

第1章 実例に基づいた予報作業の例

1. 1 はじめに*

気象庁はこれまで、雨による災害発生の危険度の高まりを評価する技術（土壌雨量指数、表面雨量指数、流域雨量指数）の開発を進めてきた。2017年（平成29年）出水期には、この技術を活用して大雨・洪水警報及び大雨特別警報の改善を行った。まず、大雨警報及び注意報、洪水警報及び注意報の発表基準について、これまで用いてきた1時間降水量（以後、R1と表記）や3時間降水量（以後、R3と表記）の基準に替わって、これらの指数を用いることとした。指数の基準はこれまでのR1やR3の基準よりも災害発生との相関が高く、これにより、土砂災害や低地の浸水、河川の氾濫といった災害の種類に応じて、災害発生の危険度の高まりをより客観的に判断することが可能になった。さらに、これまで提供してきた「土砂災害警戒判定メッシュ情報」に加えて、「大雨警報（浸水害）の危険度分布」及び「洪水警報の危険度分布」の提供を開始した。これは、大雨警報や注意報が発表された市町村内において、実際にどこで危険度が高まっているかを分かりやすく提供するため、危険度を色分けして地図上に表示するものである。この「危険度分布技術」を活用して、大雨特別警報を発表する際に危険度が著しく高まってはいないと判断できる市町村は、これを除外して発表できるようにした。

本章では、土壌雨量指数、表面雨量指数、流域雨量指数を使った予報作業について、標準的な予報作業や事例の検討について解説する。ここでは、作業時に入手でき得る資料と現在我々が持っている予報技術を用いた標準的な予報作業を説明することとし、事後に入手できる資料は利用せず、実践的な予報作業を示す。平成29年度予報技術研修テキストでは、平成28年台風第9号による大雨を題材として、上述した新しい指数を使った予報作業について取り上げた。今年度は、平成29年8月の不安定降水による大雨を題材として、数値予報モデルやガイダンスが不得意とする現象における標準的な予報警報発表作業の流れについて確認する。

1. 2 2017年8月19日の不安定降水による大雨事例

本節では、2017年8月19日の午後に東京地方で発生した不安定降水による大雨を題材として、数値予報モデルやガイダンスが不得意とする現象における、標準的な予報警報発表作業の流れについて記述する。

1.2.1項で当該事例の概要を確認し、1.2.2項、1.2.3項ではこの事例に対する標準的な天気予報及び警報・注意報の作成、発信作業についてそれぞれ記述していく。天気予報作業の解説は現象前日の8月18日17時予報作業（1.2.2.1）から開始し、以後、8月19日5時予報（1.2.2.2）、11時予報（1.2.2.3）のそれぞれの時刻について行い、予想資料の着目点等について整理した。その後、不安定降水が顕在化してくる当日午後については、注意報発表判断とこれに係る作業（1.2.3.1）、警報発表判断とこれに係る作業（1.2.3.2）、各種警戒度ガイダンスによる警報切り替え作業（1.2.3.3）、緊急整合による警報切り替え作業（1.2.3.4）、警報解除作業（1.2.3.5）のそれぞれの作業について述べ、警報等発表判断や作業上の留意事項について整理した。

1. 2. 1 大雨の概要*

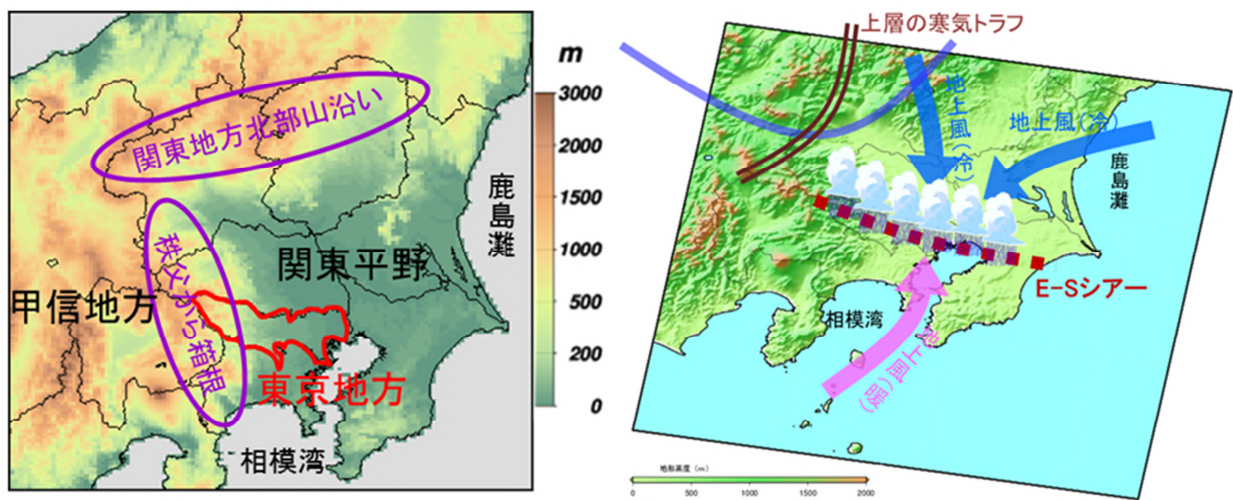
現行の予報技術では、広い範囲で大気の状態が不安定となり、その中の一部地域で局地的に大雨となる

*永山 隆治（気象庁予報部予報課）

ような現象については、不安定指数の予想等から現象発生の可能性を示唆することはできるものの、大雨の場所、期間、降水量等を精度よく予想することは難しい。

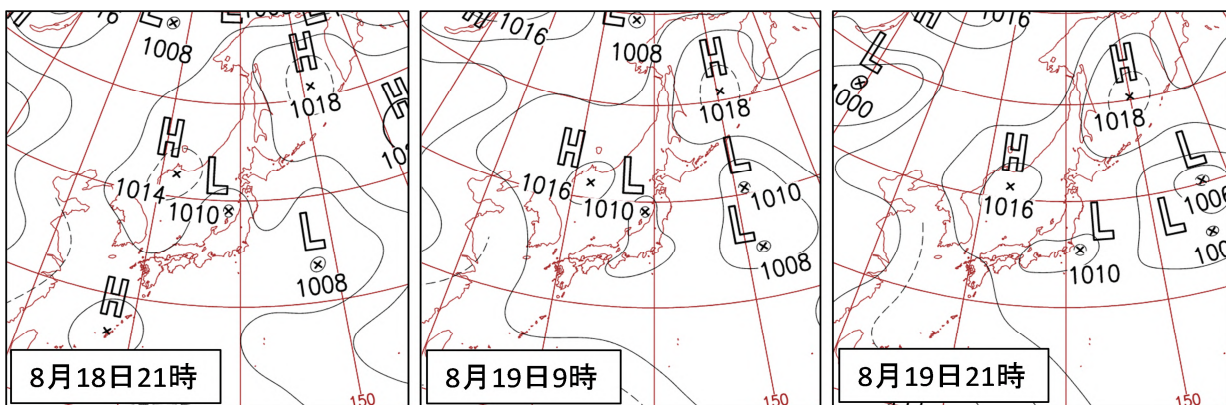
このような現象の例として、東京地方では「E-S シアー型不安定降水」があげられる。これは上層の寒気トラフの前面において、鹿島灘沿岸から吹く東寄りの風と相模湾沿岸から吹く南寄りの風によって東京地方近辺に形成されるシアーライン（第1.2.1図）に沿って不安定が顕在化するもので、東京地方に警報級の大雨をもたらす場合がある（藤村・大久保，2006）。本章ではこのシアーラインのことを「E-S シアー」と称する。本章で取り上げる2017年8月19日の大雨事例もこのE-Sシアー型不安定降水であった。

8月18日から19日にかけての地上天気図（第1.2.2図）をみると、18日夜には日本海に低気圧があつて東進していた。この低気圧は19日に本州に上陸したあとは不明瞭化した。19日午後には関東の東海上に低気圧が発生して東進するなど、関東付近は弱い気圧の谷となっていた。19日の日中は地上気温の上昇によって山沿いに熱的低気圧も形成されていたが、それ以外に明瞭なじょう乱はない。



第1.2.1図 関東甲信地方の地形図（左）とE-Sシアーモデル概念図（右）

地形データにはUSGSのGTOPO30を利用。

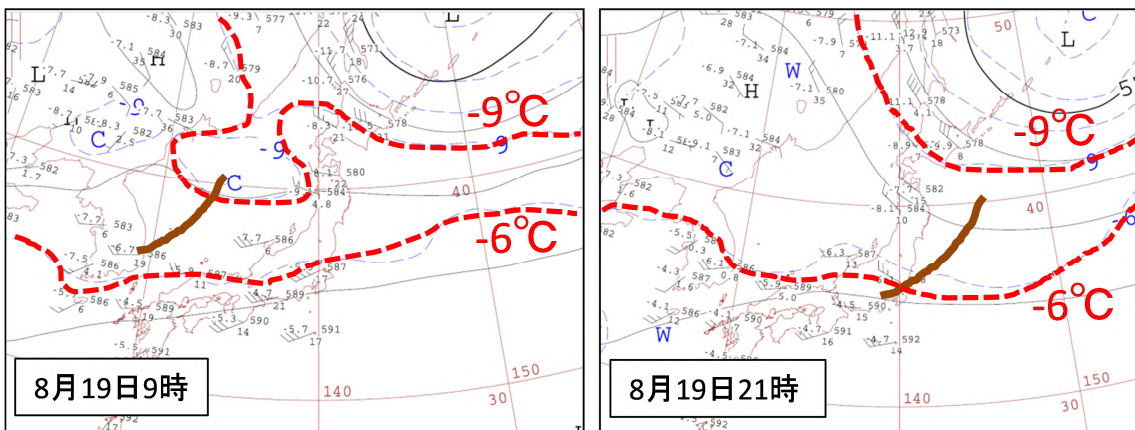


第1.2.2図 8月18日21時から19日21時にかけての12時間毎の地上天気図

8月19日、関東地方では大気の状態が非常に不安定となっていた。第1.2.3図に示すように19日9時には日本海に500hPaで -6°C 以下の寒気を伴ったトラフがあつて、19日夜にかけて東北地方・東日本を通過した。一方、19日午後になると、東京都と埼玉県の間境付近にE-Sシアーが形成された。日射による地上の

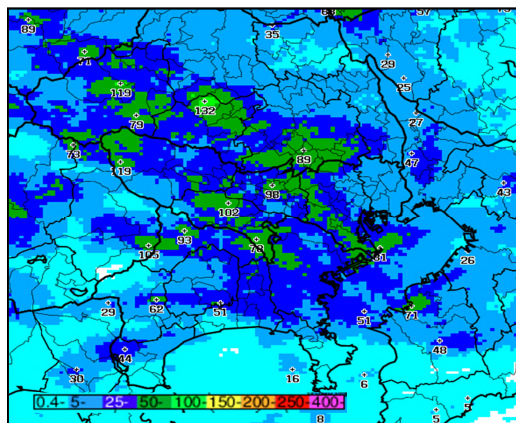
昇温（東京の最高気温は 30.3℃。練馬は 31.5℃）と E-S シアーの形成及びトラフ接近により、上昇流が励起され不安定な状態が強まり、16 時頃から積乱雲が発達、各地で活発に発雷して非常に激しい雨が降り大雨となった（第 1.2.4 図、第 1.2.5 図、第 1.2.6 図）。アメダスでは東京都練馬で R1=50.0 ミリ（17 時 18 分）、埼玉県さいたまで R1=44.5 ミリ（18 時 17 分）など、関東の各地で激しい雨や非常に激しい雨が観測された。大雨は 19 日の夜遅くになって終息した。

東京都では、19 日 16 時 28 分に多摩北部地方の一部を対象に大雨警報（浸水害）を発表、18 時 54 分までに 23 区東部・23 区西部、多摩北部・多摩南部のほとんどの市町村に対して大雨警報（浸水害）や洪水警報を発表するなど、広い範囲で警報を発表した。また、17 時 26 分と 18 時 28 分には竜巻注意情報も発表した。この大雨により 23 区を中心に床上浸水 19 件、床下浸水 20 件があったほか、世田谷区では落雷による負傷者が 9 名あった（東京管区気象台、2017）。



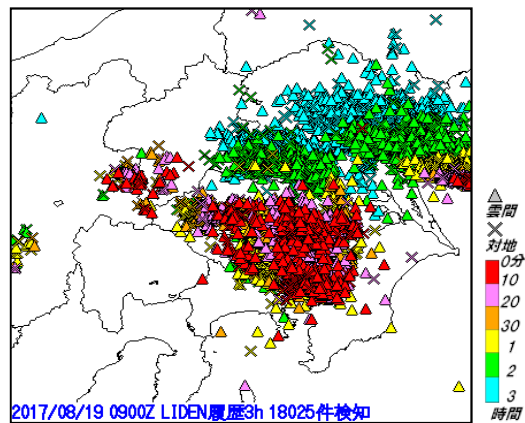
第 1.2.3 図 8 月 19 日 9 時（左）と 21 時（右）の 500hPa 天気図

赤破線は気温-9℃と-6℃、茶色線はトラフの位置を示す。9 時には、日本海に-6℃以下の寒気を伴うトラフがある。館野でも気温-5.9℃と、この時期としては強い寒気が流入。21 時にはトラフは日本の東に抜けている。



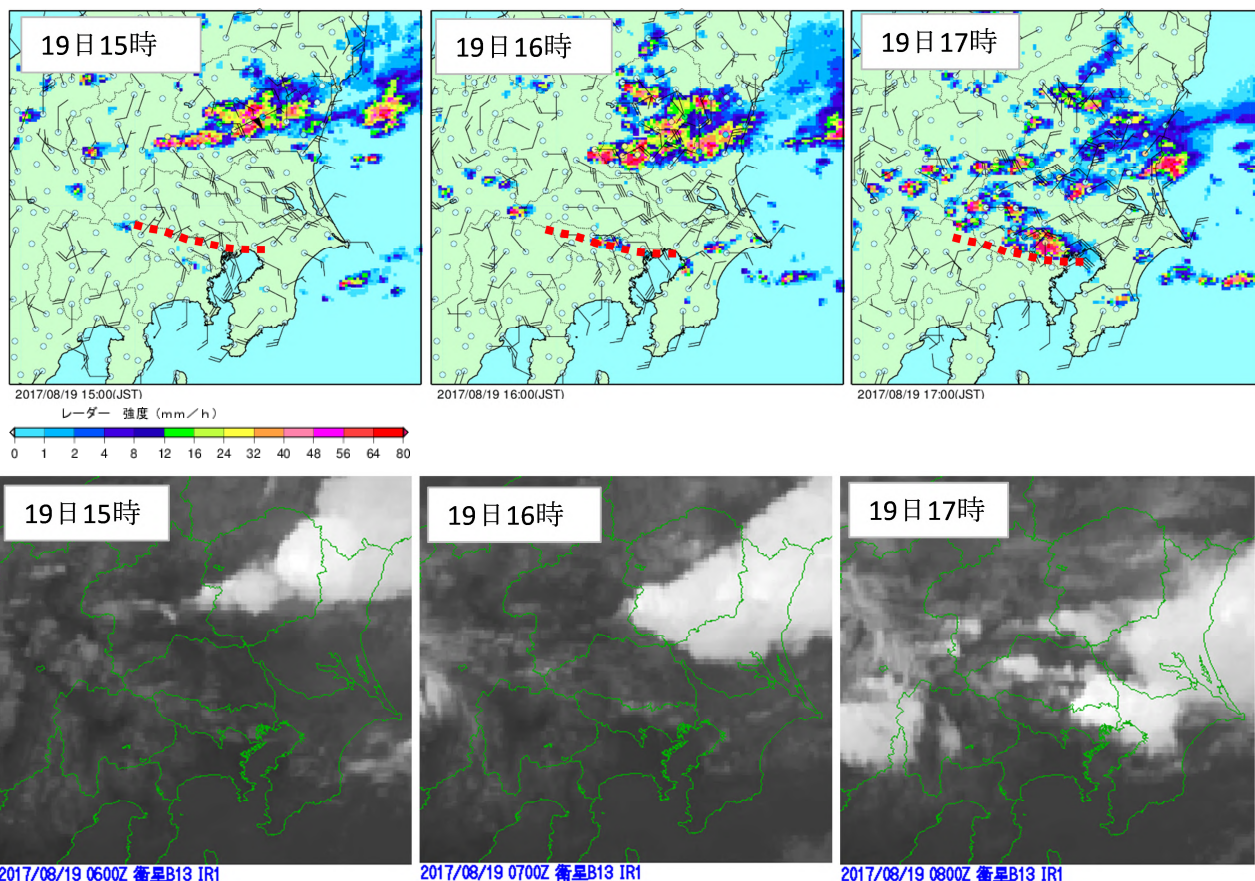
第 1.2.4 図 8 月 19 日 0 時から 20 日 0 時までの 24 時間における解析雨量の積算プロット図

多摩地方を中心に約 100 ミリの降水を解析していたところもある。



第 1.2.5 図 8 月 19 日 18 時の LIDEN（雷監視システム）履歴（3 時間）

広い範囲で落雷を検知した。



第 1.2.6 図 8 月 19 日 15 時から 17 時にかけての 1 時間毎の関東地方アメダスの風向風速、レーダーエコー強度（上段）と、衛星赤外画像（下段）

上段に赤点線で E-S シアーを示す。

1. 2. 2 天気予報発表作業*

予報作業を行う際に、数値予報モデルやガイダンスが示す予想だけではなく、大雨のポテンシャルを読み取ったうえで、事例解析や統計から作成した判断手法を参考にすることがある。その手法の一つに過去の事例調査から作成した官署独自の予測手法があり、東京地方では警報級の雨となる E-S シアー型不安定降水について官署独自の判断ツールを参考にしている。その他、不安定降水が発生しやすい環境場¹が数日続く場合は、各日の降水分布と予測資料を比較して、予測資料の誤差に関する特徴と環境場の変化を把握し、前日の実況から翌日の降水を予測する方法がある。8 月 18 日も不安定降水が発生しやすい環境場であったため、19 日の予報作業ではこの手法も使える。本章ではこれらの手法を用いて 8 月 19 日に発生した不安定降水に対する予報作業を行うことにする。

天気予報作業時には、「①気象実況の監視・解析を行い、現象の推移を把握した後、環境場の状況、現象の構造について解釈する。」、「②数値予報資料を活用し、現象の推移の予想を行い、シナリオを作成し、量的予測を行う。」、「③適切な予報表現を選択し、天気予報や気象情報の発表を判断する。」という①～③のサイクルを繰り返す（第 1.2.7 図）。特に以下の事項についての判断に注力する。

