

第2章 現象の解析と災害の状況

2.1 新潟・福島豪雨の解析と災害の状況

2.1.1 総観場的状況

2011年7月27日から30日にかけて、新潟県中越・下越地方や福島県会津地方を中心に発生した豪雨（「平成23年7月新潟・福島豪雨」と命名、以下、平成23年豪雨という）について、総観場的な気象状況を報告する。

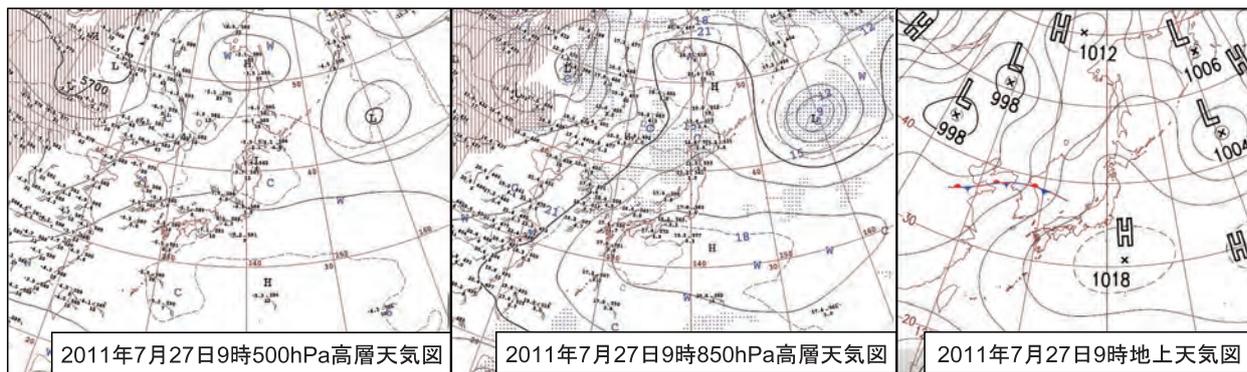
2.1.1.1 気象の状況

第2.1.1.1図から第2.1.1.4図は、豪雨となった7月27日から30日までの高層天気図と地上天気

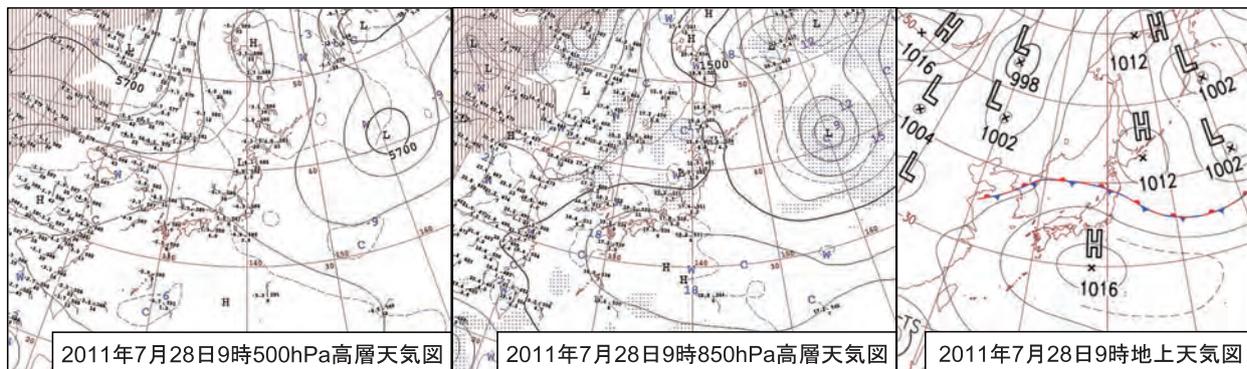
図である。

27日は、本州付近は日本の南東海上に中心を持つ高気圧に緩やかに覆われているが、停滞前線が黄海から日本海西部にのびている。500hPaでは-9℃の寒冷渦が東北地方を東進、850hPaでは太平洋高気圧の縁にあたる東シナ海から日本海を指向する暖湿流がみられる。

28日は、北海道付近の高気圧と太平洋高気圧との鞍部になる黄海から日本海、東北地方を通過して日本の東海上にかけて停滞前線がのび、北陸地方は前線の南側に位置し、850hPaで東シナ海か



第2.1.1.1図 2011年7月27日9時の天気図
500hPa (左). 850hPa (中). 地上 (右).



第2.1.1.2図 2011年7月28日9時の天気図
500hPa (左). 850hPa (中). 地上 (右).

* 新潟地方気象台 斎藤 寿秋, 内山 豊明

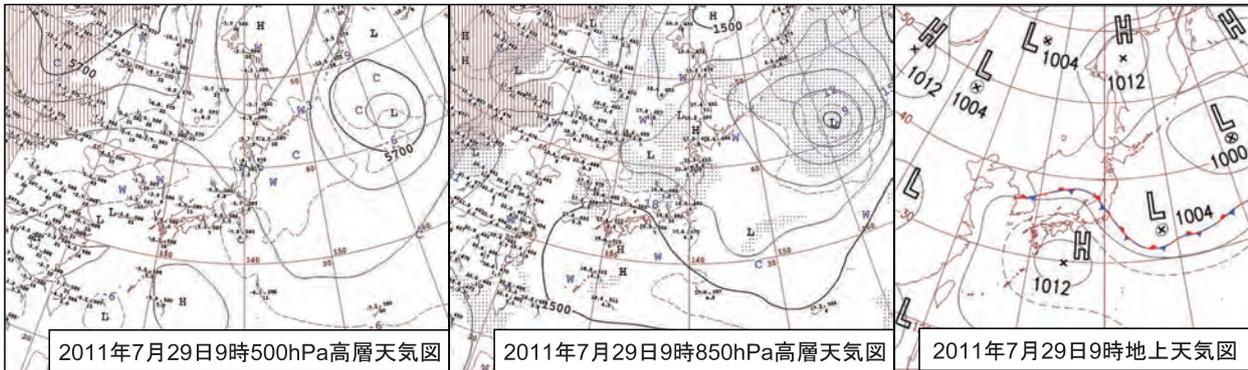
ら暖湿流が流れ込みやすい状態が続いた。

29日も西日本は太平洋高気圧に覆われ、一方オホーツク高気圧も勢力を強めている。高気圧の鞍部にあたる前線は前日に比べて少し南下し新潟県付近に停滞している。500hPa 輪島では周辺より北西の風が強くなっていた。850hPa でも太平洋高気圧が西日本を覆い日本海の湿潤域は前日と比べて広がっている。北陸付近は西の風が北西の風に変わり（高田ウインドプロファイラでは、29

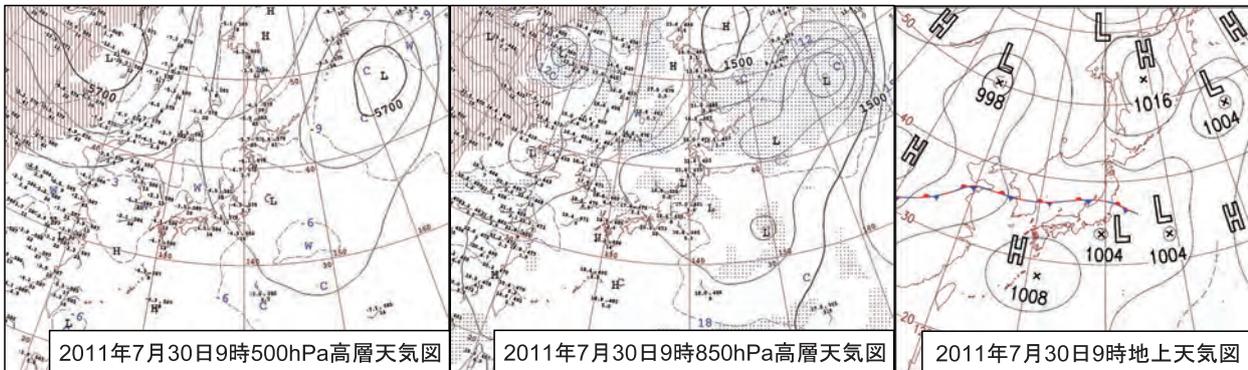
日7時頃（図略）日本海に流れ込んだ暖湿気が北陸から東北地方に流れ込んでいる。

30日には850hPaで対馬海峡付近の風向が北寄りに変わり、日本海に流れ込んでいた暖湿気の補給が弱まり、前線は次第に不明瞭化した。

7月27日21時から30日21時までの、輪島の高層観測値から計算した各種指数を第2.1.1.1表に示す。期間を通して、SSI（ショワルターの安定指数）は1℃以下、可降水量は55ミリ前後、



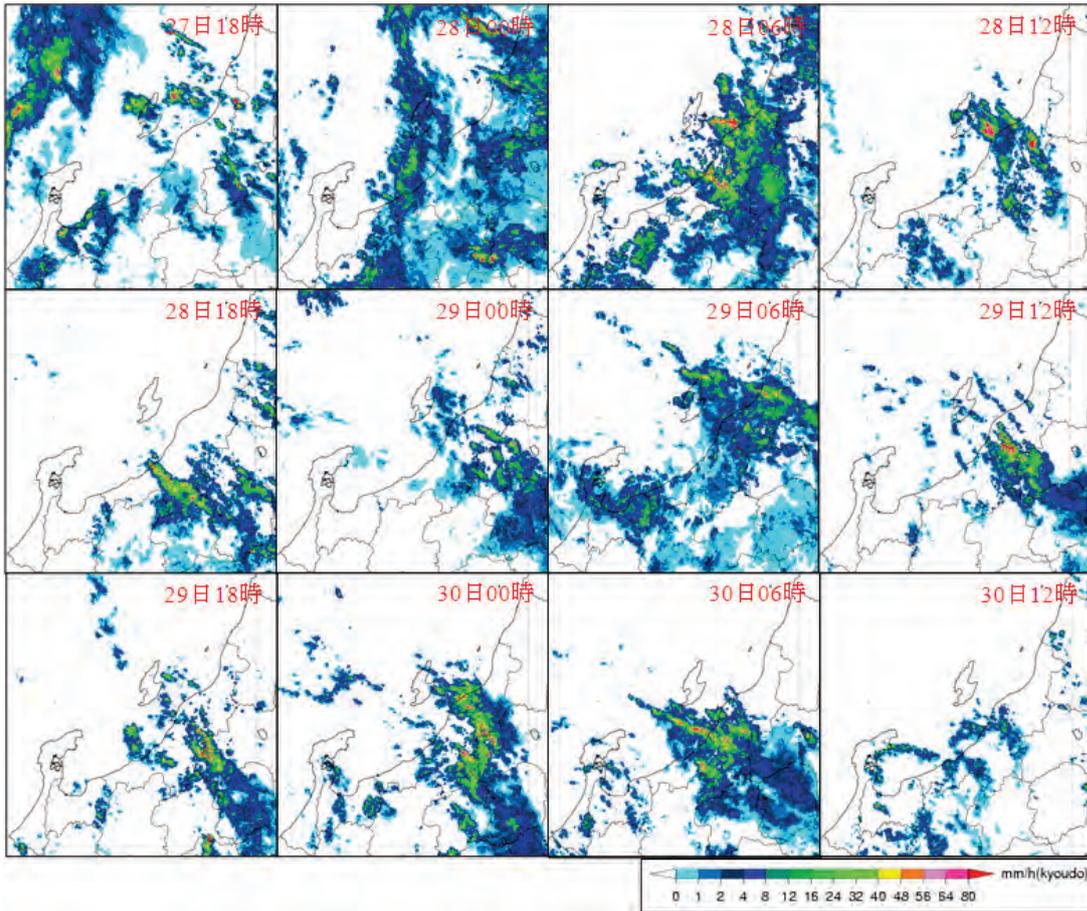
第2.1.1.3 図 2011年7月29日9時の天気図
500hPa (左). 850hPa (中). 地上 (右).



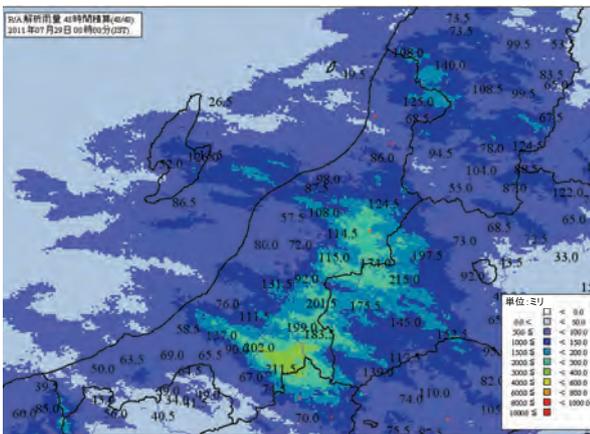
第2.1.1.4 図 2011年7月30日9時の天気図
500hPa (左). 850hPa (中). 地上 (右).

第2.1.1.1 表 輪島の高層観測値から計算した、各種安定度の指数
2011年7月27日21時から30日21時まで12時間ごと

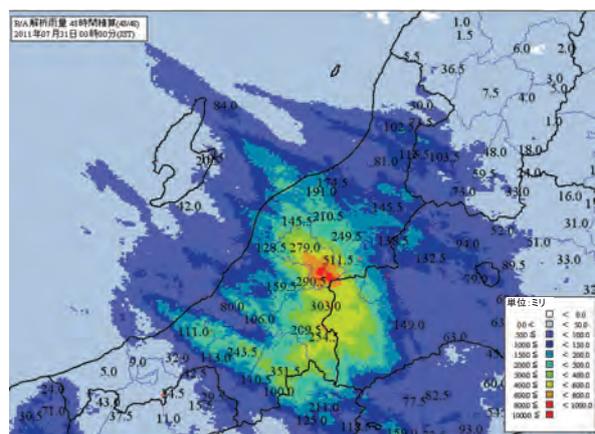
時刻	SSI (°C)	可降水量 (mm)	LFC (hPa)	LNB (hPa)	K-インデックス	地上から700hPaまでの水蒸気量 (kg/m ²)
27日21時	-1.67	63.2	912	342	38.0	42.4
28日09時	-0.25	54.4	965	176	35.8	42.5
28日21時	0.93	57.1	935	400	30.6	37.5
29日09時	0.64	57.6	981	195	34.7	39.8
29日21時	0.57	54.1	856	208	34.8	39.7
30日09時	0.13	53.0	980	196	36.7	41.4
30日21時	-1.57	53.4	964	803	37.9	39.1



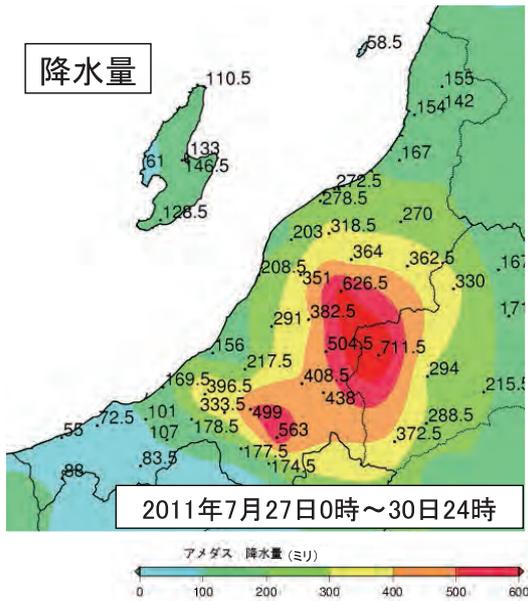
第2.1.1.7図 レーダーエコー強度図
7月27日18時から30日12時にかけて6時間ごと。



第2.1.1.8図 48時間解析雨量
7月27日0時から28日24時の積算解析雨量。



第2.1.1.9図 48時間解析雨量
7月29日0時から30日24時の積算解析雨量。



第2.1.1.10図 平成23年7月新潟・福島豪雨
7月27日0時から30日24時の積算降水量分布図。

2.1.1.3 平成16年豪雨との比較

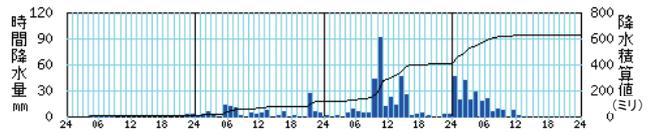
平成23年豪雨は、500hPaは西日本で太平洋高気圧の勢力が強くとオホーツク海にも高気圧があり、鞍部にあたる新潟付近は北西の流れであった。850hPaも太平洋高気圧が西日本を覆い東シナ海から日本海に暖湿流が流れ込み、北西の風が変わって北陸から東北地方に湿潤域が流れ込んだ。高田ウインドプロファイラ（図略）でも1,000m以下では南西から西の風によって暖湿気が流れ込んでいた。

第2.1.1.12図は平成16年豪雨の高層天気図と地上天気図である。500hPaでは日本海は気圧の尾根となっている。オホーツク海の気圧の谷の南下もあって新潟付近は西北西の流れとなっている。850hPaでは日本付近は南北方向の温度傾度が大きく、朝鮮半島から東北地方にかけて湿潤域が帯状に広がっている。

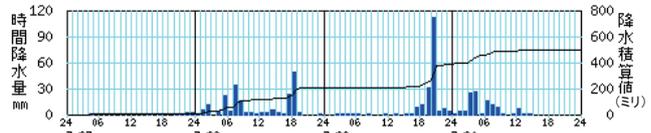
平成16年豪雨は、中下層が西よりの風に揃い、500hPaが西北西の流れとなっている。西からの暖湿流が前線近傍の新潟県付近で収束して大雨となった。平成16年豪雨は、新潟県で大雨となりやすい気圧配置と類似していた。

平成23年豪雨は、1,000m以下で西から流れ込んだ暖湿気が前線付近で上昇してエコーが発生、それがその上の北西風によって南東側へ流され、

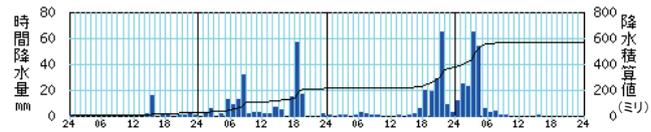
新潟県 宮寄上 2011年07月26日24時～2011年07月30日24時



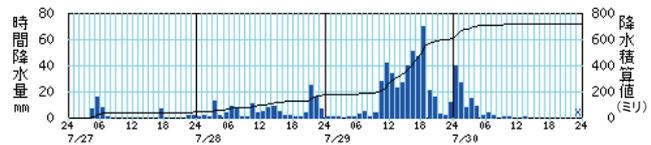
新潟県 十日町 2011年07月26日24時～2011年07月30日24時



新潟県 塩沢 2011年07月26日24時～2011年07月30日24時



福島県 只見 2011年07月26日24時～2011年07月30日24時



第2.1.1.11図 アメダス観測所の降水量時系列図

7月27日0時から30日24時。

棒グラフが1時間降水量。

折れ線グラフが積算値。

次々とエコーが発生するため北西から南東走向の線状にエコーが組織化したと考える。

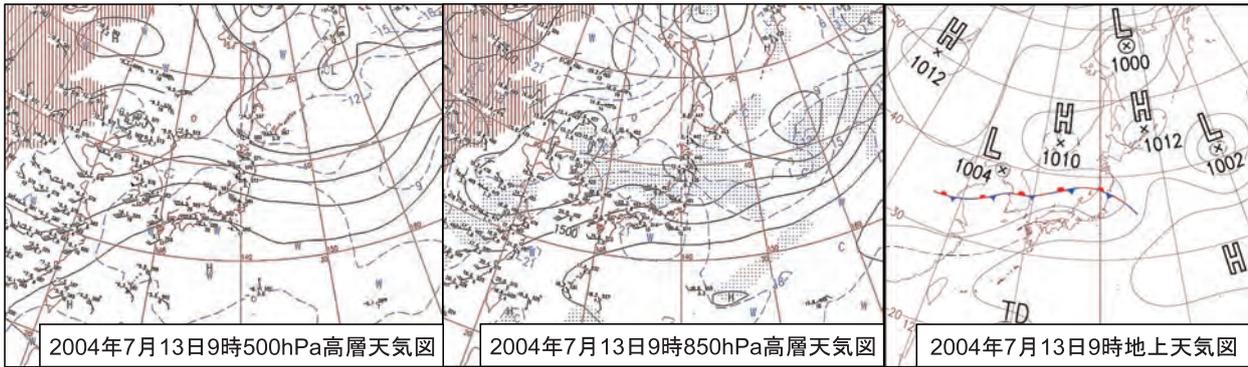
この点が、平成16年豪雨との違いと思われる。

第2.1.1.13図に平成16年豪雨の降雨状況を示す。

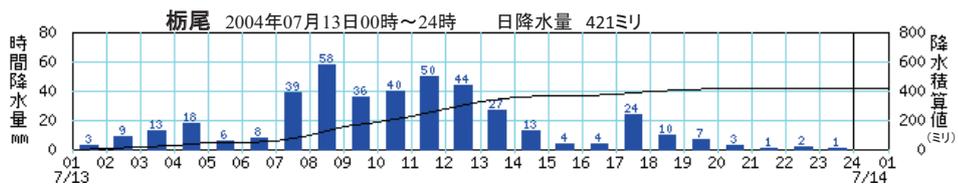
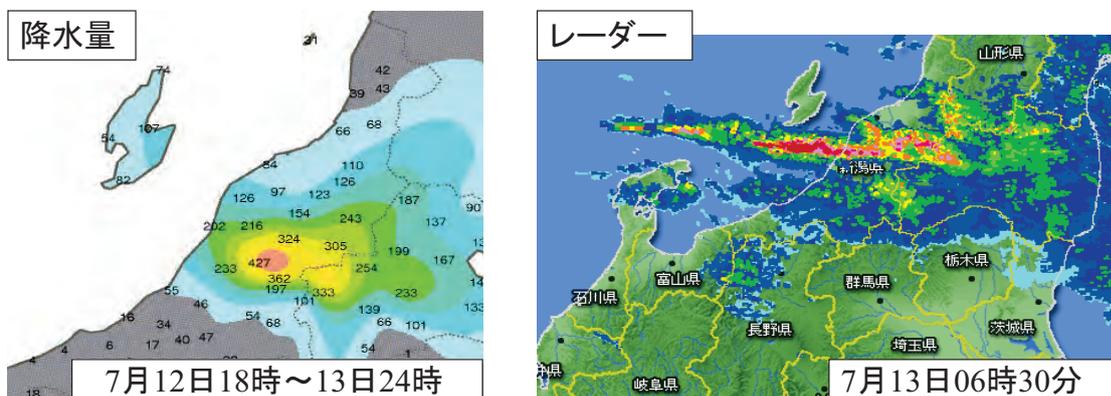
平成16年豪雨で最も激しい雨を観測した時間帯は13日の午前中であった。栃尾では13日7時から13時まで1時間に30ミリ以上の激しい雨が続き、日降水量は421ミリに達した。新潟県中越下越から福島県会津にかけて南北に狭く東西に長い線状降水帯となっている。

平成23年豪雨は、平成16年豪雨と比較すると新潟県中越を中心に1時間100ミリを超える猛烈な雨が発生し総雨量が多くなったこと、北西から南東に走向を持つ何本かの明瞭な線状降水帯が発生したこと、期間が長く続いたことが特徴である。

平成23年豪雨は、平成16年豪雨を上回る近年類をみない豪雨となったが、その要因について考察を行った。



第 2.1.1.12 図 2004 年 7 月 13 日 9 時の天気図
500hPa (左). 850hPa (中). 地上 (右).



第 2.1.1.13 図 平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨の降水状況
積算降水量分布図 (左上). レーダーエコー図 (右上). 栃尾の降水量時系列図 (下).

2.1.1.4 平成 23 年豪雨の要因の考察

今回の豪雨については 2011 年 8 月 4 日に気象研究所が「平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨の発生要因について」として報道発表を行っている。ここではその結果も踏まえ、地元気象台が当日入手可能な資料を基にメカニズムの考察を行った。

(1) 7 月 28 日の大雨の要因

第 2.1.1.14 図に 28 日 6 時の高層解析と気象衛星の水蒸気画像・レーダーエコーを示す。温度場をみると 300hPa では -30℃、500hPa では -6℃であり、また、水蒸気画像では暗域が佐渡付近に入り込んでいた。850hPa は西風で高相当温位

(345K) の流入があった。28 日午後は、暗域は東進したが 500hPa から下層の状況に変化はなく大気が不安定な状態が続いた。

850hPa では西風による暖湿気の流入が続き、第 2.1.1.1 表に示すように SSI は小さく可降水量も多くなっており大雨が発生しやすい条件を満たしていた。

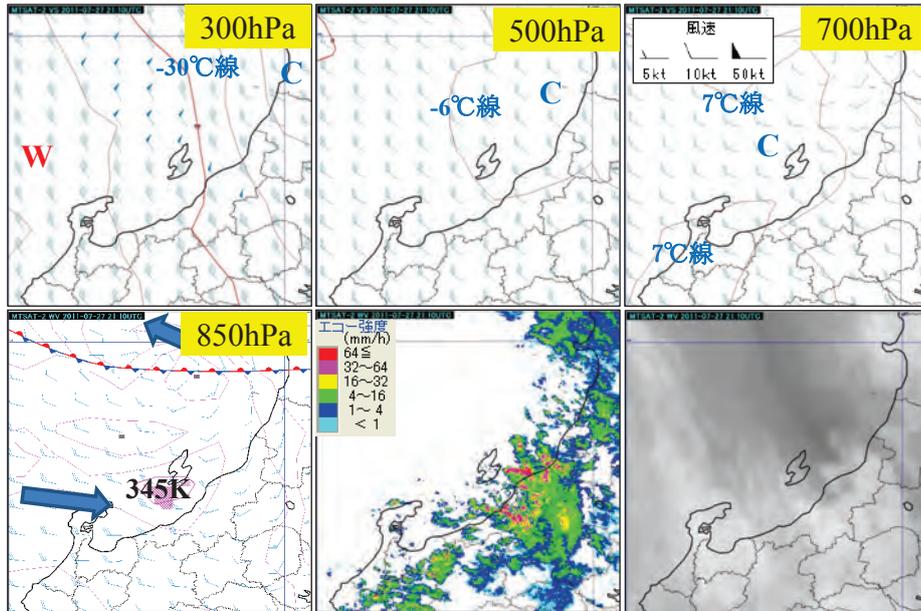
29 日のように局地的に猛烈な雨とはならなかった原因については、下層の西風で運ばれた暖湿気によりエコーは発生・発達したが、エコーは持続せず南東進したためと考える。仮に中層が西風であったとすると、平成 16 年豪雨のように線状降水帯が形成され猛烈な雨になった可能性が考

えられる。

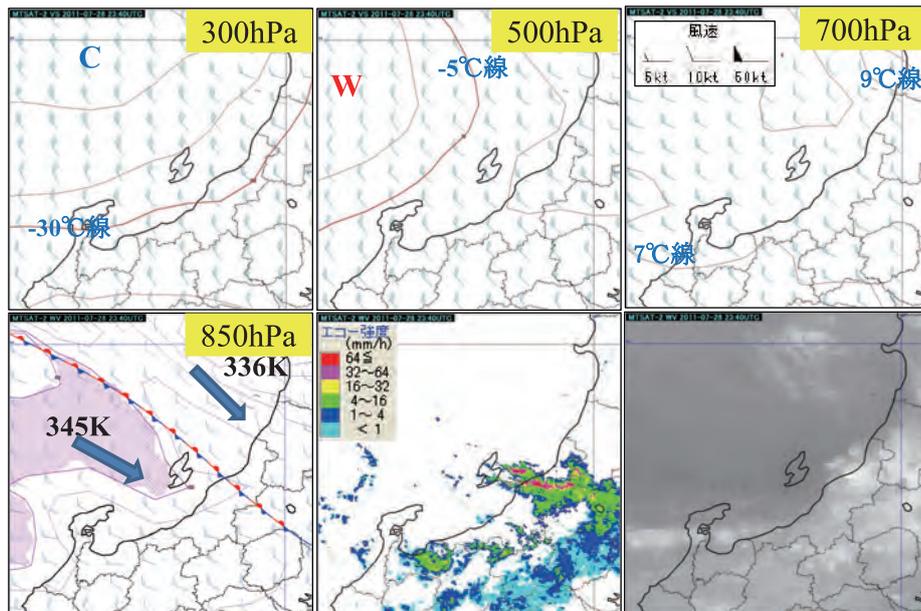
(2) 7月29日朝から昼過ぎの豪雨の要因

第2.1.1.15図に29日9時の高層解析実況と水蒸気画像・レーダーエコーを示す。29日朝には

停滞前線は新潟市付近まで南下し、この近傍でエコーが線状に組織化し、局地的に猛烈な雨となった。水蒸気画像では暗域が海上から南下していた。300hPaから700hPaは28日と同様に北西風であるが、850hPaは西風から北西風が変わっている。



第2.1.1.14図 7月28日6時の実況及び解析図
300hPa気温と風(左上). 500hPa気温と風(中上). 700hPa気温と風(右上).
850hPa風と相当温位(左下). レーダーエコー(中下). 水蒸気画像(右下).



第2.1.1.15図 7月29日9時の実況及び解析図
300hPa気温と風(左上). 500hPa気温と風(中上). 700hPa気温と風(右上).
850hPa風と相当温位(左下). レーダーエコー(中下). 水蒸気画像(右下).

500hPa 気温は 28 日より昇温していたが、300hPa では沿海州方面から -30℃以下の寒気が南下していた。そして、850hPa では佐渡付近の海上には 345K の高相当温位があつて陸地に向かって流れ込んでいた。また、300hPa 正渦位（図略）の中心は秋田沖付近にあり線状エコーは南象限に位置していた。

28 日との相違点は 850hPa 風が北西に変わり中層の風向と揃つたことである。これにより 1,000m 以下の暖湿気が前線付近で上昇してエコーが発生し、その上空の北西風に流されることを繰り返して線状化した。更に暗域の南下に見られるように上層には乾燥した空気が流れ込み、300hPa でも冷たい空気が流れ込んで、-30℃線が南下した。このため、大気の状態が非常に不安定となり線状エコーが急速に発達し、北西から南東走向に停滞したため集中豪雨になったと考える。この大雨は三条地域を中心に 29 日昼過ぎまで続いた。

(3) 7月29日夜から30日朝の豪雨の要因

ここでは 29 日夕方に新潟地域、三条地域付近で一旦収まった雨が 29 日夜から 30 日朝にかけて再び強まり、中越山沿いを中心に 1 時間 100 ミリを超える猛烈な雨となった要因を考察した。

第 2.1.1.16 図に 3 時間毎の衛星赤外画像と 300hPa 渦位、レーダーエコー及び 850hPa の風と相当温位、SSI を示す。

29 日 18 時は平野部の降水は弱まっているが、佐渡の北西海上には、300hPa 正渦位域や 850hPa 高相当温位域 (345K) が南東進していた。

21 時になると佐渡付近に 300hPa 正渦位域が進み、中越山沿いには 850hPa 高相当温位域が入りエコーの発達がみられる。

24 時になると 300hPa 正渦位域と 850hPa 高相当温位域が中越に流れ込んできた。新潟市付近でも対流雲が発生し SSI は 0℃以下となり、赤外画像からみられるように対流活動が非常に活発化していることが分かる。

30 日 3 時になると 300hPa 正渦位域は中部山岳に達し新潟県を超えつつある。中越付近のエコーは強いが、衛星画像は輪郭がぼやけており活発化

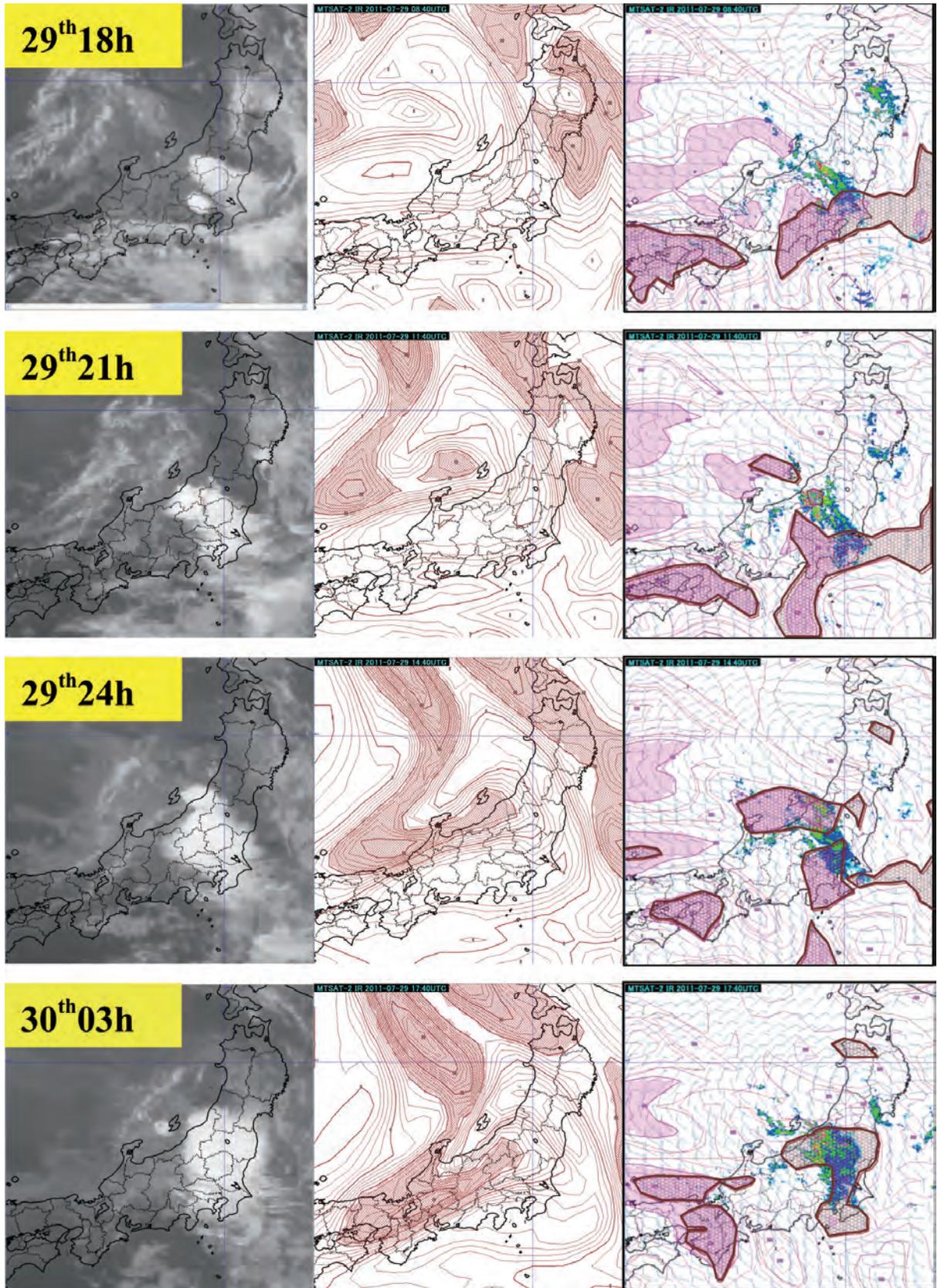
のピークは越えたとみられる。

29 日夜に再び雨が強まった原因は、海上から再び 850hPa 高相当温位域 (345K) が流れ込み、300hPa 正渦位域の南下に伴い 300hPa 付近の低温化により不安定が強まったため、更に強い上昇流が発生して 1 時間に 100 ミリを超える豪雨となったと考える。

(4) 大雨の要因のまとめ

平成 23 年豪雨の猛烈な雨が断続的に続いた 28 日から 30 日朝について、総観場からみたメカニズムの考察を行った。得られた結果は次の通りである。

- ①前線による新潟県の大雨は、対馬海峡から流れ込む暖湿流が西風に流され新潟県付近で対流性のエコーが線状化して発生するケースが多かった。平成 23 年豪雨の事例から、日本海に流れ込んだ暖湿気が北西の風によってもエコーが線状に組織化して豪雨が発生することが分かった。
- ②期間による大雨の主要因が異なっていた。
 - ・ 28 日は下層の暖湿気の流れにより大気の状態が不安定となり、下層の西風で運ばれた暖湿気が上昇してエコーは発生・発達したが、中層の北西風に流され南東進したため、局地的な猛烈な雨にまでは至らなかった。
 - ・ 29 日朝から昼過ぎの豪雨は、下層と中層の風向がともに北西に揃ったタイミングで発生した。この時、上空には乾燥空気が流入し、また 300hPa で -30℃の冷たい空気が南下したため、大気の状態が非常に不安定となり、1,000 m以下の暖湿気が前線付近で上昇して次々とエコーが発生、その上空の北西風に流されて線状に組織化したことにより豪雨となった。
 - ・ 29 日夜から 30 日朝にかけては、何本かの北西から南東走向の線状エコーが発生し、線状エコーの南東側は中越山沿いに達した。これは、29 日夜から再び高暖湿気が流れ込むとともに、300hPa 正渦位域の南下に伴い 300hPa 付近の低温化で不安定が更に強まったことから、対流活動が強まって、1 時間 100 ミリを超える豪雨となった。



第2.1.1.16図 7月29日18時から30日3時の3時間ごとの実況図
 赤外画像(左), 300hPa渦位(中, 網掛けは正渦位).
 850hPa風, 相当温位, SSI(右, 網掛けは相当温位345K以上, 茶色ハッチはSSI 0°C以下).

2.1.2 局地的な大雨の解析*

第2.1.1.2項に示したように、28日昼頃から30日にかけて新潟県の沿岸で発生した降水エコーが東南東や南東に進むことで線状に組織化し、その多くが下越・中越及び福島県会津地方まで達して大雨をもたらした。28日午後以降に形成された線状降水帯の特徴を調べ、その予測可能性について検討する。

2.1.2.1 線状降水帯が形成された期間の大気の状態

線状降水帯が形成された領域の上流域にあたり、降水帯を形成した領域の大気構造に類似していると考えられる。輪島の観測値から計算した値（第2.1.1.1表）を用いて推定を行う。期間を通して、SSI（シヨワルターの安定指数）は1℃以下、LFC（自由対流高度）は期間を通してほぼ900hPaより低く、LNB（浮力がなくなる高度）は、30日9時までは400hPa以上と対流雲が発生・発達しやすい大気状態であった。しかし、28日9時、21時及び30日21時のSSIは0℃以下であるのに対して、線状降水帯が形成された期間である28日21時から30日9時までの方が0℃以上と相対的に安定度は良い。K-インデックスも前者に対して後者のほうが相対的に少なく、地上から700hPaまでの水蒸気量についても後者のほうが相対的に少ない。第2.1.1.7図と合わせて考えると、大気の状態は期間を通して大雨が発生しやすい状態であったのに、線状降水帯が形成された期間で雨量が多くなっている。このことから、28日昼以降に雨量が多くなり豪雨となったのは、大気の状態が不安定で湿潤であるということに加えて、線状に組織化した降水帯が形成されたことが主要因と推察される。

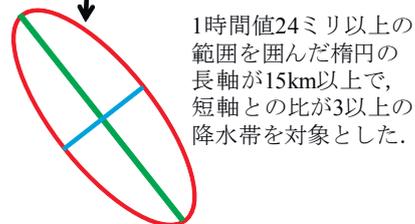
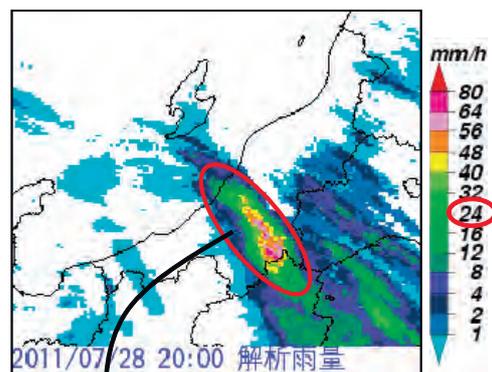
2.1.2.2 線状降水帯の特徴

線状降水帯の動向を調べるために、県内にかかった降水域について、以下の方法によって、解析雨量を用いて個々の線状降水帯を抽出した。

(1) 7月28日12時から7月30日12時にかけて、

新潟県及びその周辺海上で発生した降水エコーを対象とした。

- (2) 30分ごとの解析雨量の1時間値を使用し、降水量が24ミリ以上となった降水域を対象とする。第2.1.2.1図で示すように、降水域のまとまりを楕円と考え、その長軸が15km以上あり、長軸と短軸の比が3以上となったものを線状降水帯として抽出し、この領域の中で解析雨量1時間値が16ミリ以上となった初めの時刻を発生時刻とした。
- (3) 個々の線状降水帯を区別するために、(2)項の発生時刻順に「線状降水帯1」、「線状降水帯2」…と名付けた。
- (4) 線状降水帯のうち、解析雨量の1時間降水量が48ミリ以上となった場合を「大雨あり」とし、48ミリ未満の場合はその線状降水帯を「大雨なし」とした。抽出したひとまとまりの線状降水帯から48ミリ以上の領域が複数発生した場合があったが、レーダーエコー強度図の10分値で各降水セルの発生や移動の様子を確認し、線状降水帯としては一つとして数えた。
- (5) 抽出した線状降水帯を、発生の形態別に分



1時間値24ミリ以上の範囲を囲んだ楕円の長軸が15km以上で、短軸との比が3以上の降水帯を対象とした。

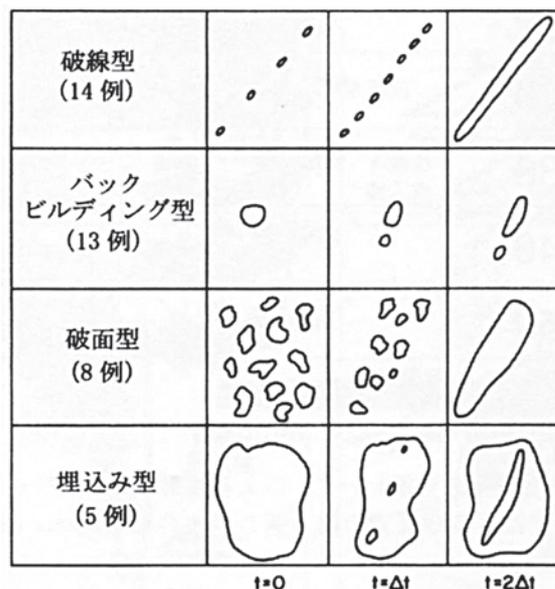
第2.1.2.1図 線状降水帯を抽出する方法

* 新潟地方气象台 高橋 英則

類した。分類は該当する期間におけるエコーの発生の形状を、Bluestein and Jain (1985) による、スコールラインの形成の形態別分類から、破線型、バックビルディング型、破面型、埋め込み型とした。第2.1.2.2図に上記の型を示す。

(6) 解消時刻は、降水帯が弱まり解析雨量1時間値で24ミリ未満となった時刻とした。

上記の方法により、11本の線状降水帯を個々に抽出した。第2.1.2.1表に、抽出した線状降水帯を示す。抽出した線状降水帯のうち8例が「大雨あり」、3例が「大雨なし」であった。降水帯の走向は北西から南東か西北西から東南東で、これは高田ウインドプロファイラの高度約2,000m以上の風向とほぼ一致していた(図略)。なお、GSMモデルの予想でも、エコーが発生している時間帯の700hPaの風向とほぼ同じであった。こ



第2.1.2.2図 スコールラインの形成の形態別分類 (Bluestein and Jain, 1985)*

※(原典) Bluestein, H.B. and M. H. Jain, 1985: Formation of mesoscale lines of precipitation: Severe squall lines in Oklahoma during spring. J. Atmos. Sci., 42, p.1713.

(出所) 吉崎正憲・加藤輝之(2007): 豪雨・豪雪の気象学。応用気象学シリーズ4, 朝倉書店, p.107.

第2.1.2.1表 個々に抽出した線状降水帯 (2011年7月28日12時から30日12時まで) 発生形状のBB型はバックビルディング型のこと。

降水帯名と大雨発生の有無	発生時刻	解消時刻	継続時間	発生, 移動場所	発生形状	走向	大雨あり(解析雨量1時間値が48ミリ)となった時刻	継続時間中で解析雨量1時間値の最大値(ミリ)
線状降水帯1 大雨あり	28日 10:30	28日 15:30	5:00	佐渡市～阿賀町	BB型	西北西-東南東	28日 11:30	75
線状降水帯2 大雨あり	28日 17:30	28日 23:00	5:30	柏崎市海上～群馬北部	BB型	西北西-東南東 28日18:30に北西-南東に変化	28日 18:30	80
線状降水帯3 大雨なし	29日 00:30	29日 04:00	3:30	三条市～猪苗代湖の南	BB型	西北西-東南東	なし	46
線状降水帯4 大雨あり	29日 04:00	29日 09:00	5:00	佐渡北西海上～山形県南部	埋込型	西北西-東南東	29日 04:30	69
線状降水帯5 大雨あり	29日 06:30	29日 20:30	14:00	佐渡北西海上～魚沼市	BB型	西北西-東南東 29日11:00に北西-南東に変化	29日 08:30	105
線状降水帯6 大雨あり	29日 18:00	30日 04:30	10:30	上越市海上～魚沼市	BB型	北西-南東	29日 19:00	120
線状降水帯7 大雨なし	29日 20:00	29日 22:30	2:30	新潟市・新発田市沿岸～阿賀町	BB型	北西-南東	なし	34
線状降水帯8 大雨あり	29日 21:30	30日 05:00	7:30	佐渡の北東海上～長岡市	BB型	西北西-東南東 30日2:30に北西-南東に変化	29日 23:00	100
線状降水帯9 大雨なし	30日 00:30	30日 04:30	4:00	新発田市北西海上～阿賀町北部	BB型	北西-南東	なし	43
線状降水帯10 大雨あり	30日 01:30	30日 07:30	6:00	柏崎市～南魚沼市	BB型	西北西-東南東	30日 02:00	90
線状降水帯11 大雨あり	30日 02:00	30日 11:00	9:00	佐渡海上～上越市	BB型	西北西-東南東	30日 05:00	76

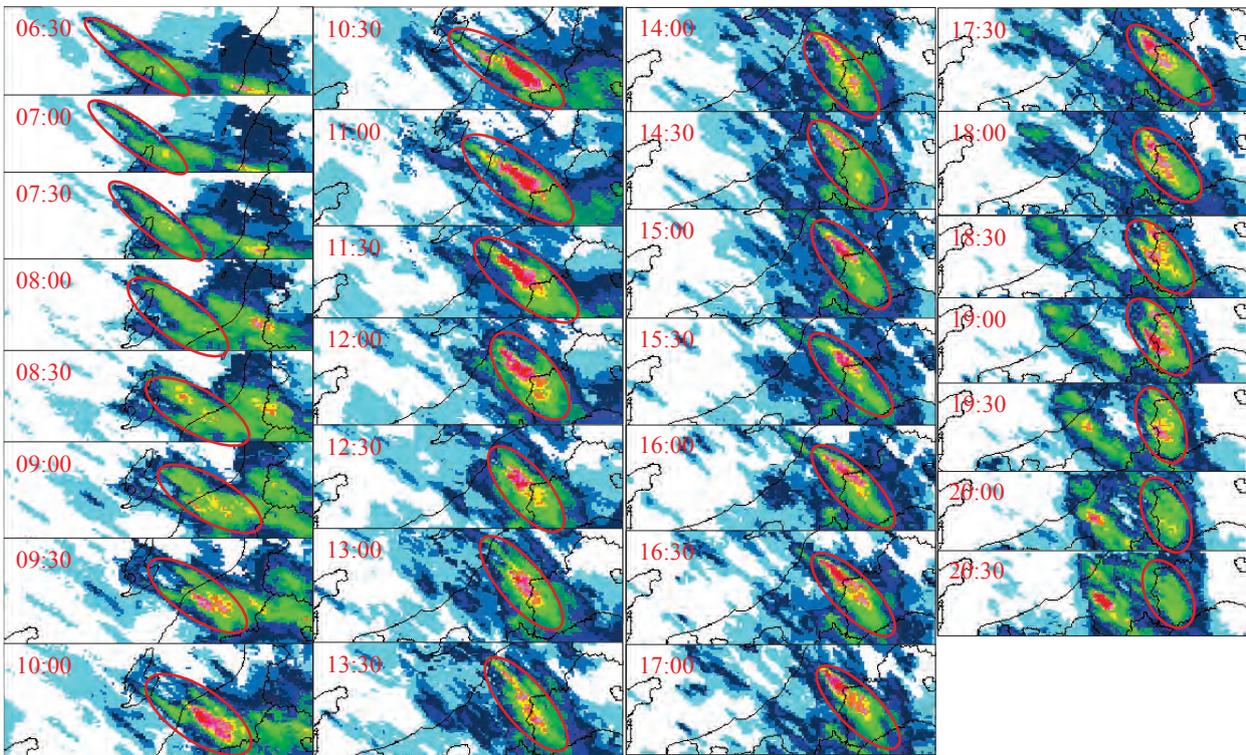
これらの降水帯を形成したエコーも東から南東に進むものが多く、エコーが次々に同じ領域にかかり続けたため、局地的な大雨になったと推察される。

第2.1.2.1表で線状降水帯5とした線状降水帯の動向を、第2.1.2.3図に示す。図の赤枠で囲んだ線状降水帯5を形成したエコーに注目すると、ある地点で発生したエコーが中層の北西風に流されつつ、同じ領域で別のエコーが発生し続けており、バックビルディング型の発生形状を示していた。線状降水帯5以外の、その他に抽出した各線状降水帯の多くが同様の発生形状を示していた。また、個々の降水帯の継続時間は2時間30分から14時間であったが、「大雨あり」の線状降水帯の方が、「大雨なし」よりも強雨の領域が長く、またその存在時間も長い傾向にあった。なお、この期間のアメダス雨量について、1時間値で50ミリ以上を観測した降水量は全て、上記の方法により抽出した線状降水帯に含まれていた。

2.1.2.3 線状降水帯形成の予測可能性

第2.1.2.1表から、大雨となった線状降水帯が発生時刻から大雨となるまでに、30分から3時間の時間があることがわかる。この間に、何らかの要素を用いて大雨となるかを予測できれば、防災上に資することになる。ここでは、第2.1.2.2項で抽出した降水帯を対象として、その解析雨量1時間値が48ミリ以上の「大雨あり」となる前に、その付近（降水帯周辺10km程度の範囲）で以下の各要素が発生しているかを調べた。

- (1) アメダスによる地上風の収束
- (2) 雷監視システムによる、降水帯に先行する発雷（LIDENによる先行発雷）の有無
- (3) メソサイクロン発生の有無
- (4) まわりよりGPS可降水量の大きい領域（55kg/m²以上）か
- (5) 925hPaの収束域か
- (6) 850hPaの収束域か



第2.1.2.3図 新潟県の30分ごとの解析雨量1時間値(ミリ)

2011年7月29日6時30分から20時30分まで。赤枠は第2.1.2.2項の方法により抽出した線状降水帯5。

(7) 850hPa と 700hPa の風向が揃っている領域か (± 10° 以内)

各要素の発生は、前項の抽出方法で定めた発生時刻から1時間前まで遡った。(2), (3) の要素は前10分ごとの値とし、レーダーエコー強度図と合わせて各降水セルの発生や移動の様子を確認して、明らかに対象の降水帯に該当しないと判断したものは除外した。また、(5) から (7) の各要素については、GSM の GPV データを1時間ごとに補完した値を用いた。

降水帯が「大雨あり」となった線状降水帯については、上記要素で現象を予想できた場合は「適中:A」、予想できなかった場合は「見逃し:B」とする。「大雨なし」となった線状降水帯については、上記要素が発生していた場合には「空振り:C」、発生しなかった場合は「予想・現象なし:D」とする。これらの適合数から、以下の式により、各要素による評価を求めた。

$$\text{適中率} = \frac{A+D}{A+B+C+D}$$

$$\text{見逃し率} = \frac{B}{A+B+C+D}$$

$$\text{空振り率} = \frac{C}{A+B+C+D}$$

$$\text{スレットスコア} = \frac{A}{A+B+C}$$

第2.1.2.2表に、上記の方法によって求めた各要素の評価を示す。適中率が良かった要素は925hPa収束域、GPS可降水量の多い領域、LIDENによる先行発雷、地上風の収束域であった。ただし、地上風の収束域については、他の要素よりも見逃し率が高めであった。

