

6. 冷気の流出に関するコメント

木村 竜 治*

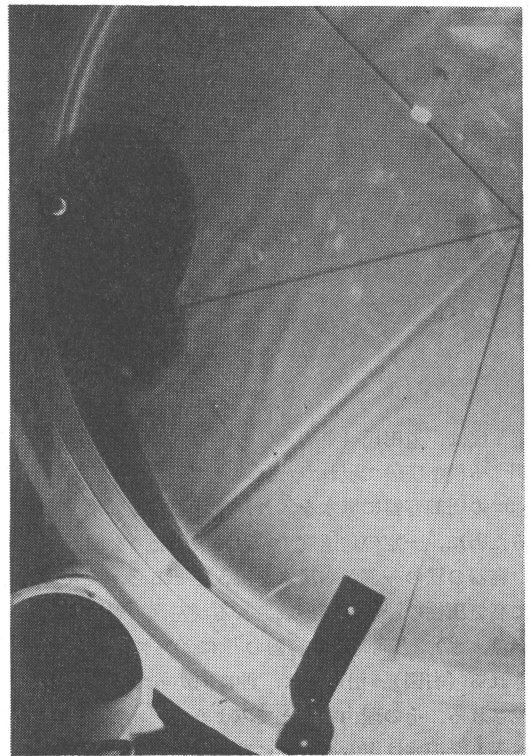
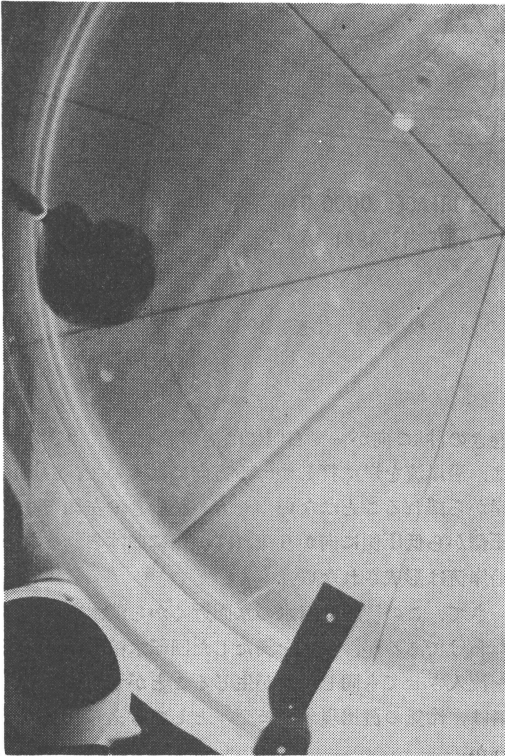
冷気の流出の特徴について考えてみたい。この問題は、東北の冷夏のみならず、冬の北西季節風、関東地方の北東気流、北海道の霧などに関連して重要であるが、気象力学的な立場から十分に研究がなされていないように思われる。

冷気は地をほうように流出する。その結果、地表面付近の現象であるにもかかわらず、水平規模が冷気層の厚さに比べて非常に大きいという特徴をもつ。たとえば、やませに伴う冷気層の厚さは 1 km 程度であるの対

し、水平方向には総観規模の広がりをもつ。盆地内の冷気は水平方向の広がりが数 km 程度であるが、冷気層の厚さが数十 m 程度であることを考えれば、水平規模と厚さの比は、やませと同程度になる。

