

雪結晶のカラー及び暗視野の顕微鏡写真

油 川 英 明*

1. はじめに

雪結晶の顕微鏡写真は、Nakaya (1954) によりはじめて系統的な撮影が行われ、貴重な資料として、あるいは自然現象の精緻な具象例として広く知られている。それらは、斜光の透過照明により雪結晶の外形や文様が少し浮き上がるように撮影されたモノクロの顕微鏡写真である。また同著には、特別な反射照明型顕微鏡を用いて、雪結晶が暗視野のなかで白く輝き、印象深く撮影された写真も示されている。しかし、これはかえって結晶内部の細かい構造が見られなくなるとして、以後は取り上げられていない。Nakaya (1954) がこのような暗視野写真撮影を試みたのは、雪の研究を触発された Bentley (1931) の写真集に倣ったものようであるが、その写真集に掲載されているものは、透過光により撮影された顕微鏡写真を人為的な操作により暗視野写真に作り変えたものである (LaChapelle, 1969)。

一方、雪結晶の顕微鏡カラー写真は、吉田の照明法によるものがあり、青色の背景に雪結晶が白く浮き上がった華麗な写真が撮影されている。しかしその原理は、樋口 (1962) により示された図では、かなり斜めの白色光を雪結晶に当てているようである。

小林 (1969) は、上述の吉田の原理を応用して二色光源法を開発し、青地に白く輝いた雪結晶の写真を撮影している。この方法は装置が簡便で実行に移し易いが、雪結晶への照射が一方向から比較的大きな傾斜でなされているため、結晶全体が均等に輝くような映像にはなっていない。

また、暗視野による雪結晶の顕微鏡写真撮影は油川・尾関 (2002) による方法がみられる。この撮影法

は前述の Nakaya (1954) の方法に比して簡単なものであるが、撮影された雪結晶が平面的に写し出される傾向があり、二次元的な画像解析の資料として有意ではあるものの (油川ほか, 2003), 雪結晶の立体感が余り表現され得ないという難点がある。

このようなことから、今回は青色などのカラーの背景あるいは暗視野に対して、雪結晶が適度な立体感を示しつつ、その全体が均等に白く輝くような顕微鏡写真の撮影を試みた。その方法と撮影結果について以下に報告する。

2. 撮影の方法

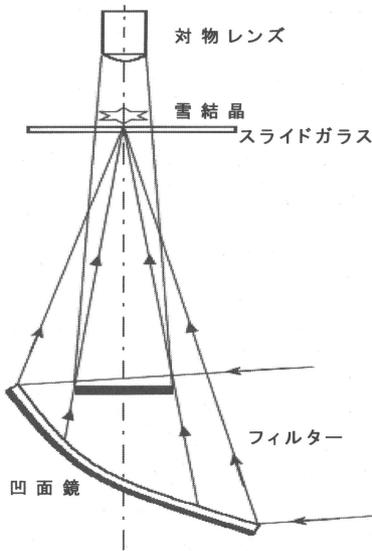
今回の撮影方法は、凹面鏡を照明用の器具として使用した一般の顕微鏡に、自作のフィルター等を用いるだけの簡単なものである。すなわち、第1図に示したように、顕微鏡の光源から発した白色光は照明用の凹面鏡により反射されて試料を照射するわけであるが、このとき顕微鏡により観察される範囲は対物レンズの開口角によって決められる。今回の場合、使用した対物レンズは開口角が5.7度ほどであることから、レンズの光軸に対してこの角度以内の光線だけが顕微鏡に入射することになる。第1図において、対物レンズの両端から下方に引かれた直線は、このレンズに対して光線の入射が可能な領域を模式的に示したものである。つまり、凹面鏡からの光は、顕微鏡の載物台に試料が無ければ、この領域 (角度) の部分だけが対物レンズに対して直接的に入射するわけである。そして、この領域だけをフィルターで覆えば、顕微鏡の視野にはそのフィルターによる光線のみが入射し、また、フィルターの代わりに光線を遮断する円板を挿入すれば、対物レンズには光が入射せず、顕微鏡は暗視野の状態になる。このフィルター等を挿入する位置は照明用の凹面鏡の中心部分で、第1図に示した通りである。

