

## お天気の見方・楽しみ方 (11)

「台風並みに発達した」低気圧—2007年1月6日の場合

小倉 義光\*・隈部 良司\*\*・西村 修司\*\*\*

### 1. 問題の発端

昨年(2006年)の秋から冬にかけてわが国は、発達した低気圧により、度重なる強風と大雨の被害に襲われた。2006年9月26—27日, 10月4—9日, 2007年1月6—7日の低気圧などがそれである。こうした低気圧の場合には、それが急速に発達したこと, その中心気圧が本州東方洋上に達した台風のそれに匹敵するくらい低いこと, そして強い風と大雨による被害が発生したことなどから、「台風並みに発達した低気圧」という表現が、マスメディアでよく用いられるようになった。どれくらい本当に台風並みなのか, 今回は本年の1月6—7日のケースを採り上げて検証したい。しかも, このケースは日本列島のすぐ近くで24時間に中心気圧が46 hPaも低下するという, 珍しい低気圧でもあった。本シリーズ(9)(小倉ほか, 2007)では, 中心気圧が24時間に44 hPaも下がるという低気圧の話ですでにしている(以下前回の低気圧と引用する)。そこでは, 中心気圧はそれほど急速に低下したのに, 中心付近の渦度はむしろ衰えているという, 一見不思議な振る舞いをした。今回は中心気圧が下がると共に, 風も強まるという, もっと普通の低気圧であった。前回の低気圧とどこが違うか, どうすればこのように台風並みに発達をするのか, またそうした低気圧はどのような構造を持っているのか, 興味は尽きない。

\* Yoshimitsu OGURA, 東京大学海洋研究所。

\*\* Ryoji KUMABE, 気象庁地球環境・海洋部気候情報課。

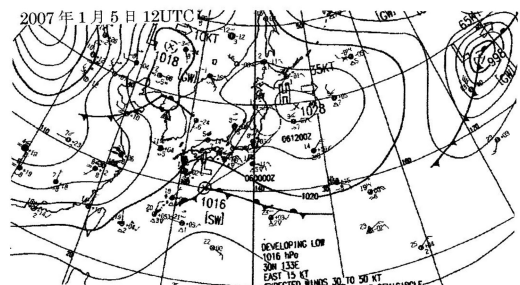
\*\*\* Syuji NISHIMURA, 気象庁予報部予報課。

© 2007 日本気象学会

### 2. 低気圧の発達

6時間おきの地上天気図を眺めて, 今回の低気圧が閉じた等圧線を持つ低気圧として初めて登場した時刻(1月5日12 UTC)の天気図が第1図である。九州の南東沖の海上, 停滞前線上に発生している。図は示さないが, 当時の気象状況を見ると, 925 hPaにおける低気圧周辺の相当温位は315 K以下で, 高温多湿の空気が流入しているとはいいいがたい。停滞前線に沿って層状の雲があるが, レーダー・エコー強度から評価される降水は4 mm/h以下と弱く, 強い対流活動による加熱効果は期待できない。それでも, この地上低気圧は発達した。

第2図がこの時刻以後, 6時間毎の地上低気圧の中心位置と12時間おきの中心気圧を示す。最初東北東に進んだ低気圧は6日06 UTCころから急に進路を変え, 約40ノットの猛スピードで北上し, 同日12 UTCには宮城県と岩手県の県境に到達している。この間の12時間に中心気圧は22 hPaも低下している。次の12時間に北海道の襟裳岬沖に到達するまでには, さらに

