

雪結晶の散乱光照明による顕微鏡写真撮影法

The method of taking a photomicrograph of a snow crystal by the scattering light

油川英明 (NPO 法人 雪氷ネットワーク)

Hideaki Aburakawa

1. はじめに

雪結晶の顕微鏡写真は、降雪及び積雪に関わる調査・研究の資料として、また、積雪寒冷地域における学校教育や生涯教育の科学教材として用いられ、さらに、その繊細華麗な画像は各種の造形素材として使われるなど、広く利活用がなされている。

ところで、雪結晶の顕微鏡写真撮影の方法はこれまで種々考案されてきているが、それらは主に顕微鏡の照明法についてなされてきている。以下に各種の照明方法と、それにより得られる雪結晶の写真の特徴について列記すると、1) 通常照明¹⁾は結晶形態の平面的な一般的画像、2) 斜光照明²⁾は結晶の凹凸文様や輪郭の強調、3) 落射照明³⁾は結晶の裏・表などの表面形態の判別、4) 暗視野照明⁴⁾や二色照明⁵⁾は結晶の本体と背景の分離撮影、そして、今回報告する 5) 散乱光照明は、前述の分離撮影に加え、結晶の文様や輪郭などに陰影が施された撮像を得ることができる。

今回の散乱光照明の方法は、光源に対していわゆる無影灯の原理を適用することにより、顕微鏡の光路途中に挿入された色フィルターが光の遮蔽物として載物台上の撮影試料、つまり雪結晶に対して影をつくらぬようにし、結晶を偏りなく照明して撮影するものである。このような照明法により、雪結晶は白く、結晶の凹凸文様や輪郭には適度な陰影が生じ、そして、結晶の背景はフィルターの色に写し出され、結果としてカラーの背景に浮き上がった立体的な雪の結晶像が撮影される。

2. 写真撮影の方法

雪結晶の散乱光照明による撮影の原理を図 1 に、また、図 2 には撮影装置の概観を示す。この撮影法の要点は、光源のランプを乱反射用の円筒の一端に組み込み、他端に円筒よりも径の小さな色フィルターを取り付けて顕微鏡の載物台にある雪結晶の照明を行うことである。このような照明により、円筒から射出された光は、その一部が色フィルターを通過し、また、フィルターの外側を通った光は顕微鏡の試料である雪結晶を光

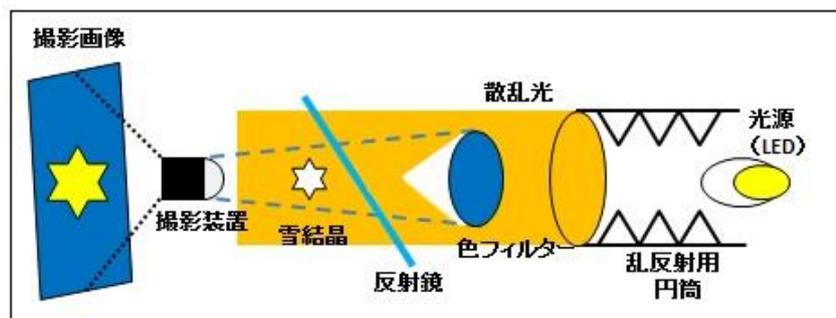


図 1 乱反射円筒式の散乱光照明による撮影法。実際には顕微鏡の構造により、雪結晶、撮影装置、撮影画像は垂直上方に位置し、光源からの光は顕微鏡の照明用反射鏡により垂直上方に向かっている。

源色の光で照射することになる。このとき、円筒から射出された光はその内壁で乱反射を繰り返していることから、それが光軸の異なる無数の点光源集合体としての散乱光となり、フィルターの外側周辺を通った光はこの散乱効果によりフィルターの内側に深く入り込む、つまり見かけの回折角が大きくなることから、光路先にはその影ができないことになるのである。このような光は磨り硝子などによる一般的な散乱光とは異なり、いわゆる無影灯 (Astral Lamp) の光と同じもので、照明の必要箇所 (今の場合は顕微鏡の雪結晶が置かれた場所) に対して光路途中に挿入された遮蔽物 (今の場合は色フィルター) の影が生じないようにすることができ、遮蔽物の存在に関わりなく、被写体である雪結晶に対して光源からの光が偏りなく照射されることになる。



図 2 装置全体の概観。一般的な生物顕微鏡の接眼部にバリアングル液晶モニター付きのデジタルカメラを搭載。

つまり、図 1 のように色フィルターの内側に回り込んだ照射光は顕微鏡の雪結晶を全方位的に照らすことになり、結晶の凹凸文様や輪郭などが反射・屈折により白く輝き、また、雪結晶に対して垂直に入射した光は結晶の形状に応じた陰影線を写し出すわけである。その結果、撮影画像はフィルターの色を背景として、雪結晶は白く、そして適度な陰影線により結晶は立体的かつ際立ったものに写る。従来の著者の撮影方法⁶⁾は雪結晶に対して斜め方向の照明光が主であったことから、多くの場合、上述のような陰影線を得ることが難しかったわけである。