- ・降水強度を示す表現に激しい雨（R1 \geq 30 ミリ）や非常に激しい雨（R1 \geq 50 ミリ）を使用するのか。
- ・前もって注意警戒を呼びかける府県気象情報を発表するのか否か。発表する場合、タイトルを竜巻な

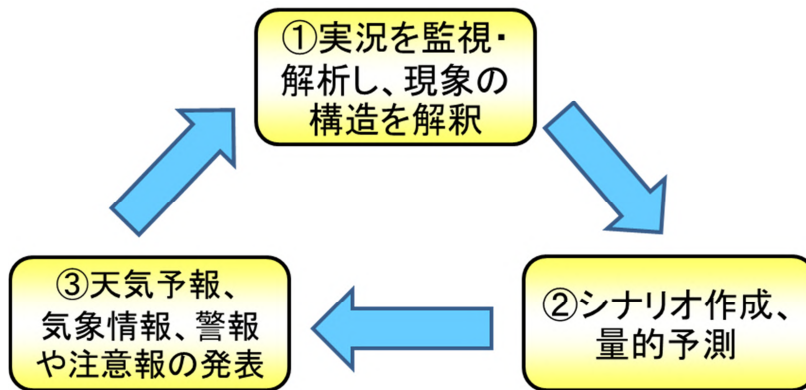
*若杉 栄一（気象庁予報部予報課）

¹ 総観場や下層の湿り、安定度、風や温度分布が不安定降水の発生しやすい気象条件にあること。

どの激しい突風があるとして「雷・突風・降ひょう」にするのか、さらに警報級の雨が予想されるとして「大雨・雷・突風」とするのか。

・警報級の現象が発生する可能性を示す確度を、[一]、[中]、[高]のどれにするのか。

予報担当者はこれらの予報表現について随時検討するが、本章では定時に発表する5時予報や11時予報、17時予報でどのような予報表現を使うかを判断していく。



第 1.2.7 図 予報作業サイクル図

1. 2. 2. 1 8月18日17時予報発表に向けた作業

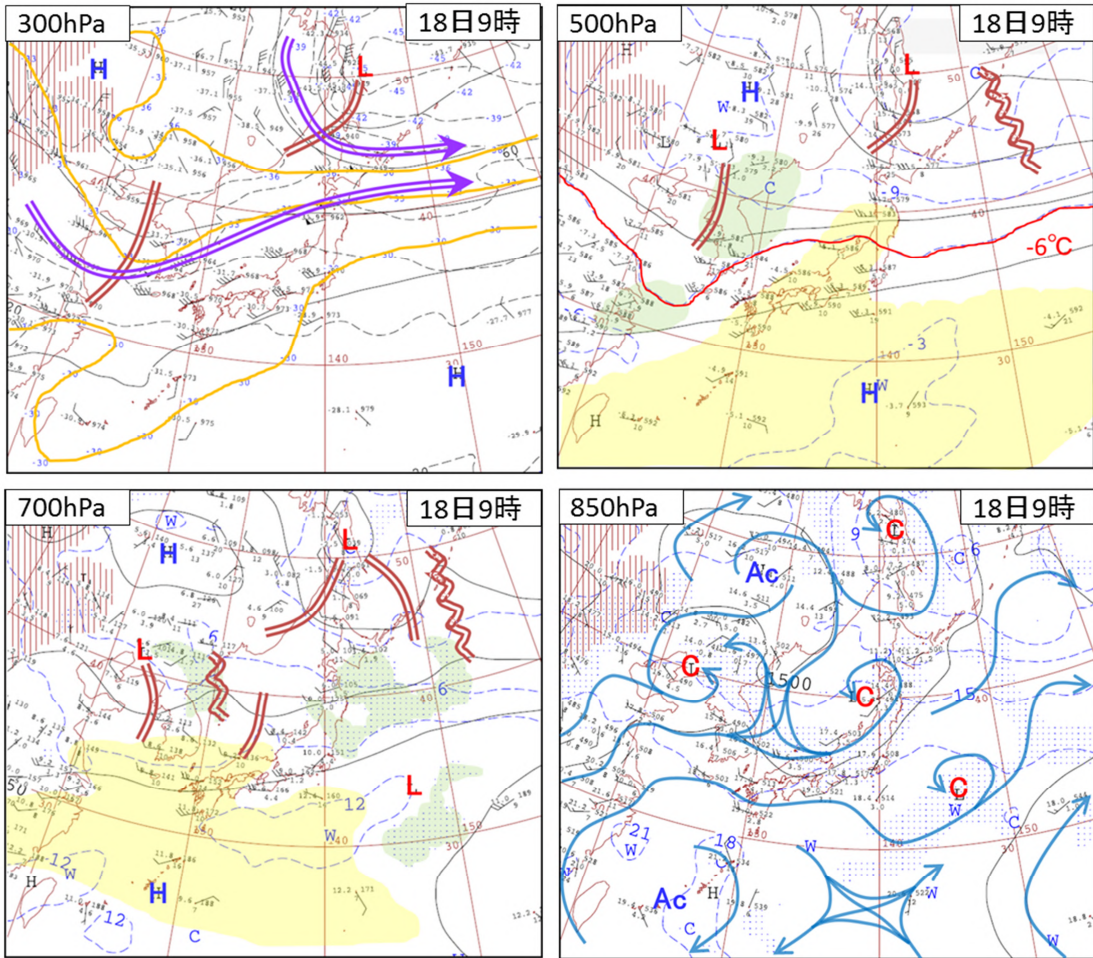
(1) 18日15時の関東甲信地方の実況把握

気象状況を把握するため、まずは総観場の確認を行う。

18日17時予報前に入手できる実況資料は、18日9時の高層天気図である(第1.2.8図)。300hPaでは、強風軸が華中から朝鮮半島付近のトラフで東北東に向きを変え、日本付近に達している。500hPaでは、トラフが北海道地方を通過中で北日本には -6°C 以下の寒気が南下している。500hPa~700hPaでは、気温と露点温度の差(湿数、以後T-TD)が 6°C 以上のやや乾燥した空気が西日本中心に関東甲信地方の一部を覆っている。積乱雲の移動等に影響する中層の風は700hPaで南西15kt、500hPaで西30ktとなっている。850hPaでは、 $T-TD \leq 3^{\circ}\text{C}$ の湿った空気が本州付近を広く覆っており、関東甲信地方にも南西風によって湿った空気が流れ込んでいる。

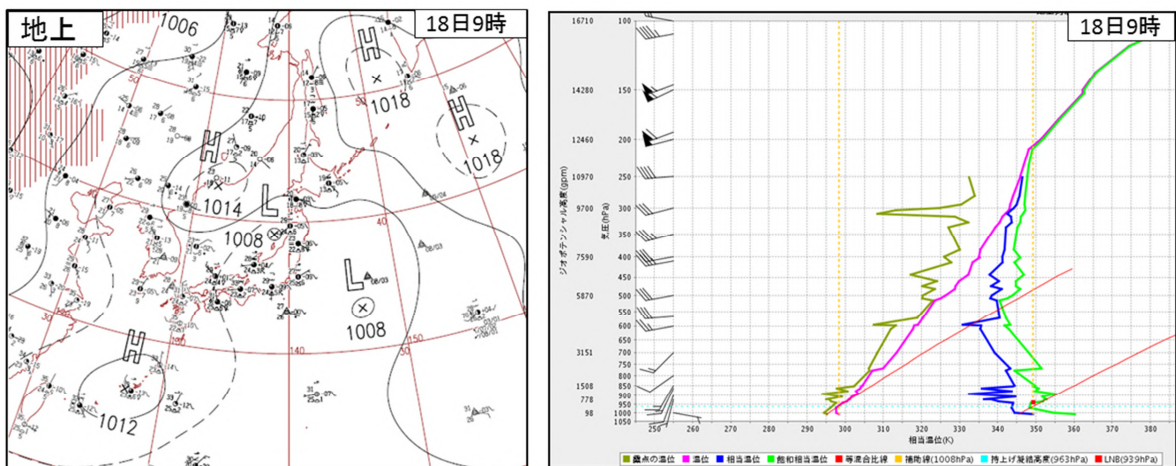
次に、関東甲信地方の環境場を把握する。18日9時の地上天気図では、関東甲信地方の近くには大規模なじょう乱は存在しない(第1.2.9図左)。同時刻における館野(茨城県つくば市)の温位エマグラム(第1.2.9図右)では、地上付近も気温が低く、下層から上層までやや湿った状態にあり、日中に地上付近で昇温し気塊が自由対流高度まで到達すれば、約200hPaまで上昇する成層状態となっている。

18日15時には、北陸地方や東海地方では $R1=30\sim 50$ ミリの雷を伴った激しい雨や非常に激しい雨を解析し(第1.2.10図)、各地で警報や注意報、竜巻注意情報を発表している。関東甲信地方では山沿いを中心に雷雲が発生しているが、東京地方を含む関東平野では、千葉県に局地的に対流雲が発達しているものの雷は検知していない。

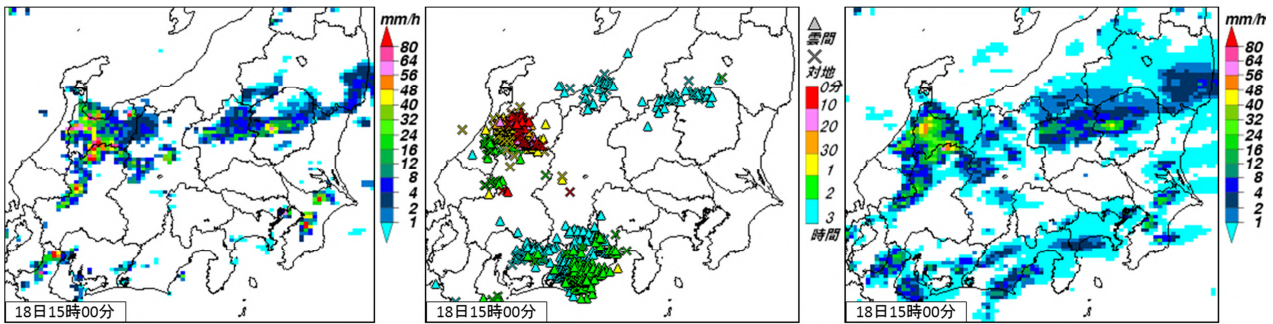


第 1.2.8 図 18 日 9 時の高層天気図 300hPa (左上)、500hPa (右上)、700hPa (左下)、850hPa (右下)

橙色実線：等温度線、茶色二重線：トラフ及びブリッジ、紫色矢印：強風軸、赤線：等温度線、黄色着色域： $T-TD \geq 6^\circ\text{C}$ 、緑色着色域： $T-TD \leq 3^\circ\text{C}$ 、青色線：流线、C：低気圧性循環、Ac：高気圧性循環を示す。



第 1.2.9 図 18 日 9 時の地上天気図 (左) と、館野の温位エマグラム (右)



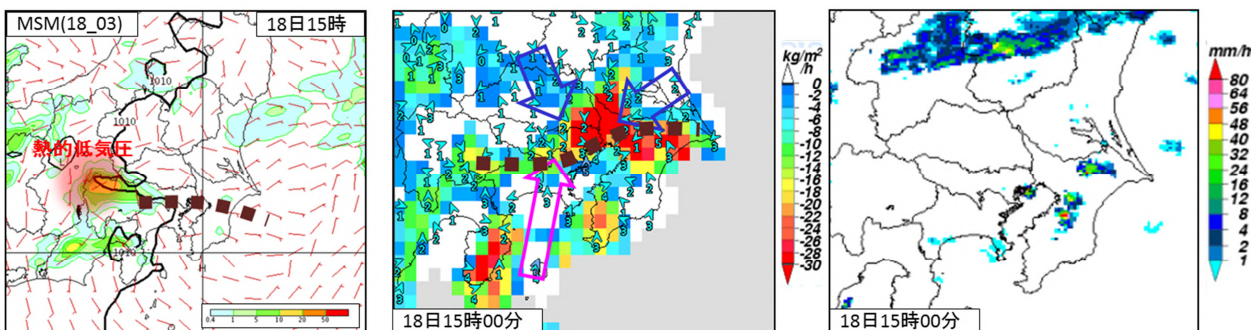
第 1.2.10 図 18 日 15 時のレーダーエコー強度 (左)、過去 3 時間の LIDEN (雷監視システム) による雷検知 (中)、解析雨量 (右)

(2) 18 日 15 時における東京地方の予想と実況の比較

不安定降水が発生しやすい環境場の時に、東京地方の降水を見積もるうえでまず着目する点は、関東平野での地上収束域形成の有無である。18 日に続いて 19 日も不安定降水の発生しやすい環境場が続くと考えられるため、収束域の形成や降水に関して、数値予報モデルやガイダンスと 18 日 15 時現在の実況との比較を行う。

18 日 17 時予報時に入手できる最新の数値予報資料の MSM18 日 03UTC 初期値 (以後、MSM(18_03)と表記。GSM や LFM でも同様の表記とする) の 18 日 15 時の地上予想図を第 1.2.11 図左に示す。東京付近に E-S シアーと考えられる東寄りの風と南寄りの風の収束や、熱的低気圧周辺の山梨県中心に降水を予想している。環境場からは警報級の雨となる E-S シアー型不安定降水発生の可能性はあったが、15 時の実況では第 1.2.11 図中に示すように E-S シアーが東西にのびて発生し、GNSS 可降水量 Flux 発散²で確認できる収束域が広がったにもかかわらず、E-S シアー付近でレーダーエコーは観測されていない (第 1.2.11 図右)。関東甲信地方では、山沿い中心に地形の影響で風の収束や気温の上昇により所々で雷雲が発生するような環境場となっている。しかし平野部で発生していないのは、600~750hPa の中層が比較的乾いた空気に覆われているとともに、自由対流高度が 1km 以上と比較的高く、E-S シアーが気塊を持ち上げる十分な外力になっていないためと考えられる。その後も 18 日には、東京地方で大雨となることはなかった。

この比較した結果を踏まえたうえで、19 日の予報の検討を行う。



第 1.2.11 図 MSM(18_03)による 18 日 15 時の地上予想図 (左)、18 日 15 時の、アメダス風による GNSS 可降水量 Flux 発散とアメダス風 (中)、レーダーエコー強度 (右)

茶色点線：E-S シアー、桃色、青色矢印：主な流線を示す。

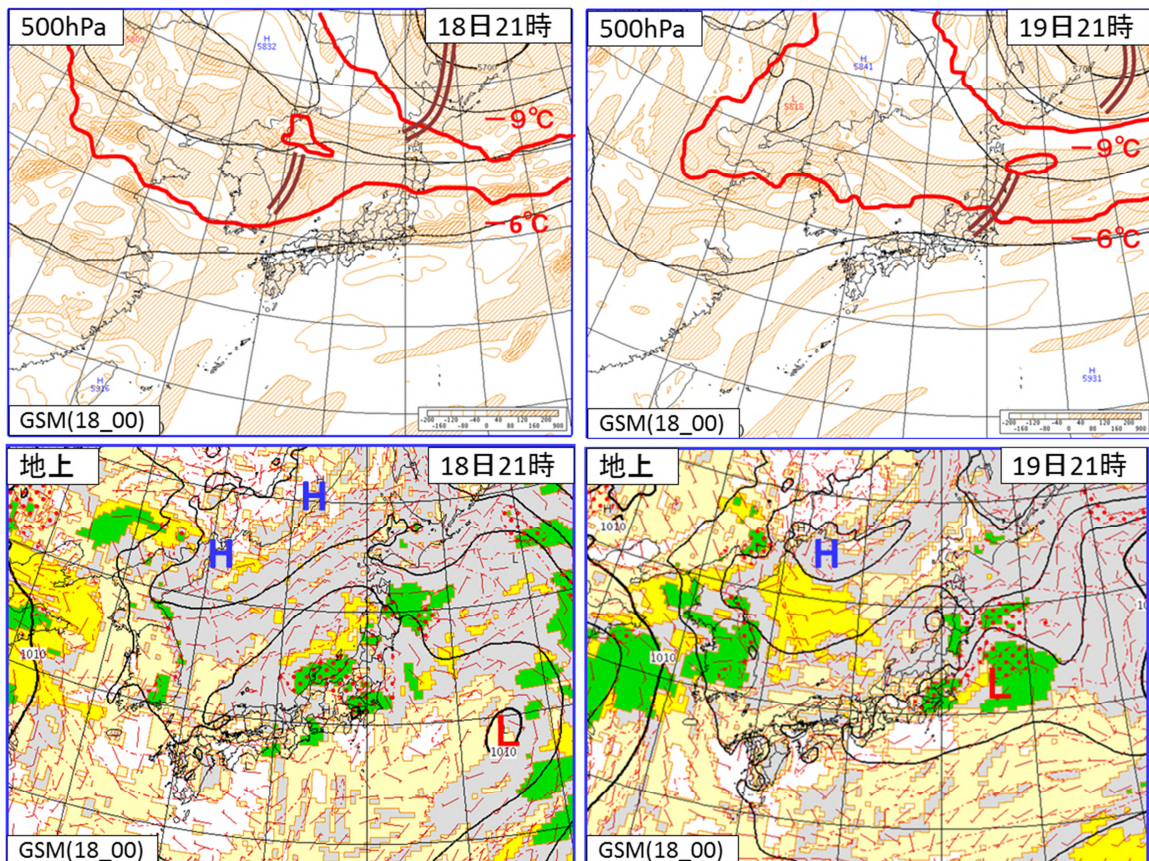
² アメダス風と GNSS 可降水量から計算する擬似的な下層水蒸気 Flux。局所的な降水現象を予測するための水蒸気が多く集まる領域を把握することができる。収束域 (Flux 値が負の領域) は地上風の収束域と対応がよい。

(3) 18日17時予報の予測資料

まずは、GSM(18_00)を使用し、現象当日である19日にかけての総観場の変化を把握する。その後、着目すべきポイント（午後の不安定降水）を、MSM(18_03)や各種ガイダンスを用いて検討を行う。