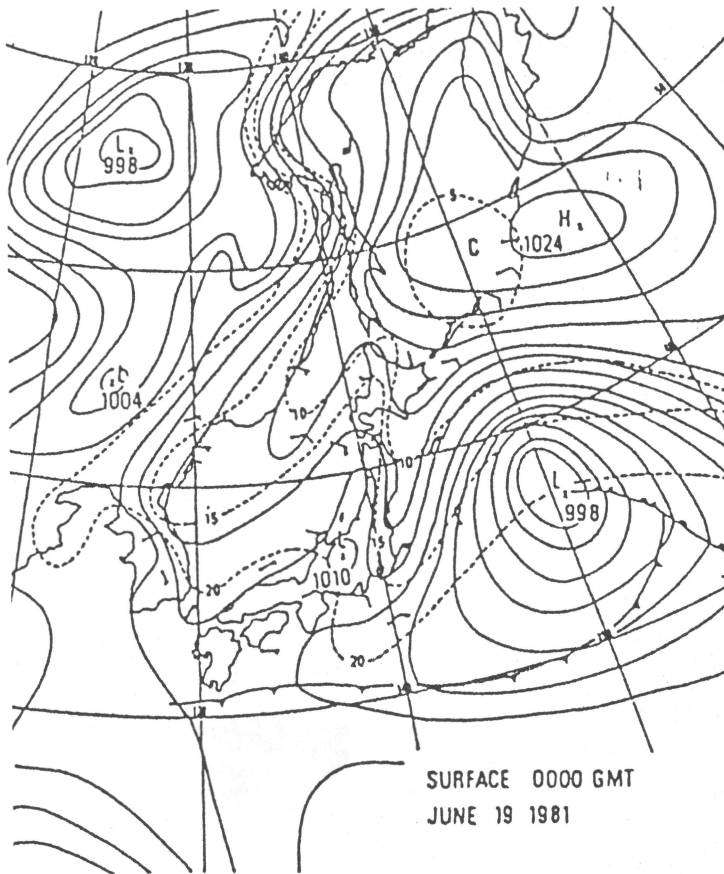
冷気の形成に対する地形の重要性は近藤氏が述べられたので、ここでは、冷気の流出に対する地形効果の一例を示す。

冷気層を海洋にたとえれば、山は冷気層に対してあたかも海岸のような役割を果たす。



第1図 沿岸流の形成の実験。塩水を満たした回転円筒容器の側壁から着色した淡水を注入する。容器の直径 78 cm, 回転角速度 0.84 rad s^{-1} , 塩水と淡水の密度差 0.012 g cm^{-3} , 注入量 1.65 ml s^{-1} . 左図は注入開始から15秒後, 右図は60秒後。高気圧性の渦巻きが形成され, 同時に一方のみ沿岸流が形成されることがわかる。東京大学理学部地球物理学教室 永田・道田両氏提供。

* Ryuji Kimura, 東京大学海洋研究所。



第2図 やませ時に特徴的な地上天気図のパターンの例 (工藤, 1983; 春季大会予稿集 135).

第1図は、道田氏(東大・理)が行った沿岸流の形成に関する模型実験で現れた流れのパターンである。内径78 cmの円筒容器に塩水を入れ、地球の自転効果を表現するために、一定の角速度で鉛直軸のまわりを回転させる。容器の壁の一部から淡水を流入させると、流入口近くに高気圧性の渦巻きが形成される(左図。着色した部分が流入水)。と同時に、容器の壁に沿って沿岸流が形成される(右図)。沿岸流は、沖に向かって右側のみ形成される。その理由を考えてみよう。

流入した淡水は塩水の表面にひろがろうとするが、コリオリ力が働いて発散する流体は右側に曲げられ高気圧性の渦ができる。しかし、等圧線に沿う流れが容器の壁にぶつかる所では、流れが強制的にとめられるために、地衡流平衡を維持することができない。その結果、高圧側から低圧側に向かう沿岸流が形成されるのである。渦

巻きの沖に向かって右側では沿岸流に働くコリオリ力は、沿岸流を岸に押しつける方向に働くので、沿岸流は岸から離れることはない。一方、渦巻きの左側では、高圧側から低圧側に向かう流れは沖側に曲げられるために沿岸流は形成されない。

さて、この実験は塩水の水面近くから淡水を流入させたわけであるが、淡水を満たした回転水槽の底から塩水を流入させても同じ現象が生じることが予想される。後者は、冷気の流出現象のモデルとして考えられないだろうか。

第2図は、筑波大学の工藤氏が解析したやませ時の天気図の一例である(工藤, 1983)。シベリア大陸と日本列島の東岸に沿って、高圧部が帯状に張り出しているのが見られる。これは、オホーツク海高気圧の下層の冷気が《沿岸流》として南下している様子を表しているのではない