なお、今回の照明法で用いられた円筒は、長さが 30cm、径が 10cm ほどで、その内壁には細かな凹凸を施した調理用のアルミ箔が貼り付けられたものである。また、色フィルターは青色のセロハン紙を数枚重ねて円形に切り出したものを用い、その径の大きさは、顕微鏡の対物レンズの特性にもよるが、今回は 3.5cm ほどとした。そして、光源として LED ランプを用いているが、これは発熱も少なく顕微鏡の照明として有用である一方、撮像の彩色によっては、その波長領域を考慮して選択することも必要である。

3. 写真撮影の結果

(1) 板状結晶の撮影例

板状の雪結晶について、今回の散乱光照明により撮影された顕微鏡写真を図 3 の左側に示す。図 3 の左側上に示された写真は少し雲粒が付着した角板付六花で、雲粒や枝の凹凸が陰影像となって立体的に写っている。また、六花の各々の中央部には枝の成長方向に虹色状の二本の線分が見られるが、これは比較的肉厚の結晶において、今回の撮影法のような一光源二色照明による撮影⁷⁾によって得られる特有の映像である。無色透明な雪結晶においてこのような彩色現象が見られるのは、結晶の特別な構造部

分に入射した光の干渉現象によるものではないかと推察される。

図 3 左側下の板状結晶は、その中心部にある六角形状の文様が照明光の反射と陰影によって明瞭に写し出されている。また、角板や各枝の輪郭も比較的鮮明で、映像が際立つような印象を与えてくれる。ところで、この結晶は枝付角板と呼ばれているものであるが、各々の枝と中央の角板とは明らかに個別のもので、これは六花の上に角板が重なっている二重構造の結晶であると見なすことができる。なお、図 3 左側上の結晶にも中央に小さな六角板が見られるが、これも同様の二重構造である。

このような二重構造の雪結晶は天然では一般的であり、角板と樹枝状六花という形態の異なるものが同じ大気環境のもとで同時的に成長したものと見なされるわけであるが、これは、雪の成長条件を示した中谷ダイヤグラム⁸⁾においては極めて想定し難いことである。このような事例および後述のことなどから、人工雪の従来の実験結果