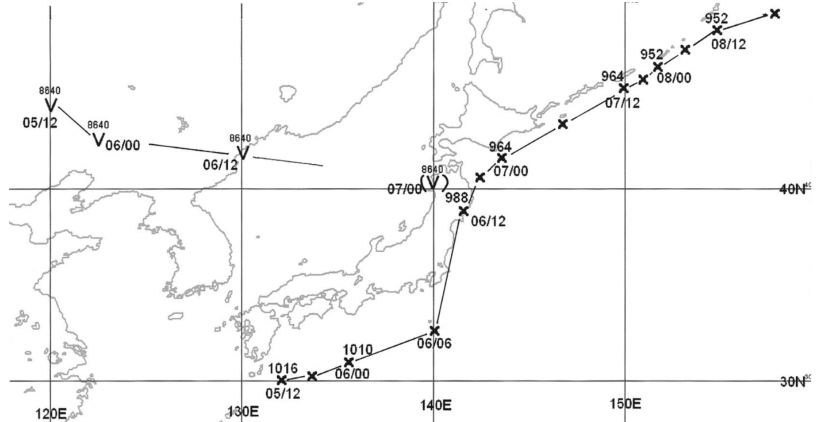


第1図 2007年1月5日12 UTCの地上天気図(気象庁)。

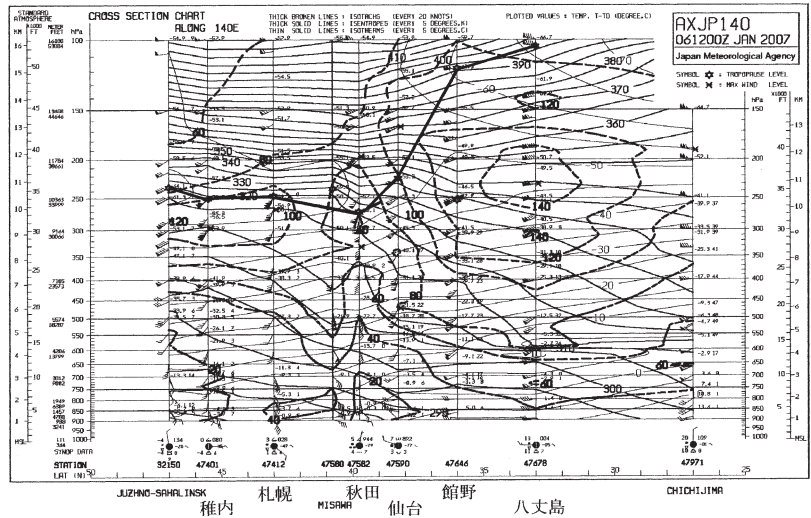
24 hPa 降下した。結局、7日00 UTC までの24時間に46 hPaの降下である。1978年、かの有名な豪華客船クイーン・エリザベスII世号を破損させ、後にSanders and Gyakum (1980) によって bomb (爆弾) と呼ばれた QE II ストームの場合の24時間に60 hPa (Gyakum, 1983) には及ばないが、やはり例外的な急降下であることに違いはない。

余談であるが、爆弾低気圧という名称は何か戦時やテロと関連して好ましくないのではないかという声もあるが、それをきくと、例えば絶えず使用している前線 (front) という言葉は、第1次世界大戦中、西部戦線で塹壕や鉄条網をはさんで両軍が対峙している状況から、ノルウェー学派が使い始めたことを思い出してしまう。要は、爆発的に発達する低気圧を意味したのであるから、爆発低気圧と呼んでもよいかもしれない。

余談はさておき、今回の低気圧は急発達の時間帯にほぼ140Eの経度線に沿って北上しているので、気象庁がルーチン的に作成しているAXJP140 (140Eに沿った南北断面図) がすぐに役に立つ。6日12 UTCのAXJP140を再録したのが第3図である。もともと細かい図をさらに縮小して印刷したので、見難いが、対流圏界面だけは太く加筆したので認められると思う。これによると、八丈島では105 hPa (15.8 km)、館野では120 hPa (15.2 km) であった圏界面が秋田では270 hPa (9.6 km) まで急降下している。その様



第2図 6時間毎の地上低気圧の位置(記号x)と12時間毎の中心気圧。記号Vは300 hPa 高層天気図上の低気圧の中心位置(気象庁)。ただし、7日00 UTCの(V)は、もはや閉じた等高度線を持つ低気圧ではないことを示す。閉じた等高度線の高度はいずれも8640 m。



第3図 2007年1月6日12 UTCにおけるAXJP140 (140Eに沿った南北鉛直断面図)。太い破線は等風速線(20ノット毎)、太い実線は等温線(5K毎)、細い実線は等温線(5°C毎)、最も太い実線は対流圏界面の高度を示す(気象庁の図に加筆)。

子は、定性的に前回の低気圧について述べたのと同じである。つまり低気圧は気候学的に圏界面が高い低緯度帯から低い中緯度帯に移動したことが、中心気圧の降下の1つの原因である。

