

● 4 雨、雪、曇、光からの贈りもの

- ◆ 雲とは、どうしてできるのだろうか？
- ◆ 雲にどんな種類があるか？
- ◆ 雪の結晶は天からの手紙、
雪の結晶の不思議
- ◆ 雪を作り、霧を消す
人工降雪、消霧。◆ 樹氷、霧◆ 過
冷却雲粒の不思議な振る舞い
- ◆ 暖かい雨、冷たい雨」が降るしくみ
- ◆ 降水のいろいろ
地雨と驟雨、雪霰と氷霰、雹、凍雨。
- ◆
- ◆ 空はなぜ青く、夕焼けはなぜ赤い
- ◆ 虹の不思議
- ◆ ブロックンの妖怪
- ◆ 緑の太陽 ダリーンフラッシュ
- ◆ 蜃気楼 光の屈折、ハロー、太陽柱
- ◆ 日本で見えたスーパーオーロラ
．．．オーロラのしくみ

◆雲とはどうして

できるのだろうか？

空気中の水は、目に見えない気体の水蒸気と、見える水粒子と氷粒子という気体、液体、固体の水の三態（注1）に姿を変えています。雲とは、空に浮んでいる直径が2から20ミクロン程度の微水滴や氷粒子でできています。水粒子は表面張力（注2）で円い水滴となりますが、これを雲粒と呼び、氷の粒子、おもに雪の結晶ですがを総称して氷晶と呼んでいます。

身近なところで雲がどうしてできるか考えてみましょう。沸騰しているヤカンの口からさかんに白い湯気が出ていますが、この白い湯気が雲粒にあたります。ヤカンの口と、その先の白い湯気との間に透明な空気だけが動いているところがありますが、この部分が水蒸気をたくさん含んだ空気が噴出しているところで、周囲の空気に冷やされ目に見える白い湯気、水の粒になったのです。

空気自身が含むことのできる水蒸気量は、温度によって決まっています。沸騰した空気は多くの水蒸気を含んでいますので、冷されると飽和して雲粒（湯気）となるのです（注3）。寒い日に外で息を吐くと息が白く見えることがありますは、これと同じ原理で、吐く息は温度が高く湿っているの、水蒸気が冷やされてごく小さい

雲粒が白く見えるのです。この湯気や白い息がすぐに消えてしまうのは、水滴が蒸発して水蒸気にもどって見えなくなってしまうからです。

空の雲粒は、水蒸気をたっぷり含んだ暖かな空気が上昇して冷されて飽和することができます。

空気が上昇するのは、低気圧の前線付近や積乱雲の中、また山や丘の斜面を気流が上昇するなどが原因でおこります。飽和して、凝結、凝固によって、空に大量の水の粒子や、凍った雪や雹やアラレなどの固体の氷晶が浮んで雲となります。

しかし本当のところは、空気中を自由に浮んでフラフラと動き回っている水蒸気が、極微の雲粒にまとまって成長して一人前の数ミクロン程度の雲粒になるのは大変難しいことです。半径が小さいほど表面張力が大きくなり水蒸気がつきにくく成長し難いのです。そこで芯となる凝結核の役割が必要なのです。

私たちの住んでいる周りには、チリや土ホコリなど芯がたくさんあり、上空でも海の波浪などでシブキが放り出されたできた塩の分の粉や、煙突や自動車の排気ガスのエアロゾルという微粒子や、黄砂、火山灰、土ホコリなどです。太平洋気圧など海洋性気団のなかでは1立方センチに100個くらい、大陸上では500個程度と多く含まれています。これだけたくさんあれば芯は十分です。この雲の芯を「凝結核」とい

います。これだけあれば、空気が飽和すれば雲の粒ができるのです。

地上付近でも芯がたくさんありますので、ヤカンの口でも湯気となり、早朝冷え込んだときなどに濃い霧が発生します。霧も雲も同じで、地面付近で発生した雲が霧で空では雲となります。低温の時にできる上空の氷晶の雲（注4）は、凝結核と同じような氷晶核という芯が必要です。

このように、いろいろな難しいハードルを超えて雲が出来たり消えたりしています。雲粒と雨粒や氷晶との違いは、落下する速さで区別しています。毎秒1メートルくらいが目安で、それより速いと雨や雪となり、遅いと雲粒になります。空に浮んでいるように見える雲も必ず落ちていくのです。ポツリと降ってくるには、また難しいのです

+++++

注1）

水の3態と、雲粒と氷晶

水の3態とは、水↓気化）水蒸気（凝結）水

凝固）↓水 融解）↓水 水蒸気 昇華）↓水

昇華）↓水蒸気

注2）表面張力とは、ハスの葉の上の水滴が丸くなるのと同じ原理で、小さくなろうとする力のことです。雲粒は、表面張力で円い水滴となります。雲の代表的な直径は2から20ミクロン

（ミクロンは千分の1）

注3）それぞれの温度で含むことのできる最大の水蒸気量を「飽和水蒸気量」といいます。

注4）凝結核、氷晶核

◆雲にどんな種類があるか？

雲とは、空に浮かんでいる水滴（雲粒）と水の微結晶氷晶の集まりです。季節、緯度、場所、高さや、気温、水蒸気、上昇気流、風の流れて刻々と姿を変えています。雲の種類は大きく分けて、横に広がる層雲、層状雲と、たての方向に発達する積雲、積乱雲に分けられています。雲の出来る高さで、「上層雲」「中層雲」「下層雲」に分け、雲の種類との組み合わせでどのくにもわかるように国際分類の「T0種の雲形」に分類することになった。

高さ7kmから10kmくらいにできる上層雲は「巻」と字がついていますが、マイナス数十度、数ミクロンサイズの極微の雪の結晶でつくられています。かぎ状や筋状、毛状が特徴の「巻雲」は筋状に伸びています。青い空に最も目立つ繊細な雲なのです。英語で「シーラス」とは、巻き毛を意味しており、上空のジェット気流にともなう長く2km以上ものびる巻雲を「ジェット巻雲」とよんでいます。