500hPa 予想図では、圏界面下降を伴った（図略）5820m 付近のトラフが19日夜までに東北地方・東日本を通過し、正渦度移流により上昇流が形成されやすくなる（第1.2.12 図上）。18日夜に東北地方にある -6°C の等温度線が19日夜には関東地方北部まで南下する予想のため、18日の午後よりも19日の午後の方が上層は低温化し大気の状態は不安定になる。地上では、19日は大規模なじょう乱の発生や通過の予想はないが、午後には関東の東海上に低気圧が発生して東進するなど、関東付近は弱い気圧の谷となっている（第1.2.12 図下）。18日午後には関東地方に鹿島灘からの北東風が吹いているが、19日午後も、関東の東海上の低気圧からの北東風が吹く予想となっている。

不安定降水が予想される19日18時の予想図では、700hPaより上層で18日と同様に西日本から東日本にかけては $T\text{-}TD \leq 3^{\circ}\text{C}$ の領域はみられずやや乾燥し、関東地方の一部で $T\text{-}TD \leq 3^{\circ}\text{C}$ の領域が予想されている（第1.2.13 図左）。850hPaは、本州付近で $T\text{-}TD \leq 3^{\circ}\text{C}$ の領域が広がり、湿った状態が続く予想となっている（第1.2.13 図中）。関東甲信地方の19日午後は、日中の昇温も加わり850hPa相当温位 $342 \sim 345\text{K}$ 程度の暖湿気の領域が広がる予想で、ショワルター安定指数（SSI）も負となっている（第1.2.13 図右）。700hPaより下層は、西寄りの風で風速は15kt以下と弱く、積乱雲が発生した場合には停滞しやすくなることが予想される。

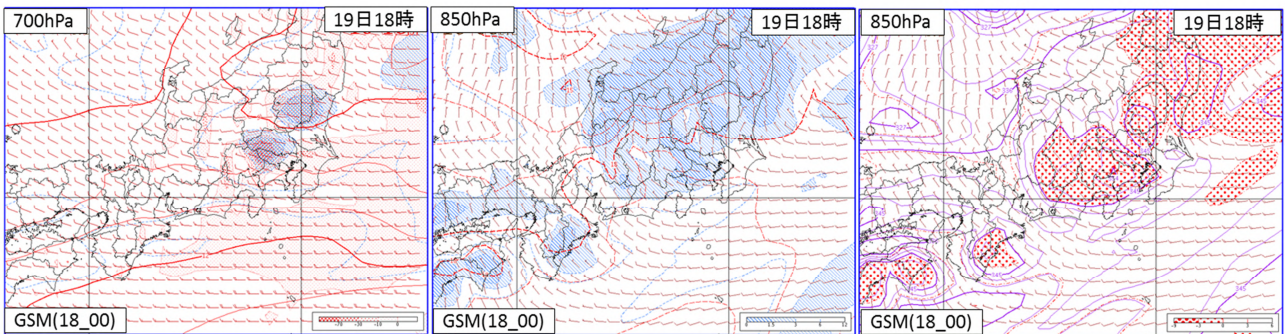


第1.2.12 図 GSM(18_00)による18日21時と19日21時の500hPa予想図（上）、地上予想図（下）

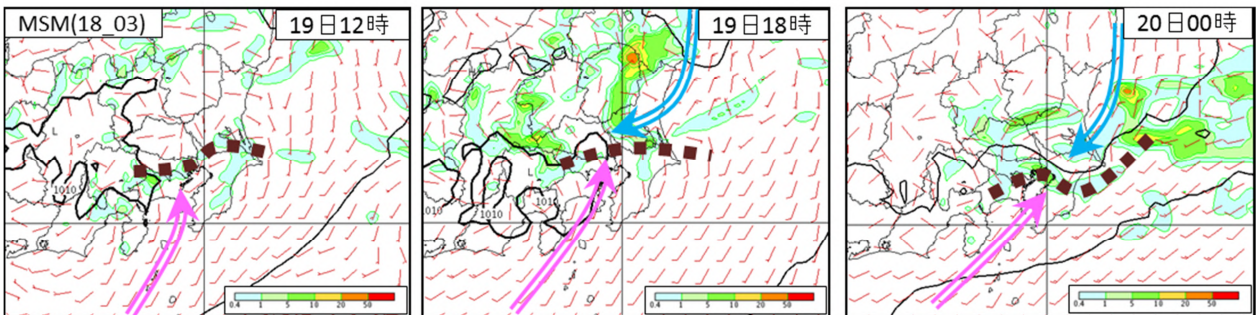
赤色実線：等温度線、茶色二重線：トラフを示す。

MSM(18_03)による 19 日午後に予想される関東地方の地上風と降水について、第 1.2.14 図に 6 時間毎に示す。降水は不安定降水によるものとみられ、はじめは関東地方北部の山沿いにあり、その後は平野部にも広がる予想となっている。さらに東京湾付近で南寄りの風、鹿島灘からは東寄りの風で、E-S シアーの形成が予想され、その周辺で弱い降水を予想している。降水強度としては警報級になるまでの強度ではないが、東京地方に警報級の雨をもたらす E-S シアー型不安定降水のきっかけとなる、E-S シアーを予想しているため、予報担当者はその可能性を検討することになる。

1 時間最大降水量ガイダンスは MSM(18_03)、GSM(18_00)ともに夕方以降に 10~20 ミリの降水量を予想している (第 1.2.15 図)。また発雷確率ガイダンスは 60~70%と高い (図略)。ガイダンスの特性として不安定降水時の降水量予想は過小になる傾向があるため、どの程度上方修正するかを検討する。

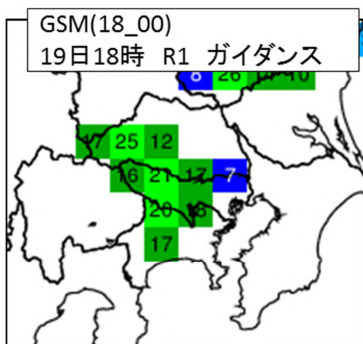


第 1.2.13 図 GSM(18_00)による 19 日 18 時の 700hPa 予想図 (左) と 850hPa 予想図 (中、右)



第 1.2.14 図 19 日 12 時~20 日 0 時までの、MSM(18_03)による地上気圧、地上風、R1 予想図

茶色点線 : E-S シアー、桃色、水色矢印 : 主な流線を示す。



東京地方 FLV=0		19							
		-03	-06	-09	-12	-15	-18	-21	-24
GSM	8/18 00UTC	11				6	21	19	19
	8/17 18UTC					5	21	16	14
	8/17 12UTC						8	11	23
MSM	8/18 03UTC					8	14	8	12
	8/18 00UTC					6	5	19	14
	8/17 21UTC						6	9	

第 1.2.15 図 GSM(18_00)による 19 日 18 時の 1 時間最大降水量ガイダンス分布図 (左) と、複数初期値による 19 日を対象とする GSM と MSM の 1 時間最大降水量ガイダンス (右)

東京地方では“対流雲の発生、発達しやすい成層状態”に加え“特徴的な地上風の収束パターン”の条件が揃ったときに、警報級の大雨が発生しやすいことが分っており、条件に合致するかを自動で判定させるツールを使用している。第 1.2.16 図に、MSM(18_03)による官署独自のツールの判定を示す。最下段の「7条件」行が「○」である場合は、東京地方のどこかで警報級の雨の可能性のあることを示唆している。このツールの適中率は5割程度あり、複数初期値で連続して判定される場合にはその適中率が高まっていく。

MSM(18_03)による官署独自のツールの判定は、18日の午後（第 1.2.16 図赤丸）と同様に、19日の午後（第 1.2.16 図青丸）も全ての時間帯で発生条件を満たし、東京地方のどこかで警報級の雨の可能性のあることを示唆している。前の初期値であるMSM(17_21)、MSM(18_00)も同様であった。

MSM 初期時刻2017年08月18日 03 UTC

FT	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	
日時(JST)	18/15	18/18	18/21	19/00	19/03	19/06	19/09	19/12	19/15	19/18	19/21	20/00	20/03	条件
①500hPa気温(℃)&500mθe(K)	-6/352	-5/353	-6/352	-6/353	-6/350	-7/350	-7/353	-7/356	-7/357	-6/357	-7/356	-6/355	-6/353	ヘルプ参照
②dLFC(m)	284	239	110	71	1207	1313	132	566	355	407	265	154	239	700m以下
③EL(m)	9808	10463	10797	11420	11297	11703	11611	12306	12573	12906	12613	12548	11684	4000m以上
④CAPE(J/kg)	593	735	990	1236	1224	580	1118	2061	2602	2218	1274	750	503	500J/Kg以上
⑤700hPa 湿度(%)	84	86	83	81	84	90	88	87	77	76	77	75	68	65%以上
⑥下層風パターン	○	○	○	○					○	○	○	○	○	ヘルプ参照
⑦地上風パターン	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	ヘルプ参照
7条件	○	○	○					○	○	○	○	○	○	①-⑦全合致

第 1.2.16 図 MSM(18_03)による官署独自のツールの判定

赤丸：18日午後の判定、青丸：19日午後の判定。

(4) 18日17時予報の判断

18日午後は東京地方でE-Sシアーが発生しているが、雷を伴うような活発な対流雲が発生していない。19日も同様に発生しない可能性はあるが、19日は上空に寒気を伴ったトラフが通過するため、18日よりも総観場で上昇流が励起され不安定度が増すことが予想できる。また官署独自のツールの判定も18日午後と同様に警報級の雨(R1≥50ミリ)を示唆している。このため、19日午後の方が東京地方で警報級の雨が発生しやすくなると判断する。しかし典型的なE-Sシアー型不安定降水が発生すれば広範囲に警報級の雨となるが、条件が揃わなければ局地的な雨や東京地方以外で大雨となる可能性がある。このため17時予報の時点では、E-Sシアー型不安定降水の発生の有無や発生位置に不確実性が大きいため警報級の雨までは見込めないが、防災上の観点から注意報級の雨(R1≥30ミリ)とし、今後の新しい初期値の予測資料で、E-Sシアー型不安定降水の東京地方で発生する確度が高まれば警報級の雨を見込み、広範囲になるか局地的になるかを判断することとする。関東地方南部では、関東地方北部で発達した雷雲からの冷氣外出流の流入で温度傾度が増大し、水平収束が強化されて対流雲が発達するという知見がある(東京管区气象台, 2006)。このような状況になれば、E-Sシアー上の対流雲が発達する可能性があるため、この点について実況監視で着目する必要がある。19日は、突風関連指数の予想値は高く、警報級の雨が降らなくても竜巻などの激しい突風は発生しやすい状況になると判断できるため、注意喚起を促す情報が必要である。また予想雨量は注意報級だが警報級の可能性もあり、官署独自のツールの判定からも「警報級の可能性」は[中]を設定する。

18日17時予報の時点では予報シナリオの誤差も考慮に入れ以下のとおりとする。

- ・R1・・・・・・・・・・30ミリ
- ・予報表現・・・・・・・・・・雷を伴い激しく降る
- ・府県気象情報・・・・・・・・「雷・突風・降ひょう」に関する情報
- ・警報級の可能性・・・・・・・・[中]

1. 2. 2. 2 8月19日5時予報発表に向けた作業

総観場は数値予報モデルどおり推移しており、最新の数値予報資料である、GSM(18_12)とMSM(18_15)でも予想に大きな変化は無かった。18日17時予報で作成したシナリオからの大きな変更がないため、19日5時予報の判断の詳細は省略する。

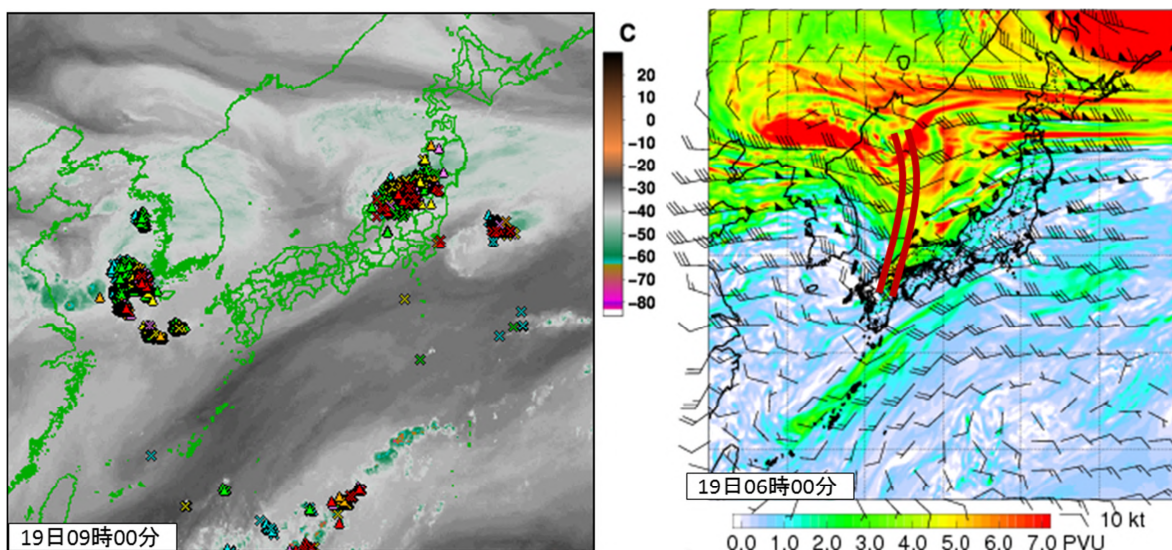
1. 2. 2. 3 8月19日11時予報発表に向けた作業

(1) 19日9時までの関東甲信地方の実況把握

19日9時の衛星水蒸気画像では日本海に暗域があり、進行方向である東側に雷を検知している(第1.2.17図左)。MSM(18_21)の19日6時の345Kの等温位渦位分布図にも日本海にトラフに対応する高渦位がみられ、シナリオどおりトラフが東進しているのがわかる(第1.2.17図右)。トラフに伴って東日本の上層には500hPaで -6°C 以下の寒気が流入し、19日9時の高層観測では、秋田で500hPaの気温は -9.1°C 、SSIは -1.3 、館野で500hPaの気温 -5.8°C 、SSIは -1.6 、850hPa相当温位は346Kであった。このように、上層の寒気と下層の暖湿気はほぼ数値予報モデルのとおりである。

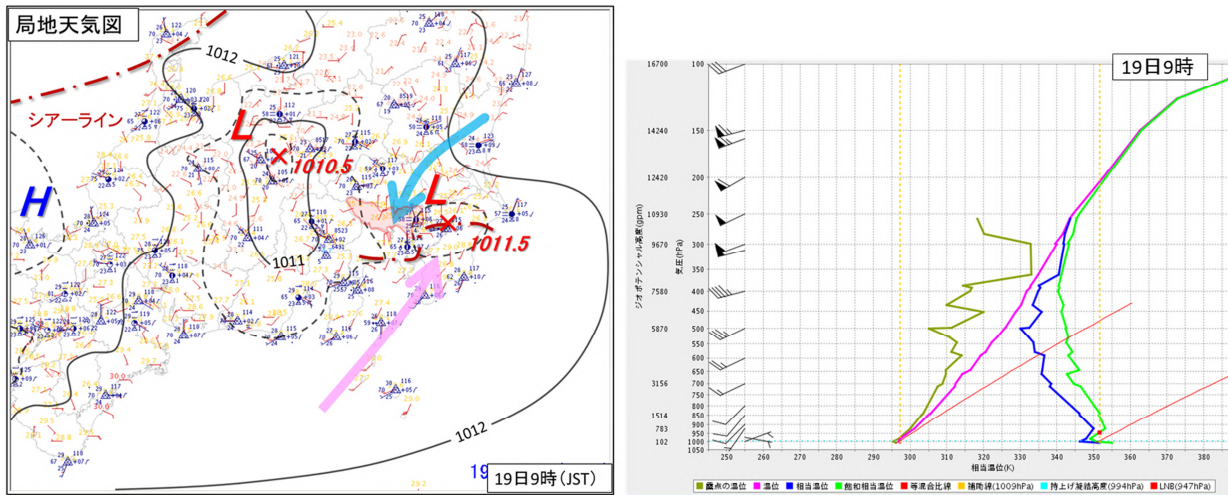
19日9時の局地天気図では、長野県中部で既に気圧が低下し、E-Sシアーが神奈川県から千葉県にかけて解析されている(第1.2.18図左)。同時刻の館野の温位エマグラムでは、18日9時の観測値(第1.2.9図右)に比べ800hPa以下の下層が湿ったため、対流有効位置エネルギー(CAPE)が $19.9(\text{J/kg})$ から $616.6(\text{J/kg})$ と大きな値になっている(第1.2.18図右)。さらに、下層の気塊が850hPaより高く持ち上げられると、気塊の相当温位が周辺の飽和相当温位よりも高くなるために、外力がなくても上昇できる大気の状態であることがわかる。

既にE-Sシアー上の東京湾から千葉県では雷を伴った激しい雨が解析されており、この雨域が東京地方に広がる可能性もあったが、E-Sシアー上のメソスケールの低気圧が東進し、10時頃には雨域は千葉県に主体を移した。一方、日本海を南下している上層のトラフに対応したシアーライン近傍や、その南東側である新潟県との県境付近にも雷を伴った激しい雨が解析されている(第1.2.19図)。



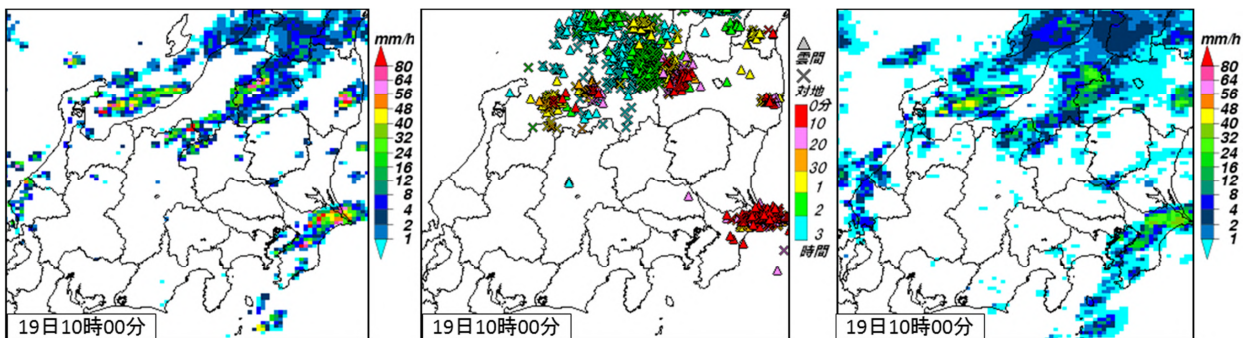
第1.2.17図 19日9時の衛星水蒸気画像と過去3時間のLIDEN(雷監視システム)による雷検知(左)、MSM(18_21)の19日6時の等温位渦位(右)

