

第2章 現象の解析と災害状況

2.1 新潟・福島豪雨の解析と災害状況

2.1.1 総観場の状況 *

2004年7月12日の夜から13日にかけて、新潟県中越地方や福島県会津地方を中心に発生した豪雨（「平成16年7月新潟・福島豪雨」と命名、以下、7・13豪雨という）について、総観的な気象状況を報告する。なお、第2.1.1.1図に新潟県及び福島県周辺の地勢図、第2.1.1.2図に二次細分区域及びアメダス観測地点を表記した中越・会津の周辺地図を示す。

2.1.1.1 気象の状況

第 2.1.1.3 図は 2004 年 7 月 13 日 09 時の地上天気図である。沿海州とオホーツク海には高気圧があり、太平洋高気圧は西日本へ張り出している。これらの高気圧に挟まれるように梅雨前線が佐渡島の北から東北地方南部を通して関東の東海上に延びている。前線上に低気圧は解析されていないが、前線は佐渡島付近で北に湾曲しており、この付近で気圧が低くなっている。



第 2.1.1.1 図 新潟県・福島県周辺の地勢図

国土地理院『数値地図 50m メッシュ (標高)』より利用. 破線は第 2.1.1.2 図の範囲.



第 2.1.1.2 図 新潟県中越・下越の一部，福島県会津の二次細分区域及び
アメダス観測地点

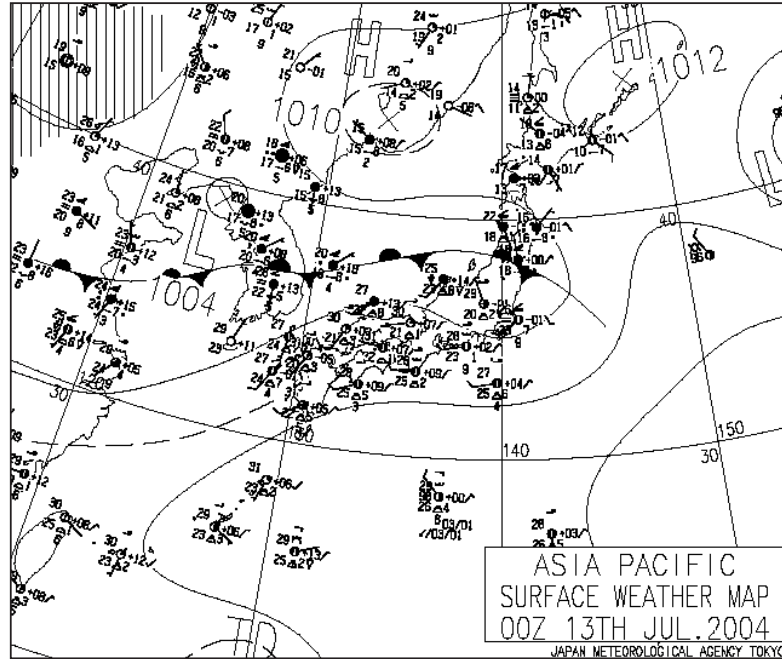
2004 年 7 月当時のもの。

* 新潟地方気象台 小泉 正之・伊藤 肇

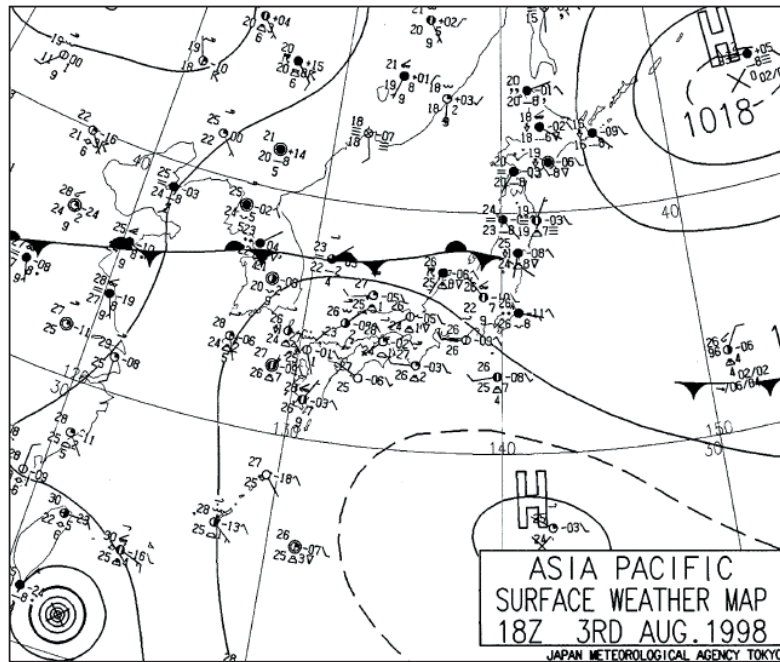
第2.1.1.4図は新潟市を中心に大きな災害をもたらした「平成10年8月上旬豪雨（新潟）」（以下、8・4豪雨という）の地上天気図である。梅雨前線の位置や佐渡島付近で北に湾曲しているその形状は7・13豪雨と似ているが、8・4豪雨では西日本への太平洋高気圧の張り出しが強いのに対し、7・13豪雨ではオホー

ツク海高気圧のほかには沿海州にも高気圧が解析されており、梅雨前線の北側と南側の高気圧の勢力に差が見られる。

第2.1.1.5図は2004年7月13日09時の500hPa高層天気図である。中国東北区とオホーツク海には寒冷な低圧部がある。一方、日本の南海上には太平洋高気



第2.1.1.3図 地上天気図
2004年7月13日9時。

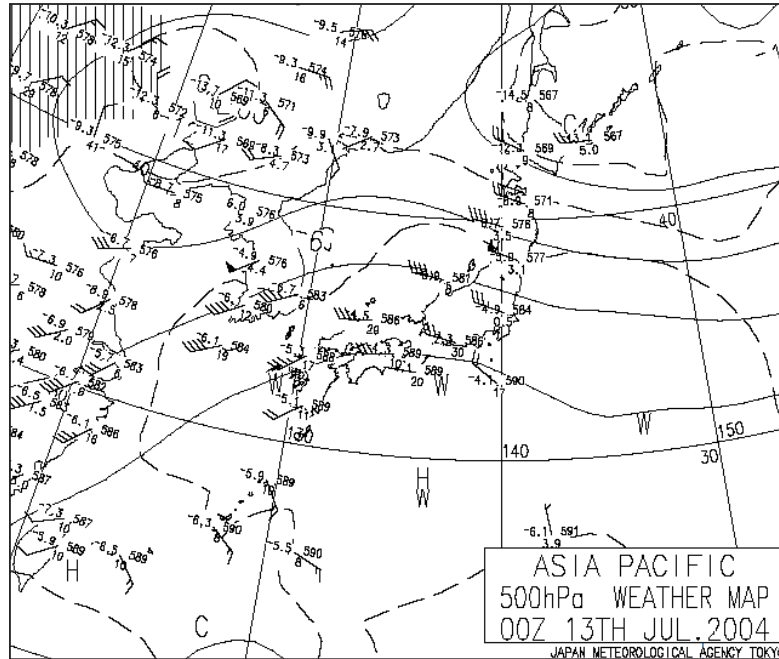


第2.1.1.4図 8・4豪雨時の地上天気図
1998年8月4日3時。

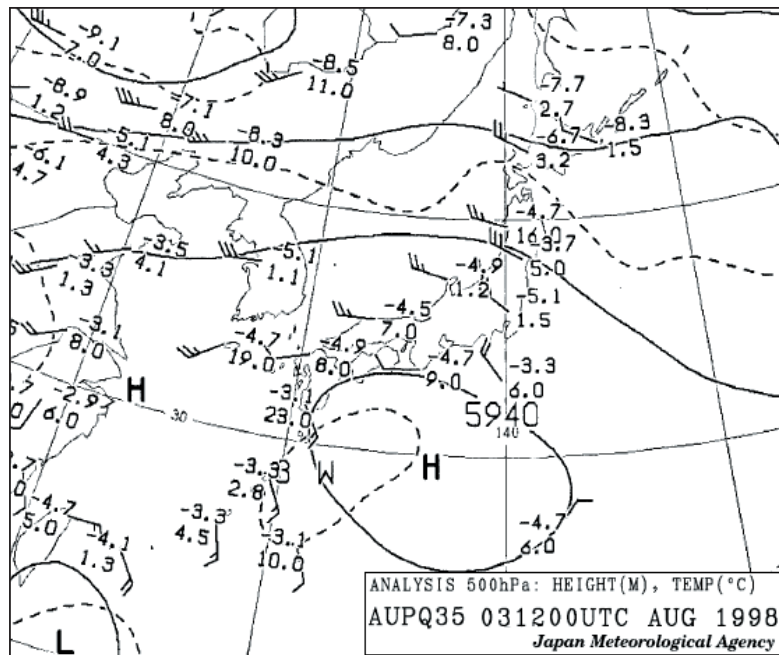
圧があって、12日に東シナ海にあった気圧の尾根は西日本へ東進した。東日本、北日本はオホーツク海の気圧の谷の南下もあって、東谷で西北西の流れになっている。東シナ海北部から朝鮮半島、日本海、北日本にかけては太平洋高気圧の北の縁辺となり、風が強い。風速50ktの強風軸は5760mと5820mの等高線の間であって、佐渡島付近から東北地方南部に位置して

おり、豪雨域との対応が良い。

地上天気図と同様に、8・4豪雨の時と比較してみると、気圧の尾根が日本海中部にあり、北陸地方付近では西北西の流れとなっていることなどの共通点があるが、7・13豪雨の方が日本海から北日本にかけての気圧傾度が大きく、風も強いといった相違点もある(第2.1.1.6図)。



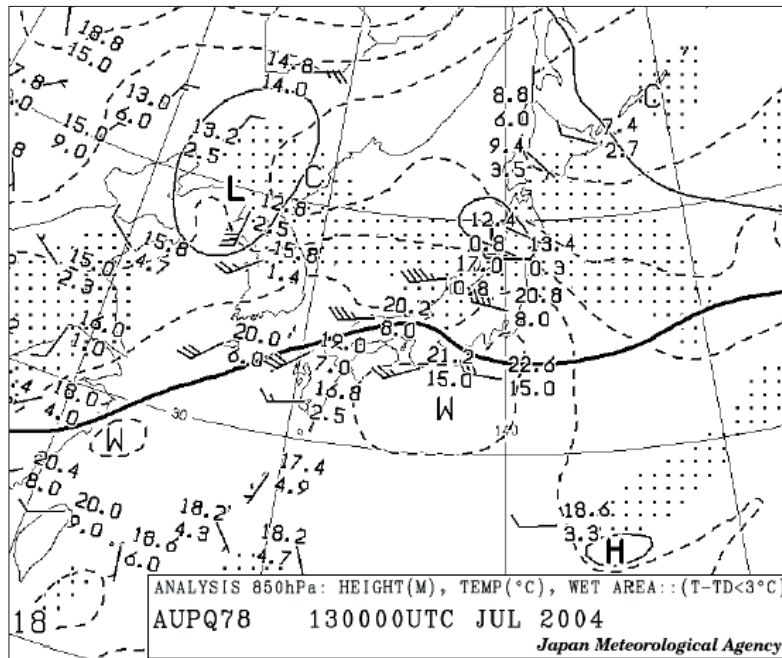
第2.1.1.5図 500hPa 高層天気図
2004年7月13日9時。



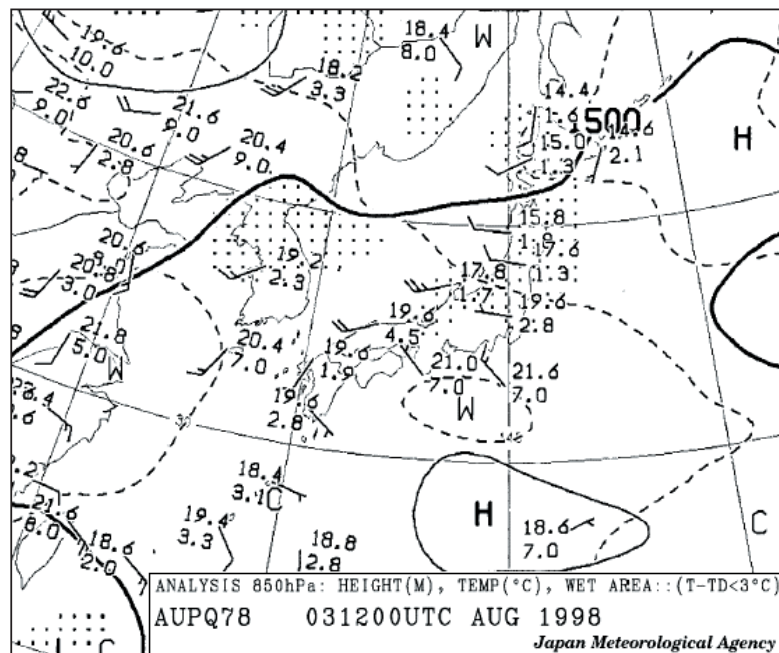
第2.1.1.6図 8・4豪雨時の500hPa 高層天気図
1998年8月3日21時。

第2.1.1.7図は2004年7月13日09時の850hPa高層天気図である。日本付近は南北方向の温度傾度が大きく、太平洋高気圧の北の縁辺となっている。朝鮮半島から日本海、東北地方にかけて湿潤域が帯状に広がっており、これが前線帯に対応する。前線帯の南側では西風が40kt以上と強い。

第2.1.1.8図は8・4豪雨の時の850hPa高層天気図であるが、日本付近は太平洋高気圧の圏内で、温度傾度が小さく、風も弱い。北陸地方から東北地方にかけて朝鮮半島に湿潤域があるが、観測値を見ると今回の豪雨より湿りは少ない。



第2.1.1.7図 850hPa 高層天気図
2004年7月13日9時.



第2.1.1.8図 8・4豪雨時の850hPa 高層天気図
1998年8月3日21時.

2.1.1.2 前線の動向と構造

第2.1.1.9図は2004年7月12日から14日の日本付近の気圧配置と梅雨前線の状況である。低気圧の東進と南北の高気圧の張り出しで、日本付近から華中にかけて前線が停滞しやすい状況となった。

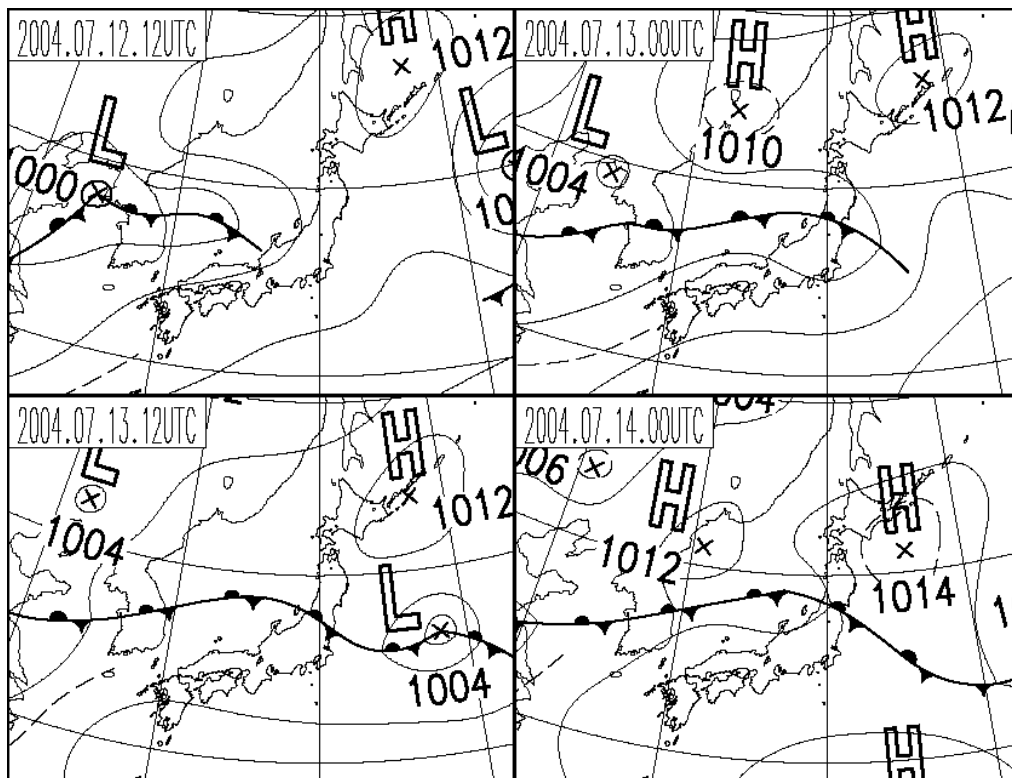
12日21時に石川県付近に延びていた梅雨前線は13日9時にかけて北上し、佐渡島の北から東北地方南部に達した。このころが豪雨の最盛期に当たる。その後13日21時にかけて、沿海州やオホーツク海にある高気圧が南に張り出して梅雨前線は南下し、佐渡島から中越付近に停滞した。新潟県、福島県の雨が弱まった14日09時には、梅雨前線は再び北上した。

第2.1.1.10図は7月13日09時の根室・福岡間の高層断面図で、表示要素は相当温位と風向風速である。秋田・輪島間に相当温位傾度の急な領域があり、800hPa以下の下層で風向のシヤーが見られる。この領域が梅雨前線に相当すると思われる。前線の南側では下層に339K以上の暖湿気塊があり、前線面に沿って600hPa付近まで分布している。一方で福岡から米子にかけての500hPaから600hPaの高度には太平洋高気圧の沈降域に対応する約330Kの相対的な低相当温

位域がある。輪島の500hPaも相当温位が約333Kとなっており、梅雨前線の南側は、500hPa付近までは上層ほど相当温位が低い対流不安定な成層となっていた。

亜熱帯ジェットは根室・三沢間の300hPaより上層にあるが、これとは別に輪島の600hPaから700hPaでは西風が50ktに達しており、下層ジェットの出現が確認できる。また、輪島の925hPaから上層は、西の風が40ktから50ktで鉛直シヤーはほとんどない。

7月11日から14日の輪島及び秋田における高層時系列断面図を第2.1.1.11図に示す。表示要素は相当温位と風向風速である。輪島では、12日9時から21時にかけて前線の北上を表す相当温位の急激な上昇が見られる。暖湿気塊が下層の強い西風によって輸送され、豪雨の最盛期に近い13日9時には中層の相当温位が下がって、対流不安定が強まっている。降雨の弱まった13日21時以降は下層の暖湿流も弱まり、成層は安定化に向かった。これに対して秋田では、下層に暖湿気塊は流入せず、大気成層は安定しており、前線はこの期間、秋田を通過していないことが分かる。



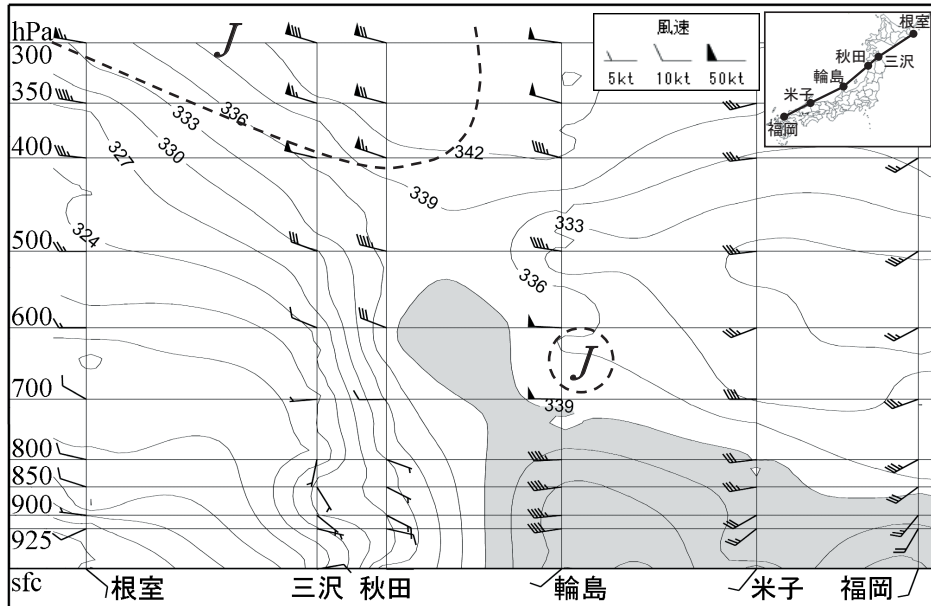
第2.1.1.9図 地上天気図

2004年7月12日21時から14日9時、12時間毎。

2.1.1.3 降雨の状況

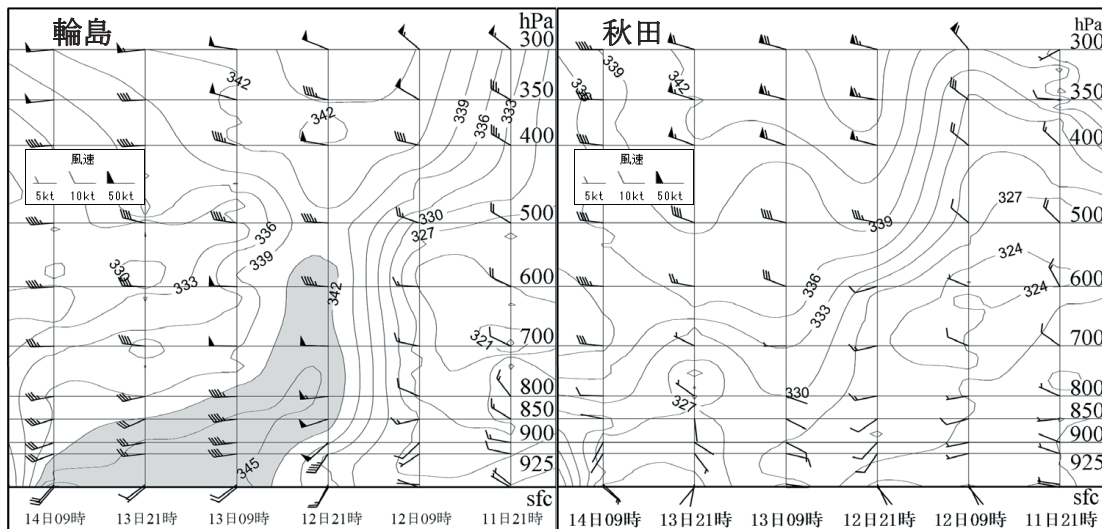
北陸地方や東北地方の降雨は2004年7月12日夜から始まり13日以降も続いたが、最も激しい雨となったのは13日の午前中であった。第2.1.1.12図は7月13日の栃尾（新潟県）及び只見（福島県）の降水量時系列図である。栃尾では13日7時から13時まで1時間に30ミリ以上の激しい雨が降り続き、日降水量

は421ミリに達した。これは7月の月降水量の平年値（242.6ミリ）の約1.7倍に当たる。栃尾より東の只見では雨のピークが栃尾に比べ1時間から2時間遅れている。豪雨域は、新潟県中越・下越から福島県会津にかけて南北に狭く東西に長い帯状となった（第1.2.4図）。



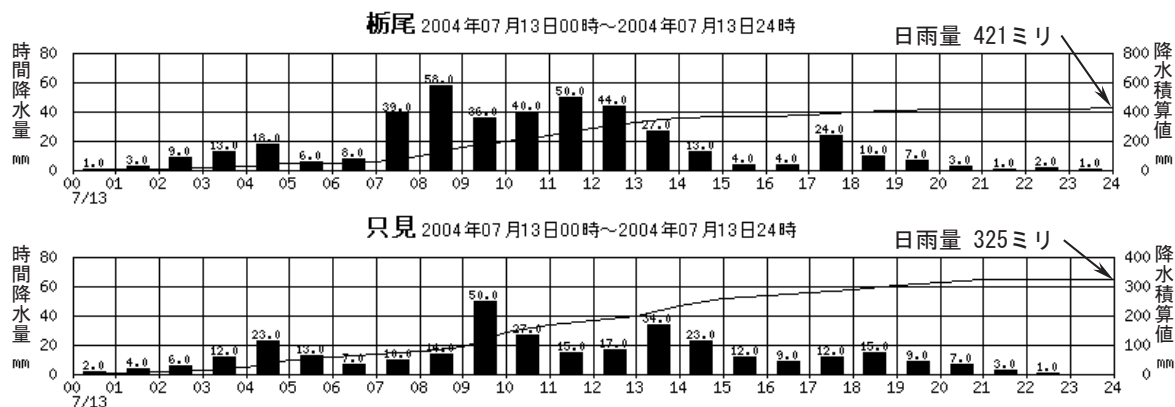
第2.1.1.10図 根室・福岡間高層断面図

2004年7月13日9時。表示要素は、風向風速及び相当温位。相当温位の単位はKで等値線は3K毎。
Jはジェット軸を表す。陰影は下層での相当温位が339K上の領域。



第2.1.1.11図 輪島（左）及び秋田（右）の高層時系列断面図

2004年7月11日21時から14日9時。表示要素は、相当温位及び風向風速。相当温位の単位はKで等値線は3K毎。
陰影は下層での相当温位が342K以上の領域



第2.1.1.12図 栃尾及び只見の降水量時系列図

2004年7月13日0時から24時。棒グラフが1時間降水量、折れ線グラフが0時からの積算値。

2.1.2 局地的状況*

2.1.2.1 降水エコーの状況

第2.1.2.1図に2004年7月12日21時から14日0時にかけての合成レーダーエコー強度図を3時間毎に示す。

7月12日21時には、梅雨前線に対応する幅の広いエコーが東北地方、新潟県にかかり始めた。エコーはそのまま東進し、13日3時には梅雨前線に近い東北北部でエコーが弱まり、梅雨前線南側の能登半島から福島県にかけてのエコーが強まった。梅雨前線南側のこのエコーが次第に線状にまとまり、12時過ぎまで停滞した。エコーは、18時ごろ山沿いで再び強まるが、夜には弱まった。

2.1.2.2 最盛期の線状エコーの特徴

第2.1.2.2図に2004年7月13日05時から12時20分の10分毎の合成レーダーエコー強度図を示す。

05時ごろには3本の主要な線状エコー（第2.1.2.2図のⅠ、Ⅱ、Ⅲ）が見られるが、06時過ぎからはⅠのエコーは北東進、Ⅲのエコーは南下してそれぞれ弱まり、Ⅱのエコーが残って発達した。主な降水セルを追跡すると（第2.1.2.2図の矢印）、エコーが急激に発達しているのは佐渡島の南など、主として海上である。発達したエコーはそのままの強度で中越に進み、越後山脈の西側で更に発達したエコーもあった。越後山脈を越えて福島県に入るとエコー強度はやや弱まるが、線状エコーは同じ所にとどまり続けた。

07時ごろからは能登半島の北西海上でバックビルディング型の維持システムが形成された。エコーの発生位置はほとんど変わらず、線状エコーが停滞したが、09時30分ごろからはその発生位置が北上を始めた（第2.1.2.2図のA）ため、09時ごろには能登半島の北西海上にあった線状エコーの西端は、11時にはこれより約300km東に移動して佐渡島の南海上に達し、線状エコーが短くなった。

しかし、10時30分ごろに能登半島の北端付近に新たに発生したエコー（第2.1.2.2図のB）が次第にまとまり、11時30分には中越に残っていた線状エコーにつながった。13日夕方には海上でのエコーの発生は終了したが、中越や会津には12時間以上にわたって線状エコーが停滞した。

2004年7月13日09時47分から10時17分の10分毎の新潟レーダーによる線状エコーの強度断面図を第2.1.2.3図に示す。

線状エコーの長軸方向に沿って複数の対流セルが並んでいることが確認できる。エコー頂高度は一部で10000mを超えるものも見られるが、おおむね6000mから9000m程度となっている。これは第2.1.1.9図に見られる対流不安定が解消する400hPaから500hPaの高度と同じかやや高い程度である。また、8・4豪雨と比較すると、エコー頂高度は同じかやや低い（齊藤他、2000）。各々のセルは20m/s程度の速さで移動しており、これは中層から下層の風速とほぼ一致していた。

* 新潟地方気象台 齊藤 充・伊藤 肇
富山地方気象台富山空港出張所 和泉 裕幸

2.1.2.3 豪雨の構造の解析

第2.1.2.4図, 第2.1.2.5図に, 2004年7月13日06時と, 線状降雨帯での降水が強化された09時のそれぞれのアメダス風, 気温分布及びレーダーエコーを重ね合わせた局地解析図を示す。

最盛期前である06時の地上風分布を見ると, 風向シヤーはエコーの強まりつつある中越ではなく, むしろ下越ではっきりしている。

エコーの南側の上越, 富山県, 石川県では西から南西の風が強く, 気温も上っており, エコー近傍は速度収束の場になっていた。なお, 上越から富山県東部にかけ特に気温が高くなっているが, これは南西風の山越えの効果が加わっていると推測される。

佐渡海峡では, メソ低気圧を示す風の循環が見られる。この低気圧は, 西から進んできたものであり, 相川では低気圧通過後の13日5時には北西に風向が変化している(図略)。齊藤他(2000)によれば, 8・4豪雨でも低圧部が越後平野で見られ, 佐渡では北西風が卓越していた。

09時にはエコーの北側でも南西風に変わり, 気温は上昇した。下越にある梅雨前線の北側は弱い南東風が続き, 南側は南西風が卓越した。このように一見して, 梅雨前線本体の活発化を示唆する風分布となったが, 強いエコーは中越に停滞した。通常, 強いエコーの下では, 冷氣外流出で気温が下がるが, この事例では周囲と比べて, エコー直下で気温の下降はみられなかった(第2.1.2.6図)。

総観スケールの梅雨前線は下越の風向シヤーに合わせて解析されており(第2.1.1.3図), 梅雨前線から南に離れたところに強雨域がまとまったのが今回の豪雨の特徴のひとつになっている。

降雨帯の停滞については, 加藤(2002)によれば, 収束線北側の下層に形成される準定常状態の冷氣プールによって説明される。8・4豪雨では降雨域が停滞したときの温度差は1℃程度で, 収束線北側の冷氣層の厚さも200mと薄かった。下層に西南西から流入してくる気塊の比湿は大きく, 凝結高度も100mから200mと低かった。これは冷氣層が薄くても自由対流高度に達しうること示し, この薄い冷氣層が収束線の動きを止めたとしている。

今回も線状エコーを挟む気温差は1℃から2℃であり, 8・4豪雨と同じメカニズムで降雨域が停滞した

と考えられる。

石橋(2004)がウィンドプロファイラデータで気温の水平勾配の再現を試みている。この手法を用いて酒田ウィンドプロファイラから温度勾配を計算したのが第2.1.2.7図である。

これによれば, 13日1時から2K/100km以上の温度傾度を持つ領域が高度4000m付近と1500m付近の2層現れ, 時間と共に高度が低下している。シヤー面の高度は前者が06時に2000m付近まで下がり, 後者は03時に1000m以下に下がった後, 高度の低下が止まった。これはシヤーが北上した後, 停滞したことを示唆している。

シヤー面の傾きを考慮すると, 前者が豪雨に対応するシヤーで, 温度傾度も大きく, エコーの強まりに対応している。後者は梅雨前線に対応するものと見られる。梅雨前線から南に離れたところに強雨域が現れたのは, この構造のためと考えられる。

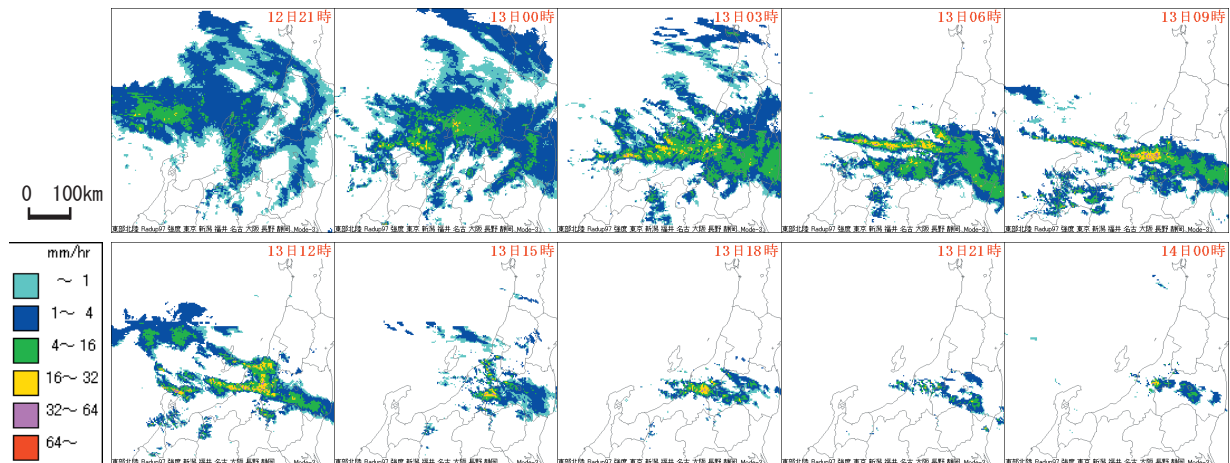
2.1.2.4 非静力学モデルを用いた再現実験に基づく考察

非静力学モデル(以下, NHMという)を用いて線状降雨帯の再現実験を試み, 再現結果から豪雨の構造を解析した(東京管区气象台, 2005)。NHMは7月12日21時を初期時刻とし, 気象庁数値予報領域モデル(RSM)予測値(12日9時初期値)を側面境界値として10km格子で計算を行い, これを親モデルとしてネストした5km格子モデルの計算結果を用いた。第2.1.2.8図はレーダー・アメダス解析雨量とNHMの再現結果を比較したものである。線状降雨帯をほぼ再現できたとして, この結果を利用して考察する。

(1) 対流活動が活発化した原因

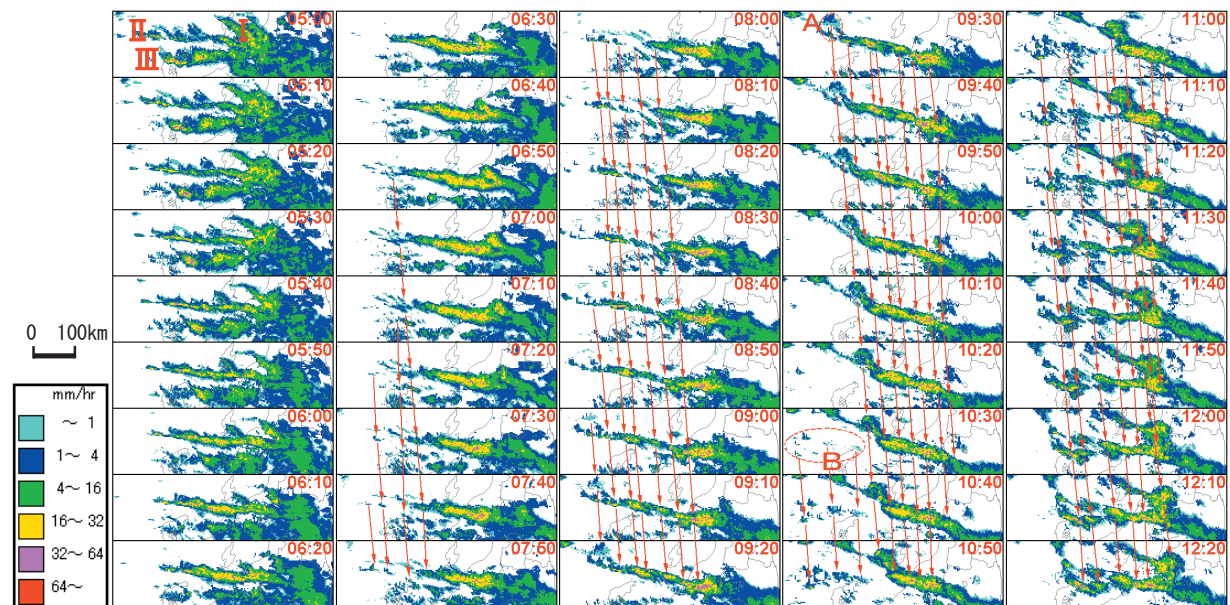
第3.1.2.3目, 第3.1.2.4目でも述べられているとおり, 対流不安定の度合いが非常に大きい。

第2.1.2.9図は13日7時の925hPaと700hPaのNHMで再現した相当温位と風ベクトルである。925hPaでは能登半島から佐渡島にかけて344K以上の高相当温位となっており, 700hPaでは能登半島の北から佐渡島にかけて相対的に相当温位の低い帯状の領域がみられる。第2.1.2.10図の相当温位の鉛直プロファイル(地点AについてはNHMによる再現値, 輪島については実況値)によれば, 925hPaから850hPaの高度には344Kから346Kの高相当温位の気塊があり,



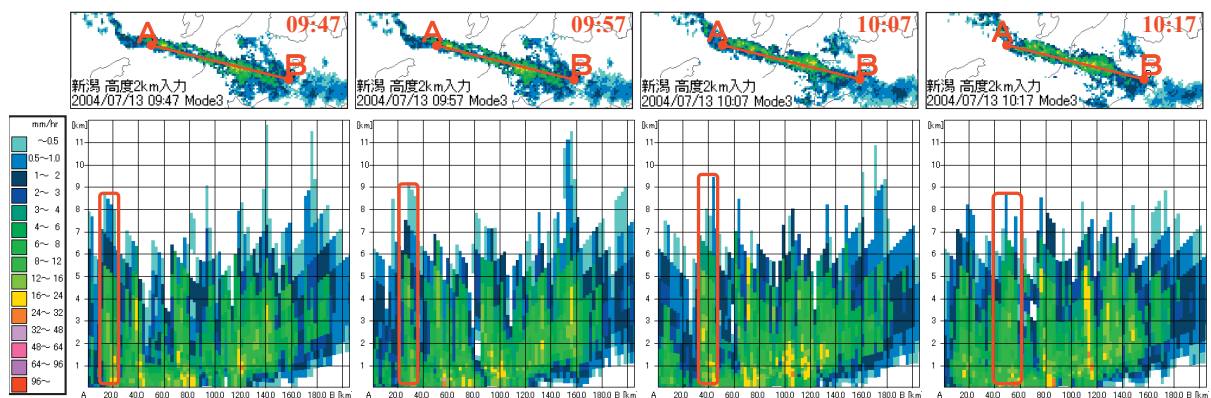
第2.1.2.1図 東部北陸合成レーダーエコー強度図

2004年7月12日21時から14日0時、3時間毎.



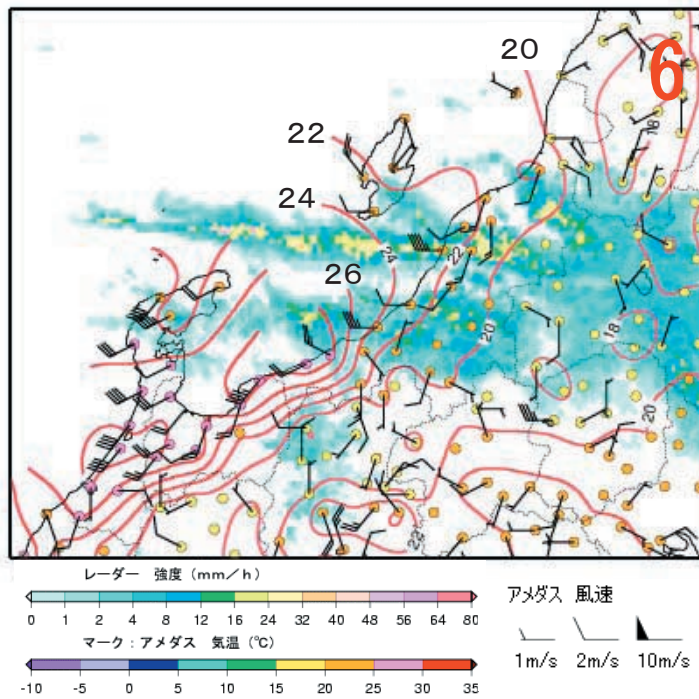
第2.1.2.2図 東部北陸合成レーダーエコー強度図

2004年7月13日5時から12時20分、10分毎. 矢印は主な降水セルの移動を表す.



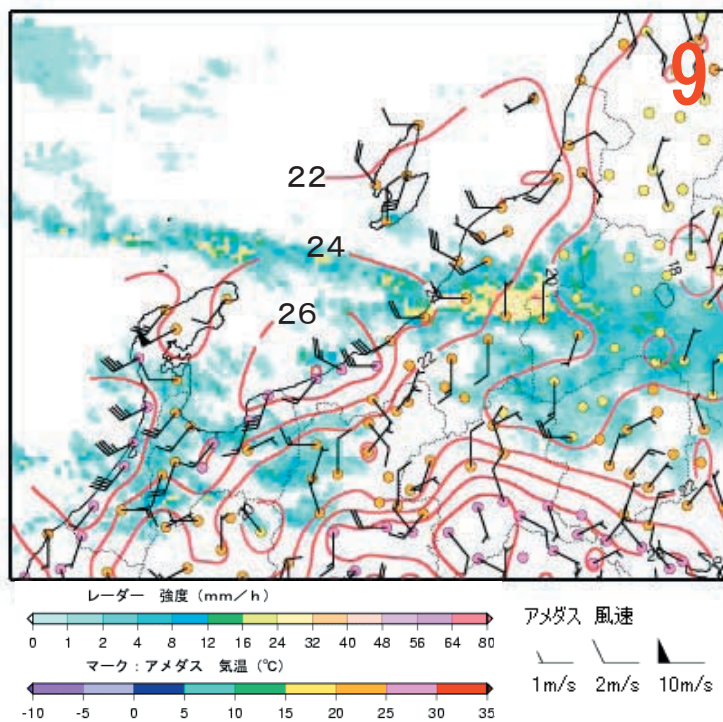
第2.1.2.3図 新潟レーダーによる線状エコーの強度断面図

2004年7月13日09時47分から10時17分、10分毎. 赤枠のエコーに着目すると30分で約35km移動(秒速に換算すると約20m/s)している.



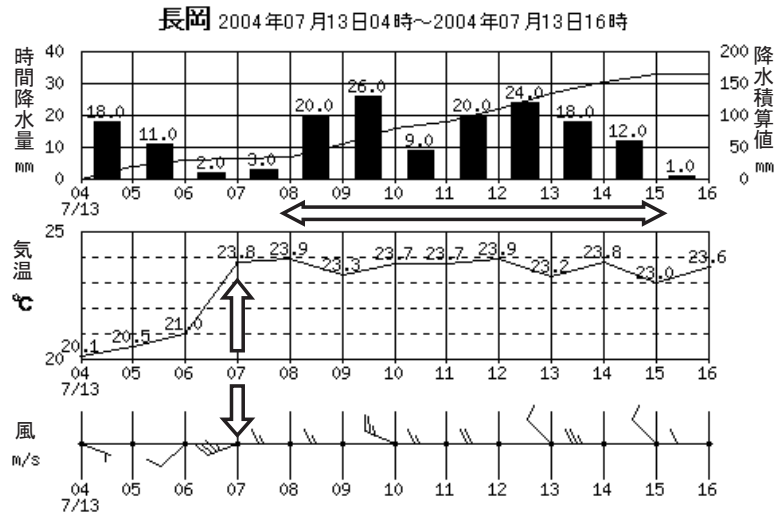
第2.1.2.4図 局地解析図

2004年7月13日6時. 等温線は2°C毎.



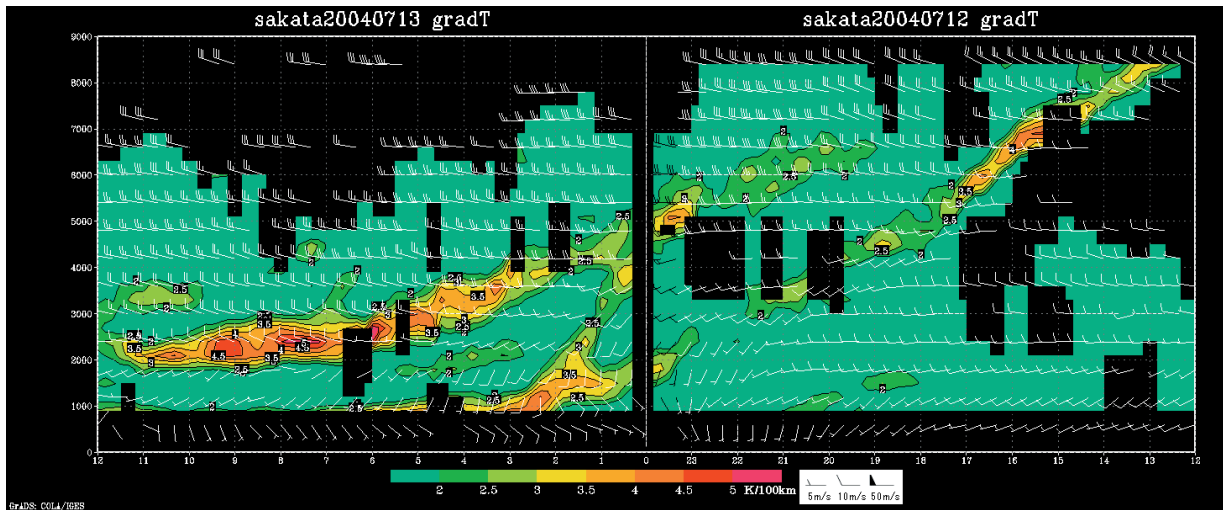
第2.1.2.5図 局地解析図

2004年7月13日9時. 等温線は2°C毎.



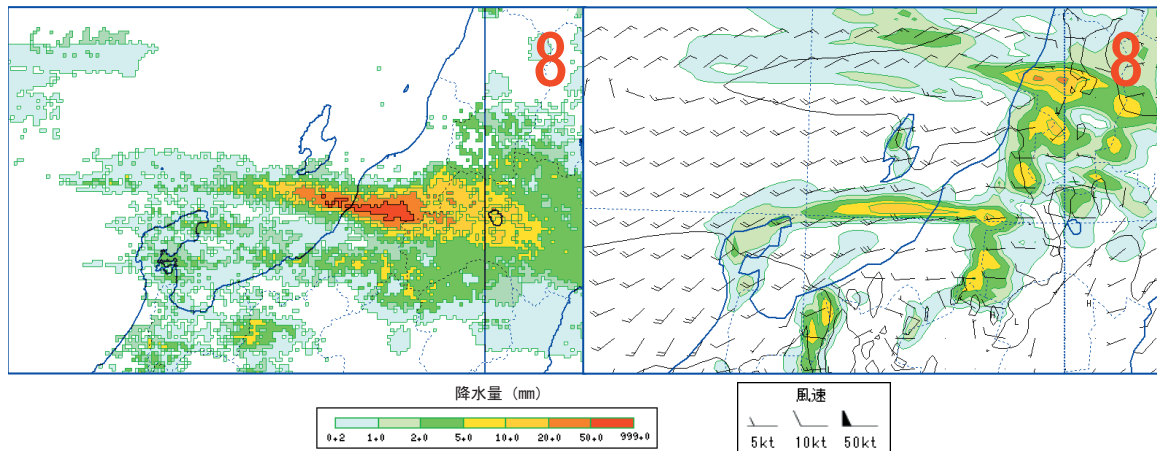
第2.1.2.6 図 長岡のアメダス時系列図

2004年7月13日4時から16時。↑は気温の上昇，↓は風の強まり，⇔は雨の最盛期を示す。



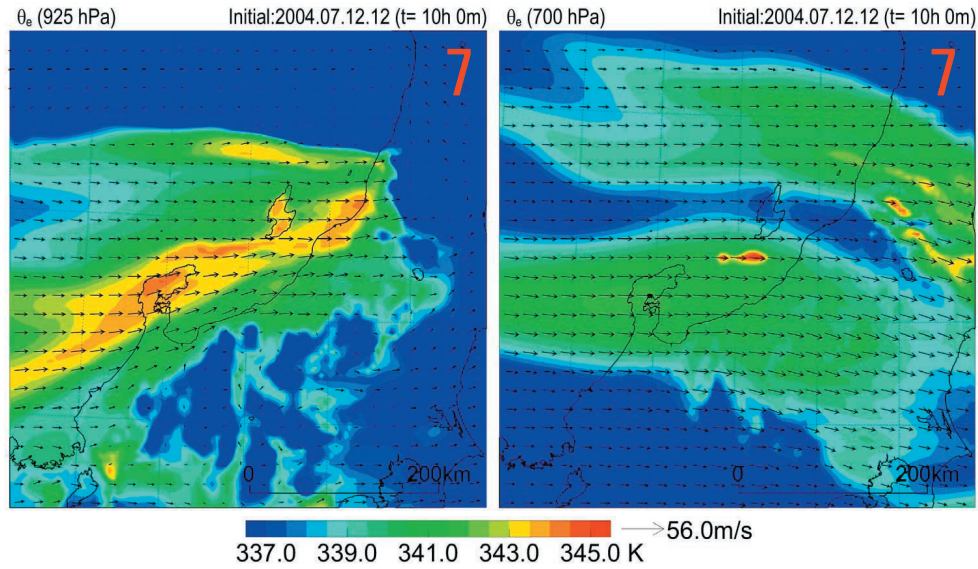
第2.1.2.7 図 酒田ウィンドプロファイラから計算した水平温度勾配の時系列断面図

2004年7月12日12時から13日12時。

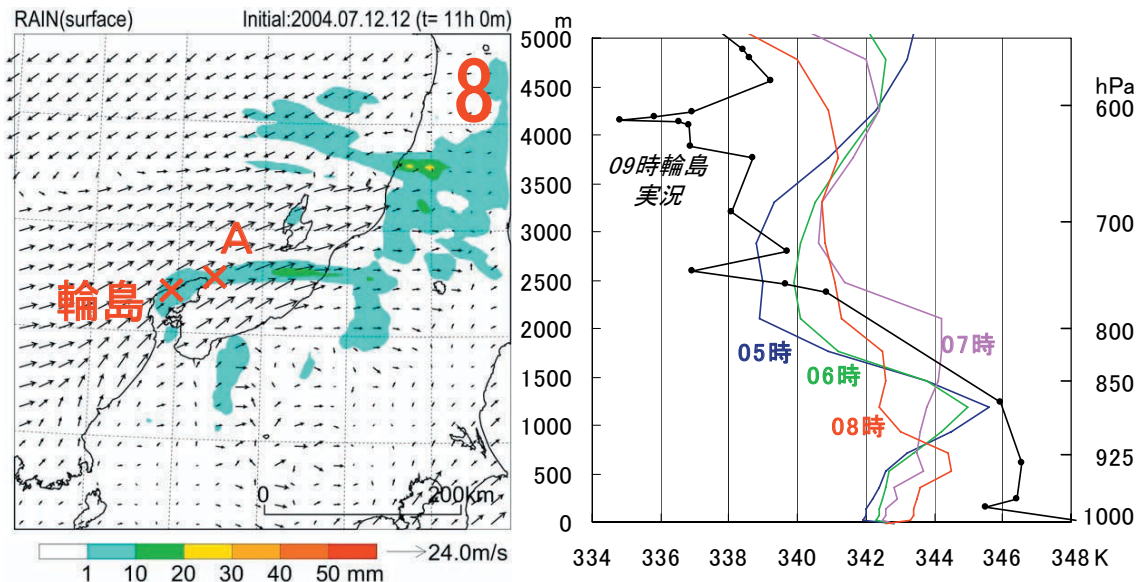


第2.1.2.8 図 レーダー・アメダス解析雨量（左）とNHM（右）による1時間降水量

2004年7月13日8時。



第2.1.2.9 図 NHM による 925hPa (左) 及び 700hPa (右) の相当温位
2004 年 7 月 13 日 7 時.



第2.1.2.10 図 NHM による相当温位の鉛直プロファイル

左図の地点 A. 2004 年 7 月 13 日 5 時から 8 時. 黒い実線は輪島の 9 時実況.

700hPa 付近の中層は相当温位が低い. この間は常に対流不安定となっており, 対流活動を活発化させる環境にあることが分かる.

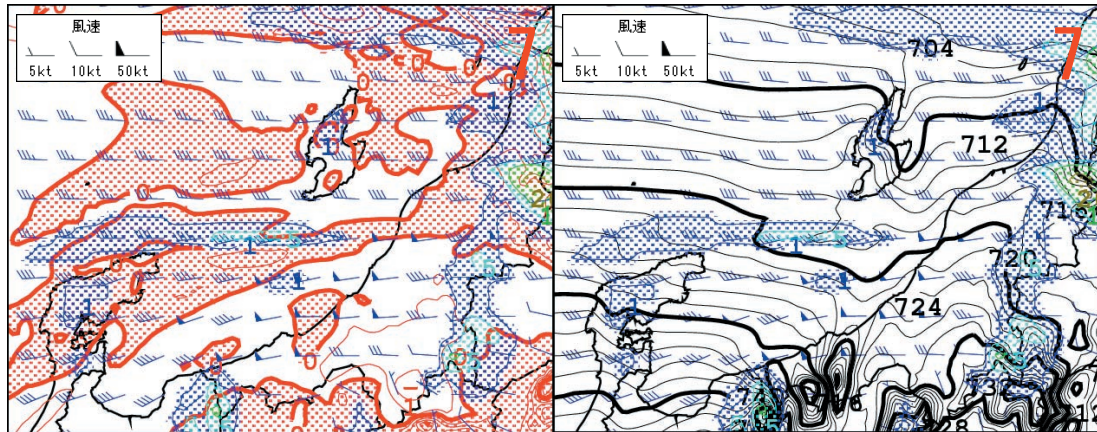
(2) 豪雨が維持し続けた原因

加藤 (2002) によれば, 梅雨期は下層の水蒸気が非常に多いために, 降水に伴う雨滴の蒸発は少なく, 雲底付近は大量の凝結により昇温して気圧が下がる. このため, 下層風の加速が起こるとしている. 第 2.1.2.11 図は 925hPa の前 1 時間気温変化量と高度である. 強雨域の気温は上昇しており, 佐渡島の南海上に

低圧部が形成されている. この低圧部の南側の広い範囲で 50kt の西風となっており, この風が下層の暖湿気塊流入を持続させていたと考えられる.

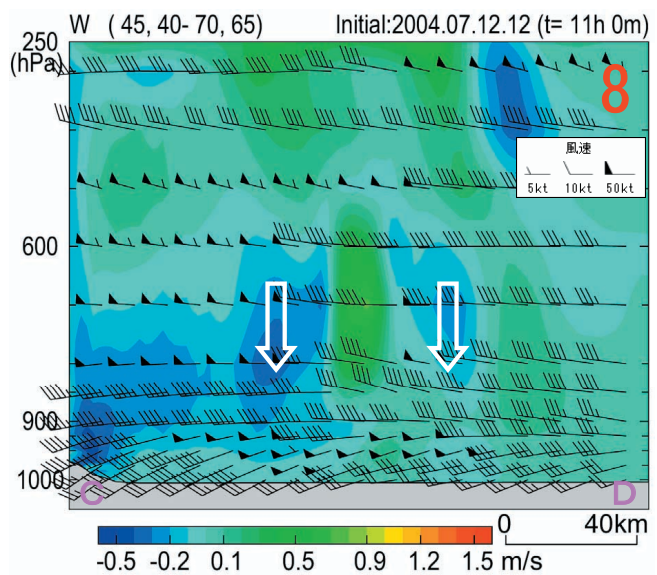
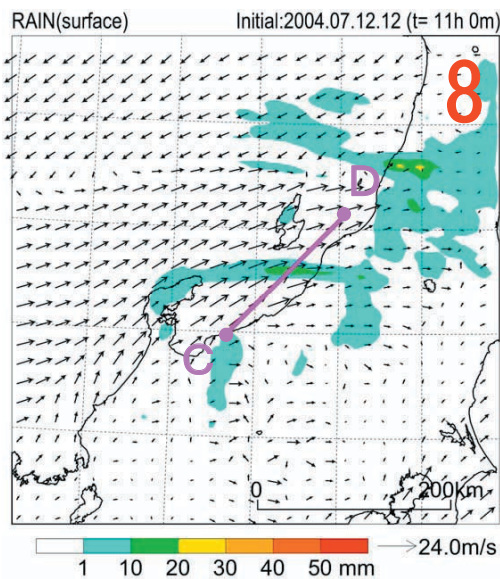
(3) 雨域が線状化した原因

第 2.1.2.12 図は線状降雨帯を横切った上昇速度の鉛直断面である. 線状降雨帯が再現された 07 時から 09 時の間, 上昇気流が生じている降雨帯のすぐ南と北に補償下降流と思われる下向きの速度があり, これが降雨域を線状化させた一因と考えられる.



第2.1.2.11 図 NHM による 925hPa の前 1 時間気温変化 (左) 及び高度 (右)

2004 年 7 月 13 日 7 時。左図の赤ハッチが昇温域。



第2.1.2.12 図 NHM による鉛直速度の断面図

左図の C-D 間。2004 年 7 月 13 日 8 時。↓は下降流を表す。

(4) 豪雨と地形の関係

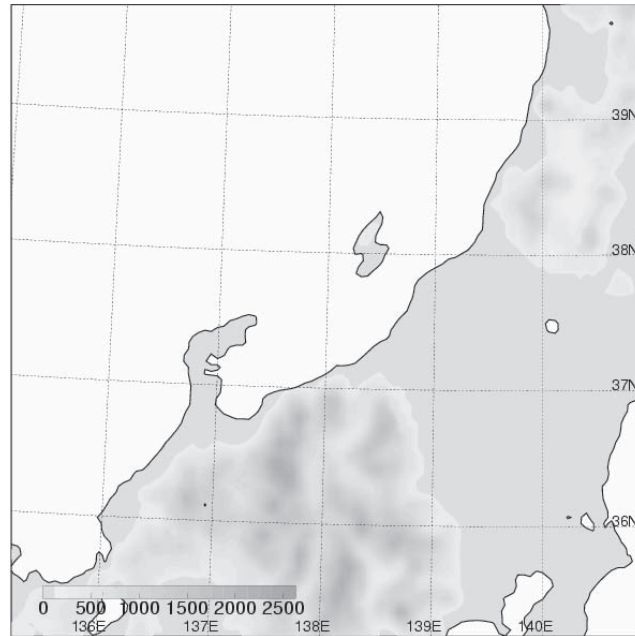
第2.1.2.1 図、第2.1.2.2 図の合成レーダー強度図に示すように、今回の豪雨では中越地方の山沿いで特に雨量が多くなった。この原因として地形の影響が考えられるため、強雨帯の東側（風下側）に当たる越後山脈や福島県、関東地方の山岳部をすべて取り除いた地形（第2.1.2.13 図）を作成して NHM で再現実験を行った。第2.1.2.14 図に地形改変前後の結果を示す。地形改変前は新潟・福島県境の山沿いで雨量が多くなっているが、山岳を取り除くと海上で発達した雨域は県境付近でむしろ弱まっている。この結果から中越地方の山沿いで雨量が多くなったのは地形の影響があったといえる。

また、佐渡島や能登半島の影響を調べるために、こ

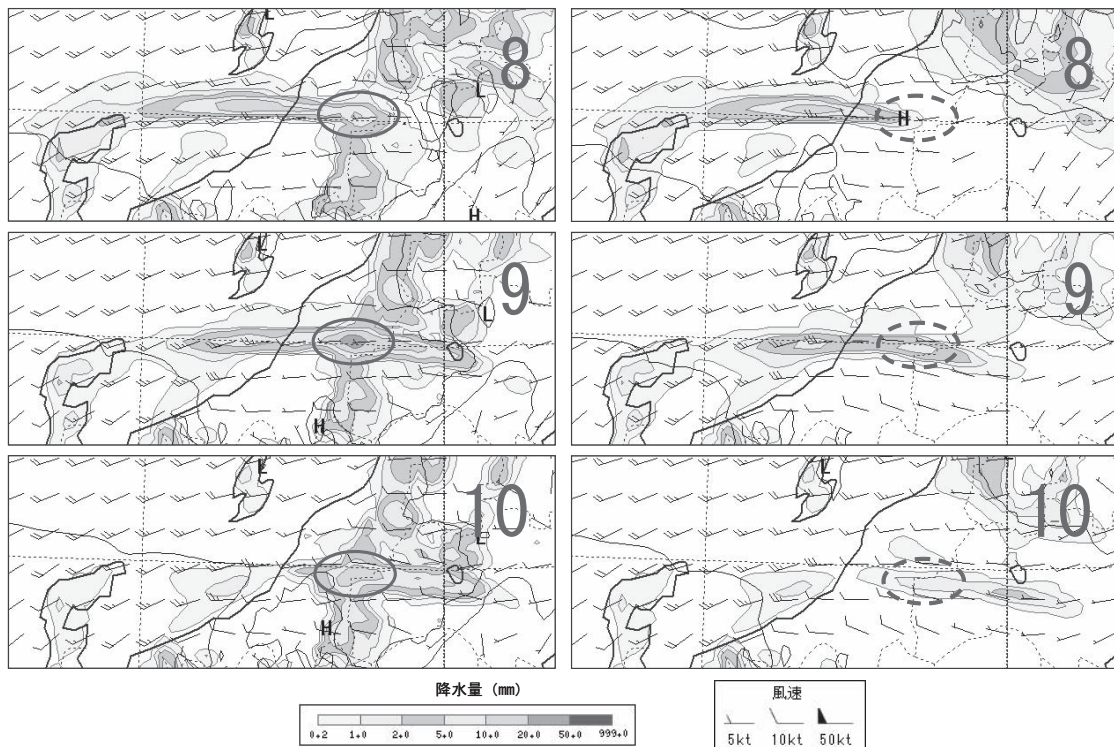
れらを取り除いた地形を作成して再現実験を行ったが、地形改変前後で雨量に差はなかった（図略）。したがって佐渡島や能登半島の影響はなかったと考えられる。

参 考 文 献

- 加藤輝之 (2002) : 集中豪雨のモデルと予想—数値実験によるアプローチ—. 天気, 49, 626-634.
- 齊藤清, 鈴木紀行, 入田央, 山田眞吾, 伊藤秀喜 (2000) : 平成 10 年 8 月上旬豪雨(新潟)の状況. 気象庁技術報告, 121,13-29.
- 石橋俊之 (2004) : ウィンドプロファイラによる解析. 平成 15 年度量的予報研修テキスト, 1-12.
- 東京管区気象台 (2005) : 地方共同研究「ウィンドプロファイラと非静力学モデル等によるメソスケール現象の研究」. 4-12.



第2.1.2.13図 山岳を取り除いた地形
USGS の GTOPO30 を利用



第2.1.2.14図 NHM による1時間降水量

左はモデル地形、右は山岳を取り除いた地形での計算結果。2004年7月13日8時から10時。

2.1.3 衛星画像の特徴*

2.1.3.1 赤外・可視画像の特徴

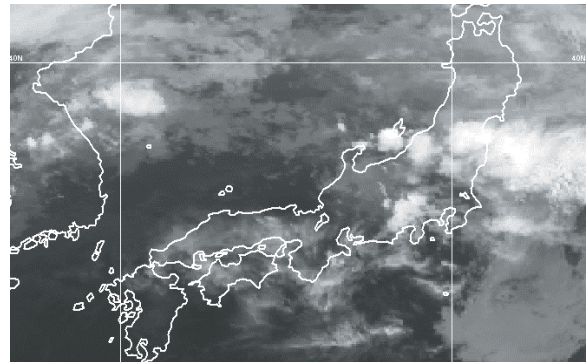
13日3時の赤外画像(第2.1.3.1図)では能登半島の先端と佐渡島の西に活発な対流雲域が見られるが、これらの雲はその後1, 2時間程度で消滅した。13日1時ごろから04時ごろまでこのように能登半島から佐渡島近海で対流雲が発生・消滅を繰り返す状況が続いた。13日6時の赤外画像(第2.1.3.2図)では能登半島の先端から新潟県中越付近に延びる対流雲域Aと能登沖から佐渡島付近に延びる対流雲列Bが形成された。その後Aは衰弱するがBは07時(第2.1.3.3図(a))には佐渡島の南側でCb(積乱雲)を含む雲列に発達し、08時(第2.1.3.3図(b))には更に発達してテーパリングクラウドとなった。06時と08時の輝度温度分布図(第2.1.3.4図, 第2.1.3.5図)を比較すると、B付近の雲頂温度は、06時では低い所でも-55℃程度だが、08時では約-60℃となって発達している。9時の赤外画像(第2.1.3.6図)ではBはテーパリング状の雲域の西側に延び、これに連なるように朝鮮半島から日本海中部に延びる活発な対流雲列Cが形成された。また、同時刻の可視画像(第2.1.3.7図)ではCの南側に背の低い下層雲域Dが見られ、下層が湿潤な状態であることを示唆している。その後テーパリング状の雲域は衰弱して、その西側の雲域が発達し、11時には対流雲が新潟県中越から下越付近にかかるが(第2.1.3.8図(a)(b)), 11時の輝度温度分布図(第2.1.3.9図)を見ると、雲頂温度は-55℃程度で08時の対流雲ほどは発達していない。対流雲列Bは12時の赤外画像(第2.1.3.10図)では解析されたが、13時の赤外画像(第2.1.3.11図(a))では形が崩れ始め、14時の赤外画像(第2.1.3.11図(b))では対流雲の発生点が北に移動し、15時の赤外画像(第2.1.3.12図)では能登半島から佐渡島間の海域では活発な対流雲は発生しなかった。

2.1.3.2 水蒸気画像の暗域の動向

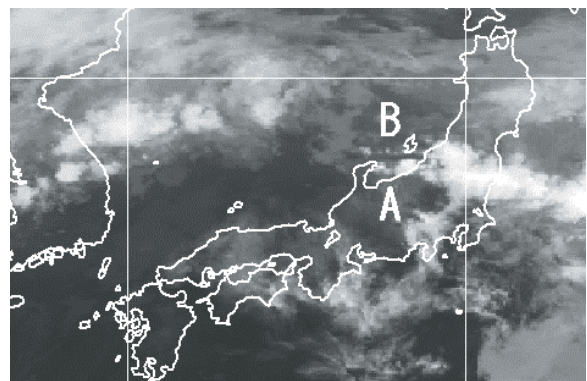
13日3時の水蒸気画像(第2.1.3.13図)では、大気中層の乾燥域を示す暗域が東シナ海から山陰沿岸に入り込んでいた。この暗域の入り込みは次第に東へ進み、06時の水蒸気画像(第2.1.3.14図)では本州中部まで入り込んで、このごろから能登半島から佐渡島近海で

* 新潟地方気象台 神田 一史・川端 昇・小泉 正之

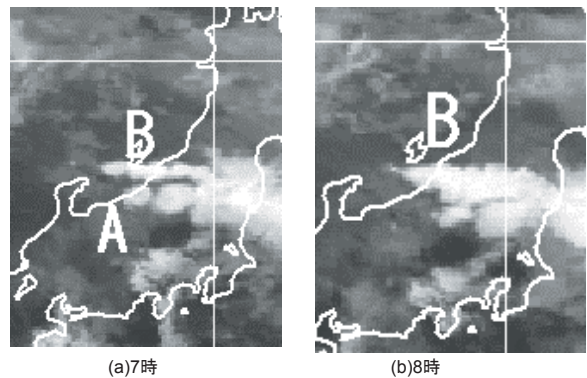
対流雲列Bが形成された。09時(第2.1.3.15図)と12時(第2.1.3.16図)の水蒸気画像では佐渡島の南が暗域の境界となり、対流雲列Bはこの境界部分とほぼ重なって対流雲列の状態が持続したが、15時の水蒸気画像(第2.1.3.17図)では能登半島と佐渡島間の海域は暗域に覆われて、その後はこの海域では活発な対流雲の発生は見られなくなった。



第2.1.3.1図 7月13日3時の衛星赤外画像

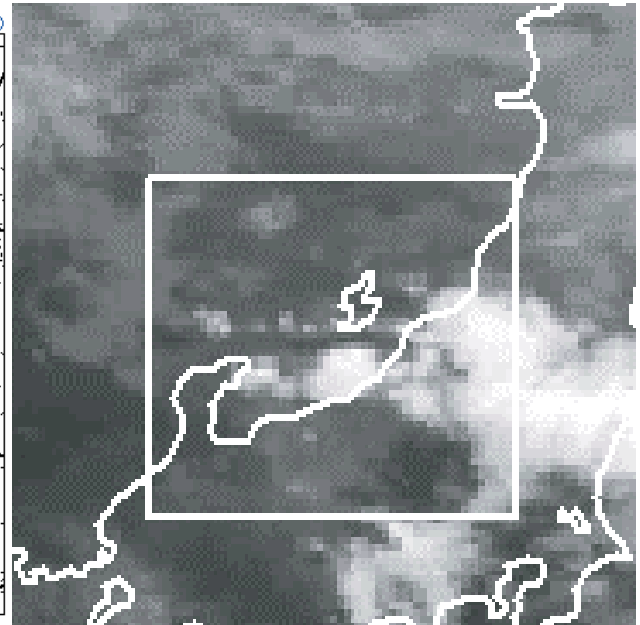
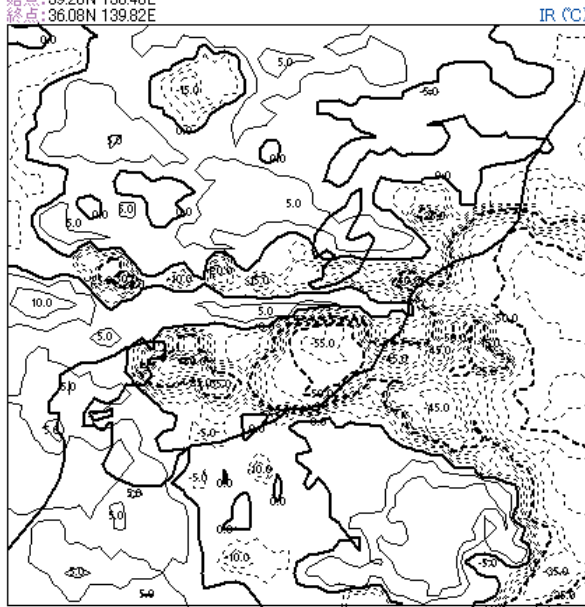


第2.1.3.2図 7月13日6時の衛星赤外画像



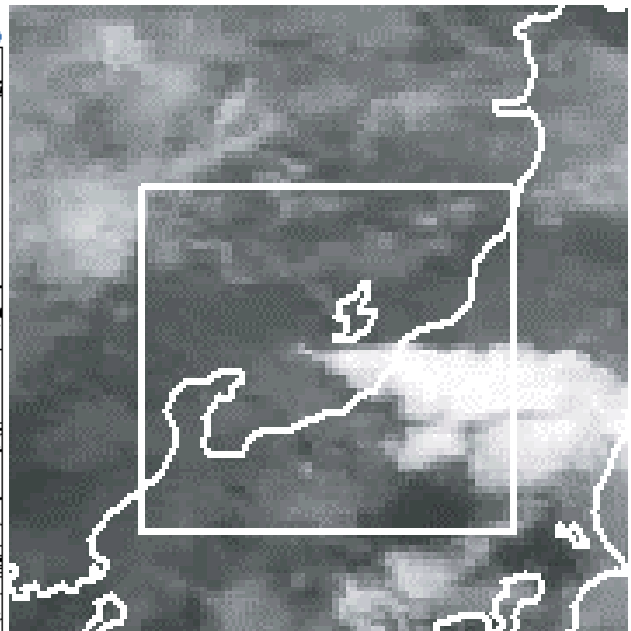
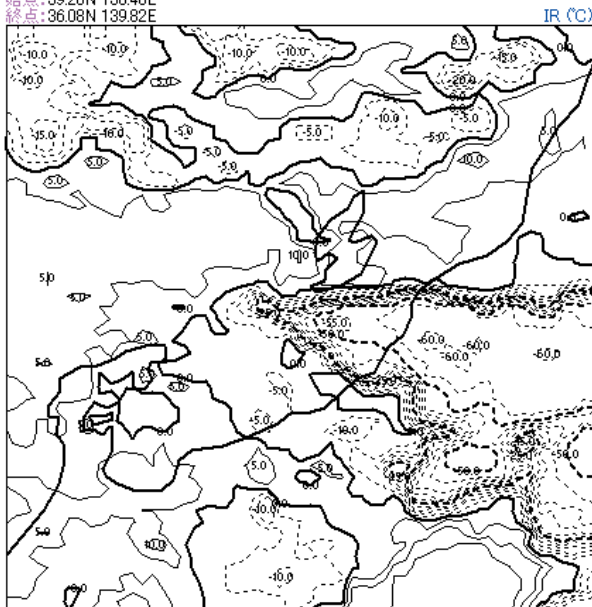
第2.1.3.3図 7月13日7時, 8時の衛星赤外画像

2004-07-12 20:52UTC
始点: 39.20N 136.46E
終点: 36.08N 139.82E

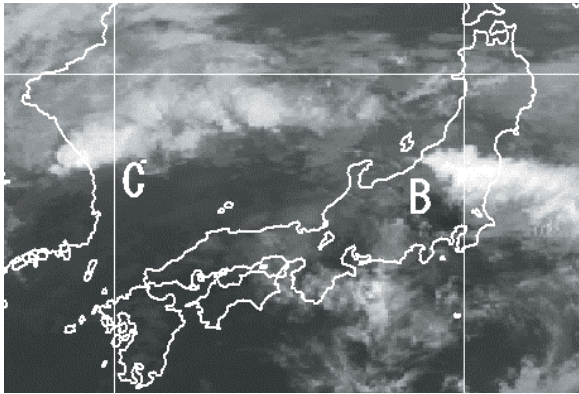


第2.1.3.4図 6時の雲列B付近(白実線囲み)の輝度温度分布図

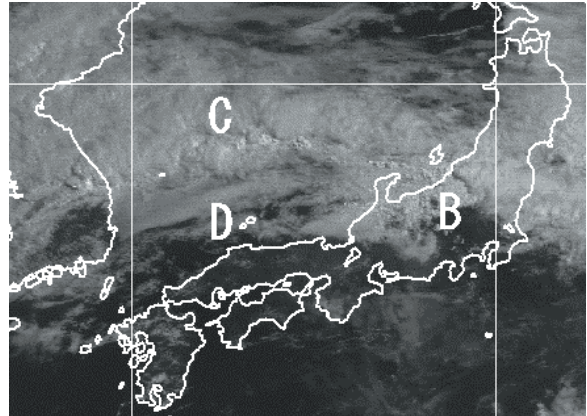
2004-07-12 22:40UTC
始点: 39.20N 136.46E
終点: 36.08N 139.82E