「巻層雲」は、薄いベール状の雲で薄い上層雲を通して太陽に丸い円形の虹のようなものが見えて太陽に暈（かさ、うん）とも呼ぶ）がかかり、夜は月の暈（ひかさ、）もある。低気圧が近づくと、中心の前方のゆっくりとした上昇気流でつくられるので、半日さきくらいの悪天の接近を知らせ

る兆しの雲となります。巻積雲」はハチの巣のような小さな粒状の雲が「面に広がり、秋を代表する「うろこ雲」になります。

中層雲」は高さ2-7kmに広がり、多くは水滴の雲となっています。下層と上層の間で、高積雲、高層雲と「高」がつき、層」は水平に広がり、「積」は縦に伸びて団塊状となり、「乱」は雨の性格が強い。高積雲」は、ひつじ雲と呼ばれ、巻積雲と同じように一面にウロコ状の雲となります。レンズ雲は、上空が湿っていて風が強い証拠で、雲が水平にレンズのような形となり悪天の兆しの典型的なものです。

高層雲」は、ちようどすりガラスを通して太陽が見えるような雲の厚さで空「二面」を覆っています。月や太陽がぼやけてみえるので、おぼろ雲とも呼ばれており、悪天の前兆となります。乱層雲」は、言葉のように空をあわただしく動き乱れる、まさに雨雲です。雨の降りかたは積雲などによる降ったり止んだりを繰り返すにわか雨、驟雨性の雨に対して、地雨（むあめ）性という連続した雨となり温暖前線や停滞前線によってふる雨の多くがこの雨です。

下層雲」には横方向に広がる層がつく「層積雲」とたてに発達している「積雲」「積乱雲」にわかれています。層雲は層状に広がる雲で、地面につけば霧となり、細かな雨粒で霧雨が降ります。層積雲はロー状雲の列が横方向にたくさん並んだ雲

で、下層で捉えどころのない雲も多くはこの中に分類しています。積雲」は、青空にぽっかりとかぶワタ雲で代表されますが、積乱雲の一步手前に発達した雄大積雲ともなります。積乱雲」は入道雲のことで、雲の頂の部分が圏界面で押さえられて、ちようど雲が頭を打ったように水平に毛状に広がるとカナトコがたの積乱雲となります。

成層圏を飛んでいるジェット機から下界を見わたすと、地平線まで真っ白な雲海で埋め尽くされて、その上を歩いていけるような錯覚にとらわれてしまいます。そして高空にあるが手の届くところに流れ、入道雲が下界からニョキニョキと湧き上がってきています。目線の違いでまったく別な雲の姿が見えます。

+++++

◆ 雪の結晶は、天からの手紙

雪雲のなかでは、雪の結晶は姿を一瞬一瞬に変えながら白い妖精のごとく降ってきます。雪という天から送られてきた手紙には、結晶の形および模様という言葉で書かれています。その言葉を解き明かせば、空の気温や湿度などの状態がわかることとなります。降る雪を手袋でそっと受けてみますと、幸運なときには小さな結晶を散りばめた6本の腕を伸ばした美しい雪の華の結晶を見ることができ、時には12本や、まれに18本の腕を持っている雪の結晶を見ることができます。

大きく成長した六華の枝状に伸びた雪の結晶は上空の水分の豊富さがわかります。六角形の腕にも紋用が細かく刻み込まれ、ガラスのように薄い六角板の薄い結晶、水晶をそのまま小さくした六角柱の雪の結晶、その六角柱の両端に六角板の結晶が成長したつつみ型、そしてマイナス30℃を超す低温の時にできる極微の針のような結晶や砲弾型の結晶など顕微鏡の円い視野のなかに、さまざまに姿を見ることができます。

なぜ、6本の腕がのびるのだろうか？雪の結晶ができるのは、まず1から数ミリほどの中心の芯（注1）に周りに氷の結晶ができて成長はじめます。さらに空気中の水蒸気を取り込んでどんどん成長します。ジ

ヤングルジムのような水の分子がギッシリつまっている氷の結晶の性質からからは、6つのカドの成長が速く、基本形の六角形の氷板が成長し、カドから木の枝のような氷の腕が伸びて六華の美しい樹枝状となるのです。

雪の結晶の成長とその形は、雪を取りまく温度と氷にたいする過飽和（注2）の程度によって決まります。六角柱から六角板、枝が出て樹枝上の六華に成長するように、刻々とかわる上空の条件が雪の姿を反映してきます。雪は天から送られた手紙である。その手紙の文句は結晶の形、模様という暗号でかかれています」と、降る雪の結晶をみれば、上空の状態を知ることができるという雪博士、中谷宇吉郎の有名な言葉となるのです。

雲の中で雪片や過冷却の雲粒が無数にくっつけて雪だるまのように太って先に落ちてくるのがアラレです。4㍉サイズ大の雪の結晶は、ひらひらと落下するので速度が50cm・秒と遅いが、アラレは雪片がぐるぐる巻きで円くなって落ちてくるので、2㍉サイズでも毎秒8mと速い。北国の冬のはじめは、ミゾレ混じりの初雪が降る。そして雪雲から雪つぶてのようにアラレが落ちて激しく屋根を打つ音が始まり、その後を追って本格的に雪降りとなるのです。本格的な雪が降っては消えまた積もり、いつの間にか根雪の季節となります。雪の魅力は、繊細な造作と、ユキという

