

## 5 風のふき方

### 5.1 人と風

私たちは、日常、風を感じます。ただ風を感じるだけでなく、私たちの生活に、風は密接に関係しています。

#### 動力としての風

古い時代から人間は風の力を利用してきました。例えば、風車はその例です。オランダの風物詩となっている風車は、土地の開拓に使われていました。その他にもヨーロッパでは製粉（小麦をすりつぶして粉にすること）のためにも使われていました。また、日本では、明治時代に井戸水を組み上げるのに風車がよく使われていました。

#### 航海

船にとって風は重要な動力源でした。大航海時代、アメリカ大陸に到達したヨーロッパ人が利用したのは、行きは貿易風、帰りは偏西風を利用したことは有名です。

#### 風力発電

一方、現代では風車による風力発電が盛んになりつつあります。いわゆる「再生可能エネルギー」の代表格です。日本よりも、欧米や中国で普及が進んでいます。

このように人間は古くから風を利用していました。

風には色々な名前がついています。簡単に思いつくものでも次のようなものがあります。

#### 東風

春を呼ぶ東風として知られています。こちと読みます。

東風（こち）吹かば 匂ひをこせよ 梅の花 主なしとて 春な忘れそ

#### 木枯らし

初冬に吹くに冷たい北風

#### おろし

山を越えて吹き下ろす風

#### だし

山から吹き下ろす風。港の船を出すという意味で出し風と呼ばれた。

#### 疾風（はやて、しっぷう）

急に吹く強い風

この他にも風の名前は沢山あります。それでは、どうしてこのような名前がついたのでしょうか。それは、動力として風を利用することの他に、風が農耕に関わっているからです。雨も気温も、風によってコントロールされているという認識は昔からありました。良い風が吹けば、気温も雨も適切にもたらされ、農作物がよく育つと考えられたのでしょう。そこで、名前をつけて、良い風が吹くように願ったのだと思います。

それでは、このように人間に影響をもたらす風はどのように吹くのでしょうか。

## 5.2 気圧と風

それでは、風はどのように吹くのでしょうか。一言で言えば、風は気圧の差で吹きます。それでは、圧力とはどのようなものなのでしょうか。

### 圧力

圧力とはどのようなものなのでしょうか。例えば、栓をしたペットボトルを押しつぶしてみましよう。ところが、これは、簡単にはできません。それは中の空気が反発するからです。一般に、空気や水は互いに押し合うような力が作用しています。例えば、私たちの身の回りの空気にもそのような性質があります。これが圧力です。

ところが、私たちは日常、圧力を感じません。例えば、このペットボトル。栓をして置いておくだけでは何も力が作用しているようには見えません。これはなぜでしょうか。それは、私たちの周りの空気にも圧力があり、ペットボトルの中から押し出す力と、ペットボトルの外から押す力がちょうど釣り合っているからです。それが証拠に、これを水の中に入れると少し凹みます。外の圧力が高くなったからです。一方、このペットボトルを真空中に持っていくと爆発するでしょう。それは、周りの圧力が下がってゼロになったからです。

また、圧力は、単位面積当たりに作用する力です。同じ圧力でも、それが狭い面積であれば、圧力による力は小さいです。しかし、接触している面積が広いと圧力による力は大きくなります。

ここで紹介したようなものが圧力の基本的な性質です。

では、圧力は空気にどのように作用するのでしょうか。例えば、掃除機で空気を吸い込むことができます。また、掃除機を使わなくても私たち自身、空気を吸ったり吐いたりします。これは、空気中に圧力差をつけて空気を動かしているのです。例えば、私たちが空気を吸うときは、肺の体積を大きくして、肺の中の気圧を下げ、空気を吸い込みます。逆に、肺の体積を減らそうとすると、肺の中の圧力が高まり、肺から外に空気は出ていきます。

このように、圧力差があると空気を動かすことができます。圧力差による力のことを「圧力傾度力」といいます。傾度とは傾きのことです。より具体的には、横軸に距離、縦軸に圧力を描いたときの傾きです。これまでお話ししませんでしたでしたが、同じ圧力差でも、それが短い間にある場合と、離れたところでの圧力差である場合とでは力の強さに違いがあります。狭い範囲に圧力差が集中している方が大きな力になります。そこで、単に圧力差ではなく、圧力グラフの傾きで力が決まることとなります。