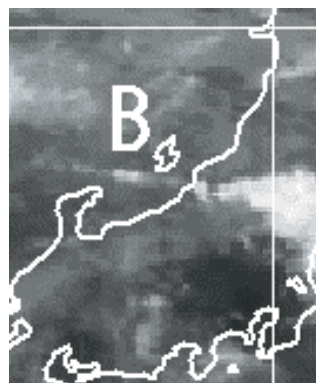
第2.1.3.5図 8時の雲列B付近(白実線囲み)の輝度温度分布図



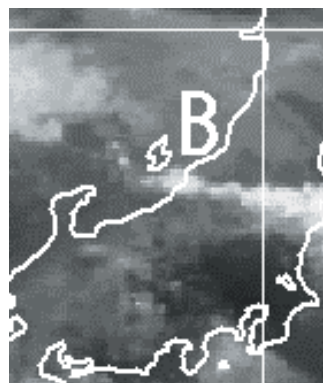
第2.1.3.6図 7月13日9時の衛星赤外画像



第2.1.3.7図 7月13日9時の衛星可視画像

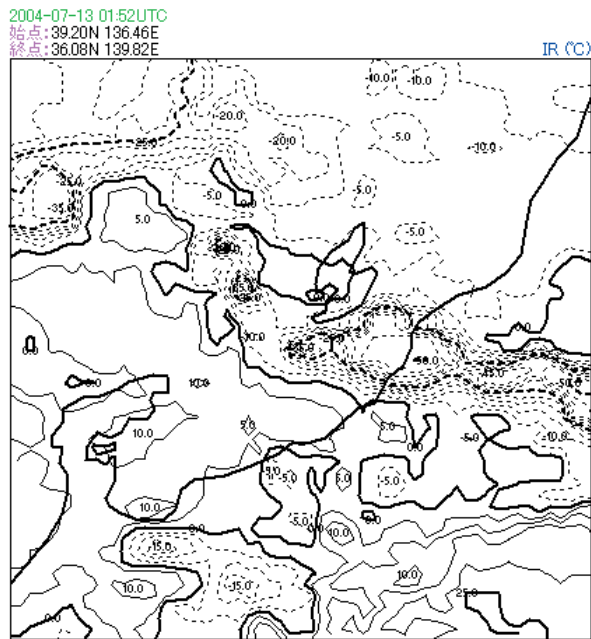


(a)10時

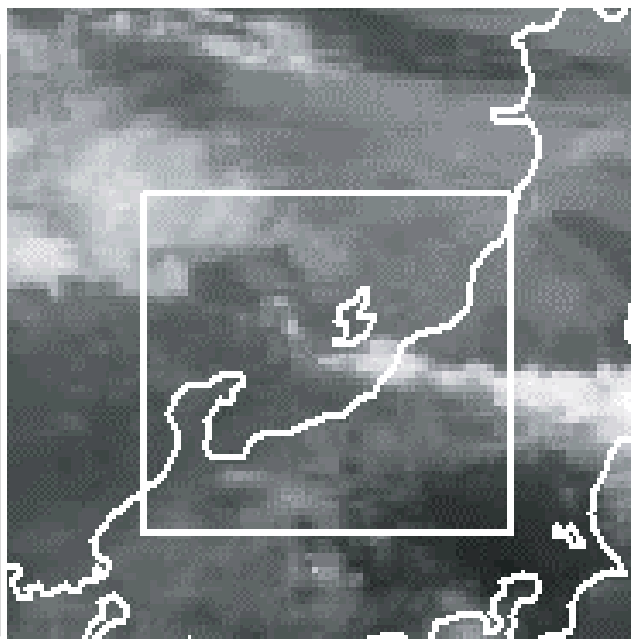


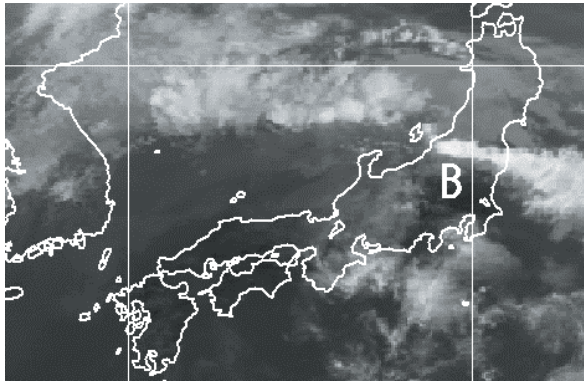
(b)11時

第2.1.3.8図 7月13日10時, 11時の衛星赤外画像

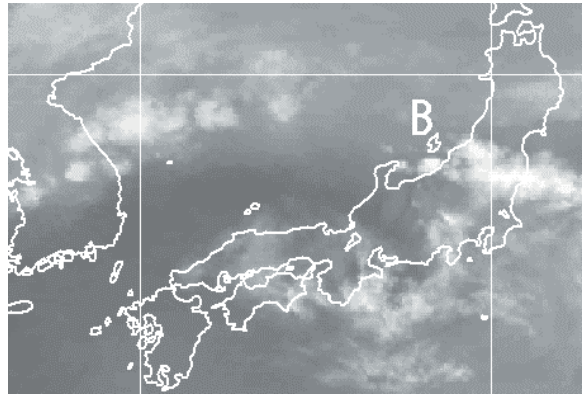


第2.1.3.9図 11時の雲列B付近(白実線囲み)の輝度温度分布図

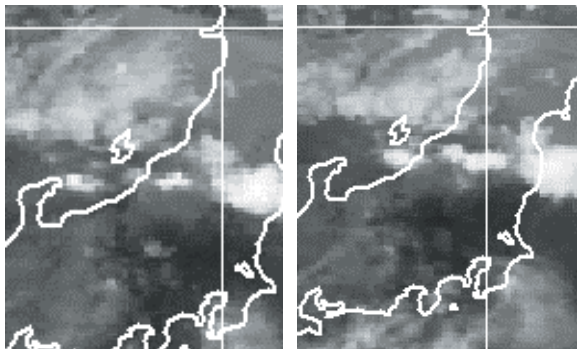




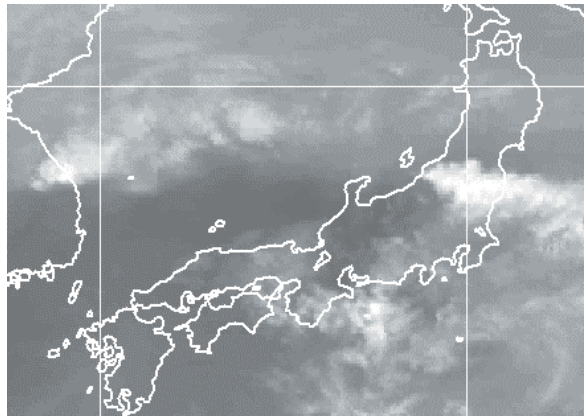
第2.1.3.10図 7月13日12時の衛星赤外画像



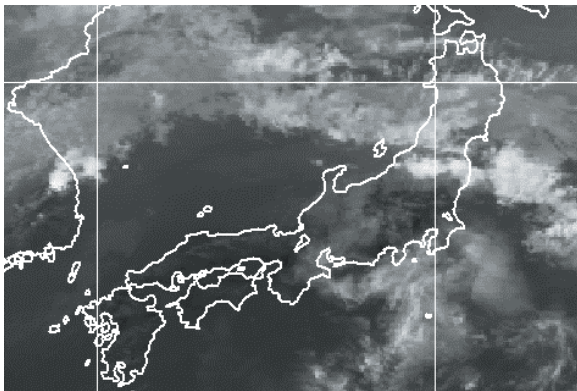
第2.1.3.14図 7月13日6時の衛星水蒸気画像



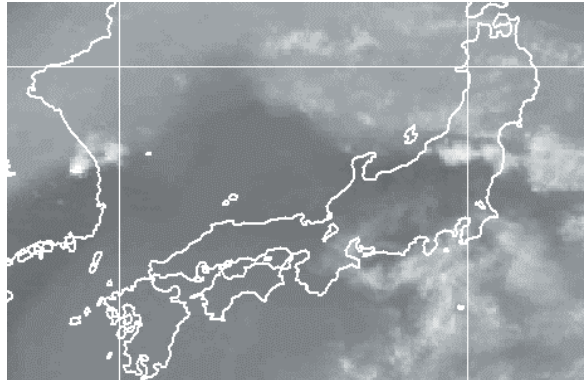
第2.1.3.11図 7月13日13時、14時の衛星赤外画像



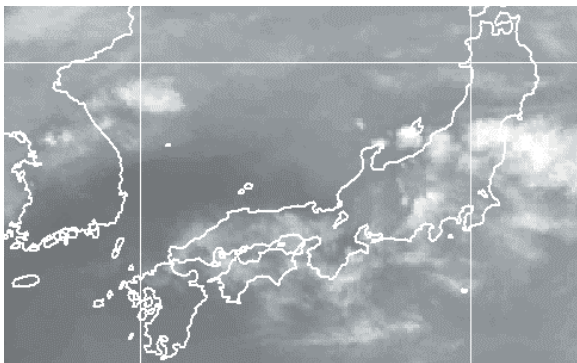
第2.1.3.15図 7月13日9時の衛星水蒸気画像



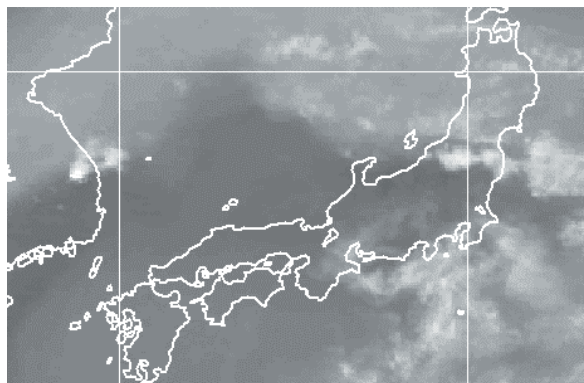
第2.1.3.12図 7月13日15時の衛星赤外画像



第2.1.3.16図 7月13日12時の衛星水蒸気画像



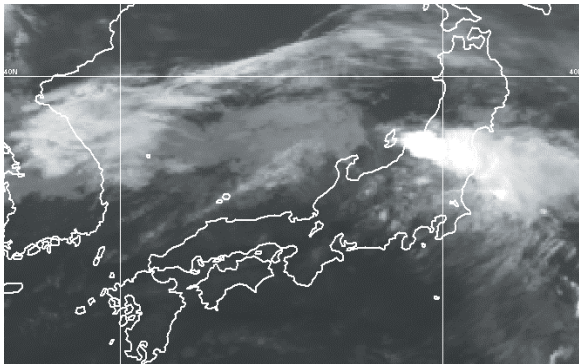
第2.1.3.13図 7月13日3時の衛星水蒸気画像



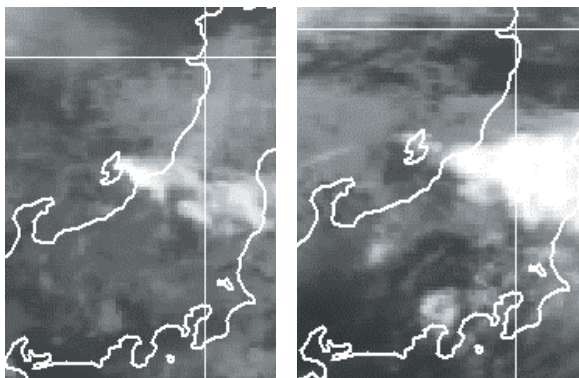
第2.1.3.17図 7月13日15時の衛星水蒸気画像

2.1.3.3 平成10年8月上旬豪雨（新潟）との比較

1998年8月4日06時の赤外画像（第2.1.3.18図）では佐渡島から下越でテーパリングクラウドが発生しており、今回の7・13豪雨よりやや北に位置している。また、平成10年8月上旬豪雨（新潟）（8・4豪雨）の場合は、8月4日2時の赤外画像（第2.1.3.19図（a））で見ると佐渡島付近で活発な対流雲が発生し始め、衛星画像で見るとほぼ同じ位置でテーパリングクラウドが発生しており、09時の赤外画像（第2.1.3.19図（b））まで活発な対流雲が持続していた。しかし、7・13豪雨では能登半島から佐渡島近海でCbの発生を繰り返しているものの、13日9時から10時にかけては対流雲が衰弱しており、8・4豪雨に比べて活発な対流雲の発生が持続的ではなかった。



第2.1.3.18図 1998年8月4日6時の衛星赤外画像



(a)2時

(b)9時

第2.1.3.19図 1998年8月4日2時、9時の衛星赤外画像

* 新潟地方気象台 岩倉 充

福島地方気象台 佐々木 貴史

2.1.4 災害状況*

2.1.4.1 災害状況概要

7月13日朝から昼ごろにかけて、新潟県中越地方や、福島県会津地方では記録的な集中豪雨となった。このため新潟県では、浸水害や土砂災害により甚大な被害となった。被害状況を第2.1.4.1表に、被害額を第2.1.4.2表に示す。浸水害では、中越地方の長岡地域を流れる刈谷田川、三条地域を流れる五十嵐川など、6河川の11箇所が破堤、三条市、長岡市、見附市、中之島町など中越地方を中心に広範囲で浸水害が発生した。また、同じく中越地方の長岡地域、三条地域などを中心に県内35市町村で、地すべり・がけ崩れ・土石流等の土砂災害が多数発生した。今回の大雨による新潟県での被害は、16市32町17村に及び、死者15人、重軽傷者3人、住家床上浸水2,178棟、住家床下浸水6,117棟、住家全壊（流出を含む）70棟、住家半壊5,354棟などの人的被害、家屋被害の他、公共土木

第2.1.4.1表 人的・住家等被害

（平成16年9月14日現在 新潟県危機管理防災課調べ）

区 分		被 害
人的被害	死者	15
	行方不明者	0
	負傷者	2
	重傷	1
住家被害	全壊	棟数 70
	(流失含)	世帯 68
	半壊	棟数 5,354
		世帯 5,437
	一部損壊	棟数 94
		世帯 94
	床上浸水	棟数 2,178
		世帯 2,222
	床下浸水	棟数 6,117
		世帯 6,176
その他	道路	箇所 2,727
	河川	箇所 950

第2.1.4.2表 経済的被害の状況

（平成16年9月現在 新潟県危機管理防災課まとめ）

（単位：百万円）

区 分	県の被害額	市町村の被害額	県民・企業の被害額	合 計
公立文教施設	653	1,317		1,970
農林水産業施設	32	13,637	6,726	20,395
公共土木施設	74,498	11,269		85,767
その他公共施設	10	588	380	978
農林水産被害		10	16,244	16,254
商工被害			33,326	33,326
災害廃棄物処理		3,300		3,300
被害総額	75,193	30,121	56,676	161,990

施設、農林水産業、商工業でも大きな被害が発生した（新潟県危機管理防災課、平成16年9月14日現在）。新潟県では7月13日14時20分に新潟県7.13梅雨前線豪雨被害対策本部を、7月16日09時00分に新潟県7.13梅雨前線豪雨災害対策本部を設置したほか、7月13日以降、県内41市町村で災害対策本部を設置した（9月21日までにすべて解散）。

福島県の被害状況は、第2.1.4.3表に示したように、死者1人、重傷者1人、床上浸水8棟、床下浸水90

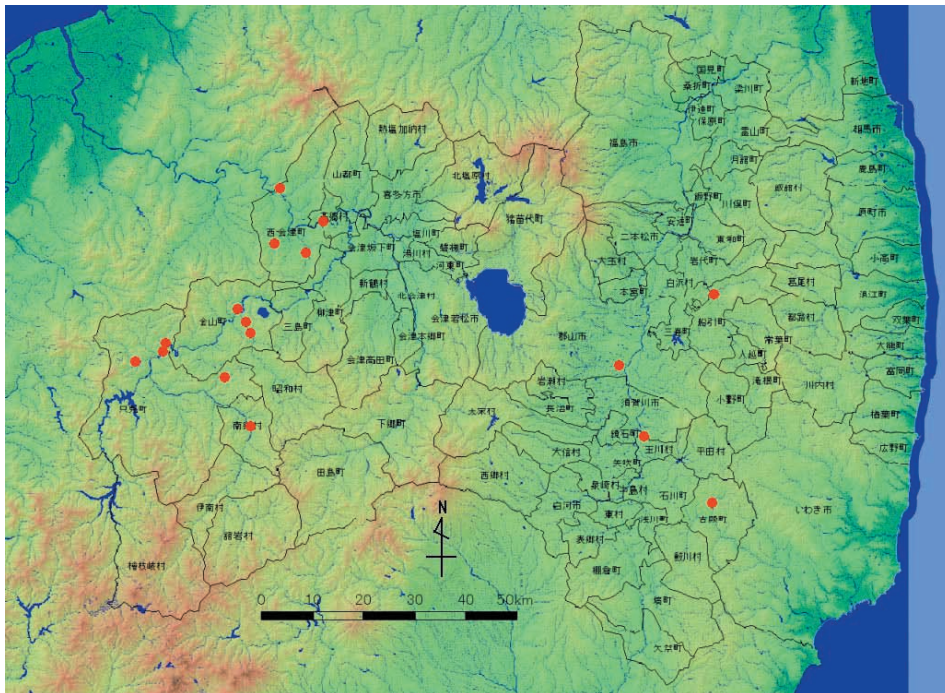
棟となった。土砂災害等は、会津地方を中心に8市町村16箇所（福島県調べ）で、地すべり・がけ崩れが発生し、河川の護岸崩壊なども発生した。第2.1.4.1図に福島県の地すべり・がけ崩れ箇所分布を示す。写真2.1.4.1に柳津町大字湯八木沢地区の護岸崩壊現場を示す。福島県では7月13日9時34分に警戒配備体制をしいたが、翌14日01時50分に解除した。また、県内の9町村で災害対策本部を設置した（9月30日までにすべて解散）。



写真2.1.4.1 福島県柳津町

第2.1.4.3表 福島県の人的・住家被害
（平成16年9月10日現在 消防庁調べ）

区 分		被 害
人的被害	死者	1
	行方不明者	0
	負傷者	1
	重傷 軽傷	0
住家被害	全壊	棟数 0
	半壊	棟数 0
	一部損壊	棟数 0
	床上浸水	棟数 8
	床下浸水	棟数 90



第2.1.4.1図 福島県のがけ崩れ・地すべり箇所（福島県提供データより作成）

●印ががけ崩れ・地すべり箇所

2.1.4.2 顕著な災害の報告*

(1) 洪水害

新潟県では、この大雨により、信濃川水系の五十嵐川、刈谷田川、中之島川など6河川11か所で堤防が決壊し、三条市、見附市、中之島町など中越地方を中心に浸水害により死者13人及び田畑や住宅地が広範囲にわたって冠水するなど大きな災害が発生した。

特に五十嵐川では、下流の三竹地区の越水や諏訪地区左岸の破堤をはじめ、常磐橋下流右岸の欠損等、至る所で越水を引起し、五十嵐川流域全体で全損家屋、半壊家屋、浸水家屋あわせて6,840戸（住家）に上るなど、浸水面積1,320haにも及び甚大な被害となった。

また、刈谷田川では、本川の中の島地区左岸の破堤をはじめ、明晶町、河野町、宮之原町、支川稚児清水川（2か所）での破堤に加え、各地で越水を引起し、刈谷田川流域全体での全壊家屋54戸、半壊家屋307戸、浸水家屋2,197戸など浸水面積1,153haにも及び甚大な被害となった。

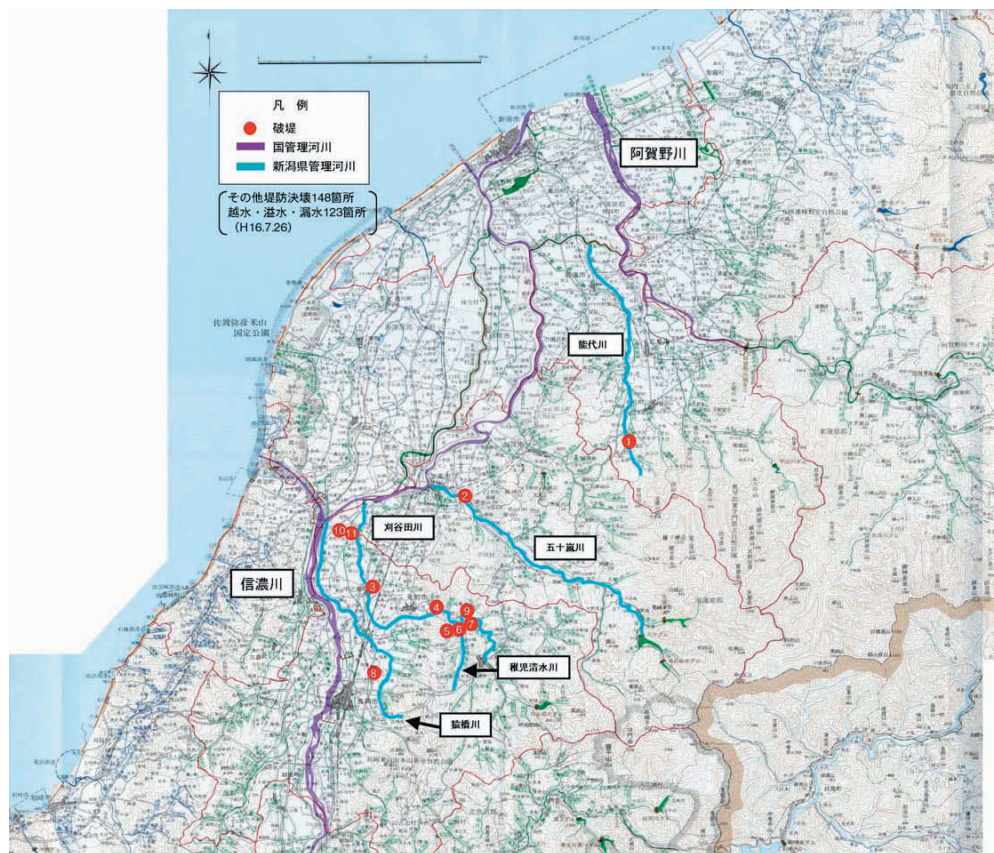
第2.1.4.2図に河川被災状況位置図、写真2.1.4.2に

五十嵐川破堤状況を、写真2.1.4.3に三条市浸水状況を、写真2.1.4.4に刈谷田川破堤状況を示す。

(2) 土砂災害

新潟県では、この大雨により中越地方を中心に県内35市町村の341箇所で、がけ崩れ・地すべり・土石流等の土砂災害が発生した。特に記録的な大雨となった長岡地域、三条地域では発生件数が多く、13日に発生した出雲崎町のがけ崩れで1人、栃尾市の地すべりで1人が死亡するなど、人的被害、家屋や道路の被害とも多大となった。被害発生状況を第2.1.4.4表に示す。第2.1.4.3図に新潟県の土砂災害発生箇所分布を、第2.1.4.4図に新潟県の土砂災害発生箇所分布図（拡大図）を、第2.1.4.5図に新潟県の市町村別土砂災害発生状況を示す。

写真2.1.4.5に栃尾市小貫地内、写真2.1.4.6に三島町中永地内、写真2.1.4.7に下田村長野地内の土砂災害の状況を示す。



第2.1.4.2図 河川被災状況位置図（北陸地方整備局提供）

* 新潟地方気象台 松田 薫、岩倉 充

- ①村松町下大蒲原地先
- ②三条市諏訪(曲淵)地先
- ③中之島町中之島地先
- ④見附市明晶町地先
- ⑤⑥見附市池之島町地先
- ⑦見附市河野町地先
- ⑧長岡市富島町地先
- ⑨見附市宮之原町地先
- ⑩⑪中之島町下沼新田地先



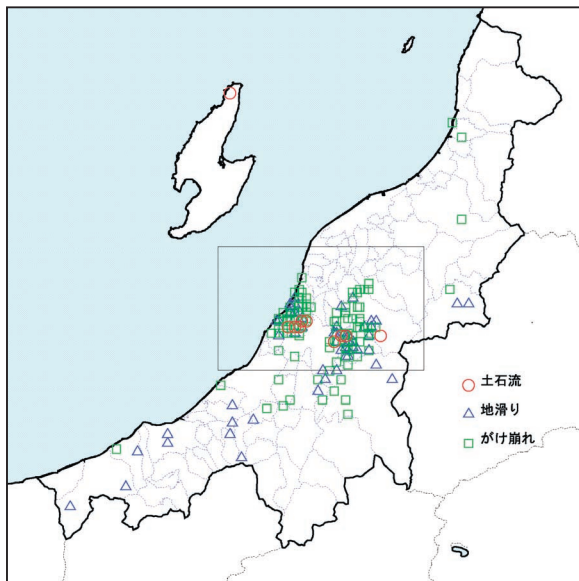
写真 2.1.4.2 五十嵐川破堤状況（北陸地方整備局提供）



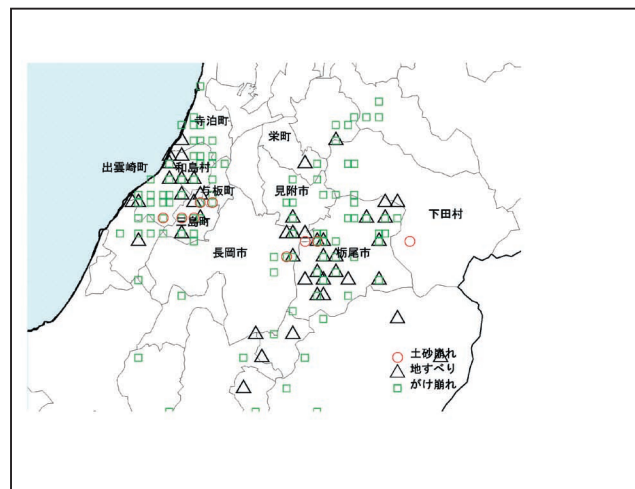
写真 2.1.4.3 三条市浸水状況（北陸地方整備局提供）

第 2.1.4.4 表 土砂災害被害
（新潟県土木部砂防課調べ）

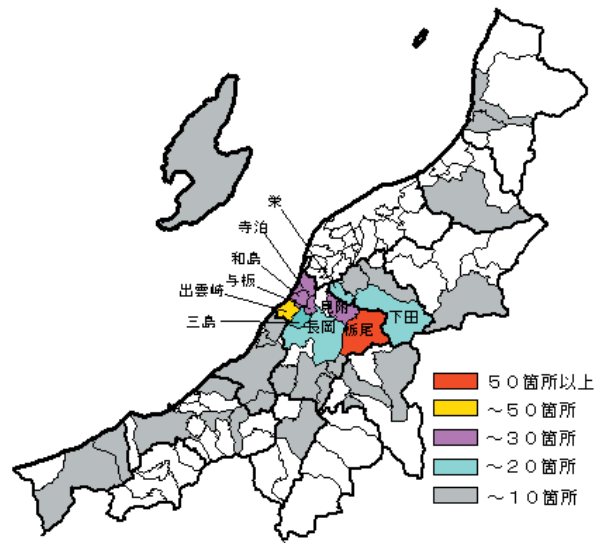
発生災害	発生件数	人的被害(人)			家屋損壊数		
		死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部損壊
地すべり	83	1	0	0	2	3	6
がけ崩れ	246	1	0	1	1	1	37
土石流	12	0	0	0	9	5	5
計	341	2	0	1	12	9	48



第 2.1.4.3 図 新潟県の土砂災害発生箇所分布
（新潟県土木部砂防課提供データにより作成）



第 2.1.4.4 図 新潟県の土砂災害分布図（拡大図）
（新潟県土木部砂防課提供のデータにより作成）



第2.1.4.5図 新潟県の市町村別土砂災害発生状況
 (新潟県土木部提供データにより作成)



写真 2.1.4.4 刈谷田川破堤状況 (北陸地方整備局提供)



写真 2.1.4.6 三島町中永 (新潟県土木部砂防課提供)



写真 2.1.4.5 栃尾市小貫 (栃尾市消防本部提供)



写真 2.1.4.7 下田村長野 (下田村提供)

2.1.4.3 土壌雨量指数の状況（新潟・福島）*

新潟県中越及び下越の山沿い、福島県会津北部では、10日午後から11日にかけて降った雨により、土壌雨量指数のやや高い状態が続いていた。

12日夜から降り始めた雨により、更に土壌雨量指数は高くなり、13日4時30分には、新潟県下越五泉地域に履歴順位1位格子が出現した。13日7時には、新潟県中越三条地域及び下越五泉地域、福島県会津北部に、履歴順位1位格子が広く分布した（図略）。

13日10時には、履歴順位1位格子の分布範囲が新潟県中越の北部及び下越の南部、福島県会津に拡大した（第2.1.4.6図）。

13日10時30分には、福島県金山町川口栗ノ牧でがけ崩れ（高さ3m、幅10m、人的被害無、住家被害無、避難勧告発令）が発生した（第2.1.4.7図）。

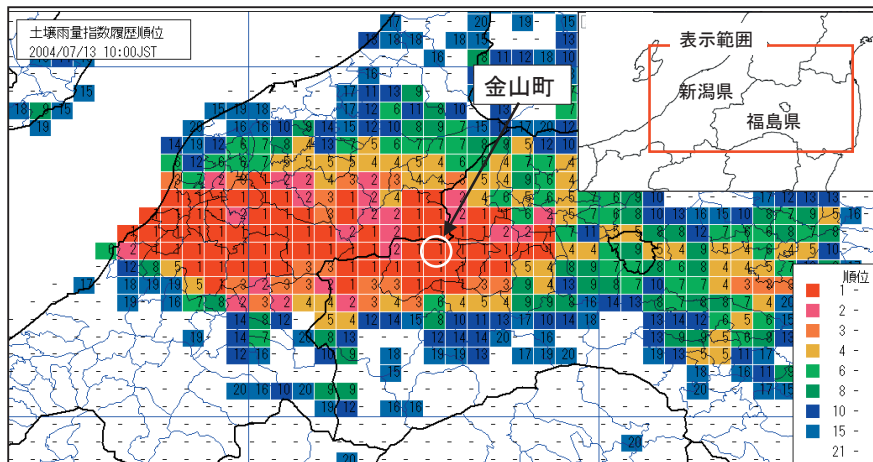
13日13時には、新潟県栃尾市北荷頃において、地すべりが発生した（人的被害有）（第2.1.4.8図、第2.1.4.9図）。

さらに、13日13時40分には、新潟県出雲崎町中山において、がけ崩れが発生した（人的被害有）（第2.1.4.10図）。

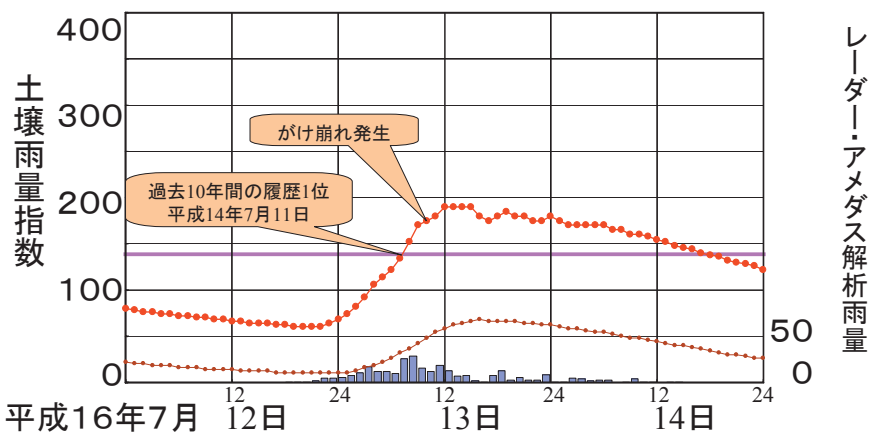
これらの災害事例は、履歴1位を更新した後に発生していた。

その後、履歴順位1位格子の出現範囲はやや南下しながら、14日午後まで新潟県中越から福島県会津南部にかけて広く分布していた。

なお、土砂災害の発生状況（第2.1.4.1図、第2.1.4.3図、第2.1.4.4図、第2.1.4.5図）をみると、土壌雨量指数の履歴1位を更新した格子が広範囲に出現した地域で、多数の土砂災害が発生していた。

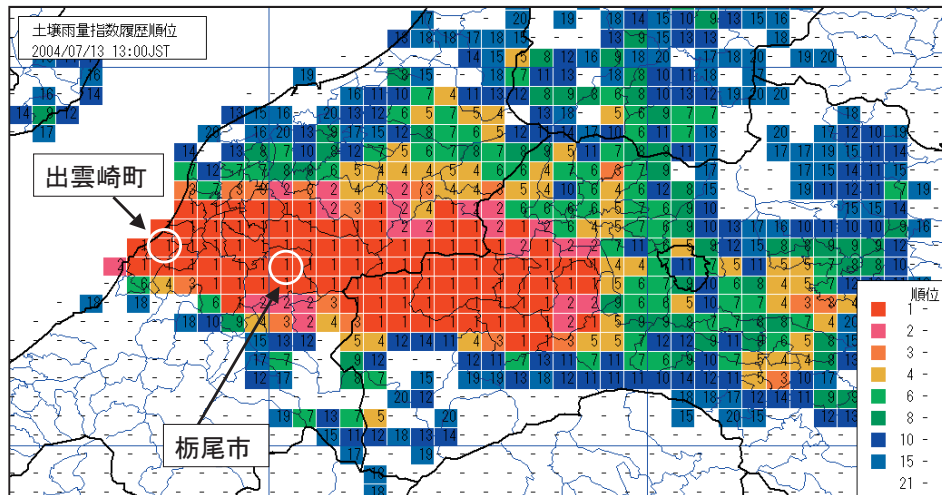


第2.1.4.6図 7月13日10時の土壌雨量指数履歴順位分布図

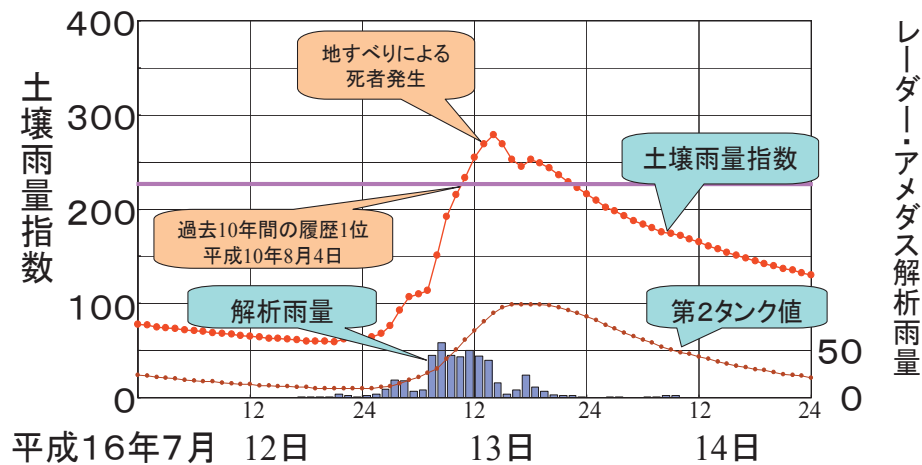


第2.1.4.7図 金山町における土壌雨量指数、第2タンク値、
レーダー・アメダス解析雨量の時系列図（7月11日24時～14日24時）

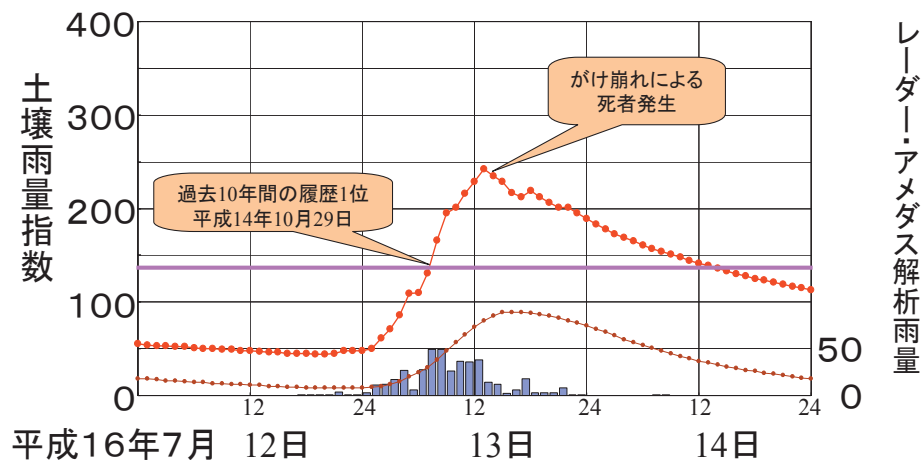
* 新潟地方気象台 森 敏明



第2.1.4.8図 7月13日13時の土壌雨量指数履歴順位分布図



第2.1.4.9図 栃尾市における土壌雨量指数，第2タンク値，
レーダー・アメダス解析雨量の時系列図（11日24時～14日24時）



第2.1.4.10図 出雲崎町における土壌雨量指数，第2タンク値，
レーダー・アメダス解析雨量の時系列図（7月11日24時～14日24時）

2.1.5 大雨に関する防災気象情報の改善に関する課題*

2.1.5.1 新潟地方気象台

「平成16年7月新潟・福島豪雨」では、防災情報に対する多くの課題が示された。防災気象情報に対し「大学関係者による新潟・福島豪雨災害現地調査資料（東京大学廣井研究室）」や「平成16年7月新潟豪雨災害住民アンケート調査結果（群馬大学工学部防災研究グループ・国土交通省北陸地方整備局河川部）」によると、

- ・初期の防災対応でも多忙を極め、その上多様な防災情報が多様なルートから大量に市町村に伝達されており、市町村の情報処理能力を超え、的確な防災対応を執ることができていない。気象庁ホームページの雨量予測データと河川情報センターの水位データを同時に同じ画面で見ることができないため対応が執りにくい。特に重要な情報については受け手が確実に活用できるよう、送り手が配慮することが望まれる。

- ・気象情報は多種多様である上に、紙面情報がFAXで送付されてくるだけなので、何が重要なのか、緊迫しているのかどうか分からず、市町村の的確な防災対応に結びついていない（場合によっては、見過ごされている。）

- ・8時21分の気象警報「重要変更」の意味を理解していないために、災害が切迫している認識がない。（「重要変更」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる）。

- ・気象関係の情報はピンポイントで欲しい。重要な情報は電話でいただきたい。

- ・気象情報については、民間会社の情報が役に立った。ピンポイントで情報を流してくれて助かる。逆に県からの気象情報は利用されていない。

- ・気象情報を含む地元行政からの情報が住民に十分伝わっていなかった。例えば避難勧告を知らなかった住民は、三条市78%、見附市50%、中之島町81%となっており、気象情報の住民周知も不十分であったと見られる。

などの意見が上げられている。防災機関とのこれまでの意見交換や調査等の意見・要望から、防災気象情報の課題は、「予報精度の向上」、「防災情報の一元化」、「啓

発活動」を上げることができる。

1) 予報精度の向上

防災情報としての気象情報は「いつ、どこで、どれだけ降るか」を端的に求められる。ピンポイントの情報には技術的な限界がある。観測や解析の限界を明確に説明しつつ、要望に応える技術の向上が必要である。利用する人たちが「当たっている」と実感できる情報を積み重ねることによってさらに信頼を得る必要がある。例えば「警報」を「避難勧告」のトリガーとして使うためには、それに対応した予報精度が必要となる。

2) 防災情報の一元化

災害対応に多忙な市町村に、多様な防災情報が多様なルートから大量に伝達されたことで的確な防災対応に役立たなかった点があった。気象情報と水位情報を併せて見ることができるようにする等、情報を一元的に入手できるシステムの検討が必要である。また、気象情報も何が重要なのか、緊迫しているのかが伝わるような“見て分かる情報”等の工夫をすることが重要である。

3) 啓発活動

情報は、送り手と受け手に共通の認識がなければうまく機能しない。防災気象情報を発表する状況や役割を防災機関関係者や一般住民に、あらかじめ理解してもらうために講座等で広報することが大切である。

例えば、「記録的短時間大雨情報」の意味が理解されていないため防災対応に使われなかった事例の紹介、「警報」は予測であるのに対し、「記録的短時間大雨情報」は実況の通報であることの説明、「記録的短時間大雨情報」は予測された顕著現象が実際に起こったと確認できるので、防災機関や住民の防災活動や避難行動に活用しやすいこと等を防災機関関係者や一般住民に説明し、十分に理解しておいていただく必要がある。

また、「地域防災計画」でも気象情報を具体的に利用するよう働きかけることが重要である。

2.1.5.2 福島地方気象台

福島地方気象台の気象警報の発表は、県及び市町村における災害対策本部の設置と連動していた。「土壌雨量指数を活用した大雨警報」の発表については、県

* 新潟地方気象台 村木 敏行
福島地方気象台 酒井 雄一

の災害対策グループに事前電話連絡を行い、県は直ちにこの内容を対象自治体に連絡した。また、警報発表と同時に、ほとんどの自治体は、体制強化を図っており、気象台が持っている危機感、県・自治体と共有できたと考えられる。

「新潟・福島豪雨」の後、自治体にアンケート調査を行いそれをもとに改善策を模索した。その結果から情報の改善点として3点を上げる。

1) 情報の量について

気象情報はほとんど毎時間発表した。発表回数としては妥当と考える。ただし、降水量の実況や予測、警報発表地域、警戒事項等複数の項目を記述したことから要点が不明りょうとなり、自治体からは防災活動に直結した部分が分かりにくいなどの不満が寄せられた。防災活動のトリガーとなるよう、その時点で最も伝えるべき内容に要点を絞った簡潔な情報の作成と適切なタイミングでの発表を心がけることが必要である。そのためには現業担当者は、予想される現象とそれにより発生する災害をイメージし、当番者間でシナリオの共有を図る必要がある。また、それをもとに情報発表のスケジュールを検討し、的確かつ迅速に発表することも重要である。

2) 情報の内容について

アンケートの結果から、今後の雨量の推移に関する情報を期待している自治体があるほか、中小河川の水位の情報を知りたい自治体があるなど、情報の内容に関しては自治体ごとに要望が異なっていた。情報の内容に優先順位をつける事が必要となるが、各自治体で優先度に違いがありすべてを網羅することは困難である。少なくとも現象がピークの地域や、今後ピークとなる地域が容易に把握できる内容となるよう心がけるとともに、各地域における現象の継続時間や終了等も意識して作成し、情報からどのような防災活動が必要となるかを容易に判断できるものとする必要がある。また、情報作成者間の力量や個性の違いに起因する品質の差をできるだけ減らし、一定の品質を確保する必要があるが、そのためには、平常時から過去の災害事例をいくつかファイリングし、現象と災害発生のシナリオや必要となる作業イメージを学習会等で共有することが有効と考えられる。

3) 情報の伝達について

土壌雨量指数を活用して作成した自治体ごとに危険度をランク分けした図情報（直接視覚に訴えた）の提供は「土壌雨量指数を活用した大雨警報」の発表と同様に効果的であった。しかし、危険度が低く、また、現時点で被害が発生していない少数の自治体においては、住民への情報伝達を行っていなかった事例もあった。警報発表地域の自治体においては、気象台はじめ関係防災機関等と危機意識を共有し、情報を住民に知らせる責任がある。住民への情報伝達を促進するためには、災害が拡大する可能性を伝える内容を盛り込むことも効果的と考える。また自治体ごとに危機意識に差があったことから、土砂災害や浸水害、気象情報についての理解を深めていただくために、市町村単位の気象講習会などを計画する必要がある。

図情報は主に防災機関や防災担当者に対して重要事項を直接視覚に訴え、瞬時にその内容を分かりやすく伝えることができる。このため、気象台との危機意識の共有が迅速に図られ有効である。ただし、ほとんどの報道機関はFAX受信のためそのまま画像として放送することはなく、その活用は充分ではない。一方、文章情報はテレビ、ラジオ、防災無線等で読み上げることができるため、作成者の意図が直接住民に伝わり危機感を持って避難行動等を判断してもらう手段として有効である。これらのことから情報の発表にあたっては、文章情報と図情報それぞれの役割、特質を踏まえて、配分やタイミングを考慮して発表する必要がある。

平成17年度から福島県では、防災情報提供装置のWeb画像が、各自治体で閲覧可能となるので、それに合わせた新たな情報提供のあり方を探り、よりきめ細かな情報の発表に結び付けていくことが今後の課題である。

参 考 文 献

- 齊藤清、鈴木紀行、入田央、山田眞吾、伊藤秀喜（2000）：平成10年8月上旬豪雨（新潟）の状況。気象庁技術報告,121,13-29.
- 石橋俊之（2004）：ウィンドプロファイラによる解析。平成15年度量的予報研修テキスト。1-12.
- 東京管区気象台（2005）：地方共同研究「ウィンドプロファイラと非静力学モデル等によるメソスケール現象の研究」。4-12.

加藤輝之(2002):集中豪雨のモデルと予想-数値実験によるアプローチ- 天気,49,626-634.

東京大学廣井研究室:大学関係者による新潟・福島豪雨災害現地調査資料.

新潟豪雨災害実態調査結果:群馬大学工学部防災研究グループ,国土交通省北陸地方整備局による調査.

(<http://www.ce.gunma-u.ac.jp/regpln/>, 2004年12月参照)

2.2 福井豪雨の解析と災害の実況

2.2.1 総観場の状況*

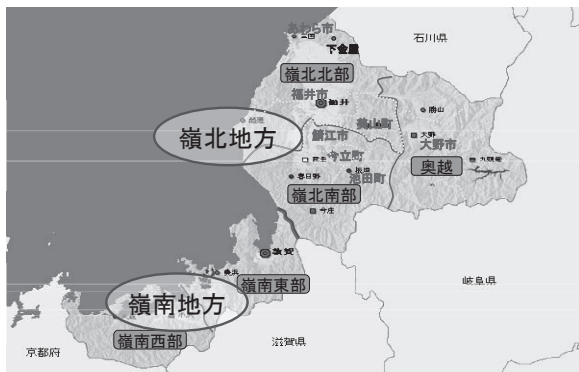
平成16年7月18日の00時ごろから昼前にかけて福井県嶺北地方(第2.2.1.1図)で発生した豪雨(平成16年7月福井豪雨)について,総観場の状況を記述する.

7月12日~13日にかけて新潟県や福島県に大雨をもたらした梅雨前線は17日から次第に南下,18日朝には福井県の嶺北地方に達し停滞して活発化した.このため,嶺北地方の広い範囲で18日00時ごろから昼前にかけて大雨となった.

2.2.1.1 気象の推移~500hPa面の流れと地上気圧配置~

本州付近における500hPa面の流れは,17日09時には西南西流であったが,第2.2.1.2図に示すように,朝鮮半島付近にあったトラフが17日21時には日本海中部,18日09時には関東の東海上に進み北西流場に変った.

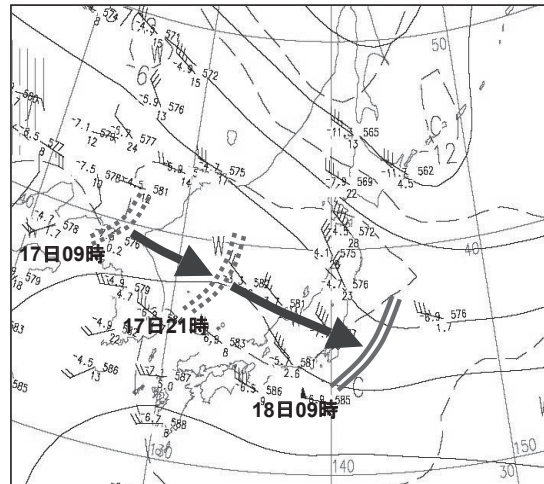
17日21時の地上の気圧配置(第2.2.1.3図)は,南高北低型で,高気圧が日本の南海上,低気圧がサハラ付近にあり,梅雨前線が北陸地方(新潟県)か



第2.2.1.1図 福井県の細分区

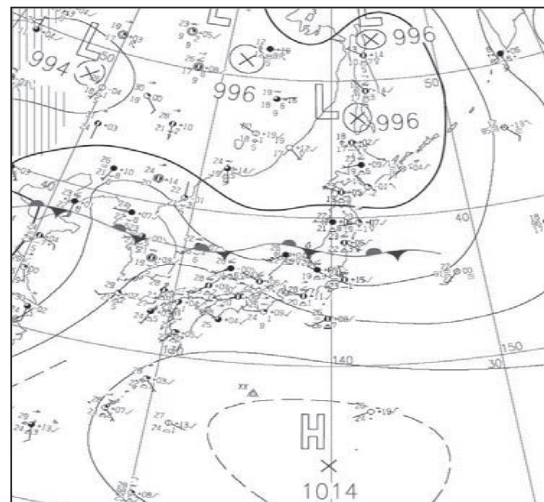
(太線は一次細分区境界、細線は二次細分区境界、破線は市町村境界を示す。)

* 福井地方気象台 谷渡 直樹

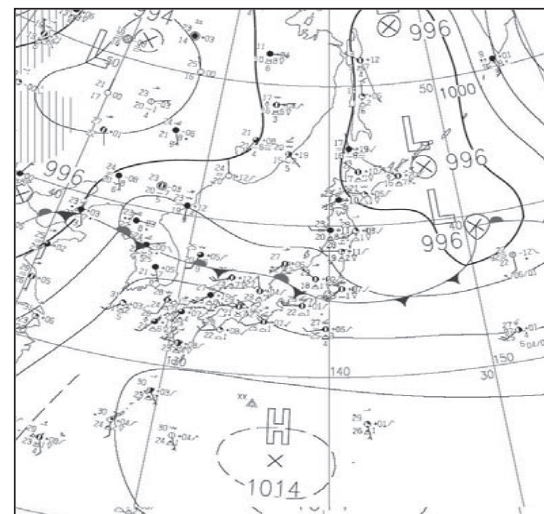


第2.2.1.2図 500hPa高層天気図(7月18日09時)

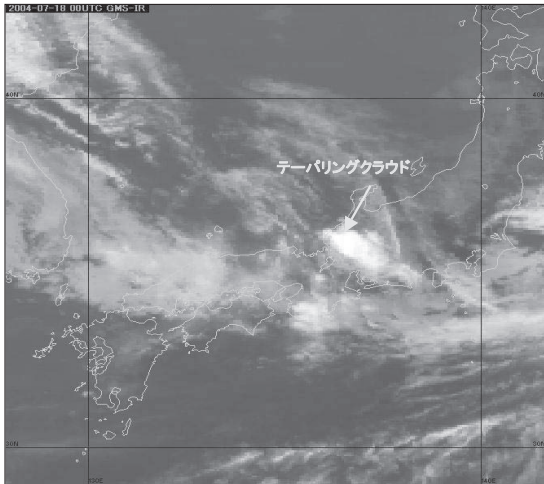
(各時刻のトラフの位置を二重破線及び二重実線で示す。)



第2.2.1.3図 地上天気図(7月17日21時)



第2.2.1.4図 地上天気図(7月18日09時)



第2.2.1.5図 赤外画像(7月18日09時)

ら東北地方南部に停滞していた。この梅雨前線は、500hPa面のトラフの南東進と共にゆっくりと南下し、18日朝には、福井県嶺北地方に達した(第2.2.1.4図)。

18日09時の赤外画像(2.2.1.5図)では、嶺北北部沖から嶺北北部にかけてテーパーリング状に発達した対流雲が観測されている。この発達した対流雲が嶺北地方に次々と流入したため、1時間に50ミリを超える非常に激しい雨が18日00時ごろから昼前にかけて続いた。アメダスでは18日06時10分までの1時間に美山町で96ミリの猛烈な雨を観測し、また、レーダー・アメダス解析雨量では1時間に80ミリを超える地点が多く出現した。

2.2.2 メソ気象現象の状況*

2.2.2.1 対流雲の発達状況

嶺北地方の豪雨は、前節で述べた総観場の状況のもとで、2.2.2.6で示すように、対流雲が同じ地域で次々と発生・発達を繰り返すバックビルディング型の降雨帯が形成されたために起こったと考えられる。豪雨をもたらした対流雲の発達状況は、レーダーエコーの発生地域と発達した降雨帯の持続時間から、次の二つのステージに分けられると考えられる。第1のステージは、18日00時ごろから03時ごろまでで、このステージには石川県境付近の嶺北北部から奥越にかけて発達した線状降雨帯が形成された。第2のステージは、18日の05時過ぎから昼前にかけてであり、このステージには、嶺北を中心に北西から南東に延びる発達した降雨帯が形成された。

* 福井地方气象台 谷渡 直樹

2.2.2.2 第1ステージの対流雲の発達状況と降雨状況

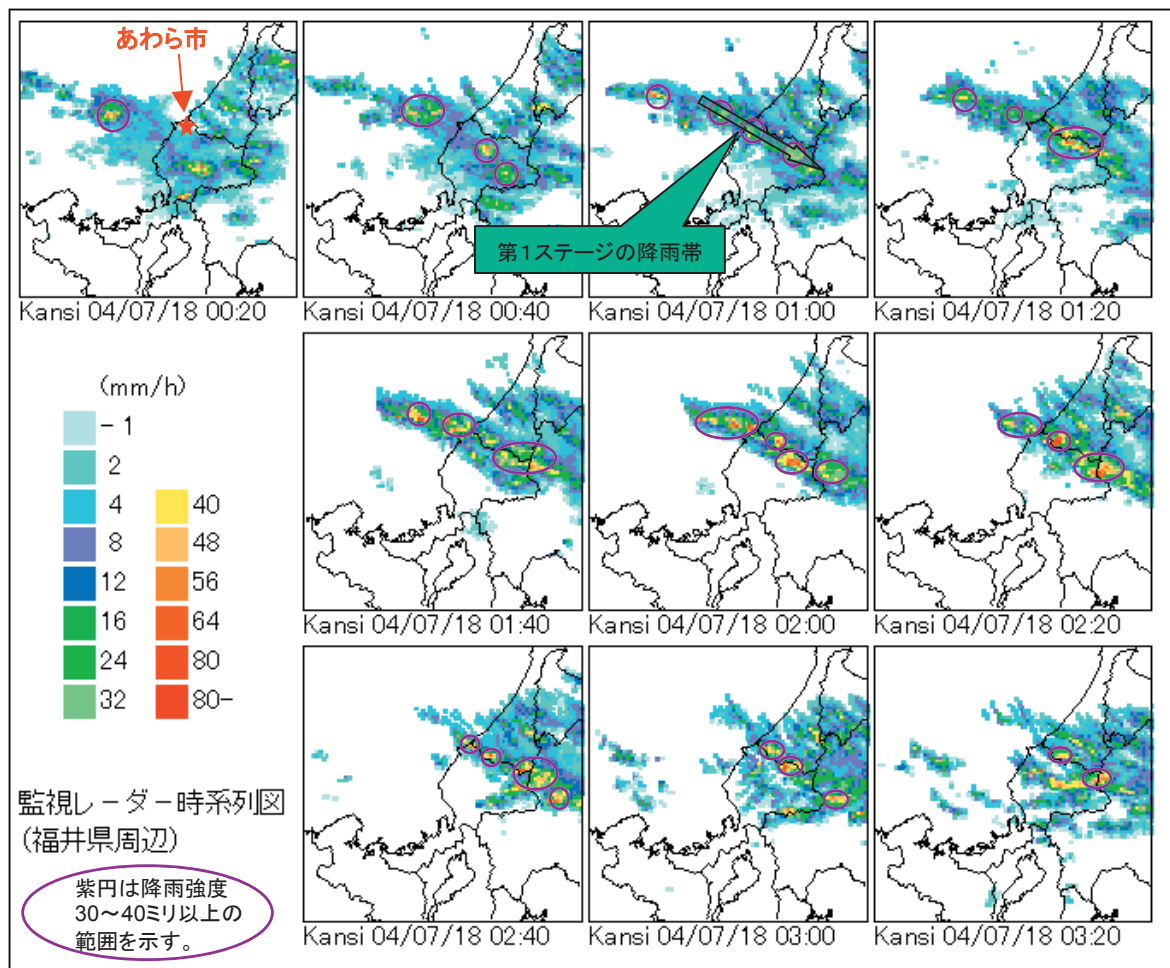
レーダー観測によると18日00時ごろから石川県との県境沖で発生した対流雲が発達し、東南東進して次々と嶺北北部から奥越の石川県境付近に流入し、一つの線状降雨帯を形成した(第2.2.2.1図)。18日02時にはあわら市付近で解析雨量約80ミリの非常に激しい雨となり、福井県設置の下金屋雨量観測所(第2.2.2.2図)では02時20分に1時間60ミリの非常に激しい雨を観測した。この付近の対流雲は雲頂温度が -55 度に達し、輪島の高層観測から雲頂高度はおおよそ10,000mと推測できる。レーダー観測によれば、嶺北北部から奥越にかけての石川県境付近の発達した線状エコーの寿命は、01時から03時までの2時間程度であった。

2.2.2.3 第2ステージの対流雲の発達状況と降雨状況

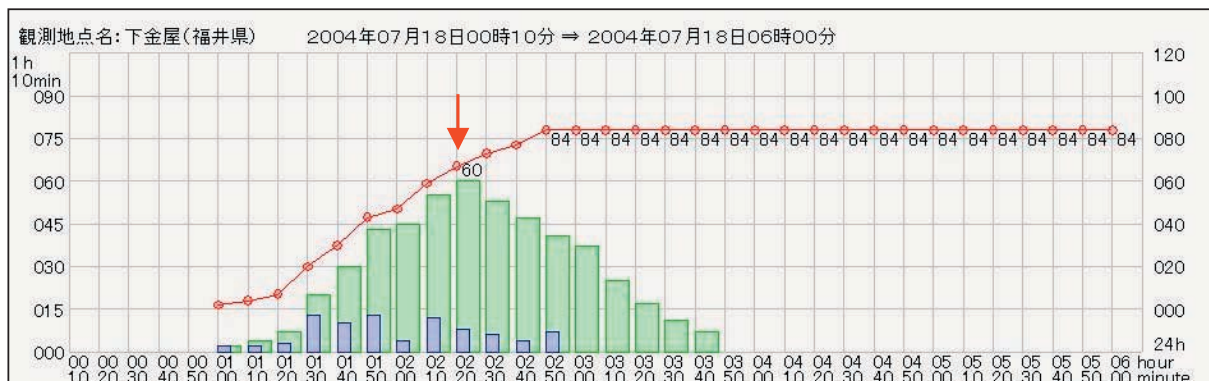
18日05時ごろから対流雲が福井市沖で発生し、福井市付近から流入して発達・衰弱・再発達を繰り返して、一つの降雨帯を形成し、鯖江市、今立町、池田町、美山町及び大野市に次々と流入した(第2.2.2.3図)。

特に美山町の地域気象観測所(第2.2.2.4図)では06時10分までの1時間雨量が96ミリに達した。解析雨量では、18日06時から09時にかけて、1時間に約80ミリを超える猛烈な雨が広範囲で出現した。18日08時の解析雨量分布図(第2.2.2.5図)を見ると、80ミリ以上の格子は40を超えていた。部外の雨量データを加えると(第2.2.2.6図)、09時までの3時間降水量が100ミリを超えた地点は、足羽川流域に集中していることが分かる。さらに、土壌雨量指数の履歴順位1位を更新した格子数(図略)は09時で嶺北北部と奥越で30以上となり、過去最多となった。このように、強い降雨帯の走向と発生地域が足羽川と重なったことで、足羽川周辺に降った多量の雨が川に流れ込んだため、中流域での破堤につながったと考えられる。

09時の赤外画像(第2.2.1.5図)では明りょうなテーパーリング状の雲が見られ、雲頂温度が -65°C であることから、同時刻の輪島の高層観測データから雲頂高度は14,000～15,000mくらいと推定され、雲は圏界面まで達したと考えられる。また可視画像(第

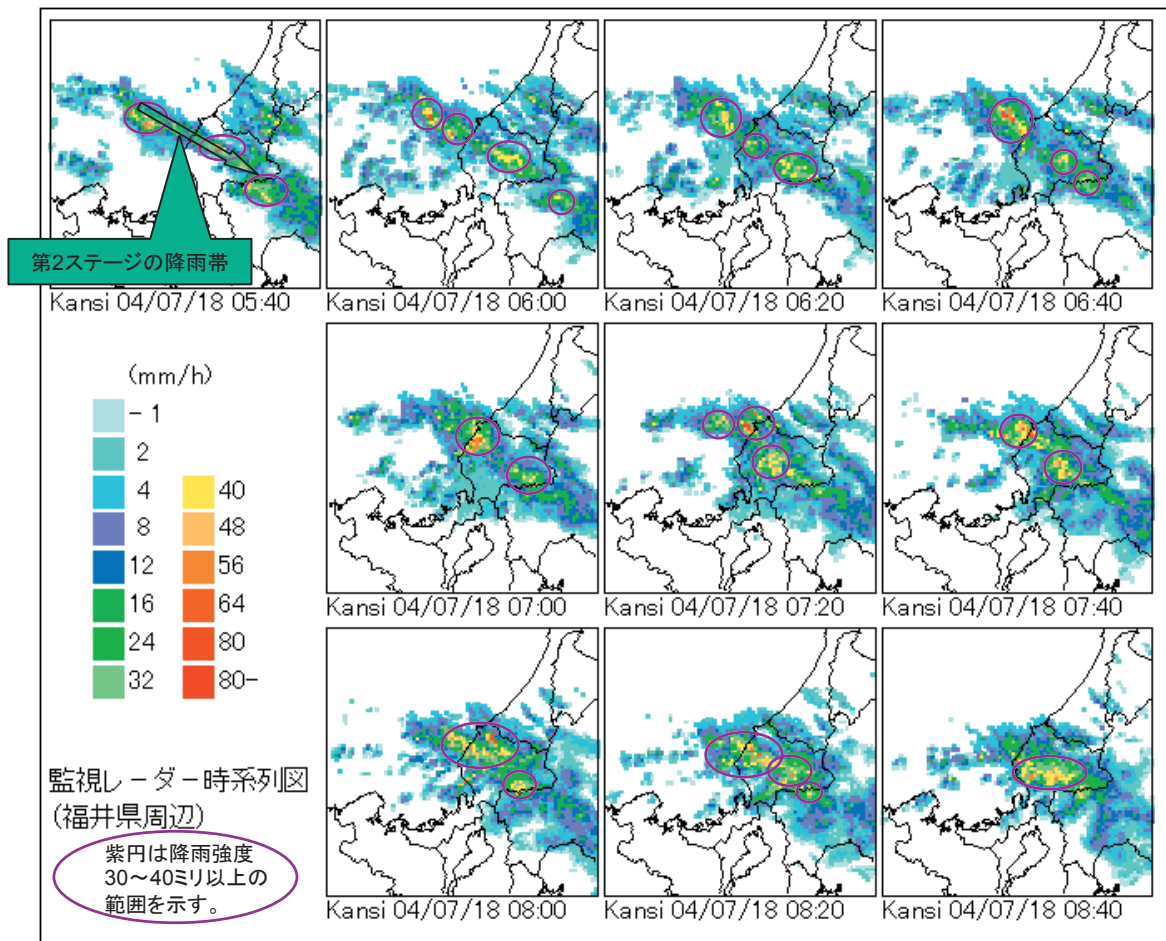


第2.2.2.1図 20分毎レーダー時系列図(7月18日00:20～03:20)

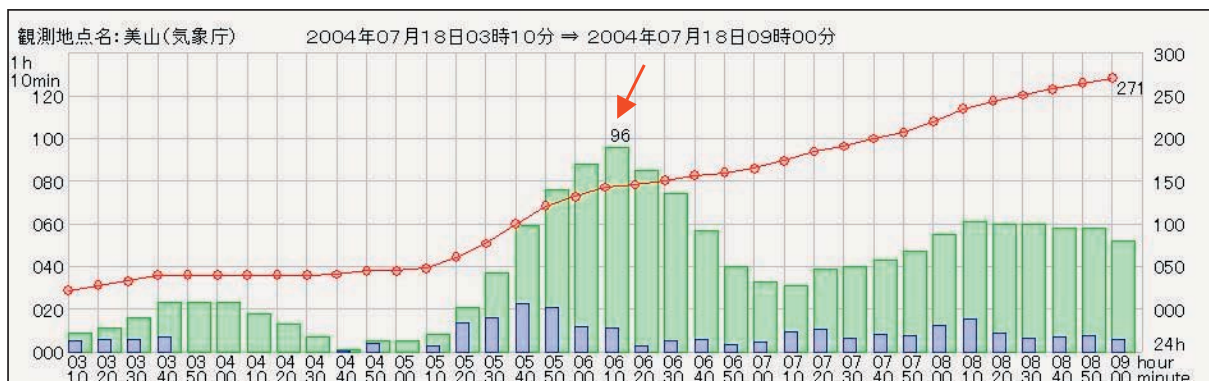


第2.2.2.2図 下金屋(福井県)雨量時系列(7月18日00:10～06:00)

赤矢印はこの期間の1時間最大雨量を示す。なお、棒線の緑色は1時間値、青色は10分値を表す。

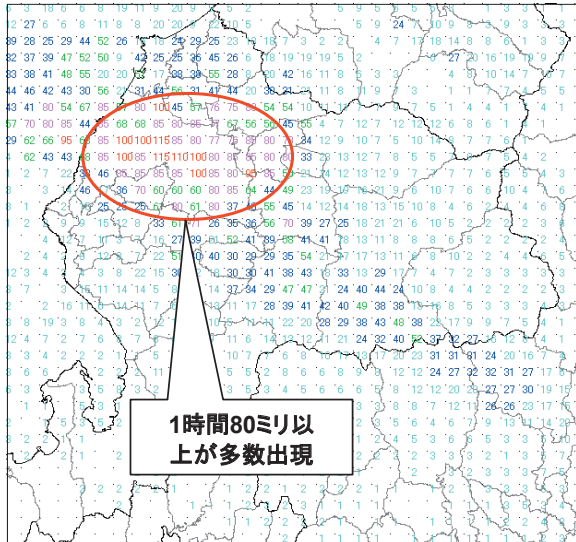


第2.2.2.3 図 20分毎レーダー時系列図(7月18日05:40～08:40)

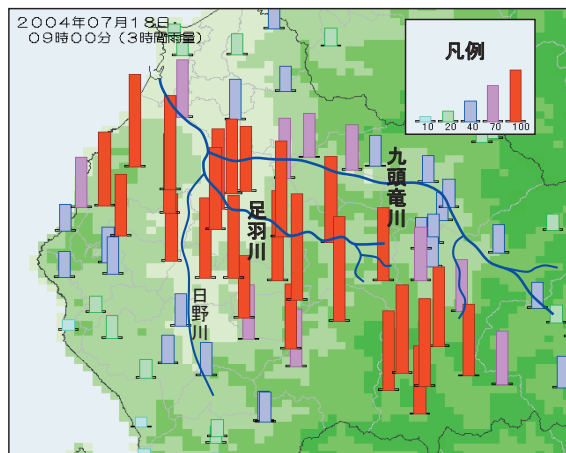


第2.2.2.4 図 美山(アメダス観測所)雨量時系列(7月18日03:10～09:00)

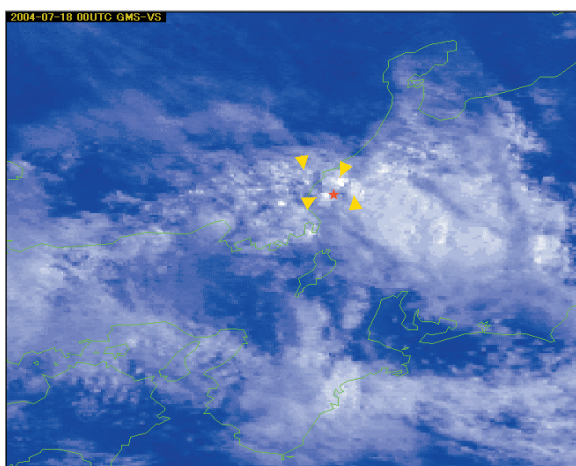
赤矢印はこの期間の1時間最大雨量を示す。なお、棒線の緑色は1時間値、青色は10分値を表す。



第2.2.2.5図 7月18日08時解析雨量分布図（前1時間）
赤線円内は1時間80ミリ以上の出現した領域を示す



第2.2.2.6図 7月18日09時アメダス+部外雨量分布図（前3時間）



第2.2.2.7図 7月18日09時可視画像
福井市（赤星印）周辺に団塊状の雲が複数見られる（黄色矢印）

2.2.2.7図）では、福井市周辺には複数の団塊状の雲が確認できる。10時と11時の赤外画像（図略）では、テーパリング状の形状が次第に崩れていったことが分かる。

また、福井ウィンドプロファイラ観測では09時の観測高度が9,000mであったが、10時ごろには6,000mと低くなっている。このことは、上空の水蒸気量が減少したことを示唆しており、衛星で観測した雲の形状の変化も考慮すると、10時ごろには、対流雲は衰弱したと考えられる。

2.2.2.4 豪雨域の鉛直構造と衛星画像解析

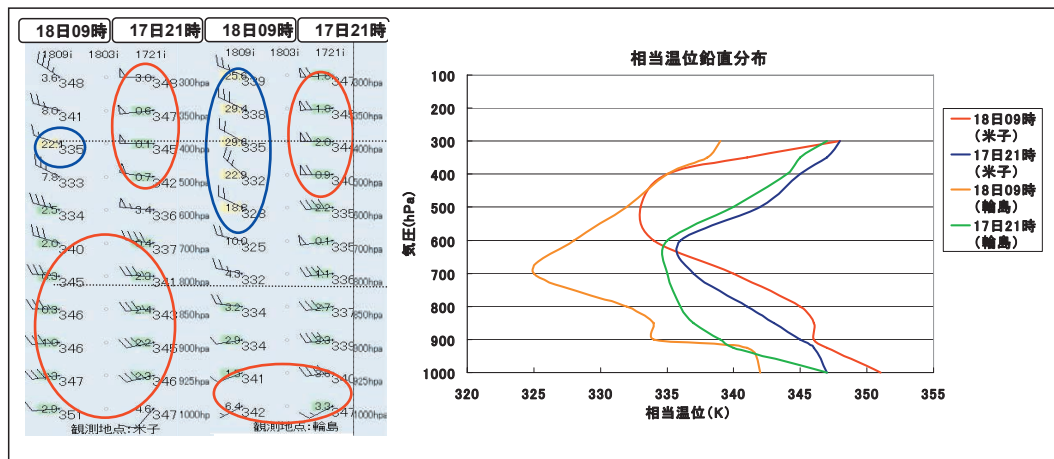
梅雨前線近傍の輪島の17日21時の鉛直プロファイル（第2.2.2.8図）を見ると、地表面付近から925hPa付近にかけては340K以上の高相当温位で、一方900hPa付近から700hPa付近にかけては925hPa以下の低層よりも低い相当温位となっており、成層状態は対流不安定になっている。また、同日同時刻の米子（第2.2.2.8図）では地表面付近から800hPa付近まで340K以上の高相当温位となっている。さらに、17日21時のRSMの初期値では、850hPa面で鳥取県から福井県にかけて、345K以上の高相当温位気塊が南海上の高気圧の縁辺を回って西日本から流入している（第2.2.2.9図）。

500hPa面では、17日21時に日本海中部にあったトラフが、18日09時には関東の東海上まで進んだ（第2.2.1.2図）。18日00時から09時までの衛星水蒸気画像（第2.2.2.10図）において、この500hPa面トラフを二重実線で示したが、その後面には明りょうな暗域があり乾燥域の侵入を示唆している。またこのトラフの後方西側には複数のバウンダリーが見られ、さらに、図中で二重点線で示した位置には、低気圧性の曲率が認められる。すなわち、乾燥域を伴った短波トラフの存在を示唆している。これら短波トラフは、衛星水蒸気画像に現れているため、400hPa面を中心とする上・中層の高度に存在するものと考えられる。このうち最初の短波トラフ（a）は、18日03時に福井県・石川県の沿岸に達している。衛星水蒸気画像で認められた乾燥域は、福井のウィンドプロファイラ観測（第2.2.2.11図）において、03時から03時40分にかけて高度3,000mより上空で風データが取得されていない時間帯（以下、「風データ未取得域」という）に対

応ずると考えられる。地表面付近から800hPa付近にかけて高相当温位気塊が流入している中で、上・中層に流入した乾燥気塊が対流不安定を強化したことが、第1ステージで対流雲が発達した要因になったと考えられる。次に、短波トラフ(a)の後面にはやや不明りょうながら短波トラフ(b)が見られ、この通過に伴う乾燥域の流入は、福井のウィンドプロファイラ観測で、05時から05時50分にかけての風データ未取得域として認められる。さらに、09時ごろの短波トラフ(c)の通過後の乾燥域流入は、同じく09時30分以降の高度6,000mより上空での風データ未取得域として認められる。なお、断続的に流入した乾燥域は、18日09時の輪島の高層観測において600hPaより上空での乾燥域として確認できる(第2.2.2.8図)。これ

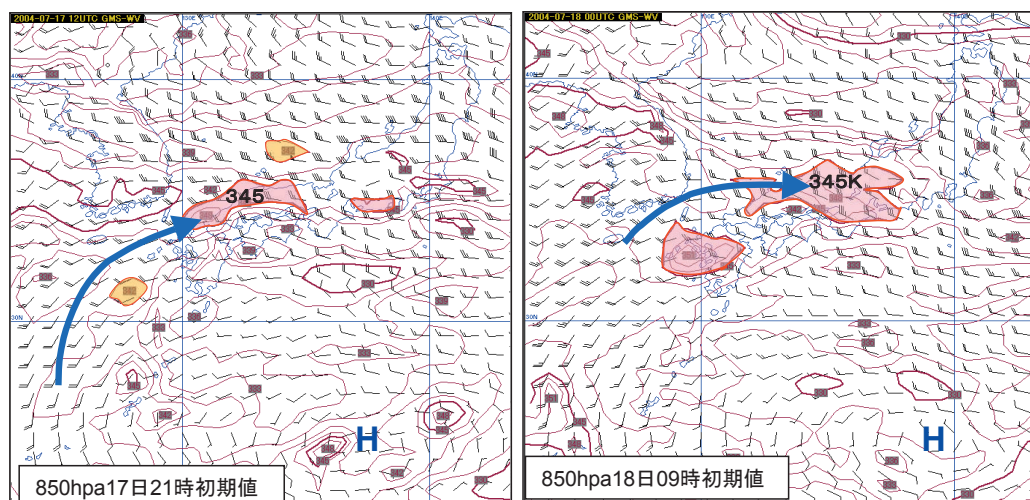
らの短波トラフ(b)、(c)の通過とそれに伴う上・中層への乾燥域の流入が、第2ステージで対流雲が発達した要因と推測できる。

福井のウィンドプロファイラ観測(第2.2.2.11図)では、先の短波トラフ(a)の通過に対応して、03時ごろに高度2,000m付近から下層をシヤーが通過し、風向が西から西北西に変わったこと、また短波トラフ(b)の通過に対応して、05時ごろに高度1,000m付近から下層をシヤーが通過し、風向が西北西から北西に変わったことも認められた。一方、鳥取のウィンドプロファイラ観測(第2.2.2.12図)では、高度1,000mから1,500m付近は00時から06時まで西風が継続していたことから、03時以降は福井・鳥取間に下層収束が形成され、次第に強まったものと考えられる。



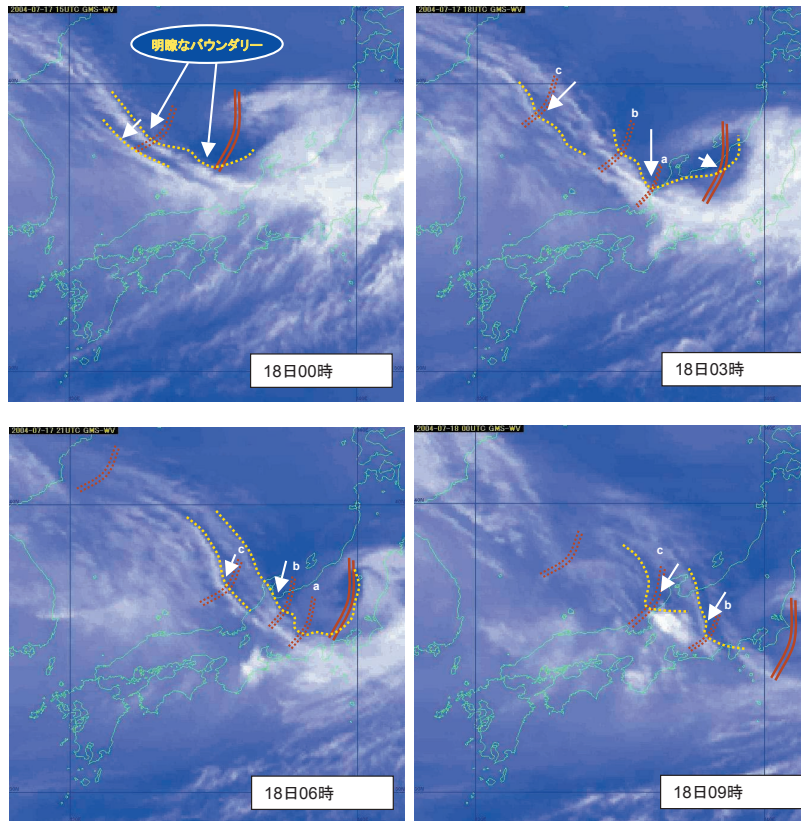
第2.2.2.8図 米子・輪島の鉛直プロファイル

(赤丸範囲は相当温位340K以上の高相当温位を示し、青丸範囲は湿数が18%以上を示す。)と相当温位鉛直分布



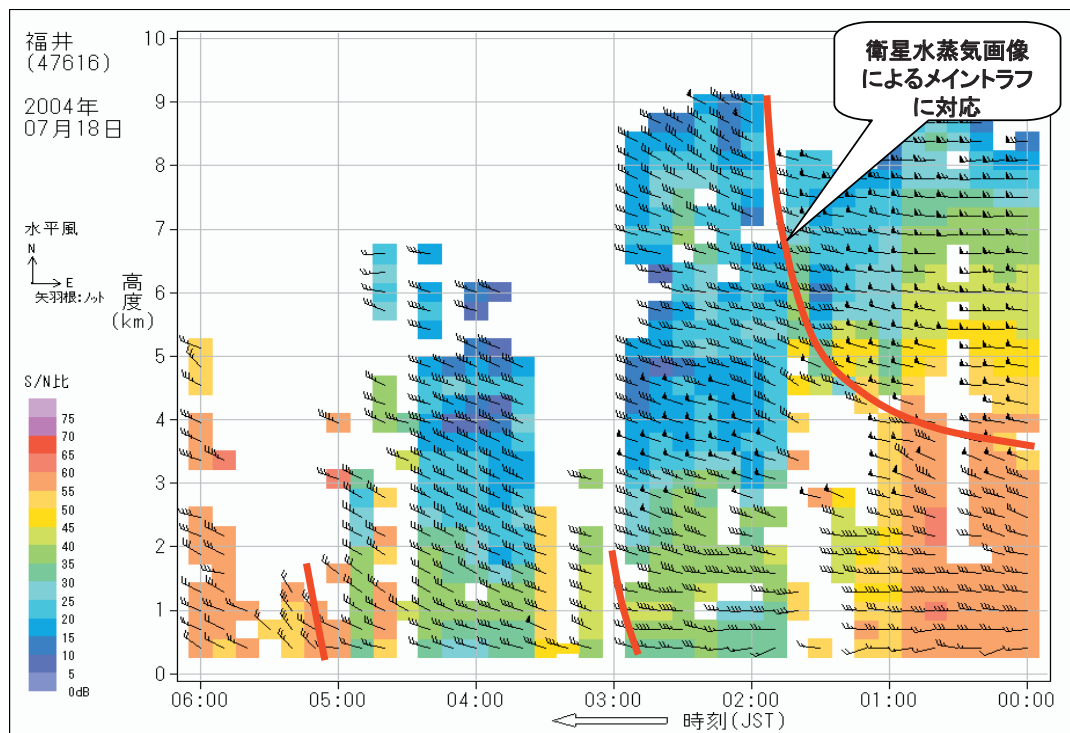
第2.2.2.9図 RSM: 850hPa面相当温位・風分布図

黄範囲は342K以上、赤範囲は345K以上の相当温位域を示す。



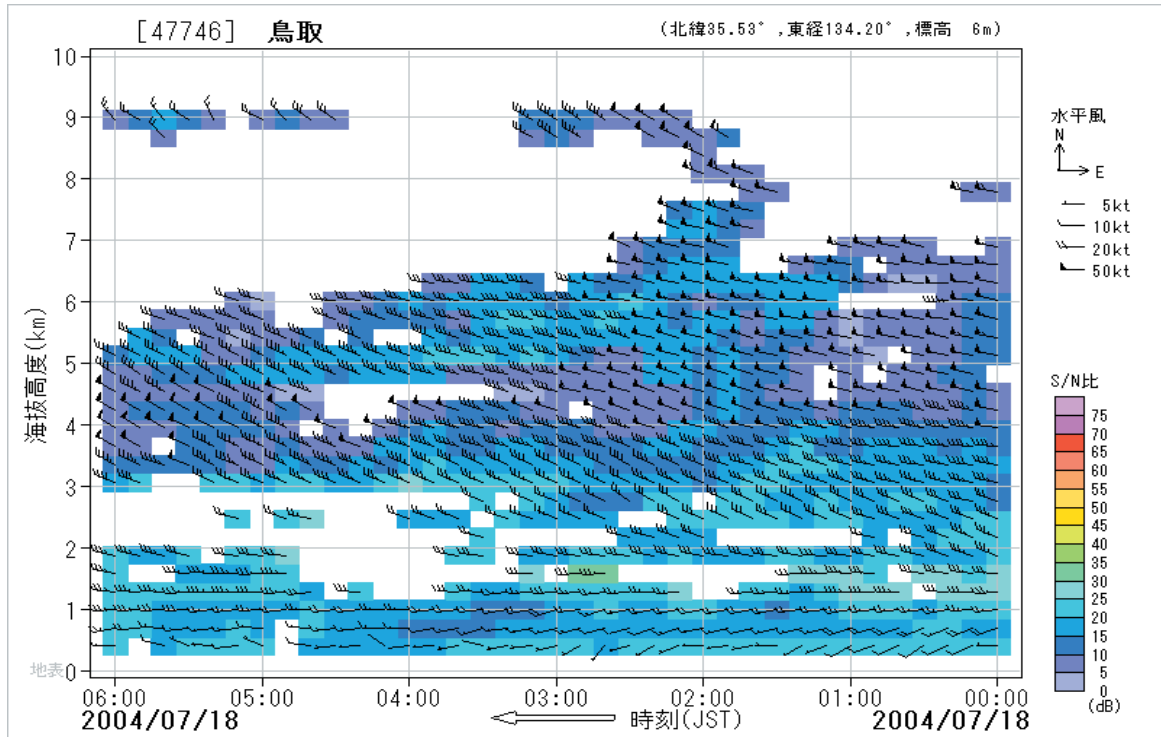
第2.2.2.10図 衛星水蒸気画像 (7月18日00時～09時)