言葉の響きが良いことです。30年以上も昔だが筆者が南極昭和基地に越冬したおりに「ユキ」という言葉に大変に厄介になりました。今でこそ赤道上空の通信衛星経由で、日本と南極が国際電話やメールで結ばれていますが、当時は日本とは「下ンツ」と呼ばれるモールズによる電報が唯一の通信手段でした。越冬中の1年余の間は手紙も届かずカタ仮名の電報が日本の家族と南極を結ぶ唯一の糸でした。短いカタ文のなかにいかに多くの言葉を伝えるかが勝負で、日本を出発する前にアメとかユキとか短い言葉の組み合わせで通じるカタカナ暗号表を作った。その中で「ユキ」は最も多く使われた言葉の一つであり、「ユキ」は白い大陸南極と日本を結んだ便りの暗号のひとつでした。

+++++
注1・火山灰のチリや黄砂のような中心の芯。氷晶核とよばれている。

注2 過飽和とは、空気中で、水と氷の表面に対して同じ水蒸気でも、湿度が一〇〇％で飽和していても、氷の表面ではでを超えたもので、マイナス十五で一六％にもなり、水滴から氷に水蒸気がうつり雪の結晶の成長が一番速い。

◆雪の結晶を作る。霧を消す。

神秘的でロマンを思わせる六華や針状、ツツミ、角柱などの雪の結晶を、部屋全体を冷せる低温実験室で、気温と湿度と気流の速さ（風速）など、さまざまな条件をかえてやれば自在に作るができます。雪研究の草分けである、雪博士中谷宇吉郎はいまから50年も前に、低温実験室の中であらゆる雪の結晶をつくりだすに成功して、雪は天から送られてきた手紙」との言葉を残した。当時、雪の結晶をつくるのに最も難しかったのは、結晶の芯を何にするかでした。試行錯誤をしてたどり着いたのは、ウサギの毛の先のごぶでした。結晶を作り温度変え、過飽和の度合いを変えて雪の結晶を自在に作るができるようになったのです。

身近で雪の結晶をアイスボックスで作ることができます。まず底に氷をいれて霜がつくまで中の空気を零度以下にかなり冷さしておきます。そこに暖かい息をフーッと吹き込むと冷えて白い霧のような雲ができます。零度以下に冷された雲、過冷却の微水滴が浮かんでいる白い霧、雲ができるのです。これに雪の結晶となるために必要な雪の芯、氷晶核が必要をいれてやればよいのです。そこでマッチをすって火を消すと、煙の微粒子ができて、それが氷晶核となって雪の核、芯となり、極微の雪の

結晶が成長できるのです。

もう一步、雪の結晶でき方を速めるため、ポリエチレンの空気入りクッションをパチンとひとつづぶすとよい。パチンと破裂した瞬間に空気が急膨張して急冷されてできた核が無数にできて、過飽和のなかで雲粒がたくさんできます。そしてアイスボックスを暗くして一筋の光で照らしながら二、三分のあいだ待つと、キラキラと輝く雪の結晶が光の中に輝きはじめ、白い過冷却の雲が消えながら雪の結晶が急速に大きくなってきます。過冷却の雲を食いつぶしながら雪が見えます。ときには見事な六華の結晶となって底に落下してくるのです。

寒い地方での零度以下に下がった濃霧となつていところでの霧消し作戦にこの原理がつかえます。道路や滑走路などが過冷却の霧で閉ざされているときに、人工的に雪の芯となる核、氷晶核を種まきをして、雪の結晶をつくり、霧を減らして視界をよくする方法です。氷晶核の数は雲粒や霧粒の芯となる凝結核に比べ1万分の1くらいしかなく、絶対数が不足し、ふつうの状態で過冷却の霧、雲粒がそのまま浮んでいます。その不足分を補ってやって自然の力を借りながら、自然の巧みさを利用して無公害の霧消しをする方法となるのです。

一方、もっと大がかりに人工的に雪を降らせる実験が冬の日本海側の地方の上空

でおこなわれています。過冷却の雲のなかこの高度では必ずマイナスの気温なので、に沃化銀という氷晶核を飛行機でまいて、雪の結晶を増やす方法です。雪雲のなかには過冷却水滴が十分に残っている雲があり、そこにタネまきをして雪をたくさん成長させ降らせます。

実は、夏の水不足のときに水源地の上空で人工降雨をして雨を降らせる試みをするがあります。これも同じ原理の利用なのです。夏の雲とはいえ積雲のように高さ方向に発達している雲の中では、地上で気温が30℃でも、5千メートル付近ではマイナスとなつて過冷却な雲となつていのです。このような雲に向かって種まきをするのですが、まだまだ本當にうまくいったケースは少ないのです。自然を利用するのなかなか難しいものです。

◆ 過冷却の雲粒の

不思議なふるまい

樹氷、霧氷はスリムな木が好き

冬山の風景写真で白樺の木に似たダケカンバの大木の枝々が樹氷で覆われ、白い透明な氷の花を咲かせている幻想的な風景を見ることが出来ます。秋の落葉以来、裸の木々が真冬の寒さで氷の花の白い衣装を着飾ったようです。

一方、雪に覆われた深い谷沿いの木々には、暖かな川の流れからでてきた水蒸気が厳寒の冷気に触れて直接、木々に凍りつき、まるで木に花が咲いたように白く包み込んでいました。木花 きばな」とよばれているもので、いわば木の枝々に水蒸が直接昇華して霜が成長したもので、木の枝々の表面から、雪の結晶が伸びてきたこととなります。樹に霜が降りると書いて「樹霜」といい、樹氷とでき方が違います。樹氷も樹霜も木々を氷で飾るので、両方を合わせて一般には「霧氷」とよばれています。

「樹氷」は表面張力によって球形となっている過冷却水滴が、マイナス十度とか二十度になっても凍らないという過冷却の霧や雲の小さな水滴が、木の枝々にぶつかり凍りついてしまうものです。風に運ばれた百分の何ミリという微水滴が細い枝に衝突して凍結して、一枚一枚ごく薄い氷の皮の水で枝々を包み込み、ガラス細工のよ