さて、それでは圧力はどのように決まるのでしょうか。圧力を決める要因はいくつかあります。

### 高度と圧力

まず、私たちの身の回りはどうして空気に圧力があるのでしょうか。それは、私たちの住んでいる地表面付近には、上空の空気が積もっているからです。

人間ピラミッドを想像してみてください。人間ピラミッドでは、したにいく程、押しつぶされそうな力を感じます。空気の場合も同様です。空気にも重さがありますから、その重みによって上の空気よりも下の空気の方が重みで圧力が増し、押しつぶされています。こうして、下の方にいけばいく程、圧力が高くなります。

地表付近の空気は、上空にあるすべての空気の重みによって圧力が高くあっているわけです。

### 温度と体積

今度はちょっと別の観点から空気の性質をお話しましょう。

空気は温めると膨張し(ふくらみ)、冷やすと収縮し(ちぢみ)ます。例えば、ペットボトルにお湯を入れてそれを捨てます。するとペットボトルの中の温度は高くなります。この状態でペットボトルのふたをして放置します。するとどうでしょう。温度が下がるとペットボトルは凹みます。

このように、暖かい空気はふくらみ、冷たい空気は縮む性質があります。

### 温度と圧力

これまでの話を総合してみましよう。

先ほど人間ピラミッドの例を出しました。私たちが、人間ピラミッドを組む時に、上の方は軽い人が担当しますね。それはなぜでしょうか。もちろん、下の人が楽になるからです。

空気についても全く同じことが言えます。同じ体積で考えてると暖かい空気が積もっている方が、冷たい空気が積もっている場合に比べて、下に降りてきたときの圧力の上昇は少なくなります。

### すきま風

ところで皆さんは「すきま風」というものを知っていますか？住宅環境が整った現代では感じる事が少ないかもしれませんが、しかし、学校ではよく感じる事ががあります。

冬に、暖房している部屋を暖房していない寒い部屋が、ドアを挟んで並んでいることを考えましよう。そのドアを開けると、どのようなことが起こるのでしょうか。冷たい空気が足元から入ってくるのを感じたことはないでしょうか？

この時、いったいどんなことが起こっているのでしょうか。暖房が聞いた部屋には暖かい空気が充満しています。一方、寒い部屋は冷たい空気が充満しています。同じ体積だと、暖かい空気が軽いです。そこで、両方の部屋の上下で圧力の差が発生します。

人間ピラミッドの例でお話ししたように、暖かい部屋では、上下の圧力差は小さくなり、冷たい部屋では上下の圧力差が大きくなります。例えば、ドアの中間レベルで二つの部屋の圧力が一致したとしましよう。すると、冷たい部屋の下部は、暖かい部屋の下部よりも圧力が高くなります。そこで、冷たい部屋から空気が押し出されます。

一方、部屋の上部では、暖かい部屋では上と下との圧力差は小さくなります。そこで、部屋の上部では圧力が高くなり、冷たい部屋へ暖かい空気が流れ込みます。

こうしたものを「すきま風」と呼んでいます。

### 海陸風

これと同じようなことは、実は、地球上でも起こっています。典型的な例は海陸風です。水と土とを比べてみると、土の方が温まりやすく、水の方が温まりにくい性質があります。逆に、水の方は冷めにくく、土の方が冷めやすいです。そこで、温度が上昇する日中は、陸地の方が温度が高くなります。そこで、海から陸地に向かって風が吹くようになります。これを海風と呼んでいます。一方、夜は陸地の方がよく冷えます。そこで、陸地から海に向かって吹く風が発生します。これを陸風と呼んでいます。両方を合わせて、海陸風と呼んでいます。

## モンスーン

さらに大規模な風も発生します。夏は陸地が温まり、冬は陸地が冷たくなります。このため、夏は陸地に吹き込む風が発生し、冬は陸地から吹き出す風が発生します。このような風は、モンスーンと呼ばれています。

このようなことを考えると、地上付近では、風はいつも冷たい方から暖かい方に向かって吹くことになります。実際そうでしょうか？ 暖かい南風が吹くこともあるように思います。それはどうしてでしょう？