しかし、前回の低気圧と違って、今回の低気圧では中心気圧の降下と共に渦度も風も強くなっている。つまり、通常の傾圧不安定波としての低気圧の発達もし

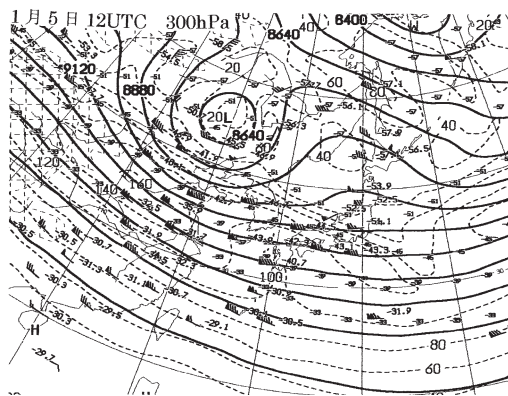
ているらしい。それで、第1図と同時刻の5日12 UTCにおける300 hPa 高層天気図を示したのが第4図である。予想通り、中国東北上空に8640 mの閉じた等高線を持つ低気圧がある。前回の低気圧の場合には、300 hPaでの擾乱は比較的振幅の小さいトラフであったのに比べると、今回は強い偏西風の中に閉じた等高線を持つ低気圧があるということは、この低気圧がかなり強い渦巻きであることを意味する。また、大気の傾圧性も前回とは大きく違う。傾圧性の目安として上層の西風の強さを見ると、今回は160ノットのジェット・ストリークが300 hPaの低気圧の南方に存在している。同じことであるが、後で第7図に示すように、下層にだけ存在していた低気圧の上空に、130ノットのジェットが流れている。

発達中の傾圧波では、上層のトラフが地上の低気圧の西方に位置しているということは常識である。上層のトラフあるいは低気圧と地上低気圧との相互位置の時間変化を見るために、第2図に300 hPaの低気圧の中心位置を12時間毎に記入してある。通例どおり、地上と300 hPaの低気圧の距離は時間と共に短くなっている。7日00 UTCには、300 hPaの低気圧はもはや閉じた等高線を持たないで、トラフとなっている。しかし、このトラフと襟裳岬沖の地上低気圧との距離は近い。事実、今回の低気圧は、この時刻あたりがほぼ最盛期である。すなわち、この時刻以降、地上低気圧の中心気圧は24時間ほど定常であるが、やがて952 hPaまで少し下がる。そして、第2図には記入してないが、9日00 UTCには956 hPaに上昇している。

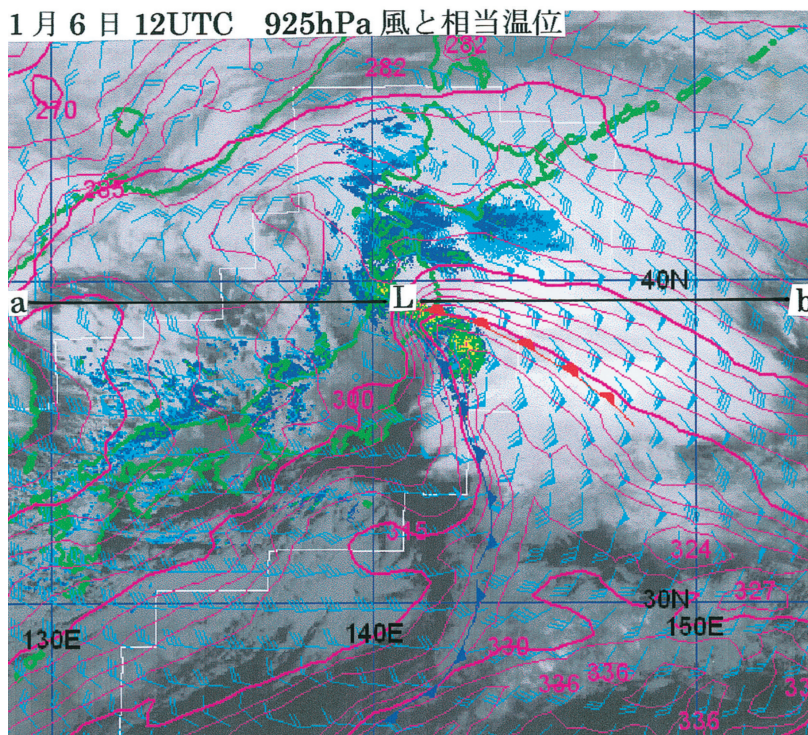
### 3. 急成長する低気圧の構造

次に、急発達中の低気圧の構造を見よう。第5図が6日12 UTCにおける状況

である。雲は主に低気圧中心の東側に存在し、西側、すなわち寒冷前線の背後は晴れている。925 hPaという下層でも90ノットに達する南ないし南東の風が暖域



第4図 第1図と同時刻の2007年1月5日12 UTCにおける300 hPa 高層天気図(気象庁)。



第5図 1月6日12 UTC, 赤外画像に重ねた925 hPaにおける等相当温位線(3 K毎)と風(長い矢羽が10ノット)とレーダーエコー強度。Lは地上低気圧の位置。線分a-bは第6図の鉛直断面の位置。