うな姿を見せてくれます。

東北地方の蔵王や八甲田山で有名な樹氷は、樹氷がどんどん生長して木の全体を覆ってしまい雪の怪物のようになってしまっています。冬枯れのダケカンバや落葉松の枝々に薄いガラスのような霧氷が朝日に輝く瞬間が最も幻想的です。風が吹いて霧氷がゆれたらどんな音色が聞こえてくるのでしょうか。

霧や雲粒は数ミクロンという微水滴なので、風まかせに流れ、大きな障害物は避けて通ってしまう性質があります。その結果、もののカドとか木々の枝などスリムなものにぶつかって風上側にのびてエビの尻尾のような形となることが多い。

低温の時は霧氷、樹氷となりますが、マイナスの気温のなかでも気温が相対的に高いときは、過冷却の微水滴が木々に衝突しても、すぐに凍らずに、まず濡れてから凍る場合があります。固く半透明となって枝を覆うが、これを「粗氷」と呼んでいます。粗氷よりさらに気温が高く風が強いと、濡れてなかなか凍らずに、「雨水」と呼んで分けています。

樹氷も疎表、雨水も過冷却水滴が物体にあたって凍りつくもので着氷現象とおなじものです。とくに電線着氷や航空機への着氷が危険です。巡航する高度が低い小型機では、過冷却の雲に遭遇する機会が多く操縦系への着氷が特に危険です。

また鉄道の架線に着氷すると、凍った架線が弾力をなくして電車の通過で切れたりする危険となります。また山越えの送電線への木々と同じでしばしば着氷するので、電流を多く流して熱で融かして防ぐなど対策がとられています。

霧粒、雲粒は、極端な場合ではマイナス40度近く二なっても凍らないことすらあります。過冷却水滴の不思議さが、霧氷をはじめ自然の素晴らしいう姿を見せてくれるとともに、着氷というものかもしれない。自然はいたずらものかもしれません。

+++++

◆「暖かい雨」と「冷たい雨」

雲を作る小さい水滴や氷の粒子、雪が集まってできていますが、粒が大きく重くなって落下するのが雨や雪です。雲粒と雨の違いは落下速度の違いだけで、毎秒1メートルが目安で、それより速ければ雨、遅ければ雲粒です。

雲粒の代表的な大きさは、直径2から20ミクロンであり、代表的な雨滴は2ミリであり、直径にし100倍、体積にして100万倍である。なぜ1時間、長くても数時間足らずで100万倍に成長できるのか？がカギとなるのです。

この成長の過程には、熱帯や亜熱帯地方の海上や海岸で降る雨で、雲の中の温度がプラスで水滴しかに存在しない雲から降る雨の「暖かい雨」のしくみと、中緯度の日本付近のように、上空では0℃以下の雪だらけの「冷たい雲」から雪が解けて降ってくる「冷たい雨」のしくみに分けられます。

0℃以下となった部分の雨雲の中では、氷粒子、雪と表面張力の影響で0℃になってもなかなか凍らない過冷却な水滴が混在していることになります。その結果、水と水の飽和蒸気圧が違いため（注1）、水滴が蒸発して氷晶が

どんどん大きく成長します。氷の結晶が大きくなるにつれて落下速度が速くなるので、

その途中で小さな雲粒を合体（捕捉という）して、ますます大きくなり数十万倍から数百万倍に急成長します。何段ものプロセスをへて、やっと地上に雨粒のポツリとなって降ってくるのです。雪が解けて降れば雨、そのまま解けずに落ちてくれば雪、解けつつ降るのがミゾレとなります。

「暖かい雨」は、雲の中で、氷晶がない熱帯地方やハワイなどの亜熱帯地方で降る雨で、雨粒までの成長は、単に雲粒同士が衝突して大きくなる必要があります。もし雲粒の大きさが同じなら落下速度が同じとなり、衝突しにくく大きくなりません。そこ自然は巧妙にその答えを用意してくれました。

雨の芯となる凝結核という空気中に浮遊する大きなチリや海のしぶきなどが蒸発してできる巨大な海塩核をタネに雲粒の大きさを不ぞろいにしたのです。もともと大きめな雲粒になり、直径の違いから落下速度が違い、衝突合体のチャンスが大きくなり、大きくなれば、衝突の機会がよりまして、雲粒が効率よく成長して数十万個分が集まると0.2mmから2mm程度サイズの雨粒となってポツリと降ってきます。海の近くで雲の高さが数km以下のところで降る雨が多い。しかし熱帯のスクールの雨は、高さがおよそ5kmを超える積雲、積乱雲でふるので雲頂温度がマイナスとなり「冷たい雨」のしくみで降ることになります。

直径1mmサイズの雨粒の落下速度は毎

秒4m 直径2mmの雨粒では7mにもなる。降ってくる雨粒の形は、どのように形なっているだろうか？」と小学生に質問したところ、涙の形、次に流線型という答えが多かったが、実際は、お供え餅の形に似た形という信じてもらえなかった。直径4mmと立派なお供え餅かたで毎秒10mくらいでぶるぶると振動しながら落下し、直径7mmをこえる雨粒はなく分裂してしまふのです。

+++++

注1)

例えばマイナス15度、水にして飽和蒸気圧（湿度100%）は、氷に対する飽和蒸気圧が16パーセントも高く氷晶に対して16%の過飽和となり、水滴の表面からどんどん蒸発して氷晶が太ることになります。

◆降水のいろいろ

雨や雪が落下して降ってくる現象を降水、降水といえます。地雨と驟雨、雪霰と氷霰、雹、雪に霰、凍雨な地面に降ってものをいい、空の雲は地上へ降りてくれば霧となりますが、粒が大きくなれば霧雨となつて降水となります。空中に浮んでいるものや、霜や露は地面にや葉に直接つくので降水でありません。雪やアラレが融ければ雨となり、解ける途中がミゾレ（霰）となるように、場所、どのような雲から降ってくるのかなど条件の違いでかわります。

