

## 北陸大学薬学キャンパスに降る雪

竹 井 巖\*

Snow observed in the YAKUGAKU-campus of Hokuriku University

Iwao Takei \*

*Received October 31, 2002*

北陸大学薬学キャンパスで観察された降雪（降雪粒子）と積雪について論ずる。降雪粒子については、顕微鏡写真の結果を示す。あられや絡み合った雪片状のものが多く、過冷却水滴（雲粒）の付着凍結したケースが多く認められた。積雪については、過去10年間（1992年11月から2002年3月まで）の冬期間に北陸大学薬学キャンパスで観測された積雪深について、記録の意味も込めて示す。過去10年間の積雪の推移を概観すると、少雪傾向の続いていることが認められた。

キーワード：降雪粒子，雪片，あられ，積雪深

Key words: precipitation particles, snowflakes, soft hail, snow depth

### 1. はじめに

写真1は、北陸大学薬学キャンパス（石川県金沢市金川町ホ3）に積もった雪の様子を示したものである（1993.1/28，体育館と第三薬学棟の間）。ムクゲの木が、付着した雪によって大きくしなって通路側に倒れ込んでいる。このときの積雪深は、前日からの降雪によって34cmであったが、薬学キャンパスでの積雪としては量的に特に多いというわけではない。にもかかわらずこの写真を示した意図は、比較的少ない雪でのムクゲの木のこの倒れ方こそが、北陸大学の位置する北陸地方の雪の特質を象徴的に示していて興味深いものがあるからである。

写真2は、写真1と同じ日の隣接するグラウンドを北西の方にみて撮ったものである。野球グラウンドとテニスコート（手前）の間の高いネットフェンスが、手前側に倒れていることが認められる。右手の金網フェンスの上に雪が落ちないで積もったままであることからわかるように、強い風が吹いていたわけではない。これはひとえに、雪の重さに耐えかねてネットフェンスが倒れたことを示している。すなわち、北陸地方に降る雪によく見られる水分を多量に含んだ重い雪が、0 付近の気温条件下で降り、フェンスにまとわりつくように付着したため、

---

\* 薬 学 部  
Faculty of Pharmaceutical Sciences



写真1 北陸大学薬学キャンパス第三薬学棟と体育館の間の積雪の様子（1993.1.28）。樹木が着雪によって通路側に倒れかかっている。この時の積雪深は34cmで濡れ雪の状態であった。



写真2 北陸大学薬学グラウンドを北西方向に観望したときの積雪の様子（1993.1.28）。ネットフェンスが着雪のため手前のテニスコート側に倒壊している。

その重さに耐えきれずにこのようなフェンス倒壊という雪被害をもたらしたのである。

北陸大学の位置する北陸地方は、地理的分類では温帯気候の地域に属しながら、その一方で世界有数の豪雪地域でもある<sup>1)・3)</sup>。これは、北西に日本海を挟んでアジア大陸が位置し、背後に弧状列島のひとつである本州島の脊梁山脈がそびえるという地理的環境が大きく寄与している。冬期に大陸で冷やされた重い空気（寒気）が高気圧を形成し、太平洋上の比較的暖かい空気が気圧の低い大気を形成する結果、西高東低の気圧配置が安定的に生じる。気圧の等高線が南北方向に走るの、北西方向からの冷たい季節風が日本列島に吹きつけることになる。この季節風によって運ばれる冷たく乾燥した空気は、暖かい日本海上を渡ってくる間に海水面近くでたっぴりと水分を含んで、海水温近くに暖められた空気の塊となる。この多量に水分を含んだ空気が、日本列島に上陸して脊梁山脈を乗り越えるときの断熱膨張にともなう冷却・水分の凝結という物理的過程によって、日本海側の平野部や山間部に多量の水分を雪としてもたらす。このように北陸地方に降る雪は、0 を大きく下回ることもない温暖な気温条件下で降り、極

めて多量であることが特徴である。

この小文では、北陸大学薬学キャンパスで過去10年間に観測された雪について、降る雪（降雪）と積もる雪（積雪）とに分けて、その特質を論じる。

## 2．北陸大学薬学キャンパスに降る雪

北陸地方に降る雪は、ぼたん雪などと呼ばれることもある比較的大きな雪片やあられが多く認められることが特徴的である（写真3）。いずれの雪も比較的に過冷却水滴（雲粒）が分布する厚い雪雲のなかで、形成され成長して降ってきたことを物語っている。

