

質疑応答

質問は、東京都千代田区大手町 1-3-4、気象庁内
日本気象学会天気編集委員会宛、どうぞ

問：水蒸気の凝結による潜熱放出の効果が、力学的不安定度に及ぼす影響について教えてください。(気象庁A)

答：これまでも最も多く論じられてきた力学的不安定度の議論は、乾燥断熱大気中における長波の不安定性に関するものでした。それは中緯度偏西風帯に観測される、波長5,000~6,000 kmの長波(long wave)の生成、発達を説明するバロクリニック(傾圧)不安定度としてよく知られています。紙面の都合で復習は止めておきますが、この場合風速の鉛直シアや平均場の静的安定度といったパラメーターが、不安定波の波長を決める上で大切な役割を果たしていることは、よく御承知のことと思います。

さて、次に乾燥大気の代りに湿潤大気を考えてみましょう。もし凝結が起らなければ、近似的には乾燥断熱大気の場合の不安定性の議論が成立つとしてよいでしょう。しかし、もし凝結が起きて潜熱が放出されると、様子が変わってきます。潜熱放出の程度が少ない場合は、上記のバロクリニック不安定度が少し変化します。一般には不安定度が増加し、最大不安定波の波長が短かい方へ移ります。このことの物理的な根拠としては、次のように説明できます。凝結による潜熱の放出は、上昇流が存在する場所つまり気圧の谷とその下流の峯の間で起ります。従って気温場でみて、気圧の谷の前面の暖域が一層暖められ、気圧波のバロクリニックな発達に有利に働くと考えられます。すなわち、位置エネルギーをより多く運動エネルギーに変換することになるからです。同時に鉛直速度の振巾も数倍増加します。

しかしながら以上の議論は、長波の枠内での話で、本質的には地衡風運動としての気圧波の不安定性についてでした。ところが、潜熱の放出が著るしく増大し、条件付不安定大気中の力学不安定度となると話が変わってきます。現在まだ研究が進んでいる途中ですが、大筋を次に述べましょう。さしずめ湿潤大気中の力学を論じることになるわけです。

潜熱の放出による加熱項は、相当温位の式では形式的には表に出ず、湿潤断熱の式となります。従って、乾燥断熱の式における静的安定度を含む項は、相当温位を使った静的安定度に相当するものを含む項となります。ここで先のバロクリニック不安定度の議論でも静的安定度の役割が大きかったことを思い出して下さい。不安定度の議論では、しばしばリチャードソン数 R_i が用いられ

ます。これは

$$\frac{\text{静的安定度}}{(\text{風速の鉛直シア})^2}$$

に比例する物理量で、対流圏では平均して数十の値をとります。所が、湿潤大気中で潜熱の放出量が多くなると、相当温位を使ったみかけの静的安定度が小さくなり、それに伴って R_i が1のオーダーとなります。(勿論、風速の鉛直シアの増大によっても R_i は小さくなります。また、ロスビー数 R_o など他の物理数やパラメーターの組合せによっても様子が変わりますが、ここではそれらは余り変らないとします。)

R_i が1に近い状態の大気中では、バロクリニック不安定波と類似の性質の波のほかにも前線性波動のような波も不安定になります。また、 R_o などとの組合せで、もっと違った型の不安定波もみられるようになります。これらの新しい不安定波には、本質的に長波のバロクリニック不安定波と同じカテゴリーに入るものと、新たに別の不安定度と結びついたものがあります。こうした理論的な位置づけは、まだ完成していないと思います。

また、熱帯性低気圧が発達したり、その勢力を維持したりする場合に見られるように、対流雲による凝結の潜熱の放出そのものが、不安定の生成に本質的な役割を果たしている現象があることもよく知られています。

更に、数値シミュレーションの手法によって、不安定なじょう乱の全体的な物理像も追求されています。

(気象庁電計室 新田 尚)

問：「フェーンは暖いのに、おろしはなぜ寒いのですか?」

(気象大学校一会員)