## 5.3 自転と風

地球の大気の流れである風を考えると、地球の自転を考えから外すわけにはいきません。

### 地球の自転

それでは、地球はどのように回っているのでしょうか。これが地球の地軸と呼ばれているものです。この軸を中心に地球は回転しています。東から夜が明けのように自転するためには、地球は、北極上空から見下ろして、反時計回りに回転しています。

その周期は 24 時間よりやや短く、23 時間 56 分です。

### コリオリの力

この回転はどのような影響をもたらすのでしょうか。ここに回転台があります。この回転台を使って考えてみましょう。

物体には、力を受けなければまっすぐ進むという性質がありますので、まっすぐ進む運動を考えます。このようなまっすぐ進む運動を、回転している人から観察するとどのように見えるか考えてみましょう。このままでは分かりにくいので、ペンを持って、まっすぐ進んでいる物体の通り道を記録してみることにします。

このように、まっすぐ進んでいても、回転台に記録されるのは曲がった経路です。回転している人から見ると、まっすぐ進んでいるものは曲がっているように見えるのです。

これを表すビデオがありますので、それを見てみましょう。

このように、回転している人から観察すると、まっすぐに進んでいるものも曲がるように見えます。これを説明するために、回転している場所から観察する場合には見かけの力が作用していると考えます。この見かけの力は「コリオリの力」あるいは、「コリオリ力」と呼ばれています。

このビデオを見てわかる通り、北半球では進行方向に対して右側にボールの向きが変わるようなコリオリの力が作用します。一方、南半球では、逆に、進行方向に対し左側にボールの向きが変わるようなコリオリの力が作用します。

このコリオリの力があるために、流れの様子は大きく変化することになります。

### 地衡風

では、実際にどのようなことが起こるのでしょうか。例えば、ある場所に高気圧と低気圧があったとしましょう。自転の効果がなければ、この気圧差を維持することは難しいです。時間が経つと、高気圧から低気圧へ風が吹き込みます。すると、低気圧に空気がたまり、積もる空

気の量が増えます。逆に、高気圧に積もっている空気が減ります。こうして気圧差が解消してしまうからです。

ところが、コリオリの力があるとうどうでしょうか。もちろん、気圧差を解消するような流れもできます。しかし、例えば北半球で、高気圧の周りに時計回りの回転ができていたらどうでしょう？コリオリの力によって、風は進行方向右手に曲げられようとしています。これは気圧傾度力とちょうど釣り合うことができます。低気圧の周りでも同様です。反時計回りの流れがあると、気圧傾度力によって中心に流れ込もうとする力と、コリオリの力がちょうどバランスすることがありえます。

このような圧力傾度力とコリオリの力がバランスした流れを地衡風と呼び、このようなバランスを地衡風平衡（地衡風バランス）といいます。

### 大気の大循環

ここまでの結果を使って、地球の大規模な循環を考えてみましょう。前回までの講義でやったように、地球は丸いために、太陽からの光（熱）の受け取り方が異なります。赤道付近は真つ正面から太陽の光を受けるために、熱くなり、極付近は逆に寒くなります。そのため、海陸風やモンスーンと同様に、こうした気圧差が発生します。赤道を中心とした部分は低気圧です。そこで、地衡風を考えると、赤道付近の低気圧の周りの流れは東よりの風になります。これが偏東風（貿易風）と呼ばれる風です。一方、上空では、赤道付近が高気圧になり、極付近が低気圧になります。そこで、極を取り巻いて西風が吹きます。これが偏西風とかジェット気流とか呼ばれているものになります。

地球全体に渡るような大気の流れは「大気の大循環」と呼ばれています。

### 低気圧と高気圧

中緯度の低気圧や高気圧は、それぞれ、「温帯低気圧」「移動性高気圧」と呼ばれています。これらの気圧変動が発生するのもコリオリの力が関係しています。

先ほどお話ししたように、上空には偏西風が吹いています。このため、上空には大変大きな気圧傾度力が作用しているにも関わらず、偏西風のコリオリの力によってそれが支えられています。ところが、赤道側に暖気が溜まりすぎると、それを支えつづけることが難しくなります。そして、時々、南側と北側の空気が混ざるような流れが発生します。そのようにしてできる流れが、温帯低気圧や移動性高気圧です。