から温暖前線に向けて吹いている。しかし、暖域内の空気の相当温位は低く、324 K 以下であり、対流性の雲が発達している地域は限られている。

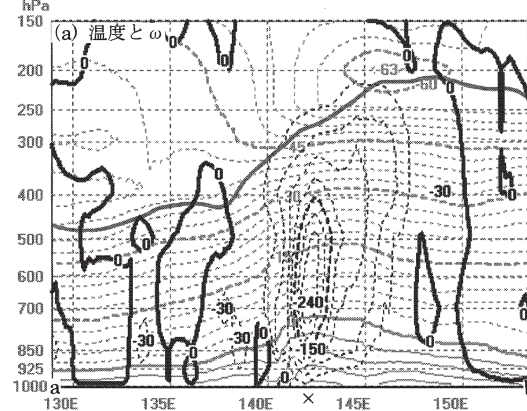
この時刻に、ほぼ低気圧の中心を通る東西方向の鉛直断面内で、低気圧の構造を見たのが第6図である。最も重要なのが第6図aで示した力学的対流圏界面の高度の分布である。普通、圏界面は温度の鉛直分布に基づいて定義されており、第3図に示した圏界面もそうである。一方、ここで示した力学的圏界面は、渦位という物理量によって定義されている。別の機会に

その解説をさせていただくつもりであるが、ここでは普通の圏界面の変動と見て差し支えない。

さて、第6図aによると、地上低気圧の東側では圏界面高度は高く220 hPa に達する。そして、この区域には対流圏全体を通じて強い上昇流がある。最大は240 hPa/hもある。仮に平均して100 hPa/hもあれば、8時間で地表の空気が圏界面まで達してしまう強さである。雲頂高度が250 hPa に達する主に層状の雲がべったりと発達しているのも無理はない(後の第6図c)。さらに気温の分布にも注意してほしい。そも