黄色点線はバウンダリーを、茶色実線及び茶色点線はトラフを示す。



第2.2.2.11図 福井ウィンドプロファイル時系列断面図 (7月18日00時から06時)

赤線はトラフの通過に伴う風向変化の位置を示す。



第2.2.2.12図 鳥取ウィンドプロファイル時系列断面図（7月18日00時から06時）

2.2.2.5 冷氣外流出によるメソ的な対流雲発達の要因

春江（気象官署）と福井（気象官署）の気圧・気温・風向風速・降水観測資料（第2.2.2.13図）からメソ的な対流雲発達の要因を調べてみた。春江では、18日01時に強雨を観測した後、風向は西から北西に変わり気圧が下降し気温が急激に下がっている。02時30分のレーダーエコーとアメダスで観測した気象要素の分布図（第2.2.2.14図）では、春江より北側では気温が低く冷氣外流出が確認され、その先端部で強いエコーが観測されている。春江の南に位置する福井では、風の水平シヤーが見られ、03時30分には、冷氣外流出が要因と思われる別のエコーが福井市付近に発生している。以上のことから、石川県境付近に発生した最初の対流雲が、その最盛期に降水現象に伴う「冷氣外流出」（第2.2.2.15図に模式図を示す）を発生させ、この南側では下層に水蒸気を多量に含んだ空気が流入して上昇したことで、嶺北地方に二次的な対流雲が形成されたと考えられる。この対流雲は03時30分以降、南東進して衰弱した。

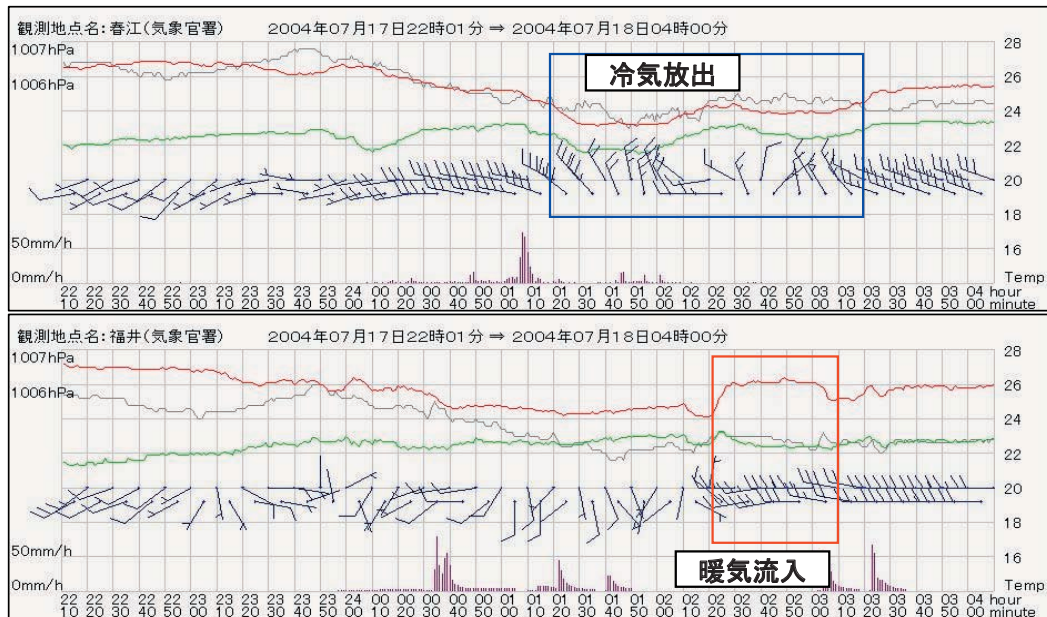
2.2.2.6 線状降雨帯の形成

レーダーエコー時系列（第2.2.2.1及び第2.2.2.3図）や降雨分布図（第2.2.2.6図）を見ると、梅雨前線付近の峰北地方で北西風により古い対流雲の風上側に新しい対流雲が次々と発生して移動し、線状の降雨帯を形成していることから、バックビルディング型の線状降雨帯の特徴を示している。個々の対流雲の寿命は20分から長くても60分程度であり、水平方向の広がりが数10kmであることから、メソ・スケールに分類される現象である（第2.2.2.16図）。

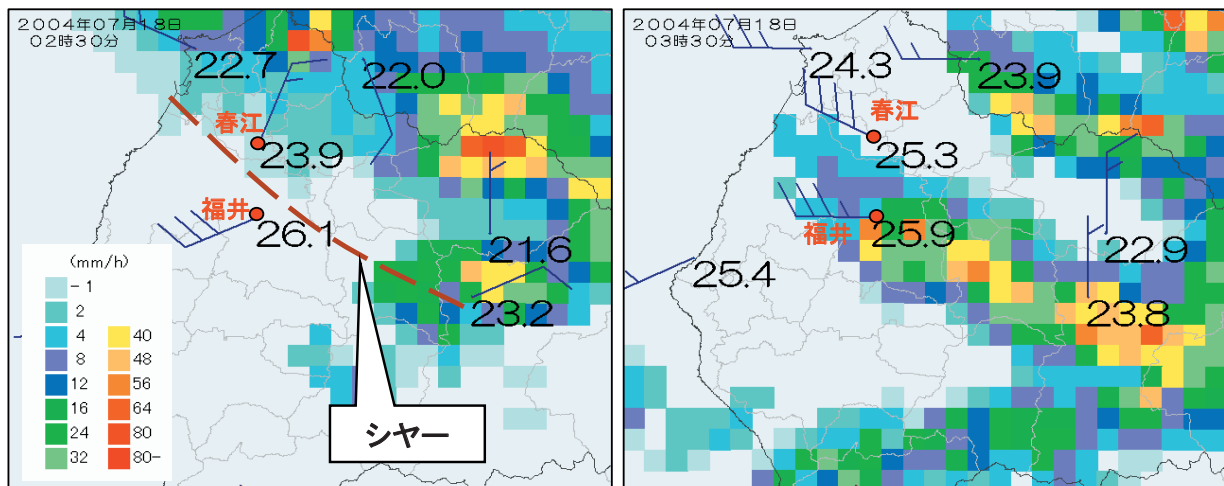
2.2.2.7 まとめ

以上のことから、今回の豪雨の原因として、

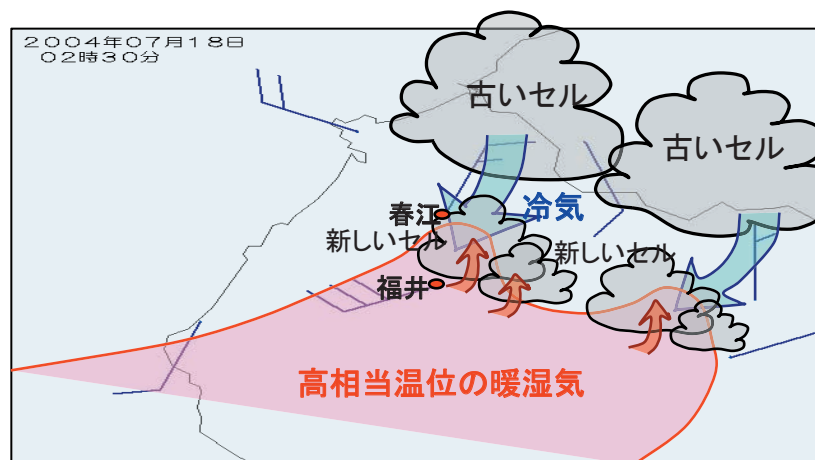
- ① 梅雨前線への、南海上の高気圧の縁辺をめぐる暖湿流の持続的な流れ込み
- ② 500hPa面のトラフ通過後、衛星水蒸気画像で解析された複数の短波トラフ通過に伴う乾燥空気の対流圏中・上層への流入により対流不安定が強化されたことによる、対流活動の活性化
- ③ 前線の停滞によるバックビルディング型の線状降雨帯の発生が考えられる



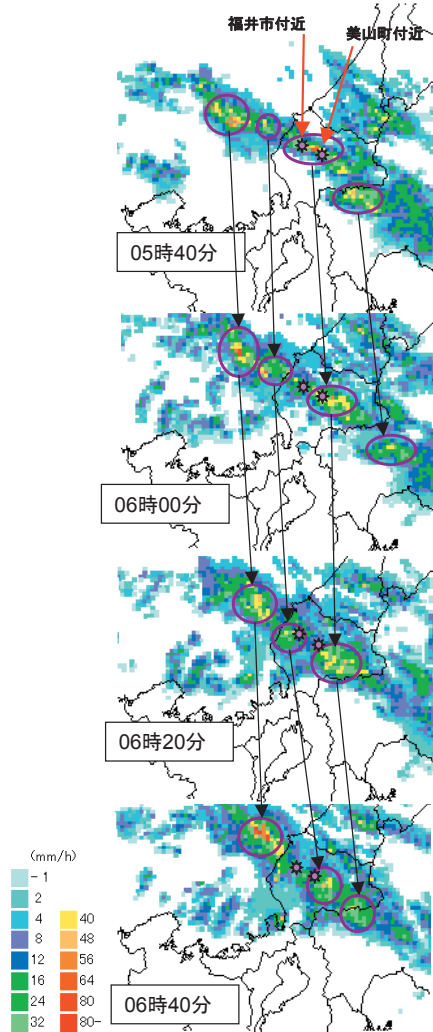
第2.2.2.13図 風向・風速、気温(赤線)、気圧(紫線)、露点(緑線)、降水量時系列(春江、福井)



第2.2.2.14図 レーダーエコーとアメダスの気温・風向・風速の分布図(7月18日02:30、03:30)



第2.2.2.15図 冷氣外出流による対流雲の発生を示す模式図



第2.2.2.16図 20分毎レーダーエコー時系列図(7月18日)

2.2.3 災害状況

2.2.3.1 災害状況概要*

平成16年7月18日、嶺北地方でそれまでの日最大1時間降水量や日降水量の極値を大幅に上回る豪雨が発生した。

この集中豪雨により、福井市を流れる足羽川が破堤するなど足羽川流域を中心とした各中小河川の、護岸の破損及び越水などの洪水害、山・崖崩れや土石流等の土砂災害が発生した。このため、嶺北地方中心に福井市、鯖江市及び美山町等、4市7町に及ぶ広い範囲で甚大な被害となった。

第2.2.3.1表に日最大1時間降水量及び日降水量の極値更新状況を示す。この集中豪雨による人的被害は死者4人、行方不明1人、負傷者19人であった。また、避難勧告、避難指示の対象は41,944世帯に上り、全壊57棟、半壊・一部破損が350棟、床上・床下浸水は併せて13,637棟の住家被害が発生した。被害総額は約600億円で、分野別で見ると公共土木施設関係が最も大きく約268億円、次いで大きかったのが農林水産関係で約185億円であった。

福井県内の被害状況と被害額を第2.2.3.2表と第2.2.3.3表に、災害発生分布(土砂災害・洪水害)を第2.2.3.1図に示す。

第2.2.3.1表 7月18日の極値更新状況

日最大1時間降水量

地点名	統計開始	7月の極値の更新			通年の極値の更新		
		更新値	従来値		更新値	従来値	
福井	1940	75	46.5	1981/7/ 3	75	56.2	1953/9/14
美山	1979	96	54	2003/7/21	96	57	1986/9/ 3
大野	1979	36	35	1995/7/14	—	50	1985/9/ 7
春日野	1979	34	34	1998/7/10	—	53	1987/9/10
板垣	1979	65	40	1989/7/21	—	66	1985/9/ 7
今庄	1979	45	43	1990/7/24	—	63	1998/8/ 7

日降水量

地点名	統計開始	7月の極値の更新			通年の極値の更新		
		更新値	従来値		更新値	従来値	
美山	1979	283	129	1995/7/ 3	283	143	2004/10/20
大野	1979	140	134	1985/7/ 7	—	154	2004/10/20
板垣	1979	216	163	1998/7/10	216	163	1998/ 7/10

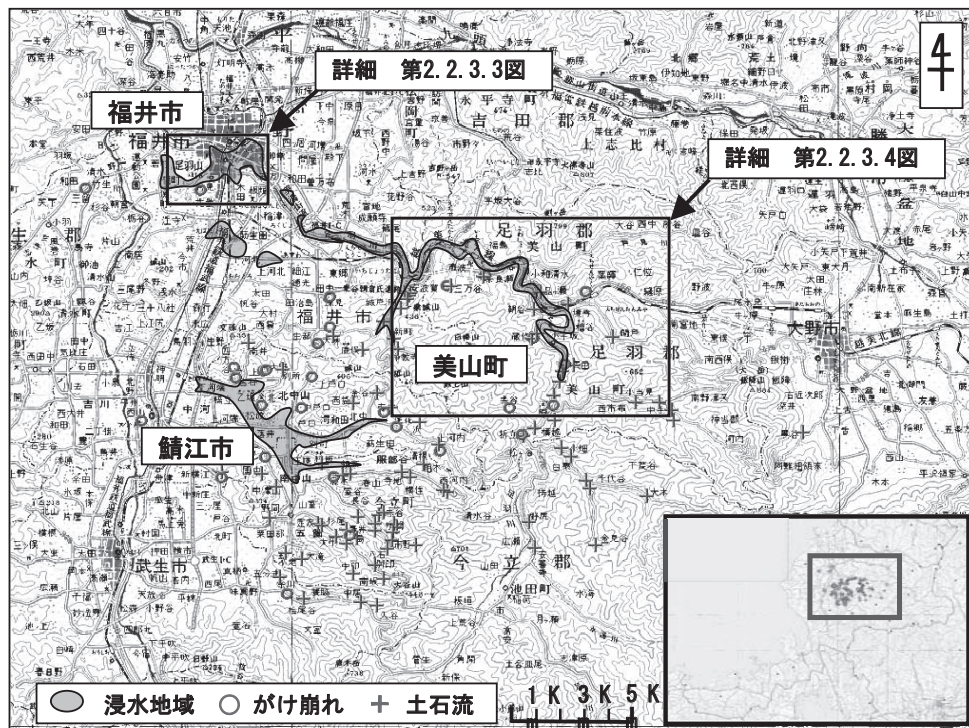
* 福井地方気象台 佐々木 泉

第2.2.3.2表 平成16年7月福井豪雨による福井県の被害状況
(平成17年4月1日現在 福井県危機対策・防災課調べ)

区 分			被 害	公 共 施 設 な ど	区 分			被 害
人 的 被 害	死者	人	4		田 冠水（浸水含む）	ha	2,398.9	
	行方不明	人	1		畑 土砂流入	ha	262.9	
	負傷者 重傷	人	4		農地・農業用施設等	箇所	2,869	
	軽傷	人	15		農業共同施設等	箇所	976	
住 家 被 害	全壊	棟	57		畜産等	箇所	12	
	半壊	棟	139		水産等	箇所	4	
	一部破損	棟	211		山地（山腹崩壊、溪流荒廃等）	箇所	303	
	床上浸水	棟	3,313		林道（法面崩壊等）	箇所	907	
ラ イ フ	床下浸水	棟	10,324		作業道（法面崩壊等）	箇所	2,017	
	電力停電	戸	6,300		林業施設	箇所	102	
	水道断水	戸	3,247		河川（破堤、護岸損壊等）	箇所	79(18 河川)	
	電話不通	回線	600		道路全面通行止	箇所	61(29 路線)	
ラ イ ン	鉄 道	橋梁流出	箇所		5	砂防（崖崩れ、土石流）	箇所	120
		路盤流出等	箇所		24	商工業施設	箇所	780

第2.2.3.3表 平成16年7月福井豪雨による福井県の被害額
(平成17年1月17日確定値 福井県危機対策・防災課調べ)

項 目	被害金額	
公共土木施設	億円	268
農林水産施設	億円	167
農林水産業	億円	18
商工業	億円	108
その他	億円	39
被害総額	億円	600



第2.2.3.1図 災害発生分布図(福井県提供)

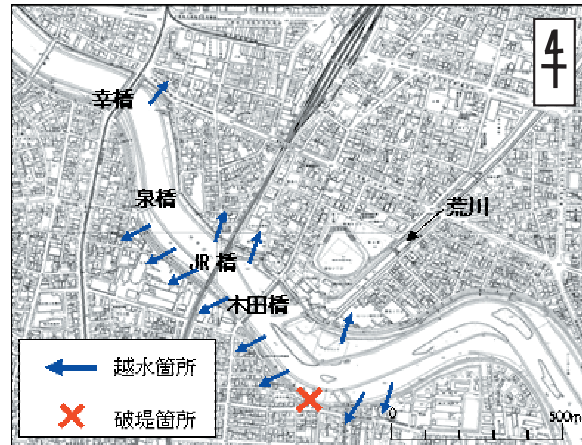
2.2.3.2 顕著な災害の報告*

福井市では福井県全体の80%以上の浸水被害が発生した。また、美山町では土砂災害により福井県全体の60%以上の住家全壊被害が発生し、死者、行方不明者が各1人出た。被害が他に比べて大きかった福井市と美山町の事例について以下に述べる。

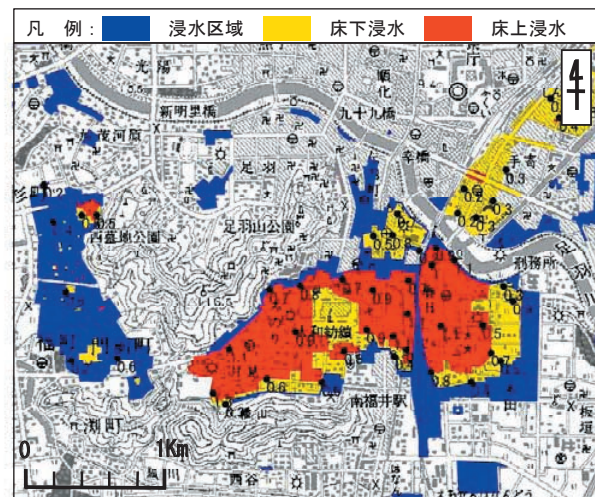
足羽川はJR福井駅、県庁、商店街等が密集する福井市中心を流れる福井県で最も重要な河川の一つである。この足羽川が7月18日13時34分ごろに破堤した(写真2.2.3.1)。破堤場所は福井市中心部の木田橋上流約350mの左岸側で(第2.2.3.2図)、破堤幅は約54mに及んだ。また、左岸側では、破堤箇所の上流から泉橋までの約900mの範囲で越水が発生した。右岸側では、幸橋上流で1箇所、JR鉄橋上下流で1箇所ずつ、荒川合流点上流で1箇所に越水が発生した。この破堤、越水による福井市の浸水区域はおおむね260haであった(第2.2.3.3図)。福井市全域での住居被害は全壊・半壊50棟、床上・床下浸水等11,269棟(写真2.2.3.2)となった。また、道路冠水による交通網の遮断や停電、電話不通、断水等、ライフラインにも大きな被害が出た。

福井市と並んで被害が大きかった美山町は足羽川の中流域に位置しており、幅数百mの谷底平野や、足羽川の支流となる溪流沿いに集落が形成されている。

今回の豪雨では、6地区1,415世帯のうち5地区1,100世帯に避難勧告が出され、住家の全半壊は74棟、



第2.2.3.2図 福井市中心部での足羽川の越水・破堤箇所
(福井県提供)



第2.2.3.3図 福井地域冠水区域図 (福井県提供)



写真2.2.3.1 福井市の木田橋上流足羽川
左岸破堤箇所(破堤幅約54m)

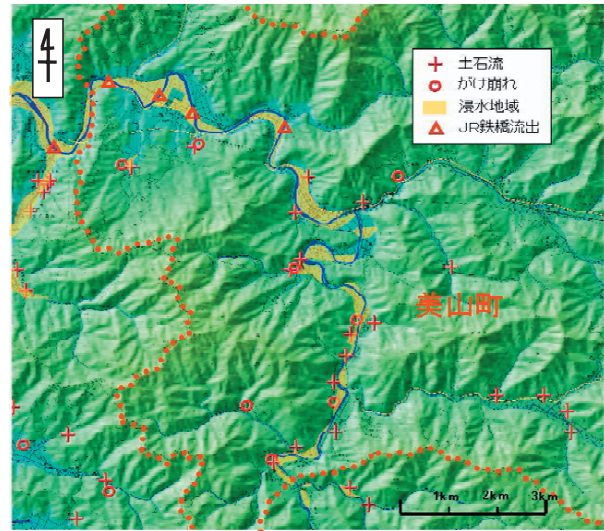


写真2.2.3.2 足羽川破堤後の福井市春日地区

* 福井地方気象台 橋本 透・河口 保

床上・床下浸水は313棟に上り、町のほぼ全域が被害を受けた（第2.2.3.4図）。

美山地域気象観測所の観測では18日06時10分までの1時間に96ミリを記録したほか、明け方前から朝のうちにかけての6時間に250ミリを超える猛烈な降水となったため、山・崖崩れ8箇所、土石流20箇所が発生し、特に渓流沿いの集落では土砂災害による住家の全半壊が多くなった（写真2.2.3.3～2.2.3.4）。また、足羽川の氾濫により谷底平野の大部分が浸水した（写真2.2.3.5～2.2.3.6）ほか、ここを通るJR越美北線では足羽川に架かる鉄橋が美山町内で4箇所（他に福井市で1箇所）流出し、路盤自体の流出もあり完全に不通となった。



第2.2.3.4図 美山町の土砂災害（福井県提供）



写真2.2.3.3 美山町蔵作地区の土石流（美山町提供）



写真2.2.3.5 美山町役場付近の浸水状況（美山町提供）



写真2.2.3.4 美山町蔵作地区の土石流（美山町提供）



写真2.2.3.6 浸水した美山町役場（美山町提供）

2.2.3.3 土壌雨量指数の状況*

第2.2.3.5図は災害発生エリアの市町名と7月18日06時から10時までの土壌雨量指数の状況である。短時間強雨が継続したため、「土壌雨量指数履歴順位1位」の範囲が災害発生エリアの福井市、美山町及び大野市を貫流する足羽川流域及び隣接する他の市町に沿って広がっていくのが分かる。

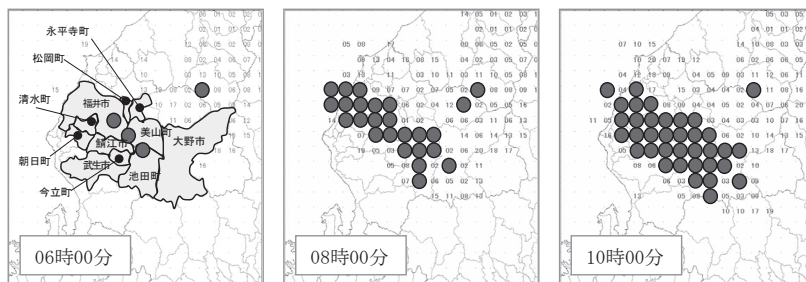
第2.2.3.6図は被害の大きかった美山町の7月18日の土壌雨量指数と土砂災害の関係を示したものである。05時に履歴順位1位は出現していないが、06時以降は履歴順位1位が出現、06時以降に県道や国道の土砂崩れ及び土石流等が発生している。日最大1時間降水量は06時10分に96ミリを観測し7月の極値を更新している。以上のことから、美山町の土砂災害は短時間に狭い範囲に集中して降る大雨、つまり集中豪雨によるものだったことが分かる。なお、福井地方気象台は07時14分に嶺北地方の大雨・洪水警報に”重要変更!”を付して切り替え発表し、福井市、美山町、池田町および大野市に対して土砂災害に対する厳重な警戒を呼びかけている。

2.2.4 大雨に関する防災気象情報の改善に関する課題**

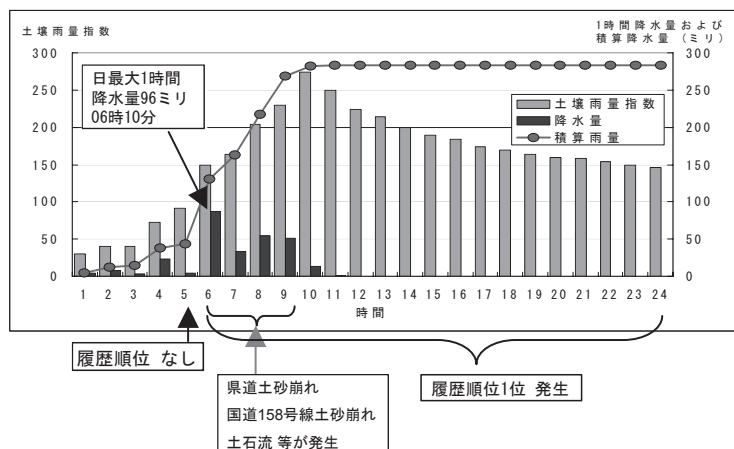
福井地方気象台では、発表する防災気象情報が地域の防災活動に効果的に活用されるよう、警報発表後におけるアンケート調査を機会あるごとに実施し、防災気象情報の改善に努めてきた。

今回の聞き取り調査から得られた要望や意見を整理してみると、防災気象情報が効果的であったと評価された点は、

- 1 繁忙時のFAX伝達は、紙による受信のため、コピー配布が容易で部内関係者に迅速かつ簡便に伝えやすい
- 2 本文については「猛烈な雨」といった文字表現より、「〇〇ミリ」といった数字での記述の方が理解しやすい
- 3 予想される大雨災害の対策に必要な大雨に関する気象情報の発表回数が多かった
- 4 発表のタイミングが適切で、現象発生前の対応準備に要する時間（リードタイム）が充分確保できたことなどである。



第2.2.3.5図 土壌雨量指数の状況 (●印：土壌雨量指数履歴順位1位)



第2.2.3.6図 美山町の土壌雨量指数と土砂災害

* 福井地方気象台 佐々木 泉

** 福井地方気象台 谷渡 直樹

一方、市町村の具体的な要望として、災害発生後は、防災担当者が現場の状況把握に手一杯で気象台からの情報を吟味し防災活動に役立てる余裕がなかったため、情報の伝達方法に工夫ができないかといったことや、文章形式の気象情報や警報文における重要事項を伝える工夫（アンダーラインや強調文字）など、現状で速やかな改善が難しい要望や、白黒FAXで色分けの情報が分かりにくい、配信が遅れるといった現用伝達システムの限界を指摘する声もあったが、防災体制解除との関連で現象終了後は警報解除のタイミングを早目にしてほしい、図情報は分かりやすいので多用してほしい、といった実現可能な要望もあった。

また、気象台から発表される防災気象情報のうち、警報に言及した注意報、重要変更、記録的短時間大雨情報について十分に理解されておらず、発表した防災気象情報の地域防災活動への利活用は、必ずしも気象台側が期待するほどではなかったことが改めて分かった。（「重要変更」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる。）豪雨後は防災気象情報の内容も理解され、注意報でも警報同様の体制を執ったとの回答があり、今回の豪雨は自治体の防災活動に大きな影響を及ぼしたといえる。今後気象台が果たす役割として、災害予測に結びつく顕著な気象現象の予測精度向上や、分かりやすく使いやすい情報の作成と迅速な発表などの対応が、一層重要になるといえる。

市町村の担当者は、ほぼ3年で交替することから、1年に1回は市町村の防災担当者に対して防災気象情報に関する講習会等を開催する必要がある。今回のような大きな災害後には気象台からの働きかけが有意義であり、これまで以上に防災気象情報の理解と活用への啓蒙を推し進めることが必要である。

2.3 台風第0416号による高潮の解析と災害の状況

2.3.1 台風第0416号に伴う気象状況

2.3.1.1 台風第0416号の概要*

台風第0416号は、8月30日10時前に鹿児島県串木野市付近に大型の強い勢力で上陸し、九州・中国地方を縦断した。第2.3.1.1図は8月30日09時の地上天気図である。日本の東海上にある高気圧はオホーツ

ク海高気圧が南東進したものである。

第2.3.1.2図は、8月30日09時の500hPa高層天気図である。極東シベリアとアリューシャン列島付近に顕著な寒冷低気圧があり、オホーツク海から日本の東の海上は気圧の尾根になっている。前線南側の鹿島灘付近の尾根は、台風第0416号による大気収束の補償下降流場であり、弱い高圧部となっている。日本周辺には本来の太平洋高気圧の存在が無かったため、台風が日本付近を通過しやすかったといえる。

30日の日降水量は、九州南部の山間部で500ミリ、四国山間部で400ミリを超えた。大雨や暴風以上に、瀬戸内海東部を中心とした高潮災害が特徴的であった。

2.3.1.2 台風第0416号に伴う暴風、大雨等の状況**

(1) 最低海面気圧の分布

台風第0416号が西日本を通過する際の最低海面気圧の分布は、第2.3.1.3図のとおりである。広島地方気象台で972.1hPa、松山地方気象台で972.8hPa、岡山地方気象台と高松地方気象台で978.1hPaの最低海面気圧を観測した。九州地方では960から970hPa、中国地方では970から975hPa、近畿地方では980から990hPaとなった。

(2) 降水量の分布

8月27日から31日にかけての総雨量は第2.3.1.4図のとおりである。九州・四国・紀伊半島の南東斜面を中心に500ミリを超えたが、瀬戸内地方東部の日降水量は50から100ミリ程度である。河川から流入した雨水は瀬戸内海東部の高潮をかさ上げするほどではなかったと考えられる。

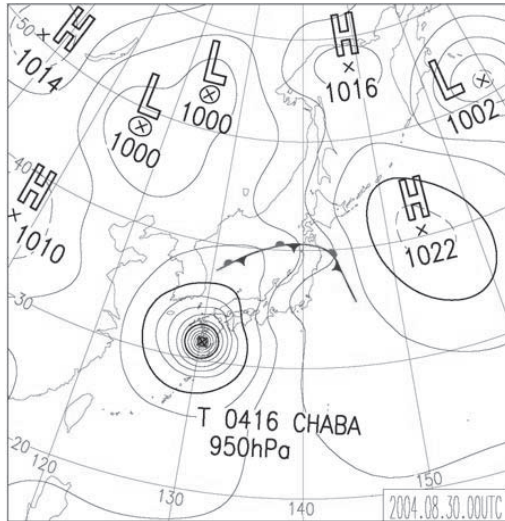
(3) 最大風速の分布

台風の上陸、接近に伴い西日本各地で暴風となった。瀬戸内海周辺の主な気象官署の最大風速及び最大瞬間風速は第2.3.1.1表のとおりである。

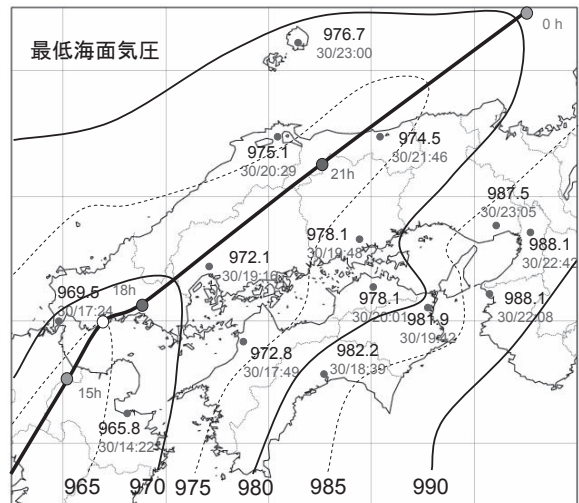
15m/s以上の強風域は紀伊水道、豊後水道、関門海峡、瀬戸内海周辺に分布している。紀伊水道沿いの徳島で南南東27.6m/s、和歌山で南27.1m/sの最大風

* 大阪管区気象台 高橋 清和

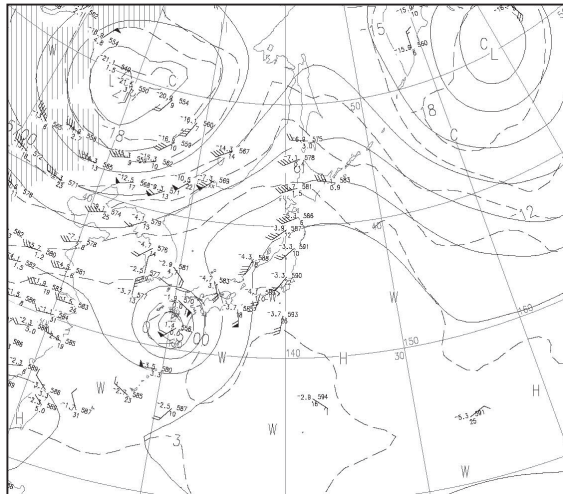
** 高松地方気象台 安藝 忠司



第2.3.1.1図 2004年8月30日09時の地上天気図



第2.3.1.3図 最低海面気圧分布と台風経路図



第2.3.1.2図 2004年8月30日09時の500hPa高層天気図

第2.3.1.1表 瀬戸内海周辺の最大風速及び最大瞬間風速 (m/s)
(2004年8月30日から31日)

	最大風速	風向	起時	最大瞬間風速	風向	起時
大阪	11.4	SSW	31 02:10	31.7	SSW	30 23:06
神戸	16.0	SSW	31 00:50	34.7	SSW	31 00:47
和歌山	27.1	S	30 23:10	44.2	S	30 22:14
潮岬	17.5	S	30 22:00	29.6	S	30 22:44
岡山	21.1	SW	31 00:20	38.5	SW	30 23:51
広島	12.7	SSW	30 22:20	28.0	ENE	30 16:11
徳島	27.6	SSE	30 19:50	54.1	S	30 19:43
高松	15.5	WSW	31 01:00	30.7	SW	31 00:03
松山	10.3	ESE	30 12:00	26.8	SSW	30 20:41
高知	11.8	ESE	30 13:20	35.6	S	30 18:18
下関	19.9	NW	30 19:00	33.9	WNW	30 18:53

第2.3.1.2表 2004年8月30日の瀬戸内海沿岸の最大潮位偏差と最高潮位 (cm)

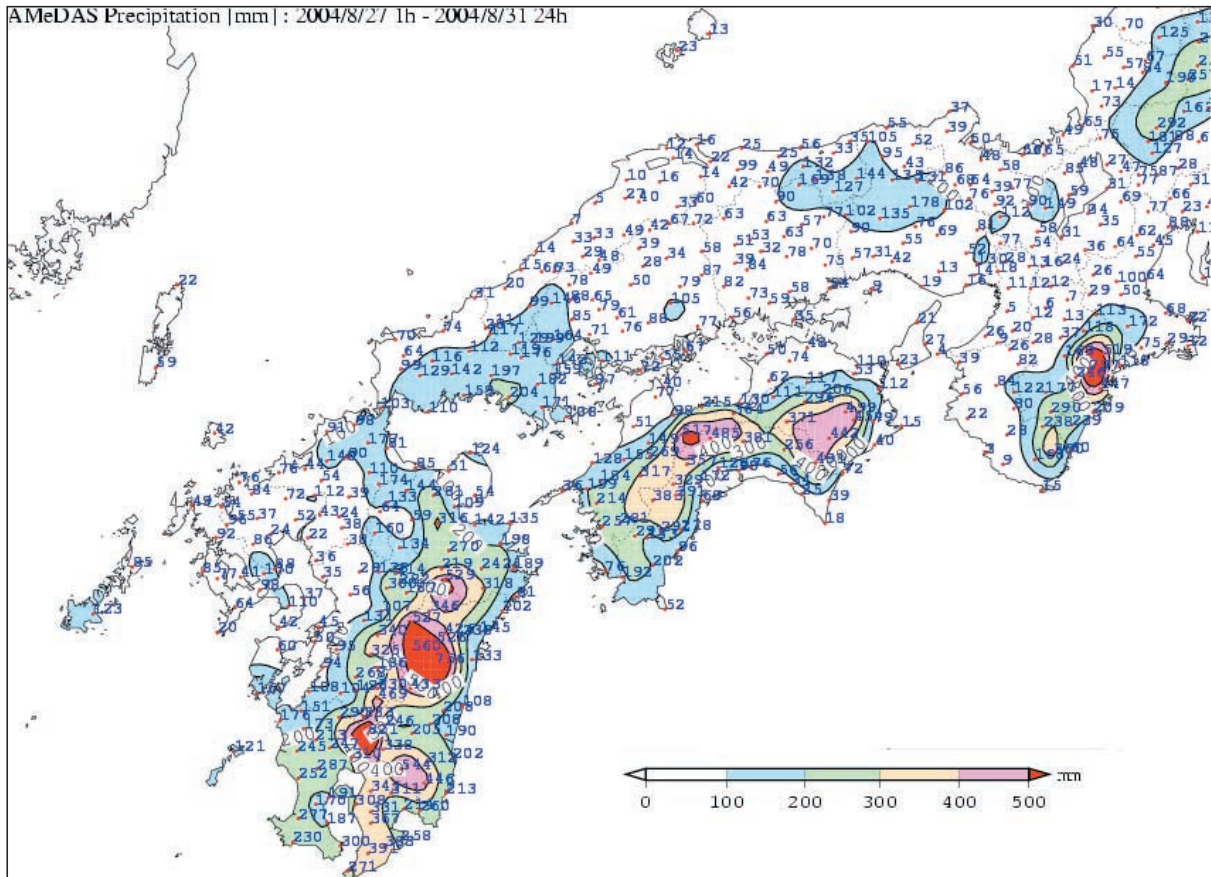
地点名	最大潮位偏差	起時	最高潮位 (TP上)	起時
下関	117	15:41	144	9:48
高知	100	17:35	192	18:28
松山	140	17:49	258	20:56
串本	61	19:08	165	19:08
小松島	72	20:09	166	19:26
宇野	137	22:16	254	22:47
高松	133	22:23	246	22:42
和歌山	87	22:50	170	20:04
大阪	132	23:30	183	21:24
神戸	134	23:42	177	21:24

速が観測された。瀬戸内海東部の岡山県及び香川県では台風の最接近後に最大風速（高松で西南西 15.5m/s、岡山で南西 21.1m/s）が観測された。

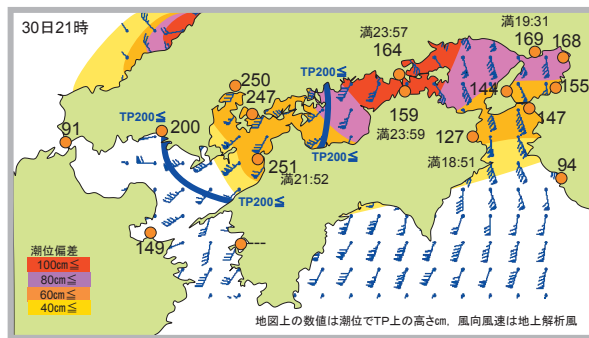
(4) 高潮の分布と解析

瀬戸内海周辺の最大潮位偏差と最高潮位（以下、潮位はTPによる）及び発生時刻は、第2.3.1.2表のとおりである。潮位偏差100cm以上を観測した地域は、瀬戸内海の周防灘・伊予灘・安芸灘・播磨灘及び大阪湾の北部である。

第2.3.1.5図は30日21時、第2.3.1.6図は30日24時の四国周辺での潮位偏差域の分布である。30日21時は香川県沿岸から岡山県沿岸で潮位偏差が大きくな

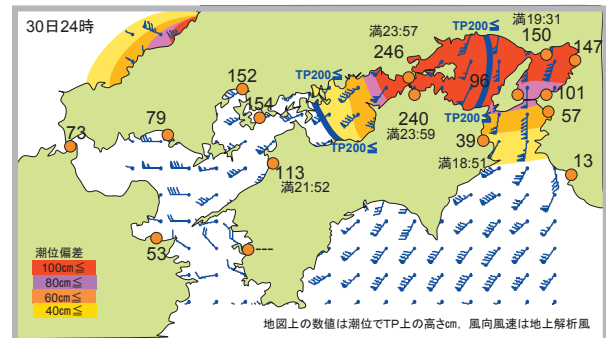


第2.3.1.4図 アメダスによる降水量分布図
(8月27日から8月31日までの総降水量, 単位mm)



第2.3.1.5図 30日21時の高潮分布(主な地点の満潮時刻を併記)

っている。広島県沿岸から愛媛県沿岸ではほぼ満潮時刻であり、潮位200cm以上の海域が現れた。30日24時は、岡山県沿岸から香川県沿岸の潮位がピークに達した。風は22時過ぎから南よりの風から南西の風になり次第に強まり、岡山では31日00時20分に南西の風21.1m/s、高松では31日01時に西南西の風15.5m/sの最大風速が観測された。瀬戸内海の地形に沿って収束



第2.3.1.6図 30日24時の高潮分布(主な地点の満潮時刻を併記)

する風向であったため、吹き寄せ効果が大きかったことが推測される。

松山港では17時49分に最大潮位偏差140cmが発生したが、21時52分の満潮時刻の約4時間前であり、潮位の低い時間帯であった。台風が香川県及び岡山県に最接近したのは30日20時ごろで、最大潮位偏差(高松港22時23分133cm、宇野港22時16分137cm)が

発生したのは最接近から約2時間後であった。満潮時刻（高松港23時59分、宇野港23時57分）は最大潮位偏差発生約1.5時間後であり、潮位の高い時間帯に高潮が重なり、潮位の高い状態が長時間（高松港でTP200cm以上が約3.5時間）続いた。

高松港では30日22時42分に潮位が246cm、宇野港では30日22時47分に254cmが観測され、観測開始（高松港1949年、宇野港1951年）以来最も高い潮位となった。

台風第0416号による香川県沿岸から岡山県沿岸の記録的な高潮は、①「年間で最も潮位が高くなる夏の大潮時期であった」、②「満潮時刻と台風の最接近時が重なった」、③「台風の勢力が強く気圧低下による吸い上げ効果が大きかった」、④「瀬戸内にとって地形的に風の吹き寄せ効果が最も生ずる台風経路であった」という、4つの大きな原因が重なったことによる。

①については、瀬戸内海沿岸では台風の接近する数日前から推算潮位からは正偏差で経過し、前々日と前日には潮位偏差が10から20cm高かった。年間のうちでも潮位の最も高くなる時期であった。

②については、過去の資料で台風が九州北部・中国地方・日本海に進むコースを取った場合、台風が東経134度付近を通過する時に香川県沿岸で最大潮位偏差を観測している。台風第0416号は東経134度を通過した30日22時ごろに最大潮位偏差を観測している。高松港の満潮時刻の23時59分の約2時間前で、潮位の高い時間に重なった。

③については、気圧の低下による吸い上げ効果を1hPaで約1cmと計算すると、潮位の上昇偏差量は瀬戸内海東部で35cm程度に相当し、台風の最接近の20時ごろにピークとなった。

岡山地方気象台では19時48分に、高松地方気象台では20時01分に共に最低気圧978.1hPaを観測し、その際の吸い上げ効果は約35cmであった。最大潮位偏差を観測した22時過ぎには約30cm、満潮時刻の31日0時ごろで約25cmであった。

④については、台風が伊予灘・周防灘付近に位置した際、豊後水道は南よりの風、播磨灘から安芸灘は東よりの風、紀伊水道は南よりの風が吹き瀬戸内海西部に収束した。香川県から岡山県沿岸で最大潮位偏差を観測する東経134度付近に台風が位置した際、周防灘から燧灘は南西から西よりの風、豊後水道及び紀伊水

道は南よりの風となり瀬戸内海東部に収束した。また、地上風解析から備讃瀬戸周辺の風もピークに達した。岡山では31日00時20分に南西の風21.1m/sを観測した。松山にとっては西に開けた伊予灘が、広島にとっては南に開けた広島湾が、南西風による吹き寄せ効果を大きくする地形となった。高松と岡山にとっては、南西側に開けた燧灘・狭い備讃瀬戸と小豆島・その東側の播磨灘が、南西風による吹き寄せ効果を大きくする地形要素になったと考える。

(5) 高潮の理論式から試算

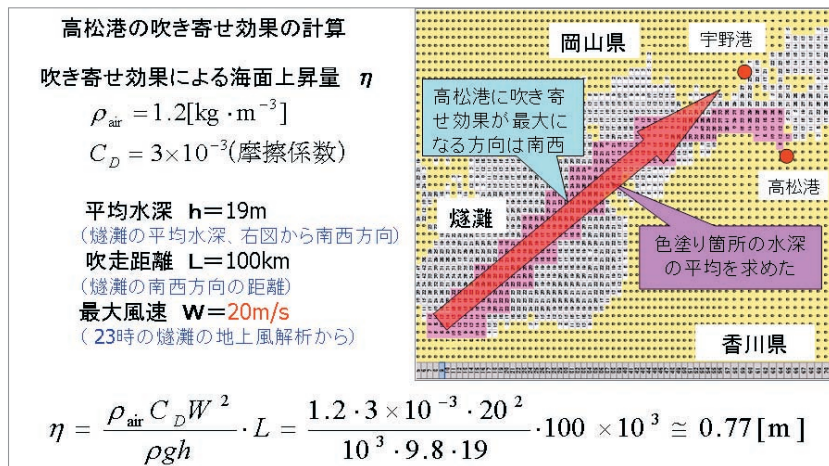
備讃瀬戸・小豆島と紀伊水道からの吹き寄せ効果が、燧灘での南西方向の風による吹き寄せ効果に対して壁の役割を果たしたと考えられる。高松港の風向を南西風、燧灘の南西方向の吹送距離を約100km、南西方向の水深の平均を19mとして、第2.3.1.7図の吹き寄せ効果の理論式*から高松港の潮位を推算した。海上風として、地上毎時風解析を用いた。最高潮位の発生した23時の推算潮位120cmに、吸い上げ効果による上昇量約25cm、地上毎時風解析の風速20m/sの吹き寄せ効果による上昇分77cm、前日の平均潮位偏差21cmのそれぞれ総和で見積もられる潮位は244cmとなる。また、24時（満潮時刻）の推算も244cmとなる。高松港の実況値246cmとほぼ一致し、宇野港の実況値254cmより10cm低くなる。

第2.3.1.8図は、高松での高潮の実測値と理論計算値の比較である。20時から02時の理論式から求めた吹き寄せ効果による偏差・吸い上げ効果による海面上昇偏差・前日の平均潮位偏差・推算潮位のそれぞれ総和を棒グラフにした。折れ線の（赤）実線は、実測潮位である。それらはほぼ一致する。

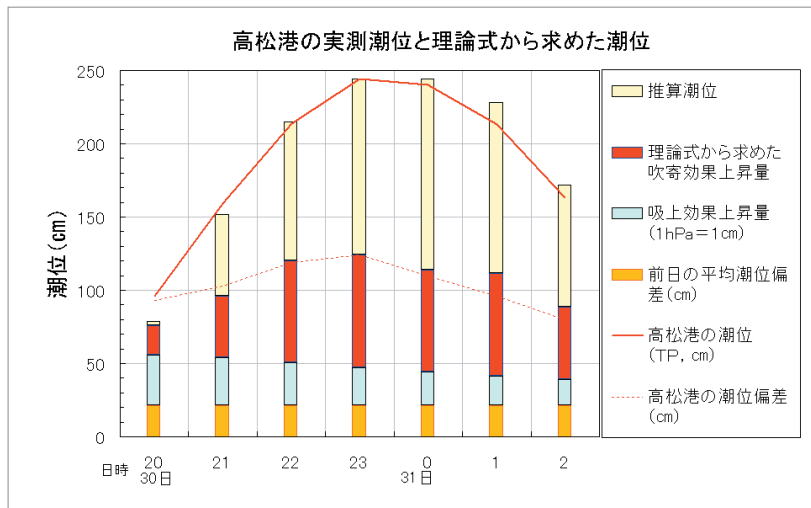
松山港では、高松港とほぼ同じ最大潮位偏差（140cm）と最高潮位（258cm）を観測した。

参 考 文 献

宇野木早苗（1993）：風と流れ。沿岸の海洋物理学，東海大学出版会，神奈川県秦野市，260。



第2.3.1.7図 理論式から求めた高松港の吹き寄せ効果による海面上昇分



第2.3.1.8図 高松港の実測潮位と理論式から求めた潮位

2.3.2 高潮による災害の状況*

2.3.2.1 潮位の状況

30日夜、瀬戸内海沿岸を中心に潮位偏差1mを超す大きな高潮が発生した。高松、宇野、広島では潮位が警報基準を超え、高松、宇野では最高潮位の極値を更新した。

このうち、高松港の潮位は30日20時55分ごろに高潮注意報基準（TP上150cm）を、30日21時30分ごろに高潮警報基準（TP上180cm）を超え始めた。そして、30日22時23分に最大潮位偏差133cmを、30日22時42分に最高潮位（TP上246cm）を観測した。その後、31日01時50分ごろまでのおよそ04時間20分、高潮警報基準を超える状態が続いたあと、次第に潮位が下がった。

* 高松地方気象台 藤本 恒雄

この高潮は次の4つの条件が重なったために発生した。①30日は年間で潮位が最も高くなる夏季の大潮期間に当たっていた。②台風の最接近時と満潮時刻（宇野港：30日23時57分、高松港：30日23時59分）が重なった。③台風の通過に伴う気圧降下による吸い上げ効果に加えて、④強風による吹き寄せ効果によって生じた。瀬戸内海中央部は、台風の南から南西の暴風に吹き寄せられて豊後水道から大量の海水が吹き寄せられた。とりわけ、満潮直前の30日20時から22時においては、備讃諸島以西では南西の風、播磨灘周辺では南～南南東の風となっており、瀬戸内海中央部（香川県や岡山県の沿岸）に特に海水が集まりやすい状況だった。

2.3.2.2 被害の状況

2.3.2.2.1 高潮災害の状況

台風第0416号の接近した30日夜、瀬戸内海中央部を中心に沿岸部の各地で高潮が発生した。特に、瀬戸内海中央部に位置する香川県と岡山県では、船着場や入り江の低い部分及び河川への逆流による溢水、高波による堤防の決壊等により浸水被害が広がった。

この台風による住家の床上浸水は、香川県5,800棟以上、岡山県4,900棟以上、広島県と愛媛県及び兵庫県を合わせると2,100棟以上あった（香川県については、平成16年11月5日現在ホームページより、その他の県は第1.2.8表）。

農林水産業被害は、高潮による塩害と強風による倒伏・落果等又は、高波による防波堤の損壊や漁船の転覆等があり区別することが難しい。農作物等の被害は香川県で8,566ha、愛媛県で7,038ha、岡山県で4,531ha、広島県で1,219haに及んだ（各県ホームページより）。

香川県高松市では、詰田川及び御坊川を海水が逆流し、堤防の低い部分から住宅密集地に流れ込み、同市福岡町の家屋内で1人が水死した。海水は沿岸から約3km入った同市木太町まで達した。また、同市瀬戸内

町のJR予讃線高架橋下の冠水した市道に水没していた車内で1人が水死した。

岡山県倉敷市では、県内で最も浸水被害が多く、同市玉島勇崎地区は海岸に面し、全体的に低地で入り江や排水口から海水が逆流し浸水深は150～160cmまで達し、家屋内で1人が水死した。

2.3.2.2.2 香川県の被害状況

(1) 高潮災害聞き取り調査

台風第0416号が九州・中国地方を縦断したことに伴い、8月30日から31日にかけて、瀬戸内海中央部沿岸の各地で記録的な高潮が発生し、香川県でも沿岸部各市町で甚大な高潮災害が発生した。高松地方気象台は、この高潮による被害状況を把握し、今後の防災気象情報の改善に資するため、被害の大きかった市町への聞き取り調査を実施した。

9月15日から17日の3日間で実施した。調査対象市町は、香川県が災害救助法を適用した市町を基本に被害状況を考慮し、東かがわ市、さぬき市、牟礼町、庵治町、高松市、坂出市、宇多津町、丸亀市、多度津町、詫間町、観音寺市、土庄町、池田町、内海町の14市町（第2.3.2.1図）で実施した。



第2.3.2.1図 高松地方気象台聞き取り調査実施市町

(2) 浸水・被害の状況

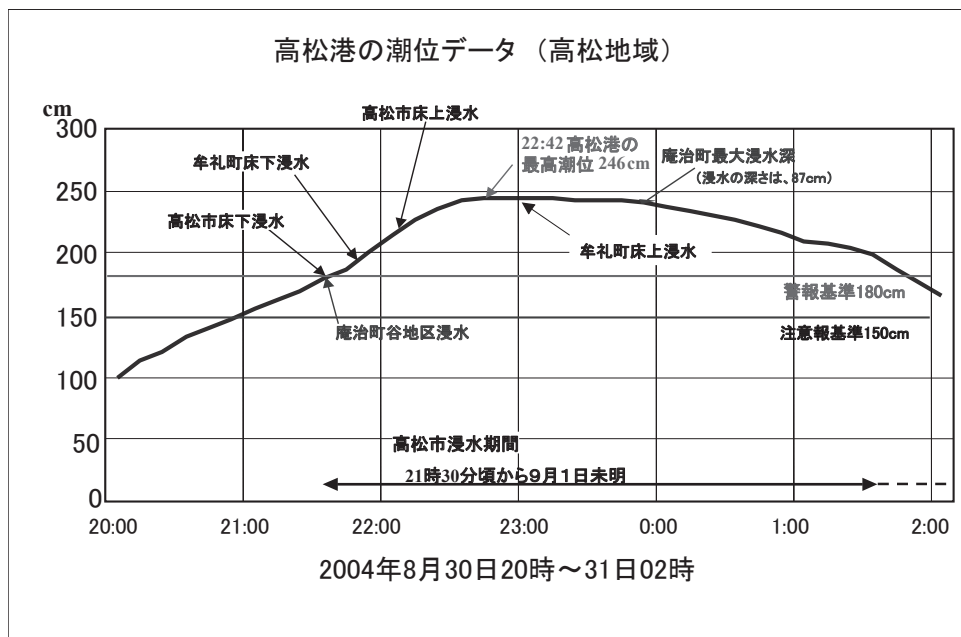
被害市町の浸水開始は早い市町で30日21時20分、遅い市町でも22時20分と1時間程度の違いである。香川県の沿岸部は東西に約100kmあるが、県内全域で浸水開始時刻が接近しており、また注意報・警報発表の二次細分区域ごとではほぼ同じ時間帯に浸水が始まっている。

聞き取り調査を実施した14市町での浸水状況は、ほとんどの市町で海岸の堤防及び岸壁の低い部分からの浸水と、河川への海水の逆流で河川堤防の低い部分からの浸水であった。また、丸亀市、観音寺市、詫間町では岸壁及び堤防の決壊等による浸水が発生した。香川県内の潮位データから、高松港（高松地域）、三本松港（東讃）、観音寺港（西讃）の浸水状況を第2.3.2.2～2.3.2.4図に示す。この図から、浸水はおお

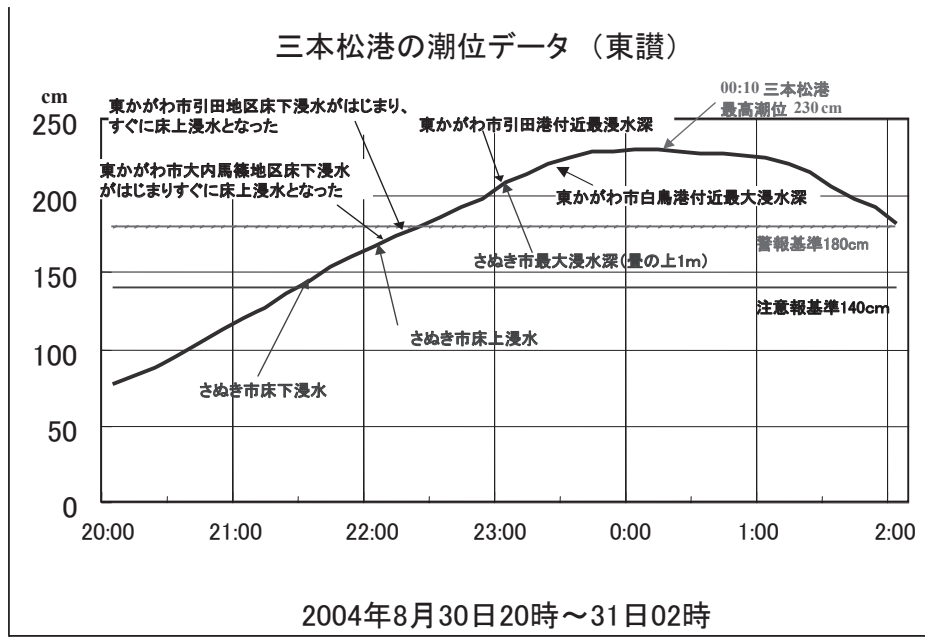
むね注意報基準の潮位から、道路冠水や床下浸水が始まっており、警報基準前後で床上まで達している。

県内全域で床上浸水5,800棟以上、床下浸水16,000棟以上の住家が浸水した。農林水産物・施設等の被害では、水稻や野菜、果樹などの農作物や、農地海岸、漁港、水産関係施設、また公共土木被害では、河川、海岸、道路、港湾、下水道、公園等広い範囲で大きな被害が発生した。

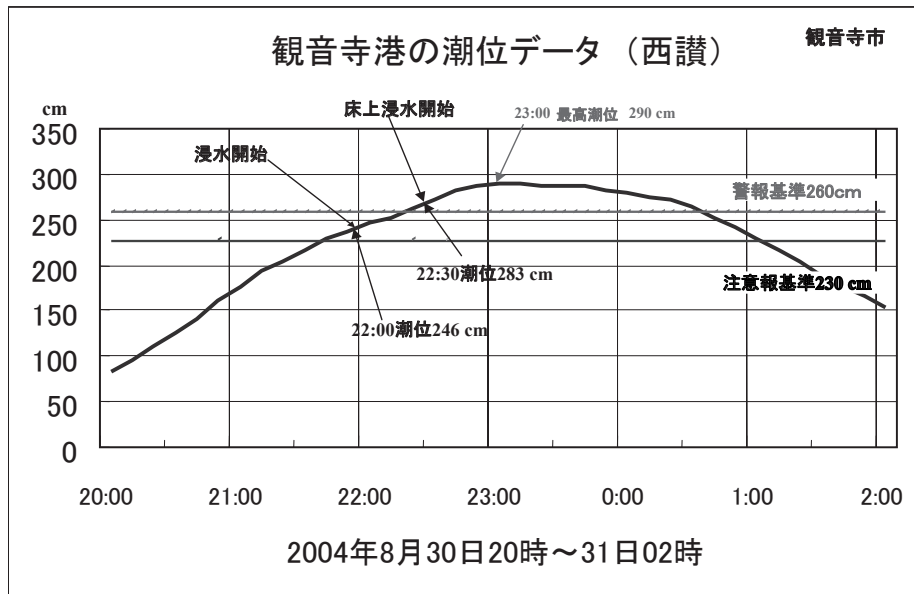
県内の交通機関の影響は、高松空港発着の航空機が30日夕方から31日朝にかけて全便欠航し、JRでも30日昼ごろから31日昼ごろにかけて県下全線運休した。琴平電鉄も30日夜から31日昼過ぎにかけ全線運休し、志度線の一部では高潮により線路が冠水したため、9月1日昼過ぎまで運休した。船舶は、29日から欠航が出始め、30日、31日はほぼ全便欠航した。



第2.3.2.2図 高松港の潮位と浸水状況



第2.3.2.3 図 三本松港の潮位と浸水状況



第2.3.2.4 図 観音寺港の潮位と浸水状況

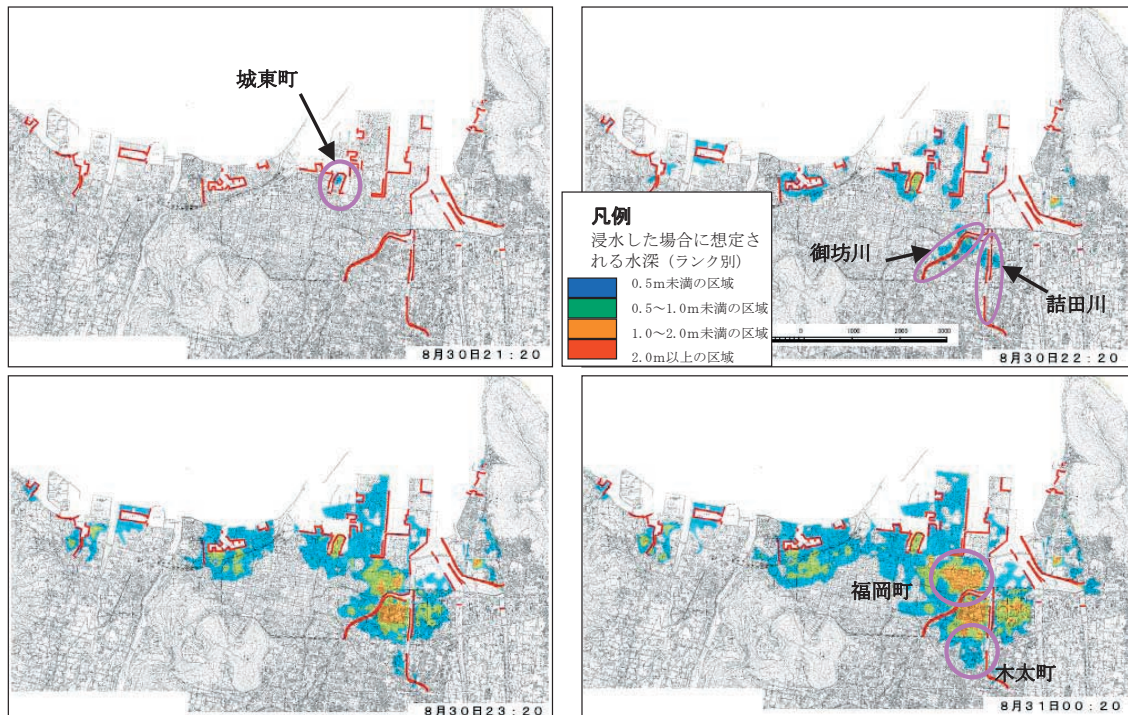
(3) 高松市の被害

高松市は香川県内で最も浸水被害が多く、床上浸水 3,500 棟以上、床下浸水 12,000 棟以上が発生した（香川県ホームページより）。浸水は 30 日 21 時 20 分同市城東町付近から始まり、満潮時刻（23 時 59 分）の約 1 時間前（22 時 42 分）には高松港で最高潮位 TP 上 246cm を観測し、1961 年 9 月 16 日の第二室戸台風時の過去最高潮位（199cm）を更新した。浸水した状態は翌日まで続き、同市福岡町付近では 31 日朝でも腰まで海水が残っていた（写真 2.3.2.1）。

高松市の浸水開始時刻（30 日 21 時 20 分）から 1 時間ごとの時系列浸水深図（図の色別は想定される水深）を第 2.3.2.5 図に示す。浸水は護岸高の低い部分や船着場から始まり、次第に住宅地へ広がっている。また、河川への海水の逆流による河川堤防の低い部分からの浸水によって、内陸部からの広がりも分かる。オレンジ色の部分（想定される水深は 1.0 ～ 2.0m 未満の区域）は特に低地（塩田跡）の住宅密集地で、ここでは詰田川の堤防を超えて浸水し、同市福岡ポンプ場も浸水により未稼動となり、31 日夕方まで浸水が続いた。



写真 2.3.2.1 高松市福岡町県立体育館付近（2004 年 8 月 31 日朝撮影：高松市役所提供）



第 2.3.2.5 図 高松市時系列浸水深図（香川県高潮等対策検討協議会提供）

2.3.2.2.3 岡山県の被害状況

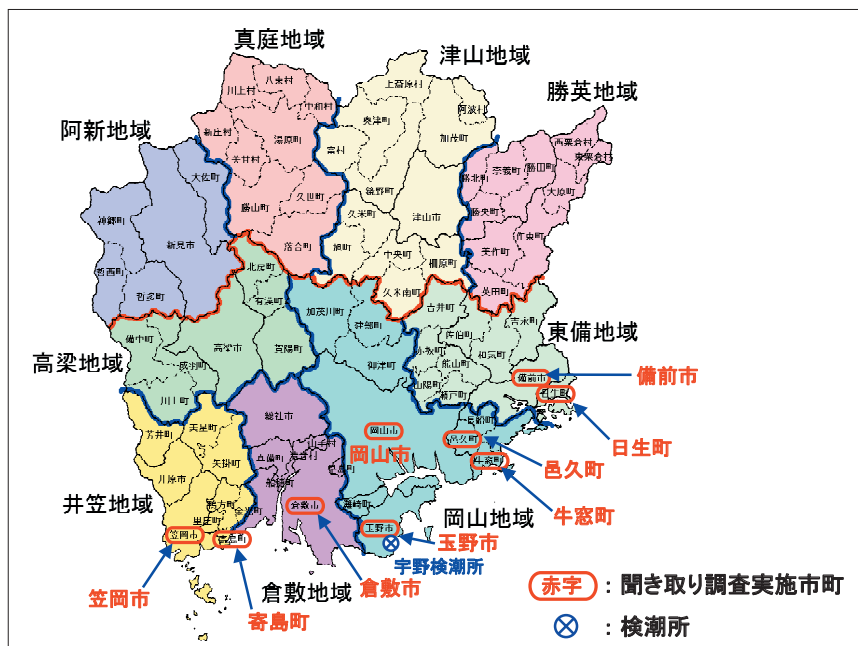
岡山地方気象台も浸水地域と被害状況等を把握することを目的とし、岡山市、倉敷市、玉野市、笠岡市、備前市、日生町、邑久町、牛窓町、寄島町（第2.3.2.6図）に現地聞き取り調査を実施した（写真2.3.2.2）。

台風第0416号が、岡山県に最接近のおおむね22時ごろから岡山県沿岸各市町で浸水が始まっており、海水は河川への逆流又は入り江や排水口から低地に流れ込み、県全体で床上浸水4,900棟以上、床下浸水5,600棟以上の浸水被害が発生している。

玉野市宇野港の最高潮位はTP上254cm(22時47分)を観測し、2004年7月31日の台風第0410号時の過去の最高潮位（200cm）を更新した。

2.3.2.2.4 広島県・兵庫県の被害状況

台風第0416号は30日19時から21時ごろにかけ広島県内を縦断し、広島県中部から東部を中心に床上浸水1,300棟以上、床下浸水5,400棟以上の高潮による浸水被害となった。また、兵庫県でも淡路島を中心に床上浸水200棟以上、床下浸水800棟以上の高潮による浸水被害となった。



第2.3.2.6図 岡山地方気象台聞き取り調査実施市町



写真2.3.2.2 岡山県倉敷市の浸水跡「赤いラインまで浸水」

2.3.2.3 過去の高潮災害事例*

2.3.2.3.1 香川県に高潮害をもたらした台風と被害

1949年の検潮業務の開始以来、高松港にある高松検潮所において最高潮位の上位10位まで（観測基準面からの潮位）をもたらした台風と香川県内の住家浸水被害を第2.3.2.1表に示す。最高潮位はいずれも高潮警報基準であるTP上180cm（2004年以降のTPへの換算値：観測基準面上の観測値－190.1cm）以上となっている。

2.3.2.3.2 似通ったコースをたどった台風と香川・岡山両県の被害

九州北部及び山口県を通り、日本海に抜けたコースをたどった台風のうち、平成15年までに高潮位を観測した台風第9612号、第9119号及び第0416号の経路等を第2.3.2.7図に示し、台風に伴う香川・岡山両県における観測値及び被害状況を第2.3.2.2表に示す。

(1) 台風までの距離と暴風域及び移動速度の比較

台風の中心から高松検潮所までの最接近時の距離と暴風域の広がり、第0416号では約120km（190km）、第9612号では90km（150km）、第9119号では210km（350km）であった。

* 括弧内は、高松検潮所において最大潮位偏差を観測した日の21時における台風の暴風域（平均風速25m/s以上）の南東側半径を示す。

第2.3.2.1表 高松検潮所データと香川県の住家浸水被害

観測基準面上の観測値	最高潮位 (cm)		最大潮位偏差 (cm)		台風番号	住家浸水被害 (棟)	
	当時のTP上	起日	観測値	起日		床上	床下
436(436)	246(246)	2004/8/30	133(124)	2004/8/30	第0416号	5,872	16,088
391(389)	201(199)	2004/9/7	103(101)	2004/9/7	第0418号	48	624
385(380)	192(187)	1991/9/27(9/28)	117(99)	1991/9/27	第9119号	12	554
386(377)	193(184)	1996/8/14	104(94)	1996/8/14	第9612号	3	321
382(378)	192(188)	2004/7/31	63(59)	2004/7/31	第0410号	0	47
(374)	(181)	1997/9/16	(42)	1997/9/16	第9719号	6	307
377(372)	187(182)	2004/10/20	79(75)	2004/10/20	第0423号	4,431	13,336
(372)	(180)	1978/9/15	(46)	1978/9/15	第7818号	2	86
(372)	(199)	1961/9/16	(81)	1961/9/16	第6118号	1,503	10,503
375(370)	182(177)	1992/8/8	76(70)	1992/8/8	第9210号	2	220

注1) 観測基準面上の潮位（平滑値）に基づく最高潮位の高い方から10位までを示す。

注2) 被害は香川県調べであり、第0423号（主に大雨による洪水・浸水害）を除いて、主に高潮害である。

注3) 最高潮位の括弧内は平滑値を示し、最大潮位偏差の括弧内は毎時偏差の最大値を示す。

ただし、第6118号（第二室戸台風）の最大潮位偏差については最高潮位時の潮位偏差を示す。

また、両県への最接近前後の台風の移動速度は第0416号が最も遅かった。

(2) 最低海面気圧、風向・風速、最大潮位偏差及び最高潮位の時系列出現の比較

瀬戸内海海岸線から内陸へ約4.5km南にある高松地方気象台において、上記3個の台風に伴って観測された最低海面気圧は第0416号が最も低く978.1hPaであり、最大風速は第9119号が南西15.7m/s、第0416号が西南西15.5m/sと同程度である。

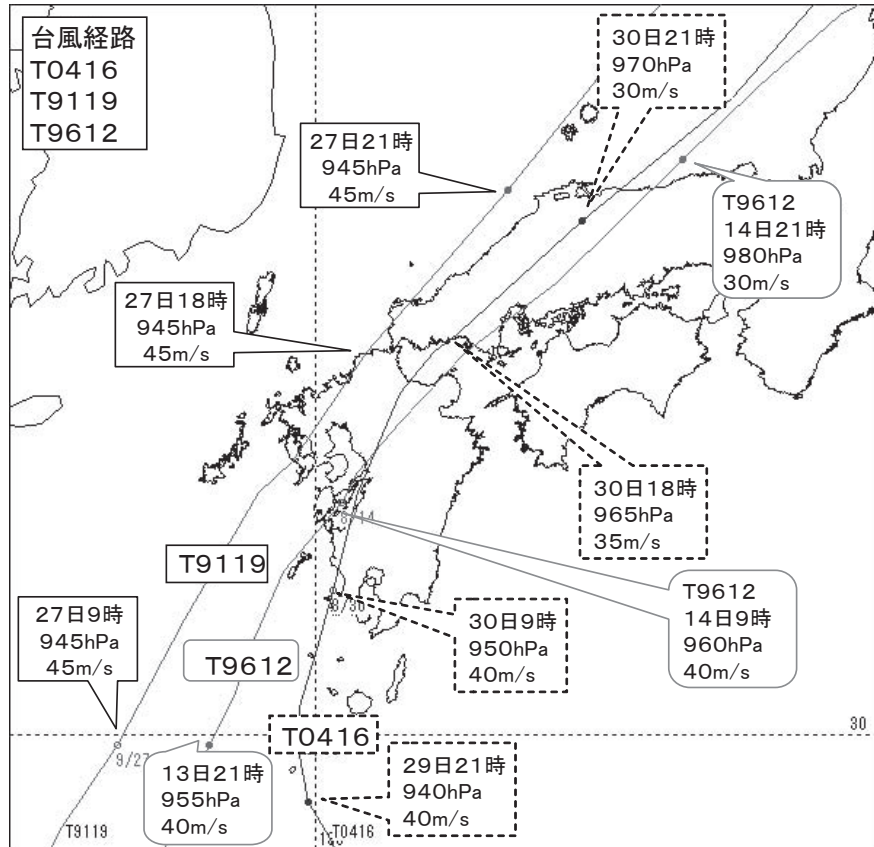
3個の台風の瀬戸内海への接近時では、第9119号の場合、中潮期間に接近し、大潮期間に接近した他の二つの台風より満潮時の天文潮位が約40cm低く、また、他の二つの台風より瀬戸内海を遠く離れて速い速度で進んでおり、状況が異なっている。

第2.3.2.8図に、台風第0416号と、その規模及びコースが似通った第9612号の高松地方気象台における風の時系列、最低海面気圧の観測時刻及び高松検潮所の潮位に関する観測時刻を、また吹き寄せ効果の大小を比較するため多度津特別地域気象観測所（平成13年2月までは測候所）の風の時系列も示す。

