

第1章 実例に基づいた予報作業の例

1.1 はじめに*

平成27年(2015年)7月29日に交通政策審議会気象分科会で『『新たなステージ』に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方』(以下、「気象分科会提言」)が取りまとめられた。気象分科会提言では、社会に大きな影響を与える現象については、可能性が高くなくともその発生のおそれを積極的に伝えていくことが提言された。その具体的な対応として、新しい防災気象情報である、明後日以降の警報級の現象になる可能性(以下、「警報級の可能性(明後日以降)」)と明日までの警報級の現象になる可能性(以下、「警報級の可能性(明日まで)」)、これと「警報級の可能性(明後日以降)」を総称して「警報級の可能性」を提供することとし、平成28年度は試行を行い、平成29年度から運用を開始する。

予報技術研修テキスト(以下、「研修テキスト」)では、その時々々の予報作業環境や予報技術の変化を踏まえて、気象庁における予報業務の標準的な作業について解説を行ってきた。本章では、新たに運用を開始する「警報級の可能性」について、雨に関する新しい予報作業のシミュレーションを行い、「警報級の可能性」の発表に関する標準的な予報作業や検討例を主に解説する。事例としては、平成27年度に発生した気象災害の中でも甚大な被害が発生した「平成27年9月関東・東北豪雨」のうち関東地方の大雨(9月9~10日)を対象とする。平成27年9月関東・東北豪雨は、平成27年(2015年)9月9日から11日にかけて、台風第18号や台風第17号の影響で関東地方と東北地方では記録的な大雨となった。

1.2節では、「警報級の可能性」の概要、1.3節では、平成27年9月関東・東北豪雨の概要、1.4節では、関東地方の大雨(9月9~10日)を対象とした「警報級の可能性(明後日以降)」の検討(9月4~7日の予報作業)、1.5節では、「警報級の可能性(明日まで)」の検討(9月8日5時予報作業)を順次述べる。

1.2 「警報級の可能性」の概要*

気象分科会提言では、防災気象情報に関する現状と課題として、いくつかの課題が挙げられている。その中で、本章と関連するものは次の2つがある。

国土交通省がとりまとめた「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」においては、いわゆる「スーパー台風」などに伴って発生する暴風、高潮、長期にわたる大雨による大規模水害時等における広域避難や救助等への備えの充実の必要性が指摘されており、これへの対応を円滑に行うためには、災害が発生することを前提として、対応に従事する関係者間で、「いつ」、「誰が」、「何をするか」を時間軸に沿って整理し、予め合意して文書化した「タイムライン(時系列の防災行動計画)」(第1.2.1図)を策定する必要があるとされている。タイムラインには、準備やその実施のために数日前から対応を必要とする事項(例えば広域避難等)も含まれていることから、それらを支援できる防災気象情報の提供が必要となってくる。現状の台風に関する情報では、風速25m/s以上の暴風に関する数日先の予測は提供しているものの、その他の現象については、週間天気予報において雨が降るかどうかの予報を提供しているに過ぎない。このため、台風等を想定したタイムラインによる防災対応を支援するためには、数日先までの予測に関する防災気象情報の提供の強化が望まれる。

夜間の避難は困難を伴うことから、これを回避するため、夕方の段階で住民が避難や避難の準備を行うなど、暗くなる前の行動の判断を促す必要がある。気象庁は、前日の夕方に大雨注意報を発表している

*竹田 康生(気象庁予報部予報課)

が、夜間の避難を回避するため、及び暗くなる前の市町村における体制確保の判断を支援するため、確度が高くなるとも警報級の現象になる可能性があるなど、早い段階から一段高い呼びかけの実施について考えていく必要がある。

上記の課題のうち、への対応が、「警報級の可能性(明後日以降)」の提供である。「警報級の可能性(明後日以降)」では、週間天気予報の発表(毎日11時、17時)に合わせて、明後日から5日先まで、日ごとに警報級の現象が生じる可能性を、「-」「中」「高」のいずれかで提供する。また、への対応が、翌日までの「警報級の可能性(明日まで)」の提供である。「警報級の可能性(明日まで)」は、府県天気予報の発表(毎日5時、11時、17時)に合わせて、夜間に警報級の現象が生じる可能性などを提供する。「警報級の可能性(明日まで)」については、定時以外にも、特別警報・警報・注意報発表時に必要に応じて提供する場合がある。「警報級の可能性」プロダクトの詳細については、平成27年度予報技術研修テキストを参照されたい。

災害対応のスケジュール表“タイムライン”

○タイムラインとは、災害が発生することを前提として、関係者が事前にとるべき行動を「いつ」「誰が」「何をするか」に着目して時系列で整理したもの。



第1.2.1図 防災行動計画(タイムライン)のイメージ

国土交通省ホームページ

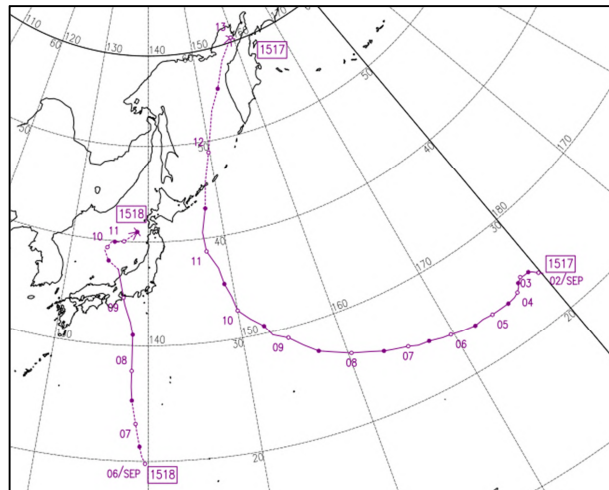
http://www.mlit.go.jp/river/bousai/timeline/pdf/timeline01_1601.pdf

1.3 平成27年9月関東・東北豪雨の概要*

2015年9月7日21時に沖ノ鳥島の東の海上で発生した台風第18号は、日本の南海上を北上し、9日9時半頃に愛知県西尾市付近に上陸した後、日本海に進み、同日15時に温帯低気圧に変わった。また、台風第17号は9月2日3時にミッドウェー諸島近海の西経域で発生し、南鳥島近海から日本の東に進み、9月11日21時に千島近海で温帯低気圧に変わった(第1.3.1図、第1.3.2図)。

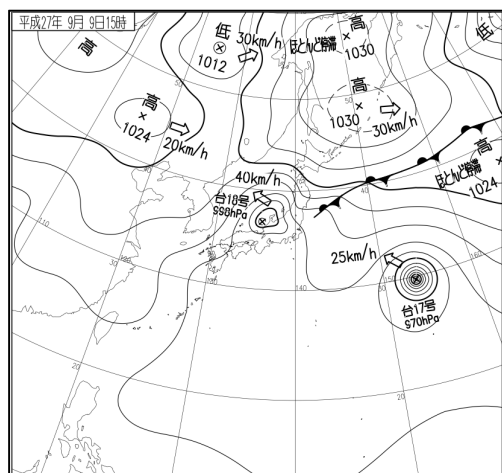
*竹田 康生(気象庁予報部予報課)

9月9日から11日にかけて、台風第18号から変わった低気圧に流れ込む南よりの風、後には台風第17号の周辺からの南東風が主体となり、湿った空気が流れ込み続けた影響で、線状降水帯が次々と発生し、関東地方と東北地方で記録的な大雨となった。9月7日から9月11日までに観測された総降水量は、栃木県日光市今市で647.5mm、宮城県丸森町筆甫で536.0mmなどとなり、9月の月降水量の平年値の2倍を超えた所があった（第1.3.3図）。この大雨により、土砂災害、浸水、河川の氾濫等が発生し、宮城県、茨城県及び栃木県で死者8名の人的被害が出るなど、甚大な被害が発生した。

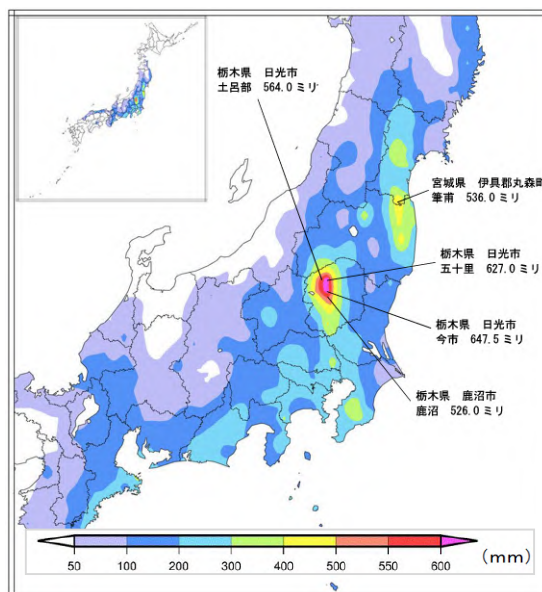


第1.3.1図 台風第17号、第18号の台風経路図

図上の数字は日にちで、 は9時、 は21時の中心位置を示す。



第1.3.2図 9月9日15時の速報天気図



第1.3.3図 総降水量分布図(9月7日~11日)

1.4 「警報級の可能性(明後日以降)」の検討(9月4~7日の予報作業)

1.4.1 はじめに*

「警報級の可能性」の試行運用開始以降、週間予報では雨・雪・風・波の各要素ともに、「高」は概ね5割程度以上、「中」は概ね3~4割の割合で警報級の現象が発現することを想定し、3~5日先について1日単位・府県週間天気予報と同じ対象地域単位で「警報級の可能性」を発表している。これら「高」「中」の発表は、週間予報で予測可能なスケールである総観規模じょう乱による警報級の現象を対象とし、週間アンサンブルモデルに基づく各要素の「量的ガイダンス」及びそれを用いた「警報級の可能性ガイダンス」をベースに、全球モデル(以下、「GSM」)などアンサンブルモデルに比べて高解像度のモデル予測等も参考にしながら決定している。ただし、台風については3日先までの強度予報と5日先までの進路予報があり、これら予報

*板橋 耕一郎(気象庁予報部予報課)

に沿った判断を行っている。「警報級の可能性ガイダンス」の詳細については、平成 27 年度予報技術研修テキストを参照されたい。

なお、「警報級の可能性（明後日以降）」は基本的に地方予報中枢官署の週間予報担当者が予報するが、明後日を対象とした「警報級の可能性」については、明後日の天気予報を担当する同官署の短期予報担当者が予報する。以下、関東地方の大雨（9月9～10日）を対象に、特に雨量の多かった栃木県を主として、1.4.2項では週間予報担当者の作業、1.4.3項では短期予報担当者の作業について解説する。

1.4.2 週間予報担当者の作業*

1.4.2.1 9月4～7日の検討結果の概要

9月4～7日にかけての、関東地方の大雨（9月9～10日）を対象とした「警報級の可能性（明後日以降）」では、週間予報担当者が予報した期間においては、7日午前中までは「高」「中」を予報していないが、7日夕方は、短期予報担当者が検討する9日を対象とした予報（1.4.3項で詳述）を考慮して10日を対象として「中」を発表した。週間アンサンブルモデルによる予測では、主なじょう乱のうち台風第17号に関しては、初期値による変化は小さく予測が安定していることに加えて台風予報とも概ね整合しており、東寄りの湿った空気が入るとの見通しが維持されていた。一方、9月3日21時初期値の資料では中国・四国付近に深いトラフ（寒冷渦）が予測されていたが、この予測は初期値が新しくなるに連れて西へシフトして9月6日21時初期値の資料では九州付近に停滞させるメンバーが多くなり、降水域の主体は関東～東北ではなく東海～西日本太平洋側となっていった。

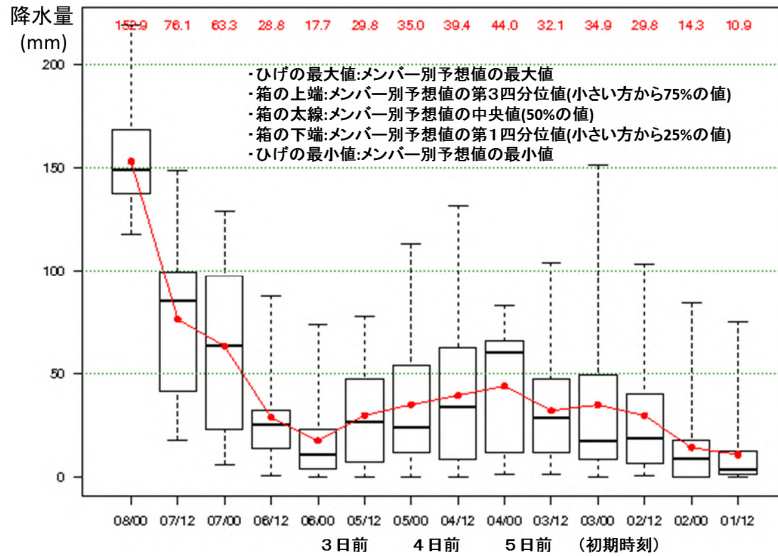
第1.4.1表 9月9～10日を対象とした9月4～7日の週間予報（11時発表）ほか

予報発表日	9月4日		9月5日		9月6日		9月7日	
予報対象日	9日	10日	9日	10日	9日	10日	9日	10日
発表予報（栃木）	/	/	/	/	//	/	//	/
警報級ガイダンス（雨）	-	-	-	-	-	-	-	-
最大降水量ガイダンス（関東）	53mm	23mm	56mm	0mm	41mm	0mm	43mm	14mm

第1.4.1表に、定時発表した週間予報および予測資料の一部を示す。ここで最大降水量ガイダンス（日降水量）は、予報誤差を考慮して関東地方での最大値を用い、全メンバーの平均値を掲載している。なお、日々の週間予報作業では、まず各要素の「警報級の可能性ガイダンス」とともに「最大ガイダンスの全メンバー平均値」を所管する地域について概観し、必要があると判断すれば、府県ごと・メンバーごとの詳細な予測値を確認することとしている。今回のケースではいずれも「警報級の可能性ガイダンス」は「-」で、なおかつ「最大降水量ガイダンス（全メンバー平均値）」は60mm未満であり、大雨のポテンシャルを関東地方について認識することは難しかったことがこの表から分かる。さらに、「警報級の可能性」の検討材料の一つである最大降水量ガイダンスは、「対象日が近づくに連れて大雨の危険性が大きくなる」傾向も示していない。