2.1.2.4 線状降水帯形成を予測する各要素の妥当性の検討

大雨をもたらす線状降水帯の予測について、前項の方法で適中率やスレットスコアの高かった3つの要素(925hPa収束域、GPS可降水量の多い領域、LIDENによる先行発雷)について、大雨の原因を基にその妥当性を検討した。

吉崎・加藤(2007)によれば、各層の全収束量をみると、高度1km付近で1つの極大があり、下層収束が強まることで、地形とは無関係に、メソ対流系は移動せずに停滞するとある。更に、積乱雲の発達高度が低い場合などでは、メソ対流系に大きな上昇流が生じない。そのようなケースでは下層風収束が十分強まらないため、メソ対流系は移動してしまい、集中豪雨は発生しないとしており、積乱雲の発達高度が高いこともメソ対流系が停滞するための条件としている。雷を発生させるための電荷は-10℃以下の高度(梅雨期では約6km)での霰と雲氷又は雪の衝突によって生じる

第2.1.2.2表 抽出した線状降水帯が1時間値48ミリになる前に各要素が発生した適合数とその評価

		925hPa 収束	GPS 可降水量の 強い領域	LIDEN による 先行発雷	アメダス 地上風 収束	メソ サイクロン 有無	700hPaと 850hPaの 風向差	850hPa 収束
適合数	適中	7	6	5	4	2	4	1
	見逃し	1	2	3	4	6	4	7
	空振り	3	2	1	0	0	2	2
	予想・現象 なし	0	1	2	3	3	1	1
評価	適中率	0.64	0.64	0.64	0.64	0.45	0.45	0.18
	見逃し率	0.09	0.18	0.27	0.36	0.55	0.36	0.64
	空振り率	0.27	0.18	0.09	0.00	0.00	0.18	0.18
	スレット スコア	0.64	0.60	0.56	0.50	0.25	0.40	0.10

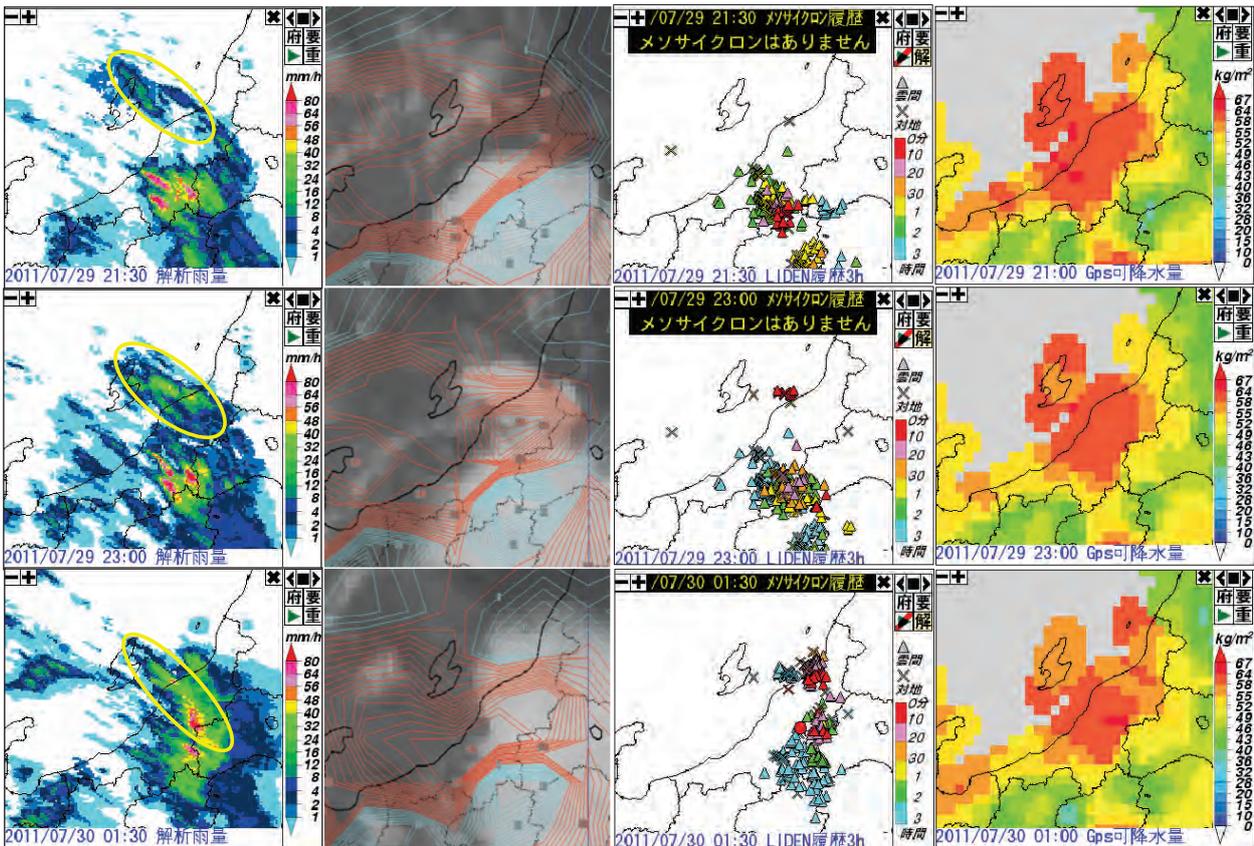
(Takahashi, 1984) ことから、積乱雲の発達高度が高くないと雷は発生しない。したがって、雷が観測される場合は積乱雲の発達高度が高いといえる。今回の検討で得られた「925hPa 収束域」は下層収束の強化を、「LIDENによる先行発雷」は積乱雲の発達高度が高いことを監視していると考えると、メソ対流系の停滞条件を示すことになり、これらを線状降水帯の発生前のシグナルとすることは妥当であるといえる。なお、吉崎・加藤(2007)は、平成16年7月新潟・福島豪雨での雷の発生の有無と降水量との関係について調査し、線状降水帯の領域で雷放電が大量に観測され、多くの積乱雲が高度約6km以上に発達したとあり、発雷に着目することが適切であることを示している。

可降水量が多い領域は水蒸気を多く含む。この空気が持ち上げられて積乱雲が発達することで大雨をもたらしたと考え、「GPS可降水量の多

い領域」で大雨となるとしたことも矛盾はない。

以上から、925hPa 収束域、GPS 可降水量の多い領域、LIDENによる先行発雷の3つの要素が大雨をもたらす線状降水帯の発生前のシグナルとしたことは妥当であるといえる。

抽出した線状降水帯が大雨となる前にこれら3つのシグナルがあった例として、線状降水帯8について第2.1.2.4図に各要素の動向を示す。29日21時30分頃に佐渡の北東海上に発生した線状降水帯は、佐渡海上から中下越にかけて極大を持った925hPa 収束域かつ、GPS可降水量が58kg/m²以上の領域で発達しながら23時00分には佐渡から新潟市付近にかけて南東進し、この時までには新潟市付近の海上で複数の発雷を観測した。同時刻の解析雨量は新潟市では1時間値で43ミリだった。その後も降水帯は発達し、領域を長くしながら南東進を続け、30日1時30分には解析雨量



第2.1.2.4図 抽出した線状降水帯が大雨となる前に3つのシグナルがあった事例(線状降水帯8)

左から解析雨量、衛星赤外画像と925hPa収束域(赤領域)、LIDEN履歴、GPS可降水量。

上から7月29日21時30分、23時00分、30日1時30分。

黄色の枠内は「線状降水帯8」が形成された領域。

が三条市で1時間値100ミリに達した。この降水帯はこの時間帯をピークに5時頃まで活動を続けた。

なお、適中率の高い3つの要素すべて、及び2つの要素を共に満たした場合（いずれもAND条件）の適中率等の結果を第2.1.2.3表に示す。どの要素の組合せでも適中率は50%以上、「925hPaでの収束域」と「先行して発雷があった場合」との組合せの成績が比較的良かったが、全ての要素を満たす場合であることから、見逃しが多めとなり、個々の要素の場合と同程度の成績であった。

また、平成16年7月新潟・福島豪雨について、第2.1.2.2項及び第2.1.2.3項と同じ方法で予測可能であったかを検証した。その結果、2004年7月13日6時を発生時刻として、中越・下越から福島県会津にかけて1時間値24ミリ以上の線状降水帯を抽出した（解析雨量は1時間ごとの値）。この時、各要素の状況（925hPa収束域は3時間ごと、可降水量は輪島の高層観測値から計算した値）は、12日21時から13日15時にかけて新潟県は海上も含め925hPa収束域に覆われ、13日5時50分から降水帯の周辺でLIDENによる発雷を観測し、12日21時の可降水量は57.9kg/m²だった。その後この降水帯は13日7時に48ミリを超え、8時に最大値74ミリの大雨となった。予測可能性については今後の事例においても検証が必要である。

2.1.2.5 まとめ

線状降水帯が形成された28日12時から30日12時の期間について、個々に抽出した11本の線状降水帯から、大雨の予測可能性について検討した。1時間に48ミリ以上となる30分から3時間前までに「925hPa収束域」、「GPS可降水量の多い領域」、「LIDENによる先行発雷」の要素をそれぞれ満たした場合に、猛烈な雨をもたらす大雨

第2.1.2.3表 適中率の高かった複数の要素を用いた場合の評価

抽出した線状降水帯について、「925hPa収束域」、「GPS可降水量の多い領域」、「LIDENによる先行発雷」の組合せ。

		AND条件			
		925収束 +可降水量 +発雷	925収束 +可降水量	925収束 +発雷	可降水量 +発雷
適合数	適中	4	5	5	4
	見逃し	4	3	3	4
	空振り	1	2	1	1
	予想現象なし	2	1	2	2
評価	適中率	0.55	0.55	0.64	0.55
	見逃し率	0.36	0.27	0.27	0.36
	空振り率	0.09	0.18	0.09	0.09
	スレットスコア	0.44	0.50	0.56	0.44

に発達することが多かった。これらの要素を監視することで、線状降水帯が大雨をもたらす可能性を、50%以上の予測可能性で述べることができるのではないかと考える。

なお、GPSによる観測データは、国土地理院の電子基準等観測データを使用し、解析には、カリフォルニア工科大によるGIPSY-OASIS IIを使用した。

参 考 文 献

吉崎正憲・加藤輝之（2007）：豪雨・豪雪の気象学。応用気象学シリーズ4，朝倉書店，187pp。
 Bluestein, H.B. and M. H. Jain（1985）：Formation of mesoscale lines of precipitation: Severe squall lines in Oklahoma during spring. J. Atmos. Sci., 42, 1711-1732.
 Takahashi, T.（1984）：Thunderstorm electrification -A numerical study, J. Atmos. Sci, 41, 2541-2559

2.1.3 災害の状況

2.1.3.1 災害の概要

(1) 新潟県*

今回の大雨で新潟県では、水害や土砂災害により多大な被害が発生し「激甚災害」に指定された。

水害では、中越地方の信濃川水系の6河川の9か所で破堤するなど広い範囲で洪水害が発生した。また、同じく中越地方の長岡地域、三条地域、十日町地域、南魚沼地域などを中心に県内14市町村（平成23年8月現在）で、地すべり・がけ崩れ・土石流などの土砂災害が多数発生した。

被害状況を第2.1.3.1表に、農業被害を第2.1.3.2表に示す。

新潟県での被害は24市町村におよび、死者4人、行方不明1人、重軽傷者13人などの人的被害、住家全壊（流出を含む）41棟、住家半壊805棟、住家床上浸水1,013棟、住家床下浸水7,615棟などの家屋被害のほか、公共土木施設などに大きな被害が発生した。農業被害は、水稻を主とした農作物を始めとして多大な被害となった。

7月28日以降、県内の10市町村で災害対策本部を設置したほか、新潟県は7月29日に豪雨災害対策本部を設置した。

(2) 福島県**

7月27日から30日にかけて福島県会津を中心に大雨となった。29日午後には只見町を中心に記録的な大雨となり、只見川や伊南川の増水、はん濫により多くの住宅や農地に洪水害が発生したほか、橋の流出や土砂災害による住宅や道路の被害も多数発生した。県内の土木関係被害状況を第2.1.3.3表に、農林水産業関係被害状況を第2.1.3.4表に示す。また、道路の寸断により檜枝岐村では全村が孤立したほか、只見町、金山町、南会津町では、一時547人が孤立状態となり、人的被害としては只見町で1人が川に流され行方不明となった。人的・住宅被害状況を第2.1.3.5表に示す。福島県では27日13時28分に災害対策本部を設置（3月11日、東北地方太平洋沖地震から継続

第2.1.3.1表 新潟県の住家等被害（平成24年3月29日現在 新潟県危機対策課調べ）

区分		被害	
人的被害	死者	4	
	行方不明	1	
	負傷者	重症	2
		軽傷	11
住家被害	全壊（流出含む）	棟	41
	半壊	棟	805
	一部損壊	棟	32
	床上浸水	棟	1,013
	床下浸水	棟	7,615

第2.1.3.2表 新潟県の農業被害（平成24年2月7日確定 新潟県農林水産部調べ）

被害額（千円）

農作物	5,472,751
農業施設（生産関係）	186,081
農業等在庫品等	24,524
畜産業	395
林業、林道、林業施設	16,986,045
水産業	262,350
県施設関係	4,902
被害額 合計	22,937,048

第2.1.3.3表 福島県の土木関係被害状況（平成23年8月9日福島県土木部発表）

	箇所	金額（百万円）
河川	178	6,234
砂防	7	62
道路	153	4,211
橋梁	15	3,630
下水道	1	7
計	354	14,144

中)したほか、8市町村で災害対策本部を設置した。また、8市町で避難指示や避難勧告を発令、なかでも只見町では1,960世帯4,990名の全町民に対し避難勧告を発令し、住民に避難を促した(第2.1.3.7表参照)。

* 新潟地方気象台 内山 秀明（現 名古屋地方気象台）、岡本 和己

** 福島地方気象台 岩佐 洋司

第2.1.3.4表 福島県の農林水産業関係被害状況（平成23年8月29日福島県農林水産部発表）

	箇所	金額（百万円）
農業等被害		328
水産被害	4	3
農地等被害		4,400
林業等被害		2,778
治山被害	125	2,602
計		10,111

第2.1.3.5表 福島県の人的・住宅被害状況（平成23年12月16日現在 消防庁調べ）

人的被害	死者	0人
	行方不明者	1人
	負傷者 重傷	0人
	軽傷	0人
住宅被害	全壊	33棟
	半壊	199棟
	一部破損	3棟
	床上浸水	80棟
	床下浸水	193棟

2.1.3.2 洪水害の状況

(1) 新潟県*

(ア) 洪水害

この大雨により、中越地方の魚沼市を流れる破間川、南魚沼市を流れる登川、三条地域を流れる五十嵐川など、信濃川水系の6河川の9か所で破堤した。中越地方の三条市、長岡市、魚沼市、南魚沼市、十日町市、小千谷市、下越地方の阿賀町など広範囲で洪水害が発生し、死者4人、行方不明1人及び住宅地や田畑が広範囲にわたって冠水するなど大きな災害となった。

信濃川下流域の被害状況は、五十嵐川の三条市江口で決壊し家屋33棟が浸水したのをはじめ、牧川が五泉市中野橋で決壊した。信濃川中流域の被害状況は、破間川が魚沼市長堀新田で決壊し家屋19棟、登川が南魚沼市大里・三郎丸で決壊し家屋30棟、茶郷川が小千谷市土川・上の山で決壊し2棟が浸水した。更に、阿賀野川流域の阿賀野川、早出川など県内各所で越水し、新潟県内全体では床上浸水1,013棟、床下浸水7,615棟の住家被害が発生した。

第2.1.3.1図に河川破堤箇所位置図、写真2.1.3.1に五十嵐川破堤状況、写真2.1.3.2に茶郷川破堤状況、写真2.1.3.3に信濃川・五十嵐川合流地点の浸水状況、写真2.1.3.4に破間川破堤付近の浸水状況、写真2.1.3.5に阿賀野川（阿賀町「道の駅」付近）の浸水状況を示す。

* 新潟地方気象台 内山 秀明（現 名古屋地方気象台）、岡本 和己、伊藤 英介（現 金沢地方気象台）、松木 晃一郎

①五泉市中野橋地内



②三条市江口地内



③三条市桑切地内



④小千谷市土川地内



⑤魚沼市長堀新田地内



⑥南魚沼市大里地内



第 2.1.3.1 図 河川破堤箇所位置図 (新潟県土木部河川管理課提供)



写真 2.1.3.1 五十嵐川破堤状況
新潟県土木部河川管理課提供



写真 2.1.3.2 茶郷川破堤状況
新潟県土木部河川管理課提供



写真 2.1.3.3 信濃川・五十嵐川合流地点浸水状況
国土交通省北陸地方整備局提供



写真 2.1.3.4 破間川破堤付近浸水状況
魚沼市提供



写真 2.1.3.5 阿賀野川
阿賀町「道の駅」付近浸水状況
国土交通省北陸地方整備局提供

(イ) 流域雨量指数の状況

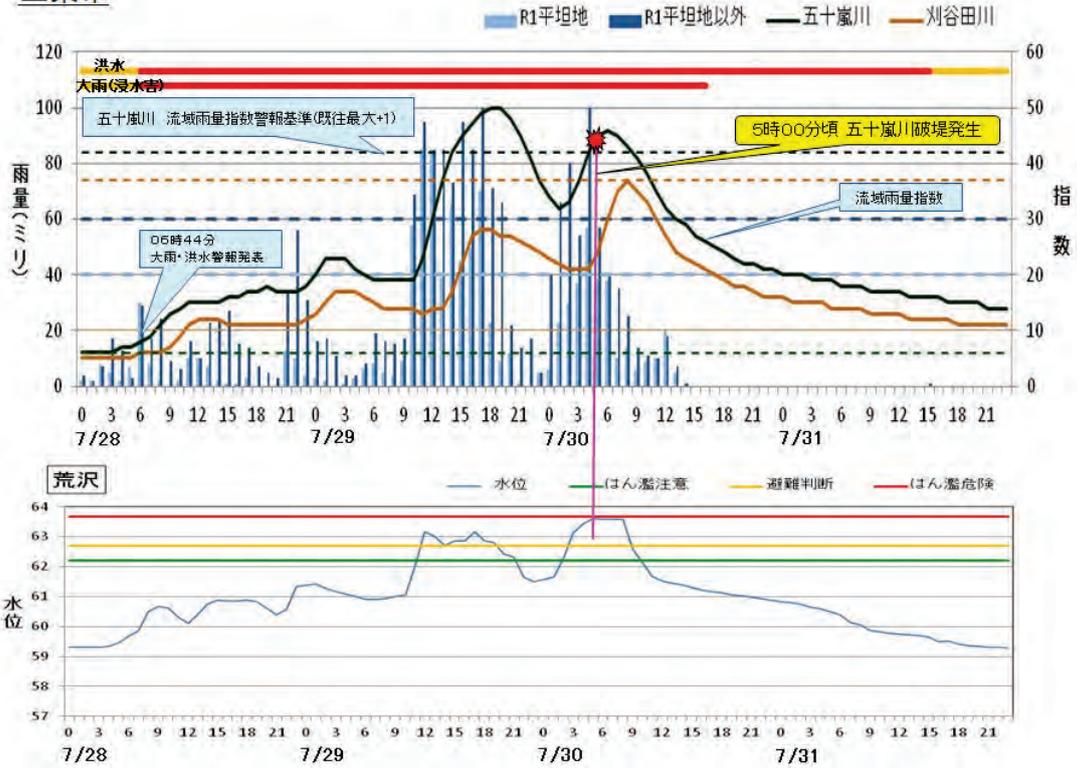
28日から30日にかけて降った大雨により、県内の下越・中越地方を中心に多くの河川で流域雨量指数が上昇した。

流域雨量指数の状況をみると、三条市五十嵐川で流域雨量指数が29日14時に「平成16年7月新潟・福島豪雨」時のピーク値である既往最大を超えた。18時頃をピークとし、雨の弱まりに伴って下降したが、その後、再び強まった雨により30日0時以降流域雨量指数が再び上昇した。三条市荒沢水位観測では、流域雨量指数が2度目の既往最大値を超えた30日5時頃に、はん濫危険水位に達し、三条市江口地内において堤防が決壊した（浸水家屋33戸）（第2.1.3.2図）。

一方、魚沼市破間川の流域雨量指数は29日12時以降断続的に強まった雨により、30日1時頃に「平成16年7月新潟・福島豪雨」時のピーク値である既往最大値を超え、その後も6時頃まで上昇した。魚沼市今泉水位観測所では、30日3時以降急速に水位が上昇し、はん濫危険水位を超えた30日4時20分頃に魚沼市長堀新田地内において堤防決壊が発生した（浸水家屋19戸）（第2.1.3.3図）。

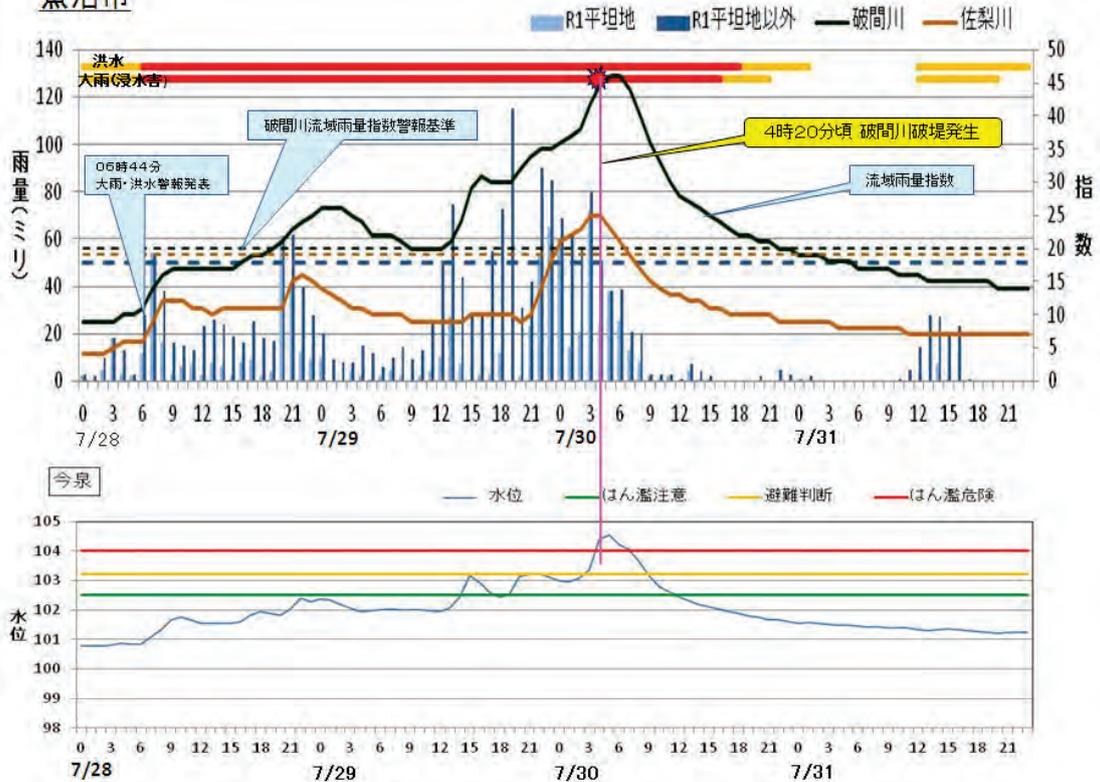
破堤の状況をみると流域雨量指数の履歴1位となった河川で堤防の決壊や河川のはん濫による住居の浸水、農地の冠水の被害が発生した。

三条市



第2.1.3.2図 三条市における流域雨量指数時系列図

魚沼市



第2.1.3.3図 魚沼市における流域雨量指数時系列図

(2) 福島県*

福島県では、この大雨により阿賀野川水系阿賀川、只見川、伊南川など会津を中心に5河川232か所で堤防の損壊や橋梁流出、JR只見線の橋脚の流失などがあり、只見町、金山町、西会津町など会津の9市町村で洪水による被害が多数発生した(写真2.1.3.6～2.1.3.10参照)。阿賀野川水系の流域範囲を第2.1.3.4図に示す。

只見川流域では、7月28日午前中から降った雨により流域雨量指数が29日未明にかけて上昇し、流域雨量指数の履歴1位(1991年1月からの履歴)を更新した。その後降水の弱まりと共に流域雨量指数はいったん下がったものの、29日昼頃から激しい雨が降り始めたことにより29日午後には流域雨量指数が急激に上昇し、30日朝



写真2.1.3.8 只見町 叶津川
8月2日撮影



写真2.1.3.6 只見町 伊南川 小川橋落橋
8月2日撮影



写真2.1.3.9 南会津町 小立岩 伊南川
8月2日撮影



写真2.1.3.7 只見町 只見ダム
8月2日撮影

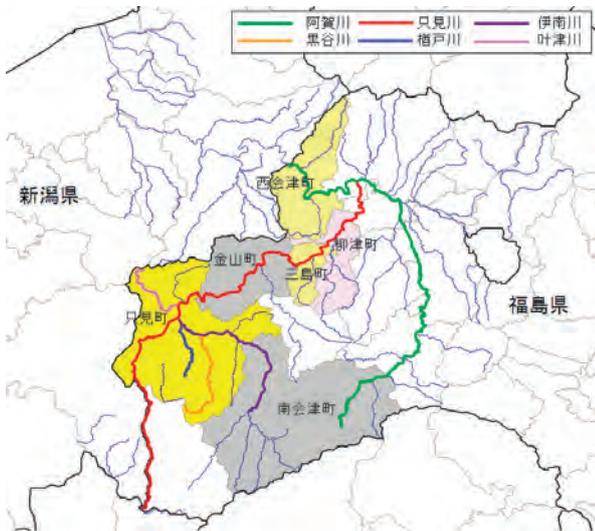


写真2.1.3.10 只見町 只見川 萬代橋
8月2日撮影

* 福島地方気象台 鈴木 隆雄(現 山形地方気象台), 園部 渉

にはピークとなり流域雨量指数の高い状態は昼頃まで続いた。この間、流域雨量指数の履歴1位を更新した状態は26時間継続した。その後は降水の弱まりと共に徐々に流域雨量指数は下降した(第2.1.3.5図)。

河川水位の上昇により29日朝から30日朝にかけて三島町、柳津町、南会津町の3町150世帯511人に避難指示が、そのほか1市6町の2,571世帯6,484人に対し避難勧告が発令された(第2.1.3.6表及び第2.1.3.7表)。



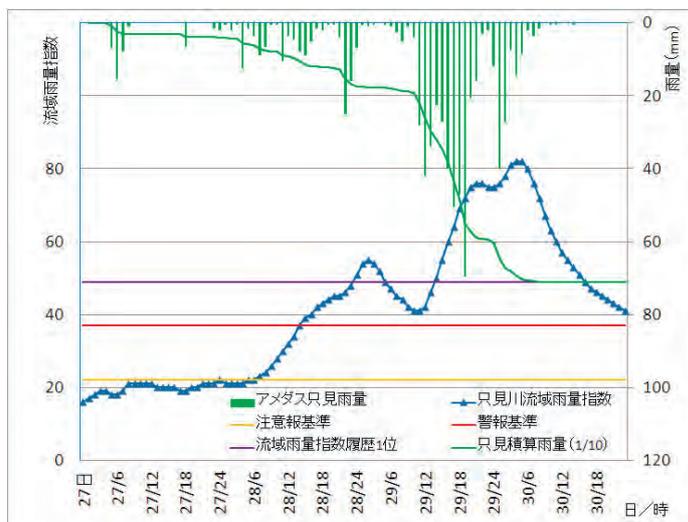
第2.1.3.4図 阿賀野川水系河川と流域市町村

第2.1.3.6表 市町村別避難指示の発令状況

8月17日17時現在消防庁調べ				
市町村名	世帯	対象	避難日時	解除日時
三島町	1	6	7月29日18:46	7月30日15:00
柳津町	1	1	7月29日11:25	7月31日10:00
	1	1	7月29日11:25	8月1日16:00
	42	208	7月29日20:50	7月30日12:30
	27	70	7月29日09:30	7月30日12:30
	50	142	7月30日06:45	7月30日12:30
南会津町	28	83	7月29日20:05	7月30日08:00
小計	150	511		

第2.1.3.7表 市町村別避難勧告の発令状況

8月17日17時現在消防庁調べ				
市町村名	世帯	対象	避難日時	解除日時
西会津町	23	90	7月30日10:30	7月30日18:00
会津坂下町	55	200	7月29日21:00	7月31日08:00
	106	232	7月29日22:09	7月30日16:00
三島町	2	5	7月29日12:20	7月30日15:30
	4	5	7月29日23:20	7月30日14:15
金山町	10	23	7月29日17:10	7月31日08:00
	55	131	7月29日18:35	7月30日15:25
	132	298	7月29日20:10	7月30日12:30
	30	70	7月29日20:30	7月30日15:25
	33	100	7月29日20:40	7月30日16:00
	107	239	7月30日00:30	7月30日15:25
南会津町	31	60	7月29日19:50	7月31日15:00
	20	28	7月29日21:10	7月30日07:30
只見町	1960	4990	7月29日17:30	8月2日09:00
喜多方市	3	13	7月30日09:15	7月31日07:10
小計	2571	6484		



第2.1.3.5図 只見川流域雨量指数(左軸)とアメダス只見雨量(右軸)の時系列
只見川警報・注意報監視基準格子(警報基準37, 過去履歴1位49)

2.1.3.3 土砂災害の状況

(1) 新潟県*

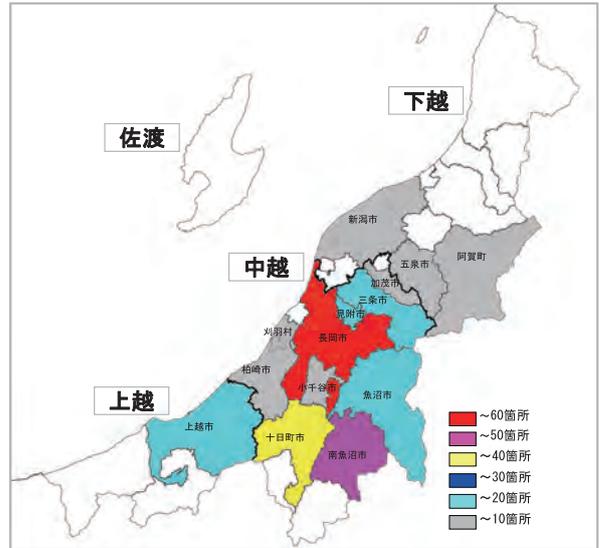
(7) 災害の状況

この大雨により中越・下越地方を中心に県内14市町村の227か所で、がけ崩れ・土石流・地すべりなどの土砂災害が発生した。市町村ごとの発生状況を第2.1.3.8表と第2.1.3.6図に示す。これらから、土砂災害は中越地方の南魚沼地域、十日町地域、長岡地域、三条地域で多く発生した。

また、災害の発生場所を分類別に表した図を第2.1.3.7図に示す。長岡市では市の東側に、十日町市、南魚沼市では、市の中央部に災害が集中していた。

第2.1.3.9表に土砂災害による被害発生状況を示す。人的被害はなかったが、家屋などの建物被害は全壊9棟、一部損壊28棟となり、がけ崩れによる被害が最も多くなった。

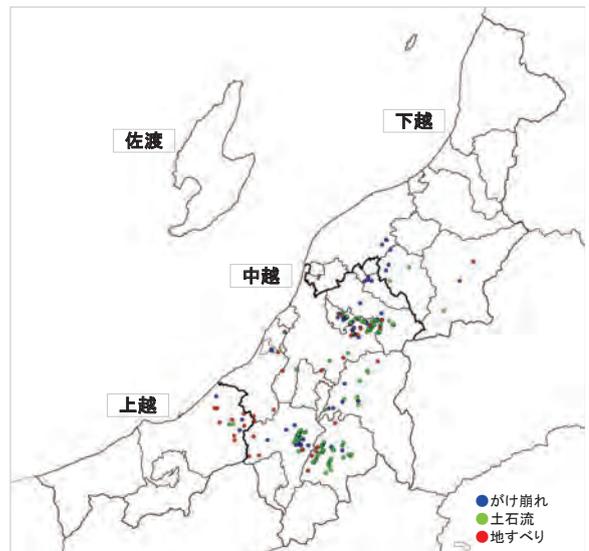
写真2.1.3.11に三条市牛野尾地内、写真2.1.3.12に十日町市麻畑地内、写真2.1.3.13に南魚沼市浦佐地内の土砂災害の状況を示す。



第2.1.3.6図 新潟県の市町村別土砂災害発生状況
新潟県土木部砂防課提供データにより作成

第2.1.3.8表 土砂災害発生状況（平成23年10月3日現在 新潟県土木部調べ）

市町村	発生件数	発生災害		
		土石流	地すべり	がけ崩れ
新潟市	3			3
五泉市	5	2		3
阿賀町	3	1	1	1
三条市	20	14	3	3
加茂市	5			5
長岡市	57	28	6	23
見附市	16	5	1	10
小千谷市	1		1	
魚沼市	15	8	1	6
十日町市	37	15	4	18
南魚沼市	45	33	5	7
柏崎市	5		5	
刈羽村	2			2
上越市	13	3	8	2
合計	227	109	35	83



第2.1.3.7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2.1.3.9表 土砂災害被害（平成23年10月3日現在 新潟県土木部調べ）

発生災害	家屋損壊数		
	全壊	半壊	一部損壊
がけ崩れ	5	0	18
地すべり	1	0	2
土石流	3	0	8
合計	9	0	28

* 新潟地方気象台 内山 秀明（現 名古屋地方気象台）、岡本 和己、寺尾 剛



写真 2.1.3.11 三条市牛野尾地内の土石流（新潟県提供）



写真 2.1.3.12 十日町市麻畑地内のがけ崩れ（新潟県提供）



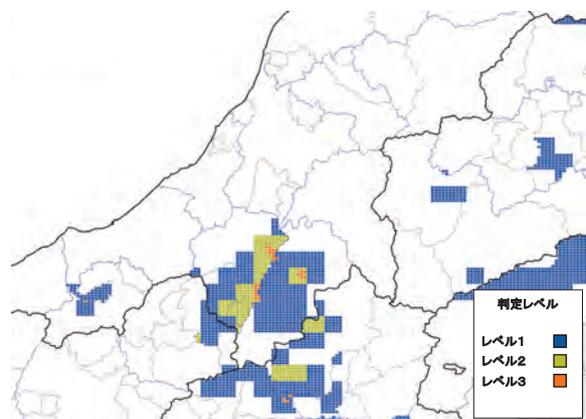
写真 2.1.3.13 南魚沼市浦佐地内の地すべり（新潟県提供）

(イ) 土壌雨量指数の状況

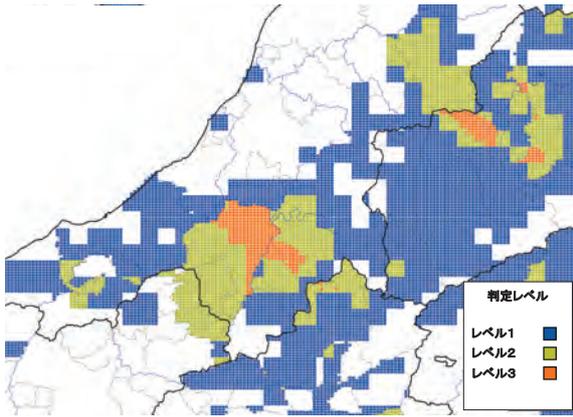
土砂災害は広範囲で発生しているものの、その多くは中越地方で発生している（第2.1.3.6図参照）。期間中の土砂災害警戒判定メッシュの状況（第2.1.3.8図から第2.1.3.14図）をみると、中越地方北部の三条地域や長岡地域などでは、28日夜に一時的に土砂災害警戒判定レベル（以下、警戒判定という）が出現するが、29日昼頃から30日夕方にかけて連続的に警戒判定が出現している。また、中越地方南部の十日町地域や南魚沼地域などでは27日夕方、28日午前中、28日夜と断続的に警戒判定が現れ、29日夜から30日夕方には広範囲に警戒判定が出現している。

なお、警戒判定の結果をみる際に、十日町市、津南町、上越市については長野県北部の地震により暫定基準による運用を行っている点に注意が必要である。

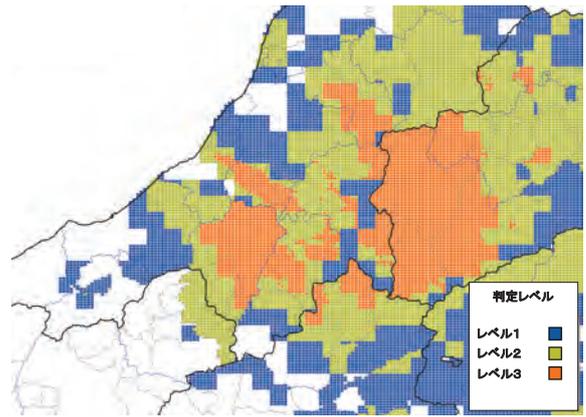
次に、中越地方で発生した災害について、三条



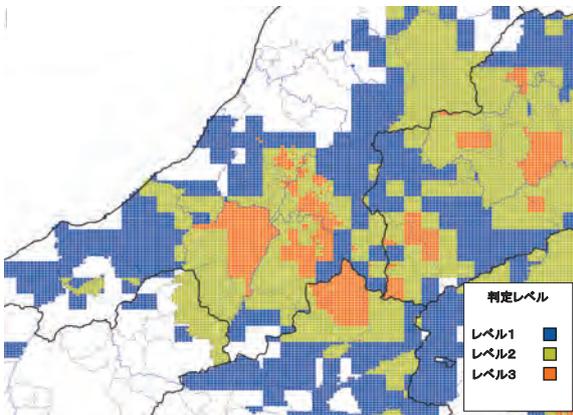
第2.1.3.8図 7月27日16時の判定状況



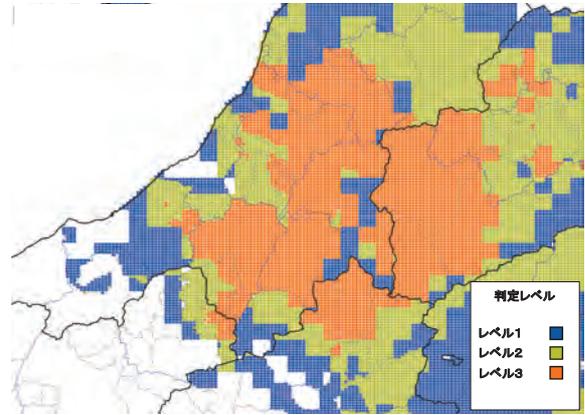
第2.1.3.9図 7月28日9時の判定状況



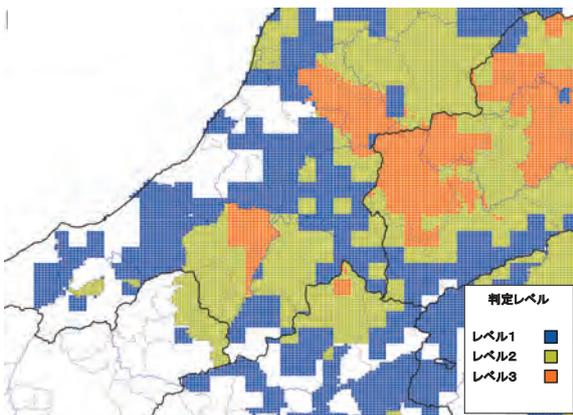
第2.1.3.12図 7月29日22時の判定状況



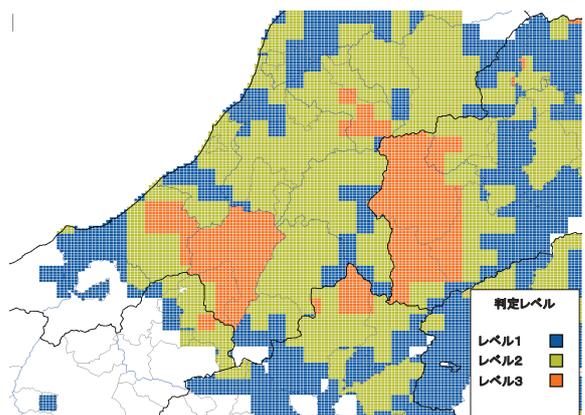
第2.1.3.10図 7月28日21時の判定状況



第2.1.3.13図 7月30日6時の判定状況



第2.1.3.11図 7月29日12時の判定状況

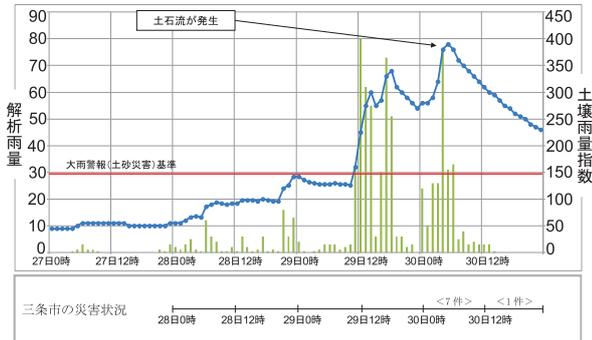


第2.1.3.14図 7月30日17時の判定状況

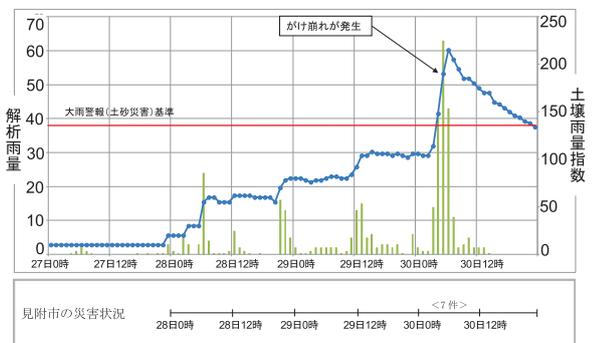
市、見附市、長岡市、十日町市及び南魚沼市の時間帯別の災害発生数と災害の発生した格子における降雨と土壌雨量指数の状況を各市1事例ずつ取り上げて以下に示す。

中越地方北部の三条市、見附市、長岡市の災害発生格子では29日昼以降に大雨警報（土砂災害）

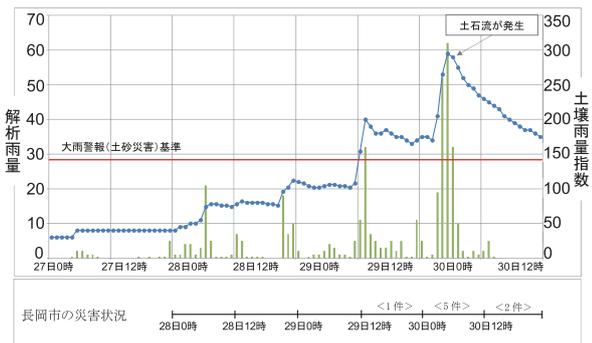
基準を超え、その後の降雨の強まりによる土壌雨量指数のピーク付近で災害が発生している（第2.1.3.15図から第2.1.3.17図参照）。一方、中越地方南部の十日町市、南魚沼市の災害発生格子では、27日から28日に大雨警報（土砂災害）基準を超え、28日以降の断続的な降雨の強まりにより、いく



第2.1.3.15 図 三条市の土石流発生格子の解析雨量・土壌雨量指数の時系列図と土砂災害
7月27日0時から7月30日23時



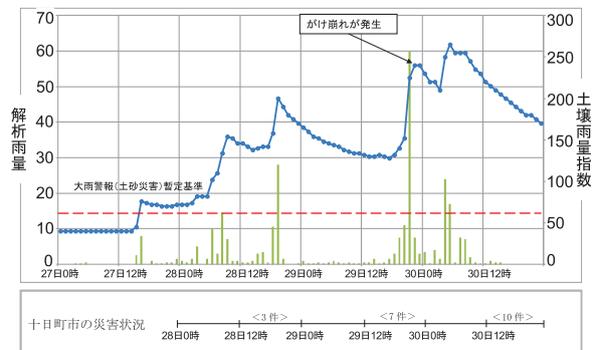
第2.1.3.16 図 見附市のがけ崩れ発生格子の解析雨量・土壌雨量指数の時系列図と土砂災害
7月27日0時から7月30日23時



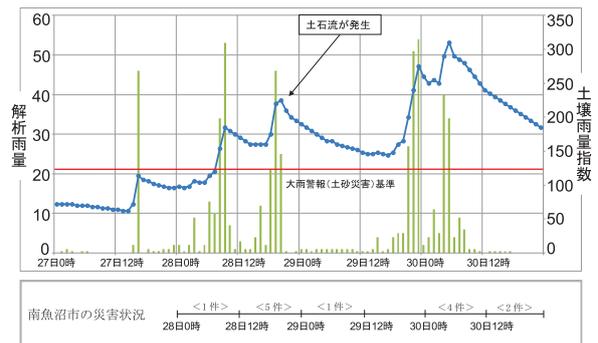
第2.1.3.17 図 長岡市の土石流発生格子の解析雨量・土壌雨量指数の時系列図と土砂災害
7月27日0時から7月30日23時

つかできる土壌雨量指数の上昇の時間帯のピーク付近で災害が発生している（第2.1.3.18 図及び第2.1.3.19 図参照）。

中越地方全体として発生日の分かっている災害をみると、北部ではほとんどの災害発生が期間後半の30日に集中しているのに対して、南部での災害発生は期間後半の30日に多いものの、28日、29日にわたり断続的に発生している。土壌雨量指数の大雨警報（土砂災害）基準超過の状況は災害発生の状況と密接に関連しており、中越地方の北部と南部の土壌雨量指数の推移の違いが災害発生の傾向の違いに表れたと考えられる。



第2.1.3.18 図 十日町市のがけ崩れ発生格子の解析雨量・土壌雨量指数の時系列図と土砂災害
7月27日0時から7月30日23時



第2.1.3.19 図 南魚沼市の土石流発生格子の解析雨量・土壌雨量指数の時系列図と土砂災害
7月27日0時から7月30日23時

※ 留意事項：土砂災害は発生日時を特定しにくい災害である。第2.1.3.15 図から第2.1.3.19 図の作成には発生日時がわかっている災害を用いているが、その発生日時等についても後日変更される場合がある。



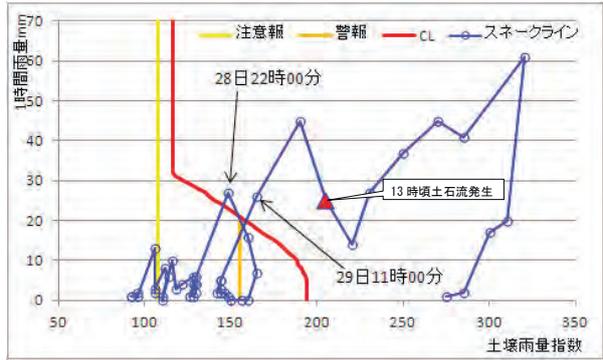
第2.1.3.22 図 三島町浅岐前ノ沢 (格子番号 56391500) 土壌雨量指数他
7月28日0時から23時までの1時間ごと。
第2タンク値：第3段に重ねたタンクのうち第2タンク値は表層での浸透流出

第2.1.3.23 図に示す。また、只見町只見御東沢のスネークラインを第2.1.3.24 図に示す。只見町の2地点では28日22時にCLを超過後、いったん下回ったが29日10時以降は再びCLを超過している。只見町黒沢沼頭沢で13時に土石流が発生、もう一方の只見御東沢ではCLを超過後、7時間を経過して土壌雨量指数がかなり高い状態となった18時に土石流が発生している。

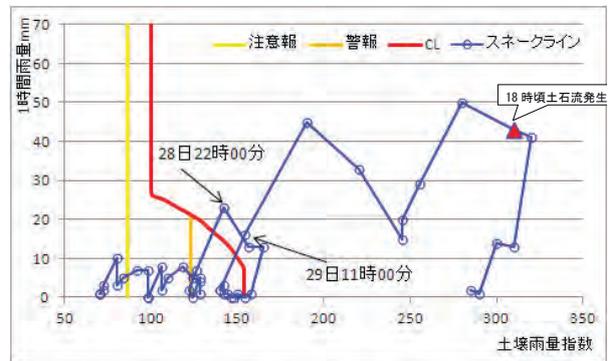
③ 福島県南会津町での事例

7月28日0時から29日23時までのスネークラインを第2.1.3.25 図に示す。南会津町内川では28日23時にCL付近まで土壌雨量指数が高まった後、警報基準付近で推移し29日13時にCLを超過してから8時間後、さらに土壌雨量指数の高い状態で21時頃土石流が発生した。

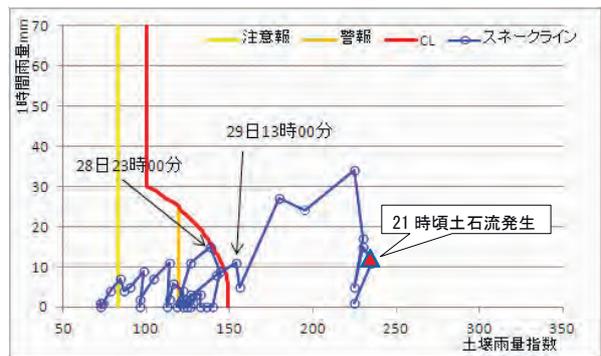
7月29日の土砂災害は土壌雨量指数がCLを大幅に超えており、いつ土砂災害が発生してもおかしくない状況で発生した。一方、7月28日の三島町の事例では、CLは一旦下回ったが、第2タンク値はほぼ横ばいの状態が続いており、再び上昇を始めた直後に発生したのが特徴的であった。



第2.1.3.23 図 只見町黒沢沼頭沢 (格子番号 56390206) スネークライン図
7月28日0時から29日23時までの1時間ごと。



第2.1.3.24 図 只見町只見御東沢 (格子番号 56390203) スネークライン図
7月28日0時から29日23時までの1時間ごと。



第2.1.3.25 図 南会津町内川 (格子番号 55395389) スネークライン図
7月28日0時から29日23時までの1時間ごと。

2.1.4 防災気象情報の発表と今後の課題

2.1.4.1 新潟地方気象台*

(1) 防災気象情報の発表

「平成23年7月新潟・福島豪雨」は、27日から30日朝まで続き、この期間の総降水量は、新潟県加茂市宮寄上（みやかみ）で626.5ミリとなり、7月の月降水量平年値の2倍以上となった。

また、1時間降水量では、新潟県十日町市十日町（とかち）で29日20時51分までに121.0ミリの猛烈な雨が降り、新潟県内の観測史上1位を更新するなど、記録的な大雨となった。

新潟地方気象台では、7月27日10時53分に新潟県気象情報第1号で「28日明け方からの大雨に対する注意・警戒」を呼びかけたが、この時点では、これほどまでの記録的な大雨になるとは予測していなかった。

雨が本格化した28日10時48分の新潟県気象情報第5号では「土砂災害の危険性が高まっている」、「河川の増水やはん濫、低地の浸水に更に警戒」と呼びかけ、29日10時36分には新潟県気象情報第13号で「総降水量が300ミリを超え、中下越では猛烈な雨が夕方まで予想される」ことを述べ「土砂災害や河川のはん濫・浸水について最大限の警戒」を呼びかけた。さらに29日12時11分の新潟県気象情報第15号では「平成16年新潟・福島豪雨に匹敵する大雨となっているため最大限の警戒」と呼びかけるなど、30日16時30分の新潟県気象情報第26号まで、状況の推移に対応しながら気象情報を計26回（文章形式15回、図形式11回）発表して警戒を呼びかけ続けた。

今回の豪雨では、指定河川洪水予報、土砂災害警戒情報、記録的短時間大雨情報も多数発表した。

- ・指定河川洪水予報は魚野川、信濃川下流・中ノ口川、阿賀野川、信濃川中流、荒川の中下越地域の5河川に対して発表。
- ・土砂災害警戒情報は、対象29市町村中25市町村に計35回（8月2日1時17分まで）発表した。特に29日夜から30日朝にかけては、再び土砂災害の危険が高まるため、県と調整（夜間の解除はしない）し、土砂災害警戒情