厳冬の北海道の美深や富良野では放射冷却で厳しく冷え込んだ冬晴れの朝、柔らかな陽光のなかで極微細な氷のプリズム結晶が浮遊して、まるでダイヤモンドの粉をまぶしたようキラキラと輝く幽玄の世界となります。ダイヤモンドと呼ばれています。気象用語では、細氷と分類され、しゅう雪、霧雪とこの細氷などとは別けています。低温で直接、昇華によつて氷の結晶ができるからです。過冷却の霧粒が凍ってできる霧氷が冬枯れの木々を飾っていますが、霧氷は降水ではありません。

雨も大きく分けて、層状性の雲からシトシトと連続的に降る、地雨（むあめ）と、積雲、積乱雲の対流性の雲によつて降る、雨に強弱がはっきりしている 驟雨（むゆ

う）とがあります。梅雨時に関東地方などで北東気流で降る霧雨のシトシト雨や、やませなどで降る冷たい雨が地雨の代表です。一方、雷雨など激しい雨が強弱のコントラストをつけながら降るのは驟雨の代表で、晩秋から初冬の日本海側の地方でサーと降っては止み、またサーと降っては止む「時雨」も驟雨です。雪が融ければ雨となり、融けなければ雪のままで、真冬の日本海側の地方の雪雲による降水は、しゅう雪となる。

アラレとは、雲の中を落下中に雪の結晶などに過冷却水滴など通りつき、円い柔らかい氷の粒として降ってくる。雹とアラレも同じ分類で直径が5ミリ以上が雹、未満がアラレと分けられます。アラレも氷アラレもあれば雪の結晶をグルグルまきに巻きつけて落ちてくる雪アラレもあります。

言葉からくる響きと違うのが、凍雨（むう）と 氷雨（ひさめ）です。

氷雨は雹やアラレの古い呼称で、冬季に降る雲に近い冷たい雨も氷雨と呼ぶようになったのです。凍雨は過冷却の雨粒が急に凍結して円い氷の粒となって降るもので、雪とも雹とも違い、凍結したまま降ります。ふつう透明な球で雨か雪に変わる前に降ることが多く、数分か十数分でおわります。

スキー場のスノーマシーンによる人工雪はこの凍雨にちかいです。原理は冷やした水

と冷やした空気をミックスしたものを霧状に低温の空気中へ噴射することで雪をつくるしくみで、単に霧吹きのように霧ツブを吹きだしても表面張力でなかなか凍らず雪の結晶とならない。そのためノズルを工夫して高圧のジェット噴流でごく小さな「氷の芽」を無数に作つて過冷却の水滴といっしょに吹き出して氷の結晶を無数につくり降らせるのです。自然界の雪や実験室でつくる雪の結晶とはすこし違いますが、人工の降雪に変わりはありません。

+++++

◆ 空はなぜ青く、

夕焼けはなぜ赤い

スペースシャトルから見た空は、真つ暗で太陽だけが丸く白く輝いています。一方、大気の下に住む私たちから見た空は青く、夕焼けは赤いのは、なぜだろう？

太陽の光を3角形のプリズムで光を分けてみると白色透明だった光が、紫から藍、青、緑、黄色、橙、赤と7色の色の筋に分かれます。光は電波と同じ波であり、太陽の表面の温度が6千度なので光は、最も強い光の青と緑の境付近の○・5ミクロン付近を中心に波長の短い紫から波長の長い赤色まで広がっている。逆に赤、緑、青の光の3原色を全部重ねると透明な光となってしまう。

この色によって波長が違ふところにガが隠されています。太陽の7色の光が大気中飛び込んでくると空気中の酸素や窒素分子に衝突して散乱されます。そのとき波長の短い青い光のほうが、波長の長い赤色より9倍も強く散乱され、散らばった青の光が人の目に多くはいってくるからです。紫は青よりさらに散乱しやすいのですが、上空で散乱されてしまい地上に届きにくいのです。また青の光のエネルギーが強いので地上から見た「空は青い」のです。高さ8886 mのエベレストの山頂で

は空気が3分の1の薄さなので、空気による散乱そのものが小さくなり、散乱された青色は地上で見るとより薄い青色となり、地上では見られない紫色の散乱された光が増える。頂上から見上げた空は、真昼でもなぜか暗く青色に見えた」とか「紫がかった青空」と語られています。

真空の宇宙は光が散乱しないので暗闇となり、太陽は丸い白い玉の輝きとしか見えません。初めて宇宙を飛んだガガーリン飛行士が、「地球は青かった」と叫び声をあげましたが、暗闇の中に浮ぶ地球は、薄皮のように大気の衣が取り巻き青く美しく輝いています。その地平線に広がる大気の層の上端をよく見ると紫色となっていることがわかります。

地球上では、太陽が西の空に傾くと途中の空気を通る道のりが長く、空気のチリなどで青い色の系統が散乱して消えて人の目に届かず、波長の最も長い赤色や橙色だけが最後に残って、人の目には赤い光だけが届き、夕焼けとなります。

燃えるような夕焼けが台風の前に見ることが出来ます。日本の南海上を北上してくる台風の頂きから吹き出した数ミクロンサイズの無数の雪の結晶からできた薄い巻雲が広がり、燃えるように赤く輝く夕焼けになるのです。南よりの風で中心から1000 kmも離れたところまで広がることもあり、台風の接近を知らせてくれるのです。

さらに火山の大噴火のあとに赤というより赤紫色の夕焼けがでることがあります。メキシコのエルチチョン火山の大噴火で成層圏の高さ30 kmのすぐ下まで噴き上げられた数ミクロン程度の小さな火山灰やエアゾールとよばれる粒子が無数に浮遊して、太陽の光線を散乱させたために異常に赤紫色に強調され夕焼けが見られました。虹やブロッケン現象などとともに、無色透明な太陽光線が、散乱や屈折などで色のついた光や光の帯に分かれて自然をカラフルにしてくれているのです。まさに太陽からの光の贈り物なのです。