9月9日の栃木県について、全メンバーの最大降水量ガイダンスの初期値推移を見ると（第1.4.1図）9月4日（5日前）と5日（4日前）は日降水量100mm以上を予測するメンバーがあったが、9月6日（3日前）はすべてのメンバーの予測値が100mmに届いていなかった。なお、「警報級の可能性ガイダンス」は、いずれも「-」である。

*高山 大（気象庁予報部予報課）

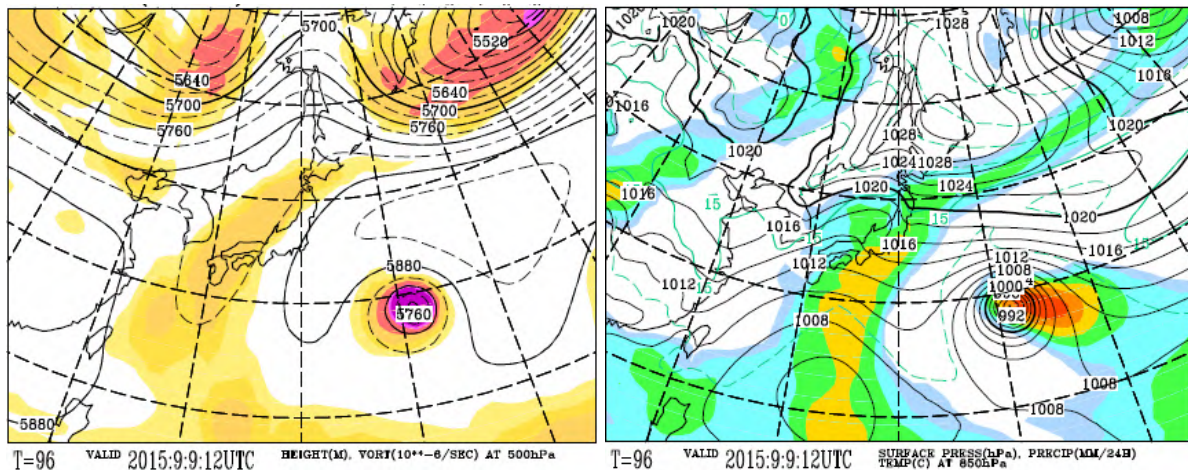


第 1.4.1 図 週間アンサンブル予測による平成 27 年 9 月 9 日を対象とした栃木県の最大降水量

初期値ごとに全 27 メンバーの分布を示す箱ひげ図で、赤線および上端の数値は全メンバー平均値。

1.4.2.2 9月6日の作業

9月6日の週間アンサンブル資料(第 1.4.2 図)は、9日には 500hPa で 5820m 付近の深いトラフ(寒冷渦)を西日本付近に停滞させ、-9 以下の寒気を流れ込ませていた。そして 10日にはこのトラフ(寒冷渦)をゆっくり東へ進め、近畿～東海を中心に下層暖湿気の流入を予測していた。これらにより、西日本太平洋側～東海については大気の状態が非常に不安定となって大雨のおそれがあると判断した。一方、関東や東北については、週間指し報での記述としては、9日は「雨が降りやすい」、10日は「雲が広がりやすく雨の降る所もある」との表現にとどまり、警報級の大雨を予想するには至らなかった。なお、台風第 17 号に関する週間アンサンブルモデル予測(全メンバー)は、多くのメンバーが日本の東を北上するという台風予報と概ね整合している一方、深いトラフ(寒冷渦)の位置の予想は不確実性が大きく、大雨の予想位置が変わる可能性を示唆していた。6日夕方には短期予報担当者へ「9日は関東甲信において警報級の現象が発生する可能性は小さいが、深いトラフ(寒冷渦)の予想には不確実性が大きく最新資料に留意」と引き継いだ。



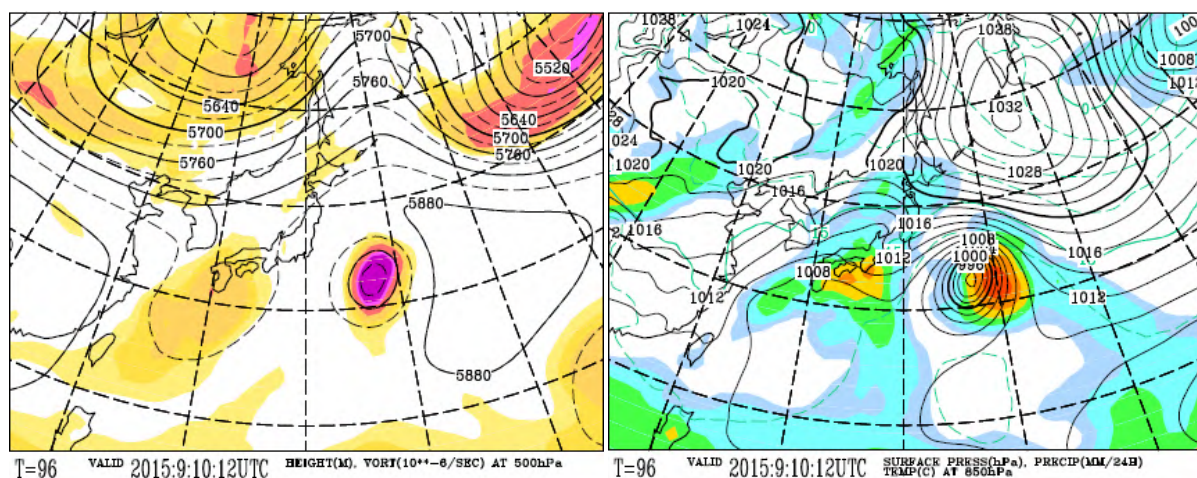
第 1.4.2 図 9月9日を対象とした6日 11 時予報検討時の週間アンサンブル予測

週間アンサンブルモデル(5日 21 時初期値)の全 27 メンバーを平均したものの。左: 500hPa 面の高度(黒線)と渦度、右: 地上気圧(黒線)と 850hPa 面の気温(緑線)及び 21 時までの前 24 時間降水量。

1.4.2.3 9月7日の作業

10日に関する7日11時予報検討時の週間アンサンブル資料(第1.4.3図)は、台風第18号(この時点では熱帯低気圧)と5820m付近の深いトラフ(寒冷渦)を一体化させて西日本付近に予測している。週間アンサンブルモデルは台風第18号について初期値ごとに北上を早めており、この時点では台風予報に近い予測になっていた。なお、台風第17号のモデル予測は引き続き安定しており、台風予報と同様に日本の東を北上させている。

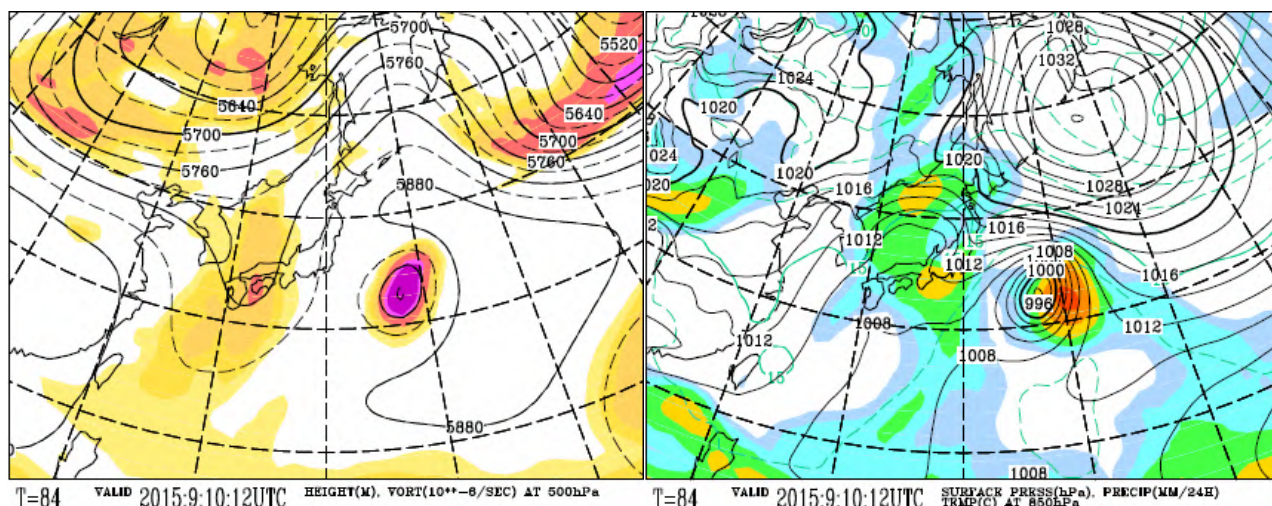
大雨に対する警戒の中心は、台風第18号の進路や下層暖湿気の流入先などから判断して、北・東日本(東北や関東)より西・東日本(四国や近畿・東海)に引き続き向けられていた。週間指示報での記述内容は、「北・東日本では北東～東からの湿った気流の影響を受けて、太平洋側の地方を中心に雨の降る所がある。期間の前半は、深いトラフ(寒冷渦)や台風第18号の影響で、西・東日本を中心に大雨のおそれ。」というものであった。



第1.4.3図 9月10日を対象とした7日11時予報検討時の週間アンサンブル予測

週間アンサンブルモデル(6日21時初期値)の全27メンバーを平均したもの。左:500hPa面の高度(黒線)と渦度、右:地上気圧(黒線)と850hPa面の気温(緑線)及び21時までの前24時間降水量

この12時間後の7日9時初期値の週間アンサンブル資料(9月7日の17時予報発表時に使用)を第1.4.4図に示す。台風第18号と一体化した深いトラフ(寒冷渦)の位置や降水域が、第1.4.3図より東にシフトしている。この予測資料や、短期予報担当者が9日の「警報級の可能性」を「高」と発表する(1.4.3項で詳述)ことを踏まえて、7日17時予報では、10日の「警報級の可能性」を「中」として発表した。



第 1.4.4 図 9 月 10 日を対象とした 7 日 17 時予報検討時の週間アンサンブル予測

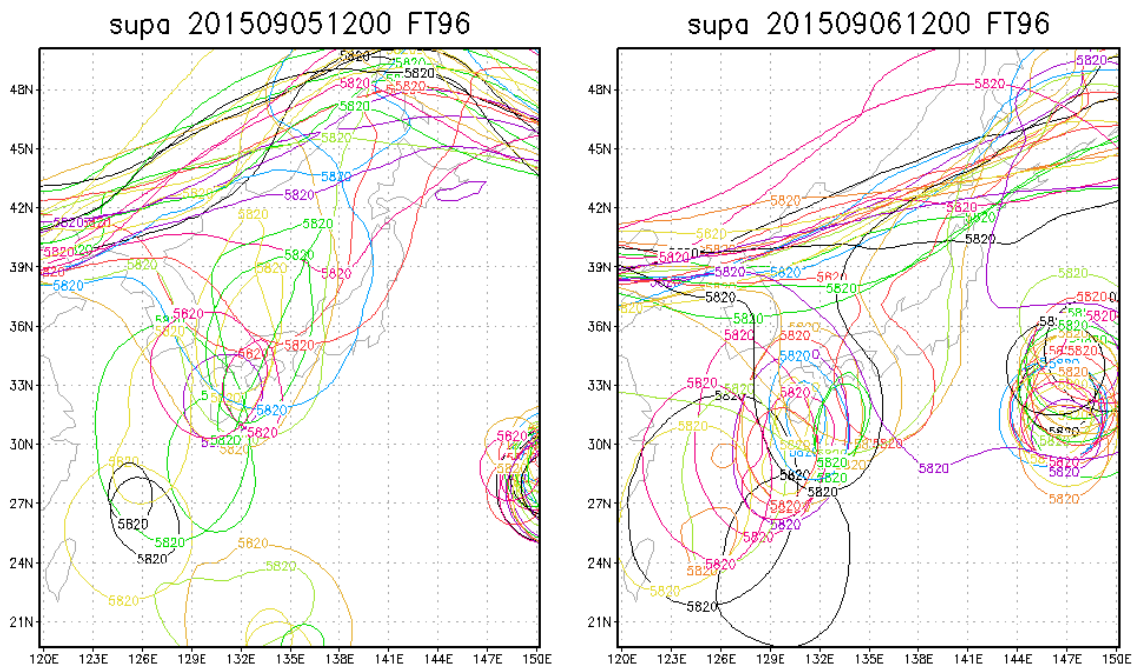
週間アンサンブルモデル（7 日 9 時初期値）の全 27 メンバーを平均したもの。左：500hPa 面の高度（黒線）と渦度、右：地上気圧（黒線）と 850hPa 面の気温（緑線）及び 21 時までの前 24 時間降水量

1.4.2.4 まとめ

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨のうちの関東の大雨（9 月 9～10 日）については、週間予報担当者の予報する期間である 9 月 4～7 日に警報級の大雨を予測することは難しい事例だった。これは、今回の大雨をもたらした要因が「ひとつの台風の通過」のように単純なものではなく、台風第 17 号・台風第 18 号・深いトラフ（寒冷渦）・前線などが複雑に絡み合ったものであり、それらを総体として数日前から予測することが難しかったためであったと言える。

予測の困難さを示す例として、9 日を対象とした 6 日 11 時予報検討資料と 10 日を対象とする 7 日 11 時予報検討資料における 500hPa 面の 5820m 等高度線（全 27 メンバー）を示す（第 1.4.5 図）。週間予報で最も高い予測精度を期待できる 3 日先の予想資料でも今回の事例ではバラツキが大きく、しかも関東での大雨を予測しないメンバーばかりであった。ただ、7 日 9 時初期値になると台風第 18 号と一体化した深いトラフ（寒冷渦）の位置や降水域が東へシフトし、関東地方における大雨の可能性を示していたことや、短期予報担当者の検討結果も踏まえて、7 日 17 時予報では 10 日を対象とした「警報級の可能性」に「中」を発表することができた。このように短期予報担当者との検討結果の共有が重要である。