だろうか。

同種の現象は、ヒマラヤ山塊の東側やアフリカ南岸に沿う cold surge など、大規模な冷気に伴ってしばしば現れる。しかしながら、冷気層の厚さや幅がどのような

メカニズムで決定されるのか十分に解明されていない。冷気の流出形態の研究も大に行われてしかるべきであろう。

討 論

二宮氏に対して

加藤(東大海洋研): 根室, 札幌, 三沢で囲まれる領域内での $\frac{\delta}{\delta t} (T + \frac{L}{c_p} q)$ の鉛直プロファイルを示されたが, $\frac{\delta T}{\delta t}, \frac{L}{c_p} \frac{\delta q}{\delta t}$ 自身のプロファイルの特徴はそれぞれどうか. inversion 下の寒気層内の変質過程で, 層雲も出ていると予想されるが, 層雲の雲頂(混合層 top)付近で cooling, moistening の peak がみられるか等, 薄い寒気層内での物理過程を考えるうえで必要な情報と思われるので質問します。

二宮: 積分したものでは $\frac{\delta T}{\delta t}$ が T に対して $\frac{L}{c_p} \frac{\delta q}{\delta t}$ が2程度, 層雲が寒気層内に卓越している。混合層 top 付近では一層 cooling となっている。かなり, 日々の結果はガタガタしているが, 精度を上げようとすると, 別の system の影響も出ている地点も含めたりする必要が生じ, 代表性を失う恐れがあるので, 代表性を重視して示した。

全層で積分すれば, 潜熱の項が顕熱の2倍程度です。観測からみれば, 層状雲が東風層内に存在している。そして, 混合層の上部では warming となっている。ただし, $\frac{\delta T}{\delta t}$ も $\frac{\delta q}{\delta t}$ も大きくない(冬期の気団変質に比し)ので(誤差に比しても), あまりきれいなプロファイルになっていない。きれいなプロファイルを得るには, 解析領域を大きくすればよいが, そうすると代表性(問題にしている現象についての)が乏しくなるので, ここでは誤差はがまんして狭領域で定量解析を行った。

昆氏に対して

沢井(気象研): 北海道太平洋岸の霧とやませに伴う霧では風系が違う。北海道の霧は移流霧と考えるとしてやませに伴う霧はどうして出来るのか。

昆: 昭和51年6月末から月はじめにかけてオホーツク

海高気圧の前面で南下した寒気は新鮮で非常に強く海霧の発生もなくむしろ陸上では降霜被害を受けた。しかし, 一般には先行する低気圧の後面にはいる寒気といえどもこの時期に進入するものは千島海流上では海面水温より高いものが多く, 滞留する間には霧が発生し得ると思われるが, 海上の高層観測資料がなく確かめていない。

一方, 先行する発達した低気圧の前面では強い暖気の北上があり, これによって発生した霧が北東風によって運ばれるものもあると思う。

桑形(東北大): やませの冷気層の厚さが1,000m ぐらいでその上が逆転層でハッチされているというが, そのうすい冷気層が奥羽山脈(標高1,000m以上の所)を越えられないため, 逆転層の上の温位の高い空気が日本海側へ吹き降りてくるため, 日本海側ではあまり低温にならないのか, また山で遮断された冷気層は迂回して山の低い所などを通して日本海側へ抜けるはずであるが, そのような通り道では日本海側でも低温となると予期されるが実際はどうか。

昆: 秋田県の北東部鹿角市や小坂町の米代川上流域がその例と思われるが, この山沿い地方は標高や雲による日照不足も大きな要因と考えている。55年の作況指数は小坂町37, 鹿角市42であった。

木村: 冷気層は津軽海峡を通して日本海側に抜けるよりは三陸沿岸に沿って太平洋側を南下する方を好むはずである。一般に冷気層は山を右側に見ながら進行する性質があるからである。