茶色二重線：トラフを示す。



第 1.2.18 図 19 日 9 時の局地天気図 (左) と館野の温位エマグラム (右)

黒色線：等圧線、茶色一点鎖線：シアーライン、桃色・水色矢印：主な流線を示す。



第 1.2.19 図 19 日 10 時のレーダーエコー強度 (左)、過去 3 時間の LIDEN (雷監視システム) による雷検知 (中)、解析雨量 (右)

(2) 19 日 11 時予報の予測資料

11 時予報時には、LFM の予想時間が午後に予想される不安定降水の発生時刻まで届きはじめる。解像度の高い LFM は、地上気象観測データ (アメダスを含む) を同化しているため、シアーラインの位置や動向について、精度良く予測できることから、優先して確認すべき資料の一つである。

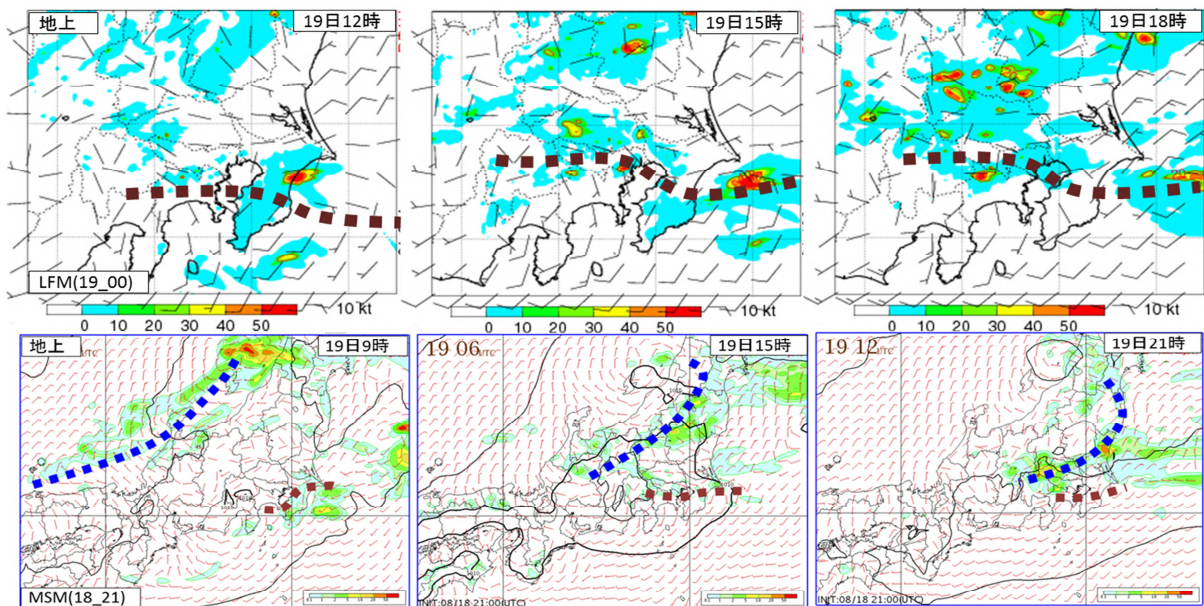
11 時予報時に入手できる最新の数値予報資料は、GSM(18_18)と MSM(18_21)、LFM(19_00)になる。ここでは、午後の不安定降水について、MSM と LFM を用いて検討を行う。

LFM(19_00)では、12 時の地上予想図で神奈川県から千葉県にかけて東西にのびる E-S シアーを予想し、15 時には東京地方まで北上する予想となっている (第 1.2.20 図上)。ただ降水強度は弱く、E-S シアーに沿って降水域が散在する程度で、警報級の雨となる E-S シアー型不安定降水が発生するとまではいけない。MSM(18_21)では、E-S シアーは東京地方の近くまで北上しその後南下するため東京地方にかからず降水強度も弱い。一方 E-S シアーとは別に日本海から南下するシアーラインが夜には東京地方を通過する予想で (第 1.2.20 図下)、9 時の実況でも日本海のシアーライン近傍で R1=30~40 ミリの雨を解析している。日本海のシアーラインは陸地を通過する際に次第に不明瞭になりながら 21 時頃には東京地方に達するが、E-S シアーと重なると収束が強化されて R1 \geq 50 ミリの非常に激しい雨になる可能性もあるため動向を注視する必要がある。

東京地方の官署独自の手法の中に、E-S シアーに対応する収束域が 1km 程度の高さまで形成され、かつトラフの通過がある場合に発生する E-S シアー型不安定降水は、警報級の雨が広範囲になりやすいとの知見がある。LFM(19_00)による 15 時の 925hPa 予想図 (1km よりやや低い高度面) や断面図では、東京地方の南西側では 1km 以上まで南風になっており (第 1.2.21 図赤丸)、北東側では 1km まではないが 500m 以上まで東寄りの風となっている (第 1.2.21 図青丸)。トラフの通過も予想があることから、警報級の雨が広範囲になる可能性が高まっている。

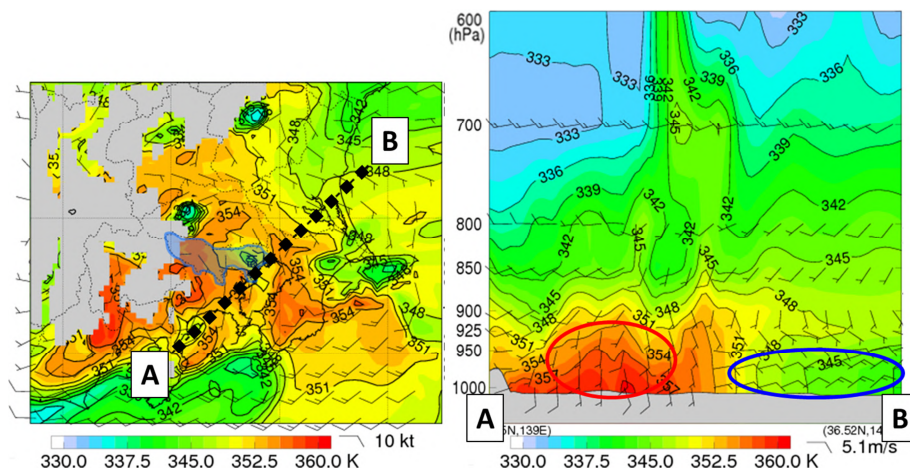
MSM(18_21)による官署独自のツールの判定は (第 1.2.22 図)、19 日 12 時~18 時まで引き続き発生条件を満たし、東京地方のどこかで警報級の雨の可能性を示唆している。

東京地方の 1 時間最大降水量ガイダンスは、GSM と MSM の複数初期値で 10~30 ミリ程度の降水量を予想している (第 1.2.23 図)。また発雷確率ガイダンスは 80~90% と高い (図略)。



第 1.2.20 図 19 日 12 時~18 時までの、LFM(19_00)による地上気圧、地上風、R1 予想図 (上)、19 日 9 時~21 時までの MSM(18_21)による地上気圧、地上風、R1 予想図 (下)

茶色点線：E-S シアー、青色点線：シアーラインを示す。



第 1.2.21 図 LFM(19_00)の 19 日 15 時の 925hPa 予想図 (左) と線分 A-B の断面図 (右)

黒色線：等相当温位線、黒色点線：断面位置を示す。

MSM 初期時刻2017年08月18日 21 UTC

FT	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	
日時(JST)	19/09	19/12	19/15	19/18	19/21	20/00	20/03	20/06	20/09	20/12	20/15	20/18	20/21	条件
①500hPa気温(°C)&500mθe(K)	-6/352	-6/355	-6/358	-6/358	-6/354	-6/349	-6/345	-6/343	-6/343	-6/345	-7/346	-7/346	-7/346	ヘルプ参照
②dLFC(m)	217	178	301	253	193	1300	229	2123	105	151	531	294	762	700m以下
③EL(m)	11897	11850	12660	13022	12024	10793	6078	6606	5927	5067	7703	7010	7414	4000m以上
④CAPE(J/kg)	1612	2049	2558	2314	998	590	370	332	660	1047	1371	1341	986	500J/Kg以上
⑤700hPa 湿度(%)	82	73	69	76	76	77	71	65	67	67	69	76	84	65%以上
⑥下層風パターン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	ヘルプ参照
⑦地上風パターン		○	○	○										ヘルプ参照
7条件		○	○	○										①-⑦全合致

第 1. 2. 22 図 MSM(18_21)による官署独自のツールの判定



第 1. 2. 23 図 GSM(18_18)による 19 日 18 時の 1 時間最大降水量ガイダンス分布図 (左) と、複数初期値による 19 日を対象とする GSM と MSM の 1 時間最大降水量ガイダンス (右)

(3) 19 日 11 時予報の判断

各数値予報モデルは継続して 19 日午後 E-S シアーの形成を予想しており、前日 18 日の状況や最新の数値予報モデルでも E-S シアー周辺に強雨域を予想していないことを踏まえても、寒気を伴ったトラフの接近もあって広範囲に警報級の雨となる E-S シアー型不安定降水になる可能性が高まっている。しかし 9 時の E-S シアーは東京地方ではなく神奈川県から千葉県にかけてあり、その後の動向はモデルや初期値により異なり、現時点において東京地方にかかることは難しい。さらに E-S シアー型不安定降水の発生を見込む場合には、広い範囲に警報級の雨とするため、警報が空振りとなる地域が多くなることも判断を難しくしている。このため 11 時予報の時点では、E-S シアー型不安定降水の発生はあるが発生位置に不確実性が大きいと警報級に近い注意報級とし、夕方から夜遅くまで R1=40 ミリの激しい雨とし予報を行う。ただし、E-S シアーの動向や対流雲の発達、降水域の広がりを見守り、E-S シアー型不安定降水の発生位置の特定や現象の確知に努める。さらに日本海から南下するシアーラインの動向、関東地方北部で発達した雷雲からの冷氣外出流の流入にも留意する。E-S シアー型不安定降水が発生した場合は短時間で R1=50 ミリの非常に激しい雨になるため、予報官コメント等で防災機関に今後の E-S シアーによる警報級の雨の見込みを伝えるとともに、ただちに R1 の上方修正が必要なことを念頭に入れて作業を進める。「警報級の可能性」は引き続き [中] を設定し、情報のタイトルは、東京地方のどこかで警報級の雨が降る可能性が高まっているとして「大雨・雷・突風」に切り替えて発表する。

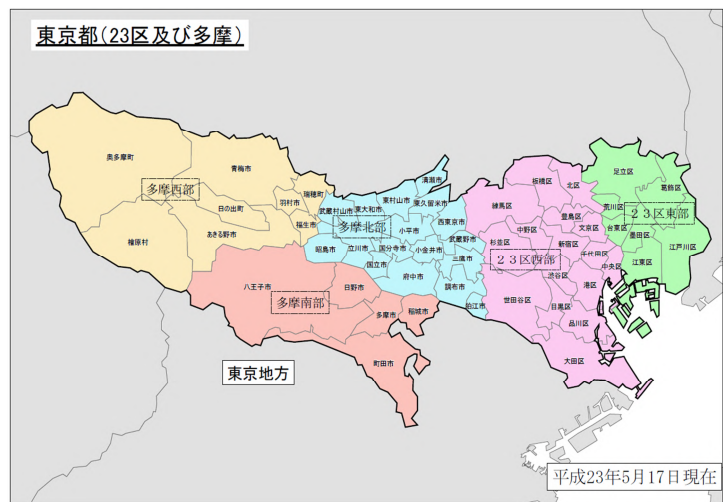
- ・ R1 40 ミリ
- ・ 予報表現 雷を伴い激しく降る
- ・ 府県気象情報 「大雨・雷・突風」に関する情報
- ・ 警報級の可能性 [中]

(4) 19日11時予報の防災時系列の入力

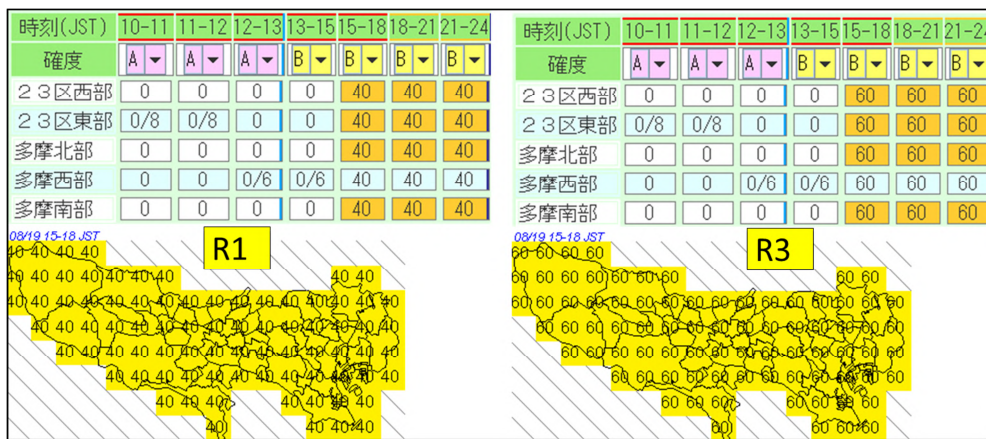
表面雨量指数や流域雨量指数、土壌雨量指数の導入により、大雨警報・注意報の基準が R1 や R3 から指数基準に変更になった。しかし、浸水害に対する大雨警報・注意報は、防災時系列に入力された R1 や R3 も利用して判定を行う。このため適切なリードタイム確保のためには、予報期間の翌日にかけて3時間毎に適切な R1 と R3 の雨量分布の予想が必要になる。

11時予報の防災時系列の降水分布は、広範囲の雨とするため地域毎に分けず均一値とし、激しい雨を予想する期間は、E-S シアーが東京地方に近づく夕方から日本海から南下するシアーラインの影響が予想される夜遅くまでとする（第1.2.24図、第1.2.25図）。また東京地方での R1 と R3 の比率については、過去の事例調査から不安定降水の場合は R3/R1=1.5 を使用している。

不安定降水における注意報の標準的リードタイムは2～3時間としている。この防災時系列により警報判定を行うと複数の区市で大雨注意報の判定となるが、警報級の雨となる E-S シアー型不安定降水の前兆として3時間程度前から E-S シアーが形成されるため、東京地方に E-S シアーが形成または停滞するのを見極めてから注意報の発表を行うこととする。



第1.2.24図 東京地方における市町村等をまとめた地域



第1.2.25図 19日24時までのR1とR3の防災時系列(上)、15-18時のR1とR3の降水分布(下)

1.2.2.4 天気予報発表作業のまとめ

東京地方に警報級の雨をもたらす不安定降水の代表事例である E-S シアー型不安定降水に対し、2017年8月19日当時の資料と、改修した官署独自のツールを加えて量的予想を中心に予報作業を進めた。資料を検討した結果、当時の判断と同様に大雨が始まっていない定時予報の段階では、警報級の雨をメインのシナリオにすることはしなかった。数値予報資料や官署独自のツールは可能性があることは示唆していたが、現在の技術では不安定降水事例の警報級の雨を実況がない中、時間的、空間的に断定することが難しいと判断し

たためである。警報級の雨をいち早くメインのシナリオに置き換え、少しでも早く天気予報や気象情報、警報級の可能性などでユーザーに伝えるためには、過去の E-S シアー型不安定降水の構造、発生原因などを理解し、発生のシグナルを数値予報資料から読み取る力を予報担当者がつけることが必要となる。

1. 2. 3 警報・注意報発表作業*

大雨警報・注意報や洪水警報・注意報の発表作業は、天気予報作業と同様に「①気象実況の監視・解析を行い、現象の推移を把握した後、環境場の状況や現象の構造について解釈する。」、「②数値予報資料も活用して現象の推移の予測を行ない、現シナリオと相違があれば適切なシナリオに修正し、量的予測を行う。さらに各種指数の実況値や予測値を読み込み、警報・注意報の基準を超過するか判定を行う。」、「③警報級・注意報級の期間を設定し、警報・注意報の発表を判断する。」という①～③のサイクルを繰り返す（第 1.2.7 図）。このサイクルはさらに大まかに以下の 2 つの段階に分けることができる。

(1) 気象シナリオに基づく降水現象の発生や強まりの予測によって、予告的に警報・注意報を発表する段階

(2) 既に降水現象が発生している状況において、強雨域の広がりや降水量の増加により、警報・注意報を発表する地域を拡大する段階

(1) では、十分なリードタイムの確保を目的として、主に YSS の防災時系列に入力している R1 や R3 に基づく換算雨量判定により警報・注意報を発表するのに対し、(2) では、少しでもリードタイムを確保することを目的として、主に刻々と高まる各種指数の実況値と予測値により警報・注意報を発表する。大規模に発生する顕著な不安定降水の場合は、リードタイムを確保し広範囲に警報・注意報を発表できることもあるが、局地的に発生する顕著な不安定降水の場合は、その発生地域を絞ることが難しいため、十分なリードタイムを確保することは難しい。十分なリードタイムを確保するためにも(1)による発表が求められるが、(1)による発表ができない場合は、急激な各種指数の高まりによる頻繁な警報・注意報発表に対応できるよう、YSS の「緊急整合」機能を活用し、迅速な発表に努める。

本節では、(1)による最初の注意報発表及び最初の警報発表に至る過程について、1.2.3.1 及び 1.2.3.2 で述べ、広範囲に警報を発表した場合と地域を絞って警報を発表した場合の 2 つを紹介し、比較する。また、地域を絞って警報を発表した場合における(2)の「緊急整合」機能を使用しない警報発表及び「緊急整合」機能を使用した警報発表、並びに警報・注意報の解除作業について、1.2.3.3、1.2.3.4、1.2.3.5 で述べる。なお、本節で用いる換算雨量判定、あと何ミリ判定、客観予想判定の詳細については、平成 29 年度予報技術研修テキスト第 1 章 1.2 節を参照されたい。