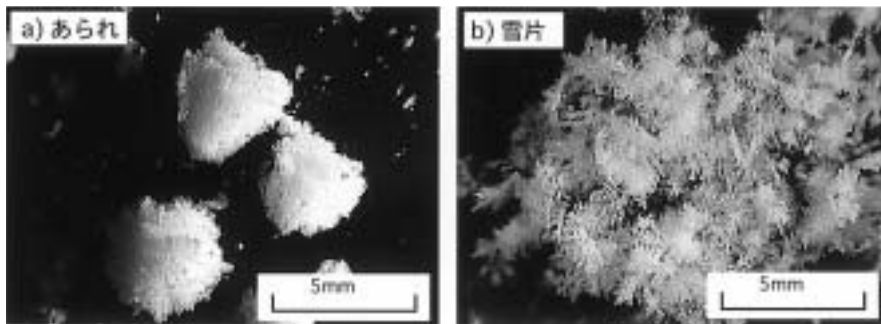


写真3 降雪粒子の写真。a) あられ、および b) 雪片。いずれも2002.2.19に撮影した。

あられは、大きさが2, 3mmの球形や回転楕円体（俵型）のものから、5mmを超える円錐形（コーン状）や不定形塊状のものまで様々である。季節風に運ばれて日本海を渡ってくる冷たく乾燥した空気は、暖かい日本海上で多くの水蒸気を含むとともに暖められる。暖められて軽くなった海面付近の空気は、上層の冷たく重い空気との密度差によって不安定層を形成する。その結果、対流をおこし、雲を生じる。この形成された雲の雲頂部付近のよく冷やされた部分に、小さな氷の粒（氷晶）が生じ、雲の中を落下する間に雲粒が供給する豊富な水蒸気を取り込んで雪粒子が成長して落下してくることになる。しかし、上空の寒気が強い場合、下層と上層の空気の密度差が大きくなるので、激しい上昇気流が生じて積乱雲が形成されることがある。積乱雲の内部では、激しい空気の動きに伴い雲粒の動きも激しくなるため、成長しながら重力によって落下する雪粒子は、雲粒（過冷却水滴）に衝突して氷粒の凍着を受けながら加速度的にその重量と落下速度を増して地上に落ちてくる。これがあられの形成されるおおまかな過程である。したがって、地上で観察されるあられは、小さな氷粒が集合した、氷粒の間に空隙をもつ不透明で白色の粒子が多い。地上の気温が高い場合は、雹（ひょう）のようにほとんど氷の塊が落ちてくることもある。

あられが降る場合、大気は、下層では温度が高く密度が小さく、上層では温度が低く密度が大きという不安定な状態になっている。このため対流によって強い上昇気流が生じ、積乱雲が形成されやすくなるのであるが、このとき、一般に雲頂と雲底の間には電荷の分離が認められ、大きな電位差が生じている<sup>4)</sup>。この電荷分離の機構は多くの説が出されているが、必ずしも明確になっている訳ではない。しかし、かなりの速度で落下するあられ粒子は、電荷分

離や電気の運搬に大きな役割を果たしているとされる。北陸地方で比較的大きなあられが降る時、多くの場合に雷が観察されるのはこのためである。

北陸地方に降る雪の特徴としては、もう一つ、大きな雪片が降ることである（写真3 b）。あられの場合は、その実態は小さな氷粒の集まりであったが、雪片の場合は雪結晶の集合したものになっている。写真4は、雪片として降ってきた雪をほぐして撮った顕微鏡写真を示したものである。気温の比較的高い北陸地方では、雪は $0 \pm 3$  程度の地上気温で降ってくることが多い。そのため屋外における降雪粒子の顕微鏡を用いた撮影には、試料の融解など多くの技術的困難が伴う。ここで示した写真は、採取した雪片を冷凍庫（ $-20$ ）に持ち込み、庫内に設置した小型のデジタル顕微撮影装置（CCD顕微鏡C400、セレナ光学）で得られた画像（25万画素）である。