### 台風

台風にもコリオリの力は重要な役割を果たしています。台風は低気圧です。そこで、台風の周りには反時計回りの回転があります。台風の発達（次回、触れます）の際には、空気が中心に集まることが重要です。中心に集まる空気は回転が早まります。それは、中心に向かう流れにコリオリの力が作用すると考えることで説明することができます。

## 5.4 まとめ

今日は、風のふき方についてお話ししました。「すきま風」も大気の大循環も同じような仕組みであること理解してほしいと思います。また、その際に、地球の回転（自転）の効果によって流れが影響を受けることも理解してほしいと思います。

また、この講義でお話したことは、風のふき方の一部分でしかありません。私たちの身の回りにも、つむじ風は発生しますし、より大規模な竜巻は、今日のお話とは別の仕組みで発生します。この講義でお話した以外の風もあることを理解しておいてほしいと思います。

#### 課題

- ・上空では、赤道付近と極付近で気圧差がある。それはどうしてか、また、その気圧差が解消されにくいのはなぜか？

## 6 雨の降り方

私たちの実生活の中での気象について考えると、雨が降るかどうか、という点がもっとも感心のあることである。今回は雨粒が形成される仕組みから、雨の降り方、雨の性質などについて考えていく。

### 6.1 人と雨

特に農耕民族のにとっては、雨は生活を左右する非常に重要な要素であった。そこで、雨にも様々な名前がつけられている。

にわか雨 急に降り、やがて降り止む雨

時雨 (しぐれ) 秋や冬に降ったり止んだりする雨

梅雨 6月ごろの梅雨前線による雨

秋雨 秋雨前線による雨

夕立 夏の夕刻 (とも限らないが) に、積乱雲によって降る雨

スコール 熱帯の短時間に降る雨

霧雨 霧のような雨

土砂降り 激しい雨

### 6.2 雨についての基礎的な知識

雨について、基本的な知識をいくつか紹介しておきましょう。

#### 降水量

雨が降った量です。雨は水ですから、降った水の体積で表すべきだとも思いません。しかし、地域を限定して考えると、その場所ではほとんど均一に降っていますので、体積で考えるべきでなく、降った雨が、全部地上に積もったらどれくらいの深さになるか、で表現します。そこで、多くの場合、mm で表します。

例えば、日本の1年間降水量を考えてみましょう。場所によって異なりますが、概ね、1500mm 程度の降水があります。1.5m 程度です。

ちなみに、この数値は、私たちが天気予報で受け取る情報の一つの物差しになります。たとえば、「明日の夕方までに降る雨は、300mm 程度と予想されます。」と言った場合、1年間の1/5の降水量が明日の夕方までに降ると言っているのです。これは大変な雨の量です。最大限の警戒をすべきです。

#### 降水強度

雨の強さという表現もつかいます。降水強度は、1時間あたりに降る雨の量を表しています。これは、降水量を進んだ距離、降水強度を速度と対応させるとわかりやすいかもしれません。単位は mm/時 をもちいます。

1mm/時 は、霧雨程度です。10mm/h は割としっかり降っている雨です。30mm/h は土砂降り、バケツをひっくり返したような雨と表現されます。80mm/h を越えると、日中であればあたりが白っぽくなり、怖いような感じさえします。

冷たい雨と暖かい雨

### 6.3 雲粒と雨粒の形成

私たちが日常生活で知っているように、雨は雲から降ってきている。雨粒は雲の中で、雲粒をもとにして成長する。では、雲粒はどのように形成されるのであろうか。

気圧と温度

雲粒の形成には気圧と温度の関係が重要になってくる。先週の講義では、温度と密度(同じ体積で考えたときの重さ・質量)の関係の話をした。今回の圧力と温度の関係は前回の話とは全く関係ない。

普通、温度の上がり下がり、熱の出入りを伴っていると考えられる。熱が入ってくれば温度が上がり、熱が出て行けば温度が下がる。ところが、熱の出入りがない状態(断熱)でも、圧力が変化することで温度の上がり下がりがあることがある。具体的には体積を大きくして気圧を下げる(これを「断熱膨張」という)と温度が下がる。これを「断熱冷却」と呼んでいる。また、体積を小さく(「断熱圧縮」)して温度を上げることができる。これを「断熱加熱」と呼んでいる(ちなみに冷却や加熱をしていないのでこの呼び名は不適當であるという意見や感想は多い)。