答：気流が山を越す場合、山の風上斜面では強制上昇のため断熱膨張により冷却し、空気中の水蒸気は凝結し、降水をもたらす。山を越して風下斜面では吹き降りてくる間に断熱圧縮によって昇温し、乾燥してくる。この暖かい乾いた風をフェーンと呼び、風上斜面と風下斜面の間でこのようなコントラストが生じる現象をフェーン現象と呼ぶ。フェーンとはヨーロッパアルプスでこのような風に名付けられた名である。フェーン現象は世界各地で起り、日本では、春、日本海に低気圧が入った場合、強い南風が日本の脊梁山脈を越して日本海側に吹き降りてくる場合など、日本海側はフェーン現象によって暖かい乾いた強い風が吹くので知られている。もともと南か

ら吹いてくる風は暖かいのに、さらにフェーン現象によって昇温するので、かなりの高温になり、山の雪は急にとけて下流部には洪水が起ったり、乾いた強風なので山火事が起ったりする危険がある。

一方、おろしとは何かが問題である。フェーンも山の風下斜面を吹き降りてくるのだから、フェーンもおろしの一種であると言よう。しかし、一般的な日本人の感覚からは、おろしは寒いと言うのが普通であろう。そこで、おろしとは何かを説明しなければならない。

おろしのうちの最も典型的なものは、その山の背後の山岳地帯で冷却した空気があふれだし、重力に従って山の斜面を吹き降りてくるものである。山風または斜面降下風（カタバ風）の非常に発達したものがこれで、高緯度地方の冬は夜が長いので地面が冷え、もし山が海岸にある場合などは風下の山ろくと、背後の山岳地帯の気温の差は大きくなるのでよく発達する。このような風をボラと言う。

ユーゴスラビアのアドリア海岸のボラも、教科書の説明ではこれに類するもののように書いてあるが、このような純粋なおろしの場合生まれ、北極地方からの寒気の吹きだしにともなって発生する場合がほとんどである。

おろしが卓越する季節はいつかを考えてみると、世界中どこでも、冬を中心にして秋から春までのことが多い。これは先ほど述べたように、山岳地帯で冷えるという効果が大きいからである。また、日変化では昼よりも夜発達するのはやはり冷却の効果がきくためであろう。

さて、それならば、関東平野で冬に吹く、赤城おろ

し、榛名おろし、秩父おろし、筑波おろしなどは、フェーンであろうかボラであろうか。日本海側ではあのように大雪が降っているのに、太平洋側は青空であることから、フェーン現象が起っていることは疑う余地はない。しかし、関東の上記のおろし風は冷めたいことも、体感で知られているように、間違いない。

結局、現在のところ、次のように定義しておくのが最もよいように思われる。フェーンもボラも山越え気流である。山の風下斜面を吹きおろしてくる風、いわゆるおろしである。この場合、山の風上側山ろくと、風下側山ろくとを比較すると、いずれの場合も風下側で高温になり乾燥している。フェーンはより低緯度地方からの温暖な気流にとまらぬ場合に卓越し、暖候季に著しい。したがって、風下側山ろくでは、フェーンが吹きだす以前よりは気温が上昇する。一方、ボラは、より高緯度地方からの寒冷な気流の吹き出しにとまらぬ現象で、寒候季に卓越する。そのため、山ろくにおいては、ボラが吹きだす以前の気温よりも低下する。山を越す前に内陸で冷えると一層強くなる。

このような定義によれば、関東平野で冬の季節風の吹きだしにともなって卓越するいろいろな山の名のついたおろしはボラになる。しかし、注意したいのは、実際には必ずしも名のついた山の山頂を越してくるわけではなく、その名のついた山の山ろくで強く吹く脊梁山脈を越してきたボラである。

以上のことについてさらに詳しく知りたい方は、「ボラとフェーン」（高橋浩一郎編：世界の気象、毎日新聞社 1974）を読んで下さい。（吉野正敏）

(*41ページからのつづき)

外像を作成している。

Thermal Mapping または Thermography 装置による被写体の温度測定は衛星の場合と同じように被写体から離れるに従って大気中に存在する気体または粒子状物質による吸収や放射による影響が大きくなるので、その定量解析には大気放射学の知識が必要である。

(井沢龍夫)

(**41ページからのつづき)

実際の地表温度より低いので、気温は地表温度より低い不連続な分布で平衡に達する。しかし熱伝導の作用は地表温度と連続的に気温が接続しなければならないので、この両作用でミナマムが形成される。反論—この作用は定量的に桁ちがいに小さく、 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ の温度差を持つミナマムを説明できない。（近藤純正）