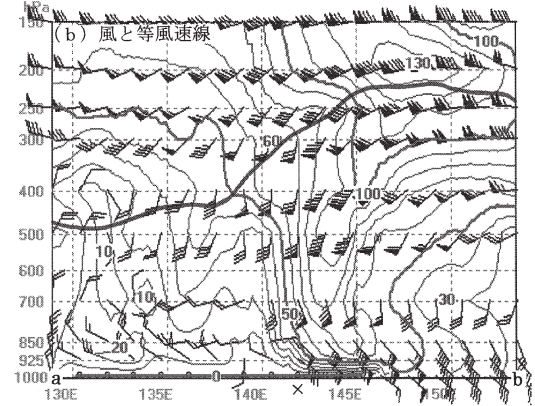
=== Cross section ===

06/01/2007 11:40UTC  
1st: 39.36N 128.92E  
End: 39.40N 153.44E



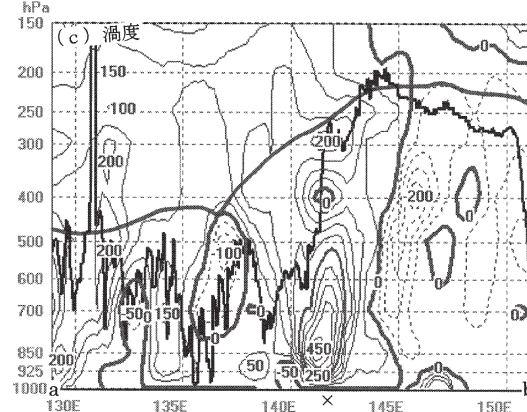
=== Cross section ===

06/01/2007 11:40UTC  
1st: 39.36N 128.92E  
End: 39.40N 153.44E



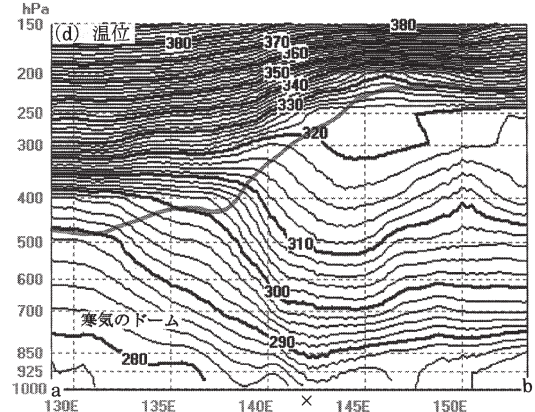
=== Cross section ===

06/01/2007 11:40UTC  
1st: 38.92N 128.88E  
End: 38.84N 151.08E



=== Cross section ===

06/01/2007 11:40UTC  
1st: 39.52N 128.80E  
End: 39.40N 153.36E



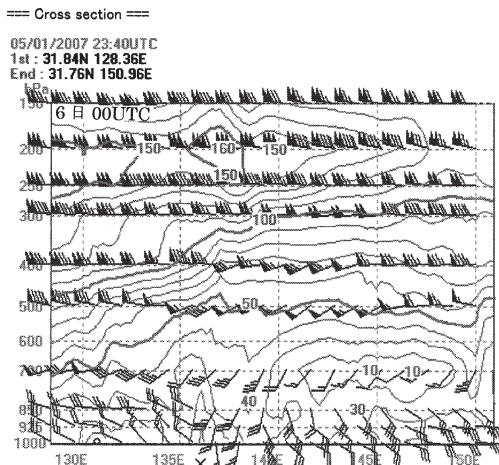
第6図 1月6日12 UTC, 第5図の線分a-bに沿った東西断面図。共通する太い実線は(力学的)対流圏界面を, 横軸にある×は地上天気図による低気圧中心の位置を表す。(a)等温線(太い破線, 5°C毎)と等鉛直p速度線( $\omega$ , 30 hPa/h毎), 細い破線が負の $\omega$ , 太い実線は $\omega = 0$ , (b)風(長い矢羽が10ノット)と等風速線(10ノット毎), (c)渦度(50 $\times 10^{-6}$ /s毎, 正の値が実線, 負の値が破線), (d)等温位線(2K毎)。

そも、低気圧とは周囲より気圧が低い区域である。従って、地上低気圧の中心の上空には、気温が周囲より高い層があるはずであるが、図によれば、地表面から対流圏上部まで、等温線はどの層でも盛り上がりを見せている。地上気圧が低いわけだ。

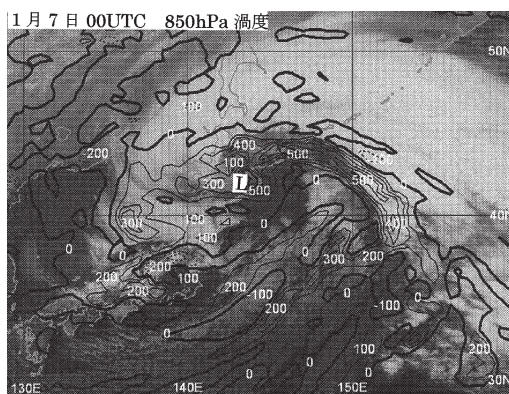
これと対照的に、地上低気圧の西側では対流圏界面の高度は480 hPaと低い。こんな低いところまで成層圏の空気が下降して来たことになる。そして、対流圏内には、主に弱い下降流があり、気温も相対的に低い。傾圧不安定波が発達するときの運動エネルギーの増加は、位置のエネルギーの減少によって賄われていると、どの教科書にも書いてある。第6図aは正に比較的暖かい空気が上昇し、比較的冷たい空気が下降し、系全体として位置のエネルギーが減少しつつあることを明瞭に示している。ここで述べた圏界面の起伏は、圏界面は低緯度から中緯度にかけて低くなるという気候学的な性質に重なって、傾圧不安定波に伴って起こる変動である。

