

降雪

名古屋市内でも8日の朝、積雪が見られました（アイキャッチ画像）。ご存じのように、冬はシベリア高気圧がユーラシア大陸北東部で発達し、北太平洋には大きな低気圧が停滞し、「西高東低の気圧配置」となります。シベリア高気圧が発達する原因は、ユーラシア大陸の地表面の冷却によってできた寒気団が大陸上に滞留し、南下した寒気団もチベット高原やヒマラヤ山脈などにせき止められることなどがあります。さらに、冬季には上空を流れる亜熱帯ジェット気流と寒帯前線ジェット気流が合流する偏西風波動が関係して（会報 no.22 参照）。そのため、日本付近は北よりの強い季節風が吹きます。約 1500m (850hPa) の高度で -6°C 以下だと太平洋側でも雪が降ると推測します（図2）。冬型の気圧配置は大きく分けると、2つのタイプがあります。その一つが日本付近で等圧線が南北に並んだタイプで、山雪型といいます。日本海北部に小さな低気圧があったり、気圧の谷が接近するなどして、日本海の等圧線が袋状に湾曲するような時は日本海側の平野部で大雪になりやすくなり、里雪型といいます。図1は2月8日の天気図ですが、里雪型かなと思います。



図1 2025年2月8日の地上天気図 (URL1)

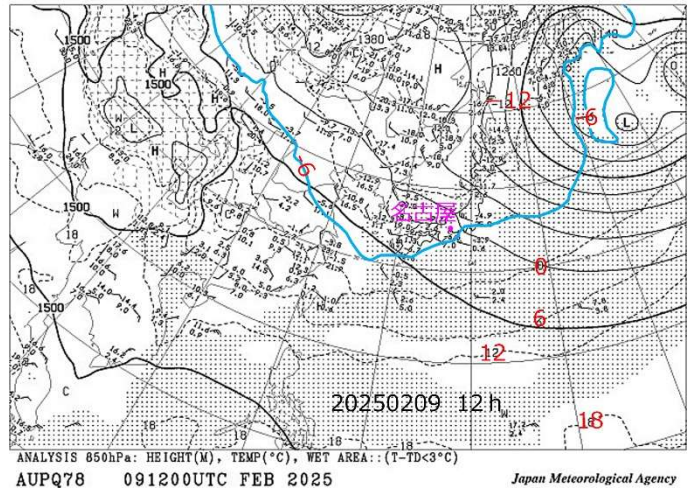


図2 高層天気図 850hPa 2月9日(URL2) 青線が -6°C

(1) 雪とは

雪は空気中の水蒸気が冷えてできる小さな氷の粒（氷晶）が大きくなってできます。氷晶が周囲の水蒸気を吸収（凝華）して成長します（会報 no.19 参照）。大きくなった氷晶は落下しますが、落下中に周りの雲のつぶ（水滴）とぶつかってくっつき合い、回転しながらさらに成長します。地面付近の気温が低く、湿度が低いと雪として降り、暖かいときは雨となります。

もう少し細かな説明をします。水の分子 (H_2O) は、1個の酸素原子と2個の水素原子が結合角 104.5° の構造になっています（図3）。氷晶は、水の分子同士が水素結合することでできます。水素結合は水素原子 (H) が仲立ちとなって、隣接する分子同士が引き合う結合のことです（図3）。氷晶のまわりにある水蒸気が

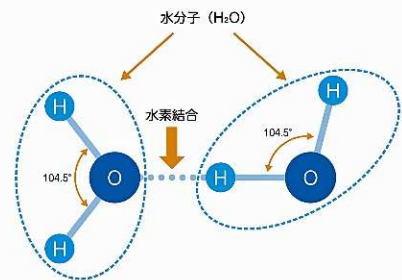


図3 水素結合 (URL3)

凝華（以前は昇華と呼んでいました）してさらにくっつく（水素結合する）と、酸素原子（O）にくっついた3個の水素原子同士がバランスを保ち、結合角が120°で結合して六角形の構造になるのです。この六角形の氷晶の芽が成長すると、いろいろな形状の雪の結晶になります。実際には樹の枝のような結晶もあれば、針のように細長いものもあります。その原因は、温度によって成長する結晶面が異なり、湿度（水蒸気）が形の複雑さを左右するからです。

