

# お天気談義——積乱雲と豪雨



工学博士 西尾 宣明  
元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

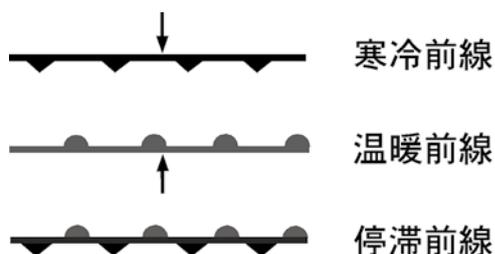
## 豪雨が九州・四国を狙い撃ち!?

**与太郎** 大家さん。今年も九州の方では梅雨の豪雨が大変でしたね。何で毎年のように豪雨が集中するんでしょうね。梅雨前線ってというのがあの辺にできやすいんですか？

**大家** 前線というのは、高気圧と高気圧に挟まれた気圧の谷に沿ってできるもののようです。

冬の間かなり南までのさばっていたシベリアからの冷たい高気圧が春になって暖かくなると勢力が弱まって、太平洋の高気圧との間にできた気圧の谷は次第に北上して来ます。

そこには南から暖かくて湿った空気が流れ込むようになって、ちょうど寒冷前線と温暖前線が「押しくらめ頭」をするような形になります。そうすると前線の



図① 前線記号

動きが鈍い「停滞前線」と呼ばれるものになりますが、日本の上を一ヶ月以上もかけて通り過ぎる停滞前線はとくに「梅雨前線」とも呼ばれています。

天気図の上では寒冷前線には三角印をつけて、温暖前線には半円形の印をつけて表しますが、停滞前線にはその両方の印を付けます。

**与太郎** 大家さん。気圧の谷だの何とか前線だの一ぺんにいろんな専門用語が使われても話が見えませんか。その辺から少し説明してくれませんか？

## 寒冷前線・温暖前線・停滞前線

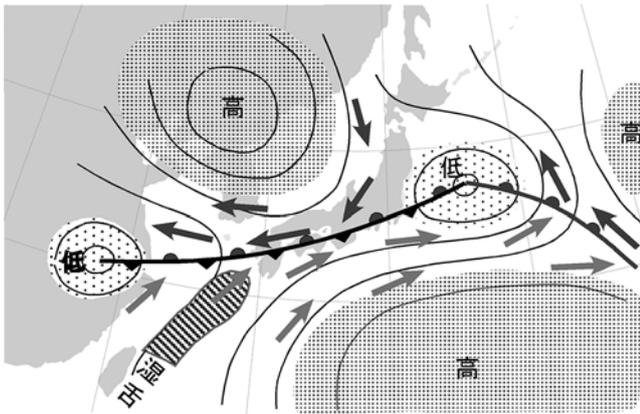
**大家** それもそうだな。つい話が先走りました。

まず、夏が近づくとインドの東のベンガル湾辺りの水温が高くなって海水の蒸発が盛んになります。大気の湿度が高いということは低気圧ができるということです。そこでできた低気圧は偏西風に流されて東に向かって移動します。

そうして数珠つながりになった低気圧が、ちょうど高原を浸食した谷のように見える所から気圧の谷と言う訳です。絵にするとこんな具合です。

**与太郎** なるほど。これは分かりやすいです。

いかにも高気圧を削ってできた谷っていう感じがしますね。



図② 梅雨前線に湿舌が

**大 家** この数珠つながりの低気圧はゆっくりと東に移動しますが、シベリアからの高気圧が衰えて来るとさっき言ったように気圧の谷はじわじわと北に移動して、日本列島に梅雨の雨を降らせる訳です。

**与太郎** ついでに、寒冷前線と温暖前線っていうのは停滞前線とどう違うんですか？

**大 家** 寒冷前線はさっきの停滞前線に似ています。つまり、この図②の右側の低気圧から南西の方向に伸びるような形です。

寒冷前線は南側の温暖な大気の勢力が弱いときにできるもので、前線は南に向かって移動します。そうすると、寒冷前線は低気圧の中心の周りに反時計回りに回るように動いて行きます。

あ、そうそう。前線とは北側の寒冷な大気と南側の温暖な大気とが接触している部分、それが地表面と交わる線を指しています。だからその前線が通り過ぎると急に気温が下がるということが起きます。