++++++
スペースシャトル・・・高さおよそ200 kmで地球を回る飛行機のような形をした人工衛星。何度の地球を往復することが出来ます。日本人初の宇宙飛行士として毛利さんが乗って地球をまわりました。高度が低いところを回っているので、地球の姿がよく見えます。

◆虹の不思議

虹はなぜ7色の色の環なのだろうか？色の順序はなぜ同じ順番にならぶのか？虹の環は何本だろうか？どうして雨上がりに太陽を背にして向こう側にしか見ることができないのか？虹の環をなぜくり抜けて向こう側にいくことができるのだろうか？

虹とは、無数の雨粒が浮ぶスクリーンに当たって屈折して戻ってきてできる7色の虹の色の輪のことです。もどってくる光線、ちやうど虹を見る人の目にはいる部分が円となります。背中の太陽と、人の目を結んで伸ばした先に、虹の環の中心がある光学現象です。従って、虹を見ている人が、前へ進めば向こうに退き、下がればついてきます。観測者が前に進めば虹も遠ざかり、地上で見れば半分くらいしか見えない虹を、山で見れば半円をこえる虹を見ることが出来ます。もちろん飛行機でも虹の環をくぐり抜けることはできないのです。

水滴のサイズは0・05mmから0・5mmくらいなので、水滴の中に太陽の光が屈折しながら入ることができます。入った光線は、水の屈折率が1・33なので、透明な太陽光線が水滴にあたり水滴の内側でもう1度反射して外に出てきますが、この2回の屈折で出入りするので、それぞれで、波長が違う7色の光（注1）の曲げられ方

が違うので、色の帯として分かれて虹の帯になります。太陽を背にして前に見える虹の輪の半径が40度の角度（紫から42度 赤）の角度と、7色で虹の光の帯に分かれます。

虹は何本見えるのだろうか？答えは4本です。水滴のなかの内壁で2回反射した時は、虹が2本目の環になって見えます。2回も反射するので二次虹の色は薄く、色の並びの順番は外側が紫となり逆となります。主虹に対して「副虹」とも呼ばれ、虹の半径が51度の環で主虹の外側にできます。虹は2本ということになります。さらに太陽の光が水面からの反射したときのも、向こう側に虹ができますので原理的には、虹は最大4本が見える可能性があります。しかし実際は、副虹は色が薄いので、空気が澄んでいるところでも最大3本まででしょう。光は弱いのですが、街の光がない暗いくらい空に月の虹が出ることも観測されています。月の光は太陽の反射なので、同じ虹となります。

また大きな雨粒で虹ができないのは、落下速度が1mm/sを越えた雨粒の落下速度が数mとなり、落下速度が大きくなると丸から次第にお供え餅のように変形してしまうので虹ができないことになるからです。

さてプリズムで分けた虹は七色に綺麗に色の帯として分かれています。世界では虹を何色と見ているのでしょうか？米

国や英国では6色、メキシコで5色、アフリカでは2―3色としか見ていないといわれています。湿度や空気の透明さなどの違いでもあり、日本では7色と信じられています。7色全部を見ることができのでしょうか？

不吉な兆しとして古来から怖れられている「白虹」は虹ではありません。昭和の2・26事件の前日に東京で「白虹日を貫く」という白虹が見られたと、作家の井伏鱒二が書いていますが、この現象は厳しい冬の早朝に、氷の結晶が浮遊してできる「幻日環」であり、このとき太陽を中心に左右の幻の太陽が現れ、太陽を貫いているように見えるのです。白虹は量であり、氷の結晶による光学現象なのです。

+++++

◆ ブロッケン妖怪

山の頂上や稜線上で太陽を背にして目の前に広がる雲海に自分の影法師とそれを取り囲むように小さな虹のような環が写り、自分が動けばそれにつれて影法師と虹の環がいっしょに不気味に動くとい不思議な姿が現れます。気象用語では「グロリー」と呼ばれているもので、自分を中心に、背に太陽光線、自分、向こう側に霧や雲のスクリーンが適度な具合に配置されていることが必要で、見ることができたら、まさに幸運です。

ドイツのブロッケン山でよく見られるというので、その名をとって「ブロッケンの妖怪」と呼ばれています。このブロッケン山には若きゲートがしばしば訪れ、『ラウスト』にも登場し彼の思想、色彩論にも強く影響を与えたといわれています。日本では、阿弥陀様の仏に後光の環を「御来迎」という言葉をあてて崇めていました。雲の中に自分の影法師が映り虹の環が取り巻く姿に重ねて、『ご来光』という言葉を使うようになりました。

このブロッケン現象とは、虹ができるような光の屈折ではなく、波である光が物に当たるとその向こう側にまわる込み性質があります（注1）。波長が長い赤色の光ほど大きく迂回して回りこむように、色による波長の違いが虹と同じ様に反映する

のです。空中に無数の霧ツブが浮いている霧や雲に虹のような光の輪ができます。虹とは色の順番が逆となつていのが特徴で、ブロッケンの妖怪が現られるのは、雲粒が小さいほど輪は大きくなり、微水滴のツブが揃うほど鮮明となります。

また十数ミクロンサイズの無数の水滴が浮かぶ高層雲を通してぼんやりした月の外側に虹の環がで、色の順番は虹とは逆に内側が紫で外側が赤となり虹の輪の直径も小さい。無数の微水滴による回折現象が原因で一般にはグロリー、光環と呼ばれているものです。また太陽にかかる彩雲という美しい彩りもできます。空に高積雲が浮んでいるときに、その雲の縁が美しく色づいて見える。水滴の雲粒による回折現象でおこるもので、昔は慶雲とか端（ずい）雲とか呼ばれ、めでたいことのある前兆とあがめられていました。