週間アンサンブル予測による台風第 18 号の予測が実際の経路に近くなったのは短期予報の作業期間に入ってからで、週間予報のリードタイム内では深いトラフ（寒冷渦）の予測位置とともに西もしくは南へずれていた。このことなどにより、週間アンサンブル資料は関東～東北ではなく西日本太平洋側～東海にまとまった雨を予測していた。今後同ようなケースが現れた場合、週間アンサンブル資料から台風予報の進路に近いメンバーを抽出して総観場を把握する等、台風進路予報をうまく活用することなどによりモデル予測やそれに基づくガイダンスなどを補正して判断できれば、「警報級の可能性（明後日以降）」のより適切な予想につなげられると考える。



第 1.4.5 図 21 時初期値の 96 時間先 = 3 日先についての週間アンサンブルモデル予測

左：9月9日を対象とした500hPa面の5820m等高度線（全27メンバー）

右：9月10日を対象とした500hPa面の5820m等高度線（全27メンバー）

1.4.3 短期予報担当者の作業（明後日を対象とした「警報級の可能性」の検討）*

1.4.3.1 検討の準備

この事例で取り上げている9日を対象とした現象については、6日17時夕方に「9日は関東甲信において警報級の現象が発生する可能性は小さいが、深いトラフ（寒冷渦）の予想には不確実性が大きく、最新資料に留意」（1.4.2.2項）という引継ぎを週間予報担当者から受ける。その後、短期予報担当者（6日夜勤当番者）は、翌日発表の予報に向けてGSMの予想資料や、「警報級の可能性ガイダンス」を、予想の変化も含めて確認しておく。また、明後日を対象とした天気等の全体的なシナリオ等は、7日朝に本庁の作成する台風予報や週間指示報で示されるので、その内容を確認する。

明後日の警報級の目安は、各地方予報中枢で予め検討した目安に基づいて判断する。関東甲信地方における、台風周辺の暖湿流による大雨の場合の目安を、第1.4.2表に例として示す。関東甲信地方では、この目安に基づき、雨の「警報級の可能性」の「中」や「高」を判断する。

以下では、1.4.2項の「週間予報担当者の作業」で取り上げた栃木県を対象とした検討について、主に解説する。

*板橋 耕一郎（気象庁予報部予報課）

第 1.4.2 表 明後日の雨の警報級の可能性判断の目安の例（関東甲信地方の目安から一部抜粋）

<p>台風周辺の暖湿流による大雨の場合：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 警報級の可能性ガイダンスで「中」以上の予想がある場合 ・ 1時間最大降水量ガイダンスで、当該府県及び隣接府県で警報級の予想がある場合 ・ 24時間最大降水量ガイダンス（フィルターレベル 2）で当該府県及び隣接府県で24時間降水量が150～200mm程度以上の予想がある場合 <p>これらいずれかを満たす場合には、高相当温位域が指向する府県に、雨の警報級の可能性「高」「中」を検討する。</p> <p>以下の不確実性がある場合には、「中」を検討する</p> <ul style="list-style-type: none"> 台風の予想に不確実性がある場合 最大降水量ガイダンスに不確実性がある場合 <p>1時間最大降水量ガイダンスが警報級の場合や24時間最大降水量ガイダンス（フィルターレベル 2）が200～250mm以上の場合で、不確実性が小さい場合には、「高」を検討する。</p>
--

1.4.3.2 7日11時発表予報に向けた作業

9日の雨に関しては、週間予報担当者から引き継いだとおり、6日の週間天気予報では警報級の大雨となる可能性は低い予想であった。

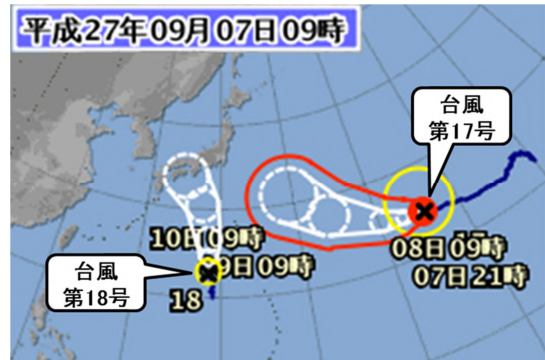
7日9時観測の台風72時間予報では、台風第18号の予報円の中心は9日9時で本州の南の北緯31度付近、10日9時で紀伊水道付近に進む予想である（第1.4.6図）。7日3時初期値のGSMの予想（図略）と比較すると、9日9時までの台風の進路予報は、GSMの予想に近く、その後、10日9時までの予想は、GSMよりもやや北上が遅れている。なお、台風第17号の台風進路予報はGSMの予想に近い予想となっている。

これらのことから、台風の影響についてはGSMを基本的に採用する方針とする。

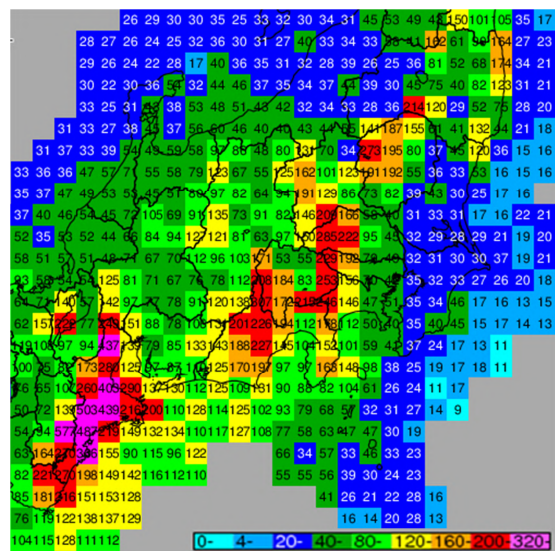
ただし、

- 予報円が示す台風予報の予報誤差
- 9日9時以降はGSMよりも台風の北上が遅く、強雨が長引く可能性
- 次第に台風第17号からの水蒸気も流れ込んで、大雨が更に長引く可能性

などの不確実さを考慮し、さらに、線状降水帯の発生による局所的な大雨の可能性についても考えながら、「警報級の可能性」について検討を進める。ここでは省略したが、台風の中心気圧についてもモデルの予想との比較を行い、必要に応じて暖湿気が流入する程度を修正して考え、降水量予想への反映が必要となる場



第 1.4.6 図 9月7日9時観測の台風72時間進路予報（日本付近を抜粋）



第 1.4.7 図 9月10日0時までのGSM24時間最大降水量ガイダンス（7日3時初期値）

合もある。

7日11時予報の検討や作成に利用できるGSMの最新の初期値である7日3時初期値の1時間最大降水量ガイダンスでは、関東甲信地方の山沿い中心に30mm/h前後の予想がみられる(図略)。24時間最大降水量ガイダンス(第1.4.7図)では、1時間最大降水量ガイダンスで強雨が予想される地域を中心に、9日の日降水量200mm以上がみられる。

前日(6日)までの予想では、警報級の大雨となる可能性が低かったことから分かります。降水量の予想は初期値ごとに予想が変化している。6日21時初期値の「警報級の可能性ガイダンス」は、9日の関東甲信地方は全ての予報区で雨の「警報級の可能性」は「-」で降水量の予想に不確実性があることを示している(図略)。

明後日の「警報級の可能性」については、上に示した検討結果と第1.4.2表の目安とを照らし合わせて判断する。

24時間降水量ガイダンスが200mm以上の地域もあり、関東地方と甲信地方は、200mm以上の当該府県が隣接府県となっている。予報の不確実性については、台風第18号の進路の不確実さや、ガイダンスの初期値ごとの変化、「警報級の可能性」が示す不確実性を考慮して、警報級となるかについては不確実性があると判断し、雨の「警報級の可能性」は、「中」を基本に検討することにする。関東甲信地方の山沿いを中心に降水量が多くなる傾向であることに留意し、今後の予想によっては、警報級の可能性「高」も検討することとする。

11時予報での「警報級の可能性」の検討結果を第1.4.3表に示す。

第1.4.3表 9月7日11時予報での、明後日を対象とした警報級の可能性の検討結果の例

着目する要素	予想
警報級の可能性ガイダンス	・ 栃木県など 関東甲信は全て「-」
1時間最大降水量ガイダンス	・ 関東地方や山梨県の山沿いを中心に30mm/h前後 (栃木県の警報基準は、80~90mm/h) ・ 初期値毎に予想が変化。増加する傾向
24時間最大降水量ガイダンス (フィルターレベル2)	・ 栃木県から神奈川県・山梨県にかけて、200mm前後 ・ 初期値ごとに予想が変化。増加する傾向
顕著な大雨の可能性	・ 暖湿気が流入し、山沿いを中心に顕著な大雨の可能性あり
雨の警報級の可能性	栃木県で「中」(関東地方と甲信地方で「中」)

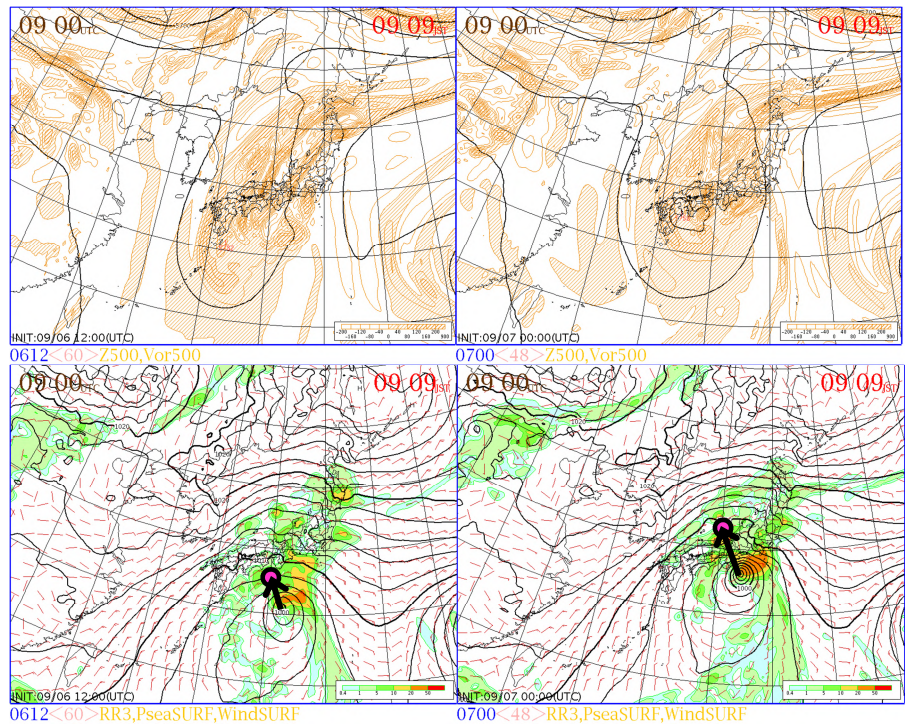
1.4.3.3 7日17時発表予報に向けた作業

7日9時初期値のGSMでは、6日21時初期値のGSMと比較して西日本に進む深いトラフ(寒冷渦)の位置が東よりに変わり、これに伴って台風第18号の北上コースもやや東よりとなり、北上が早まった(第1.4.8図)。15時観測の台風進路予報でも台風第18号の北上が早まり、9日15時には、予報円の中心が伊勢湾付近に予想されるようになった(第1.4.9図)。

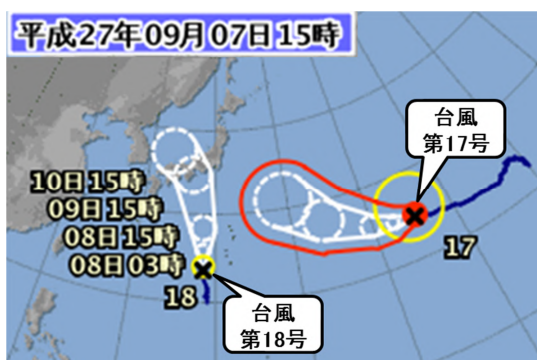
台風第18号が東よりのコースを北上する予想となったことで、関東甲信地方には、より大量の水蒸気が流入しやすい予想となり、これに対応して24時間最大降水量ガイダンス(第1.4.10図)でも山沿いを中心に9日の日降水量が300mm以上の予想が現れるようになった。また、関東地方に線状降水帯の発生条件を満たす地域が予想されはじめた(図略)。

関東甲信地方には、山沿いを中心に9日の24時間最大降水量200mm程度以上が持続的に予想され、予想降水量は増える傾向である。台風第18号のコース等に不確実性があるものの、台風のコースが予報と比べて多少逸れたとしても台風周辺の水蒸気は関東甲信地方に流入し、地形性降水が発生しやすい山沿いを中心に、強雨が持続しやすい状況となる可能性が高いと判断する。降水量は警報級を大きく超える値を予想しており、予報誤差を考慮しても、山沿いを中心に警報級の大雨となる確実性が高まったと判断する。線状降水帯の発生条件を満たす地域も予想されはじめた。

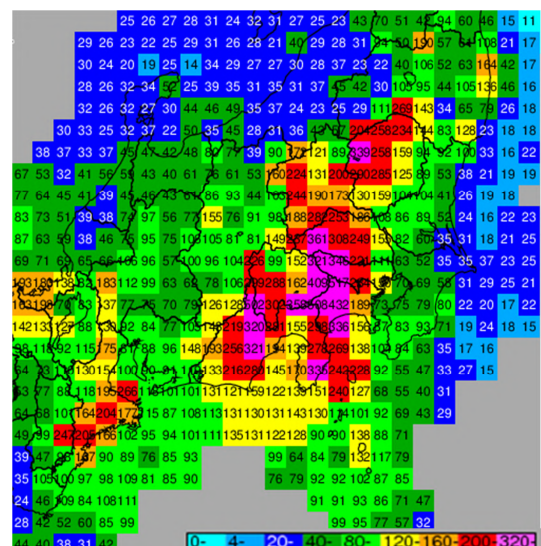
7日17時予報の「警報級の可能性」の検討結果を第1.4.4表に示す。



第1.4.8図 GSMによる9月9日9時の予想図、6日21時初期値(左)、7日9時初期値(右) 上段:500hPa高度・渦度、下段:地上3時間降水量・等圧線・風、桃色丸は12時間後(9日21時)の台風中心の予想位置



第1.4.9図 9月7日15時観測の台風72時間進路予報(日本付近を抜粋)