1. 2. 3. 1 大雨注意報発表に向けた作業

(1) 実況の把握と予想資料の確認

11 時予報時点の気象シナリオでは、E-S シアー型不安定降水による警報級の雨の可能性はあるものの、実況で神奈川県から千葉県にかけて形成されている E-S シアーが東京地方まで北上し停滞するかどうかの不確実性が大きいと見られ、上層トラフが接近し、E-S シアー周辺で降水が予想されはじめる夕方以降、東京地方全域に R1=40 ミリ、R3=60 ミリの注意報級の雨を予想している。不安定降水における注意報の標準的なリードタイムである 2～3 時間前を目安として、対流雲が発生・発達・停滞しやすい大気の状態、大雨の前兆となる E-S シアーや上層トラフの動向に着目しながら最新の实況や各種予測資料を確認し、気象シナリオに変

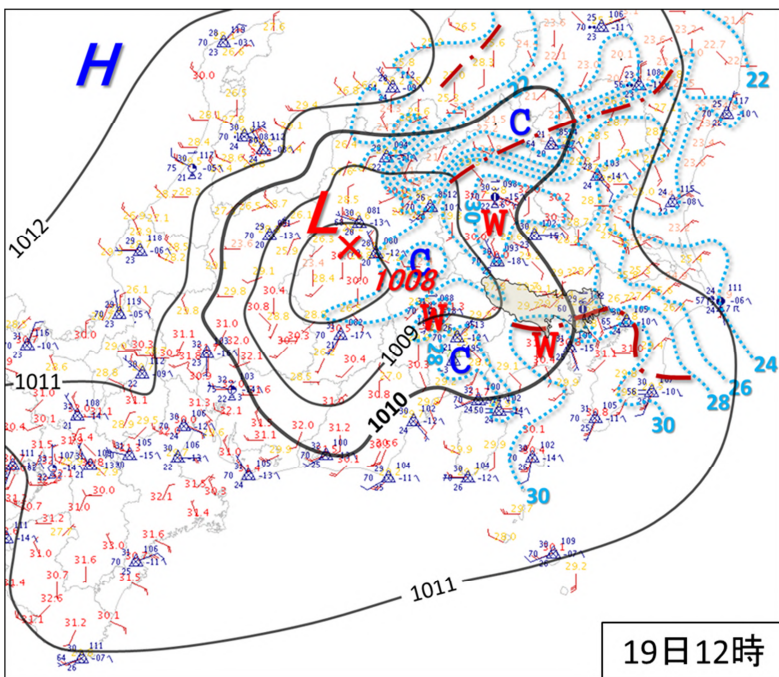
*北村 美佐絵（気象庁予報部予報課）

更がないか確かめたいうえで注意報の発表を行う。

大気の状態は、9 時の館野の温位エマグラム（第 1.2.18 図）でも確認したように、既に潜在的に不安定な状態となっている。日射による地上の昇温や E-S シアー形成による水蒸気の収束によって、さらに自由対流高度までの距離が短くなり、対流雲が発生しやすい状態となることが予想される。また、熊谷のウインドプロファイラでは、中層は湿潤で、700hPa より下層の風速は 10m/s と弱く（図略）、対流雲が発達して停滞しやすい環境場が構築されている。

上層のトラフに着目すると、12 時の衛星水蒸気画像では、対応する日本海の暗域が能登沖まで進んでおり（第 1.2.28 図左 青色破線内）、地上のシアーラインも新潟県まで南下して、その近傍では $R1 \geq 20$ ミリの強い雨を解析している（第 1.2.26 図、第 1.2.28 図右 紫色破線内）。また、関東地方北部の山沿いでは、シアーラインが形成され、12 時以降は局地的に $R1 \geq 50$ ミリの非常に激しい雨を解析しはじめた（第 1.2.26 図、第 1.2.28 図右 赤色破線内）。

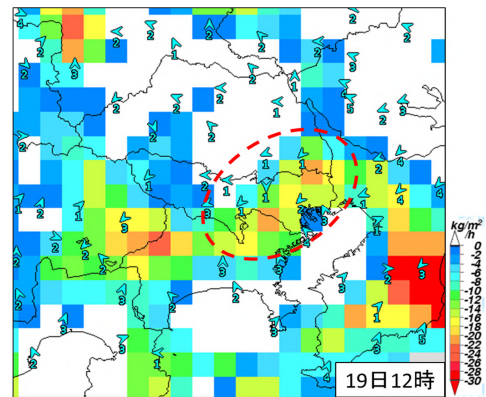
この状況を踏まえ、大雨発生の前兆となる E-S シアーの動向を確認すると、地上気温の昇温による長野県付近の気圧の低下によって熱的低気圧が明瞭になったことから、相模湾や東京湾から吹く南寄りの風が強まり、神奈川県にのびていた E-S シアーが予想よりも早く 12 時には東京地方との県境付近まで北上した（第 1.2.26 図）。12 時の GNSS 可降水量 Flux 発散からも明瞭ではないが東京湾周辺で北東風と南風による収束域が確認でき（第 1.2.27 図 赤色破線内）、東京地方に E-S シアーが形成されていることから注意報の発表を決断する。



第 1.2.26 図 19 日 12 時の局地天気図

黒色実線：等圧線（1hPa 毎）、水色点線：等温度線（2°C 毎）、
茶色一点鎖線：地上風の収束によるシアーラインを示す。

予測資料を確認すると最新初期値の MSM(19_00)では、これまでの初期値同様、東京地方では 15 時前後から E-S シアー上に降水が予想されはじめ、21 時前後が降水のピークとなり、1 時間最大降水量ガイダンスにおける降水量予想は、周辺では 40 ミリを超える予想もあるが、東京地方の最大値は 25 ミリとなっている（第 1.2.29 図）。新潟県や関東地方北部の不安定降水も予想されているが、降水域は数 10km 程度の誤差が

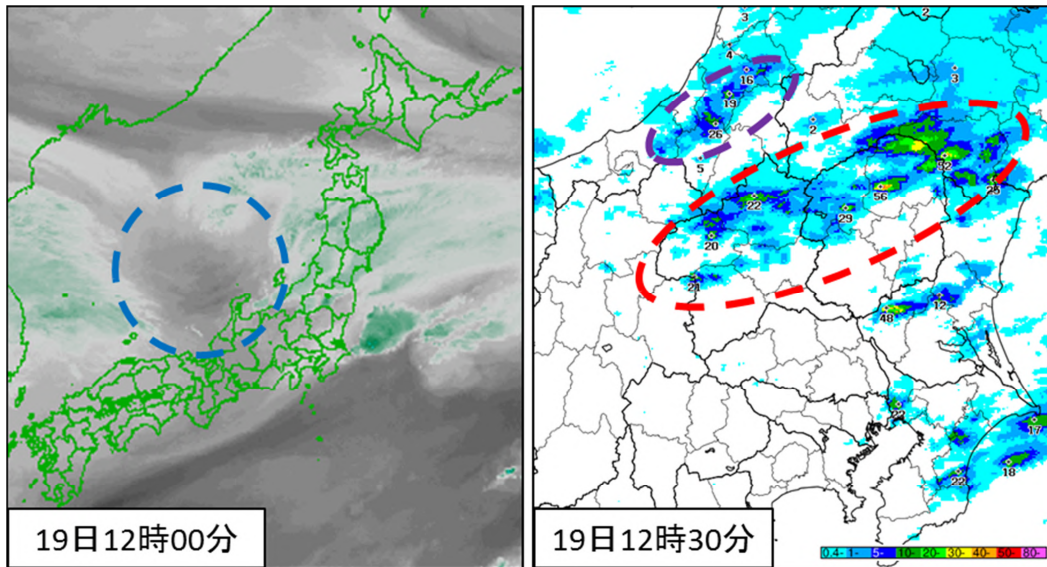


第 1.2.27 図 19 日 12 時の GNSS 可降水量 Flux 発散とアメダス風

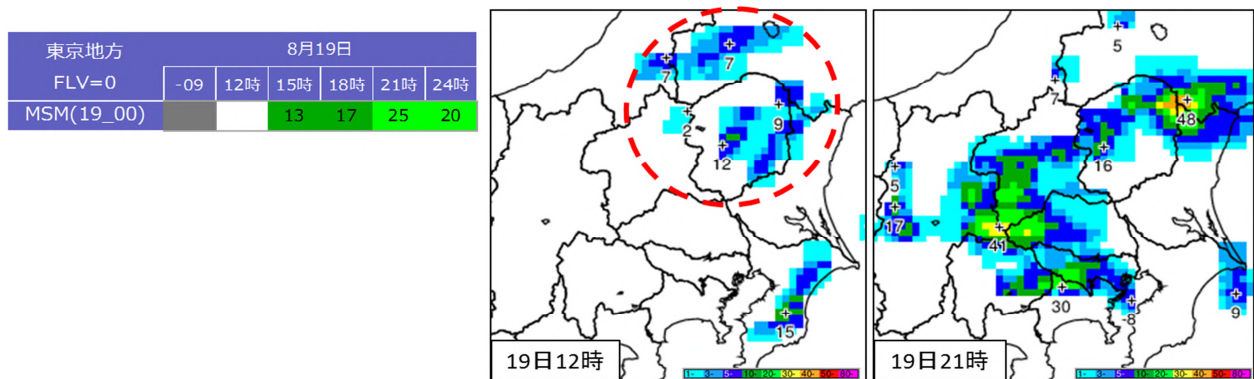
東京地方では、東京湾周辺で収束域が形成されていることが確認できるがまだ明瞭ではない（赤色破線内）。

あり、1時間最大降水量ガイダンスの降水量予想は、実況より10~20ミリ程度過小である（第1.2.29図中赤色破線内）。また、官署独自ツールの判定でも、引き続き夕方まで東京地方平野部で警報級の雨となる条件を満たしている（図略）。

最新初期値のLFM(19_02)では、15時前後から埼玉県との県境付近でE-Sシアー上にR1=20ミリ前後の強雨域が予想されはじめて次第に東京地方を南下し、R1≥50ミリの非常に激しい雨が予想されている（第1.2.30図）。同様の傾向はLFM(19_01)でも確認できるが、初期値毎にE-Sシアーや強雨域の位置に数10km程度の違いがあり、強雨となりはじめる時間には2~3時間程度の幅がある（図略）。

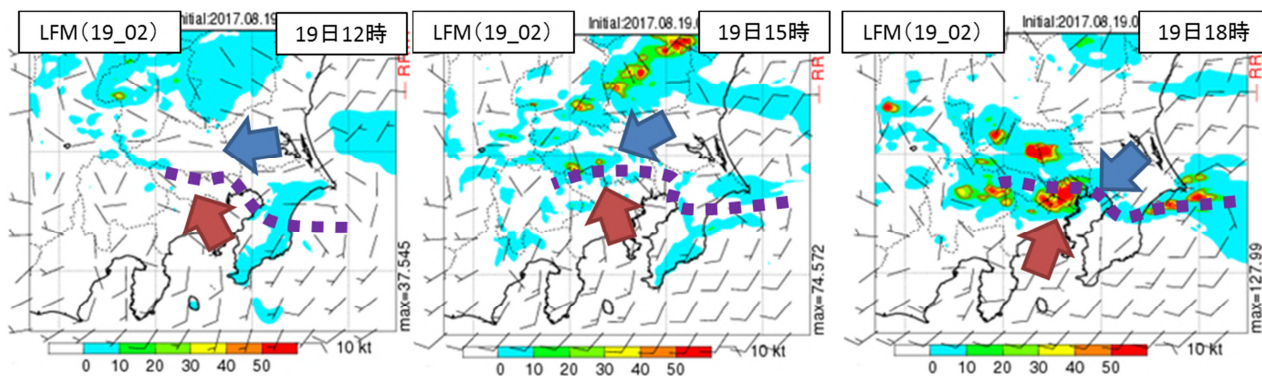


第1.2.28図 19日12時の衛星水蒸気画像（左）、12時30分の速報版解析雨量（右）



第1.2.29図 MSM(19_00)の1時間最大降水量ガイダンス

左：帳票、中：12時に予想される分布図、右：21時に予想される分布図。



第 1.2.30 図 LFM (19_02) の地上気圧、地上風、R1 の予想図 (予想時刻は左から 19 日 12 時、15 時、18 時)

紫色点線：E-S シアーの位置、茶色及び青色矢印：E-S シアー周辺の地上風の流れを示す。

気象シナリオの修正について検討すると、予想資料のとおり、夕方にかけて関東甲信地方を上層トラフが接近・通過し、新潟県や関東地方北部のシアーラインが南下して 21 時頃に東京地方の E-S シアー上の降水を強化する可能性があること、1 時間最大降水量ガイダンスの降水量予想が実況に対して 10~20 ミリ程度過小であること、空間的及び時間的な幅はあるが LFM で 18 時頃から 21 時頃にかけて $R1 \geq 50$ ミリが安定して予想されていることから、東京地方平野部では、11 時予報発表時点の気象シナリオの量的予想 ($R1=40$ ミリ、 $R3=60$ ミリ) より降水量が多くなる可能性がある。しかし、E-S シアーに対応する東京湾周辺の収東域はまだ明瞭ではなく、神奈川県との県境にある E-S シアーの動向や警報級の雨となる時間にまだ予想幅があること、LFM の R1 はモデル特性として過大となる場合があることから、発生地域や期間を絞り込んで警報級の雨を予想する確度はなく、また、東京地方の一部にしか E-S シアーがのびていない段階で広範囲に警報級の雨を予想することも空振りの地域が多くなる可能性があるため難しい。そこで、気象シナリオの量的予想は変更せず、大雨警報に言及しない大雨注意報の発表を行う。

(2) 防災時系列の修正と大雨注意報の発表

防災時系列の R1 及び R3 は、11 時予報発表時点から変更せず、夕方から夜遅くにかけて $R1=40$ ミリ、 $R3=60$ ミリとする (第 1.2.25 図) が、11 時予報時点より警報級の雨となる可能性は高まっており、今後 E-S シアーがさらに北上して東京地方にのび、E-S シアー周辺の収東域が明瞭になって E-S シアー上の強雨域が停滞した場合などは、直ちに $R1 \geq 50$ ミリに修正する必要があることを念頭において作業を進める。

浸水危険度、土砂危険度、洪水危険度については、それぞれ最新の警戒度ガイダンスを読み込んだが、危険度 1 (注意報級) 以上が判定される市区町村はなかった。なお、この作業については、1.2.3.3 で詳細を述べる。

警報判定を行った結果 (第 1.2.31 図)、大雨 (浸水害) について、13 時 10 分に 23 区西部、多摩北部、多摩南部の一部区市に注意報を発表する。



第 1.2.31 図 第 1.2.25 図の防災時系列における大雨 (浸水害) の警報判定結果

1. 2. 3. 2 警報発表に向けた作業

東京地方の E-S シアー型不安定降水における官署独自の予測手法によると、明瞭な上層トラフが通過し、地上に加えて 1km 程度に達する高度においても E-S シアーに対応する収束域が形成・維持されやすい環境場では、東京地方の比較的広範囲で警報級の雨となることがわかっており、その精度は高い。このような場合には、大気の状態が不安定となっていること、かつ地上風の収束域上に降水域が発生したことを契機に、収束が明瞭な地域を $R1 \geq 60$ ミリ、 $R3 \geq 90$ ミリとして換算雨量判定により大雨警報を発表することで、より長いリードタイムを確保することができる。

本事例では、不安定降水が比較的広範囲に広がりやすい環境場であったことから、積極的に量的予想を上方修正して換算雨量判定により大雨警報を発表すべき事例である。ただし、E-S シアーが不明瞭な場合や、不安定降水が広範囲に広がりやすい環境場でない場合は、大雨警報が空振りとなる地域が多くなる可能性があるため、強雨域が発生している地域や、強雨域の動向から警報級の雨となる確度が高まった地域に絞り、大雨警報の発表を検討していく必要がある。これら 2 つの場合における実況や予測資料の確認事項に大きな違いはないが、防災時系列の修正や YSS で利用する機能に違いがあるため、それぞれの作業について紹介する。

(1) 実況の把握と予想資料の確認

大雨注意報発表後は、引き続き最新の実況や各種予測資料を確認し、気象シナリオの量的予想 ($R1$ 及び $R3$) に変更がないか検討を行う。実況監視では、E-S シアーの位置や E-S シアー周辺の収束域の様子、衛星可視画像やレーダーエコーによる E-S シアー付近での対流雲の発生やその動向、上層のトラフに対応するシアーラインに着目する。

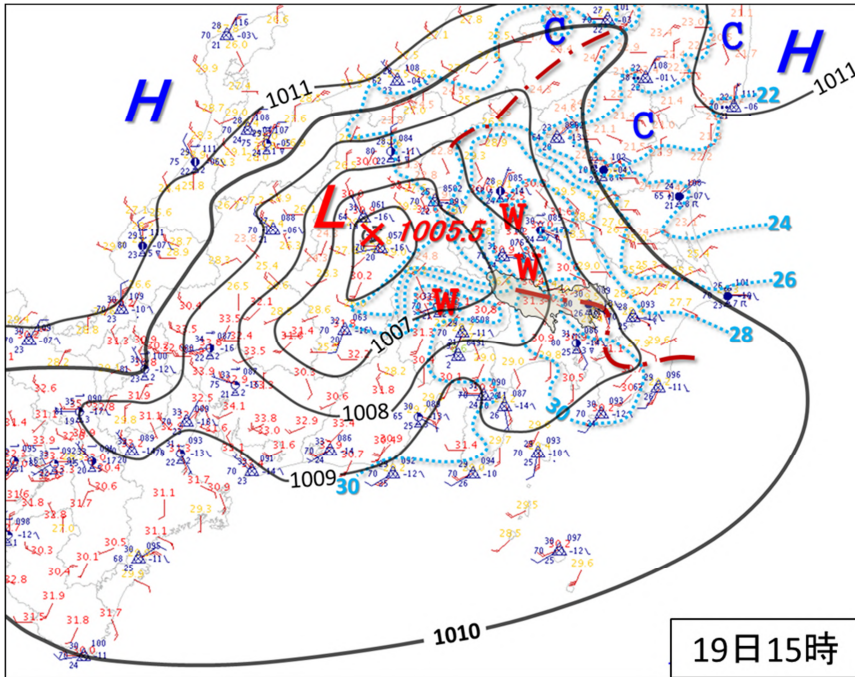
E-S シアーの位置を確認すると、神奈川県との県境にあった E-S シアーは、15 時にはさらに北上して東京地方で東西にのびており、GNSS 可降水量 Flux 発散でも、E-S シアーに対応する収束域が東京都と埼玉県の間境付近で 23 区付近を中心に東西方向に広がっている (第 1.2.32 図、第 1.2.33 図下 赤色破線内)。925hPa 面においても、東京地方周辺で東寄りの風と南寄りの風の収束が形成・維持されており (第 1.2.33 図上)、比較的広範囲で不安定降水が発生しやすい環境場となっていることが確認できる。また、衛星可視画像では、15 時頃から収束域付近で東西にのびる下層雲列 (第 1.2.34 図左 黄色実線内) がみられるようになり、この下層雲列に向かってさらに南から流れ込む南北走向の下層雲列 (第 1.2.34 図左 黄色破線内) が確認できることから、東西走向の下層雲列を活発化させるような水蒸気の流入が可視化されていると考えられる。