第0416号は第9612号と比較すると次の特徴がある。

① 第0416号は瀬戸内海を離れて進んだが、高松地方気象台における最低海面気圧は3.4hPa低かった。

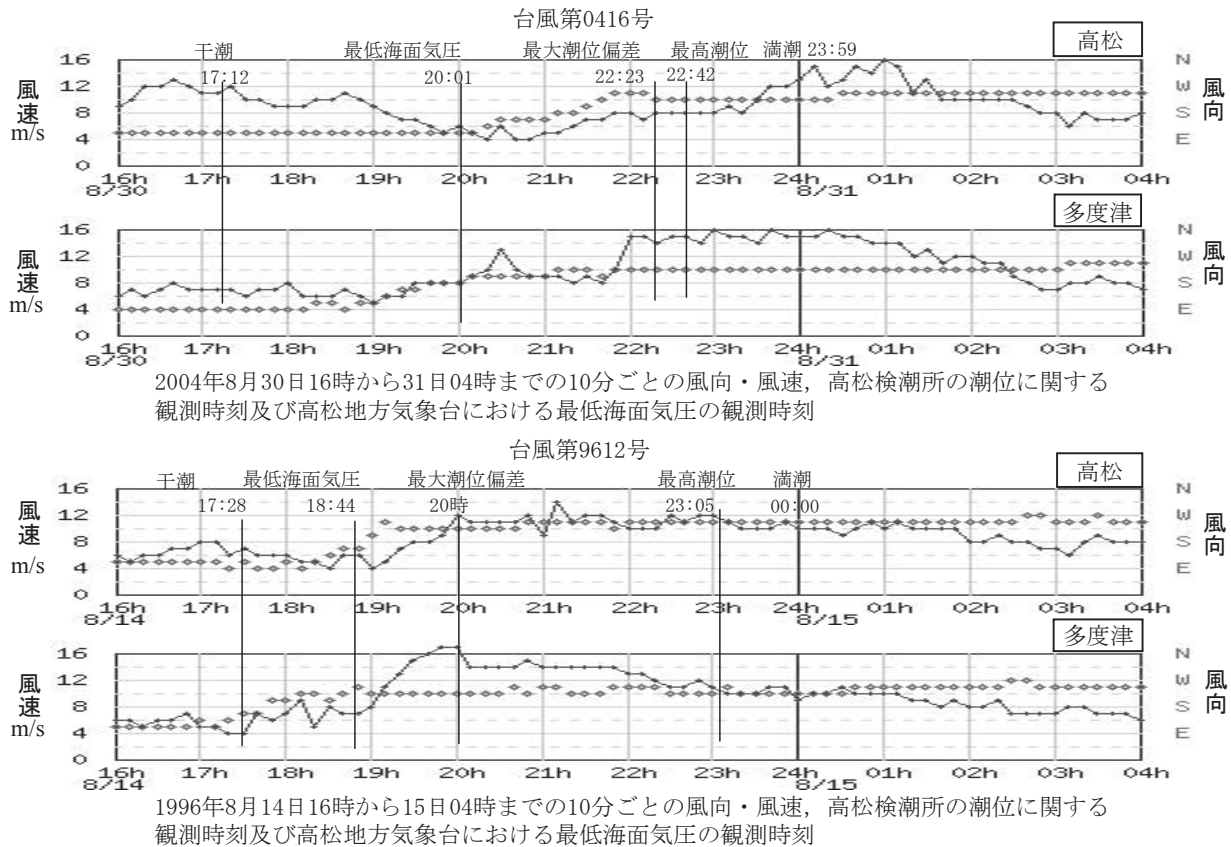
* 高松地方気象台 遠山 豊朗



第2.3.2.7図 台風第0416号, 第9612号, 第9119号の経路, 中心気圧, 中心付近の最大風速

第2.3.2.2表 台風第9119号, 第9612号, 第0416号に伴う気象等観測値及び人的・住家被害の状況

観測項目	地点等	台風第0416号	台風第9612号	台風第9119号
最高潮位と日時	高松検潮所	246cm (8/30 22:42)	184cm (8/14 23:05)	187cm (9/28 00:15)
潮、満潮時推算潮位と時刻	高松検潮所	大潮期間 満潮 129cm (8/30 23:59)	大潮期間 満潮 127cm (8/15 00:00)	中潮期間 満潮 90cm (9/28 00:27)
最高潮位と日時	宇野検潮所	254cm (8/30 22:47)	186cm (8/14 23:10)	195cm (9/27 23:15)
最大潮位偏差	高松検潮所	133cm (8/30 22:23)	94cm (8/14 20時) 瞬間最大潮位偏差 104cm	99cm (9/27 23時) 瞬間最大潮位偏差 117cm
	宇野検潮所	137cm (8/30 22:16)	101cm (8/14 20時) 瞬間最大潮位偏差 110cm	111cm (9/27 23時) 瞬間最大潮位偏差 116cm
最低海面気圧	高松	978.1hPa (8/30 20:01)	981.5hPa (8/14 18:44)	984.9hPa (9/27 20:31)
	岡山	978.1hPa (8/30 19:48)	981.7hPa (8/14 19:21)	982.6hPa (9/27 20:52)
台風の移動速度 (最大潮位偏差 起日の21時までの前6時間平均)		NE 45Km/h	NE 50Km/h	NE 70Km/h
最大瞬間風速	高松	30.7m/s SW (8/31 00:03)	28.4m/s WSW (8/14 21:03)	30.4m/s WSW (9/27 22:58)
	岡山	38.5m/s SW (8/30 23:51)	31.6m/s SW (8/14 20:25)	39.4m/s SW (9/27 22:14)
最大風速	高松	15.5m/s WSW (8/31 01:00)	13.8m/s WSW (8/14 21:10)	15.7m/s SW (9/27 23:20)
	岡山	21.1m/s SW (8/31 00:20)	21.0m/s SW (8/14 20:10)	19.5m/s SW (9/27 22:20)
被害状況：香川県 香川県調べ 平成17.2.28現在	死者/負傷者	3人 / 6人	/ 2人	/ 7人
	住家全壊/半壊	1棟 / 10棟	/ 1棟	
	床上/床下浸水	5,872棟 / 16,088棟	3棟 / 321棟	12棟 / 554棟
被害状況：岡山県	死者/負傷者	1人 / 16人	/ 2人	/ 11人
	住家全壊/半壊	1棟 / 1棟		6棟 / 74棟
	床上/床下浸水	5,757棟 / 5,127棟	8棟 / 234棟	31棟 / 463棟
		岡山県調べ 平成16.9.28現在	大阪管区異常気象報告 第44巻平成8年	大阪管区気象台解説資料 第25号平成9年



第2.3.2.8図 台風第0416号、第9612号による風の時系列グラフ

② 高松市への最接近時刻は、第0416号では高松検潮所での満潮時刻より4時間前であり、第9612号での同じくおよそ05時間20分前に比べて、満潮時に近かった。

③ 最大潮位偏差の起時は、第0416号では満潮時刻の約1.5時間前であったが、第9612号での4時間前と比べて、満潮に向かって天文潮位そのものが高い時刻であった。

④ 台風に伴う吹き寄せ効果を増大する強風（ここでは14m/s以上）について、高松検潮所から約30km西の海岸近くに位置する多度津特別地域気象観測所の風と、高松港の満潮時刻との対応をみてみた。第9612号では多度津での強風のピークは、高松港の満潮の4時間前であり、満潮時には弱まっていた。

第0416号では高松港の満潮の2時間前から満潮後1時間が多度津での強風のピークであった。また、高松市では満潮後も1時間以上にわたり強風が続いた。

2.3.2.3.3 台風第0416号に伴う香川県内の浸水の発生原因等

第0416号に伴う香川県における浸水の発生原因は、平成16年9月に高松地方気象台が実施した自治体への聞き取り調査も踏まえて、平成16年10月から翌年3月開催された「香川県高潮等対策検討協議会」において次に示す旨が報告されている。

① 護岸堤防・河川堤防からの越流、②護岸・河川堤防の破堤箇所からの浸水、③越波による浸水、④その他（排水用側溝からの浸水、排水口からの逆流等）による高潮害であった。

堤防、護岸等の海岸保全施設は、既往最高潮位を基にしたこれまでの防護水準（高松市周辺のTP+1.9mなど）に対して十分機能していたと考えられるが、第0416号においてはこの防護水準を大きく上回る高潮等となり、浸水家屋数は戦後最大となった。

2.3.3 高潮に関する防災気象情報の発表と今後の課題*

2.3.3.1 高潮に関する防災気象情報の発表

台風第0416号の接近・上陸・通過に伴い、各気象台では防災関係機関・報道機関等を対象に台風説明会を開催し、早めの防災体制の確保及び暴風、大雨に対する警戒と共に高潮に対する警戒を呼びかけた。特に高潮については台風の進路から判断して、西日本では台風を中心の通過が大潮の満潮時刻と重なる可能性が高かったこと、また平常の潮位が年間で最も高い時期であることから、沿岸海域では台風の進路によっては高潮による浸水等の被害が発生するおそれがあるとして、早い時期から注意を喚起した。

また、各気象台で発表する台風情報の中でも高潮に対する警戒を呼びかけた。

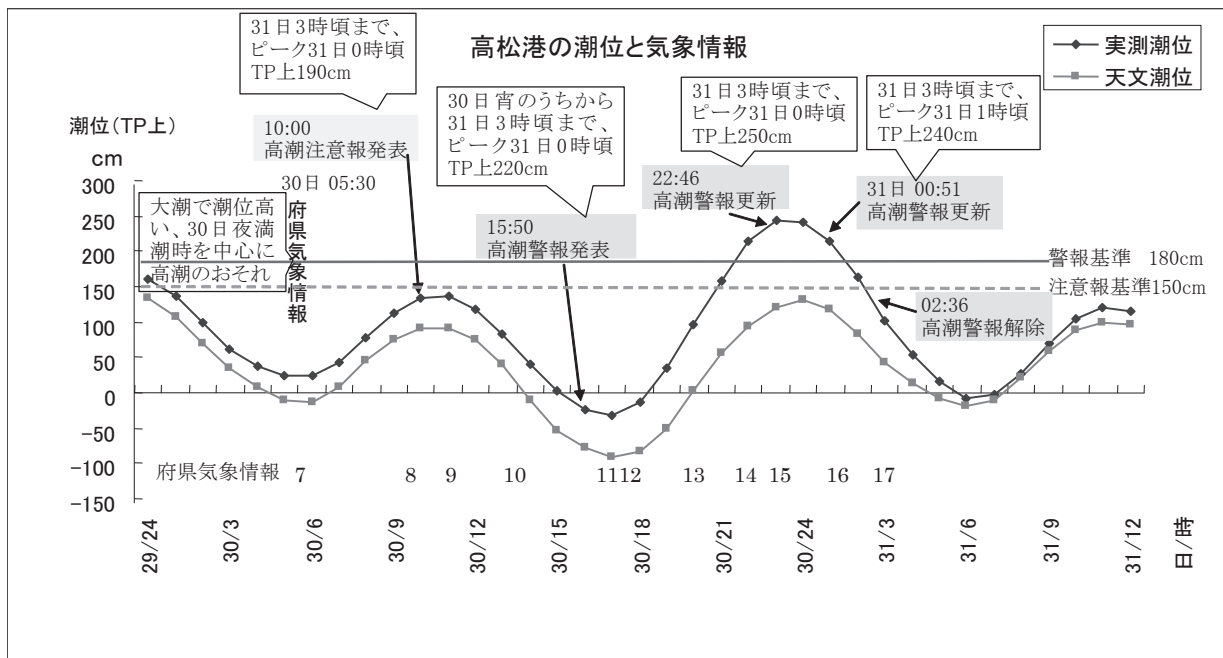
(1) 香川県の場合

高松地方気象台は30日朝から気象情報を発表し、31日00時を中心に高潮のおそれがあることを呼びかけた。30日10時00分に全域に高潮注意報を発表(同日宵のうちまでに警戒に切り替える予告を行い)し、

15時50分に30日宵のうちから31日午前03時ごろまで高松港で最大潮位TP上2.2mその他4つの二次細分区域でTP上2.2mから3.0mのおそれがあり、高潮に厳重な警戒が必要とした内容の高潮警戒を発表した。その後も気象情報で高潮への厳重な警戒を訴えた。高松港では、21時50分に過去最高の潮位を観測し、22時46分には高松港の潮位がTP上2.5mとなるおそれがあるとして、高潮警戒を更新した。高松港の潮位と気象情報発表の状況は第2.3.3.1図のとおり。

香川県は30日07時50分に水防本部を設置した。県内市町でも夕方には全市町で水防本部が設置された。香川県は18時30分に水防本部を災害対策本部に移行した。早い市町では30日16時過ぎから高潮監視のパトロール及び広報を実施した。避難勧告を発令した市町は、坂出市が最も早く、浸水被害が始まる約30分前の21時40分に、他の市町は浸水被害が始まってからであった。

なお、高松港の潮位の上昇は急激で、30日18時過ぎから最高潮位を観測した22時30分過ぎまで、1時間に約60cmと急激に上昇した。



第2.3.3.1図 高松港の潮位と気象情報発表の時系列図

* 高松地方気象台 林 かずひこ

(2) 岡山県の場合

岡山地方気象台は30日早朝から気象情報でピーク時には潮位が平常より60から100cm高くなり、1951年の観測開始以降の最高潮位となるおそれがあることを呼びかけた。

30日05時35分に沿岸部全域に高潮注意報を発表(同日宵のうちまでに警報に切り替える予告を行い)、13時52分に「30日宵のうちから31日午前03時ごろまで宇野港で最大潮位TP上2.0mのおそれがある」と高潮に厳重な警戒が必要とした内容の高潮警報を発表し、その後も気象情報(宇野港で最大潮位TP上2.3mのおそれがある旨、20時48分発表)により高潮への厳重な警戒を訴えた。22時36分には潮位は高くなり、TP上2.7mになるおそれがあるとし、23時40分に高潮警報を更新した。宇野港の潮位と気象情報発表の状況は第2.3.3.2図のとおり。

岡山県は29日16時20分に水防本部を設置した。30日05時35分に警戒体制、15時16分に特別警戒体制とし、17時00分に非常体制・災害対策本部を設置した。沿岸部を持つ市町は、30日宵のうちから高潮監視のパトロール等を実施した。避難勧告を発令した市町は備前市の21時35分が最も早く、沿岸部での浸

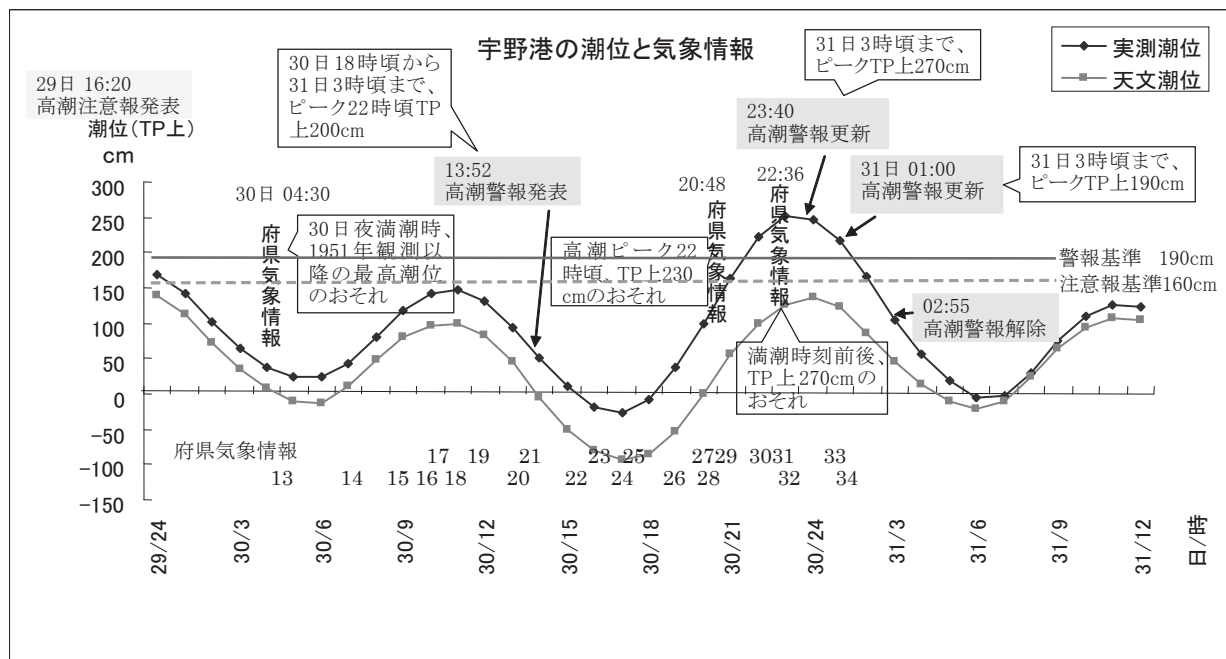
水被害は22時ごろに始まった。

なお、宇野港の潮位の上昇は急激で、30日18時ごろから最高潮位を観測した22時30分過ぎまで1時間に約65cmと急激に上昇した。

2.3.3.2 高潮に関する防災気象情報の改善に関する課題

2.3.3.2.1 防災機関からの要望

情報の利用者側である防災機関にアンケートを行った結果、次のような要望があった。①気象情報に満潮時刻だけでなく潮位が急上昇する時刻、浸水が始まると予想される時刻、現象のピークを情報に盛り込んで欲しい。②二次細分区域の代表港の潮位予測、推算潮位等の詳細な情報が欲しい。また、1時間毎(可能ならば30分毎)の潮位予測や「〇〇港で通常より何cm高くなる。」との情報が欲しい。③潮位の表現をTP上の値で示されても防災関係者には分かり難く、実感として伝わらない。警報基準からどのくらいになるのか、過去の高潮と比較した表現に改善するなど、もう少し分かりやすくした警戒情報を提供して欲しい。④高潮に関する正しい知識などの周知が必要である。



第2.3.3.2図 宇野港の潮位と気象情報発表の時系列図

2.3.3.2.2 改善の方向性

ここでは防災機関からの要望に基づく改善策を検討するが、第3.6.2.1目「高潮に関する防災気象情報の改善に関する提言」でさらに詳しく検討する。

高潮の予想において、台風の進路や接近のタイミング（満潮時刻との関係）が潮位に大きく影響するため、常に最新の台風予報に応じた情報の提供を心掛けている。また、高潮予測の状況を理解しやすいよう過去の最高潮位や天文潮位との比較などを併記するよう努めている。

今回の要望を受け、高潮警報を発表後、台風情報で高潮に関する事項に絞った気象情報を随時発表することとした。内容は、文章情報や図情報において、県内基準港の最高潮位や潮位偏差の予測、潮位のピーク時刻や満潮時刻、警戒や注意を要する時間帯をきめ細かく記述のほか、平常潮位と実況潮位の時系列図の提供などである。また、台風第0416号による甚大な高潮被害の経験からは、過去の浸水被害に結びついた事例を示すことが、高潮予測を含めた潮位表現（TP上）の理解や利用を促進できるものと考えられる。

また、台風シーズン前や台風説明会では防災担当者等へ高潮に関する知識の普及に努めているが、台風第0416号の高潮災害を教訓として、気象知識の普及活動をさらに推進していく必要がある。高潮に関する防災気象情報及び広報資料については、その内容を理解しやすいように、記述を更に改善する必要性があると考えられる。

2.3.4 九州・山口県における大雨と高潮の被害の状況*

2.3.4.1 大雨の状況

台風第0416号は29日に大型で非常に強い勢力を伴って奄美大島付近をゆっくりと西進し、その後北向きに進路を変え、30日09時半頃に大型で強い勢力を伴って串木野市付近に上陸して九州を縦断した。

台風のコースと移動速度から九州山地の東側で雨雲が長時間発生・発達したため、第2.3.4.1図に示されるように九州山地の東側や南東方向に開けた大隅半島付近を中心に総降水量が300mm以上となった。特に宮崎県のえびのでは、2日間の総雨量が821ミリに達し、任意の24時間総雨量は730ミリに達している。

* 福岡管区気象台 磯部 英彦

図には示していないが、屋久島の永田（鹿児島県所管の雨量計）では8月29日06時から30日05時の24時間に1039mmの大雨が観測された。

第2.3.4.1表に各県の暴風域に入っていた時間帯及び最接近時間帯とアメダス観測点での強雨発現時間帯を示す。奄美地方では29日05時頃から20mm前後の強い雨が降り出し、台風の暴風域に入った時間帯とほぼ一致しているが、鹿児島県では20日18時頃から、宮崎県で同日19時頃、熊本県で同日23時頃、大分県で30日01時頃から20mm以上の強い雨が降り出して、これらは台風の暴風域に入る5～6時間前となっている。一方、長崎県、佐賀県、福岡県、山口県では暴風域に入って3～6時間後に強い雨が降り始めている。

九州東側の鹿児島県から大分県にかけては台風を取り巻く発達した雨雲の影響を早くから受けたため、強い雨の降り始めが相対的に早かったと言える。

また、台風の最接近時の直前が各地とも短時間強雨のピークとなっており、鹿児島県と熊本県を除いては台風の再接近の直後か1～2時間後に大雨現象は終了している。この両県で大雨が長引いたのは地形の影響と考えられる。

なお、第2.3.4.2表は各県（地方）の1時間・3時間・24時間雨量の最大値で、ほとんどの県でいずれかの要素で警報基準を超えたことがわかる。

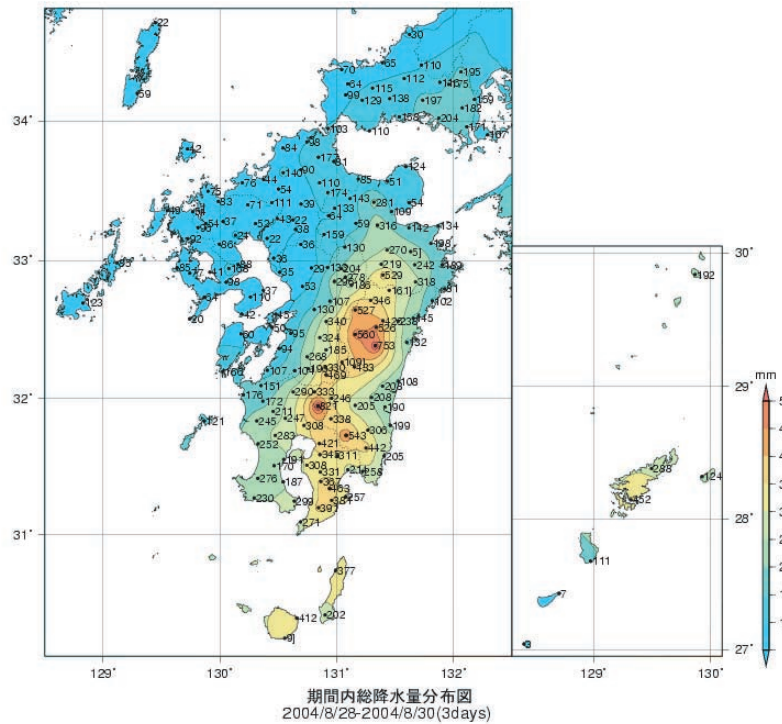
2.3.4.2 高潮の状況

(1) 潮位と潮位偏差

台風第0416号に伴って九州・山口県の各地で観測された潮位偏差の最大値と最高潮位を第2.3.4.3表に示す。また、潮位偏差の最大値の分布図を第2.3.4.2図に示す。

潮位や潮位偏差は九州南部地方や周防灘で大きかった。台風の上陸地点となった鹿児島県では、鹿児島や枕崎などで潮位が注意報基準を50cm上回った。また、奄美・種子島・枕崎の潮位はそれぞれ、165cm・263cm・249cmに達し、台風第9719号の際に記録した過去最高の潮位を更新した。周防灘の徳山では潮位偏差163cm、潮位220cmを記録した。

有明海や八代海に面した長崎県や熊本県の観測点でも数十cmの潮位偏差に達したが、台風の接近時刻が



第2.3.4.1図 アメダスによる8月28日から30日にかけての総降水量分布図

第2.3.4.1表 暴風域に入った時間帯と強雨の時間帯

各県（地方）における台風第0416号の暴風域に入っていた時間帯と強い雨が観測された時間帯。

	29日												30日											
時間	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		
山口県																								
福岡県																								
佐賀県																								
長崎県																								
大分県																								
熊本県																								
宮崎県																								
鹿児島県																								
奄美地方																								

暴風域に入った時間帯

最接近時間

20ミリ台

30ミリ台

40ミリ台

50ミリ台

60ミリ以上

第2.3.4.2表 1時間・3時間・24時間雨量の最大値

台風第0416号に伴って観測された各県（地方）の1時間・3時間・24時間雨量の最大値。

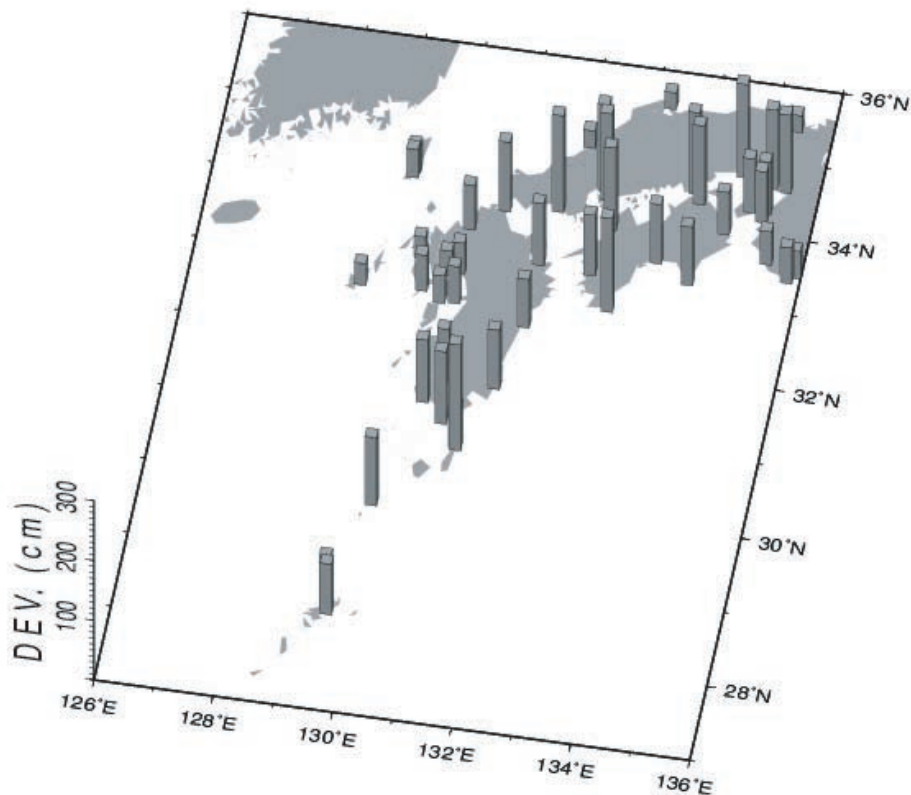
	1h	時 間	観測地	3h	時 間 帯	観測地	24h	時 間 帯	観 測 地
山口県	57	30日17時	和田	128	30日14時～17時	和田	204	30日05時～19時	下松
福岡県	40	同上14・15時	頂吉・九千部	83	30日12時～15時	頂吉	177	30日06時～24時	頂吉
佐賀県	30	30日15時	権現山	56	30日12時～15時	権現山	88	30日01時～19時	多良岳
長崎県	25	30日13時	佐世保	60	30日08時～11時	福江	168	30日01時～20時	五家原岳
大分県	41	30日12時	臼杵	111	30日08時～11時	倉木	459	29日15時～30日15時	倉木
熊本県	52	30日12時	白髪岳	105	30日09時～12時	白髪岳	427	29日13時～30日13時	白髪岳
宮崎県	64	30日09時	神門	179	30日07時～10時	神門	730	29日14時～30日14時	えびの
鹿児島県	58	30日06時	高山	142	30日03時～06時	高山	456	29日14時～30日12時	高山
奄美地方	43	29日11時	古仁屋	118	29日10時～13時	古仁屋	430	29日04時～30日04時	古仁屋

□ は、警報基準以上

第2.3.4.3表 台風第0416号に伴う潮位偏差の最大値と最高潮位

都道府県	観測点	潮位偏差の 最大値(cm)	起時 (月日 時分)	最高潮位 (TP上, cm)	起時 (月日 時分)	注警報基準 (TP上, cm)	
						注意報	警報
山口県	下関(弟子待)	117	8/30 15h41m	144	8/30 09h48m	160	210
	徳山(*)	163	8/30 16h19m	220	8/30 20h28m	210	250
福岡県	三池(大牟田)(#)	53	8/30 15h52m	284	8/30 21h57m	400	500
	門司(*)	133	8/30 15h36m	139	8/30 09h25m	250	300
	博多(*)	75	8/30 15h03m	153	8/31 10h46m	170	210
佐賀県	大浦	43	8/30 16h00m	303	8/30 21h56m	410	510
長崎県	口之津	47	8/30 14h33m	220	8/30 21h23m	210	260
	長崎	61	8/30 14h25m	189	8/31 08h47m	190	240
	福江	37	8/30 03h34m	167	8/29 20h22m	230	330
	対馬	47	8/30 15h15m	121	8/31 22h13m	110	160
	佐世保(*)	38	8/30 14h37m	190	8/31 22h09m	190	240
	厳原(*)	48	8/30 13h49m	129	8/31 22h13m	110	160
大分県	大分(*)	105	8/30 16h46m	170	8/30 20h36m	140	210
熊本県	三角	63	8/30 16h22m	260	8/30 21h31m	260	360
宮崎県	油津	100	8/30 09h13m	203	8/30 06h47m	170	220
	日向白浜(#)	82	8/30 06h35m	188	8/30 05h45m	170	220
鹿児島県	鹿児島	89	8/30 10h16m	245	8/30 06h36m	190	270
	枕崎	(106)	8/30 03h07m	(249)	8/30 06h58m	190	270
	種子島	178	8/30 04h16m	263	8/30 05h23m	200	300
	奄美	(86)	8/29 12h13m	(165)	8/29 05h38m	140	230
	大泊(*)	(122)	8/30 00h43m	(203)	8/29 19h14m	190	270
	西之表(*)	(69)	8/30 07h43m	(171)	8/30 06h26m	200	300
	中之島(*)	(115)	8/29 14h49m	(189)	8/29 18h09m	140	230
	名瀬(*)	(90)	8/29 15h56m	(166)	8/29 19h07m	140	230

(注): TPは東京湾平均海面(標高・海拔の基準)。
 潮位偏差は推算潮位(計算上の潮位)からの偏差。
 括弧でくくられた値は観測値に欠測を含んでいる。
 観測点名の(#)印は気象庁管轄外検潮所、(*)印は海上保安庁検潮所を示す。



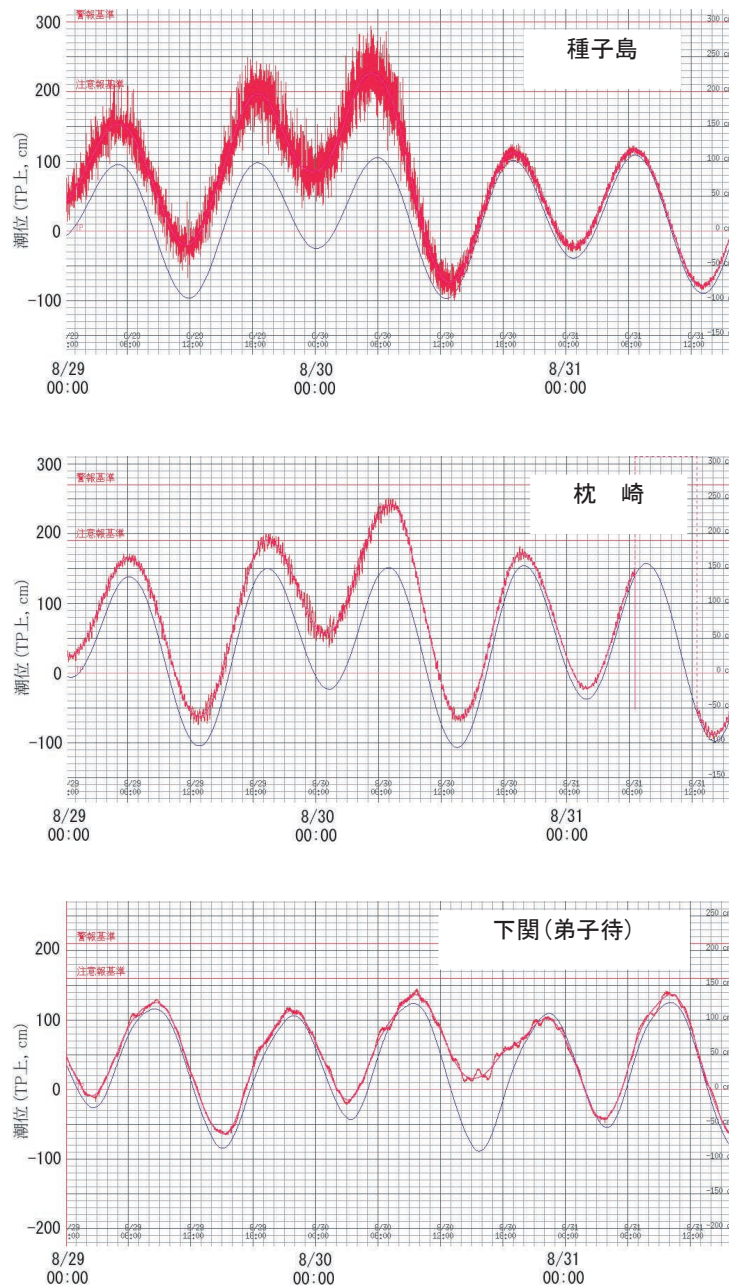
第2.3.4.2図 台風第0416号に伴う潮位偏差の最大値の分布図
 各地点における推算潮位(計算上の潮位)からの偏差。

干潮時刻に近かったため、潮位は注意報基準を超える程度にとどまった。

(2) 潮位時系列

各地の潮位の時系列データを第2.3.4.3図に示す。九州南部地方では台風の移動速度が遅かったため、潮位偏差の大きい状態が長く続いた。種子島では29日昼ごろから一昼夜ほど潮位偏差70cm以上の状態が続

いている。枕崎では29日夜から30日昼まで潮位偏差40cm以上の状態が続き、29日夜と30日朝の2回の満潮に高潮の影響が重なって、潮位が注意報基準を上回った。下関では東寄りの風の吹き寄せに伴い30日夕方に潮位偏差が100cmを越えたが、干潮であったため潮位そのものが注意報基準を大きく超えることはなかった。



第2.3.4.3図 潮位の時系列データ

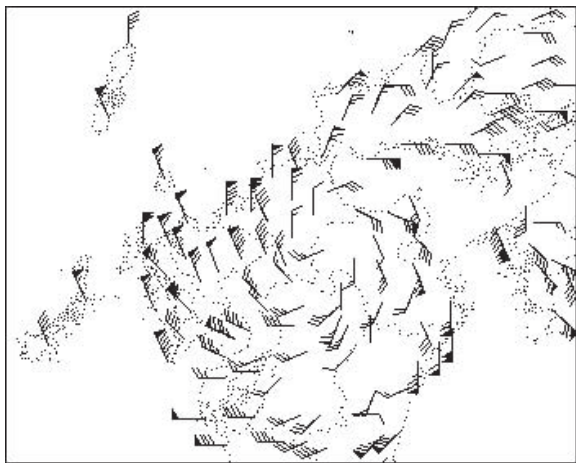
8月29日00時から31日16時までの種子島、枕崎、下関における潮位。横軸は時間で目盛は1時間ごと、縦軸はTP上潮位で目盛は10cmごとに表示している。青い線は推算潮位、赤い折れ線は実測値を表す。赤い横線で高潮注意報・警報の基準値を示す。

下関で潮位偏差が最大となった時間帯の風が第2.3.4.4図である。周防灘周辺では山口県宇部市で東の風24m/s、愛媛県瀬戸町（佐田岬半島）で南南東の風39m/sが観測されていて、南寄りの暴風が豊後水道を通して周防灘に吹き寄せていることがわかる。この強風の吹き寄せ効果や台風接近に伴う気圧低下による吸い上げ効果によって高潮が引き起こされたと考えられる。

2.3.4.3 大雨と高潮による被害

第2.3.4.5図は九州・山口県の県毎の床上・床下浸水被害を示したものである。床上・床下浸水は鹿児島県と宮崎県で圧倒的に多く、次いで山口県で多い。床上・床下浸水の主な原因は、大雨による内水氾濫や瀬戸内海や有明海、鹿児島湾などの内海での高潮によるものである。

第2.3.4.1目で示したように鹿児島県や宮崎県では山沿いを中心に記録的な大雨となり、宮崎県都城市では洪水予報の指定河川である大淀川上流域で浸水被害が発生し、取り残された一部住民が自衛隊に救助されるなどした。鹿児島市では1年間で最も潮位の高い時期と大潮の満潮、台風接近が重なって注意報基準を上回る高潮が発生したうえ、河川の増水も加わり、床上・床下浸水が400棟以上に及び、道路の冠水も発生した。また、山口県では下松市などで河川の氾濫により、床上・床下浸水が発生した。



第2.3.4.4図 8月30日15時の平均風速と風向の状況

アメダスによる観測。矢羽根のペナントは10m/s、長い線が2m/s、短い線が1m/sを示す。

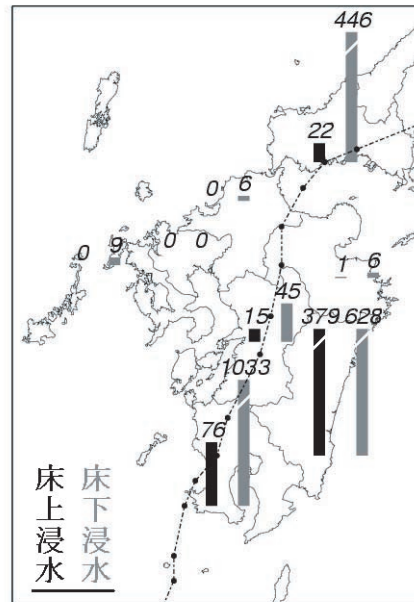
周防灘や有明海、八代海に面した地域でも高潮や高波による浸水が発生したが、台風の接近時刻が干潮時刻に近かったため、比較的被害は少なかった。

2.3.4.4 台風第9918号による高潮との比較

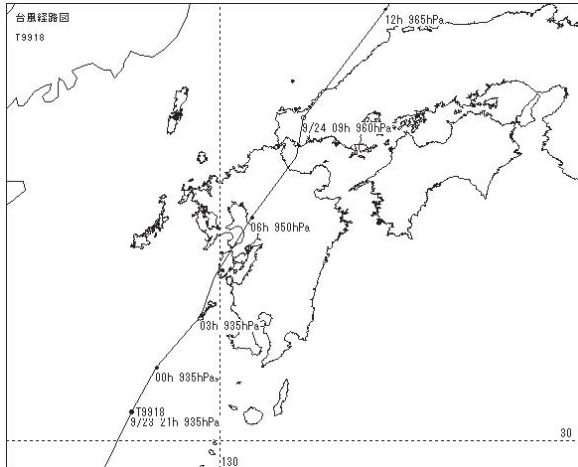
近年において九州・山口県に顕著な高潮被害をもたらした事例として台風第9918号があげられる（第2.3.4.6図に経路図を示す）。台風第9918号は平成11年(1999年)9月24日05時ごろに熊本県天草諸島下島を通過し、八代湾の長軸方向に沿うように進んで06時ごろに熊本県北部に上陸し（上陸時の勢力は中心気圧950hPa、最大風速40m/s）、さらに周防灘に抜けた後に山口県宇部市付近に再上陸した。この台風に伴って、熊本県の牛深測候所（現牛深特別地域気象観測所）で最大瞬間風速66.2m/sの累年極値を観測するなど、九州各地で平均風速30m/s以上の暴風を観測した。

この台風により各地で高潮被害が発生し、特に熊本県の八代海北部沿岸の不知火町松合地区では高潮により12人の死者を出したほか、周防灘の西部から北部沿岸では山口宇部空港の長期閉鎖を含め海岸保全施設

台風第16号【住家床上浸水・床下浸水（戸）】



第2.3.4.5図 台風第0416号に伴う県毎の床上・床下浸水被害
九州・山口県の各県から提供された資料による。



第2.3.4.6図 台風第9918号の経路図

3時間毎の台風の中心位置を黒丸で示し、その横に日時と中心気圧を示す。

などに大きな被害が発生した。

台風第9918号を台風第0416号と比較すると、上陸時の勢力や時期（潮位が1年で最も高い時期の満潮時）、台風第9918号と八代海、台風第0416号と鹿児島湾の位置関係等もおおよそ同じであったが、第2.3.4.3表にあるように台風第0416号に伴う鹿児島湾での潮位偏差は89cmで、台風第9918号に伴う八代海北部の推定潮位偏差3.5mよりかなり小さかった。八代海と鹿児島湾の水深や湾の形状に違いによって、同じ規模の台風の影響を受けても発生する高潮の規模に違いが現れたことが考えられる。

周防灘における高潮についても、台風第9918号と台風第0416号はほぼ同じ勢力で周防灘を通過し、それに伴う潮位偏差も大きな差はなかったが、台風第9918号の場合は再上陸時と満潮が重なったのに対し、台風第0416号は再上陸時が干潮であったため、浸水被害は比較的小さかった。

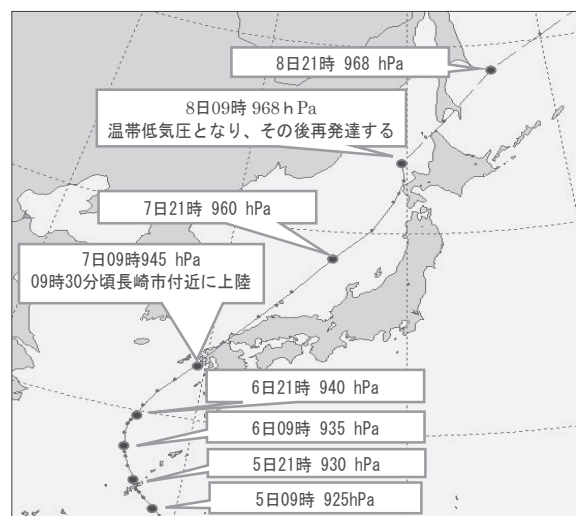
なお、台風第9918号の高潮等の詳細については気象庁技術報告第122号に報告されているので、そちらを参照されたい。

2.4 台風第0418号による暴風と台風の温帯低気圧化の解析と災害の状況

2.4.1 台風第0418号に伴う気象状況*

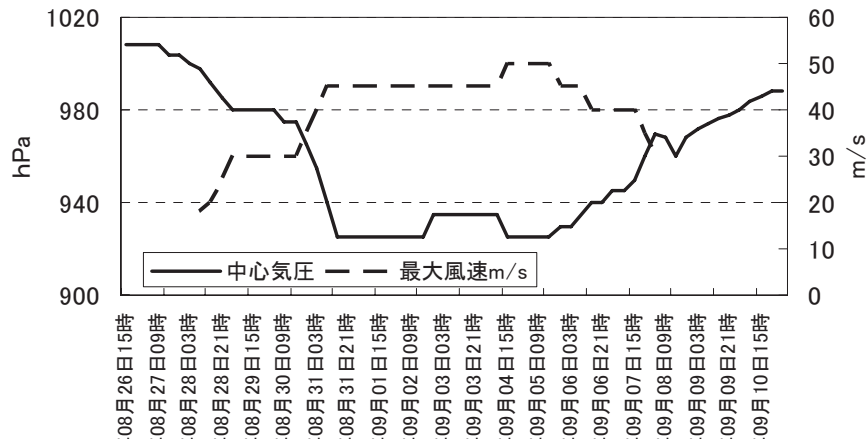
2.4.1.1 台風中心の通過コースと気圧の経過

平成16年8月28日09時にマーシャル諸島近海で発生した台風第0418号は、日本の南海上を北西に進み、9月5日には大型で非常に強い勢力（中心気圧925hPa、最大風速50m/s）で沖縄本島を通過した（以下第2.4.1.1～3図及び第2.4.1.1～2表を参照）。台風は東シナ海を北上し進路を北東に変えて勢力をやや弱めるものの、大型で強い勢力を保ったまま7日09時30分ごろ長崎市付近に上陸した（中心気圧945hPa、最大風速40m/s）。その後、台風は九州北部を横断し、山陰地方の海岸部をかすめて7日夕方には山陰沖の隠岐諸島付近に進み、大型で強い勢力を保ちながら、最大で時速約90kmまで加速して日本海を北東へ進んだ。台風周辺の雲組織は急速に崩れて（第2.4.1.4図）、台風は徐々に勢力を弱めるが、依然大型のまま（中心気圧965hPa、最大風速30m/s）、8日00時には秋田市の西海上に達した。台風は北海道に近づくにつれ速度を落とすが、風速25m/s以上の暴風域を伴ったまま、渡島半島の西の沿岸の海域を北上して、8日09時に積丹半島の北西海上で温帯低気圧（968hPa）に変わった。その後、台風から変わった温帯低気圧は再び発達しながら暴風域を広げて、北東へ進み、8日15時には宗谷海峡に達した（960hPa）。

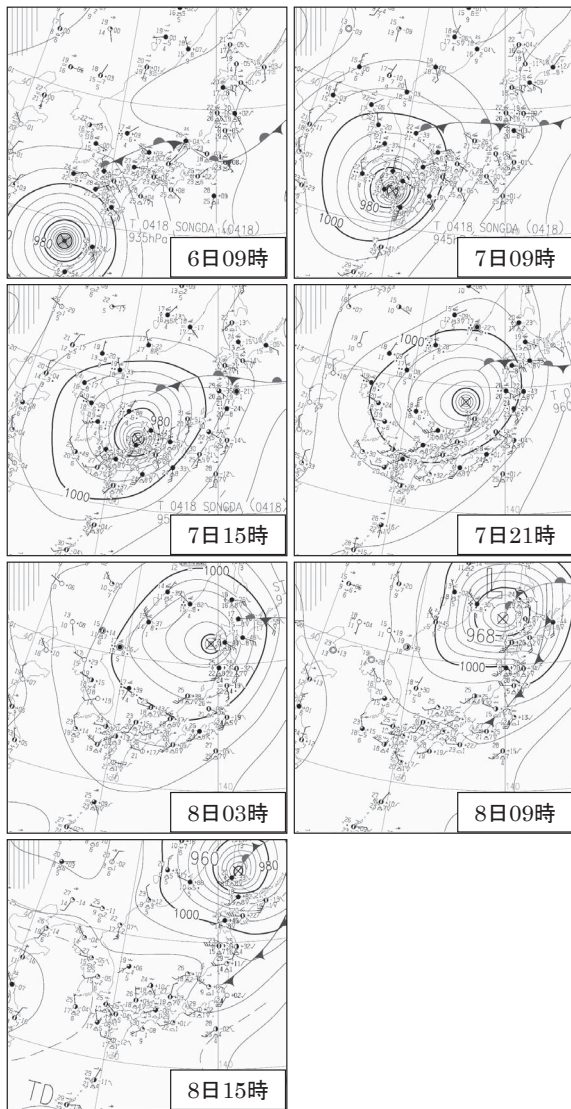


第2.4.1.1図 台風第0418号の経路図

* 札幌管区气象台 佐々木 洋（現 予報部予報課）



第2.4.1.2図 台風第0418号中心気圧と最大風速の経過



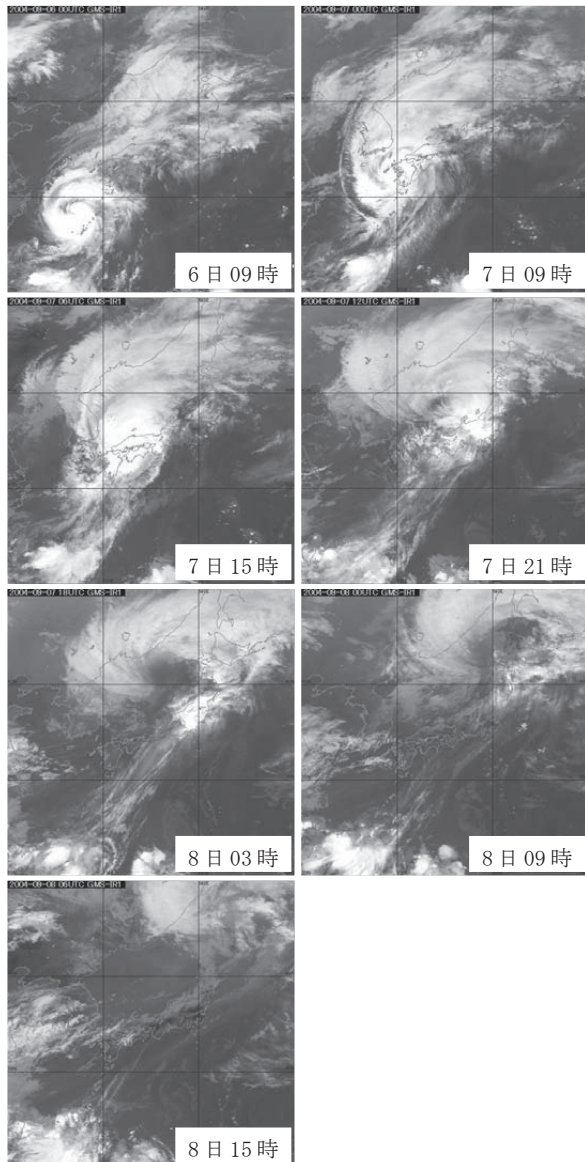
第2.4.1.3図 地上天気図 9月6日09時～8日15時

第2.4.1.1表 台風第0418号の観測表(ベストトラック抜粋)

観測日時(JST)	ランク	緯度	経度	中心気圧	最大風速(m/s)
08月27日09時	TD	10.7	168.7	1008	
08月28日09時	TS	11.3	165	998	18
08月29日09時	STS	13.3	160.4	980	30
08月30日09時	STS	14.9	154.4	975	30
08月31日09時	TY	16.4	149.5	940	45
09月01日09時	TY	18.4	146.3	925	45
09月02日09時	TY	21.1	141	925	45
09月03日09時	TY	22.1	136.3	935	45
09月04日09時	TY	23.3	132.1	935	45
09月05日09時	TY	25.8	129	925	50
09月05日15時	TY	26.3	128.3	925	50
09月05日21時	TY	26.9	127.9	930	45
09月06日03時	TY	27.8	127.3	930	45
09月06日09時	TY	28.4	127.1	935	45
09月06日15時	TY	29.3	127	940	40
09月06日21時	TY	29.9	127.3	940	40
09月07日03時	TY	31.1	128	945	40
09月07日09時	TY	32.7	129.6	945	40
09月07日15時	TY	35.4	132.2	950	40
09月07日21時	TY	38.7	135.9	960	35
09月08日03時	STS	41.7	139.2	970	30
09月08日09時	L	43.8	139.7	968	
09月08日15時	L	46	142.5	960	
09月08日21時	L	48.7	146.1	968	
09月09日03時	L	50.3	150	972	
09月09日09時	L	51.6	153.9	974	
09月10日09時	L	53.7	169	984	

第2.4.1.2表 台風の階級

大きさの階級	風速 15m/s 以上の半径
大型 (大きい)	500km 以上～800km 未満
超大型 (非常に大きい)	800km 以上
強さの階級	最大風速
強い	33m/s 以上～44m/s 未満
非常に強い	44m/s 以上～54m/s 未満
猛烈な	54m/s 以上



第2.4.1.4図 気象衛星画像（GOES9－赤外） 9月6日09時－8日15時

台風第0418号の接近・通過により、西日本から北海道地方の広い範囲で甚大な被害となった。台風による人的被害は、強風による転倒、転落、飛散物の落下や高波にさらわれるなど、西日本や北海道などを中心に、全国で死者41人、行方不明者4人となった（被害状況は、平成16年9月16日現在の内閣府まとめによる）。建物への被害は、突風により屋根が飛ばされるなどの強風害が多く、厳島神社の国宝左楽房の倒壊、北海道大学ポプラ並木の倒木など、文化財にも被害があったほか、農作物の倒伏、長時間・広範囲の停電、街路樹や山林の倒木被害も甚大であった。さらに、船

舶の乗り上げ事故、高潮による浸水被害、高波による架橋の落下や灯台の倒壊と、顕著な被害は暴風や高波によるものが主であった。気象庁においてもレーダーやウィンドプロファイラの欠測や波浪計の欠測、風向風速計の障害、停電によるアメダスの集信不能など観測システムに影響が出た。

以下の節では、暴風と強風の状況及び高波と高潮の状況について報告するが、九州から四国にかけての太平洋側では500ミリから900ミリの大雨となり、土砂災害が発生していたことを付記しておく。

台風第0418号は、その経路や温帯低気圧となつてからの再発達などから、洞爺丸台風（昭和29年9月）と比較されるが、北海道付近では中心気圧が10hPa程度浅く、昭和29年当時から風の観測を継続している観測点の最大風速と比べても弱い所が多かった。

2.4.1.2 暴風と強風の状況

台風の進行方向に向かって右側の半円は危険半円と呼ばれ、左側の半円に比べて風速の強いことが知られているが、台風第0418号は、日本列島を右手に見て進行したため九州地方から中国地方、北海道地方の広い地域が危険半円に入り、その接近・通過に伴い、これらの地方では記録的な暴風となった。第2.4.1.3表及び第2.4.1.4表に各地の日最大瞬間風速と日最大風速の極値更新を、第2.4.1.5図に最大風速が18m/s以上を観測した地点の分布図を示す。九州地方、中国地方、北海道地方では、これまでの記録を更新する最大瞬間風速50m/s以上の猛烈な風を観測し、特に広島では60.2m/sの最大瞬間風速を観測した（ただし、風速計の高さは95.4m）。また、北海道では瞬間風速を観測している22観測点のうち14地点で年の極値を更新した。これは、全国で最大瞬間風速の記録を更新した20地点の7割に当たる。また、10分間平均風速の最大も各地で記録を更新したが、その数は10地点と最大瞬間風速の半分であった。

第2.4.1.6図に主な気象官署の10分間平均風速の推移を示す。九州地方では台風の進行が比較的遅く、風速は徐々に強まっているが、加速し始めた中国地方の広島や西郷では風速の急激な強まりが見られ、北海道の室蘭や札幌では更にその傾向が顕著である。

第2.4.1.7図は札幌の10分間平均風速と瞬間風速及び突風率（瞬間風速／10分間平均風速）の経過だが、

第2.4.1.3表 台風第0418号の接近・通過に伴う最大瞬間風速の記録更新

全年

都道府県	地点名	極値 (m/s)	風向	起日(月日)	従来の値	風向	起日(年月日)	開始年
北海道	北見枝幸	45.6	南西	9/8	38.4	西南西	1961/9/17	1952
北海道	羽幌	46.9	南南西	9/8	—			2000
北海道	雄武	51.5	南西	9/8	44.0	西南西	1970/9/18	1942
北海道	留萌	43.9	南南西	9/8	39.6	西南西	1998/11/18	1957
北海道	旭川	30.3	南南西	9/8	28.4	南	1973/5/8	1942
北海道	網走	37.5	南南西	9/8	37.4	北西	1979/10/20	1952
北海道	小樽	44.2	西南西	9/8	37.2	南西	1954/9/27	1943
北海道	札幌	50.2	南西	9/8	—			2001
北海道	根室	39.3	南南西	9/8	36.8	南東	2003/1/4	1991
北海道	室蘭	45.7	南南西	9/8	37.1	南南西	1987/9/1	1985
北海道	苫小牧	32.7	南南西	9/8	31.6	北	2004/2/23	1988
北海道	江差	43.3	南南西	9/8	39.5	南西	1987/9/1	1979
北海道	倶知安	40.3	南西	9/8	37.1	南	1999/9/25	1991
北海道	紋別	40.0	南西	9/8	36.0	西南西	1996/1/9	1962
富山県	富山	42.7	南	9/7	37.8	南	1994/4/12	1986
島根県	西郷	55.8	南西	9/7	50.6	西北西	1991/9/27	1987
広島県	広島	60.2	南	9/7	58.9	南南東	1991/9/27	1937
愛媛県	宇和島	47.3	南	9/7	46.9	南南東	2004/8/30	1993
長崎県	雲仙岳	53.2	南西	9/7	45.6	北東	1985/8/31	1977
大分県	日田	50.2	南南東	9/7	45.0	南	1999/9/24	1944

9月

都道府県	地点名	極値 (m/s)	風向	起日(月日)	従来の値	風向	起日(年月日)	開始年
北海道	北見枝幸	45.6	南西	9/8	38.4	西南西	1961/9/17	1952
北海道	羽幌	46.9	南南西	9/8	—			2001
北海道	雄武	51.5	南西	9/8	44.0	西南西	1970/9/18	1942
北海道	留萌	43.9	南南西	9/8	34.6	南西	1970/9/18	1957
北海道	旭川	30.3	南南西	9/8	26.6	南南西	1987/9/1	1942
北海道	網走	37.5	南南西	9/8	31.6	北北西	1969/9/26	1952
北海道	小樽	44.2	西南西	9/8	37.2	南西	1954/9/27	1943
北海道	札幌	50.2	南西	9/8	—			2001
北海道	釧路	37.7	南南西	9/8	—			2001
北海道	根室	39.3	南南西	9/8	34.2	西北西	1992/9/3	1992
北海道	寿都	35.0	南	9/8	25.0	北西	1999/9/25	1989
北海道	室蘭	45.7	南南西	9/8	37.1	南南西	1987/9/1	1985
北海道	苫小牧	32.7	南南西	9/8	27.4	北	1998/9/16	1988
北海道	江差	43.3	南南西	9/8	39.5	南西	1987/9/1	1979
北海道	倶知安	40.3	南西	9/8	37.1	南	1999/9/25	1991
北海道	紋別	40.0	南西	9/8	33.8	西	1999/9/25	1962
北海道	広尾	42.3	西南西	9/8	34.5	西	1961/9/17	1958
青森県	むつ	31.7	南西	9/8	—			1999
福島県	白河	31.2	南	9/7	29.2	南	1998/9/22	1994
富山県	富山	42.7	南	9/7	35.4	南南西	1991/9/27	1986
長野県	飯田	17.9	南南西	9/7	—			2002
大阪府	大阪	29.1	南	9/7	—			1999
兵庫県	神戸	34.2 *	南	9/7	34.2	北東	1998/9/22	1995
島根県	西郷	55.8	南西	9/7	50.6	西北西	1991/9/27	1988
岡山県	岡山	33.8	南西	9/7	—			1996
広島県	広島	60.2	南	9/7	58.9	南南東	1991/9/27	1937
広島県	呉	44.5	南	9/7	37.7	南南西	1991/9/27	1957
愛媛県	宇和島	47.3	南	9/7	40.2	南東	1993/9/3	1993
高知県	宿毛	41.0	南東	9/7	40.9	南南西	1993/9/3	1982
長崎県	佐世保	37.0	西北西	9/7	—			2002
長崎県	雲仙岳	53.2	南西	9/7	39.4	西南西	1991/9/27	1977
大分県	日田	50.2	南南東	9/7	45.0	南	1999/9/24	1944
沖縄県	南大東島	52.8	東南東	9/7	51.1	北北西	1964/9/23	1947

*印はタイ記録

第2.4.1.4表 台風第0418号の接近・通過に伴う最大風速の記録更新

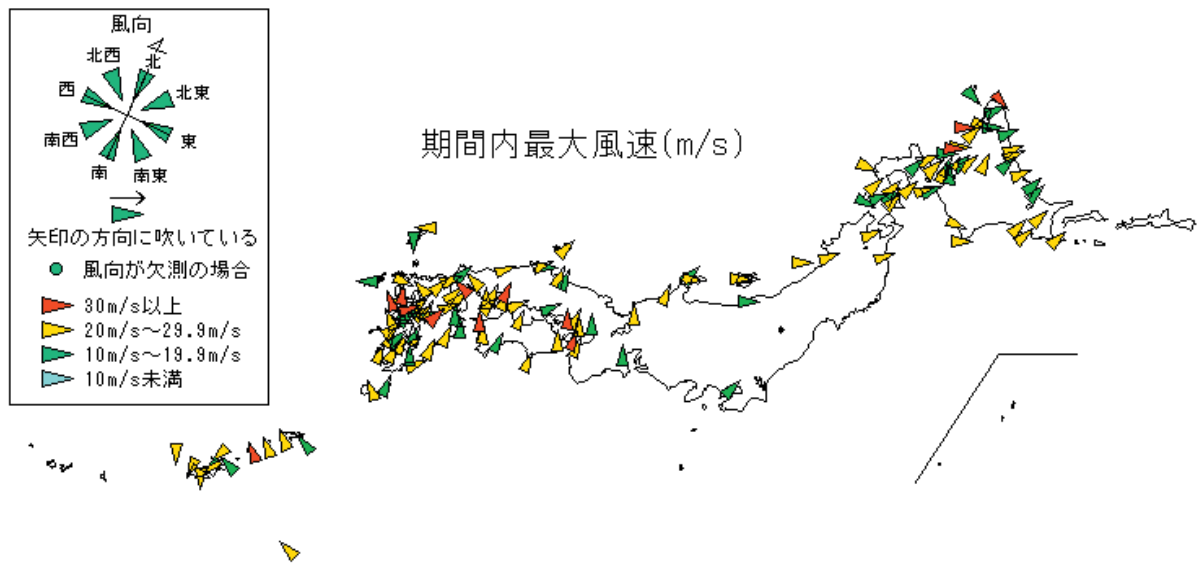
全年

都道府県	地点名	極値 (m/s)	風向	起日(月日)	従来の値	風向	起日(年月日)	開始年
北海道	羽幌	24.9	南南西	9/8	—	—		2000
北海道	札幌	21.7	南南西	9/8	—	—		2001
北海道	釧路	28.3	南南西	9/8	—	—		2000
北海道	室蘭	28.0	南南西	9/8	23.5	西	1995/11/8	1985
北海道	苫小牧	18.6	南西	9/8	16.7	南西	1998/12/15	1988
島根県	西郷	26.9	南南西	9/7	23.1	北西	1991/9/27	1987
愛媛県	宇和島	20.8	南南東	9/7	20.2	南南東	2004/8/30	1993
長崎県	佐世保	23.7	西	9/7	—	—		2002
長崎県	雲仙岳	31.3	南西	9/7	24.5	東北東	2004/8/30	1977
宮崎県	延岡	23.7 *	南	9/7	23.7	南南東	1965/8/6	1961

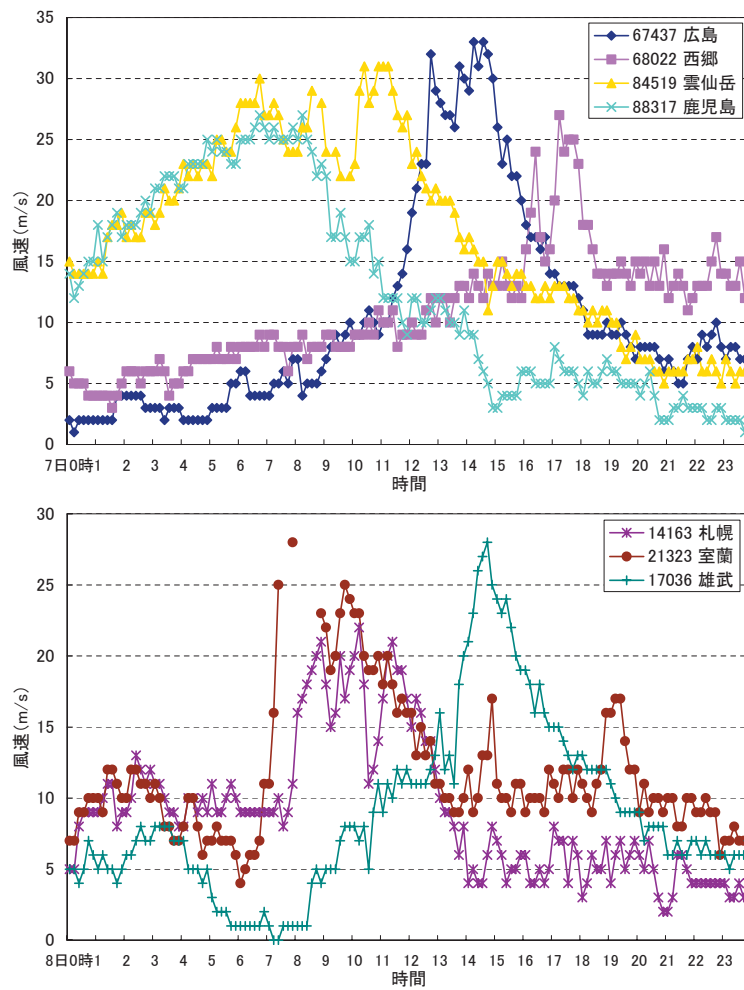
9月

都道府県	地点名	極値 (m/s)	風向	起日(月日)	従来の値	風向	起日(年月日)	開始年
北海道	羽幌	24.9	南南西	9/8	—	—		2001
北海道	札幌	21.7	南南西	9/8	—	—		2001
北海道	釧路	28.3	南南西	9/8	—	—		2001
北海道	寿都	13.4	南南東	9/8	11.4	北西	1994/9/25	1989
北海道	室蘭	28.0	南南西	9/8	23.0	南南西	1987/9/1	1985
北海道	苫小牧	18.6	南西	9/8	14.2	北	1998/9/16	1988
北海道	江差	25.1	南南西	9/8	23.7	南西	1987/9/1	1979
北海道	函館	19.5	南南西	9/8	19.3	南西	1999/9/25	1992
北海道	倶知安	19.0	南南西	9/8	16.1	西南西	1999/9/25	1991
青森県	むつ	14.9	南西	9/8	—	—		1999
福島県	白河	17.4	南南西	9/8	16.3	南南西	1998/9/22	1994
大阪府	大阪	12.5	南南西	9/7	—	—		1999
島根県	西郷	26.9	南南西	9/7	23.1	北西	1991/9/27	1988
島根県	浜田	27.9	南西	9/7	26.9	西	1991/9/27	1893
広島県	呉	21.1	南	9/7	20.8	南南西	1991/9/27	1957
山口県	下関	21.1	南西	9/7	—	—		1996
愛媛県	宇和島	20.8	南南東	9/7	19.5	北西	1999/9/15	1993
長崎県	佐世保	23.7	西	9/7	—	—		2002
長崎県	雲仙岳	31.3	南西	9/7	20.3	北東	2003/9/22	1977
宮崎県	延岡	23.7	南	9/7	21.7	北西	1964/9/24	1961

*印はタイ記録

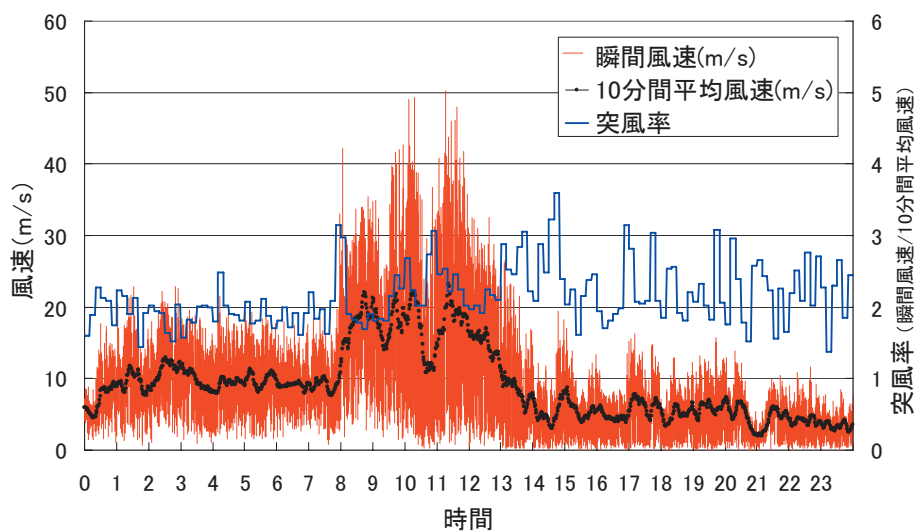


第2.4.1.5図 台風第0418号に伴う最大風速が18m/s以上の分布



第2.4.1.6図 10分間平均風速の経過

上図: 西日本、9月7日00時-24時 下図: 北海道、9月8日00時-24時



第2.4.1.7図 札幌の最大風速と最大瞬間風速および突風率の推移
(9月8日0時-24時)

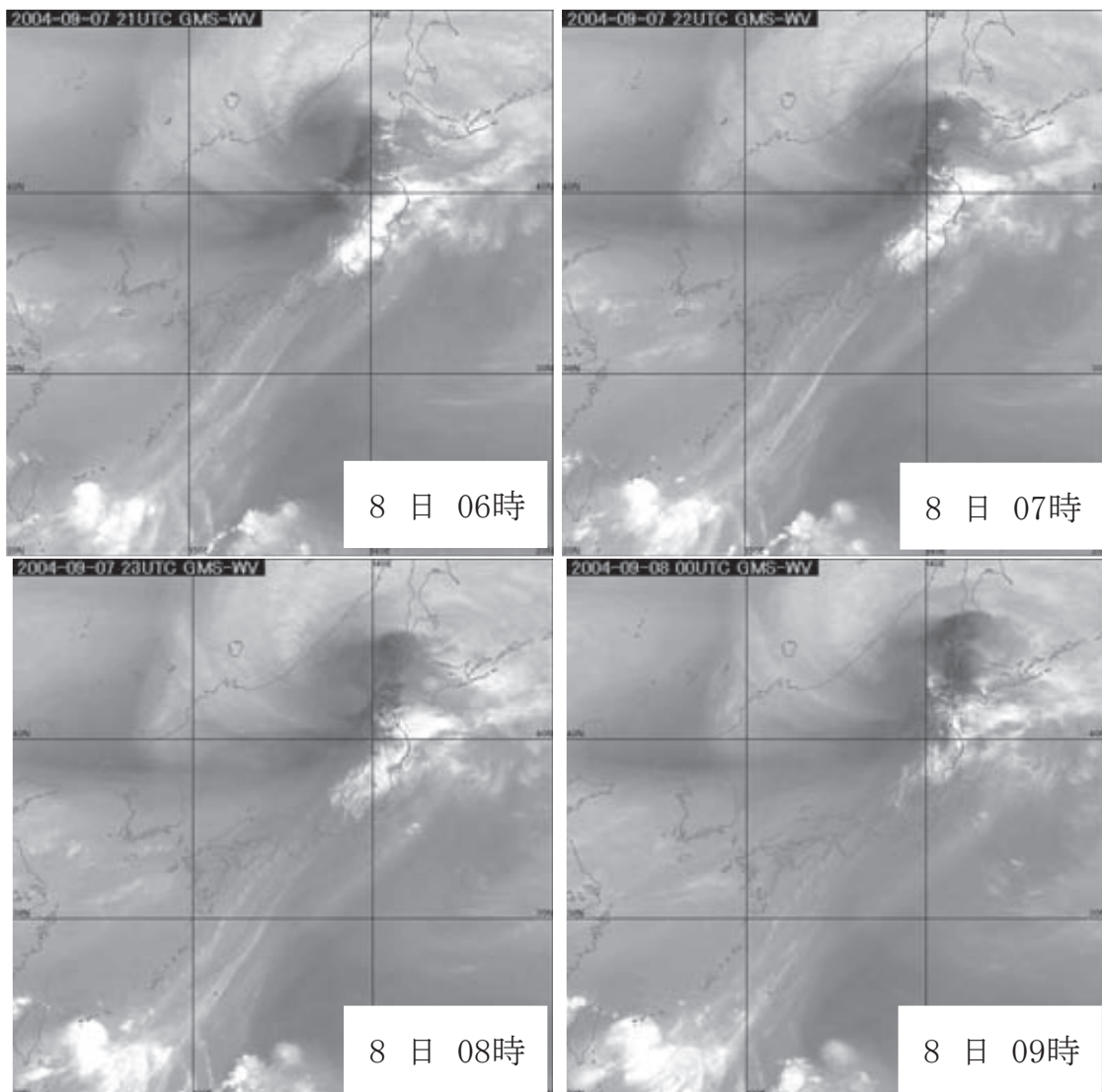
風速の急激な強まりに合わせ、瞬間風速はそれまでの平均風速と瞬間風速の比率以上に強まっている。具体的には2倍弱だった比率が3倍まで上っており、風速の強弱（風の息）が顕著である。同じ北海道でも室蘭ではこのような傾向は見られない（図略）。原因のひとつとして、内陸に位置する札幌が陸面や建造物の影響を強く受けていることが考えられる。

通常、暴風は台風を取り巻く活発な雲組織の周辺で発現するが、北海道に近づいてからは温帯低気圧に変わる過程で、雲組織は循環の中心から離れたドーナッ

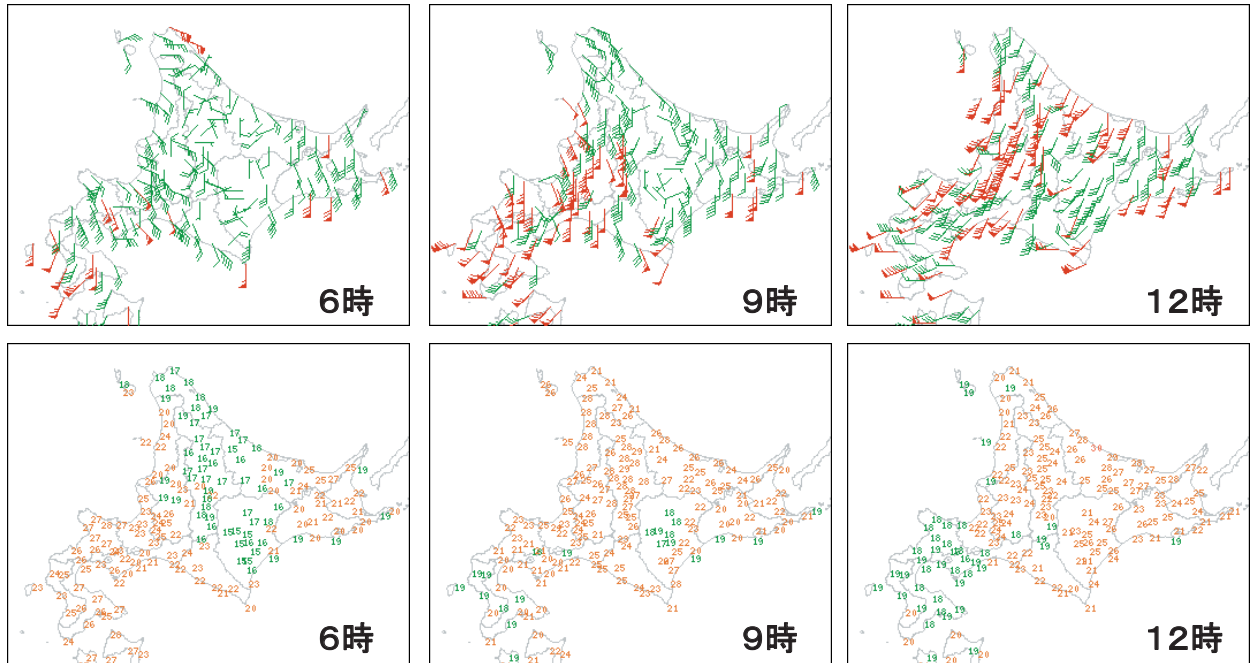
ツ状の分布をしており、暴風域は雲の空白域に位置していた。衛星の水蒸気画像（第2.4.1.8図）で見ると、暗域（中層の乾燥域）が日本海中部から北海道へ向かってくさび状に貫入しており、地上気温も相対的に低く（第2.4.1.9図）、寒気側の空気塊が循環の中心へと巻き込むように進入し、暴風域を形成していた。

2.4.1.3 高波と高潮の状況

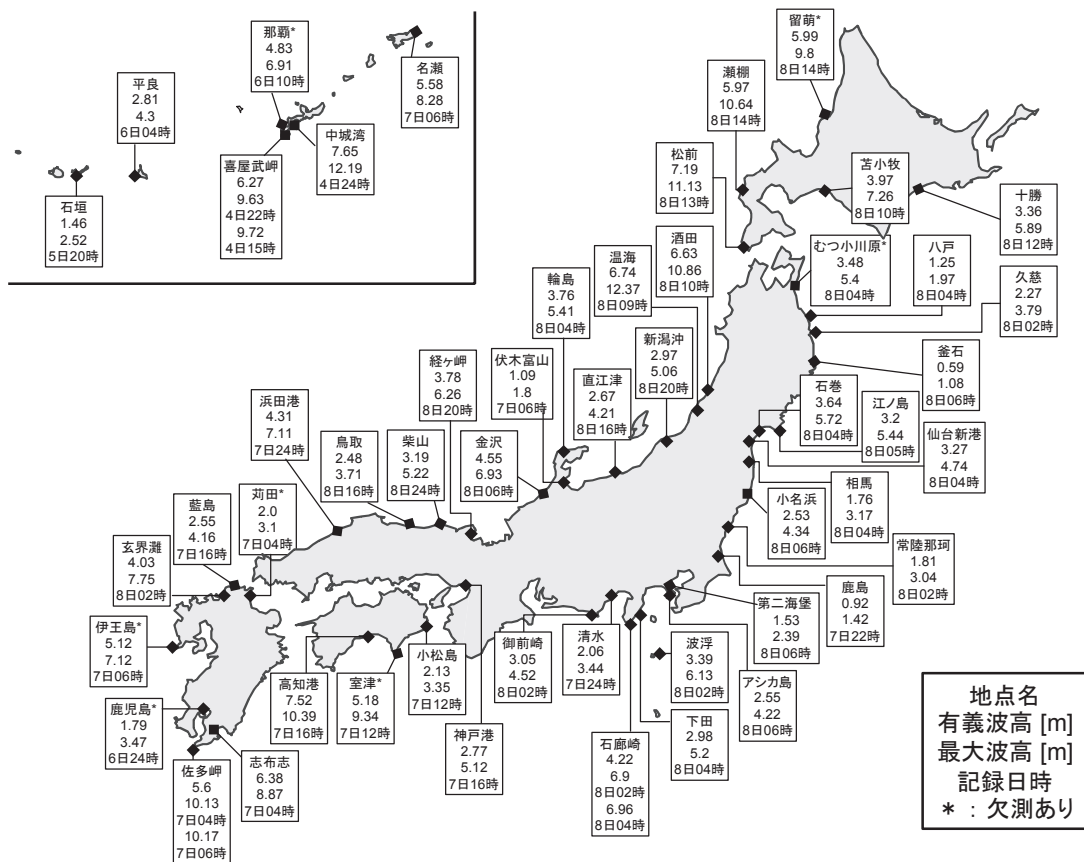
第2.4.1.10図に港湾局と気象庁のすべての波浪計による9月6日から8日にかけての最大波高（3分の1



第2.4.1.8図 気象衛星 GOES 9水蒸気画像



第2.4.1.9図 アメダス観測による北海道地方の風速と地上気温の分布
(9月8日6時, 9時, 12時)