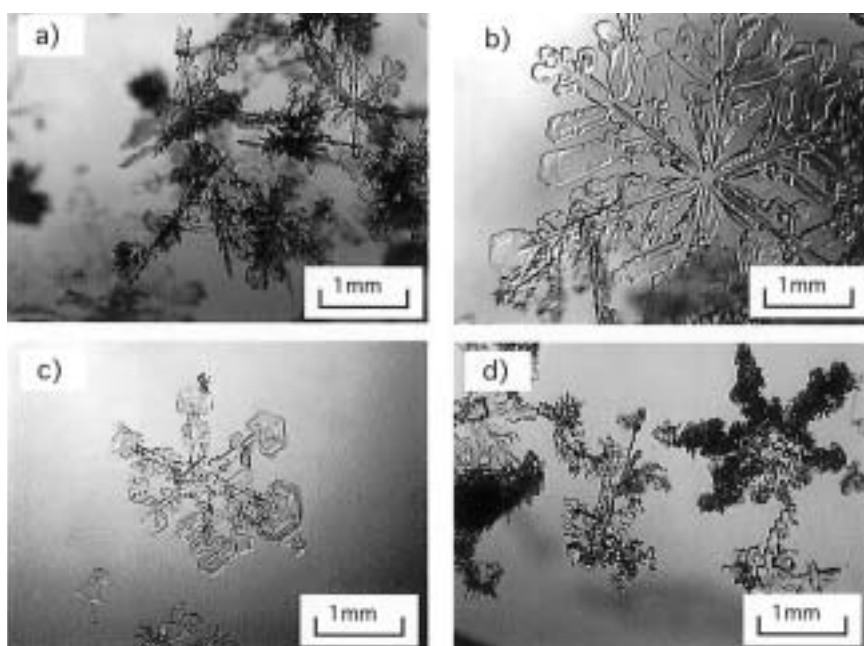


写真4 降雪粒子の写真。a) 雪片，b) 樹枝状結晶，c) 角板付樹枝状結晶，d) 雲粒付樹枝状結晶。a) - c) は2002.2.19に，d) は2002.2.16に撮影した。採取した時の外気温は $0 \pm 2$  を変動していた。

写真4 a) で示すように、雪片は小さく薄っぺらな雪結晶がいくつか絡まった状態で観察される。雪片をほぐすと、写真4 b), c), d) のような2～5 mmの樹枝状結晶を観察することができる。特徴的なことは、雪結晶が $-15$  付近の温度で成長するときに多く認められる樹枝状結晶であることと、それらの雪結晶には小さな氷粒（雲粒）が付着していることである。

降雪粒子としての雪片に樹枝状結晶が多く見られるということは、雪結晶の形と成長環境（温度、水蒸気量）との関係を表した有名な中谷ダイヤグラム<sup>4)</sup>によれば、北陸大学薬学キャンパスで観測された雪片が主に $-15$  付近で成長したことを意味している。一般に、気温は100m高くなるにつれて0.6 低下するといわれているので、この雪片は地上から2000～3000m

の上空の雲のなかで形成されたものと考えられる。写真4c)は樹枝状結晶の先端部が角板状になっている。角板状の結晶は、-10 付近と-20 付近が主な成長条件とされる。このc)の結晶は、順序として-15 付近で樹枝状結晶として落下しながら成長した後、-10 付近でさらに樹枝先端部が角板状に成長したものと考えられる。

写真4d)に象徴的に認められるように、雪片や独立して落ちてくる降雪粒子には小さな氷粒(雲粒)の付着したものが認められる。これは成長して落ちてくる空間に雲粒(過冷却水滴)の密度が高い場所があることを示している。一般に北陸地方の冬期間の空模様は、『どんよりとした雪雲に覆われて』と表現されることが多いように、雲の中の雲粒の密度が高い。雲粒付きの降雪粒子を観察する機会が多いのも、薬学キャンパスで観察される雪の特徴のひとつである。また、このように水蒸気の供給源である雲粒が雪雲の中に多いということは、形成される降雪粒子の空間に分布する密度も大きくなるので、落下する間に雪粒子同志がからみあって大きな雪片を形成することもうなずける。そして、気温の比較的高い地上に降りてきたときには、部分的に融けたりしてその体積当たりの水分が多い『重たく湿った』と形容される北陸地方に特徴的な雪となる。写真1, 2で示した薬学キャンパスの雪被害の写真は、このような重たく湿った降雪粒子によってもたらされる北陸地方の雪の特性の一側面を示したものと言える。

