

シビア現象の監視・予測について

令和3年3月

気象監視・警報センター シビアストーム監視班

概 要

- ・記録的短時間大雨情報クラスの短時間強雨や竜巻などの激しい突風等のシビア現象について、監視や予測の際の着目点とともに、「シビアストーム情報」の作成について紹介する。

- ・シビア現象事例について、実況がどのように推移したか（発生場所、ピーク日時、現象の程度）を振り返ることで、シビア現象の監視・予測及び情報発表に活かすための着目点をまとめる。

目 次

- ・シビアストーム監視業務の概要(p.4)
- ・シビアストーム情報について(p.5～p.16)
～監視・予測における着目点～
- ・記録的短時間大雨情報について(p.17～p.53)
- ・竜巻注意情報について(p.54～p.109)

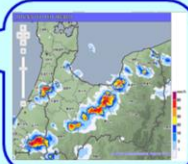
シビアストーム監視業務の概要

- ・全国の3次元レーダーデータ等の観測データを用いて、急速に発達する積乱雲を全国一元的に集中監視し、効果的・効率的に防災情報の発表作業を行う
- ・顕著現象の実況監視と数値予報資料に基づき、半日先までの顕著現象が発生する可能性を「シビアストーム情報」として気象官署へ提供

シビアストーム監視班

シビア
ストーム
監視
班

観測データ確認！
迅速に情報発表！



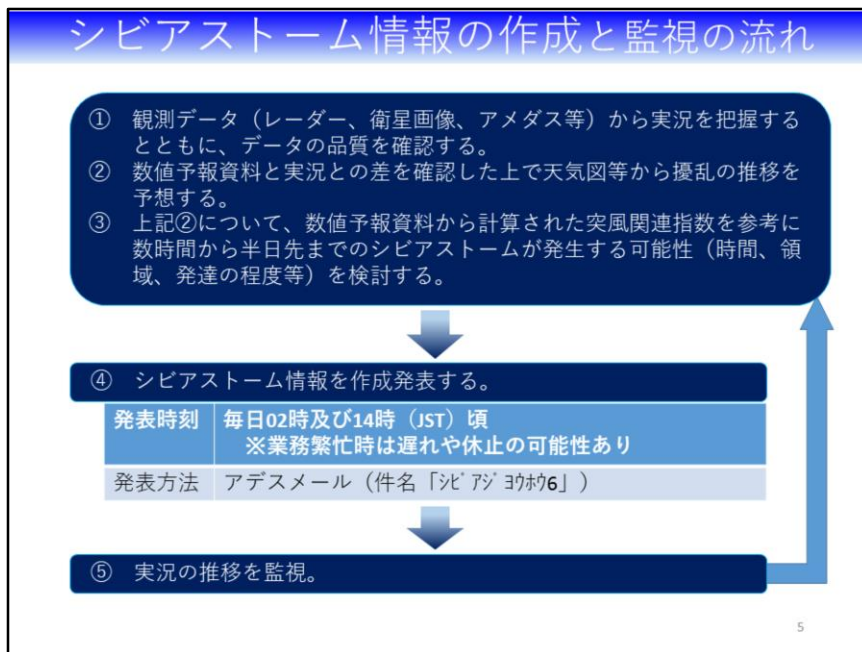
全国の気象官署や関係機関から提供される竜巻等突風の目撃情報

【主な業務】

- ①気象衛星、気象レーダー等様々な観測データによる全国の顕著現象の実況監視
- ②記録的短時間大雨情報の発表作業
- ③竜巻注意情報の発表作業
- ④シビアストーム情報の提供作業
- ⑤気象官署や関係機関から提供される竜巻等突風の目撃情報の受領と情報共有

気象監視・警報センター シビアストーム監視班では、次の5つの業務を柱に作業を行っている。

- ①気象衛星、気象レーダー等様々な観測データによる全国の顕著現象（急速に発達する対流雲等）の実況監視
- ②全国分の記録的短時間大雨情報の発表作業
- ③全国分の竜巻注意情報の発表作業（府県予報担当が雷注意報を発表している地域）
- ④シビアストーム情報の提供作業（全国予報中枢・地方予報中枢・府県予報担当に向けて。）
- ⑤気象官署や関係機関から提供される竜巻等突風の目撃情報の受領と情報共有



シビア現象の監視とシビアストーム情報作成の流れを示す。

- ・ 実況監視では、レーダーや衛星などの観測データや解析により得られた、対流雲の発生・発達状況や短時間強雨・発雷等の発生状況、メソサイクロンや雹域等の状況も監視している。

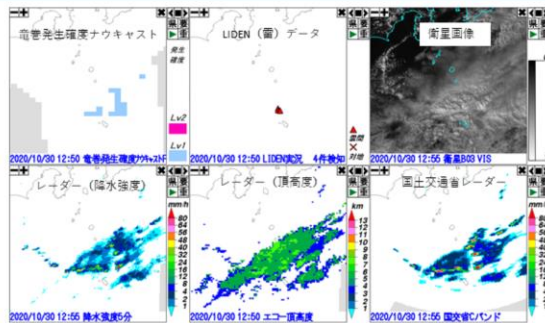
また、レーダーを中心とした観測データの品質の確認も行っている。

- ・ 数値予報資料による、EHIなどのシビアストームに関連する各種指数の実況との対比や、今後の各指数や現象の推移を基に、数時間から半日先までのシビアストームの発生ポテンシャルに関して注目すべき領域や時間などの留意点をシビアストーム情報として提供している。

- ・ この情報は、中央指示報と齟齬のないことを確認し、アデスで送信している。

シビアストーム情報の作成と監視の流れ

① 観測データ（レーダー、衛星画像、アメダス等）から実況を把握するとともに、データの品質を確認する。



○実況の把握及び品質管理

レーダー：降水の領域、対流性や層状性の区別、反射強度、発雷の有無、メソサイクロンの有無などを監視し、データの品質を確認する。

アメダス：解析雨量が雲域などにより過大な数値となっていないか観測値と比較する。

衛星画像：非降水エコーが出ていないか、レーダーエコーと衛星画像の雲域とを比較確認する。

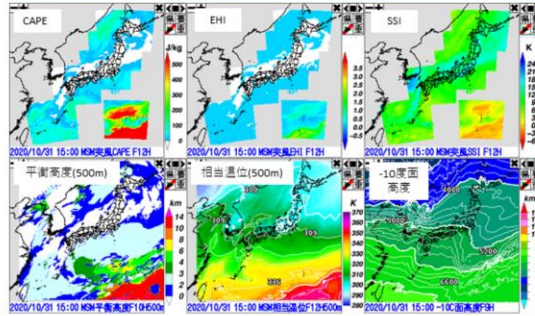
6

・LIDENに関して、本州中部では実エコーと対応の悪い検知がよく見られますが、シビアストーム監視班ではエコー頂高度が -10°C 面高度を越えているどうか、レーダー雷解析（多画面ツールで表示可能）、国土交通省レーダーによる観測との比較、気象衛星データによる発達した対流雲域との対応、電力会社やフランクリン・ジャパン、ヤフー等が運営する雷情報サイトデータとの比較等を参考にしています。

また、上空の風が強い場合には、電荷を帯びた雲粒の移流が原因でレーダーエコーが強くない場所で発雷することもあるようです（『中小規模気象学』p.205）。

シビアストーム情報の作成と監視の流れ

- ② 数値予報資料と実況の差を確認した上で、予想天気図等から擾乱の推移を予想する。
- ③ 突風関連指数等を参考に、シビアストームが発生する可能性（時間、領域、発達 の程度等）を検討する。



数値予報資料を用いて計算した突風関連指数等を参考に、概ね12時間先までの突風や短時間強雨などが発生する可能性や領域・時間帯を検討。 7

【シビア現象の発生しやすい時間帯や領域の検討】

- ②数値予報資料と実況との差を確認し、予想天気図等から擾乱の推移を予想する。
- ③上記②について、数値予報資料を用いて計算した突風関連指数を参考に、概ね12時間先までの突風や短時間強雨などが発生する可能性や領域・時間帯などについて検討する。

※突風関連指数の参考文献 ： 加藤輝之, 2017: 図解説 中小規模気象学

数値予報資料（予報値） [○]	実況（観測データ） [○]	実況及び数値予報資料の確認のポイント
非降水エコー [○]		
大気下層の安定度、レーダーシミュレーター [○]	非降水エコーの存在 [○]	
対流性・層状性降水の判断 [○]		
自由対流高度（MSM/LFM）の存在 [○]	降水エコー・可視/赤外面像（バンドの3/13）の動き（動画でみる）、降水エコー頂、残雷（LIDEN履歴） [○]	
500m 高度の平衡高度（MSM/LFM） [○]		
700hPa より下層の相当温位最大値で判断した平衡高度 [○]		
不安定性降水の発生・発達程度（オーバーシュート） [○]		
500m 高度の自由対流高度までの距離（MSM/LFM） [○]	降水エコーの存在 [○]	
500m 高度の平衡高度（MSM/LFM） [○]	降水エコー頂、赤外面像（バンド13）、残雷（LIDEN履歴） [○]	
下層収束（MSM/LFM） [○]	アメダス、可視画像（バンド3）、レーダー低仰角の非降水エコー [○]	
残雷 [○]		
平衡高度と-10℃高度、CAPE、POT ガイダンス [○]	降水エコー頂、残雷（LIDEN履歴） [○]	
不安定性降水の発生環境場（予報の推移が早い・遅いも判断） [○]	遅いも判断 [○]	
上空の等温位面満位分布（GSM/MSM） [○]	水蒸気画像 [○]	
500hPa および700hPa の相対湿度（MSM/LFM） [○]	水蒸気画像（バンド10） [○]	
700hPa の上昇流場（GSM/MSM） [○]	水蒸気画像（バンド10） [○]	
可降水量（MSM/LFM） [○]	GPS 可降水量 [○]	
線状降水帯の発生 [○]		
線状降水帯発生条件（MSM/LFM） [○]	解析雨量分布（線状降水帯の発生状況） [○]	
SREH（MSM/LFM）⇔ SREH（WINDAS） [○]	SREH（WINDAS） [○]	
スーパーセル（竜巻）の発生 [○]		
EHI などの突風関連指数（MSM/LFM） [○]	メソサイクロン履歴 [○] 検出された場合は要連絡 [○]	
雹域 [○]		
CAPE などの突風関連指数（MSM/LFM） [○]	RaDAMoS 指数特異エコーの雹域 [○] Lv2 解析された場合は要連絡 [○]	

実況及び数値予報資料の確認のポイント

実況と数値予報資料の比較や、今後の予測を行う際には左記表のような点に着目して確認を行っています。

種乱雲の発生・発達判断	<ul style="list-style-type: none"> 自由対流高度の存在とその高度から大気状態の不安定の程度を把握 上空の等温面満位分布や700hPaの上昇流場も加味して、種乱雲の発生可能性を判断 平衡高度と500hPaおよび700hPaの相対湿度から種乱雲の発達程度を判断
雷の発生可能性判断	<ul style="list-style-type: none"> 平衡高度と-10℃、-20℃面高度、CAPE、POTガイダンスから発雷発生可能性を判断
大雨の発生可能性判断	<ul style="list-style-type: none"> 線状降水帯発生条件の推移から線状降水帯の移動・停滞の可能性を判断 大気下層に流入する相当温位の値の極値性(数年に1度の高値など)を過去の統計結果から判断 梅雨期では、梅雨前線帯(700hPaの湿域)に対する線状降水帯の発生位置関係を把握
突風の可能性判断	<ul style="list-style-type: none"> 突風関連指数によるスーパーセル発生の可能性を判断 過去の竜巻事例との類似性を把握 台風が存在する場合、進行方向と発生する可能性がある場所との関係を把握 冬季日本海側の場合は、大陸からの寒気吹き出しによる収束域の有無を考慮 突風可能性プロダクトを参考

半日程度先までのシビアストームの発生可能性を数値予報資料から把握

実況と数値予報資料の比較や、今後の予測を行う際には左記表のような点に着目して確認を行っています。

半日程度先までのシビアストームの発生可能性を数値予報資料から把握

実況と数値予報資料の比較や、今後の予測を行う際には上記表のような点に着目して確認を行っている。

MSM突風関連指数(CAPE, SReH, EHI, dLFC, EL等)や突風危険指数などの各予報資料を確認し、実況との比較からシビア現象の発生ポテンシャルを把握する。

- 対流雲の発生・発達の予想は、実況のEL(平衡高度)とエコー頂高度の比較等を踏まえて、中層の乾燥域やdLFCの高さの予想についても考慮。

- 発雷予測については、電荷の分離や蓄積に重要な-10℃面や-20℃面を、ELが超えているかどうかを考慮。

- 竜巻などの激しい突風の発生可能性については、EHIなどの各種突風関連指数に加え、突風可能性ガイダンスも利用している。

- EHIで表現しづらい非スーパーセル型竜巻の予測については、VORsfcや500m収束・発散や相対的にCAPEが高い領域等についても考慮。

海岸線付近では海上と陸上の風速差が生じ、VORsfcの値が大きくなります。VORsfcは数値予報モデルの解像度が細かいほど値が大きくなるので、絶対値ではなく相対的に値が大きいところに注目しています。

なお、東京管区内の調査研究では、冬の日本海側の突風についてVORsfcによる監視が有効であることが示されています(平成27~29年度北陸地区、福

井県調査研究)。

・短時間強雨に加え、可降水量・水蒸気Flux・線状降水帯6条件等の予想状況から、降水量の増加の可能性についても言及している。

線状降水帯発生環境場の監視・予測

・大雨発生要因の一つに線状降水帯の発生がある。

・線状降水帯が発生するには、右図のように積乱雲が発生・発達して、線状に組織化する必要がある。

・過去の線状降水帯による大雨事例の環境場から、線状降水帯が発生しやすい気象条件として、以下の6条件がある。

線状降水帯が発生するための条件



①適度な鉛直シアの存在、すなわち鉛直方向に風速・風向きがあることが必須。

②大雨をもたらすための大量の下層水蒸気の流入が必要。

③積乱雲が発生するためには、自由対流高度まで空気塊が持ち上げられることが必要で、その高度が低下するほど積乱雲は発生しやすくなる。

④上空が乾燥していると積乱雲の発達を抑制されるので上空が湿っていることが条件の1つになる。

⑤上昇領域であること、総観規模で評価される数cm/sの強さのもの。

⑥700～850hPa付近に暖気が流入することで積乱雲の発達を抑制されることがあるため、ある程度平衡高度が高い必要がある。

10

・大雨発生要因の一つに線状降水帯の発生がある。気象庁では、線状降水帯を「次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水をとまなう雨域と定義している。

・線状降水帯が発生するためには、右図のように積乱雲が発生・発達して、線状に組織化する必要がある。

・過去の線状降水帯によると考えられる大雨事例から、線状降水帯が発生しやすい条件として、6つの条件が見いだされている（加藤輝之, 2017: 図解説中小規模気象学）。

線状降水帯発生環境場の監視・予測

- 前述の6条件に対応する下記予想資料を確認、実況値と対比し、6条件を満たした領域で、さらにその領域が停滞することが予想される場合、シビアストーム情報に掲載し、実況監視を強化している。

線状降水帯発生6条件

- ① 鉛直シア: $SREH \geq 100\text{m}^2\text{s}^{-2}$
- ② 対流発生: $DLFC(500\text{m高度}) < 1000\text{m}$
- ③ 水蒸気供給: $FLWV(500\text{m高度}) \geq 150\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- ④ 上空の湿度: $RH(500\text{hPa}\&700\text{hPa}) \geq 60\%$
- ⑤ 上昇流域: $W(700\text{hPa}, 400\text{km平均}) \geq 0\text{ms}^{-1}$
- ⑥ 対流発達: $EL(500\text{m高度}) \geq 3000\text{m}$

6条件緩和: 地形などの影響で線状降水帯が発生しやすい条件

- ① 鉛直シア: $SREH \geq 70\text{m}^2\text{s}^{-2}$
- ② 水蒸気供給: $FLWV(500\text{m高度}) \geq 100\text{gm}^{-2}\text{s}^{-1}$
- ③ 上空の湿度: $RH(500\text{hPa}\&700\text{hPa}) \geq 20\%$
- ④ 上昇流域: $W(700\text{hPa}, 400\text{km平均}) \geq -1\text{ms}^{-1}$

※参考文献: 加藤輝之, 2017: 図解説 中小規模気象学

11

線状降水帯発生6条件の要素と値を示す。

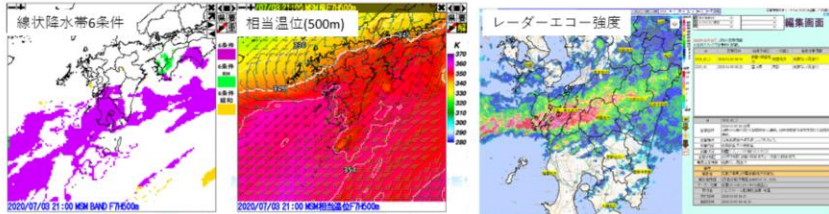
線状降水帯6条件で相当温位を使用しないのは、季節や地域で大きく値を変え、一律の値で判断することができないためである。