第1.4.10図 9月10日0時までのGSM24時間最大降水量ガイダンス(7日9時初期値)

第1.4.4表 9月7日17時予報での、明後日を対象とした「警報級の可能性」の検討結果の例

着目する要素	予想
警報級の可能性ガイダンス	・神奈川県で「高」 ・栃木県など関東地方の他の府県と、山梨県で「中」
1時間最大降水量ガイダンス	・栃木県では40mm/h前後（栃木県の警報基準は、80～90mm/h） 関東地方南部や山梨県で50mm/h以上の地域あり ・初期値毎に予想が変化。増加する傾向
24時間最大降水量ガイダンス （フィルターレベル2）	・栃木県から神奈川県・山梨県にかけて、250mm以上の地域あり ・初期値ごとに予想が変化。増加する傾向
顕著な大雨の可能性	・暖湿気が流入し、山沿いを中心に顕著な大雨の可能性あり ・関東地方で線状降水帯発生の可能性あり
雨の警報級の可能性	栃木県で「高」（栃木県から神奈川県・山梨県にかけて「高」）

なお、明後日までの「警報級の可能性」を「高」とし、警報級の現象が想定される場合には、府県気象情報や地方気象情報を発表して、警報級の現象への警戒を早い段階から呼びかけるかどうか検討する必要がある。このため、「警報級の可能性」を「高」とする場合には、地方予報中枢官署と府県予報担当官署とが連携して、「警報級の可能性」を「高」とする判断や、気象情報の発表についての調整を行う必要がある。

1.5 「警報級の可能性（明日まで）」の検討（9月8日朝の作業）*

1.5.1 はじめに

1.4節では、防災行動計画（タイムライン）における災害対応の準備を行う段階で発表する「警報級の可能性（明後日以降）」の作業について解説した。1.5節では、住民の避難や避難準備、防災機関の早めの体制確保などの判断材料の一つとして活用されることを目的に提供する「警報級の可能性（明日まで）」について解説する。なお、「警報級の可能性（明日まで）」は、明日までの天気予報を受け持つ府県予報区担当官署が予報する。

明日までの短期予報における予報作業では、実況の解析による現象の推移を把握し、概念モデル等の知見や過去事例などに基づいて現象を解釈し、数値予報やガイダンスを基本資料として今後の天気経過（メインシナリオ）及びそれに対応した量的予想を行い、警報や注意報をはじめとした防災気象情報を発表している。

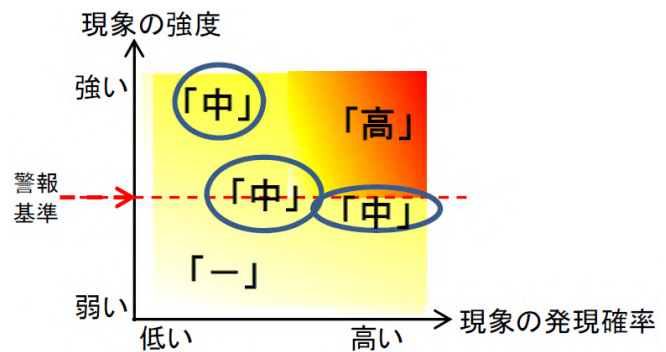
メインシナリオを考えたときの環境場、現象の構造の予想が適切で、メインシナリオに沿って現象が推移している場合でも、予想の時間的・空間的不確実性、強度の不確実性のため、防災時系列に設定した降水量等の量的見積もりは、多少なりとも誤差を伴う。これは、メインシナリオにおける量的予報の不確実性と考えることができる。一方、気象現象にはメインシナリオで考えたときと環境場が異なってきたり、空間スケールの小さな現象を含め、構造の異なる現象が発現したりする場合がある。これ（メインシナリオと異なる環境場や構造の現象に基づくシナリオ）をサブシナリオという。このような場合は、メインシナリオにおける不確実性の幅を超える実況が発現する場合がある。「警報級の可能性（明日まで）」は、量的予想と不確実性の大きさにより判断し発表する。確度が高くなくとも警報級の現象になる可能性を積極的に示すため、例えばサブシナリオで発生する可能性が低い場合であっても、その現象の程度が顕著な場合には「中」を発表することに留意する必要がある。

*板橋 耕一郎、深谷 康人、格内 達雄（気象庁予報部予報課）

「警報級の可能性（明日まで）」は、想定される現象の強度と発現確率（現象が起こる確からしさ）の関係（第1.5.1図）により判断するが、強度と発現確率の関係を定量的に求めることは難しい。現時点では、GSMやメソモデル（以下、「MSM」）等の予報モデルの予想やこれまでの知見を活用して「警報級の可能性」を判断する。

明らかに警報基準を超える現象の予想が安定している場合には警報級の可能性は「高」となるが、警報基準前後となる予想の場合や、警報基準以上となる予想が安定していない場合には警報級の可能性「中」を検討する。警報級の可能性「中」とする判断の目安は、量的予想とその変化だけではなく、各府県で予め検討した

目安に基づいて判断する。大雨警報（浸水害）を対象とした警報級の可能性「中」の目安の具体的な例を、第1.5.1表に示す。



第1.5.1図 強度と発現確率、および警報級の可能性の関係
現象の強度と発現確率という二つの変数に単純化した場合、警報級の可能性「-」「中」「高」がそれぞれどのような関係となるかを模式的に示した。

第1.5.1表 大雨警報（浸水害）を対象にした警報級の可能性の目安の例

東京地方の大雨警報（浸水害）の例を示す。予想の不確実性は、GSMやMSMの過去数初期値等で判断し、警報基準以上の予想が8割以上あれば予想が安定、3~7割程度なら予想に不確実性があると判断。

現象例	気象場の特徴	警報級の可能性「中」の判断目安
台風または台風から変わった低気圧による大雨（台風や低気圧から離れた所で発現する間接的な影響による大雨は除く）	台風または台風から変わった低気圧が関東甲信地方を通過。	・1時間最大降水量ガイダンスで、警報級又は警報に近い値の予想があるが、じょう乱やガイダンスの予想に不確実性がある。
台風周辺の暖湿流による大雨	太平洋高気圧が東日本へ張り出す気圧配置の中で、台風が日本の南を北上。台風と高気圧縁辺流を起源とする強い下層暖湿流が海上から関東地方を指向。	・大雨となる環境場の条件（詳細は省略）を満たすが、隣接地域を含めて1時間最大降水量ガイダンスが警報基準に近い値。 ・大雨となる環境場の条件を一部満たさないが、隣接地域を含めて1時間最大降水量ガイダンスが警報基準以上。
沿岸前線による大雨	南岸低気圧通過に伴い、関東南部沿岸に沿岸前線（温度傾度と風のシアを伴う不連続線）が発生し、海上から暖湿流が流入。	・雨量予想ワークシート（詳細は省略）または1時間最大降水量ガイダンスが警報基準以上の予想だが、沿岸前線が東京地方に位置するか不確実さがある。 ・雨量予想ワークシートまたは1時間最大降水量ガイダンスは警報級に近い値、あるいは隣接地域で警報級の予想があり、東京地方に沿岸前線が位置する予想が安定。
夏季の不安定性降水（雷雨）	・暖気移流場で、寒気トラフや寒冷渦が通過。 ・日中晴れるが、寒気トラフや寒冷渦が通過。 ・日中晴れて気温が35度以上に上昇、上空に寒気があり、上空の風が弱い。	・隣接地域も含めて、1時間最大降水量ガイダンスが20mm/h以上。

なお、大雨警報（土砂災害）の可能性について検討する場合にも、各府県で予め検討した目安に基づいて判断する。

以下、9月8日5時発表予報に向けた予報作業について、9日夜に線状降水帯の形成が予想される栃木県北部と80mm/h以上の猛烈な雨の予想がある神奈川県東部での例を示す。

1.5.2 総観場と大雨をもたらす環境場の把握

1.5.2.1 9月7日21時の実況

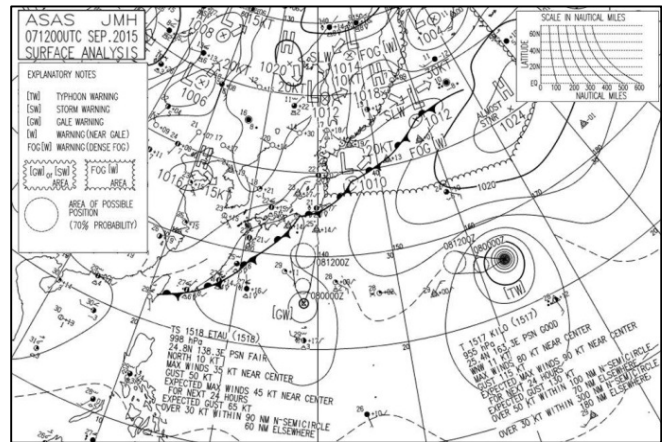
9月7日21時の地上天気図(第1.5.2図)では、台風第18号が硫黄島の西海上を北上し、台風第17号がウェーク島近海を西進している。また、千島の東から東日本南岸を通過して南西諸島に前線が停滞している。

同時刻の高層天気図(第1.5.3図)をみると、300hPaでは西日本からアリューシャン近海にかけて強風軸があり、東シナ海に深いトラフ、中国東北区にはリッジが解析できる。500hPaでは、西日本から東日本の南岸まで気温-6以下の寒気が南下していることが確認できる。前線は、300hPaの9480から9600m付近の強風軸に対応しており、

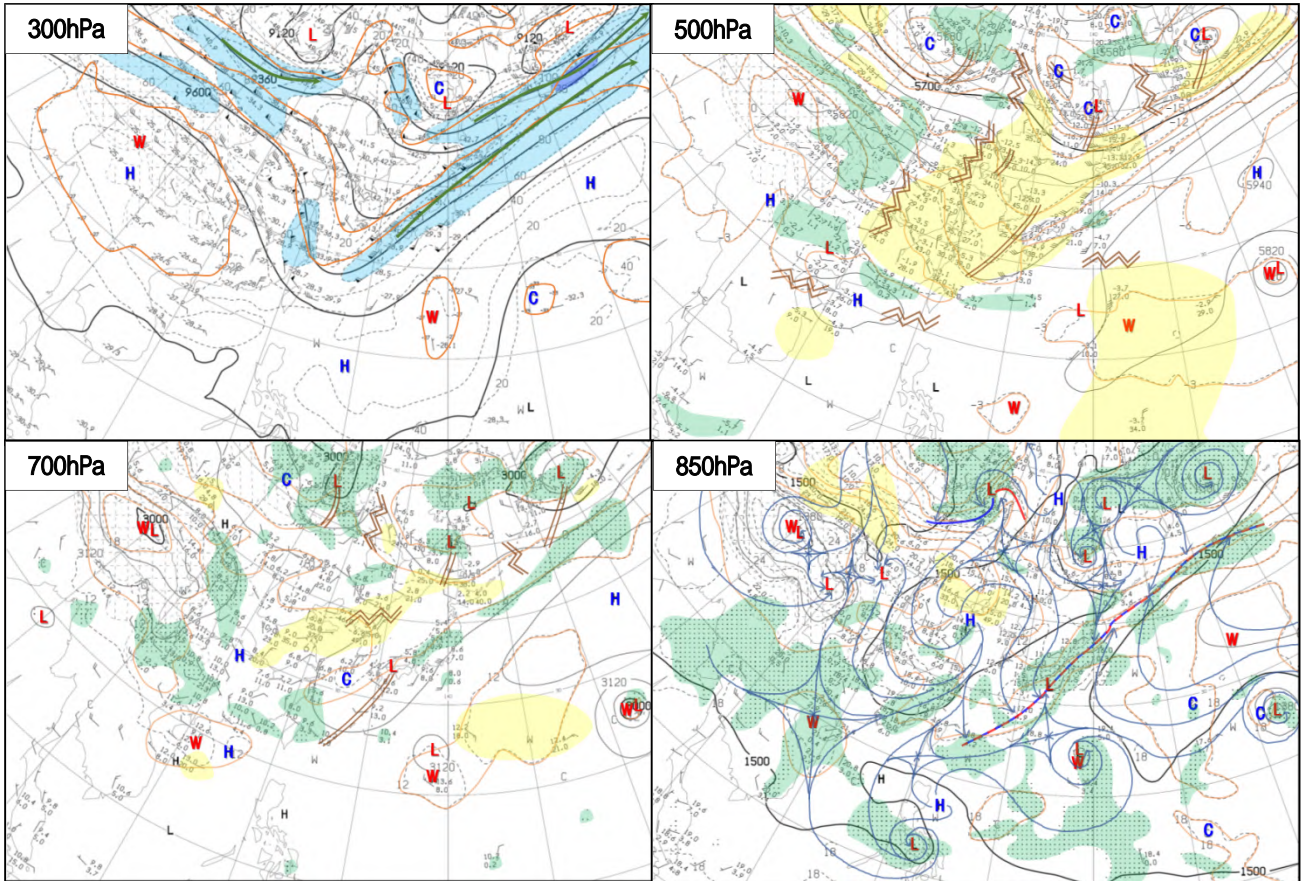
850hPaでは本州付近の気温15線(相当温位では336K付近、図略)付近の湿潤域を伴った風のシアーとして解析できる。前線付近の流線は、寒気側では気温の低いほうから高いほうへ、暖気側では気温の高いほうから低いほうへ温度線を横切っており、frontogenesis(frontogenesis については、黒良・村 2014 を参照)となっている。東海道沖は frontogenesis の場の暖気側にあたり、また、300hPaの強風軸の加速領域の右側(暖気側)にあたり、上昇流が励起されやすく、赤外画像では活発な対流雲が確認できる(第1.5.4図)。

また、東シナ海の深いトラフ付近の中上層は乾燥しており、水蒸気画像では九州付近まで、500hPa高層天気図では近畿地方の太平洋側まで乾燥域が流入している。乾燥域の先端では顕著現象の発生のおそれがある一方で、乾燥域の流入後は深い対流へ発達しづらい環境場となり、今後この乾燥域が東進し台風第18号の温帯低気圧化を進める役割を果たすことが考えられる。

