

お天気の見方・楽しみ方 (14)

晩秋の青森を襲った記録的な豪雨のシナリオー2007年11月11-12日

小倉 義光*・隈部 良司**・西村 修司***

1. 問題の発端

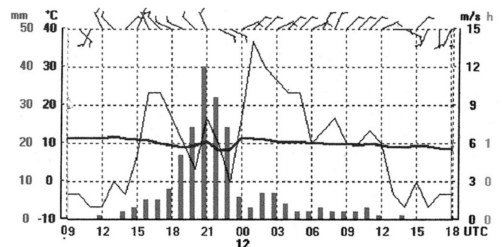
日本の9月と10月には台風や秋雨前線があり、12月はそれから春まで続く温帯低気圧の最盛期の始まりである。その狭間として、11月は気象学的には、比較的穏やかな季節なのが普通である。ところが、2007年の11月には記録的な豪雨が青森県を襲った。

この豪雨は東京の新聞では殆ど報じられなかったが、地元新聞(東奥日報)では当然第1図に示したように、夕刊第一面のトップ記事となった。第2図に青森市におけるアメダスの4要素の時系列が示してある。雨は11日12 UTC (日本時間11日21時)頃から降り出し、12日11 UTCまで続いた。日本時間を日界として、12日の日降水量は208.0 mmだった。これは日降水量としては、これまでの1935年8月22日の187.9 mmを超え、1886年に青森地方気象台が開設されて以来、実に過去120年間の最大記録となった。また第2図に見るように、1時間降水量のピークは11日21 UTCの40 mmであるが、これも11月としては、1937年以來の第1位である(正確には11月12日06時16分JSTを起日とする日最大1時間降水量の記録)。この他にも、8箇所で統計開始以来の1位を記録した。また第3図は11月11日00 JSTから12日24 JSTまでの総降水量(mm)の分布図であるが、大和山では総降水量が269 mmもある。

こうした大雨のため、青森、三沢、十和田各市を始め各地で、床上浸水、停電などの被害があり、学校の



第1図 東奥日報2007年11月12日夕刊第一面(写真は青森市で住宅への浸水を防ぐための土嚢積みや野辺地町での避難状況)。転載許可済み。



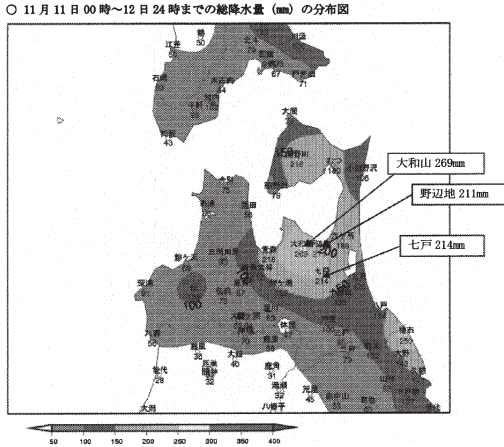
第2図 青森市における2007年11月11日09 UTCから12日18 UTCまでのアメダス4要素記録。

* Yoshimitsu OGURA, 東京大学海洋研究所。

** Ryoji KUMABE, 気象庁地球環境・海洋部。

*** Syuji NISHIMURA, 気象庁予報部。

© 2008 日本気象学会



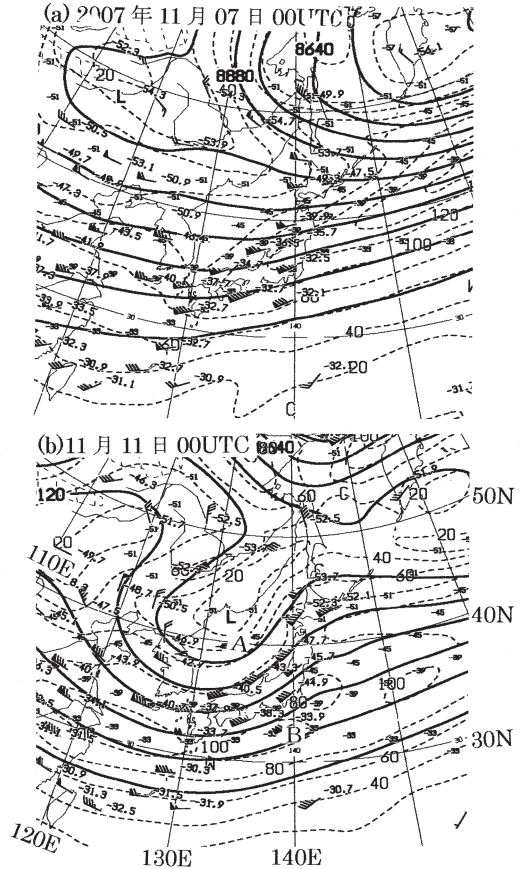
第3図 アメダスによる11月11日00時～12月24時までの総降水量 (mm) の分布 (青森地方気象台「災害時気象資料 (速報値)」)。原図はカラー。