しかし、相当温位が高いほど水蒸気量が多いので水蒸気フラックス量が大きくなること、自由対流高度が低くなり、平衡高度が高く積乱雲が発生しやすくなることから、周辺との比較や時間経過での推移を確認し、判断材料としている。

地形の影響を強く受ける領域では、6条件を満たさなくても、線状降水帯による大雨が発生することがある。これは、地形による強制上昇により積乱雲が自由対流高度に到達しやすく、地形を起点に積乱雲が繰り返して発生しやすいためである。そこで、6条件の内の①③④⑤については、緩和した条件が設定されており、監視に利用している。

線状降水帯発生 の環境場の監視・予測

MSM500m高度の線状降水帯6条件を満たす領域(左図)の確認と共に、判断材料には環境場や相当温位・下層収束(中図)の状況も加えて検討している。



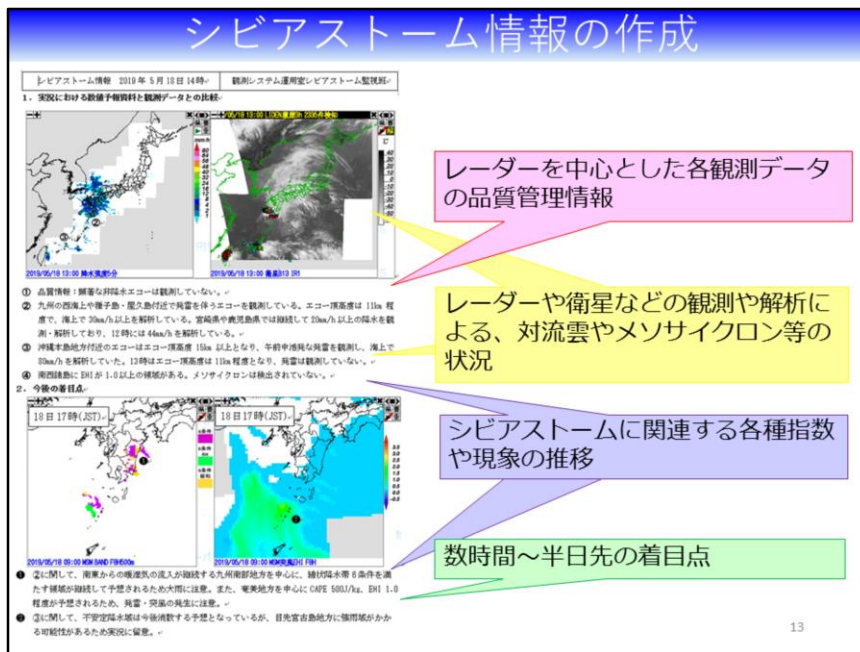
また、地形的な収束の判断に資するよう、目撃情報共有ツール(右図)に搭載される地理情報システム(GIS)とレーダーエコーや衛星画像を組み合わせる機能を使用し、山地の有無や標高・斜面の方角等も把握している。

12

左図では鹿児島県・熊本県などに線状降水帯6条件を満たす領域が予想されている。

中図では北西風と南西風の収束帯が熊本県に入り込んでおり、MSM500m高度面で相当温位354K以上の暖湿気が流入していることがわかる。

線状降水帯の発生・予測に関しては、事前に領域や時間帯を示して予測することは、現在のところ技術的に困難であり、このように日々の監視業務を通じて、知見を深めて行く必要がある。



④シビアストーム情報の作成

前ページまでのシビア現象に関する監視や予測資料の着目点をまとめて、シビアストーム情報を作成する。

シビアストーム情報は、「1、実況における数値予報資料と観測データの比較」、「2、今後の着目点」の2部構成とし、それぞれ図を2枚ずつ挿入し、着目すべき領域については図中に番号を付して、番号毎に解説している。

1、実況における数値予報資料と観測データの比較

・品質管理情報については、主にはレーダーの非降水エコーについて記載しているが、その他、エコーとの対応の悪いLIDEN検知や三陸付近などで時々見受けられるレーダーでは捉えられない降水域等についても記載している。対流雲の状況だけでなく、それを発生させうる総観場の状況についても簡単に記載。

雹域の解析状況を言及することで、過大な解析雨量の可能性を示唆。

2、今後の着目点

・予想資料については、基本的にMSMを利用しています、シビアストーム情報は発表時点で約半日(9~10時間)先までのシビア現象の見通しについて記述しますので、対象時間をカバーする資料のMSMを記載しています。

なお、2020年12月14日にバージョンアップされた竜巻発生確度ナウキャストではLFMで算出される指数が採用されており、竜巻発生確度ナウキャストの調査においてLFMで算出される指数の有用性が分かってきたようです。

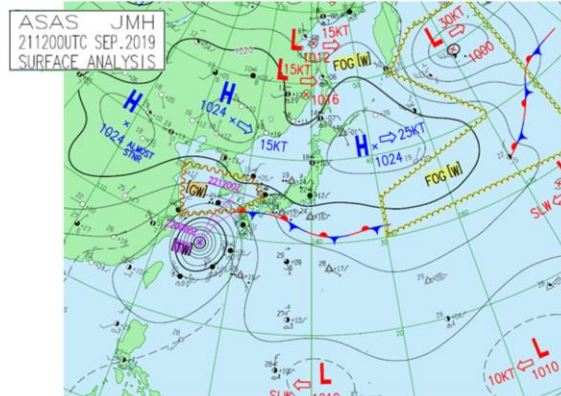
- ・02時発表では前日12UTC初期値を用いて昼前まで、14時発表では00UTC初期値を用いて夜遅くまでを対象としている。（最大15時間先まで）

MSMによる突風関連指数や突風危険指数などの各予測資料を確認し、シビア現象の発生ポテンシャルが高い領域や時間帯を解説する。

シビアストーム情報の具体例

【事例：「2019年9月22日02時」発表のシビアストーム情報】

西日本から伊豆諸島をとって日本の東に停滞前線がのびている。東シナ海には大型で強い台風第17号があって北上している。台風の進行方向右側にあたる南西諸島から西日本太平洋側を中心に大気の状態が非常に不安定になっている環境場で発表したシビアストーム情報。

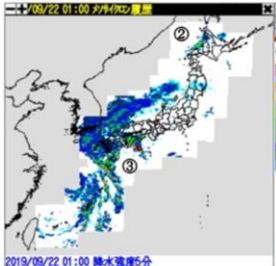


14

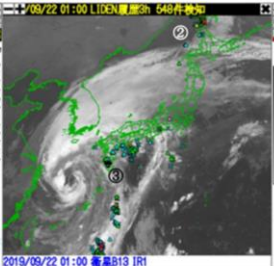
シビアストーム情報の記載内容 1

シビアストーム情報 2019年09月22日02時	観測システム運用室シビアストーム監視班
--------------------------	---------------------

1. 実況における数値予報資料と観測データとの比較 R2.10以降は組織名称が変更されている。
「気象監視・警報センター シビアストーム監視班」



2019/09/22 01:00 降水強度6分



2019/09/22 01:00 衛星IR1

- ① 品質管理情報：顕著な非降水エコーは観測していない。
- ② 北海道には気圧の谷が接近しており、西側沿岸地域には発達したエコーが見られる。エコー頂高度は7kmで、海上では激しい雨を解析、発雷・雹域を断続的に検出している。
- ③ 大型で強い台風第17号が東シナ海上を北上している。九州地方から伊豆諸島付近に伸びる前線の南側には下層暖湿気が流れ込み、鉛直シアも相まって組織化した対流雲が見られる。宮崎県では線状に発達した降水域が停滞し、部外雨量で1時間に110mmの猛烈な雨を観測した。九州地方や四国地方では竜巻注意情報を相次いで発表している。
- ④ 南西諸島、九州地方、四国地方、伊豆諸島付近ではEHIが1.0以上の領域が予想されている。鹿児島県西海上、四国沖でメソサイクロンを検出している。

15

【実況における数値予報資料と観測データとの比較】

シビアストーム情報が発表される時間帯を中心に、それまでの主な実況を記載する。

☒

発表時間帯の実況を基に、レーダーエコー、衛星雲画像、発雷域、高層観測による気温データなど、顕著現象の発生に係る注目点を中心に掲載する。

☒上の番号は、以下の情報番号を示す。

① 品質管理情報

レーダー観測で得られたデータの品質について示す。

非降水エコーは、「グランドクラッタ」や「異常伝搬」によるもの。降水による実エコーだが強度に異常が出るものとして、「減衰」や「ブライトバンド（層状性エコー）」等がある。

この例では、台風第17号の影響で日本付近は広くエコーが観測されるが、実況監視する上で考慮しなければならない非降水エコー等はなかったことを記載した。

② 実況その1

日本海北部上空に寒気トラフがあり、トラフの接近により北海道日本海側で対流雲が発達している。その状況を示した。

③ 実況その2

停滞する前線と台風第17号による影響で、九州南部の実況や発表している竜巻注意情報を示し、注意喚起をした。

④ 数値予報と実況の比較

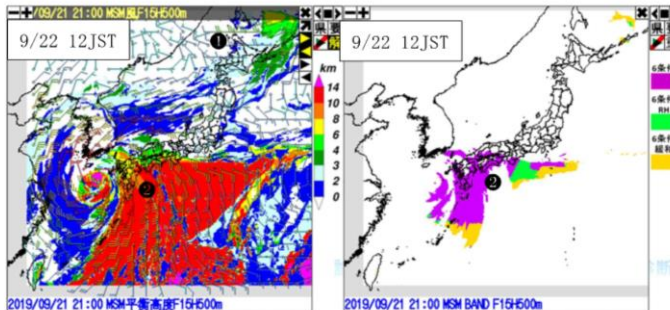
突風関連指数EHIとメソサイクロン発生の状況を比較する。

EHIはスーパーセルによる竜巻発生ポテンシャルとして、安定度と鉛直シアを組み合わせて計算されているが、季節や地域によって値が大きく変わり、全国一律の値で竜巻等の突風ポテンシャルを判断することは難しい。今後はSSIやSWEATなど適宜実況に合った指数を利用することも検討中。

台風第17号の影響で、西日本太平洋側を中心に指数が高まり、実際に九州南部や四国地方でメソサイクロンを検出した。

シビアストーム情報の記載内容 2

2. 今後の着目点



- ②について、MSM ではELは5km程度の子想だが実況のエコー頂高度はそれより発達している。-10℃面高度が4~5kmであることから、エコー頂高度が7km以上のエコーでは発雷する可能性がある。
- ③について、前線の南側にはMSM500m高度の相当温位354K以上の暖湿気が流入しており、前線の北上に伴って大気の状態が不安定な領域も北に広がる。九州地方と四国地方の南東斜面ではEHIが3.0を超える領域が見られ、竜巻等による突風の可能性が高まっている。線状降水帯発生6条件は前線近傍と台風の東側で予想されており、これらの地域では局地的に大雨となる恐れがある。

16

【今後の着目点】

シビアストーム情報を発表するおよそ半日先まで、擾乱の発生・発達状況から今後どのように推移するかや新たに発生すると見込まれる擾乱について示し、その要因や注意事項等を記載する。

図

シビア現象の発生する可能性が高い時間帯や領域を示し、予想されるMSMをはじめとした指数などを掲載して、視覚で捉えやすいようにしている。図上の番号は以下に載せた情報の番号を示す。

① 予想その1

実況の②に関して、寒気トラフ接近の影響で発生している発雷が、今後どのように経過するのかを環境場の推移や予想された指数等を示し、注意しなければならない内容について記載する。

② 予想その2

実況の③に関して、停滞する前線と台風第17号による影響が、どのように経過し、どこの領域で災害の発生する可能性が高まるのかを環境場の予想や指数を示して注意喚起する。

①では、顕著現象の可能性を低めに見込み、「発雷する可能性がある。」と締めくくっているが、②では、「竜巻による突風の可能性が高まっている。」や「局地的に大雨となる恐れがある。」と、より強く注意を促した。

記録的短時間
大雨情報について

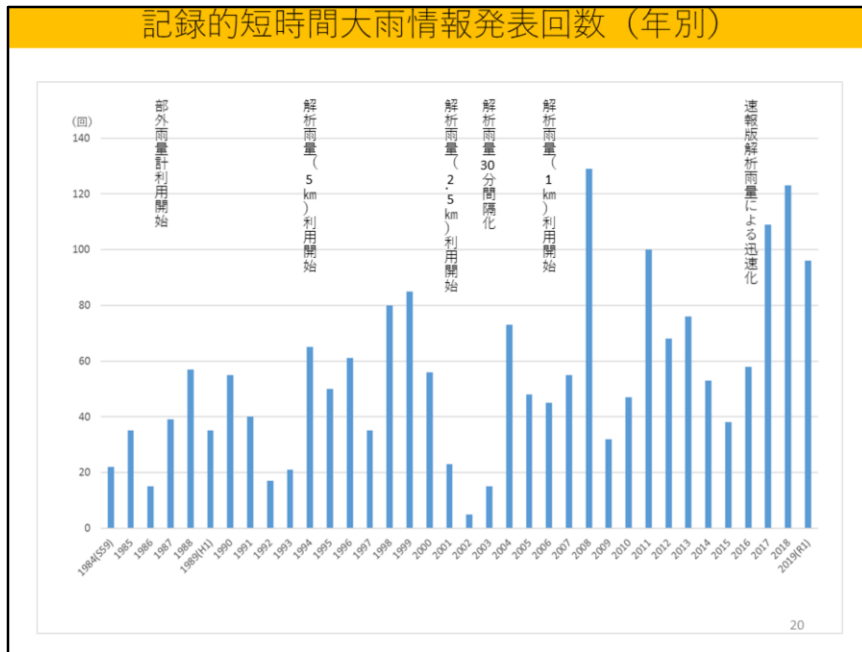
記録的短時間大雨情報について

- 記録的短時間大雨情報について
 - 記録的短時間大雨情報発表回数（年別）
 - シビアストーム監視班の大雨等の監視
 - 記録的短時間大雨情報の発表
 - 雹域による発表回避事例
 - 記録的短時間大雨情報に影響を及ぼす非降水エコー
 - 記録的短時間大雨情報を発表した事例
-
- 2020年1月27日 ～大分県佐伯市・宮崎県延岡市～
 - 2020年7月4日 ～熊本県芦北町・八代市・球磨村・天草市・津奈木町・人吉市・あさぎり町～
 - まとめ
 - 参考資料

記録的短時間大雨情報について

- **記録的短時間大雨情報**は、**大雨警報発表中に、現在の降水が土砂災害や浸水害、中小河川の洪水災害の発生につながるような、その地域にとって稀にしか観測されない雨量であることを伝えるために発表する、**気象情報の一種。
- その地域で数年に一度程度しか発生しないような短時間の大雨を地上の雨量計で観測したり、気象レーダーと地上の雨量計を組み合わせた分析（解析雨量）により解析したりしたときに発表する。
- 記録的大雨を観測した観測点名や、解析雨量で解析された市町村等のみを明記した簡易な文章で発表、**大雨による災害に警戒を呼び掛ける。**
- 記録的短時間大雨情報を発表する基準は、概ね府県予報区ごとに、1時間降水量の歴代1位または2位の記録を参考に決めている。

記録的短時間大雨情報発表回数（年別）



記録的短時間情報の年別発表回数を示す。

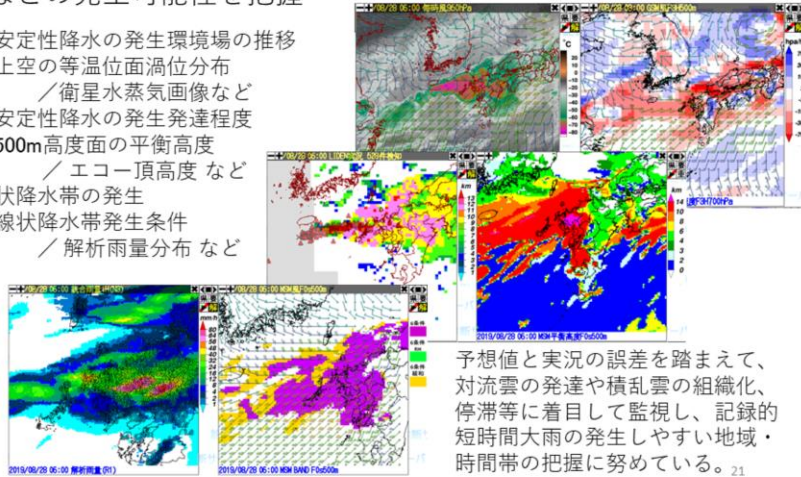
運用開始以来、発表基準の変更（引き上げ）が随時実施されているが、全国を対象とした発表回数は増加傾向に見えるが、解析雨量や部外雨量計の利用開始、解析雨量の高精細化や速報版の利用の影響が大きく、記録的短時間大雨をもたらす現象が増加しているとは言えないことに留意。