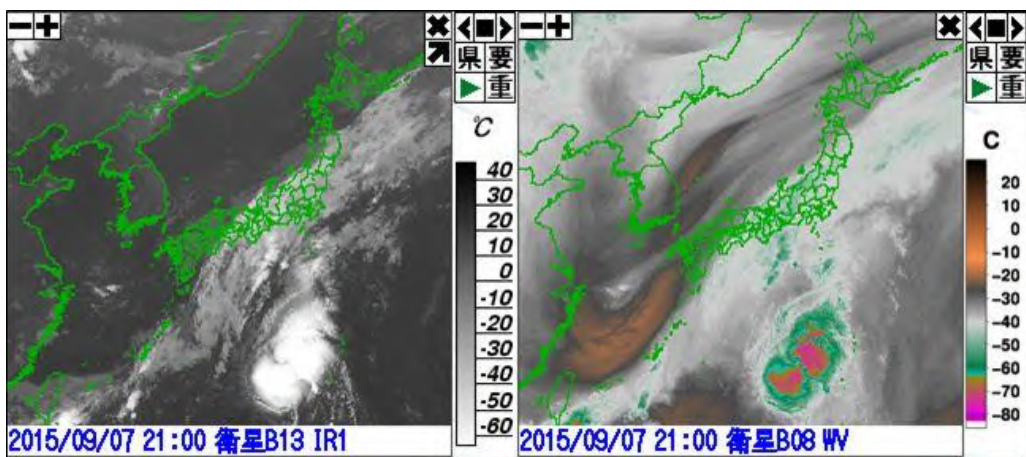
これまでの降水量を確認すると、前線の南側の東日本から南西諸島の海上を中心に解析雨量の24時間積算が150から300mm程度となっており、土壌雨量指数は東海地方の沿岸部を中心に警報基準に接近・超過している所がある(第1.5.5図)。



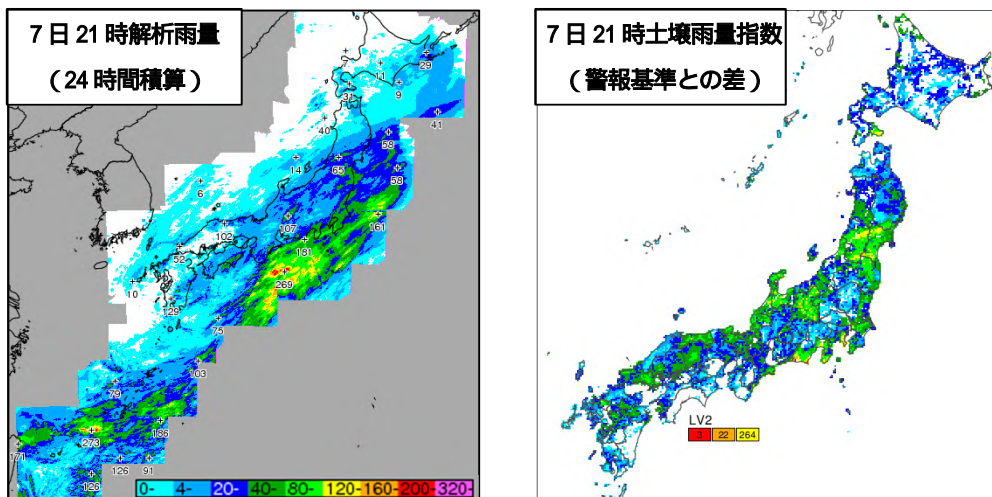
第1.5.2図 9月7日21時の地上天気図



第 1.5.3 図 9 月 7 日 21 時の高層天気図 300hPa (左上)、500hPa (右上)、700hPa (左下)、850hPa (右下) 緑実線：強風軸(300hPa)、茶線：トラフ及びリッジ(500, 700hPa)、前線(850hPa)、橙色実線：等温線、青色着色域：強風域 (60kt 以上)、緑色着色域：湿潤域 (湿数 3 以下)、黄色着色域：乾燥域 (湿数 18 以上) を示す。



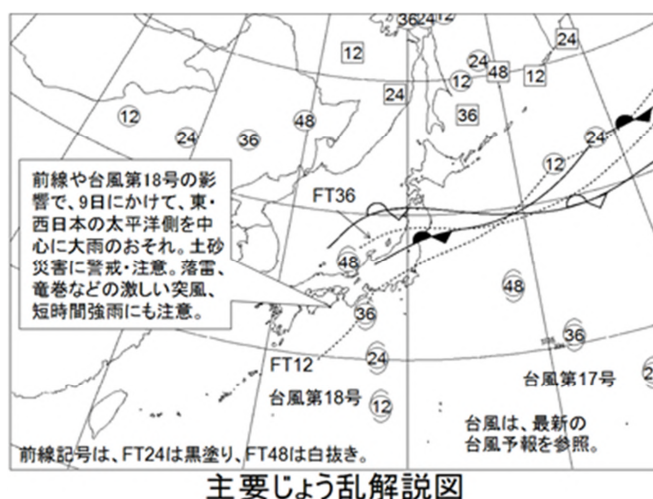
第 1.5.4 図 9 月 7 日 21 時の赤外画像 (左) と水蒸気画像 (右)



第 1.5.5 図 9 月 7 日 21 時の解析雨量の 24 時間積算 (左) と土壌雨量指数の警報基準との差 (右)

1.5.2.2 総観場と大雨をもたらす環境場の把握

第 1.5.6 図に 9 月 7 日 21 時を初期時刻とする主要じょう乱解説図を示す。日本の南の台風第 18 号は 9 日にかけて北上し、9 日朝に西日本から東日本の太平洋側にかなり接近し、9 日夜には日本海に進む見込みで、台風第 18 号の北上に伴い、前線も北上する予想となっている。関東地方の 9 月 8 日 5 時予報にむけたシナリオの作成段階においてポイントとなるのは、8 日は前線の北上に伴う大雨のシナリオ、9 日は台風第 18 号本体や周辺の大雨のシナリオである。また、9 日は日本の東を北西進する台風第 17 号の影響がどの程度現れるかについても検討する必要がある。本節では、これらのポイントのうち、9 日の大雨に関するシナリオ作成に重要となる総観場や環境場について記述する。



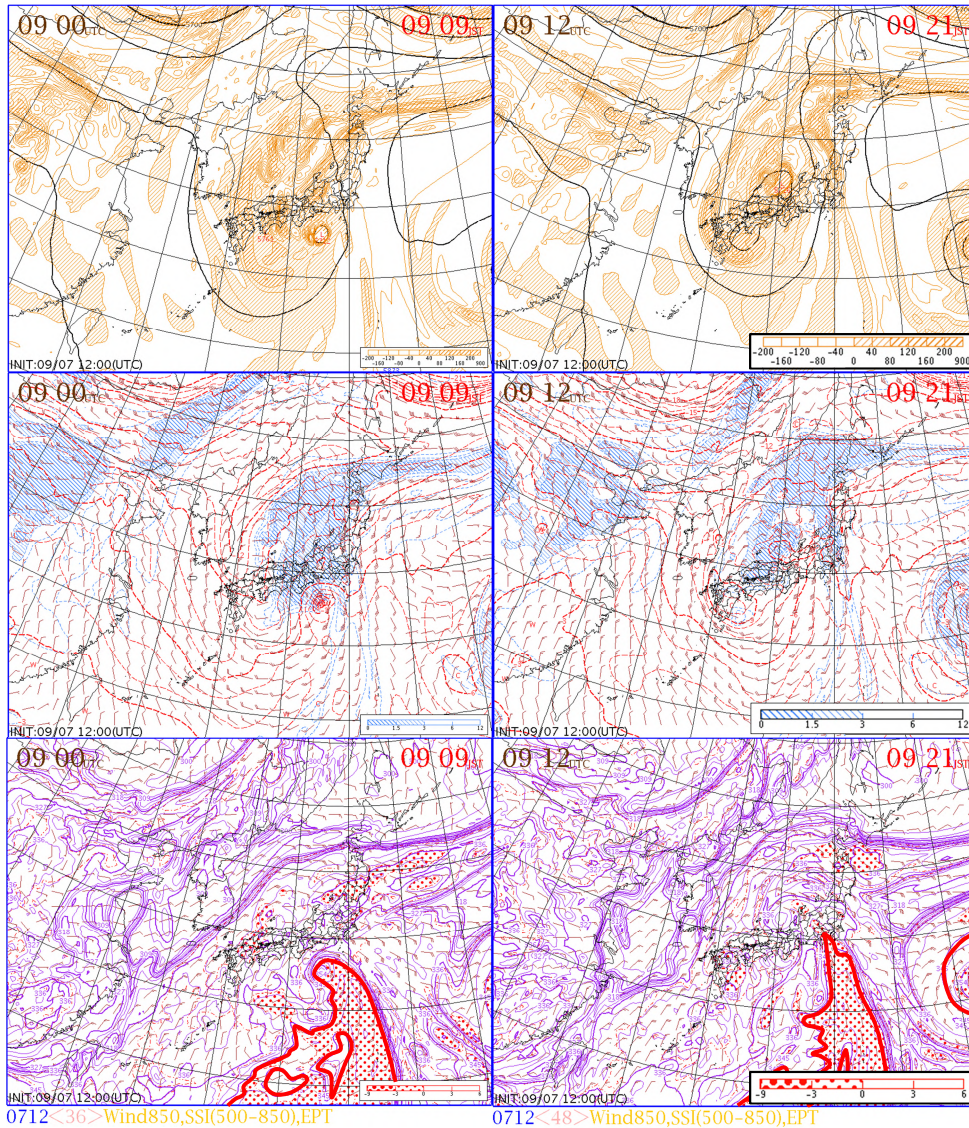
第 1.5.6 図 9 月 7 日 21 時を初期時刻とする主要じょう乱解説図 台風、低気圧 () 高気圧 () の中の数字は初期時刻からの予想時間

最初に、9 日には台風第 18 号が前線帯に近づき、東シナ海のトラフとの相互作用も想定されることから、台風と日本付近の流れの関連について整理しておく。

7 日 21 時に東シナ海にあった 500hPa で 5820m 付近のトラフは、深まりながら寒冷渦となって 9 日は西日本をゆっくりと東進する (第 1.5.7 図上中段)。主要じょう乱解説図に示したように、台風第 18 号は 9 日夜には日本海まで進む予想で、寒冷渦のほぼ下に位置すること、台風中心付近まで乾燥域が入り込んでいることから、9 日には温帯低気圧化が急速に進むと考えられる。

次に、大雨の主因となる、下層の暖湿気の動向について確認していく。9 日になると、台風第 18 号に向かう南からの暖湿気の流入が強まるとともに、日本の東の台風第 17 号周辺からの暖湿気が次第に合流し、850hPa では南北に連なる 345K 以上の高相当温位域が 9 日夜には関東地方まで北上する予想となっている (第 1.5.7 図下段)。

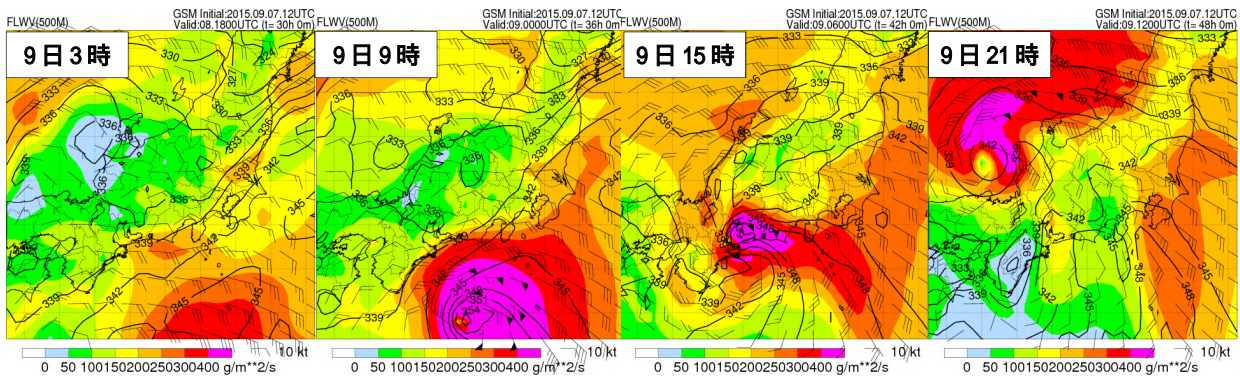
なお、関東地方は、寒冷渦の前面で、強風軸の加速領域の右側にあたり上昇流が励起されやすく（図略）500hPa で気温-6 程度（平年並）の状態が継続する予想となっていた。



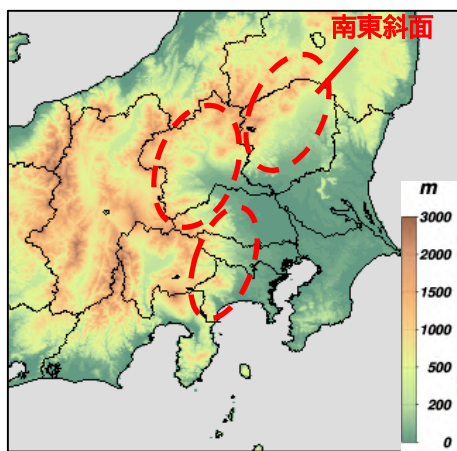
第 1.5.7 図 GSM (9月 7日 21時初期値) の9日9時(左) 21時(右)の予想図

上段：500hPa 高度・渦度、中段：500hPa 気温・湿数・風、下段：850hPa 相当温位 (345K 等値線を赤線)・SSI・風

下層の暖湿気についてより詳細に確認するため、500m 高度の風、相当温位、水蒸気フラックス量を第 1.5.8 図に示す。500m 高度の水蒸気フラックス量の多い部分は9日には台風を中心付近から東側に広がっており、9日昼前後には相当温位 342K 以上の暖湿気が関東地方北部まで北上する。また、台風が日本海に進む9日夜も、関東地方には南東海上から豪雨発生の目安の一つである $150\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上の水蒸気移流が継続し、相当温位 342K 以上の暖湿気に覆われる予想となっており、特に関東地方の南東斜面では地形による強制上昇で降水が強まるおそれがある（第 1.5.9 図）。



第 1.5.8 図 GSM (9月7日21時初期値) の500m高度の風と相当温位、及び水蒸気フラックス量の9日3時、9時、15時、21時の予想図 矢羽は風向風速、黒実線は等相当温位線、分布は水蒸気フラックス量を示す。