### 3. 北陸大学薬学キャンパスに積もる雪

北陸地方では、雪の降り方(主に大雪の場合)に山雪型(山岳型)と里雪型(平野型)、およびその中間型の分類がなされることがある<sup>1)</sup>。降雪という自然現象は、気圧配置や寒気・暖気の動き、地域の地形、時間帯などの多くの要因で大きく変わる(一様でない)ものではあるが、一般的に北から寒気が張り出してきたときの季節風の強い場合は山間部に多く雪が降り、季節風の弱いときには平野部に多く雪が降ることが、北陸地方では経験的に知られている。後者の場合は、いわゆる『どか雪』といった豪雪になり、平野部の生活に大きな影響をもたらす。

北陸大学薬学キャンパス(金沢市金川町ホ3)は海岸線から南東に10kmほど入った標高150mの丘陵部に位置し、背後に標高1000mの医王山がそびえている。この場所は、平野部から連続した丘陵部の奥まった場所に位置し、いくぶん山間部に入っているため、平野部に比べて降雪や積雪の量は多いが、降雪の分類から言えば里雪型の降り方に大きく影響を受ける場所である。図1は薬学キャンパスで1992年11月から2002年3月の通算10年の冬期間に観察された積雪深を示したものである。観測場所は、体育館と第三薬学棟に挟まれた芝生地(写真1, 標高145m)で、直射日光は当たらない。

データの欠測期間があるが、概ね12月中旬ごろから3月初めごろまで積雪が観測される。例年1月中旬から2月中旬までの期間は平均50cm程度の積雪が形成され、多い年には80cmに達することもある。この日射に晒されない芝生上の積雪深に比べて、日射に晒される隣接する運動グラウンド(写真2)における積雪深は、概ね10cm程度少ない値を示すことが観測されている。したがって、図1に示された積雪深はこの場所の積雪深の上限値を示し、10cm程度低い値が下限値を示すものと考えられる。金沢の平野部にある気象台(標高5.7m)の積雪深は、図1に比べて概ね20~40cm程度低い値を示しているようである。もちろん、雪の降り方や積雪の形成にはその時々々の気象・地形条件等に大きく影響されるので、2001年1月中旬の大雪のよう