ここ数年は、年間約110回発表している。

記録的短時間大雨等の監視

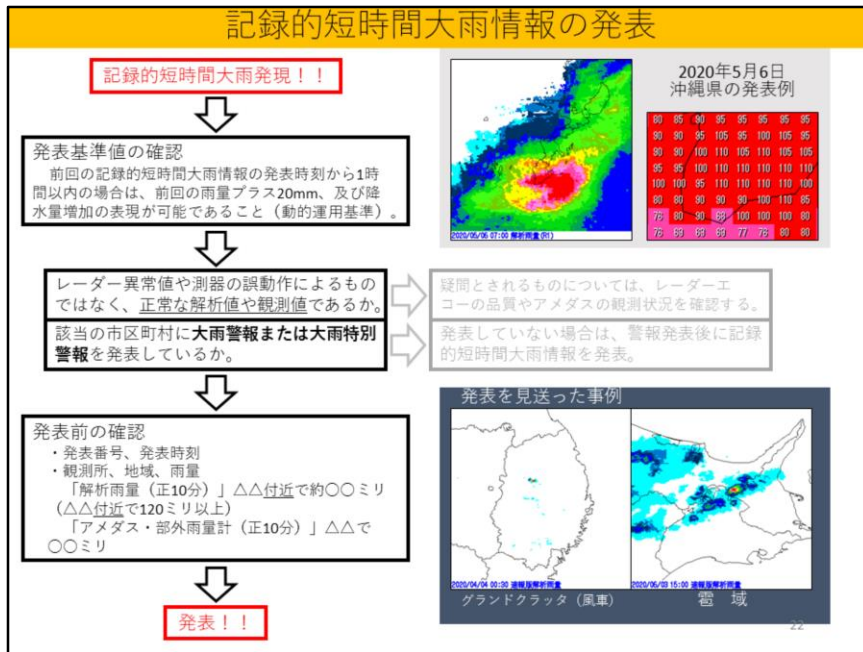
数値予報資料（予想値）と実況（観測データ）を比較し大雨などの発生可能性を把握

- 不安定性降水の発生環境場の推移
上空の等温位面渦位分布
／衛星水蒸気画像など
- 不安定性降水の発生発達程度
500m高度面の平衡高度
／エコー頂高度 など
- 線状降水帯の発生
線状降水帯発生条件
／解析雨量分布 など



気象庁シビアストーム監視班（以下、シビア班）では2019（令和元）年6月から全国の記録的短時間大雨情報を発表している。

シビア班は常日頃から数値予報資料やレーダーエコー等のさまざまな気象資料を活用して予想値と実況の比較を行いつつ実況を監視し、大雨が発現した場合、数値予報との誤差を踏まえてシビアストームの発生・維持・ピーク・終焉を監視し、記録的短時間大雨の発生しやすい地域・時間帯の把握に努め、情報の発表に備えている。



実況監視により、記録的短時間大雨情報の発表基準に到達（または基準超過）を確認した場合、以下のような確認事項に基づき、情報発表の可否について検討する。

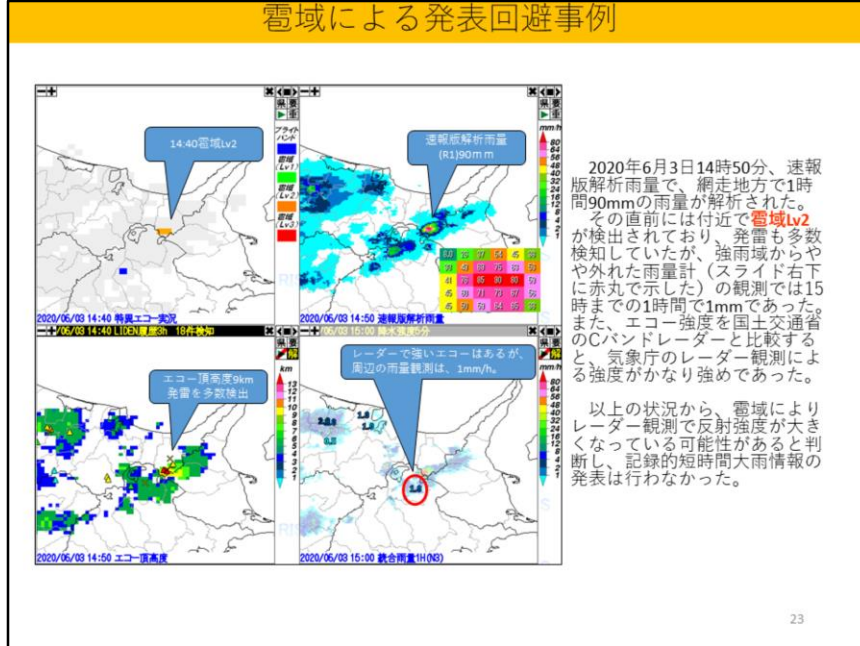
該当する都道府県の発表基準値を再確認する。また、一度発表した市区町村に1時間以内に再発表する場合は、前回の同情報の発表時刻から1時間以内であれば、前回の雨量プラス20mm、及び降水量増加の表現が可能であること（動的運用基準に合致していること）。

基準に到達した解析値、または観測値が、正常な値であるか。明らかにレーダーの異常値や測器の誤動作と認められる場合は発表を取りやめる。

該当の市区町村に**大雨警報または大雨特別警報**を公表しているか。発表していない場合は、警報発表後に記録的短時間大雨情報を発表する。大雨警報の発表基準に達せず発表しない場合は、同情報の発表も行わない。

最後に発表前の確認を行い、発表する。

雹域による発表回避事例



気象レーダーは、アンテナを回転させながら電波（マイクロ波）を発射し、半径数百kmの広範囲内に存在する雨や雪を観測している。発射した電波が戻ってくるまでの時間から雨や雪までの距離を測り、戻ってきた電波（レーダーエコー）の強さから雨や雪の強さを観測している。

レーダーで測定される電波（エコー）の中には、実際には降水がない場所でエコーが観測されたり、実際の降水よりも遥かに強い降水を示すエコーが観測されたりすることがある。降水によらないエコーを判別する等でデータの品質管理を行っているが、まれに品質管理後にもそのようなデータが残ってしまうことがある。

強い雨や雷を発生させる積乱雲の中には雹が生成されることがあるが、雹による電波の反射強度は実際の降水強度より過大となることがわかっている。このような場合は、解析雨量や速報版解析雨量が過大に解析されることがある。

速報版解析雨量により、記録的短時間大雨情報の発表基準に達したが、雹域の影響によるものと判断した事例について説明する。

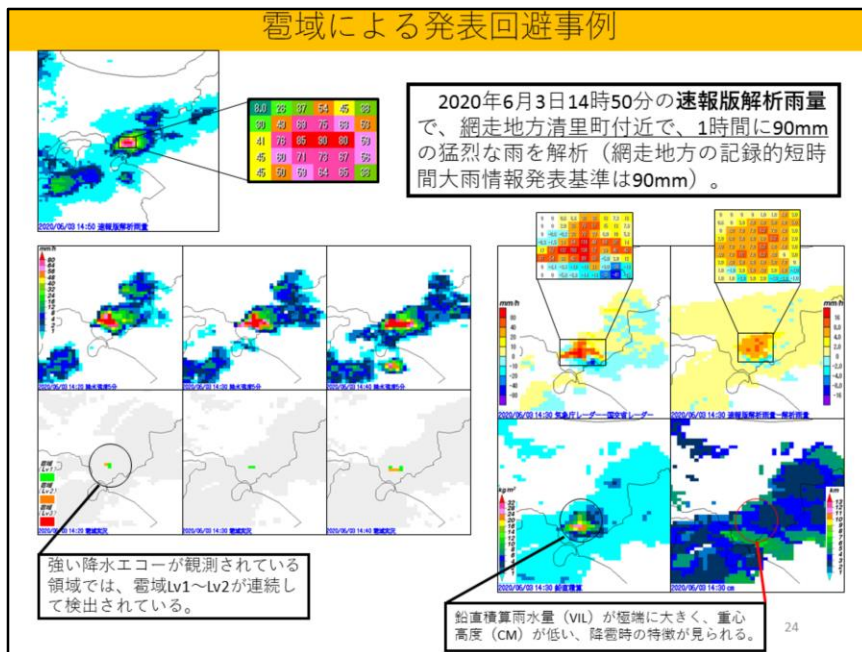
2020年6月3日14時50分、速報版解析雨量により網走地方で1時間90mmの雨量が解析された。強雨域周辺のエコー頂高度は9kmに達して雹域Lv2が検出されており、発雷も多数検知していたが、強雨域からやや外れた雨量計（スライド右下に赤丸で示した）の観測では15時までの1時間で1mmであった。

また、エコー強度を国土交通省のCバンドレーダーと比較すると、気象庁のレーダー観測による強度がかなり強めであった。

以上の状況から、雹域によりレーダー観測で反射強度が大きくなっている可能性がある判断し、記録的短時間大雨情報の発表は行わなかった。

<気象庁HP：気象レーダーを利用する際の注意事項>

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/kaisetsu.html#tokusei>



気象レーダーは、アンテナを回転させながら電波（マイクロ波）を放射し、半径数百kmの広範囲内に存在する雨や雪を観測している。放射した電波が戻ってくるまでの時間から雨や雪までの距離を測り、戻ってきた電波（レーダーエコー）の強さから雨や雪の強さを観測している。

レーダーで測定される電波（エコー）の中には、実際には降水がない場所でエコーが観測されたり、実際の降水よりも遥かに強い降水を示すエコーが観測されたりすることがある。降水によらないエコーを判別する等でデータの品質管理を行っているが、まれに品質管理後にもそのようなデータが残ってしまうことがある。

強い雨や雷を発生させる積乱雲の中には雹が生成されることがあるが、雹による電波の反射強度は実際の降水強度より過大となることがわかっている。このような場合は、解析雨量や速報版解析雨量が過大に解析されることがある。

速報版解析雨量により、記録的短時間大雨情報の発表基準に達したが、雹域の影響によるものと判断した事例について説明する。

2020年6月3日14時50分、速報版解析雨量により網走地方清里町付近で1時間90mmの雨量が解析された。

北海道の上空500hPa面には、氷点下15°C以下の強い寒気が流れ込み、大気

の状態が不安定となっていた。北海道オホーツク海側では3日昼過ぎから対流性エコーが発生し始め、14時以降には発雷を伴う強い降水エコーが網走地方清里町付近で観測され始めた。同町では、エコー頂高度は9kmに達して、雹域Lv1～Lv2が連続して検出されていた。14時30分には速報版解析雨量で50mm以上の非常に激しい雨が解析され、その後も雹域の検出が見られたことから、監視を強めることとした。

14時30分の解析雨量は速報版と比較して10mm前後少ない解析となっており、国交省レーダーでも該当地域に強雨エコーを捉えていたが、強度は気象庁レーダーと比べると弱めになっていた。また、該当地域では鉛直積算雨量(VIL)の値が極端に大きく、また、重心高度は低くなっており、降雹時の特徴が顕著に見られた。これらのことから、該当地域の速報版解析雨量は、雹域の影響で課題となっている可能性があるとして認識し、引き続き監視を強めることとした。

その後も雹域が検出され、10分間解析雨量が20mm以上の大きな値を示していた。該当地域に近いアメダス川湯における6月の10分間降水量の極値は14.0mm、通年でも17.0mmであることから速報版解析雨量が過大となっている可能性が示唆された。

14時50分の速報版解析雨量で1時間90mmが解析されたが、以上の状況から、**雹域によりレーダー観測で反射強度が大きくなっている可能性がある**と判断し、記録的短時間大雨情報の発表は行わなかった。

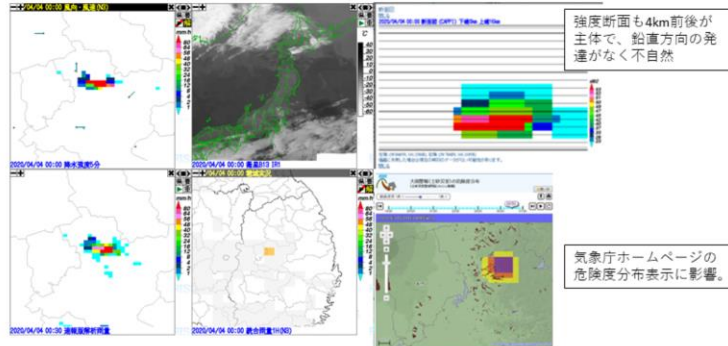
<気象庁HP：気象レーダーを利用する際の注意事項>

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/kaisetsu.html#tokusei>

非降水エコーの監視

気象レーダーは、**風車**などにより反射強度が大きく観測されたり、降水がなくても降水エコーが観測されてしまうことがある。それらの**非降水エコー**等が解析雨量に反映され、記録的短時間大雨情報の発表基準に達することがあり、気象庁ホームページの危険度分布表示等にも影響する場合がある。

例) 岩手県の風力発電施設 (雨量は発表基準を超える1時間95mmを解析)



シビアストーム監視班では気象状況を監視し、発表の要否を判断している。
また、風車の存在する領域に発生するエコーを降水エコーと区別して、取り除く処置を行っている。

レーダーから送信した電波が地面や海面、また地表の構造物に当たることなどにより、降水のないところに強いエコーが現れることがある。地表の構造物の1つとしては、風力発電用の風車があげられる。

当庁が運用する気象レーダー周辺にも発電用風車の設置が進んでおり、秋田、静岡、松江、沖縄等では、レーダーから4~30kmの距離に複数の風車群が見られ、気象状況によって一部の風車で気象レーダー観測に影響があり、解析雨量に反映されることがあり、まれに記録的短時間大雨情報の発表基準に達することもある。

スライドは岩手県に所在する風力発電施設。

このような非降水エコーの影響を除くため、レーダーなどの観測データを監視し、記録的短時間大雨情報発表の要否を判断している。

なお、状況に応じてレーダー観測や解析雨量へ影響を及ぼさないよう、風車の存在する領域のようにグランドクラッタが常習的に発生するメッシュをあらかじめ「クラッタマップ」として設定しておき、そこで発生するエコーを降水エコーと区別して、強制的に減衰させる処置を行っている。ただし、すべてのグランドクラッタを除去できるわけではない。また、実際の降水エコーと重なる場合等、減衰処置が困難な場合がある。

記録的短時間大雨情報を発表した事例

記録的短時間大雨情報を発表した事例について、シビアストーム監視班の対応を紹介する。

・2020年1月27日

宮崎県や大分県で、前線を伴った低気圧が接近した影響で、記録的短時間大雨情報を発表し、大分県では佐伯（佐伯市）で日最大1時間降水量が**通年の観測史上最大**となる**117.5mm**を観測するなど、季節外れの記録的な大雨となり、災害が発生した。

・2020年7月4日

熊本県では、九州北部に停滞する梅雨前線を低気圧が東進した影響で、7月4日未明から朝にかけて記録的な大雨となり、記録的短時間大雨情報を発表した。この大雨で大雨特別警報が発表され、球磨川の氾濫や災害が発生した。（令和2年7月豪雨・7月3日～31日）

26

・1月27日事例

大分県・宮崎県で記録的短時間大雨情報を発表した。

前線を伴った低気圧の接近に伴い、大分県佐伯市や津久見市等で大雨となった。アメダス佐伯、および蒲江（ともに佐伯市）で日降水量200mmを超える雨（佐伯：217.5mm、蒲江：239.0mm）となり、佐伯では19時30分までの1時間降水量117.5mmを観測し、通年の観測史上1位の値を更新した。

佐伯市には18時39分に記録的短時間大雨情報 第1号を発表し、19時57分までに計6回発表した。

・7月4日事例

7月4日未明から朝にかけて、熊本県の南部を中心に局地的に猛烈な雨や非常に激しい雨が降り、芦北町付近では3時20分に約110ミリの猛烈な雨を解析し、記録的短時間大雨情報 第1号を発表した。その後も9時にかけて、天草市、芦北町、津奈木町、人吉市、あさぎり町、球磨村、八代市付近で1時間に約110mm以上の猛烈な雨を解析し、合計6回記録的短時間大雨情報を発表した。また、4日4時50分に天草・芦北地方、球磨地方、宇城八代に大雨特別警報を発表した。この大雨特別警報は4日11時50分にすべて警報に切り替えた。