風の向きはこの図②と同じように等圧線に沿うような方向が基本ですが、それに前線自身が南下する速さが加わって、北寄りの風の成分が強くなりますね。

**与太郎** ああ、そうなんだ。

**大 家** インターネットで色々調べてみると、寒冷前線の断面は次の左側の図のように丸みのある形に描かれています。これは地表面の空気抵抗のためらしいです。

一方、温暖前線は右側の図のように寒気の上に温暖な大気が乗上げる形になるので、寒気は押しつぶされるような形で、なだらかな傾斜の楔形になるようです。

**与太郎** 暖かい方の大気は湿っていて軽いから寒冷前線に押されて上昇するのは分かるけど、温暖前線では寒気を押しつぶすっていうのはどうしてなんですか？

**大 家** 先の図②を見てご覧。右側の低気圧の東にある高気圧からの風と南西方向からの風は向きが違ってしょう？

低気圧側の風が高気圧に横からぶつかる感じになっています。

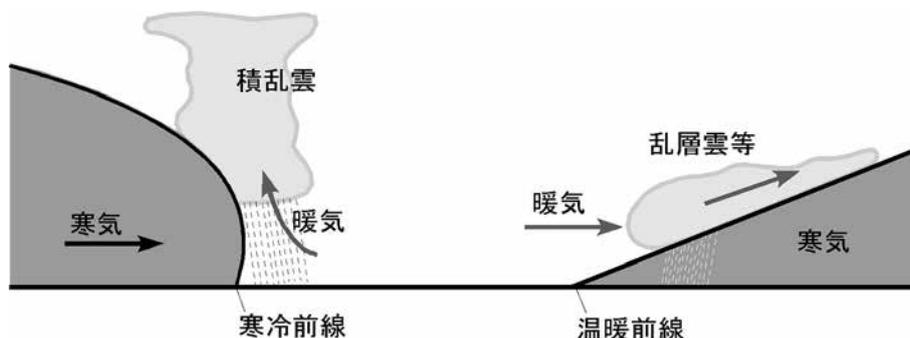
**与太郎** ああ、そうか。横からぶつかるけど暖かい風は湿度が高くて軽いから、寒冷前線のようにモロに相手を押し返すんじゃなくて、上の方に逃げて行くって感じになるんだ。

この図③のような説明だと、どうしてそうなるかが分かりやすいですね。

**大 家** そうでしょう？ どんな説明を見ても「寒冷前線の形はこんな風で、積乱雲ができる」、「暖気の勢力が強いと温暖前線ができる。こんな形で乱層雲のような低い雲ができる」と言うだけで、どうしてそうなるかの説明は一切ありませんからね。

**与太郎** でも、今の大家さんの説明で、さっきの梅雨前線の図もだいぶ分かって来ましたよ。

この梅雨前線に向かって南の方から暖かくて湿った風が吹いて来るんでしょう？ それが高気圧にぶつかって寒冷前線の時と同じように上昇気流になるんでしょう？



図③ 寒冷前線・温暖前線

## 湿舌

**大 家** そういふことですね。

特に気圧配置の影響で、南からの風が前線に角度を持ってぶつかるような所で温暖な大気が急上昇しやすいのだと思います。

実際、梅雨時<sup>つゆどき</sup>には先の図②のような気圧配置になりやすいと思います。この配置が少し東にずれると紀伊半島のあたりに南からの大気がぶつかることになりま

**与太郎** 図には湿舌<sup>つゆどき</sup>っていうのも描いてあるけど、これがうんと悪さをするんでしょう？

**大 家** そうなんです。

南シナ海や南西諸島の海域から暖かくてうんと湿った空気が供給され易いわけです。

まずいことに、その湿った空気は太平洋の高気圧の縁に沿うように北上して、もろに九州から四国のあたりを狙い撃ちにする訳です。

その湿った空気が長いベロのような形で連続して押し寄せる時に、それを「湿舌」と呼ぶようです。

**与太郎** でも、どうしていつも同じような所から雲が湧いて来るんでしょうね。

**大 家** その辺になると確信が持てませんが、陸地や島の配置も深く関係しているのではないのでしょうか。

たとえば、海とか平らな陸地を渡って来た大気が突然山地に出会うと、それだけで上昇気流ができますからね。その向こうに寒気が控えていれば尚のこと上昇気流が強くなると思います。