第 1.5.9 図 関東甲信地方の地形図
赤枠は南東斜面を示す。

1.5.2.3 線状降水帯の発生について

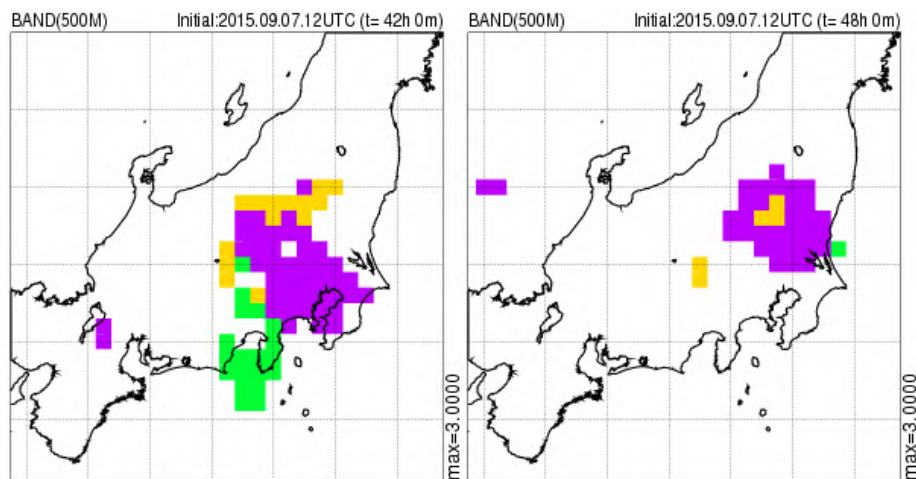
次に、総観場よりも小さなスケールでの大雨の可能性について検討してみる。前項で示したように、9日の関東地方は、上層では上昇流を励起する環境場が継続する中、下層は台風第18号の北上と台風第17号の接近に伴い暖湿気の流入が次第に強まるため、大気の状態が不安定となり対流雲が発生・発達しやすい環境場となっていた。また、湿った下層南東風が吹き続けるため、地形による強制上昇で南東斜面を中心に強雨が継続するおそれがあるほか、500hPaでは南風の卓越する場が継続しており、風向の鉛直シアがあるため、線状降水帯が発生する可能性も考えられる。線状降水帯が発生しやすい条件(以下、「線状降水帯の発生条件」)については、平成27年度予報技術研修テキスト(加藤2015)で第1.5.2表のように整理されている。

GSMの7日21時初期値の線状降水帯の発生条件を満たす地域を第1.5.10図に示す。紫色はすべての条件を満たす地域、緑色は数値予報モデルの特性で500hPaの湿度が過小となることを考慮した結果、黄色は地形の影響を考慮した結果、それぞれ線状降水帯が発生しやすいと考えられる地域である。線状降水帯の発生条件を満たす地域は、台風第18号周辺の水蒸気フラックス量が大きな領域の北上に伴って、9日未明から関東地方南部の一部に出現しはじめ、昼過ぎからは拡大しながら次第に関東地方北部へ北上し、9日夜には栃木県を中心に広がる予想である。発生条件の予想は初期値ごとに若干変化しているが、発生条件を満たす地域や期間は安定して予想されており、9日の関東地方は線状降水帯の発生しやすい環境場と判断で

きる。

第 1.5.2 表 線状降水帯が発生しやすい6条件

鉛直シアー：ストームに相対的なヘリシティ (SREH)	$100\text{m}^2\text{s}^{-2}$
対流発生：自由対流高度までの距離 (DLFC (500m 高度))	$< 1000\text{m}$
水蒸気供給：水蒸気フラックス量 (FLW (500m 高度))	$> 150\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$
上空の湿度：相対湿度 (RH (500hPa と 700hPa))	60%
上昇流域：鉛直流 (W (700hPa、400km 平均))	0m s^{-1}
対流発達：平衡高度 (EL (500m 高度))	3000m



第 1.5.10 図 GSM (9月7日 21 時初期値) による 9 日 15 時 (左) と 9 日 21 時 (右) の線状降水帯の発生条件を満たす地域 紫：6 条件を満たす地域、緑：6 条件 RH (6 条件のうち 500hPa の湿度を 60% 以上から 20% 以上に緩和した条件)、黄：6 条件緩和 (6 条件のうち SREH を $70\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 以上、FLW を $100\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上に緩和した条件)

1.5.3 防災時系列の検討

1.5.3.1 定性的なシナリオの検討

前節の総観場や環境場の検討を踏まえて、関東地方の大雨について定性的なシナリオを考える。

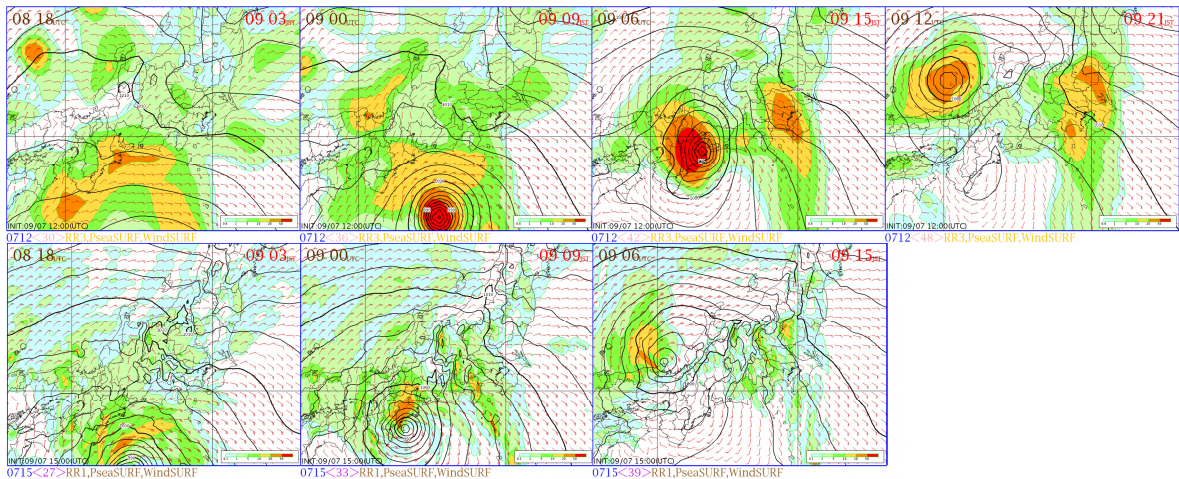
GSM と MSM で強い降水が予想されている地域 (第 1.5.11 図) は、1.5.2.2 項で述べた 2 つの台風に係わる下層暖湿気の流入に伴う 500m 高度の相当温位 342K 以上 (第 1.5.8 図) の領域と対応しており、可降水量は 50kg m^{-2} から 65kg m^{-2} 程度の予想となっている (第 1.5.12 図)。また、解像度の高い MSM では南東斜面中心に降水の強まりを予想している。そこで、9 日の定性的なメインシナリオは次のように考える。

- GSM と MSM で台風第 18 号の予想に相違がみられる。台風進路予報 (第 1.5.6 図の主要じょう乱解説図に示す台風第 18 号の予想進路参照) に近い GSM を基本に、総観場を考える。
- 関東地方について、暖湿気が流入するタイミングや流入先は GSM と MSM で一致している。9 日は台風の北上に伴う暖湿気の流入により関東地方では安定度が悪化、広範囲で自由対流高度が低くなり、対流雲が発達すると考えられる。その結果、関東地方の広範囲で降水が強まり、水蒸気の流入継続に伴い雨が降り続く。
- 9 日昼前後から 500m 高度の相当温位 342K 以上となり、さらに降水が強まる予想。

- ・ このような暖湿気が流入する時間帯の1時間雨量は、可降水量並の降水を見込む。
- ・ 前線による先行降雨で土壌雨量指数が上昇しているところがあることに留意が必要。南東斜面では、強雨が持続して、総降水量が多くなる可能性に留意が必要。

メインシナリオと異なる天気経過として、この時点では以下の二点を考える。

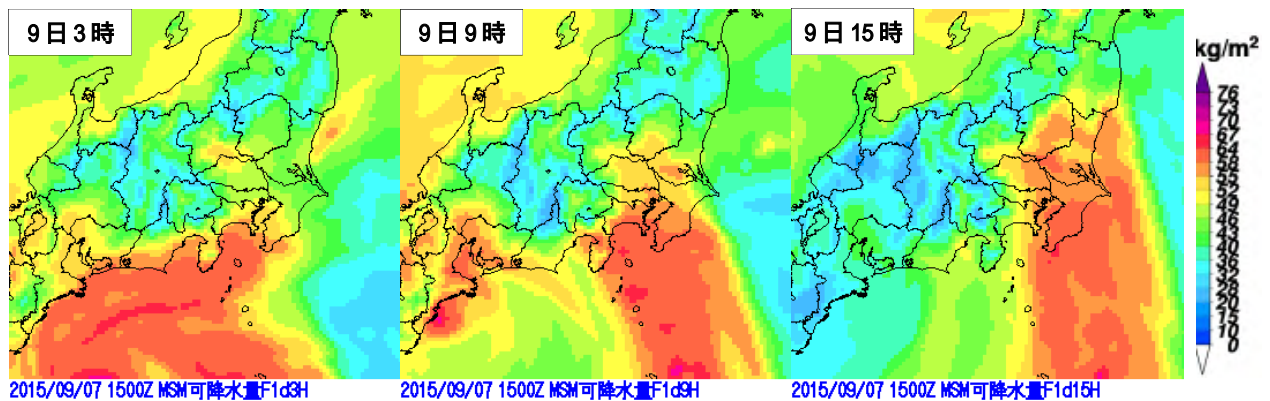
- ・ MSMのように台風の北上が早まった場合、降水の強まるタイミングが早まる可能性がある。
- ・ 線状降水帯が発生した場合、降水強度は強まり、総降水量も大幅に増える可能性がある。



第 1.5.11 図 地上気圧、地上風、3時間雨量 (GSM)、1時間雨量 (MSM) の予想図

上段：9月7日21時初期値のGSMの9日3時、9時、15時、21時の予想

下段：9月8日0時初期値のMSMの9日3時、9時、15時の予想



第 1.5.12 図 9月8日0時初期値のMSMの9日3時、9時、15時の可降水量の予想

1.5.3.2 降水量の最も可能性の高い量的見積もりと、悪目の量的見積もりの検討

次に、定性的なシナリオに沿って、量的な見積もりを行う。なお、本節では予報作業の概要を分かりやすくするために、予想資料としてGSMのみを用い、最大降水量ガイダンスは細分区域の最大値を表形式で示したものをを用いるが、実際の子報作業ではMSM等の別の予想資料、実況と予想の差の確認、ガイダンスの面的分布による値の妥当性の確認等の作業も必要である。

GSMの最大1時間降水量ガイダンス(第1.5.3表)では、7日の15時初期値および21時初期値ともに、8

日は 20mm/h 前後だが、9 日は次第に降水が強まり、昼前からは栃木県北部などで 50mm/h 以上の非常に激しい雨の予想がある。また、神奈川県付近では、9 日夜に 80mm/h 以上の猛烈な雨が直近の 3 初期値で安定して予想されている。

第 1.5.3 表 1 時間最大降水量ガイダンス (GSM) の、9 月 7 日から 9 日にかけての予想の変化

栃木県北部 (上段) と神奈川県東部 (下段) の例 FLV0 (フィルターなし)

栃木県北部	7(月)								8(火)								9(水)							
	GSM	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21
7日12UTC									2	6	6	11	19	20	10	17	19	30	39	59	37	40	52	49
7日06UTC							13	9	11	10	9	12	21	21	17	18	18	26	46	55	38	46	51	48
7日00UTC					17	16	13	13	9	10	10	12	22	19	15	17	16	25	39	43	43	48	46	46

神奈川県東部	7(月)								8(火)								9(水)							
	GSM	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21
7日12UTC									11	17	15	11	10	10	9	16	24	34	40	57	28	11	89	78
7日06UTC							10	7	8	20	21	15	11	11	9	15	24	39	45	60	26	26	97	80
7日00UTC					8	13	11	5	16	23	28	15	10	12	16	15	25	30	49	72	36	28	114	88

対流雲が発達する場合には、降水量を予測する上で可降水量が参考になる場合がある。例えば、下層の暖湿気により対流雲が発達する予想であるにも関わらず、最大降水量ガイダンスの値が小さい場合には、可降水量を考慮して降水量を予測することが適切な場合がある。この事例では、前節に示した定性的なメインシナリオに対応した量的予想は、下層に流入する暖湿気の種類から、最大 1 時間降水量ガイダンス程度の降水が妥当であると判断する。ただし、GSM ではモデル地形の表現が粗いことが影響して、南東斜面でモデルの降水予想よりも降水の強まるタイミングが早まる可能性があり、9 日の早い段階から雨が強まって総降水量が増加する可能性がある点に留意する。

また、線状降水帯が発生した場合には、次々と積乱雲が発生して数時間にわたり同じ場所で強雨が持続することが多い。このため、1 時間降水量が最大 1 時間降水量ガイダンスや可降水量よりも局所的に多くなり、3 時間降水量や 24 時間降水量の比率が大幅に大きくなる場合がある点に留意する。このような場合に想定する量的予想は、過去の顕著事例の知見を念頭に、下層の水蒸気量を確認しながら判断することになる。最大 1 時間降水量ガイダンスや可降水量の 1.5~2 倍程度の降水量となる事例もあることから、現象が最も強くなった場合はこの程度の強雨を想定し、その持続性についても検討する必要がある。