報の継続を相互確認し、県を通じて各市町村に警戒体制を継続するように周知・徹底を行った。

- ・記録的短時間大雨情報の発表は30回にもおよび、平成16年7月新潟・福島豪雨時の5回を大きく上回った。

このような豪雨の状況下、新潟県内の16市町で、のべ約15万世帯に対して避難勧告など（避難準備情報、避難勧告、避難指示）が発令された。

(2) 防災気象情報への報道機関の対応

29日12時11分の新潟県気象情報第15号で「平成16年新潟・福島豪雨に匹敵する大雨」となっている「最大限の警戒」を呼びかけた情報を引用して、NHKテレビ（全国放送）が29日13時のニュースから「平成16年新潟・福島豪雨に匹敵する大雨」、「最大限の警戒」と報道し、その他の報道機関も同様の内容の報道をしたことで、自治体の防災対応も一段と強化された。

NHKテレビでは、29日午後以降の全国ニュース枠を拡大し「気象庁が7年前に匹敵する豪雨になる」と警戒を呼びかけていることを中心に報道した。また、新潟NHKのローカル局における放送では、河川の増水状況の現場中継を交え、市町村の防災担当者が電話出演し最新情報を伝えるなど、住民に対して避難行動の注意点等について呼び掛けがなされた。

総降水量が平成16年豪雨に比べ約2倍であったにも関わらず被害規模が小さかったことは、新潟地方気象台が発表した防災気象情報で呼びかけた危機感が報道機関を通じて市町村の防災担当者や住民に伝わった効果が大きかったものと思われる。

(3) 防災気象情報への市町村・住民の対応

近年、豪雨災害が増加傾向にあるなか、豪雨時において自治体がとるべき防災対策については、より安全な場所への避難を住民に促す「立ち退き避難」が基本とされてきた。

このような状況の中、新潟県内の市町村では平成

* 新潟地方気象台 橘 薫、野内 修一

16年豪雨の教訓をうけて、防災体勢の見直しに取り組んできた。

平成23年4月に公表された「三条市の豪雨災害対応ガイドブック」の冒頭では「早めの避難が重要」としたうえで、浸水した場合の避難について「大変危険」と警告し、「自宅滞在が可能な場合、安全な場所で待機」と呼びかける内容となっている。これは、災害時の避難行動を研究している群馬大学災害社会工学研究室（片田敏孝教授）の監修のもと、きわめて詳細な豪雨災害対応の避難行動としてガイドブックに掲載されている。

豪雨後に、三条市が行った全世帯アンケート調査では「どの様に判断し、どの様に行動したか？」に対し「大半が自らの判断で自宅ならば安全と考え自宅に留まった（79.9%）」とし、ガイドブックを確認し2階にいれば大丈夫だと判断した。また、ガイドブックを事前に閲覧し、自宅で待機したと回答している。

これは「平屋にいる場合は浸水前に避難することは第一だが、建物の2階以上にいる場合、むやみに戸外に出ず、状況を見てとどまることの方が安全であり、この方針を事前に示せたことで、住民の冷静な判断に繋がったのではないか」と担当者は分析している。

津波や土砂災害の場合は、低層の住家に留まることはできないが、リスクを分散させ、どのような状況下でも可能な限り迅速に安全な場所に避難することを旨とする点は同じである。

豪雨災害に備える対策として、国や自治体による河川改修などのハード対策が基本となるが、個人として出来るソフト対策として「災害時には最新の情報に注意して、早めの行動を心がける」「自治体などが発行しているハザードマップを自身で活用する」など、地域の危険か所を事前に確認し、平時から取るべき行動をシミュレーションしてお

くことが重要である。

(4) 防災気象情報の今後の課題

今回の豪雨後に、各市町村の防災担当者への聞き取り調査から、担当者は避難勧告などの発令後は防災対応に追われ気象情報を見る余裕がない。「気象情報が有効に機能するには『避難勧告発令前に発表する気象情報の充実』が必要」として

- ・具体的に自市町村のどの地域が本当に危険なのか地区名を知りたい
- ・過去の雨量積算値（解析雨量積算値）と、目先数時間の先読みができる予測情報が知りたい
- ・避難判断のため、地域住民や自治体幹部を納得・説得させることができる情報が必要などの点を挙げている。

つまり、現在の防災気象情報の充実に加えて、ビジュアル的に危険度を示し、幹部に危機感を直感的に訴えられる図形式情報として、避難判断や職員配備体制をどのようにするかなどの、行動のトリガーとなるメッシュ情報が要望されている。

このため、短時間で作成が可能なツールの開発を行いつつ、市町村と意見交換を行いながら更なる情報改善のため、気象防災情報検討会などを通じて改善策を提案していきたい。

また、気象台職員が直接テレビやラジオに出演し、最新の気象情報を活用した気象状況の解説及び避難行動への注意点などを呼びかけることは、報道機関を通して住民の自主避難を促す効果が大きいと、引き続き報道機関との連携が重要になる。

今回の経験を活かして、県や市町村の防災担当者と意見交換を行いながら、より住民の避難行動に資する情報となるよう改善に努めていきたい。

2.1.4.2 福島地方気象台*

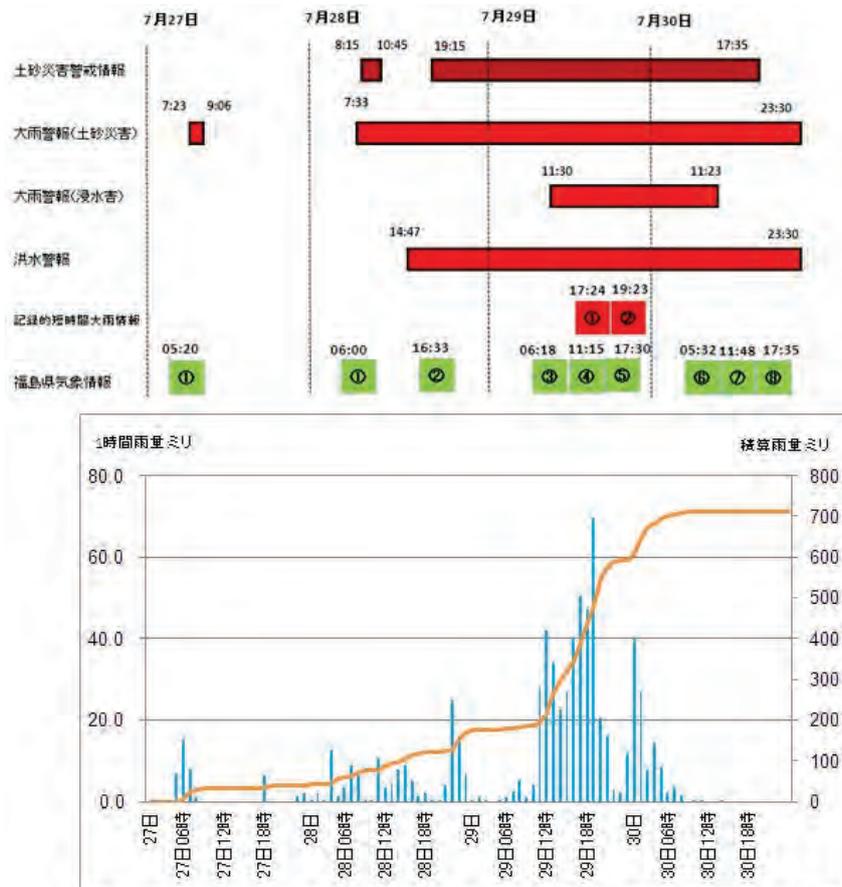
7月27日から30日にかけての防災気象情報発表状況（福島地方気象台発表）と只見町に設置しているアメダス只見の降雨状況を第2.1.4.1図に示す。只見町では、28日明け方の雨と今後の予想雨量から、土砂災害発生のおそれがあるため、28日07時33分に大雨警報（土砂災害）を発表した。加えて28日08時15分には土砂災害の危険が高まったとして土砂災害警戒情報を発表、10時45分に一旦解除し、19時15分に再び発表した。また、只見川等で流域雨量指数が上昇し、洪水害の発生するおそれがあるため28日14時47分に洪水警報を発表した。29日未明から朝にかけて雨は小康状態になったが、昼前から強まりだした雨が今後さらに強まり非常に激しい雨をもたらすとの予想から、11時30分に大雨警報（浸水害）

を発表した。

毎時間の降雨状況では、29日夕方を中心に雨が強まり、19時には只見で観測開始（1976年）以来第1位の日最大1時間降水量69.5ミリを観測した。また、17時に只見町付近で解析雨量が約100ミリ、19時にも只見町付近で解析雨量が約110ミリの猛烈な雨となったことから記録的短時間大雨情報をそれぞれ発表した。この雨は30日未明まで激しく降り続いた。

(1) 市町村からの聞き取り

今回の豪雨について避難勧告等を行った会津地方の市町村から、気象台が発表した防災気象情報の利活用状況や要望等について聞き取り調査を実施した。



第2.1.4.1図 (上図) 防災気象情報の発表状況(只見町) (下図) アメダス只見の雨量

* 福島地方気象台 園部 渉, 岩佐 洋司

(7) 防災気象情報等の利用状況

降水量等の実況監視には、気象庁ホームページにあるアメダス実況値を参考としている市町村が多く、降水予測として「降水ナウキャスト」、[降水短時間予報]を利用して、福島県気象情報については大まかな気象状況を把握するには利用しているが、予想雨量などが県内の多い所の予想となっており、具体的な防災対応の参考にするには不十分との意見があった。

また、繁忙時にはさまざまな情報が大量にFAXで入ってくるため、必要な情報を探し出すことができない(難しい)との声も聞かれた。

(イ) 市町村が避難勧告等を行うために利用している判断資料

ほとんどの市町村の初動対応では、気象台が発表する気象警報をトリガーとしている。しかし、避難勧告等の判断に用いている資料は、市町村内の消防団等による巡回や住民からの通報等の実況資料となっている。また、河川情報の水位やダム放流状況については、実況だけでなく予測と直接関わるとして随時監視し対応している。

気象台の発表している防災気象情報については、これまで気象警報が発表されても避難勧告につながるような被害がほとんどなかったことから、気象警報が発表されると自治体側では「まだ大丈夫」、土砂災害警戒情報が発表になると「そろそろ危険か」といった認識があり、気象台と自治体側での防災気象情報の受け止め方に大きなギャップがある。その一方で、記録的短時間大雨情報については「外れてもいいから予測で発表できないか」との要望もあり、各防災対応のステージに対応するような防災気象情報の「レベル化」を希望する声もあった。

(ウ) 市町村の防災担当者からの意見

聞き取りの中で「川の上流部の雨量が知りたい」「細かな積算雨量が知りたい」など自治体の要望している防災情報の中には、防災情報提供システムで提供しているコンテンツ(レーダーアメダス解析雨量の24時間積算値や流域雨量指数など)で十分知ることのできる情報もあることがわかっ

た。

また、市町村合併等で面積の広がった自治体からは、警報・注意報の市町村分割発表を望む声もあったが、仮に分割発表しても防災体制に変わりはないといった回答もあり、分割発表に防災体制が対応可能かどうかなど自治体の防災体制も考慮しながらの対応が必要である。

(2) 福島地方気象台での今後の取り組み

(7) 府県気象情報の改善

今回の豪雨では大雨等に関する府県気象情報を第9号まで発表したが、1日2ないし3回(朝、昼前、夕方)の定時的な情報のみの提供であった。また、情報の表現も定性的な表現が多かったことから、住民や防災担当者に災害が発生するおそれや危機感がうまく伝わっていなかった。今後は、随時の情報により気象状況の大きな変化を伝えるなど、発表タイミングの工夫や、危機感を伝えるための表現の工夫など、住民や防災担当者に気象台が持っている危機感をよりの確に伝えられる適時・適切な情報を提供できるように改善を行う。

(イ) ホットラインの活用

ホットラインでは、降雨の実況と予測から、極めて重大な災害が迫っている状況を気象台から自治体に直接伝え、自治体首長が行う避難勧告等の判断を即時的に支援することができる。今回の事例では、7月29日17時頃、福島地方気象台からホットラインによる電話連絡を3市町の防災担当者に行った。これを受け防災無線で雨の見込みを町民に周知し、自主避難のための情報として有効に活用した一部の自治体があったが、避難勧告の判断を後押しする情報として活用した自治体は残念ならなかった。本事例でのホットラインは、いずれも防災担当者(通常時の窓口)に対して行っており、避難勧告の発令等に直接携わっている担当責任者に気象台の危機感がどれくらい伝わったかは解らないところである。また、災害の多発した自治体からは、もっと早く、29日昼前までに連絡してもらえれば参考になったとの意見があった。これらの意見等を踏まえ、今後は避難勧告に直接携わっている担当責任者とのホットライン

を確立するとともに、降水予測の確度を考慮してホットラインを実施する基準を定め、適時・的確なタイミングでホットラインを実施することに取り組んでいく。

(ウ) 避難判断マニュアルへの支援

河川の洪水に対しては、防災担当者は水位実況等、目に見えるデータを判断材料に避難勧告等の判断を行っているが、土砂災害に対しては目に見える判断材料がないため、避難判断に苦慮している市町村が多い。土砂災害の避難勧告の判断材料として土砂災害警戒情報を活用してもらうために、土砂災害警戒情報の発表基準がどのように設定されているかなど、土砂災害警戒情報の位置付けをより理解してもらい、市町村が整備する避難

判断マニュアルの作成等を支援するとともに、地域防災計画の見直しに反映するよう働きかける。

(I) 市町村担当者へのフォローアップ

気象台では、これまでも気象庁が発表する土壌雨量指数や流域雨量指数のメッシュ情報の利活用について、防災担当者に機会あるごとに説明を行ってきているが、まだ十分に活用されているとは言えない。避難勧告等の判断に有効な土壌雨量指数・流域雨量指数やメッシュ情報も含めた防災気象情報について、これまで以上に防災担当者に理解を深めてもらうとともに、その利活用を推進し防災対応について連携しながら行えるようにフォローアップを行う。

2.2 台風第12号による紀伊半島における大雨の解析と災害の状況

2.2.1 台風第12号に伴う気象状況*

2.2.1.1 台風の概要

第2.2.1.1図に台風第12号の経路図を示す。8月24日03時にマリアナ諸島の西海上で発生した熱帯低気圧は北西に進み、25日09時に大型の台風第12号となった。台風は発達しながらゆっくりとした速さで北上し、29日21時には、硫黄島の西海上で中心気圧は970hPa、最大風速は25m/sとなった。

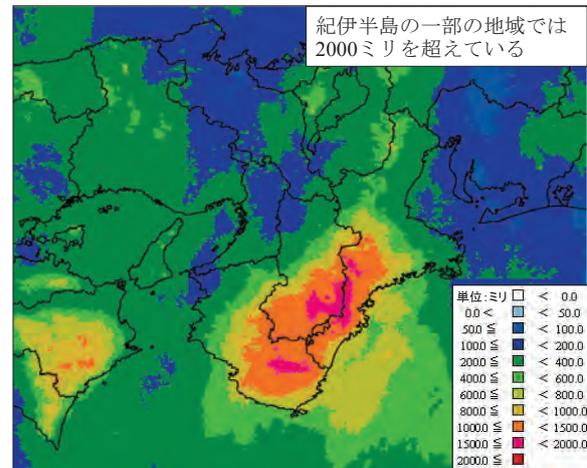
大型の台風第12号は、その後もゆっくりとした速度で北上を続け、30日に小笠原諸島付近で進路を北西に変えたが、9月2日には北北西に進み、3日10時頃に高知県東部に上陸した。台風は上陸後も勢力を維持したまま、ゆっくりと四国地方を北上し、3日18時過ぎに岡山県南部に再上陸して、中国地方を縦断した。4日朝には日本海に進み、5日15時に日本海中部で温帯低気圧となった。

台風第12号は動きが遅く、長時間にわたり台風や台風周辺の非常に湿潤な空気が流れ込んだため、8月30日から9月5日にかけて日本の広い範囲で雨が長時間継続し、西日本から北日本の山沿いを中心に大雨となった。第2.2.1.2図は、特に降水量が多かった紀伊半島を中心とする8月30日18時から9月5日24時までの解析雨量の積算値である。紀伊半島の総降水量は南東部を中心に広い範囲で1,000ミリを超え、一部の地域では2,000ミリを超える記録的な大雨となった。

この大雨により土砂災害、浸水害、河川のはん濫などが発生し、奈良県、和歌山県、三重県をはじめ全国で死者は82人、行方不明者は16人となり、北海道から四国にかけての広い範囲で床上・床下浸水などの住家被害、田畑の冠水などの農林水産業への被害、鉄軌道の損壊や鉄道の運休などの交通障害が発生した。特に降水量が多くなった奈良県、和歌山県では土砂崩れにより大規模な河道閉塞（天然ダム）が発生した（被害状況は平成24年9月28日15時現在の消防庁の情報による）。



第2.2.1.1図 台風第12号の経路図
■は09時、▲は21時の位置を表す。



第2.2.1.2図 解析雨量による総降水量分布
降り始めの2011年8月30日18時から9月5日24時までの積算値。この分布の値は雨量計で観測された値ではなく、レーダーの資料などから解析した数値で、実際の雨量と異なる場合がある。

* 大阪管区気象台 水田 至 (現 松山地方気象台), 畝田 栄作, 佐伯 亮介, 酒井 亮太

2.2.1.2 総観場の状況

台風第12号は、動きが遅く、台風中心付近の活発な対流雲だけでなく、台風周辺の湿潤な空気により長時間にわたって降水をもたらしたことが特徴である。そこで本節では対流圏中下層の風や湿潤な空気の状態を中心に、総観スケールで解析を行った。これらの解析には、地上天気図、気象衛星画像、レーダー画像の他、より立体的な構造を把握するため、メソ解析資料（メソモデル（MSM）の初期値解析データ）を利用した。特に紀伊半島で降水が強まった9月1日から9月4日にかけての局地的な解析については、第2.2.2節で述べる。

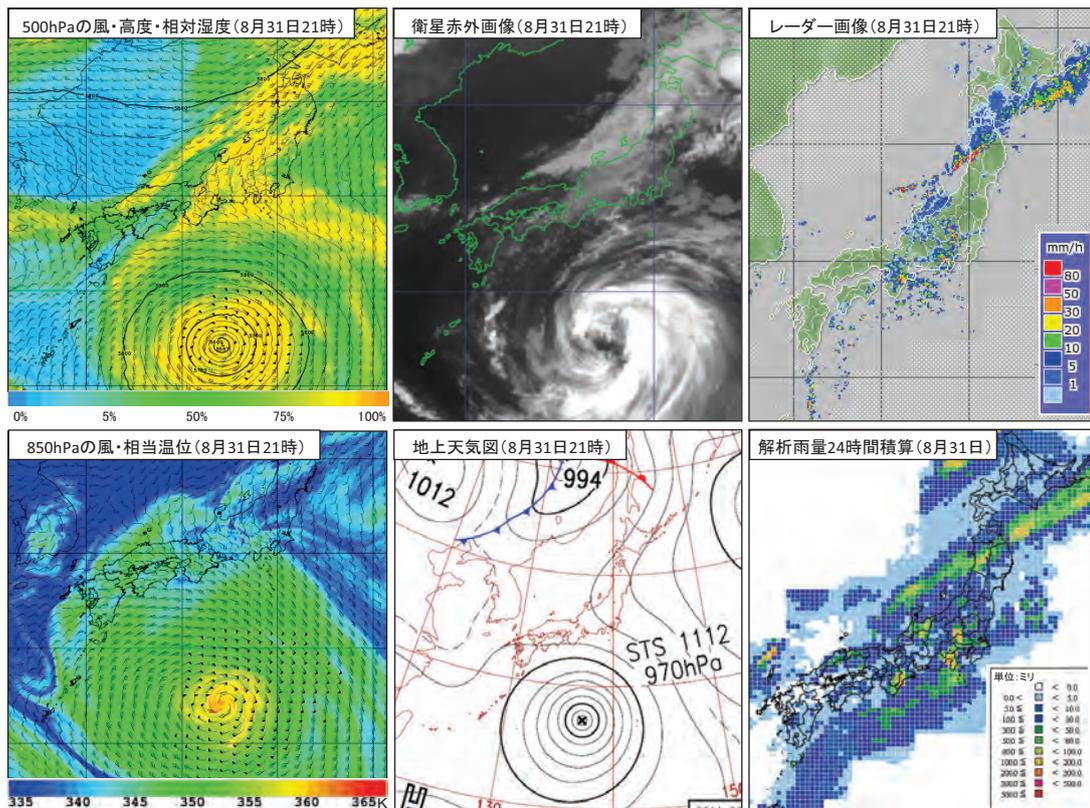
(1) 台風接近前

台風第12号は、8月30日から9月1日にかけて南海上をゆっくりと北西に進んだ。第2.2.1.3～4図に、台風が南海上を北上する8月31日21時と9月1日21時における地上天気図、衛星赤

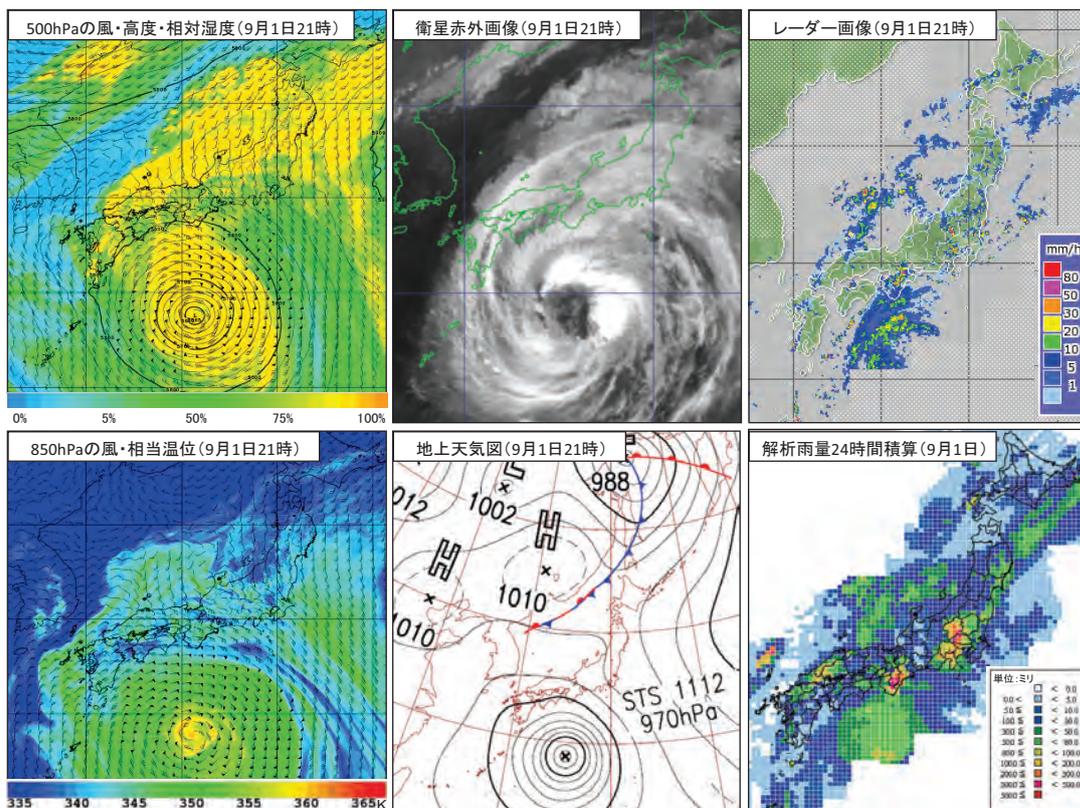
外画像、レーダー画像、解析雨量24時間積算図、メソ解析による500hPaの風・高度・相対湿度及び850hPaの風・相当温位を示す。

8月31日21時の850hPaの風の分布をみると、東日本から西日本の太平洋沿岸部では、風速30kt前後の東寄りの風が吹き、相当温位350K前後の湿潤な空気が流入していた。本州は台風から離れていたものの、台風を取り巻く湿潤な空気が流れ込んで東日本の太平洋沿岸部を中心に雨が降り、31日午後は湿潤な空気が北側に広がってレーダー画像に示すとおり東北地方や関東地方、近畿地方などで局地的に大雨となった。

9月1日21時の850hPaでは、西日本の太平洋沿岸部で50kt前後の東風となり、相当温位350K前後の湿潤な空気が東日本から西日本の広い範囲に流入した。衛星画像からは台風を取り巻く雲域が本州にかかり始めたことが確認できる。このように湿潤な空気と強い風の影響で九州北部地方から東北地方の広い範囲で雨となり、局地的に1時



第2.2.1.3図 2011年8月31日21時の500hPaメソ解析（左上）、衛星赤外画像（中上）、レーダー画像（右上）850hPaメソ解析（左下）、地上天気図（中下）、解析雨量24時間積算（右下）



第 2.2.1.4 図 2011 年 9 月 1 日 21 時の 500hPa メソ解析 (左上), 衛星赤外画像 (中上), レーダー画像 (右上) 850hPa メソ解析 (左下), 地上天気図 (中下), 解析雨量 24 時間積算 (右下)

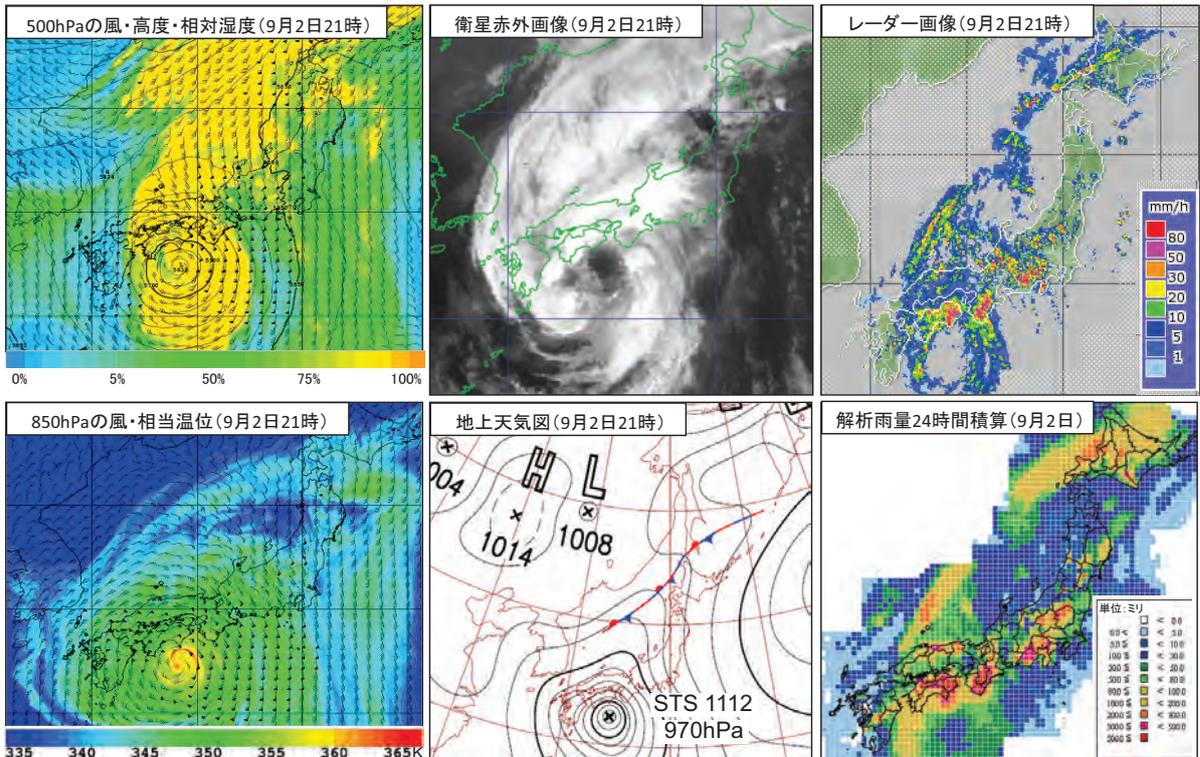
間に 50 ミリを超える非常に激しい雨が降った。近畿地方や関東甲信地方の一部では 9 月 1 日の日降水量が 200 ミリに達し、局地的に 300 ミリを超える大雨となった。

(2) 台風通過時

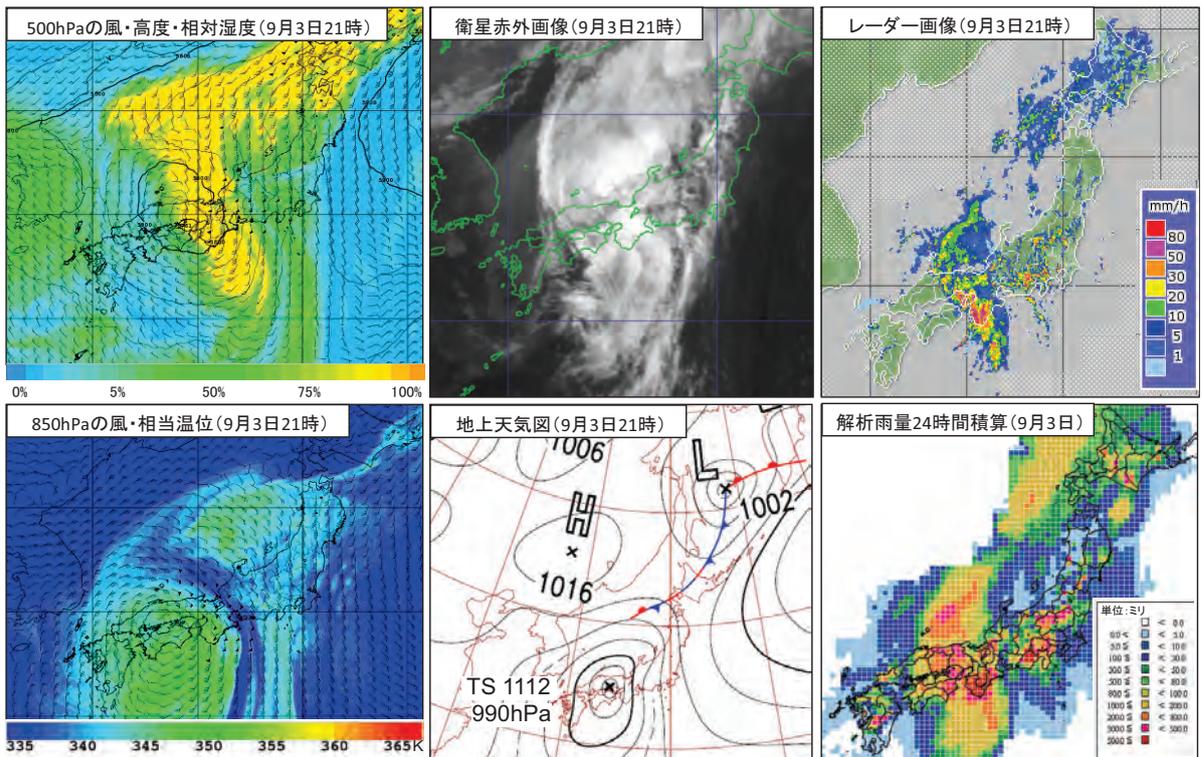
9 月 2 日から 3 日にかけて、台風は勢力を保ったまま四国沖を北上し、3 日夜から 4 日明け方にかけて四国地方から中国地方をゆっくりとした速さで北に進んだ。第 2.2.1.5 ~ 6 図に、台風が四国沖を北上する 9 月 2 日 21 時及び中国地方を北上する 3 日 21 時における地上天気図、衛星赤外画像、レーダー画像、解析雨量 24 時間積算図、メソ解析による 500hPa の風・高度・相対湿度及び 850hPa の風・相当温位を示す。

2 日 21 時、500hPa では台風東側の風速 50kt 以上の強風域は日本の南海上から近畿地方や東海地方に広がり、日本海まで強風域が分布している。台風上陸後は、500hPa では台風周辺の高度場が

急速に上昇し、台風東側の風速 50kt 以上の強風域は縮小した (第 2.2.1.6 図)。また、台風の中心から南南東方向には西北西風と南風の風向シアーが形成され、台風周辺の高度場は円形から次第に北北西 - 南南東を長軸とする楕円形に変形した。300hPa メソ解析では、3 日 10 時頃四国東部に上陸後、急速に低気圧性循環が崩れて風速は弱まり始め、3 日夜には暖気核も不明瞭となっている (図略)。850hPa では、台風の北上と共に、関東甲信地方から近畿地方では南東風から南風に変化した。9 月 2 日 21 時には四国地方から東海地方にかけての風速が 50 kt を超え、相当温位 350K 前後の湿潤な空気が東日本から西日本の広い範囲に流入したため、局地的に 1 時間に 50 ミリを超える非常に激しい雨が降った。特に台風中心付近の発達した対流雲がかかった四国地方から東海地方では、日降水量が 500 ミリを超える大雨となり、3 日夜には紀伊半島の一部で 30 日夜の降り始めからの積算降水量が 1,500 ミリを超えた。



第 2.2.1.5 図 2011 年 9 月 2 日 21 時の 500hPa メソ解析 (左上), 衛星赤外画像 (中上), レーダー画像 (右上) 850hPa メソ解析 (左下), 地上天気図 (中下), 解析雨量 24 時間積算 (右下)

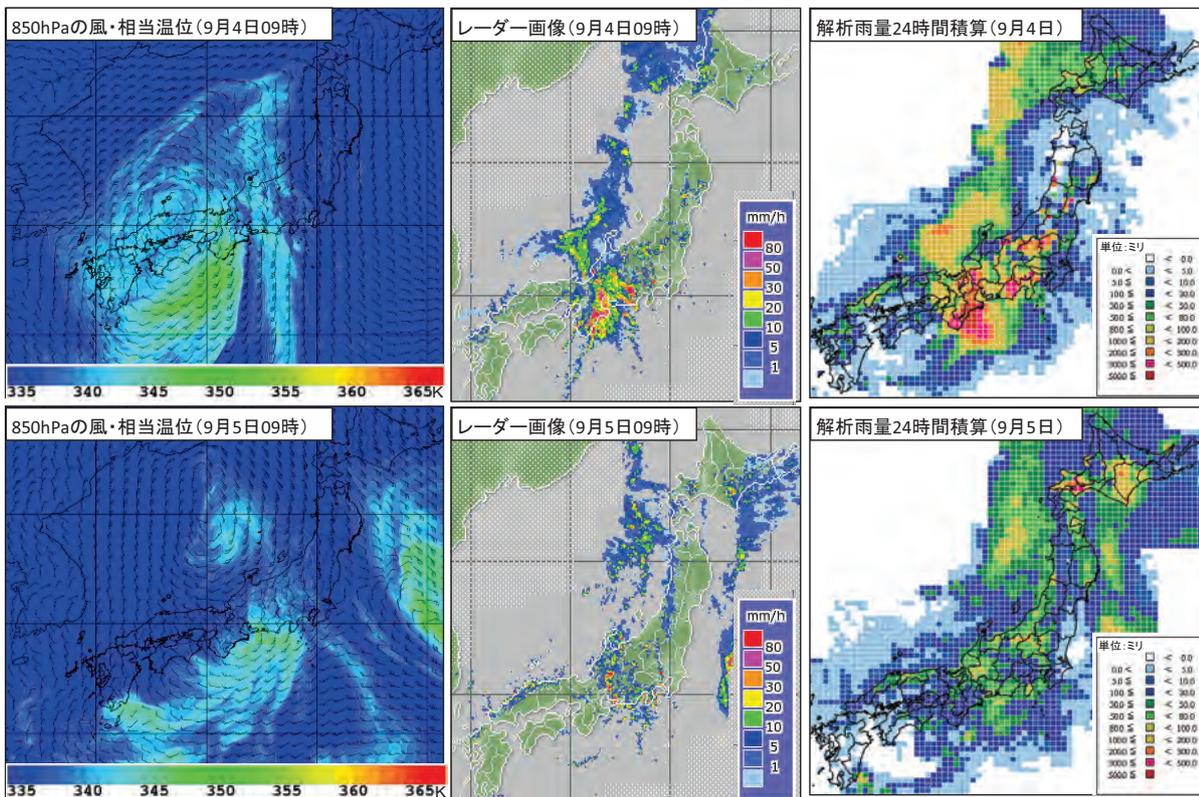


第 2.2.1.6 図 2011 年 9 月 3 日 21 時の 500hPa メソ解析 (左上), 衛星赤外画像 (中上), レーダー画像 (右上) 850hPa メソ解析 (左下), 地上天気図 (中下), 解析雨量 24 時間積算 (右下)

(3) 台風通過後

台風は4日朝には日本海に進み、5日15時に日本海中部で温帯低気圧となった。第2.2.1.7図に台風が日本海へ進んだ9月4日09時及び5日09時におけるレーダー画像、解析雨量24時間積算図、メソ解析による850hPaの風・相当温位を示す。台風周辺の風は弱まったが、低気圧性の循環は維持しており、紀伊半島を中心に南海上からの湿潤な空気の流入が持続した。このため、近畿地方から東海地方にかけて発達した対流雲がかか

り、三重県（宮川）では4日の日降水量が600ミリを超えるなど、紀伊半島を中心に日降水量が300ミリを超える大雨となった。また、和歌山県（新宮市）では、1時間に130ミリを超える記録的な強雨となったほか、和歌山県や三重県の一部では1時間に80ミリを超える猛烈な雨が降った。4日夜には風は弱まったが、5日にかけても湿潤な空気の流入は続き、東日本から北日本にかけて局地的に対流雲が発達し、激しい雨が降った。



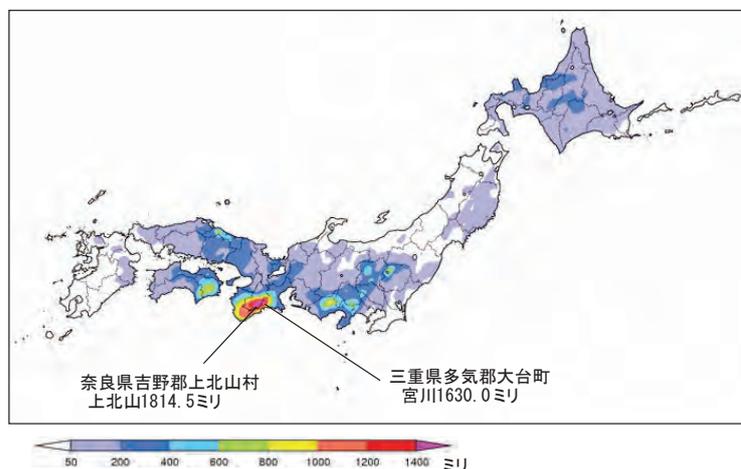
第2.2.1.7図 2011年9月4日09時（上）と5日09時（下）の850hPaメソ解析（左）、レーダー画像（中）、解析雨量24時間積算（右）

2.2.1.3 大雨の状況

第2.2.1.8図は、アメダスによる8月30日17時から9月4日24時までの期間降水量分布図である。台風第12号は大型で動きが遅かったため、長時間にわたって台風周辺の非常に湿潤な空気が流れ込み、西日本から北日本にかけての山沿いを中心に広い範囲で記録的な大雨となった。

上北山(かみきたま：奈良県吉野郡上北山村)の総降水量が1,814.5ミリを記録し、平年の年間降水量の6割に達した他、宮川(みやがわ：三重県多気郡大台町)でも1,630.0ミリを記録し、平年の年間降水量の5割に達した。最大72時間降水量では、上北山で1,652.5ミリ、宮川で1,519.0ミリを

観測し、1976年の統計開始以来の国内最大値である1,322.0ミリ(神門(かみかど：宮崎県東臼杵郡美郷町))を大幅に上回った(第2.2.1.1表)。最大1時間降水量では、新宮で4日03時57分までの1時間に132.5ミリの猛烈な雨を観測し、04時までの3時間に264.5ミリの記録的な雨となった。これらは1976年の統計開始以来の新宮における観測記録を大幅に上回った。また、熊野新鹿(くまのしんろく：三重県熊野市)でも4日05時02分までの1時間に101.5ミリの猛烈な雨を観測し、2001年の統計開始以来の熊野新鹿における観測記録を上回った。



第2.2.1.8図 アメダスによる期間降水量分布図(8月30日17時から9月4日24時)

第2.2.1.1表 アメダスの最大72時間降水量の順位
黄色の陰影は台風第12号による観測値を示す。

順位	地点名	府県名	所在地	72時間降水量(ミリ)	統計開始年	
1	上北山(かみきたま)	奈良県	吉野郡上北山村	1652.5	2011年9月4日	1976年4月
2	宮川(みやがわ)	三重県	多気郡大台町	1519.0	2011年9月4日	1978年6月
3	神門(かみかど)	宮崎県	東臼杵郡美郷町	1322.0	2005年9月6日	1979年2月
4	えびの(エビノ)	宮崎県	えびの市	1306.0	2005年9月7日	1976年1月
5	風屋(かぜや)	奈良県	吉野郡十津川村	1303.0	2011年9月4日	1977年12月
6	内海(うちみ)	香川県	小豆郡小豆島町	1231.0	1976年9月12日	1976年1月
7	魚梁瀬(イナセ)	高知県	安芸郡馬路村	1199.0	2011年7月20日	1978年10月
8	紫尾山(シビサン)	鹿児島県	薩摩郡さつま町	1113.0	2006年7月23日	1976年6月
9	天城山(アマギサン)	静岡県	伊豆市	1099.0	1983年8月18日	1976年4月
10	箱根(ハコネ)	神奈川県	足柄下郡箱根町	1092.0	1983年8月18日	1976年1月

2.2.2 局地的な大雨の解析*

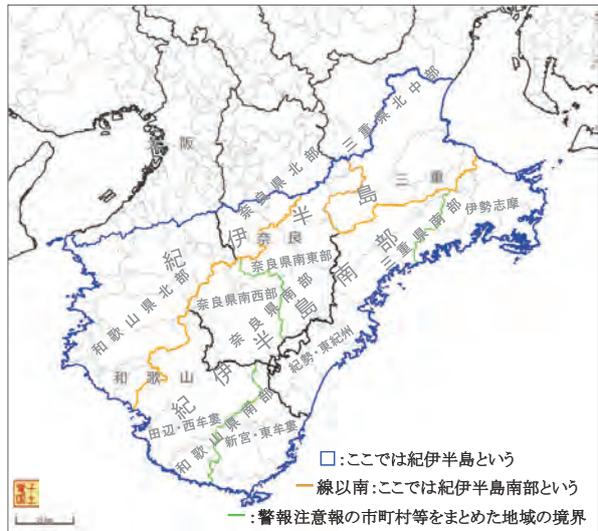
紀伊半島における大雨の推移，下層暖湿気の流れの特徴，エコーの動向，地形的な要因について，台風の構造の特徴や時間的な変化と紀伊半島における大雨の推移との関連性をまとめた。また，最後に大雨のメカニズムについて考察を行った。

2.2.2.1 紀伊半島における大雨の推移

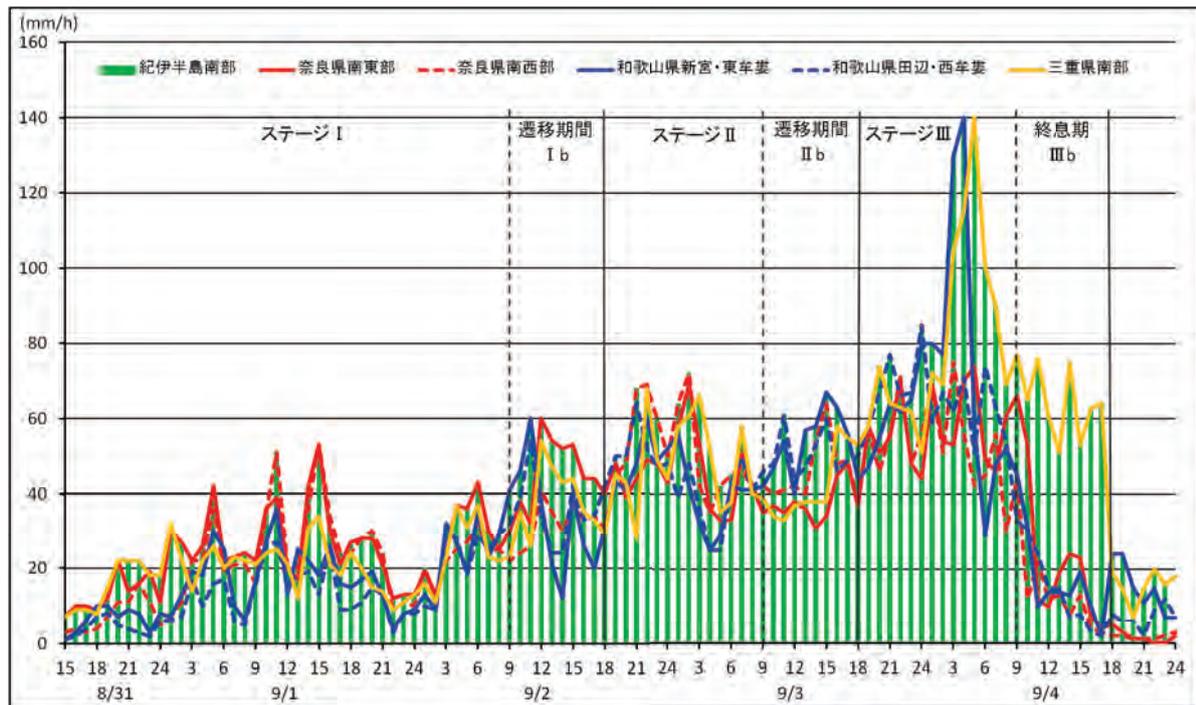
紀伊半島で強い雨を解析した期間すべてを含む8月31日15時から9月4日24時までの1kmメッシュ1時間解析雨量について，紀伊半島南部(ここでは，第2.2.2.1図に示す和歌山県南部，奈良県南部，三重県南部とする)，奈良県南東部，奈良県南西部，和歌山県新宮・東牟婁，和歌山県田辺・西牟婁，三重県南部の最大値を第2.2.2.2図に示す。

1日夕方から2日朝までは奈良県南東部の最大値が紀伊半島南部の1時間解析雨量の最大値と一致し，雨量はおおむね1時間に40ミリ以下とな

っている(この期間をステージIとする)。2日昼前から夕方にかけては，主に紀伊半島南東部の1時間解析雨量の最大値が多くなり，40～60ミリとなっている(この期間を遷移期間I bとする)。



第2.2.2.1図 紀伊半島・紀伊半島南部・細分地域の区域図



第2.2.2.2図 8月31日15時から9月4日24時までの1時間ごとの1kmメッシュ1時間解析雨量の最大値棒は紀伊半島南部全体の最大値，実線と破線は地域ごとの最大値を示す。

* 奈良地方気象台 北野 昌寛, 笠谷 博幸 (現関西航空地方気象台), 藪内 保昭, 大田 泰 (現彦根地方気象台)
和歌山地方気象台 川端 徳人, 峰本 和也, 加藤 伸一 (現奈良地方気象台)
大阪管区気象台 神内 弘, 畝田 栄作, 佐伯 亮介, 酒井 亮太

2日夜のはじめ頃から3日朝にかけては、紀伊半島南部全域の1時間解析雨量の最大値が40ミリ以上となり、60ミリを超過する時間帯が出現している。また、紀伊半島南部の比較的広い範囲で、非常に激しい雨となっている（この期間をステージⅡとする）。

3日昼前から夕方にかけては、和歌山県南部と奈良県南西部の1時間解析雨量の最大値が60ミリを超え始め、三重県南部と奈良県南東部（紀伊半島東斜面）の1時間解析雨量の最大値と相対的に逆転している（この期間を遷移期間Ⅱbとする）。

3日夜のはじめ頃からは1時間解析雨量の最大値の60ミリ以上が紀伊半島南部全域に拡大し、4日未明から朝にかけては、紀伊半島全体の中の1時間解析雨量の最大値がおおよそ80ミリに達し、4日明け方には和歌山県南部と三重県南部で120ミリ以上の猛烈な雨となった（この期間をステージⅢとする）。

4日昼前には1時間解析雨量の最大値の60ミリ以上の領域が三重県南部に移動し、4日夜には紀伊半島南部全域が抜けた（この期間を終息期Ⅲbとする）。

2.2.2.2 下層暖湿気流入の状況

各ステージ及び遷移期間における850hPa、925hPa、高度500mの相当温位（以下、EPTという）及び高度500mの水蒸気フラックス量（以下、FLWVという）のメソ解析を第2.2.2.3～4図に示す。

加藤（2011）は、高度500mでのEPTとFLWVの大雨発生の必要条件として、EPTは暖候期では355K以上、FLWVは季節によらず250g/m²sが目安になると述べている。高度500mのEPT及びFLWVを基に各ステージごとの特徴を見ていく。

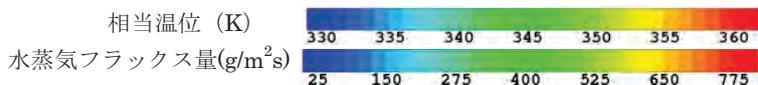
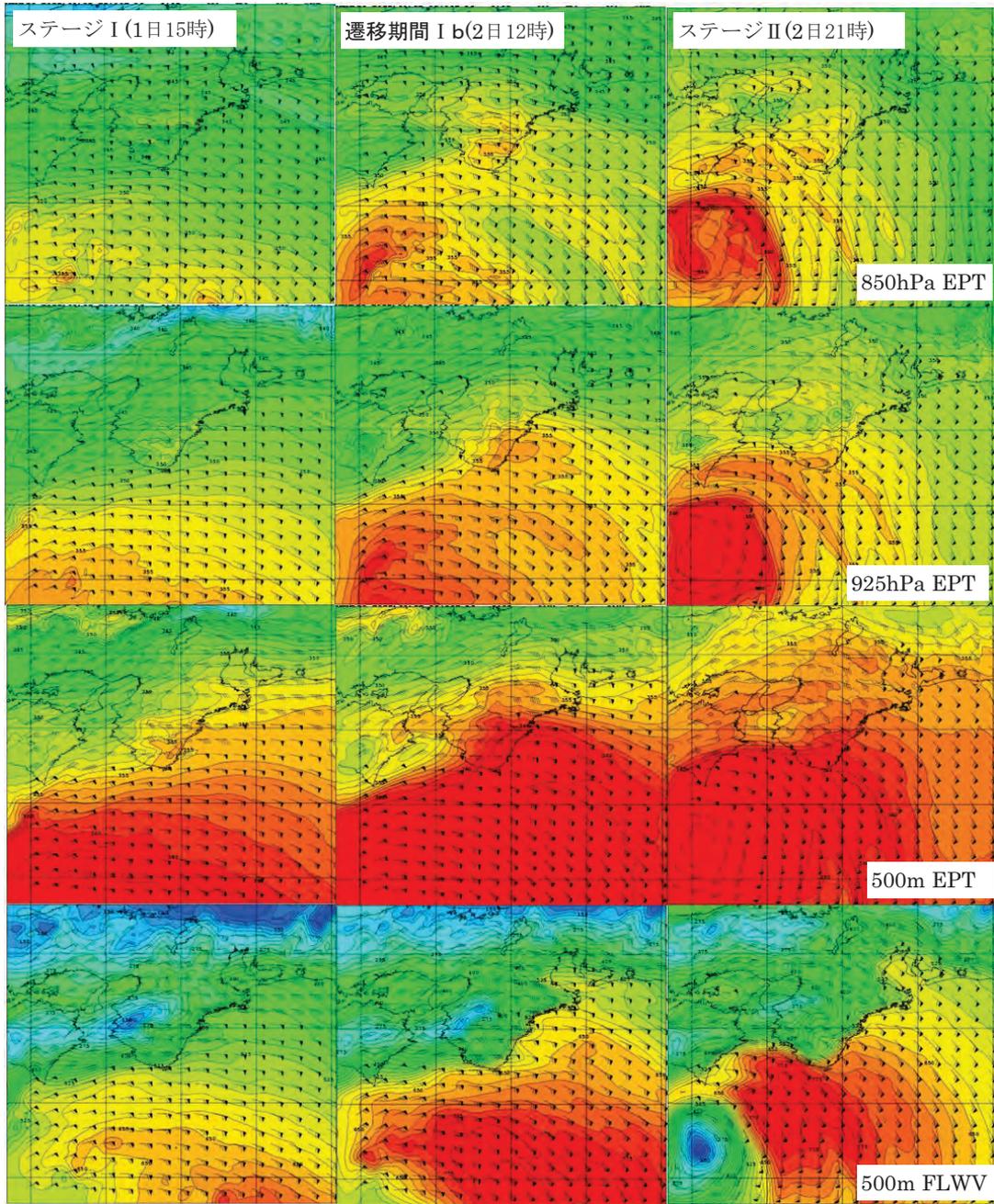
ステージⅠは、高度500mでは台風の北上に伴って台風周辺の355K以上の高EPTの暖湿気が東風によって紀伊半島へ流入している。925hPaでは、紀伊半島の東側斜面で周囲より高いEPTが解析されており、海上から紀伊半島に向かって流入した暖湿気が地形により強制上昇し、対流混合が発生している様子が伺えるが、850hPa面では

EPTが周囲に比べて特段高くはなく、この地域で対流活動を活発化させるような環境場にはなっていない。つまり、ステージⅠでは、高度500mには355K以上の高EPTの暖湿気の流入はあったが、紀伊半島の広い範囲で大気の成層状態を著しく不安定化させるまでには至らなかったものと考ええる。このため下層暖湿気は紀伊半島の東側斜面を中心に、局地的に対流性のエコーを発達させて、1時間解析雨量の最大値は、おおよそ40ミリまでとなったものと思われる。また、50ktの強い東風であったため地形の影響から奈良県南東部がもっとも多い雨量となった。

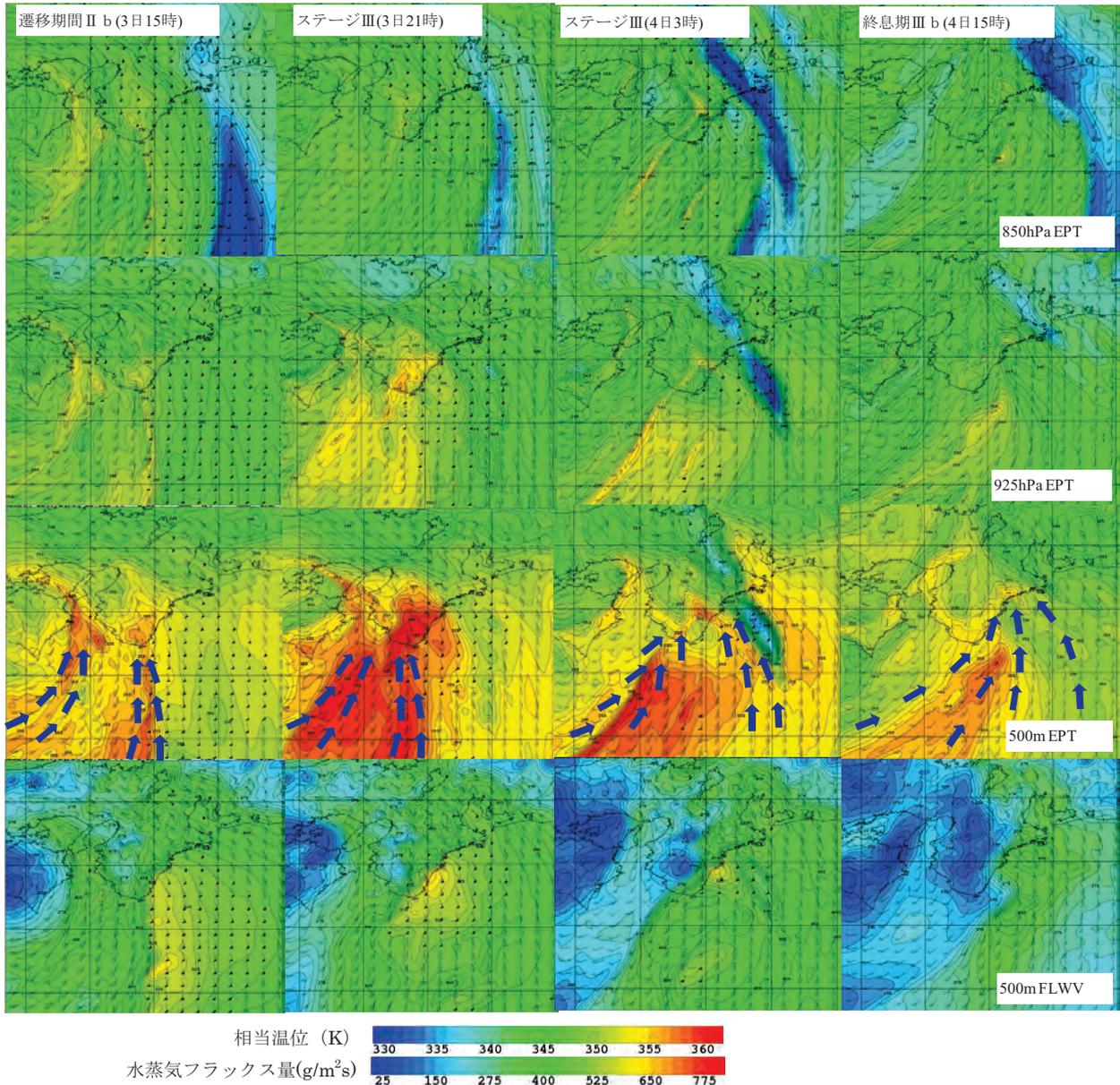
遷移期間Ⅰbでは、高度500mで360K以上の非常に高いEPTと600g/m²s以上のFLWVの暖湿気塊が東風とともに紀伊半島東岸へ到達している。また、850hPa面でも紀伊半島の東側を主体に355K以上の高EPT域が解析されるようになった。高度500mで、ステージⅠより高いEPTの暖湿気が紀伊半島の東側に流入しているため、ステージⅠより広い範囲で繰り返し対流性のエコーが発達するようになり、1時間解析雨量の最大値が40～60ミリと増加した。

ステージⅡでは、台風の北上によって風向が南東へと変化し、高度500mではEPTが360K以上でFLWVが600g/m²s以上の暖湿気の流入が紀伊半島の東側斜面から南側斜面に変化した。また、850hPaで353K以上の高いEPTや925hPaで355K以上の高いEPTが南東の海上から帯状に延びて紀伊半島に到達していることからわかるように、台風を取り巻くスパイラルバンドが紀伊半島を指向する状況となっている。スパイラルバンドによって発達した対流性のエコーが海上から陸上へと次々に流れ込む状況となったため、1時間解析雨量の最大値が60ミリを超える状況が出現するようになった。

遷移期間Ⅱbでは、台風が四国を北上しており、ステージⅡと同様に暖湿気が流入すると共に、紀伊半島の南海上からのびる南東風と南風の収束線が明瞭化し、紀伊半島に達している。また、四国の南海上から紀伊水道へとのびる南西風と南風の収束線が顕在化している。3日15時の高度500mで、日向灘から四国の南を通過して紀伊水道に流



第2.2.2.3図 ステージI, 遷移期間I b, ステージIIにおける下層暖湿気の流入の状況
上3段は, 850・925hPa, 500mの相当温位と風, 最下段は500mの水蒸気フラックス
量と風.