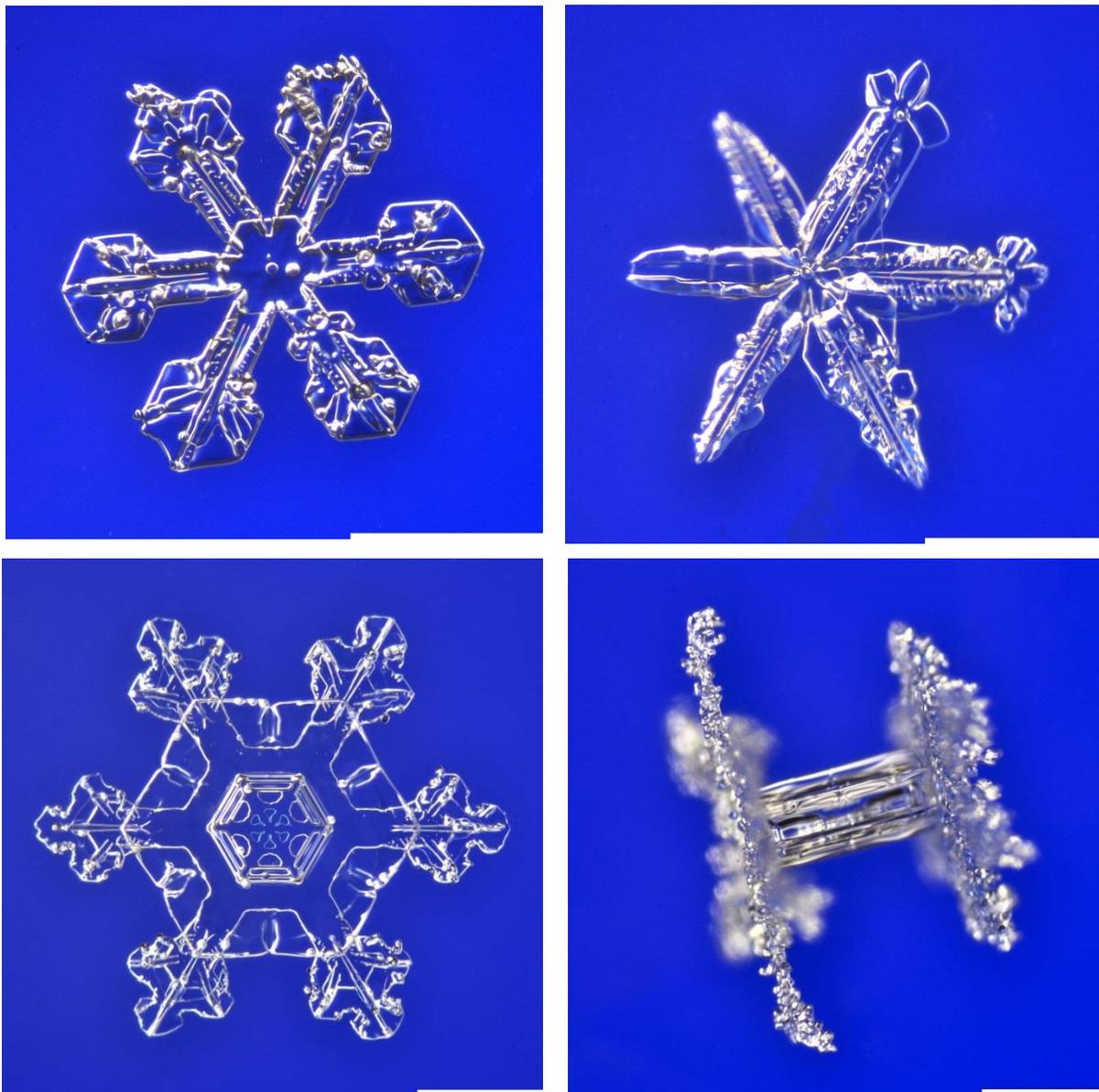


図 3 散乱光照明により撮影された雪結晶。左側上は角板付六花、左側下は枝付角板の結晶、右側上は星状六花、右側下はつづみ型の結晶。各写真右下の白線は 0.5mm の長さを表す。

を基に天然の雪を解釈するというのではなく、自然界の現象に則った新たな雪の成長条件を見出す必要があるものと考えられる。

(2) つづみ型結晶等の撮影例

図3 右側上は星状六花の結晶で、各枝の表面文様が白い輝きと適度な陰影線によって示され、その構造が立体的に写し出されている。そして、枝の中央部には、図3 左側上の結晶と同様に虹色状の線分が確認できる。なお、この結晶の左水平に伸びている一枝だけは文様の形態がなく、その縁が少し厚く盛り上がっているように見られる。また、その上側の枝は、焦点の合致の具合から、他の五枝よりも奥に位置しており、結晶全体が同一平面において成長しているようには見られない。加えて、右側の二枝の先端だけが特異な形状に成長しており、これらは前述と同様、中谷ダイヤグラムでは理解が困難なことである。

図3 右側下の結晶は雲粒付つづみ型であるが、中央部の角柱は、その稜線などが適度な陰影となって形状が比較的細かく把握できるように写っている。つまり、この角柱部分は形が単純な六角柱ということではなく、陰影線の様子から少し複雑な形態であるように見受けられるわけで、従来の人工雪¹⁾では触れられていない形態である。

ところで、この雲粒付つづみ型結晶の角柱部分にはほとんど凍結雲粒が見られないわけであるが、雪雲内において長さにして1mm程度の角柱の区間にだけ雲粒が存在しなかったとは想定し難く、何らかの理由により、例えば雲粒と角柱の帯電現象により角柱部分への雲粒の付着が避けられた等々のことが推察されるわけである。

4. おわりに

雪結晶の顕微鏡写真撮影において、その照明法に無影灯の原理を適用することにより雪結晶の凹凸文様や稜線、輪郭などに適度な陰影線を得ることができ、そして、フィルターの色を背景として雪結晶を白く写し出すことによって比較的立体感のある結晶の撮像を得ることができた。

雪結晶を上記の方法により写真撮影する際の留意点は、その目的にもよるが、一般的には先ず被写体である雪結晶の形状が整っていることである。特に、結晶の厚みと大きさが撮影写真の良否を決定することになる。そして、観察・設営の場所が適切に選定されることである。なお、今回の撮影は大雪山・旭岳において行われた。

【参考・引用文献】

- 1) 中谷宇吉郎, 1949: 雪の研究, 岩波書店, 161pp.
- 2) Libbrecht, K. and Rasmussen, P., 2003: SNOW FLAKE, Voyager Press Inc., USA, 112pp.
- 3) 油川英明, 1992: 雪結晶の「裏」と「表」について, 雪氷, **54**, 123-130.
- 4) 油川英明, 2005: 雪結晶の環状透過照明による顕微鏡写真撮影法, 北海道教育大学紀要(自然科学編), **56**(1), 1-7.
- 5) 樋口敬二, 1962: 雪の結晶の観察と記録, 気象研究ノート, **13**, 45-58.
- 6) 油川英明, 2016: 雪結晶の写真はどのように撮影しますか? 雪と氷の疑問 60, 成山堂書店, 24-27.
- 7) 吉田六郎, 2001: 雪の結晶, 平凡社, 24pp.
- 8) Nakaya, U., 1954: Snow Crystals – Natural and Artificial – Harvard Univ. Press, Cambridge, 510pp.