次に面白いのが風の分布である。第6図bによると、低気圧中心の東の領域では対流圏全域にわたって等風速線が下方に垂れ下がって、下層まで強風が吹いていることを示している。925 hPaでも60ノットを越す風が吹いている。850 hPaでは90ノットの場所もある。これでは、停電や交通機関の欠航や遅れが起こったのも不思議ではない。参考までに、僅か12時間前の6日00 UTCにおいて、当時の地上低気圧の中心を通る東西鉛直断面上の風と等風速線を示したのが第7図である。第6図bのような、等風速線が垂れ下がって、下層に強風が現れるということは全く認められない。いかに風の場の変化が急激であったかが分かる。第6図bに戻って、低気圧の西側の地域では、対照的に、殊に600 hPa以下の層では風は弱い。既に述べたように、この低気圧はこの時間帯では最大40ノットのスピードで北上していたから、低気圧の東側ではこの速度が渦巻きそのものに伴う南風に加わっていたことになる。

この風の分布に対応して、渦度の分布は第6図cに示したように、850 hPaを中心とした下層で大きく、最大で $450 \times 10^{-6}/s$ である。そして強い渦度は狭い範囲に集中している。この傾向は低気圧が成熟期に達した7日00 UTCでも同じであって、第8図に見るように、低気圧に伴う雲が大きなフック状、あるいは「まが玉」状になり、最大の渦度が $500 \times 10^{-6}/s$ となっても、強い正の渦度はまが玉状の雲の内側、乾燥した空



第7図 第6図bと同じ、ただし1月6日00 UTC。

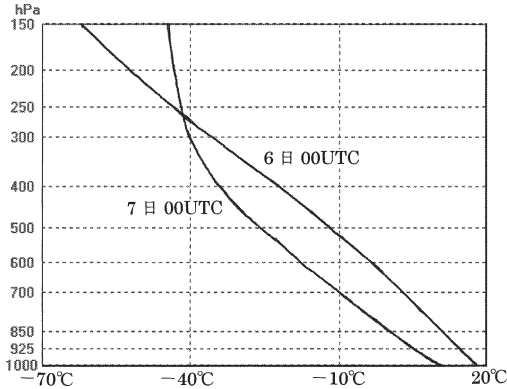


第8図 1月7日00 UTC、赤外面像に重ねた850 hPaの渦度の分布。  $100 \times 10^{-6}/s$  毎、正の値が実線、負の値が破線、Lは地上低気圧の位置。

気が流入してくる狭い範囲に集中している。

第6図dの温位の分布も、発達した低気圧によく見られるもので、垂れ下がった圏界面の下に、寒気のドームがある。もっとも、今回はあまり寒気のドームという形はしていない。

最後に、低気圧が急成長を始める前の6日00 UTCと、その24時間後の7日00 UTCにおいて、低気圧中心に最も近い格子点における気温の高度分布を比較したのが第9図である。低気圧中心の位置は前者では約31N、低気圧が北上した後の後者では41Nであった。したがって、高度約260 hPa以下の対流圏内では、低



第9図 1月6日00 UTCと7日00 UTC, 地上低気圧中心に最も近い格子点における温度の鉛直分布の比較。

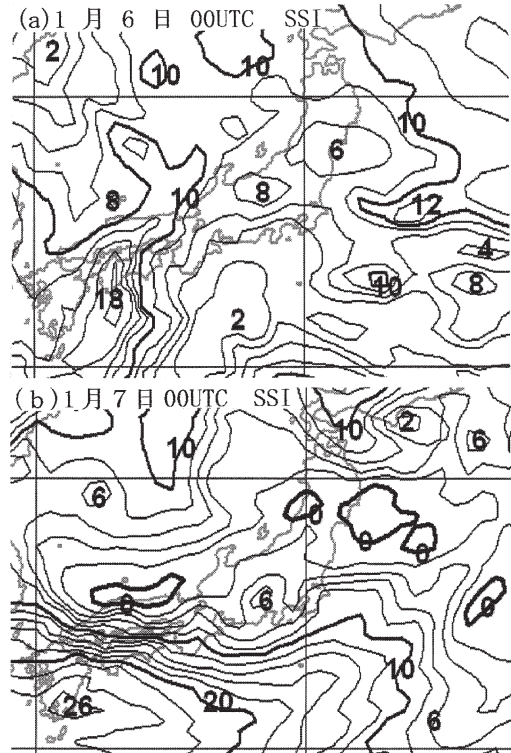
気圧中心の上空で気温が下がったのは不思議ではない。最大で14°Cも下がった。それにも拘らず、地上気圧が46 hPaも下がったのは、いかに260 hPaより上空で気温の上昇が著しかったかを物語る。