第2.2.2.4 図 遷移期間 II b, ステージ III (初期), ステージ III (雨の最盛期), 終息期 III b における下層暖湿気の流入の状況

上3段は、850・925hPa, 500mの相当温位と風, 最下段は500mの水蒸気フラックス量と風, 矢印は風向を示す。

れ込む355K以上の高EPT域と、南海上から紀伊半島南部に向かって355K以上の高EPT域が舌状に北上している。ステージIIと同様にスパイラルバンドが紀伊半島を指向する状態となっているため、1時間解析雨量の最大値が60ミリを超える状況が続いている。

ステージIIIでは、ステージI・IIに比べて全体的に下層暖湿気の程度が弱まっている。その一方で、高度500mでは、室戸岬沖から紀伊半島への

びる南風と南西風の収束線が非常に明瞭に解析される。また、紀伊半島の南東沖から紀伊半島へとこのびる南東風と南風の収束線も明瞭となっており、これら2本の収束線が紀伊半島で合流していることがわかる。3日21時頃には、遷移期間II bで明瞭化した2つの収束線に対応する高EPT域が合流し、358K以上のEPTの領域は四国の南から潮岬の南にかけた広範囲な領域に広がっている。4日未明には2つの高EPT域が合流しながら

潮岬周辺に流入している。また、紀伊半島の遙か南海上から熊野灘を指向する形で北上するやや東回りの高EPT域が加わっている。

一方、3日21時の850hPaでは、西日本の北西風の領域でEPTの低下が見られ、乾燥気塊が九州から四国の南海上を通過して進入していることがエマグラムからも確認できる(図省略)。また、第2.2.2.3～4図に重ねた925hPa面の風向風速で熊野灘付近に解析される南風の強風域は4日6時過ぎまで存在しており、東端の収束線も長時間同じ場所にとどまった。

以上により、1日から4日にかけての長い期間、暖候期の大雨発生の必要条件とされる、EPTは355K以上、FLWVは250g/m²s以上の条件を満たす暖湿気が紀伊半島の下層に流入していたことがわかる。

第2.2.2.1表に潮岬の高層観測の時系列表を示す。これによると、1日21時までの観測では、EPTが350K以上の暖湿気の層厚は地上から925hPaまでの地上付近にある(海上から西進し

てきた散在するやや強いエコーがかかっていた1日9時を除く)。2日9時の観測では800hPaより下層でEPTが350K以上と湿り、EPTが350K以上の領域は層厚を増している。2日21時と3日9時の観測は欠測となっているが、台風のインナーバンドがかかる3日21時には全層(地上から250hPa)がEPT350K以上の暖湿気に満たされている。また、台風が上陸後は地上気圧場の同心円状の対称性が崩れ上層の低気圧性循環が衰弱したことに伴う気温の低下や大陸からの乾燥気塊の侵入がみられる。

2.2.2.3 降水エコーの動向

第2.2.1.5～7図のレーダー画像を見ると、台風本体の雨雲は、2日21時の段階では中心から100km以遠で同心円状に降水エコーが分布している。その後、台風の西～南側のエコーが時間とともに消散し、下層の渦循環の中心が中国地方に達した3日21時には、台風の西～南側のエコーがほとんど観測されなくなっている。

第2.2.2.1表 潮岬の高層観測の時系列表

気圧	8月31日21時				9月1日9時				9月1日21時				9月2日9時			
	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位
975	24.8	95	23.35	353.54												
925	23.3	90	20.83	352.21	22.4	100	22.06	353.91	23.0	92	20.98	352.19	22.9	98	22.14	355.08
900	21.6	90	19.20	349.40	21.4	96	20.28	351.68	21.4	92	19.44	349.46	21.5	100	21.18	354.20
850	18.7	93	17.05	347.70	18.8	100	18.54	351.35	18.3	91	16.24	345.26	19.0	99	18.54	351.71
800	16.5	75	10.92	340.32	16.6	96	15.61	349.63	15.8	59	5.97	331.65	16.5	100	16.29	350.97
750	14.6	63	6.02	337.73												
700	11.7	72	5.67	341.53	11.6	100	11.47	351.29	10.8	65	3.05	336.59	12.7	77	7.80	346.45
650	9.4	75	4.21	344.96	8.0	75	2.87	340.97								
600	5.9	66	-1.26	342.45	4.4	99	4.16	347.26	3.9	81	0.24	341.24	6.1	89	3.99	349.73
500	-2.2	77	-6.48	346.18	-2.9	99	-3.13	348.66	-3.2	95	-4.10	347.12	-1.5	78	-5.60	348.11
400	-11.4	12	-39.72	341.91	-12.1	90	-13.82	350.54	-11.6	90	-13.32	351.66	-10.3	93	-11.53	355.08
350	-17.7	17	-40.72	346.62	-19.3	70	-24.49	348.50	-17.4	88	-19.45	353.74	-15.8	89	-17.69	357.23
300	-27.9	31	-42.59	347.55	-27.5	76	-31.48	350.27	-24.9	83	-27.76	355.32	-23.2	92	-24.68	359.16
250	-37.8	29	-52.18	350.54	-37.0	64	-42.91	352.61	-34.3	78	-37.94	357.53	-32.5	62	-38.88	360.11

気圧	9月3日21時				9月4日9時				9月4日21時			
	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位	気温	湿度	持上凝結温度	相当温位
975	25.0	97	23.96	355.57								
925	22.4	99	21.86	353.37	22.6	91	20.38	349.93	22.2	93	20.42	349.31
900	21.1	100	20.79	352.43	21.1	90	18.72	347.37	21.0	95	19.68	349.48
850	18.7	100	18.45	350.93	18.3	98	17.66	348.39	18.1	95	16.87	346.27
800	16.6	100	16.39	351.37	16.3	92	14.52	346.79	16.2	90	14.01	345.58
750												
700	11.7	100	11.57	351.65	10.7	99	10.40	347.72	10.5	92	8.87	344.70
650					7.8	97	7.17	347.02				
600	6.0	100	5.92	352.65	5.4	77	0.84	344.25	6.0	66	-1.17	342.71
500	-0.9	100	-0.96	354.50	-2.7	77	-6.97	344.98	-2.5	34	-19.01	337.03
400	-9.9	93	-11.13	356.04	-12.2	14	-38.54	340.82	-15.1	26	-33.46	338.05
350	-16.3	86	-18.68	355.85	-20.9	28	-37.59	342.67	-22.0	61	-28.93	343.08
300	-24.5	80	-27.84	355.89	-27.1	64	-33.25	350.40	-30.0	8	-58.43	343.43
250	-34.3	63	-40.45	357.08	-36.8	65	-42.54	352.97	-36.9	1	-80.70	351.23

紀伊半島におけるエコーの変化を見るために、ステージⅠからⅡbの期間に相当する1日3時から3日15時のレーダーエコー強度図を12時間ごとに第2.2.2.5図に示す。また、ステージⅢの期間に相当する3日18時から4日9時のレーダーエコー強度図を3時間ごとに第2.2.2.6図に示す。

ステージⅠでは、局地的に対流性のエコーが発達している。紀伊半島の東海上から流れ込む暖湿気の一部が、地形による強制上昇によって、自由対流高度まで達するような状況であることがわかる。1日20時から2日8時頃にかけては比較的広範囲のエコーが南南東方向から入り北西方向に抜けるが、主に紀伊半島の南東斜面の所々で対流性のエコーが発達し1時間に20ミリ～40ミリとなっている。遷移期間Ⅰbでは、ステージⅠより高いEPTの下層暖湿気が紀伊半島に流れ込み、より広い範囲で対流性のエコーが発生している。

ステージⅡでは、台風のスパイラルバンドが紀伊半島を指向し、遷移期間Ⅱbでは、スパイラルバンドが紀伊半島にかかっている様子がわかる。

次に、猛烈な雨が降ったステージⅢのエコーの状況と変化を見る。台風が岡山県南部に再上陸した3日18時頃、台風を取り巻く雨雲は東側に集まり（第2.2.2.6図の降水域Z）、四国の南海上の降水エコーは15時に比べ消散している。降水エコーは台風の南東側で発生し、台風中心を回るように紀伊半島の南海上から流れ込み、沿岸部でその反射強度を強めて内陸部へ移動している。21時には、四国南海上のエコーが消散していたエリアに再び対流性のエコーが発生しはじめた。消散前には組織化した対流性のエコーは見られなかったが、南風と南西風の収束の明瞭化に伴い数本の線状降水系が形成されている。3日21時から4日3時には、3本の線状の対流性のエコー列（第2.2.2.6図のA、B、C）が形成され、3日21時と4日0時では、最も西に観測されている線状降水系Aが明瞭となり、4日3時では西から2本目の線状降水系Bが明瞭となっている。また、それぞれの線状降水系A、B、Cは中層風の風上で対流性のエコーが繰り返し発生し、風下に流されるにつれて発達していた。それらが降水域Zに交わったところでは、4日7時頃にかけて1時間解

析雨量の最大値が80ミリ以上の猛烈な雨が観測されている。

特に、新宮市と熊野市付近で1時間解析雨量の最大値が100ミリ以上の猛烈な雨となった4日2時から4日6時にかけての降水エコーの特徴を調べる。第2.2.2.7図に4日0時から4時にかけての合成レーダーエコー強度図を30分ごとに示す。

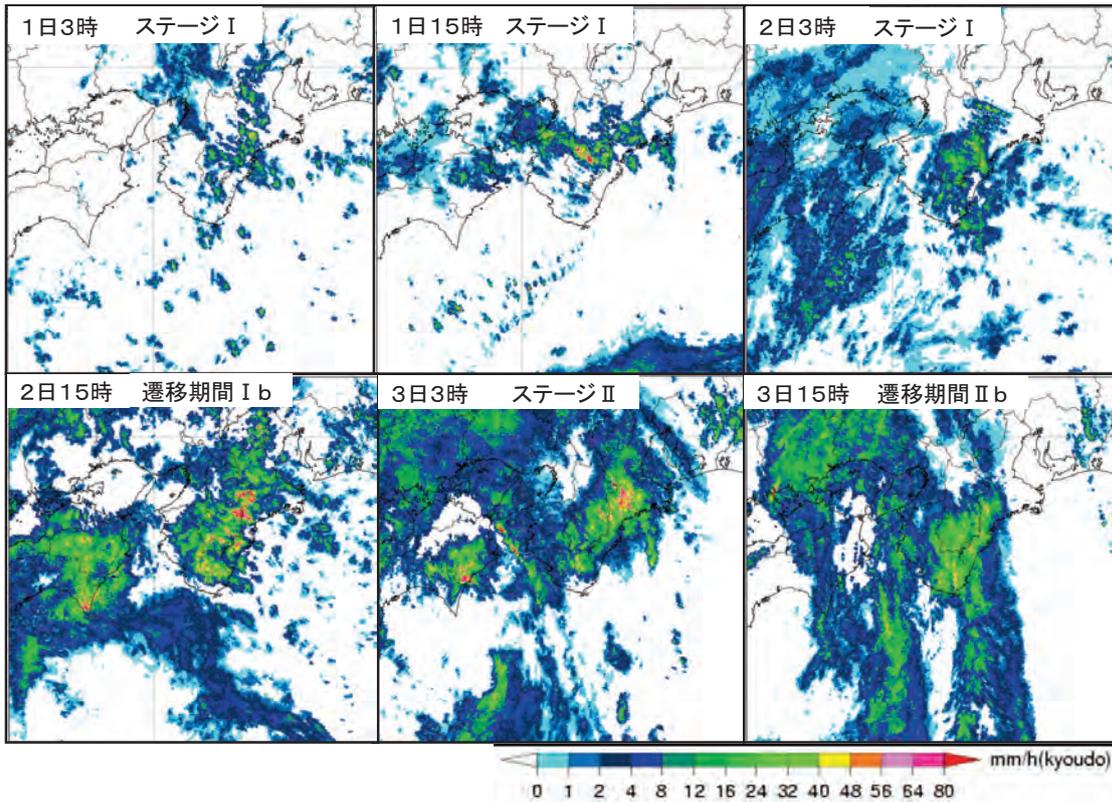
図中黄色破線楕円内では、その南端で発達したエコーが、エリアを広げながら次々と北上している。この黄色破線楕円のエリアは、3日夕方頃紀伊水道の南海上で明瞭化した第2.2.2.6図中に示す降水系Zの西端の強雨域に相当する。この強雨域は4日4時にかけて紀伊半島南岸をゆっくりと東進した。

4日0時、北東から南西の走向を持つ橙色破線楕円の降水系は第2.2.2.6図中に示す降水系Aに対応し、3日夜遅くから次第に線状が明瞭になり、4日朝まで線状の降水系を維持するが、4日6時までその流入領域は変わらず、東西への移動がなかった。

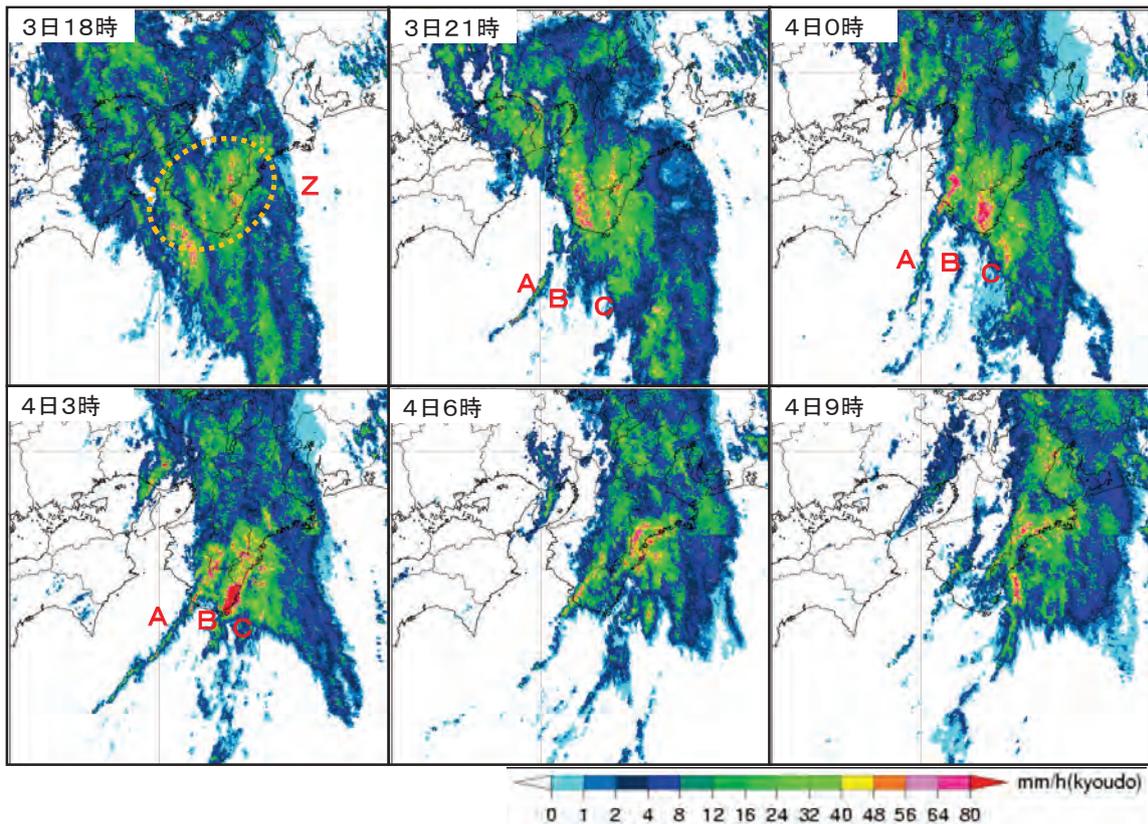
4日0時から2時にかけて発達した潮岬南東沖から北上する青色破線楕円の降水系は第2.2.2.6図中に示す降水系Cに対応し、4日0時頃から3時過ぎまで潮岬の東から新宮市沿岸に線状の降水系を維持し停滞していたが、4時頃からゆっくり東進を始めている。

赤色破線楕円の降水系は第2.2.2.6図中に示す降水系Bに対応し、0時30分頃に降水系Aの東側に現れゆっくり東進し、2時過ぎから3時頃にかけては潮岬付近を基点に北北東にのびる降水強度80ミリ以上のエコーへと発達した。この降水系は強い降水強度を保ったまま、5時頃に三重県熊野市付近を通過している。

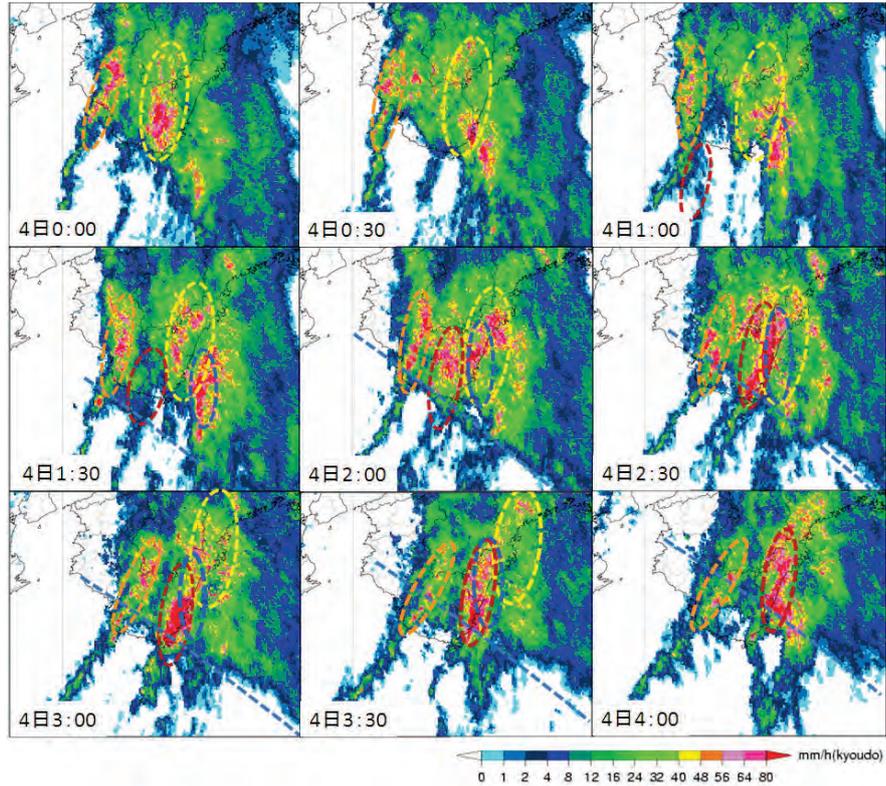
第2.2.2.8図に4日2時0分と2時20分の合成レーダーエコー強度断面図を示す。降水域Zに流れ込む線状降水系A、B、Cの海上におけるエコー頂高度は、どの線状降水系を見ても5,000m前後となっている。一方、降水系Zのエコー頂高度は全域でほぼ10,000mを超え、線状降水系と重なった最も高いところでは15,000mに達している。また、下層における高反射強度の起点は、いずれの降水系も沿岸部が基点となって北東進し



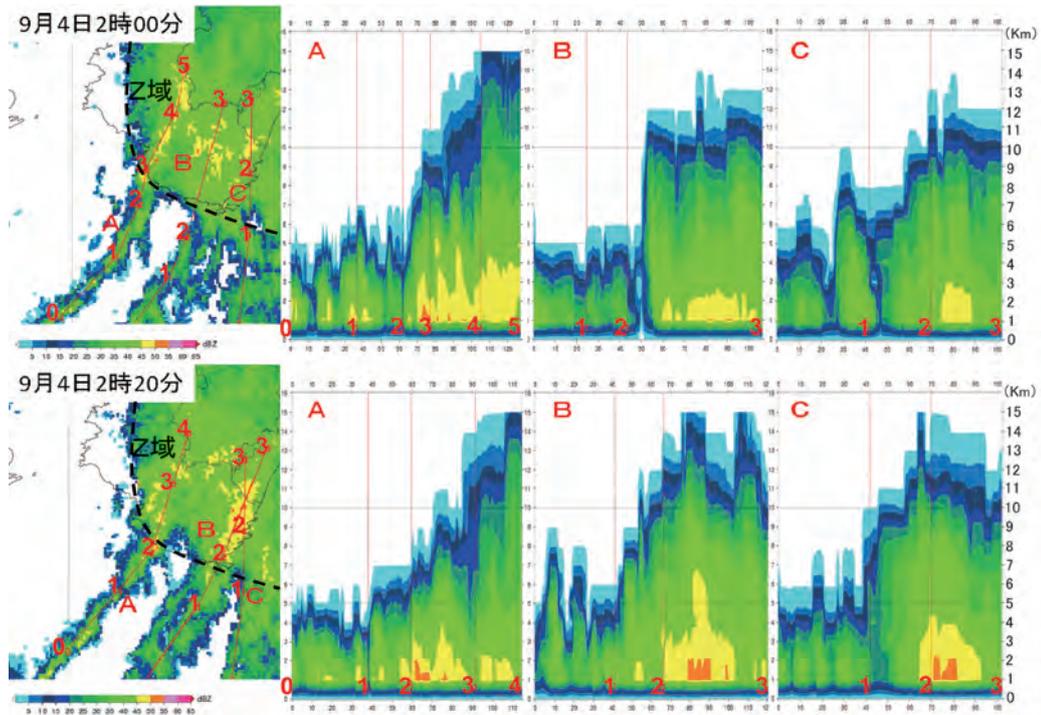
第2.2.2.5図 2011年9月1日3時から3日15時(ステージI~II b)の合成レーダーエコー強度図(12時間間隔)



第2.2.2.6図 2011年9月3日18時から4日9時(ステージIII)の合成レーダーエコー強度図(3時間間隔)



第2.2.2.7図 2011年9月4日0時から4時の合成レーダーエコー強度図(30分間隔)
 図中の橙色破線枠は降水系Aを、赤色破線枠は降水系Bを、青色破線枠は降水系Cを示す。



第2.2.2.8図 2011年9月4日2時0分(上段)及び2時20分(下段)の合成レーダーエコー強度断面図
 左の合成レーダーエコー強度平面図の線分A, B, C, に対応した断面図を右に並べて示す。
 海上にあたるエコー頂高度が5,000m程度。

ている（それぞれの線状降水系の主な対流セルとその移動を数字で示す）。第2.2.2.7図中の青破線は、エコー頂高度の変化している境界に対応している。

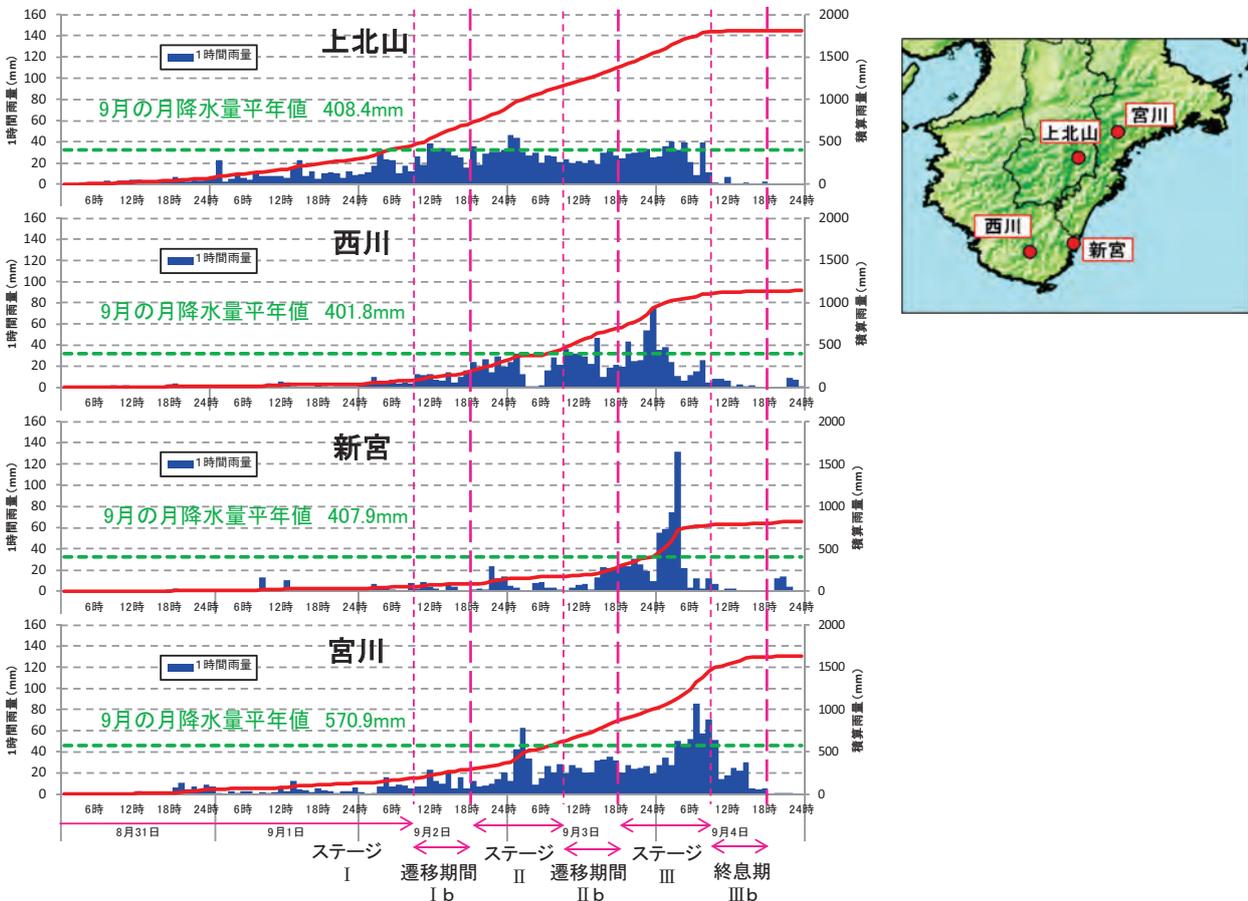
線状にのびる組織的な線状降水系が複数形成されたことやそれら線状降水系が重なり合ったことにより、1時間解析雨量の最大値が4日未明に80ミリを超え、ピーク時の4日2時から6時にかけては1時間解析雨量の最大値が100～140ミリとなる状況が出現した。第2.2.2.9図に大雨となった上北山、西川、新宮、宮川のアメダスの降水量時系列を示す。ステージIでは、紀伊半島の山地の東側に当たる上北山と宮川で雨量が多く、ステージIIIの線状降水系の合流による特に1時間に60ミリ以上の雨は西から東の観測地点に移動している。

2.2.2.4 地形的な要因

紀伊半島の地形図を第2.2.2.10図に示す。紀伊半島は、海岸からすぐに300m以上の山が切り立ち、中央部にある奈良県南部では、標高がおよそ1,500m以上の峰々が南北に連なる稜線が3本ある。特に中央部に位置する大峰山脈は、標高が1,800m前後に達する。

ステージIからステージIIの間では、台風の接近によって紀伊半島へ流れ込む下層暖湿気が強まり、地形による力学的強制上昇による対流性のエコーの発達、大雨発生の基本的なメカニズムであると考えられる。そこで、下層の風向風速の推移と大雨の発生地域との関連性を調べる。

第2.2.2.11図に31日15時から5日00時までのWPR尾鷲及び美浜（和歌山）における高度



第2.2.2.9図 (左) 4地点の降水量時系列図 (2011年8月31日～9月4日) (右上) アメダス4地点 (上北山、西川、新宮、宮川) の位置

(左) 青色棒グラフ：1時間降水量 (左目盛), 赤色折れ線グラフ：積算降水量 (右目盛)

1,500mの風向風速の時系列を示す。ステージⅠ(2日朝まで)は、東風がおおむね持続し、風速が徐々に大きくなっている。遷移期間Ⅰb(2日昼前～夕方)では、風向が東から南東へと変化するとともに、風速がさらに強くなっている。ステージⅡ及び遷移期間Ⅱb(2日夜のはじめ頃～3日夕方)では、風向が徐々に南よりへと変化しているもののおおむね南東風が持続している一方、風速はこの時間帯の前半でピークとなり後半では風速が弱

まる傾向となっている。ステージⅢ(3日夜のはじめ頃～4日朝)では、尾鷲の風向が南東で一定のなか、美浜の風向が次第に南へと変化し、両地点の風向シアが大きくなっていることが特徴的である。

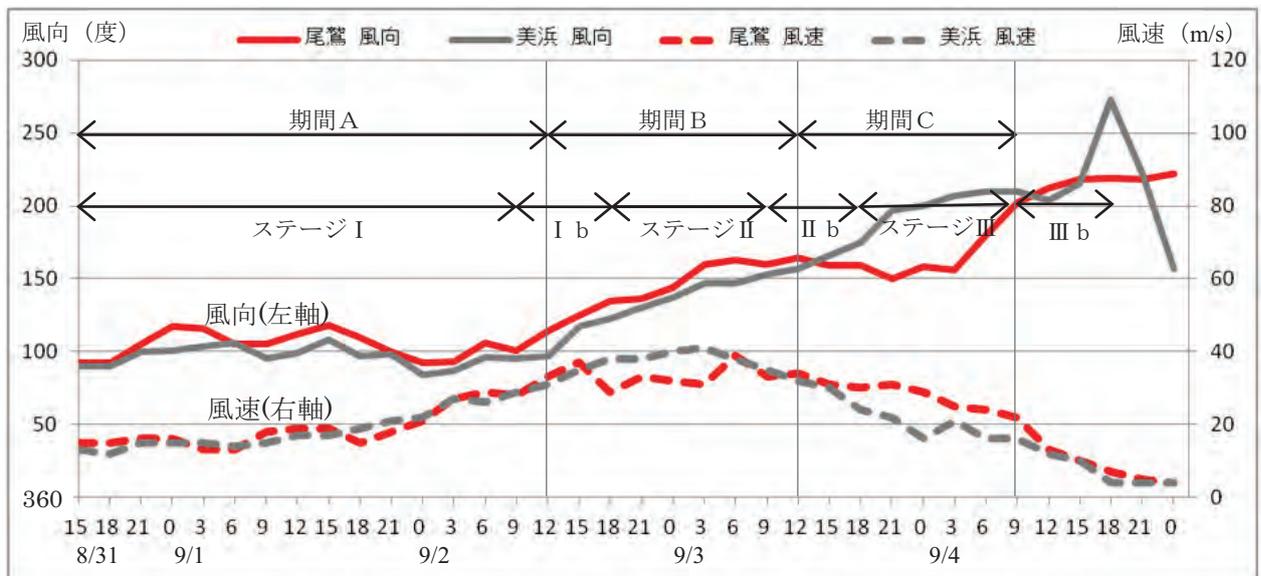
ここでは風向の違いに着目し、風向が東であった期間(期間A, 2日昼前まで)、南東であった期間(期間B, 2日昼過ぎから3日昼前まで)、風向シアのあった期間(期間C, 3日昼過ぎから4日朝まで)に分けて、解析雨量積算値の分布図を作成した(第2.2.2.12図)。

下層が東風の期間Aでは、下層風向走向に帯状の降水域が数本形成されている。最も雨量の多い降水域は、熊野灘に沿って海岸線まで山が迫り、風下に向かって次第に標高が高くなる山々が連なっている地域で、東風とともに流れ込む暖湿気が顕著に上昇させられる地域と対応している。他の帯状の降水域も周囲に比べて標高が高くなっている場所と対応しており、顕著な上昇流が発生した地域では地形による強制上昇があったことを示している。

下層が南東風の期間Bでは、高度500mで360K以上の非常に高いEPTの暖湿気が紀伊半島へ広く流れ込む状態へと変化した。紀伊半島の広い範囲で積算雨量が400ミリ以上の降水量を解析



第2.2.2.10図 紀伊半島の地形
地形データはUSGSのGTOPO30を利用



第2.2.2.11図 8月31日15時から9月5日0時にかけてのWPR尾鷲と美浜(和歌山)における高度1,500mの風向風速の時系列

している。その中でも600ミリ以上の降水域は、概ね南北に連なる3本の稜線に沿って分布している。

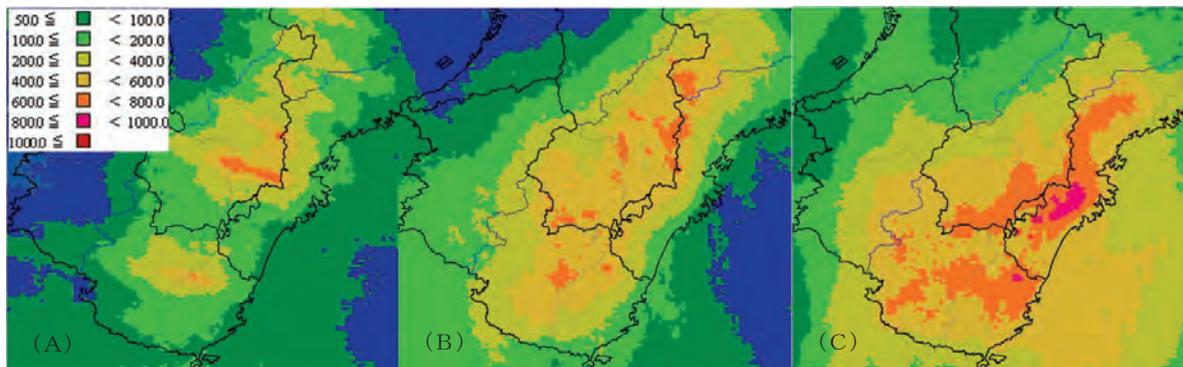
このことから、ステージⅠとⅡでは地形による下層暖湿気の力学的強制上昇が働いていたと考えられる。

次の期間Cでは、暖湿気は高度500mで355Kと期間Bよりは下がり、風速も次第に弱まっている。期間Bと期間Cの継続時間はほぼ同じである（期間Cの方が3時間短い）が、期間Cでは積算雨量600ミリ以上の降水域が広く分布し、三重県や和歌山県では800ミリ以上の降水域も見られる。暖湿気及び暖湿気の移流の程度は弱いにもかかわらず、降水はより強まっている。ステージⅢでは、地形による下層暖湿気の力学的強制上昇に加えて、線状の降水系の合流が影響していたとみられるため、収束域について考える。

台風は岡山県へ再上陸した3日夕方以降、急速にその構造を変質させている。第2.2.2.13図にメソ解析による3日15時から4日0時にかけての地上気圧の状況を3時間ごとに示す。15時ごろから台風を中心示度は次第に弱まり、1000hPaの等圧線に着目すると、18時には南西側にやや膨らみ15時までの円形を崩しはじめている。21時には南西方向に引き伸ばされ、それまでの円形を大きく崩している。地形の影響を受けた風向の変化により四国と紀伊半島の南海上には風向シアが発生している。

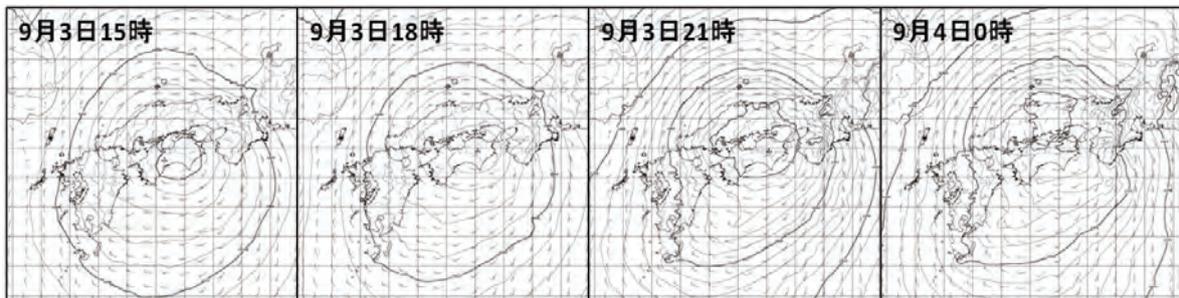
第2.2.2.14図にメソ解析初期値による3日15時から4日9時までの925hPaの収束・発散及び風の分布から下層の収束の状況を示す。

3日15時には、南南西風と南西風の収束によって形成された収束域aが四国の南海上から四国の東岸にのびている。紀伊半島の南の海上には、

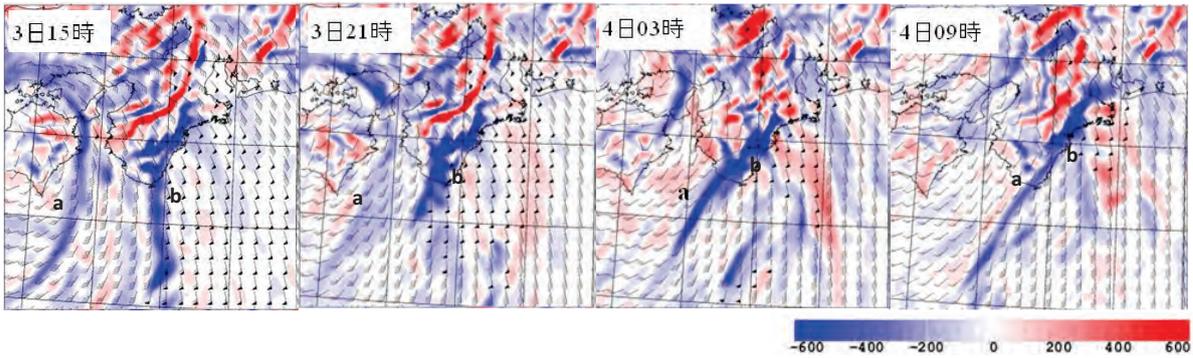


第2.2.2.12図 WPR尾鷲と美浜の風向の違いによる雨量分布の変化

- (A) 両地点の風向が東（90~112°）の期間である31日15時から2日12時までの45時間の雨量分布。
- (B) 両地点の風向が南東（113~157°）の期間である2日12時から3日12時までの24時間の雨量分布。
- (C) 両地点で風向シアがある期間である3日12時から4日9時までの21時間の雨量分布。



第2.2.2.13図 MSM初期値解析による2011年9月3日15時から4日0時までの3時間ごとの地上気圧分布
3日15時と18時の示度は2hPaごと、3日21時と4日0時の示度は1hPaごとで表示している。



第2.2.2.14図 2011年9月3日15時から4日9時にかけてのMSM初期値解析による925hPa面の収束(青色域)・発散(赤色域)

南南東風と南風との収束によって形成された収束域bが解析されている。また、熊野灘方面から紀伊半島に向かって50kt以上の強い南東風が解析されている。このため、紀伊半島に向かう暖湿気の流れが強く、南東側斜面で顕著な収束域がみられる。3日21時には、収束域aは紀伊水道に進み、収束域bは停滞している。4日3時には、収束域aと収束域bが合流して、紀伊半島南部で南風と南西風の強い収束帯が形成されている。4日9時には、収束域aと収束域bの合流による強い収束帯が東紀州・紀勢では継続し、和歌山県南部では弱まってきている。

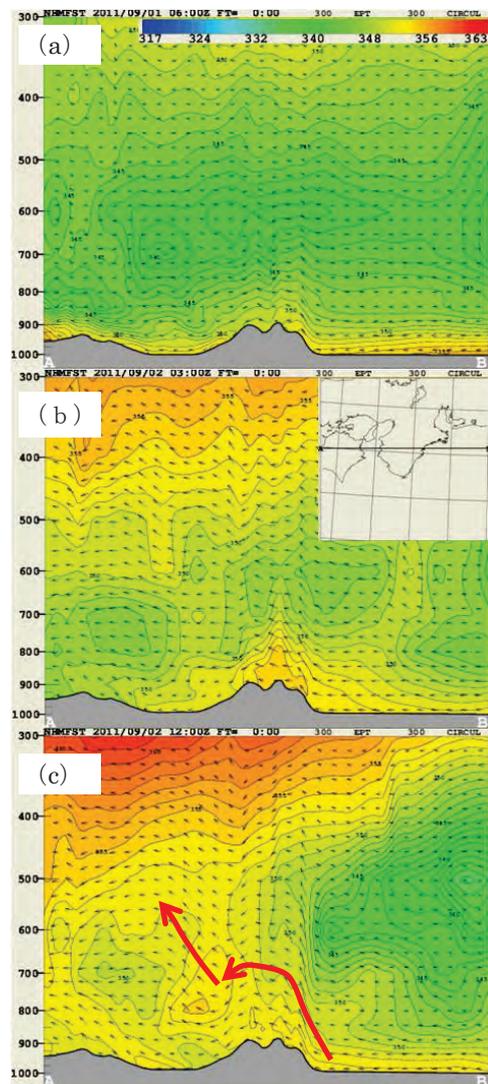
2.2.2.5 大雨のメカニズム

以上述べてきたことを降水状況により分けた三つのステージごとに、メカニズムを考察する。

ステージIでは、台風に向かう高EPTの下層暖湿気が東～南東風とともに紀伊半島へ流入し、地形による力学的強制上昇によって対流性のエコーが発達し大雨をもたらしたと考えられる。

ステージIIでは、ステージIより高いEPTの下層暖湿気が紀伊半島の地形による力学的強制上昇によって対流性のエコーが発達し大雨をもたらしたことに加えて、スパイラルバンドが紀伊半島に流入し大雨が継続したと考えられる。

この点を確認するために、ステージI(1日15時)、遷移期間Ib(2日12時)、ステージII(2日21時)の紀伊半島を横切る東西方向のEPTの断面を第2.2.2.15図に示す。ステージIでは、高度500mで355Kの高EPTの暖湿気が東風ととも



第2.2.2.15図 紀伊半島の東西方向の相当温位断面図
(a) ステージI (1日15時)
(b) 遷移期間Ib (2日12時)
(c) ステージII (2日21時)

色階調は相当温位を、小さい矢印は上昇あるいは下降のベクトルを示す。大きい矢印は紀伊半島東斜面の上昇気塊の走行を示す。

に東斜面に向かって流入しているが、対流性のエコーの発達程度は弱い。遷移期間 I b では、暖湿気の流入が強まり対流性のエコーが発達しつつある様子が示されている。ステージ II では、紀伊山地の西側斜面上空には下降流が見られ暖湿気が下降しているように見えるものの、鉛直方向の全体的な EPT の分布をみると、紀伊山地の南東側斜面の地形によって持ち上げられた暖湿気とスパイラルバンドに沿って南から流入した暖湿気が上空の風に流されつつも、中上層まで持ち運ばれている様子が見て取れ（図 c の赤い矢印）、対流性のエコーが発達できる状況となっていることがわかる。

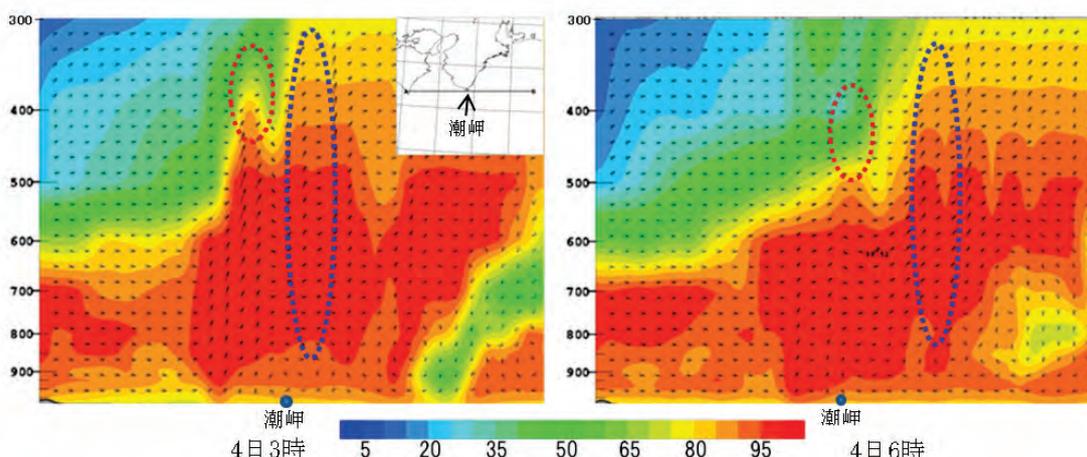
ステージ III では、台風に向かう強い下層暖湿気の流入による背の高い湿潤混合層が、紀伊半島からその南東海上に停滞したこと、及び上層の低気圧性循環の衰弱に伴う気温の低下や大陸からの乾燥気塊の進入により大気成層が潜在的に不安定化していたことを背景としている。

1時間解析雨量が100ミリ以上の猛烈な雨の発生は、第2.2.2.6図の降水系 B によってもたらされている。降水系 A では、下層の収束が非常に強かったが、北西風に伴う乾燥気塊の侵入によりエコー強度からみた対流性のエコーの発達程度は、降水系 B の方が強くなっている。

第2.2.2.16図にメソ解析初期値の4日3時及び6時における潮岬付近を通る東西方向の湿度の鉛直断面図を示す。600hPaより上層では乾燥気塊

が時間とともに西から紀伊半島上空へと進入していることがわかる。4日3時の赤点線の楕円で囲んだ高度周辺では、上昇のベクトルが小さくなっていることから、浮力がなくなり上昇気流が急速に弱まっている。これは降水系 A に対応するもので、下層における顕著な収束で中層にかけて強い上昇気流が発生しているが、上層に進入してきた乾燥気塊によって浮力がなくなり対流性のエコーの発達が抑制されていることを示している。一方、青点線で囲んだ部分は降水系 B に対応しており、下層よりも中層で上昇流が強まっている。台風の暖気核の衰弱による気温低下（図は省略）に加えて、乾燥気塊が上層にわずかに進入し雲水の蒸発によって気温が低下した領域では、第2.2.2.1表に示すように3日21時から4日9時にかけて上層の気温が2～3℃低下し、中上層の成層が不安定化していることが推察される。3時から6時にかけて降水系はゆっくり東進している。

そのような中、台風衰弱期の下層収束（豊後水道から流れ込んだ西南西風、九州の南を回り込んで紀伊半島に流入する南西風、及び南鳥島近海の熱帯低気圧に起源をもつ南風を主風向とするもの）により発生した組織的な複数の線状の降水系が、前述の背の高い湿潤混合層の不安定領域に流入したことにより、対流性のエコーが中層の風上側で繰り返し発生・発達し、瀬古(2010)によって名付けられたバックアンドサイドビルディング型と呼ばれるメカニズムが働き、急速に顕在化し