この大雨で以下の地点が観測史上1位の値を更新した。

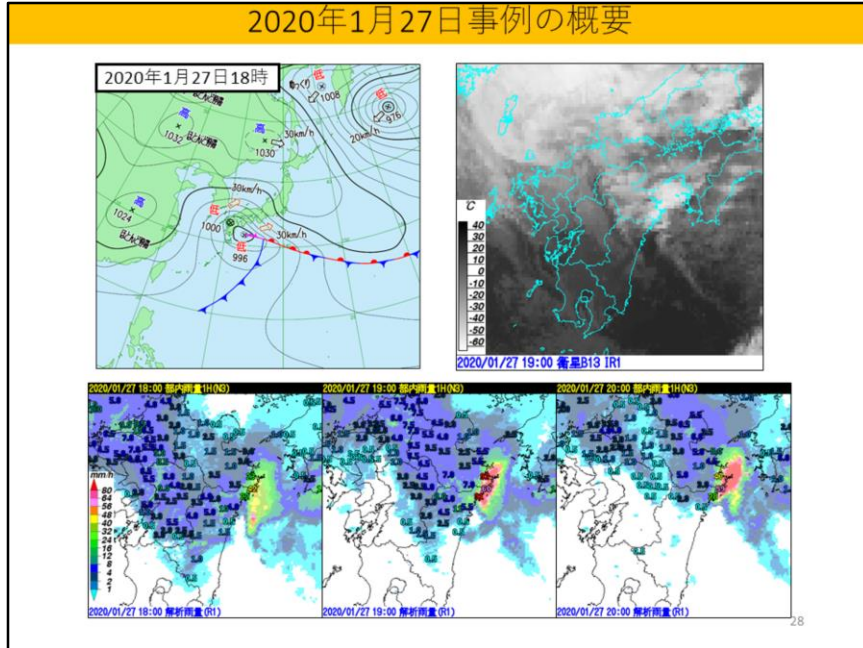
- ・ 1時間降水量：牛深（天草市） 98.0mm、一勝地（球磨村） 83.5mm
- ・ 3時間降水量：牛深（天草市） 205.5mm、田浦（芦北町） 190.5mm、山江（山江村） 186.0mm、湯前横谷（湯前町） 165.5mm、一勝地（球磨村） 158.5mm、上（あさぎり町） 150.0mm、多良木（多良木町） 139.5mm
- ・ 6時間降水量：田浦（芦北町） 325.5mm、牛深（天草市） 316.0mm、山江（山江村） 313.5mm、水俣（水俣市） 282.0mm、一勝地（球磨村） 267.5mm、湯前横谷（湯前町） 267.5mm、多良木（多良木町） 234.0mm、上（あさぎり町） 233.0mm、人吉（人吉市） 184.0mm
- ・ 12時間降水量：水俣（水俣市） 415.0mm、湯前横谷（湯前町） 411.5mm、山江（山江村） 406.5mm、一勝地（球磨村） 396.5mm、上（あさぎり町） 389.0mm、田浦（芦北町） 386.5mm、牛深（天草市） 385.0mm、多良木（多良木町） 344.5mm、人吉（人吉市） 340.5mm
- ・ 24時間降水量：湯前横谷（湯前町） 489.5mm、水俣（水俣市） 474.5mm、上（あさぎり町） 463.5mm、山江（山江村） 453.0mm、牛深（天草市） 428.0mm、多良木（多良木町） 412.0mm、人吉（人吉市） 410.5mm
- ・ 48時間降水量：多良木（多良木町） 418.5mm

2020年1月27日

～大分県佐伯市・宮崎県延岡市～

- 2020年1月27日事例の概要
- 記録的短時間大雨情報発表状況～2020年1月27日～
- 解析雨量・アメダスの観測実況と極値順位の更新
- 1月27日14時シビアストーム情報より
- 最新予測資料と実況の確認
- 1月27日記録的短時間大雨情報発表まで
- 動的運用基準による再発表
- 現象の最盛期

2020年1月27日事例の概要



27日09時、鹿児島県の西海上に前線を伴った低気圧があって北東に進み、18時（スライド左上）には九州北部地方に達した。また、12時には種子島の東で前線が閉塞し、15時には閉塞点上に新たな低気圧が発生して東北東に進み18時には四国沖に達した。一方、沿海州に中心を持つ高気圧が本州の東に張り出し、九州北部地方では、低気圧に向かって高気圧の縁を回る暖かく湿った空気が南東から流れ込んでいた。また、27日09時の500hPa面高度解析によれば、東シナ海の上空5580mから5640m付近には -18°C 以下の寒気を伴うトラフがあって東北東に進み、27日21時には九州上空に達して、福岡で -17.9°C 、鹿児島で -18.2°C と、九州の上空500hPa面で -18°C 前後の寒気が流れ込んで大気の状態が非常に不安定となっていた。

レーダー観測では、豊後水道で発生した強いエコーが次第に南北にのびる帯状を呈しながら北上し、大分県南部から宮崎県北部平野部の沿岸にかかり、27日19時までの1時間で大分県のアメダス佐伯で92mm、宮崎県のアメダス古江で91mmを観測し、解析雨量では100mmを超える猛烈な雨を解析した。

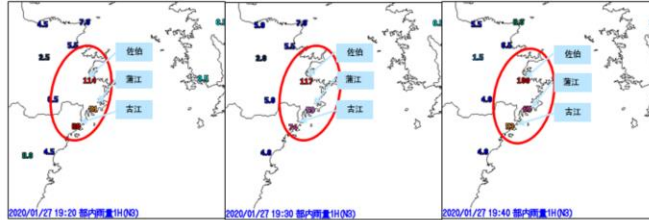
同日の記録的短時間大雨情報の発表状況を次スライドに示す。

記録の短時間大雨情報発表状況～2020年1月27日～

1次細分区	情報通番	観測時刻	観測点・市町村等	降水量
大分県	第1号	18時30分	佐伯市蒲江付近	約110mm
	第2号	18時40分	佐伯市蒲江付近	120mm以上
	第3号	18時50分	佐伯市米水津付近	約120mm
	第4号	19時00分	佐伯市米水津付近	120mm以上
			佐伯市鶴見付近 佐伯市佐伯付近	
	第5号	19時30分	佐伯市上浦付近	約120mm
第6号	19時50分	佐伯市蒲江付近	約110mm	
宮崎県	第1号	19時10分	延岡市付近	約120mm

解析雨量・アメダスの観測実況と極値順位の更新

赤丸で囲った、大分県の佐伯市や宮崎県の延岡市を中心に猛烈な雨を解析・観測している。
アメダス佐伯では19時30分までの1時間に117.5mmの降水量を観測した。



アメダス(地点名)/時刻	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
佐伯	10	15	20	25	30	33.0	92.0	117.5	47.0	1.0	0.0
蒲江	10	15	30.5	43.0	42.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	0.0
古江	10	10	10	10	10	10	90.5	10	0.5	0.0	0.0

解析雨量(市名)/時刻	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00
佐伯市	10	15	43	45	44	96	130	136	136	43	1
延岡市	10	7	10	34	1	10	50	30	43	4	1

解析雨量(市名)	0.0	0.5-2.5	3.0-5.0	5.0-9.5	10.0-19.5	20.0-29.5	30.0-49.5	50.0-79.5	80.0以上
----------	-----	---------	---------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------	--------

下記のアメダス観測所で1月の極値順位を更新した。

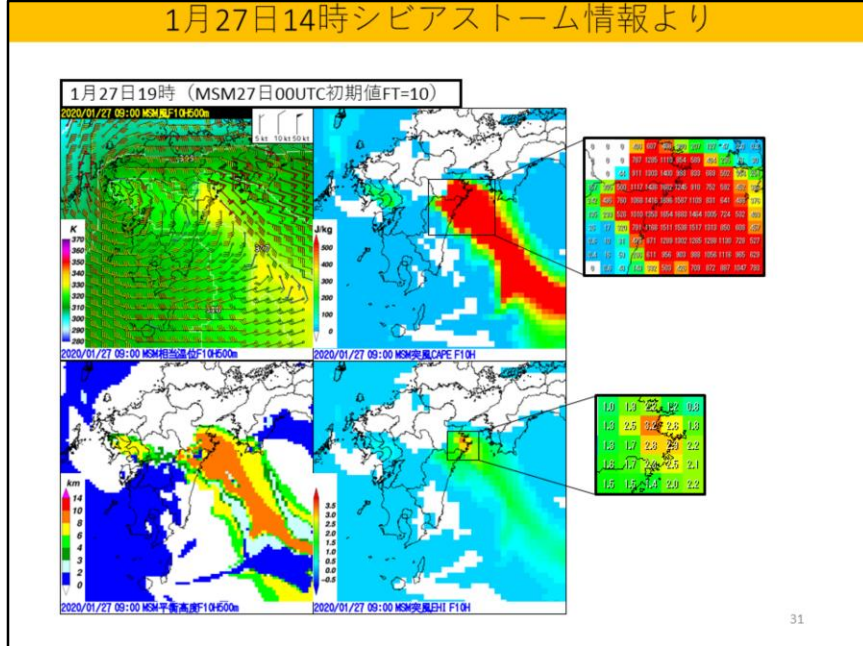
- ・最大10分間降水量：大分県佐伯 34.0mm (1位) (←佐伯における**通年の1位**)
- ・最大1時間降水量：大分県佐伯 117.5mm (1位) (←佐伯における**通年の1位**)
- ・日降水量：大分県佐伯 217.5mm (7位)、大分県蒲江 239.0mm (4位)、宮崎県古江 211.0mm (8位)

30

大分県の佐伯市や宮崎県の延岡市を中心に猛烈な雨を解析・観測している。
アメダス佐伯で19時30分まで1時間に117.5mmの降水量を観測した。
下記のアメダス観測所で1月の極値順位を更新した。

- ・最大10分間降水量：大分県佐伯 34.0mm (1位) (←佐伯における**通年の1位**)
- ・最大1時間降水量：大分県佐伯 117.5mm (1位) (←佐伯における**通年の1位**)
- ・日降水量：大分県佐伯 217.5mm (7位)、大分県蒲江 239.0mm (4位)、宮崎県古江 211.0mm (8位)

1月27日14時シビアストーム情報より

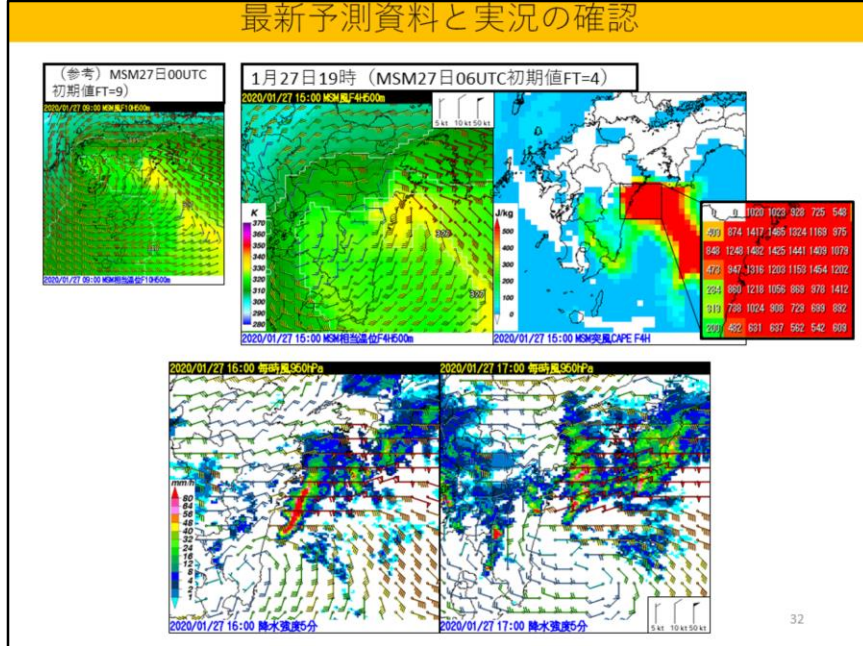


2020年1月27日14時の「シビアストーム情報」のコメントを参考に、本事例の着目点について示す。

左上に500m高度面の相当温位（単位：K）および風向・風速（単位：kt）を示す。長崎県付近にみられる明瞭な低気圧性の循環に向かって、南東から相当温位318K以上の暖湿気が流入する予想となっている。

特に、大分県・宮崎県の県境付近から四国沖にかけてのびる南西風と南東風のシアライン付近では相当温位327K以上の高暖湿気の流入が予想されている。シアライン北側の南東風は50kt以上で、水蒸気フラックス（図略）は350g/m²/s以上となっている。このシアラインの北縁は本事例で記録的短時間大雨情報が発表された大分県佐伯市と宮崎県延岡市の付近に該当し、高暖湿気流入の影響で両市付近ではCAPE（対流有効位置エネルギー）（中上、および右上に黒枠内の拡大）が1500J/kg以上と寒候期としては非常に大きな値が予測され、EL（平衡高度）（左下）は8km～9kmと大気の非常に不安定な状態が予想されていた。また、スーパーセルや竜巻の発生しやすさを示すEHI（エネルギーヘリシティインデックス）（中下、および右下に黒枠内の拡大）は2.0～3.2と、スーパーセル発達の可能性を示唆するレベルとなっていた。

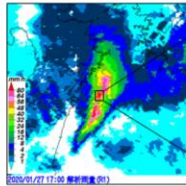
最新予測資料と実況の確認



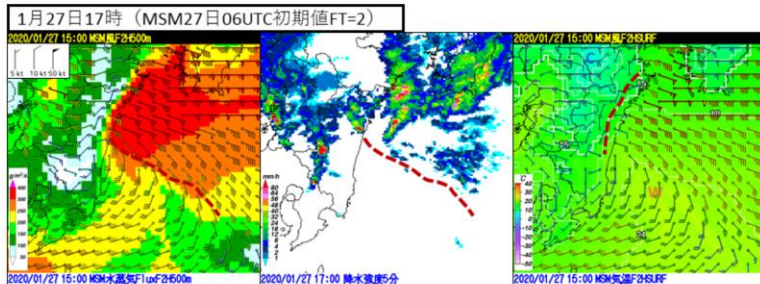
27日06UTC初期値の資料では、00UTCで長崎県付近に予想されていた低気圧性の循環が多少東に予想されているが、太平洋側にのびるシアーラインには大きな変動は見られず、500m高度面でシアーライン先端付近のELは9km以上、CAPEは1400J/kg前後と、00UTCと比べても初期値変わりが小さく、概ね安定している。

実況では、すでに16時に豊後水道で線状となった強い降水エコー強度が観測されている。毎時大気解析による950hPa（約500m高度に相当する）風向・風速と併せて見ると、宮崎県の沿岸付近から南東にのびたシアーラインの北側で東よりの風が50kt以上と強まり、重点的に監視を行なうポイントと言える。

1月27日記録的短時間大雨情報発表まで



解析雨量では、豊後水道で17時までの1時間に90mmの猛烈な雨を解析。



33

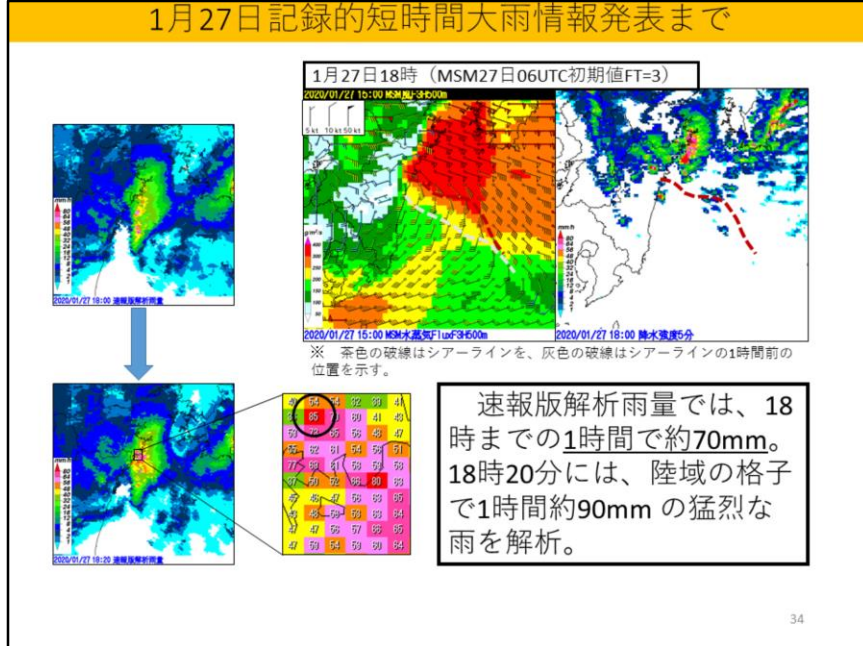
本事例により、顕著現象の発現から記録的短時間大雨情報の発表にいたる過程を説明する。