一方、12 時に能登沖にあった上層のトラフに対応する暗域は、15 時には新潟県付近にまで進み (第 1.2.34 図中 青色破線内)、対応する地上のシアーラインは、新潟県と群馬県の県境付近まで南下したが、シアーライン上の降水は $R1$ =数ミリ程度に弱まった (第 1.2.32 図、第 1.2.34 図右 紫色破線内)。12 時に関東地方北部の山沿いに形成されていたシアーラインは不明瞭となったが、降水域は強まりながら南東進し、関東地方北部では $R1 \geq 50$ ミリの非常に激しい雨を解析する地域が広がった (第 1.2.32 図、第 1.2.34 図右 赤色破線内)。この降水による冷気塊の影響で茨城県や栃木県の一部地域では周囲に比べて地上気温が低くなっており、上層トラフに対応するシアーラインが E-S シアーを強化する可能性よりも、関東地方北部の強雨域が南下して E-S シアーの北側で冷気塊が流入し、温度傾度が大きくなることで E-S シアーによる降水をさらに強化する可能性の方が考えられる。

E-S シアー付近の降水域を確認すると、多摩西部の山沿い周辺で局地的に降水域が発生していたが、15 時 30 分以降は、多摩北部を中心に降水域が東西に広がりながら停滞しはじめ (第 1.2.35 図左)、多摩北部

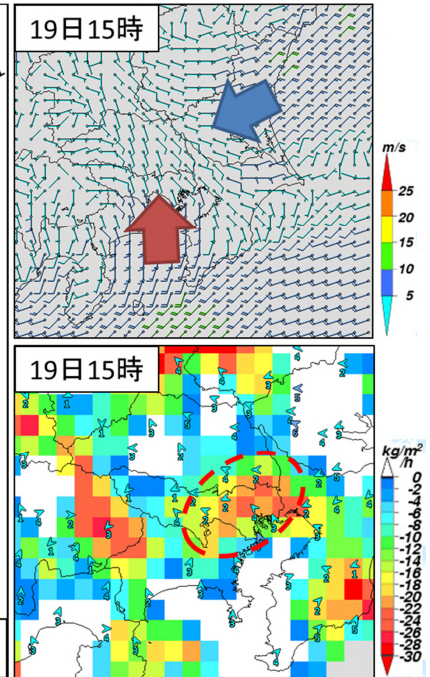
の東村山市付近では16時00分までの10分間で10ミリを超える降水を観測しはじめたため、この時点での量的予想の上方修正を決断し、警報の発表を行う。

なお、強雨域が停滞している多摩北部の小平市では、15時50分時点で大雨警報（浸水害）の表面雨量指数基準到達までに必要なR1が30ミリとなり（第1.2.35図右）、現時点での量的予想より小さい値となっていることから、1時間以内には大雨警報（浸水害）の基準に到達する予想である。リードタイムを確保するためにも警報発表作業を速やかに進める。

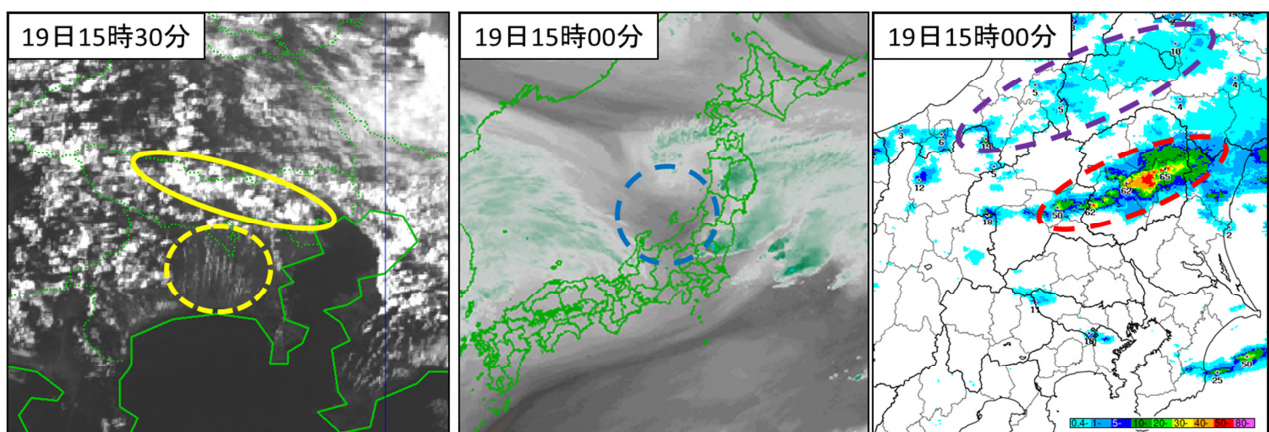


第 1.2.32 図 19日15時の局地天気図

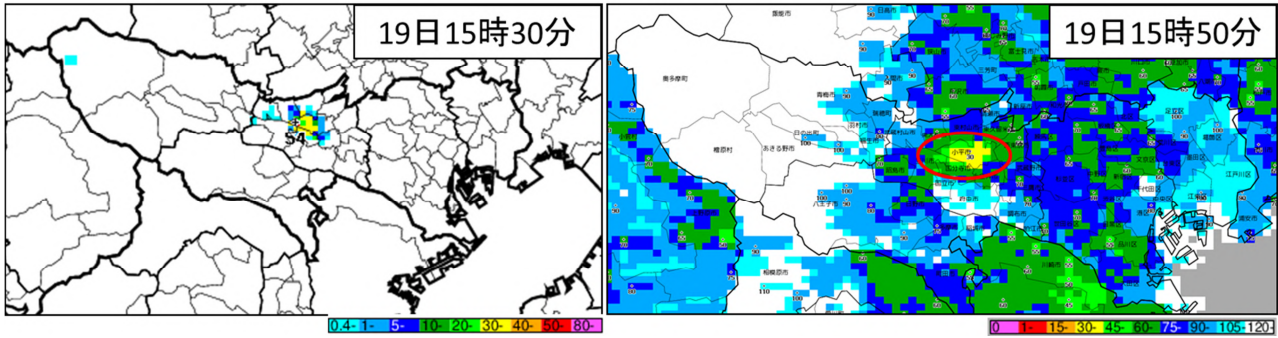
黒色：実線は等圧線（1hPa 毎）、水色点線：等温度線（2°C 毎）、茶色一点鎖線：地上風の収束によるシアラインを示す。



第 1.2.33 図 19日15時の925hPa面毎時大気解析（上）、GNSS可降水量Flux発散とアメダス風（下）



第 1.2.34 図 19日15時30分の衛星可視画像（左）、19日15時の衛星水蒸気画像（中）と解析雨量（右）

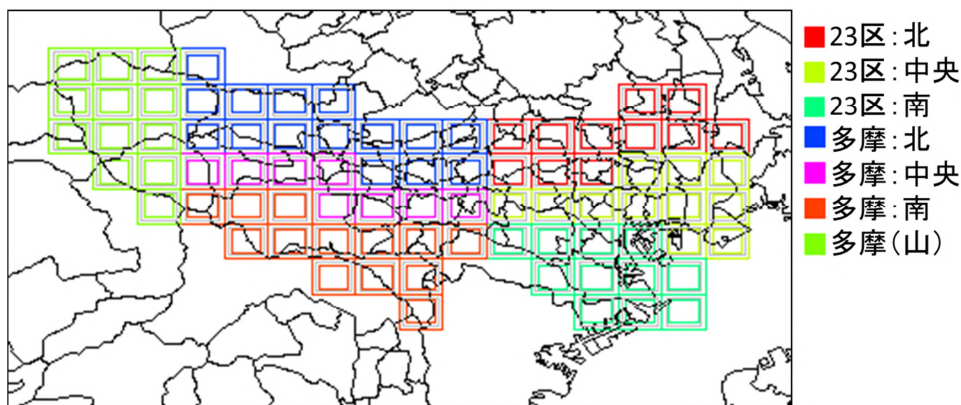


第 1.2.35 図 19 日 15 時 30 分のレーダーエコー強度（左）、15 時 50 分の大雨警報（浸水害）の表面雨量指数基準到達までに必要な R1（右）

赤色円内の小平市の広い範囲で、大雨警報（浸水害）基準到達までに必要な R1 が 30 ミリとなっている。

（2）防災時系列の修正と大雨警報の発表

E-S シアーは東西にのび、下層雲列やレーダーエコー域も東西に広がっているため、東京地方を 23 区と多摩（多摩西部の山沿いを除く）でそれぞれ南北 3 つに分けた 7 つの地域（第 1.2.36 図）において、防災時系列の R1 及び R3 の修正を行う。



第 1.2.36 図 東京地方を東西南北 7 つに分割した地域

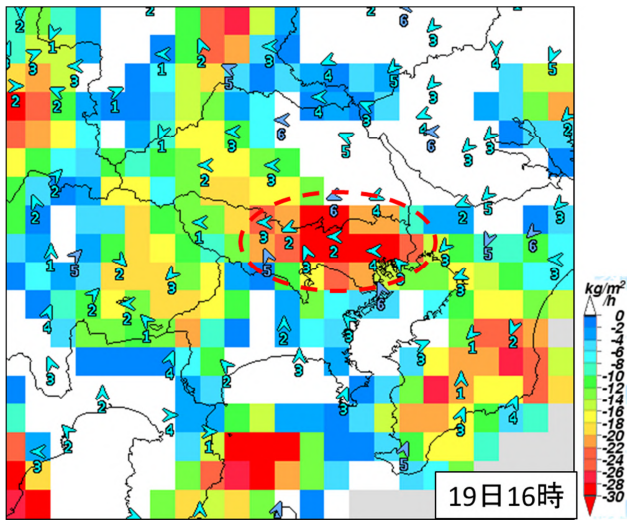
（ア）広範囲に大雨警報を発表する場合

不安定降水が比較的広範囲に広がりやすい環境場である場合は、大気の状態が不安定となっていること、かつ収束域上で降水域が発生したことを契機に、過去の E-S シアー型不安定降水における降水量を参考に、収束が明瞭である地域を $R1 \geq 60$ ミリ、 $R3 \geq 90$ ミリとして、積極的に量的予想を上方修正し、換算雨量判定により大雨警報を発表する。

実況で降水域が広範囲に広がりやすい環境場となっていることが確認できる中、多摩北部では強雨域が発生しており、16 時の GNSS 可降水量 Flux 発散（第 1.2.37 図）では、23 区、多摩北部及び多摩南部の北側を中心にさらに収束域が明瞭となって多摩北部の強雨域が発生している位置まで広がった。このため、収束が明瞭である地域（第 1.2.36 図の「多摩：南」と「多摩（山）」以外の地域）において、強雨が終息する夜遅くのコマまでを $R1=60$ ミリ、 $R3=90$ ミリに上方修正する（第 1.2.38 図）。

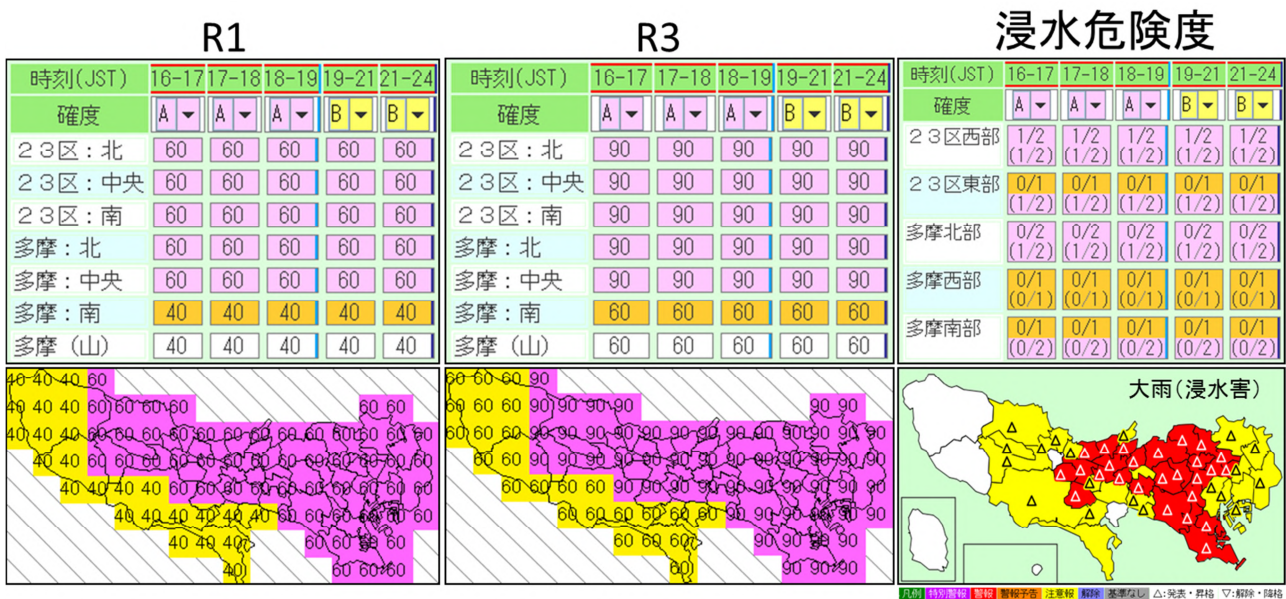
浸水危険度、土砂危険度、洪水危険度については、それぞれ最新の警戒度ガイダンスを読み込んだところ、浸水危険度で危険度 2（警報級）が判定される市があったためこれを置換し、防災時系列の警報・注意報継続機能により強雨が終息する夜遅くまで警報級・注意報級の期間を継続した。なお、この作業については、同様に 1.2.3.3 で詳細を述べる。

警報判定を行った結果（第 1.2.38 図右下）、大雨（浸水害）について、16 時 20 分に 23 区、多摩北部、多摩南部の一部の市区に警報を、東京地方全域の一部市区町村に追加で注意報を発表する。



第 1.2.37 図 19 日 16 時の GNSS 可降水量 Flux 発散とアメダス風

東京地方の 23 区、多摩北部、多摩南部の北側で、収束域が明瞭となった（赤色破線内）。



第 1.2.38 図 警報級の雨を広範囲に予想する場合の 19 日 16 時 10 分過ぎの防災時系列（上段）と降水分布（左下、中下）、大雨（浸水害）の警報判定結果（右下）

(イ) 地域を絞って大雨警報を発表する場合

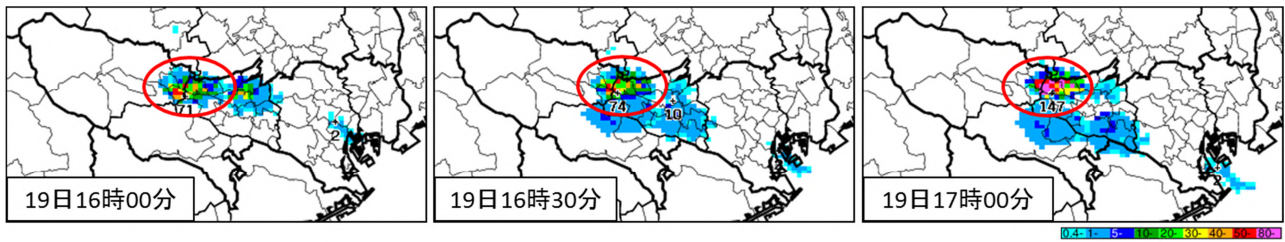
E-S シアーの位置が不明瞭な場合や、不安定降水が広範囲に広がりやすい環境場ではない場合は、警報級の雨となる確度が高まった地域に絞って大雨警報の発表を検討する。

衛星可視画像の東西走向の下層雲列やレーダーエコーはほとんど動きがなく、16 時の高解像度降水ナウキャストからも 17 時にかけて強雨域が多摩北部と多摩西部を中心に埼玉県との県境側で停滞する予想（第 1.2.39 図 赤色実線内）のため、今後同地域で R1=50 ミリの大雨となる可能性が非常に高い。強雨域は「多摩：北」（第 1.2.36 図）の地域に位置しているため、「多摩：北」の地域において、強雨が終息する夜遅くのコマまでを R1=50 ミリとし、R3 は引き続き R1 の 1.5 倍の 75 ミリに上方修正する（第 1.2.40 図）。

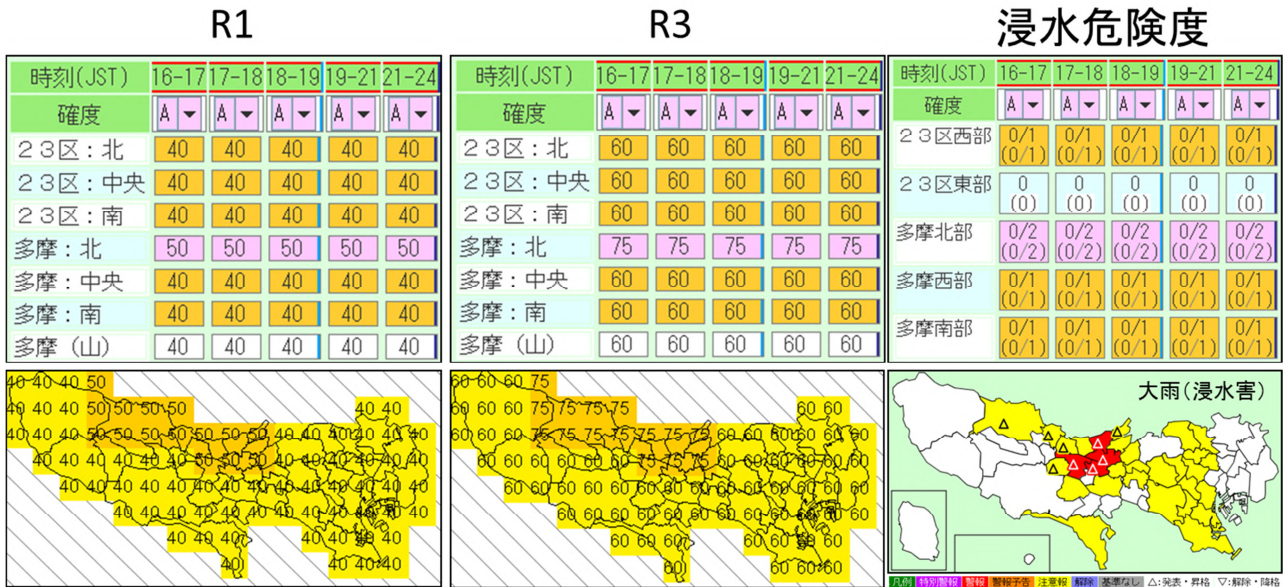
なお、この時点で防災時系列への入力を行わないが、熊谷のウインドプロファイラによる 700hPa 付近の風向は西であり（図略）、今後 R1=50 ミリ程度の強雨域が東側（23 区）にも拡大する可能性があるため、23 区でも R1=50 ミリに上方修正する可能性があることを念頭において作業を進める。

