

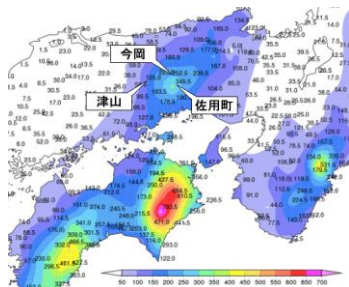
2009年8月9日の佐用豪雨の解析、及び予報作業における実況監視上の留意点についての検討

日本気象予報士会岡山支部 廣幡泰治

1. 研究の目的

09年8月の台風9号に伴う記録的豪雨により兵庫県西部（佐用町周辺）に甚大な災害が発生した。当該地域は瀬戸内の内陸部であり、本来は比較的降水量の少ない地域である。豪雨発生の数時間前に発表された大雨ポテンシャル（24時間降水量）は150mmであったが、実況は340mm（3時間に200mm）を超える降水となった（図1）。想定を遥かに超える豪雨発生のメカニズムの解析を試み、その知見を今後に生かすための予想・実況監視上の着目点について検討する。

図1；8日15時～11日12時JSTのアメダス降水量積算図（大阪管区気象台資料に一部加筆）。



2. 概況及び実況推移と降水の特徴

猛烈な降水が発生した9日21時JSTの地上天気図を図2に示す。大陸東岸に台風8号と、四国の南にTDから変わった小型の台風9号があり、東海上の太平洋高気圧との間で気圧傾度が大きくなっていった。等圧線の走向は紀伊水道から中国地方東部を指向していた。付近に擾乱や前線は解析されていない。

当日は朝から太平洋沿岸を中心に激しい雨があり、瀬戸内地域でも所々で時間雨量10～30mmの強い雨を観測した。夕方には一旦雨は小康状態となったが、19時頃から突然激しい雨となり、佐用町を中心に23時頃までほぼ止み間なく続いた（図3）。

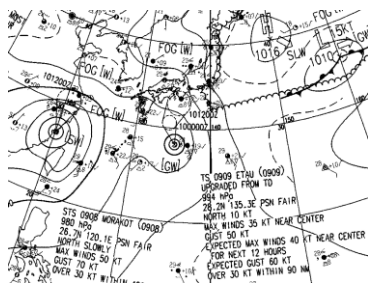


図2；8月9日21時JST（気象庁）

アメダス時系列グラフ（8月8日15時～8月10日15時）

佐用（兵庫県佐用郡佐用町）

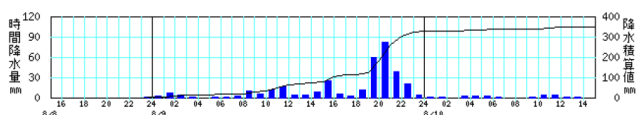


図3；アメダスの佐用と今岡の時系列1時間雨量と積算雨量

統計資料（表1）で日降水量や1時間降水量をみると、佐用では過去の極値の170%以上を記録し、西に50kmほど離れた津山の極値をも大幅に上回っている。今回の日降水量や1時間降水量は統計的にも突出した値であった。

佐用の10分間降水量は、統計期間が短い（09年2月～）ため極値は更新したが、津山の極値（統計期間30年）に比べてもかなり小さい。このことから激しい雨が3時間近く止み間なく続いたことがわかる。

要素名/順位	津山			佐用		
	1位	2位	3位	1位	2位	3位
日降水量 (mm)	234.2 (1945/9/17)	214.5 (1972/7/11)	180 (1943/9/19)	326.5 (2009/8/9)	187 (2004/9/29)	176 (1990/9/18)
日最大10分間降水量 (mm)	33.6 (1947/7/9)	25.5 (2001/7/13)	25.5 (1978/9/15)	17 (2009/8/9)	15.5 (2009/7/26)	12.5 (2009/7/4)
日最大1時間降水量 (mm)	93 (1977/9/3)	85.5 (1989/9/14)	83.5 (1999/9/21)	89 (2009/8/9)	57 (1999/9/15)	55 (2004/8/10)
月降水量の多い方から (mm)	685.5 (1972/7)	553.5 (1976/9)	520.5 (1980/8)	444 (1997/7)	414.5 (2009/8)	405 (2004/8)

注）佐用町の10分降水量の統計期間は2009年2月以降。

表1 佐用町の統計資料。参考；同緯度で西に位置する津山。

3. 解析

気象衛星センターが開発したソフト SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis) を用いて、当時の環境場について解析する。データは気象庁予報モデル GSM の GPV データの初期値 (00Z, 12Z) および予想値を用いた（気象衛星センターより取得）。