前スライドのとおり、豊後水道では27日17時までに線状に強化された降水エコーが観測されており、解析雨量では17時までの1時間に90mmの猛烈な雨を解析している。

MSMで同時刻の500m高度面の風向・風速を確認すると、宮崎県の沿岸付近から東南東にのびたシアーラインの北側で風速が50kt以上に強まり、大分県から宮崎県にかけての沿岸付近では水蒸気フラックスが $350\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ と大きな値を示している。海上の強雨エコーはシアーラインの北側の水蒸気フラックスが $300\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ （左図の赤の領域）に対応している。また、沿岸付近では温度傾度を伴う別のシアーラインもみられる等、大雨の発生に寄与する可能性のある要素が複数見られることがわかる。

これらのことから、大分県や宮崎県に記録的短時間大雨情報の発表の可能性が高まっていることを認識することができる。

1月27日記録的短時間大雨情報発表まで



MSM27日06UTC初期値による18時予想図では、四国沖にのびるシアアラインが若干北上し、その北側の風向が南風の成分を帯びてきている。線状を呈していた強雨エコーは塊状に変化しつつ北上し、沿岸にかかっている。

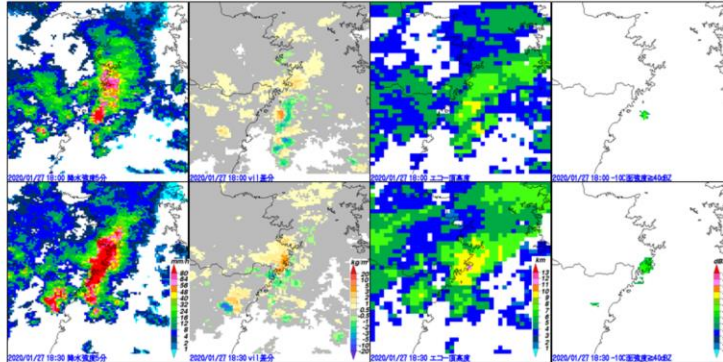
27日18時27日18時の速報版解析雨量*では、豊後水道で1時間に約70mmの非常に激しい雨が解析されている。20分には陸域にも1時間で約90mmの猛烈な雨が解析されている。

* 解析雨量には、レーダーによる観測をアメダスや他機関の雨量計による観測で補正して、正確な雨量分布を30分ごとに作成する「解析雨量」と、10分前のレーダーと雨量計の関係をその時刻のレーダーと組み合わせることで10分ごとに雨量分布を提供する「速報版解析雨量」がある。いずれも記録的短時間大雨情報の発表に利用されている。

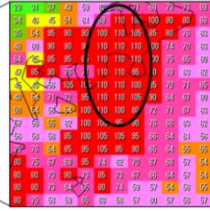
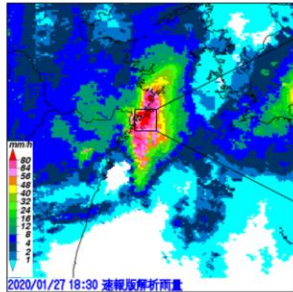
沖縄Q.3 2020年1月27日、2020年7月4日の事例について「シビアストーム情報」のコメントと着目点から各指数及び予報資料から大雨のポテンシャルがかなり高まっていると考えましたが、さらに実況監視をする中で現象が発現してピークに向かっていく際に注視していたポイントなどがありましたらご教示ください。

A. 強雨が発現するエリアを把握するために、降水エコー強度の広がりや移動状況を監視しています。また、鉛直積算雨量の差分やエコー頂高度の変化、 -10°C 面強度、GNSS可降水量等から降水の強まりを監視し、記録的大雨の発現に備えています。

・2020年1月27日の事例では、降水エコーが1時間換算で80mm以上に発達して大分県の沿岸付近にかかり、エコー頂高度が11kmに達し、鉛直積算雨量(vil)の大幅な増加や -10°C 面での強い反射強度が見られることから、記録的短時間大雨が発現する可能性が高まっていると判断される。



1月27日記録的短時間大雨情報発表まで



速報版解析雨量により大分県佐伯市付近で、18時30分までの1時間で**110mm**の猛烈な雨が解析。記録的短時間大雨情報の発表基準に達した！

記録的短時間大雨情報の発表前に確認すること

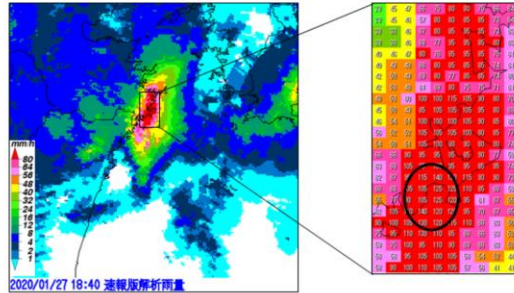
- ① (解析雨量の場合) 非降水(過大)エコーや誤観測に伴うものでないこと。
- ② 大雨警報の発表状況。該当する市町村に大雨警報が発表されていない場合は、予報現業班長を通じ、該当する地方気象台を管轄する予報中樞官署に発表検討を依頼する。

36

27日18時30分の速報版解析雨量では、大分県佐伯市付近で1時間に110mmの猛烈な雨が解析され、大分県の記録的短時間大雨情報発表基準(110mm/h)に達した。

本事例については、スライド右図に示した大雨警報等の発表状況のとおり、基準到達を確認した時点で該当する佐伯市にはすでに大雨警報が発表されていること、また、ひょうによる過大なエコーとは見られないことから、記録的短時間大雨情報を発表した。

記録的短時間大雨情報の再発表



速報版解析雨量により大分県佐伯市付近で、18時40分までの1時間で**140mm**の猛烈な雨を解析。

同一地域に対する記録的短時間大雨情報の再発表

次に掲げる条件①、②をいずれも満たした場合、同一地域、かつ、前回発表から1時間以内であっても記録的短時間大雨情報を再発表する。

- ① 先に発表した降水量より**20mm以上多い降水量を観測または解析した場合。**
- ② 先に発表した記録的短時間大雨情報より**降水量が増加していることが表現できる場合。**

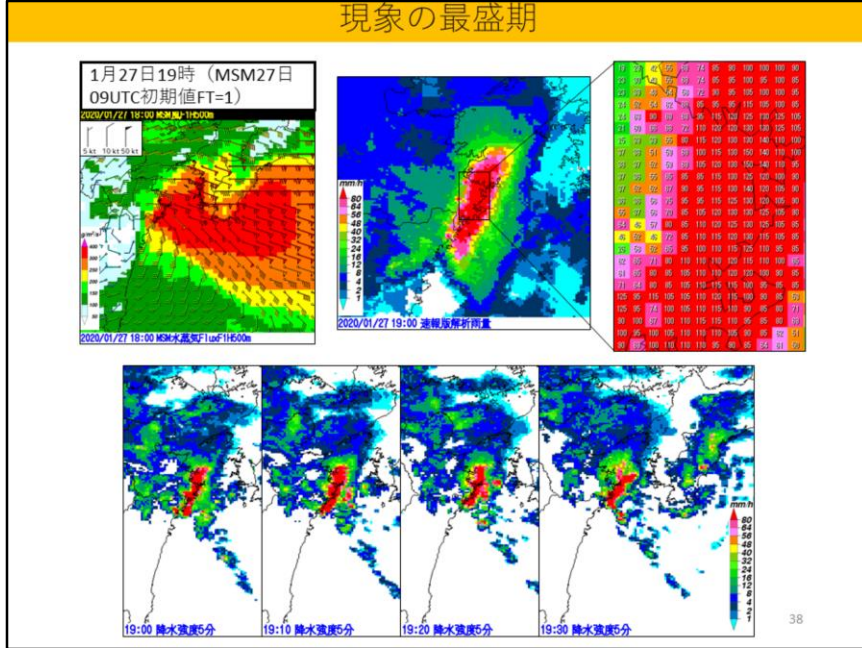
37

佐伯市に記録的短時間大雨情報を発表した10分後の18時40分の速報版解析雨量で、同じ佐伯市で1時間に140mmの猛烈な雨が解析された。

通常は、一度記録的短時間大雨情報を発表した地域には、再び発表基準に達しても1時間以内であれば再発表を行わないが、以下の条件をいずれも満たした場合は、再発表を行うこととなる。①先に発表した降水量より**20mm以上多い降水量を観測または解析した場合。**②先に発表した記録的短時間大雨情報より**降水量が増加していることが表現できる場合。**

佐伯市では、①、②の条件をいずれも満たしており、記録的短時間大雨情報を再発表した。

現象の最盛期



本事例の強雨最盛期にあたる、27日19時の状況を本スライドに示す。

MSM（27日18UTC初期値FT=1）で19時の状況を確認すると（スライド左上）、シアーラインは18時の位置からさらに北上し、西端はおおむね大分県と宮崎県の県境付近に達している。

シアーライン北側の風速は強まり（50kt以上の領域が拡大）、水蒸気フラックス $300\text{g/m}^2/\text{s}$ 以上の赤い領域が拡大している。

19時の速報版解析雨量（スライド中上、右上に強雨域の拡大）では、佐伯市の沿岸付近を中心に1時間100mmを超える解析値が広範囲に分布していることがわかる。

スライド下にレーダー観測による降水エコー強度を10分ごとに示す。強雨域は佐伯市の沿岸付近にほとんど停滞しているように見えるが、動画で確認すると、豊後水道の奥に向かってゆっくり北上しており、佐伯市より北の陸域にはかからなかった。

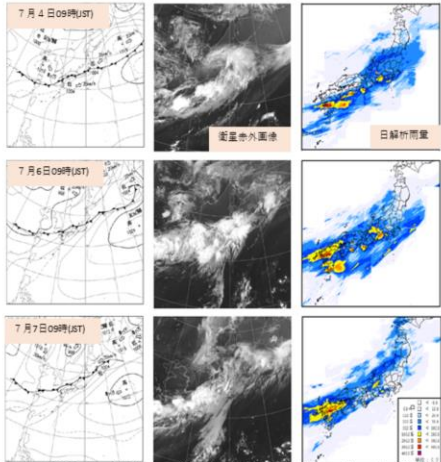
2020年7月4日

～熊本県芦北町・八代市・球磨村・天草市・
津奈木町・人吉市・あさぎり町～

- 令和2年7月豪雨について
- 2020年7月4日事例の概要
- 記録的短時間大雨情報発表状況～2020年7月4日～
- 2020年7月3日～4日解析雨量で1時間に50mmを超えた地域とアメダス雨量
- 7月4日02時シビアストーム情報より
- 最新予測資料と実況の確認
- 7月4日記録的短時間大雨情報発表まで
- 現象の最盛期
- 7月4日04時から06時の状況
- 7月4日06時の記録的短時間大雨情報
- 7月4日08時30分の記録的短時間大雨情報

令和2年7月豪雨について

7月3日から8日にかけて、梅雨前線が華中から九州付近を通過して東日本にのびてほとんど停滞した。前線の活動が非常に活発で、西日本や東日本で大雨となり、特に九州では4日から7日は記録的な大雨となった。また、岐阜県周辺では6日から激しい雨が断続的に降り、7日から8日にかけて記録的な大雨となった。熊本県、鹿児島県、福岡県、佐賀県、長崎県、岐阜県、長野県の7県に大雨特別警報を発表した。右下の表 被災一覧からもわかるように熊本県で豪雨による被害が集中した。

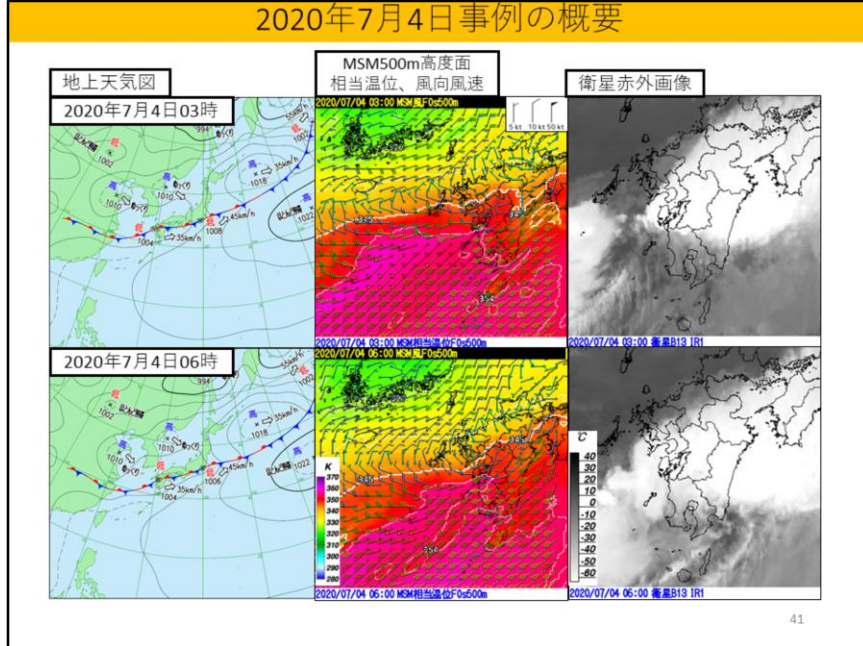


被災一覧 (7月)	死亡	行方不明	建物全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水
熊本県	60	2	1491	3096	1927	346	564
九州地方	77	2	1608	4254	3341	1232	3487
全国	84	2	1622	4415	3588	1491	5210



気象庁「令和2年7月豪雨 令和2年(2020年)7月3日～7月31日 (速報)」
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/jyun_sokuji20200703-0731.pdf を加工して作成

2020年7月4日事例の概要

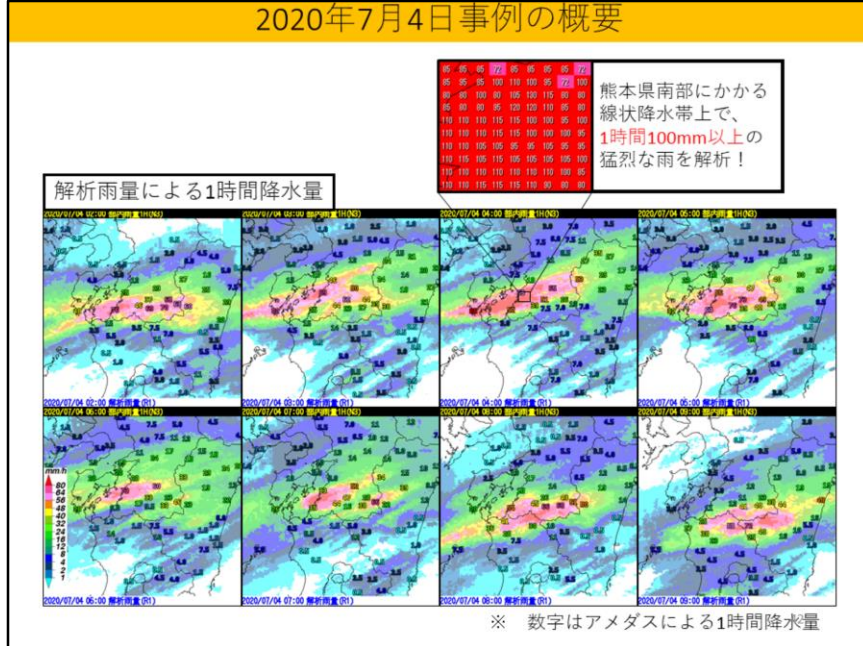


梅雨前線が、華中から東シナ海、西日本と東日本の太平洋側を通して日本の東にのびていた。7月4日03時（スライド左上）には、前線上の長崎県の西海上に低気圧があって東北東に進み、06時（スライド左下）には九州北部地方に達した。この低気圧や前線に向かい太平洋高気圧の縁を回ってMSM500m高度面（スライド中上・下）で相当温位345K以上の高暖湿気が流れ込んでいた。

一方、3日21時の500hPa面高度解析によれば、東シナ海上空の5760m～5820m付近には-6°C以下の寒気を伴うトラフがあって東に進んでおり、3日18UTCにはトラフは九州の西に達し、九州北部地方の上空500hPa面で-5°C前後の寒気が流れ込んでいた。

九州北部地方では、下層の暖湿気と上空の寒気の影響で大気の状態が非常に不安定となっており、ひまわり8号の赤外画像（スライド右上・下）では、低気圧付近から前線帯に沿った東側にテーパリング状を呈した輝度の高い雲域（発達した積乱雲群を含むと見られる）が形成されていることがわかる。