休校もあった。交通機関にも障害があり、東北、奥羽などの各線では12日は始発から終日運転を見合わせるなど、約1万6000人に影響が出た。洪水に備えて避難勧告が出た地域もあった。青森空港の発着便や青森一函館間などのフェリーも大半が欠航した。

この事例は平成19年11月16日青森地方気象台「災害時気象資料 (速報値)」として、かなり詳しく記述されている。(http://www.sendai-jma.go.jp./tidai/aomori/aomori/weather_doc/disaster/saigaiki shou191112.pdf)。本稿では、例のごとくデータを眺め、晩秋のこの豪雨は、冬の爆弾低気圧のような急激に発達する低気圧によるのでもなければ、秋雨前線と熱帯低気圧の組み合わせでもなく、そこに独特の仕掛けがあったことをお話したい。

2. 豪雨前の状況

第4図aが青森豪雨の約5日前の11月7日00 UTCにおける300 hPa 高層天気図である。110-120°Eのモンゴル東部に東西に伸びるトラフがあり、その下の地上には1040 hPaに達するシベリア高気圧がある(図省略)。このトラフは次第に振幅を増しながら、ゆっくりと東進し、青森豪雨が降り出す約12時間前の11日00 UTCには沿海州に達した(第4図b)。重要なのは、このトラフが-53°Cという低温の核を持つことである。これから12時間後には9000 mの等高線は閉じて、寒冷渦となる(図省略)。このころがトラフ(寒



第4図 300 hPa 高層天気図 (AUPQ)。(a) 2007年11月07日00 UTC、(b) 11日00 UTC。記号AとBはそれぞれ地上低気圧AとBの中心位置。

冷渦)の最盛期で、以後次第に衰弱していく。ちなみに、亜熱帯ジェット気流はトラフの低緯度側にある。

この第4図bの高層天気図を見れば、気象予報士ならば、青森とまでは限定できなくても、東北地方北部か北海道南部で大雨がある理由を次のように述べるだろう。①上空に寒気が入ったので大気が不安定になり、対流性の雨が降った。②一般的に、寒冷渦の進行速度は遅い。寒冷渦は孤立しているのだから、それを押し流す偏西風がないからである。従って、雨は長引いて大雨となる傾向が強い。

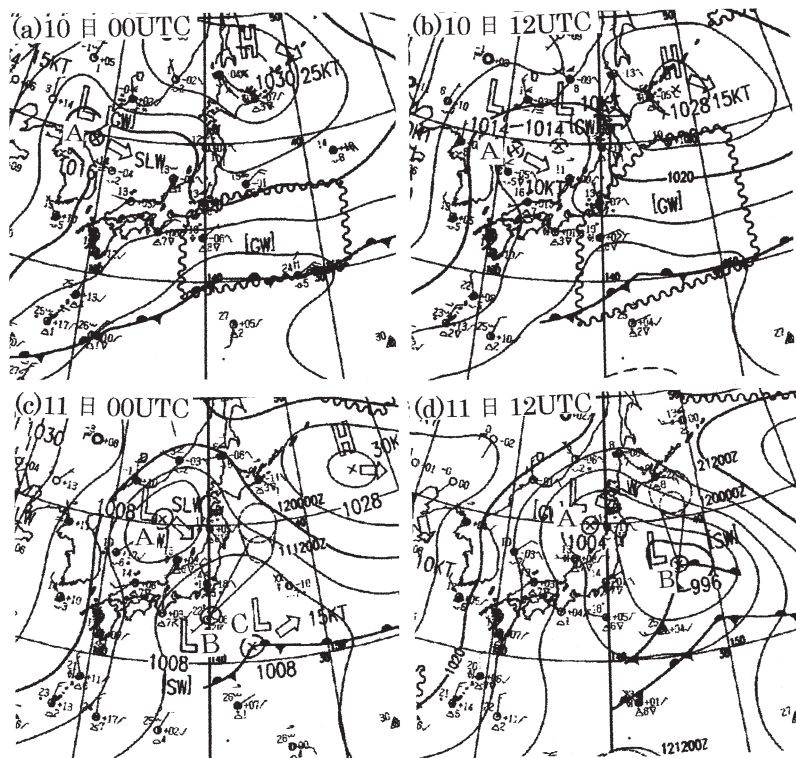
これで今回の話は半分終わったようなものである。残りの話は、いくら大気が不安定でも、その不安定を解消して対流性の雨が降るためには、上昇気流がなければならないこと、及び気候学的に大気中の水蒸気が少ない晩秋の青森県で、何故記録破りの大雨が降った