これは日常生活でも感じるすることができる。例えば自転車のタイヤにポンプで空気を入れるとき、空気が入ったかどうかを調べるためにタイヤを触ると、タイヤの温度が高くなったことを感じるはずである。これは断熱圧縮による断熱加熱で温度が高くなったのである。一方、ガスコンロで残りが少なくなると、ガスコンロの缶の温度は下がる。ヘアスプレーや、その他のスプレーでも同様である。触りながらスプレー缶からガスを出すと、その温度が下がることを体験する。この様に、空気の体積を変化させると(圧力を変化させると)、空気の温度も変化する。

水の三態と温度

次に、水の三態と温度との関係について簡単にみてみましょう。

水は温度と圧力の変化によって、その存在形態(これを相といいます)を変化させます。大雑把に分類すると、低温の場合には氷(固相)になります。温度が高く、圧力が高い場合には水(液相)になります。温度が高く気圧が低い場合には水蒸気(気相)になります。このように水には三つの状態(水の三態)が存在します。水の相の変化についてはこの図を見てください。

ここで注意したいことがいくつかあります。

一つは、私たちの住んでいる世界には水も空気も両方とも存在していることです。これは何故でしょうか。実は、ここで「圧力」と言っているのは、水だけが存在していると考えたときの圧力なのです。例えば、現在ここにある空気から、水蒸気以外の水分を取り除くとその圧力はとても小さいものになります。その状態では水は水蒸気として存在できます。今度は水をポリ袋に詰めたとしましょう。すると、この中には水しかありません。そして、この水の圧力は、身の回りの空気の圧力である1気圧です。1気圧では、水は液体として存在しま

す。それでは、空気と水面が接している場合はどうでしょうか。その時、水の表面が感じる圧力は、水蒸気だけの圧力です。そのため、水の表面は安定的に存在しません。具体的には蒸発が進みます。コップにふたをしておかなければ、コップから水はどんどん蒸発します。

では、どこまで蒸発するのでしょうか。それは、水蒸気だけを考えた気圧(蒸気圧)が、飽和蒸気圧と呼ばれる気圧に達するまでです。飽和蒸気圧の状態では、水と水蒸気は両方とも安定的に存在できます。それ以外では、水と水蒸気の間で変化が起こります。飽和蒸気圧は、実は、水の三態の水と水蒸気の中の線に対応しています。飽和蒸気圧は、温度が下がると急激に下がるという性質を持っています。

話をもとに戻しましょう。

普通の空気中の水蒸気は、飽和蒸気圧よりも低い蒸気圧の状態です。そこで、洗濯物は乾きます。ところが同じ空気を断熱膨張させて、断熱冷却すると、それに伴って飽和蒸気圧も下がります。空気の蒸気圧が飽和蒸気圧を上回るようになると、水蒸気の状態ではいられず、水に変化するようになります。こうして雲粒が形成されます。

#### 水滴の形と蒸発のしやすさ

ここまでの話はそれほど難しくはありません。

ところが、少し厄介だと思うのは、水の形によって蒸発・凝結のしかたが違うということです。皆さんは水を含む物質の多くが分子で形成されていることを知っていると思います。この分子を使ってその様子を考えてみることにしましょう。

まず大事なことは、水が水として存在するのは、分子の間に作用する力

次の二つの状態を比べてみます。一つは平らな水面、もう一つは曲がった水面です。一つは分子(水の粒子)が、水面から飛び出して、今、水蒸気になろうとしています。この時、どちらの方が飛び出しやすいでしょうか。水面が平らな方が水の粒子を引っ張る相手が多いため、水に引き戻されやすいことがわかります。このように考えると、曲面の曲がり具合が大きければ大きいほど、水は蒸発しやすいことがわかります。これは、言葉を代えると、水が凝結しにくいことを表しています。

#### 凝結核

さて、何らかの理由で露点以下の温度になったために、水蒸気が凝結しようとしたとします。最初は何もないところに雲粒ができるのですから、いきなり大きな雲粒ができるはずがありません。そこで、小さな雲粒からできることとなります。ところが、先ほどお話ししたように、小さな雲粒は凝結しにくい性質があります。そこで、非常に綺麗な空気の場合には、なかなか雲粒ができないことが知られています。