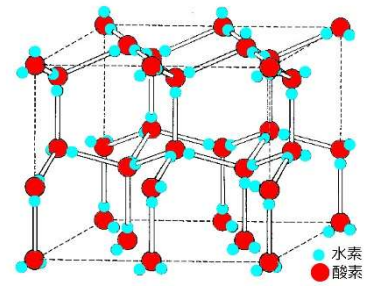
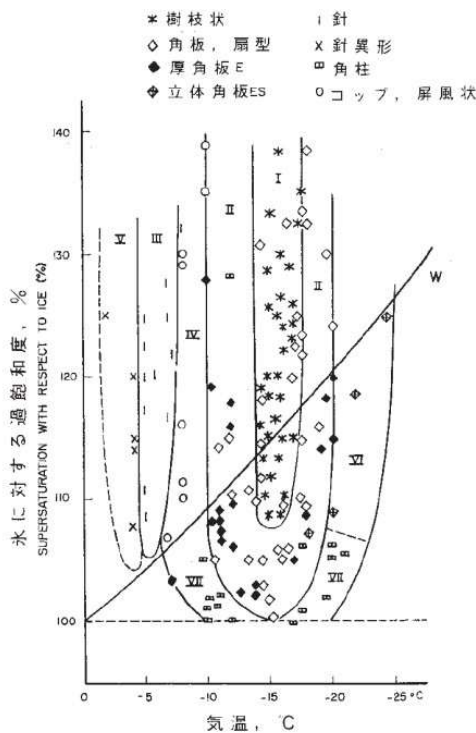
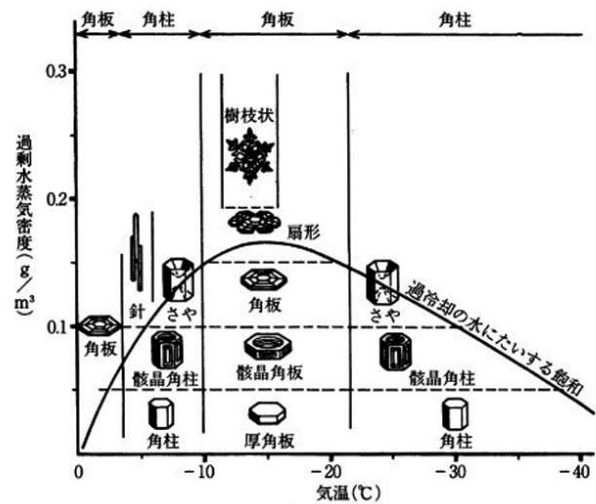


図4 氷の結晶 (URL4 に加筆)

たとえば六角形の面に対して垂直方向に成長すると角柱状に、六角形の面に対して水平方向に成長すると角板状になります。この複雑な形は古くから人々を魅了しました。「雪の形」の科学的な考察は1611年、ケプラーの法則で知られるヨハネス・ケプラーの書いた本「*On the Six-cornered snowflake*」(Webサイトで見られます)からとられています。この本でケプラーは雪の結晶が共通に六角形であることが興味深いことを説明しその考察をしています。弾性に関するフックの法則や、生体の最小単位を"cell"(細胞)と名付けたことで知られているロバート・フックも、1665年に『顕微鏡図譜』に結晶の顕微鏡観察のスケッチを記載しているそうです。日本人では、「雪の研究」と言えば中谷宇吉郎が有名です。「雪は天からの手紙」という言葉も有名ですね。出身地の加賀市片山津温泉には「中谷宇吉郎雪の科学館」があります(能登半島地震被害のため今年の4月から2年間休館になります)。旧東京帝国大学で寺田寅彦の薫陶を受け、旧北海道帝国大学に赴任して研究を進めました。中谷は、複雑多様な雪の結晶を40種類ほどに分類し、1936年に世界ではじめて人の手による雪(人工雪)をつくり出しました。そして、雪とは「水蒸気が或る種の核に昇華凝固した氷の結晶」であり、雪の結晶が温度と湿度に依存して多様な形に成長すると述べています。それをまとめた図は中谷ダイヤグラム(図5)と呼ばれます。その後、小林貞作に引き継がれ、より詳細な水蒸気量の測定による追試を行い、中谷ダイヤグラムの補填・修正を行いました。