第2.2.2.16図 2011年9月4日3時及び6時の潮岬付近を通る東西方向の断面図
色階調は湿度を、矢印は上昇あるいは下降のベクトルを示す。

たことによるものと考えられる。

以上をまとめると、

台風が大型でかつ移動速度がかなり遅かったこと、紀伊半島の下層への高 EPT の暖湿気の流入が持続したことから、台風の降水ステージが4日間にわたる長い期間となった。

また、前節の地上天気図に示されている日本の東海上にある高気圧の西への張り出しが、台風の東側で気圧傾度の大きい状態を持続させ、紀伊半島の下層収束線の東進を遅らせるとともに、対流活動の活発化にも寄与したと思われる。

各ステージの大雨の要因は次のとおりである。

ステージ I [遷移期間を含む]：8月31日～9月2日夕方

高度 500m で 355K の高 EPT の暖湿気が紀伊半島の東側へ流入したが、移流の程度がステージ II との比較では相対的に弱かったことから、地形による強制上昇が顕著となった地域のみで対流性のエコーが発達し、激しい雨が降った。

ステージ II [遷移期間を含む]：9月2日夜のはじめ頃～9月3日夕方

高度 500m で 360K 以上の高 EPT の暖湿気が紀伊半島の広い範囲に流入し始め、移流もより強まったため、紀伊半島の東側を中心に対流性のエコーがより広い範囲で発達するようになると共に、

南東後南の海上から紀伊半島南部に至る高 EPT の線状の収束帯が顕在化し、台風を取り巻くスパイラルバンドが紀伊半島へのびるようになったこと、下層の風向も東から南東へ次第に変化したことから、紀伊半島の東側だけでなく南側でも非常に激しい雨が降った。

ステージ III [終息期を含む]：9月3日夜のはじめ頃～9月4日夕方

南海上から紀伊半島にのびる風の収束による線状の降水系と南西海上から紀伊水道・紀伊半島にのびる風の収束、相対的に低温・乾燥の気塊の前面で顕在化した線状の降水系が形成・維持されて、紀伊半島で合流し対流性エコーが発達した。このことに加えて、上層への乾燥気塊のわずかな進入及び上層における台風の循環の衰弱による気温の低下によって大気成層が不安定化したことにより、1時間に140ミリに達する猛烈な雨が降る状況となった。

参 考 文 献

- 加藤輝之 (2011)：大雨を発生させやすい環境場について。平成23年度予報技術研修テキスト，第6章，95 - 103。
- 瀬古弘 (2010)：中緯度のメソβスケール線状降水系の形態と維持機構に関する研究，気象庁研究時報，62巻。

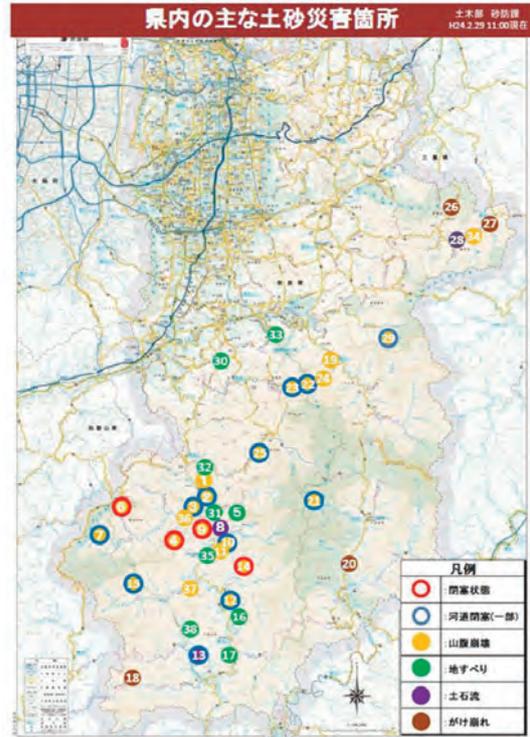
2.2.3 災害の状況

2.2.3.1 災害の概要

(1) 奈良県*

台風第12号の記録的な大雨により、奈良県では南部を中心に大規模な土砂災害が多数発生し、崩壊した土砂による河道閉塞も多数発生した。近畿地方整備局の調べでは、紀伊山系で山腹崩壊の発生による崩壊土砂量は約1億m³(東京ドーム80杯分)、そのうち9割が奈良県域で発生している。また、奈良県内での土砂災害の発生箇所は約1,800か所、そのうち大規模なものは39か所、崩壊土砂により発生した河道閉塞は16か所(第2.2.3.1図、第2.2.3.1表)となっている。

特に、五條市、十津川村、野迫川村の4か所で発生した大規模な河道閉塞箇所では、土砂災害防止法に基づき土砂災害緊急情報が発表され、重大な土砂災害が想定される区域に指定された。これら1市2村の合計7つの地区には、立ち入り制限などの措置が取られた。



第2.2.3.1図 県内の主な土砂災害箇所

第2.2.3.1表 県内の主な土砂災害発生箇所

土木部 砂防課【H23.12.1 12:30】						
市町村	地区(溪流名)	災害形状	市町村	地区(溪流名)	災害形状	
五條市	大塔町辻堂地区(柳谷)	山腹崩壊	十津川村	今西地区	地すべり	
	大塔町辻堂地区(鍛冶屋谷)	山腹崩壊 土石流 河道閉塞(一部)		宇宮原地区	地すべり	
	大塔町宇井地区	山腹崩壊 河道閉塞(一部)		沼田原地区	地すべり	
	大塔町赤谷地区(赤谷) (国の緊急調査)	山腹崩壊 河道閉塞	川上村	迫地区(西谷川)	山腹崩壊 土石流	
	大塔町惣谷地区	地すべり	上北山村	白川地区	がけ崩れ	
	大塔町清水地区	山腹崩壊		白川地区(白川又川)	山腹崩壊 河道閉塞(一部)	
野迫川村	北股地区(岩谷) (国の緊急調査)	山腹崩壊 土石流 河道閉塞	黒滝村	赤滝地区A(黒滝川)	山腹崩壊 土石流 河道閉塞(一部)	
	松股地区	山腹崩壊 河道閉塞(一部)		赤滝地区B(柏原谷川)	山腹崩壊 土石流 河道閉塞(一部)	
				赤滝地区C(黒滝川)	山腹崩壊	
十津川村	長殿地区(テラ谷)	土石流	天川村	坪内地区A	山腹崩壊	
	長殿地区(長殿谷) (国の緊急調査)	山腹崩壊 河道閉塞		坪内地区B(九尾谷川)	山腹崩壊 河道閉塞(一部)	
	長殿地区(湯谷川)	山腹崩壊 河道閉塞(一部)		坪内地区C(坪内谷川)	山腹崩壊	
	長殿地区	山腹崩壊		広瀬地区	地すべり	
	野尻地区	山腹崩壊 土石流 河道閉塞(一部)		曾爾村	葛地区	がけ崩れ
	重里地区(大畑瀬)	天然ダム越水 溪岸浸食 河道閉塞(一部)			神末地区	がけ崩れ
	栗平地区(栗平) (国の緊急調査)	山腹全崩壊 河道閉塞	御杖村	土屋原地区(畑井谷川)	土石流	
	杉清地区(小井谷)	山腹崩壊 河道閉塞(一部)		土屋原地区(長山谷)	山腹崩壊	
	小井地区	地すべり		東吉野村	麦谷地区(妻谷)	山腹崩壊 河道閉塞(一部)
	折立地区	地すべり	下市町	広橋地区	地すべり	
	上湯川地区	がけ崩れ	吉野町	吉野山地区	地すべり	
	川津地区	山腹崩壊				

* 奈良地方気象台 山本 善弘(現 高松地方気象台), 築山 秀治

人的被害は死者14人、行方不明者10人、負傷者6人、住家被害は全壊49棟、半壊69棟など、甚大なものとなった（平成24年3月1日現在 奈良県調べ、第2.2.3.2表）。

また、避難指示は1市2町3村729世帯1,629人に、避難勧告は1市4村3,225世帯7,145人に出された（平成23年9月5日18時現在 奈良県調べ）。

第2.2.3.2表 人的被害・住居被害等

区 分		被 害
人的被害	死者	14
	行方不明者	10
	負傷者	重傷 5
		軽傷 1
住家被害	全壊	棟数 49
	半壊	棟数 69
	一部破損	棟数 14
	床上浸水	棟数 13
	床下浸水	棟数 38

平成24年3月1日 15:00現在 奈良県調べ

(2) 和歌山県*

降り始めの8月30日18時から9月4日24時までの総雨量は那智勝浦町色川で1,183.5ミリ、古座川町西川で1,149.0ミリで、この雨量は双方とも9月の月降水量平年値の3倍近い大雨であった。また、4日3時57分までの1時間に、新宮市で132.5ミリの猛烈な雨を観測した。

被害は県内全域に及び、多くの死者や家屋の倒壊などが発生した（第2.2.3.3表）。

人的被害は 和歌山県内で死者56人、行方不明者5人、負傷者9人であった。死者は那智勝浦町28人（うち災害関連死3人）、新宮市13人、田辺市8人、日高川町3人、古座川町3人（うち災害関連死3人）、みなべ町1人であった。

死因ははん濫した濁流にのまれた、土砂崩れによる家屋の倒壊、土石流に流された、浸水した田んぼに車両水没などであった。

家屋の全壊は371棟、半壊は1,842棟、一部破損は171棟、床上浸水は2,680棟、床下浸水3,147棟であった。全壊は那智勝浦町103棟、田辺市94棟、新宮市87棟、日高川町73棟等で、土石流、濁流に流された等である。

田辺市本宮地区では家屋が水没するほどの浸水が発生し、この地区に設置してあったアメダス本宮も水没し機能を失った（写真2.2.3.1）。この地区は電力供給も通信回線も途絶えたため、新しい雨量計と太陽電池パネル、及び衛星通信回線による可搬型観測装置を9月8日に設置し雨量データを確保した。（写真2.2.3.2）。

交通被害としては、JR紀勢線が那智勝浦町の那智川に架かる橋梁流出等により、那智勝浦-新宮間の運転ができなくなったが、約3か月後の12月3日に復旧し全線開通した（写真2.2.3.3）。

道路も崩壊等で寸断され、通行止めとなる道路も多数あった。

田辺市熊野（いや）地区に堰止湖が発生し、決壊による土石流発生の危険があるため、下流の地区は立ち入り禁止となった（写真2.2.3.4）。

* 和歌山地方気象台 今川 哲之・徳田 祥如・山本 悦雄

第2.2.3.3表 平成23年台風第12号による和歌山県の被害状況（平成24年4月6日和歌山県総合防災課調べ）

	人的被害				建物被害						
	死者	（うち災害 関連死）	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	浸水 (非住家)	
					棟	棟	棟	棟	棟	棟	
和歌山市											
海草	海南市							15	17	27	
	紀美野町				7	27	6	4	9	15	
	(計)	0		0	0	7	27	6	19	26	42
那賀	紀の川市				1		1	13	42	17	
	岩出市								11		
(計)	0		0	0	1	0	1	13	53	17	
伊都	橋本市										
	かつらぎ町					1					
	九度山町										
	高野町										
(計)	0		0	1	0	0	3	4	14	4	
有田	有田市			1				5	3	7	
	湯浅町							1		3	
	広川町									1	
	有田川町				1		1	0	1	1	
(計)	0		1	1	0	1	6	4	11	1	
日高	御坊市				1				7	73	3
	美浜町							1	12	2	
	日高町								6		
	由良町								6	1	
	日高川町	3		1		73	63		194	85	219
	みなべ町	1				1	1	1	45	30	1
	印南町				1		1		18	64	5
(計)	4		1	2	74	65	5	265	276	231	
西牟婁	田辺市	8		1	1	94	233	89	163	215	270
	白浜町						9	33	158	109	4
	上富田町						3	1	7	20	4
	すさみ町							3		9	
(計)	8		1	1	94	245	126	328	353	278	
東牟婁	新宮市	13		1		87	237	3	1,447	1,166	816
	那智勝浦町	28	(3)	1	4	103	905	2	440	962	18
	太地町								1	7	
	古座川町	3	(3)			4	362	1	83	117	176
	北山村								11	12	6
	串本町					1		18	65	150	3
(計)	44		2	4	195	1,504	24	2,047	2,414	1,019	
県計	56	(6)	5	9	371	1,842	171	2,680	3,147	1,592	



写真2.2.3.1 水没し機能を失った本宮地域雨量観測所



写真2.2.3.2 本宮地域雨量観測所に仮設置した可搬型観測装置



写真 2.2.3.3 那智勝浦町の JR 紀勢線の橋梁流出（和歌山県提供）



写真 2.2.3.4 田辺市熊野（いや）地区に発生した大規模な土砂崩れとそれによる河道閉塞

(3) 三重県*

(7) 被害の概要

三重県全体の被害状況と被害額の概要は、第 2.2.3.4 表に示すとおりである。

(イ) 人的被害

三重県の被害の分布は、広く県内全域に及び、特に熊野市、紀宝町、御浜町の南部の 3 市町を中心に人的被害や多数の住家の浸水被害及び土砂災害が発生した。人的被害は御浜町と紀宝町で死者が各 1 人、紀宝町で行方不明者 1 人、負傷者は県全体で重傷者 7 人、軽傷者 10 人となった。（第 2.2.3.2 図、及び第 2.2.3.5 表）

(ウ) 住家被害

全壊 81 棟（紀宝町 59 棟、熊野市 20 棟等）、半壊 1,077 棟（紀宝町 785 棟、熊野市 272 棟等）、一部損壊 69 棟（津市 20 棟、伊勢市 15 棟、熊野市・紀宝町で各 10 棟等）、床上浸水 702 棟（熊野市 401 棟、紀宝町 128 棟、御浜町 57 棟、大紀町 53 棟等）、床下浸水 832 棟（熊野市 296 棟、紀宝町 200 棟、御浜町 104 棟等）の住家被害が発生した。（第 2.2.3.3 図、及び第 2.2.3.6 表）

(I) 経済的被害

災害の分野別では農林水産施設被害が最も多く約 76 億円、全体の被害額は約 205 億円となった。（第 2.2.3.4 表）

第 2.2.3.4 表 三重県の被害状況と被害額（三重県調べ 平成 24 年 2 月 1 日現在）

区 分		被害数		区 分		被害数		区 分	被害額(千円)	
人的被害	死 者	人	2	その他	田 畑	流失・埋没	ha	0.16	公共文教施設	0
	行方不明	人	1		畑	流失・埋没	ha	0	農林水産施設	7,590,706
	負傷者	重傷	人		7	文教施設	箇所	16	公共土木施設	0
		軽傷	人		10	道 路	箇所	226	その他公共施設	0
住家被害	全 壊	棟	81		橋りょう	箇所	8	小 計	7,590,706	
		世帯	80		河 川	箇所	32	その他	農業被害	716,351
	半 壊	棟	1,077		港 湾	箇所	4		林業被害	0
		世帯	1,077		崖 崩 れ	箇所	84		畜産被害	3,192
	一部損壊	棟	69		鉄道不通	箇所	17		水産被害	414,554
		世帯	69		水 道	戸	16,595		商工被害	0
	床上浸水	棟	702		電 話	回線	18,321		その他被害	11,756,863
		世帯	706		電 気	戸	35,860	小 計		
	床下浸水	棟	832		り災世帯数	世帯	1,863	被害総額	20,481,666	
		世帯	832	り災者数	人	2,082				

* 津地方気象台 佐藤 真, 平野 貴嗣



第 2.2.3.2 図 人的被害が発生した市町
三重県調べ 平成 24 年 2 月 1 日現在



第 2.2.3.3 図 住家被害が発生した市町
三重県調べ 平成 24 年 2 月 1 日現在

第 2.2.3.5 表 人的被害が発生した市町
三重県調べ 平成 24 年 2 月 1 日現在

区分 市町名	死者	行方不明者	負傷者	
			重傷者	軽傷者
紀宝町	1	1	5	0
御浜町	1	0	0	0
津市	0	0	2	1
四日市市	0	0	0	2
伊勢市	0	0	0	2
松阪市	0	0	0	2
桑名市	0	0	0	1
鈴鹿市	0	0	0	1
熊野市	0	0	0	1
合計	2	1	7	10

第 2.2.3.6 表 住家被害が発生した市町
三重県調べ 平成 24 年 2 月 1 日現在

区分 市町名	全 壊	半 壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	
						全
紀宝町	59	785	10	128	200	
熊野市	20	272	10	401	296	
御浜町	0	13	1	57	104	
大台町	1	5	0	1	8	
津市	1	1	20	0	7	
尾鷲市	0	1	1	13	34	
伊勢市	0	0	15	21	15	
大紀町	0	0	4	53	60	
紀北町	0	0	4	22	91	
伊賀市	0	0	4	0	1	
度会町	0	0	0	6	8	
南伊勢町	0	0	0	0	3	
いなべ市	0	0	0	0	2	
名張市	0	0	0	0	2	
松阪市	0	0	0	0	1	
合計	81	1,077	69	702	832	

2.2.3.2 洪水害の状況

(1) 奈良県*

台風第12号の大雨により、名張川では、9月2日13時55分から9月4日13時50分にかけて、紀の川では、9月2日20時00分から9月4日15時00分にかけて、指定河川洪水予報が発表された。紀の川の五條水位観測所では、3日04時00分に7.99m(暫定値)を観測し、避難判断水位(7.80m)を超えた(はん濫危険水位は8.10m)。

また、流域雨量指数は12河川で警報基準を上回った。

奈良県の調べ(平成24年3月1日現在)によると、県内の住家では、破堤による大規模な浸水被害は発生していないが、小河川の増水や河道閉塞による増水で発生した溢水などで、床上浸水13棟、床下浸水38棟の被害が発生した。市町村別では、五條市で床下浸水5棟、黒滝村で床上浸水7棟、床下浸水3棟、天川村では床上浸水4棟、床下浸水13棟、野迫川村では床上浸水2棟、床下浸水2棟、十津川村では床下浸水14棟、川上村では床下浸水1棟の被害が発生した。

今回の大雨では、雨により河川が増水しているところに、崩れた土砂が流れ込み河道閉塞を起こしたことや流木等が橋梁等に引っかかったことによる増水により、家屋の流出や浸水、溢水や落橋などの被害が発生した。

天川村では、9月3日夜、天川中学校対岸のアシノセ谷から天ノ川へ崩壊土砂が流入したことにより、増水した河川が流れを変え、教員住宅1棟が流され1人が死亡した。また、9月4日昼には、坪内地区冷水で発生した山腹崩壊により天ノ川が一部で堰き止められたため河道から水が溢れ、坪内地区から南日裏地区にかけての集落が浸水した。

このほか、十津川村野尻地区や五條市宇井地区でも、山腹の崩壊等による河川への土砂流入により水流の変化や増水が起り、住家が流されるなどの被害が発生している。

(2) 和歌山県**

降り始めの8月30日18時から9月4日24時までの総雨量は那智勝浦町色川で1,183.5ミリ、古座川町西川で1,149.0ミリで、この雨量は双方とも9月の月降水量平年値の3倍近い大雨であった。また、4日3時57分までの1時間に、新宮市で132.5ミリの猛烈な雨を観測した。

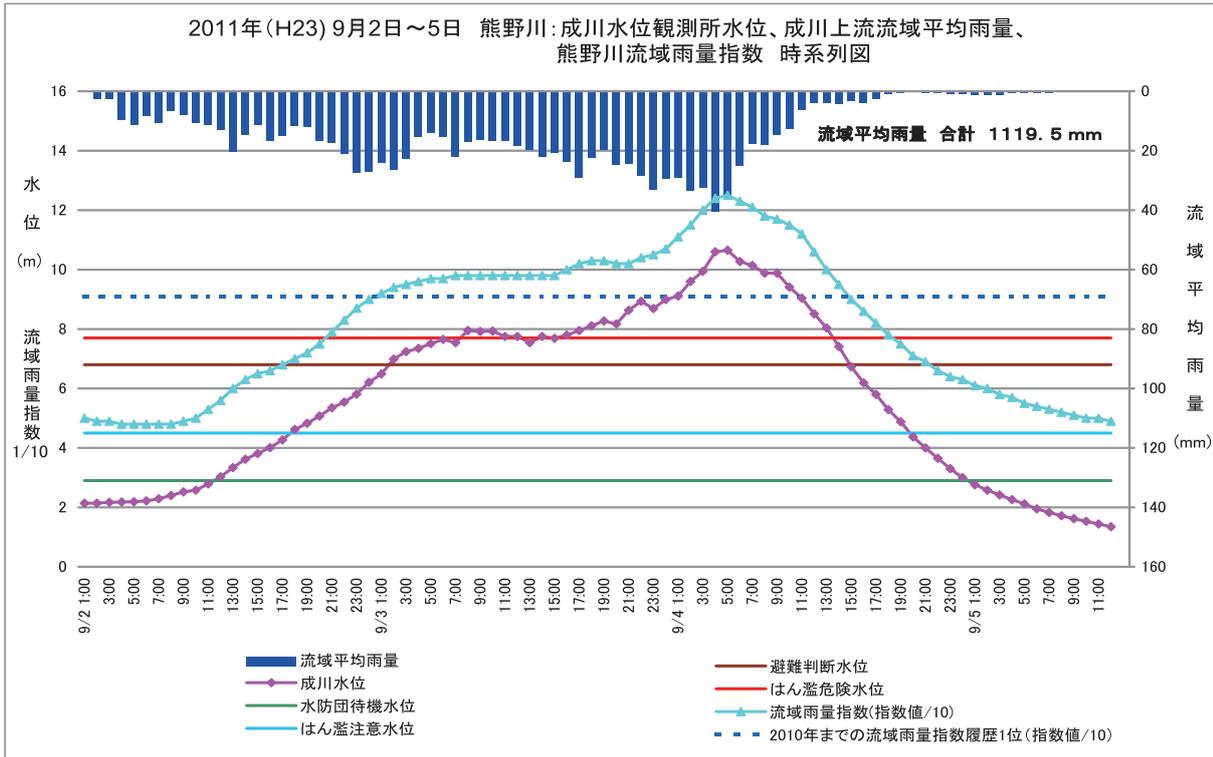
台風第12号により県南部で特に2日から4日にかけての総降水量が1,000ミリを超える大雨となり、紀中及び南部の河川でははん濫が発生し、床上浸水2,680棟、床下浸水3,147棟(県資料2012年4月6日現在)の災害が発生した。

特に被害の多かった新宮市では、熊野川で3日未明に流域雨量指数の履歴1位を超え、その後も流域雨量指数は下がらず、3日夜遅くから4日未明にかけて更に流域雨量指数が上昇し、5時には流域雨量指数125(それ以前の履歴1位は91)を記録し(第2.2.3.4図)、護岸崩壊や堤防決壊等の被害が発生した。また、古座川、日高川でも3日夜遅くに流域雨量指数の履歴1位を超え(第2.2.3.5図、第2.2.3.6図)、4日未明には、共にははん濫発生情報を発表した。さらに、那智勝浦町の太田川でも3日昼過ぎに流域雨量指数の履歴1位を超え、その後も流域雨量指数は下がらず、4日4時には流域雨量指数37(それ以前の履歴1位は24)を記録した(第2.2.3.7図、図中の水位の途切れは、水位計の水没や障害のために欠測値となったもの、また、各河川及び水位観測所の位置を第2.2.3.8図に示す)。

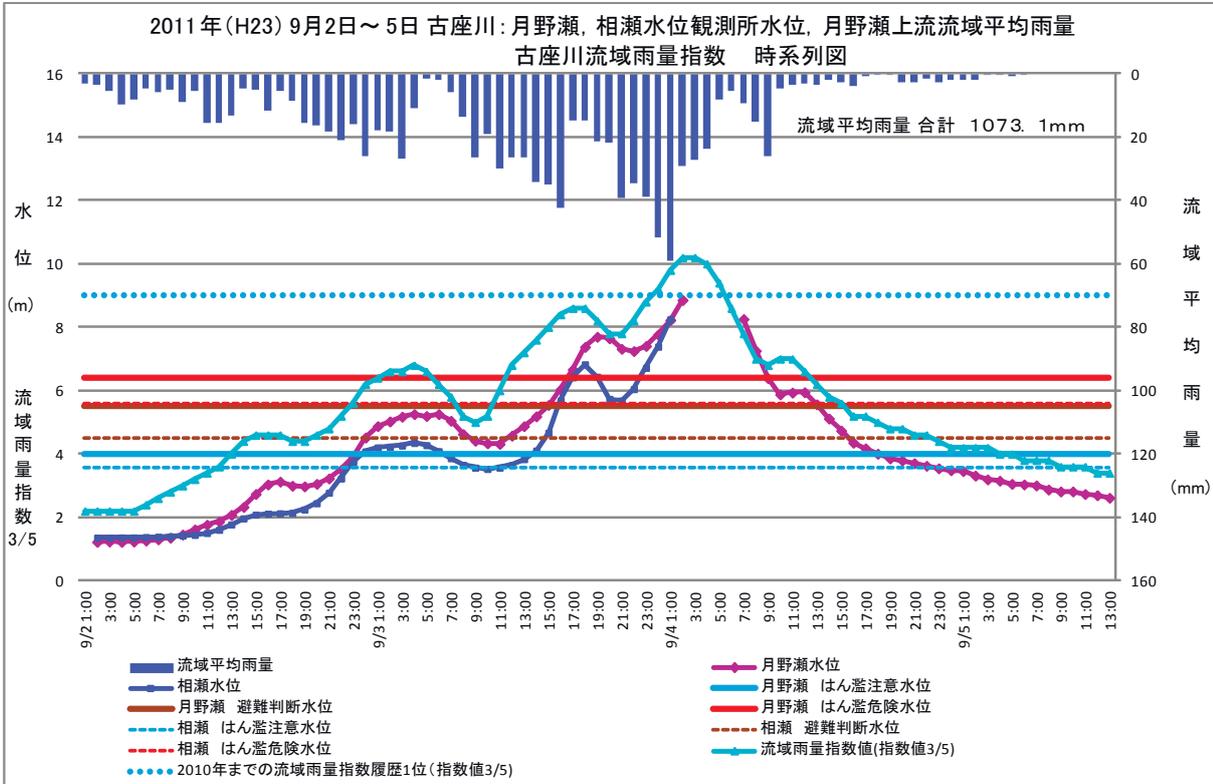
これら3河川(古座川、日高川、太田川)を含む多数の河川でも堤防決壊等の被害が発生した。

* 奈良地方気象台 山本 善弘(現 高松地方気象台)、築山 秀治

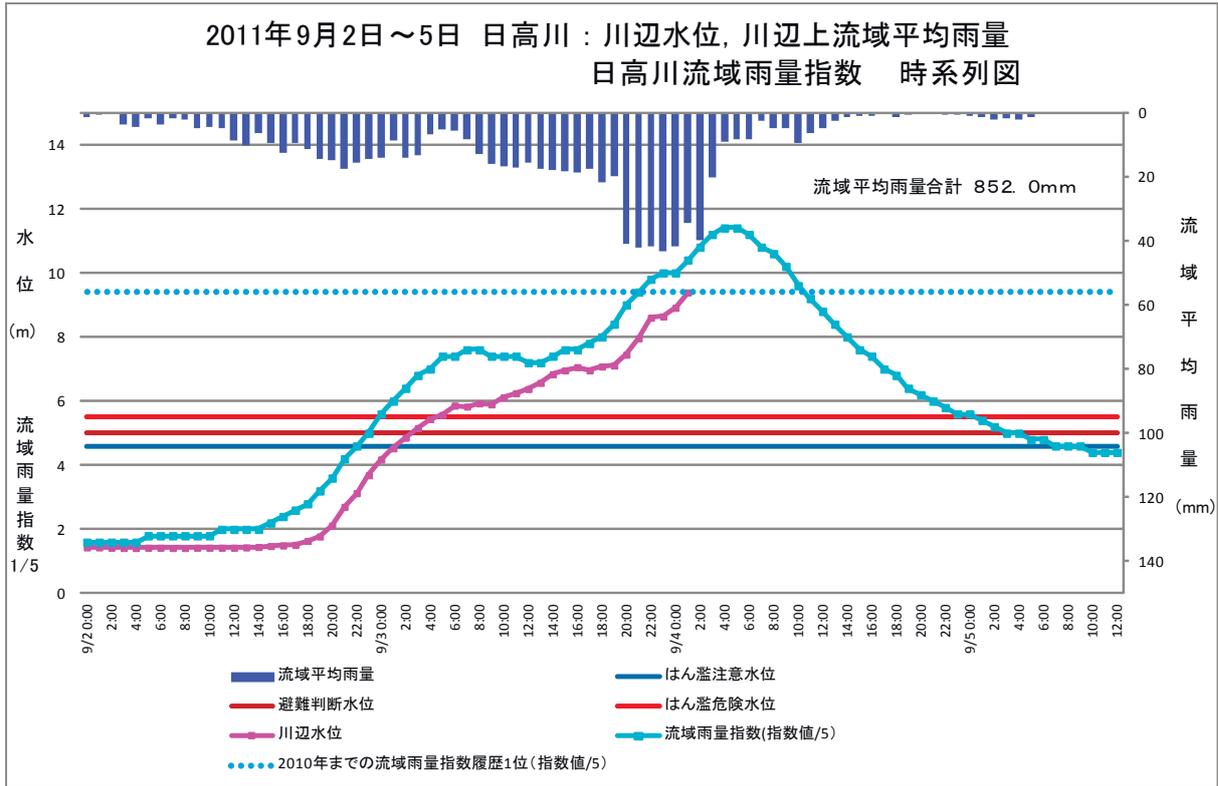
** 和歌山地方気象台 今川 哲之・徳田 祥如・山本 悦雄



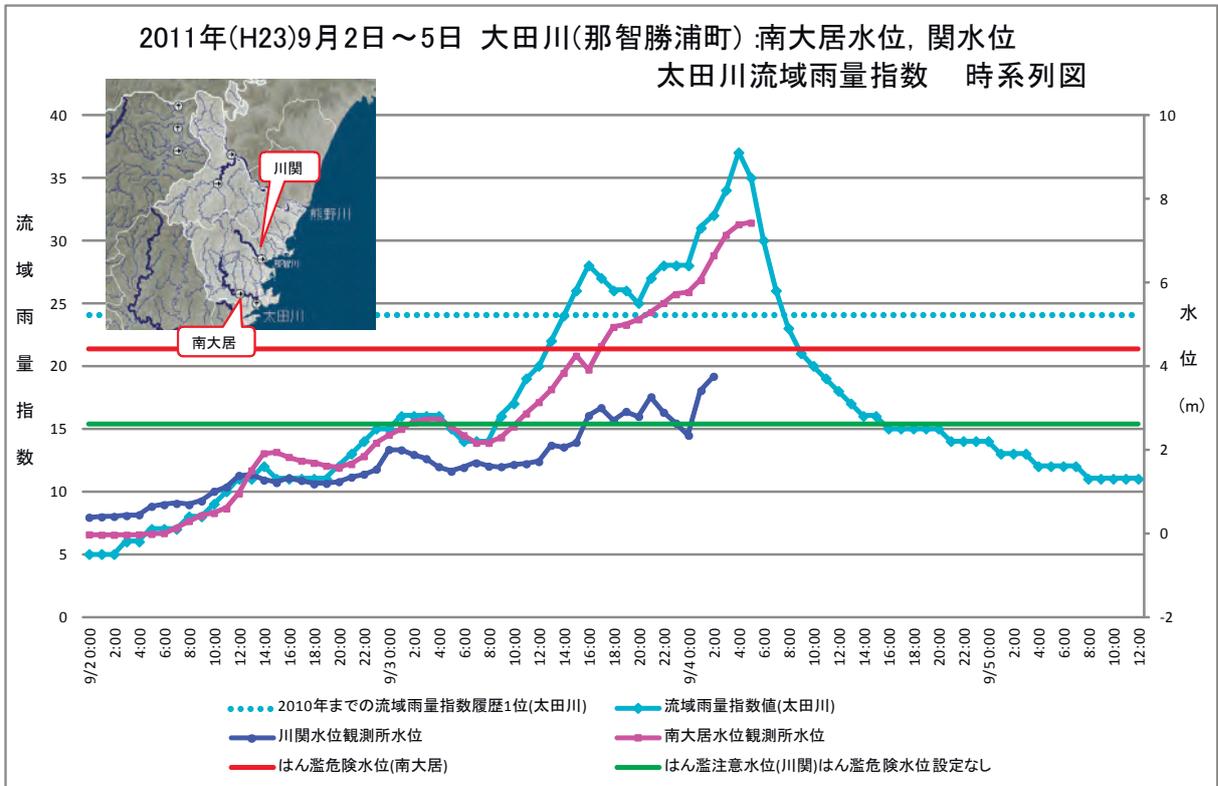
第 2.2.3.4 図 熊野川の成川水位と成川上流流域平均雨量と熊野川流域雨量指数



第 2.2.3.5 図 古座川の相瀬水位と月野瀬水位と月野瀬上流流域平均雨量と古座川流域雨量指数



第 2.2.3.6 図 日高川の川辺水位と川边上流域平均雨量と日高川流域雨量指数



第 2.2.3.7 図 那智勝浦町の太田川（南大井）と那智川（川関）の水位と太田川流域雨量指数



第 2.2.3.8 図 各河川及び水位観測所位置

(3) 三重県*

相野谷川（おのだにがわ）は鮎田で熊野川左岸に合流しており（第 2.2.3.9 図）、熊野川の水位が上昇した時に相野谷川への逆流を防ぐ目的で鮎田水門が設けられている。また、相野谷川下流部は紀南地方有数の穀倉地帯であり、熊野川水位を意識した堤防を整備すると堤防拡築用地が大幅に必要となり、当地域の農業生産額が大きく失われることとなるために、鮎田地区・高岡地区・大里地区には農業用地と宅地を分離する輪中堤（天端高 9.4m）が整備された。このため、全国でも珍しい第一避難判断水位（道路を通行止にし、輪中堤の陸閘を閉鎖する 1 時間前）と第二避難判断水位（輪中堤内の住民に危険が及ぶ 1 時間前）が設定されている。

台風第 12 号における相野谷川高岡水位観測所の水位、鮎田水門の内水位、外水位及び紀宝町の避難行動、大雨警報、流域雨量指数を第 2.2.3.10 図と第 2.2.3.7 表にまとめた。

相野谷川の流域雨量指数は、9 月 4 日の 03 時には警報基準である 16（既往最大+1）を超え、06 時には 21 となった。流域雨量指数に対応する



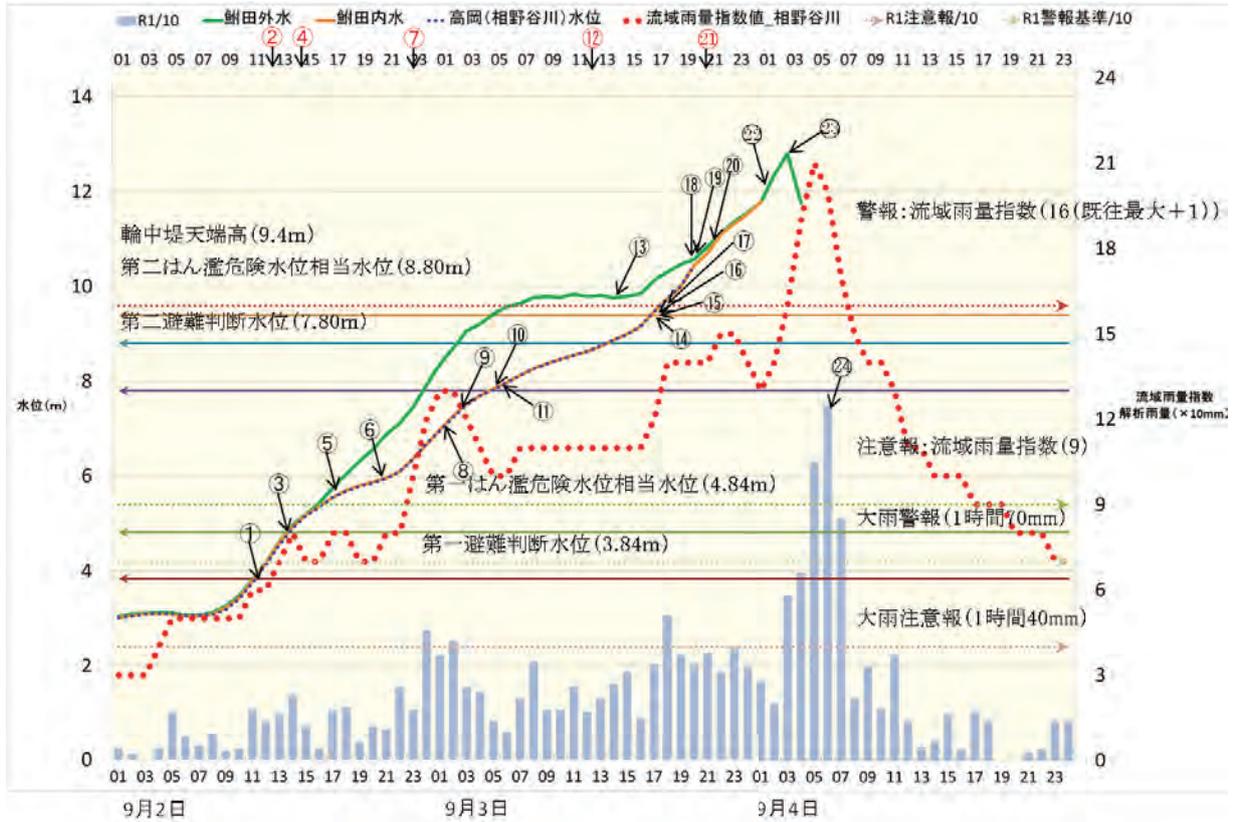
第 2.2.3.9 図 相野谷川の位置

ように各水位観測所共水位が上昇し、これまでの既往最大水位を超過した。相野谷川流域では輪中堤の天端高（9.4m）を超える 13.8m（痕跡水位：紀南河川国道工事事務所による）の浸水高となったため、輪中堤の越水が生じ多数の家屋が浸水、また、堤内側の水位低下時に輪中堤の特殊堤部分が転倒するなど（写真 2.2.3.5）大きな災害となった。

* 津地方气象台 奥田 宗廣，酒井 俊明，岡本 和己（現 新潟地方气象台），竹内 一男・白井 美忠，和喰 博司

第2.2.3.7表 紀宝町の避難行動等の状況

月日	時刻	番号	
9月2日	11時20分	1	高岡地区 第一避難判断水位(3.84m)超過
	12時50分	2	大雨警報(土砂災害), 洪水注意報
	13時30分	3	大里地区 第一避難判断水位(4.73m)超過
	14時19分	4	大雨警報(土砂災害), 洪水警報
	17時00分	5	高岡地区 避難勧告発令
	22時30分	6	鮎田地区 第一避難判断水位(6.18m)超過
	22時46分	7	大雨警報(土砂災害, 浸水害), 洪水警報
9月3日	01時00分	8	大里地区 避難勧告発令
	02時40分	9	鮎田地区 避難勧告発令
	04時50分	10	高岡, 大里, 鮎田地区 第二避難判断水位(7.80m)超過
	05時00分	11	高岡, 大里, 鮎田地区 避難指示発令
	11時59分	12	大雨警報(土砂災害), 洪水警報
	13時22分	13	鮎田水門閉鎖(熊野川本川水位が上昇したため)
	16時20分	14	大里地区輪中堤で越水を確認(輪中堤天端高=9.40m)
	16時45分	15	高岡地区輪中堤で越水を確認(輪中堤天端高=9.40m)
	17時00分	16	鮎田地区輪中堤で越水を確認(輪中堤天端高=9.40m)
	17時22分	17	鮎田排水ポンプで相野谷川の排水開始
	20時00分頃	18	鮎田水門の排水ポンプが浸水で停止
	20時20分以降	19	高岡水位観測所水没のため水位データ欠測
	20時35分	20	鮎田水門ゲート全開(熊野川本川水位と相野谷川水位が同一となったため)
20時38分	21	大雨警報(土砂災害, 浸水害), 洪水警報	
9月4日	01時00分以降	22	鮎田水門内水位欠測(鮎田内水位の既往最大12.07mを1時頃高岡の既往最大12.07m(推定値)を1時半頃に観測した)
	04時00分以降	23	鮎田水門外水位欠測(鮎田外水位の既往最大12.9mを3時頃観測)
	06時00分	24	紀宝町の平坦地以外の解析雨量で「125mm」を観測



第 2.2.3.10 図 時刻別の相野谷川水位と解析雨量・流域雨量指数

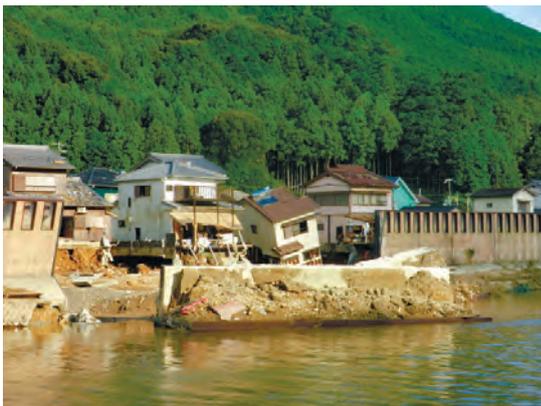


写真 2.2.3.5 高岡地区輪中堤の被害

2.2.3.3 土砂災害の状況

(1) 奈良県*

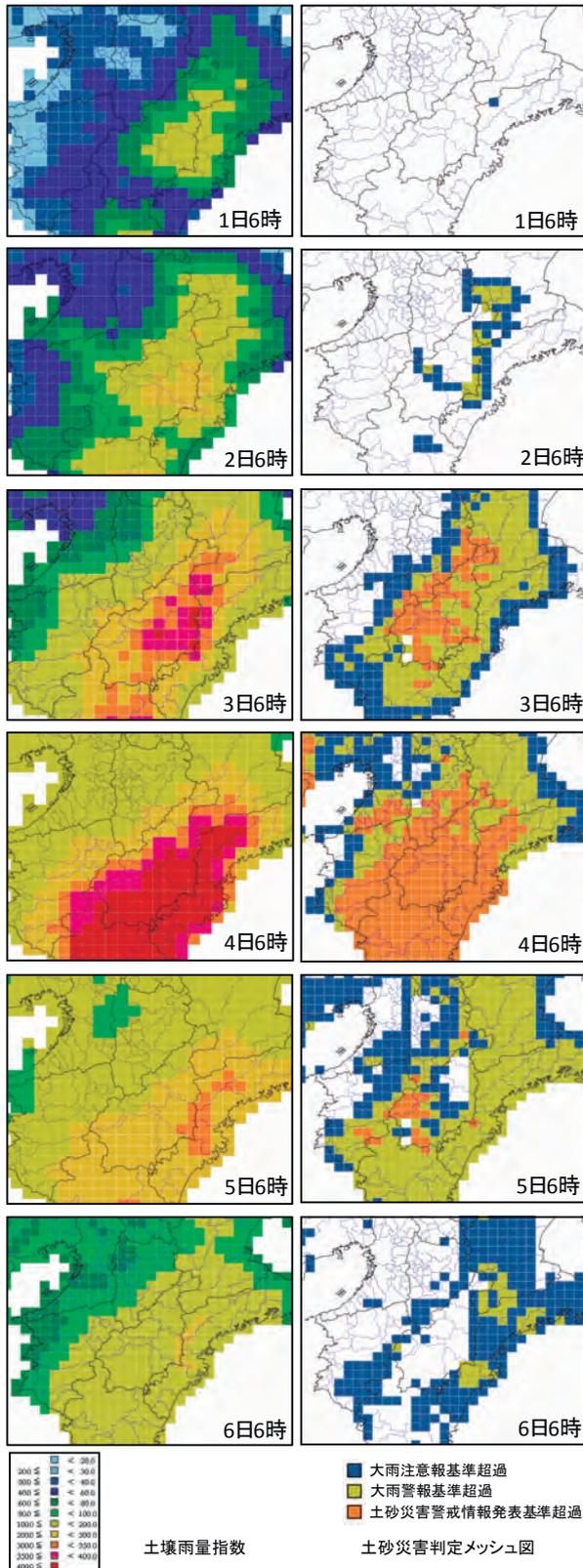
第 2.2.3.11 図に 9 月 1 日から 6 日にかけての降雨により、土壌雨量指数がどのように上昇したのか、また、指数の上昇により土砂災害警戒情報や大雨警報（土砂災害）・注意報に該当する格子がどのように広がったのかを示す。

土壌雨量指数は県南東部から上昇し始め、4 日には土砂災害警戒情報の発表基準を超える領域が県南部のほとんどの地域に広がっているのがわかる。

この頃が、土砂災害警戒情報の発表基準を超える領域がもっとも広がった時で 4 日 06 時の時点では、土砂災害警戒情報の発表地域は 8 市 5 町 12 村に上り、広範囲に降った記録的な大雨により、土砂災害の危険度が非常に高まっていたことがわかる。

第 2.2.3.12 図は、土砂災害警戒情報の発表基準

* 奈良地方気象台 山本 善弘（現 高松地方気象台）、築山 秀治



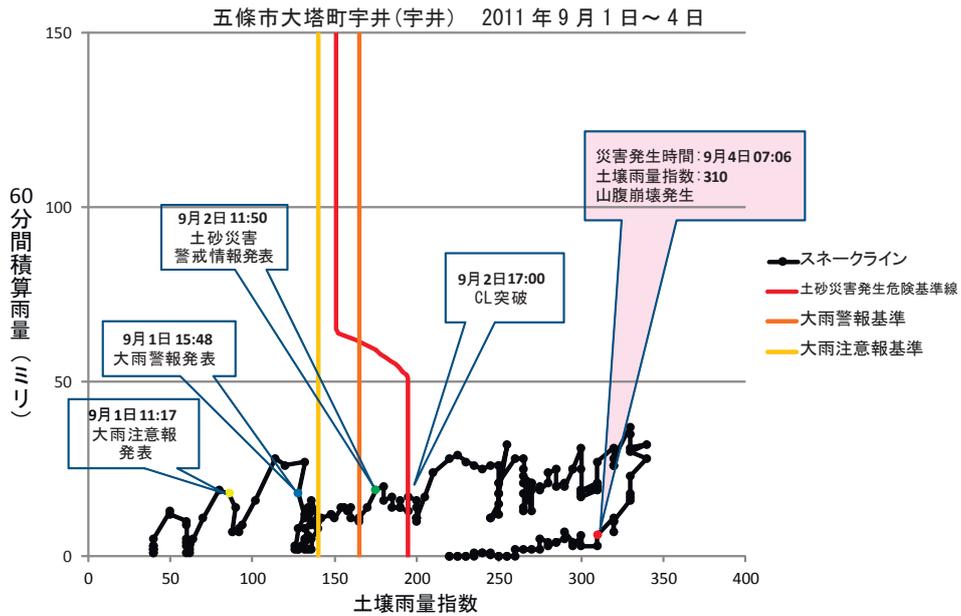
第 2.2.3.11 図 土壌雨量指数（左）と土砂警戒判定メッシュ（右）

を超える領域が最も広がった9月4日06時に近い時間帯で災害が発生したとみられる五條市大塔町宇井地区におけるスネークラインである。土砂災害発生危険基準線（CL）を突破し、60分間積算雨量と土壌雨量指数のピークが過ぎたあとに災害が発生していた。

専門機関、研究機関の調査報告書等から、今回の土砂災害の特徴として、「熊野川流域の河川や溪床に面した斜面で多く発生した、いわゆる深層崩壊と呼ばれる大規模な崩壊と比較して、小規模な表層崩壊は少ない。」といった報告がされている。

その原因として、奈良県南部では、降り始めからの雨量が1,000ミリを超える地域が広がっているが、短時間の強雨は1時間30ミリから40ミリ程度でそれほど強くなかった。このことが小規模な表層崩壊が少なかった原因のひとつではないかという報告もされている。

今回、県南部のほとんどの地域で土壌雨量指数の歴代1位を大きく更新し、大量の水が土壌に含まれた結果、大規模な山腹崩壊が多発したと推測されるが、深層崩壊については土壌雨量指数を含めて現時点では十分な調査がなされておらず、今後の災害発生メカニズムの解明を待ちたい。



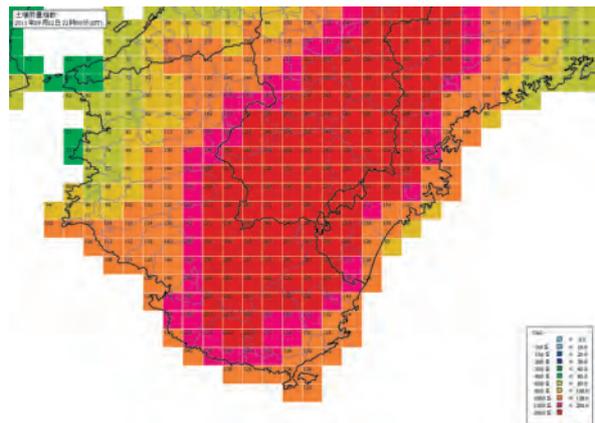
第2.2.3.12図 五條市大塔町宇井地区でのスネークライン (2011年9月1日～4日)

(2) 和歌山県*

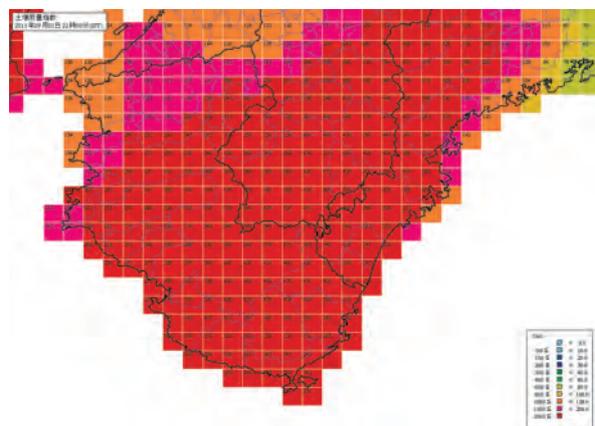
この大雨により、和歌山県内では土石流20件、がけ崩れ2件、地すべり2件(国土交通省砂防部HPによる)の土砂災害が発生した。

台風の接近に伴って長時間雨が降り続いたため、土砂災害のポテンシャルが高まっていることを示す土壌雨量指数200以上の格子(赤色)が2日夜には紀伊半島中央部を中心に広がり(第2.2.3.13図)、3日夜にはその範囲が紀伊半島全体に広がった(第2.2.3.14図)。4日未明には解析雨量で1時間に120ミリを超える猛烈な雨が降り、このころ那智勝浦町的那智川や太田川などの流域で大規模な土石流が集中的に発生したと考えられる(写真2.2.3.6)。

大規模な土砂の崩落により田辺市熊野(いや)地区では堰止湖が形成され(写真2.2.3.7)、長期間にわたり警戒区域が設定され、地元住民の立ち入りが制限されるなど住民の生活に深刻な影響をもたらした。



第2.2.3.13図 2011年9月2日22時の土壌雨量指数



第2.2.3.14図 2011年9月3日22時の土壌雨量指数

* 和歌山地方気象台 今川 哲之・徳田 祥如・山本 悦雄



写真 2.2.3.6 那智勝浦町色川地区（太田川上流部）の土石流



写真 2.2.3.7 田辺市熊野の堰止湖（国土交通省近畿地方整備局 HP より）

(3) 三重県*

紀勢・東紀州と中部の山沿いでは、8月30日から降り続いた雨により土壌雨量指数が上昇し、9月2日午後には土壌雨量指数が300を超える格子が現れ始めた。

特に尾鷲市以南の地域では降り続く雨により、3日には土壌雨量指数が300を超える格子が海岸線の平野部にかけて広く分布し、山沿いでは400を超える格子が現れ、4日には1時間100ミリ前後の猛烈な雨により土壌雨量指数は更に高まり500を超える格子も現れた。