4. 激しい雨

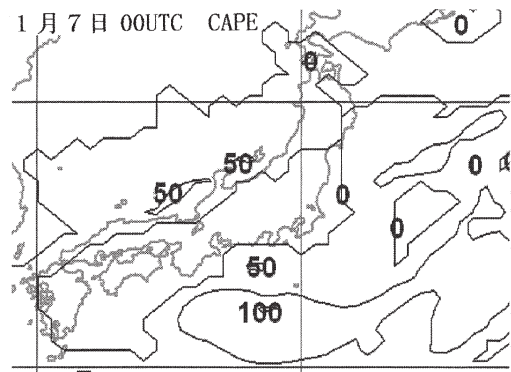
本稿では主に強い風について述べたが、今回の低気圧に伴って、関東地方から東北地方の広い範囲で大雨も降った。特に岩手県沿岸部では6日夜遅くにかけて激しい雨となり、多くの観測地点で1月の最大1時間降水量の極値を更新した。岩手県宮古では1時間54.0 mmであった。また、北海道では6日から8日にかけての総降雪量が60 cmを超える大雪となった。

寒気を伴った上層のトラフあるいは低気圧が接近すれば、大気の成層が不安定になり大雨が降ることはよく知られている。その大気の成層の不安定度を表す指数として、本シリーズではショワルター不安定度指数 (SSI) をしばしば用いてきた。第10図が SSI の分布の時間的変化を示す。低気圧がまだ四国沖にいたころには、低気圧付近には SSI が 2°C程度であったが、7日00 UTC では宮城県から岩手県にかけて SSI < 0 の不安定な領域が出現していて、観測事実と矛盾しない。

ところが、頻繁に用いられるもう1つの不安定度指数である CAPE の7日00 UTCにおける分布 (第11図) では、岩手県付近で大きな CAPE が計算されていない。この時刻、岩手県付近ではすでに大雨が降って不安定が解消された後なので、このような結果となった



第10図 ショワルター不安定度指数 (SSI) の分布 (2°C毎). (a) 1月6日00 UTC, (b) 1月7日00 UTC.



第11図 CAPE の分布 (50 J/kg 毎), 1月7日 00 UTC.

かと思っ、これ以前の分布を見たが、大雨と CAPE の対応はよくなかった。ほかの気象状態における対流活動のときでも、SSI のほうが CAPE より対応がよいことは、すでに本シリーズでも述べたが

(小倉・新野, 2006), 今回も同じ結論であった。

## 5. 結び

結局, 今回の低気圧はその最盛期における中心気圧の低さといい, 風速の強さといい, 雨量といい, 台風並みの発達といっても誇張ではない。そればかりか, 発生してから僅か24時間で, こうした荒れ狂う天気をもたらしたのは, 台風では出来ない早業である。さらにもう1つ, 対流圏内の変動ばかりか, 対流圏界面も大きく変形した。低気圧中心の東側では220 hPaの高度にあった力学的圏界面は, 西側では約480 hPaとなった。成層圏の空気が約480 hPaまで引き摺り下ろされたわけだ。こうして, 今回の低気圧は, 海面から成層圏下部までの全気層を文字通り上下にひっくり返してしまう大擾乱だったのである。そして, その元凶は300 hPa高層天気図に出現した低気圧だった。この辺の事情を別の機会に渦位の見地から見てみたいと思う。

## 謝 辞

編集担当委員別所康太郎氏(気象研究所)と査読者から, 本稿の改定について有益なコメントを頂いたことを感謝したい。また, 本稿の作成に当たって, 著者の1人(小倉)は東京大学海洋研究所共同利用研究(採択No.005, 2007)の便宜を受けたことを述べて感謝したい。

## 参 考 文 献

- Gyakum, J. R., 1983: On the evolution of the QE II Storm. Synoptic aspects, *Mon. Wea. Rev.*, **111**, 1137-1155.
- 小倉義光, 新野 宏, 2006: お天気の見方・楽しみ方 (6) 謎に満ちた不意打ち集中豪雨—2004年6月30日静岡豪雨の場合(その2), *天気*, **53**, 821-821.
- 小倉義光, 隈部良司, 西村修司, 2007: お天気の見方・楽しみ方 (9) 終末期の低気圧, *天気*, **54**, 247-253.
- Sanders, F. and J. R. Gyakum, 1980: Synoptic-dynamic climatology of the “bomb”, *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 1589-1606.