もしも最初にちょっとした雲粒ができたとしましょう。すると、それが成長して大きくなると、その雲粒には凝結しやすいので、雲粒がどんどん発達するようになります。そこで、最初の一粒子がとて重要になります。

この一粒子の原因になるのが大気中のチリです。これがあることによって、最初の雲粒ができやすくなります。

幸いなことに、大気中には、特に陸の上では非常に多くのチリがあるために凝結は容易に起こります。しかし、海の上などでは凝結核の有無が重要になることがあるようです。

### 雨粒の成長

このように雲粒ができた後、雲の中で雨粒が成長します。では、雨粒はどのように成長するのでしょうか。最初に雲粒が多数ある状況を考えましょう。すると、先ほどお話ししたように、小さな雲粒と大きな雲粒では、小さな雲粒は蒸発しやすく、大きな雲粒の方が凝結しやすいです。そこで、大きな雲粒の方がどんどん成長していきます。まるで資本主義です。

ところがこの効果は限定的です。より大きな効果があるからです。この図は、雲粒・雨粒の落下速度を表しています。大きくなればなるほど、どんどん落下速度が大きくなります。ちなみに、空に浮かんでいるように見える雲は、実際には、ほんのわずかの速度で落下しています。落ちてこないように見えるのは、実は、落下速度が十分小さいからです。また、場合によっては、ちょっとした空気の流れ(上昇気流)の方が早かったりするので、本当に浮かんでいたり、あるいは上昇したりするようにも見えます。

話を元にもどしましょう。落下速度に違いがあることは、雲粒の成長に大きな影響があります。落下速度が大きい雲粒は、落下する際に小さい速度の雲粒を追い越す際に、くっつけて捕まえることができます。このようなことが起こるために、大きな雲粒は、どんどん大きくなり、小さな雲粒は、大きな雲粒に吸収されていきます。

このようにして、大きな雲粒ほどどんどん大きくなります。やがて、多少の上昇気流があつたとしても落下するようになります。これが雨です。

やや長くなりましたが、以上が雨粒の成長のお話です。

## 6.4 雨のふる場所

この様に考えると、雨のふる場所は、雲のできる場所でなければなりません。では、どのような場所で雲ができるのでしょうか。前の話を総合すると、次の条件が整っていなければなりません。

### 1. 凝結核があること

これは、ほとんどの場所で十分にあることはお話ししました。

### 2. 上昇気流があること

大気は、先週お話ししたように、上空にいくと気圧が低くなります。そこで、空気を上空に持ち上げることで気圧を下げることができ、そこで飽和蒸気圧が低下して雲を作ることができます。

それでは、上昇気流はどのような場所でできるのでしょうか。それにもいくつかのパターンがあります。

#### (a) 山に風が当たる場所

風が山に当たると、強制的に上昇気流ができます。そのため、山に風が当たる場所では雲ができ、雨が降りやすくなります。

紀伊半島にある尾鷲は、日本でもっとも降水が多い場所として知られています。この場所で降水が多いのはしめった南風が山に当たって上昇気流が発生するためです。

この図を見てください。これは、今年の台風12号の時の降水分布です。赤いところは沢山の雨が降っています。これを見ると、尾鷲付近は非常に多くの雨が降ったことがわかります。また、一般に、陸地は海面よりも高度が高いので、海上よりも陸地の方が雨が降りやすい様子もわかります。

## (b) 温められた地面

先日お話ししたように、温められた地面の上では空気は軽くなります。するとそこで上昇気流が発生します。ハングライダーをやっている人から話を聞いたことがあります。高度が下がってきたときに、駐車場の上に上昇気流が発生していたりして、その風で高度を稼ぐことができたりするそうです。

より大きな範囲で上昇気流が発生することがあります。熱雷と呼ばれるような雷雲は、地表面が温められた時に発生する上昇気流によって形成されます。典型的なものを見つけるのは難しいですが、原理的にはそのような現象が起こります。