芭蕉が「奥の細道」の旅で霊場の羽黒三山を訪れたときに、同行した弟子の曾良が書いた随行日記のなかにこのブロッケン現象を見たいと書かれています。午後三時半頃に月山頂上に登ったが、天気がよくては見えなかった。御来光は太陽が西に傾くので東に見え、朝には太陽が東に昇るので西にでる」と正確な知識をもっており、**「来光」を見れずに残念がついてた**（注2）。山を降りた一行は老骨に疲れが残ったようです。

この時代、霊山として槍ヶ岳を開山した

播隆上人の記録にも「ご来光が書かれています。槍ヶ岳は天に槍の穂先がつきだしているような鋭峰で、東西に雲がでやすいので、ブロッケンの妖怪をみるのに条件がとてよい高山なのです。現代では、ブロッケンの妖怪を簡単に見るには飛行機に乗ればよいのです。眼下に広がる真っ白な雲海の雲の絨毯の上に写る機影と、その回りに虹のようなカラーのしばしば見ることが出来ます。

+++++

（注1）

芭蕉が「奥の細道」の旅したとき、弟子の曾良の随行日記のなかに旅の折々の情景や日程、天気などが詳しく書き留められていた。

・：天気吉。登山三里。略：、申の上冠 午後三時半頃、月山二至。先、御室 頂上）ヲ拝シテ、角兵衛小やニ至ル。雲晴テ来光ナシ、タニハ東ニ、旦 アシタ）ニハ西ニ有由也」・・・甚（はなはだ）勞ル」・・・角川文庫、おくの細道）

◆ 緑の太陽 グリーンフラッシュ

夕暮れの花辺を散歩していた老人がふと海を見ると黄色がかったオレンジ色のいびつな太陽がまさに水平線上に沈みつつありました。目を細めた次の瞬間、上の緑の3分の1くらいが緑に輝いた。錯覚かなと目をこらすと間もなく緑の太陽の姿が消え、もとの静寂な浜辺に戻ってしまいました。老人が見た緑の太陽は錯覚ではない。日の出や日没の時に水平線上にある太陽が一瞬、長くとも1秒のあいだ緑色に輝く緑閃光、グリーンフラッシュと呼ばれるものです。

沈みつつある太陽はすでに沈んでいる。沈まずに見えているのは空気のレンズで弓なりに曲げられた赤味がかった光が目が届いて、あたかも水平線の上に朱色の太陽が浮いて見えからである。青は散乱して届かず、赤より緑の光の波長が短く曲がりやすいので、日没の最後の瞬間に緑色が残って輝くグリーンフラッシュとなるのです。

波長の短い順でいえば、紫から藍、青、緑、黄色、橙、赤と七色なので、紫は地球のかなり上空で消え、青は散乱し、黄色に近い太陽のときにグリーンフラッシュがみえやすいのである。冷い海を西に望む海岸線で見ることが出来るが、澄んだ空気のきわめて条件のよい状態でのみ女神が微

笑み、見えたら幸運、写真を撮ることは神ワザに近い。

この稀なる神秘の現象が、十九世紀待つにグリーンフラッシュ伝説が生まれました。初めてこの現象を見る機会に恵まれたとき、網膜に落ちるその光は人が想像するような深紅の光ではない。それは緑の光です。最も不思議な緑で、どんな芸術家もいまだかつてパレットにのせたことのない緑、多彩な色合いの草木でも、どんな澄み切った海の陰影でも決して表すことの出来ない緑である！もし天上に緑があれば、それはこの陰影、まさに希望の緑でしかあり得ない」と神秘感に包まれた「緑の光」を絶賛したのです（注1）。

海を西に望むカリフォルニアの西海岸で現われ、日本では北海道の知床や西海岸が期待でき、能登半島あたりが穴場かもしれない。緯度の高いほど、太陽が斜めでゆっくり沈むので時間も長く、空気が澄んでいることも加わってグリーンフラッシュを見る機会が多い。南極や北極ではさらに条件がよい。ただし寒さに耐えなければならぬが・・・。

グリーンフラッシュを見ると「実実の愛に目覚める」との古い言い伝えがあるそうだが、一方でまたグリーンはシェイクスピアの悲劇の中で「緑の目をした嫉妬」嫉妬とは緑色をした怪物」というように嫉妬の色として描かれています。緑色の目のようなグリーンフラッシュを見た恋人たちは

真実の愛に目覚め、そして嫉妬に悩まされているのではなからうか。

+++++

注1) 緑の光

注2) 太陽からの贈り物 小口高ほか訳。

◆ 蜃気楼、

冬から春そして初夏へ向かう季節は光の屈折が演出する気象の不思議な姿を見せてくれます。真冬のオホツクの海には日の出の太陽が4角形や6角形、時にはワイングラスの姿に変形する姿を見ることが出来る。二面の流水野の冷たい海で、水平線近い空気が冷やされ、気温の逆転している層ができます。水平線に昇った朱色の丸い太陽を、その逆転層が上半分をカットしてしまい下半円の太陽となり、水平線を照らして尾をひく光と合わせた姿がウィングラスの形となるのです。冷たい海に接する密度の濃い空気が、レンズの役目をして、日の出の太陽が縦にグリーンと引き延ばされてできます。4角の形をした太陽となるのです。

3月になるとオホツクの海から流水が次第に視界から去り、海明けの季節となりますが、水平線に消えたはずの流水が幻のごとく水平線に浮かぶ『幻水』現象が起ります。海明けを迎えたばかりオホツク海は、まだ冬の低温が残り、早春になって流れ込んできた暖かな空気を冷すことで下層に密度の大きい空気レンズをつくれます。このレンズが光を下の方へ曲げて、沖に去った流水を幻のごとく水平線に浮かばせることになる、浮上蜃気楼が、幻の流水を水平線の上に浮ばせています。