このようにして中心部がフィルターで覆われた凹面

* 北海道教育大学岩見沢校。

—2005年1月19日受領—

—2005年3月14日受理—

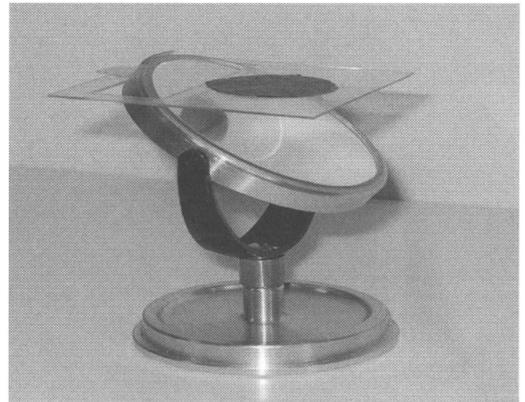


第1図 顕微鏡の視野にフィルターを挿入した雪結晶の照明法。

鏡は、第1図の矢印で模式的に示した光線のように、フィルターの外側から円環状の白色光を発生し、載物台の試料（雪結晶）を照射することになる。この照射光はフィルターの縁によって回折や散乱がなされるが、基本的には円環状であることから、試料は全方向から一様に照明がなされることになる。そして、その照射光は試料によって反射・屈折の作用を受けて進路が変えられ、対物レンズの光軸方向に向かう光が生じる。そのなかで、対物レンズの開口径以内のものが顕微鏡の視野に入り、白色光による雪結晶の像を形成する。このとき、結晶の背景はフィルターの色、あるいは光を遮断する円板が挿入されていれば暗視野の状態になっている。

第2図は、フィルター、あるいは光を遮断する円板を凹面鏡に取り付ける方法の一例を示したものである。すなわち、フィルター等は透明なアクリル板（図では50 mm×55 mm、厚さ1 mm）に貼り付けられ、そのアクリル板の一方には溝が切り込まれている。この溝によって、フィルター等が凹面鏡の中心に位置し、かつ水平に保たれるように、アクリル板を凹面鏡の上端にはめ込むわけである。第2図の場合は凹面鏡の径が50 mmで、フィルター等の径は20 mmほどになっている。このようにして、顕微鏡の視野全体がフィルター等によりきっちりと覆われることになる。

青色フィルターは市販の色セロハン紙を、また、光



第2図 凹面鏡に取り付けられたフィルター。

を遮断する板は黒い厚紙を、各々円板状に裁断して作られる。それらを個別のアクリル板に貼り付け、その板を適宜交換してカラーと暗視野の写真撮影を行うわけである。

3. 雪結晶の撮影例

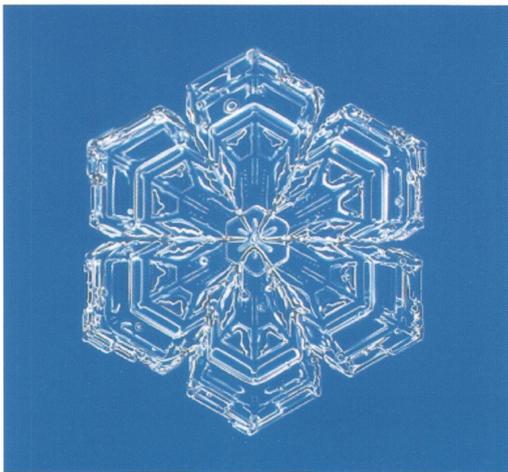
本照明法により撮影された顕微鏡写真を以下に示す。第3図は背景を青色としたカラーの雪結晶顕微鏡写真で、各々の結晶の分類名称（Nakaya, 1954）と最大径は、a）が星状結晶で2.0 mm、b）が扇形結晶で1.5 mmとなっている。第4図は暗視野の顕微鏡写真で、上記と同様に、a）が樹枝状結晶で2.6 mm、b）が中央に角板を配した樹枝状結晶で2.0 mmとなっている。いずれの映像も、雪結晶に対する照明が全体的にほぼ平均しているように見受けられる。また、各々の映像の結晶内部には影や中間的な色合いが見られ、適度な立体感が得られている。今回の撮影方法においては、雪結晶に厚みがあるほど、また、その表面の文様（油川, 1992）が変化に富んでいるほど、結晶が白く写し出されるという傾向が見られる。

ところで、吉田（神田, 1999）や小林（1983）の写真は、その照明原理の必然として、雪結晶の輝きに一定の偏りがあらわれる。これは相応の美観や趣が感じられるところであるが、このままでは暗視野照明の撮影が困難であり、また、観察の資料としては、明るさが余り偏っていないものの方がその形態をより確実に把握できるようなのである。

なお、第3、4図の写真は、一般的なコンパクトデジタルカメラを本顕微鏡に取り付け、それにより撮影されたものである。



a)