第2.4.1.10図 台風第0418号に伴う最大波高の分布
港湾局と気象庁の波浪計観測値を併記した。

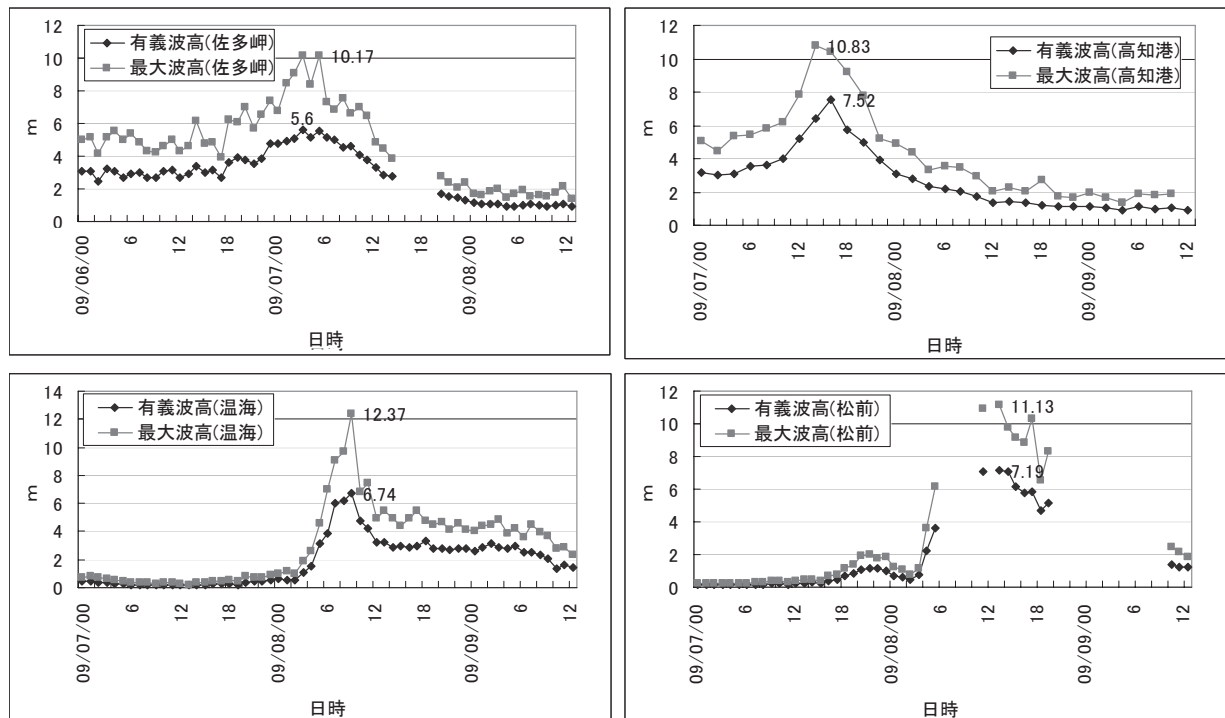
有義波と最大波)を、第2.4.1.11図に主な地点の波高の経過を、それぞれ示す。台風第0418号が接近・通過した沖縄地方から九州、四国、本州と北海道の日本海側の広い地域で、3分の1有義波高(以下、有義波高)が5mを超え、特に四国以南の太平洋側や北日本の日本海側では6mから7mに達する大しけとなった。これらの地域の最大波高は10mを超えたが、多数の観測点で極大値の出現前後に欠測となっており、実際は観測された以上の波高となっていた可能性もある。それぞれの観測点の波高推移を見ると、西日本では台風の接近につれて波高が上昇しており、最大風速の出現とおおむね一致している(第2.4.1.6図参照)。一方、北日本では波高が急激に上昇しており、最大風速の出現よりやや遅れて最大波高が観測されている。これは、台風が最大で時速90kmという速い速度で北上したため、波の高まりが台風の進行に追従できなかったことを示している。

台風による高潮は、気圧の低下による海面の吸い上げ効果と海岸へ向かって吹く風(向岸風)の吹き寄せ効果からなっているが、台風第0418号の接近時に観測した潮位偏差は、九州や瀬戸内海、北日本で1m以上となり、特に有明海沿岸では2mに達した(第2.4.1.5表)。北海道の稚内と小樽では観測開始以来の最高潮位を記録した(第2.4.1.12図)。瀬戸内海沿岸の山口県や香川県、広島県を中心に台風第0418号に伴う高潮による浸水の被害があった。

高波の被害には、船舶の乗り上げ事故や架橋・灯台の倒壊があったが、風に対峙する南～南西に向いた海岸での被害が多かった。波高が高かったことと、台風による高潮が加わり、海岸部の高い所まで波が押し寄せ、被害を大きくしたと考えられる。

参 考 文 献

平成16年台風第18号による被害状況(2004):内閣府



第2.4.1.11図 有義波高と最大波高の経過

第2.4.1.5表 台風第0418号に伴う最大潮位偏差と最高潮位

平成16年9月6日4時～9月10日0時の台風第18号による最大潮位偏差及び最高潮位（確定値）
（最大潮位偏差 50cm以上及び注意報基準に達した地点を潮位偏差の大きい順に掲載）

都道府県	観測点	最大潮位偏差 (cm)	起時	最高潮位 (TP上, cm)	起時	注警報基準	
						注意報	警報
福岡	三池(大牟田)(*)	(233)	9/7 11h13m	(271)	9/7 12h01m	400	500
佐賀	大浦	213	9/7 11h38m	260	9/7 12h55m	410	510
広島	広島(*)	(177)	9/7 15h15m	(268)	9/7 15h15m	210	250
熊本	三角	171	9/7 11h13m	219	9/7 12h14m	260	360
愛媛	松山	143	9/7 14h48m	229	9/7 14h48m	220	270
長崎	口之津	133	9/7 12h11m	185	9/7 12h11m	210	260
兵庫	姫路(飾磨)(*)	126	9/7 17h00m	207	9/7 18h55m	120	180
長崎	長崎	122	9/7 09h14m	119	9/6 23h42m	190	240
鹿児島	枕崎	(111)	9/7 08h08m	(137)	9/7 00h39m	190	270
岡山	宇野	108	9/7 17h13m	204	9/7 17h39m	160	190
山口	下関(弟子待)	(117)	9/7 12h40m	(150)	9/7 12h42m	160	210
北海道	留萌(*)	105	9/8 14h36m	121	9/8 14h35m	80	120
大阪	大阪	103	9/7 18h03m	168	9/7 18h03m	150	220
香川	高松	103	9/7 17h35m	201	9/7 17h45m	150	180
北海道	江差(*)	101	9/8 09h37m	133	9/8 09h36m	80	120
兵庫	神戸	101	9/7 18h05m	165	9/7 18h04m	120	180
北海道	稚内	100	9/8 17h30m	118	9/8 14h21m	70	110
長崎	福江	88	9/7 07h38m	110	9/7 00h03m	230	330
愛媛	宇和島	82	9/7 14h46m	140	9/7 14h46m	140	190
鹿児島	鹿児島	78	9/7 06h52m	128	9/6 23h11m	190	270
長崎	対馬	75	9/7 10h03m	83	9/7 12h32m	110	160
北海道	小樽	(72)	9/8 18h58m	(100)	9/8 07h32m	80	120
北海道	函館	71	9/8 06h30m	62	9/8 08h42m	80	120
鹿児島	種子島	71	9/6 04h24m	106	9/6 22h16m	200	300
秋田	秋田(*)	71	9/8 07h47m	123	9/8 07h47m	100	150
北海道	浦河(*)	70	9/8 06h50m	68	9/6 19h12m	80	120
大阪	淡輪	70	9/7 17h24m	136	9/7 17h24m	150	220
兵庫	洲本	70	9/7 17h30m	127	9/7 18h01m	120	180
青森	深浦	69	9/8 08h11m	119	9/8 08h11m	90	120
和歌山	和歌山	65	9/7 17h05m	113	9/7 17h05m	130	180
高知	土佐清水	65	9/7 13h25m	116	9/7 13h25m	180	250
愛知	武豊(衣浦)(*)	64	9/7 18h12m	95	9/7 22h53m	170	250
三重	四日市(*)	64	9/7 17h53m	100	9/7 18h45m	140	160
愛知	名古屋	63	9/7 18h18m	100	9/7 20h23m	170	250
石川	能登	58	9/8 04h31m	111	9/8 06h42m	70	100
千葉	千葉港(*)	56	9/8 06h10m	78	9/7 21h06m	180	250
高知	室戸岬	55	9/7 16h46m	93	9/6 22h33m	120	180
徳島	小松島	54	9/7 16h59m	98	9/7 16h59m	140	190
東京	東京(晴海)	53	9/8 06h00m	78	9/7 21h00m	200	300
高知	高知(桂浜)	53	9/7 12h19m	85	9/7 12h19m	120	180
山形	酒田(*)	53	9/8 05h58m	103	9/8 05h58m	100	150
島根	浜田	52	9/7 14h05m	88	9/8 05h58m	80	150
鳥取	境	49	9/8 01h57m	98	9/8 06h16m	90	140
富山	富山	46	9/8 19h50m	86	9/8 22h56m	70	100
石川	金沢(*)	44	9/8 03h09m	96	9/8 05h20m	70	100
京都	舞鶴	37	9/9 00h52m	80	9/9 00h56m	70	100

(注) : TPは東京湾平均海面（標高の基準）。島嶼部は平均海面。

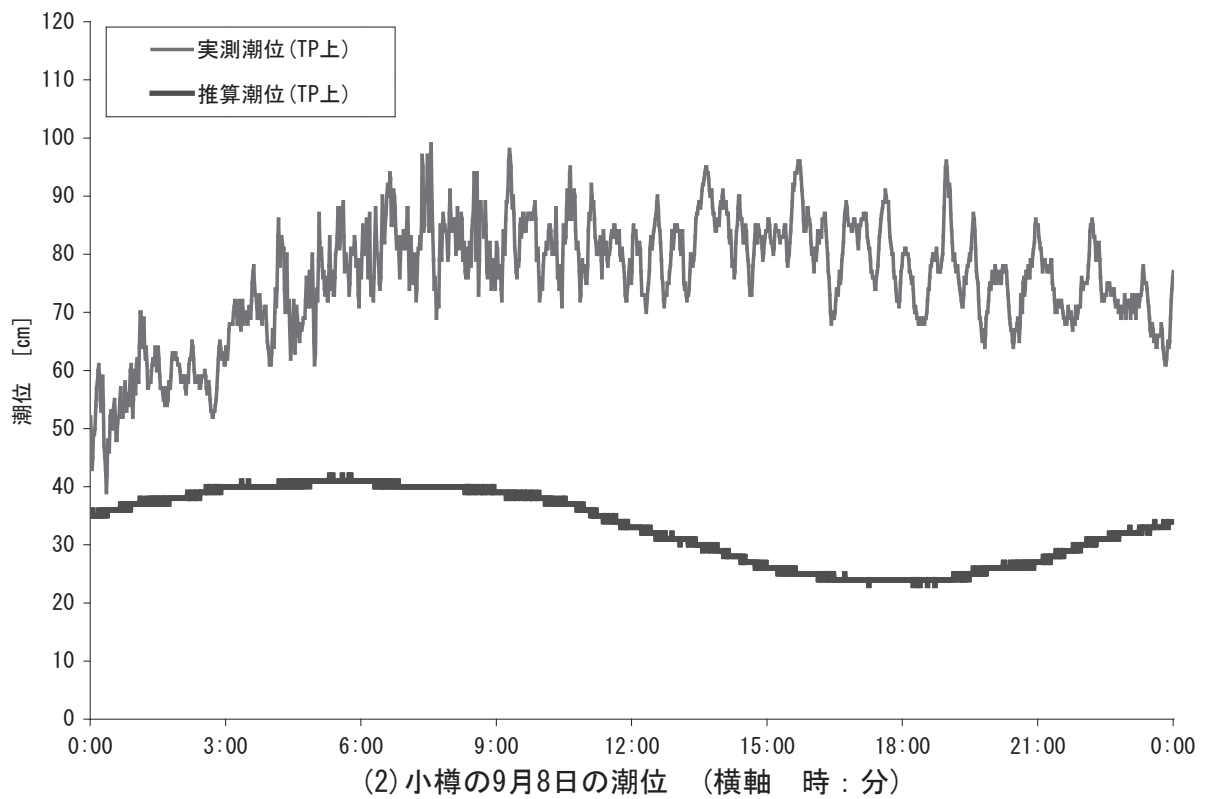
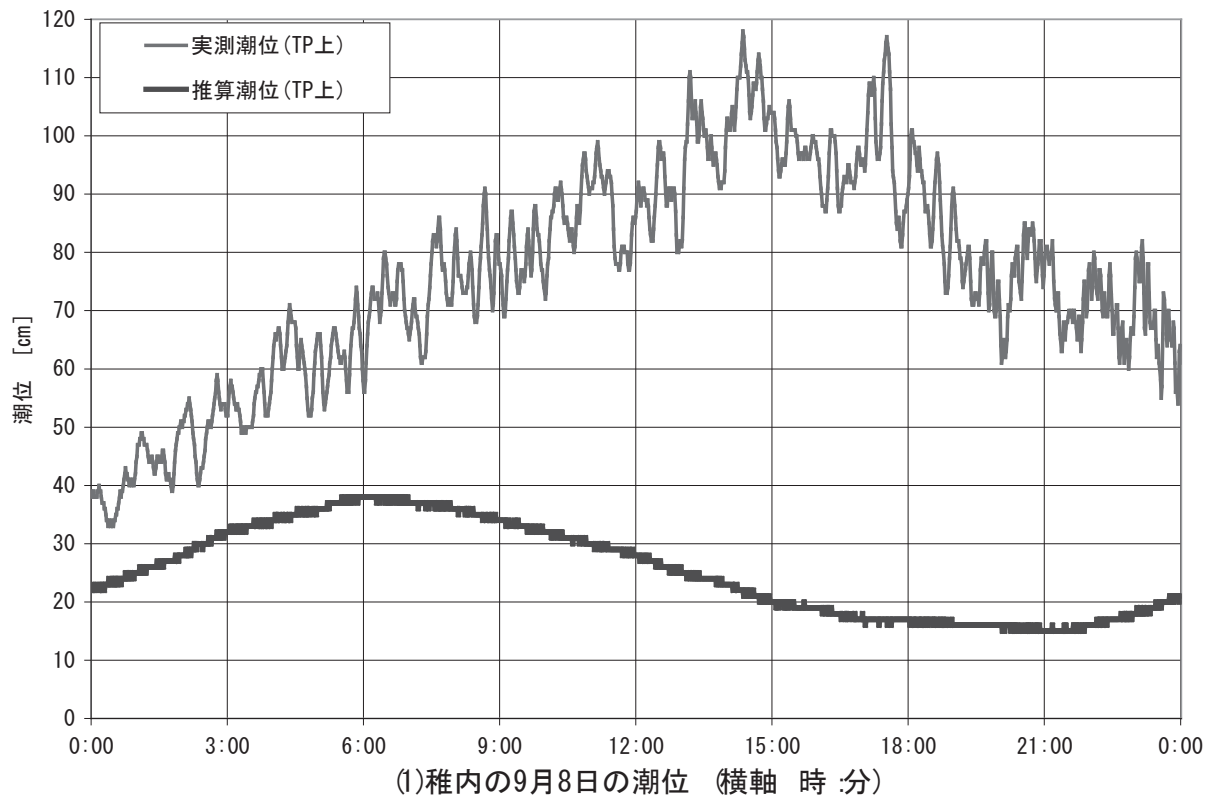
潮位偏差は推算潮位（計算上の潮位）からの偏差。

(*) 印は気象庁管轄外検潮所を示す。

潮位、潮位偏差に () がついている場合は、期間内に欠測があったことを示す。

色で囲んだ最高潮位は警報基準超過を、

色で囲んだ最高潮位は注意報基準超過を示す。



第2.4.1.12図 北海道(稚内港と小樽港)における潮位の変動

2.4.2 災害の状況

2.4.2.1 災害の状況と形態（広島県）*

広島県では、台風第0418号による暴風、高波、高潮の被害が発生した。

広島市では最大風速33.3m/s、最大瞬間風速60.2m/s、呉市では最大風速21.1m/s、最大瞬間風速44.5m/s、福山市では最大風速14.7m/s、最大瞬間風速33.8m/sと各地で強風を観測した。暴風による被害を地域別に見ると、広島市や呉市等を中心とした西部で多かった。

県内の各港では、潮位偏差（広島県及び海上保安庁管理の13か所の検潮所データによる）が9月7日昼前から夕方にかけて徐々に大きくなり、広島港や呉港では13時ごろから急激に増大した。台風の最接近がほぼ満潮時刻と重なったため、最大潮位偏差は広島港で15時15分にTP上177cm（高波により検潮所が被害を受け、最高潮位出現ごろに欠測あり）、呉港で15時15分にTP上189cmとなった。このため、小潮にもかかわらず高潮・高波による被害が拡大した（写真2.4.2.1）。

各港の最大潮位偏差は、県西部で大きく、呉市等を中心に床上浸水等の家屋被害件数が多い。

雨に関しては、県北西部の多いところで総降水量が150ミリを超え、一部で土砂災害が発生した。

（1）人的被害

廿日市市の港で、カンボジア船籍の木材運搬船が高波により沈没し乗組員4名が死亡。広島市では強風にあおられて転倒し1名が死亡した。重傷者は24名（呉市7名、広島市6名、廿日市市3名等）、軽傷者は118名（広島市54名、廿日市市21名、呉市7名等）である。

（2）家屋被害等

全壊27棟（呉市14棟、倉橋町3棟等）、半壊204棟（倉橋町102棟、呉市29棟等）、一部損壊16,582棟（広島市6,004棟、呉市2,255棟、江田島市1,938棟等）、床上浸水860棟（呉市407棟、安芸津町98棟、広島市64棟等）、床下浸水3,128棟（竹原市589棟、呉市525棟、三原市347棟等）であった（写真2.4.2.2）。

特に、呉市天応大浜では、高波により防波堤や護岸が崩壊する被害が多数発生し、住宅地の護岸が3か所で約90mにわたって崩壊し、住宅9棟が全半壊した（写真2.4.2.3）。

* 広島地方気象台 岡本 英敏（現 神戸海洋気象台）

宮島町厳島神社では、暴風・高潮・高波により左楽房（サガクボウ）が倒壊した他、祓殿（ハライデン）の檜皮葺（ヒワダブキ）の屋根がはがれ、平舞台の床板が流失する等甚大な被害が発生した（写真2.4.2.4）。参道も高波で砂がさらわれ、燈籠や松の木が倒壊した（写真2.4.2.5）。

広島西飛行場では滑走路が冠水した。

（3）電気設備等被害

強風によって折損・倒壊した電柱は85本に達し、広島市、廿日市市、宮島町、湯来町、加計町では、延べ628,569戸が停電となり、最終復旧は9月12日16時45分であった。

なお、公共土木関係の被害金額は、約97億4千万円で被害額の大きかった台風第9119号の約91億5千万円を上回った。

（4）農業被害

収穫前の水稻の倒伏、野菜の倒伏・損傷、かんきつ類に塩害・損傷、なし・ぶどうに落果等の被害が発生し、被害面積は5,771ha。パイプハウスのビニール破損・倒壊等の被害が2,235件発生した。

また、農地の畦畔崩壊40か所、農業用施設（農道・水路の破損）27か所、農地海岸の崩壊・破損8か所の被害が発生した。

その他、畜産施設の破損等63件が発生した。

被害金額は、約22億7千万円であった。

（5）林業被害

山腹・溪流崩壊47か所、林道の法面・路肩崩壊32か所、林産施設の破損等5か所の被害が発生した（写真2.4.2.6）。

被害金額は、約18億9千万円であった。

（6）水産業被害

かきの落下やかき筏3,467台が流出・破損した他、漁港施設の防波堤・護岸の崩壊、栈橋の破損等72か所、漁船の沈没・破損等432隻、かき作業場やその他施設の破損・浸水等296件の被害が発生した。

被害金額は、約79億2千万円であった。



写真 2.4.2.1 呉市広小坪



写真 2.4.2.4 宮島町 厳島神社



写真 2.4.2.2 呉市天応大浜



写真 2.4.2.5 宮島町 厳島神社参道



写真 2.4.2.3 呉市天応大浜



写真 2.4.2.6 呉市 灰ヶ峯気象レーダー観測所付近

2.4.2.2 災害の状況と形態（北海道）*

(1) 人的・住家被害の状況

台風第0418号による北海道の被害を第2.4.2.1表に、支庁配置を第2.4.2.1図に示す。人的被害は、死者9名、負傷者466名に及んだ。死亡事故の要因は、倒木によるものが札幌市で3名、転倒によるものが札幌市で1名、物置の倒壊によるものが後志支庁喜茂別町で1名、車庫からの転落によるものが空知支庁北村で1名となった。また、高波にさらわれ宗谷支庁利尻町、渡島支庁戸井町、檜山支庁大成町で各1名が犠牲となった。

住家被害は、日本海側の上川・石狩・空知・後志支庁と渡島支庁を中心に全壊17棟、半壊314棟など、一部損壊を含め約12,000棟にも及ぶ記録的な被害が広範囲で発生した。さらに、高波と高潮により、床上浸水81棟、床下浸水42棟などの被害が檜山・渡島・後志・留萌支庁で発生した。

(2) 被害額の状況

北海道内の被害金額は、総額で500億円を超えた(第2.4.2.2表参照)。分野別にみると、農作物や営農施設などの農業関係で約300億円、海岸・道路・港湾・下水道・漁港などの土木工事関係で約80億円、森林(風倒木)や治山施設などの林業関係で約45億円、漁船や共同利用施設などの水産関係で約30億円、店舗や工場等の損壊などの商工関係で約20億円などとなった。

(3) ライフラインの被害状況

内閣府ホームページによると、ライフラインの被害状況は、停電がすべての支庁で発生し、停電数は約748,300戸に達した。水道は434戸で断水となった。

鉄道の運転中止区間は、JR北海道で25区間、北海道ちほく高原鉄道1区間、札幌市交通局1区間、函館交通局3区間となった。航空の総欠航数は268便(北海道総務部危機対策室防災消防課調べ)となり、その他、海上交通などでも広範囲に運休が発生した。また、北海道開発局のまとめでは、国道は26路線51区間で通行止めとなり、後志支庁神恵内村の国道229号では橋が10mを超えると推定される高波と高潮により延長159mに渡り落橋する大きな災害が発生した(写真2.4.2.7)。

第2.4.2.1図 支庁配置図



第2.4.2.1表 人的・住宅被害と災害対策本部等の状況(平成17年2月1日北海道のまとめから抜粋)

支庁名	人的被害					住家被害						災害対策本部等	
	死者	行方不明者	負傷者		計	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	計	支庁	市町村
			重傷	軽傷									
	人	人	人	人	計	棟	棟	棟	棟	棟	計		
宗谷	1	0	6	3	10	1	3	296	0	0	300	◎	6
上川	0	0	12	60	72	8	143	2,462	0	0	2,613	○	7
留萌	0	0	1	31	32	0	21	749	9	6	785	○	6
石狩	4	0	9	104	117	0	12	1,205	0	0	1,217	◎	4
空知	1	0	20	34	55	0	36	2,524	0	0	2,560	◎	15
後志	1	0	29	59	89	6	73	1,556	13	2	1,650	◎	5
網走	0	0	10	18	28	0	3	976	0	0	979	○	13
根室	0	0	1	3	4	0	0	17	0	0	17	○	1
釧路	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	49	○	3
十勝	0	0	1	0	1	0	0	24	0	0	24	○	0
胆振	0	0	1	39	40	0	1	283	0	0	284	○	2
日高	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	○	1
渡島	1	0	0	18	19	1	17	1,026	12	9	1,065	◎	2
檜山	1	0	2	5	8	1	5	308	47	25	386	◎	7
合計	9	0	92	374	475	17	314	11,479	81	42	11,933	14	72

* 稚内地方気象台 志田 直士

第2.4.2.2表 被害額の状況

(平成17年2月1日北海道のまとめから抜粋)

区 分	箇所・施設数	被害額 (百万円)	備 考
農 業 関 係	—	29,907	農作物(110,154ha)、営農施設(59,780箇所)等
土木工事関係	285	8,136	海岸、道路、港湾、下水道、漁港等
水 産 関 係	2,765	2,818	漁船、共同利用施設等、※漁港、海岸除く
林 業 関 係	6,774	4,468	森林(風倒木)、治山施設等
衛 生 関 係	142	177	病院、一般廃棄物処理施設
商 工 関 係	3,183	2,321	店舗、倉庫の損壊、工場等の損壊等
公立文教施設	279	760	小学校、中学校、高等学校
社会教育施設	541	638	公民館、図書館、博物館等
社会福祉施設	132	167	児童養護施設、特別養護老人ホーム等
そ の 他	47,861	4,922	私学、空港、その他施設等(鉄道被害9.5億円除く)
合 計	61,962	54,314	

写真2.4.2.7 国道229号 大森大橋落橋被害状況
((株)シン技術コンサル提供)

(4) 災害対策

被害発生に伴う災害対策としては(第2.4.2.1表参照)、北海道に災害対策本部が、すべての支庁に災害対策地方連絡本部が設置され、そのうち石狩・渡島・檜山・後志・空知・宗谷支庁は災害対策地方本部へ移行した。また、72の市町村が災害対策本部を設置し、八雲町で避難指示、上ノ国町・大成町・乙部町・留萌市・小平町・利尻町で避難勧告を発表した。

(5) 洞爺丸台風との比較

北海道における過去の暴風による台風被害としては、洞爺丸台風(台風第5415号)が突出している。今回の台風第0418号と比較すると、風の強さは洞爺丸台風がやや上回り、被害状況は2.4.2.3表にあるように、青函連絡船の沈没による死者(1,218名)の発

* 広島地方気象台 渡辺 嘉嗣

第2.4.2.3表 洞爺丸台風の被害額の状況

(気象要覧第661号から抜粋)

	人 的 被 害			住 家 被 害				
	死 者	行方不明者	負傷者	全 壊	半 壊	一部破損	床上浸水	床下浸水
	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟
連絡船被害	1,218	196						
岩内大火	34	29						
全道合計	1,283	248	886	4,535	14,749	87,229	223	244

生数が突出し、その他、後志支庁岩内町での大火による死亡(34名)被害が大きい。

青函連絡船の沈没と岩内町大火を除いても、死者は31名、行方不明者は23名となっており、住宅被害は全壊約4,500棟、半壊約15,000棟、一部破損約87,000棟と、その規模や数は未曾有の大災害の様相を呈している。

洞爺丸台風から50年を経た現在、ハード面では青函連絡船による海上輸送は青函トンネルの開通により鉄路での輸送に変化し、港湾施設等の整備、建築構造物の強度や耐火構造等の改善が図られ、ソフト面では防災機関や交通機関等による防災対策の強化及び防災気象情報の充実等が図られている。これら各種整備改善が行われているにも係わらず、台風第0418号は大きな被害をもたらした。台風第0418号による被害は、数字上では洞爺丸台風を超えるまでには至っていないが、近年まれに見る甚大なものであった。

2.4.2.3 暴風の特徴(瀬戸内海付近)*

瀬戸内海西部の周防灘に面する大分県や山口県の沿岸では、台風が九州に接近する9月7日明け方から東南東から南東の風が強まり、山口・下関・大分では風速が10m/sを超え始め、台風が九州北部を通過する昼前に強風のピークを迎えた。

岡山県の沿岸では7日昼前から風速が10m/sを超える地点が増え始めたが、広島県や愛媛県の沿岸では昼過ぎから強まった。

広島では7日14時40分に南の風33.3m/sを観測(観測史上第3位)、最大瞬間風速は14時20分、南の風60.2m/s(観測史上第1位)を観測した。

兵庫県の瀬戸内沿岸部や淡路島では、7日朝のうちから最大風速が10m/sを超え始めた。このとき台風はまだ九州に上陸しておらず、台風の中心からは1,000km以上も離れていたが、紀伊水道から吹き込む南東の局地風も加わって早くから強風が吹いた。

大阪湾に面した和歌山県や大阪府では7日宵のうちまで紀伊水道からの10m/s以上の南よりの強風が続いた所が多かった。

また、台風による高潮に加えて高波も瀬戸内の沿岸に打ち寄せた。特に、南風による影響で中国地方の沿岸部での被害が顕著であった。

今回の台風第0418号は大型であったため、山口県・大分県と兵庫県・大阪府では、それぞれ豊後水道と紀伊水道を吹き抜ける南よりの強風が瀬戸内海に流れ込み、瀬戸内沿岸部を中心に吹き荒れた。広島県や岡山県では四国山地が壁となって強風や暴風の継続時間は山口県や兵庫県と比較して短かった。

山口県の瀬戸内の宇部では10m/s以上の強風が1日以上、20m/s以上の暴風は10時間以上続いた。兵庫県の明石で10m/s以上の強風が16時間続いた。広島県では10m/s以上の風が一番長く吹いたのが竹原で10時間、広島でも9時間であった。

この暴風により、インドネシア船籍の貨物船「トリ・アルディアント」(6,315t)は、9月7日10時10分ごろ、山口県光市に向かう途中、台風を避けるため、山口県下松市笠戸島沖に錨泊していたところ、暴風及び高波により走錨して座礁、沈没し、20名が死亡、2名行方不明となった。また、カンボジア船籍の貨物船「ブルーオーシャン」(3,249t)は、7日14時31分に原木を積み、広島県廿日市市木材港岸壁に着岸していたところ、暴風と高波により岸壁に衝突し、破口から浸水した後、沈没した。(海難審判庁発表資料より)

瀬戸内海においては、台風による風向きが南よりの場合、山口県・大分県と兵庫県の風が広島県・岡山県より強くなる傾向がしばしば見受けられる。

2.4.2.4 暴風と高波の特徴（北海道）*

(1) 暴風の特徴

台風第0418号は、洞爺丸台風（台風第5415号）に匹敵するような暴風となった。台風第0418号及び洞爺丸台風における主要地点の最大風速と最大瞬間風速は第2.4.2.4表のとおりである。台風第0418号は、8日明け方には北海道南西部を暴風域に巻き込み、8日9時には積丹半島沖で温帯低気圧に変わった。

その後、再び発達して日本海を北上し、8日15時に宗谷海峡に達した。台風の通過により北海道南西部

* 室蘭地方気象台 堀川 裕司（現 札幌管区気象台）

で8日朝から20m/s以上の暴風が吹き始め、昼過ぎには北海道北部へと及んだ。このため、北海道各地で記録的な暴風を観測し、気象官署においても観測開始以来の記録を更新した。

室蘭地方気象台における風と気温の記録（第2.4.2.2図）等に、台風第0418号による暴風の特徴が見える。最低気圧の出現直後に風向が急変し、地上気温も下降して暴風が吹き始めている。その後、瞬間風速30m/sを超える暴風は約3時間にわたり継続した。これらの気象要素の特徴から、この暴風は寒冷前線の通過に伴うものと推察できる。また、風向の急変や急激な風の強まり、暴風の継続時間が長かったことなどが、甚大な被害を引き起こした要因と考えられる。

(2) 波浪と高潮の特徴

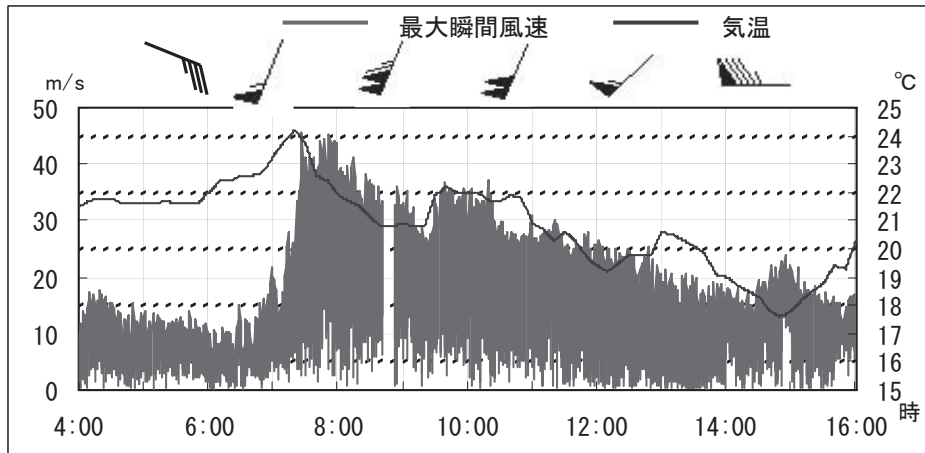
台風第0418号に伴う波浪は、8日未明から高くなり、最大風速を観測した5～6時間後に波高が最も高くなった。檜山地方に設置されている瀬棚波浪計（第2.4.2.3図）では、8日14時ごろに有義波高576cm、最大波高1100cmを観測した。また、高潮は檜山地方の江差港で見ると満潮時刻（8日8時36分）と台風通過の時間帯が重なり、08時から10時ごろにかけて最高潮位を観測した（第2.4.2.4図）。実測潮位と推算潮位の最大偏差は69cm、8日8時から09時ごろにかけてTP上で140cmの最高潮位（警報基準は120cm）を観測した。

北海道の日本海側沿岸では、強風による吹き寄せ効果や気圧低下による吸い上げ効果に加え、満潮時刻と重なったことが更に海面を上昇させた。また、海底の地形や水深、周期の異なる波形の合成など様々な要因が重なって、甚大な被害を発生させたと考えられる。

第2.4.2.4表 台風第0418号と洞爺丸台風の最大風速・最大瞬間風速観測表

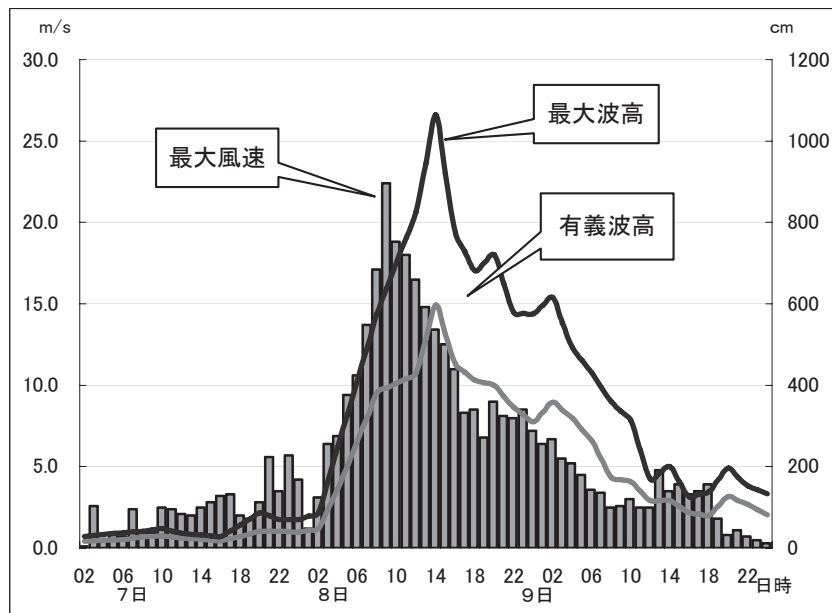
気象官署	最大風速		最大瞬間風速	
	洞爺丸台風	台風第18号	洞爺丸台風	台風第18号
函館	25.8 S	19.5 SSW	41.3 S	41.5 SSW
室蘭	37.2 S	<u>28.0 SSW</u>	55.0 S	<u>45.7 SSW</u>
江差	36.1 WSW	25.1 SSW	—	43.3 SSW
寿都	42.0 SSE	13.4 SSE	53.2 SW	35.0 S
札幌	18.8 SSE	<u>21.7 SSW</u>	32.9 S	<u>50.2 SW</u>
旭川	19.4 SSW	12.5 SSW	—	<u>30.3 SSW</u>
留萌	5.2 SW	25.4 SSW	45.8 SW	<u>43.9 SSW</u>
稚内	23.9 N	16.1 SSE	28.8 N	34.7 S
雄武	32.0 SW	27.6 SW	43.8 SW	<u>51.5 SW</u>

※ 観測開始以来統計が継続している官署は留萌と雄武のみ
下線は年間の極値 単位 m/s

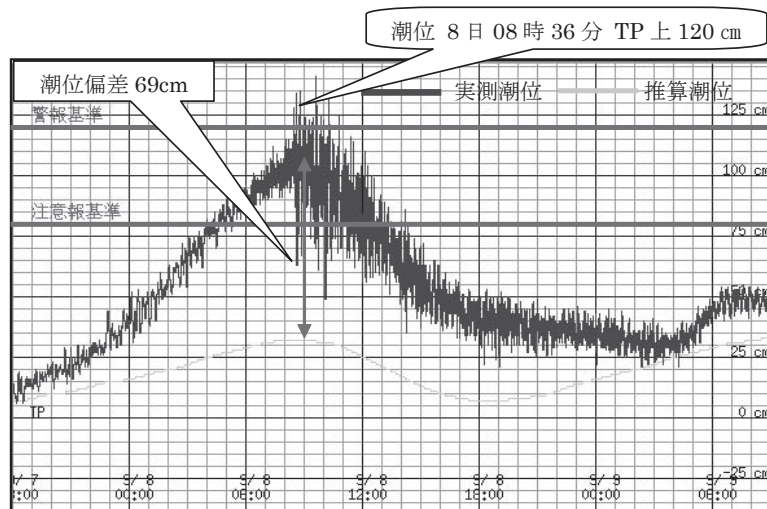


第2.4.2.2図 室蘭地方気象台における風の観測記録

(図中の矢羽根は最大風速を表し、ペナント10m/s)



第2.4.2.3図 瀬棚波浪計の波高と江差測候所の最大風速



第2.4.2.4図 江差港の検潮記録

2.4.2.5 過去の台風による暴風災害事例との類似点・相違点（広島県）*

台風第0418号は「大型で強い」勢力を保って、9月7日九州北部から山陰沿岸を通過した。この経路は広島県において最も強風が吹きやすく、暴風害や高潮害をもたらすことが多く、台風第9119号や台風第9918号に続くものとなった。

2.4.2.5.1 暴風について

これら3つの台風は、ほぼ同じ経路を進んでいる(第2.4.2.5図)。風の変化の特徴は、広島県では台風が関門海峡を通過した辺りから急激に強まり、隠岐を通過すると急速に弱まることや、最大風速は台風が最接近となる浜田沖で出現するといった点が似ている。しかし、突風率（最大瞬間風速/最大風速）は台風第9119号で1.64、台風第9918号は1.55であるが、台風第0418号では1.81と大きい。このように台風第0418号では、最大風速が観測史上第3位と強かったことに加え、最大瞬間風速も観測史上第1位となり、急激な風の強まりと風の息（突風率）の大きかったことが、転倒等による人的被害件数を多くした主要因と考える。また、南よりの暴風により倒木や塩害による樹木の立枯れなどの被害が発生している。

2.4.2.5.2 高潮と塩害について

台風第9119号は中潮期に当たり、広島港の満潮時刻と台風最接近による最高潮位がほぼ同時であった。一方台風第9918号は大潮期ではあったが、満潮時刻が過ぎて干潮に向かう時刻に最高潮位が出現した。台風第0418号は小潮期であったが、台風第9119号と同様に、満潮時刻と最高潮位がほぼ同時（広島検潮所の観測機器が高波の影響で破損したため正確な数字が不明）であった。また、最大偏差は最接近時の1から2時間後に現れた点も相似している。これらの台風の経路では、紀伊水道や豊後水道に向かって強い南風が吹き込むため、瀬戸内海では海水が閉じ込められて、全般に潮位が高くなる。加えて、台風の接近と満潮時刻が重なると、更に潮位を高くする。

この経路を通過する台風は、広島県の北西部を除いて全般に雨量が少ない。台風第9119号は、沿岸部を中心に10ミリ前後と雨量が極端に少なく、数日後に降った雨で電線に付着した塩分が流れ、市内の至る所で漏電し停電が発生した。

台風第9119号は、防災上の注意・警戒事項に塩害を付加する必要性が生じた台風であったが、(株)中国電力が、この台風を契機に塩害に強いガイシに交換したこともあり、台風第9918号や台風第0418号では大規模な塩害による停電は発生しなかった。



第2.4.2.5図 台風第9119号、台風第9918号、台風第0418号の経路図

* 広島地方気象台 馬屋原 繁（現 大阪管区気象台）

2.4.3 暴風に関する防災気象情報の改善に関する課題

2.4.3.1 暴風に関する防災気象情報改善への提言（北海道）*

ここでは、台風第0418号に関する防災気象情報について、北海道の予報担当官署が一斉に評価・点検を行い、今後の防災気象情報への提言をまとめたので、その一部を報告する。

なお、温帯低気圧化過程で暴風の発生を監視するための着目点について、第3.6.2.2目「台風第0418号の温帯低気圧化過程における北海道での暴風」で詳しく検討する。

（1）はじめに

北海道では、台風第0418号に伴う記録的な暴風や高波によって、家屋等建造物の損壊、国道の橋梁の落下、森林破壊、長時間にわたる停電等のライフラインへ重大な影響を受け、各地で近年にない大きな被害を受けた。台風に備え、各交通機関はほぼ全面的な運行休止措置を執った。学校等もほぼ全道的に臨時休校とする適切な予防措置を執ったが、一部の地域では実施されず、その対応の違いが議論を呼んだ。暴風による死者・行方不明者は9名にも上り、道民の台風に関する「危機意識の甘さ」や「正常化の偏見」も指摘された。

全道の予報担当官署では、台風第0418号に関する防災気象情報について、市町村等防災機関を対象にアンケート調査や聞き取り調査を行った。その中で、防災機関の担当者からは、「暴風に対する危機感はあるが、暴風による被害の経験がないため、どのような災害が起こるのか想定できなかった」との指摘が多くあった。

これらの調査結果をもとに、「風に対する防災対応をより適切に支援する台風説明会資料や気象情報の内容」について検討し、提言としてまとめた。

（2）防災機関からの意見や要望の要旨

- ① どのような災害が起こるのかを示してほしい。
- ② 風の強さと災害の程度が分かる説明が欲しい。
- ③ 生活への影響を具体的に示してほしい。
- ④ 風の強まる時間と終了の時間を示してほしい。
- ⑤ 本州で起きている風や災害の状況を示してほしい。

⑥ 過去の災害事例についての説明が欲しい。

⑦ 最大風速と最大瞬間風速について説明が欲しい。

⑧ 先の台風と同様、今回も風は吹かないと思った。信頼できる予報の提供を望む。

（3）地方・府県気象情報で、警戒内容をより具体的に伝えるための提言

防災気象情報改善には、気象台や分担官署が上記2項についていかにこたえるかである。提言を以下に示す。

① 見出し（注意警戒文）について

ア）今一番伝えたいことを、一つか二つに絞って示す。

イ）猛烈な風の吹き始めや、吹き返しのタイミングを具体的に示す。

ウ）災害情報を入手したときは気象情報に盛り込み、危険な状態であることを示す。

エ）風の極値を更新するようなまれな状況が予想あるいは発生した場合、「〇〇地方では、猛烈な風に最大限の警戒が必要です。」などの文言を示し、より一層の警戒を呼びかける。

オ）隣接する地方で観測した記録的な暴風について示し、今後、当地方でも同様の風が吹き危険になることを示す。

② 本文について

ア）「外にいては危険」など、暴風に備えるための注意点を示す。

イ）他の地域で発生している災害が、当地方でも起こる危険性があることを示す。

ウ）想定される具体的な災害を示す。

エ）「最大瞬間風速は最大風速の1.5倍～3倍以上に達します」などのコメントを示す。

オ）過去又は近年の台風事例を示し、具体的な災害を想定できるように示す。

③ 図形式情報について

防災機関の担当者が繁忙な時は、一見して判る視認性の高い図形式情報が有効である。同じ文言や図表を何度も続けられないよう留意し、図形式情報を最大限活用する。

（4）台風説明会における説明資料の一部と、府県気象情報の文章形式及び図形式情報の例を次に示す。

* 札幌管区気象台 名古 順一（現 新千歳航空測候所）

2.4.3.2 暴風に関する防災気象情報の改善に関する課題（広島県）*

台風第0418号接近時に発表した注意報・警報等の防災気象情報について、市町村や防災情報提供装置接続先（報道関係を除く）の65機関を対象に、その利用状況や要望を把握するためにアンケート調査を実施し、45機関（69%）から回答を得た。

（1）主要要望・問題点

（ア）暴風警報の発表、解除のタイミング

広島県の一部が暴風域に入る時刻を7日9時ごろと予想し、報道や学校への休校の判断のタイミングを考慮し、05時00分に暴風警報を全域に発表した。広島市で風が強まり、警報基準を超え始めたのは12時過ぎであった。この発表時刻について、大半の機関は適当であるとしたが、約10%の機関は早いと回答した。

早いとした機関は「暴風域に入る2時間前」、あるいは「風の強まる1時間ほど前」を望んでおり、「警報が早く発表されたことにより、早くから体制を執ることになった（執らされた）」と感じたためと思われる。

広島県全域が暴風域から抜けた20時03分に、全域の暴風警報を解除した。この時刻について大半の機関が適切としたが約10%の機関が遅いと回答した。

遅いとした機関は、自管轄内の風が弱まった時点での解除を望んでいる。また、暴風域を抜けた時点での解除を望む声もあったが、これは暴風域と暴風警報を同一のものと誤解していると思われる。いずれの場合でも風の実態に即した解除を望むものである。

（イ）風の量的予報の理解

台風に関する気象情報の中で、何を重要視したかの問いに対し、「進路予想」、「時間的予想」及び「台風の規模や大きさ」がそれぞれ約半数あったが、「風（風向・風速）」を参考にしたのは約10%であった。風を余り利用しない理由として「風速を示されてもイメージがわからない」との回答であった。

台風第0418号では、台風第0416号接近時よりも一段強い予想で一層の警戒を呼びかけたが、約65%の機関が「認識していなかった」、約20%の機関

が「認識してはいたが特に警戒はしなかった」と回答した。

（2）防災情報の改善

警報の発表が早いとする機関の中にも、現象によってはリードタイムの確保を必要とする防災機関もあることから、発現予想時刻や量的予測の内容を確認し、それに応じたタイミングで体制を執って貰うよう説明する必要がある。

風の量的予報が理解されていないことについては、気象情報文に「樹木が根こそぎ倒れるような暴風になり・・・」のように、風の影響について具体的なイメージがわくような文言を適宜、記述する。また、予想される風速に対して過去の災害事例を引用するなどして危機感を適確に伝えるようにするなど改善を行う。

解除については、吹き返しの風等も考慮しているが、今後吹き返し等の風の特徴を調査し、二次細分区分ごとの解除の可能性を考えて行きたい。

今回の気象情報の発表について、台風第9119号を類似台風として警戒を呼びかけることが有効であったが、そのタイミングを失ったことは反省点である。

台風の強さ、コース、季節等の要素のすべてが類似している台風とは別に、風・雨、あるいは高潮などの特定の要素が類似した台風を参考台風として活用することは有効であると考える。

（3）今後の展開

気象情報の有効利用を図るために、市町村と連携を密にし、情報の内容や気象知識について啓発を図ることが必要である。

速やかに次のことを行う。

- ・ 県が主催する市町村の防災担当者会議等へ出向いての説明。
- ・ 機会を捉えて市町村へ出向いての説明。
- ・ 気象台外向けHPを活用した防災情報の解説。
また、目標として次のことを行う。
- ・ 日常的な市町村担当者と気象台担当者間での電話やメールによる連絡の強化。
- ・ 異常気象時における市町村防災担当者との連絡体制の確保（県防災行政無線の利用等）。

* 広島地方気象台 中谷 清一郎

2.4.4 台風第0418号の温帯低気圧化*

2.4.4.1 台風の温帯低気圧化に関する理解の現状と問題点

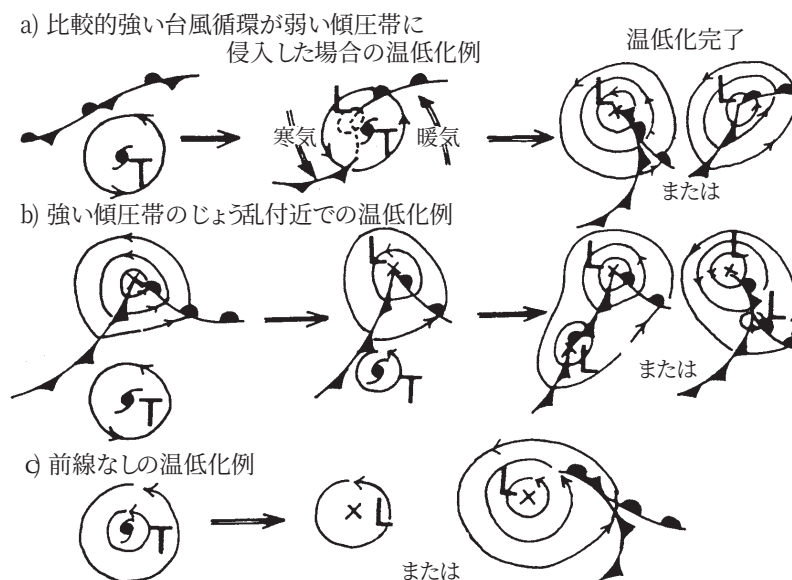
台風第0418号の温帯低気圧化（温低化）を議論する前に、本項ではまず、熱帯低気圧の温低化について日本及び諸外国における理解の現状について簡単に確認しておくことにする。

日本本土に接近する台風は、しばしば温帯低気圧に変化するとされ、これを「台風の温帯低気圧化」（extratropical transition；以後、温低化）と呼んでいる。気象庁予報部（1990）p.44-47では、温低化完了の定義として、「①じょう乱中心付近での地上前線の発生」と「②暖気核の消滅」のいずれかの時点としており、また温低化を3つのパターンに類別化している（第2.4.4.1図）。

現実の速報解析における温低化判定は、最も速く確実にデータ入手できる静止衛星画像に頼らざるを得ないのだが、雲画像では地上前線・暖気核共に客観的な判定が容易ではない。また①②による定義は、熱帯低気圧を非前線性・暖気核と定義した上で「熱帯低気圧でないものをすべて温帯低気圧と見なす」ことを暗に前提としている。古典的な温帯低気圧のモデルでは寒

気核構造を特徴としていたのだが、上の定義では暖気核が残っていても地上で前線が解析されれば温帯低気圧化したと見なされ、古典的な温帯低気圧とは異なる構造である可能性があるということが表現されない。またどの高度の暖気核に着目するのも明記されていない。一方、（上層）暖気核が消滅したが前線が解析されない第2.4.4.1図cのパターンは、米国等では亜熱帯低気圧化（subtropical cyclone；subtropical transition）と呼ばれ温低化とは区別されている現象である。このように、①判定が困難であることに加え、②日本で温低化と呼んでいるものがどちらかというと「非熱帯低気圧化」である可能性があり、これら2点につき再検討の余地がある。

熱帯低気圧の温帯低気圧化は、北西太平洋海域だけでなく北大西洋や南太平洋海域でも生じている。しかし国際的に認知された共通の定義は現時点では存在せず（例えば Jones et al., 2003）、各国・各機関がそれぞれ独自の判断基準で解析・判定を行ってきている。例えば北大西洋海域の熱帯低気圧に関しては、成熟期の熱帯低気圧よりも遷移過程のじょう乱により災害を被りやすいカナダではハリケーンセンター（Canadian Hurricane Center；CHC）は、熱帯低気圧と温帯低気



第2.4.4.1図 気象庁予報部（1990）による台風の温帯低気圧化のモデル

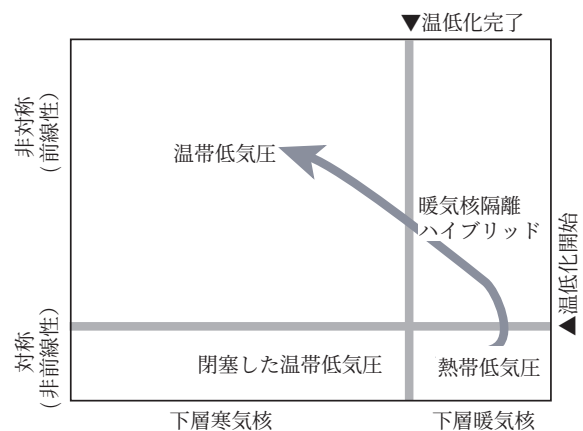
* 気象研究所 北畠 尚子・星野 俊介・別所 康太郎・藤部 文昭

圧の間の遷移状態として post-tropical cyclone を定義し¹、純粋な熱帯低気圧²とも温帯低気圧とも異なる独特の降水・風分布を伴う段階にあることを強調できるようにしている。しかし同じ大西洋の熱帯低気圧に関しても米国ハリケーンセンター (National Hurricane Center ; NHC) は熱帯低気圧 (tropical cyclone) の性質を失ったときに温帯低気圧 (extratropical cyclone) に変化するとしている³。米国は成熟期の強いハリケーンの影響を受けることが相対的に多いので、「成熟期であるか既に変質しているか」を重視しており、変質開始後に対してはさほどの問題意識がないように見える。

このように判断基準が明確でなく機関によっても異なることから不都合が生じることがあるので、温低化の科学的判定基準に関する議論が最近一部で活発になっている。Hart (2003) は、数値モデルの客観解析及び予報の GPV を用いて、第 2.4.4.2 図のダイアグラム上で低気圧の構造を示す手法を開発したところ、多くの温低化事例が温低化の過程で「下層暖気核・前線性」の構造を経ることが確認された。Evans and Hart (2003) は同様のダイアグラム上で、熱帯低気圧から「前線性」パラメータがある基準値を超えた時点をも「温低化開始」、「寒気核」パラメータがある基準値を超えた時点をも「温低化完了」と定義して議論している。彼らの定義する「温低化完了」は前線発生と暖気核消滅を共に必要としており、彼らの言う「温低化開始」は日本気象庁の①の条件による「温低化完了」に対応することになる。遷移過程の存在を積極的に認めている点は CHC の考え方に近いと言える。温低化をひとつの時点として判定する米国 NHC・日本気象庁方式にしても、遷移過程を認めその開始・終了を判定するカナダ CHC 方式にしても、このようなダイアグラムを用い基準値を適切に設定することで温低化の判定や遷移状態の把握が客観的に行われる可能性があり、また予報も可能になる。ただしこの方法では、モデルの特性の影響が大きいこともあって適切な基準値の設定が難し

い。Hart は各国現業機関から現業モデルの解析・予報値の提供を受け、準リアルタイムでダイアグラムを作成して自身のホームページで公開しており⁴、それを NHC や CHC をはじめとする各国現業機関で利用して温低化の基準の明確化をはかる一方、現業モデルの改善にも役立てようとする動きがある。日本では上述のように温低化の速報解析・判定は衛星画像の解析に大きく依存しているものの、温低化の予報は実質的に数値予報に頼っており、その点で、数値モデル出力による温低化の判定基準を明確にする必要もあるだろう。

なお、Hart は台風第 0418 号についても第 2.4.4.2 図の形式のダイアグラムを作成している⁵。彼は複数のモデルの解析値で同様の図を作成しているが、この事例に関してはどのモデルでも傾向はほぼ同じである。このダイアグラムに Evans and Hart (2003) の基準を適用するなら、この台風は 9 月 7 日 0000UTC ごろに非対称性を持ち始めて温低化を開始し、7 日 1200UTC ごろから 9 日 0000UTC ごろの間に下層暖気核がほぼ消失して温低化が完了したことになる。そこではまた、この台風の 7 日 1200UTC ごろまでの若干の衰弱



第 2.4.4.2 図 Hart (2003) の低気圧の位相ダイアグラムにおける台風の温帯低気圧化

原論文では 3 つのパラメータによる三次元分布で示されるが、ここでは上層暖気核／寒気核に関するパラメータを省略し、二次元で表している。Evans and Hart (2003) の温低化開始／完了も図中に示した。

¹ CHC の用語集 (<http://www.atl.ec.gc.ca/weather/hurricane/hurricanes9.html>) 参照。

² ここでは、単に定性的に「暖気核・非前線性」のじょう乱を「純粋な熱帯低気圧」、「寒気核・前線性」のじょう乱を「純粋な温帯低気圧」と呼ぶ。

³ NHC の用語集 (<http://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml>) 参照。

⁴ Hart は現在はフロリダ州立大学助教授で、ダイアグラムの URL は <http://moe.met.fsu.edu/cyclonephase/>。

⁵ 前述のホームページの中の <http://moe.met.fsu.edu/cyclonephase/archive/> で参照可能。

とその後の再発達が一連の構造変化の過程で生じていたことが示されている。熱帯低気圧が構造変化しながら発達した例としては1999年10月に大西洋で発生した Hurricane Irene (Evans and Prater-Mayes, 2004) がある。これらの例は、傾圧帯での熱帯低気圧としての衰弱を傾圧性発達が上回ることがありうることを示している。これらは「熱帯低気圧は構造変化過程で衰弱し、温低化がいったん完了した後に温帯低気圧として再発達する」という従来の考え方には合わないので、温低化に伴う再発達に関する考え方を改める必要性を示唆している。

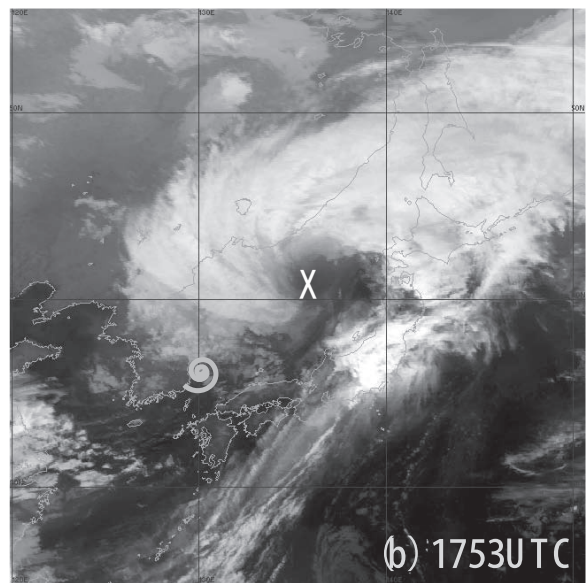
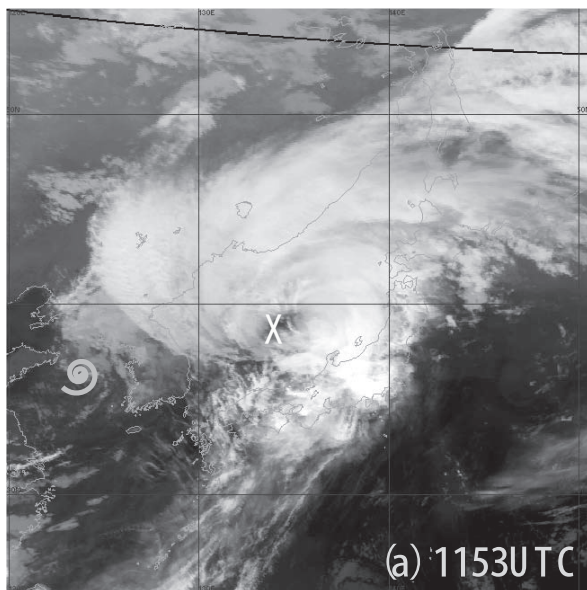
2.4.4.2 衛星観測による台風第0418号の温帯低気圧化過程における構造

台風第0418号は西日本と北日本に上陸又はかなり接近し、共に陸上に大きな風の被害を与えた。ただし、9月7日の西日本通過時は比較的軸対称に近い構造を持ち、一方、8日の北日本接近時は寒気流入に伴い強

風が観測されているなど、構造には大きな違いがあった。台風は特に7日の日本海通過中に大きく構造変化したと考えられるが、海上の直接観測のデータ（船舶・ブイ等）は得られていないので、ここではまず衛星観測による解析を示す。

GOES 雲画像では、九州上陸前まで眼が見えていたが、上陸後は形が崩れ眼が見えなくなった。台風が日本海に進んだ後は、対流の活発な領域は中心の東～南東側である本州付近に分布しており、台風の北西側は層状性の雲のように見える（第2.4.4.3図a）。食運用のため深夜は画像がなく、再び画像が利用できる1600UTC以降は循環中心付近に雲のない領域が広く広がっており、活発な対流雲はその東側に発生していた（第2.4.4.3図b）。中心付近の雲のない領域が直径数百kmにわたり、また可視画像も利用できない時間帯で、下層循環中心決定は容易でない。

極軌道衛星の観測データとしては、QuikSCAT マイクロ波散乱計⁶の海上風データが、7日1007UTCと



第2.4.4.3図 2004年9月7日のGOES-9赤外画像

図中X印は極軌道衛星の観測等も考慮して推測される下層循環中心（本文参照）、渦印是水蒸気画像で見られる上層渦。
(a) 1153UTC, (b) 1753UTC.

⁶ マイクロ波散乱計・マイクロ波放射計・マイクロ波探査計（サウンダ）については、例えば気象庁予報部（1999）を参照。本稿で使用したデータについては、QuikSCATはRemote Sensing Systems社（<http://www.ssmi.com/>）から、SSM/Iは米国NASAの関連団体であるGlobal Hydrology Resource Center（<http://datapool.msfc.nasa.gov/>）から、AMSUはコロラド州立大学と米国海洋大気庁の共同利用施設であるCIRA（Cooperative Institute for Research in the Atmosphere; <http://amsu.cira.colostate.edu/>）から入手した。なお、マイクロ波散乱計・放射計の観測も使用した台風の衛星画像は、米国海軍研究所（Naval Research Laboratory）のサイトで見る事ができる（http://www.nrlmry.navy.mil/tc_pages/tc_home.html）。

1947UTC について利用できた（第2.4.4.4図）。このデータは、降水時等は風向の精度が悪く、また風速の大きい部分については検証が十分でないが、風速分布を（定性的に）見る分については実用に耐えたとされている。1007UTC（第2.4.4.4図a）では、風ベクトルでは低気圧性循環が見られず、明らかに風向は信頼できない。風速分布は、成熟期の台風に期待される同心円分布とはかなり異なっている。

一方、1937UTC（第2.4.4.4図b）では、明りような低気圧性循環が見られるが、この循環中心は第2.4.4.3図bでは雲のない領域の中の西部に当たり、活発な対流活動の領域からは数百 km 西に離れている。これは、台風の西から接近した偏西風帯の傾圧性じょう乱のために地上循環中心が西方に生じたことが推測される。類似した現象は台風については明石ほか（1986）が、また大西洋のハリケーンについても Abraham et al., (2004) が指摘しており、また第2.4.4.1図aでも示唆されている。台風（熱帯低気圧）の定義には多様性がありうるが、この第2.4.4項の議論の範囲内では原則として傾圧性の影響を受けた部分も含めたメソ α スケールのシステム全体を台風と呼び、その循環中心を台風と呼ぶことにする。

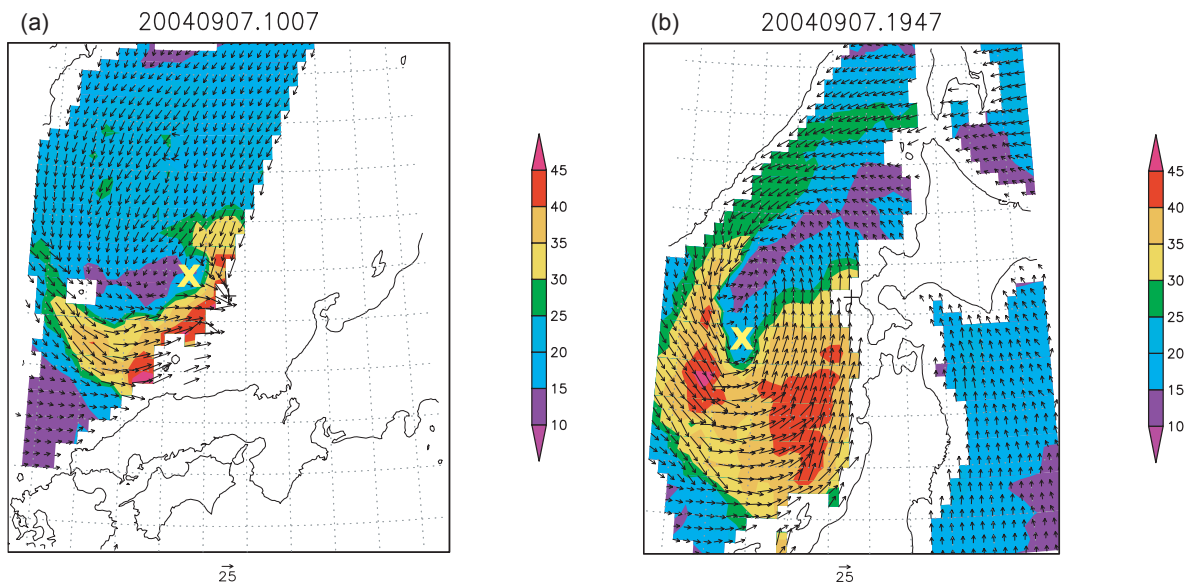
なお、この第2.4.4.4図bについては、循環中心から北東へトラフ軸（弱風帯）が延び、強風の領域が循環中心を取り囲むように馬蹄形に分布している。これらは Edson（2004）が温低化期の風速分布の特徴とし

て指摘していたことである。

上述の第2.4.4.4図bの特徴を踏まえて第2.4.4.4図aを見直すと、風速分布を見る限りでは、強風の領域の北西に弱風帯が見られ、それも考慮すると、図中X印の点に循環中心があると考えられる。またX印の西のウルルン島（Ullundo）付近にも別の風速極小があるのは、上述の新たな傾圧性じょう乱の発生可能性がある。ウルルン島のSYNOP報から見る限りではそこでは気温が19℃以上に達しておらず、一方で西郷（隠岐）では23℃以下に下がっていないことから、周辺での傾圧性の大きさが明らかである。

第2.4.4.4図aのX印の位置については、この時刻ごろのGOES 赤外画像（第2.4.4.3図a）では上層雲のため下層循環の推測は困難だったが、1138UTCのSSM/I マイクロ波放射計 37GHz 鉛直偏波輝度温度（第2.4.4.5図a；雲底の低い雨雲を見るのに良いとされている）の高温域から推測される台風中心（図中X）とは大きな矛盾はない。ただしその分布も非対称である。また第2.4.4.5図bに示した同じ時刻の85GHz PCT（Spencer et al., 1989）の低い領域（氷を含むような深い対流を表すとされる）は、非対称である上に、循環中心と思われる位置からかなり離れており、台風の眼の壁雲よりも前線の構造が明りよう化しつつあることを示唆している。

さらに、AMSU マイクロ波探査計の7日0836UTCと1819UTCのデータ（チャンネル7）は、第2.4.4.4図



第2.4.4.4図 2004年9月7日のQuikSCAT海上風 (m/s)

(a) 1007UTC, (b) 1947UTC. 図中X印は風速分布から推測される循環中心。

の循環中心が共に上部対流圏（200hPa 付近）で暖気核を伴っていたことを示唆している（図省略）。なお同じ AMSU チャンネル 7 のデータに関しては、例えばその 234K 以上の領域に着目すると、台風がまだ成熟期の構造を比較的保っていた 6 日から 7 日 0836UTC までは直径が 200km 以下だったのに対して、7 日 1819UTC には 400km, 8 日 2025UTC には 600km 以上に拡大していたことから、上層では暖気核構造ではあっても成因の異なるものになっていたことが示唆される。またこれは QuikSCAT 海上風による最大風速半径の拡大にもよく対応している。

ところで、第 2.4.4.4 図の風速分布が信頼できるものとして、傾度風の関係に従っていると仮定すると、循環中心の海面気圧は、1007UTC は約 960hPa, 1947UTC は 960hPa 以下と推算される。これを採用すると、台風は中心気圧 945～950hPa を保ったまま西日本を通過して日本海に入り、その直後から大きく構造変化してやや弱まった後、少なくとも 1947UTC より以前からシステム全体としては再発達を始めていたことが示唆される。

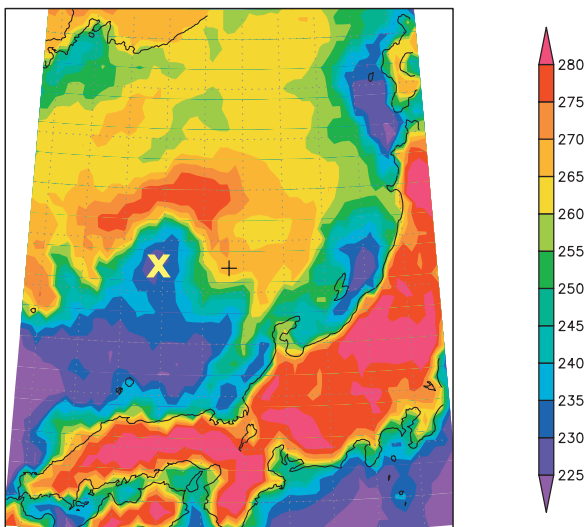
2.4.4.3 台風第 0418 号の強度に対する上部対流圏の諸現象の寄与

ここまでの議論から、温低化過程にある台風第 0418 号（及びそれを含むシステム）がいつ、どのようなメカニズムで（再）発達したのかという疑問が生

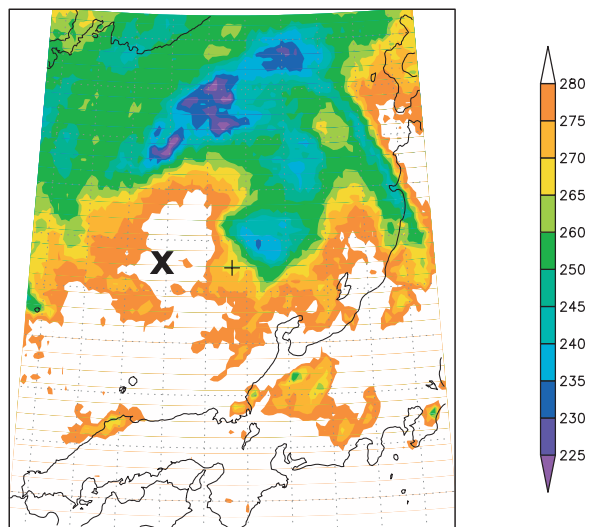
じる。また、西日本を通過中だった台風が、陸上を通過したにもかかわらずなぜ衰弱しなかったのかという疑問もある。ここでは上部対流圏の諸現象との相互作用という観点で議論を行う。

まず、第 2.4.4.6 図には上部対流圏の流れと水平発散分布を示した（第 2.4.4.6～9 図は現業領域客観解析データによる）。台風が東シナ海を北上していた 6 日には、北日本を横切るジェットストリークがあり、その入り口右側の発散域が日本海西部に位置している。また別のジェットストリークが華北にあり、その極側を顕著なトラフが進んでいて、トラフ前面に水平発散が生じている。台風が九州に上陸するころの 7 日 0000UTC には、台風はこれらの発散域の南端に達している。第 2.4.4.6 図 c では流線が台風中心からジェットストリーク入り口の発散域に向かう北向きの流れを表現しており、これが GOES 雲画像（図省略）で見る台風からの外出流の雲に対応している。また第 2.4.4.6 図 d では朝鮮半島北部～中国東北部に比較的強い発散域が計算されており、これも GOES 雲画像（第 2.4.4.3 図 a）で台風中心から北西に広がる雲に対応している。これらのことから、上部対流圏のジェットストリークとトラフに伴う水平発散が、陸上を通過する台風の上昇流を強めることで台風の衰弱を妨げたことが示唆される。なお、ここで着目しているトラフは、GOES 水蒸気画像では直径数百 km の乾燥空気渦として追跡できる顕著なものであった（第 2.4.4.3 図の渦

(a) TB37v at 20040907.1138Z

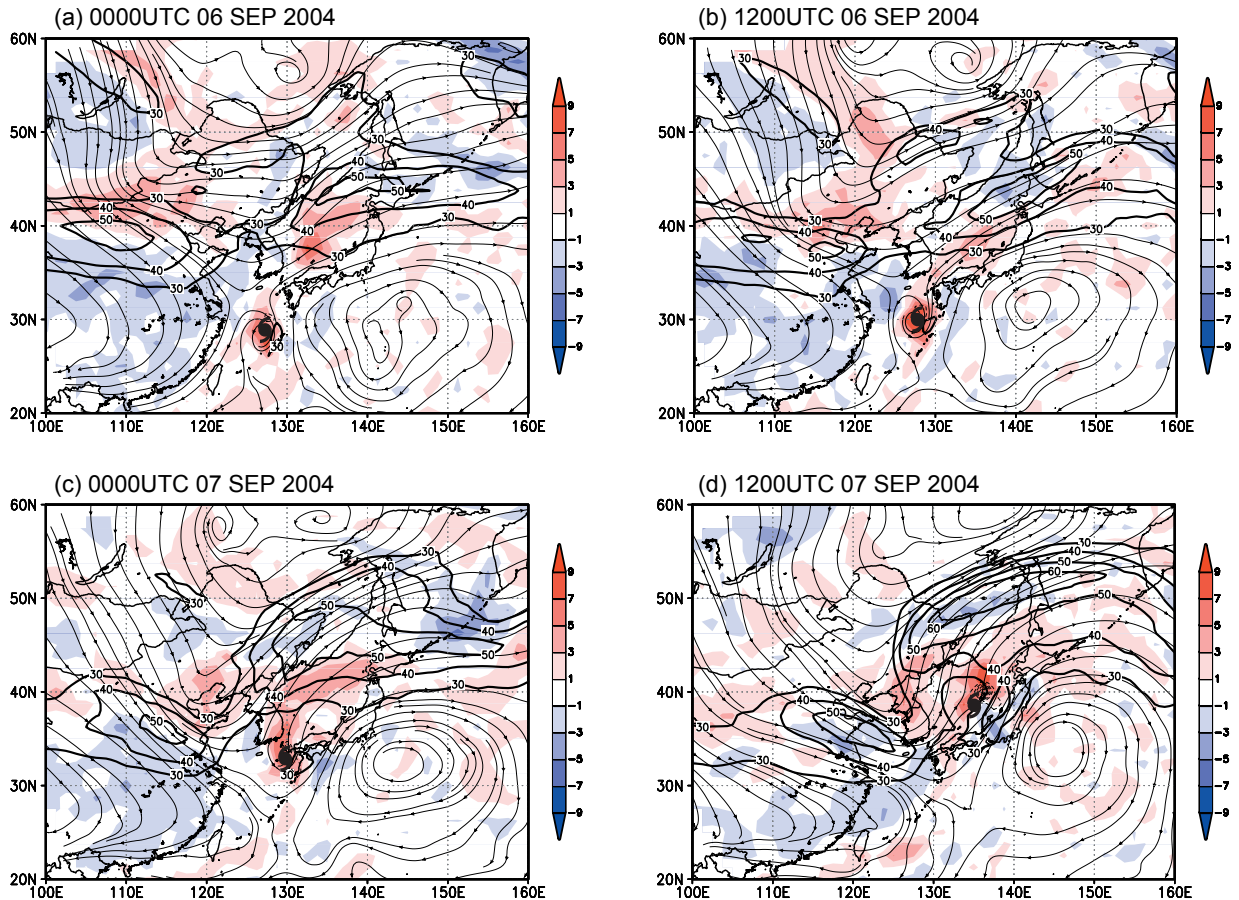


(b) PCT at 20040907.1138Z



第 2.4.4.5 図 2004 年 9 月 7 日 1138UTC の SSM / I マイクロ波放射計による輝度温度 (K)

(a) 37GHz 鉛直偏波, (b) 85GHz PCT. 図中 X 印は輝度温度分布から推測される台風中心。



第2.4.4.6図 2004年9月6～7日の300～200hPaの平均の等風速線（太実線，30m/s以上10m/sごと），流線（細実線），水平発散（カラー，単位は 10^{-5}s^{-1} ）

(a) 6日0000UTC, (b) 6日1200UTC, (c) 7日0000UTC, (d) 7日1200UTC.