2020年7月4日事例の概要

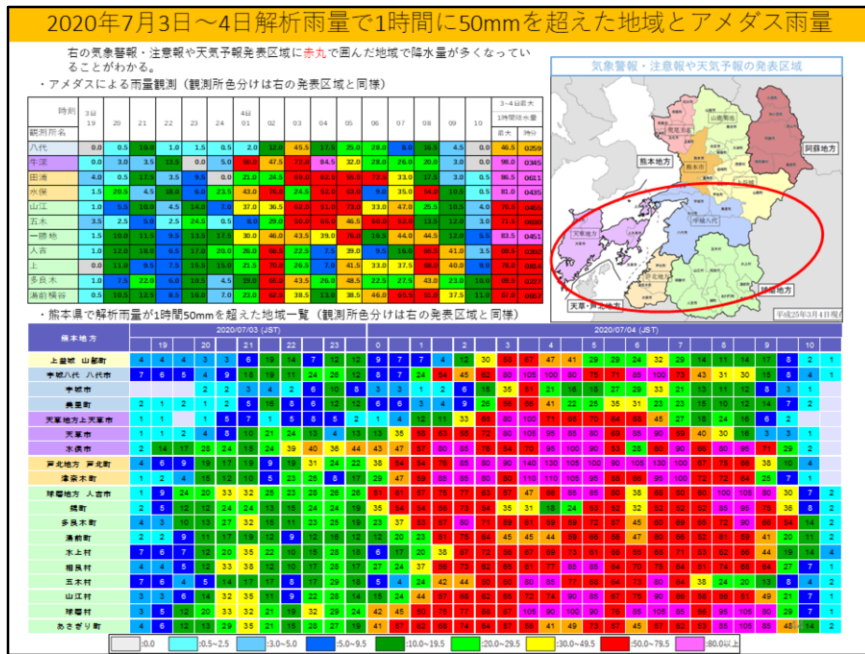


スライドに解析雨量による1時間降水量（以下、R1）を、7月4日02時から1時間ごとに示す。02時にはすでに九州の西海上から熊本県、宮崎県にかけて東西にのびる降水域が形成されている。強い降水域はゆっくりと南下していくが、移動速度は遅く、4日08時までは熊本県の南部にかかり続けた。このため、アメダスでは4日01時から09時まで1時間50mm～70mmの非常に激しい雨を観測したほか、レーダー観測による解析雨量で熊本県南部の球磨地方や天草・芦北地方で1時間に100mmを超える猛烈な雨を解析した。

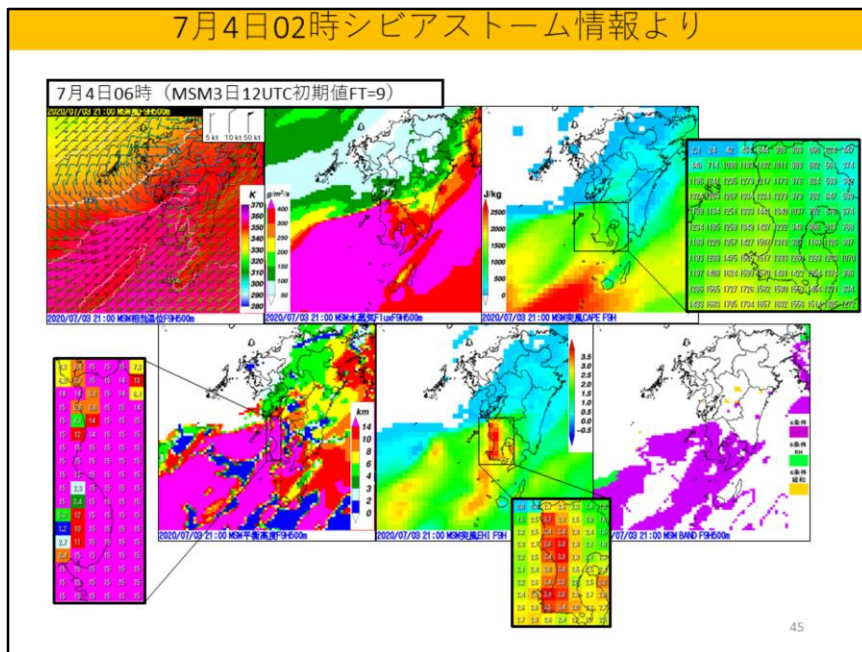
同日の記録的短時間大雨情報の発表状況を次スライドに示す。

記録の短時間大雨情報発表状況～2020年7月4日～

1次細分区	情報通番	観測時刻	観測点・市町村等	降水量
熊本県	第1号	03時20分	芦北町付近	約110mm
	第2号	03時30分	八代市付近	約120mm
			八代市坂本町付近 球磨村付近	約110mm
	第3号	03時30分	芦北町付近	120mm以上
			天草市御所浦付近 津奈木町付近	約110mm
	第4号	06時00分	芦北町付近	約110mm
	第5号	06時30分	芦北町付近	120mm以上
			球磨村付近	約110mm
	第6号	08時30分	人吉市付近	約110mm
			球磨村付近 あさぎり町付近	



警報・注意報や天気予報発表区域に赤丸で囲んだ球磨地方や天草・芦北地方、八代市で猛烈な雨を解析し、雨量計でもアメダス牛深・田浦・水俣・山江・五木・一勝地・人吉・上・多良木・湯前横谷で1時間で50mm以上、天草地方の牛深では84.5mmを観測している。今回の大雨で極値の更新はなかったが、熊本県南部の球磨地方や天草・芦北地方で降水量が多くなっていることがわかる。



2020年7月4日02時の「シビアストーム情報」のコメントを参考に、本事例の着目点について示す。

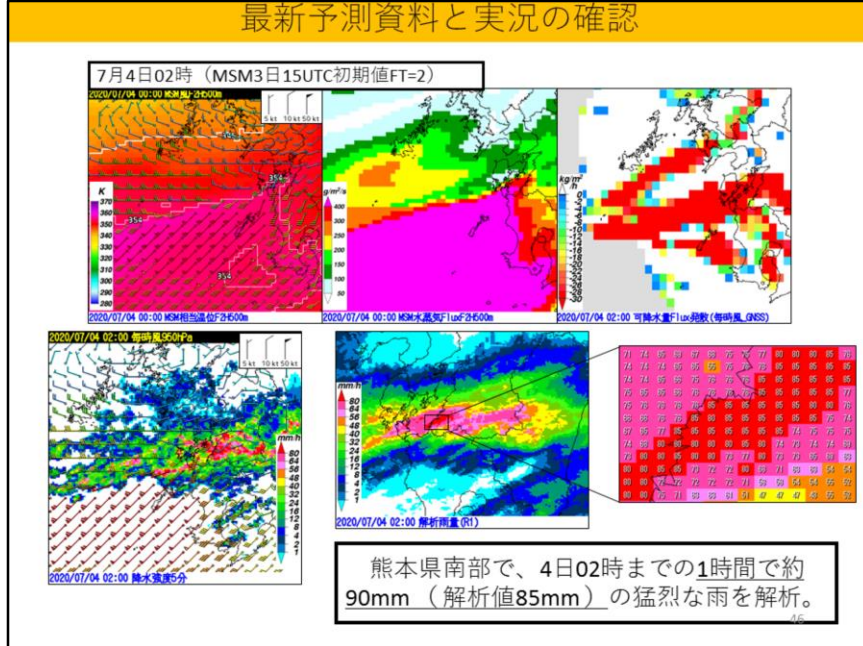
スライドに3日12UTC初期値のFT=09（4日06時）のMSM予測資料を掲載した。

左上に500m高度面の相当温位、および風向・風速（単位：kt）を示す。

熊本県付近から九州西海上に、梅雨前線帯に対応した北西風と南西風の明瞭なシアラインがのび、シアラインの南側に当たる熊本県南部から鹿児島県には相当温位354K以上の高暖湿気が流入する予想となっている。

また、南西風は50kt以上と強く、水蒸気フラックス（図略）は500g/m²/s以上となっている。このため、主として鹿児島県の西部沿岸部を中心にCAPE（中上、右上に図中黒枠内の拡大）が1500J/kg以上、EL（左下、図の左に図中黒枠内の拡大）は15kmと大気の非常に不安定な状態となり、EHI（中下、図の下に図中黒枠内の拡大）は最大3.9と、顕著な竜巻が発生する可能性が高いとされるレベルに近い値が予想されていた。また、過去の大雨事例の解析から線状降水帯の発生に強く寄与すると考えられる6条件が鹿児島県を中心に該当することから、シビアストーム情報においては、竜巻などの激しい突風とともに短時間の猛烈な雨（1時間に80mm以上）や非常に激しい雨（1時間に50mm以上）について警戒を呼び掛けている。

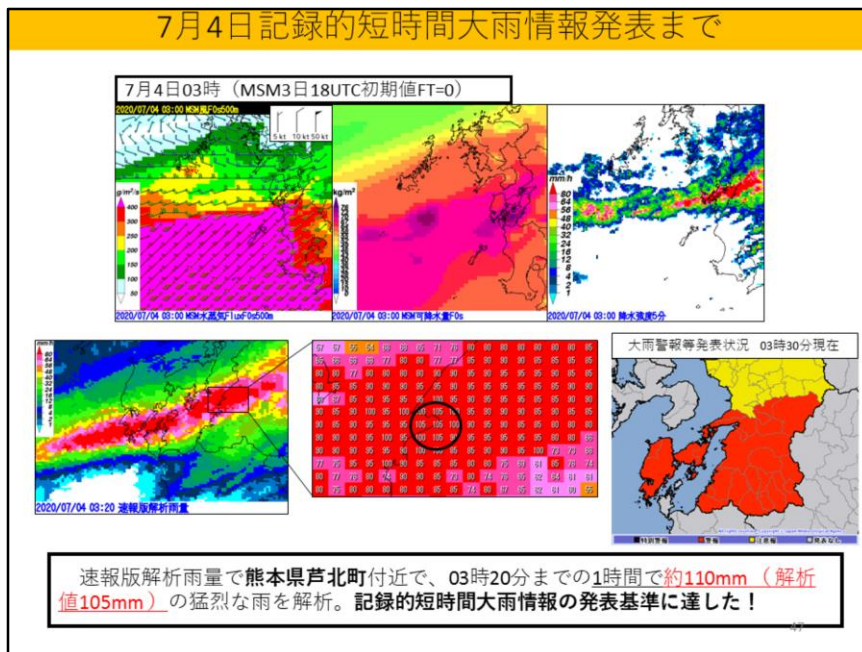
最新予測資料と実況の確認



MSM3日15UTC初期値のFT=2 (4日02時) の資料を確認すると、熊本県の沿岸から九州の西海上に、東西にのびる明瞭なシアーラインが確認でき、シアーラインに向かって500m高度面の相当温位で354K以上の暖湿気が流入している。

シアーラインの南側で風速が強く、500m高度面では広範囲に50ktに達し、水蒸気フラックスは $400\text{g/m}^2/\text{s}$ を優に超えている。また、可降水量フラックス発散に示されているとおり、シアーライン付近では強い収束が計算されており、降水エコー強度が強く観測される領域はこのシアーラインのほぼ直上に連なっているため、いわゆる線状降水帯が形成されていると考えられる。

この降水帯は4日02時には熊本県南部から宮崎県にかけており、特に海上からの暖湿気が直接吹き込んでいる熊本県南部の沿岸では、02時までの1時間で約90mmの猛烈な雨を解析している。



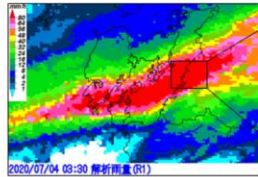
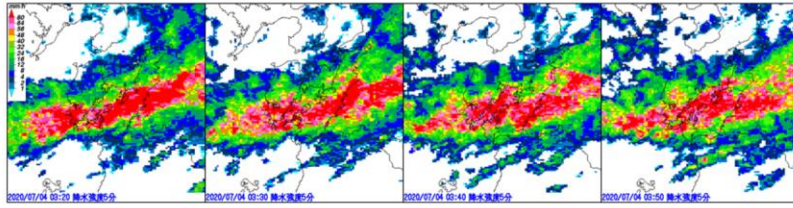
03時の状況も、前スライドに示した1時間前と大きな変化はなく、熊本県南部の沿岸にはシアーラインに沿って発達した積乱雲が次々かかる状況が続いている。

あらためて、MSM可降水量（3日18UTC初期値FT=0）を見ると、シアーラインに沿って70kg/m²以上が予想されている。GNSS*で解析された可降水量も70kg/m²となっており、実況ですでに可降水量から想定されるR1を上回る降水量が解析されていることからシアーライン付近の収束が非常に強く、記録的な大雨の発生する可能性が高まっていたことが示唆される。

03時20分の速報版解析雨量で、まず熊本県芦北町付近で約110mmの猛烈な雨が解析され、記録的短時間大雨情報の基準（110mm）に達した。大雨警報発表中であることを確認し、情報を発表した。

※GNSS：グローバル・ナビゲーション・サテライトシステム（全球測位衛星システム）

現象の最盛期

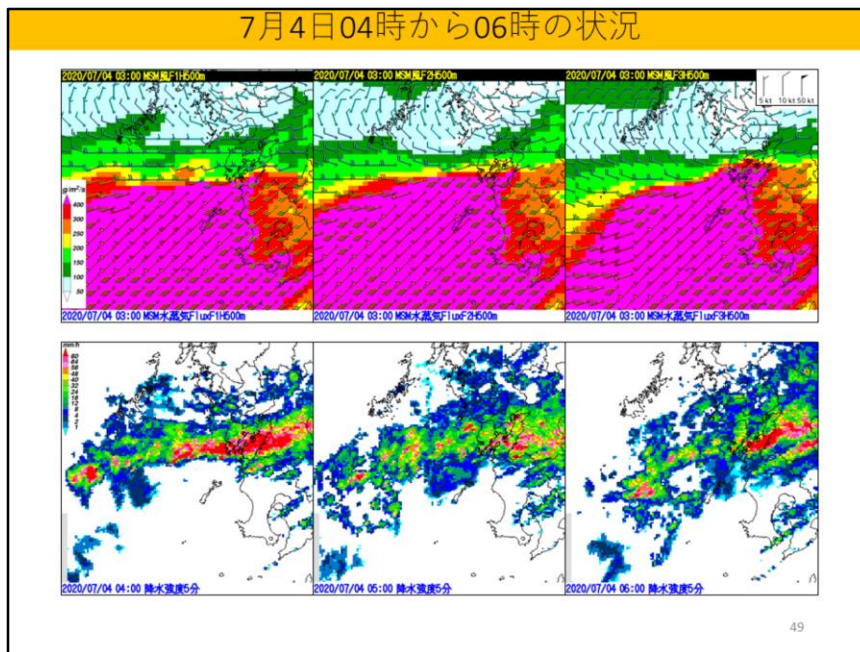


110	110	90	90	105	105	95	90	90	90			
77	85	100	105	105	105	90	120	95	95	95	95	
95	100	110	110	120	120	120	95	95	95	95	95	
95	100	110	110	120	120	120	100	95	95	95	115	
100	90	115	95	95	115	120	110	110	110	105	105	
95	90	90	95	95	100	90	110	110	110	110	110	
115	115	95	95	95	100	100	110	110	110	110	110	
115	115	105	105	105	110	110	110	110	110	110	95	
115	115	105	105	105	110	110	110	110	110	110	90	
100	100	100	100	110	110	110	120	110	110	100	90	
100	95	105	105	105	115	115	120	100	95	95	77	77
95	100	105	110	110	115	115	115	115	95	95	77	77
100	110	115	110	110	120	95	95	95	95	95	95	95
105	105	115	110	110	105	95	95	95	95	95	95	95
105	105	105	90	90	95	90	90	90	90	90	90	90

03時30分には、解析雨量により熊本県天草市、津奈木町付近等で、1時間で110mm以上の猛烈な雨を解析。芦北町では1時間に140mmを解析し、記録的短時間大雨情報を再発表した。

03時30分の速報版解析雨量により八代市で約120mm、球磨村で約110mmの猛烈な雨を解析し、記録的短時間大雨情報を発表した。

雨量計による補正を加えた同時刻の解析雨量では、最初に発表した芦北町付近で、前回発表の情報に記述した雨量より20mm以上多い1時間140mmの猛烈な雨が解析されたため、1時間110mmが解析された天草市・津奈木町とともに、同町に記録的短時間大雨情報を再発表した。