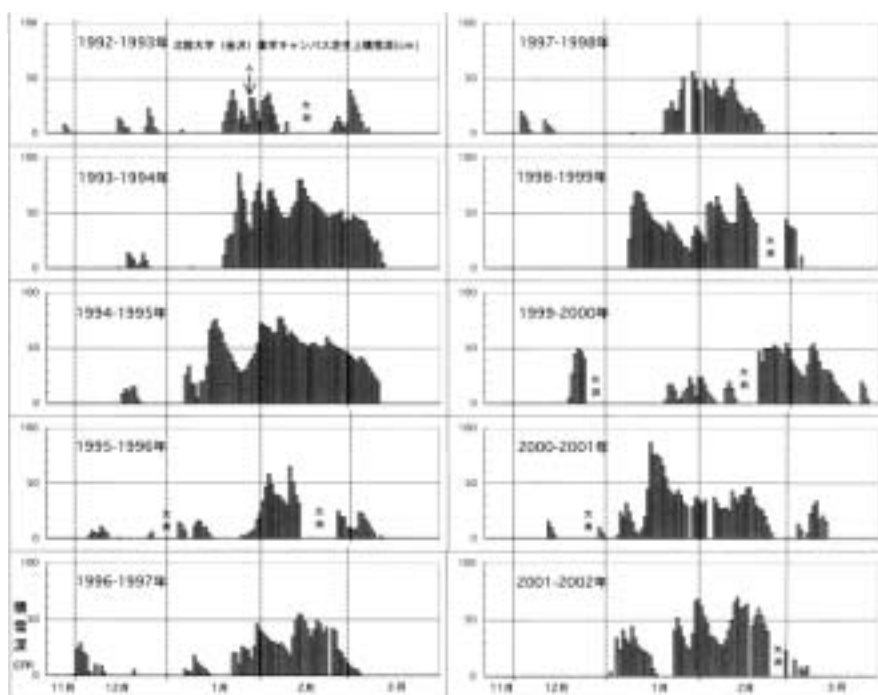


図1 過去10年間（1992年11月～2002年3月）の北陸大学薬学キャンパス（第三薬学棟横の芝生（写真1），図中の矢印は写真の撮影日（1993.1.28））における積雪深の推移。1993 - 94年と1994 - 95年の冬期は積雪が多かったが、概ね少雪傾向が続いている。

に北陸自動車道の通る平野部（駅西地域，津幡）に集中的に積もって甚大な交通障害をもたらした場合でも，薬学キャンパスには意外に積もらなかったこともある（2001年1月，金沢気象台（標高5.7m）：68cm（1/15），88cm（1/16）・小立野（標高82m）：68cm（1/15），90cm（1/16）に対し，薬学キャンパス（標高145m）：87cm（1/15），76cm（1/16）積雪深）。

図2は，上述の2001年1月中旬の金沢に集中的な降雪があった同じ時期の，薬学キャンパスで観測された積雪の状態を詳しく示したものである。この時の大雪は，冷え込みも厳しかったため融雪や排雪が追いつかず，金沢の都市部を中心に甚大な交通障害をもたらした。薬学キャンパスの積雪のピークは15日であったが，金沢の平野部の積雪ピークは16日であった。図の棒グラフは積雪深（cm）を示し，棒グラフの中に10cm間隔で記入された数値はその深さでの積雪の密度（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ）を表し，折れ線グラフは積雪量（kg）を示す。ここで与えた積雪量（kg）は，内径5.4cmの筒状の簡易スノーサンプラーを用いて積雪表面から地面までの雪を採取し，その質量を求めたものである。この積雪量（kg）は，積雪を水換算の量に換算する時に使うことができ，また，積雪の平均密度を知りたいときに用いることができる。図2では，棒グラフの中に観察された層境界を線で示し，雪質を記号（新雪（+++），しまり雪（ ），ざらめ雪（ ））で表している。16日以降の積雪中の新雪（60cm付近）には，北陸地方に特徴的なあられの2～3cmの層が認められた。

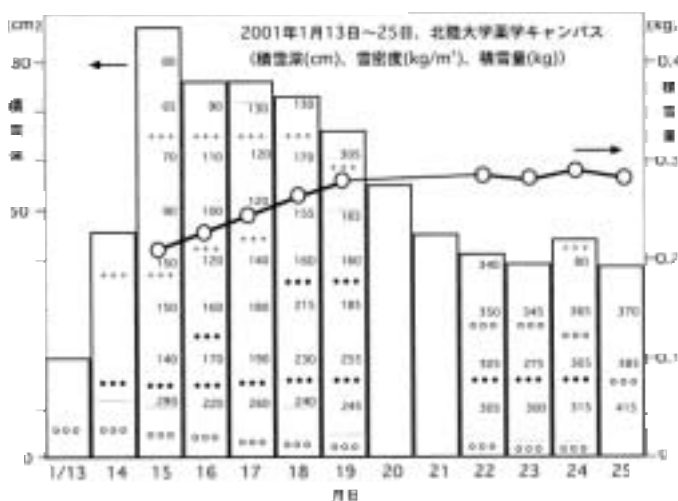


図2 2001年1月13日～25日の期間の北陸大学薬学キャンパスにおける積雪深 (cm)、雪密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、積雪量 (kg) の観測結果。雪密度は、積雪深方向に10cm間隔で採取した雪の値を示した。積雪量 (kg) は、内径5.4cmの簡易スノーサンブラーで積雪表面から地面までの間の雪を採取し、その質量を測ったものである。