富山湾上にできる蜃気楼も幻水と同じ原理で起きています。北アルプスの山々から流れ下る黒部川や神通川の雪解け水が、淡水なので海水より軽く、冷たい薄い層となって富山湾を広く覆い、春や初夏の暖かい空気を冷して空気のレンズを造り、魚津側ほどよい距離にある対岸の街が、瀑布、城壁、大名行列、ビル街、万里の長城と変幻自在に様々な姿となって浮かびあがります。4月下旬から6月上旬の風のない陽炎が立つような晴れ渡った日中が蜃気楼発生の好条件となります。

逆に、砂漠や道路に水が見える地面付近が熱せられて密度が薄くなり、今度は光が逆に曲げられて、『逃げ水』のように地面の中に遠くの幻が見える沈下蜃気楼、下位蜃気楼と呼ばれるものとなります。砂漠では幻のオアシスが見え旅人をミスリードしてしまい『悪魔の湖』といっておそれられています。

日本における蜃気楼は、古くは大蛤（はまぐり）が吐く気によつて空中に桜台などが現らわれると考えていた。蜃楼、貝楼、空中楼阁とも呼ばれ、『海市 かいし』も蜃気楼の別名であり、信州の諏訪湖でも蜃気楼の記事が『吾妻鏡』に見られます。

目を世界に転じと地中海の蜃気楼で有名なのがファタ・モルガナです。イタリア半島とシチリア島に挟まれたメッシナ海峡に複雑な蜃気楼が現らわれ、対岸に絶壁や家々がそびえたち、城郭となり水中に沈

んだりして、海中の水晶宮に住む妖精ファタ・モルガナの仕業とされています。古くはピラミッド文明やナスカの文明にも蜃気楼の記録が残されています。昭和基地で海水の向こうに氷山の蜃気楼がテーブル状に白い崖のように浮び、ある時は白い浮き島のごとく空中に浮び、逆転層を境に鏡で写したように対称な白い氷山も空中に浮き、太陽の高度があがるとともにその姿が変わりながら消えていきました。密度の違いからできる空気レンズのなせるワザです。

+++++

日本で見えたスーパーオーロラ

星が無数に散りばめられた暗闇の天空のかなたで彩られた光の爆発が、緑を帯びた青白い光の帯が矢のごとく降り注ぎ、輝きを増しながら次第に絹の光沢のような滑らかカーテン状となつてゆらめきフリルがピンクに輝く。ひとときわ輝く光の筋が波打つて走る。ある時は南十字星を覆い隠すように輝きを増し、水平線のすぐ上に暗い炎のような紅い光の帯となつて動きを止め、ある時は渦巻の底を見せ、天空から四方に降るように注ぐコロナ型の華麗な姿で極夜を彩るオーロラの姿です。

次々に姿を変え極地の空を音もなく舞うオーロラをもし一人で見たら、不気味な静寂さに気が狂わんばかりの恐怖におそわれるでしょう。極地の静寂な世界のなかに音もなく輝き不気味さが漂い、古人は「天空の裂け目からの噴き出す天の炎」、天国に行く死霊の足元を照らすたいまつ「の火」と恐れました。

オーロラとは、地球の磁石による、北極のN極から南極のS極に伸びる磁場に、太陽からの太陽風という電気の粒が衝突したときのできる真空放電の発光現象です。原理はネオンサインと同じ、上空百から数百kmの高さまで広がる光の帯という超大型のネオンなのです。この放電に必要な電力は、日本全体の電力をまかなえるほ

ど大電力が必要で、オーロラ発電機」で発生してまかなくなっています（注1）。

中緯度の日本では、ふつうオーロラは見えませんが、スーパーオーロラ（注2）のときには環が大きく広がって南下するので、活発化したオーロラの上空の赤い部分を見るができます。

1889年10月に日本列島としては31年ぶりにオーロラが見え、2003年10月には観測史上最大級の爆発が起きて、人工衛星の機能にも影響を及ぼすほどのスーパーオーロラのすごいものが発生し、赤いオーロラが、14年ぶりに稚内から信州まで見えました。古来、日本では「紅氣」^{（注3）}とと呼ばれ、天変地異の悪い兆しと怖れられていました。

宇宙からみれば、緯度70度を中心に鉢巻をした格好のオーロラの環が見えます。このオーロラベルトは、北半球ではアラスカからスカンジナビヤ半島をめぐり、南半球では昭和基地付近を通っている。そして季節は春分、秋分を中心とした1、2カ月が見事なオーロラの出やすいシーズンとなります。そのオーロラベルトのもっともいい位置にあるのが南極昭和基地です。

神秘のオーロラもいまや宇宙に浮かぶスペースシャトルから眼下に眺めることができます、南極昭和基地と北極圏から高感度テレビカメラで撮られたオーロラが同時ライブで茶の間で見られる時代となりました。30数年前の昭和基地ではオーロラ

をカラーフィルムで美しく写すことは難しく、高感度のフィルムを使って10秒も露出、さらに増感現象をして、やっと色がでたほどだった。毎夜上げていた気象観測の気球が、輝くオーロラの空に吸い込まれて消えていく情景は、毎夜毎夜、心象にライブのように焼き付けられているのは現在でも同じでしょう。

+++++

注1）オーロラ発電機

太陽の表面から飛び出してくる太陽風、と呼ばれるプラズマ電気が、北極がN、南極がSの大きな地球磁石の磁力線を横切るときに電気が発生する発電機が「オーロラ発電機」なのです。

発生する電力はふつうのオーロラでも100万キロワット原発の千基分に相当し、時には日本全体の電力をまかなえるほどの膨大なものとなり、この大電力をまかなえるのです。

注2）

高さ1000kmまでひろがるような超怒急野オーロラで、10年に1回か2回くらいしか発生シナほど、すごいオーロラ。

注3）

藤原定家の漢文日記の「名月記」、注2）に1204年 兇赤氣相交・・・」