中の視程を雨滴がマーシャル-パルマー分布しているとして理論的に雨量強度と比較して

$$V \approx 9.3 R^{-0.67}$$

を得ている。これは本観測の雪の場合と比較すると、指数部は一致しているが係数が約10倍異なっている。すなわち雪の場合には同じ降水強度の雨に比べて視程は約10倍悪いことを意味している。

#### 4. まとめ

1973年1月11日から12日にかけて長野では80年ぶりの大雪に見舞われたがそのとき降雪中の視程と降雪強度の関係を調べた。その結果、降雪中の視程は降雪強度のほぼ  $-2/3$  乗に比例することが見いだされた。Koschmiederの式から降雪粒子が単分散していると仮定して降雪中の視程を導くと、視程は降雪強度の  $-2/3$  乗に比例し、本観測結果と定性的に一致することが見いだされた。しかし実際の降雪では粒子はある粒度分布をもっているの、今後降雪粒子の大きさ、空間個数、落下速度等を同時に測定する必要がある。

また大雪時には雪片にまじって霰が周期的に降ることが認められ、積雲と層状雲の相互作用が大雪にとって重要な役割りを演じていると推察される。

#### 文 献

- Atlas, D. 1953: Optical extinction by rainfall. *J. Met.* **10**, 486-488.  
 aufm Kampe, H.J. and H.K. Weickmann, 1952: Traberts formula and the determination of water content in clouds. *J. Met.* **9**, 167-171.  
 黒岩大介, 1972: スキーヤーのための雪の科学, 共立出版, 114-115.  
 Middleton, W.E.K., 1952: Vision through the atmosphere Univ. Tronto Press, 250pp.  
 O'Brien, H.W., 1970: Visibility and light attenuation in falling snow. *J. Appl. Met.* **9**, 671-683.  
 Ohtake, T. and P.J. Huffman, 1969: Visual range in ice fog. *J. Appl. Met.* **8**, 499-501.  
 鈴木弥幸, 1963: 視程と降雨(雪)強度との関係について, 研究時報, **15**, 483-487.