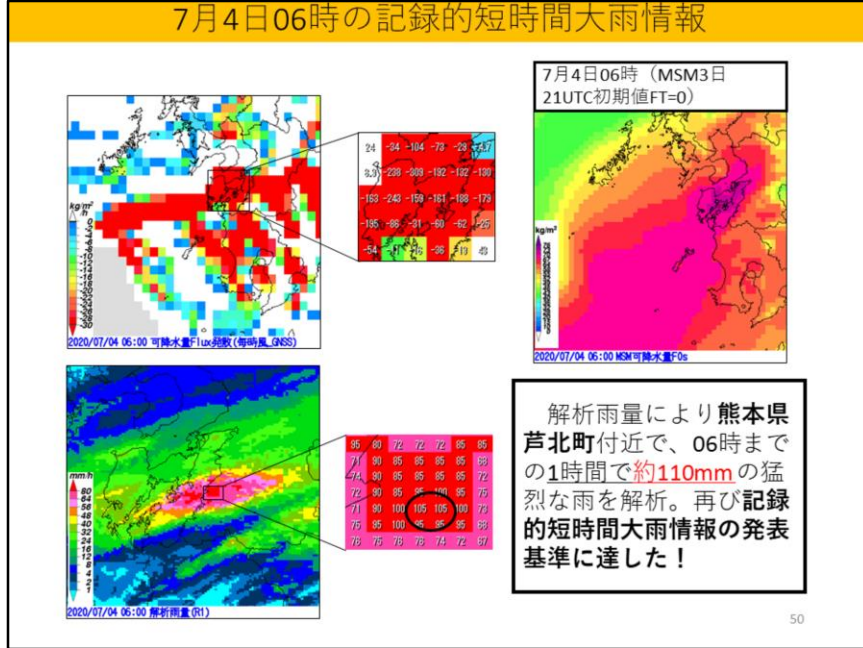


04時以降、シアーラインの北側の風向が北西から北よりに変化して、05時には降水エコー強度にはっきりした線状の構造は見られなくなった。

しかし、シアーラインの南側では、500m高度面で南西風が50ktと強い状態が継続し、水蒸気フラックスは400g/m²/s以上となっている。

06時には、九州の西で風向が反時計回りの低気圧循環を示すように変わり、東シナ海からの南西風が直接熊本県の沿岸に流れ込んで、再び降水エコー強度が強くなっている。

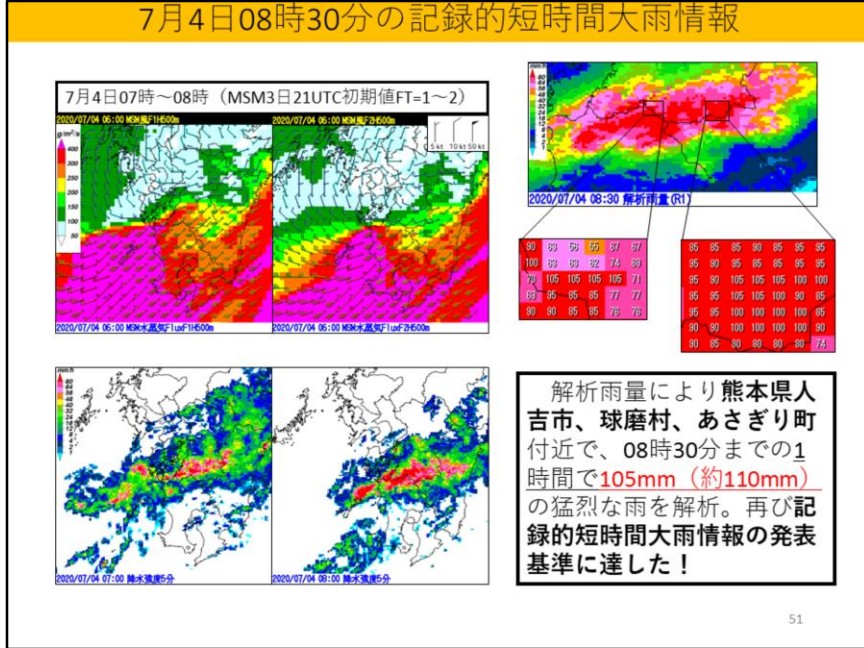
7月4日06時の記録的短時間大雨情報



06時には、熊本県の沿岸から九州の西海上にのびる収束域が見られるが、収束が最も強い領域は天草諸島付近で、MSM可降水量（3日21UTC初期値FT=0）でも、70kg/m²の領域が天草諸島から熊本県沿岸付近に線状に分布していることがわかる。

06時の解析雨量では、芦北町で再び約110mmの猛烈な雨が解析され、前回の発表から1時間以上経過していることから、再度同町に記録的短時間大雨情報を発表した。

7月4日08時30分の記録的短時間大雨情報



その後、シアーライン北側で北よりの風が強まり、海上の強雨域は消散に向かったが、陸域にかかる強雨域に対しては南西から暖湿気の流入が持続した。

08時には、解析雨量で100mmを超える領域は熊本県と鹿児島県の県境に沿う形で内陸に広がり、人吉市、球磨村、あさぎり町に記録的短時間大雨情報を発表した。

その後、前線上の低気圧の東進と前線の南下に合わせ、九州の強雨域も次第に南下し、熊本県付近の強雨は終息に向かった。

ま と め

- シビアストーム監視班（以下、シビア班）は数値予報資料等からあらかじめ顕著現象発生のパテンシャルを把握することにより、重点的に監視する地域を絞り込み、効率的な監視の実施に努めている。
- 記録的短時間大雨は、ごく小さなスケールで発生することも多く、予測や監視が困難な場合もあるが、「モデル予想が難しい現象」に関しては、地方官署と連携を強め、予報技術検討会や調査研究会等の地方で得られた知見の収集を積極的に実施し、日常の監視業務に取り入れて、業務改善につなげたい。

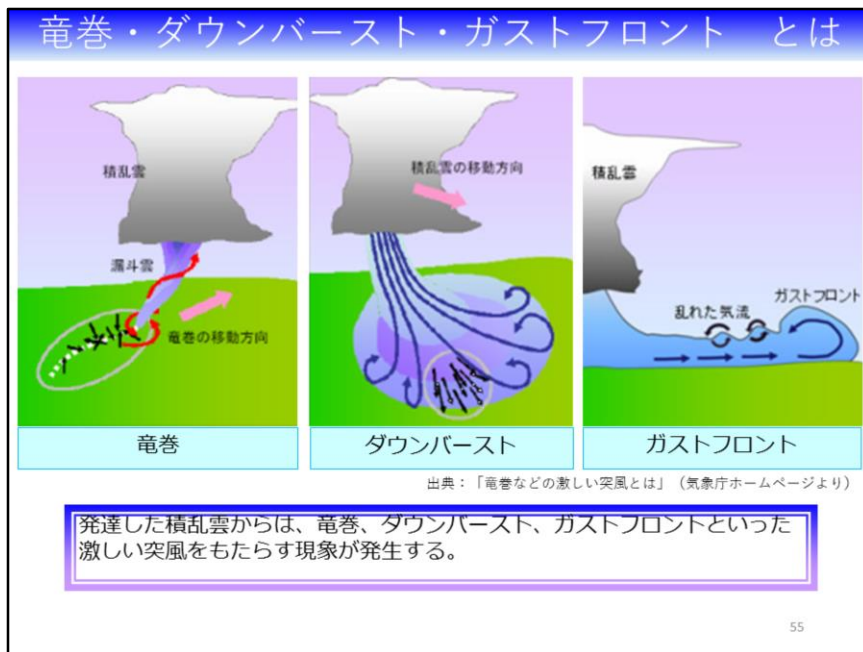
52

なお、

参 考 資 料

- ※ 気象庁ホームページ
記録的短時間大雨情報
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/kirokuame.html>
風力発電施設が気象観測レーダーに及ぼす影響
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/windturbine.html>
記録的短時間大雨情報の発表基準一覧表
http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/list_of_kirokuame_level.pdf
- ※ 「災害時気象資料 - 令和2年1月27日の大分県の大雨について -」 大分地方気象台
https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20200129_oita.pdf
- ※ 「総観気象学 基礎編／応用編」 北島 尚子、監修：気象庁

竜巻注意情報について



(1)竜巻

積雲または積乱雲に伴って発生する鉛直軸を持つ激しい渦巻きで、しばしば漏斗状・柱上の雲を伴います。漏斗状の雲は減圧により、気温が低下することで水蒸気が凝結したものである。

竜巻の被害域は、幅数十～数百メートルで、長さ数キロメートルの範囲に集中するが、数十キロメートルに達したこともある。

(2)ダウンバースト

積雲または積乱雲の下で発生し、地表付近に破壊的な風の吹き出しを起こすような下降流である。

ダウンバーストには降水を伴わない(伴ってもごく弱い)ドライダウンバーストと、降水を伴うウェットダウンバーストとがある。ドライダウンバーストでは下層が乾燥しており、急激な蒸発がおこり、強い下降気流を形成する。ウェットダウンバーストでは乾燥空気が大気中層に流入し、降水の蒸発が促され、下降流が強化される。ダウンバーストの被害域は、数百メートルから十キロメートル程度である。

(3)ガストフロント

積雲または積乱雲からの冷氣外出流の先端で環境場との境界であり、その付近で突風を伴うことがある。強雨を伴うことが多いが、降水域よりも10km以上先行することもある。

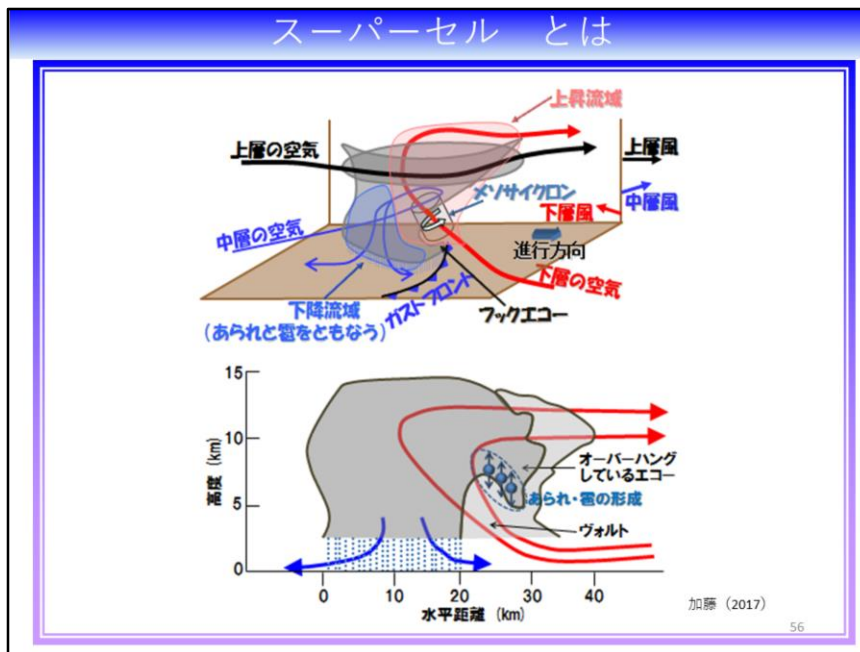
水平の広がりや竜巻やダウンバーストより大きく、数十キロメートル以上に達することもある。

これらの突風のうち、最も多く発生するのは竜巻であり、年間の発生数は、海上竜巻を除くと23件である（2007～2017年の平均）。

なお、塵旋風(日射の影響で発生する上昇流より発生する渦)・火災旋風(大規模な火災による過熱で発生する上昇流より発生する渦)・ガストネード(積乱雲域から先行したガストフロント上で発生する渦)、これらは竜巻ではない。

(気象庁ホームページ

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado1-1.html> より引用。)



大きな被害をもたらす強い竜巻の多くは、スーパーセルによるものと考えられている。スーパーセルの特徴は次の通りである。

まず、スーパーセルの定義は積乱雲内に、 $0.01(1/s)$ 以上のおおきな鉛直渦度を持つ直径2~10km程度のメソサイクロンが存在していること。

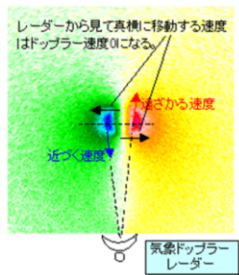
他にも次のような特徴があります。

- ・ 水平スケールは数十kmもあり、上層のかなとこ雲まで含めると100km超になることもある。
- ・ 寿命は2~4時間程度の通常の積乱雲の1時間程度と比べるとはるかに長くなる。
- ・ 上昇流域と下降流域が分離し、巨大な上昇流と下降流からなる循環が卓越する。
- ・ 上昇流が強い領域では大きな雨粒でも落下してくることができず、降水強度が非常に弱くなる。この領域をヴォルト(丸天井の意味)と呼ぶ。
- ・ ヴォルト上空ではオーバーハングしている領域が存在し、強い上昇流のために霰・雹が成長する。この領域のことをエンブリオカーテンと呼ぶ。
- ・ 上空ほど風が強く、時計回りに風向が変化しているときに発生しやすくなる。
- ・ ヴォルトが消え始め、下降流が強くなるとしばしばフックエコー付近に強い竜巻が発生する。

米国ではスーパーセルが観測された事例の20~30%の割合で竜巻が発生している。
(「加藤輝之, 2017: 図解説 中小規模気象学, 気象庁, 316pp.」より引用。)

なぜメソサイクロンを監視するのか

竜巻は直径が数十メートルから数百メートル程度の大変規模の小さな現象である。気象レーダーが実況観測に適しているとはいえ、気象レーダーの解像度では竜巻のような小さな現象をとらえることはできない。竜巻をもたらすことがあるスーパーセルの中には直径数キロメートルの大きさを持つ渦(メソサイクロン)が存在しており、このメソサイクロンを検出することで、「現在竜巻が発生している、または今すぐにでも発生しそう」という状況を確認できるので、気象ドップラーレーダー観測によるメソサイクロンの検出は、有効な予測手段の一つとなる。



ドップラーレーダーによりドップラー速度を解析したときに、左図のように寒色系(レーダーサイトから見て近づく速度)と暖色系(レーダーサイトから見て遠ざかる速度)が対になって見えるパターンの場合に、渦を検出できる。

57

(図は気象庁ホームページ

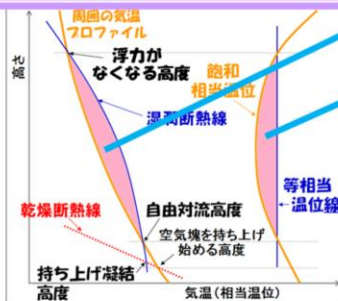
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado2-2.html> より引用)

突風関連指数～CAPE

CAPE(convective available potential energy:対流有効位置エネルギー)は潜在不安定度を示す指数である。下層から空気塊を持ち上げると持ち上げ凝結高度に達し、湿潤断熱現率で気温が下がる。するとやがて周囲の空気よりも気温が高くなる。ここが自由対流高度(LFC)である。ここから上層では浮力によりエネルギーを得ることとなる。空気塊が上昇を続けるとやがて周囲の空気よりも気温が低くなる。ここが平衡高度(EL)である。ここで浮力は無くなる。自由対流高度から平衡高度で得られる浮力によるエネルギーがCAPEである。

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T(Z) - \overline{T(Z)}}{\overline{T(Z)}} dz$$

ただし、 $T(Z)$:持ち上げた気塊の温度、 $\overline{T(Z)}$:周囲の空気の温度 で表される。



エマグラムで表したCAPE

温位エマグラムで表したCAPE

【不安程度を目安】

- 0以下：安定
- 0～1000：やや不安定
- 1000～2500：中程度に不安定
- 2500～3500：非常に不安定
- 3500以上：極端に不安定

58

積乱雲が発生するには大気の状態が不安定であることが必要である。この大気的不安定な程度(潜在不安定)を示す指数の一つに対流有効エネルギー(CAPE)がある。因みに、LFCが小さいほど対流活動が起こりやすくなる。一般的に平野部でLFCまでの距離(dLFC)が500m未満・山地沿いでLFCまでの距離が1km未満となると、対流活動が起こりやすくなる。

また、ELが高いほど上空まで対流雲が発達するようになる。ELが -10°C 面より低いと発雷は起こらないが、 -10°C 面以上となると発雷が起こるようになり、 -20°C 面に達すると活発な発雷が起こるようになる。

なお、CAPEは温位 θ を用いても同じ式にて算出することができる。

(「加藤輝之, 2017: 図解説 中小規模気象学, 気象庁, 316pp.」より引用)

突風関連指数～SReH

SReH (Storm Relative Helicity : ストームに相対的なヘリシティ)
 はある環境場中で積乱雲が発生した場合、流入・上昇する気塊が運び込む回転
 (渦) の大きさの目安となる指標。その積乱雲が鉛直軸周りに回転しやすいかを
 判定することができる。

$$\text{SReH} = \int_{0\text{km}}^{3\text{km}} (\vec{v} - \vec{c}) \cdot \vec{\omega} dz$$

で表される。

\vec{v} : 環境場の風ベクトル、 \vec{c} : ストーム(積乱雲)の移動ベクトル、

$\vec{\omega} = \vec{k} \times (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) / dz$: 鉛直シアーに伴う水平ベクトル、 \vec{k} : 鉛直単位ベクトル



59

ある環境場中で積乱雲が発生した場合、その積乱雲が(鉛直軸周りに)回転しやすいか
 (積乱雲に発達した場合にスーパーセルになりやすいかどうか)を判定する指標としてス
 トームに相対的なヘリシティ(SReH)がある。

(「加藤輝之, 2017: 図解説 中小規模気象学, 気象庁, 316pp.」より引用)