印)。

次に第2.4.4.7図に，250hPa面の正渦度移流と，1000-250hPaの層厚移流を示した。後者は対流圏全層の水平温度移流に対応する。一般に，じょう乱の傾圧性発達を診断するためには500hPa面の渦度移流と下層の温度移流を示すが，これは対流圏の下半分だけを診断するにすぎない。今回の現象に関しては，下層の傾圧性が比較的弱く，一方で上部対流圏の顕著なじょう乱が関係していたので，対流圏全層を診断対象としている。

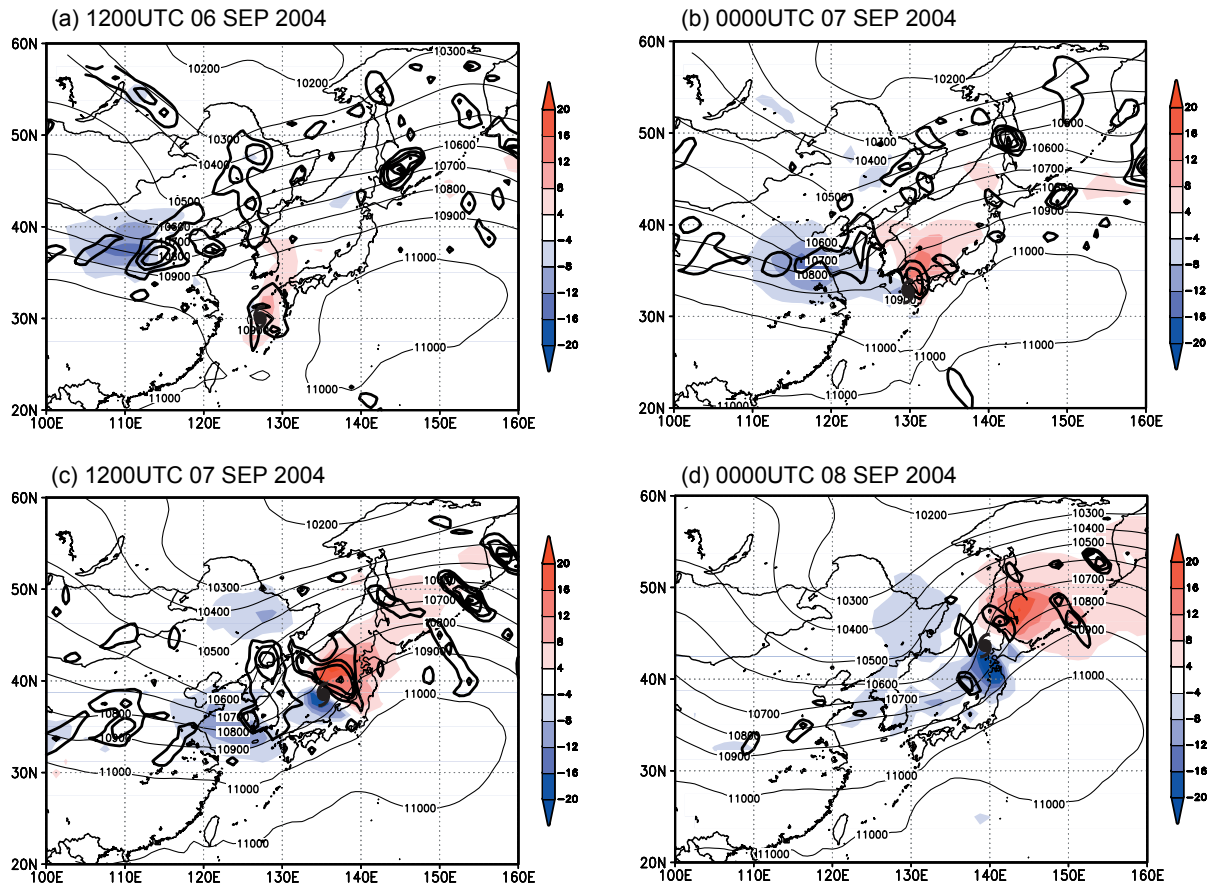
この第2.4.4.7図において偏西風帯の上部対流圏の顕著なじょう乱としては，先にも指摘した6日1200UTCに華中，7日0000UTCに渤海付近に進むトラフがある。これは前面に顕著な正渦度移流を伴っているが，その周辺は寒気移流のみで，傾圧性発達の条件は整っていない。一方，このころ傾圧帯は主に日本海付近の緯度帯に位置しており，そこに台風が接近し

た0000UTCには，台風の循環により温度移流が生じた。

7日1200UTC（第2.4.4.7図c）には，台風が日本海に進み，その前面では顕著な暖気移流が励起されている。一方，上層じょう乱に伴う正渦度移流が台風上空に位置することで，暖気移流と正渦度移流の領域が重なっている。すなわち，この時点で傾圧性による発達が生じている可能性がある。ただし，台風が存在があつてこそ温度移流が生じているのであり，その点で台風の発達に特徴的な潜熱解放も必要であったと言える。

2.4.4.4 台風第0418号からの遷移過程にあった低気圧の構造

この項では，台風に傾圧性の寄与があつたと思われ，また第2.4.4.4図bの時刻に近い7日1800UTCの構造について主に議論する。第2.4.4.8図には下層，第



第2.4.4.7図 2004年9月6～8日の250hPa面渦度移流（太実線、 $5 \times 10^{-9} \text{s}^{-2}$ 以上 $5 \times 10^{-9} \text{s}^{-2}$ ごと）と、500hPa風による1000～250hPa層厚の移流（カラー、単位は $10^{-3} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ）

細実線は250hPa面ジオポテンシャル高度（100mごと）。(a) 6日1200UTC, (b) 7日0000UTC, (c) 7日1200UTC, (d) 8日0000UTC。

2.4.4.9図には中層の解析を示し、また第2.4.4.10図にはそれらと前項までの議論を踏まえて概念モデルを示している。

第2.4.4.8図aには925hPaの風速分布を示した。そこでは第2.4.4.4図bに似た馬蹄形の暴風域と渦の北東側の弱風帯が見られる。領域客観解析にはQuikSCATのデータは同化されておらず、両者は独立資料と考えられるので、それで類似したパターンが見られることは、これらのデータ・解析が現実の構造をそれなりに反映していることを示唆している。第2.4.4.8図bの気温分布と比較すると、下層渦中心は前線帯上に位置し、また渦の北東側の弱風域は温暖前線に対応する。また、馬蹄形暴風域は寒冷前線をまたいで分布しているが、風速極大は寒気側と暖気側それぞれに存在する。領域客観解析を6時間毎に見ると（図省略）、7日1200UTCには暖気側の方が風速が大きく、8日0000UTCには寒気側の方が風速が大きくなって

いるので、温帯低気圧化の進行に伴い寒気側の気圧傾度と風速が増大したと考えられる。これは、第2.4.4.4図aで渦中心の暖気側のみに暴風域が分布したと判断されるのと矛盾しない。

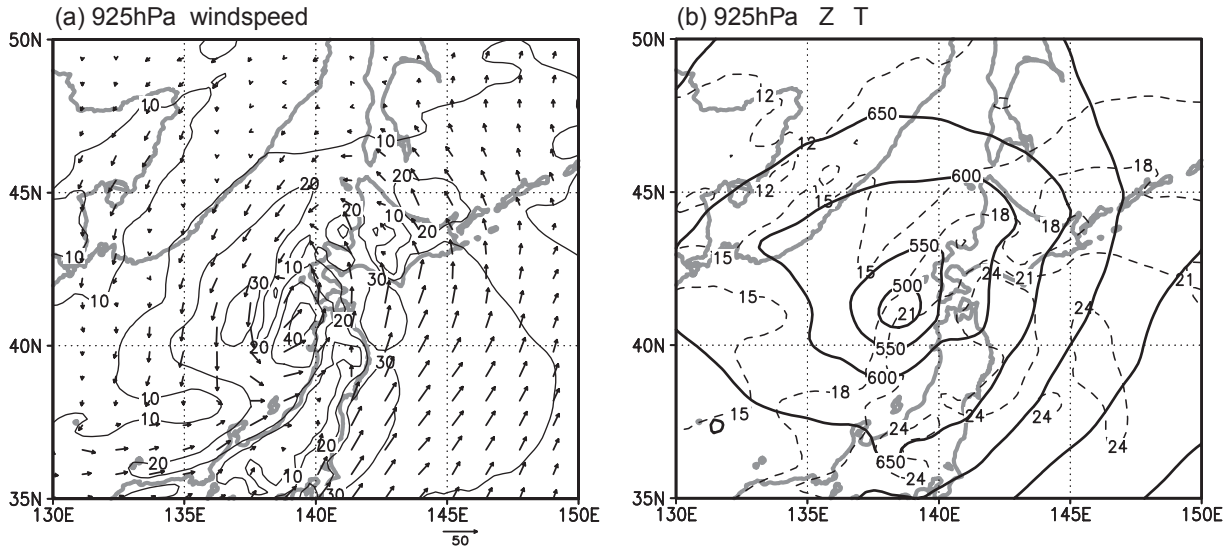
第2.4.4.9図aには、1800UTCの320K等温位面渦度を示した。図中の等圧線が650～350hPaを示しているように、台風中心付近では対流圏中層で、図左上で上部対流圏へと傾斜した面を表している。北海道西方の台風に対応する渦位極大とは別に、山陰沖に渦位極大が見られる。後者は上層トラフに対応する上部対流圏起源のものである。このように、中層ではじょう乱が二つに分かれているように見えるが、移動する台風に対して風ベクトルではひとつの大きな循環となっており、また上層起源のじょう乱は下層に寒気を伴っているために下層では独立した渦中心としては見えない（第2.4.4.8図a, b）。

第2.4.4.9図bには、同じ320K等温位面の比湿の分

布を示した。上述の山陰沖の上部対流圏起源のじょう乱は沈降による乾燥空気を伴っており、そこから二つのじょう乱を取り巻く流れの一部である強い南西流で、台風中心の南東側へと乾燥空気が流入している。台風中心の北東側（北海道）の湿潤域では、風ベクトルが等圧線を横切っており、空気が傾斜上昇していることを示唆している。台風中心周辺での乾燥空気の流入と湿潤空気の流出は、衛星の雲画像（第2.4.4.3図b）

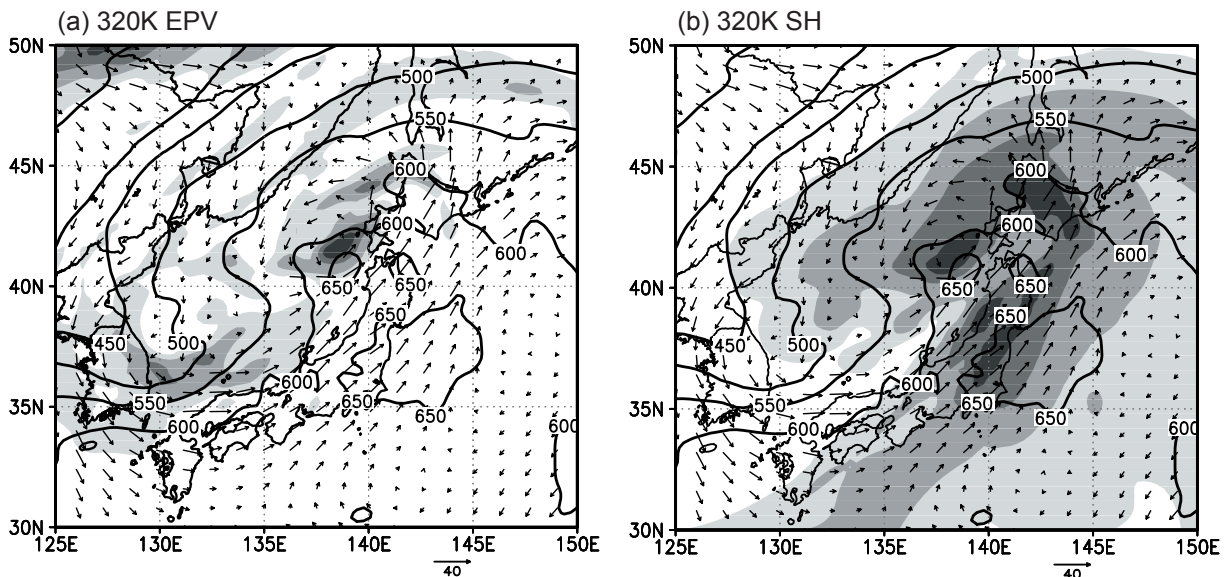
と矛盾しない。

なお、第2.4.4.8図bで、津軽海峡の東に特に気温が高く気圧の谷になっている領域がある。これは第2.4.4.9図bの乾燥空気の先端に対応しており、強い沈降に伴う高温であることが示唆される。この領域は雲画像（第2.4.4.3図b）でも中層乾燥空気の先端の活発な対流として現れている。しかし上述のようにこの活発な対流は台風中心に直接対応するものではない。



第2.4.4.8図 2004年9月7日1800UTCの925hPaの解析

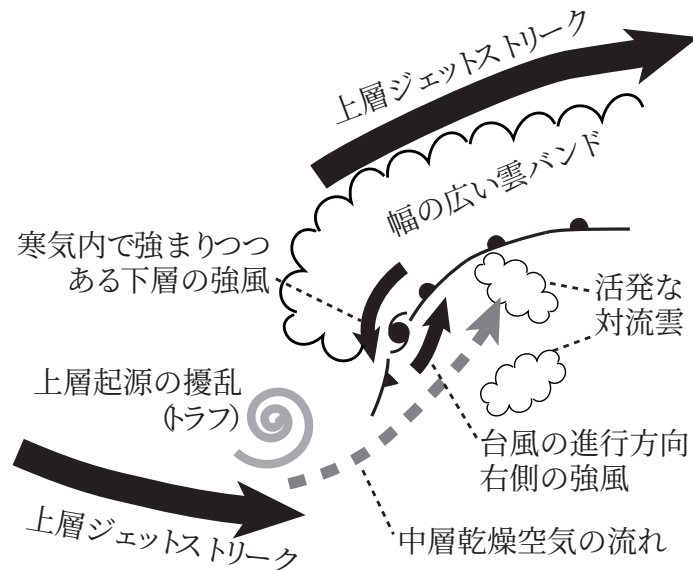
(a) 風速（実線，m/s），風ベクトル（矢印）．(b) ジオポテンシャル高度（実線，m），気温（破線，℃）．



第2.4.4.9図 2004年9月7日1800UTCの320K等温位面解析

(a) 渦位（陰影，1PVU以上1PVUごと），気圧（実線，hPa），台風の移動に相対的な風ベクトル（矢印，m/s）．

(b) (a)と同じ，ただし陰影は比湿（2g/kg以上2g/kgごと）．



第2.4.4.10図 傾圧性発達の可能性のある台風の構造の概念モデル

このあと、8日日中までのGOES雲画像(図省略)を見ると、温暖前線に伴う幅の広い雲バンドはそのまま北東進したが、7日1800UTCに本州沿いにあった活発な対流は弱まり、寒冷前線通過に対応すると思われる気温の低下が8日日中に北海道で観測された。また北海道の8日0000UTCの高層観測では、この台風(又はそれから変わった低気圧)が中上層で乾燥した暖気核を伴っていたことが確認できる。これらのことから、台風第0418号は北海道付近通過時は温帯低気圧への遷移過程であったと考えられる。

2.4.4.5 まとめ

温帯低気圧化の過程にあった台風第0418号の強度と構造の変化について、次のような経過で変化が生じていた可能性があることが示された。

- ・7日日中：成熟期台風の軸対称構造と中心気圧945-950hPaをかなり維持した状態で西日本を通過。勢力が弱まらなかったのは上部対流圏の偏西風帯じょう乱に伴う水平発散の寄与の可能性がある。
- ・7日1007UTC：日本海を北上していたが、このころ、既に傾圧性じょう乱の影響により構造変化が開始し、960hPa程度にやや衰弱していた可能性がある。強風は暖気側(進行方向右側)のみ。
- ・7日1200UTC：このころ、傾圧性発達開始の可能性。
- ・7日1947UTC：日本海北部に達し、960hPa以下

に発達していた可能性がある。一方、進行方向及び温暖前線に当たる北東象限のみ顕著な弱風域が見られた。また活発な対流雲は下層循環の東に離れて進んでいた。

・8日日中：8日日中に前線と暖気核を伴い北海道付近を通過。このあと、少なくとも8日夜までは上層暖気核が見られたが、潜熱解放による湿潤暖気核でなく沈降空気による乾燥暖気核になっており、また水平スケールが拡大していた。これは地上(海上)風の最大風速半径の拡大に対応していた。

台風第0418号は7日夕刻から24時間以上、遷移過程にあって、この間、構造は大きく変化し、雲域の非対称化と共に、下層では特に進行方向左側及び後方の風速に大きな変化があったと考えられる。すると、従来、日本付近を通過する台風「吹き返しの風」が強いものと弱いものがあつたのは、温低化の進行段階の違いがひとつの要因であった可能性がある。

また台風第0418号については北海道付近での再発達と晴天下の暴風の点で台風第5415号(洞爺丸台風)との類似に言及することがある。後者については村松(1983)が、①構造変化中は衰弱し構造変化完了後に温帯低気圧として再発達したこと、また②移動速度は構造変化(衰弱)中は速まり再発達中は遅くなったこと、の2点を温低化後に再発達する台風に通ずる性質として述べている。これに対して台風第0418号は①構造変化しながら再発達した可能性がある(第

2.4.4.1 目) こと, 及び②極軌道衛星観測による台風中心位置(第2.4.4.2 目)を採用するならば移動速度にはそれほど大きな変化が生じていないこと, の2点で村松(1983)の議論とは異なっていたように見える。このように温低化についてはいまだ不明な点が多く, 他の事例も調査し一般性を確認した上で温帯低気圧化について再検討する必要がある。

参 考 文 献

- Abraham, J., J. W. Strapp, C. Fogarty, and M. Wolde (2004) : Extratropical transition of Hurricane Michael : An aircraft investigation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 85, 1323-1339.
- 明石秀平, 木場博之, 櫃間道夫 (1986) : 台風の気圧中心から離れて存在する積乱雲の渦, 気象衛星センター技術報告, 13, 33-56.
- Edson, R. T (2004) : Tropical cyclone analysis techniques from QuikSCAT NRCS, wind and ambiguity data and microwave imagery. Preprints of the 26th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, Miami, FL, Amer. Meteor. Soc., P1.8.
- Evans, J. L. and R. E. Hart (2003) : Objective indicators of the life cycle evolution of extratropical transition for Atlantic tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 909-925.
- Evans, J. L. and B. E. Prater-Mayes (2004) : Factors affecting the posttransition intensification of Hurricane Irene (1999) . *Mon. Wea. Rev.*, 132, 1355-1368.
- Hart, R. E. (2003) : A cyclone phase space derived from thermal wind and thermal asymmetry. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 585-616.
- Jones, S., P. A. Harr, J. Abraham, L. F. Bosart, P. J. Bowyer, J. L. Evans, D. E. Hanley, B. N. Hanstram, R. E. Hart, F. Lalaurette, M. R. Sinclair, R. K. Smith, and C. Thorncroft (2003) : The extratropical transition of tropical cyclones : Forecast challenges, current understanding, and future directions. *Wea. Forecasting*, 18, 1052-1092.
- 気象庁予報部 (1990) : 予報作業指針 (台風予報). 気象庁予報部, 150pp.
- 気象庁予報部 (1999) : 数値予報のための衛星データ同化. 数値予報課報告・別冊第45号, 132pp.
- 村松照男 (1983) : 洞爺丸台風の温帯低気圧化について. *天気*, 30, 461-468.
- Spencer, R. W., H. M. Goodman, and R. E. Hood (1989) : Precipitation retrieval over land and ocean with the SSM/I : Identification and characteristics of the scattering signal. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 6, 254-273.

2.5 台風第0421号による大雨の解析と災害の状況

2.5.1 台風第0421号に伴う気象状況*

2.5.1.1 台風第0421号の概要

9月28日は, 高気圧が日本の東海上にあり, 西日本には秋雨前線が停滞していた。東シナ海にある台風第0421号が秋雨前線に向かって南から暖かい湿った空気を供給して, 秋雨前線の活動が次第に活発となった。台風第0421号は東シナ海を北東進し, 秋雨前線はゆっくり北上した。第2.5.1.1図は, 9月29日09時の地上天気図である。29日には, 台風第0421号が九州南部に上陸し, その後は日本を東北東に横断した。30日は三陸沖で温帯低気圧になった。

第2.5.1.2図は, 9月29日09時の500hPa高層天気図である。300hPa(図省略)でのJet気流は, 黄海から朝鮮半島南部, 日本海をとおり, 500hPa天気図の約5720m等高度線のやや北である。日本の南海上20°N帯で太平洋高気圧が強く, 日本の東の海上では気圧の尾根になって, 日本付近は西南西流場である。日本付近は太平洋高気圧の縁となっており, 台風第0421号は太平洋高気圧の縁を通る経路となった。

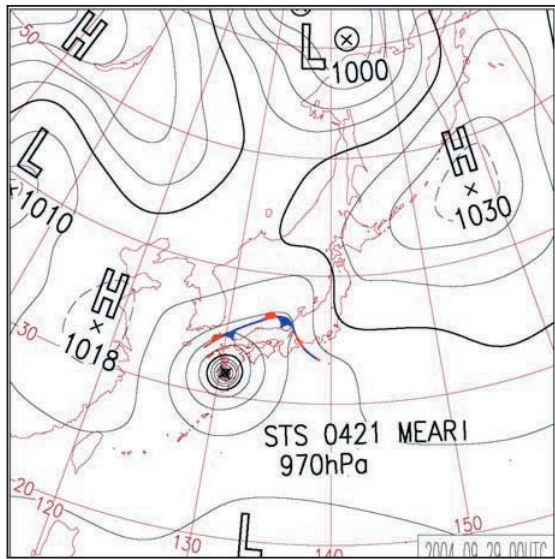
2.5.1.2 大雨の状況

9月28日は秋雨前線と暖湿気流の影響で四国や紀伊半島の南岸の一部で降水量が100ミリを超えた。紀伊半島の南東側では一部で200ミリ近い降水量となった。29日は, 降水量100ミリ以上の地域が, 台風の通過した九州南東部・四国・近畿・東海地方に広がる。29日の日降水量は, 三重県で700ミリを, 四国で300ミリを超えた。30日は日本海側中心に降水となつて, 北陸の一部で200ミリを超えた。

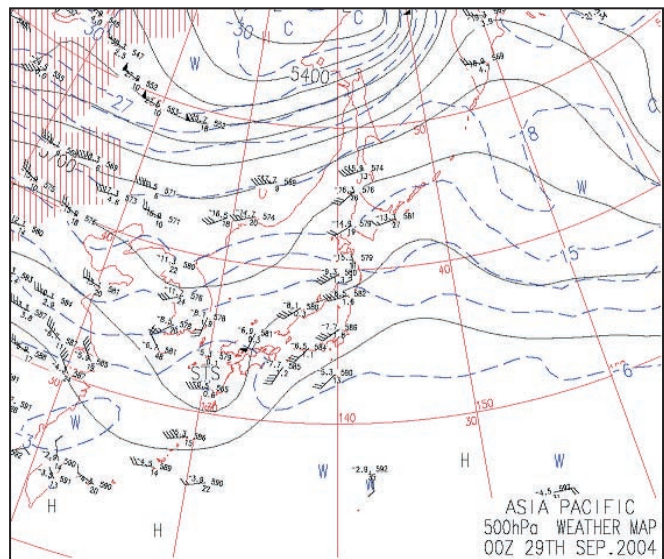
第2.5.1.3図は, 9月29日06時から21時まで3時間毎のレーダーエコー合成図である。強雨域は, 台風の外側の暖湿気流による1から2か所と, 台風中心付近にある。大雨のピークは, 三重県で28日夜と29日朝, 四国では29日の朝と夕方である。特に三重県では, 台風が九州の南西海上にあった29日朝に猛烈な雨となった。

29日09時での強雨域は, 九州南部, 四国中央部, 三重県である。それぞれの強雨域においては, 鹿児島県阿久根で29日08時に1時間88.5ミリ, 愛媛県富郷で29日09時に1時間58ミリ, 三重県尾鷲で29日

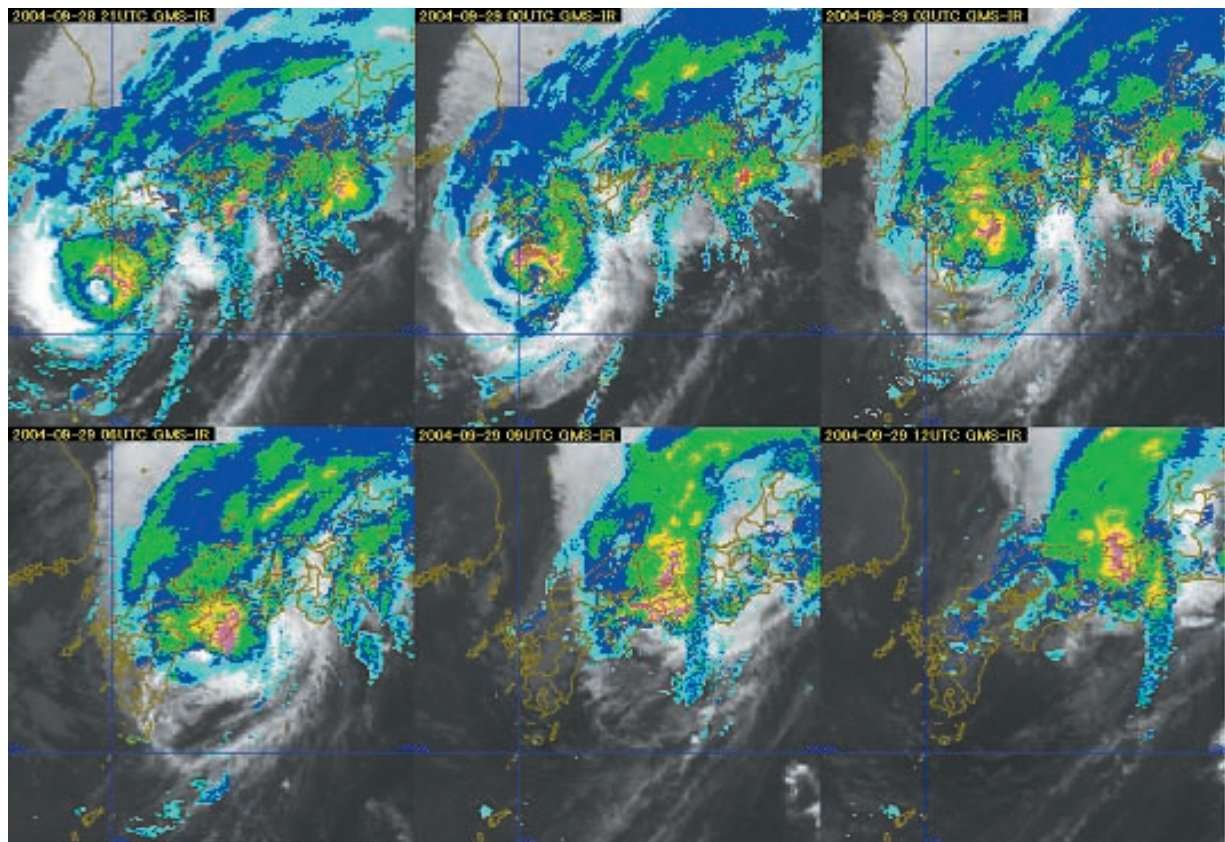
* 大阪管区气象台 高橋 清和



第2.5.1.1図 平成16年9月29日09時の地上天気図



第2.5.1.2図 平成16年9月29日09時の500hPa天気図



第2.5.1.3図 平成16年9月29日のレーダーエコー合成図（モノクロは衛星赤外雲画像）

上段左から29日06時、09時、12時、下段左から15時、18時、21時。

08時に1時間130.5ミリの降水量を観測した。

29日の日中は、台風の北東進に伴い中心付近北側の強い雨域は北東に移動した。台風の外側の暖湿気流により、四国や三重県でも強い雨域は東北東に移動した。

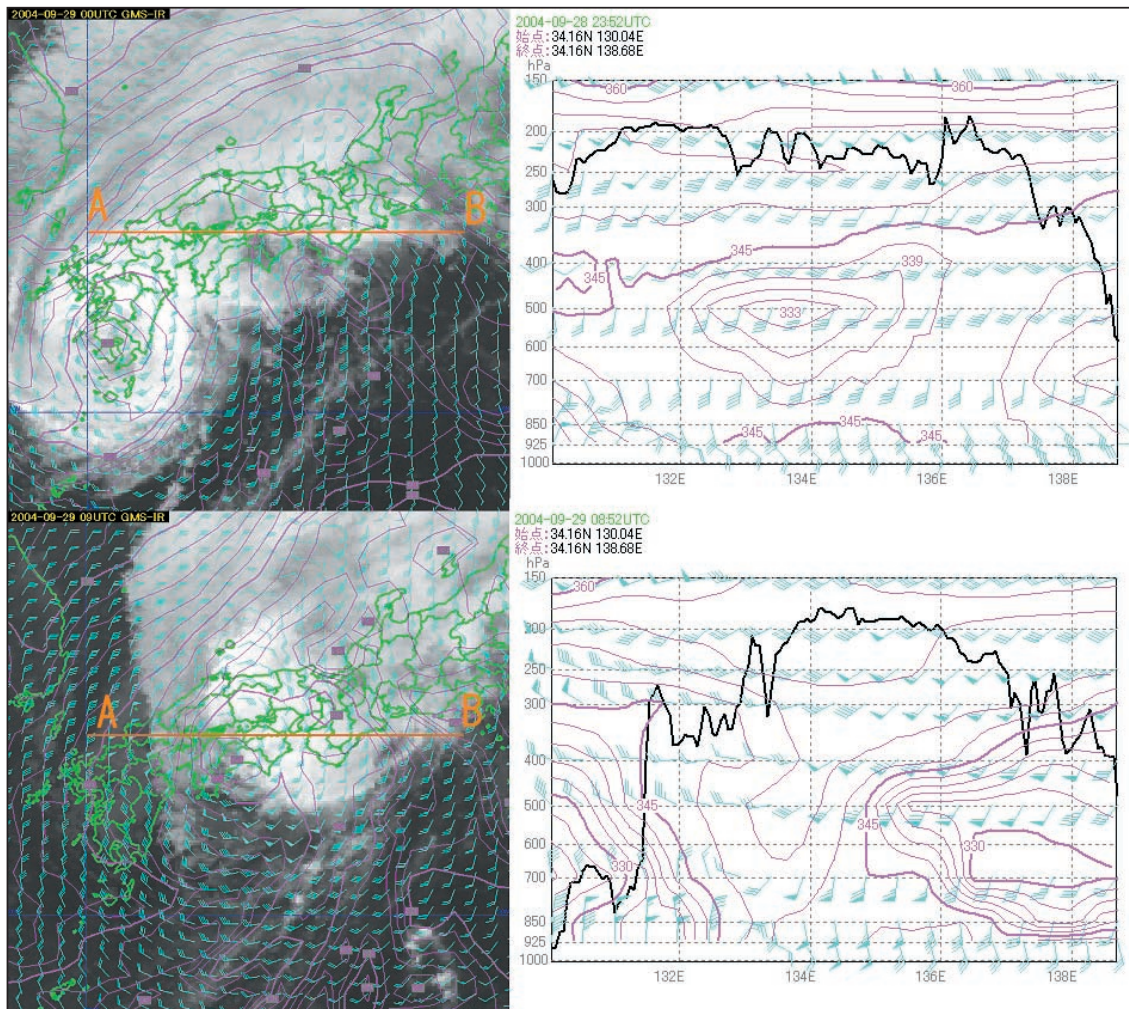
29日18時では、台風が中心が高知県東部にあり、強雨域は中国・四国の東部にある。愛媛県富郷で18時に1時間68ミリの観測した。

2.5.1.3 大気構造の解析

潮岬では29日09時の500hPaで -7.7°C が観測されるなど、東海地方の南海上に -6°C 以下の寒気谷がある。上空寒気による大気的不安定な状態が、29日朝に発生した三重県の大雨の一因になっている。

第2.5.1.4図は西日本での衛星赤外雲画像と数値予報モデル（RSM）の解析資料である。

29日09時の850hPaは、台風を中心近傍の九州中南部と、四国東部から紀伊半島南部で345K以上の高相当温位となっている。四国中部へは南海上から、三重県へは南と南東からの気流が入っている。鉛直空間断面図での相当温位は、台風中心付近で潜熱放出により対流圏が鉛直方向にほぼ一様に高い。四国中部から紀伊半島にかけては、500hPaで333K以下の低い相当温位となって、その下層は345K以上の高い相当温位である。四国中部と紀伊半島では、台風中心とは異なった形での対流不安定状態にあった。また、熊野灘以東の南海上では、東にある高気圧から流入する下層の南東風冷湿気流がある。熊野灘では南風暖湿流と南東



第2.5.1.4図 衛星雲画像と数値予報モデル（RSM）の解析

上段29日09時（初期値） 下段29日18時（FT=9）,

左列は赤外雲画像・850hPaの風と相当温位 右列は、左図AB鉛直断面での相当温位・水平風・雲頂高度。

風冷湿流が合流し、雲バンドが線状になっている。紀伊半島の一部で1時間100ミリを超える降水量となった。

29日18時では、紀伊半島に向かって南海上からの345K以上の高い相当温位の気流が入っている。空間断面図では、台風中心（約134°E）付近の対流圏では、相当温位が345K以上と高い。134°Eの東側では、600hPa付近に相当温位330K以下の低い領域があり、地表付近は345K以上である。この領域では、700hPaから鉛直上方は大気の状態が安定していることを示し、近畿・北陸・東海地方ではレーダーエコーが相対的に空いている。

第2.5.1.5図は台風第0421号周辺の大気の特徴を示したもので、左は29日09時、右は29日18時である。台風北側の日本海で850hPaの傾圧性が大きく、その南の縁には秋雨前線が解析される。台風中心付近では対流圏の相当温位がかなり高い。やや離れた東側（中国・四国・近畿）の700から500hPaには低い相当温位の領域がある。09時には、高知県へは南風暖湿流が入っている。熊野灘では、南風暖湿流と南東風冷湿流の合流場になって対流不安定を増している。

雲バンド及びレーダーエコーの追跡によると、29日09時に九州東岸の暖湿気流（①）が、18時には対流圏中層の相対的な冷気の中に進入している。暖湿気

流①は足早に東進したこともあって、降水量は1時間30ミリ程度である。一方、台風中心付近の近畿中北部では、1時間60ミリ程度の非常に激しい雨となった。

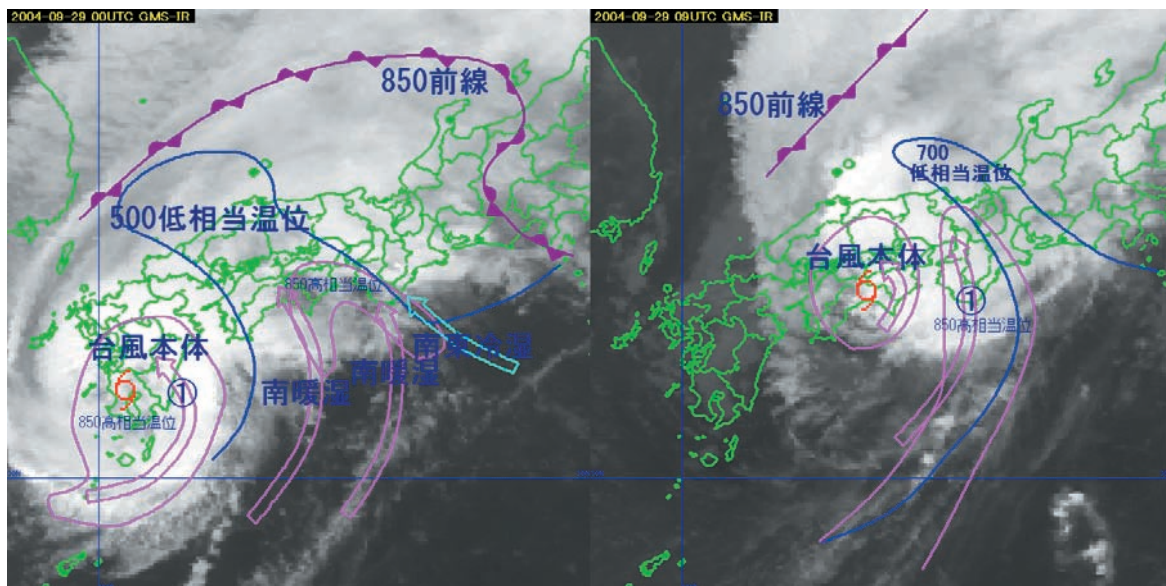
21時以降は、強雨域が北陸及び東北地方に移り、西日本ではそれまでの強雨ほどにはなっていない。

2.5.2 局地的な大雨の状況

2.5.2.1 三重県の大雨の解析*

台風第0421号の影響で三重県では9月28日夜宵の内から29日夜遅くにかけて大雨となった。特徴は、台風による雨よりもその前段の下層暖湿流による大雨が顕著であった。第2.5.2.1図に大雨となった尾鷲、宮川、津のアメダスの降水量時系列を示す。宮川では、28日21時から23時と29日07時以降（09時以降欠測）の二つの大雨ピークが見られる。

大雨はその要因により次の5つのステージがある。ステージ1は28日18時から24時で、宮川で22時までの1時間に86ミリの猛烈な雨が降った。ステージ2は29日00時から29日06時で、三重県南部（以下「南部」とする）で1時間40ミリ前後の降水が続いた。このステージ1と2の解析雨量の積算値を第2.5.2.2図aに示す。多いところでは、この12時間だけで24時間警報基準の400ミリに迫る雨となった。ステージ3は29日06時から13時で、南部を中心とした各



第2.5.1.5図 台風第0421号の周辺の大気構造の特徴
左：29日09時、右：29日18時（数字はhPa面）。

* 津地方気象台 林 久高（現 名古屋地方気象台）

地で1時間120ミリ以上の記録的な大雨となった。ステージ3の解析雨量の積算値を第2.5.2.2図bに示す。ステージ4は29日10時から15時で、三重県中部（以下「中部」とする）で大雨となった。雨域が広がったためステージ3と時間帯が一部重なっている。津では11時から14時の3時間に271ミリの猛烈な雨となった。ステージ4の解析雨量の積算値を第2.5.2.2図cに示す。ステージ5は29日19時から22時で、台風最接近時の降水である。

(1) ステージ1

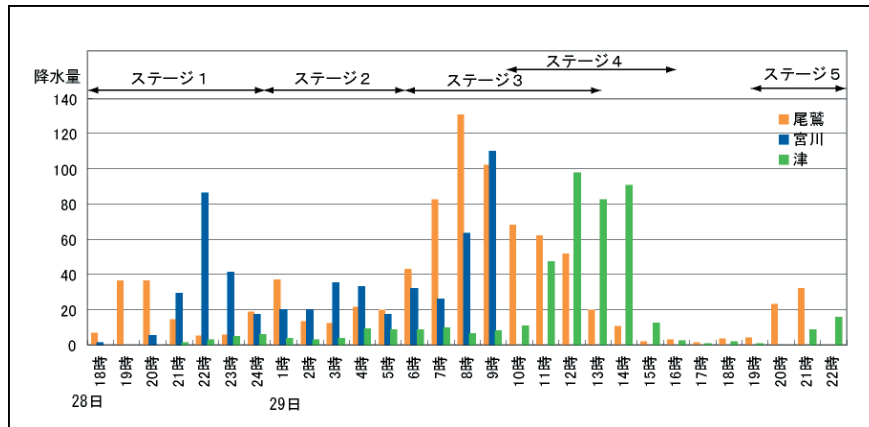
ステージ1は28日18時から24時の時間である。28日21時の地上の前線は伊勢湾から中部を通り中国地方に延びている。大雨は前線の南側でもたらされ、尾鷲では19時までの1時間に36.5ミリ、20時には

36ミリの激しい雨、宮川では22時までの1時間に86ミリの猛烈な雨が降った。

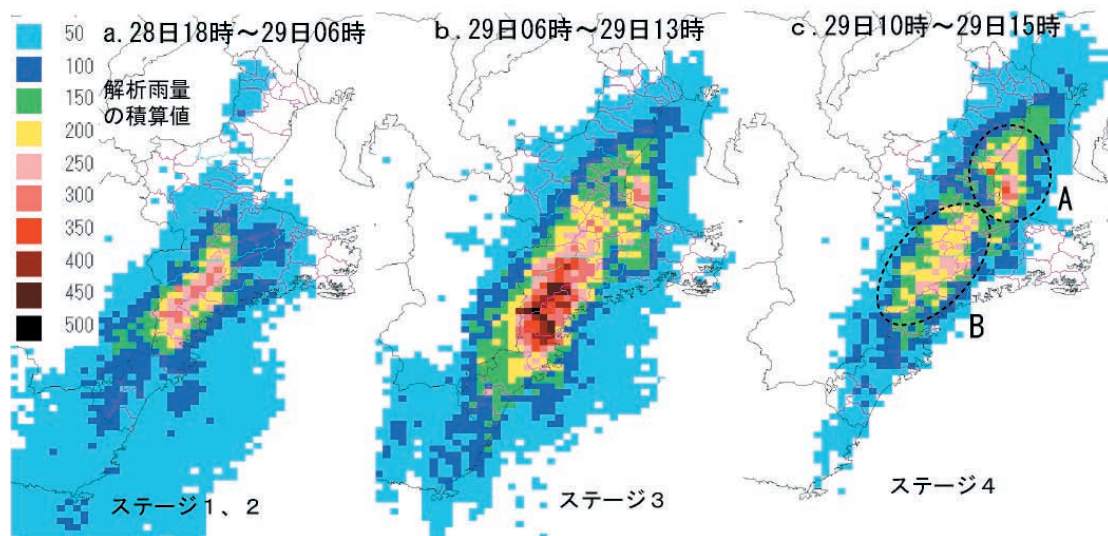
尾鷲のウィンドプロファイラ（以下「WPR」と記す）は28日18時過ぎから21時にかけて2,000から3,000m以下に55dB以上の強い反射強度で5から20ktの南東風が観測され、3,000から7,000mは空白域、7,000mより上空では弱い反射強度の南西風20から40ktが観測されている。下層で反射強度が強いことから、尾鷲上空には背の低い雨雲が流入してきていることが考えられる。

レーダー観測によれば、南部の南東斜面に強いエコー域が東西に延びるように観測され、ゆっくりと北上した。

数値予報モデルでは、28日21時に尾鷲上空925hPa以下で345K以上の湿潤な気塊、700から500hPaでは



第2.5.2.1図 尾鷲・宮川・津のアメダス降水量時系列図



第2.5.2.2図 解析雨量の積算値

336K 以下のやや乾燥した気塊となっており対流不安定な状態であった。尾鷲の激しい降水は、南東斜面により対流不安定な気層が強制上昇させられ対流雲の発達強化したことによる。

宮川村で22時までの1時間に観測された86ミリの猛烈な雨は、下層の暖湿流が強まったことによるもので、尾鷲 WPR では21時から22時に、下層の南東風が25から30ktに強まった。

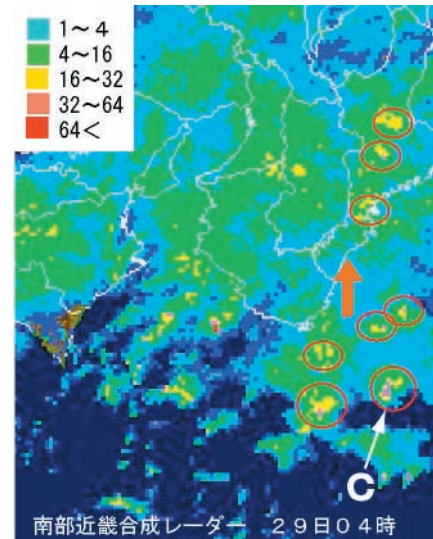
(2) ステージ2

ステージ2は、29日00時から29日06時である。第2.5.2.3図に、04時の南部近畿合成レーダーエコーを示す。図中に発達した積乱雲の集まりを赤丸で囲っている。衛星赤外画像でもクラスター状の雲域として観測されている（「以後クラスターエコー」と呼ぶ）。クラスターエコーは北上し、南部に進んでいる。このクラスターエコーが存在する紀伊半島南海上は、台風の接近により下層の暖湿流が強まっており、南風暖湿流と暖湿ではあるが、南風暖湿流より相対的に冷たい南東風冷湿流が合流している。数値予報モデル（28日21時初期値）では、925hPaより下層の相当温位は345K以上となっており、暖湿気塊であることを示している。クラスターエコーは、発達衰弱を繰り返しながら北へ移動し、南部の南東斜面に達して更に発達し激しい降水をもたらした。

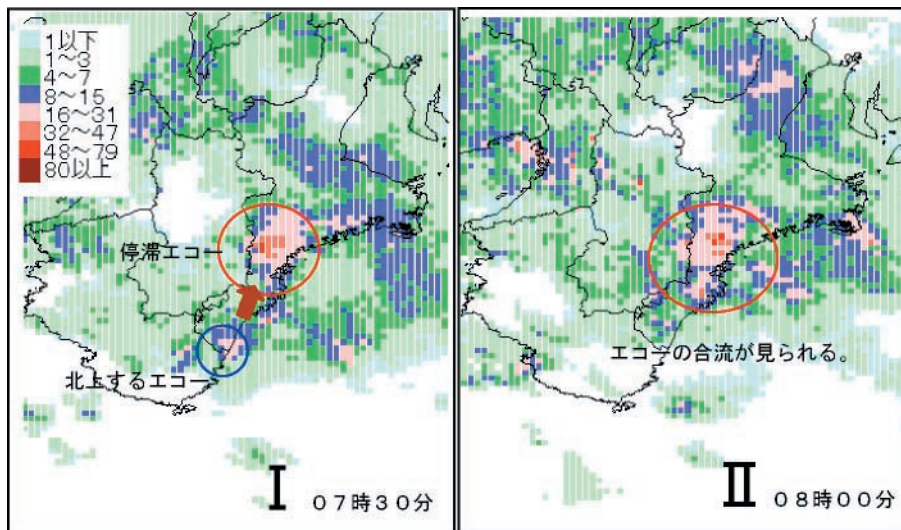
(3) ステージ3

ステージ3は、29日06時から13時である。ステージ3も引き続き、南風暖湿流と南東風冷湿流が合流し収束している。

第2.5.2.4図に29日07時30分と08時00分の西部東海合成レーダーを示す。赤丸で囲った地域の尾鷲市、海山町、宮川村には強いエコー域（16mm/h以上）が見られる。このエコー域は、06時に尾鷲市や海山町の山間部で発生したエコーが強まり、そこへ南海上から北上してきた強いエコーが次々と合流して、次第に強く大きくなったものである。この地域では、06時30分から10時00分にかけて同程度のエコー強度が



第2.5.2.3図 南部近畿合成レーダーエコー図



第2.5.2.4図 西部東海合成レーダーエコー図

続き、停滞しているように見える。

第2.5.2.5図に29日03時から09時までの尾鷲WPRの図を示す。(09時以降は停電のため欠測となった)。06時50分から07時20分には4,000m以下、07時20分から08時30分には1,000m以下に20kt以下の弱い風速場「D」が見られる。第2.5.2.6図には尾鷲の気圧の時間変化を示す。台風接近による気圧下降の傾向の中、WPRで20kt以下の風速が観測された06時50分から08時30分は気圧が1から2hPaほど高い。この時間は一時間に150ミリを超える猛烈な降水強度が観測された。気温変化は06時30分から08時00分にかけて1℃ほど下降した。風は06時50分までは東7m/sほどで、それ以降08時10分にかけては、おおむね北西の風2から3m/sに変わった。尾鷲の猛烈な降水・気圧上昇・気温下降・地上風速の変化は、尾鷲付近の低層には冷氣塊の形成を示している。尾鷲の気温約1℃の下降と、風が06時30分東7m/sから07時20分西北西の3m/sへ変化したことから、冷氣塊は1,000から1,500mほどの厚みがあったと推定される。この高度は、第2.5.2.5図「D」で観測された風の弱まりの高度とほぼ一致している。

08時40分には、尾鷲の上空にあった強いエコー域が北上して、強度8mm/h以下の弱いエコーとなった。

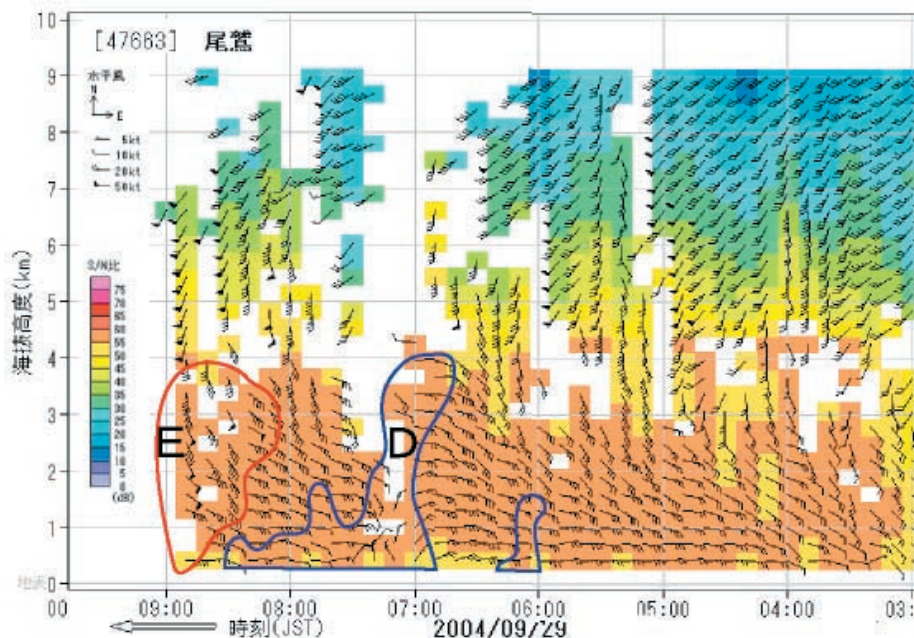
第2.5.2.5図のWPRでは08時30分から09時にかけて、4,000m以下で50kt以上の強風域「E」が現れている。強いエコー域の南には、南東の強風域がある。

第2.5.2.7図は29日09時の潮岬のエマグラムで、850hPaより下層の南東風は相当温位340K以上の暖湿流である。第2.5.2.6図を見ると、この時間の尾鷲の気圧はそれまで高めに推移していたが、20分で2.5hPaほど下がっている。南風暖湿流と南東風冷湿流が合流した流れの上昇による気圧下降であると考えられる。

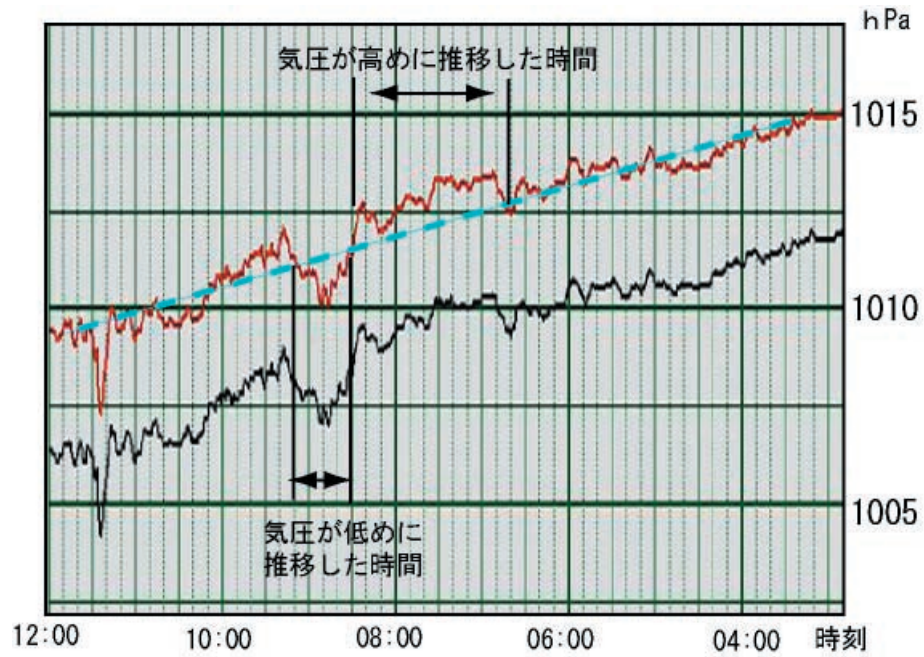
西部東海合成レーダーでは、停滞するエコー域の中でも更に強いエコー域(48mm/h以上)の北上が観測されている。これは南風暖湿流と南東風冷湿流が合流して南部に流れ込み、冷氣塊や南東斜面を上昇し、積乱雲として発達しながら北上していったものである。

降水のメカニズムを示した概念図を第2.5.2.8図に示す。下層の南風暖湿流と南東風冷湿流は熊野灘で合流する。合流した流れは滞留冷氣や南東斜面にぶつかり上昇して積乱雲を発達させ北へ移動する。

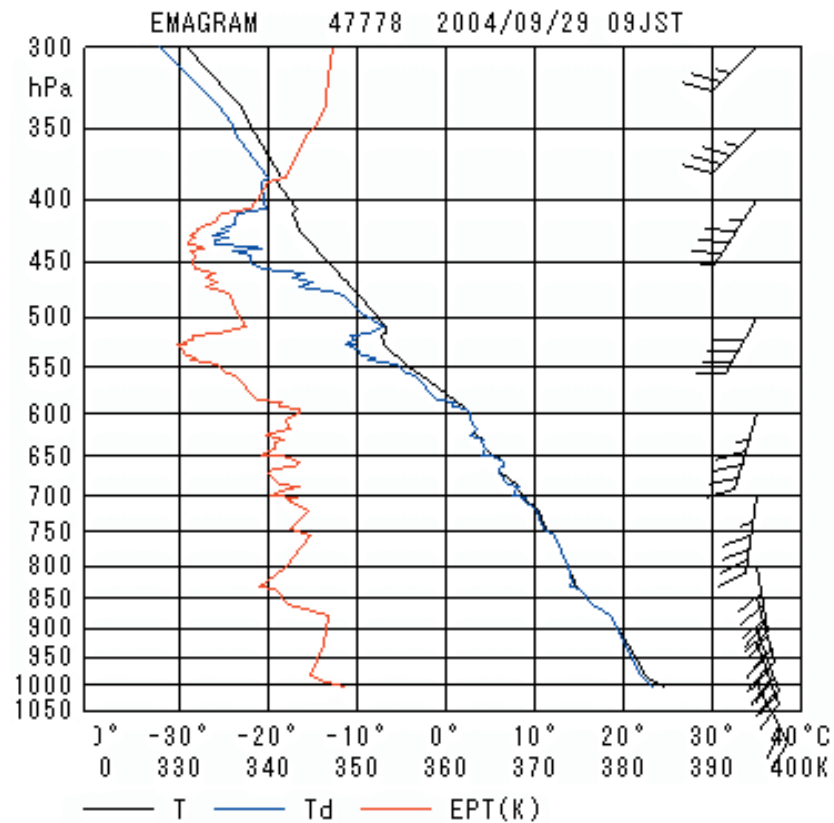
第2.5.2.7図エマグラムでは、500hPaより上空で乾燥域が観測されている。乾燥空気が流入し、雨滴の気化熱により温度低下した気塊が下降したため、下層に滞留冷氣が形成された。このサイクルが繰り返され



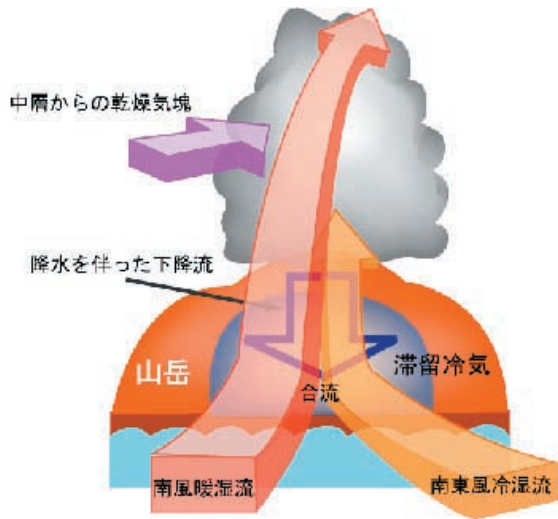
第2.5.2.5図 尾鷲のウィンドプロファイル



第2.5.2.6図 尾鷲の気圧の時間変化グラフ



第2.5.2.7図 29日09時の潮岬のエマグラム



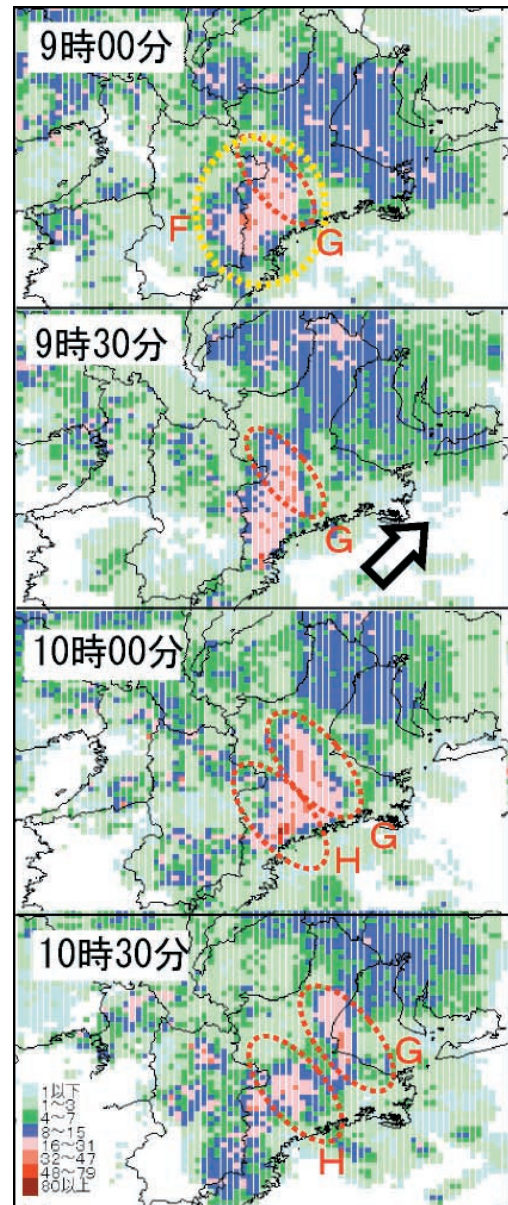
第2.5.2.8 図 降水のメカニズムを示した概念図

停滞する強い降水域が持続した。このため、1時間に120ミリを超える猛烈な降水となった。

09時以降は、下層風速の強まりとともに降水域はゆっくりと北へ移動し、宮川村で猛烈な降水となった。

(4) ステージ4

ステージ4は29日10時から15時である。第2.5.2.2図cに29日10時から15時までの解析雨量の積算値を示す。降水域は南西から北東に延びている。特に、津市や松阪市、鈴鹿市の伊勢湾沿岸部「A」と紀勢・東紀州の宮川村から中部の山間地（飯南町、大台町、勢和村、松阪市の山間部）「B」の二つの大雨域がある。「A」がステージ4の大雨で、津市付近で350ミリ弱の大雨となった。09時00分から10時30分までの30分毎の西部東海合成レーダーエコーを第2.5.2.9図に示す。09時00分の黄色い丸で囲んだ地域「F」には、ステージ3で強まった強度16mm/h以上のエコー域がある。09時から10時にかけて地域「F」から北東方向へエコー「G」が延びている。エコーは北西方向に広がりながら北東に進み、10時30分には地域「F」にある強エコーから離れている。このエコー「G」により、津では10時20分から40分の20分間に30ミリの雨が降った。10時30分には次のエコー「H」が北東へ移動している。二つ目のエコー「H」は、11時40分ごろに津を通過した。このように地域「F」には強いエコーが発生し、次々と北東進して中部に大雨をもたらした。この北東進する強いエコーは5回あった。



第2.5.2.9 図 西部東海合成レーダーエコー図

また、「G、H」のエコーに比べて強度は弱い、伊勢志摩や伊勢湾から北上するエコーが北東進するエコーと合流している。このように、南部で発達した積乱雲が北東進して中部で大雨をもたらしたが、積乱雲からの降水は第2.5.2.2図cの降水分布に見られるように一様ではなく、中部の伊勢湾沿岸で強まっている。

数値予報資料（29日09時初期値）では、南部で大雨をもたらした南風暖湿流と南東風冷湿流の合流は、台風の接近とともに北東に移動して29日12時ごろには伊勢湾付近に進んでいる。29日12時925hPaでは、伊勢湾には40kt以上の南東風が予想されている。

29日11時のアメダス気温は、三重県北部の四日市で19.8℃、中部の津で20.9℃、伊勢志摩の小俣22.8℃、鳥羽22.8℃であった。伊勢志摩と北部、中部とでは2から3℃の温度差があり、北部、中部の最下層には、南東風冷湿流より更に冷たい冷氣塊があった。アメダス四日市では、降水の始まりとともに気温の下降が見られることから、冷氣塊は先行する降水によりもたらされた。

中部の大雨は、南風暖湿流と南東風冷湿流が合流した流れが北部・中部の地表面付近の冷氣塊にぶつかり、上昇したところへ南部から積乱雲が進み再び発達して猛烈な降水をもたらしたと考えられる。

(5) ステージ5

ステージ5は29日19時から22時である。台風は29日20時半に大阪市付近に上陸した。台風の勢力は弱まりつつあり、南東側の雲域は南北に延びて、南海上に解析される寒冷前線につながっている。西部東海合成レーダーでも南北に延びたエコーとして観測される。エコーは時速約50kmの速い速度で東進したため、各地の降水は1時間ほどで終わった。降水量は、尾鷲の21時までの1時間に降った32ミリが最大であった。

(6) まとめ

南部では、ステージ1、2で400ミリ弱の降水が先行し、その後は南風暖湿流と南東風冷湿流が合流した流れと下層の滞留冷氣塊の存在により、猛烈な雨が数時間続いて大雨となった。中部では、先行する降水によりもたらされた最下層の冷氣塊と南風暖湿流と南東風冷湿流の三者が合流したところへ、南部から進んできた積乱雲が再び発達して大雨となった。

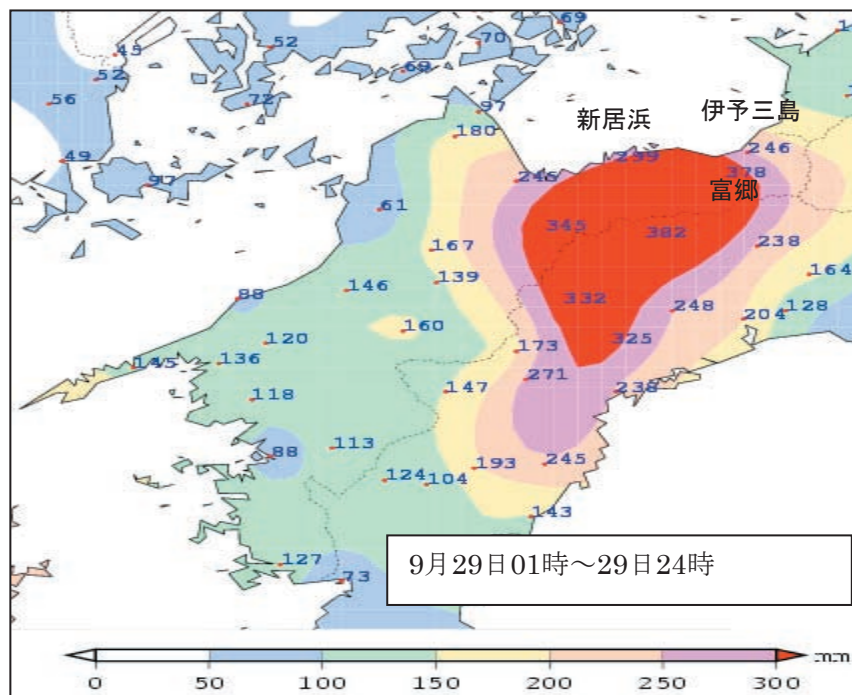
2.5.2.2 愛媛県新居浜市の大雨の解析*

(1) 愛媛県における降水分布

台風第0421号による降水（第2.5.2.10図）は、東予東部の高知県境付近の山間部を中心に大雨となったが、平地である新居浜市でも約300ミリの大雨となった。

(2) 強雨域の移動

レーダー・アメダス解析雨量（第2.5.2.11図）では、29日15時過ぎから南予北部の沿岸部で強まり始めた降水エコーが、領域を広めながら東北東に進み、16時過ぎには東予東部に入った。その後、降水エコーは19時まで東予東部の沿岸部に停滞した。17時から18



第2.5.2.10図 アメダス積算雨量分布図

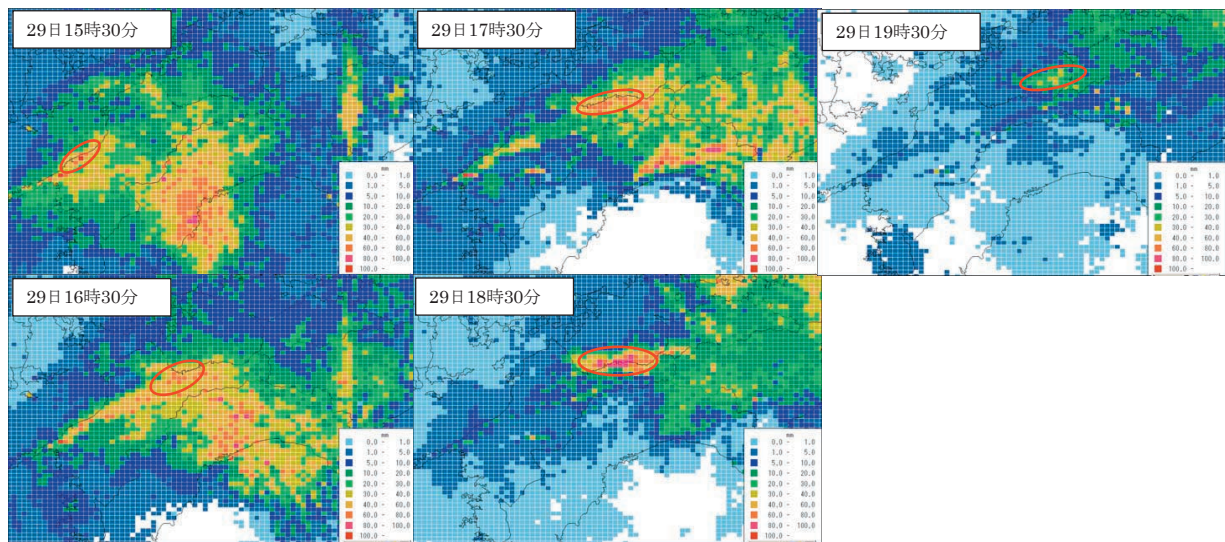
* 松山地方気象台 布 裕喜（現 関西航空地方気象台）

時30分ごろにかけて降水のピークとなり、新居浜、伊予三島、富郷では1時間40ミリから60ミリの非常に激しい雨となった。別に、富郷では08時から09時にかけて50ミリ以上の非常に激しい雨を観測した(第2.5.2.12図)。これは、四国の南海上から北上した台風のアウターバンドが東予東部に入ったためである。

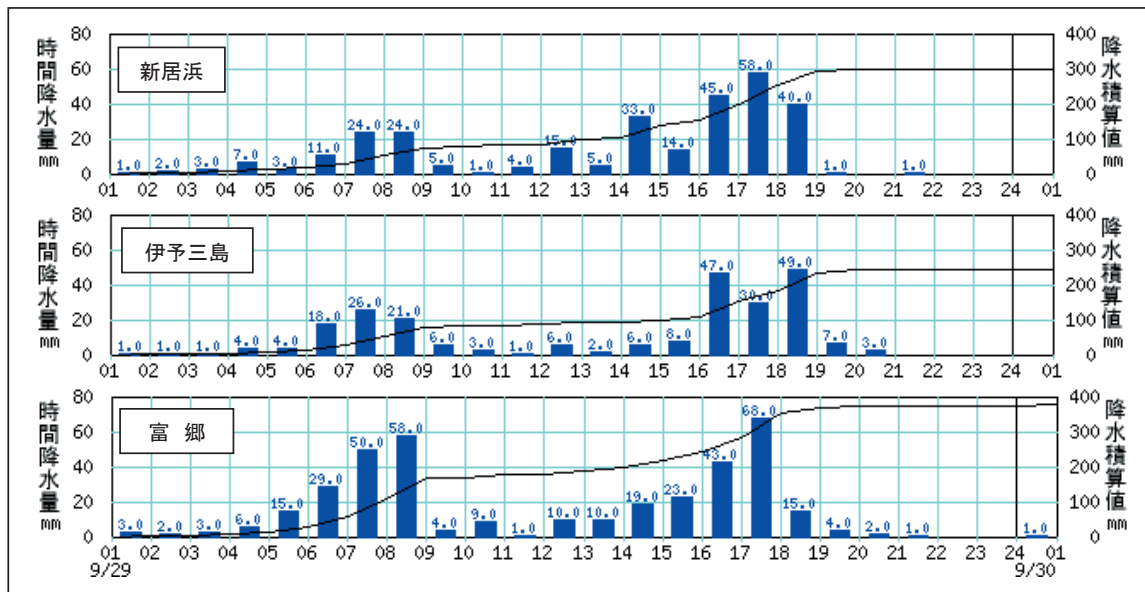
(3) 東予東部の大雨の要因

愛媛県では、昼過ぎから台風本体の強雨域が南予にかかり始め、夕方には東予東部に広がった。この強雨域は、毎時下層風解析(第2.5.2.13図)の、東予東部

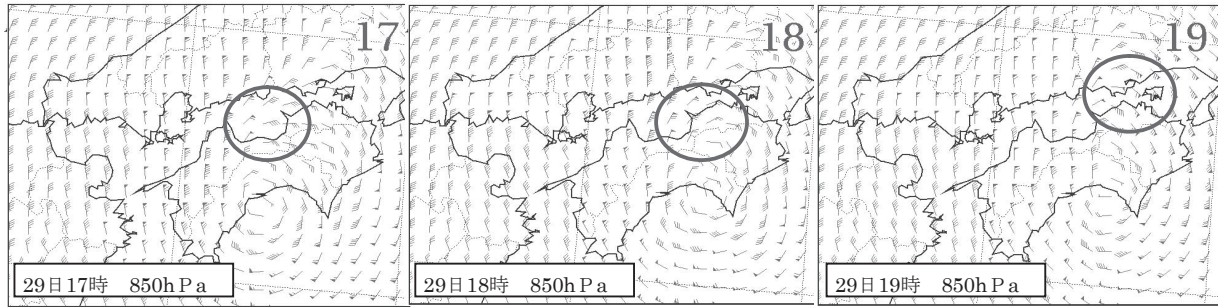
では北東風と東寄りの風の収束が始まった17時ごろから沿岸部を中心に更に勢力を強め、収束域が東に抜ける19時ごろまで激しい雨を降らしていることから、この収束域が大雨の要因と考えられる。また、新居浜では16時ごろから17時過ぎにかけて、広島県東部・岡山県西部から流れ込む北寄りの風が10メートル前後と強まっていた(第2.5.2.14図)。東予東部の地形は、沿岸部のすぐ南側が四国山地(石鎚山系)となっており、この風の強まりは強制上昇流場となりエコーの発達に寄与した。



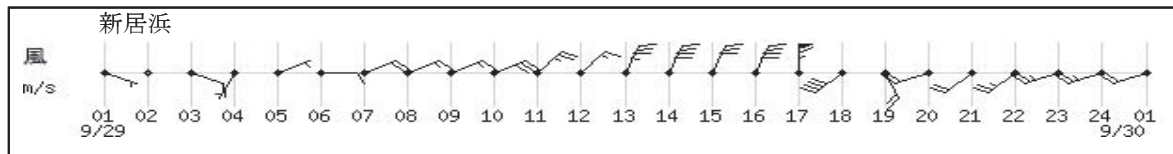
第2.5.2.11図 レーダー・アメダス解析雨量図



第2.5.2.12図 新居浜・伊予三島・富郷の降水時系列図



第2.5.2.13図 毎時下層風解析図(850hPa)



第2.5.2.14図 新居浜の風向・風速時系列図

2.5.3 災害の状況

2.5.3.1 災害の概要*

台風第421号と前線による大雨で、四国地方や近畿地方を中心に土砂災害や河川の氾濫及び浸水害が発生した。

特に愛媛県では土砂災害、三重県では洪水災害が著しかった。

(1) 愛媛県の災害状況

愛媛県での人的被害は死者14人、重軽傷者10人であった。特に新居浜市では、自宅で土砂崩れにあうなど5人が死亡し、西条市では避難所に向かう準備中に自宅を襲った鉄砲水に押し流されるなどして4人が死亡した。

家屋の被害は全壊、半壊、一部損壊、浸水による住家被害は6,500世帯に及んだ。(第2.5.3.1表)

災害の分野別では公共土木施設被害が最も多く、約110億円となり、全体の被害額は約198億4千万円となった。

(2) 三重県の災害状況

三重県では9月28日夜から南部を中心に激しい雨が降り始めた。翌29日には尾鷲で07時50分までの1時間に133ミリ、宮川で09時40分までの1時間に

139ミリ、津で12時10分までの1時間に98ミリなど各地で猛烈な雨が降った。日降水量は津で427ミリ(累年極値更新)、尾鷲で740.5ミリ(9月及び累年ともに第2位)と記録的な豪雨となった。

この豪雨により、県内各地で多くの土砂災害や河川の氾濫及び浸水害が発生した。特に南部における被害は甚大で、宮川村で発生した土石流等による被害は、死者6名、行方不明1名、重傷者2名の甚大な災害となった。また、海山町における浸水害は、二級河川の氾濫と内水氾濫がほぼ同時に起こり、町中心部が1から2mの浸水となり死者2名、床上浸水1,625世帯と過去に経験したことのない災害となった。

県内全体の被害状況は、第2.5.3.2表に示すとおりである。人的被害は死者9名、行方不明1名、負傷者(重傷)2名となっており、住家被害は全壊46棟、半壊23棟、床上浸水2,532棟、床下浸水3,316棟等となった。紀勢本線の赤羽川(紀伊長島町)橋脚流出による運休(10月27日復旧)など交通機関を始めとしたライフラインにも多くの被害が出た。これらの被害総額は約690億円となっており、災害の分野別では公共土木施設による被害額が最も多く、約300億円と全体の半分近くを占めている。

* 松山地方気象台 佐伯 準司
津地方気象台 伊藤 等

第2.5.3.1表 愛媛県の被害状況と被害額

愛媛県災害対策本部調べ（平成16年10月8日13時現在）。

区 分			被害数	区 分		被害数・額
人的被害	死者	人	14	非住家被害	棟	3
		重傷	4	公立文教施設等	千円	60,832
		軽傷	6	病院施設	施設	2
避難状況	避難指示	世帯	67	崖崩れ等	箇所	84
		人	195	農林水産業施設	千円	7,826,581
	避難勧告	世帯	2,877	農業被害	千円	558,095
		人	6,116	林業被害	箇所	3
	自主避難	世帯	284		千円	675
		人	521	公共土木施設等	千円	11,068,000
住家被害	全壊	棟	29	その他の公共施設	千円	142,626
		世帯	30	その他	千円	187,410
	半壊	棟	231	被害総額	千円	19,844,219
		世帯	231			
	一部破損	棟	306			
		世帯	308			
	床上浸水	棟	1,816			
		世帯	1,810			
	床下浸水	棟	4,142			
		世帯	4,121			

第2.5.3.2表 三重県の被害状況と被害額

区 分			被害	区 分			被害数	区 分		被害額(千)		
人的被害	死 者		人	9	その他	田 流失・	ha	0.31	公共文教施設		157,102	
	行方不明		人	1		畑 流失・	ha	0.23	農林水産施設		10,535,891	
	負傷者	重傷	人	2		文教施設	箇所	13	公共土木施設		30,160,425	
		軽傷	人	0		道 路	箇所	83	その他公共施設		2,335,497	
住家被害	全 壊		棟	46		橋りょう	箇所	3	小 計		43,188,915	
			世帯	2		河 川	箇所	97	その他	農産被害	594,376	
	半 壊		棟	23		港 湾	箇所	1		林産被害	119,199	
			世帯	17		崖 崩 れ	箇所	36		畜産被害	35,500	
	一部損壊		棟	39		鉄道不通	箇所	41		水産被害	549,496	
			世帯	26		水 道	戸	3,103		商工被害	4,979,234	
	床上浸水		棟	2,532		電 話	回線	2,250		その他被	19,782,200	
			世帯	2,110		電 気	戸	16,934	小 計	26,060,005		
	床下浸水		棟	3,316		り災害世帯数		世帯	2,129	被害総額		69,248,920
			世帯	2,092		り災害者数		人	1,414			

三重県調べ（平成16年10月8日現在）

三重県調べ（平成16年10月22日現在）

2.5.3.2 土砂災害の状況（愛媛県）*

9月29日、愛媛県内で土砂災害が発生した。愛媛県の調べでは、東予東部で66か所、中予や南予で数か所のがけ崩れが発生した（第2.5.3.1図）。

9月29日07時から雨が強まり、09時に東予東部の一部（四国中央市）で土壌雨量指数の履歴1位を更新した格子が出現した。その後、一旦雨は弱まったが、午後に入り強まり、新居浜市では、17時までの1時間に45ミリの雨量を観測した。