激しい降水が始まる18時の衛星画像（図5）の橙色線分に沿う鉛直断面を図4に示す。

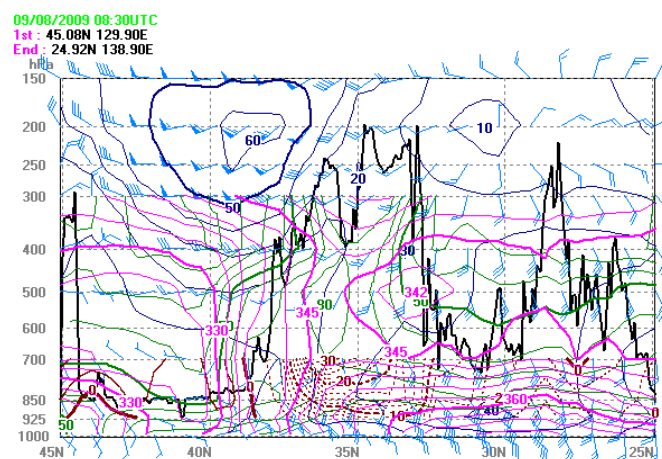


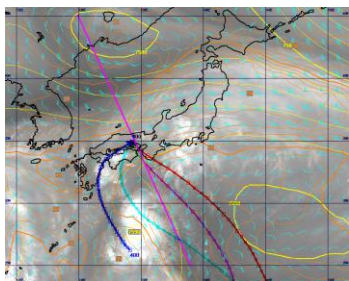
図4；18時JSTのGSMによる。相当温位は300hPaまで、上昇流は925～700hPaまで（初期値は9日00Z）。黒実線は雲頂高度に対応。橙実線は相当温位。茶実線と点線は上昇流。緑実線は相対湿度。青実線は等風速線。

850hPaより下層では南から360Kを超える暖湿気が流入しているが、500hPaを中心とする中層には相対的に乾燥した気塊があり、35N以南の太平洋側は強い対流不安定であった。これを反映して32N～35Nにかけて強い上昇流が計算されている。衛星の水蒸気画像（図6）を見ると、太平洋高気圧の西側縁付近に不明瞭ながら所々暗域が確認できる。

一方、35N～37Nにかけても強い上昇流があり、既に400hPa付近まで鉛直混合が発達している。また400hPa面を中心として西からの乾燥気塊の貫入がある。この時間帯には水蒸気画像のハンマーヘッドパターンの先端部にあたる山陰沖から北陸沖の日本海に東西走向の強い降水エコーが観測されていた（図略）。

佐用付近はこれらの強い上昇流域の中間に位置し、中層に流入した乾燥気塊の起源を知る目的で、SATAIDを利用して流跡線解析を行った（図5）。

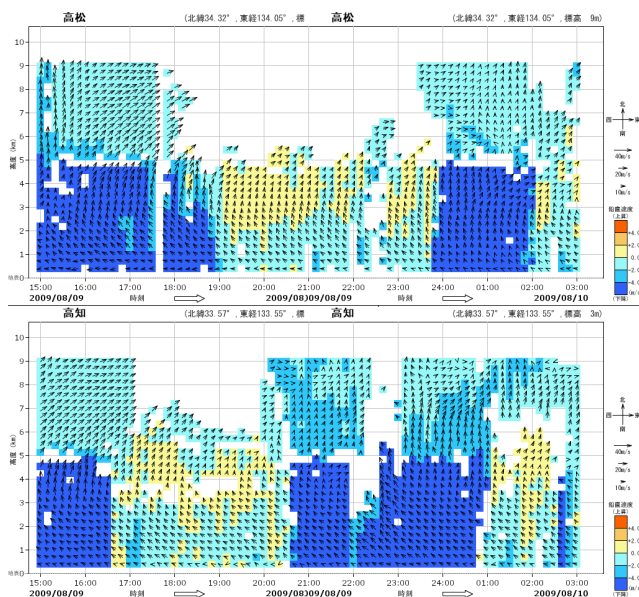
図5; 流跡線解析。9日18時 JST の水蒸気画像に流跡線を重ね描き。佐用上空の850(赤実線)、700(紫)、500(水色)、400hPa(青)に流入した気塊の流跡を示す。400hPa(青)の起点は36時間前。他の起点は表示外。



佐用上空の850hPaや700hPaに到達した気塊は南西海上から(赤線と紫線)、また500hPa(水色線)及び400hPa(青線)では台風9号の進行方向前面を北上しながら西回りが入っていた。台風9号接近前の南海上の中層は太平洋高気圧の下降流場で、相当温位345K前後と下層に比べて乾燥していた。