かである。

第5図に、10日00 UTCから11日12 UTCまで、12時間おきの地上天気図を示す。10日00 UTC (第5図a)には、日本海に延びる逆向きトラフの先端、朝鮮半島の付け根の東側に小さな低気圧がある(低気圧Aと記号する)。これが第4図bに示した上空の寒冷渦に対応した地上低気圧である。逆向きトラフの東のオホーツク海には高気圧があり、本州の南方海上にある亜熱帯気団の間、30°Nあたりに停滞前線がほぼ東西方向に延びている。第5図bの10日12 UTCとなると、低気圧Aは日本海いっぱい広がっているが、中心気圧は浅い。また、停滞前線上に低気圧はまだ解析されていない。

11日00 UTC (第5図c)になると、140°E、33°Nに北東に進行予定の低気圧が出現する。これを低気圧Bと記号する。また停滞前線上に低気圧Cも発生する。この二つの低気圧の発生状況を見たのが第6図である。まず第6図aは10日15 UTCにおいて、赤外衛星画像に700 hPaの鉛直P速度(ω)を重ねたものである。主な雲は日本海に位置する低気圧Aに伴った円弧状の雲であるが、寒冷渦の前面の上昇流域は、本州を越えて、その沿岸の海上にも延びている。第6図bは同時刻、925 hPaの風と渦度の分布を示す。本州南方海上の停滞前線は、渦度の大きい細い帯として認識される。その帯の中で、特に関東南方洋上に $200 \times 10^{-6}/s$ という局地的に大きな渦度の地域がある。これが重要なのは、第6図aに示した上昇流の区域と重なっているからである。これがストレッチ効果により第5図cの低気圧Bとなったと思われる。さらにその東方には $400 \times 10^{-6}/s$ の渦度の地域があり、これが第5図cの低気圧Cに対応するものであろう。

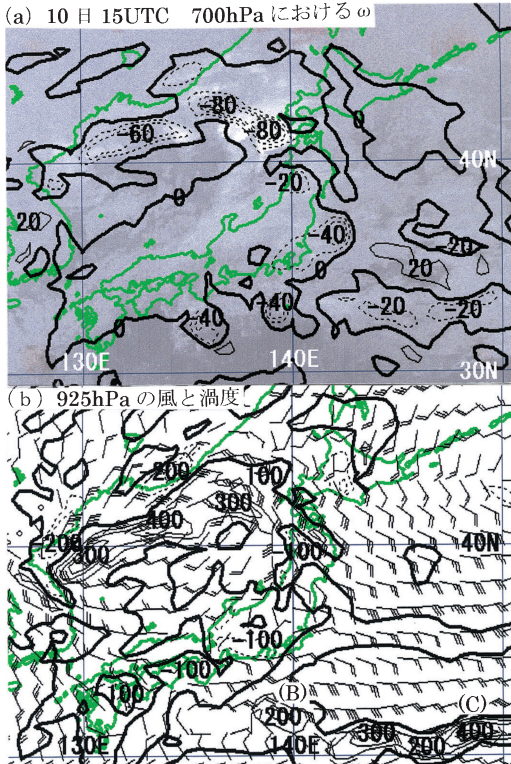
低気圧Bが上層の寒冷渦の支配下にあることは、低



第5図 地上天気図(ASAS)。(a) 2007年11月10日00 UTC, (b) 10日12 UTC, (c) 11日00 UTC, (d) 11日12 UTC。