4日02時頃に、南牟婁郡紀宝町浅里和田で土石流（行方不明1名、8戸全壊）が発生した。（第2.2.3.15図）

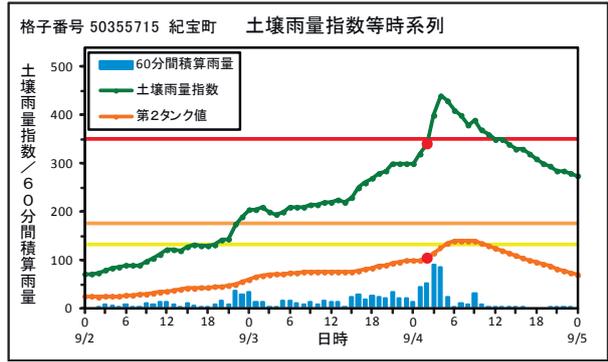
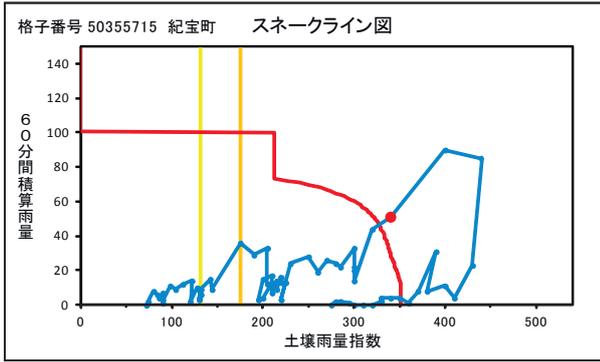
4日04時には、南牟婁郡紀宝町高岡で土石流（5戸全壊、3戸半壊、2戸一部破壊）が発生し、熊野市井戸町大馬で土石流が2件発生した。（第2.2.3.16図）

更に、4日05時30分には、南牟婁郡紀宝町神内で土石流（1戸半壊、5戸一部損壊）が発生した。（第2.2.3.17図）

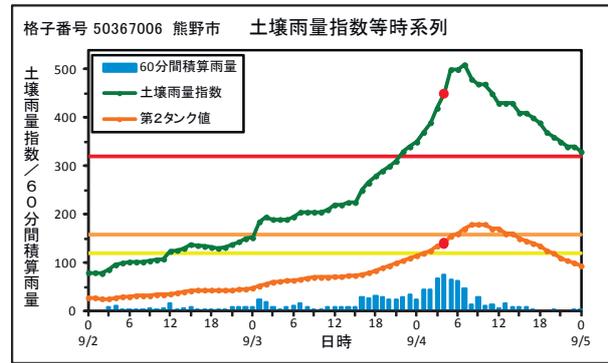
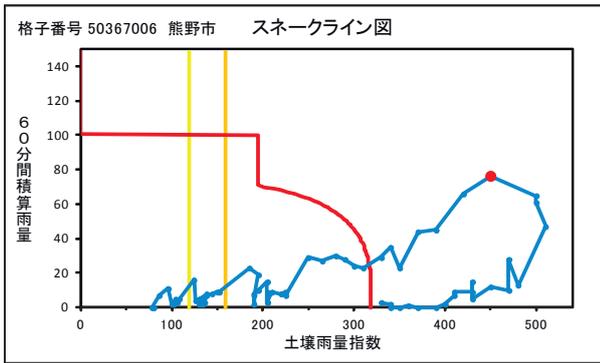
尾鷲以南の地域での災害事例は、土壌雨量指数が300を超える格子が広範囲に出現した地域で、スネークラインがCL基準線を超過後に発生しており、土壌雨量指数の第2タンク値が上昇中に多数の土砂災害が発生していた。

この地域の過去の土砂災害事例2008年9月19日尾鷲市の土砂災害（第2.2.3.18図）を含めて、何れの場合も土壌雨量指数の第2タンク値が上昇中からピーク時くらいまでに土砂災害が発生している。

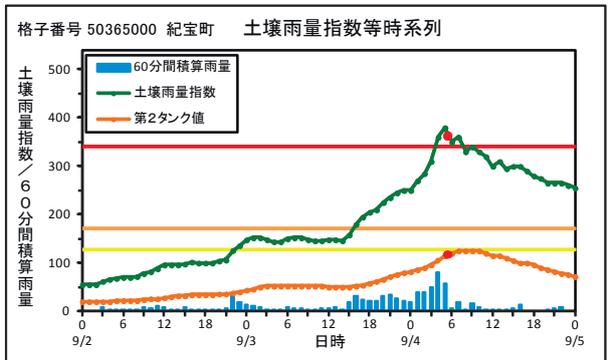
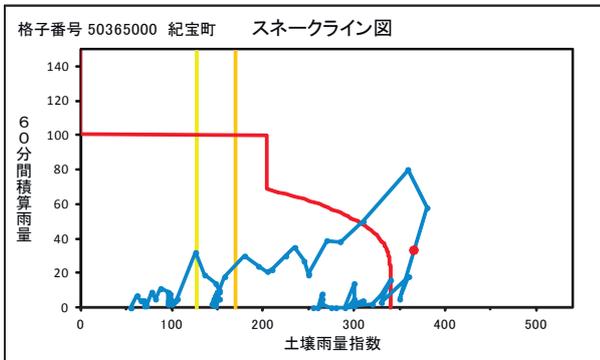
* 津地方気象台 梶家 英治（現 岐阜地方気象台）、岡本 和己（現 新潟地方気象台）、佐藤 真、田本 嘉巳、和喰 博司



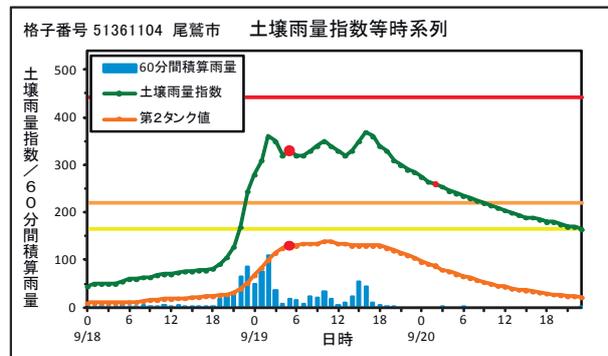
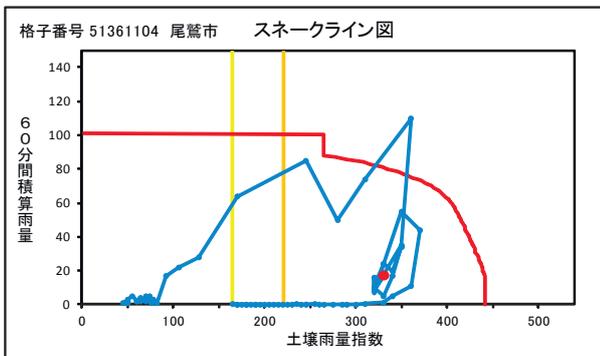
第2.2.3.15図 2011年9月2日～4日の紀宝町浅里和田におけるスネークラインと土壌雨量指数等の時系列図 (●は土砂災害発生時刻)



第2.2.3.16図 2011年9月2日～4日の熊野市井戸町大馬におけるスネークラインと土壌雨量指数等の時系列図 (●は土砂災害発生時刻)



第2.2.3.17図 2011年9月2日～4日の紀宝町神内におけるスネークラインと土壌雨量指数等の時系列図 (●は土砂災害発生時刻)



第2.2.3.18図 2008年9月18日～20日の尾鷲市南蒲地内におけるスネークラインと土壌雨量指数等の時系列図 (●は土砂災害発生時刻)

2.2.4 防災気象情報の発表と今後の課題

2.2.4.1 奈良地方気象台*

台風第12号の大雨により、奈良県南部では大規模な土砂災害による甚大な被害が発生した。

ここでは、被害の大きかった南部の市町村に発表した防災気象情報についての考察及びこれら市町村への訪問による聞き取り調査から今後の課題を整理した。

(1) 大雨・洪水警報等

9月1日11時17分、県南部に警報発表の可能性に言及した大雨・洪水注意報を発表した。同日15時48分には、一部の市町村に最初の大雨警報(土砂災害)を発表し、2日午前中までには雨域の状況に応じて、順次大雨警報(土砂災害)を発表した。2日16時02分には、大雨警報(土砂災害、浸水害)に切替え洪水警報と合わせて発表した。

4日には強い雨域は抜けたが、記録的な大雨による土砂災害の発生等を踏まえ、その後も大雨警報(土砂災害)や洪水警報を継続し、7日11時46分に全ての警報・注意報を解除した。発表、切替え、解除は合計37回に及んだが、概ね適切に発表することができた。

(2) 土砂災害警戒情報

9月2日10時35分、北部の一部市町村を対象に土砂災害警戒情報第1号を発表した。17時55分には第6号を発表し、その時までには南部の全市町村が警戒対象地域となった。その後も警戒対象地域を広げ、最終的には奈良県全40地域中、26地域(全39市町村中、25市町村)が警戒対象となった。

今回は台風が遅いため、長い期間大雨に警戒が必要で総降水量も多くなることが予想された。このため、土砂災害への警戒が必要と認められた地域に対しては、奈良県の担当部局と協議し、発表基準到達までに時間的に余裕がある地域に対しても、発表基準に到達した地域の発表に併せて、できるだけ早いタイミングで土砂災害警戒情報を

発表した。

奈良県で発生した大規模な土砂災害のうち、発生時刻が判明している15事例について調査した結果、土砂災害が発生した時刻は、いずれも土砂災害警戒情報発表後であった。

なお、土砂災害の発生場所の土壌雨量指数がCL基準に達する前に土砂災害が発生したケースもあったが、これらのケースについては、土砂災害警戒情報の対象となる現象であったかどうかも含めて今後も調査を進めたい。

(3) 府県気象情報

8月31日に「平成23年台風第12号に関する奈良県気象情報第1号」を発表し、3日にかけて大雨となるおそれがある旨の警戒を呼びかけた。その後、9月1日17時19分に発表した第4号では、2日から3日にかけて南部を中心に猛烈な雨が降る見込みとして、土砂災害や浸水害、河川のはん濫に厳重に警戒を呼びかけた。2日17時10分の第8号では、南部では総雨量が600ミリを超え、さらに今後24時間に800ミリの雨量を予想していること、3日05時54分の第12号では総雨量が1,000ミリを超えていることを伝えた。また、3日17時28分の第13号では総雨量が1,300ミリを超え、72時間降水量が極値を更新した地点があるなど記録的な大雨となっていることを伝えた。さらに、23時37分の第15号では引き続き土砂災害、浸水害、河川のはん濫に「最大限の警戒」を呼びかけた。その後、5日17時03分にかけて第22号まで発表した。

(4) 防災気象情報と各市町村の防災体制

平成23年10月から11月にかけて、南部の11市町村を訪問し、台風第12号の際の各市町村の防災対応と防災気象情報のかかわりについて聞き取り調査を行った。

各市町村とも防災体制の構築には、防災気象情報が判断基準の一つとして地域防災計画に位置づけられていた。今回、動きの遅い台風で長期間に

* 奈良地方気象台 鈴木 勇次(現 広島地方気象台)、武部 悦次(現 関西航空地方気象台)、小野 善史、政岡 孝明

わたって大雨が予想されていたことから、各市町村の初動の防災体制は防災気象情報を参考に早めに構築されていた。ただし、警報・注意報は、タイトルのみ確認し内容を確認していない市町村や、大雨警報は土砂災害と浸水害を区別して発表していることについて理解不足の市町村もあった。

府県気象情報の活用状況としては、今回の台風のような場合は、防災対応が繁忙を極めるため、内容までは確認できないときがあるとの声を多く聞いた。

今回の場合も奈良県気象情報で記述した「総雨量1000ミリ」や「最大限の警戒」については、十分に伝わっていなかった。その一方で、自主避難や避難勧告を防災行政無線で呼び掛ける際、奈良県気象情報を参考として活用している市町村もあった。

避難勧告等の発令については、防災気象情報が基本となっているものの、土砂災害の発生状況、河川の水位、ダムの放流情報、職員の巡回等による情報から発令の判断が行われていた。土砂災害警戒情報の発表は、避難勧告等の判断基準の一つとして、地域防災計画に記されている市町村もあり、土砂災害の危険性が高くなることは理解されていた。

(5) 今後の課題

各市町村では、災害発生前に避難勧告等を発令するとの意識はあるものの実際には災害発生後に発令されていた場合が多かった。

これは、避難勧告等を判断する上では、具体的に「どこで」「いつ頃」といった情報が必要であることや集落や避難所の殆どが土砂災害危険区域内に位置するため避難勧告等の発令は難しいとの問題もある。

また、土砂災害警戒情報発表中における対象災害の発生割合が低いことも原因の一つとして考えられる。

府県気象情報では、例えば24時間予想降水量が「南部の多い所で800ミリ」と発表しても、自市町村が対象になっているのかわからないとの意見があった。これについては、現在の一次細分区

域より具体的な地域別（市町村または市町村等をまとめた地域）の予想が必要である。さらに、県南部のほとんどが山地である地勢を考慮すると、早め広めの住民避難への支援の一つとして、48時間先や72時間先の予想降水量の提供も必要である。

早め広めの住民避難を行うためには、例えば800ミリの雨が降る予想に対して、市町村の防災担当者や住民が災害をイメージすることが大切である。そのためには、各市町村でも過去の災害について理解し、自市町村に何ミリの雨が降れば災害が発生して避難が必要であるのかを確認しておくことが必要であり、気象台としても市町村との連携を通じて協力していきたい。

奈良県では、近年、大雨による大きな災害が発生しておらず、7月の台風第6号により県南部のアメダス観測所で総降水量が800ミリを超えたが、大きな災害は発生しなかった。このため、このような災害に繋がることまでは想定できていなかった。

また、これまで市町村キャラバンなどで、防災行政無線を使ったホットラインの仕組みを伝えてはいたが、市町村の防災担当者が数年で交代したり、実際に照会するケースがほとんどなかったことなどにより、今回もお互いに連絡を取り合うことがなかった。

気象台としては、「総雨量1000ミリ」や「最大限の警戒」等の特別なキーワードを記した府県気象情報を発表した場合は、必要に応じて適宜ホットラインによる解説を行い、市町村が気象台と予報担当者が持つ危機感を共有することや情報の「短文化」など受け取る側が理解しやすい情報の発表に努めることが今後の課題であると考え。また、防災気象情報は複数のルートから市町村へ入るため、大雨による繁忙時は確認し難いのが現状である。防災気象情報を一元的に管理できるシステムの検討も必要であると考え。

気象台では、今回明らかになった課題に対処するため、市町村の防災担当者への気象知識や安全知識の普及・啓発、ホットラインの利活用のためのキャラバンや気象台でのインターネット防災情報提供システムの講習会を実施し、連携強化を図

っている。

また、過去の災害について検証を行い、市町村の防災担当者や住民が災害をイメージできる情報の提供を進めて行く。

2.2.4.2 和歌山地方気象台*

平成23年台風第12号の大雨により、和歌山県南部では大規模な土砂災害と洪水による甚大な被害が発生した。ここでは、発表した一連の防災気象情報について、被害の大きかった4つの市町村への聞き取り調査から今後の課題を整理した。

(1) 府県気象情報

8月31日11時37分に「平成23年台風第12号に関する和歌山県気象情報第1号」を発表し、南部では9月1日朝から局地的に雷を伴った激しい雨が降り、大雨となるおそれがある旨の警戒を呼びかけた。

その後、9月1日17時0分に発表した第4号では、南部を中心に総雨量がかなり多くなるおそれがあり、土砂災害や、浸水害、河川のはん濫に嚴重な警戒が必要なことを呼びかけた。2日16時49分の第7号からは降り始めからの総雨量を伝え、3日5時50分の第9号では600ミリ、3日22時57分の第14号では1,000ミリを超えていることを伝え、引き続き4日にかけて猛烈な雨が予想されることから嚴重な警戒を続けることを呼びかけた。また、台風が山陰沖に進んだ4日5時46分の第15号では、台風を取り巻く発達した雨雲による雨に対するさらなる警戒を呼びかけるために、「特に南部では最大級の警戒が必要です」のコメントを付加した。同日17時25分の第17号では、雨のピークは過ぎたが夜遅くにかけて局地的な激しい大雨が予想されたため、「記録的な大雨」となっていることを伝えて最大級の警戒を続けることを呼びかけた。その後、6日5時55分の最後の情報まで府県気象情報をのべ22回発表した。

(2) 大雨に関する警報・注意報

9月1日16時55分、県南部に警報発表の可能性を言及した大雨・洪水注意報を発表した。2日4時15分には南部の全市町村に大雨・洪水警報を発表し、同日13時10分には全市町村に大雨警報・洪水警報を発表した。

3日23時50分から大雨・洪水警報を徐々に解除、6日5時45分に田辺市、新宮市、那智勝浦町、北山村の大雨警報（土砂災害）の解除をもって全ての警報を解除した。

(3) 土砂災害警戒情報

9月2日11時45分に田辺市、新宮市に土砂災害警戒情報第1号を発表した。その後も警戒対象地域を広げ、3日23時5分に第14号を発表し、和歌山県全30地域中、25地域が警戒対象となった。

その後は4日8時30分の第15号から徐々に警戒対象地域が減少し、5日9時50分の第19号で日高川町が警戒解除地域となりすべての地域で解除となった。

(4) 指定河川洪水予報

9月2日19時15分に熊野川洪水予報第1号ではん濫注意情報を発表した。その後、紀の川、古座川、日高川、有田川でも相次いではん濫注意情報を発表した。さらに各河川とも水位上昇を続け、古座川では4日1時15分、日高川では4日1時20分にはん濫発生情報を発表した。また、熊野川、有田川でははん濫危険情報、紀の川でははん濫警戒情報を発表した。

(5) 記録的短時間大雨情報

9月4日3時に新宮市南部付近及び那智勝浦町付近で120ミリ以上、古座川町付近及び串本町付近で約110ミリを観測したため、3時26分に和歌山県記録的短時間大雨情報第1号を発表した。また、3時30分に太地町付近でも120ミリ以上を観測したため、4時1分に和歌山県記録的短時間大雨情報第2号を発表した。

* 和歌山地方気象台 片桐 一彦（現 八尾空港出張所）・藤崎 幹夫

(6) 今後の課題

各市町村における聞き取り調査では、何によってまたどのタイミングで危機感を持ったか、気象台が発表した防災気象情報を防災対応に活用できたかなどを、土砂災害警戒情報を中心に聞き取りを行った。

各市町村は、3日夕方から4日未明頃の降水によって危機感を持ったとの意見が多く、1,000ミリ程度の雨量は、たびたび経験しており、これまでに発生した被害から、あまり危機感を感じないとの意見もあった。また、土壌雨量指数や流域雨量指数などの数値より、水位情報などの実況の方が利用しやすいという意見や、府県気象情報の「今後予想される降水量は多い所〇〇ミリ」によって自市町村が対象になると思えず、その量が被害に結びつく量なのか判断できないとの意見があった。土砂災害警戒情報は、防災対策に活用できたとの意見もあったが、5km格子内の危険度から地区ごとの避難情報に結びつけることの困難さから、情報の発信側と受け手側との認識の相違が改めて浮き彫りとなった。

聞き取り調査から、防災気象情報に記述した降り始めからの総雨量や雨の予想が、市町村の危機感にすぐにつながっていなかったが、実況と今後の予想は、各市町村それぞれに対する情報であることをしっかりと認識してもらう事が課題である。台風第12号災害の後に気象台から能動的ホットラインという形で何度か市町村に直接電話をして解説した。それに対し、各市町村ともに非常に有効な情報で今後も継続を望んでおり、種々の防災気象情報が流れてくる中で、気象台からの直接的な情報支援はとても重要と評価されている。市町村に対してさらに積極的に働きかける情報のあり方とそのタイミングが重要で、非常時には、インターネット防提などを利用して、互いに同じ画面を見て話し合うなど、気象台と市町村が認識を共有していく。平常時には、市町村との継続し

た連携を通して、土砂災害警戒情報などの持つ意味の周知が大切であるとともに、市町村の実情を把握して、より防災対応に結びつく情報の検討を進めていく。

2.2.4.3 津地方気象台*

(1) 防災気象情報の発表状況

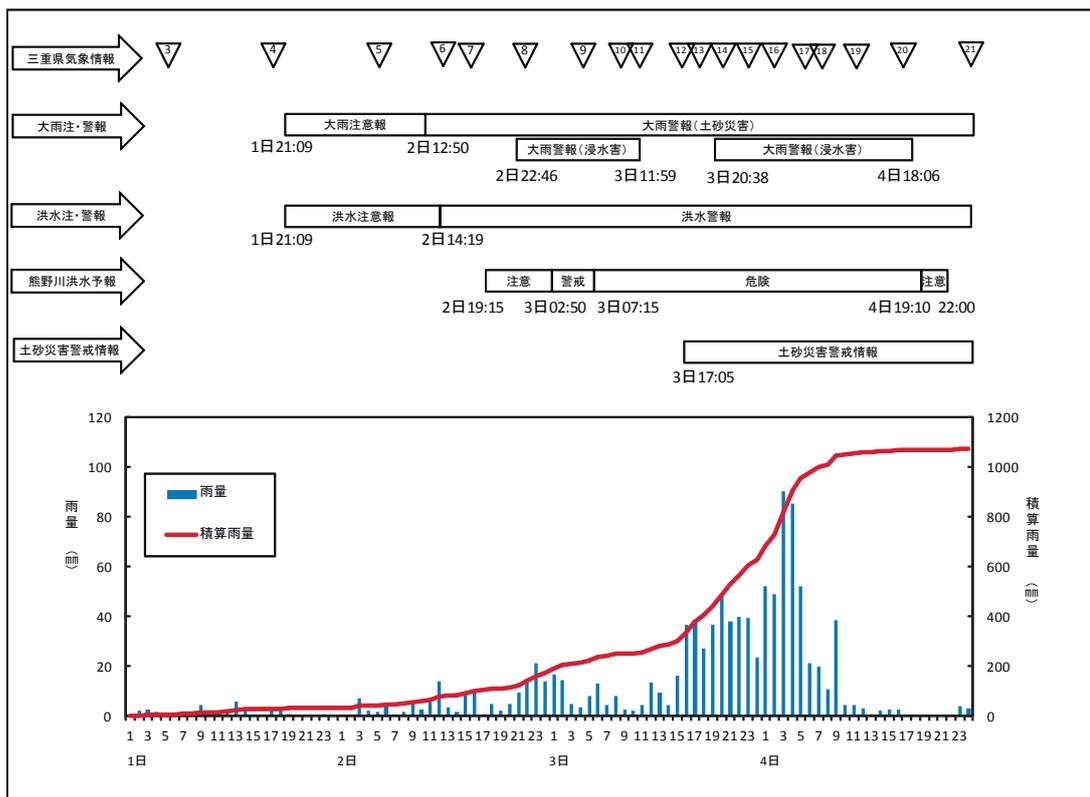
津地方気象台では、土砂災害危険箇所がない木曾岬町と川越町を除く全市町に大雨警報（土砂災害）、南部を中心に大雨警報（浸水害）、県内に広く洪水警報を発表した。また、土砂災害警戒情報は、南部を中心に17市町（18地域）、指定河川洪水予報は対象となる4河川全てに発表した。

この期間に、三重県内で最も激しい雨が降ったのは、台風が岡山県南部に再上陸して中国地方を北上していた3日夜から4日朝にかけてである。特に9月4日4時40分までの1時間には、熊野市瀬戸（三重県管理）で131ミリを観測し、記録的短時間大雨情報を発表した。3日夜には、台風が遠ざかるステージであったが、南からの暖湿流による大雨ポテンシャルの高い状況が継続することの判断から、実況監視の一層の強化を続けたことにより、適切な警報の切替えや「最大級の警戒」のキーワードを用いた気象情報を早期に発表できた。

防災気象情報等の発表状況を甚大な被害の発生した紀宝町を例に、第2.2.4.1図に示す。

今回、県庁の防災部局を対象に台風説明会を3回実施し、9月1日に行った2回目には、総雨量が1,000ミリを超える可能性があること、及び台風の上陸後も南部を中心に大雨が続く可能性があることを説明し、危機感を伝えた。しかし、1,000ミリを超える総雨量がどういう状況になるのかを受け手側がイメージできなかったため、県から市町の防災担当者に対して気象台からの危機感を十分に伝えられなかったと思われる。

* 津地方気象台 岡田 健一（現 名古屋地方気象台）、岡本 和己（現 新潟地方気象台）、奥田 宗廣、和喰 博司



第2.2.4.1図 紀宝町に発表した防災気象情報の発表状況とアメダス御浜(御浜町)の降水量(2011年9月1日～4日)

(2) 今後の課題

台風第12号に係る市町防災担当者への聞き取り調査から、防災気象情報の中で大雨警報は、その発表をトリガーとして災害対策本部を設置するなど市町の防災体制に使用されているが、避難勧告等の発令には直接的に利用されていないことが分かった。特に浸水害を対象とした避難勧告等の発令基準は、防災気象情報の地域防災計画への記述がなく、河川の水位実況等が基準とされている。

また、土砂災害警戒情報については、土砂災害を対象とした避難勧告等の発令基準としているものの、発表対象を市町としているため、詳細な危険地域が絞れないことから、発令に直接的には利用されていないとの回答があった。気象情報では危機感を伝えるため、「最大級の警戒」のキーワードを使用した。市町防災担当者への聞き取り調査では「災害へのイメージができなかった」との回答があり、気象台で意図した効果が必ずしも

得られなかった。

危機感が伝わらなかった原因は、「最大級の警戒」のキーワードはどういった時に使用するのか、気象情報が具体的に何を伝える情報なのか、事前に市町の防災担当者に対して、気象台からの周知・広報が十分でなかったことが考えられる。

これを踏まえて、津地方気象台では、平成23年度から市町の防災担当者を対象に、基本的防災知識普及を目的とした「市町防災担当者研修」を、三重県と共同で実施している。研修では、気象台の防災気象情報がどういう場面で発表され、どのように役立てていただくか説明している。

また、台長の首長訪問などの機会にも、首長や防災担当者に同様の説明を行い、防災気象情報が避難勧告等の発令の判断に利用してもらえるように周知・啓発している。同時に、ホットラインについても説明し、活用していただくようお願いしている。

2.2.5 明治22年8月の台風大水害との比較*

2.2.5.1 はじめに

明治22年(1889年)8月に台風により奈良県及び和歌山県で大水害があり、その記録が残っている。これは、奈良県十津川郷(現十津川村)の被災住民2,700人あまりが北海道(現新十津川町)に移住することとなった災害であるが、この台風による気象状況が、このたびの平成23年台風第12号によるものに類似しているということが判ってきた。

この明治22年の台風に関する資料は、当時の観測資料や災害史等が残ってはいるものの、限られており、また近年の台風のように予報業務にすぐに活用できるほどに整理されたものはない。ここでは、今後、台風等の気象現象により大災害が予想される状況において、防災気象情報に過去の災害経験を盛り込むことによってより危機感を伝える方策を検討していくに当たって、相当古い災害資料でも整理しておけば活用できるのではないかと、の観点から、そのきっかけとなるよう、今回の事例の類似点を確認しておくことにする。ただし、明治時代の観測値等には、資料によって食い違

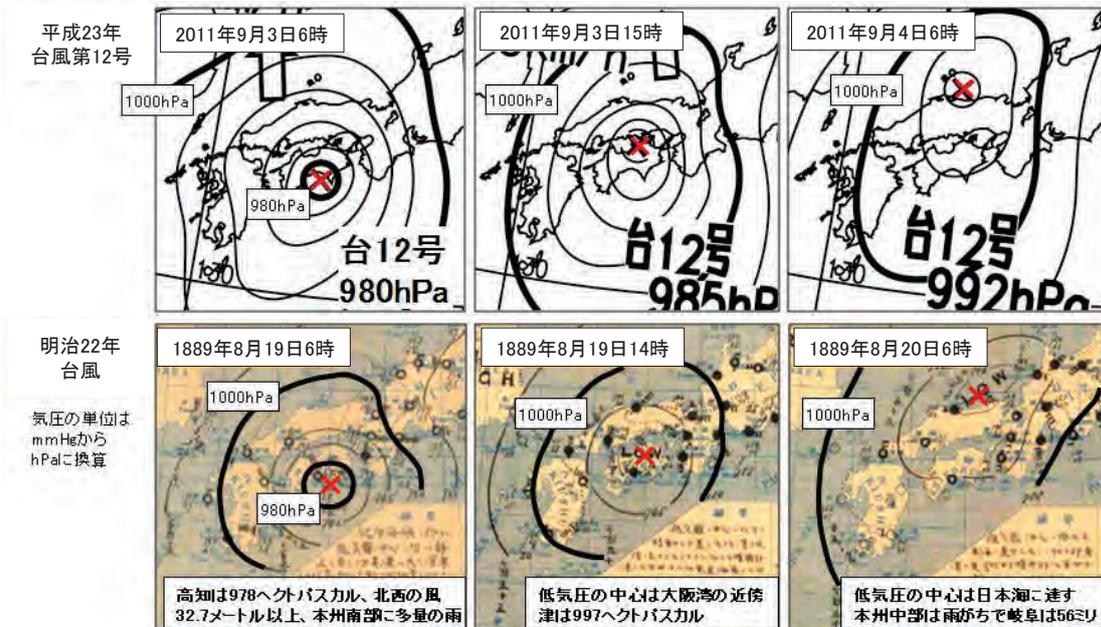
ものや不正確と思われるものが含まれており、資料の取り扱いには注意が必要である。

ここに上げる資料は、今回の台風災害後に和歌山地方气象台、奈良地方气象台及び気象庁本庁において調査した資料によっている。また、それぞれの調査の元となった資料は次に示すものである。

- ・中央气象台作成天気図1
- ・和歌山県下各地気象比較表:和歌山測候所(当時の観測値の記録表)
- ・和歌山県災害史:和歌山県
- ・大水害(明治22年十津川郷における大水害と北海道移住の記録):平成18年9月十津川村歴史民俗資料館
- ・十津川水害と北海道移住:平成18年1月:蒲田文雄,小林芳正共著(注:データ等は「吉野郡水災誌」が元になっている)

2.2.5.2 台風の経路, 気象状況等

平成23年台風第12号と明治22年の台風に関する天気図を第2.2.5.1図に示す。また、平成23年台風第12号の経路図を第2.2.5.2図に、明治22

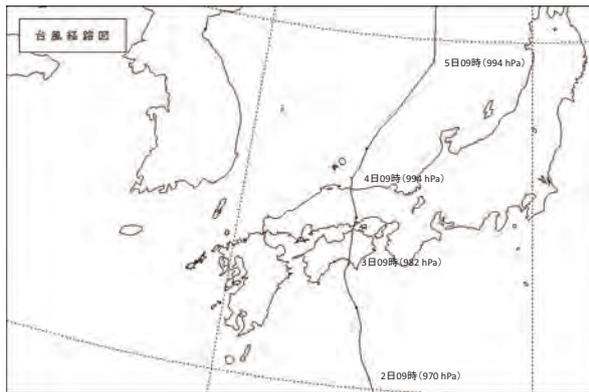


第2.2.5.1図 平成23年台風第12号と明治22年の台風に関する天気図

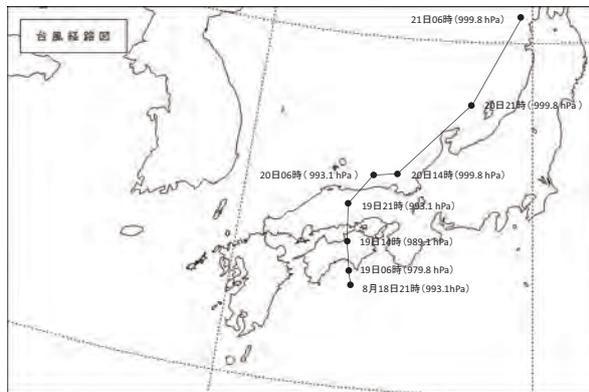
* 大阪管区气象台 楠木 英典(現鳥取地方气象台), 小笹 幸和, 佐伯 準司, 橋本 修(現松山空港出張所), 坂田 賢志

年の台風の経路図を第2.2.5.3図に示す。

中心気圧、台風の規模、台風の進路・速度とも、両者は非常によく似ている。四国の南海上に北上した台風は高知県東部に上陸し、その後も北上を続け岡山県に再上陸した後中国地方を北上し山陰沖に抜けている。また、上陸時の中心気圧も共に980hPa前後であったが、明治22年の台風の1,000hPaの等圧線に囲まれた範囲は台風第12号よりやや小さく、等圧線の間隔が狭いため気圧の傾きが大きく、紀伊半島の山地斜面に吹き付ける南寄りの風とそれに伴う大雨は、台風第12号より強かったと推察される。



第2.2.5.2図 平成23年台風第12号の経路図



第2.2.5.3図 明治22年の台風の経路図

本図は、中心位置に天気図の最小の等圧線の中心を、また、中心気圧に最小の等圧線の値を当てはめて作成した。

2.2.5.3 大雨の状況

平成23年台風第12号による降雨は、9月1日から5日にかけて降り続き、3日がピークとなった。第2.2.5.4図に示す田邊観測所の近隣のアメダスでは、3日に和歌山県内の南紀白浜で日雨量346.0ミリ、総雨量は555.0ミリ、日置川で日雨量470.5ミリ、総雨量は839.5ミリを観測した(第2.2.5.1表参照)。また、山間部の奈良県内の上北山では総雨量が1,814.0ミリを観測した。

明治22年の台風では、8月17日から20日にかけて降り続き、和歌山県内の田邊観測所で20日に日雨量901.7ミリ(14時までの前24時間雨量)、総雨量は1,295.4ミリに達した(第2.2.5.2表参照)。災害が多発した山間部では、さらに雨量が多かったと推察される。田邊観測所の位置は沿岸部であるが、3日の日雨量は同じ沿岸部に位置する南紀白浜の平成23年台風第12号による雨量の約2.5倍の値を観測している。

明治時代の詳細な雨量分布が不明であるため詳細な比較はできないが、大雨の規模としてはおおむね似ていると思われる。また、両事例ともに、台風中心が日本海側に抜けた時点でも大雨が継続している点が非常によく似ている。



第2.2.5.4図 現在のアメダス配置と明治22年の田邊観測所位置

第2.2.5.1表 アメダス日雨量(平成23年台風第12号)
単位はミリ

	南紀白浜	日置川	来栖川	川辺
9月1日	3.0	13.5	76.5	38.0
9月2日	130.0	216.0	271.0	57.0
9月3日	346.0	470.5	396.5	302.0
9月4日	73.5	139.5	221.5	8.0
9月5日	2.5	0.0	2.0	4.0
総雨量	555.0	839.5	967.5	409.0

第2.2.5.2表 田邊観測所の日雨量(明治22年の台風)
単位はミリ

	田邊
8月18日	25.4
8月19日	368.3
8月20日	901.7
総雨量	1295.4

2.2.5.4 災害の状況

平成23年台風第12号と明治22年の台風に関する被害状況を第2.2.5.3表に示す。

死者、全壊家屋、堰止湖発生数のいずれも明治22年の台風が多く、特に和歌山県では1,247人の犠牲者が出ている。災害の規模としては、明治22年の台風によるものの方が大きいと言える。

2.2.5.5 まとめ

平成23年台風第12号と明治22年の台風を比較した結果、両者の進路や中心気圧などが良く類

第2.2.5.3表 被害状況

		平成23年 台風第12号	明治22年の台風
死者・行方不明者	奈良県	24人+	168人++
	和歌山県	60人+	1247人++
全壊家屋 (流出を含む)	奈良県	49戸+	610戸
	和歌山県	371戸+	不明
崩壊土砂による 堰止湖発生数	奈良県	13か所	57か所
	和歌山県	4か所	

+ : 平成24年3月12日現在(県発表)

++ : 死者のみ的人数として記録されている。

似していることが分かった。

120年以上前の明治22年台風大水害はあまりにも過去の災害であり、聞き取り調査の結果、現在の住民がその大災害をイメージすることは難しく、また災害経験を教訓とした避難行動は取っていない。しかし、住民は近年の台風時の降雨や河川の状況から、避難場所の確保が困難な地域にあっても、より安全な場所へと自主的に避難している。このことが自治体の早めの避難の呼びかけに繋がり、被害を免れた住民も多かった。

これらのことから、相当過去の災害であっても、顕著な災害事例については、気象や災害の主要な資料が残っている場合には、最近の気象災害と比較できるようにその資料を整理したうえで、気象台と府県及び関係市町村が共有して災害をイメージできるようにしておけば、気象台が発表する防災気象情報に活用して危機感を共有する材料の一つになるものと考えられる。

2.3 台風第15号による大雨の解析と災害の状況

2.3.1 台風第15号に伴う気象状況

2.3.1.1 台風第15号の概要*

平成23年9月13日15時に日本の南海上で発生した台風第15号は、北に進んだ後西に向きを変え、15日にかけて大東島地方に向かって進んだ。台風は、南大東島の南海上を通過した後速度を緩め、16日から18日にかけて南大東島の西海上を反時計回りに円を描くようにゆっくり動いた。その後、19日21時には大型で強い台風（中心気圧970hPa、最大風速35m/s）となって奄美群島の南東海上を北東に進み、20日21時には四国の南海上に達し、大型で非常に強い勢力（中心気圧940hPa、最大風速50m/s）となった。台風は、速度を速めつつ四国の南海上から紀伊半島に接近した後、勢力をやや弱めたものの、大型で強い勢力を保ったまま21日14時頃に静岡県浜松市付近に上陸した（中心気圧950hPa、最大風速40m/s）。その後も強い勢力を保ったまま東海地方から関東地方、東北地方を通過し、21日夜遅くに福島県沖に抜けた。その後、22日朝に北海道の南東海上に進み、同日15時に千島近海で温帯低気圧に変わった（第2.3.1.1図）。

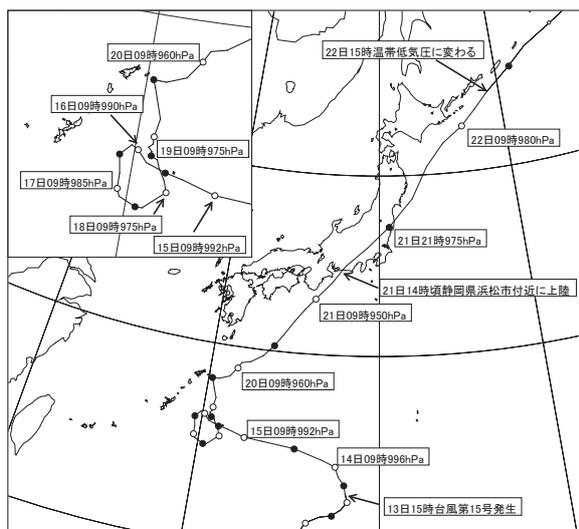
台風第15号の接近、通過により、九州地方から北海道地方にかけての広い範囲で被害が発生

し、土砂崩れや強風による転倒、高波にさらわれるなどにより全国で18人が死亡、1人が行方不明となっている（被害状況は平成23年12月28日内閣府まとめによる）。

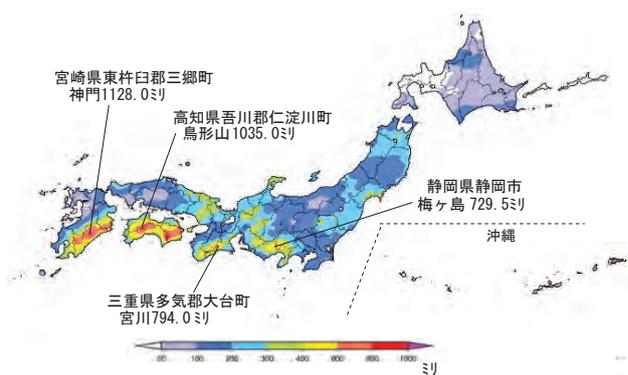
2.3.1.2 大雨の状況

台風が、9月16日から18日にかけて南大東島の西海上にしばらく留まり、21日にかけての長期間にわたり湿った空気が本州に流れ込んだこと、上陸後も強い勢力を保ちながら北東に進んだことにより、西日本から北日本にかけての広い範囲で大雨となった。

第2.3.1.2図に9月15日0時から9月22日24時の総降水量の分布図を、第2.3.1.1表及び第2.3.1.2表に24時間降水量と72時間降水量の極値の更新について示す。9月15日0時から9月22日24時の総降水量は、宮崎県美郷町神門で1,128.0ミリ、高知県仁淀川町鳥形山で1,035.0ミリとなるなど、九州や四国の一部で1,000ミリを超え、九州地方から東海地方にかけての南東斜面を中心に総降水量が500ミリを超えた。また、24時間降水量では四国地方から東北地方にかけての17地点で、72時間降水量では九州地方から東北地方にかけての36地点で極値を更新した（いずれも統計期間10年以上の地点）。



第2.3.1.1図 台風第15号の経路図



第2.3.1.2図 台風第15号に伴う降水量の分布（9月15日～9月22日の総降水量）

* 予報部予報課 大矢 正克

第2.3.1.1表 台風第15号に伴う24時間降水量の極値更新状況

統計期間10年以上の地点に限る。@は対象期間に欠測等がある値を示す。

都道府県	市町村	地点名(よみ)	最大24時間降水量			これまでの観測史上1位		
			(ミリ)	月日	時分	(ミリ)	年月日	時分
宮城県	石巻市	雄勝(オカツ)	437.0@	9/21	23:10	357	2000/07/08	24:00
宮城県	石巻市	石巻(イシマキ)	231.0	9/21	23:10	214	2002/07/11	08:00
山梨県	甲府市	古閑(フルセキ)	376.0	9/21	18:20	359	1982/08/02	04:00
岐阜県	下呂市	宮地(ミヤジ)	293.5	9/20	21:40	234	1976/09/09	20:00
岐阜県	下呂市	金山(カナヤマ)	251.5	9/20	20:40	240	1976/09/09	19:00
岐阜県	中津川市	付知(ツチ)	247.5	9/20	21:30	213	2000/09/12	07:00
岐阜県	加茂郡八百津町	伽藍(ガラン)	338.5	9/20	19:40	239.0	2010/07/15	23:30
岐阜県	加茂郡白川町	黒川(クロカワ)	265.0	9/20	21:30	204	1999/09/15	17:00
岐阜県	多治見市	多治見(タジミ)	432.0@	9/20	19:00	366	2000/09/12	06:00
石川県	輪島市	門前(モンゼン)	185.0	9/21	10:50	169	2002/07/10	07:00
石川県	羽咋郡志賀町	志賀(シカ)	162.5	9/21	11:50	158.0	2010/09/08	11:10
兵庫県	西脇市	西脇(ニシワキ)	199.0	9/21	03:10	190	1983/09/28	17:00
兵庫県	三木市	三木(ミキ)	203.0	9/21	05:10	165	1983/09/28	18:00
兵庫県	神戸市中央区	神戸(コウベ)	167.5	9/21	05:40	160	2000/09/12	08:00
兵庫県	淡路市	郡家(グンケ)	375.5	9/21	03:30	334@	2004/10/20	17:40
兵庫県	洲本市	洲本(スモト)	332.0	9/21	04:30	317	2004/10/20	18:00
徳島県	徳島市	徳島(トクシマ)	489.0	9/21	06:30	294	1988/06/03	15:00

第2.3.1.2表 台風第15号に伴う72時間降水量の極値更新状況

統計期間10年以上の地点に限る。@は対象期間に欠測等がある値を示す。

都道府県	市町村	地点名(よみ)	最大72時間降水量			これまでの観測史上1位		
			(ミリ)	月日	時分	(ミリ)	年月日	時分
秋田県	鹿角郡小坂町	藤原(フジワラ)	198.0	9/20	14:00	184	2002/08/11	09:00
宮城県	栗原市	築館(ツキダテ)	208.0	9/22	19:10	197	2002/07/11	19:00
宮城県	登米市	米山(コネヤマ)	265.5	9/22	09:00	245	1991/10/14	02:00
宮城県	大崎市	古川(フルカワ)	246.5	9/22	13:30	224	1986/08/07	09:00
宮城県	石巻市	雄勝(オカツ)	542.0@	9/22	03:20	408	1991/10/13	24:00
宮城県	黒川郡大衡村	大衡(オオヒラ)	313.5	9/22	13:50	281	1986/08/07	09:00
宮城県	大崎市	鹿島台(カシマダイ)	334.0	9/22	07:30	271@	1986/08/07	08:00
山形県	西村山郡西川町	大井沢(オオイサワ)	244.5	9/22	12:00	229.0	2011/06/25	19:00
山形県	山形市	山形(ヤマガタ)	231.5	9/22	12:50	185	1981/08/24	05:00
山形県	東置賜郡高島町	高島(タカハタ)	202.5	9/22	18:00	186	1978/06/28	23:00
山形県	西置賜郡飯豊町	中津川(ナカツカワ)	235.0	9/22	18:10	192	2002/07/12	12:00
山形県	米沢市	米沢(コネサワ)	216.0	9/22	13:40	216	1978/06/28	21:00
福島県	福島市	茂庭(モエテ)	228.0	9/22	18:40	224	2002/07/12	14:00
福島県	福島市	福島(フクシマ)	289.0	9/22	19:50	270	1998/08/30	14:00
福島県	郡山市	郡山(コオリヤマ)	250.5@	9/22	16:40	241	1998/08/30	14:00
岐阜県	下呂市	宮地(ミヤジ)	348.5	9/22	15:40	317	2006/07/19	10:10
岐阜県	中津川市	付知(ツチ)	293.0	9/22	15:50	262	1989/09/05	23:00
岐阜県	加茂郡八百津町	伽藍(ガラン)	402.0	9/22	15:30	319.5	2010/07/16	00:50
岐阜県	加茂郡白川町	黒川(クロカワ)	332.5	9/22	15:40	291.5	2010/07/16	05:40
岐阜県	多治見市	多治見(タジミ)	496.0@	9/22	19:00	390	2000/09/14	02:00
新潟県	岩船郡粟島浦村	粟島(アワシマ)	250.5	9/22	16:30	203	1997/06/29	09:00
富山県	南砺市	南砺高宮(ナトタカミヤ)	268.0	9/22	13:40	254	2006/07/19	01:20
石川県	輪島市	輪島(ワジマ)	326.5	9/22	11:50	298	1976/09/11	21:00
石川県	輪島市	門前(モンゼン)	292.0	9/22	11:40	245	1976/09/11	21:00
石川県	羽咋郡志賀町	志賀(シカ)	270.0	9/22	12:20	237	1976/09/11	21:00
石川県	七尾市	七尾(ナナオ)	306.0	9/22	13:10	244	1985/07/13	21:00
石川県	かほく市	かほく(カホク)	290.0	9/22	23:50	246	1991/07/01	22:00
京都府	宮津市	宮津(ミヤツ)	320.0	9/22	16:20	314	1976/09/11	18:00
京都府	綾部市	綾部(アヤハ)	304.0	9/22	09:10	303	2004/10/22	03:30
京都府	福知山市	三和(ミワ)	309.5	9/22	09:50	308	2004/10/22	03:30
兵庫県	三木市	三木(ミキ)	247.5	9/22	19:00	216	1983/09/28	19:00
兵庫県	淡路市	郡家(グンケ)	444.0	9/22	18:00	374@	2004/10/22	02:10
兵庫県	洲本市	洲本(スモト)	411.0	9/22	18:00	373	2004/10/22	02:40
徳島県	徳島市	徳島(トクシマ)	600.0	9/21	12:10	550	1976/09/12	13:00
大分県	大分市	佐賀関(サガノセキ)	370.0	9/21	02:30	344	2005/09/07	11:10
大分県	臼杵市	臼杵(ウスキ)	562.0	9/20	21:40	546	2005/09/07	09:30

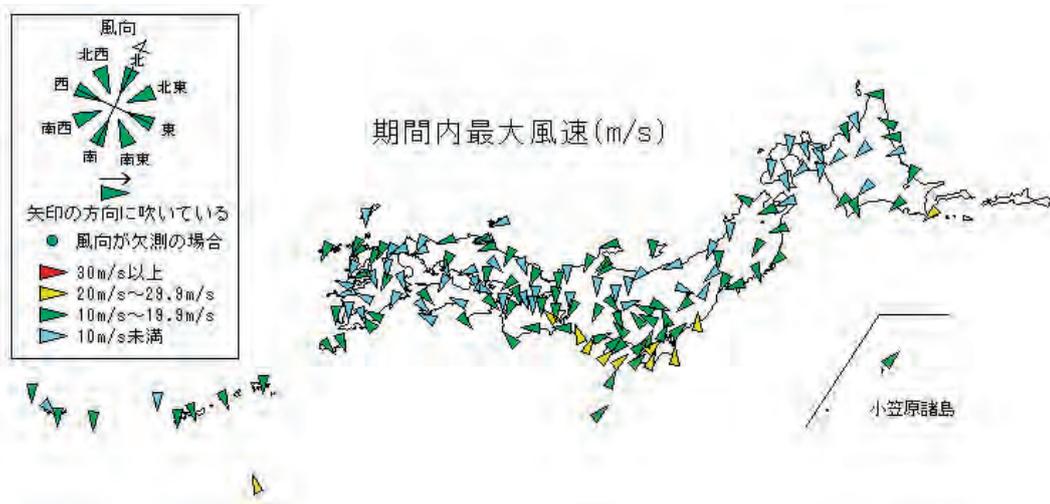
2.3.1.3 暴風の状況

台風が強い勢力で本州に接近し、上陸した後も強い勢力を保って東海地方から関東地方を通過したため、東海地方から関東地方の太平洋沿岸を中心に最大風速 20m/s を超える非常に強い風を観測した。

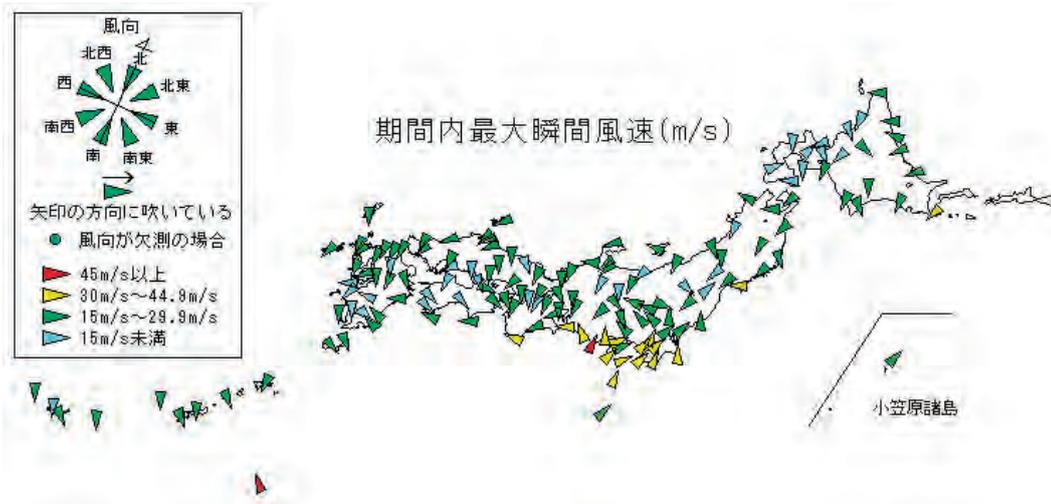
第 2.3.1.3 図及び第 2.3.1.4 図に 9 月 15 日から 22 日にかけての最大風速と最大瞬間風速の分布（気象官署）を、第 2.3.1.3 表及び第 2.3.1.4 表に最大風速が 25 m/s 以上を観測した地点と最大瞬間

風速が 40 m/s 以上を観測した地点を示す。

東京都の江戸川臨海ではこれまでの記録を更新する最大風速 30.5m/s を観測し、最大瞬間風速は 41.0m/s を観測した。首都圏では 21 日夕方から夜のはじめ頃にかけて台風の接近により非常に強い風が吹き、電車を中心とする公共交通機関がストップした。帰宅時間と重なったため、都内の主要な駅では足止めされた人々により大混雑となった。