ところで、図1のような積雪深をデータとして読むとき注意しなければならないことは、積雪深が必ずしも積雪の正味の量 (水換算量) を示していないということである。たとえば、図2において積雪深が最大 (87cm) の1月15日の積雪量は0.209kgであるが、積雪深が減っていく19日まで (66cm) には積雪量は逆に0.275kgへと徐々に増え、その後ほぼ一定の積雪量を示している。このことは、同図で示されている雪の密度を見ればわかるように、積雪の内部で時間とともに密度の増加が生じているためである。北陸地方の積雪は、気温が融点近傍にあるため、降雪粒子が積もって積雪になった時点から急速にその粒子形を変え、隣接する雪粒子と結びつきあいながら積雪の密度を増加する傾向が強い<sup>5)・7)</sup>。このような変化過程は、上部の積雪の重さを受ける下層の積雪に顕著に認められるが、また、暖気や降雨による影響を受ける表面付近の積雪にも認められる。このように、積雪深の大きさだけで積雪量の大小を論じることは注意が必要である。生活に影響するような積雪の多少を論じる場合には、最大積雪深だけでなく水換算量を用いることが望ましいが、雪の密度が時間とともに際限なく増えるわけではない (観測では $430\text{kg}/\text{m}^3$ 程度が上限) ので、積雪の残存量も積雪量の大小を反映している。ここでは積雪量について、時間軸に対する積雪深の推移 (積雪の残存量) を概観することで議論する。

過去10年間の北陸大学薬学キャンパスの積雪深の推移をみると、1993 - 94年と1994 - 95年の冬期では観測された最大積雪深は80cmを上回り、積雪の残存量も多く、雪の多い年となった。しかし、1999 - 2000年や2001 - 02年の冬期のように1月中ごろになるまで全く積雪が認められず、積雪が形成されても残存量も少ないといった少雪の年が多い。2000 - 01年の冬期は最大積雪深が80cmを上回ったが、11月～3月を通じての積雪の残存量は大きくない。過去10年間の

この積雪深の推移からみると、1993 - 95年冬期に比べて積雪量は少なめになっている傾向が認められる（もちろん、冬の北陸では雪がみぞれや雨になることも多いので、必ずしも積雪量の減少が降水量の減少を意味しているわけではない）。地球温暖化の傾向<sup>8)</sup>（地球の平均気温が過去100年間に0.5 程度上昇している。大気中の温室効果ガスである二酸化炭素の濃度増加との因果関係とあわせて今後の急激な上昇傾向が懸念されている。）との関連が注目される。

#### 4. まとめ

北陸大学薬学キャンパスに降る雪と積もった雪の観測結果をもとに、北陸大学の位置する地域にもたらされる雪の特質について概観した。北陸地方に特徴的なあられや『重くて湿った』雪が、顕微鏡写真で確認できた。また、過去10年間の薬学キャンパスにおける積雪深の推移を示した。この地域での少雪傾向の実態が伺えた。

#### 謝 辞

小林正北陸大学前教授（現大分大学教授）には、著者の出張不在であった1997年2月17日から27日の期間の積雪深観測をしていただきました。記して感謝します。また、第三薬学棟（2003年取り壊しの予定）を上述の積雪観測およびその関連研究のために使用する機会が得られましたことに感謝します。

#### 参考文献

- 1) 基礎雪水学講座 『降雪現象と積雪現象』, 前野紀一・福田正己編, 古今書院 (1995)
- 2) 竹井巖 『雪のはなし』石川県白山自然保護センター普及誌「はくさん」第24巻第4号, p.2-5 (1997).
- 3) 『雪と氷のはなし』, 木下誠一編著, 技報堂出版 (1988)
- 4) NHKブックス94 『雲と雷の科学』, 孫野長治, 日本放送協会 (1969)
- 5) 竹井巖 『平行線路電極を用いた積雪の誘電測定』「雪氷」, 58巻1号, pp.39-42 (1996).
- 6) 竹井巖, 西村寛, 前野紀一 『誘電的性質から見た金沢の積雪の地域特性』北陸大学紀要, 第20号, pp.59-68 (1996).
- 7) 竹井巖, 前野紀一 『平行線路電極を用いた表面付近の積雪の誘電観測』北陸大学紀要, 第22号, pp.31-41 (1998).
- 8) “IPCC SPECIAL REPORT. Aviation and the global atmosphere (Summary for Policymakers)” INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), (2001).