荒川氏に対して

石島(琉球大): inversion height の変化は数値モデルの中に取り入れられているか。そしてその効果はどう現れているのか。

荒川: ケース1では, はじめ逆転層が800~2,000mの高さに水平に置かれた。積分後, この高さは地形によ

って変形を受け、風上側で上昇、風下側で下降する。このモデルは鉛直に15層とってあるので、逆転層の地形による変形は1層や2層モデルよりも現実に近い。

孫野(気象協会)：山谷のある地形に一定の風を吹かせれば気流の変化の出てくるのは判りますが、温度変化の出てくる理由がよく判りません。モデルでは凝結も降雨も考慮していないのにフェーン現象と云う言葉がときどき聞こえましたがこの辺のところを説明して頂きたいです。

荒川：お説のとおりこのモデルには凝結・降水過程が含まれていないので、Hann がいうところのフェーンは起こりません。しかし3次元の流れでは下層の流れが山を迂回して山陰に空白部を作り、そこへ上層から温位の高い空気が降りてくるような現象が起こります。このとき風下山麓で高温・低湿のフェーン現象が起こります。風上で降水がなくとも風下の現象だけでフェーンと呼んで宜しいと思います。

三宅(盛岡地台)：シミュレーションに海水温の効果を代入していないが、やませには海水温の影響なしには考えられないのではないか。

荒川：海水温はケース1で15°C、ケース2で25°Cとしてある。前者は下層に逆転層をもつばあいで、やませのときの状態である。そして前者の方がやませをシミュレートしている。しかし、これは海水温が効いているのか逆転層が効いているのか分からない。今後の課題としたい。

近藤氏に対して

竹内(気象庁)：従来の研究(複雑な地形の気象の研究)では主に風洞実験や水槽実験で解析されていたと思う。これらの実験、数値実験と近藤さんの行われたような野外観測とを合わせて考えるとよいのではないかと、これについてどうお考えか。

近藤：各種の実験とあわせて考えることは大事なことである。これまでは比較的別々に行われていたように思う。それぞれに得策・有利性があり得意があるから、それぞれの分野で実施してこれらを総合して行くべきだ

う。

沢井(気象研)：小さいスケールの現象の捉え方について……。

近藤：地形などについては小さいスケールの集まりと考えられる。(補足：複雑地形から成る広域の地表と大気の相互作用を取り扱う際のパラメータ化を行うための基礎研究として、小地形における素過程を調べている。小地形の集まりを広域へ拡張する際、パラメータ化の必要がある)。

孫野(気象協会)：岩手県蕨川の旅行記を面白く拝聴した。蕨川の地形で特に冷える理由は何か。冷えやすい地形とは平地に近いゆるやかな盆地と思うが、風さえなければ平地が最もよく冷えるはずだが、しかし平地では風があるので冷えにくいのは、……。

近藤：おっしゃる通り、ゆるやかな盆地が最も冷えやすい。理由は、深い急峻盆地では放射の遮へい効果が効くからである。盆地底から周辺山地稜線を見込む高度が20°以下ならこの効果はほとんどない。つぎに、盆地が深ければ深いほど周辺斜面で冷えた冷気が移流してきて、盆地上空に厚く推積する。この推積が地表面の放射冷却をより一層大きくする。そして、盆地は風が入りにくく、出来た安定層が破壊されにくく、放射冷却を大きくしている。これらが蕨川の冷えやすい地形特徴である。

高橋(早大)：特別に冷えるという理由の一つには土地の性質、つまり、地中の熱伝導の違いもあるのではないのでしょうか。

近藤：そのとおりです、非常に効きます。たとえば、さらさらの乾燥雪が積もった時は熱伝導率と熱容量の積が湿潤土壌の2桁も小さくなるので冷却量は2倍くらいに増える(補足：一般に内陸は海岸域に比べて乾燥し、水蒸気が少ないので、下向き大気放射を少なくすること、地表層の熱物理想数を小さくする2点から放射冷却量が大きくなる。蕨川が盛岡より冷える分の内、3°Cは海拔の差、さらに3°Cは地形の効果、それ以上冷えた時は地表層の熱物理想数のちがいと考えられる)。