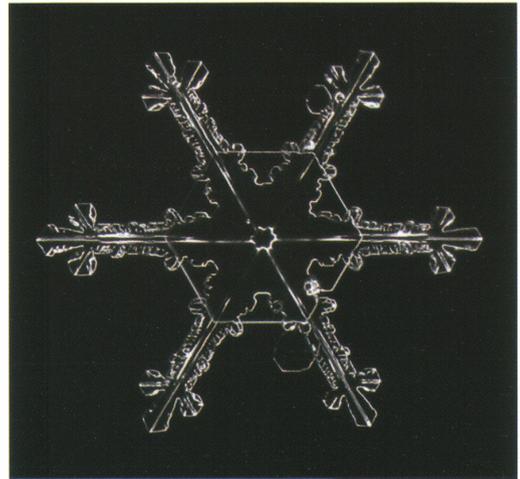


b)

第3図 雪結晶のカラー顕微鏡写真. a) 星状結晶 (2.0 mm), b) 扇形結晶 (1.5 mm). 大きさはすべて最大径である (以下同様).



a)



b)

第4図 雪結晶の暗視野による顕微鏡写真. a) 樹枝状結晶 (2.6 mm), b) 樹枝状結晶 (2.0 mm).

参 考 文 献

油川英明, 1992: 雪結晶の「裏」と「表」について, 雪氷, 54, 123-130
 油川英明, 尾関俊浩, 2002: 二光源による雪結晶の暗視野顕微鏡写真撮影法, 雪氷, 64, 541-547
 油川英明, 尾関俊浩, 丸藤貴弘, 2003: 雪結晶の対称性について, 北海道教育大学紀要(自然科学編), 52, (2), 17-26
 Bentley, W. A. and W. J. Humphreys, 1931: Snow Crystals, McGrawHill Book Co., New York, 226 pp.
 樋口敬二, 1962: 雪の結晶の観察と記録, 気象研究ノ-

ト, (13), 45-58

神田健三, 1999: 天から送られた手紙 [写真集・雪の結晶], 中谷宇吉郎 雪の科学館, 47 pp.
 小林禎作, 1969: 雪の結晶の二色光源による顕微鏡写真撮影法, 低温科学, 物理篇, 27, 395-397
 小林禎作, 1983: 冬のエフェメラル, 北大図書刊行会, 39 pp.
 Lachapelle, E., R., 1969: Field Guide to Snow Crystals, International Glaciological Soc. 101pp.
 Nakaya, U., 1954: Snow Crystals-natural and artificial-, Harvard Univ. Press, 510pp.

Photomicrographs of Snow Crystals against a Color or a Black Background

Hideaki ABURAKAWA*

* *Iwamizawa Campus, Hokkaido University of Education, 2-34-1 Midorigaoka, Iwamizawa, Hokkaido, 068-8642, Japan*

(Received 19 January 2005 ; Accepted 14 March 2005)

新刊図書案内

表 題	編 著 者	出 版 者	出版年月	定 価	ISBN	備 考
気象と大気のレーダー リモートセンシング	深尾昌一郎 浜津享助	京都大学学術 出版会	2005.03	¥6,100	4-87698-653-3	
気象予報士試験 問題と正解 平成16年度第2回	気象業務支援セ ンター	気象業務支援 センター	2005.03	¥1,600		気象業務支援センター TEL : 03-5281-0440 FAX : 03-5281-0445 URL : www.jmbsec.or. jp
高層気象と FAX 図の 知識	福地 章	成山堂書店	2005.03	¥2,200	4-425-51049-6	2001年刊に次ぐ9訂版
数値予報課報告・別冊 51号 全球モデル開発プロ ジェクト (II)	気象庁予報部	気象業務支援 センター	2005.03	¥1,420		気象業務支援センター TEL : 03-5281-0440 FAX : 03-5281-0445 URL : www.jmbsec.or. jp
日本の大気汚染状況 平成16年版	環境省環境管理 局	ぎょうせい	2005.03	¥9,000	4-324-07614-6	CD-ROM 付き
量的予報研修テキスト 平成16年度	気象庁予報部	気象業務支援 センター	2005.03	¥1,200		気象業務支援センター TEL : 03-5281-0440 FAX : 03-5281-0445 URL : www.jmbsec.or. jp
月刊海洋418号 海の天気予報 実現を目指して	海洋出版	海洋出版	2005.04	¥2,100		海洋出版株式会社 TEL : 042-594-2654 FAX : 042-594-2924
ジュニア版 NHK ス ペシャル地球大進化2 全球凍結	NHK「地球大 進化」プロジェ クト	学研	2005.04	¥3,000	4-05-202265-3	
地球化学講座 6 大気・水圏の地球化学	日本地球化学会	培風館	2005.04	¥4,200	4-563-04906-9	
南極ってどんなと ころ？	国立極地研究所 柴田鉄治 中山由美	朝日新聞社	2005.04	¥1,200	4-02-259873-5	

注：表中で定価はすべて本体価格です（特記したものを除く）。