気圧Bがその後発達しながら北東に進行することで分かる(第5図d)。一方上層の擾乱からの支援がない低気圧Cは東に向かうが、第5図dまでに、閉じた等圧線を失ってしまう。第5図dの11日12 UTCは、青森豪雨が降り始めた時刻であるが、上層の寒冷渦が東進すると共に低気圧Aも東に進み、この時刻には東北地方沖の日本海にある。しかし、既に衰弱していて、これで豪雨を降らせられるのかと疑うほどである。

天気図だけだと、さっぱり気象の実感がわかないので、第7図(625頁)に11日00 UTCにおいて、赤外画像に地上低気圧と925 hPaの風とレーダーエコーとショワルター安定度指数(SSI)を重ねた図を示す。上層の寒冷渦のため、低気圧AとBの間の領域、すなわち日本海の東部・東北地方・その東方海上には、 $SSI < 2$ という不安定な領域が広がり、レーダー反射強度 $> 32 \text{ mm/h}$ の対流雲の群れが幾つかある。特に、房総半島沖には、低気圧Bの中心付近から北東に延びる長く強いバックビルディング型あるいはニンジン状の雲がある。この雲は、この2時間後には長さ約

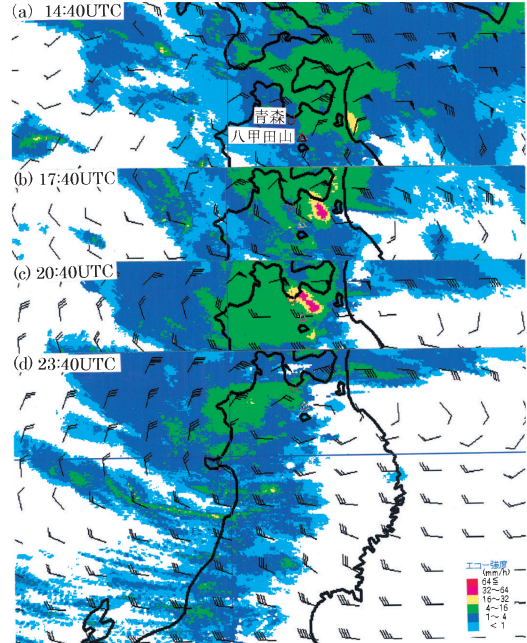


第6図 10日15 UTC, (a) 赤外画像に重ねた700 hPaの ω の分布(20 hPa/h毎, 破線は負の値), (b) 925 hPaにおける風(長い矢羽が10ノット)と渦度の分布(100×10^{-6} /s毎). 記号(B)と(C)は第5図cでそれぞれ低気圧BとCの位置を示す.

300 kmの大ニンジン状雲となる。これが地上にあれば、被害を起こすほどの豪雨を降らせたであろう。その直ぐ東側にも(レーダーでは見えないが), 同様なニンジン状の線形対流系が発達する。しかし、これらは低気圧Bの中心付近から北東の方向に延びるから、青森の大雨とは関係がない。