第 2.3.1.3 図 台風第 15 号に伴う最大風速の分布



第 2.3.1.4 図 台風第 15 号に伴う最大瞬間風速の分布

第2.3.1.3表 台風第15号に伴う最大風速25m/s以上を観測した地点

順位	都道府県	市町村	地点名(よみ)	風速			
				(m/s)	風向	月日	時分
1	北海道	幌泉郡えりも町	えりも岬(エリモサキ)	35.4	北北東	9/22	04:40
2	東京都	神津島村	神津島(コウヅシマ)	31.1	南	9/21	14:07
3	東京都	三宅村	三宅坪田(ミヤケツボタ)	30.7	南南西	9/21	16:10
4	東京都	江戸川区	江戸川臨海(エトガワリンカイ)	30.5	南南西	9/21	18:25
5	静岡県	御前崎市	御前崎(オマエザキ)	29.7	南	9/21	14:34
6	沖縄県	島尻郡南大東村	南大東島(ミナダイトウジマ)	29.4	南東	9/18	10:46
7	静岡県	賀茂郡南伊豆町	石廊崎(イロウザキ)	29.3	南南西	9/21	15:31
8	東京都	大田区	羽田(ハネダ)	26.7	南	9/21	17:37
9	北海道	根室市	納沙布(ナサブ)	26.2	東北東	9/22	06:05
10	東京都	大島町	大島北ノ山(オオシマキタノヤマ)	26.1	南南西	9/21	16:20
11	神奈川県	藤沢市	辻堂(ツジドウ)	25.8	南南西	9/21	17:34
12	静岡県	牧之原市	静岡空港(シズオカクウコウ)	25.7	南	9/21	14:42
13	沖縄県	島尻郡北大東村	北大東(キタイトウ)	25.6	東南東	9/18	09:59
14	東京都	大島町	大島(オオシマ)	25.2	南南西	9/21	16:35
14	沖縄県	島尻郡南大東村	旧東(キョウトウ)	25.2@	東南東	9/18	08:39
15	愛知県	常滑市	セントレア	25.0	北北西	9/21	13:38

第2.3.1.4表 台風第15号に伴う最大瞬間風速40m/s以上を観測した地点

順位	都道府県	市町村	地点名(よみ)	風速			
				(m/s)	風向	月日	時分
1	北海道	幌泉郡えりも町	えりも岬(エリモサキ)	46.1	北北東	9/22	03:23
2	沖縄県	島尻郡南大東村	南大東島(ミナダイトウジマ)	45.5	南東	9/18	10:40
3	静岡県	御前崎市	御前崎(オマエザキ)	45.1	南	9/21	14:34
4	東京都	八王子市	八王子(ハチオウジ)	43.1	南	9/21	16:37
5	東京都	大島町	大島(オオシマ)	42.1	南西	9/21	16:00
6	東京都	江戸川区	江戸川臨海(エトガワリンカイ)	41.0	南南西	9/21	18:24
7	東京都	神津島村	神津島(コウヅシマ)	40.1	南	9/21	14:57
7	静岡県	牧之原市	静岡空港(シズオカクウコウ)	40.1	南	9/21	14:41
9	静岡県	賀茂郡南伊豆町	石廊崎(イロウザキ)	40.0	南南西	9/21	15:19

2.3.1.4 高潮の状況

台風による高潮は、台風が強い勢力で日本付近に接近、通過したため、九州地方から北海道の広い地域で潮位偏差50cm以上を観測し、近畿地方から東北地方の太平洋沿岸では1m以上の潮位偏

差を観測した(第2.3.1.5表)。東日本大震災により地盤が沈下した東北地方の太平洋沿岸では注意報基準を超える潮位となり、一部では警報基準を超え、浸水などの被害が発生した。

第2.3.1.5表 台風第15号に伴う最大潮位偏差と最高潮位（最大潮位偏差50cm以上の地点）
 () がついている場合は、期間内に欠測があったことを示す。

観測地点	都道府県	最大潮位偏差		最高潮位	
		(cm)	起時	(標高, cm)	起時
種子島	鹿児島	57	2011/09/20 14:04	111	2011/09/19 21:49
洲本	兵庫	54	2011/09/21 01:12	99	2011/09/20 19:38
土佐清水	高知	58	2011/09/21 02:26	112	2011/09/20 22:24
高松	香川	54	2011/09/21 03:00	128	2011/09/20 16:19
宇野	岡山	54	2011/09/21 03:08	133	2011/09/20 16:09
大阪	大阪	54	2011/09/21 04:59	108	2011/09/21 16:25
淡輪	大阪	58	2011/09/21 05:20	108	2011/09/21 16:39
室戸岬	高知	86	2011/09/21 05:24	120	2011/09/20 22:26
和歌山	和歌山	55	2011/09/21 05:49	94	2011/09/20 23:01
小松島	徳島	65	2011/09/21 05:55	108	2011/09/20 23:00
高知	高知	65	2011/09/21 06:07	114	2011/09/20 21:44
阿波由岐	徳島	83	2011/09/21 06:28	108	2011/09/20 22:17
御坊	和歌山	127	2011/09/21 06:53	121	2011/09/20 23:05
神戸	兵庫	54	2011/09/21 07:02	107	2011/09/21 16:18
白浜	和歌山	83	2011/09/21 07:25	112	2011/09/20 22:18
浦神	和歌山	86	2011/09/21 08:42	100	2011/09/21 09:45
串本	和歌山	100	2011/09/21 08:49	126	2011/09/21 10:34
尾鷲	三重	75	2011/09/21 10:30	104	2011/09/21 12:08
熊野	三重	81	2011/09/21 10:35	99	2011/09/21 10:35
名古屋	愛知	81	2011/09/21 12:26	127	2011/09/21 12:27
三宅島	東京	65	2011/09/21 12:55	87	2011/09/21 12:55
赤羽根	愛知	148	2011/09/21 13:11	171	2011/09/21 13:11
鳥羽	三重	111	2011/09/21 13:12	150	2011/09/21 13:12
御前崎	静岡	53	2011/09/21 14:22	85	2011/09/21 14:22
石廊崎	静岡	(125)	2011/09/21 14:58	(152)	2011/09/21 14:58
舞阪	静岡	128	2011/09/21 15:12	151	2011/09/21 15:00
岡田	東京	74	2011/09/21 15:37	96	2011/09/21 15:37
清水港	静岡	67	2011/09/21 15:49	104	2011/09/21 15:49
小田原	神奈川	99	2011/09/21 16:09	123	2011/09/21 16:09
布良	千葉	118	2011/09/21 18:07	152	2011/09/21 18:07
内浦	静岡	73	2011/09/21 18:29	105	2011/09/21 20:41
東京	東京	123	2011/09/21 18:35	166	2011/09/21 19:49
小名浜(臨時)	福島	(76)	2011/09/21 19:02	(105)	2011/09/21 19:02
大洗(臨時)	茨城	(68)	2011/09/21 20:38	(108)	2011/09/21 20:38
鮎川(臨時)	宮城	67	2011/09/21 22:35	103	2011/09/21 21:45
大船渡(臨時)	岩手	62	2011/09/22 00:41	81	2011/09/21 20:29
宮古(臨時)	岩手	119	2011/09/22 05:43	142	2011/09/22 11:21
花咲	北海道	60	2011/09/22 10:05	68	2011/09/22 20:30

(注)：標高の基準は、TP（東京湾平均海面）又は国土地理院の高さの基準若しくは平均潮位
 潮位偏差は推算潮位（天文潮位）からの偏差

2.3.2 局地的な大雨の解析*

2.3.2.1 下層暖湿気の流れの状況

(1) 降水の特徴

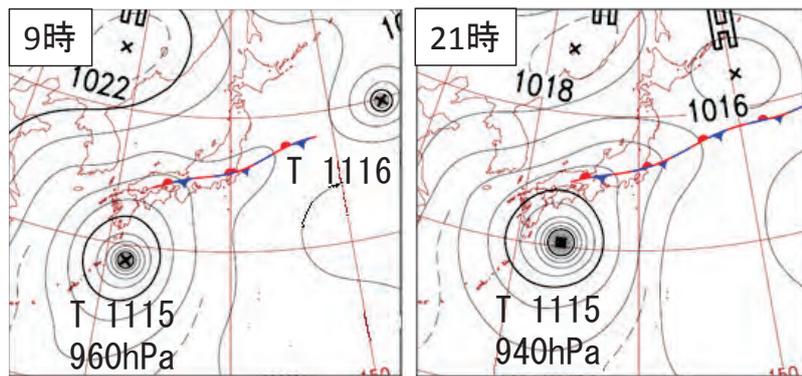
台風第15号の影響で愛知県名古屋市から岐阜県多治見市付近では2011年9月20日朝から夕方にかけて大雨となった。降水の特徴は、本州上に停滞していた前線に向かって、台風の周辺を回る下層暖湿気が流れ込み、線状降水帯が形成され、この状態が長時間維持されたことである。

(2) 総観場と降水実況

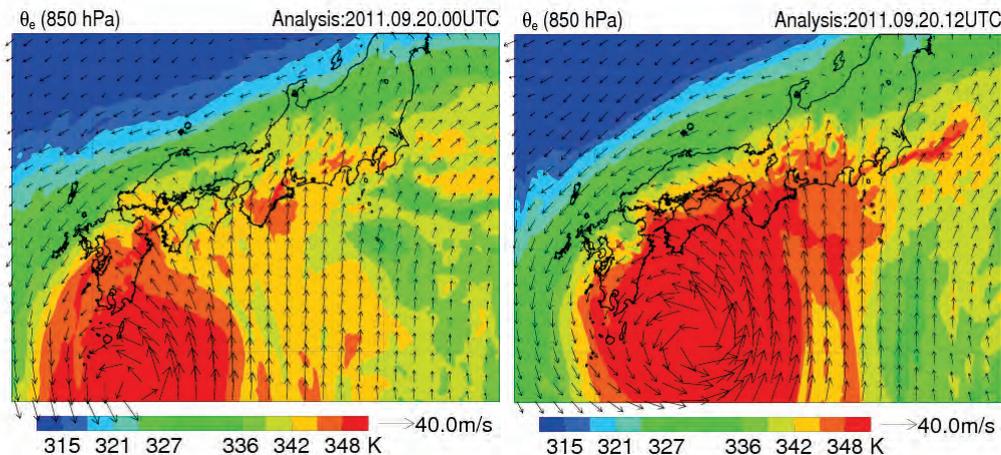
第2.3.2.1図に示すように、9月20日9時と21時の地上天気図では、停滞前線が日本の東海上から本州上にのび、台風第15号は日本の南海上を発達しながら北東に進んだ。

第2.3.2.2図に示すように、850hPa面では9月20日の9時から21時にかけて、愛知県付近の風向が、台風の北上と共に南南西から南南東に変わり345K以上の高相当温位が流入した。特に12時から15時にかけては、第2.3.2.3図に示すように、愛知県西部から岐阜県美濃地方にかけて高相当温位域が存在し、線状降水帯はこの高相当温位域の近傍で形成されている。

愛知県から岐阜県では、19日夕方から20日夕方にかけて断続的に激しい雨を観測した。特に20日昼前から夕方には、愛知県名古屋市から岐阜県多治見市付近にかけて形成された線状降水帯の影響で、第2.3.2.4図に示すように複数の市町村で土壌雨量指数履歴順位の1位を更新する大雨となり、土砂災害警戒情報が発表された。

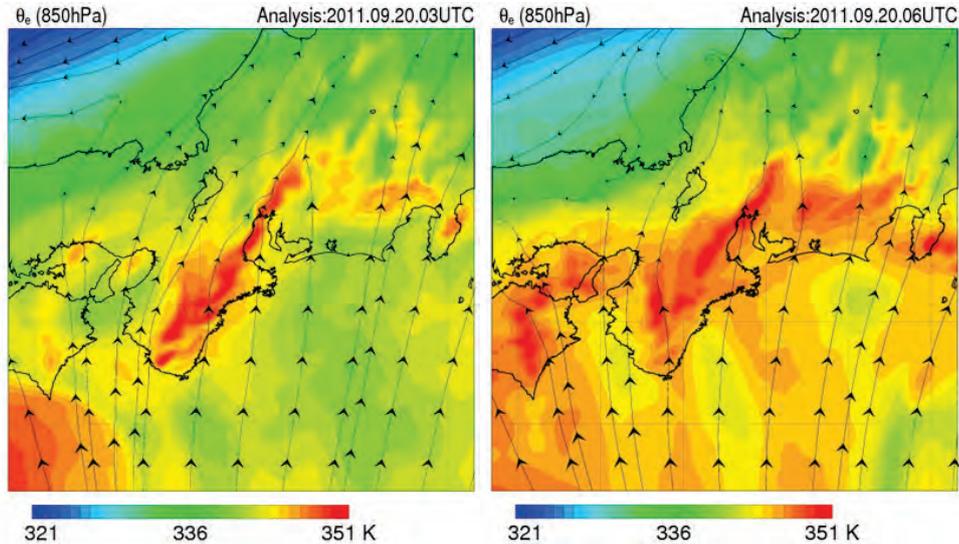


第2.3.2.1図 2011年9月20日9時と21時の地上天気図

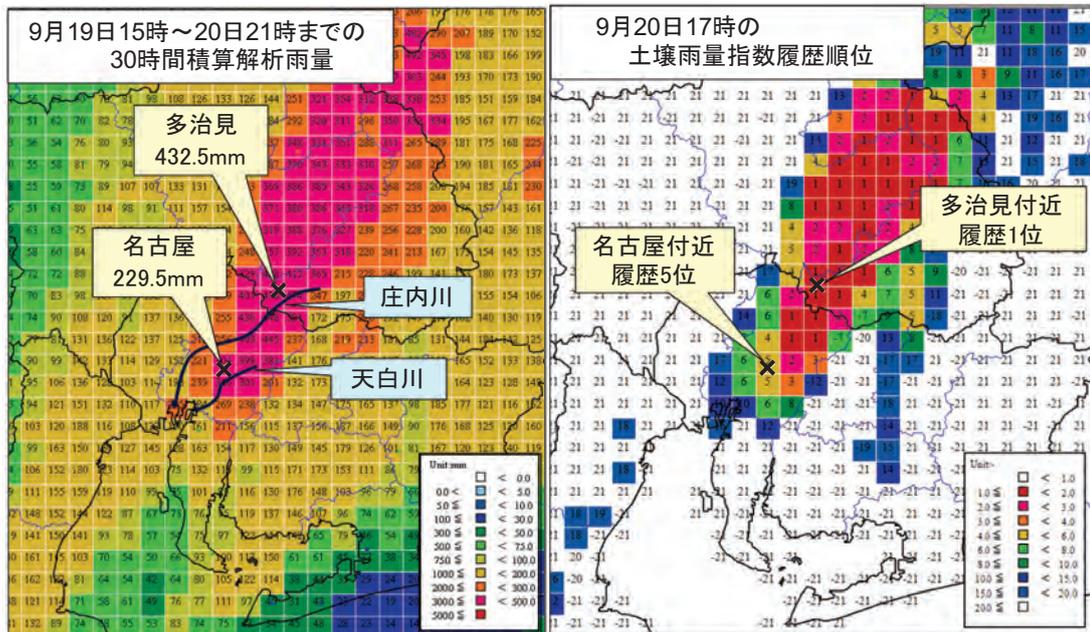


第2.3.2.2図 メソ解析による2011年9月20日 (a) 9時, (b) 21時の850hPa面の相当温位(K)と水平風(m/s)

* 名古屋地方気象台 瀧川 貞二, 山岸 昌伸



第2.3.2.3図 メソ解析による2011年9月20日 (a) 12時, (b) 15時の850hPa面の相当温位 (K) と流線



第2.3.2.4図 9月19日15時から20日21時までの積算解析雨量と9月20日17時の土壌雨量指数履歴順位

アメダス多治見では、20日9時から18時までの9時間に326.5ミリを観測した。20日の日降水量383.5ミリは、2000年9月11日から12日に名古屋周辺で発生したいわゆる東海豪雨（以下東海豪雨）の記録を超え、日降水量の極値を更新した。

名古屋地方气象台では、20日9時から18時までの9時間に127ミリ、日降水量169.5ミリを観測した。愛知県尾張東部から岐阜県東濃にかけて

の大雨により庄内川がはん濫した。

2.3.2.2 エコーの動向と大雨のメカニズム

(1) 大雨ステージ

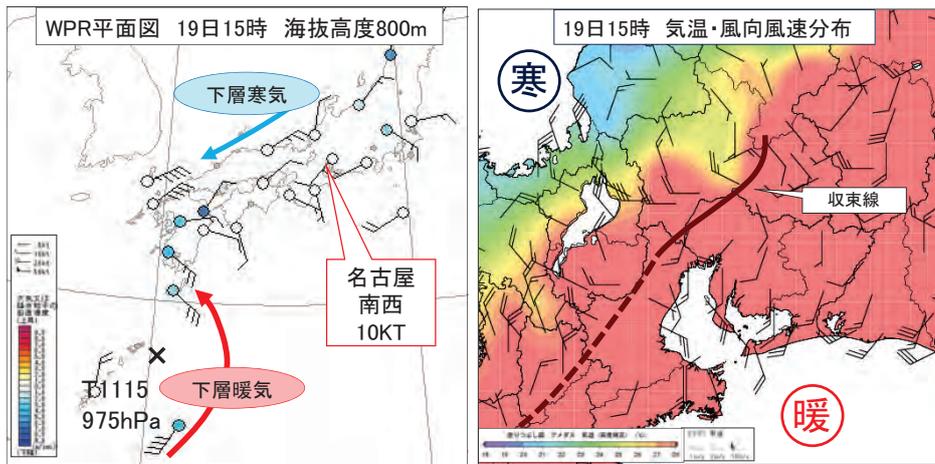
19日から20日の大雨は、降雨の状況から4つのステージに分けられる。第1ステージは19日夕方から20日未明にかけて地上収束線の南下に伴って発生した線状エコーによる大雨で、1時間50ミリ前後の強雨となったが短時間の現象であ

った。第2ステージは台風の接近で暖湿気の流れが次第に強まり、20日明け方から朝にかけて線状エコーが発達し、多い所では1時間80ミリを超える猛烈な雨となったが、線状エコーは停滞することなく短時間の現象であった。第3ステージは20日昼前から夕方、線状エコーが発達して線状降水帯を形成し、線状降水帯が停滞することで記録的な大雨となった。第4ステージは20日夜のはじめ頃からは、地上収束線の北上と共に線状降水帯による大雨は終息した。

(2) 第1ステージの地上収束線の状況

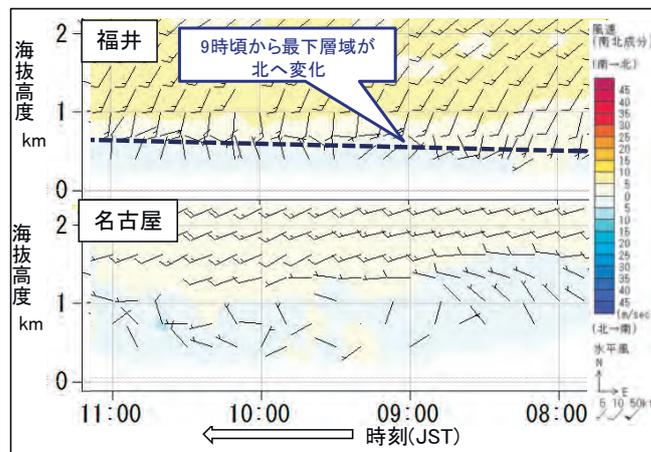
第2.3.2.5図の名古屋のウインドプロファイラー（以下WPRとする）の高度800m風や第2.3.2.6図の名古屋のWPRの高度1km以下（以下、WPR最下層域とする）の風は弱く下層暖湿気流入は弱い。

福井WPRの最下層域は、19日9時頃から風向が北よりに変化した。この変化に伴い北陸地方では朝から昼前にかけて地上収束線が南下した。第2.3.2.7図に示すように、この地上収束線が昼過ぎから濃尾平野を南下し、南下する地上収束線と日中の昇温による対流不安定が重なり収束線上にエコーが発生した。一部発達しながら濃尾平野を進み、岐阜県を中心に激しい雨となったが短時間の



第2.3.2.5図 9月19日15時のWPR高度800m平面図と地上の気温・風向風速分布

xは台風のおよその位置、気温はアメダス高度補正值、寒は寒気を、暖は暖気を示す。地上収束線はアメダス実況値等から総合的に判断。以下の図も同じ。

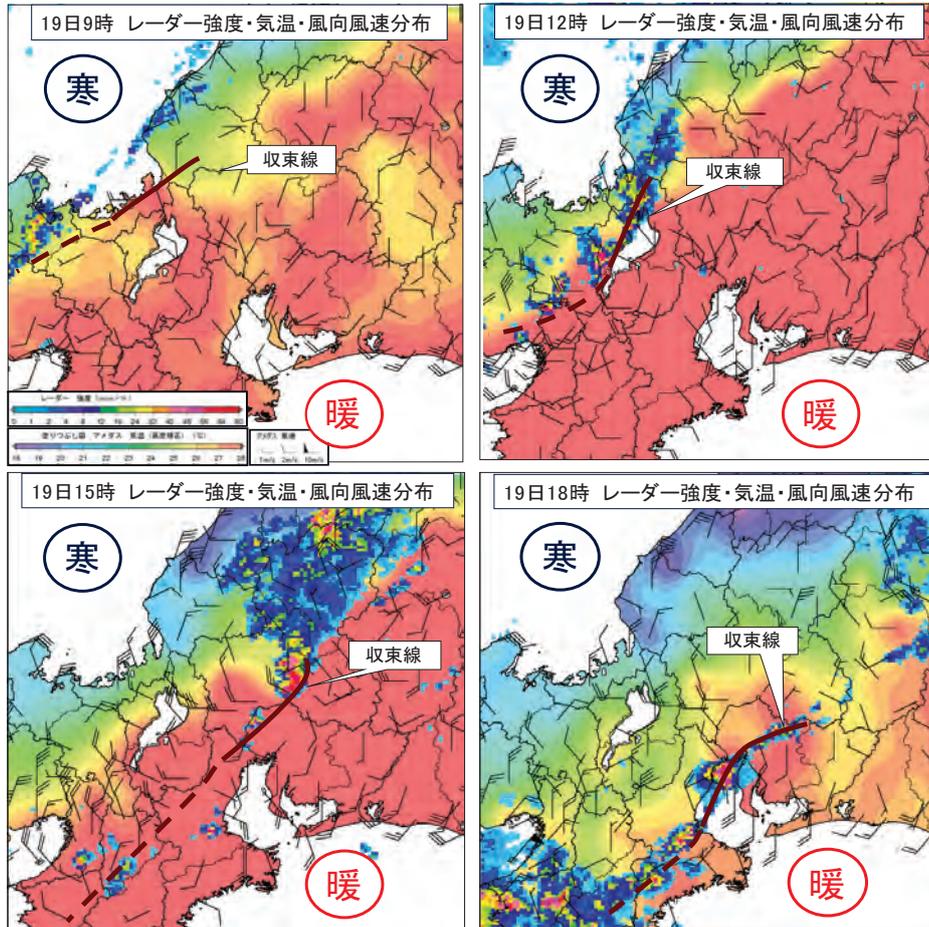


第2.3.2.6図 9月19日8時から11時の福井と名古屋のWPR時系列図

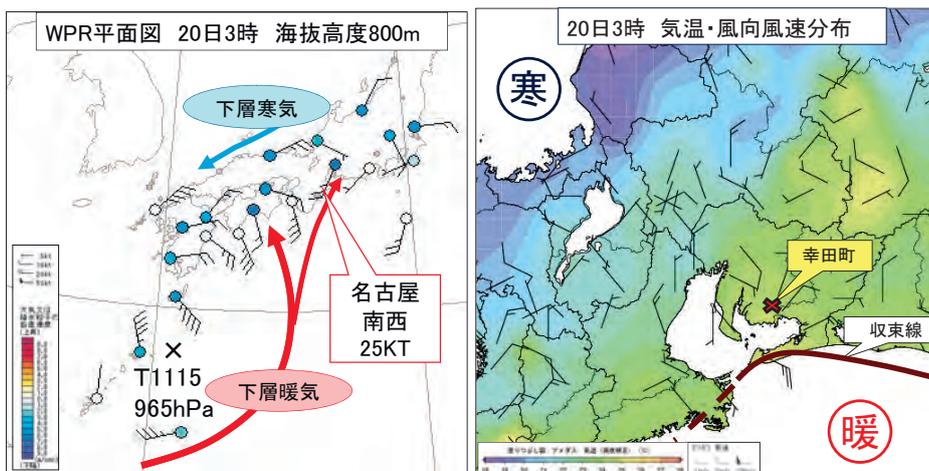
現象であった。その後地上収束線は次第に不明瞭になりながら20日未明には渥美半島沿岸付近まで南下した。

(3) 第2ステージの降雨状況

第2.3.2.8図の気温・風向風速分布や第2.3.2.9図に示すJMANHM再現実験から3時の濃尾平野は地上収束線の北側にあり、前日の降雨の影響により冷氣塊が形成され、冷氣塊の南端が渥美半島付近まで達している。WPRの高度800mの風



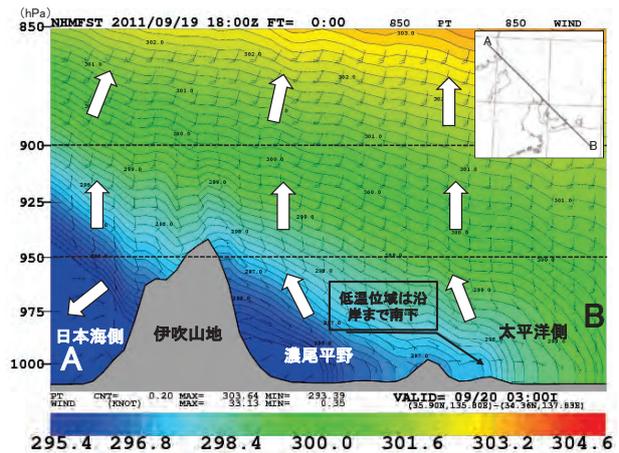
第2.3.2.7図 9月19日9時から18時までのレーダー強度と地上の気温・風向風速分布



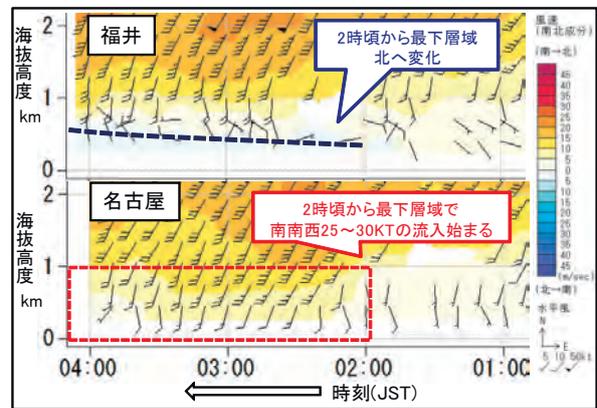
第2.3.2.8図 9月20日3時のWPR高度800m平面図と地上の気温・風向風速分布

は、名古屋で南西25KTと強くなり、八丈島や美浜の風も南よりに変わり、台風の接近により広範囲で暖湿気の流入が明瞭となった。第2.3.2.10図の名古屋WPRの最下層域では、20日2時過ぎから南西約25～30KTと暖湿気流入が強まり始めた。3時頃から渥美半島付近の地上収束線が明瞭となりながら次第に北上した。一方、同時刻の福井WPRの最下層域の風向は北よりに変化した。

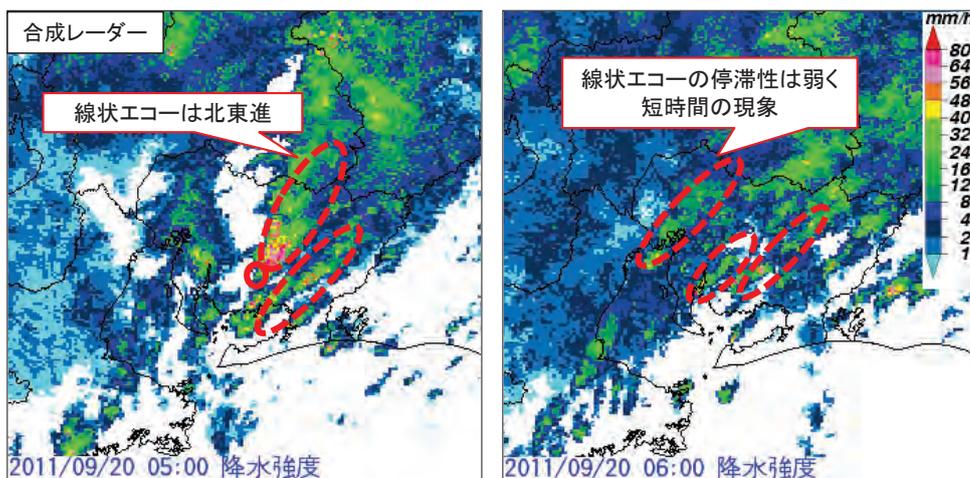
このステージでは地上収束線を境に、北側の濃尾平野に形成された冷氣塊と、南側の海上から流入した暖湿気との間で大気の状態がより不安定となり、第2.3.2.11図で示すように、第1ステージより線状エコーが発達した。愛知県幸田町（県雨量計）では20日4時50分までの1時間に83ミリの猛烈な雨を観測したが、第2.3.2.11図に示すように線状エコーは地上収束線の北上と共に停滞することなく北東へ進み、線状化したエコーそのものも短時間の現象であった。



第2.3.2.9図 JMANHM 再現実験*から求めた9月20日3時の日本海～濃尾平野～太平洋にかけての風向風速と温位断面図



第2.3.2.10図 9月20日1時から4時の福井と名古屋のWPR時系列



第2.3.2.11図 9月20日の5時と6時の合成レーダー降水強度 (○は幸田町雨量計)

* JMANHM では地形データ：USGS の GTOPO30 を使用

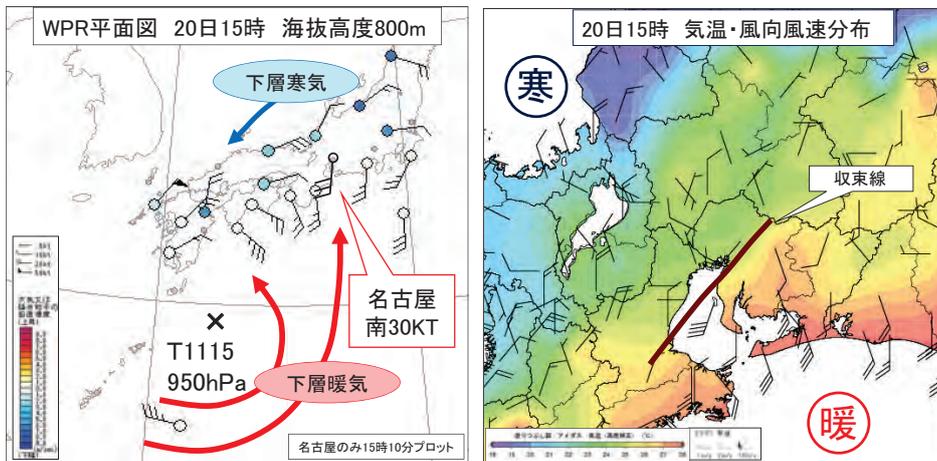
(4) 第3ステージの線状降水帯と降雨の状況

第2.3.2.12図で示すように、WPRの高度800mの風は名古屋で南30KTへ強まり、静岡や尾鷲も南25KTとなり、発達しながら接近する台風の影響で、東海地方で暖湿気の流入が第2ステージより強まった。第2.3.2.13図に示すように、名古屋WPRの最下層域は14時頃から南西風から南風30～35KTに変化し、下層暖湿気の流入がさらに強まった。一方、福井WPRは、北よりの風の高度が約1.2km付近まで高まり、日本海側の寒気の流入が明瞭になった。

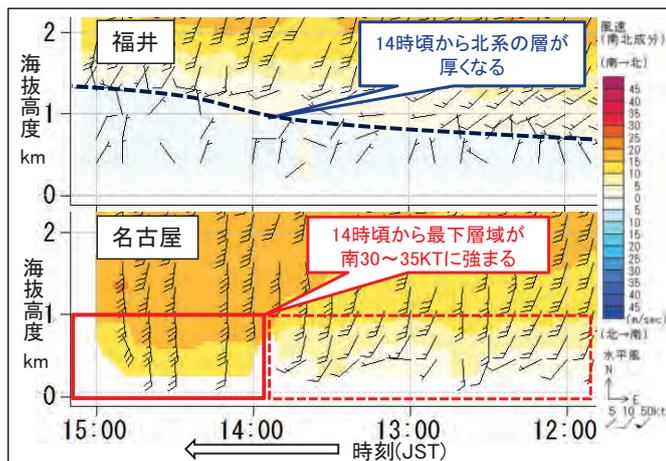
下層暖湿気流入の強まりや、日本海側の寒気の流入により線状エコーが発達し、線状降水帯が形成された。第2.3.2.14図に示すように名古屋市から多治見市付近にかけて南南西から北北東の走向

をもつ対流性エコーが尾張東部域で発生・発達を繰り返しながら多治見市方面に広がり、線状降水帯が数時間停滞したため、第2.3.2.15図で示すように带状の地域で大雨となった。

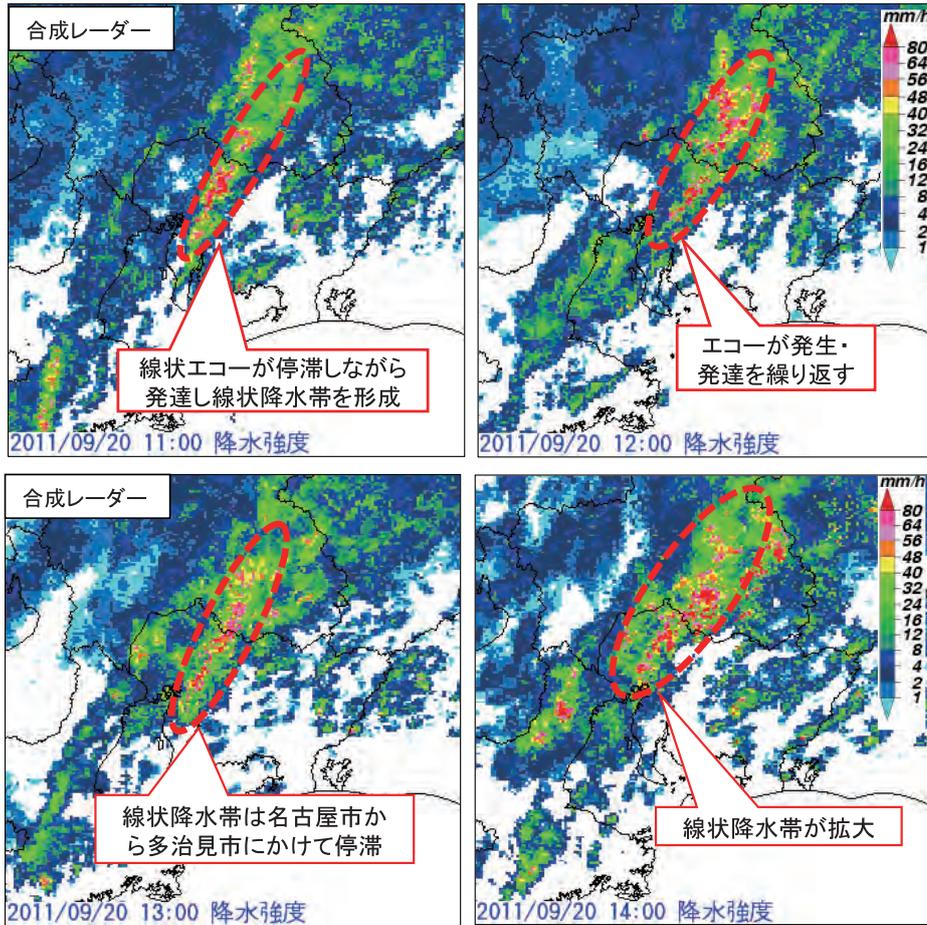
第2.3.2.16図で示すように、名古屋市から多治見市付近にかけてのびる線状降水帯のAB間で断面図をとると、複数の反射強度の強い領域が、風上Aから風下Bへ向かって並んでいる。第2.3.2.17図のAB間ドップラー速度断面図では、高度1km以下には、レーダーサイトと直線上に並ぶ気流の乱れた領域（暖色系と寒色系が交互に並ぶ）が観測されている。反射強度やドップラー速度の観測から、このAB間には複数の対流セルが並んでいる。動径風データ（以下VVPとする）から求めた高度500mの風分布を第2.3.2.18図に



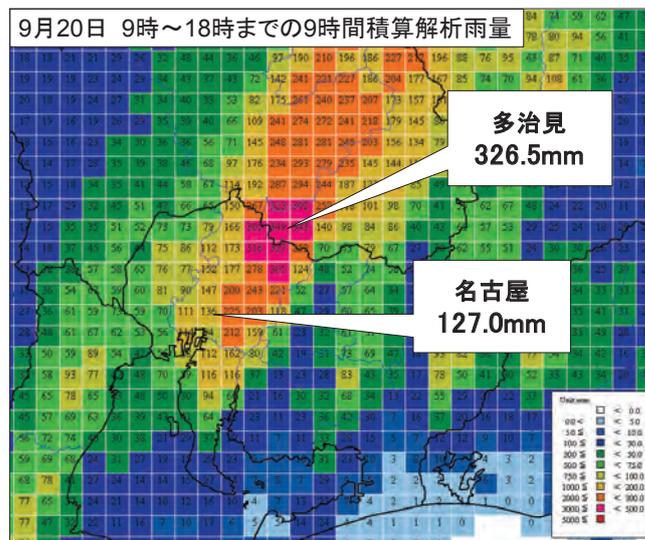
第2.3.2.12図 9月20日15時のWPR高度800m平面図と気圧・気温分布



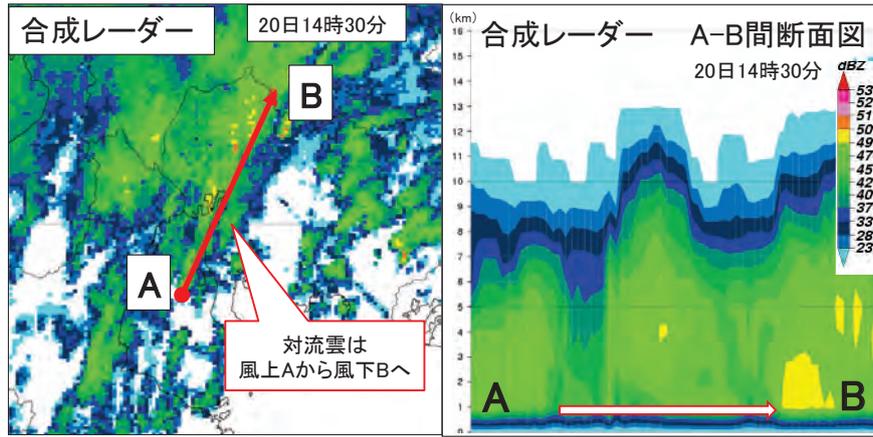
第2.3.2.13図 9月20日12時から15時の福井と名古屋のWPR時系列



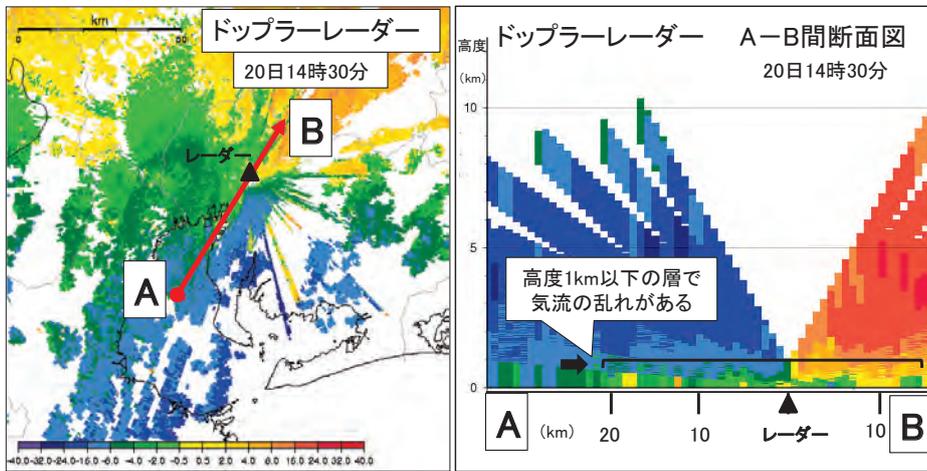
第2.3.2.14図 9月20日11時から14時の合成レーダー降水強度



第2.3.2.15図 9月20日9～18時の積算解析雨量



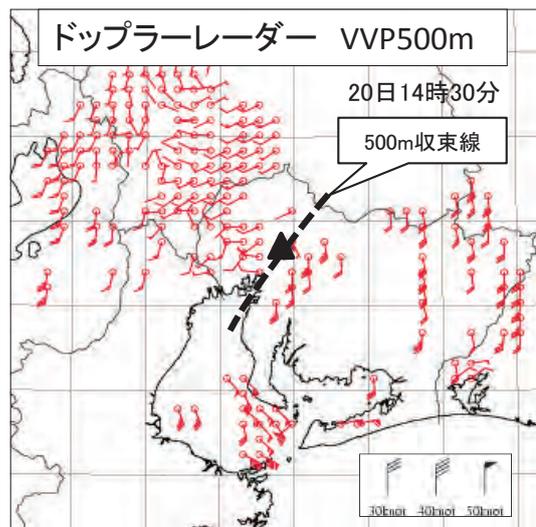
第2.3.2.16図 9月20日14時30分の合成レーダー降水強度と断面図



第2.3.2.17図 9月20日14時30分の名古屋レーダーによる仰角0.4度のドップラー動径風と断面図

示す。第2.3.2.16図のAB間の複数の対流セルが観測されている上空には、高度500mのVVPで南南西から北北東の走向をもつ収束線が確認できる。この収束線は、高度1kmのVVPでも確認できることから地上から高度1km付近まで明瞭な収束がみられる。

第2.3.2.18図で示す高度500mの収束線についてJMANHMによる再現実験を行い、最下層域の収束線や暖湿気流入の状況を検証した。第2.3.2.19図の950hPaの風向風速と相当温位では三重県中部から伊勢湾を横切り岐阜県東濃にのびる収束線や、この収束線の風上側の志摩半島方面から高暖湿の気塊が収束線に沿って北上する様子が再現できた(図省略)。この収束線は第2.3.2.18図の高度500mの収束線におおむね合致してい



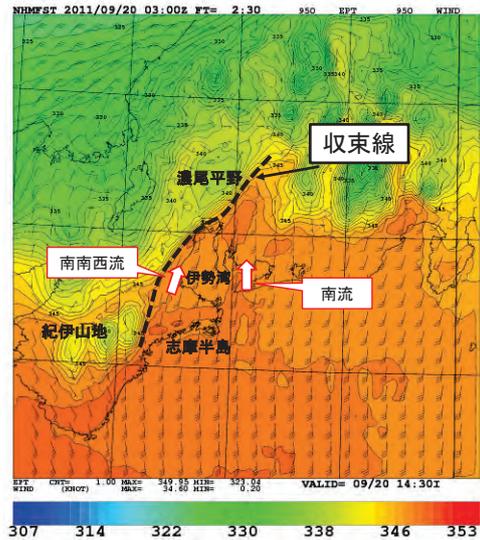
第2.3.2.18図 9月20日14時30分のドップラーレーダーによる高度500mの風分布(VVP風)(▲は名古屋レーダーサイト)

る。この実験から、収束線の存在と、濃尾平野へ向かって南方向から流入暖湿気と、収束線に沿って南南西方向から流入する暖湿気が確認できる。次に第2.3.2.20図の風向風速と温位の断面図から、地上収束線上約900hPa(約1,000m)付近まで明瞭な収束が確認できる。特に地上から950hPa(約500m)まで(以下、最下層とする)の鉛直方向の明瞭な収束を境に北側と南側の温位の差が大きくなっている。また、第2ステージの第2.3.2.9図の断面図とは異なり、濃尾平野上空約900hPa(約1,000m)以下の層の風向が北よりに変化している。これは日本海側からの寒気の流入に対応するもので、地上から約1,000m付近まで明瞭な収束が形成されたことを示唆する。この再現実験から最下層の収束が線状降水帯の形成に大きく寄与していることが分かる。

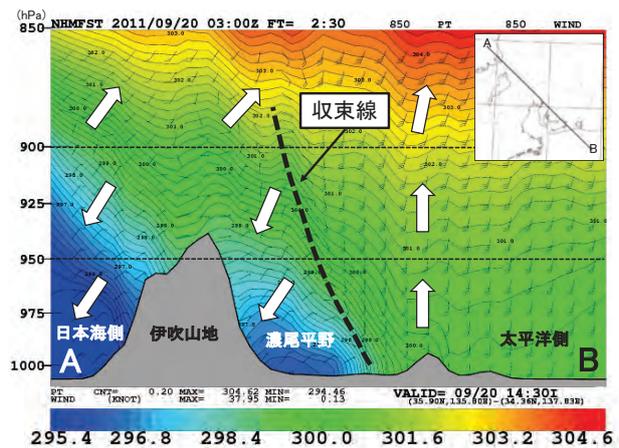
第3ステージでは、南海上からの下層暖湿気流入が強まる一方、日本海側からの下層寒気の流入が明瞭となり双方の気塊の収束が濃尾平野の最下層でさらに強まった。第2.3.2.21図に示すように、第2.3.2.18図の高度500mの収束線に沿った地域で発生した対流セルは、5回の世代交代を繰り返しながらバックビルディング型の降水系による線状降水帯を形成した。

(5) 第4ステージの地上収束線の状況

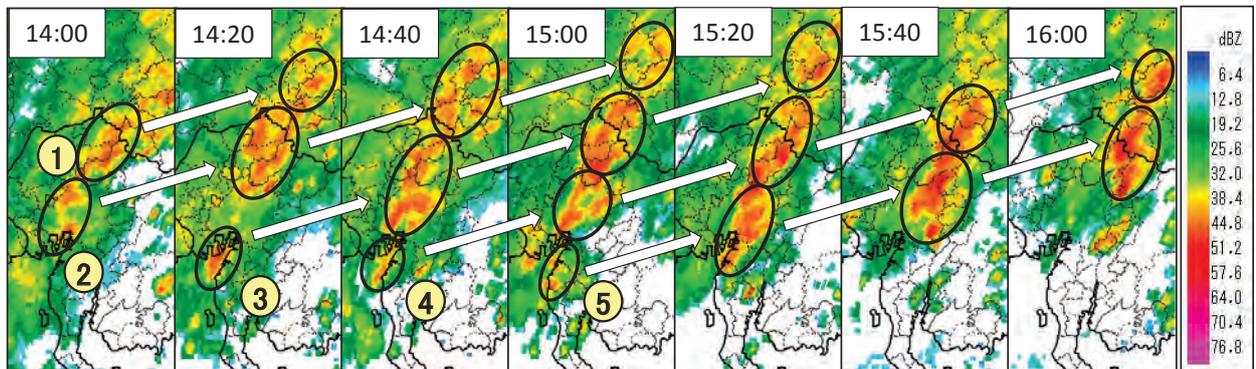
第2.3.2.22図や第2.3.2.23図で示すように、第3ステージよりも台風は発達しながら北東へ進み、名古屋WPRの高度800mや、最下層域では20日19時頃から南南東30KTと風向が東より



第2.3.2.19図 JMANHM 再現実験から求めた9月20日14時30分の950hPa面の相当温位(EPT)と風向風速分布図



第2.3.2.20図 JMANHM 再現実験から求めた9月20日14時30分の日本海～濃尾平野～太平洋にかけての風向風速と温位断面図

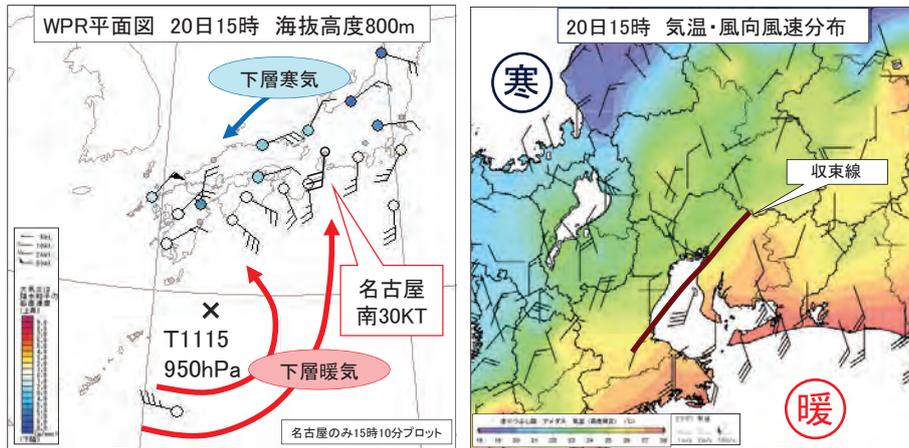


第2.3.2.21図 9月20日14時00分から16時00分の20分ごとの静岡レーダー極座標仰角(1.5度)の反射強度分布

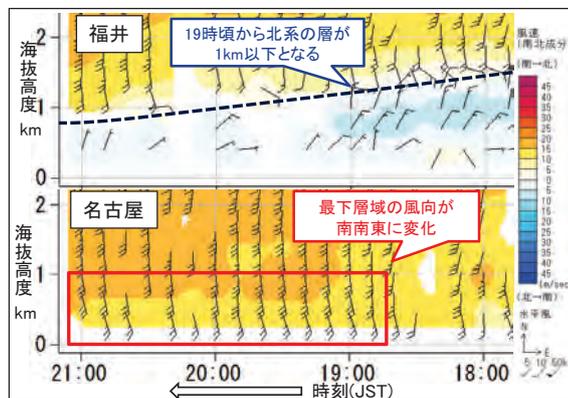
に変化し、地上収束線は北上した。また、福井WPRの最下層域では、北よりの風の高度が18時頃から低下し、日本海側からの下層寒気の流入が

次第に弱くなった。

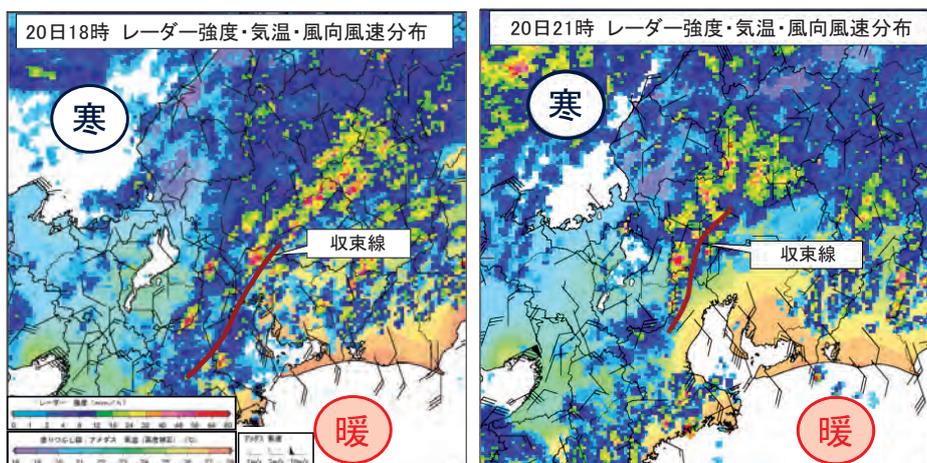
第2.3.2.24図に示すように、地上収束線の北上と共に線状降水帯の構造が次第に崩れ、愛知県西部から岐阜県美濃地方の大雨は終息した。



第2.3.2.22図 9月20日21時のWPR高度800m平面図と地上の気温・風向風速分布



第2.3.2.23図 9月20日18時から21時の福井と名古屋のWPR時系列



第2.3.2.24図 9月20日18時と21時のレーダー強度と地上の気温・風向風速分布

(6) 地上収束線の南下と北上の相違点

第2.3.2.25図と第2.3.2.26図に19日と20日の地上収束線の解析図を示す。19日は、日本海からの下層寒気の流入に伴って地上収束線が南下し、この収束線に沿って形成された線状エコーによる大雨は発生したが短時間の現象であった。20日は、南海上からの暖湿気の流入に伴い地上収束線が北上したが、日本海側からの下層寒気の流入により昼前から夕方にかけて線状エコーが停滞し、線状降水帯を形成した。