実況データで確認するためにWPR(図6)を利用する。

図6; 高知と高松のウィンドプロファイラ(気象庁HPより)



高知の上空は昼前まで最下層を除き全層で概ね南よりの風向で揃っていたが、14時頃から500hPaより上層の風向が南西に変わり、その後17時頃から中上層のデータの欠落が始まった。これは中層に乾燥気塊の流入が始まったためと思われる。高知の北東80kmに位置する高松での乾燥化は18時頃で約1時間の遅れがあり、南西風が約20m/sであったことと合致する。更にその1時間後に佐用付近で激しい降水が始まった。

エコーの盛衰を動画で観察すると(図7)、佐用付近に線状の強い降水帯が形成され、西側先端部分で次々に新しいエコーが発生していた。南海上や四国のエコーは北北西進するものが多いが、佐用付近のエコーは北東に流れていた。

4. 考察

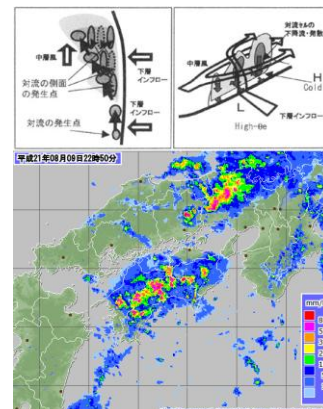
・降水システムの発生と維持機構

通常、暖候期の台風接近により太平洋側に強い降水が発生する場合、多くの事例では南岸で発生した強い降水により内陸部の中層は湿っているケースが多く、深い対流が発達する可能性は低い。しかし、本事例では夕方から中層以上の風向

が変わり鉛直シアが大きくなると共に乾燥気塊が流入したため、対流不安定が強化されBSB型の線状降水系が形成されたと考えられる(図7はBSB型降水システムの概念図)。

数時間にわたって同じ場所に線状降水系が維持されるためには、降水帯に沿う最下層に何らかの収束域が必要である。付近に局地的な前線や収束線は解析できないが、地形図を詳細に見ると降水系に沿って標高500m前後の山岳が連なっていることがわかる。潮岬の高層実況データによると、持ち上げ凝結高度(LCL)は400m程度、自由対流高度(LFC)が450m程度と非常に低く、下層の対流活動を発生させるには十分な地形であることがわかる。

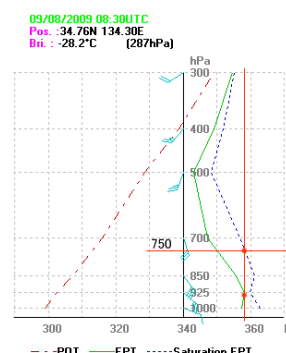
図7; エコー形状とBSB型降水システムの概念図(気象庁PH、気象研究ノート208号)



・豪雨見逃しの要因

GSMが計算した佐用付近の温位エマグラム(図8)を見ると、最下層に安定領域があるため、LFCは750hPa付近となってしまう標高の低い地形では浮力を得ることができない(それ以前に、20kmGSMではモデル地形の表現が不十分)。

図8; 佐用付近の温位エマグラム



不安定降水に対してGSMは実況より弱めの降水を広く予想する傾向があることが分かっており、本事例でも降水域を中四国から紀伊半島全域に広げて予想している(図略)。そのため、モデル内の暖湿気塊が紀伊水道を通過して内陸部に到達するころには不安定がある程度解消されてしまう。

GSMの出力を利用した大雨ガイダンスでは、強い降水ほどバイアスコアは0に近く。一方MSMは不安定降水の予想頻度が過少となる傾向が強い。本事例のような場合、モデル出力を利用するガイダンスには自ずと限界がある。内陸部のポテンシャル予想を、太平洋沿岸の不安定指標を利用した予想や実況データを利用して算出する手法を検討したい。

5. 今後の類似事例に対する予報・実況監視上の留意点

台風による太平洋沿岸の大雨が予想されるような状況下、

- ・環境場の予想。SATAIDによる断面図(毎正時+20分後)。
- ・紀伊水道付近の風向に注目(レーダーエコー、WPR)。
- ・850hPa以下の下層暖湿気塊の流入予想と実況監視(潮岬高層データからLCL、LFC、水蒸気フラックスの推定)。
- ・水蒸気画像やWPRによる乾燥気塊の流入監視。
- ・沿岸部の不安定指標から大雨ポテンシャルを推定(今後の課題)。