3. 豪雨のとき

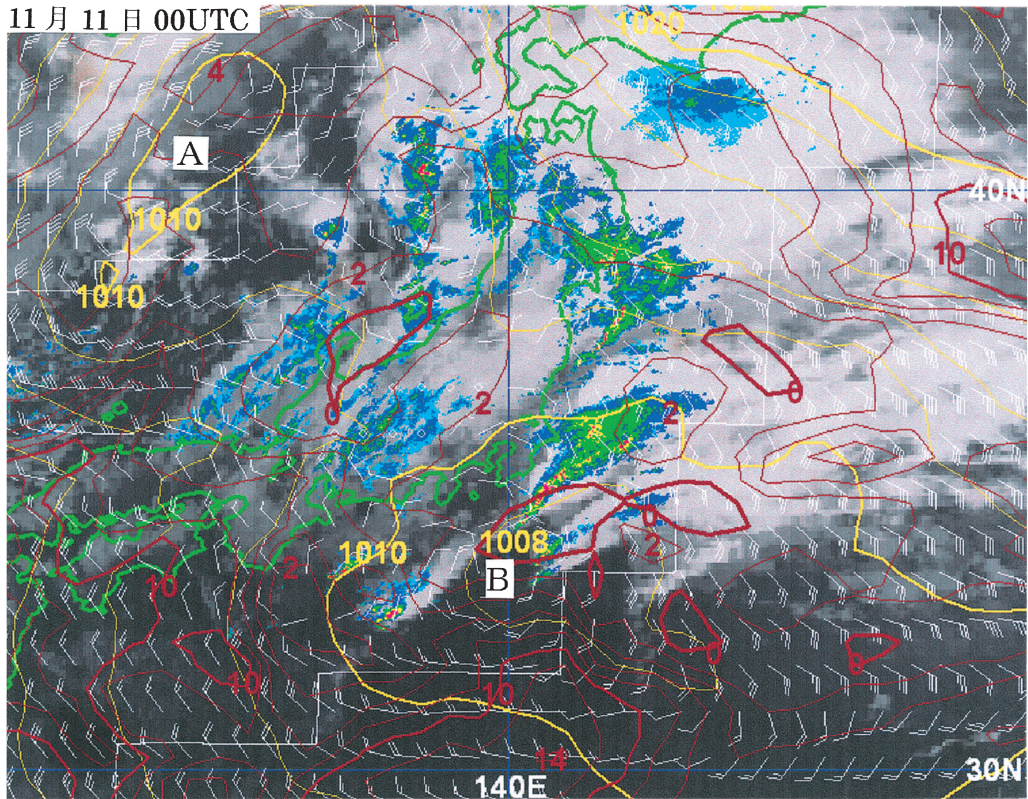
第7図から約18時間後、青森の1時間降雨量(第1図参照)が急速に増大している11日18 UTCの状況が第8図である。低気圧Aはもはや消滅寸前の小さな姿をして、青森県の太平洋岸にある。低気圧Bは中心気圧986 hPaまで発達した。それより重要なことは、低気圧Aとほぼ同じ緯度まで北上したことである。二つの低気圧とその北方にあるオホーツク海高気圧の間に強い東風があり、これにより低気圧Bがもたらした高



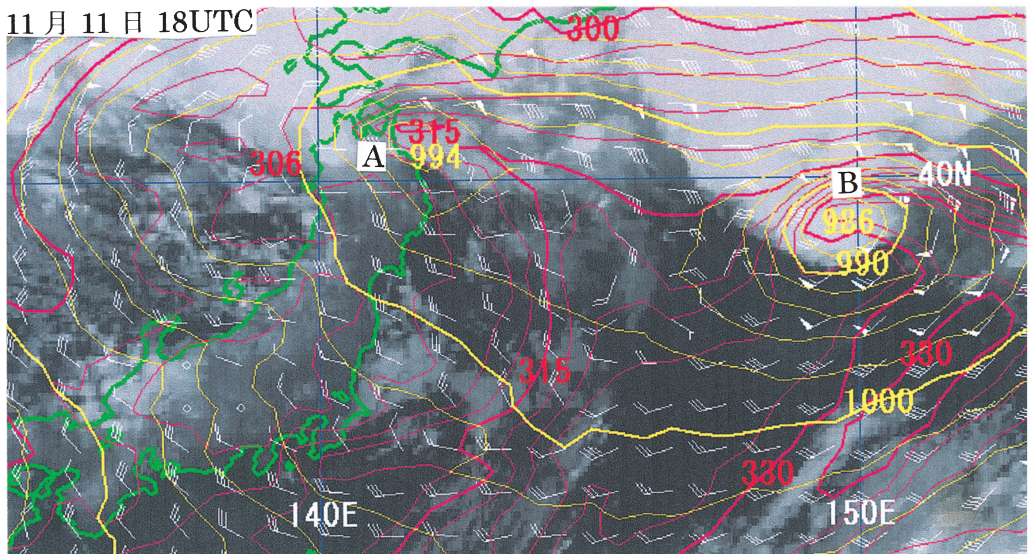
第9図 11日14:40 UTCから23:40 UTCまで, 3時間おきの解析雨量図と850 hPaにおける風.