1.5.3.3 土砂災害の危険度の見積もりの検討

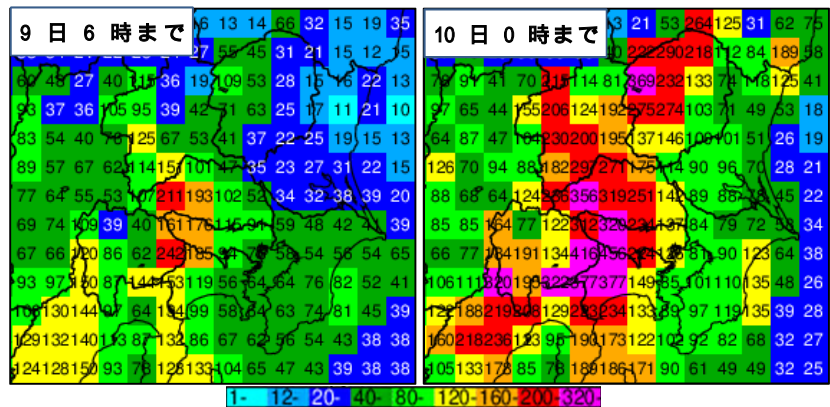
現在の作業システムでは、予想時間が先になるにつれて降水量の予想精度が低下するため、土壌雨量指数の予測計算は数時間先までとなっている。それより先の予想については、各府県で過去の大雨事例での土壌雨量指数の変化などから「警報級の可能性」の目安を検討し、その目安に基づき判断する。ここでは簡略的に、およそ 1 日先であれば、土壌に含まれる水の 2 割程度が土壌外に流出し、土壌雨量指数は降水量の 8 割程度増加すると仮定して、「警報級の可能性」の検討を行う。今後予想している降水量の 8 割程度土壌雨量指数が増加したときに警報基準を超過する場合は、降水量予想の不確実性も考慮しながら土砂災害の危険度 2 (警報級、以下同じ) を検討する。なお、ここでの土壌雨量指数の確認資料としては、予報現業作業でも利用されている、大雨警報 (土砂災害) の基準まで土壌雨量指数の余裕がどの程度あるか示す資料 (以下、「余裕指数」) を用いて検討する。

予報作成作業時に利用している24時間降水量ガイダンスを第1.5.13図に、その時点での危険度2までの土壌雨量指数の余裕指数を第1.5.14図に示す。

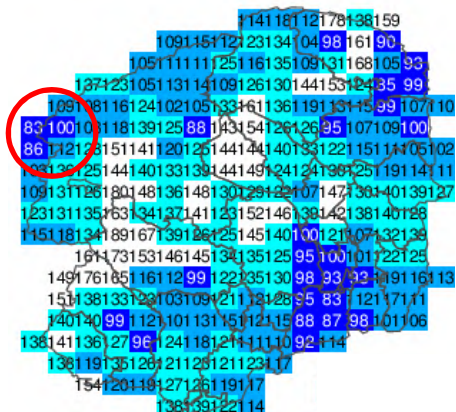
栃木県北部において、警報までの土壌雨量指数の余裕が小さい地域での余裕指数は、8日3時の時点で80から100、この地域に予想される9日6時までの24時間降水量は約100mmである。土壌外への流出による土壌雨量指数の減少を考慮しても80程度の指数増加が見込まれ、9日6時までに警報基準に近づく見込みである。その後、降水量は多くなり、栃木県北部における10日0時までの24時間降水量は、200mm以上が安定して予想されている。9日6時までは警報に達しなくても、9日6時の段階で警報基準までの余裕指数は小さくなり、6時から24時までの間には警報基準に達する可能性が高く、危険度2を想定する必要がある。

神奈川県東部の場合、土壌雨量指数の基準が低く、先行降水も多く、8日未明の段階で警報までの土壌雨量指数の余裕指数が30程度の地域があり、30mm/h以上の激しい雨があれば直ちに大雨警報（土砂災害）の基準に達してしまう地域がある。8日夕方までは最大1時間降水量ガイダンスは15mm/h前後だが、警報までの余裕指数の小さい地域では、数時間のやや強い雨が警報基準に達するため、危険度は1もしくは2となる。8日4時の解析雨量（第1.5.15図）で示すとおり、伊豆諸島から50mm/h以上の非常に激しい雨を伴う雨域が北上し、数時間以内に強雨がもたらされる見込みで、降水短時間予報を利用した警報判定により、目先の危険度を判断できる。その後、8日夜の降水量は10mm/h前後の予想だが、過去事例の調査で分かっている土壌雨量指数が増加しない目安以上の降水量が見込まれることから、降水が次第に強まり始める9日はじめから土砂災害の危険度は更に高まる。

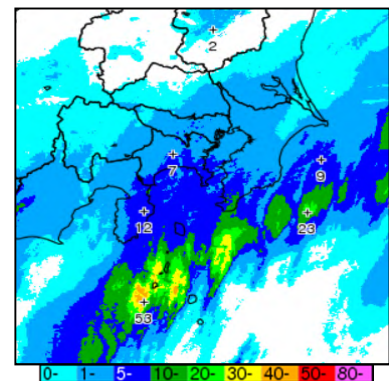
第1.5.4表に、ここまで検討した栃木県北部と神奈川県東部の量的予報のメインシナリオを示す。



第1.5.13図 GSMの24時間最大降水量ガイダンス 9月9日6時まで(左)と、10日0時まで(右)



第1.5.14図 9月8日3時時点での大雨警報（土砂災害）までの土壌雨量指数の余裕指数 栃木県(左)、神奈川県(右)の例 赤枠は栃木県北部で余裕指数が小さく、また、第1.5.13図より予想される最大24時間降水量が多く、9日6時までに警報基準に近づく可能性がある地域を示す。



第1.5.15図 9月8日4時の解析雨量

第 1.5.4 表 栃木県北部と神奈川県東部の防災時系列の例

栃木県北部

要素/JST	8日						9日						
	-06	06-09	09-12	12-18	18-21	21-24	00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21
R1 (mm/h)	10 ~ 20			20 ~ 30			50前後						
R24 (mm)	100 (06-06)						200 (24-24)						
土砂危険度	0 ~ 1			1			1 ~ 2						

神奈川県東部

要素/JST	8日						9日						
	-06	06-09	09-12	12-18	18-21	21-24	00-03	03-06	06-09	09-12	12-15	15-18	18-21
R1 (mm/h)	20前後			30 ~ 40			30 ~ 50			80前後			
R24 (mm)	60 (06-06)						80 ~ 200 (24-24)						
土砂危険度	1 ~ 2						2						

1.5.4 「警報級の可能性(明日まで)」の検討

雨の「警報級の可能性(明日まで)」は、大雨警報(浸水害)となる可能性と大雨警報(土砂災害)となる可能性の2つから判断する。いずれの警報についても、「警報級の可能性」と同様に「高」「中」「-」を用いて検討する。

いずれかの警報の可能性が「高」であれば、雨の「警報級の可能性」は「高」とする。警報級となる可能性が「中」と「-」の組み合わせの場合には「警報級の可能性」は「中」、警報級となる可能性がいずれも「-」の場合は「警報級の可能性」は「-」となる。

大雨警報(浸水害)を発表する場合には、当該細分区域・時間帯の「警報級の可能性」は「高」となる。また、1日程度先の現象等で、どの市町村で警報となるかを特定できない場合でも、1次細分区域内のどこかで警報基準に達する可能性が高ければ、「警報級の可能性」は「高」とする点に留意する必要がある。

大雨警報(土砂災害)の場合も同様である。危険度2(警報級)を想定する場合は、「警報級の可能性」は「高」とする。降水が強まる地域・時間帯等に不確実さがあるものの、1次細分区域内のどこかで警報基準に達する可能性が高ければ、「警報級の可能性」は「高」とする。

1.5.4.1 大雨警報(浸水害)の可能性の検討

1.5.3.2項に示した降水量の最も可能性の高い量的見積もりと、悪目の量的見積もりをもとに、大雨警報(浸水害)の可能性の検討を行う。

栃木県北部の大雨警報(浸水害)の基準は80から90mm/hで、予想した最大1時間降水量50mm/hの非常に激しい雨では大雨警報(浸水害)に至らない。このため、この時点で大雨警報(浸水害)の可能性は高くないと判断できるが、9日の夜は線状降水帯の発生条件を満たす環境場が予想されており、線状降水帯が発生して停滞する場合には、最大1時間降水量ガイダンスや可降水量の1.5~2倍程度、すなわち、100mm/h前後の猛烈な雨となる可能性がある。メインシナリオでは警報とならない見通しでも、線状降水帯の発生・停滞を予想するサブシナリオの天気経過となれば警報基準を超える強雨となる可能性があり、9日6時から24時の大雨警報(浸水害)の可能性は「中」とする。

神奈川県東部の浸水害を対象とする大雨警報の基準は、40から60mm/hとなっている。9日夜の80mm/h以上の猛烈な雨の予想は複数の初期値で持続して予想されており、翌日6時から24時に大雨警報(浸水害)となる

可能性は、24時間以上先の予報期間であることを考慮しても「中」もしくは「高」となる。暖湿気の流入が安定して予想されており、GSMとMSMの予想が一致している場合など、降水量や大雨の発現場所や時間の予想の不確かさが小さいと判断できる場合には、翌日の現象であっても「高」に設定してよいが、この段階では、注目している現象はMSMの予報期間外で、この事例では「高」とするのはMSMの予想を確認してから判断することとする。第1.5.5表に、これらの検討結果を整理して示す。

第1.5.5表 大雨警報（浸水害）となる可能性の検討結果

印は、警報となる可能性の判断時に評価した予想

細分区域		大雨警報（浸水害）となる可能性		
		8日6時～8日18時	8日18時～9日6時	9日6時～9日24時
栃木県北部	警報基準	80～90mm/h		
	[メインシナリオ] 予想降水量 予報の安定性	20mm/h前後 複数初期値で安定	30mm/h前後 複数初期値で安定	50mm/h前後 複数初期値で安定
	[サブシナリオ] 警報基準を超える可能性			線状降水帯発生 大きく超える可能性あり
	警報となる可能性	「-」	「-」	「中」
神奈川県東部	警報基準	40～60mm/h（一部に3時間降水量基準の地域あり）		
	[メインシナリオ] 予想降水量 予報の安定性	20mm/h前後 減少傾向	30～40mm/h前後 複数初期値で安定	80mm/h前後 GSMは概ね安定だが、 「高」とするかはMSMを確認 してから判断
	[サブシナリオ] 警報基準を超える可能性	・台風の北上が大幅に早い ケース ・海上から強雨域北上	・台風の北上が早いケース 線状降水帯の影響を受 ける可能性	（メインシナリオの場合で警 報基準を超えるため、検討 不要）
	警報となる可能性	「-」	「中」	「中」

なお、地方予報中枢では、サブシナリオを含めた顕著現象のシナリオを検討し、そのシナリオに基づいた「警報級の可能性」とともに、検討結果を地方指示報等で府県予報官署に共有する。顕著な現象が予想される場合には、発現地域の空間的な誤差を考慮して、近隣の地域でも警報級の可能性を「中」とすることが必要となる場合があり、地方予報中枢が中心となって隣接地域との調整を行う。

ちなみに、大雨警報（浸水害）は、来年度から第2章に述べる表面雨量指数（仮称）を用いた警報・注意報基準への変更が計画されている。このため、来年度からは、ここで示したような、降水量予測をもとに警報基準に達するかどうかを直接的に判断することはできなくなり、大雨（浸水）警報の基準となるかの判断は、各地方気象台で検討した目安などに基づいて判断することになる。

1.5.4.2 大雨警報（土砂災害）の可能性の検討

1.5.3.3項に示した土砂災害の危険度をもとに、栃木県北部と神奈川県東部の大雨警報（土砂災害）の可能性について検討する。

栃木県北部の場合は、9日6時までに警報基準前後となる予想で、8日18時から9日6時までの大雨警報（土砂災害）の可能性は「中」とする。その後、降水量はさらに多くなり、9日6時から24時までの間に警報基準に達する可能性が高いことから、大雨警報（土砂災害）の可能性は「高」とする。

神奈川県東部の場合は、数時間以内に強雨が予想されており、警報判定に基づき、8日6時から18時の「警報級の可能性」は大雨警報と整合させて「高」とする。仮に、警報判定されなかった場合でも、余裕指数はさらに小さくなり、8日18時までに土壌雨量指数が警報を超えると判断して、「警報級の可能性」は「高」とする。9日未明まで降水は強まらない予想であるが、土壌雨量指数の減少が見込めないことから、18時から翌

日6時の警報級の可能性は、6時から18時の警報級の可能性と同じ「高」とする。翌日6時～24時は降水が強まる予想で、大雨警報（土砂災害）となる可能性は高く、「警報級の可能性」は「高」とする。第1.5.6表に、これらの検討結果を整理して示す。

第1.5.6表 大雨警報（土砂災害）となる可能性の検討結果

印は、警報となる可能性の判断時に評価した予想

細分区域		大雨警報（土砂災害）となる可能性		
		8日6時～8日18時	8日18時～9日6時	9日6時～9日24時
栃木県北部	警報基準までの余裕指数	8日5時予報検討時点の余裕がないところで80から100		
	[メインシナリオ] 予想降水量 予報の安定性	9日6時まで、 余裕指数の小さい所で約100mm/24h 複数初期値で安定		9日24時まで、 200mm/24h以上 複数初期値で安定
	土壌雨量指数の推定 増加量		約 80 警報基準前後	さらに増加 警報基準を大きく超える
	[サブシナリオ]で警報基準を超える可能性があるか検討	省略		
	警報となる可能性	「-」	「中」	「高」
神奈川県東部	警報基準までの余裕指数	8日5時予報検討時点の余裕がないところで20～30		
	[メインシナリオ] 予想降水量 予報の安定性	30mm/h 安定していない	9日6時まで、 60mm/24h前後 複数初期値で安定	9日24時まで 80～200mm/24h 複数初期値で安定
	土壌雨量指数の推定 増加量	1時間で30増加の可能性	40～50 警報基準超え	さらに増加 警報基準を大きく超える
	[サブシナリオ]メインシナリオの場合に、警報基準を超えるため、検討不要			
	警報となる可能性	「高」	「高」	「高」

1.5.4.3 顕著な大雨となる可能性についての検討

ここに示した事例は、関東地方での強雨は安定して予想されており、最も発現しやすい天気経過（メインシナリオ）として、顕著な大雨を想定できる事例である。しかし、大雨となる地域の予想は初期値によって変化がみられ、顕著な大雨が発現する可能性が高いといえない地域も存在する。そのような地域ではメインシナリオで警報を想定しなくても、それと異なる天気経過をして顕著な大雨となる可能性がある場合には、「警報級の可能性」は「中」を設定する。