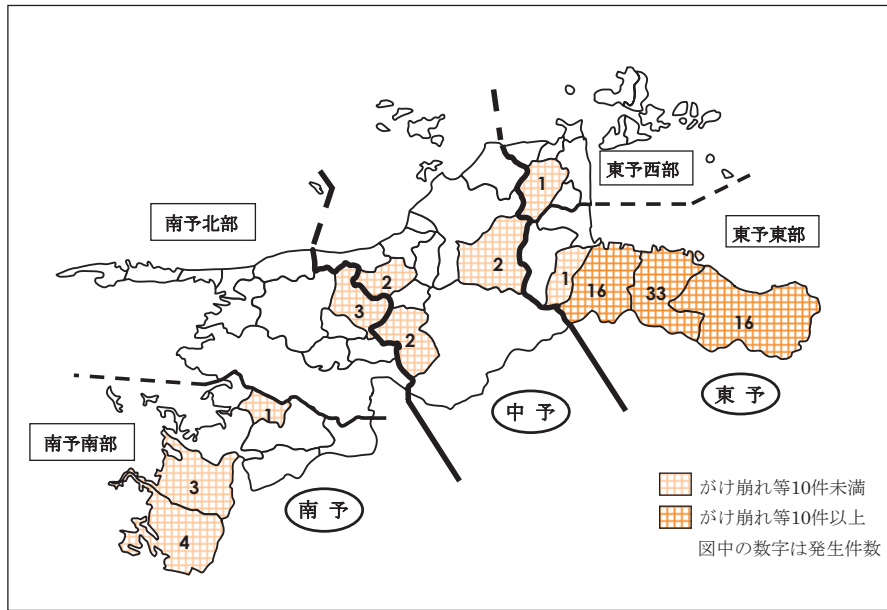
17時の土壌雨量指数では、東予東部に履歴1位を更新した格子が広がり、新居浜市の指数値が一段と高まった。その後も強雨が続き、新居浜市で18時、19時の1時間でそれぞれ58ミリ、40ミリと3時間で143ミリに達した。土壌雨量指数値は17時30分に東

* 松山地方気象台 佐伯 準司

予東部の西条市で履歴1位の格子が出始め、18時30分に西条市、新居浜市、四国中央市に及ぶ広範囲に履歴1位が出現した。

この大雨により東予では、18時過ぎに新居浜市大生院で土砂による住家崩壊（死者4名）、18時30ごろに四国中央市金田町で土石流の流入（死者1名）、西条市黒瀬地区では土砂崩れにより住家倒壊（死者2名）が発生した。土壌雨量指数は17時から19時にかけてピークとなり、土砂災害発生時刻と一致する。

今回の雨で履歴1位を更新した格子は、愛媛県全域に及んだが、土砂災害が多発した地域は、東予東部に集中しており、中でも新居浜市は33件と多かった。（写真2.5.3.1-2.5.3.4）



第2.5.3.1図 土砂災害発生状況

市町村ごとのがけ崩れ等発生状況（平成16年10月8日，愛媛県災害対策本部取りまとめ）。



写真2.5.3.1 新居浜市大生院（死者4名）
（愛媛県土木部提供）



写真2.5.3.3 四国中央市金田町池之奥川
（愛媛県土木部提供）



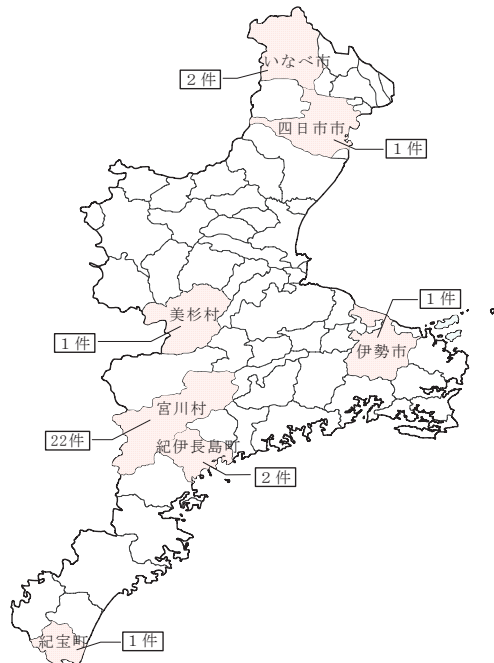
写真2.5.3.2 西条市大久保（愛媛県土木部提供）



写真2.5.3.4 新居浜市西の土居町御茶屋谷川（土石流）
（愛媛県土木部提供）

2.5.3.3 土砂災害の状況（三重県）*

今回の大雨による三重県内の土砂災害及び道路損壊の発生状況を第2.5.3.2図及び第2.5.3.3表に示す。特に、宮川村における土石流を始めとした土砂災害は22件発生し、死者6名等の甚大な災害となった。

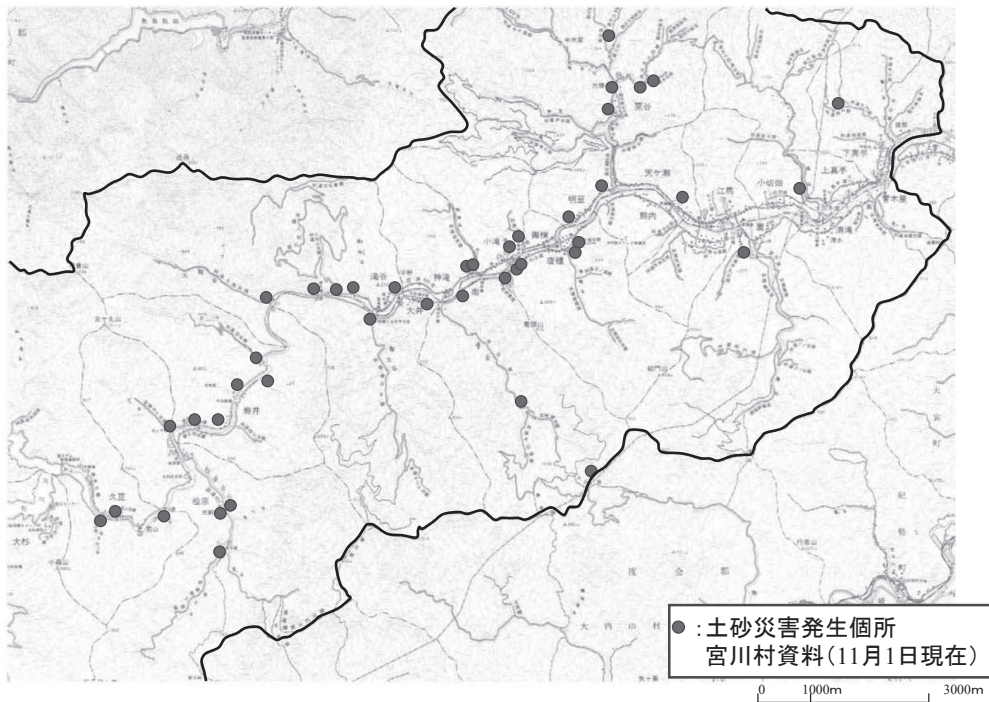


第2.5.3.2図 土砂災害発生状況

宮川村調べの詳細な土砂災害の発生状況は第2.5.3.3図のとおりで、これらの土砂災害の発生は29日10時過ぎから始まり、同時刻の宮川村における土壌雨量指数の分布状況は多くの格子で履歴1位となっていた（第2.5.3.4図）。

第2.5.3.3表 市町村別道路損壊状況
(平成17年2月1日現在 三重県調べ)

市町村	道路損壊	林道損壊	市町村	道路損壊	林道損壊
いなべ市	6	0	名張市	6	0
多度町	1	0	上野市	3	0
四日市市	3	0	青山町	3	1
鈴鹿市	8	0	大山田村	1	0
亀山市	3	1	伊賀町	1	0
関町	2	4	阿山町	1	0
津市	11	3	島ヶ原村	1	0
久居市	8	6	志摩市	3	0
河芸町	1	0	南勢町	2	0
芸濃町	7	1	度会町	0	2
美里村	7	3	大台町	2	0
安濃町	5	7	宮川村	86	314
一志町	13	43	大宮町	2	2
白山町	21	33	大内山村	8	81
嬉野町	34	0	尾鷲市	22	60
美杉村	30	46	紀伊長島町	17	220
三雲町	1	0	海山町	67	176
松阪市	38	45	熊野市	12	37
飯南町	14	103	御浜町	3	10
飯高町	9	82	紀和町	5	0
多気町	3	0	紀宝町	0	6
明和町	1	0			
勢和村	1	8	合計	472	1,294



第2.5.3.3図 宮川村における土砂災害発生箇所分布図

* 津地方気象台 大谷 智也



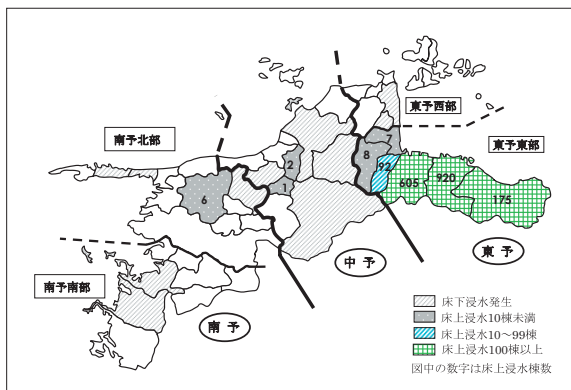
第 2.5.3.4 図 三重県土壌雨量指数履歴状況
(2004.9.29)

2.5.3.4 洪水災害の状況（愛媛県）*

愛媛県内では、各地で浸水害が発生し、東予東部に被害が集中した（第 2.5.3.5 図）。

東予東部では9月29日の午後、1時間雨量が40から50ミリを超える強雨が数時間続いた。このため、河川が増水し、新居浜市の尻無川、荷内川、西条市では界谷川（写真 2.5.3.5）、都谷川（写真 2.5.3.6）、四国中央市では関川（写真 2.5.3.7）、宮ノ谷川をはじめ、各中小河川で堤防の決壊や氾濫が発生した。

この洪水害（河川が増水）により西条市で2名が死亡した。住家被害では、床上浸水が新居浜市で920棟、西条市で605棟、四国中央市で175棟、床下浸水はそれぞれ1,050棟、1,545棟、928棟発生した。



第 2.5.3.5 図 洪水害（浸水）の状況

市町村ごとの浸水害発生状況（平成16年10月8日、愛媛県災害対策本部取りまとめ）

* 松山地方気象台 船本 幸二（現 広島地方気象台）



写真 2.5.3.5 西条市玉之江地内 都谷川（愛媛県土木部提供）



写真 2.5.3.6 西条市福武 界谷川（愛媛県土木部提供）



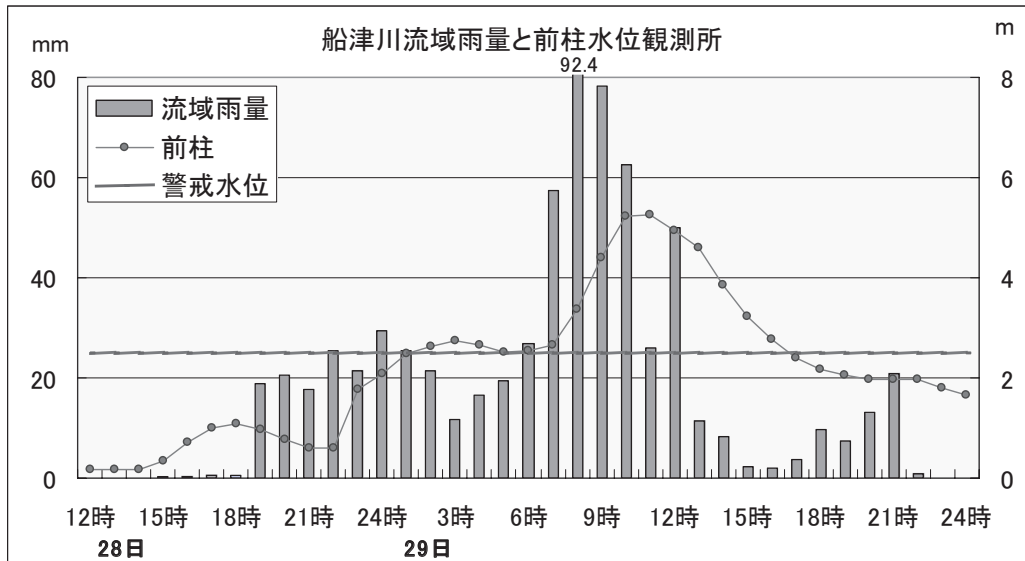
写真 2.5.3.7 四国中央市土居町上野 関川（愛媛県土木部提供）

2.5.3.5 洪水災害の状況（三重県）*

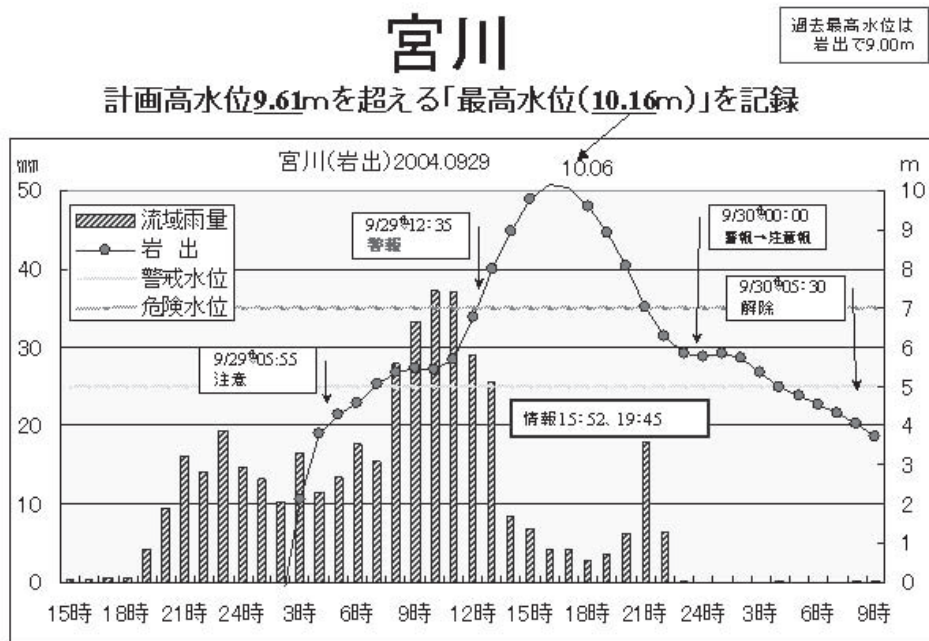
河川の氾濫は、一級河川の宮川を始めとして中部・南部の二級河川で多発した。特に、南部の海山町においては船津川（二級河川）の氾濫（第2.5.3.6図）により町の中心部で1から2mの浸水が発生し、死者2名、床上浸水1,625世帯の被害を受けた（第2.5.3.4表、写真2.5.3.8）。また、宮川洪水予報の岩出水位観測所における最高水位は10.16mと計画高水位（9.61m）を

上回り、過去最高水位を更新した（第2.5.3.7図、写真2.5.3.9）。宮川及支川である横輪川の氾濫による浸水害は、伊勢市で床上浸水144世帯等の被害となった。

また、津市において短時間強雨による床上浸水が451世帯発生（写真2.5.3.10）するなど、三重県下の大雨による浸水害発生状況は第2.5.3.8図のとおり広範囲に及んだ。

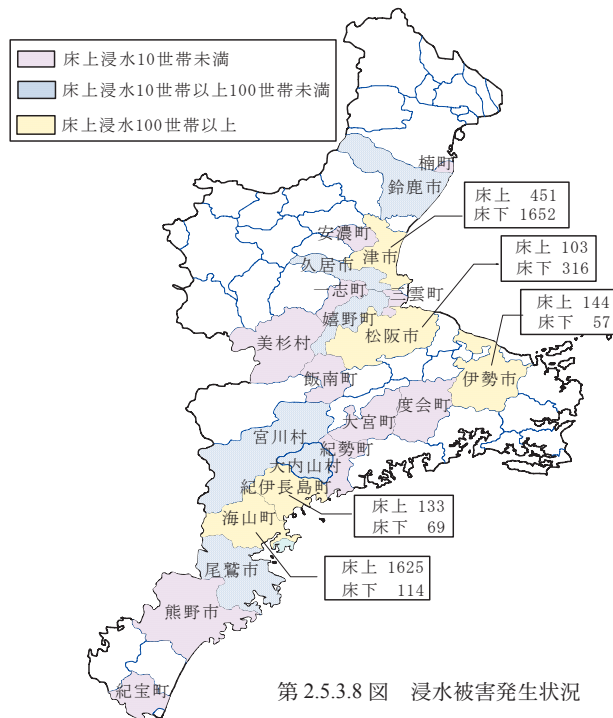


第2.5.3.6図 船津川の水位



第2.5.3.7図 宮川の水位

* 津地方気象台 岡本 和己



第2.5.3.4 表 市町村別浸水被害

市町村	床上浸水	床下浸水
四日市市	0	23
桑名市	0	1
鈴鹿市	33	367
楠町	1	44
津市	451	1,652
久居市	25	132
河芸町	0	12
芸濃町	0	1
美里村	0	4
安濃町	6	38
香良洲町	0	5
一志町	1	79
白山町	0	7
嬉野町	21	83
美杉村	1	19
三雲町	5	27
松阪市	103	316
飯南町	7	45
飯高町	0	16
多気町	0	6
大台町	0	5
宮川村	13	69
伊勢市	144	57
大宮町	1	1
紀勢町	5	16
大内山村	12	17
度会町	6	9
尾鷲市	88	183
紀伊長島町	133	69
海山町	1,625	114
熊野市	8	28
紀宝町	1	14
合計	2,690	3,459



写真 2.5.3.8 海山町相賀

浸水ピーク時は、道路から250cmの浸水が発生し、1,625世帯が床上浸水となる。



写真 2.5.3.9 宮川の水位上昇により近鉄宮川橋に迫る水面
(三重河川国道事務所提供)



写真 2.5.3.10 津市島崎町

市内で床上浸水451棟、床下浸水1,652棟の浸水害となる。

2.5.4 大雨に関する防災気象情報の発表と今後の課題*

2.5.4.1 愛媛県の場合

松山地方気象台では、台風第0421号に対して第2.5.4.1図のように防災情報を発表した。

「我々が抱えている危機感を受け側にいかに伝えるか」という観点から、防災機関への聞き取り調査を行った際の要望を参考に、アメダス積算雨量を分布図で示し、極値の更新の観測成果や統計値との比較を積極的に情報の中に示すよう心掛けた。過去の事例と比較して表現すると、被害がなかった場所では「あの時は大丈夫だったので、今回も大丈夫だろう」という安心感を持たれてしまうおそれがある。このため、情報の表現を工夫する必要がある。

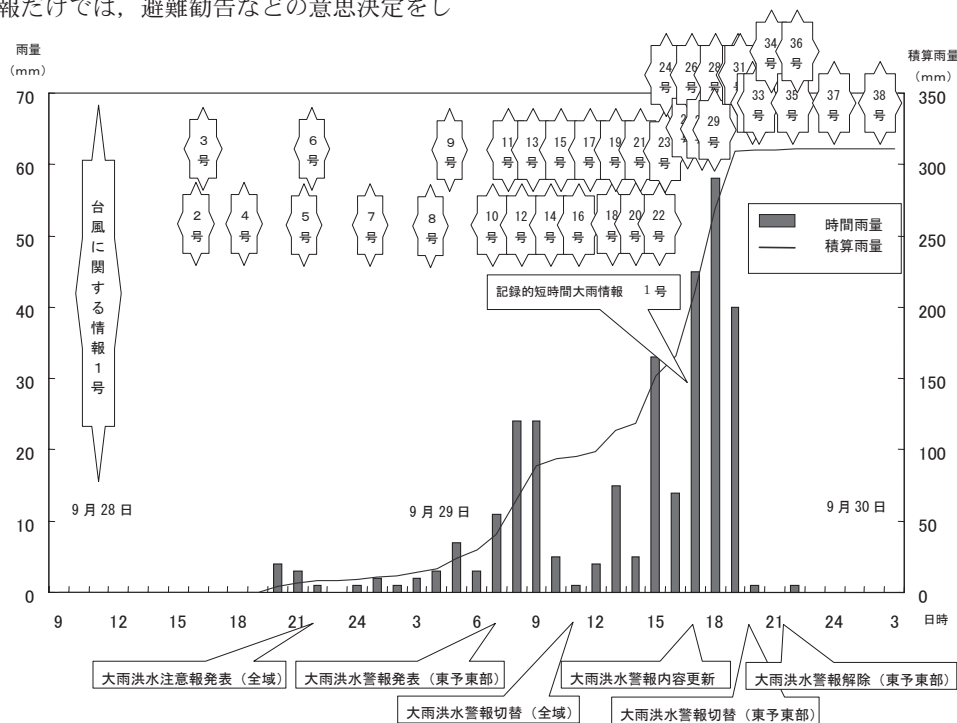
(1) 防災情報の検討

聞き取り調査の結果では、災害が発生していない段階では「過去数年間で最も・・・」のキーワードを使った大雨警報の「重要変更」は重要視されていない（「重要変更」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる）。また、気象台の発表する情報だけでは、避難勧告などの意思決定をし

ないとのことである。

しかし、災害発生後は気象台の発表する情報にある程度、危機感を持ったとのことである。大雨警報の「重要変更」や「記録的短時間情報」は、数年に一度程度の発表であるが、自治体の防災担当者の異動もあり、これらの情報を理解出来ているのか分からない。毎年開催される防災担当者会議で、台風・地震・気象情報・解析雨量等の説明を繰り返し行っているが、いざという時に活用されないことも多い。防災情報が活用されるためには、引き続き、大雨警報の「重要変更」を含め、気象情報等の啓発活動が必要である。

大雨警報の「重要変更」を行った場合、見出しの中に記述する内容は土砂災害の事が中心となり、浸水害については「浸水に警戒して下さい」と簡略化することが多い。また、台風の場合であれば、暴風や高波、高潮など警戒事項が増え、多くのことを書き込まなければならないため焦点がぼやけてしまう。実際に、ユーザー側は住んでいる地域によって災害に対して警戒すべき災害種類が変わる。今後、現状の枠内でいかに表現すれば危機感が伝わるのか、検討しなければならない。



第2.5.4.1図 防災愛媛県の降雨状況と防災情報発表状況（アメダス雨量：新居浜）

* 松山地方気象台 布 裕喜（現 関西航空地方気象台）
津地方気象台 井上 秀行

(2) 気象情報の改善に関する課題

愛媛県では、注意報・警報及び気象情報を防災情報システム（防災行政無線）により県内市町村へ伝達し、市町村は音声で住民に伝達している。予報作業支援システムへの移行後、注意報・警報の発表内容において、予想値が各細分区域とも同じでも、細分区域毎での記述となるため、内容が長文化し、伝達に時間を要することになり苦慮している。また、市町村合併に伴い、地域名（市町村名・細分区域名）が変更・広域化した結果、対象地域が分かり難くなり、旧市町村程度の地域名での発表の要望がある。

注意報・警報の短文化については、気象庁の予報作業支援システムの問題もあり難しい面もあるが、音声用の情報作成も必要と考える。地域名の要望については、市町村防災担当者や住民の要望に沿えるよう検討する必要がある。

2.5.4.2 三重県の場合

(1) 予報作業、防災情報の検討

中部と紀勢・東紀州に発表していた大雨、洪水警報を29日06時25分に切り替えた後、「記録的短時間大雨情報」を07時40分に尾鷲で1時間雨量122ミリ、08時30分に宮川村、海山町、紀伊長島町付近で、09時05分に尾鷲市付近で120ミリ以上、09時40分に

宮川で121ミリ、09時50分に飯高町付近で120ミリ以上と第5号まで発表した（第2.5.4.2図）。

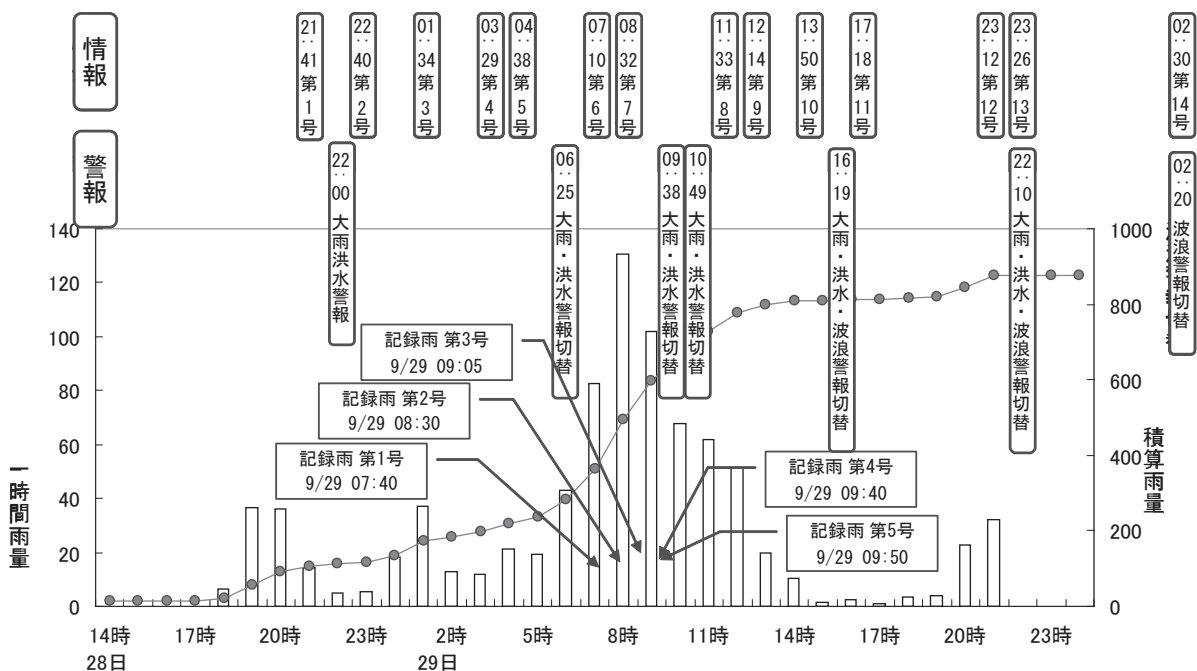
土壌雨量指数の状況は、07時30分に紀勢・東紀州で履歴1位が2格子出現し、08時00分には、履歴1位が紀勢・東紀州で6格子と急増した。そのため県に対して電話連絡を行い、併せて図形式の三重県気象情報を08時32分に発表した。

08時30分には履歴1位格子数が10格子と更に増え、かつ2時間後の予想では30格子と急激な拡大を示していた。記録的短時間大雨情報の発表作業に忙殺され、重要変更の警報切替えを行ったのは、09時の履歴を確認したあとの09時38分であった（「重要変更」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる）。

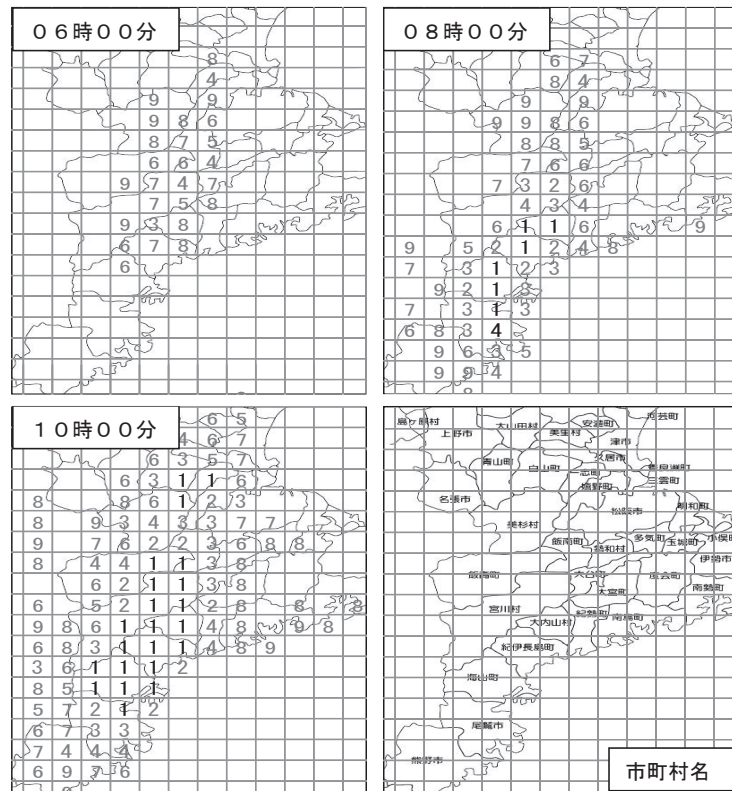
(2) 土砂災害に関する検討

宮川村での現地調査等によると、大規模な斜面崩壊や土砂崩れ、土石流は29日10時過ぎから始まっており、土壌雨量指数履歴順位1位格子の分布状況と対応がよかった（第2.5.4.3図）。

なお、今回の大雨においては中部・南部の多くの格子で履歴1位を更新し危険な状況が続いたが、宮川村以外の地域では大規模な土砂災害発生の報告はなかった。



第2.5.4.2図 三重県の降雨状況と防災情報発表状況（紀勢・東紀州）



第2.5.4.3図 土壌雨量指数の推移状況

(3) 気象情報の改善に関する課題

津地方気象台では、今後の気象情報の改善を目的として、防災気象情報に関するアンケート方式の聞き取り調査（11月29日回収）を三重県いなべ市、及び被害の大きかった紀伊長島町と海山町に対して実施した。宮川村に対しては、NPO 法人環境防災総合政策研究機構によるヒアリング調査が12月8日に予定されており、重複するため実施を見送った。

この調査結果は第2.5.4.1表の通りであり、津地方気象台発表の警報を始めとした情報について、タイミングや有効性は評価されたものとなっている。

これとは別に三重県防災危機管理局防災対策室に対しての聞き取り調査も実施した。この調査項目のうち、警報の重要変更については、「十分承知しており、防災対策上極めて有効な情報として活用できた。特に市町村長が行う避難勧告、指示に際して、指導・アドバイスを行う場合の判断材料の一つとして有効に活用できた。」との回答があった。

三重県及び市町村は警報発表で災害対策本部を立ち上げるなど防災体制を強化しており、この防災体制が機能している状態で発表する「市町村を明記した重要

変更」の警報は、県を始めとして市町村に評価を受けており、今後も継続を希望している回答となっている。これらのことから、市町村を対象として計画されている土砂災害警戒情報は避難勧告の運用を判断する有効な情報と成り得る。ただし、豪雨時の避難活動における二次災害を防ぐために、今後も精度の高い予測資料が不可欠であり、適切なリードタイムを取った注意報・警報を発表していかなければならない。

一方、宮川村役場でのヒアリング調査や新聞報道などによると、津地方気象台の発表した「重要変更」、「記録的短時間大雨情報」とも残念ながら宮川村担当者には、有効に利用されたとはいえなかった。その最も大きな理由は、役場内は住民などからの電話や県との対応に追われて混乱を極め、情報の確認まで手が回らなかったことが上げられる。

被災後は、宮川村など被災地の復旧作業支援等を目的とした「紀勢・東紀州の雨に関する三重県気象情報」や「宮川村気象解説資料」（11月24日まで運用）について、県及び市町村から有効な情報である旨の謝意をいただいた。今後も同様な機会には二次災害を防ぐ見地から地方自治体の要望を踏まえて対応したい。

第 2.5.4.1 表 三重県内の防災気象情報に関するアンケート結果

質問項目	三重県防災対策室	いなべ市	紀伊長島町	海山町
注意報・警報は役立ったか	非常に役立った	非常に役立った	まずまず役立った	非常に役立った
具体的にどのような場面で活用したか	各種判断	各種判断	防災体制立ち上げ及び待機の判断	各種判断
台風情報は役立ったか	非常に役立った	非常に役立った	まずまず役立った	非常に役立った
各種気象情報は役立ったか	非常に役立った	非常に役立った	まずまず役立った	非常に役立った
情報の発表頻度は適切だったか	適切	適切	適切	適切
各種情報の発表タイミングは適切だったか	適切	適切	適切な発表であったが解除を早く	適切な発表であったが解除を早く
注・警報の内容表現は如何だったか	非常に理解しやすい	大体理解	大体理解	大体理解
注・警報の内容のうち利用上の重点	災害現象、地域、時間、量・強度、今後の見込み	地域、時間、量・強度	地域、時間、今後の見込み	災害現象、地域、時間、量・強度、今後の見込み
重要変更についてはご存知だったか	認識あり	認識あり	認識あり	認識あり
今後の防災活動への判断に活用できるか	非常に有効	非常に有効	まずまず活用できる	非常に有効
市町村名を明記する事について	常に明記	常に明記	常に明記	可能な限り明記
重要変更をどのような場面で活用できるか	体制判断、避難勧告・指示の判断	体制判断、避難勧告・指示の判断	体制判断、避難勧告・指示の判断	体制判断、避難勧告・指示の判断
重要変更の有効性は如何か	非常に有効	非常に有効	まずまず有効	非常に有効
各種災害の注目度の順番	洪水、土砂、浸水、高潮、強風、波浪	土砂、洪水、強風、浸水、波浪、高潮	浸水、洪水、土砂災害、高潮、強風、波浪	土砂、洪水、浸水、高潮、強風、波浪

2.6 台風第 0423 号による大雨の解析と災害の状況

2.6.1 台風第 0423 号に伴う気象状況 *

2.6.1.1 台風第 0423 号の概要

10 月 13 日にマリアナ諸島近海で発生した台風第 0423 号は、最盛期の 17 日には中心付近の気圧が 940hPa、最大風速は 45m/s、15m/s の強風域は南側 1,100km、北側 600km にも及ぶ超大型で非常に強い台風となった。18 日には大型で強い勢力で沖縄の南海上を北上し、19 日には、沖縄本島から奄美諸島沿いに進んだ。大型で強い勢力を維持して 20 日 13 時ごろに高知県土佐清水市付近に上陸して、高知県沿岸を進み、15 時過ぎに高知県室戸市付近に再上陸し、18 時前に大阪府南部に再上陸した。大阪府南部に再上陸した後は、近畿から東海地方を東北東方向に通過し、21 日 03 時に関東地方で温帯低気圧に変わった。

台風による記録的な大雨と猛烈な風により、西日本を中心に、広い範囲で災害が多数発生した。兵庫県北部の円山川や京都府北部の由良川では河川の氾濫による洪水災害、愛媛県・香川県・岡山県などでは大雨による土砂災害、高知県では防潮堤決壊を引き起こした高波災害などが発生した。死者・行方不明者数は、全国で 100 人近くに及ぶ甚大な被害となった。

* 大阪管区气象台 高橋 清和

第 2.6.1.1 図は、20 日 09 時の 500hPa 高層天気図である。日本の南東海上で亜熱帯高気圧の勢力が強く、台風は亜熱帯高気圧の縁に当たる南西諸島付近を通過した。朝鮮半島付近や東日本・北日本は、西寄りの風が卓越している偏西風帯である。台風は、偏西風の影響を受けて次第に進路を東よりに変えた。また、山陰沖から東シナ海にかけては等温線がこんだ傾圧帯が存在している。傾圧帯の北側にある低温域は台風の中心に進入し、温帯低気圧化が始まった。

2.6.1.2 大雨と暴風の状況

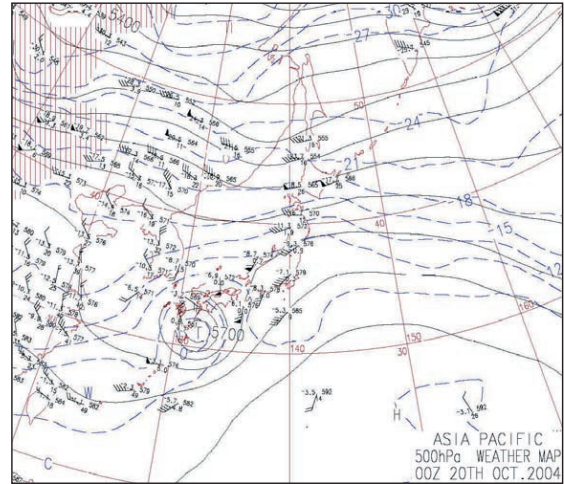
10 月 19 日は、南西諸島付近を北上する台風第 0423 号によって西日本の南岸に停滞する秋雨前線が活発化したため、宮崎県・大分県・五島のほぼ全域と、南西諸島・四国・紀伊半島・伊豆諸島の一部でも日降水量が 100 ミリを超えた。20 日は、太平洋側では台風本体と南からの温かく湿った空気の流入のため、日本海側では北東からの冷たい空気の流入も加わり、各地で記録的な大雨となった。20 日の日降水量は、四国山地で 400 ミリ、九州山地・紀伊山地の南東斜面・淡路島・山陰の一部で 300 ミリ、近畿北部・北陸・東海・関東甲信地方でも一部で 200 ミリを超えるなど、西日

本・東日本は広く100ミリを超えた。大分・愛媛・徳島・香川・鳥取・兵庫・京都・福井・石川・富山・岐阜・長野の広い範囲の各府県のアメダス観測所では、日降水量の極値を更新する地点が続出した。日降水量300ミリ以上で極値を更新したのは、大分県の佐伯(331ミリ)・蒲江(369ミリ)・愛媛県の富郷(441ミリ)・新居浜(320ミリ)・徳島県の穴吹(320ミリ)・兵庫県の郡家(301ミリ)・洲本(309ミリ)である。また、20日の日降水量の最大は、徳島県福原旭で470ミリであった。

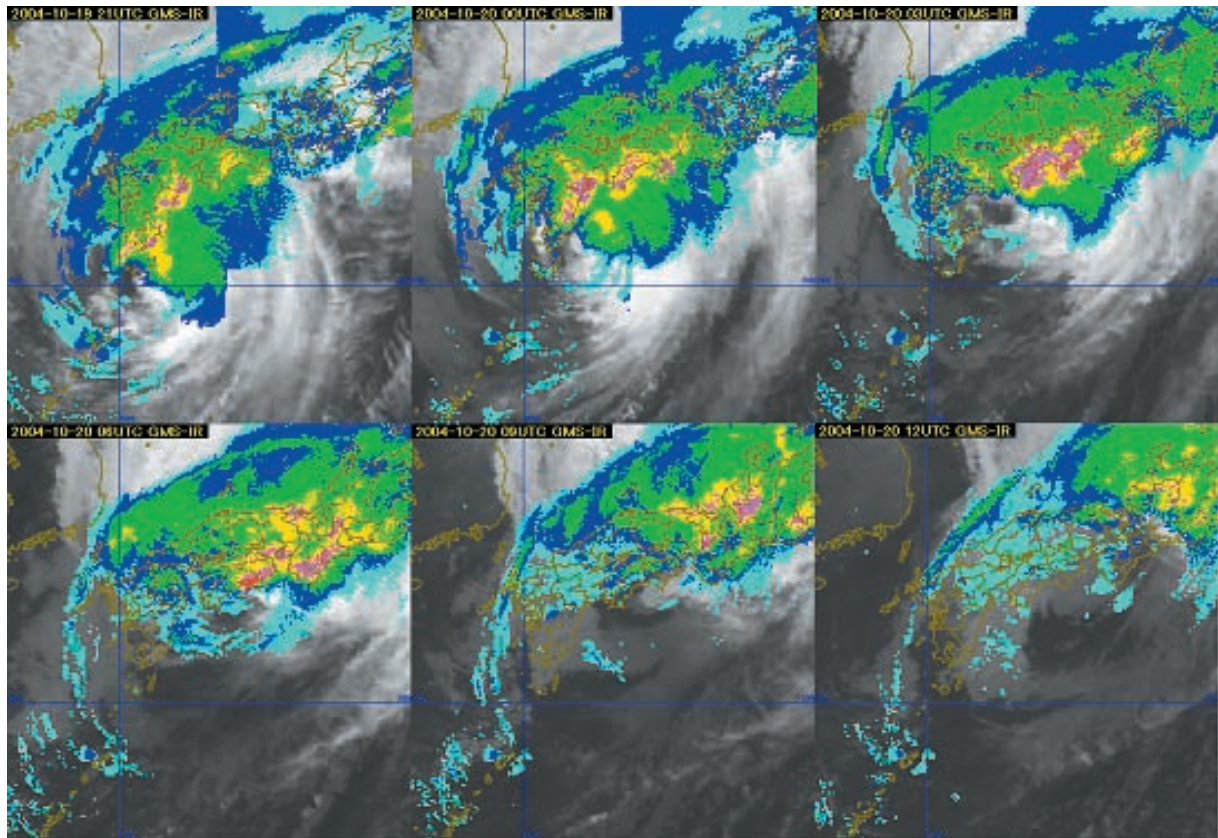
第2.6.1.2図は、20日06時から21時まで3時間毎のレーダーエコー合成図である。大雨のピークは、九州東岸が20日明け方から昼前、四国が昼前から昼過ぎ、淡路・紀伊半島南部が昼過ぎから夕方、近畿北部が夕方から宵の内である。1時間降水量は、九州・四国・紀伊半島にわたる各地で60から70ミリを観測した。1時間降水量の最大は20日14時50分に高知県芸西で観測された87ミリであった。

風は、台風の南西側の高知県室戸岬で最大風速が

20日14時50分に南の風44.9m/s、台風の北西側に当たる長崎県雲仙岳で最大瞬間風速が20日12時52分に北の風63.7m/sが観測された。台風の北側となった近畿地方北部でも北東の風が強く、20日17時10分に京都府間人で北東の風26m/sの最大風速が観測された。



第2.6.1.1図 2004年10月20日09時の500hPa天気図



第2.6.1.2図 2004年10月20日のレーダーエコー合成図 (モノクロは衛星赤外雲画像)

上段左から20日06時、09時、12時、下段左から15時、18時、21時。

太平洋側では、猛烈なしけとなり高波による著しい沿岸波浪害が発生した。高知県室戸岬の北西に位置する室津の波浪計（国土交通省四国地方整備局）では14時に13.55mが観測され、14時40分ごろには室戸岬高浜地区で防潮堤が破壊された。高潮は、南西諸島や東海地方以西の太平洋側での潮位偏差が100cmを上回った。15時12分には室戸岬でTP上289cmの最高潮位が観測されるなど、日本の南岸を中心に潮位はTP上200cmを超えた。

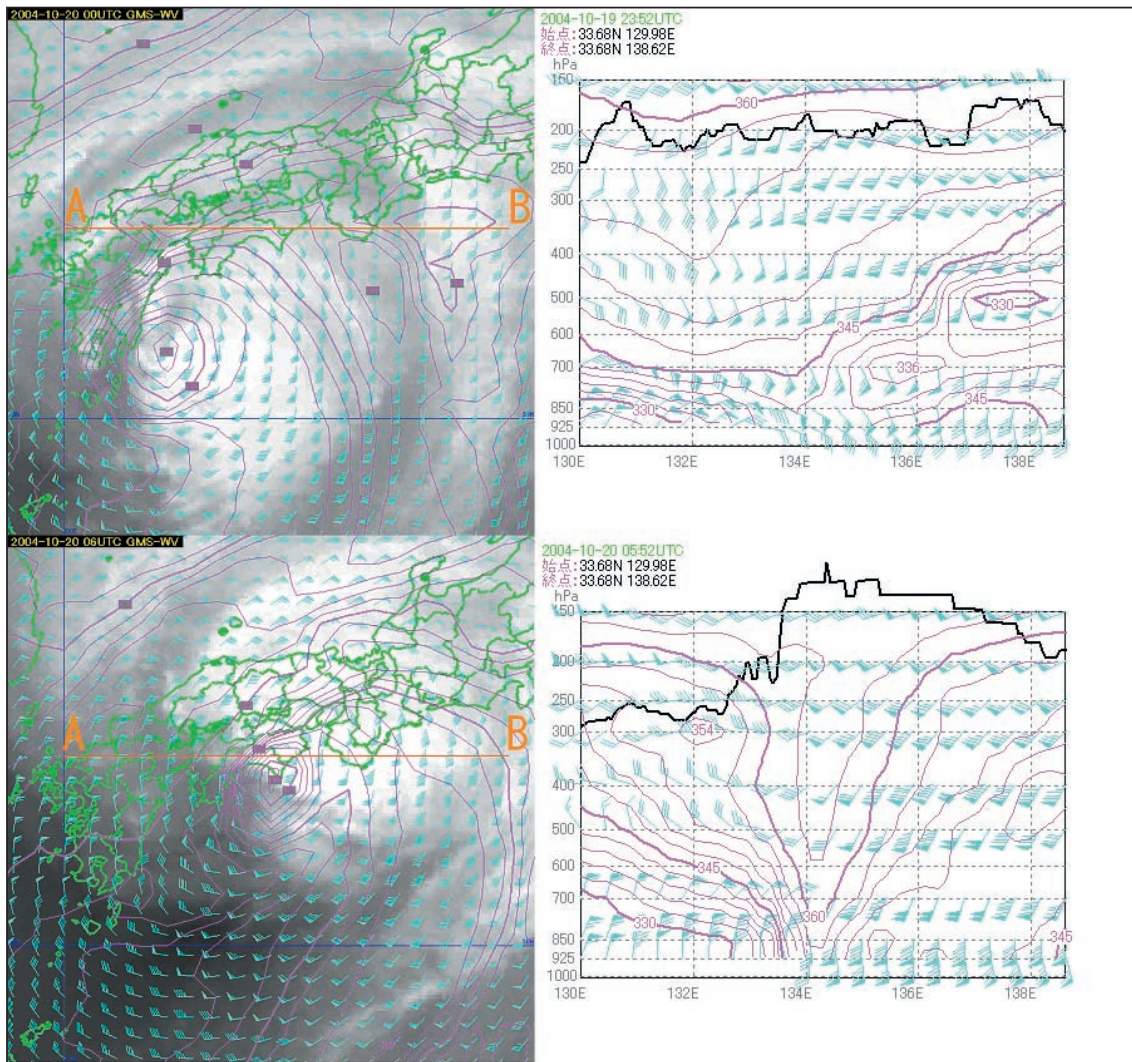
2.6.1.3 大気構造の解析

第2.6.1.3図は西日本での衛星赤外雲画像と数値予報モデル（RSM）の解析である。

20日09時では、345K以上の高い相当温位域が、

九州南部から四国西部及びその南海上と、伊勢湾の南海上に二つある。前者は、台風の暖気核域であり、対流圏での潜熱の放出によるものである。後者は、対流圏下層での南海上からの暖湿流である。500hPaでは330K以下の低い相当温位となっており、対流不安定な状態となっている。モデル内では、700hPaの鉛直p速度が約-90hPa/hと、台風の中心付近ほどは大きくないが上昇流域であることを示している。

15時では、近畿から東海地方にある高相当温位域に対応する発達した雲域がある。これは、09時に四国の南海上にあって、台風中心の南東側に位置した雲域である。台風の南側には低相当温位の領域が北西方向から反時計回りの緩やかならせん状に台風の中心に向かって進入している。



第2.6.1.3図 衛星雲画像と数値予報モデル（RSM）の解析

上段 20日09時（初期値） 下段 20日15時（FT=06）

左列は、衛星赤外雲画像・850hPaの風と相当温位 右列は、左図AB鉛直断面での相当温位・水平風・雲頂高度。

第2.6.1.4図は台風第0423号周辺の特徴を示したもので、左は20日09時、右は20日15時である。

09時には、九州・四国とその南海上では台風中心の暖気核と南海上からの暖湿流がまとまり、伊勢湾へは南海上から対流圏下層で暖湿流が流入している。

15時には、近畿北部が冷湿北東風と暖湿南東風の収束域になっている。冷湿北東風は850hPaの前線の北側でかつ日本海海上からのものであり、暖湿南東風は伊勢湾・関が原付近を經由した台風が持ち込んだ暖湿流である。850hPaでの345K以上の相当温位域はフック状になって、台風の暖気核域と南海上からの大きな暖湿流は分離しはじめた。また、台風の南西側に低相当温位域が進入している。

この後、台風は大阪府南部に再上陸し、地形摩擦による影響を受けて潜熱補給が弱まり、台風中心への低温位の空気が進入したことにより暖気核は急速に消滅していく。21日03時には関東地方で温帯低気圧に変わった。

台風第0421号と台風第0423号は、似たコースで西日本を通過した。台風の中心付近での大雨と強風は同様である。異なるのは、第0421号が南九州付近を通過していた時間に紀伊半島で激しい雨をもたらせたのに対し、台風第0423号は四国南西部に上陸するごろから近畿北部を中心とした日本海側で大雨になったことである。台風第0421号接近時は、暖湿流の前面に

当たる熊野灘に東海上から冷湿南東風領域が存在したため、南西暖湿流と南東冷湿流の収束により紀伊半島で集中豪雨となった。台風第0423号接近時は、台風の規模が大きかったために日本の南海上は広く暖湿流領域であり、一方で日本海側には冷湿北東風を引き込んだ。日本海側では冷湿北東風と台風による暖湿流の収束が顕著となり、近畿北部を中心に大雨となった。

2.6.2 局地的な大雨の解析

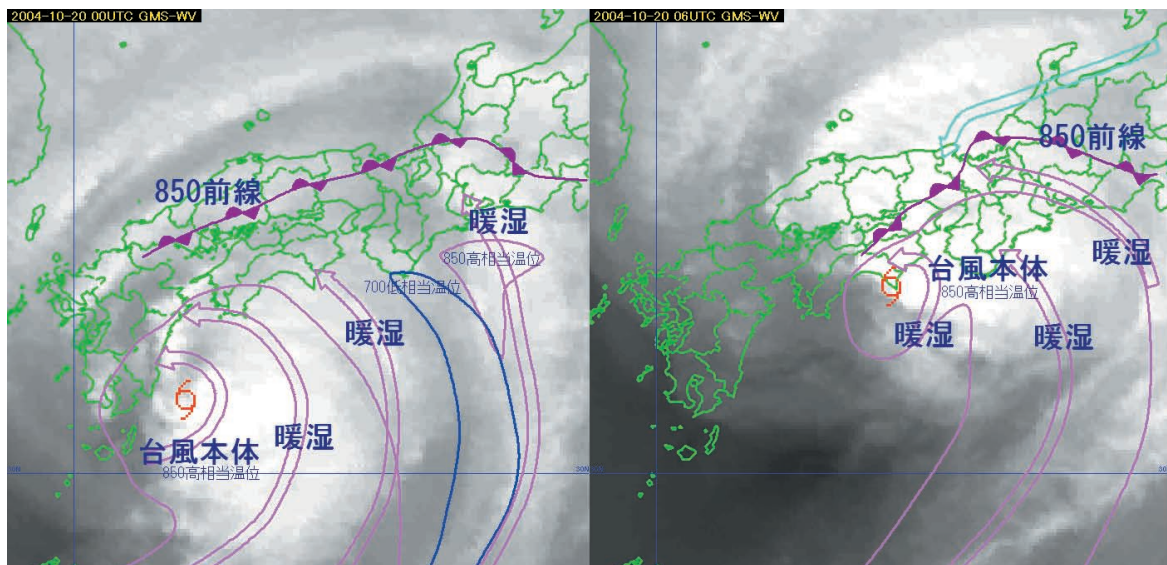
2.6.2.1 京都府北部の降水域の構造*

(1) 降雨の特徴

第2.6.2.1図は、10月19日から20日までの2日間の京都府の総降水量分布図である。舞鶴318ミリ（アメダス）、宮津市上世屋375ミリ（京都府観測所）など、京都府北部で300ミリを超えた。京都府北部では、台風第0423号が四国沿岸から京都府を通過するまで激しい雨が降り続いた。舞鶴では、20日15時から20時ごろまでの5時間は1時間30ミリ以上の強雨が続いた。

(2) レーダー・アメダス解析雨量による強雨域

第2.6.2.2図は、レーダー・アメダス解析雨量の経過である。20日13時過ぎから京都府北部の西部地域（図中：A）や北部沿岸部（B）で降雨が強まり、14時には1時間30ミリ以上の激しい雨になった。15時



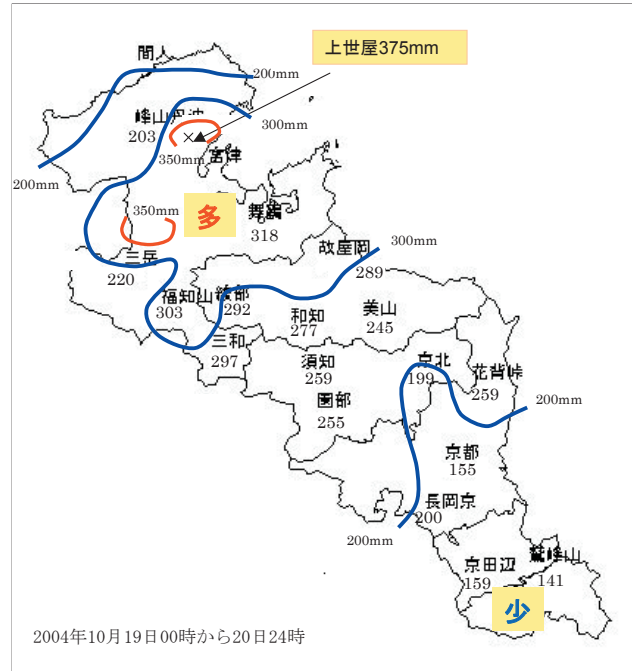
第2.6.1.4図 台風第0423号周辺の気象構造の特徴

左：20日09時、右：20日15時（数字はhPa面を示す）。

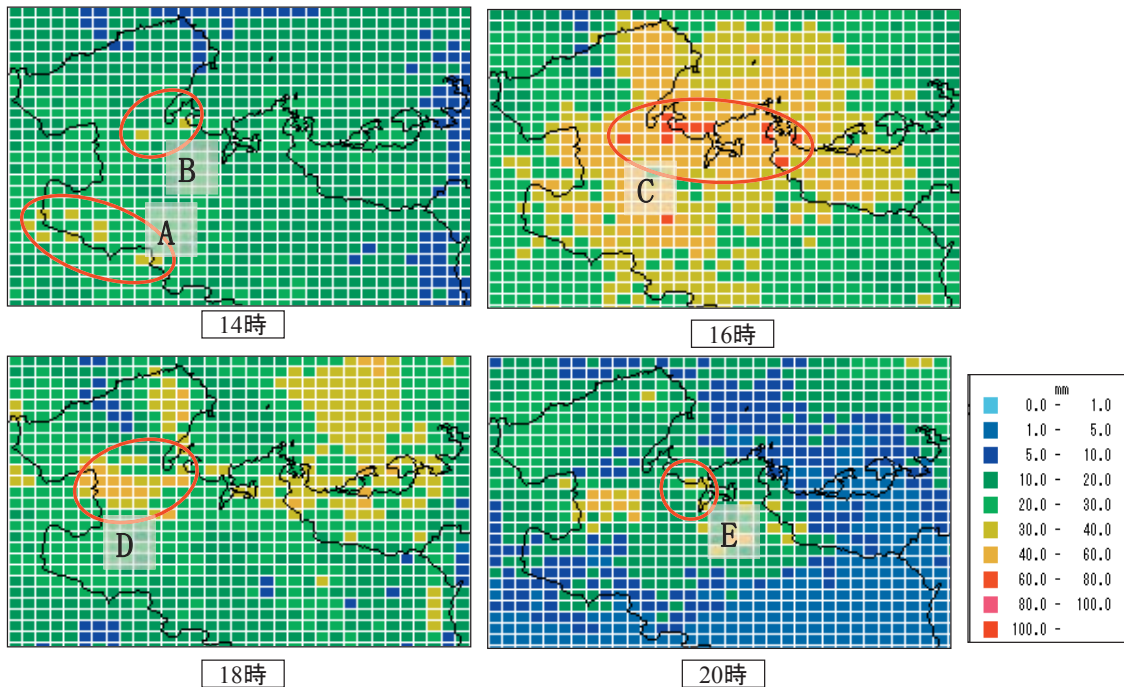
* 京都地方気象台 山本 伸二・東 直樹

は1時間30ミリ以上の強雨域が、日本海から沿岸域及び内陸部へ広がった。16時は1時間50ミリ以上の強雨域が北部全域(C)に広がった。宮津市及び舞鶴市付近では1時間70ミリ前後の非常に激しい雨を観測した。強雨域はこの地域で停滞した。18時には、強雨は幾分弱まり1時間40ミリ以上の範囲(D)も

狭まった。20時は1時間約30ミリ以上の激しい雨の範囲は更に狭まり宮津市、加悦町や野田川町の一部地域(E)になった。その後、21時には強い降雨域は東に移動したが、綾部市など一部地域に強い雨域が残りました。1時間50ミリ以上を観測した。



第2.6.2.1図 京都府の総降水量分布図



第2.6.2.2図 レーダー・アメダス解析雨量強雨域の経過

(3) 大気構造の解析

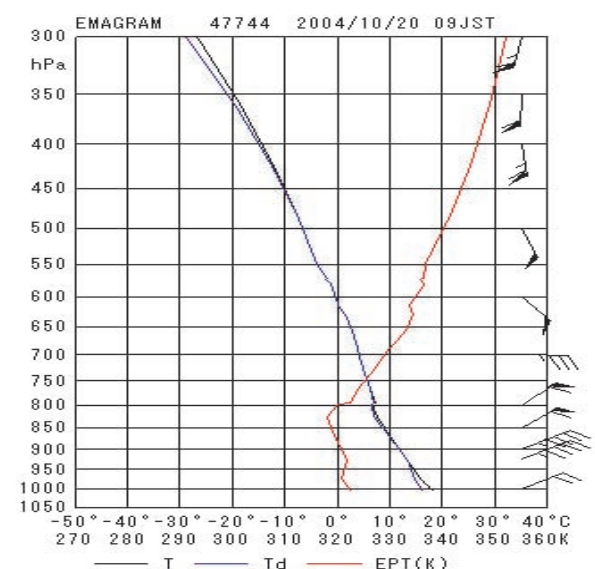
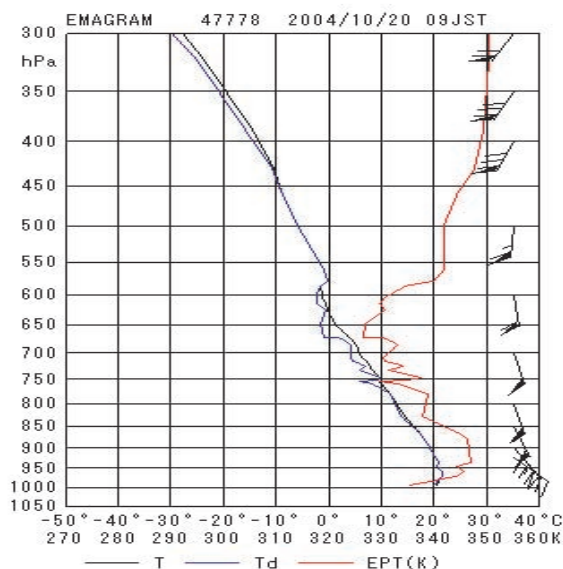
第2.6.2.3図は、潮岬と米子の10月20日09時のエマグラムである。潮岬では、ほぼ全層が台風による湿潤な暖気移流であり、950hPaから850hPaでは相当温位345Kを超えていた。米子では、地上から800hPaまで北東風の湿潤な寒気移流となっており、900hPaでは相当温位が320Kである。この低相当温位の冷湿気流は、沿海州にある高気圧によりもたらされたものである。800hPaより上層は南東から南南西の湿潤な暖気移流である。これら性質の異なる二つの気流が、前線活動を強めた。ウィンドプロファイラの資料では、20日12時に福井では850hPaは北東の風20kt、700hPaは南の風35ktであった。和歌山では850hPaより下層は南東の風、700hPaより上層は南よりの風で全層に暖湿気流となっていた。15時は、福井の850hPaは東の風30ktに変わり、それより低い層に北東の風30ktの冷湿気流が流入していた（第2.6.2.4図の①）。和歌山では、700hPaより下層は南の風になり900hPaでは南の風80ktに変わった（第2.6.2.4図の②）。近畿南部からの暖湿気流が一層強まり、日本海から冷湿気流も低層で強まっている。20日12時の700hPaの前線は若狭湾付近にあり、850hPaの前線は京都府北部の舞鶴市から福知山市の線上付近、925hPa

の前線は京都府南部の山城地方にあった。15時には、850hPaの前線は12時とほぼ同位置にあったが、925hPaの前線は850hPaの前線の南に平行に沿うよう北上しており、毎時風解析による950hPaの前線も850hPa前線の南側に解析される。このように、前線の傾きが京都北部で急になり、それに伴って上昇流が強まり強雨をもたらした。18時においても前線は停滞し、相当温位の傾度が15時に比べ強まった。

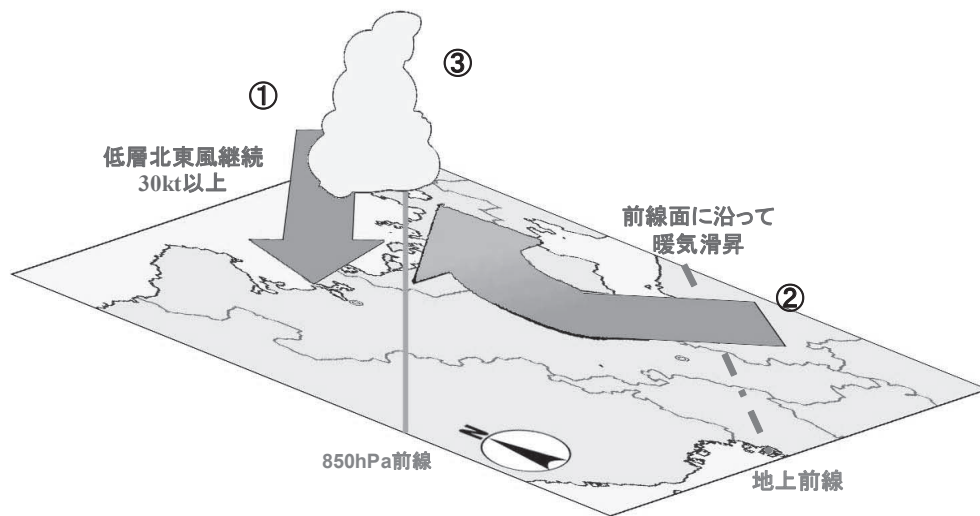
以上のことから、京都府では地表から下層にかけ日本海から冷湿な気流が流入し、その鉛直上方では南より暖湿な風が滑昇（第2.6.2.4図の③）していた。

(4) まとめ

第2.6.2.4図は、大雨の構造を模式化したものである。台風第0423号が四国の沿岸付近から京都府付近を通過する13時から19時までの約6時間の間、大雨となった要因は、主に前記した3つであり、①日本海から流入する冷湿な北東から北よりの風が中国山地により強制上昇する地形性効果、②南東から南の風が強まり南海上から暖湿気流の流入が持続したこと、③対流不安定な成層状態をなす暖湿気流が、前線面上昇することによる対流雲の発達である。



第2.6.2.3図 2004年10月20日09時の潮岬（左図）と米子（右図）のエマグラム



第2.6.2.4図 2004年10月20日15時の大雨の構造を模式化

2.6.2.2 兵庫県但馬北部の降水域の構造*

(1) 兵庫県但馬北部の地形

但馬北部(第2.6.2.5図)は、兵庫県北部の沿岸部に位置し、地形の特徴は、北は日本海に面して西側の鳥取県境には氷ノ山(1,510m)、扇ノ山(1,310m)、妙見山(1,139m)、南側には須留ヶ峰(1,054m)、段ヶ峰(1,103m)を含む山地、東側には京都府県境の江笠山(728m)を含む山地をへて丹後半島の600m程度の山へ連なる。三方の山地からの降水を集める形で円山川が日本海に注いでいる。

(2) 降雨の特徴

20日から21日未明にかけて、但馬北部の広い範囲に総降水量200ミリを超える雨が降った。20日午後から雨が強まり、1時間20ミリ前後の強い雨が13時ごろから20時ごろまで続いた。この大雨により豊岡測候所は浸水し、その後観測は欠測した。欠測直前の20日18時までの1時間に45ミリの雨量を観測したが、この雨量は但馬北部における20日の最大1時間雨量である。レーダー・アメダス解析雨量では、但東町と同じ地域で16時に55ミリ、17時に56ミリを記録した。

(3) レーダー・アメダス解析雨量の強雨域の追跡と地形性収束

米子(第2.6.2.3図参照)と輪島(第2.6.2.6図)の20日09時のエマグラムを示す。地上付近から800hPa付近まで北東風が観測され、相当温位は約320Kの層が地上から続いている。これより上層では次第に南よりの風となり、700hPa付近では330K、500hPa付近では340Kと台風第0423号の接近に伴う暖湿気流が入っている。

香住の降水量と風の時系列図を第2.6.2.7図に示す。

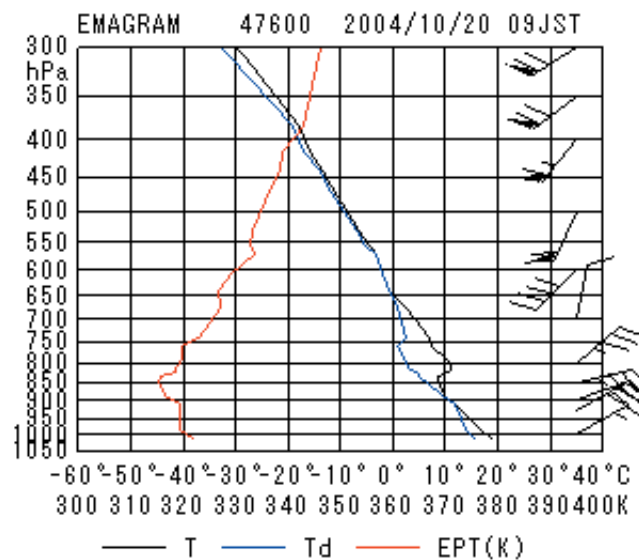
20日08時から09時にかけて、南風から北東の風になり、気温が1.6℃急上昇している。これは、夜間冷却による内陸地表冷気層(第2.6.2.8図)の上に冷湿な北東の風が入っているためである。北東風は第2.6.2.9図、第2.6.2.10図の毎時風解析の地上風解析に見られるように、鳥取県境の1,000m級山地の影響で、北西から北に向きを変え、沿岸部から豊岡市などの東部が収束域となった。

台風第0423号が四国沿岸を北東に進み、兵庫県に近づくとともに、上層の南からの暖湿流の強まりと地上や下層の北東風の強まりにより更に雨が強まり、1時間20ミリ以上の雨が13時ごろから19時ごろまで続いた(第2.6.2.11図)。

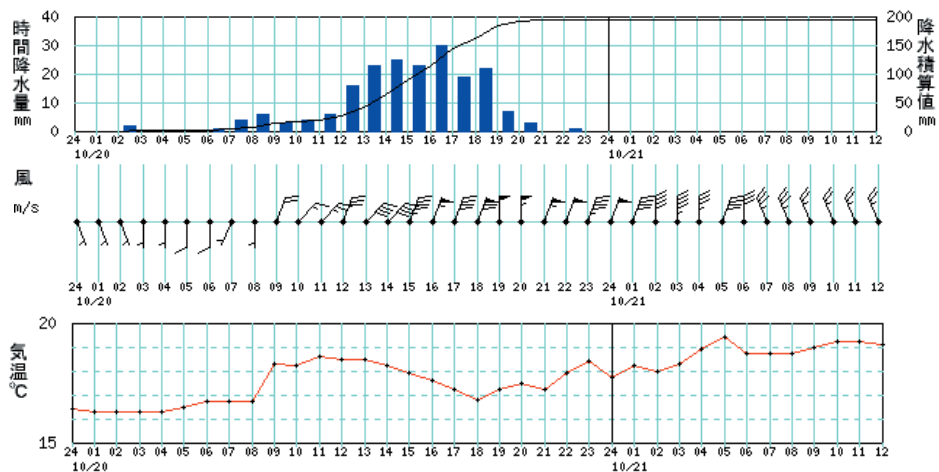
* 神戸海洋気象台 藤江 孝昭・大前 貴史・秋山 幸三



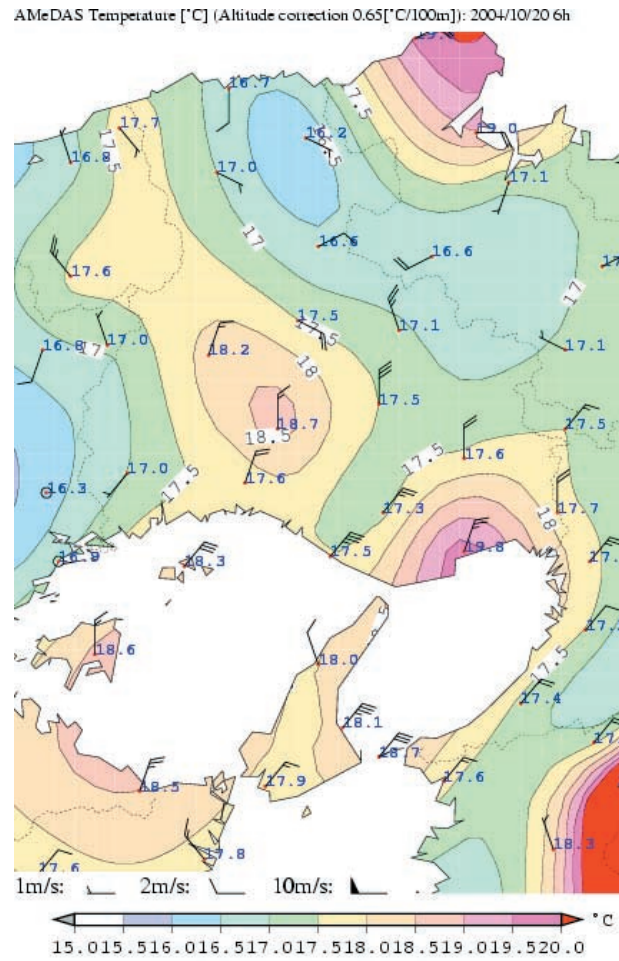
第2.6.2.5図 兵庫県但馬北部の地形略図



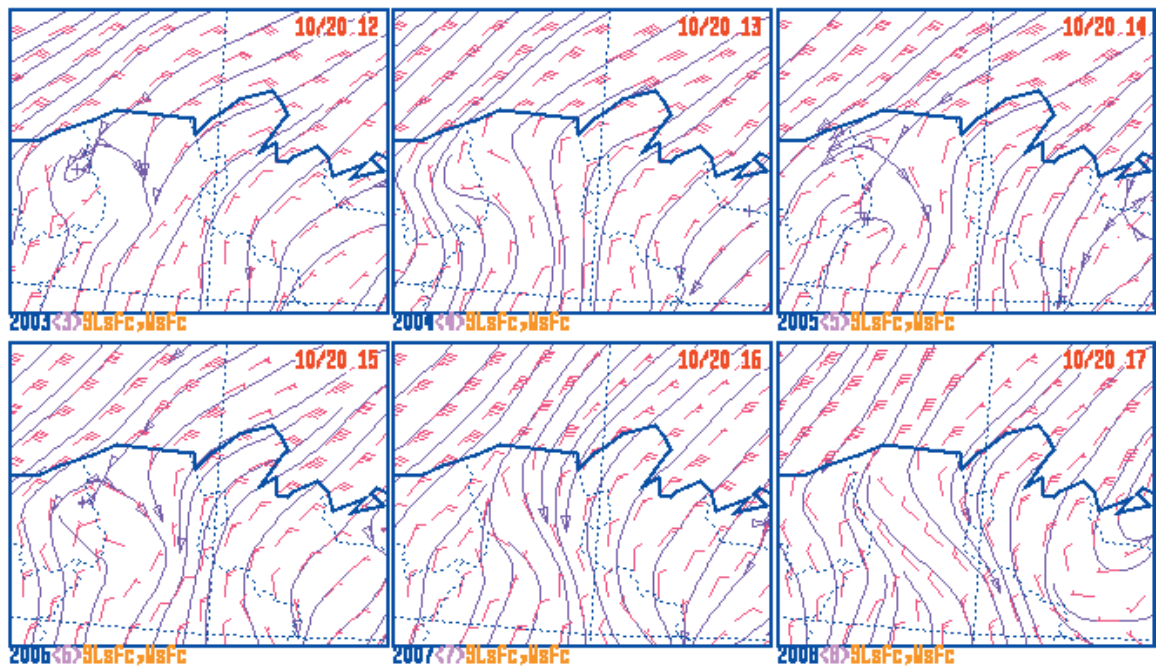
第2.6.2.6図 2004年10月20日09時の輪島エマグラム



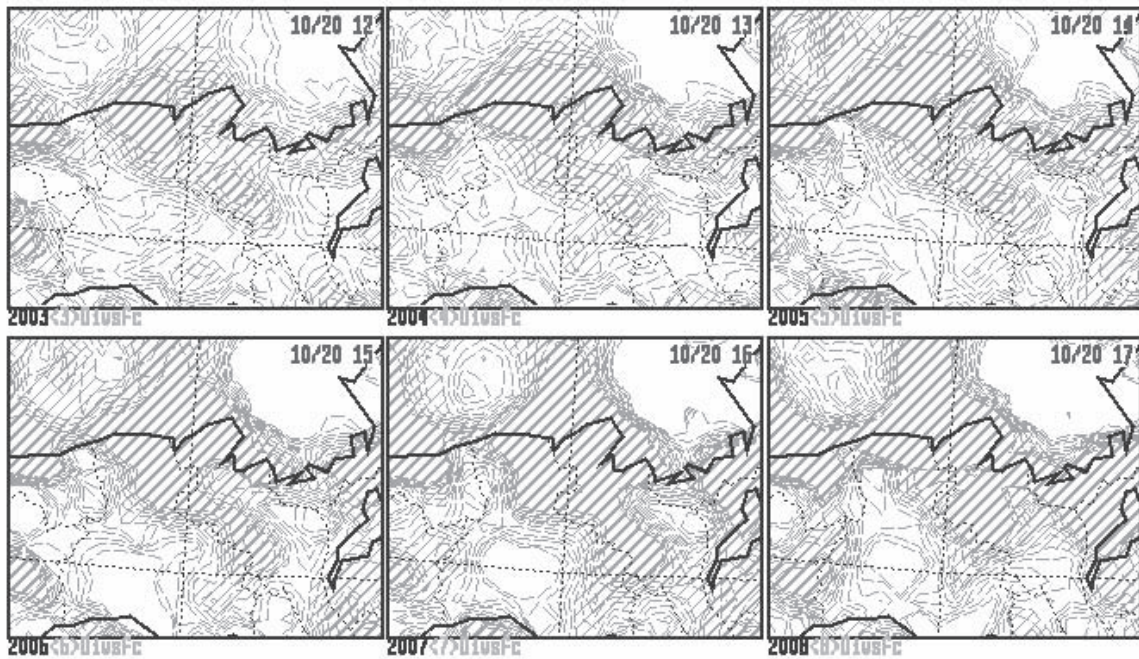
第2.6.2.7図 2004年10月20日から21日にかけての香住の降水量と風の時系列図



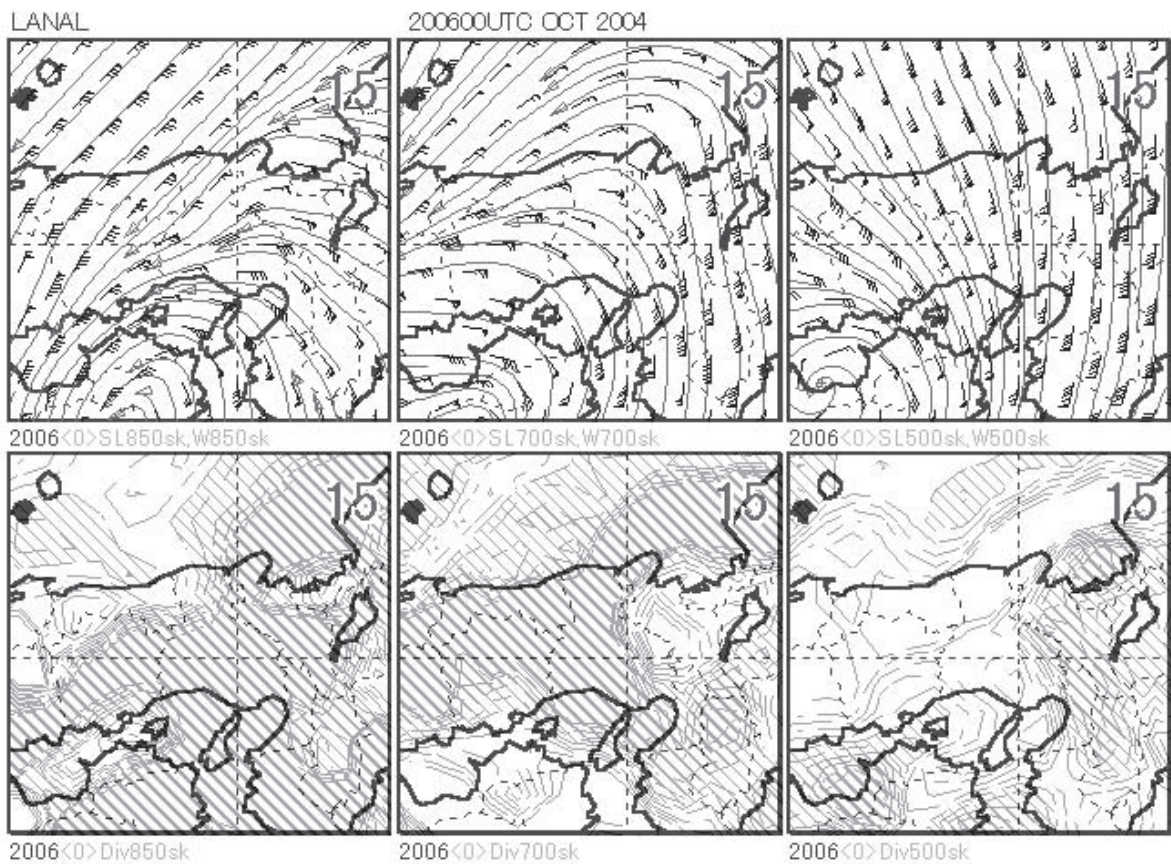
第2.6.2.8図 2004年10月20日06時のアメダス気温分布



第2.6.2.9図 2004年10月20日の毎時風解析(地上風)