い相当温位の空気は、ちょうど青森県に位置する低気圧Aに送り込まれている。青森県を除けば、東北地方の他の県では総て西風に覆われている。それで、例えば315 Kの等相当温位線を見ると、西に伸ばした鳥のくちばしに青森県の東部がくわえられているように見える。線が込み合うので第7図には示してないが、日本海にあった低気圧中心の相当温位は300 Kであった。低気圧Bは熱帯の高相当温位の空気を運んでくるという重要な役割をしているわけである。念のため、図の相当温位の分布を、同じ高度における混合比のそれに比べると(図省略)、両者はよく似ていて、相当温位が高いのは混合比が高いからだと言ったことが分かる。

最後に、豪雨の降り方の話になるが、生憎函館のレーダーはドップラー化工事の為、欠測となっていた。それで、30分おきの解析雨量図に頼ることにする。これは以前にレーダーアメダス解析雨量図と呼ばれていたもので、国土交通省河川局・道路局のレーダーデータも含む。事象の変化が比較的緩やかなので、第9図に3時間おきに、850 hPaの風と共に示す。第9図aの11日14:40 UTCには、青森県の太平洋岸近くに中心を持つ低気圧Aを巡る循環は明瞭であ



第7図 11日00 UTC, 赤外画像に重ねたレーダーエコー図, ショワルター安定度指数 (赤色, 2°C毎), 地上気圧 (黄色, 2 hPa 毎), 925 hPa における風 (長い矢羽が10ノット).

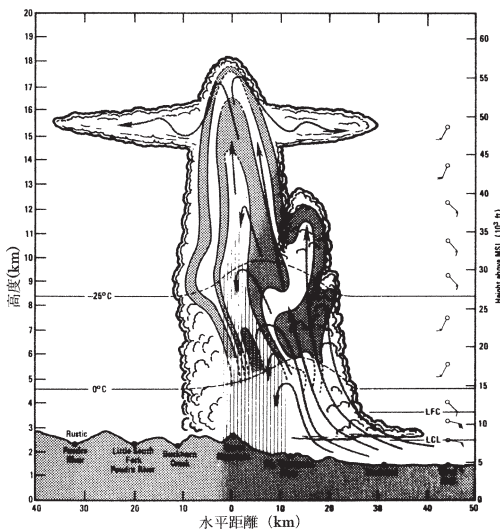


第8図 青森市における1時間降水量がピークに近い11日18 UTC, 赤外画像に重ねた地上気圧 (2 hPa 毎) と925 hPa における風と相当温位 (赤色, 3 K 毎).

る。その低気圧に伴った広い雨域があるが、注目点は太平洋岸の沖にあるエコーである。これは、次の6時間に発達しつつ西に移動し(第9図b)、やがて青森に到達する(第9図c)。青森と太平洋岸との距離は僅かに約60 kmであり、18 UTCからの4時間、ほぼ同じ場所に停滞する。このことから、降雨は八甲田山による地形性のものである可能性がある。このことについては、東奥日報は「青森地方气象台によると…雨雲が東から西に移動したため、八甲田山など高い山の東斜面にぶつかって特に雨が強く降った」と報じている。

強いエコーは22 UTCあたりから急速に衰え始め、第9図dの23:40 UTCの30分前に消滅した。第8図の低気圧Bがさらに本州から離れるにつれて、低気圧Aの中心とその周辺の相当温位が低くなったこと、下層の風向が地形性の降雨をサポートするのに適切でなくなったためと思われる。一方、東北地方から北陸にかけての沿岸には、早くも冷たい北西風に伴う筋状の対流雲が見える。背が低い雲なので、本州の中央山脈で遮られている。

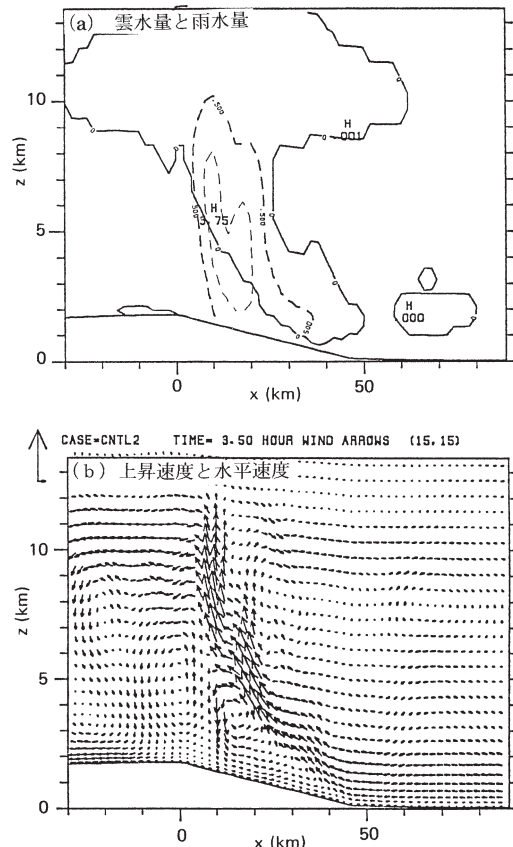
本当は、話はここで終わってはならない。三重県や高知県など、わが国では、被害を起こすような地形性の豪雨はしばしば起っている。それにも拘らず、豪雨を起こす積乱雲群の立体構造のレーダー観測や、モデルによるシミュレーションをした例はあまりない。