**与太郎** 山の出っ張りがそんなに利くんですかね。

**大 家** 何しろ大気の厚さは10キロそこそこですからね。しかも低いほど大気は濃い訳です。だから500メートルとか1,000メートル程度の山地でも大気の流れには相当に影響すると思いますよ。

## 積乱雲——断熱膨張の威力

**与太郎** しかも湿舌の湿った空気はうんと軽いから高気圧の上に勢い良く乗上げるといふわけですね。

**大 家** そういふことです。先の図②では、湿舌が北九州のあたりで前線に斜めにぶつかるように描きましたが、こんな時には寒気の上に暖気が乗上げる動きも強くなって強力な積乱雲ができやすいでしょうね。

**与太郎** その上昇気流ってどのくらい激しいんですか？

**大 家** 普通の、乱層雲などの雲を作る時の空気の上昇の速さは1秒間に1センチぐらいのものらしいです。しかし、積乱雲を作る時のような激しい動きでは1秒間に1メートル以上、数メートルにも達することがあるらしいです。

**与太郎** へえー。激しいって言ってもそんなものなんですか？ 夏の入道雲なんか、モクモクと、いかにも激しく動いているように見えるけど。

**大 家** 形はいかにもモクモクと盛り上がるように見えるけれども、じっと見るとほとんど動いていませんよ。

しかし、たとえ秒速1メートルでも、1時間、3,600秒の間には約4キロの高さまで上昇できる計算ですから、結構大変な速さだと思いますよ。

それに比べて、水平方向の大気の動きはとても速いんですね。

ほら、偏西風がもの凄い速さで地球を360°一回りしたり、台風などでは秒速50メートルもの風が平気で吹くでしょう。しかし、その台風の大元は厚さ10キロの中での上下の大気の動きが作るんですね。

そんな台風の渦巻きの中でも、空気の上昇速度はせいぜい数センチか数十センチといった所らしいです。

それに比べたら数メートルというのはとてつもなく速いと言えます。

**与太郎** そうなのか。大家さんが言うんじゃないですかね。わたしも気をつけて雲を観察します。

**大 家** それから、大気の固まりと固まりが押し合っても、二つの固まりの境目で少し混ざりあうだけで、短時間の間に全体として混ざりあうことはほとんどないんですね。

だから、北からの寒気の上に乗上げる湿った空気はそのままどんどん上昇して断熱膨張します。そして気圧と温度がぐんぐんと下がって行きます。

**与太郎** 断熱膨張って？

**大 家** 外部との熱のやり取りが全然ない状態で気体の圧力を下げる、つまり「断熱」の状態で膨張させるということです。

平均的には地上3キロメートルまで上昇すると気圧は1,013ヘクトパスカルから700ヘクトパスカル近くまで下がって、地上の温度を25℃とすると、温度はマイナス5℃ぐらいに下がる計算になります。

更に5キロメートルまで上昇するとすれば、気圧は

500ヘクトパスカル程度ですから、断熱膨張によって空気の温度は約マイナス30℃まで下がることとなります。

**与太郎** へえー。ずいぶん下がるものなんですね。断熱膨張って凄いな。

**大家** 気体が断熱膨張すると温度が下がるというのは与太郎さんも結構経験している筈ですよ。

**与太郎** そうですか？ 全然分かんないな。どんな時ですか？

**大家** 消臭剤や殺虫剤のスプレー缶をゴミに出す時に、缶に孔をあけますね？

まだ少しガスが残っていると、シューッと勢いよく噴き出すでしょう？

その時に缶がかなり冷たくなります。あれが断熱膨張の効果というものです。

**与太郎** ああそうか。そう言えば結構冷えますね。あれは残っている圧力が高いほど余計に冷たくなるんですか？

**大家** そうです。2、3秒シューッと音がする程度に残っていれば、缶の中の温度は夏でも10℃以下ぐらいまで下がるんじゃないですか？

**与太郎** 冷蔵庫の中の温度ぐらいか。道理で冷たい訳だ。

**大家** 冷蔵庫やエアコンのクーラーなどもコンプレッサーで圧縮したガスを圧力の低い部屋に噴き出して温度を下げます。それも断熱膨張の効果です。

**与太郎** ああ、そうなんだ。

それにしても、空気が5,000メートル上昇するとマイナス30度にもなるっていうのは凄いですね。

そんなに温度が低いと空気に含まれた水蒸気は氷になってしまうんですか？

**大家** ところが、温度が0℃以下になっても、水蒸気分子同士はなかなかぶつかり合わないので、零下20℃や30℃になっても氷はおろか水滴さえ作れない場合があります。

そういうのを過冷却状態と言いますが、実際には水の分子よりもうんと大きな塵が結構含まれていますから、そういったものが核になって、極端に低い温度でも水滴ができて、更には水滴が沢山集まって氷の粒を作ったりします。そういう水滴や氷の粒が光を反射して、我々には雲になって見える訳です。

**与太郎** その雲はどうやって雨になるんですか？

## 雲から雨が、雷が！

**大家** できたての水滴や氷の粒は小さいので数メートルの上昇気流があると下に落ちることができません。しかし、だんだん小さい粒がぶつかりあって大きく成長すると落ちるようになります。

ところが、少し下に行くと大気温度は高くなります。そうすると粒の一部は融けたり蒸発したりしてまた上昇気流に乗って上に持ち上げられます。そんなことを繰り返しながら大きな水や氷の粒に成長して行きます。積乱雲の5,000メートルとか8,000メートルと言った高さでできる水の粒はほとんどが氷でしょうね。