←図5 中谷ダイヤグラム



↑図6 小林ダイヤグラム

(URL5)

(小林1984)

た。そのまとめた図は小林ダイヤグラムと呼ばれます(図6)。中谷ダイヤグラム, 小林ダイヤグラムとも, 水蒸気量(湿度)と温度がどのようなとき, 雪の結晶がどんな形状に成長するかを表しています。過飽和な水蒸気中で成長する雪の結晶の形は, 温度が低下するとともに, 板状(0~4°C), 柱状(-4~-10°C), 板状(-10~-22°C), 柱状(-22°C以下)と繰り返し変化します。

雪が白いのは「乱反射」のためです。細かい雪の粒に当たった光は, 粒の中を折れ曲がったり反射したりしながらさまざまな方向に向かうため, 雪の塊全体では表面で「乱反射」が起きるように見えます。さまざまな色を同じように反射して, 白く見えるのです。

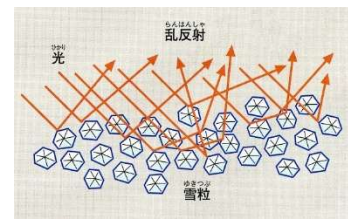


図7 雪の乱反射(片平, 2011)

(2) 日本の豪雪地帯

日本海側は降雪量の多さで世界的にも有名です。その原因はよく知られているように, 大陸からの乾燥した冷たい風が, 対馬暖流と呼ばれる暖かい水の流れる日本海の上空を通ることによって, 水分を吸収し, それが日本列島の脊梁山脈にぶつかるためです(図8)。冬の日本海上にみられるすじ

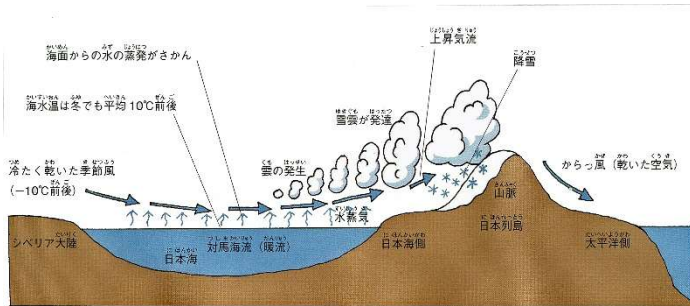


図8 日本海側の降雪の仕組み(片平, 2011)

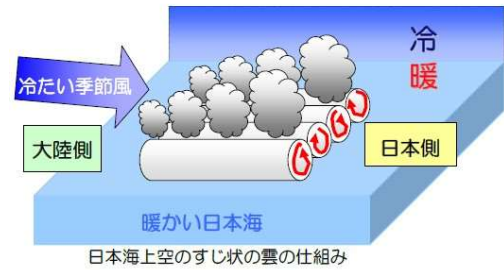


図9 日本海のスジ雲(片平, 2011)



図10 世界の降雪量(中村, 1989)

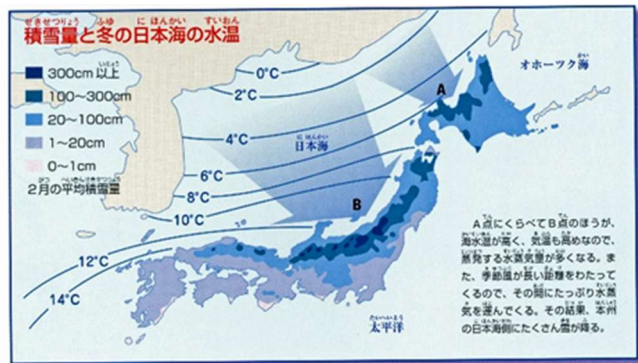


図11 積雪量と日本海の水温(片平, 2011)