第10図 レーダー観測による米国ビッグ・トンプソン溪谷ストームを構成する対流雲の模式図 (Caracena *et al.* 1979)。

昔話を一つすると、1976年7月31日から8月1日にかけて、米国コロラド州のロッキー山脈の一部、Big Thompson 溪谷で大雨があり、溪谷でキャンプしていた人の中で、少なくとも139名が犠牲となるという大惨事があった。Caracena *et al.* (1979) はストームの立体構造を含めた詳細なメソ解析を行った。第10図がその結果の一部である。一見すると普通の巨大な積乱雲のように見えるが、特徴が二つある。①上昇域が風の鉛直シアと逆方向に傾いている。②スコールラインに似て、マルチセルの構造を持つ。すなわち、山頂に近いほうの対流セルが成熟したセルで、そこからの冷気外出流が新しいセルを生み出している。

Caracena *et al.* (1979) の綿密な解析に触発されて、Yoshizaki and Ogura (1988) は雲解像モデルに



第11図 雲解像モデルによるシミュレーション。(a) 雲水量(実線)と雨水量(破線)(いずれも2g/kg毎)、(b) 風ベクトル(左上に示したスケールは鉛直成分・水平成分とも15 m/s) (Yoshizaki and Ogura 1988)。

よるシミュレーションを行った。第11図がその結果の一部である。上昇流・雲水量の分布共に山頂に向かって傾いている。このため雨粒は乾燥空气中を落下するため、蒸発冷却の効果が大きく、冷気外出流は山腹に沿って流れ落ち、効率よく次世代の対流セルを発生させている。感度実験によれば、同じ地形でも気象条件によって、発生する地形性対流セルの構造は大きく違う。今後とも、わが国で頻発する地形性豪雨について、レーダー観測と雲解像モデルによるシミュレーションにより、その立体構造の解明をぜひ行って欲しいと思う。

4. 結び

2007年11月11-12日という晩秋の季節に、青森県を襲った文字どおり記録破りの大雨は、爆弾低気圧によるものでもなければ、秋雨前線と熱帯低気圧の組み合わせでもない。上層の寒冷渦とその下に存在した小さな弱い低気圧A、および南方洋上の停滞前線上で発生した同じく小さい低気圧Bの共同作用によるものであった。寒冷渦が低気圧Aに極めて不安定な環境を与えた。そして低気圧Aが東進して青森県の太平洋岸に

達したころ、北東方向に移動した低気圧Bが、自ら運び込んできた湿った南方の空気を、東風として青森県に送り込んだ。その水蒸気が八甲田山で地形性の大雨になったというのが今回のシナリオである。

謝 辞

この豪雨の新聞報道については、日本気象予報士会会長の酒井重典氏、同東北支部長の小川栄造氏、朝日新聞社の前田史郎氏のご協力を得たことを記して感謝したい。また、本稿の作成に当たっては、著者の一人(小倉)は東京大学海洋研究所共同研究(採択No.005,2007)から便宜を受けたことを感謝したい。最後に、本稿について有益なコメントを下さった編集担当委員別所康太郎氏と査読者に感謝したい。

参 考 文 献

- Caracena, F., R. A. Maddox, L. R. Hoxit and C. F. Chappell, 1979: Mesoanalysis of the Big Thompson storm. *Mon. Wea. Rev.*, **107**, 1-17.
- Yoshizaki, M. and Y. Ogura, 1988: Two- and three-dimensional modeling studies of the Big Thompson storm. *J. Atmos. Sci.*, **45**, 3700-3722.