浸水危険度、土砂危険度、洪水危険度については、それぞれ最新の警戒度ガイダンスを読み込んだところ、浸水危険度で危険度 1（注意報級）以上が判定される市区町村があったためこれを置換し、防災時系列の警報・注意報継続機能により強雨が終息する夜遅くまで警報級・注意報級の期間を継続した。

警報判定を行った結果（第 1.2.40 図右下）、大雨（浸水害）について、16 時 20 分に多摩北部の一部の市に警報を、一部市町に追加で注意報を発表する。



第 1.2.39 図 19 日 16 時初期値の高解像度降水ナウキャスト



第 1.2.40 図 地域を絞った場合の 19 日 16 時 10 分過ぎの防災時系列（上段）と降水分布（左下、中下）、大雨（浸水害）の警報判定結果（右下）

1. 2. 3. 3 警戒度ガイダンス置換による警報切り替えに向けた作業*

以降（1.2.3.3～1.2.3.5）では、地域を絞って警報を発表した場合において、各種指数の実況値や予測値の高まりを契機とした警報切り替え作業について述べる。

実際の予報作業では、YSS の危険度監視における実況または予想の危険度が現在発表中の警報等の危険度

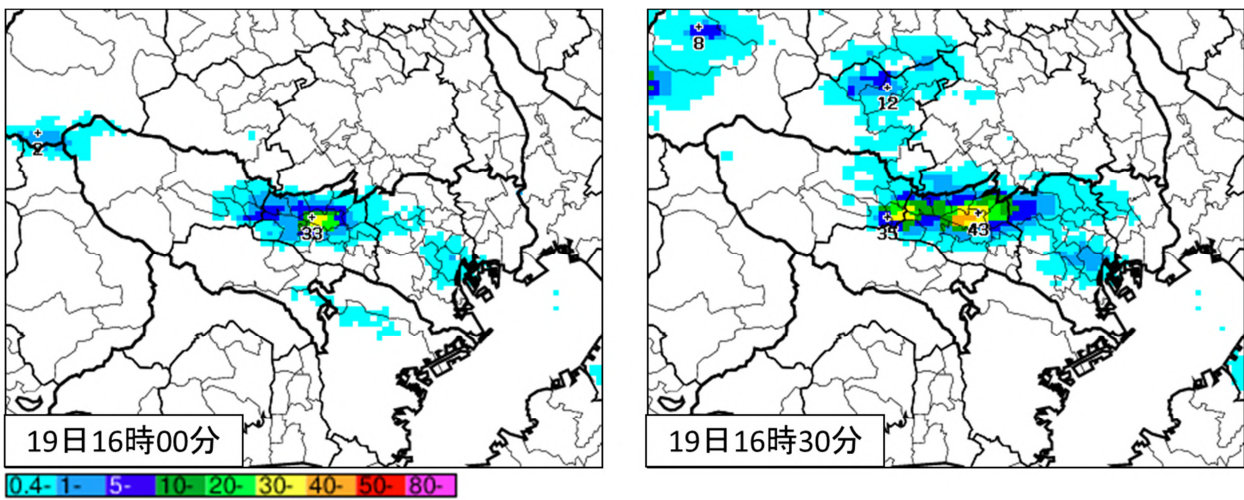
*山口 達也（気象庁予報部予報課）

を上回る場合には、RSS により報知がなされる³。

本事例では、1.2.3.2 で 16 時 20 分に警報等を発表した後、16 時 30 分初期値の判定による報知があったため、これをトリガーとして新たな警報等発表を検討する。作業は以下の手順で行う。

- (1) 最新の実況及び予想を踏まえたシナリオ（防災時系列の R1、R3）修正
- (2) 最新の各種警戒度ガイダンスの判定結果取得
- (3) 防災時系列の整形（警戒期間の調整等）、警報等発表

まず（1）の作業を行う。16 時 30 分には降水域は東西へ広がりつつあり、局地的には R1 \geq 40 ミリの降水を解析している（第 1.2.41 図）。これは現シナリオに沿った現象の推移（多摩北部で R1=50 ミリ、その他 40 ミリ）であるため、現時点で防災時系列の修正は行わない。



第 1.2.41 図 16 時 00 分（左）、16 時 30 分（右）の解析雨量

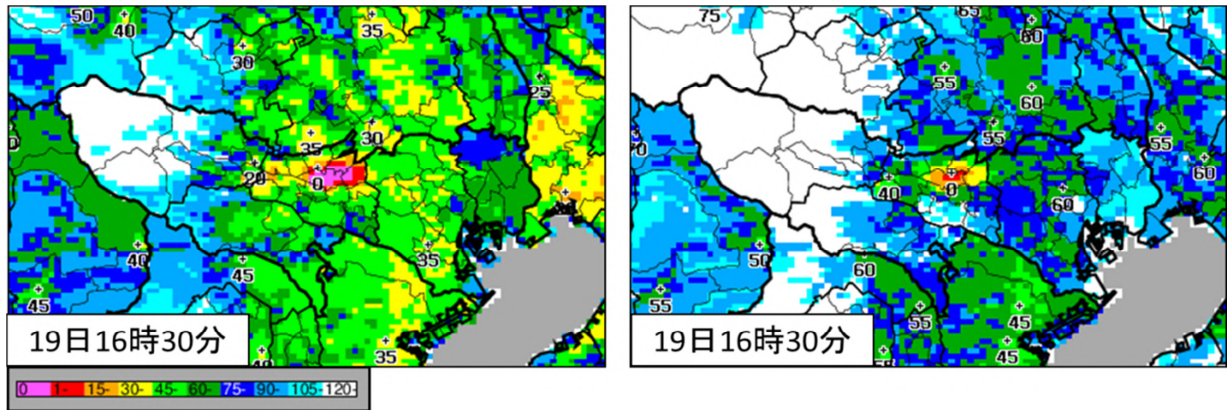
（2）について、以下①～③の操作によって浸水・洪水・土砂の各種警戒度ガイダンスを増加置換で読み込む。このとき、判定に利用する各ガイダンスがどういったデータから計算されたものであるかを把握し、これらの元データが信頼できる（異常値を示していない等）ことを確認しておく必要がある。

①浸水危険度

（ア）「浸水警戒度（客観予想）ガイダンス」を読み込む。この操作によって、当該時刻で取得できる最新の情報（(a) 指数実況の警報等基準超過状況、(b) 1 時間先までのノウキャストを利用した警報等基準超過の判定結果、(c) 6 時間先までの降水短時間予報を利用した警報等基準超過の判定結果）で警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。

（イ）「浸水警戒度（あと何ミリ）ガイダンス」を読み込む。この操作によって、浸水危険度が警報等基準に達するまでに必要な 1 時間降水量（第 1.2.42 図）と、（1）の操作で防災時系列に入力した最大 1 時間降水量（現シナリオでは R1=40～50 ミリ）の直近（FT=0～1 時間のコマ）の値とを比較し、警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。

³ この他、土砂災害警戒情報や指定河川洪水予報と警報・注意報が不整合となっている場合にも RSS による報知がなされる。また、RSS による報知のみに頼らず、自治体等が提供する地域のリアルタイムカメラ画像や河川水位の実況情報などについても可能な範囲で監視するなど、警報等発表状況が適当であるのかの確認は随時行う必要がある。



第 1.2.42 図 16 時 30 分の浸水あと何ミリ 危険度 1 (注意報基準) (左)、危険度 2 (警報基準) (右)

②土砂危険度

- (ア) 「土砂警戒度 (部外向け) ガイダンス」を読み込む。この操作によって、当該時刻で取得できる最新の情報 ((a) 指数実況の警報等基準超過状況、(b) 2 時間先までの降水短時間予報を利用した警報等基準超過の判定結果) で警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。
- (イ) 「土砂警戒度 (解除ロジ付き) ガイダンス」を読み込む。この操作によって、当該時刻で取得できる最新の情報 ((a) 指数実況の警報等基準超過状況、(b) 6 時間先までの降水短時間予報を利用した警報等基準超過の判定結果、(c) 7~30 時間先の MSM 平均降水量ガイダンスを利用した警報等基準超過の判定結果) で警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。
- (ウ) 「土砂警戒度 (あと何ミリ) ガイダンス」を読み込む。この操作によって、土砂危険度が警報等基準に達するまでに必要な 1 時間及び 3 時間降水量 (図略) と、防災時系列に入力した直近 (FT=0~1 時間のコマ) の 1 時間降水量、3 時間降水量の値 (現シナリオでは R1=40~50 ミリ、R3=60~75 ミリ) とを比較し、警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。

③洪水危険度

- (ア) 「洪水警戒度 (2017) ガイダンス」を読み込む。この操作によって、当該時刻で取得できる最新の情報 ((a) 指数実況の警報等基準超過状況、(b) 1 時間先までのナウキャストを利用した警報等基準超過の判定結果、(c) 6 時間先までの降水短時間予報を利用した警報等基準超過の判定結果、(d) 4~30 時間先の MSM 平均降水量ガイダンスを利用した警報等基準超過の判定結果) で警報等基準を超過する市区町村に対して判定がかかる。
- (イ) 「洪水警戒度 (充足率) ガイダンス」を読み込む。この操作によって、警報等基準を実況で超過している市区町村及び、外水氾濫型の警報等基準に対する充足率が 70%以上で、かつ、指数変化が上昇傾向である市区町村に対して判定がかかる。
- (3) では、(2) で新たに判定対象となった市区町村の注意報級・警報級の期間について、防災時系列の警報・注意報継続機能 (市区町村毎の注意報級・警報級の期間の判定を任意の期間まで延長する機能) を利用して調整する。今回は (1) でシナリオの変更を行っておらず、大雨 (浸水害) の注意報級・警報級の期間の変更の必要もないことから、前シナリオを踏襲し「夜遅く」までとした。新たに判定対象となった洪水の期間については、大雨 (浸水害) と整合をとり「夜遅く」までとした。なお、大雨 (土砂災害) についてはいずれの市区町村も注意基準に到達しなかった。

その後、(1) のシナリオや (2) で設定した警報等発表対象地域が実況資料等と齟齬がないことを最終確認し、16 時 50 分に警報等を切り替え発表した (第 1.2.43 図)。

最大1時間降水量

時刻(JST)	16-17	17-18	18-19	19-21	21-24
確度	A	A	A	B	B
23区：北	40	40	40	40	40
23区：中央	40	40	40	40	40
23区：南	40	40	40	40	40
多摩：北	50	50	50	50	50
多摩：中央	40	40	40	40	40
多摩：南	40	40	40	40	40
多摩(山)	40	40	40	40	40

最大3時間降水量

時刻(JST)	16-17	17-18	18-19	19-21	21-24
確度	A	A	A	B	B
23区：北	60	60	60	60	60
23区：中央	60	60	60	60	60
23区：南	60	60	60	60	60
多摩：北	75	75	75	75	75
多摩：中央	60	60	60	60	60
多摩：南	60	60	60	60	60
多摩(山)	60	60	60	60	60

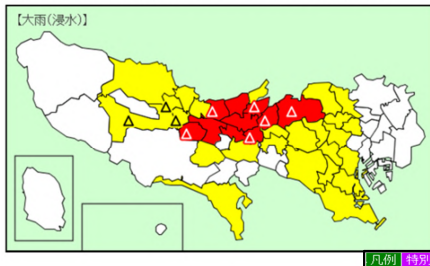
浸水危険度

時刻(JST)	16-17	17-18	18-19	19-21	21-24
確度	A	A	A	B	B
23区西部	0/2 (0/1)	0/2 (0/1)	0/2 (0/1)	0/2 (0/1)	0/2 (0/1)
23区東部	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
多摩北部	0/2 (0/2)	0/2 (0/2)	0/2 (0/2)	0/2 (0/2)	0/2 (0/2)
多摩西部	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)
多摩南部	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)	0/1 (0/1)

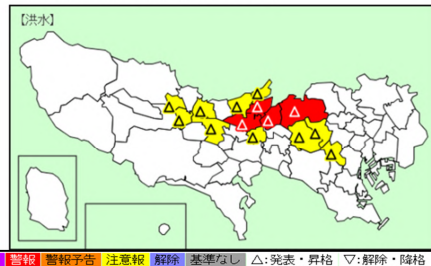
洪水危険度

時刻(JST)	16-17	17-18	18-19	19-21	21-24
確度	A	A	A	B	B
23区西部	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
23区東部	0	0	0	0	0
多摩北部	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2
多摩西部	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1

警報判定結果(大雨(浸水害))



警報判定結果(洪水)



第 1.2.43 図 16 時 50 分の防災時系列と警報判定結果

1. 2. 3. 4 緊急整合による警報切り替えに向けた作業

本事例では、東京地方の広い範囲で夜遅くにかけて断続的に $R1 \geq 40$ ミリの大雨が降ることを予想しており、場合によっては、10~20 分程度の間隔で危険度監視による RSS 報知が頻発する可能性がある。このため、以後の警報等の切り替えには「緊急整合」機能を使用し、迅速かつ適切な警報等発表に努める。

「緊急整合」機能は、防災時系列編集画面の浸水・洪水・土砂の各危険度タブで利用でき、それぞれの指数において以下(1)及び(2)の操作を一括で行う機能である。

(1) ガイダンス増加置換

以下の各種警戒度ガイダンスの判定結果で、ガイダンスの初期時刻から 2 時間先までの時間に属する防災時系列のコマに対して増加置換を行う。

- ①浸水危険度：「浸水危険度(客観予想+あと何ミリ)」
- ②土砂危険度：「土砂危険度(部外向け)」
- ③洪水危険度：「洪水警戒度(2017)」

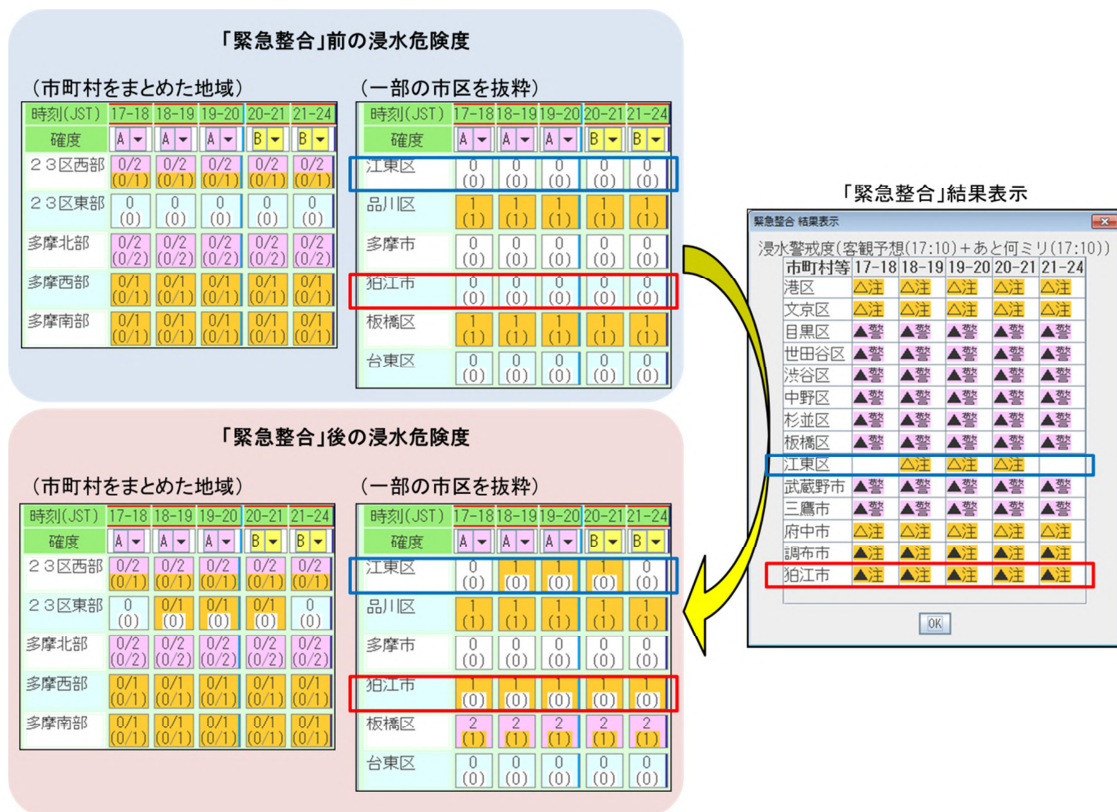
(2) 整形

(1)で判定の上方修正があった市区町村について、注意報級・警報級の期間の終期を次のルールで定める。

- ① 当該市区町村と同じ「市町村等をまとめた地域」内で、目先の有効な注意報級・警報級の期間を持つ市区町村がある場合は、これと終期を合わせる形で注意報級・警報級の期間を設定する。
- ② 当該市区町村と同じ「市町村等をまとめた地域」内で、目先の有効な注意報級・警報級の期間を持つ市区町村がない場合は、現在時刻を含む 3 時間コマの次の 3 時間コマまで注意報級・警報級の期間を設定する。

上記作業は、概ね、1.2.3.3 で個々の警戒度ガイダンスを順次増加置換し注意報級・警報級の期間を設定した一連の作業（1.2.3.3(2)及び(3)）をワンクリックで行うことに相当する。本機能でこういった操作が行われるのかを理解し、適切に利用することで、作業時間を短縮し迅速な警報等の切り替えを行うことが可能となる。

本事例では、17 時 10 分初期値の判定による RSS 報知を受け、「緊急整合」機能を用いて各種警戒度の設定を行った。第 1.2.44 図は、「緊急整合」機能利用前後の浸水危険度と、その結果表示画面である。