雲は, 対流しながらも強い季節風に流されるため, チューブを横に何本も並べたような回転になります(図9)。図10では, 同じ日本海側でも南方に位置する北陸型と呼ばれる地域が最も降雪量が多いことがわかります。その理由が図11に書かれています。より南に位置する北陸型の地域は, 対馬暖流の海水温や気温が高く, 日本海からの蒸発が盛んなためです。同じような理由で, 秋の対馬暖流の流

量が多いときには、日本海側の冬の降水量(多くの場合、雪)が多くなる傾向がみられます。いつごろから日本海に対馬暖流が入ってきたかは、一般的には1万年前～8千年前と考えられていますが、近年、水温の上昇開始時期は、北海道西方沖で1万年前、福井沖で1万4千年前ということがわかりました(OKAZAKI, *et al.*2024)。

(3) 雪華

降る雪を花に見たてて雪華^{せつか}といいます。中国では、古くから雪の結晶が六角形をしていることが知られており、日本でも、平安期には雪の結晶が六角形であることが知られており、六弁の花(六つの花)として表現されてきました。江戸時代、下総^{しもとうき}国古河藩主の土井利位^{としつら}(1789-1848)が、顕微鏡を用いて描いた雪の結晶図集『雪華図説』が天保3(1832)年に出版されています。利位は大坂城代に就任した際、大塩平八郎の乱を鎮圧した功績から京都所司代へ、天保の改革では水野忠邦に協力し、忠邦辞任後は老中首座となった人物です。その後、その「雪華図」が、鈴木牧之が著した『北越雪譜』に引用され、この本によって、江戸で「雪華」模様が流行し、浮世絵や刀の鐔^{つば}、かんざしなどの小物、着物のテキスタイル(織物や繊維製品、布地、糸など)と様々な物に用いられました。

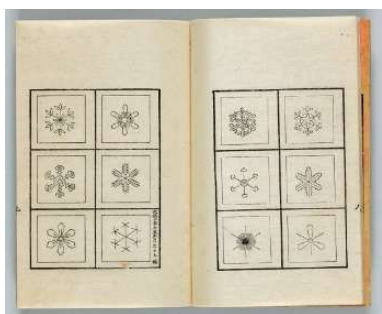


図12 雪華図説(URL6)

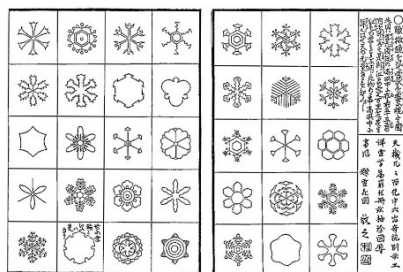


図13 北越雪譜(URL7)

図14 雪華模様の着物 (URL8 溪斎英泉作、古河歴史博物館蔵) →



主な参考引用文献

青森地方気象台, 2011, 「あおもりゆきだより 2011 年第 9 号 今週の話①」

片平 孝, 2011, 雪と氷の大研究. PHP 研究所, 63 p.

小林禎作, 1984, 雪はなぜ六角か (ちくま少年図書館 85). 筑摩書房, 202 p.

中村 勉, 1989, 我国の降積雪と雪氷研究 50 年概史. 地学雑誌, 98-5,141-157.

Okazaki *et al.*, *Progress in Earth and Planetary Science* (2024) 11:62

URL 1 : <https://tenki.jp/guide/chart/>

URL 2 : https://www.jma.go.jp/bosai/numericmap/data/nwpmmap/feas50_12.pdf

URL 3 : https://hitofuri.su-gaku.net/snowflakes_hexagonal#:~:text

URL 4 : <https://learnbiochemistry.wordpress.com/category/ice-lattice/>

URL 5 : https://yukinokagakukan.kagashi-ss.com/wp-content/uploads/2019/04/img_ukichiro02.jpg

URL 6 : <https://ndlsearch.ndl.go.jp/imagebank/theme/sekkazusetsu>

URL7 : https://www.aozora.gr.jp/cards/001930/files/58400_69157.html

URL8 : https://denken-test.jp/culture_industry/1558/