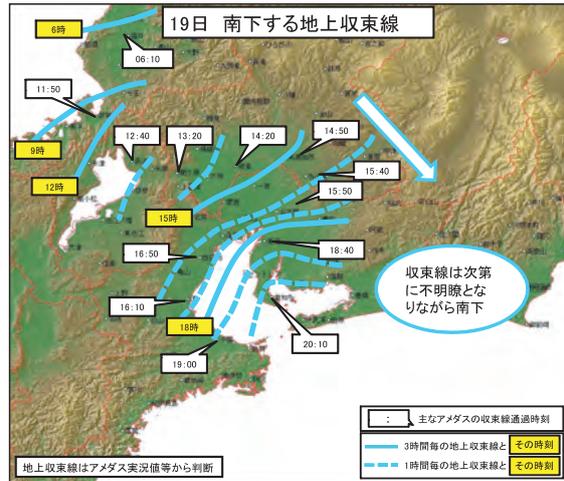
(7) 東海地方の特徴的な地形

濃尾平野は、第2.3.2.27図のように日本海側からの寒気と内陸で発生する冷氣及び、南海上から流入する暖気の影響を受けやすい地形である。寒気や冷氣は主に標高の低い関ヶ原や長良川などの谷筋から流入し、伊勢湾方向へ流出する一方、暖気は伊勢湾から直接流入しやすい地形である。また、濃尾平野は三方を山で囲まれ、地形性の対流雲が発生しやすく、その影響を受けやすい地形である。

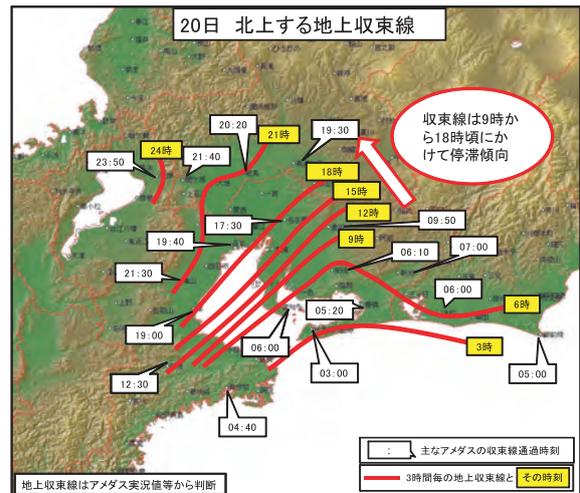
(8) 大雨のメカニズム

19日から20日の大雨は、東海地方特有の地形が影響し、日本海側の寒気や内陸の冷氣塊と、南海上から北上する暖気との収束により発生した。これらの寒気や暖気の移流の強弱により地上収束線が移動した。

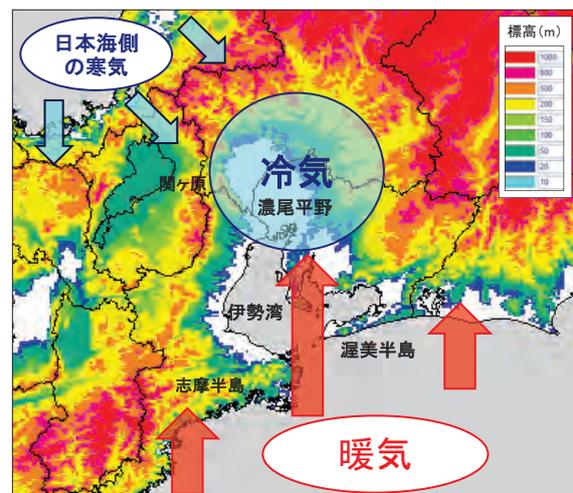
20日は、台風の北上と共に南西から南方向から下層暖湿気移流が次第に強まり、地上収束線付近に線状エコーを発生させ、停滞することでバックビルディング型の降水系による線状降水帯が形成された。このため地上収束線に沿った風下側を中心に記録的な大雨となった。台風がさらに北上することで下層暖湿気移流が南南東に変化すると共に、日本海側の寒気の流入が弱まり、地上収束線は次第に北上し、線状降水帯による大雨は終息した。



第2.3.2.25図 9月19日の地上収束線の解析図



第2.3.2.26図 9月20日の地上収束線の解析図



第2.3.2.27図 東海地方の地形と気団流入概念図※

※ 概念図標高データは「国土数値情報（標高・傾斜度3次メッシュデータ）国土交通省」を使用

2.3.2.3 東海豪雨との類似性

2000年9月の東海豪雨では三重県から愛知県にかけて大雨が発生した。第2.3.2.28図は2011年9月20日と2000年9月12日の地上天気図で、どちらの気圧配置も本州上に停滞前線があり、日本の東海上に中心を持つ太平洋高気圧が本州付近まで勢力を広げている。同様の気圧配置の中、九州の南海上を台風が北上している時に大雨が発生した。2000年の台風第14号は、2011年の台風第15号より大きく、強かった。第2.3.2.29図の500hPa高層天気図では、5,880m高度線が2000年9月12日は北緯40度以北まで張り出し太平洋高気圧の勢力が強いことを示している。台風第14号は九州の南を北上した後、高気圧に押される形で北北西に進み東シナ海へ進んだ。一方、2011年9月20日は高気圧の勢力が弱く、台風第15号は高気圧の縁を北東に進み静岡県に上陸した。

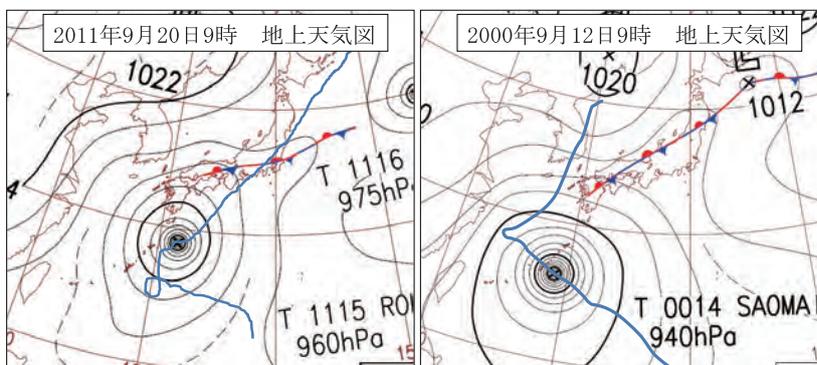
また、2000年の東海豪雨では、第2.3.2.30図に示すように14時頃から伊勢湾（志摩半島付近）

から愛知県と三重県の県境付近に、南北走向の線状エコーが発生した。

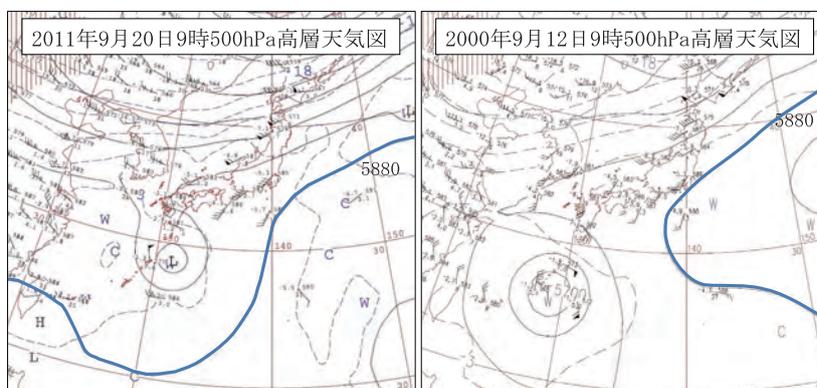
線状エコーは18時頃にかけて、ゆっくり東進し名古屋市付近で停滞した。第2.3.2.31図に示すように19時頃からは三重県南部から愛知県西部にかけ、のびてきた線状エコーと一体となり南南西から北北東の走向をもつ線状降水帯を形成した。線状降水帯は23時頃まで停滞し、名古屋では19時までの1時間に93.0ミリの猛烈な雨を観測している。

東海豪雨では、第2.3.2.32図に示すように、東海地方の広い範囲で2日間に降った降水量が500ミリを超える大雨となった。2011年9月20日の大雨では、愛知県尾張東部から岐阜県東濃にかけての比較的狭い地域に、短い時間で猛烈な雨を降らせている。

2011年9月20日の大雨と2000年の東海豪雨は、いずれも本州上に停滞前線があり、西日本の南海上に台風が存在する気圧配置で、東海地方では高



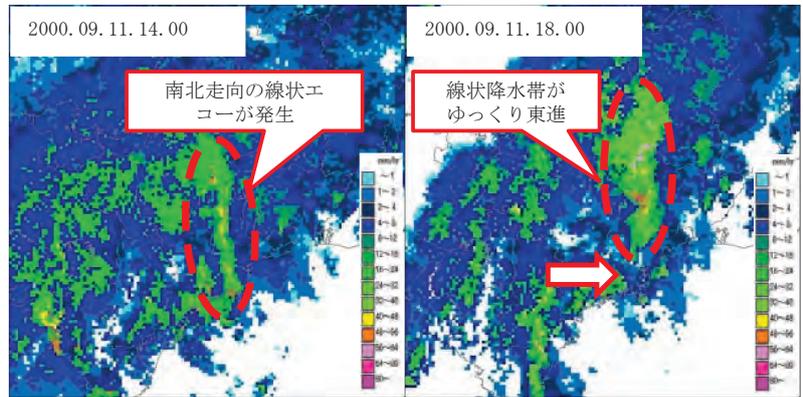
第2.3.2.28図 2011年9月20日9時と2000年9月12日9時の地上天気図（青実線は台風経路）



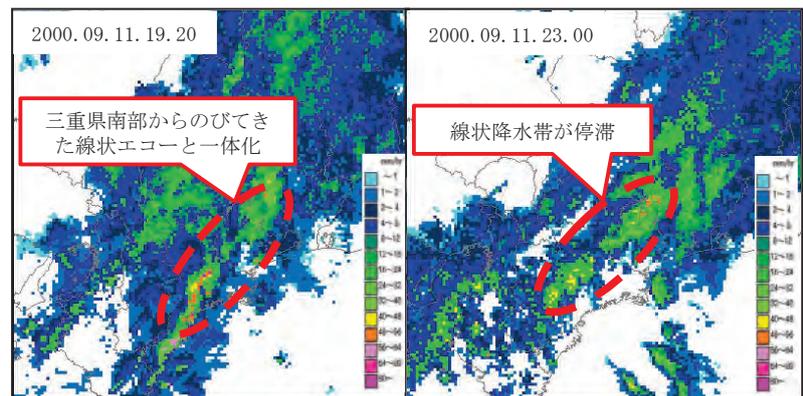
第2.3.2.29図 2011年9月20日9時と2000年9月12日9時の500hPa高層天気図（青実線は5880m等高度線）

気圧西側の縁辺流と台風東側の強い暖湿流が持続する状態が続き、濃尾平野を中心に線状降水帯を形成し大雨をもたらす東海地方の大雨パターンである。南南西から北北東走向の降水帯が停滞した

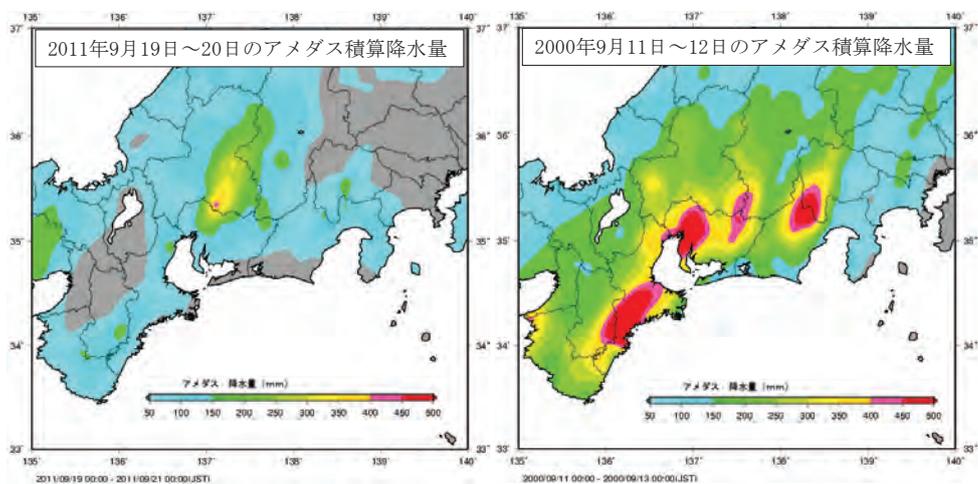
ことなど共通点もあるが、今回の大雨は東海豪雨時と比較し台風や高気圧の勢力が弱く、降水量や雨の降り方に違いがあった。



第2.3.2.30図 2000年9月11日14時と18時の合成レーダー降水強度



第2.3.2.31図 2000年9月11日19時20分と23時の合成レーダー降水強度



第2.3.2.32図 2011年9月19日～20日と2000年9月11日～12日のアメダス積算雨量

2.3.3 災害状況

2.3.3.1 東海地方における被害状況*

(1) 東海地方の被害の概要

各県の被害を第2.3.3.1表から第2.3.3.3表に示す。愛知県では死者4人、負傷者8人、岐阜県で死者2人、行方不明者1人、負傷者5人、静岡県で死者3人、負傷者155人の人的被害が発生した。愛知県の死者は、河川増水によるものが3人、強風によるものが1人、岐阜県の死者は、河川増水によるものが1人、土砂崩れによるもの1人で、行方不明者1人は水路に流されたことによるものである。静岡県での死者は、土砂崩れ、河川増水、高波によるものであった。また、住居被害については愛知県と岐阜県では大雨による被害が多く、床上浸水は愛知県で239棟、岐阜県で214棟、床下浸水は愛知県で572棟、岐阜県で470棟であった。この浸水による被害のほとんどは、庄内川の沿川の市町で発生しており、床上浸水被害が多かったのは、愛知県では春日井市161棟、名古屋市61棟、岐阜県では多治見市159棟などである(第2.3.3.1図)。

静岡県では床上浸水が34棟、床下浸水が73

棟であった。また、住家全壊・半壊・一部破損1,514棟の被害が発生した。他県に比べ、御前崎で最大瞬間風速45.1m/sを観測する等、沿岸部を中心に各地で極値を更新する非常に強い風によって被害が出たほか、山地を中心に各地で極値を更新する記録的な大雨により崖くずれ等による被害も多く発生した(写真2.3.3.1)。

岐阜県の多治見市では、大量に降った雨が水位の上昇した庄内川に流れ込めず、そのまま溜まっていったため、内水氾濫が発生した。

(2) 愛知県の洪水害の状況

名古屋市守山区にある庄内川の志段味水位観測所では、9月20日朝からの大雨により急激に水位が上昇し、20日11時30分には避難判断水位、11時40分にははん濫危険水位を超え、13時50分には最高水位6.87mに達した。これは平成12年9月11日から12日に発生した東海豪雨の既往最高水位6.32mを超える水位であった。また、11時40分から17時50分まで約6時間10分にわたって5.50mの「はん濫危険水位」を超過する洪水となった(第2.3.3.2図)。このため、庄内川左

第2.3.3.1表 愛知県の被害状況(平成23年12月15日現在 愛知県調べ)

市町村名	人的被害			住家被害					非住家被害	
	死者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
		重傷	軽傷							
名古屋市	3	2	2			4	61	317		
瀬戸市			1				3	5		
春日井市							161	157		
犬山市							1	2		
小牧市							1	13		
稲沢市	1									
尾張旭市								1		
日進市								1		
長久手町							1	6		
豊山町								2		
岡崎市						2	5	15		
碧南市			1							
安城市								1		
西尾市								5		
知立市			1							
幸田町							1	1		
新城市								19		
豊橋市						48	5	24		1
豊川市						11		3		
田原市			1			4				1
計	4	2	6			69	239	572		2

第2.3.3.2表 岐阜県の被害状況(平成23年12月15日現在 岐阜県調べ)

市町村名	人的被害				住家被害					非住家被害	
	死者	行方不明者	負傷者		全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
			重傷	軽傷							
岐阜市							1				
岐南町										1	
笠松町										6	
多治見市	1		1				1	159	181	3	
中津川市							1		3		
瑞浪市									7		1
惠那市								1	15		4
土岐市								6	34		
美濃市											1
美濃加茂市				1				9	4		7
可児市				1		1	2	7	54		60
坂祝町									1		5
川辺町									1		
八百津町				1	1		2	4	70		
白川町		1					1	14	25	27	4
東白川村								3	17		
御嵩町	1			1		2		11	55	1	2
下呂市									3		
計	2	1	1	4	1	3	8	214	470	38	84

* 名古屋地方気象台 平野 貴嗣(現 津地方気象台)、日吉 純一(現 富山地方気象台)、内山 秀明、岡田 健一

第2.3.3.3表 静岡県内の被害状況（平成23年12月15日現在 静岡県調べ）

市町名	人的被害			住家被害					非住家被害		崖くずれ
	死者	負傷者		全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他	
		重症	軽傷								
静岡市	1	2	19	2	4	179				8	
浜松市		1	33			2	24	24		14	
沼津市	1		10			70	1	7	32	30	
熱海市		1				3		1	1	1	10
三島市			4			118		4		2	7
富士宮市						60	5	23		1	
伊東市			5		1	12		1			7
島田市						15					3
富士市	1	3	8								
磐田市		1	19			3					
焼津市			4			45					
掛川市			5			862			51		28
藤枝市			1			4					4
御殿場市			4			8		1		1	
袋井市		3	9				1				
下田市		1			1						
御前崎市			8			19					
裾野市			2						2		2
湖西市								3			
伊豆市						5		3	1		2
菊川市			1			21					
伊豆の国市			1			10	3	5			
牧之原市			1		1	16			21	3	
東伊豆町			1			1					
河津町			1							1	3
南伊豆町						1				4	
松崎町											1
西伊豆町			1			6		1			
函南町						1					
清水町			5			7			14		2
小山町					1	26					
吉田町			1			3				2	
森町						7					
計	3	12	143	2	8	1504	34	73	122	67	69



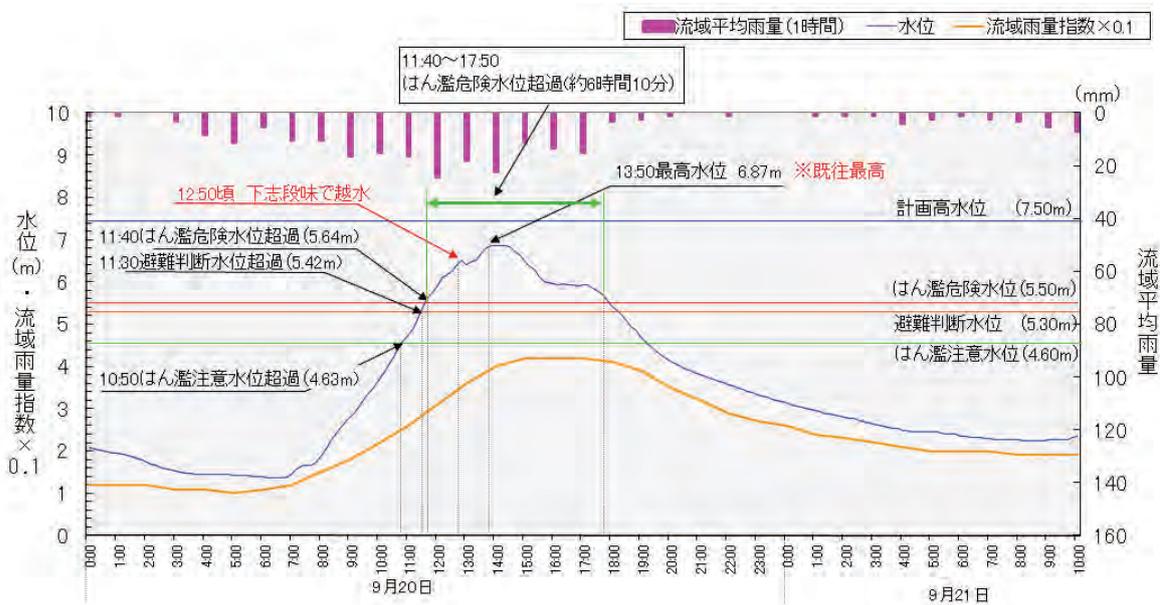
第2.3.3.1図 庄内川沿河市町の床上・床下浸水棟数（平成23年12月15日現在）



写真 2.3.3.1 静岡市清水区布沢の土砂崩れ
静岡県交通基盤部河川砂防局提供：9月23日撮影

岸 31.6 km 付近 (名古屋市守山区志段味地先) では、堤防からの越水により約 20ha が浸水した (写真 2.3.3.2)。

庄内川の志段味水位観測所付近の流域雨量指数は、水位に比べて上昇が緩やかで 9 月 20 日 15 時頃ピークに達した。既往最大が東海豪雨時の 48 であるが今回の大雨では流域平均雨量が少なかったため、指数値は 42 となり、そこまで至らなかった。



第 2.3.3.2 図 庄内川志段味水位観測所の水位と志段味水位観測所付近の流域平均雨量及び流域雨量指数 (オレンジ線)
平成 23 年 9 月 20 日 00 時 00 分～9 月 21 日 10 時 00 分



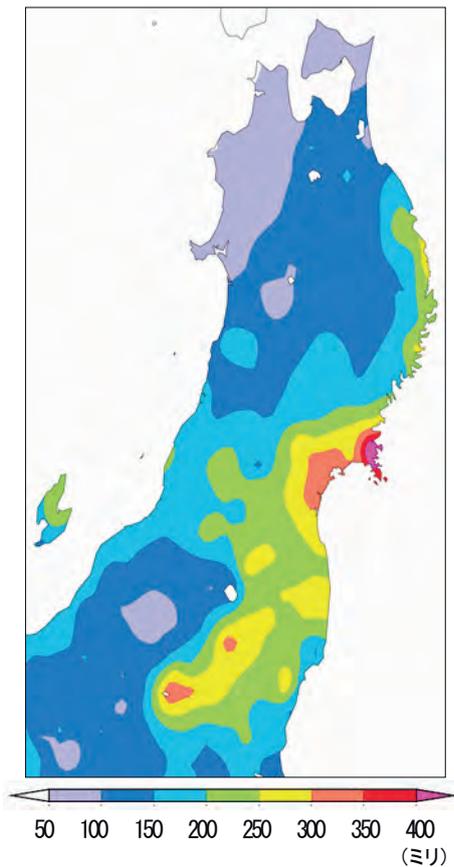
写真 2.3.3.2 庄内川左岸 31.6km 付近 (守山区下志段味地先) の堤防を越水する状況
(9 月 20 日 12 時 50 分頃, 庄内川河川事務所提供)

2.3.3.2 東北地方における災害の状況*

(1) 大雨による災害の状況

東北地方の9月20日00時から22日06時にかけての総降水量分布を第2.3.3.3図に、また、総降水量が特に多かった観測地点を第2.3.3.4表にそれぞれ示す。各県の主な地点の総降水量は、岩手県では岩泉町小本で273.0ミリ、釜石市で267.5ミリ、宮城県では石巻市雄勝で532.5ミリ、女川町で452.5ミリ、福島県では福島市鷲倉で280.0ミリ、福島市で271.0ミリとなった。総降水量が最も多かった宮城県石巻市雄勝の532.5ミリは、平年の年間降水量の約3分の1に相当し、また同地点における21日の日降水量430.5ミリは観測開始(1976年)以来、第1位となった。

東北地方では、太平洋側南部を中心に山・崖崩



第2.3.3.3図 アメダスによる総降水量分布図
9月20日00時から22日06時まで、単位：ミリ

れ、河川のはん濫、家屋の全壊・損壊や浸水などが発生し、人的被害もあった。東北地方の被害状況を第2.3.3.5表に示す。

人的被害の死者は、岩手県二戸市で住宅の裏山が崩れて住宅にいた女性1人が死亡し、宮城県仙台市で下水が吹き出しているとの通報を受け現場の確認に向かった仙台市職員2人が流されて死亡したものである。

住家の被害は、全壊が青森県1棟、岩手県2棟、宮城県3棟、福島県20棟、半壊が青森県69棟、宮城県202棟、福島県1,290棟に上った。また、

第2.3.3.4表 総降水量250ミリ以上を観測した地点
単位：ミリ

都道府県	市町村	アメダス地点名	総降水量(ミリ)	都道府県	市町村	アメダス地点名	総降水量(ミリ)	
岩手県	岩泉町	小本	273.0	宮城県	加美町	加美	288.5	
	釜石市	釜石	267.5		東松島市	東松島	283.5	
	久慈市	下戸鎖	255.0		南三陸町	志津川	273.0	
宮城県	石巻市	雄勝	532.5		蔵王町	蔵王	265.5	
	女川町	女川	452.5		登米市	米山	261.5	
	名取市	名取	332.0		丸森町	丸森	257.5	
	大崎市	鹿島台	331.0		仙台市	泉ヶ岳	254.5	
	仙台市	仙台	318.0		福島県	福島市	鷲倉	280.0
	塩竈市	塩釜	316.5			福島市	福島	271.0
	大衡村	大衡	307.5	川内村		川内	270.0	
	石巻市	石巻	302.0	浪江町		浪江	269.5	
	岩沼市	岩沼	294.0	白河市		白河	267.5	
	亘理町	亘理	293.0	新地町		新地	260.5	

第2.3.3.5表 東北地方の被害状況(平成23年12月15日現在 消防庁調べ)

区分	人的被害				住家被害					山崖崩れ箇所
	死者	行方不明者	重傷者	軽傷者	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	
都道府県	人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	箇所
青森県	0	0	0	1	1	69	4	128	105	0
秋田県	0	0	0	0	0	0	1	0	2	5
岩手県	1	0	0	2	2	1	7	139	197	24
山形県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
宮城県	2	0	0	3	3	202	8	647	2,307	291
福島県	0	0	0	4	20	1,290	166	242	324	0
合計	3	0	0	10	26	1,562	186	1,156	2,935	320

* 仙台管区气象台 吉田 薫, 三浦 誠, 村元 賢一

非常に激しい雨が降ったことに加え、台風の接近と満潮が重なったため、沿岸部を中心に浸水被害が多数発生した。床上浸水は、青森県128棟、岩手県139棟、宮城県647棟、福島県242棟、床下浸水は宮城県が最も多く2,307棟、東北地方で合わせて2,935棟に上ったほか、農地や道路の冠水も各地で発生した。宮城県の浸水被害の状況を第2.3.3.6表に示す。宮城県の沿岸部では、非常に激しい雨となった21日夕方から浸水被害が出始めたが、3月の東北地方太平洋沖地震により地盤が大きく沈下していることに加え、潮位の上昇によって排水能力を超えたため浸水被害が拡大したと考えられる。

農林水産業関係では、施設の冠水や浸水などにより大きな被害を受け、被害額は青森県で1,453,707千円、岩手県で186,910千円、宮城県で1,248,281千円に上るなど大きな被害となった。土木関係の被害額は、青森県2,254,200千円、岩手県186,910千円、宮城県1,205,060千円、福島県4,302,000千円に上った（各県調べ）。

第2.3.3.6表 宮城県の浸水被害の状況（平成23年12月1日現在 宮城県調べ）

市町村	床上浸水	床下浸水
	棟	棟
塩竈市	194	247
松島町	146	165
仙台市	45	161
多賀城市	45	269
女川町	35	191
利府町	25	34
石巻市	16	781
亶理町	2	10
東松島市	0	5
角田市	9	57
大崎市	87	145
柴田町	23	104
大河原町	13	68
大郷町	6	17
登米市	0	14
美里町	1	28
白石市	0	1
村田町	0	3
丸森町	0	3
大衡村	0	1
加美町	0	3
合計	647	2,307

(2) 東北地方の高潮による被害の概要

台風第15号の接近・通過に伴って東北地方の太平洋側では高潮が発生し、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の影響で地盤沈下の大きかった沿岸部(第2.3.3.4図参照)を中心に、住宅等の床上・床下浸水や道路、港湾施設、農地等の冠水が発生した。

台風は、9月21日14時頃に静岡県浜松市付近に上陸後、北東に進み、同日夜のはじめ頃に東北地方南部を通過し、夜遅くには三陸沖に達した(第2.3.3.5図参照)。

台風の接近・通過に伴って東北地方の太平洋沿岸の地域では高潮が発生し、岩手県宮古市の最大潮位偏差は119cm、最高潮位(標高)は142cmに達した。

地盤沈下の大きかった宮城県石巻市鮎川における潮位と潮位偏差を第2.3.3.6図に示す。

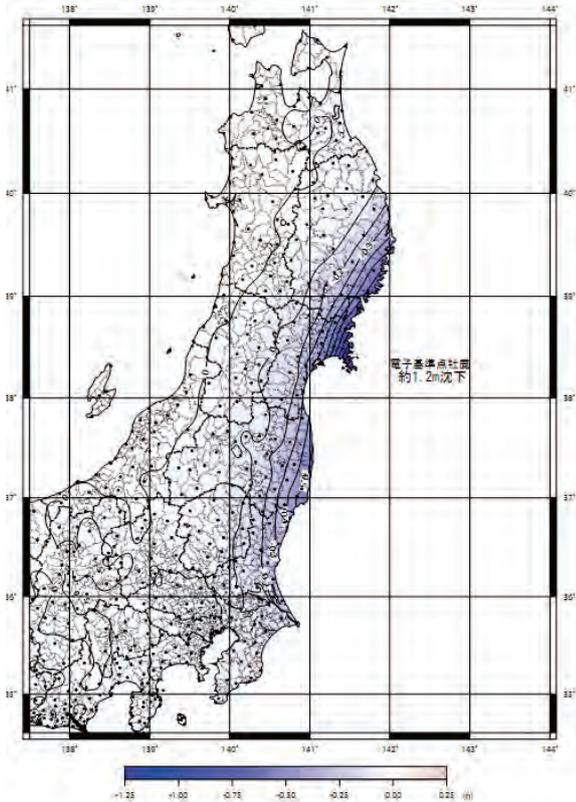
台風の接近に伴って21日午後から次第に潮位が高くなり、満潮時刻の19時頃には警報基準の90cmを超え、台風が最接近した21時45分には103cmの最高潮位を観測した(第2.3.3.7表参照)。

牡鹿半島付近の地盤沈下量が約100cmであることを考慮すると、鮎川の最高潮位103cmは、震災前の約200cmに相当する顕著な高潮となった。

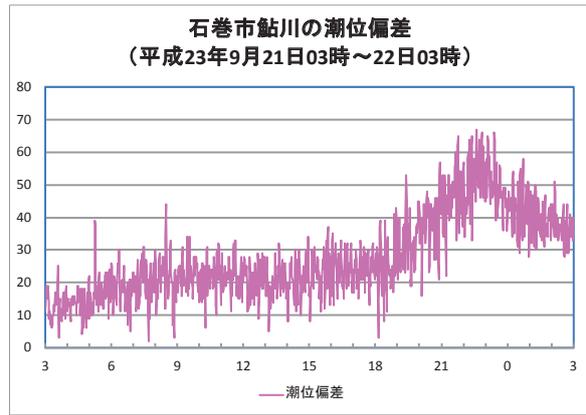
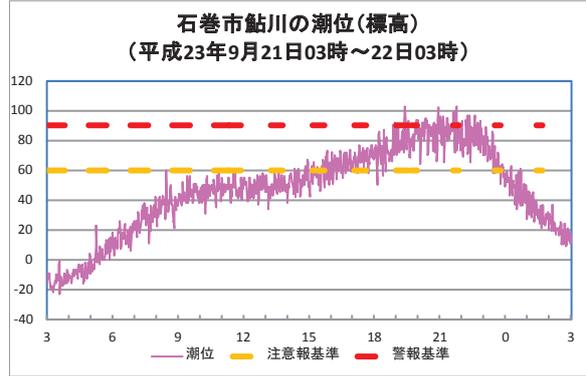
この高潮により東北地方の太平洋沿岸の地域や旧北上川下流河岸の地域の広い範囲で、約4,000棟にのぼる床上・床下浸水が発生したほか、道路や農地等の冠水が発生した。

東北地方の太平洋沿岸の地域では、震災後の応急復旧対策として仮設の防潮堤や排水ポンプが整備されつつあったが、台風第15号の接近が満潮時刻と重なったことに加えて、石巻市雄勝では1時間に30ミリ程度以上の雨が7時間連続するなど、沿岸市町村では排水能力を超える激しい雨が続いたため、浸水域が拡大することとなった。

なお、気象台は、高潮等による浸水被害を軽減する対策に活用していただくことを目的に、地盤沈下の大きい宮城県を中心とした沿岸市町村及び防災関係機関に対して潮位・雨量予想図や浸水予測マップ等、新たな支援情報の提供を行った。

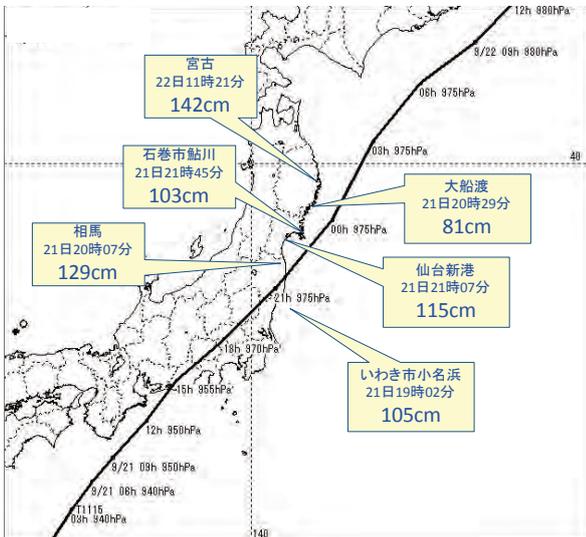


第2.3.3.4図 平成23年3月11日の地震による地盤沈下量(国土地理院提供)



第2.3.3.6図 石巻市鮎川の潮位変化(上段)と潮位偏差(下段)

平成23年9月21日03時～22日03時
値は標高(単位 cm)



第2.3.3.5図 台風第15号の経路と主な地点の最高潮位(経路上の記述は日時と台風の中心気圧)

第2.3.3.7表 平成23年台風第15号による最大潮位偏差と最高潮位(単位 cm)

観測地点	都道府県	最大潮位偏差		最高潮位	
		(cm)	起時	(標高, cm)	起時
小名浜(臨時)	福島	76	21日 19:02	105	21日 19:02
相馬	福島	85	21日 20:07	129	21日 20:07
仙台新港	宮城	78	21日 21:07	115	21日 21:07
鮎川(臨時)	宮城	67	21日 22:35	103	21日 21:45
大船渡(臨時)	岩手	62	22日 00:41	81	21日 20:29
宮古(臨時)	岩手	119	22日 05:43	142	22日 11:21

2.3.3.3 首都圏での交通機関への影響*

今回の台風第15号は、強い勢力を保ったまま9月21日14時頃静岡県浜松市付近に上陸し、その後も北東に進んだため、首都圏では昼過ぎから広い範囲で暴風となった。

首都圏では、早いところでは20日のうちに強風注意報を発表し、21日朝から順次暴風警報に切り替えて警戒を呼びかけた。21日は、東京都の大田区羽田では15時、江戸川区臨海では17時には平均風速20m/sを超え、場所によっては夜のはじめ頃まで非常に強い風が続いた。このため、東京近郊の鉄道各線のほとんどで、昼過ぎから夜遅くにかけて運転見合わせとなった。

台風の影響を考え、多くの企業で就業時間繰り上げの措置が執られたが、運転見合わせの影響の少なかった午前中に帰宅を開始したところが少なかったため、多くの帰宅困難者が発生した。特に大規模なターミナル駅では、家路を急ぐ人によりバスやタクシーなどを待つ長い列ができた。(写真2.3.3.3)

その他、道路については、静岡県などで路肩崩落や崩土により通行止めが発生し、埼玉県などでは道路冠水が発生した。また、航空機では、成田空港発着便を中心に500便以上の欠航が発生し、羽田空港ではフェンスが約200m倒壊するなど、航空機の運航に大きな影響を与えた。また、船舶の欠航や港湾施設の破損など、船舶の航行にも大きな影響を与えた。



写真 2.3.3.3 渋谷駅周辺の様子
平成23年9月21日撮影 画像提供：NHK

2.3.4 防災気象情報の発表と今後の課題**

2.3.4.1 名古屋地方気象台

台風第15号は、平成23年9月21日の昼過ぎに愛知県に最接近したが、県内で被害が発生したのは、非常に激しい雨が降った9月20日で、主な被害は、死者4人、床上浸水239棟、床下浸水572棟であった(平成23年12月15日愛知県調べ)。このうち、名古屋市では死者3人、床上浸水61棟、床下浸水317棟の被害となった。ここでは、庄内川が避難判断水位に達したこと等から、およそ109万人の住民を対象に避難勧告が発令された名古屋市を中心に、防災気象情報の発表と今後の課題を検証する。

(1) 防災気象情報の発表状況

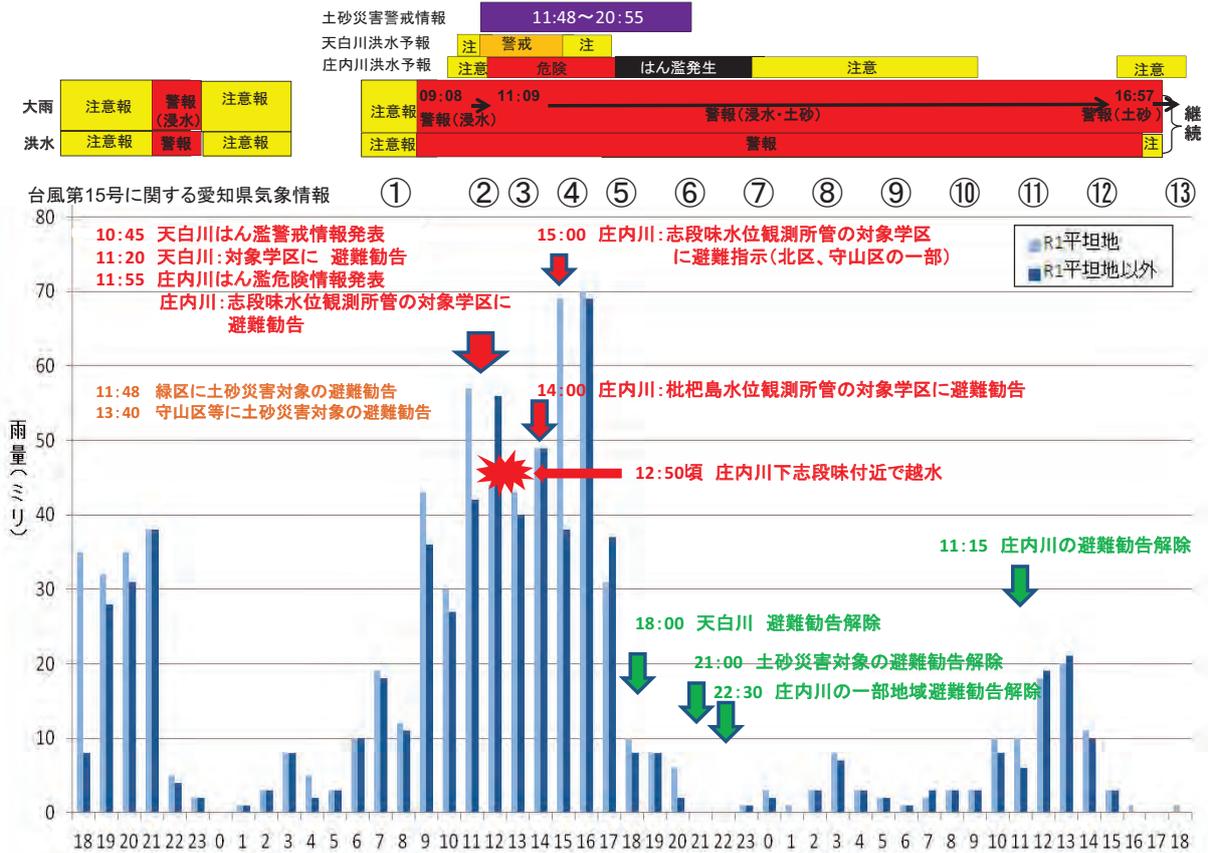
名古屋地方気象台が名古屋市を対象に発表した大雨と洪水の警報・注意報、指定河川洪水予報、土砂災害警戒情報等の防災気象情報と1時間雨量(解析雨量)及び名古屋市での避難勧告等の経過を第2.3.4.1図に示す。9月20日7時15分には台風第15号に関する愛知県気象情報の第1号を発表し、9時8分には名古屋市に1時間最大雨量50ミリの予想で大雨(浸水害)・洪水警報を発表した。そのおよそ2時間後の11時00分に名古屋市の平坦地での1時間雨量が大雨警報と洪水警報の基準値である50ミリを超過し、12時50分頃に庄内川で越水が発生した。

(2) 名古屋市の防災対応への支援

名古屋地方気象台では、大雨等により災害が発生しやすい状況が予想された場合には、名古屋市の防災担当者に対して今後の気象状況について電話等による連絡を行っている。また、大雨等により甚大な気象災害の危険性が切迫していると判断した場合に、該当する市町村へ気象台の危機感を電話で直接伝える能動的ホットラインの運用を平成23年11月1日から開始する予定としていたが、台風第15号に伴う大雨時に試行的に運用し、9月20日に名古屋市を含む8市町に対して延べ

* 予報部予報課 太白 智子

** 名古屋地方気象台 上杉 和哉(現 東京管区気象台)、日吉 純一(現 富山地方気象台)、川端 昇、岡田 健



第 2.3.4.1 図 名古屋市を対象に発表した防災気象情報と解析雨量及び名古屋市の避難勧告等の経過
丸数字は台風第 15 号に関する愛知県気象情報の発表番号を示す。

9 回，9 月 21 日に 8 市町村に対して延べ 9 回実施した。この能動的ホットラインでは，当該市町村の過去の災害履歴のほか，規格化版流域雨量指数や土壌雨量指数の履歴順位などを総合的に判断し，水害や土砂災害に一層警戒するように伝えた。

(3) 防災気象情報の改善に向けた課題

9 月 20 日 15 時 38 分に発表した台風第 15 号に関する愛知県気象情報第 4 号では，「2000 年東海豪雨並みの総雨量となるおそれがある」のキーワードを入れ，気象台の危機感を伝えた。これについて，県内の市町村の防災担当者に聞き取り調査を行った結果，東海豪雨で災害が発生した名古屋市等の防災担当者からは，「東海豪雨は認識しており，おおむね危機感は共有できた」との意見があった。しかし，東海豪雨で災害が発生しなかった東三河南部の市町の防災担当者からは，「①東海豪雨当時，隣町で災害が発生し，自町にも災害

の危機が迫った経験からこのキーワードは有効である。②東海豪雨については，認識はあるが，当時近隣の市町村にも災害がなかったので実感がなく降水量の予想のほうに分かる。」との二つの別れた意見があった。このことから，災害経験の有無により，「東海豪雨」のキーワードから抱く危機感に違いのあることが分かった。

名古屋市では防災担当の職員が多く，気象台が発表する情報は内容を全て確認しているが，一部の市町村からは防災部局は担当職員が少なく気象情報の内容を全て確認することは難しいとの意見があった。このことから府県気象情報にキーワードを記載するときは，「見出し」に記載するなどの工夫が必要である。

名古屋市等の能動的ホットラインを実施した県内の市町村からは，「気象台から直接電話があると一層の警戒感を高めることができるので大変有り難い」との意見があった。

(4) 今後の改善の取り組みに向けて

重大な災害の発生が差し迫っていると考えられるときに、気象情報に地域における過去の大きな被害をもたらした災害を引用して記述することは、気象台のもつ危機感を市町村の防災担当者に伝えることに有効であり、ひいては住民の安全確保行動に結びつくものと考えられる。このことから、平常時から地域の過去災害事例を抽出する作業を進めるとともに、抽出した過去災害をもとに災害知識や防災気象情報についての一層の普及啓発に取り組んでいる。

能動的ホットラインについては、平常時から地域の過去の顕著な災害事例をもとにした災害特性について市町村の防災担当者へ説明を行うとともに、非常時にあっては過去の災害事例をもとに地域の災害特性を踏まえて、適切なタイミングで市町村の責任ある立場の管理職に直接連絡する運用を行うこととしている。

2.3.4.2 仙台管区気象台*

平成23年9月21日14時頃、静岡県浜松市付近に上陸した台風第15号は、その後も北東へ進み、9月21日夜遅く福島県付近を通過し、9月22日未明に三陸沖へ達した。

台風の北上に伴って宮城県では、活発化した前線の影響による雨が9月20日から降り続き、台風が最も接近した9月21日夜には沿岸部を中心に非常に激しい雨となり、降り始め(9月20日00時)からの総雨量が石巻市雄勝で500ミリを超える記録的な大雨となった。この大雨に加え、平成23年3月11日に発生した「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」により地盤沈下量が大きかった沿岸部では、台風の接近と満潮時刻が重なったため、高潮による床上・床下浸水などの被害が多数発生し、東松島市、石巻市など合わせて約11,000世帯、約30,000人に対して避難指示や避難勧告が発令された。

東北地方の各県では、東日本大震災等の影響を考慮して、①地震による地盤の緩みを考慮して揺れの大きかった地域の土砂災害を対象とする大雨

警報・注意報、土砂災害警戒情報の発表基準を引き下げて運用、②地震や津波による堤防や排水施設等の被害を考慮して洪水警報・注意報、浸水害を対象とする大雨警報・注意報や指定河川洪水予報の発表基準を引き下げて運用、③地盤沈下及び海岸堤防や排水施設等の被害を考慮して高潮警報・注意報の発表基準を引き下げて運用している。

ここでは、市町村を訪問し聞き取り調査を行った結果を参考に、台風第15号接近・通過時の市町村の防災対応・防災体制や、気象台が発表した防災気象情報の利活用状況を考察しながら、課題や改善策を検討する。

(1) 防災気象情報の発表状況

降り始めからの総雨量が300ミリを超えた宮城県沿岸部の石巻市の雨量の推移と防災気象情報の発表状況を、第2.3.4.2図に示す。

仙台管区気象台は9月20日11時35分に、栗原市(東部・西部)、白石市、蔵王町、川崎町及び七ヶ宿町の5市町を対象に大雨警報(土砂災害)を発表した。その後、9月20日17時46分には、仙台市(東部・西部)や石巻市、気仙沼市を含む30市町村に大雨警報(土砂災害)を発表し、さらに、台風が東海地方に上陸する直前の9月21日13時21分には、大雨警報(浸水害)や暴風警報を発表するとともに、沿岸部の市町には波浪警報、高潮警報を発表し、警戒を呼びかけた。

土砂災害警戒情報については、9月21日1時14分に東松島市、大崎市東部、松島町及び美里町を対象に発表した第1号を皮切りに、9月21日19時08分に大崎市西部、村田町、柴田町、七ヶ浜町、色麻町及び加美町を追加した第10号までで県内全市町村を対象に発表し、台風が通過した9月22日未明から朝にかけて全て解除した。

指定河川洪水予報については、9月21日6時45分の名取川はん濫注意情報を皮切りに、吉田川、江合川、鳴瀬川、阿武隈川下流、旧北上川及び迫川に対して発表し、はん濫の警戒や危険を呼びかけた。

宮城県気象情報については、9月20日6時18

* 仙台管区気象台 三浦 誠



第 2.3.4.2 図 石巻市の雨量の推移と防災気象情報の発表状況

分の大雨に関する宮城県気象情報第1号から発表を開始し、同日11時59分発表の平成23年台風第15号に関する宮城県気象情報第1号から9月22日7時00分発表の第11号まで計12回発表し、大雨や暴風、高潮などに対する警戒を呼びかけた。

(2) 東日本大震災後の復旧・復興対応機関向け気象支援情報の提供

東日本大震災後の平成23年4月27日から気象庁ホームページの東日本大震災関連ポータルサイトに、市町村ごとの「復旧担当者・被災者向け気象支援資料」を掲載している。台風第15号の際にも、この支援資料の〈天気変化等の留意点〉の欄に、大雨の見込みや土砂災害、低い土地の浸水や河川の増水への警戒、暴風や高波、高潮への警戒について9月20日昼の支援資料から記載し、被災者や復旧担当者へ警戒を呼びかけた。

平成23年5月9日に仙台管区気象台予報課に設置の「東日本大震災復旧・復興対応気象支援班」から関係機関や市町村に対し、翌日または当日の「大雨の予想」や、主な港湾の潮位の予想に3時間毎の予想雨量を重ねた「潮位・雨量予想図」、地震による地盤沈下の影響で大潮期間を中心とした満潮時に浸水が予想される地域を示した「浸水予測マップ」などを提供している。台風第15号

の接近でも、道路の通行止め等の判断や避難勧告対象地域の絞り込みなど防災対応に利用された。

(3) 市町村ホットラインによる気象解説

市町村の防災担当者からホットラインを使っての仙台管区気象台予報課への問い合わせは、台風第15号がまだ九州の南にあった9月20日午前中から始まり、9月23日午後までに宮城県、仙台市、岩沼市、石巻市などから延べ26回の問い合わせがあった。問い合わせのピークは9月21日の13回で、今後の雨や風の見通し、土砂災害警戒情報、洪水警戒の見通し等について解説した。

(4) 市町村訪問による聞き取り調査の結果

台風第15号の通過後、宮城県内8市12町を訪問し、大雨や暴風、高波、高潮等による被害の状況や市町村の防災体制、避難勧告等の発令状況の調査と、気象台が発表した防災気象情報の利活用状況等について聞き取りを実施した。自治体が避難勧告等を発令する判断材料は、①河川の水位実況や河川工事事務所からの電話による助言（ホットライン）、②被害が発生した、あるいは（消防団の見回りや住民等からの情報により）被害が発生しそうな状況の入手、③気象レーダーや降水ナウキャスト等降雨の実況、④気象台が発表した防

災気象情報というのが実態であった。ここでは、沿岸部で大雨となった石巻市や、気仙沼市で聞き取った結果を記載する。

石巻市の防災担当者は、気象台から提供された潮位や雨量の予想をもとに、災害対策本部会議において、明るいうちの避難完了のためには15時を目途に避難勧告を行う必要があることを進言したが、災害対策本部会議メンバーに予想の確度や切迫感が伝わらなかったため、一旦、ホットラインで気象台に問い合わせたのち、気象台の助言を参考に次の災害対策本部会議で、台風の最接近と強雨の時間帯が重なるため厳重な警戒が必要であると説明し、避難勧告が決定された。後日の聞き取りでは、気象台の予報官をリエゾンとして派遣し、市の災害対策本部で説明してもらえれば、明るいうちに避難ができたかも知れないとの意見があった。

気仙沼市の防災担当者から気象台への問い合わせ等はなかったが、市内複数の場所で冠水が始まったことや住民が自主避難を始めつつあること、市内を流れる渋抜川が越水して被害が拡大するおそれがあったことから、9月21日18時45分に避難勧告を発令した。警報発表のタイミングについてはおおむね適切で、早めに対策を講じることができたとの意見だった。

石巻市、気仙沼市に共通のこととして、台風第15号接近前に提供した「浸水予測マップ」は、非常に有効であったと評価されていた。

(5) 防災気象情報の今後の課題

警報発表のタイミングについては、台風本体の

雨が降り始める前に、前線による雨で既に警報が発表されており、特段の問題はなかった。府県気象情報においては、危険度が増した時点（9月21日17時09分）で見出しの部分に「最大級の警戒」といったキーワードを記述したが、「最大級の警戒」のような漠然とした表現では住民に気象台の抱いている切迫感が伝わりにくいと意見があるため、そのような意見を反映すべく市町村ごとの災害データベース（既存の「市町村カルテ」）の更新を随時行っている。

気象台とのホットラインについては、自治体では繁忙時に気象台へ問い合わせている余裕がなく、PULL型の利用は難しいとの意見があった。判断に迷った時ほどホットラインを用いることで気象状況の解説や予測を速やかに入手できることを説明し、一層の利活用促進を図ることが必要で、市町村訪問時など機会あるごとに利用促進に努めている。また、気象台から自治体へ連絡するホットラインをさらに推進することや、気象台側の体制を考慮しつつ、自治体の災害対策本部等へリエゾンを派遣し気象解説を行うことなども検討している。

東日本大震災後、新たに「さいがいFM局」*へ防災情報提供システムのID、パスワードを配布したが、ある「さいがいFM局」からは月に3,000～5,000回のアクセスがあったことをみても、防災情報提供システムは、ユーザーにとって非常に有効な情報入手アイテムであると考えられ、機会あるごとに防災情報提供システムの一層の利用促進に努めている。

* 臨時災害放送局のことで、放送法第3条の5に規定する「臨時かつ一時の目的のための放送」（臨時目的放送）のうち、「暴風、豪雨、洪水、地震、大規模な火事その他による災害が発生した場合に、その被害を軽減するために役立つこと」を目的とする放送を行う放送局をいう。