第2.6.2.10図 2004年10月20日の毎時風解析（地上の発散量）ハッチをかけた部分は収束を示す。



第2.6.2.11図 2004年10月20日の風解析（15時の850,700,500hPa）

台風が兵庫県の東に移ると、上層の南の暖湿流は弱まり、地形による収束も弱まった。その後、上層の風は北よりとなり、下層とのシヤーは解消し、雨は弱まった。強雨域（第2.6.2.12図）は台風の移動と共に東に移動した。円山川水系の広範囲に強い雨が続き、流域内の総雨量が多くなり、円山川の堤防決壊による洪水害につながった。

2.6.2.3 兵庫県淡路島における降水域の構造*

(1) 実況の解析と数値モデルの表現について

淡路島にあるアメダス地点2か所の降水量の時系列は第2.6.2.13図のとおりで、その観測所を第2.6.2.14図に示す。この台風による20日の日降水量は洲本で309ミリ、南淡で248ミリに達した。

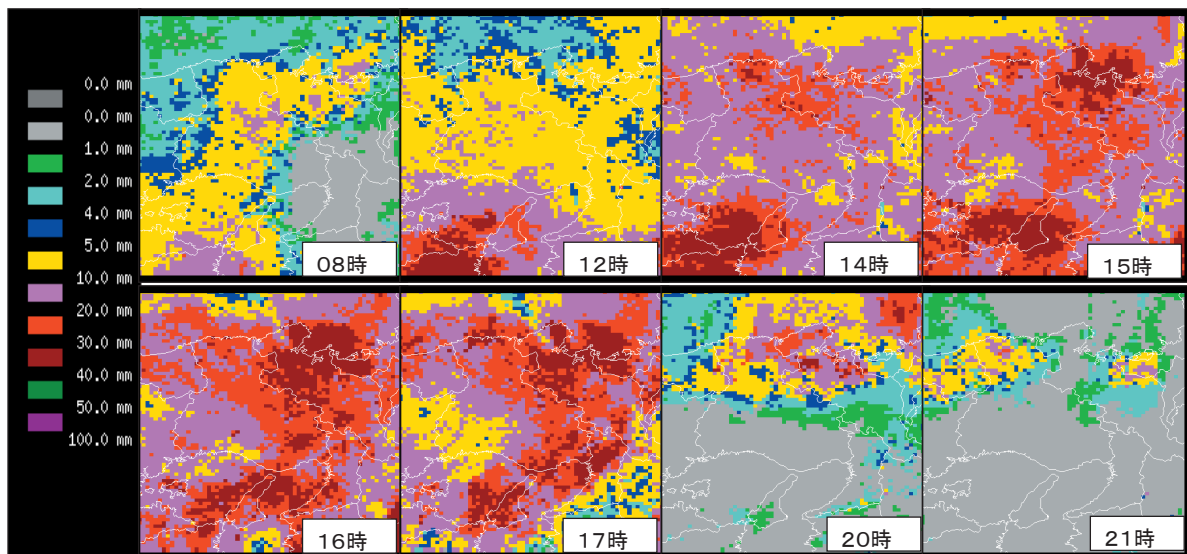
20日12時の前線は、850hPaの相当温位で333Kから336Kに解析される。20日09時イニシャルの数値予報資料（以下MSM）の予想は、台風の北側から北東に延び延びていた前線による収束線を表現していた。第2.6.2.15図に台風が四国に接近した12時から大阪に上陸した18時までに、MSMで表現されていた925hPaの前線（相当温位333から336K）の位置を示す。

アメダスの地上風解析では、昼過ぎから伊勢湾周辺で上記前線に対応するシヤーが現れ、17時には近畿北部まで北上している。そして地上の露点温度解析で

も、上記風シヤーと同じ位置に16から17℃付近に集中帯がみられ、総観スケールに存在していた前線に対応したものとして解析されている。台風の最接近時には、姫路（県南西部）と洲本（淡路島）の露点温度差は3℃以上あり、姫路と淡路島の間に存在した地上前線が明りようであった。

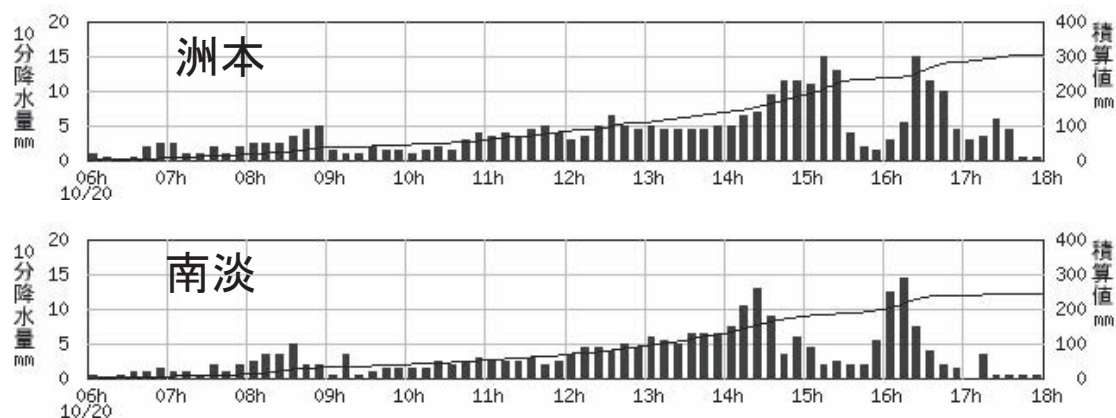
淡路島付近を局地的にみると、20日朝から台風が大阪に上陸した夕方にかけて下層風は南東風系が続いている。淡路島の南端には第2.6.2.14図に示すように、論鶴羽山地（標高608m）が東西に横たわっており、一般的に南東風の地形による強制上昇の効果もあると考えられる。しかし、第2.6.2.13図の10分毎のアメダス降水量時系列をみると、山地の北側に位置する洲本と、南側が海に向かって開けている南淡の雨量が、ほぼ同じ値を観測していることから、南寄りの下層風系による論鶴羽山地の「地形効果」による影響は小さかったと考えられる。

淡路島が大雨となった原因は、紀伊水道を北上する下層の高相当温位の暖湿流が、第2.6.2.15図で示した前線面を上昇して対流雲を発達させたこと。そして第2.6.2.13図で示すように、南淡では15時半ごろ、洲本では16時ごろに台風が通過していることから、台風の中心を囲む発達した対流雲の通過によるためであると考えられる。



第2.6.2.12図 2004年10月20日のレーダー・アメダス解析雨量の強雨域

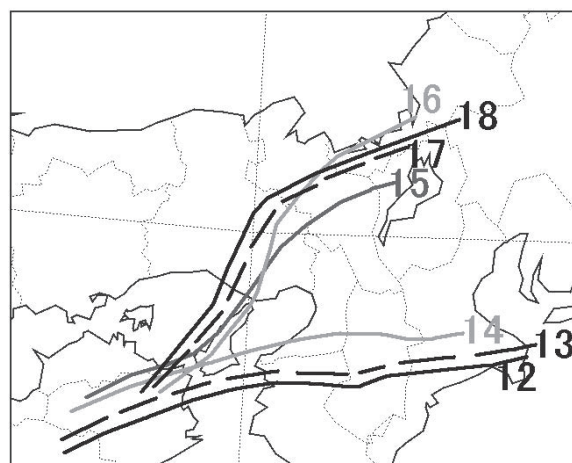
* 神戸海洋気象台 井口 一・田中 秀樹



第2.6.2.13 図 2004 年 10 月 20 日の淡路島のアメダス降水量 (10 分値) の時系列図



第 2.6.2.14 図 淡路島の全体図と山地
アメダスの観測所を○で示す。



第 2.6.2.15 図 2004 年 10 月 20 日 09 時イニシャルの MSM
予測に基づく 925hPa 面の前線位置

2.6.2.4 瀬戸内の降水域の構造*

台風第 0423 号は、大型で強い勢力を維持して九州の南海上を北北東に進み、四国西部では 20 日午前 03 時ごろから雨が降り始めた。台風の北上に伴い、高知県や徳島県の山地の南東斜面を中心に 10 時ごろから 1 時間 50 ミリ以上の非常に激しい雨が降った。高松のウィンドプロファイラ時系列（第 2.6.2.16 図）では 11 時ごろから東より 50kt の非常に強い風が高度 500m 前後に入り始めた。香川県東讃から高松地域及び愛媛県東予東部では、台風が引き込んだ北東風と紀伊水道から入る暖湿気流（850hPa 相当温位 340K 以上）による収束と、讃岐山脈及び四国山地による強制上昇により、雨雲が発達した。

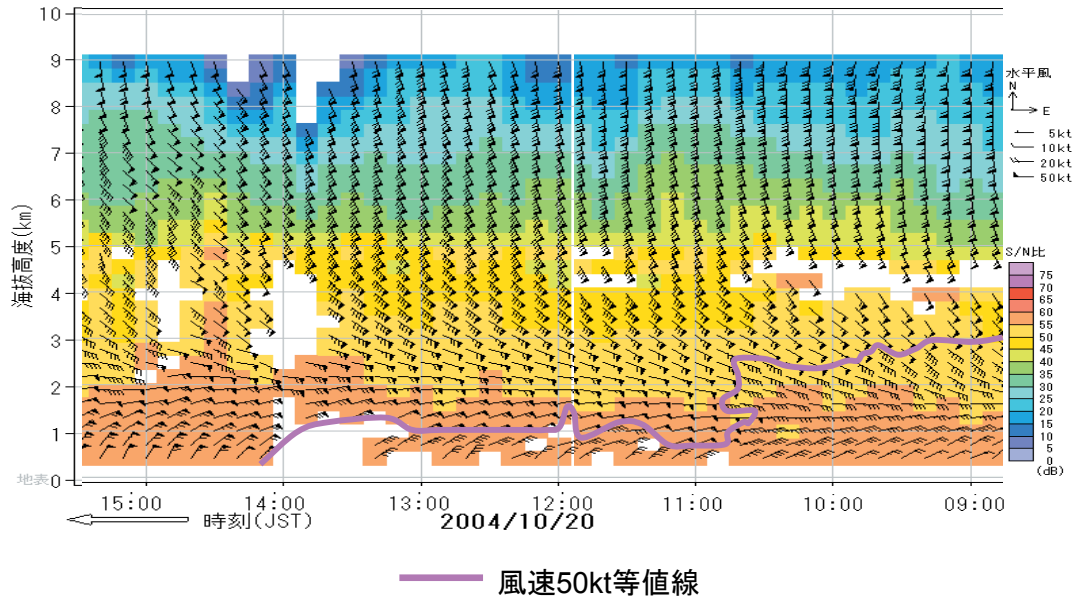
香川県の強雨の特徴を述べる。第 2.6.2.17 図は高松地域から東讃にかけての高松ウィンドプロファイラと下層風解析による 950hPa の風と強雨域を表したものである。大量に水蒸気を含んだ東よりの風が讃岐山脈の北側に入り始めると、東讃の山沿いでは相対的に低相当温位な北東風との収束が顕在化し、これに伴う強雨域が顕著に現れ始めた（第 2.6.2.17 図 12 時）。台風が高知県を通過した 13 時から 15 時にかけて東讃から高松地域にかけて東よりの強い風が入り続け、北東風との収束線が高松地域でも強化された。このため、非常に激しい雨が高松地域まで広がり、県の雨量計では 1 時間 100 ミリ前後の猛烈な雨を観測した地点があった。（第 2.6.2.17 図 15 時）。香川県東讃の引

* 高松地方気象台 小田 和行・楠田 和博

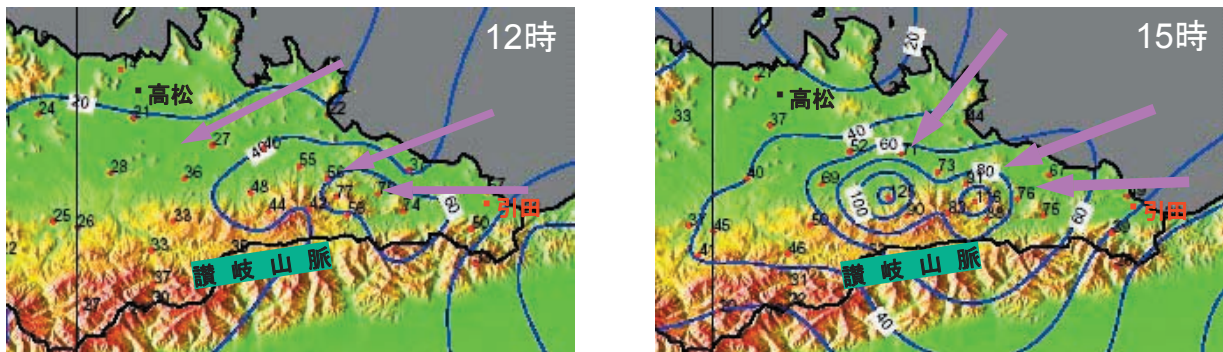
田地域気象観測所の毎時雨量・風時系列（第2.6.2.18図）でも11時から14時にかけて地上の風は東北東になり、1時間50ミリ前後の非常に激しい雨が3時間続いた。香川県では15時以降、上空3000m前後の風（第2.6.2.16図）の弱まりに伴い暖湿気の流入も弱まり、

下層も北よりの風に変わり、顕著な風の収束場もなくなり、強雨のピークは超えた。

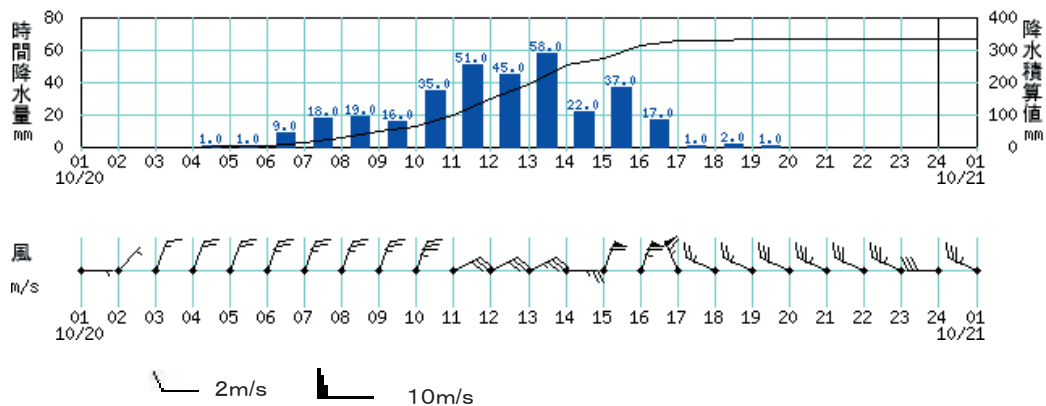
岡山県玉野市付近では、12時過ぎ、紀伊水道からの暖湿気流による強い降水域がかかり、強い雨が3時間続いた（第2.6.2.19図）。



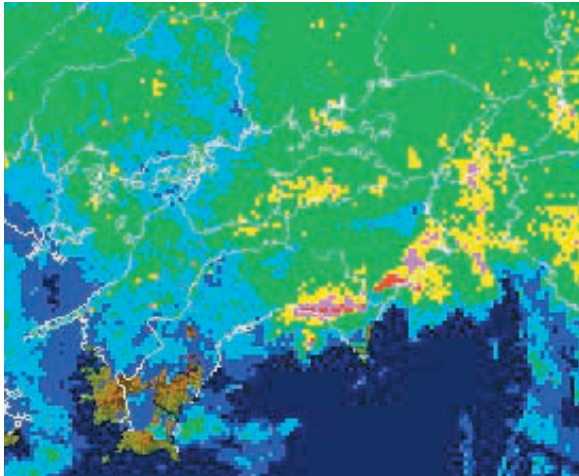
第2.6.2.16図 高松ウィンドプロファイラ時系列（2004年10月20日09時から15時）



第2.6.2.17図 香川県雨量計による1時間降水量分布図と950hPaの風（2004年10月20日 左：12時右：15時）



第2.6.2.18図 2004年10月20日の引田地域気象観測所毎時雨量と風の時系列図



第2.6.2.19図 2004年10月20日14時40分のレーダーエコー図

2.6.3 災害の状況

2.6.3.1 災害の概要*

2.6.3.1.1 京都府の場合

舞鶴海洋気象台では、死者が出た京都府北部の市町村について、11月11日から20日にかけて災害の現地調査を行った。これらの結果に加えて、自治体等から入手した災害資料をもとに、市町村別の被害概要を記する（日付の記載がないものは10月20日を指す）。

京都府北部全体での被害状況は、家屋の全半壊約340戸、床上浸水約2,800戸、床下浸水約4,100戸、死者15人、重軽傷者約200人であった（平成16年12月16日現在京都府災害対策本部まとめ）。

(1) 京丹後市

土砂災害は全域で、家屋の浸水害は久美浜町、弥栄町を中心に、暴風害は丹後町、弥栄町を中心に発生した。

同市久美浜町で2人が死亡した。1人は18時ごろ自宅近くで車を降りたあと川に流され死亡し、もう1人は20時過ぎ崩れた道路を確認に行き佐濃谷川へ転落して死亡した。

土砂崩れによる家屋の全壊は、弥栄町霞地区、久美浜町栃谷地区で7戸発生した。暴風による全壊家屋は、丹後町間人地区で1戸、丹後町中浜地区で1戸であった。床上浸水は久美浜町島地区、野中及び平田地区、久美谷川河口で約60戸発生した。

(2) 宮津市

主な被害は土砂災害、浸水害、暴風害である。同市

* 神戸海洋気象台 神内 弘

舞鶴海洋気象台 太田 雅文

では4人が死亡した。また、15時ごろに、市内を流れる大手川が増水し車ごと流され、1人が死亡した（写真2.6.3.1）。また京口町でも1人が大手川に流されて死亡した。

家屋の全壊は滝馬地区を中心に11戸発生した。床上浸水は大手川の氾濫と宮津湾の高潮が原因で約1,100戸発生した。金山地区の一部、辛皮地区、新宮（奥山）地区、松屋、畑、木子及び上世屋地区で府道・市道が土砂崩れ・橋の崩壊により孤立した。

(3) 伊根町

主な被害は暴風害で、家屋の被害はすべて蒲入地区で発生した。蒲入地区は海岸線が北東に面しており、家屋は海岸沿いの山やがけに沿っていたため、海からの強風が山沿いに吹き上げ、屋根などを損壊した（写真2.6.3.2）。

(4) 岩滝町

主な被害は浸水害と暴風害である。河川増水と高潮のため、約180戸が床上・床下浸水となった。被災地域は国道178号より海側で、床上・床下浸水は14時30分ごろから始まった。強風による家屋の半壊5戸は16時ごろに発生した。

(5) 加悦町

主な被害は、野田川の決壊による浸水害である。加悦町内の野田川決壊は初めてのことであり、後野地区で1人が野田川に流され死亡した。

13時ごろから野田川上流域で浸水被害が出始め、17時30分以後野地区にある府営住宅付近の堤防が決壊し、18時30分に加悦町役場が床上10cm程度浸水した。また、川の決壊による土砂流入で家屋半壊が2戸あった。野田川支流も含めた河川堤防の崩壊は23か所に及んだ。

(6) 野田川町

野田川支流の奥山川が14時ごろ氾濫し、石川地区で家屋の床下浸水及び農地冠水が発生した。屋根瓦が風で飛ばされるなど強風害も発生した。

(7) 福知山市

主な被害は由良川の増水による浸水害で、家屋の床上浸水が約400戸発生した。

(8) 舞鶴市

主な被害は浸水害、土砂災害である。同市全域で16

時ごろから停電・家屋浸水・道路冠水の被害が発生し、約700戸の床上浸水が発生した。同市では6人が死亡した。由良川増水による濁流に車ごと流されるなど西神崎地区で1人、大川地区で1人、志高地区で1人が死亡した。志高地区の国道175号では、増水により動けなくなった観光バスに37人が取り残された。

土砂崩れなどで道路が通行止めとなり、大俣、西方寺平、小原、大川、下見谷、大俣（栃葉）、小俣及び滝ヶ字呂の8地区の集落が一時孤立した。

舞鶴湾の潮位は13時ごろから上昇し、台風が最も近づいた18時に潮位偏差+44cm（TP上73cm）に達した。この潮位偏差は過去10年間で第2位（第1位は1998年9月22日15時の+51cm、台風9807号と台風9808号）となる高い値である。東舞鶴周辺地域では志楽川・与保呂川河口で、高潮と河川増水により

家屋が浸水した。加佐地区では由良川の増水、岡田川、桧川の氾濫と土砂崩れにより家屋の浸水と倒壊があった。また、強風による住家の一部損壊も多かった。

(9) 大江町

由良川やその支流の広い範囲で浸水害が発生し、床上浸水は約350戸であった。浸水による家屋の損壊も生じた。支流の氾濫や浸水は、15時過ぎごろから起こり始め、浸水域は次第に広がった。市内では2人が死亡した。いずれも由良川の増水により浸水した河守地区の自宅で死亡した。また、北原、橋谷、小谷、小原田及び市原谷地区が道路災害等により一時孤立した。

(10) 綾部市、三和町、夜久野町、美山町、和知町

京都府北部の他の地域と比べれば被害は少ないものの、住家の浸水被害や一部損壊が発生した。



写真2.6.3.1 宮津市
屋根の上まで上った車。



写真2.6.3.2 伊根町蒲入漁港
暴風によりトタン屋根などが破損。

2.6.3.1.2 兵庫県の場合

兵庫県では、10月19日から20日にかけての台風第0423号と秋雨前線による大雨と暴風・高波により、床上浸水約9,900棟、床下浸水約11,400棟、河川の破堤24か所、河川の溢水27か所、土砂災害40か所、護岸倒壊等の海岸施設被害5か所など甚大な災害が発生し、死者26名、重軽傷者130名となった（第2.6.3.1表）。特に、淡路島と県北部の円山川流域では

第2.6.3.1表 兵庫県内の人的被害状況

兵庫県県土整備部「台風第23号による被害状況および復旧対策について」より作成

種 類		台風第23号
人的被害	死亡	26人
	重傷	39人
	軽傷	91人
浸水被害	住家床上浸水 (損壊家屋を除く)	1,845世帯1,674棟 (7,778世帯9,862棟 (損壊家屋を含む))
	住家床下浸水 (損壊家屋を除く)	9,518世帯9,531棟 (10,198世帯11,359棟 (損壊家屋を含む))
土砂関係	山崩れ・崖崩れ	40箇所
住家被害	全壊(浸水による被害を含む)	650棟
	半壊(浸水による被害を含む)	6,866棟
交通関係	道路通行止め	157路線266箇所
避難の状況	避難指示	19,808世帯56,734人
	避難勧告	41,101世帯121,205人
	自主避難	2,207世帯6,410人以上

大雨による堤防の決壊と河川の氾濫（第2.6.3.1図、写真2.6.3.3）、山・がけ崩れが多数発生した。

犠牲者の被災状況と発生場所を第2.6.3.2図に、浸水区域と河川の破堤箇所及び道路の通行規制箇所など

を第2.6.3.3図に示す。

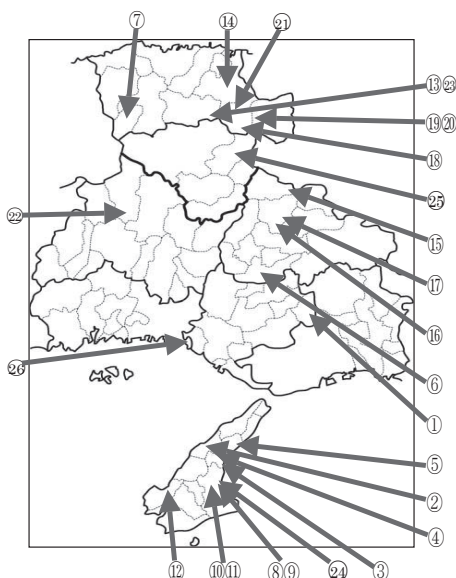
神戸海洋気象台が現地調査を行った主な被災地の災害概要を次に示す。



第2.6.3.1図 円山川流域の浸水図

「台風第23号による被害状況および復旧対策について」（兵庫県県土整備部）より

人的被害(死者26名)		
土砂災害 洪水災害 強風災害		
(兵庫県警察本部・兵庫県調べ等による)		
No.	性別・年齢	被害状況等
1	女性・79歳	側溝に転落する。
2	女性・56歳	鉄砲水に流される。
3	女性・72歳	自宅の裏山が崩れる。
4	男性・73歳	田んぼを見回中に溺死する。
5	男性・34歳	家屋が土砂に飲み込まれる。
6	女性・89歳	浸水で自宅に取り残される。
7	男性・81歳	用水路に転落する。
8	男性・81歳	避難時に濁流に流される。
9	女性・81歳	
10	女性・74歳	ため池が決壊し、鉄砲水に流される。
11	男性・82歳	鉄砲水又は濁流に流される。
12	男性・39歳	徒歩で帰宅中に濁流に流される。
13	女性・46歳	車ごと濁流に流される。
14	男性・76歳	浸水で自宅に取り残される。
15	男性・69歳	自宅周辺を見回中に溺死する。
16	男性・61歳	避難場所から自宅を見に行く。
17	男性・37歳	車ごと濁流に流される。
18	男性・63歳	自宅の裏山が崩れる。
19	女性・41歳	橋から川に転落する。
20	女性・17歳	
21	女性・57歳	濁流に流される。
22	男性・30歳	樹木が頭部を直撃する。
23	男性・57歳	車ごと濁流に流される。
24	男性・73歳	側溝に転落する。
25	女性・57歳	自宅の裏山が崩れる。
26	女性・85歳	強風にあおられて転倒する。



第2.6.3.2図 兵庫県内の主な被害状況

2004年12月8日現在、兵庫県・兵庫県警察本部の調査による

(1) 出石町

洪水による護岸の洗掘がいたる所で発生し、河川の堤防を走る道路が各地で不通となった。出石川の氾濫による床上浸水が各地で発生し、特に鳥居橋脇の堤防の決壊による氾濫では多くの家屋が床上浸水した。また、急傾斜地では山崩れが多く発生した。山崩れによる流木で橋梁の流失や河川の堰き止め被害も発生した。

(2) 但東町

がけ崩れと河川の氾濫による護岸の洗掘による道路の不通や床上浸水が各地で発生し、交通が分断された。

(3) 豊岡市

円山川の濁流が堤防を越えた。また、支川の排水ポンプ場が浸水して、豊岡測候所付近ではおよそ2m浸水した。市街の中心部も床下浸水した。特に、立野大橋脇では堤防が決壊し、ここからの濁流により住宅街及び田畑や道路がおよそ10平方キロメートルにわたって浸水（冠水）した。一日市で堤防の上端欠損が発生し、浸水を拡大させた。

(4) 西脇市、滝野町

加古川が氾濫し、住宅や道路などの浸水被害が発生した。およそ2m浸水した住宅や店舗があった。

(5) 淡路島

多数の土砂崩れが発生し、家屋の全壊や道路が土砂に埋まる被害が各地で発生した。洲本川下流地域では河川の氾濫や高潮の影響で、多くの家屋が浸水した。

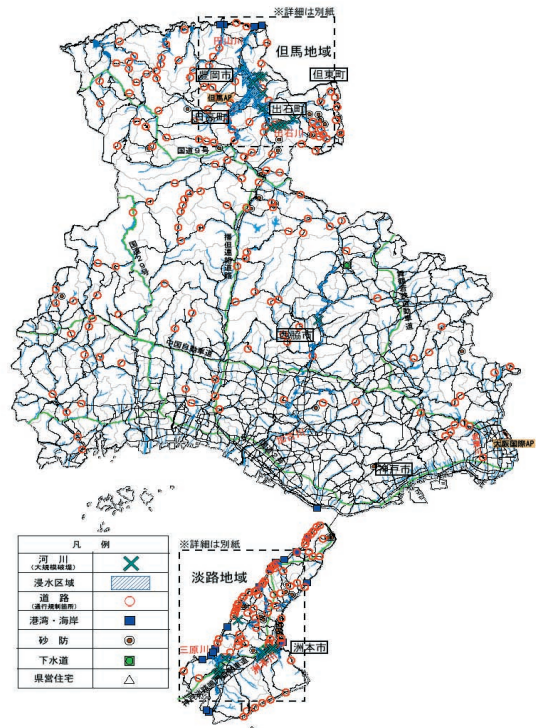
(6) 宝塚市

武庫川の氾濫による国道・県道の全面流失があった。河川の湾曲しているところでは、護岸の洗掘や家屋の浸水が発生した。



写真 2.6.3.3 豊岡市

堤防の決壊により市内が水に浸かった（兵庫県県土整備部提供）。



第 2.6.3.3 図 兵庫県内の被害分布

兵庫県県土整備部「台風第23号による被害状況及び復旧対策について」より。

2.6.3.2 洪水害の状況*

2.6.3.2.1 京都府の場合

台風が接近した20日午後には北部全域で雨が強まり、由良川においては綾部、福知山、大川橋（舞鶴市）の各水位観測所で昼過ぎから急激に増水した。第2.6.3.4図に各水位観測所の水位、舞鶴海洋気象台の雨量、防災情報を示す。16時から17時にかけ警戒水位を超えて更に急激に増水し、福知山で17時20分、綾部で18時40分に危険水位を超えた。その後、21時ごろから翌21日03時ごろにかけ各水位観測所で7mから8mの最高水位を記録した。由良川沿いを通る国道175号線も冠水し、バスやトラック、乗用車など多数の車両が水没した。第2.6.3.5図に由良川における浸水図を示す。各災害現地調査の結果から由良川沿いの国道175号線の冠水は高いところで道路上4mに達していた。また、宮津市では市の中心部を流れる大手川の氾濫と河口部における高潮も加わって市街地が広範囲に浸水した。加悦町の野田川など中小河川の氾濫・堤防損壊も著しく、多数の家屋浸水や田畑冠水・流失があった。

2.6.3.2.2 兵庫県の場合

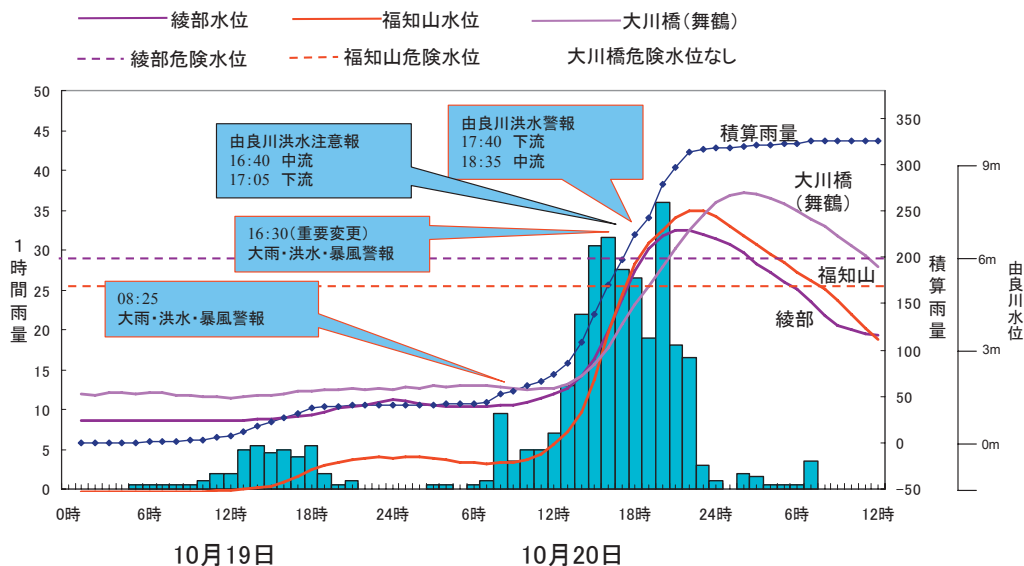
台風第0423号の大雨により、但馬と淡路島及び北播丹波などの多数の河川で濁流が堤防を越えた。また、

堤防が決壊し、洪水害が発生した。

但馬地方では円山川の豊岡市立野で16時に3mであった水位が急激に上昇し、19時過ぎに8mとなった。天井川の円山川と出石川の堤防が共に23時過ぎに決壊し、多量の濁流が市街に流れ込み甚大な洪水害となった。また、淡路島では洲本川と三原川などの河川で濁流が堤防を越え、多くの家屋が床上浸水した。溜池や堤防の決壊が加わり大きな被害となった。

神戸海洋気象台では、淡路島と円山川・出石川及び加古川と武庫川で災害現地調査を行った（写真2.6.3.4-2.6.3.7）。出石川流域の出石町鳥居地区では、決壊した堤防から流入した濁流が住家2棟を押し流した。付近の民家は軒下近くまで浸水し、鳥居地区の下流の町も広範囲で床上浸水した。円山川流域の立野地区では、破堤した堤防からの濁流により市街の東側が広範囲に浸水し、市街の中心部も内水氾濫により浸水した。洲本市では溜池の決壊による鉄砲水が住家を基礎ごと押し流した。

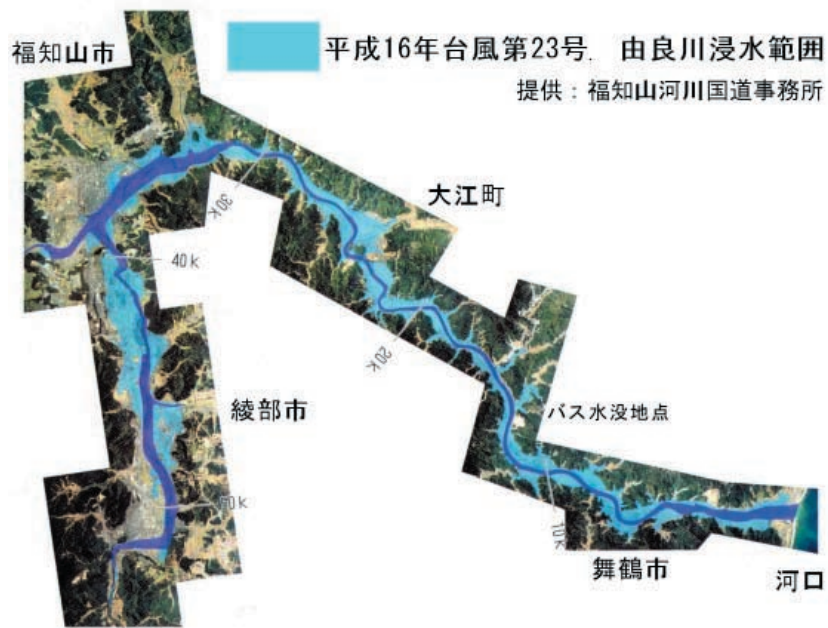
円山川（第2.6.3.6図）と出石川（第2.6.3.7図）の水位観測所上流流域平均雨量が170ミリを超えた辺りから水が堤防を越えてあふれ、2時間以上の越水を経た後に堤防が決壊している。



第2.6.3.4図 由良川流域雨量と水位

舞鶴市の雨量と由良川の水位の関係（水位の情報は福知山河川国道事務所提供）。

* 神戸海洋気象台 神内 弘
舞鶴海洋気象台 太田 雅文



第2.6.3.5 図 2004年台風第0423号による由良川浸水範囲図



写真 2.6.3.4 出石町上村
洗掘で陥没した道路に車ごと落下。

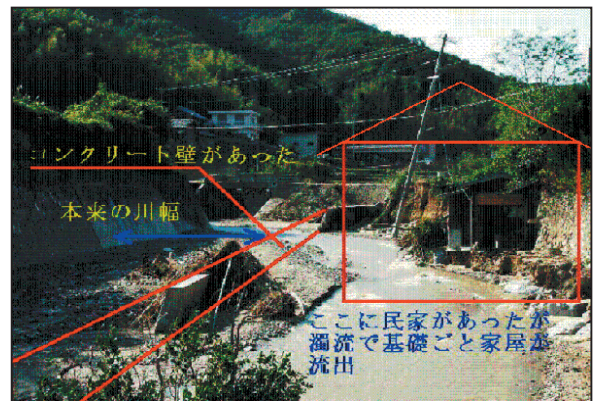


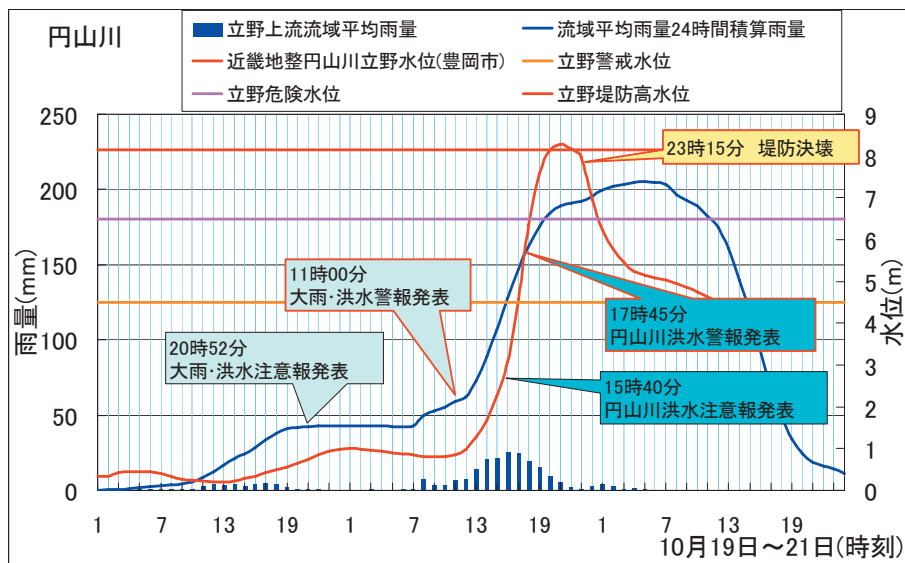
写真 2.6.3.6 洲本市上内膳
溜池決壊による鉄砲水で家屋が流失。



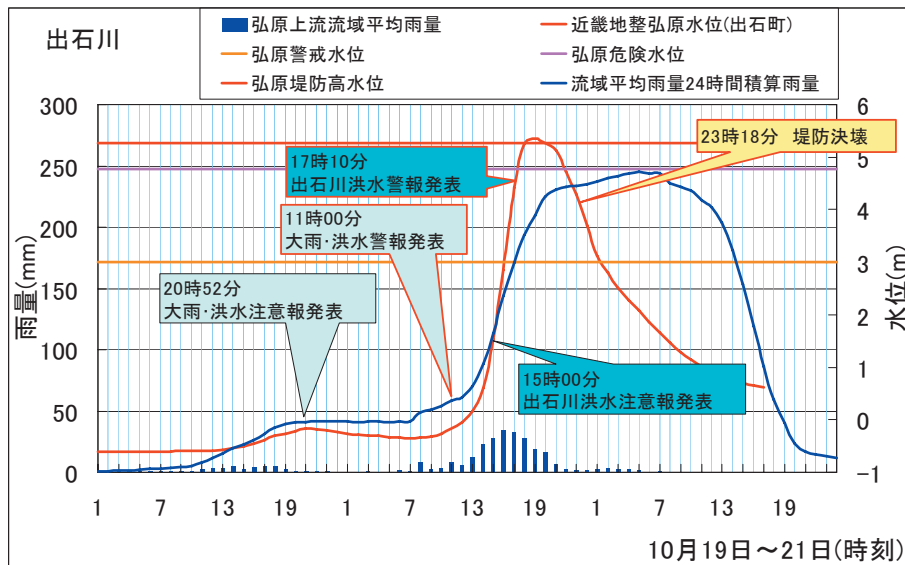
写真 2.6.3.5 出石町鳥居
濁流が流れた地区では家屋も流出。



写真 2.6.3.7 豊岡市桜町
床上浸水した豊岡測候所。



第2.6.3.6図 円山川流域雨量



第2.6.3.7図 出石川流域雨量

2.6.3.3 土砂災害の状況*

2.6.3.3.1 京都府の場合

京都府北部を中心に、各地でがけ崩れや土砂崩れが発生し、5名が死亡し、多くの家屋が全半壊した。また、道路が多数通行止めになった。

京都府災害対策本部の調べでは、がけ崩れの発生箇所は、福知山市3か所、舞鶴市60か所、綾部市119か所、宮津市8か所、亀岡市14か所、京丹後市116か所、

丹波町97か所、加悦町21か所であった。

20日16時過ぎと17時45分ごろ、宮津市滝馬地区で土砂崩れが発生し（写真2.6.3.8）、住家を直撃した。このため、2名が死亡した。災害の様相は土石流による住家の破壊で、最上流部は跡形もなく住家が破壊され、下流においては破壊された家屋片と土石で埋まる状況である。

舞鶴市の下見谷地区では、裏山が幅30m、高さ30m

* 神戸海洋気象台 神内 弘
京都地方気象台 今川 哲之
高松地方気象台 竹下 誠



写真 2.6.3.8 滝場地区土砂崩れ現場

にわたり崩れ住家が全壊し、2名が死亡した。同市の滝ヶ宇呂地区でも裏山が幅20m、高さ100mにわたり崩れ1名が死亡し、住家の倒壊により重軽傷者が出た。京丹後市では地すべりも発生した。

また、路面崩壊が多数発生した。このため、交通障害が多数発生し、一時的に孤立する集落が出た。

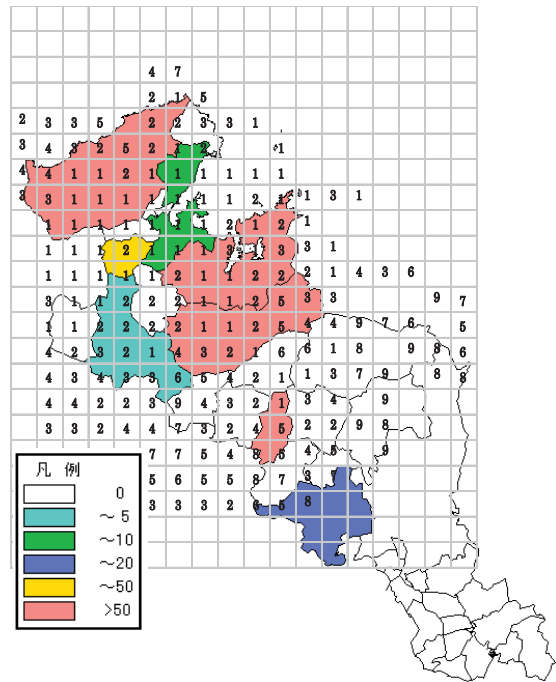
土壌雨量指数で見ると、20日15時に土壌雨量指数が県北部の一部で履歴順位1位となり、16時には履歴順位1位の地域が県北部のほぼ全域に広がった。

土砂災害の発生は、第2.6.3.8図（数値が履歴順位、色分けが発生場所と件数）に示すとおり、土壌雨量指数の履歴順位第1位の地域に発生した。災害発生時間帯も履歴順位1位更新の多い時間帯と一致している。

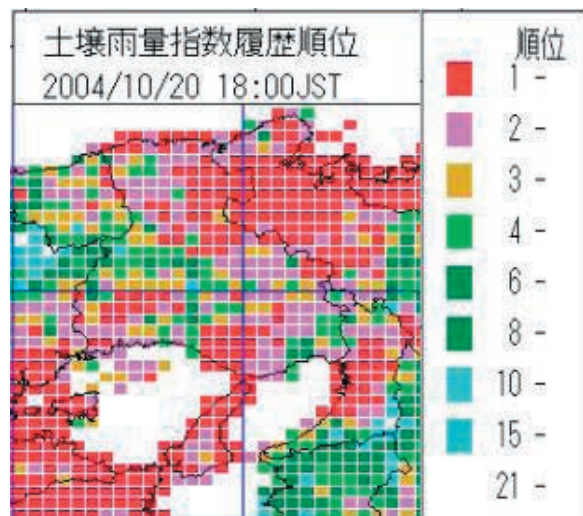
2.6.3.3.2 兵庫県の場合

淡路島と但馬地方東部を中心に各地で山・がけ崩れが発生し、死傷者が出た。その他、多くの住家が全半壊したり道路が多数通行止めとなった。このため、神戸海洋気象台では災害現地調査を行い、淡路島の山・がけ崩れによる住宅の全壊と道路の埋没、また但馬地方東部の但東町と出石町で道路の崩落と住宅の全壊及び山崩れによる倒木等の発生状況などを確認した。

兵庫県では、20日昼過ぎから宵の内にかけて過去数年間で最も土砂災害の発生しやすい地域が多くなった。主な土砂災害は最近10年間（1994～2003年）の土壌雨量指数履歴順位が3位以内の所で発生している。20日18時の土壌雨量指数の履歴順位を第2.6.3.9図に示す。淡路島は全島で土壌雨量指数履歴順位が1から3位となった。9月29日に来襲した台風第0421号によって淡路島では200から300ミリの大雨となり、広い範囲で土壌雨量指数履歴順位が1から3位となった



第2.6.3.8図 履歴順位分布(数値)と土砂災害発生場所(色分け)



第2.6.3.9図 土壌雨量指数の履歴順位

が、台風第0423号でも連続して土壌雨量指数履歴順位が1から3位となり、多くの山・がけ崩れが発生した。但馬地方東部の但東町とその周辺でも土壌雨量指数履歴順位が1位となり、かつ台風第0421号来襲時に土壌雨量指数履歴順位が1位となっていた所で多くの山・がけ崩れが発生した。

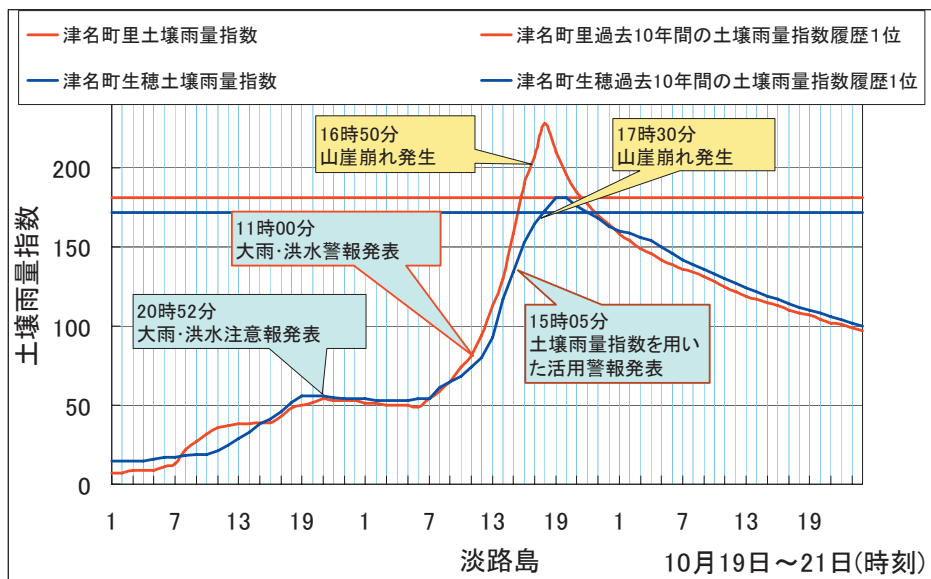
淡路島の土砂災害の発生現場では、土砂が一瞬にして住家を押つぶしたり、押し流したと思われる災害(写真2.6.3.9-2.6.3.10)が複数見られた。淡路島の土壌雨量指数の時系列を第2.6.3.10図に、但馬地方の土



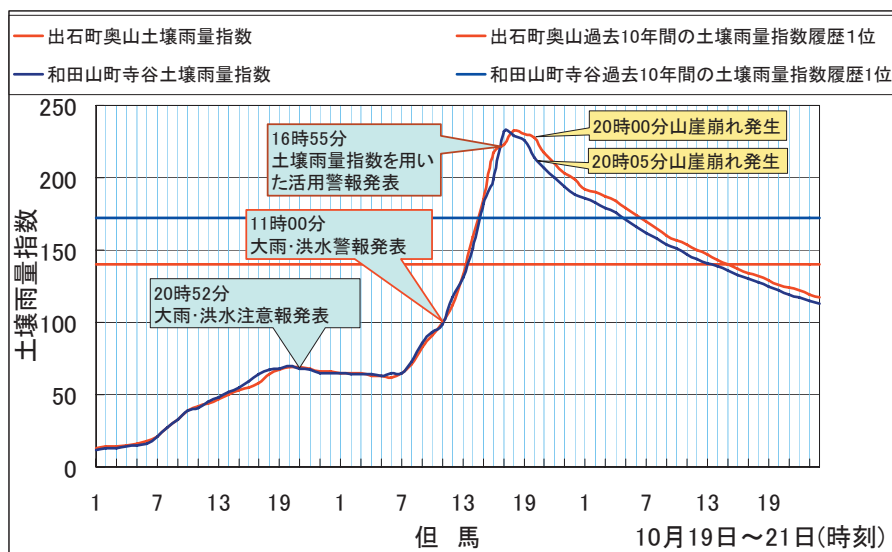
写真 2.6.3.9 津名町生穂の土砂崩れ現場
家屋が流失している。



写真 2.6.3.10 津名町里の土砂崩れ現場
家屋が土砂にのみ込まれている。



第 2.6.3.10 図 淡路島の土壌雨量指数の時系列図



第 2.6.3.11 図 但馬の土壌雨量指数の時系列図

壤雨量指数の時系列を第2.6.3.11図に示す。山・がけ崩れの発生時刻を見ると、土壌雨量指数が履歴順位1位に達したところから多くの山・がけ崩れが発生している。

2.6.3.3.3 香川県の場合

香川県、愛媛県、岡山県では土石流、がけ崩れが多発し、3県の被害は、がけ崩れ213か所、土石流48か所、道路損壊208か所であった。

これら土砂災害の中で発生地点及び発生時刻が判明している事例として、20日14時に香川県東かがわ市で発生した土砂災害をレーダー・アメダス解析雨量と土壌雨量指数（第2.6.3.12図）で検証した。

19日のこの災害場所を含む2.5km格子の降水量は1時間数mm程度で日降水量は43ミリであった。雨は、20日朝から再び降り始め、昼ごろから昼過ぎにかけて1時間30ミリを超える雨が解析された。この雨の強まりにより、12時には履歴順位4位を超え、13時には履歴順位1位を更新した。その後、雨は次第に弱まり、指数値は16時をピークに下降に転じた。また、19時まで上昇していた第2タンク値は、夜になって雨の弱まりとともに21時には下降に転じた。

この土砂災害は、指数値が過去の履歴順位1位を大きく上回り、短時間強雨の中で発生していた。

さらに、愛媛県四国中央市（第2.6.3.13図）、岡山県玉野市（第2.6.3.14図）の解析雨量と土壌雨量指数時系列図で示した事例でも、過去の履歴1位を更新した時刻から1から2時間後の短時間強雨により、土砂災害が発生している。

2.6.3.4 暴風と高潮の状況、及びそれによる災害の状況*

10月20日14時30分ごろ、室戸市室戸岬町高浜地区では高波により防潮堤の一部が高さ1.5m、長さ30mにわたり損壊した。損壊した防潮堤のコンクリート塊の一部が北側の集合住宅を直撃し、損壊した部分からは大量の海水と流木が住宅地に流れ込んだ。このため、住宅5棟が全壊し、3名死亡した。また防潮堤

の損壊を免れた所でも、高波によって巻き上げられた石などが防潮堤沿いの住家に当たり、窓ガラスや壁などを破損した。これにより4名の負傷者と21戸の浸水被害が発生した。被害は防潮堤沿いの長さ約400mに及んだ。

高知地方気象台で行った聞き取り調査によると、「室戸岬新港（高浜地区の南約1km）の堤防の高さは13.7mであるが、堤防の高さから見て17mを超えるような波ではなかったかと思う」との話である。

土佐清水市伊佐漁港では、台風が土佐清水市付近に上陸する直前の20日12時30分ごろ、岸壁から約30m離れた場所で作業を行っていた2名が高波に流され、1名は救助されたが1名死亡した。また高波により漁港の漁業施設が損壊し、漁船が転覆・破損するなど大きな被害を受けた。

その他にも、和歌山県の田辺市、西牟婁郡など紀南地方を中心に、高波による防波堤倒壊の被害が多数発生した。和歌山県田辺市芳養地区においては、防波堤破損が2か所で延べ40m、防潮堤破損が700mにわたり、越波により背後の市道が冠水した。国道42号線も通行止めとなった。

和歌山地方気象台及び潮岬測候所では、10月22日に沿岸波浪害についての現地調査を行った。調査場所は第2.6.3.15図に示す。

1 田辺市では芳養漁港の防波堤の一部が倒壊した。また、越波により市道が冠水した。防潮堤沿いの家屋では、高波により壁や戸が壊れ、床上・床下浸水したところがあった。

2 西牟婁郡すさみ町では、周参見漁港の外海との境の西防波堤が先端から約48mにわたり湾内に傾いた。（写真2.6.3.11）また、湾内の平松防波堤も一部を除き数十mにわたり崩壊していた。

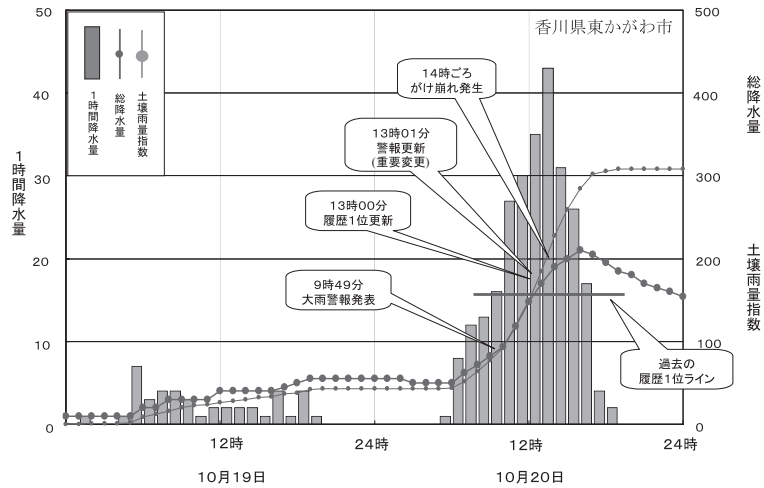
3 西牟婁郡串本町にある海中公園センターでは海中展望塔に渡るブリッジの一部とともに、展望塔に近い橋脚が一基高波にさらわれていた。海中公園の職員によると、「ブリッジと橋脚は18時ごろまでは無事であったが、19時ごろ確認したときにはなかった」との話である。（写真2.6.3.12）

* 大阪管区気象台 池田 英紀

高知地方気象台 濱岡 一昭

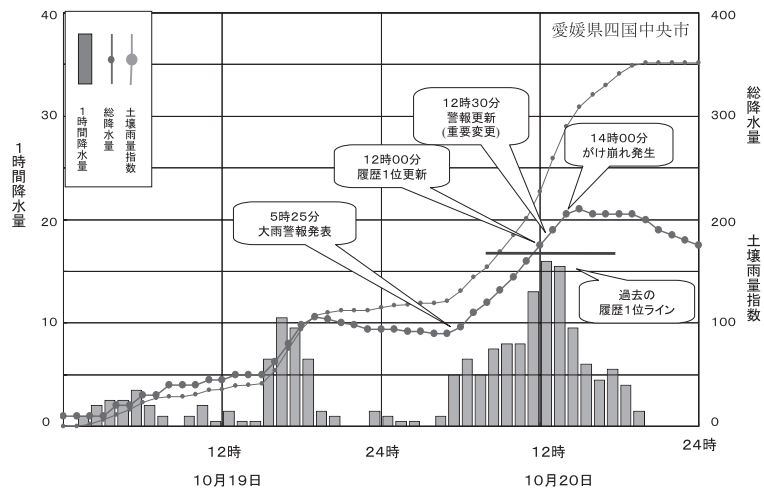
舞鶴海洋気象台 太田 雅文

地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室 市成 隆



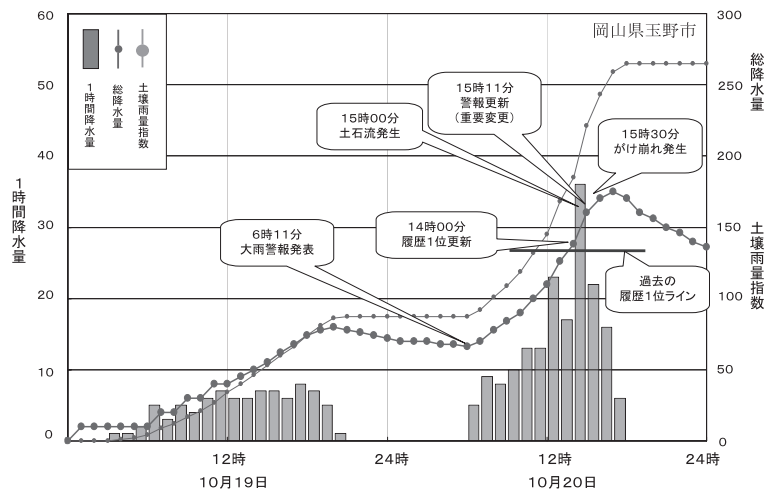
第2.6.3.12図 解析雨量と土壌雨量指数時系列図

香川県東かがわ市（災害発生場所付近）の解析雨量と土壌雨量指数時系列図。



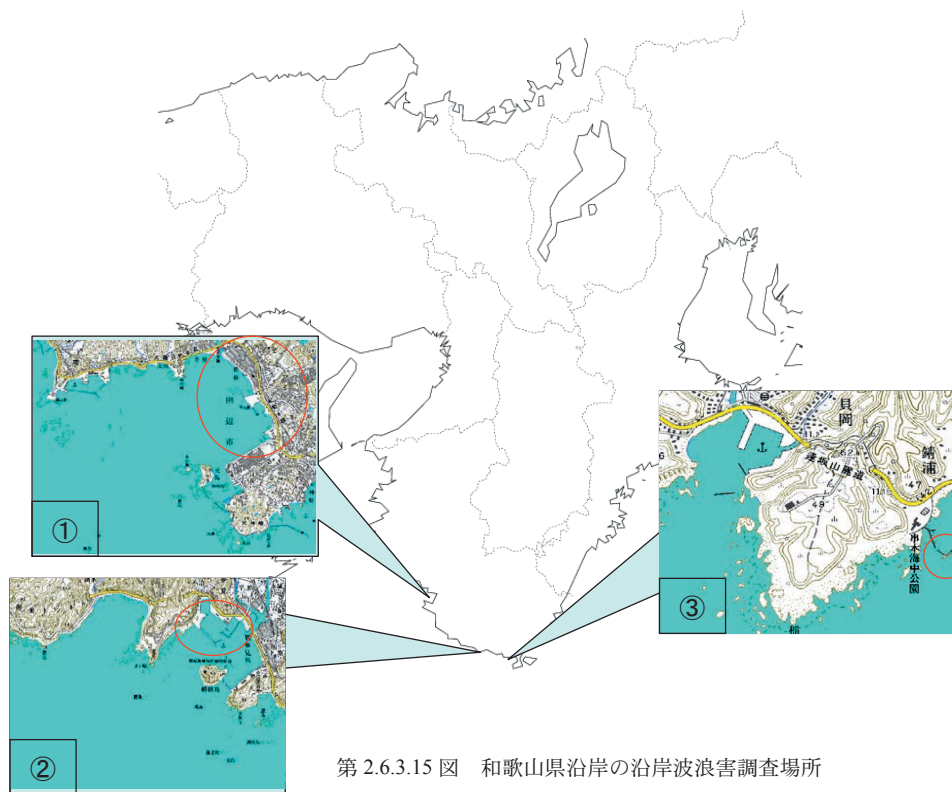
第2.6.3.13図 解析雨量と土壌雨量指数時系列図

愛媛県四国中央市（災害発生場所付近）の解析雨量と土壌雨量指数時系列図。



第2.6.3.14図 解析雨量と土壌雨量指数時系列図

岡山県玉野市（災害発生場所付近）の解析雨量と土壌雨量指数時系列図。



第2.6.3.15図 和歌山県沿岸の沿岸波浪害調査場所



写真 2.6.3.11 西牟婁郡さみ町周参見漁港
約48mにわたり湾内に向けて傾いた防波堤と灯台。



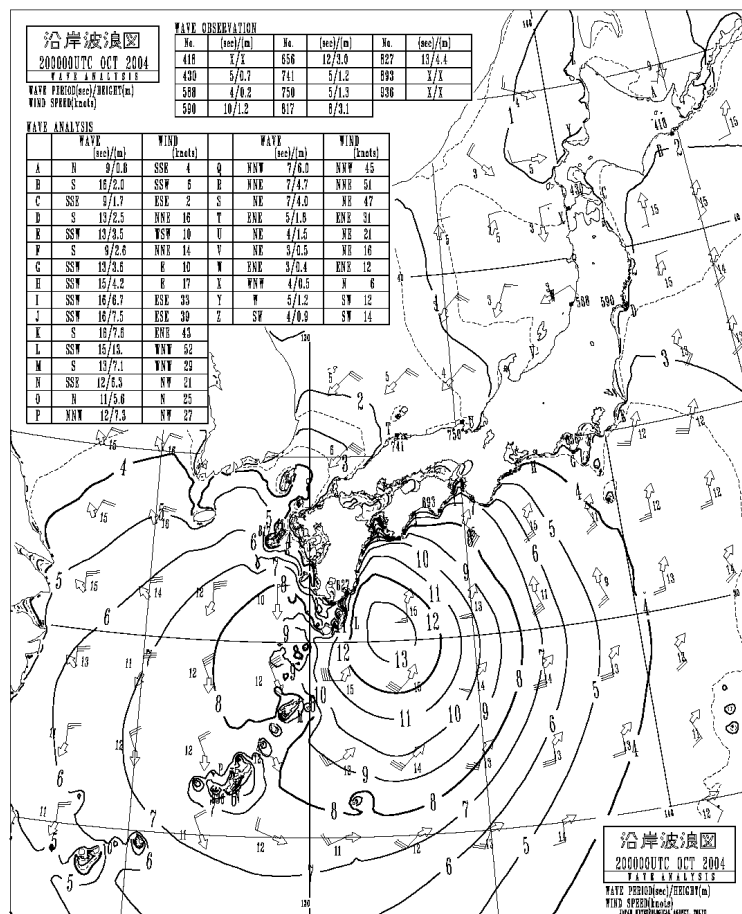
写真 2.6.3.12 西牟婁郡串本町の海中公園センターの海中展
望塔
ブリッジと橋脚が無くなっている。

台風第0423号が四国の南海上を北上中の20日09時の沿岸波浪図（実況図）を第2.6.3.16図に示す。台風を中心付近では、南よりの暴風により波は非常に発達し、13mを超える高波となっている。さらに、この6時間後、台風が室戸岬に最も接近した15時の波高、波向を推定した沿岸波浪モデルの計算結果を第2.6.3.17図に示す。

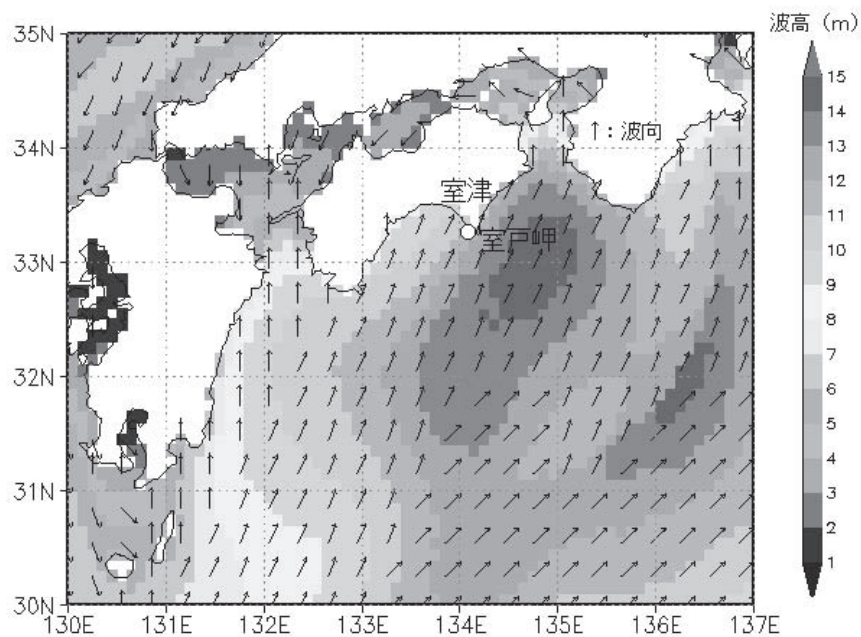
この時間に最も波高の高い海域は室戸岬の南東に位

置しており14mから15mと推定され、室戸岬付近では波高11から12mであったと推定される。

第2.6.3.18図に室戸岬の北西に位置する室津の波浪計の波高、周期、波向の推移を示す。室津では、14時に13.55m、16時に11.39mの波高を観測している（共に水圧センサーからの換算値、国土交通省四国地方整備局による）。また、その周期も15秒前後と非常に長くなっており、波が十分に発達していることを示して



第2.6.3.16図 2004年10月20日09時の沿岸波浪図（実況図）



第2.6.3.17図 沿岸波浪モデルによる2004年10月20日15時の波高・波向の推定図

いる。周期と波向の推移を見ると、台風接近の数日前（観測では17日08時）から台風に伴うと思われる周期10秒を超えるうねりが南南西から入っていたことが分かる。

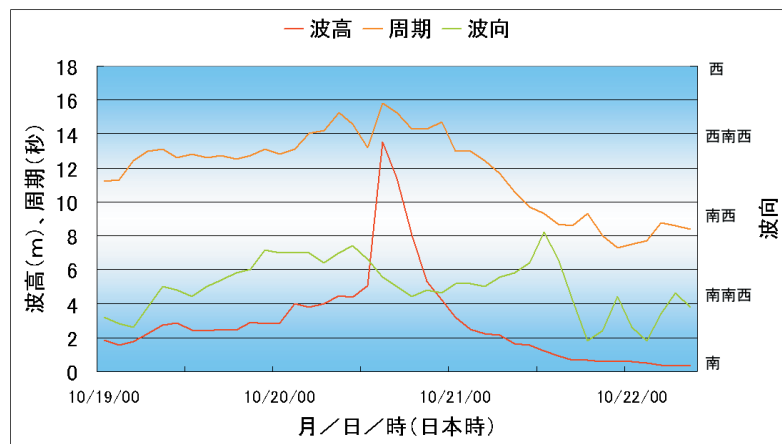
このような被害をもたらすほどの高波となった原因としては、台風0423号が超大型で強い勢力を保ったまま沖縄の南海上から四国の南海上まで北上し、台風の中心の東側で南よりの強い風が島嶼や陸の遮へいを受けることなく、十分な吹送距離と吹続時間をかけて吹き続けたことが挙げられる。このため、波が十分に発達したと考えられる。

また、京都府北部では、台風が接近した20日15時ごろから最大風速が20m/sを超える北寄りの暴風となり、20時から21時にかけて最大瞬間風速は50m/sを超えた。この暴風により丹後半島の伊根町では屋根などが飛ばされる被害があり、飛散物による電線の切断

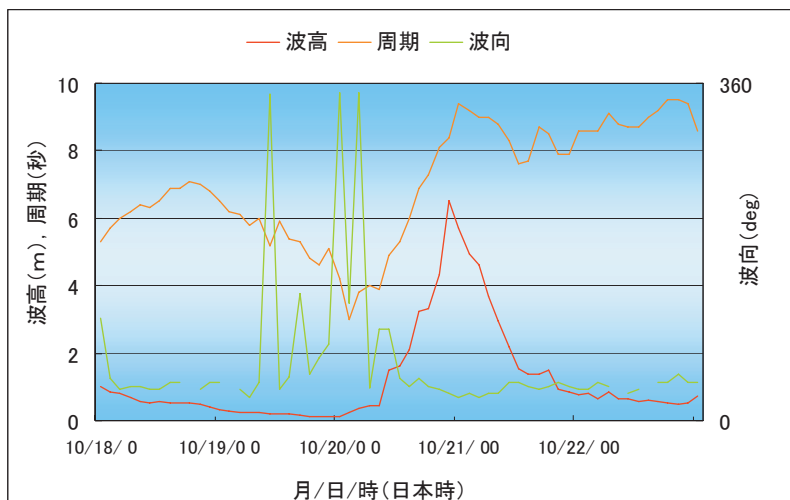
で停電も発生した。また電柱が倒れたところは救急車も入れず一時孤立した地区もあった。宮津市の天橋立では松の木約200本が倒れ、高波により砂浜の侵食害も発生した。

京都府経ヶ岬に設置された沿岸波浪計は20日18時に10月第1位、観測史上第3位となる有義波高7.5mを観測した。

強風や高波により船舶も数多く被害を受けた。伏木富山港内では、20日独立行政法人航海訓練所所属の練習船「海王丸」（2556t）が台風避泊中に強風で走錨し、約7km南の岩瀬漁港防波堤に座礁した。同じく伏木富山湾内で、ロシア籍貨客船「ANTONIA NEZHDANOVA」が、係留中に係留索が切れ、岸壁との接触により浸水した。伏木富山では20日19時38分に極値1位となる最大瞬間風速40.6m/sの風を観測した。第2.6.3.19図に伏木富山の波浪計の波高、



第2.6.3.18図 室津における波高・周期・波向の推移



第2.6.3.19図 伏木富山における波高・周期・波向の推移

周期、波向の推移を示す。20日の夜、急激に波高が高くなり、22時に6.53mの波高を観測している。（水圧センサーからの換算値、国土交通省北陸地方整備局による）

2.6.4 防災情報の発表と今後の課題*

2.6.4.1 大雨と洪水の防災情報の検討

2.6.4.1.1 京都府の場合

舞鶴海洋気象台は20日08時25分に暴風、波浪、大雨、洪水警報を発表した。また、京都地方気象台は20日11時40分に暴風、大雨、洪水警報を発表した。これらを受けて京都府及び各市町村は防災体制を整えた。京都地方気象台は19日と20日に京都府に出向き台風第0423号の説明を行った。舞鶴海洋気象台は20日16時30分に土砂災害の危険性が高まっている旨の大雨警報の重要変更を北部全域に行い、警戒を呼びかけた（「重要変更」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる）。京都府は警報の伝達を行うと共に、北部の各市町村に土砂災害への警戒を呼びかけた。

また、京都地方気象台は、20日夜に由良川の氾濫で舞鶴市で孤立したバスの乗客を救出するため、ヘリコプターの運行に必要な風についての情報を提供した。

課題として、気象情報で予測雨量を300ミリと発表したが、市町村の防災担当者は雨量300ミリについて直ちにその危険性や災害をイメージすることはできなかった。京都地方気象台は、京都府に派遣した職員により京都府を通じ府の出先や市町村に土砂災害の危険性をメール等により伝えたが、市町村や府の出先では、災害の発生情報や気象情報等の輻輳もあって、危機感の共有が不十分な結果に終わった。

気象情報が有効に活用されるためには、日常的に市町村防災担当者や一般住民に気象知識の普及を行うことが大切となる。

災害が発生した後の気象情報は、気象情報以外の様々な情報の増加もあり、重要な情報であっても防災担当者が消化できないことが判明した。このことは今後課題を残すことになった。

2.6.4.1.2 兵庫県の場合

神戸海洋気象台は、兵庫県と国土交通省姫路・豊岡河川国道事務所などに対して逐次気象情報についての解説を電話で行った。特に土壌雨量指数を用いた大雨警報の切替え発表時には土砂災害が最も起こりやすくなっている地域の危機感を伝えた。神戸海洋気象台が発表した防災情報を災害による犠牲者の発生時刻から見た場合、暴風・大雨・洪水などの警報や円山川・加古川などの指定河川洪水警報の発表タイミングを第2.6.3.6図、第2.6.3.7図、第2.6.3.10図、第2.6.3.11図に示す。洪水警報は平均9時間前（3時間30分から23時間前）、大雨警報は平均6時間前（3時間30分から9時間前）、土壌雨量指数を用いた大雨警報は平均2時間前（1時間45分から2時間25分前）に発表していた（「土壌雨量指数を用いた大雨警報」については、第3.6.1.5目「土壌雨量指数の防災気象情報への反映」で述べる）。

2.6.4.2 高波の防災情報の検討

高知地方気象台では、19日06時02分に「台風第0423号に関する高知県気象情報第1号」を発表し、暴風や高波について早い段階から警戒を呼びかけていた。13時には十分なリードタイムを取り波浪警報を発表した。15時30分、気象台・高知県庁・高知海上保安部の3か所で台風説明会を開催し、暴風や高波について時系列に量的予想を示しながら厳重な警戒が必要であることを説明した。その後も台風の接近に伴う気象状況の変化に応じ、気象警報や府県情報を随時発表した。19日から21日の間に発表した防災気象情報は、警報が13回、府県情報は18回であった。

高知県では、19日13時に気象台が発表した波浪警報を受け、第1配備体制（警戒体制）が執られ、その後、台風の接近に伴い、20日05時50分から第2配備体制（厳重警戒体制）に切替え体制が強化された。気象台は、19日に発表した府県情報第1号の中で、20日には台風が接近するため猛烈にしける見込みで、予想される有義波高の最大値は、「うねりを伴い12m」と発表した。

しかし、波高12mの数値の意味が防災機関等にはよく理解されず、結果的に情報を受け取る側に危機感が十分に伝わらなかった面がある。

* 神戸海洋気象台 神内 弘
京都地方気象台 並羅 勝美
高知地方気象台 濱岡 一昭

2.6.4.3 気象情報の改善に関する課題

2.6.4.3.1 京都府の場合

気象情報の質的向上として内容、表現、タイミングについて検討すべき点がある。①文字情報の見出しは重要な事項に絞って記述する。②表現は単に雨量を記述するだけでなく、過去の災害事例を用いて災害をイメージできるようにする。③情報が輻輳するとその内容が十分に伝わらないことがあり、簡潔明りような記述とする。

また、土砂災害の危険性が高まっている旨を記述した大雨警報の重要変更の理解も十分とは言えなかった。

気象情報の理解向上を図るためには、情報の内容改善とともに日ごろから防災機関との連携を深めることが必要である。また市町村へのきめ細かい情報への対応として、気象台から直接市町村まで情報を伝達できるような方策を考えていく必要がある。

舞鶴海洋気象台では、災害形態の把握と今後の防災気象情報の改善に資するため、現地調査及び各市町村に訪問し聞き取り調査を実施した。また発表した警報などに関する防災気象情報利用アンケートを行った。アンケートの結果などから次のような課題が上げられる。

1 より具体的な地域の指定、確度に言及した情報を提供する必要がある。

・各自治体では、わが市町村で今後どうなのか？と言った情報を必要としている。「自分のところは大丈夫だろうという気持ちも少なからずあった」との声があった。市町村単位を意識した情報提供が求められている。

2 大雨・暴風による災害イメージの不足。

・「総雨量が200ミリとか300ミリと言われても直ちにその危険性、災害イメージを十分察知できなかった」との声があった。また今回の台風では、記録的な暴風を観測したが、過去災害も参考に危険性を言及することも必要と考える。今回の情報提供の中で、過去災害を引き合いに出した情報の提供が不十分であったことは反省材料である。

3 暴風時は特に早めの対応が必要である。

・暴風時の避難行動などの防災対応は反って危険を伴う。自治体からもそういった場合の対応の困難さが言われた。防災活動を支援する観点から、

情報提供に当たってこの点も留意する必要がある。

2.6.4.3.2 兵庫県の場合

気象情報が自治体などの防災活動に更に活用できる内容とするためには、気象情報の内容と関連する過去の災害事例を解説し、今後起こり得る災害が何なのかを防災担当者が容易にイメージできるようにしなければならない。また、本文から読み取れるだけでなく、表題を読んでも災害イメージがわくように、気象知識及び気象情報利用の啓発と過去の災害事例の解説を続けていくことが必要である。

犠牲者が発生した事例（第2.6.3.1表）などから次のような課題が挙げられる。①気象情報は県や市町などの防災担当者が防災の指示や行動をするための基となると同時に、住民が理解しやすい情報であること②防災担当者と住民が気象情報を見聞きした時に、気象情報とそれに該当する災害を地域毎、担当毎に具体的に結び付けられること③気象情報発表文を作成する担当者は、頭の中にある気象と災害の連動したシナリオが受け手に伝わるように記述すること④県と市町の防災担当者と日ごろから連絡を密にし、気象知識の普及と啓発を促進する。

以上のように気象情報を改善していくことが、気象情報の更なる理解を深め、住民への避難準備や避難指示に対する迅速な判断となり得ると考える。

2.6.4.3.3 高知県の場合

部外機関の波浪計の観測データや室戸市での聞き取り調査から、最盛期には有義波高は13mを超え、最大波高は17mを超えていたものと見られる。高波による災害は、潮位の上昇と暴風に起因する波浪の相乗効果により引き起こされる場合が多いことから、波高が10mを超えると予想される場合には、「台風に関する高知県気象情報」の波浪部分を抜き出した形で、「高波に関する高知県気象情報」として発表し、沿岸部の市町村への支援を充実させて行きたい。

さらに、防災機関等が情報を受け取って迅速に対応するためには、波の方向や高さを図情報として、面的あるいは時系列的に発表することも考えて行く必要がある。