## (c) 前線：寒気と暖気の境目

寒気と暖気の境では、どのようなことが起こるでしょうか。寒気は冷たく重い空気です。一方、暖気は暖かく軽い空気です。この二つの空気が触れ合う場所では、暖気の下に寒気が潜り込もうとします。すると、暖気が押し上げられて雲を作ります。

一般に前線付近ではこのようなことが起こっていて雲がたち、雨が降ります。

## (d) 低気圧

先週お話ししたように、基本的に空気の流れは地衡風であると考えていいです。ところが、摩擦が作用するとどうでしょうか。摩擦力があるために、流れの速さが弱まると、気圧傾度力が勝って、高気圧から低気圧に向かう流れが発生します。低気圧に流れ込んだ空気は、行き場を失い、地面に潜るわけにもいきませんから、上昇気流を発生させます。

そこで、低気圧周辺では上昇気流が発生し、雲ができ、雨が降るようになります。

この他にもいくつかの要因で雲ができることもあります。主な要因は上に上げたような理由によります。

なお、ここでお話ししたこととは別に、雲ができると、ますます雲を発達させる仕組みがあることをお話ししておきましょう。それは、水の凝結熱です。

雲ができるとき、上昇気流によって空気の気圧が低下し、温度が下がって凝結するのであるという話をしました。ところが、この際、熱が出るのです。皆さんは水を凍らせるしたことがないでしょうか。水の温度を下げていくと、やがて氷ができ始めます。氷ができ始めると、冷却しているのにも関わらず、温度が下がりにません。これはどのように理解したら良いのでしょうか。実は、氷ができるときに熱が発生していると考えられます。その熱が発生している分、冷却していても温度が下がらないのです。

同じようなことが雲でも起こります。温度が下がって雲ができます。ところが、雲粒ができない場合よりも、雲粒ができる方が温度の下がり方が少ないのです。これは凝結熱が発生しているからです。上昇しても温度があまり下がらないのですから、雲を作っている空気は周りよりも温度が高くなる可能性があります。この様な場合、雲はどんどん上昇していくこととなります。

雲の形をよく見てみてください。スラッとした形の雲もあれば、もくもくした形の雲もあります。もくもくした形の雲(これを積雲といいます。)については、このような仕組みが働き、上昇気流が起きやすくなっています。特に対流圏の上端(対流圏界面)まで達するような積雲を積乱雲と言っています。雲があるところは、他のところよりも強い上昇気流が維持されるので、下層で空気を集めやすくなります。そこで、一度雲がたつと、むしろ周りは雲が立ちません。これは、大きな雨粒が成長していきやすいのと似ています。

## 6.5 降水システム

皆さんは、雨はどのくらいの時間降り続けると思いますか？非常に長い時間降り続く雨もあれば、短い時間で止んでしまう雨もあります。実は、一般的に、積乱雲の寿命は 30 分程度であると言われています。ところが、より長く雨が降るのはなぜでしょうか。

また、大気中の水の量は限られています。空気中にある水蒸気を全部、雨にしたらどの程度の雨になるか、を「可降水量」と呼んでいます。大気の可降水量は、気象条件によっても異なります。それでも、大体、20mm とか、30mm といった程度です。ところが、より多くの雨が降ることが知られています。これはどうしたことでしょうか。

実際に、熱帯地方のスコールを考えると、この見積りは正しく、体験したわけではありませんが、数 10 分程度で降り止むと思います。降水量も 数 10mm 程度です。

降水システムにはいくつかのものがあります。

**前線** 気象学では特に寒気と暖気の境目のことを前線といいます。前線では、基本的に寒気が暖気の下に入り込むため、暖気を押し上げます。その結果、暖気側で上昇気流が発生して降水が継続して起こります。

**スコールライン** 線状に伸びる降水をスコールラインと呼んでいます。積雲対流が上下の流れの違いによって傾いていることが一つの特徴です。雨が降ってできる冷気が次の積雲を引き起こすような構造になっているために継続して降水が発生します。

**台風**

**マルチセル** セルとは、一つ一つの積乱雲のことです。複数のセルが集団を作り、その内部でセルの生成と消滅を繰り返します。そのため降水が継続します。

**スーパーセル** 非常に大きな積乱雲のことです。これが発達すると竜巻を伴うことがあります。

## 6.6 課題

- 降水が起こる条件についてまとめて下さい。