**与太郎** 氷になると下に落ちやすくなるんじゃないですか？

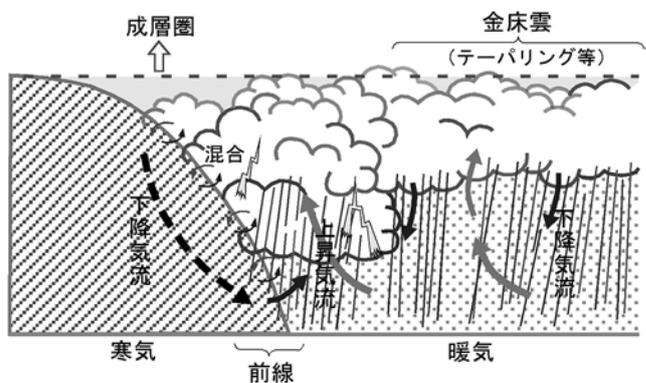
**大家** 氷と水は比重がほとんど同じだから落ちる速度はそれほど変わらないと思いますが、ある程度大きくなると氷の方が蒸発はしにくいでしょうね。

それが落ちる途中で融けて水になって、つまり雨になって降る訳です。しかし、氷の粒がうんと大きいと地上に着くまで溶けきらずに雹やあられになる訳です。

**与太郎** そうなんだ、雲の中では結構忙しいことが起きてるんだ。

**大家** 上に行ったり下に行ったり、氷の粒同士がぶつかりあったりするので、あちこちで弱い静電気も起きるでしょうね。

部分的には弱くても、それが集まって雲の大きさの何キロメートルという規模になると、とてつもない電圧の静電気が溜って、雷が発生するということですね。



図④ 停滞前線と積乱雲 (イメージ)  
(注意：金床雲が伸びる方向は紙面に直角か寒気に乗上げる方向)

**与太郎** ああ、そうなんだ。

でも、今は梅雨前線の積乱雲の話だったでしょう？ 夏になると関東でも栃木県辺りは凄く雷が多いですよ。ああいうのとはどう違うんですか？

**大家** 積乱雲の中で起きていることは同じですよ。違うのは水蒸気の供給元の違いです。

山に囲まれた盆地の地形では地面が強烈に温められて、水蒸気が盛んに発生します。それで湿った空気は自分からどんどん上昇して、断熱膨張しながら積乱雲を作ります。前線の雲と違うのは前線の配置などには関係がないということです。

**与太郎** そう言えば、天気は凄く良いのに、遠くの方でモクモクと入道雲が立ち上がって、ゴロゴロと音が聞こえることがありますね。

あの雲の下では大雨が降って、雷がいっぱい落ちてると思えば良いんですね。

**大家** そういうことですね。

一方で、前線の積乱雲は湿舌などから次々に水蒸気が供給されるからどんどん発達して長い時間にわたって豪雨を降らせることになる訳です。

それに対して、盆地などにできる積乱雲からの雨はせいぜい何時間という程度しか続かないでしょうね。

ここで、ちょっと注意しておきますが、積乱雲を作る上昇気流があると言うことは、どこかに必ず下降気流も生じると言うことです。そうでないと上空にどんどん余分な大気が溜ることになりますが、それはあり得ないことです。

さっきの絵の中にちょっと描いておきましたがね。

竜巻はこの上昇気流と下降気流の兼ね合いが特別な条件の時に発生するのではないのでしょうか。

**与太郎** そう言えば、夕立が降る前によく冷たい風が吹きますよね。あれは上空の冷たい空気が降りて来るせいなんですね。

**大家** 私もそう思います。

## 不確かな時代の今こそあなたのお役に立ちます

人・地球・水環境  
**月刊下水道**  
JOURNAL OF SEWERAGE, MONTHLY  
September, 2012  
VOL.35 No.11

**特集 下水道は電力の壁を乗り越えられるか**

- 東京都における即電と省エネルギーの取組み
- 下水処理場を「街なかの小さな発電所」に
- 電力削減に立ち上がり、下水道の技術者たち

■人・地球・水環境  
下水道研究会 会長 梶 裕 氏

■下水道「12時戸泊」  
「下水道の成熟化」象徴する祭典に

環境新聞社

— どのページも実務者の視点 —

**月刊下水道**  
JOURNAL OF SEWERAGE, MONTHLY

### 〈5大特色〉

1. 基本姿勢は地域の活性化と魅力ある街づくり
2. どのページも問題解決のキーポイント
3. 技術革新の動きをリアルタイムで伝達
4. わかりやすい文章で下水道の動きを紹介
5. 官・学・民にわたる双方向の情報交流を実現

お申し込み・お問い合わせは——  
(株)環境新聞社・月刊下水道購読係  
〒160-0004 東京都新宿区四谷3-1-3 第1富澤ビル  
TEL.03-3359-5371 FAX.03-3351-1939

▶ 毎月15日発行 ◀  
〈購読料〉  
年間18,900円(税込み・送料サービス)  
1冊1,575円(税込み・送料150円)