この事例では、1.5.2.3 項に示したとおり、9日は線状降水帯が発生する可能性が高く、発生条件を満たす領域が午前中は関東地方南部に予想され、その後次第に北上し、夜は関東地方北部を中心に予想されている。また、MSMでも、9日明け方から朝にかけて関東地方の広い範囲で条件を満たす予想となっている。下層に大量の水蒸気が流入しており、線状降水帯が発生すれば顕著な大雨となると判断できるため、線状降水帯が発生し、影響が持続する可能性のある地域は、「警報級の可能性」として「中」もしくは「高」を検討する。影響を受けるかどうかは、最新資料までの複数の初期値の予想に線状降水帯の発生条件を満たす予想があることや、GSMもしくはMSMの少なくともどちらかで予想されている点などから判断する。前に示した大雨警報（浸水害）や大雨警報（土砂災害）の可能性を「-」と判断し、線状降水帯の発生も予想されていない地域でも、ごく近傍で線状降水帯が発生し影響を受ける可能性があれば、空間的な予報誤差を考慮して「警報級の可能性」は「中」を検討する。また、時間的な予報誤差も考慮して、前後の時間帯にも「中」を検討する必要がある。

1.5.4.4 雨の警報級の設定

上記の大雨警報の可能性、および、顕著な大雨の可能性の検討から、最終的には雨の警報級の可能性を決定する。検討結果は第1.5.7表のとおりとなる。

第1.5.7表 雨の警報級の可能性の検討結果

細分区域		8日6時～8日18時	8日18時～9日6時	9日6時～9日24時
栃木県北部	大雨警報（浸水害）となる可能性	「 - 」	「 - 」	「中」
	大雨警報（土砂災害）となる可能性	「 - 」	「中」	「高」
	顕著現象等の可能性	なし	なし	当細分区域で発生の可能性あり
	雨の警報級の可能性	「 - 」	「中」	「高」
神奈川県東部	大雨警報（浸水害）となる可能性	「 - 」	「中」	「中」
	大雨警報（土砂災害）となる可能性	「高」	「高」	「高」
	顕著現象等の可能性	なし（伊豆諸島北部に強雨域あり留意）	当細分区域で発生の可能性あり	当細分区域で発生の可能性あり
	雨の警報級の可能性	「高」	「高」	「高」

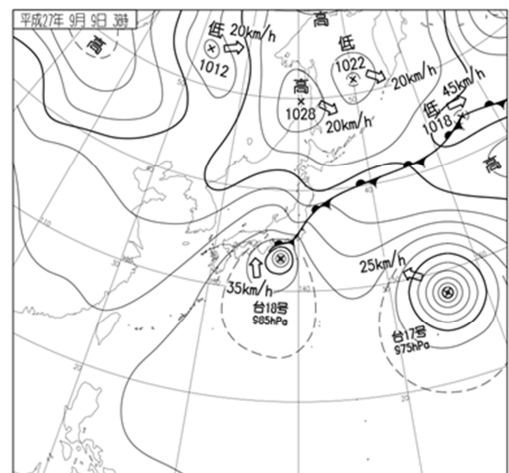
隣接地域、隣接時間帯で、顕著な現象が発現する可能性がある場合なども含む。

1.5.5 大雨警報発表時の作業（9月8～9日）

最後に、8日5時予報の「警報級の可能性」の検討後に関する作業についても述べておく。9月8日朝以降、大雨警報基準までの土壌雨量指数の余裕が小さかった神奈川県東部では、伊豆諸島から北上する強雨域がかかると判断し、8日4時59分に、大雨警報（土砂災害）が発表となった。発表となった警報に連動して、警報対象期間の警報級の可能性は「高」となる。その後も警報は継続され、8日23時15分には大雨警報（浸水害）が発表となった。

一方、栃木県北部では、前節で警報級の現象になる可能性を「高」とした期間内の9日7時41分に大雨警報（土砂災害）が発表となり、9日16時33分には大雨警報（浸水害）も発表となった。以下、栃木県北部での大雨警報（土砂災害）の発表判断に至る過程を解説する。

台風第18号は、9日3時には東海道沖に北上し、関東地方には停滞前線が解析された（第1.5.16図）。この後は台風の北上に伴って前線も北上し、下層の暖湿気の影響を更に受けやすくなる状況となる。第1.5.8表に栃木県北部のGSMとMSMの1時間最大降水量ガイダンスの推移を示す。9日日中は、50mm/h前後の降水が安定して予想されており、強雨の持続を示す予想資料となっている。



第1.5.16図 9月9日3時の速報天気図

線状降水帯発生予想については、発生する地域や時間帯に初期値ごとの変化はみられるが、関東地方北部に安定して予想されている。9日5時予報作成に用いる資料では、GSMでは9日日中から夜にかけて関東地方北部に、MSMでは9日日中に栃木県付近に線状降水帯の発生条件を満たす地域が予想され、線状降水帯が発生する可能性が高いと判断できる（第1.5.17図）。10日6

時までの24時間最大降水量ガイダンス(第1.5.18図)では200mm以上の大雨が、GSMでは栃木県北部山沿い中心に、MSMでは関東地方を南北に伸びる形で予想されており、栃木県北部ではGSM、MSMともに顕著な大雨となる見込みである。

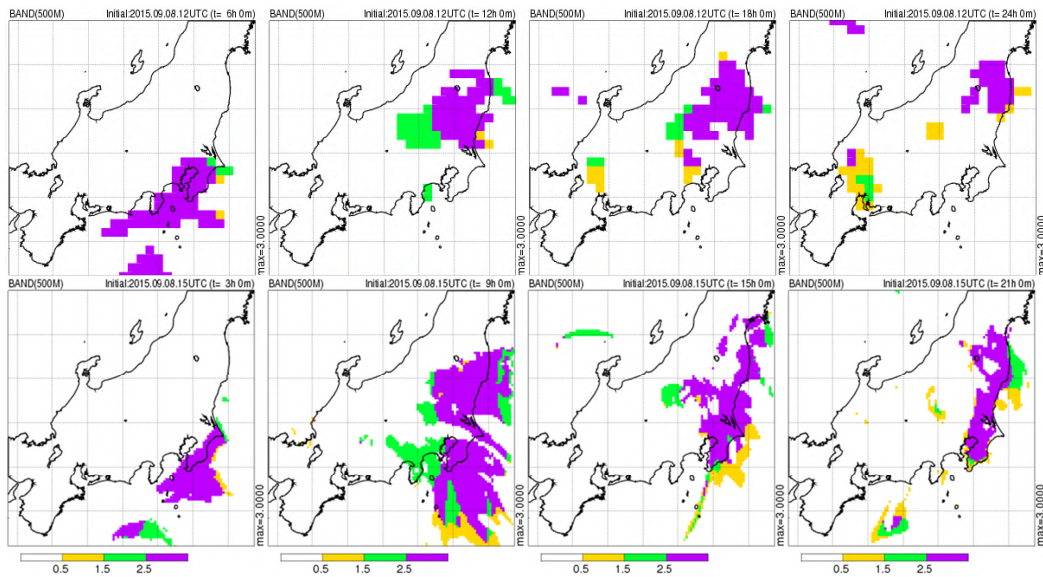
9日明け方までは、栃木県では最大降水量ガイダンスが予想する降水量よりも、実況が少ないところが多かったが、9日の朝からは、20mm/h以上の強い雨が降り始めた(第1.5.19図)。この段階で、大雨警報(土砂災害)基準までの余裕指数は栃木県北部の余裕のないところで50前後である(第1.5.20図)。この後は下層暖湿気の流入が更に強まり、降水も強まる予想であることから、警報(土砂災害)発表の判断に至ることになる。

なお、警報発表の際の、「警報級の可能性」についての留意点は以下の通りである。

- ・警報発表する気象要素について「警報級の可能性」を「高」で発表していなければ、警報発表に合わせて予報作業支援システムから自動的に、警報対象期間の警報級の可能性「高」が発表される。

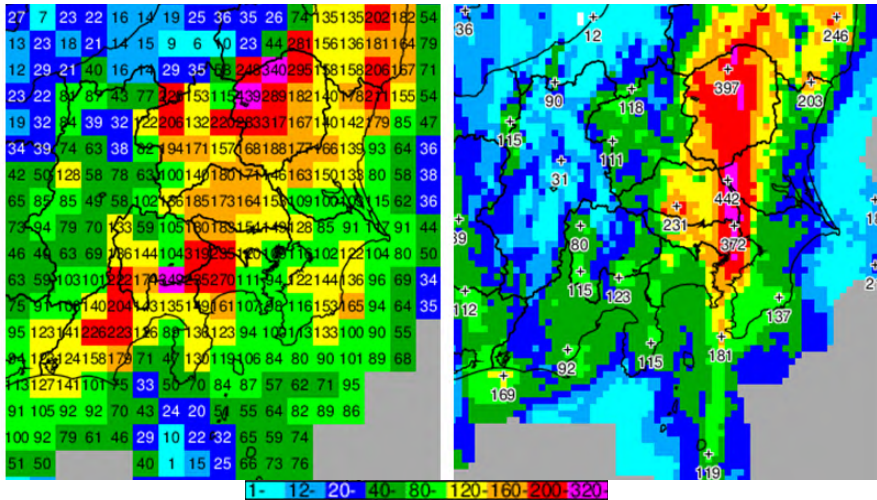
第1.5.8表 栃木県北部の1時間最大降水量ガイダンスの推移
FLV0(フィルターなし)

	8(火)								9(水)								10(木)								
	GSM	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24	-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24
8日12UTC										31	38	64	80	55	46	32	33	36	36	58	50	32	28	23	14
8日06UTC							18	18	25	34	61	64	36	40	45	44	38	37	48	49	32	22	15	21	
8日00UTC				15	16	16	18	27	34	47	49	34	41	50	44	40	34	34	33	30	19	12	18		
7日18UTC		3	9	19	21	18	18	26	34	40	61	50	54	58	50	42	37	49	44	35	27	16	21		
MSM																									
8日15UTC									16	41	55	57	56	59	66	55	48	29	35	30	17				
8日12UTC							7		28	44	53	69	68	46	46	48	47	34	44	28					
8日09UTC						7	9		24	38	56	67	57	48	50	52	54	50	41						
8日06UTC					7	12	16		22	30	26	42	59	38	28	29	29	33							
8日03UTC				10	20	20	24		23	27	42	53	38	33	31	29	36								
8日00UTC			8	14	18	23	25		24	32	51	57	69	80	80	72									
7日21UTC		7	8	13	20	17	18		26	26	57	70	65	55	76										
7日18UTC		6	8	11	11	12	10		14	15	30	42	50	66	69										



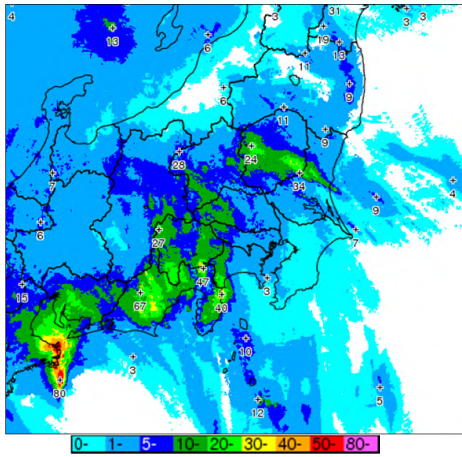
第1.5.17図 GSMとMSMの線状降水帯の発生条件

上段：9月8日21時初期値のGSMの9日3時、9時、15時、21時の予想、下段：9月9日0時初期値のMSMの9日3時、9時、15時、21時の予想、紫：6条件を満たす地域、緑：6条件RH(6条件のうち500hPaの湿度を60%以上から20%以上に緩和した条件)、黄：6条件緩和(6条件のうちSREHを $70\text{m}^2\text{s}^{-2}$ 以上、FLWを $100\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上に緩和した条件)

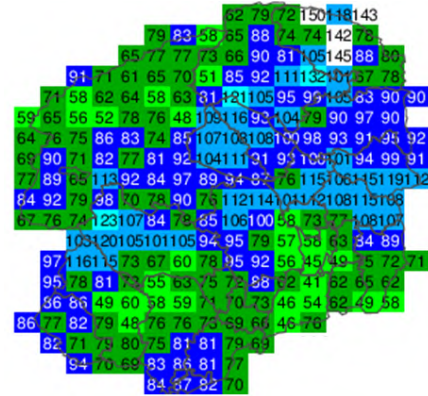


第 1.5.18 図 9 月 10 日 6 時までの 24 時間最大降水量ガイダンス

8 日 21 時初期値の GSM (左) と 9 日 0 時初期値の MSM (右)



第 1.5.19 図 9 月 9 日 7 時の解析雨量



第 1.5.20 図 9 月 9 日 7 時における大雨警報 (土砂災害) までの余裕指数

1.6 まとめ*

本章で取り上げた事例は、2 つの台風と寒冷渦、前線など複数の要素が複雑に影響するため予想が比較的困難であった。このような事例に対して、「警報級の可能性」の発表に関する標準的な予報作業の結果、以下のように解説してきた。

6 日までは、「警報級の可能性」については「中」の発表にいたらなかったが、不確実性が大きく今後「中」以上の可能性があることに留意した。

7 日 11 時予報発表の段階で、明後日 9 日の大雨を対象にした「警報級の可能性」に「中」を発表することができた。

7 日 17 時予報発表の段階で、明後日 9 日の大雨を対象にした「警報級の可能性」に「高」を、10 日の大雨を対象にした「警報級の可能性」に「中」を発表することができた。

8 日 5 時予報発表の段階では、引き続き、明日 9 日から大雨を対象にした「警報級の可能性」に「高」を発表することができた。

*板橋 耕一郎 (気象庁予報部予報課)

本章では、「警報級の可能性」に焦点をあてて、災害の発生する前々日の 9 月 8 日までの作業を主に解説した。大雨・洪水警報の発表に向けた作業については平成 29 年度から新しい指数を用いた作業を第 2 章で解説しているので、参照願いたい。

参考文献

黒良龍太，村規子，2014：現業作業における総観場の把握と局地気象解析について．平成26年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，40-51．

加藤輝之，2015：メソ気象の理解から大雨の予測について～線状降水帯発生条件の再考察～．平成27年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，42-60．