第 1.2.44 図 17 時 10 分判定による「緊急整合」機能利用前後の浸水危険度と結果表示画面

このうち、注意期間の判定結果が異なる狛江市と江東区の 2 市区を例に、どのような操作が行われたのかを確認する。

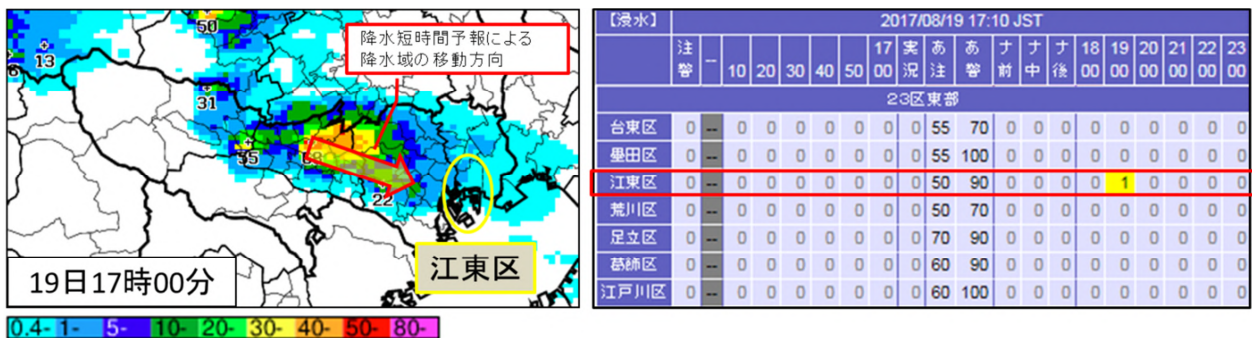
- ・「緊急整合」前に危険度が 0 であった狛江市（第 1.2.44 図 赤枠）は、(1) のガイダンス増加置換によって 17-18 時コマから危険度が 1 になった。狛江市は多摩北部に属していることから、「緊急整合」後には (2) ①のルールによって、危険度 1 の終期は、緊急整合前から多摩北部で危険度 1 の終期として設定されている夜遅くコマへと整合された。
- ・「緊急整合」前に危険度が 0 であった江東区（第 1.2.44 図 青枠）は、(1) のガイダンス増加置換によって 18-19 時コマから危険度が 1 になった。江東区は 23 区東部に属していることから、「緊急整

合」後には(2)②のルールによって危険度1の終期は、現在時刻(17時25分頃)を含む夕方コマの次のコマである、夜のはじめ頃のコマまで延長となった。

ここで、江東区の注意期間(18時~21時)は、(2)②のルールによって機械的に定められたものであるため、期間を修正する必要があるか検討する。

江東区周辺は、17時現在でR1=数ミリ程度の降水を解析(第1.2.45図左)している程度で、危険度監視によると大雨(浸水害)の注意報基準まで50ミリ程度の余裕があるが、18時~19時に、降水短時間予報(現在多摩北部にある強雨域が江東区側へと広がってくる)を基に危険度1の基準を超過すると判定されている(第1.2.45図右)。このため、注意期間の始期は判定にしたがって18-19時コマからとする。一方、注意期間の終期については、シナリオでは夜遅くまで平野部で断続的に激しい雨が降ることを予想しているため、機械的に定められた「夜のはじめ頃」コマから他地域と同じ「夜遅く」コマまで延長することとした。本事例では、上記の浸水害危険度の操作と同様に、土砂や洪水の危険度についても緊急整合を用いた各種警戒度ガイダンスの置換及びその内容の精査を行い、17時10分判定の内容について17時30分に警報を切り替え発表した。

また、その後もRSS報知等をトリガーとしてシナリオの修正や緊急整合を繰り返し、防災時系列を適切に維持し、警報等を随時切り替え発表していった。



第1.2.45図 17時00分の解析雨量(左)と17時10分の危険度監視(浸水)(右)

1.2.3.5 警報解除に向けた作業

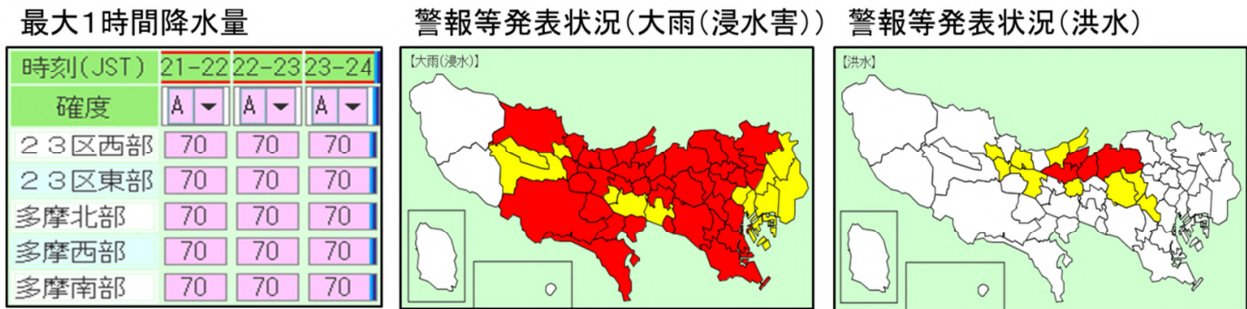
本事例では、1.2.3.4での警報発表後、夕方以降に最大でR1=70ミリ程度の降水を広い範囲で解析したことを受けてシナリオの修正を行い、最終的な降水量予想値は東京地方全域でR1=70ミリとなった⁴。また、指数実況・予想に応じて警報対応を重ね、21時時点では、大雨警報(浸水害)は東京地方の広い範囲に拡大、洪水警報は23区西部及び多摩北部の一部地域で発表している状態となった(第1.2.46図)。なお、本事例は短時間の現象であったため、土壌雨量指数については警報・注意報の発表基準には到らず、大雨(土砂災害)の発表は行っていない。

21時時点では、東京地方及び周辺域の解析雨量(第1.2.47図左)が次第に少なくなってきたことから、警報等の解除について検討を行う。作業は以下の手順で行う。

- (1) 最新の実況及び予想を踏まえたシナリオ(防災時系列の雨量予想値)修正
- (2) (1)のシナリオと、最新の指数実況から得られる指数予想による警報等解除の判断
- (3) 防災時系列の整形(警戒期間の調整等)、警報等発表

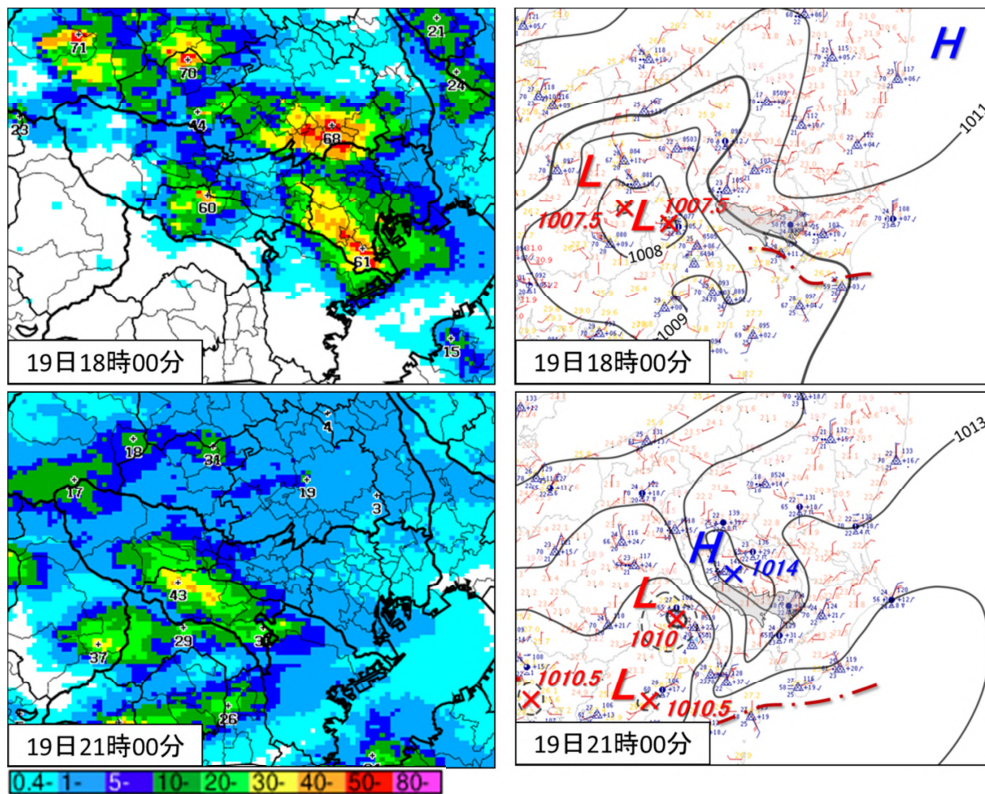
⁴ 本章は、標準的な作業の流れを追うことを目的として、指数における作業手順に焦点を当てて記述している関係から、量的予想の見積もりの修正等については、詳しい記載を省略した。

(1) について、18 時に東京地方周辺で解析されていた E-S シアーは、21 時には、内陸の気温低下によって東京地方への南寄りの風の吹込みが弱まったことを受け伊豆諸島付近にまで南下している（第 1.2.47 図右）。解析雨量も 18 時頃の最盛期に比べて弱まっており、範囲も局地的になっている。ただし、R1=30 ミリ以上の発達した降水域は東京地方やその周辺に散在しており、強いところでは R1=43 ミリの降水を解析している。これらのことから、降水強度は今後強まる傾向にはないと判断し、最大 R1 は現在の解析雨量程度を最大として全域 50 ミリに下げる。



第 1.2.46 図 21 時 00 分現在の防災時系列と警報発表状況

中、右図で赤色は警報、黄色は注意報を表す。



第 1.2.47 図 18 時 00 分、21 時 00 分の解析雨量 (左) と局地天気図 (右)

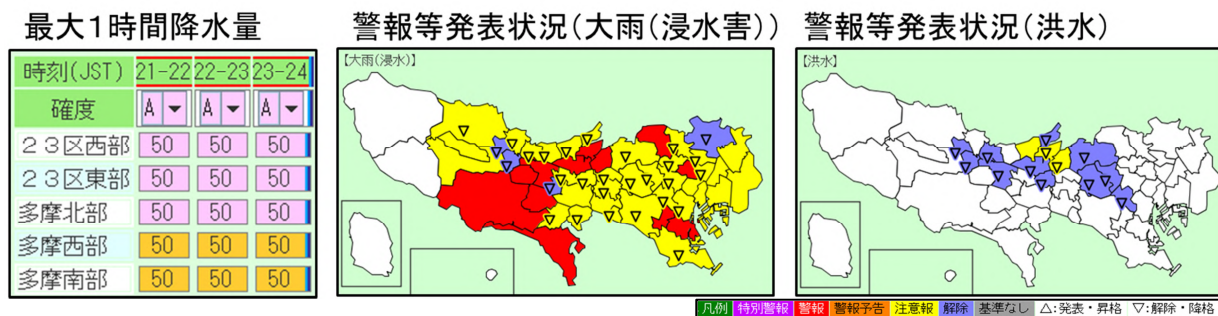
黒色の実線は等圧線 (1hPa 毎)、茶色の一点鎖線は地上風の収束によるシアーラインを示す。

(2) について、1.2.3.3 や 1.2.3.4 では警報等の拡大ステージであったため「増加置換」を基本としていたが、以降は「指数実況が警報等基準値以上である」又は「現在は警報等基準値未満になっているが再び基準値以上となる可能性がある」のいずれかの市区町村のみを継続発表し、それ以外の市区町村を解除するため、基本的な作業は各種警戒度ガイダンスの「置換」となる。「増加置換」ではなく「置換」とする点を

除き、作業の概要は、警報拡大ステージにおける各種警戒度ガイダンス取り込み作業（1.2.3.3（2））に準ずる。

（3）について、現象が終息傾向にあり、注意報級・警報級の期間の終期は夜遅くまでで問題がない旨を確認し、21時30分に警報等を発表した（第1.2.48図）。

以降、同様の手順で、順次警報等の解除を行う。なお、顕著現象終息後の警報等解除ステージでは、警報等解除後に再発表が必要となるような事態を防ぐため、各種予想資料や実況情報、指数の推移、警報等判定結果などを確認しながら慎重に判断する必要がある。



第1.2.48図 21時30分の防災時系列(左)と警報等発表状況(中、右)

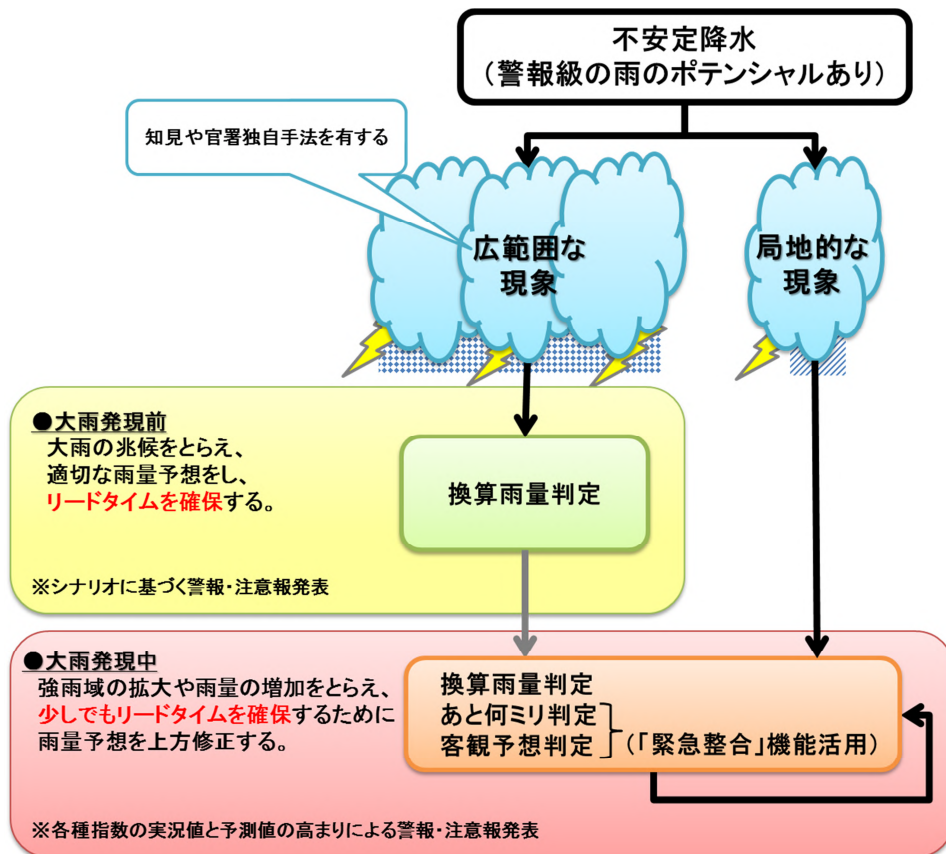
1.2.3.6 警報・注意報発表作業のまとめ*

1.2.3項では、11時予報発表以降の大雨警報・注意報や洪水警報・注意報の発表作業を紹介した。

最初の大雨警報発表では、発表対象地域を広範囲にした場合と、絞った場合について紹介したが、地域を絞って発表した場合でも最終的には広範囲に大雨警報を発表していることがわかる。本事例においては、最初の大雨警報発表時におけるリードタイムはどちらも同じだが、警報基準を実況で超過した各市区町村における平均的なリードタイムの時間を比較すると、明らかに広範囲に発表した場合の方が平均的なリードタイムは長くなり、空振り率はどちらの場合も大きな違いはない。不安定降水の発生地域を予測することは難しい場合が少なくないが、広範囲に顕著な現象が発生すると予想される場合は、リードタイムの確保を意識してある程度広い範囲を対象に積極的な警報・注意報の発表作業を行うことが適切である。広範囲に影響する現象か局地的な現象かを見極めつつ、それぞれに適した警報・注意報発表作業を実施することが重要となる（第1.2.49図）。また、地域を絞って最初の大雨警報を発表した場合において、指数基準導入後のRSS報知をトリガーとする最初の警報・注意報の発表作業と、「緊急整合」機能を用いた警報・注意報の発表作業の2つを紹介した。指数基準導入以前の手順と比較すると、最新の実況と予想資料から量的予想を修正することに変更はないが、各種警戒度ガイダンスによる判定結果を取得して警報・注意報を発表することが主となるところが異なっている。

警報・注意報の発表作業においては、最新の実況の監視・解析に基づいて、随時、気象シナリオを修正し、適切なリードタイムを確保して警報を発表することが重要である。特に不安定降水の場合は、大雨のポテンシャルを把握することができても、数値予報資料による量的予想が過少の場合が多く、大雨となる地域や時間には幅があり不確実性が大きいため、適切なリードタイムを確保した警報発表ができない場合がある。しかし、大雨のポテンシャルがある場合は、実況監視・解析の着目点や予測手法を活用し、積極的に警報発表を行うことが大切である。

*北村 美佐絵（気象庁予報部予報課）



第 1.2.49 図 不安定降水時のリードタイムを確保する大雨警報・注意報発表の流れ

1.3 まとめ*

本章では、2017 年 7 月に運用を開始した表面雨量指数や精緻化した流域雨量指数を用いた標準的な予報作業について、2017 年 8 月 19 日の不安定降水事例を用いて解説した。予想が難しい不安定降水事例に対する警報・注意報の発表作業を、東京都で大雨になった事例を用いてシミュレートし、着目点や効率的な予報作業について述べた。

参考文献

- 藤村実代子，大久保篤，2006：暖候期の不安定降水による東京地方の強雨監視手法．平成 18 年度量的予報研修テキスト，気象庁予報部，52-56.
- 東京管区气象台，2017：平成 29 年 8 月 19 日の大雨に関する東京都気象速報 平成 29 年 8 月 22 日（平成 29 年 8 月 31 日訂正），7.
- 村中明，2014：これからの予報官に求められるもの．平成 25 年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，1-9.
- 東京管区气象台，2006：前兆現象の把握を重視した解析手法に関する調査研究．平成 17 年度管区推奨調査研究成果報告書，43-82.
- 田口晴夫，原基，吉田貴弘，北村美佐絵，2017：実例に基づいた予報作業の例．平成 29 年度予報技術研修テキスト，気象庁予報部，1-42.

*若杉 栄一（気象庁予報部予報課）