突風関連指数～EHI

EHI (Energy Helicity Index) はCAPEとSReHの値からスーパーセルの発生しやすさを表した指数。

$$EHI = \text{CAPE} \times \text{SReH} / 160000$$

で表される。

【スーパーセル発生の目安】

- 1.0～：スーパーセル発達の可能性有り。
- 2.0～：スーパーセル発達の非常に高い可能性有り
- >4.0：顕著な竜巻が発生する可能性が高い

60

突風関連指数は他にも、以下のようなものがある。

・SSI(シヨワルター安定指数)：500hPaにおける気温と、850hPaの空気塊を断熱的に「持ち上げ凝結高度」まで持ち上げ、そこから湿潤断熱的に500hPaまで持ち上げた時の空気塊の温度との差。

目安は、SSI>0：安定、0～-3：やや不安定（雷雨の可能性あり）、-3～-6：中程度に不安定（激しい雷雨の可能性あり）、-6～-9：非常に不安定、<-9：極度に不安定

・KI(ケーインデックス)： $KI = (T_{850} - T_{500}) + TD_{850} - (T_{700} - TD_{700})$
ただし、T850、TD850等はそれぞれ850hPaの気温、露点温度。

目安は、雷雨の可能性：15以下：なし、15-20：20%、21-25：20-40%、26-30：40-60%、31-35：60-80%、36-40：80-90%、40以上：ほぼ100%

・LI(持ち上げ指数)：500hPaの気温と、地上～500mで平均した空気塊を500hPaまで断熱的に持ち上げたときの空気塊の気温との差。

目安は、0より大：安定、0～-3：やや不安定、-3～-6：中程度に不安定、-6～-9：非常に不安定、-9未満：極端に不安定

・TT(トータルトータルズ)： $TT = (T_{850} - T_{500}) + (TD_{850} - T_{500})$ ただし、T850、TD850等はそれぞれ850hPaの気温、露点温度。

目安は、>44：孤立した弱い雷雨の可能性、>46：散発的で並の程度の雷雨の可能性、>48：散発的で並の程度の雷雨の可能性、>50：散発的で激しい雷雨の可能

性、> 52：広域で並程度の雷雨の可能性、> 60：広域で並程度の雷雨や散発的で激しい雷雨の可能性

・ CIN(対流抑制)：地上付近の空気塊を断熱的に持ち上げた時、LFCまで持ち上げるのに必要なエネルギー。

絶対値が小さいほど対流が発生しやすい。

・ SWEAT(シビアウエザー指数)： $SWEAT_index = 12.0 \times \max((T_d850 (^{\circ}C), 0.0) + 20.0 \times \max(TT - 49.0, 0.0) + 2.0 \times skt850 + skt500 + 125.0 \times shear$
ただし、skt850：850hPa風速(kt)、skt500：500hPa風速(kt)、shear = $(\sin(DIR_{500hPa} - DIR_{850hPa}) + 0.2)$ DIRは風向。

・ $\Delta\theta_e$ (相当温位の差)：相当温位の地上付近の最大値－相当温位の中層における最小値。ただし、相当温位の最大値は、最小値の高度よりも下層となるものを使用。

目安は、20K以上でダウンバースト発生(アラバマ州)、30K以上でダウンバースト発生(ケネディー宇宙センター)

・ DCAPE(ダウンドラフトケープ)：上空(落ち始める高度)で湿球温度の気温の飽和空気塊が、湿潤断熱的に地上まで下りた場合に得るエネルギー。

値が大きいほどダウンバーストが発生しやすい。

(気象庁ホームページ)

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/indices.pdf> より引用)

突風関連指数については測候時報(78.3.2011)を参照。

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/sokkou/78/vol78p057.pdf>

突風危険指数

説明変数	
型判別	mcjbck, vil, TVPEz, PTORS, LEL, DnstTR, DnstDB
TR型	iemx, hemx, k01r7, dbz2, svil, SSIm, TTIm, MLCAP3, BRNsh, VILen, WMAX, EHIfm
DB型	iemx, pzt10r, dbz5R, TTIm, UVmiD, LEL, SREIfm
ALL型	hemx, zmax, MLCAP3, Msh, TVPO, VILen, VORIfm, mcjbck

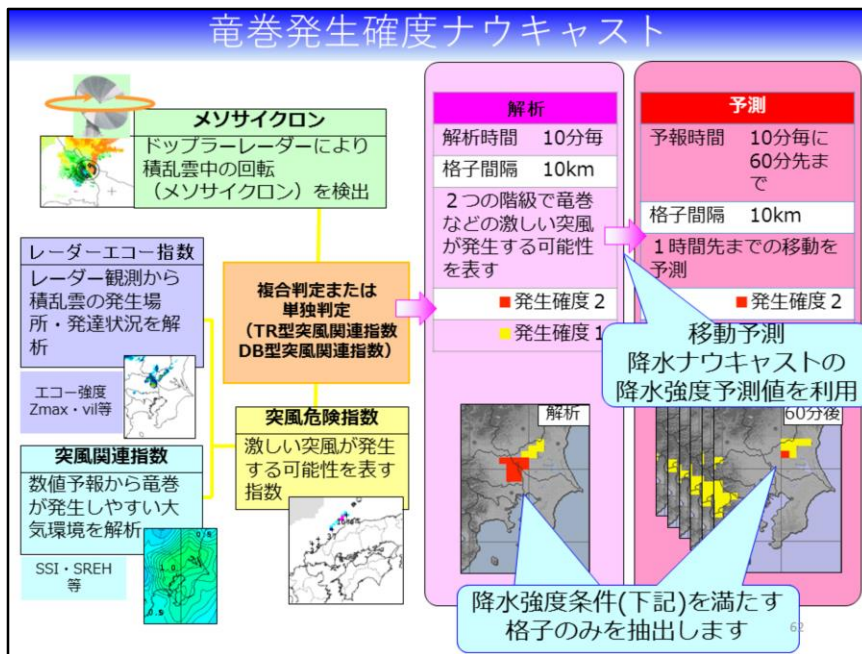
記号	説明変数名称 (レーダー)	記号	説明変数名称 (数値モデルMSM)
iemx	レーダー降水強度	SSIm	ショワルター安定指数
hemx	レーダーエコー頂高度	TTIm	トータル・トータルズ指数
zmax	レーダー最大反射強度	MLCAP3	地上から高度1000mの平均湿気度を持ち上げて計算したCAPE
vil	鉛直積算雨量	Msh	平均シア
svil	鉛直シアを考慮したvil	BRNsh	バルクリチャードソン数シア
dbz2	高度2km反射強度	UVmiD	バルクリチャードソン数シア
dbz5R	高度5km反射強度	TVPEz	竜巻風速パラメータ(エネルギー係数)
k01r7	周辺内1mmh ⁴ 以上の個数	PTORS	竜巻の種の発生確率予測値
pzt10r	-10°C面エコー強度	LEL	平衡高度までの積算雨量予測値
mcjbck	気象庁メソサイクロン管量	VILen	降水分布の長さ予測値
記号	説明変数名称 (数値モデルLFM)	記号	説明変数名称 (観測資料)
SREIfm	ストームに相対的なヘリシティ	WMAX	鉛直速度
EHIfm	エネルギー・ヘリシティ・インデックス	DnstTR	竜巻の突風密度
VORIfm	鉛直渦度	DnstDB	ダウンバーストの突風密度

61

突風危険指数とは、数値予報モデルによる突風関連指数等の各種指数およびレーダー観測値との統計的な関係を求めたものである。過去の発生が確認された竜巻等の突風事例を統計的に処理した式から現在の突風危険指数を予測する。

なお、突風危険指数には突風の種別を区別しないALL型、竜巻を対象としたTR型、ダウンバーストやガストフロントを対象としたDB型の3種に型判別を行い、指数を算出する（算出に用いる指数等は下表参照）。

ALL型の突風危険指数は0~255、TR型の突風危険指数は1000~1255、DB型の突風危険指数は2000~2255で表す。下3桁は突風の発生しやすさを千分率で表した値で、255以上の時は255で表示する。



次の条件を満たしたときに、竜巻発生確度ナウキャストでは発生確度2または発生確度1として表す（2020年12月14日から適用している条件）。

メソサイクロン検出 + ALL型 ≥ 31 TR型 ≥ 21 DB型 ≥ 28
 or
 ALL型 ≥ 31 + メソサイクロン検出（気象庁レーダー又は国交省Xバンドレーダ）
 （ただし、時間差は1時間以内で、距離は100km以内であること）

となり、降水強度条件を満たす格子（降水強度20mm/h以上で半径20km以内に $I_{emx}/(LEL/ZEL) \geq 10$ が存在する）を竜巻発生確度Lv2とする。

I_{emx} ：レーダー降水強度、LEL：平衡高度までの積算雨水予想値、ZEL：地上から高度500mまでの平均した空気塊を持ち上げた時の平衡高度

メソサイクロン検出（気象庁レーダー又は国交省Xバンドレーダ） TR型 ≥ 7
 DB型 ≥ 2
 or
 ALL型 ≥ 31

となり、降水強度20mm/h以上の格子を竜巻発生確度Lv1とする。

竜巻注意情報とは

竜巻注意情報は、原則として雷注意報が発表されている一次細分区域において竜巻、ダウンバースト又はガストフロントによる激しい突風のおそれが高まったと判断する場合(2枚後のスライドの①～⑥に該当する場合)に、激しい突風に対する注意を呼びかけるため、発表する情報である。

- ・発表単位：各都道府県一次細分
- ・対象時間：発表から66分から75分後の正10分まで
- ・竜巻発生確度ナウキャストとの関係
：20分後までに発生確度2
がかかる領域

【竜巻注意情報電文】

タマキジ30秒1キ30
東京都竜巻注意情報 第1号
令和元年12月2日13時25分 気象庁発表

東京地方は、竜巻などの激しい突風が発生しやすい気象状況になっています。

空の様子に注意してください。雷や急な風の変化など積乱雲が近づく兆しがある場合には、頑丈な建物内に移動するなど、安全確保に努めてください。落雷、ひょう、急な強い雨にも注意してください。

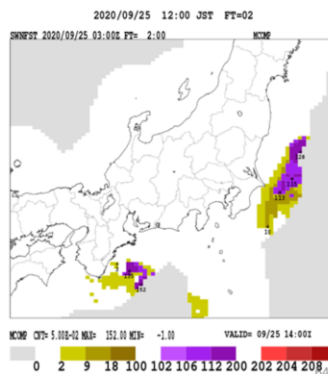
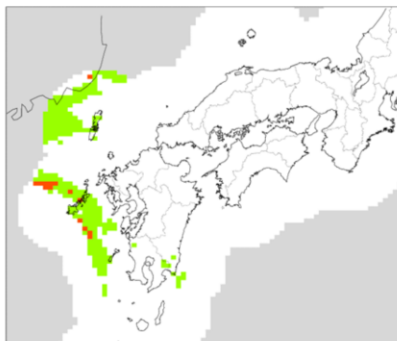
この情報は、2日14時40分まで有効です。

=

突風可能性ガイダンス

突風可能性ガイダンスは、竜巻発生確度ナウキャストの技術を活用して突風の可能性を予測するプロダクトである。MSM突風関連指数のみを用いて、2時間～39時間先までの突風可能性(確度)(左下図)と突風危険指数(右下図)の予測を行う。数値は発生する確率に相当するが、1万分率である。ALL型は数値そのまま、TR型は100を加えた値、DB型は200を加えた値で表す。

■:確度1 ■:確度2



突風可能性ガイダンスの詳細については、令和元年度予報技術研修テキスト「突風可能性予測プロダクト ～「突風に関する予告的気象情報」の発表判断を支援するために～」を参照。

https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/expert/pdf/r1_text/r1_toppukanou_seiyosoku.pdf

※「突風可能性予測プロダクト」とは、突風可能性ガイダンスの試験運用時の仮称である。

竜巻注意情報発表基準

竜巻注意情報は、雷注意報が発表されている一次細分区域に対して、次の条件を満たしたときに発表する。

- ①竜巻発生確度ナウキャストのFT=10分・FT=20分で発生確度2が出現した場合。
- ②一般気象官署、航空気象官署又は航空気象観測所で竜巻を目撃し、危険な状況が継続している場合。
- ③消防本部又は都道府県警察等の公的機関（目撃情報の通報への協力、気象情報への利用について了解を得られた機関をいう）から、信頼性のある竜巻の目撃情報があり、危険な状況が継続している場合。
- ④気象庁職員から信頼性のある竜巻の目撃情報があり、危険な状況が継続している場合。
- ⑤②、③、④以外から、信頼性のある竜巻の目撃情報があり、危険な状況が継続している場合。
- ⑥信頼性のある漏斗雲の目撃情報があった場合で、目撃された漏斗雲が発達した積乱雲を伴うなど、気象状況から竜巻の発生する可能性がある判断できる場合。

65

なお、②～⑥は目撃情報又は観測のあった予報区の隣接予報区にも発表することもある。

いずれの場合も、気象状況から判断して、『竜巻注意情報』の発表が必要ないと判断できる場合は、発表を見送る。

竜巻注意情報の発表回数(全国)



66

最近の竜巻注意情報の月別発表回数である。

竜巻の月別発生回数

(<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/stats/monthly.html>) では9月が最も多く、1月と3月が少なくなっている。この1年4か月の竜巻注意情報の発表回数でも同じ傾向がみられる。

ただし2020年の8月は全国的に高気圧に覆われて晴れの日が多く、7月よりも発表回数が少なくなった。

竜巻注意情報発表事例

2019年9月22日 台風周辺の暖湿気流入域での事例

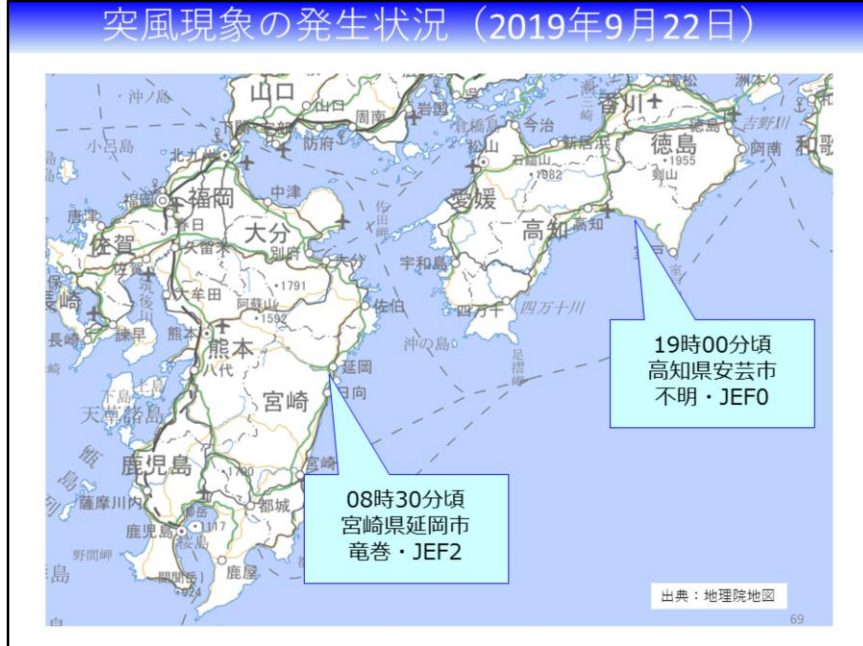
2019年12月2日 低気圧の暖域内での事例

2019年9月22日

台風周辺の暖湿気流入域での事例

台風周辺の暖湿気流入により九州地方から四国地方にかけて広く竜巻注意情報を
発表し、宮崎県及び高知県で突風被害が見られた事例

突風現象の発生状況（2019年9月22日）



22日08時30分頃、宮崎県延岡市平原町から桜ヶ丘付近でJEF2の竜巻が発生した。
22日19時00分頃、高知県安芸市伊尾木でJEF0の突風（竜巻の可能性のあるものの特定には至らず）が発生した。

突風被害の状況

JMA-MOT（気象庁機動調査班）の調査結果

- ・宮崎県延岡市：人的被害 負傷者18名
住家被害 半壊1棟、一部損壊508棟
（以上、2019年10月2日現在、宮崎県調べ。住家被害は竜巻以外の現象による被害を含む）
樹木の幹折れ、電柱・道路標識等の折損・傾倒、
自動販売機の転倒 等
被害範囲：長さ約8.2km、幅約400m
- ・高知県安芸市：住家の屋根瓦飛散、農業用ハウスの鋼管の変形、など
被害範囲：長さ約1.7km、幅約70m

70

宮崎県延岡市、高知県安芸市で発生した突風による被害の状況。延岡市の住家被害については竜巻以外の現象による被害を含む。
延岡市で発生した竜巻では、電柱の折損被害から風速を約55m/sと推定し、日本版改良藤田スケールをJEF2と判断した。
安芸市で発生した突風では、住家の屋根瓦のめくれと農業用ハウスの鋼管の変形から風速を約35m/sと推定し、日本版改良藤田スケールをJEF0と判断した。

突風被害状況(宮崎県)：JEF2(最大)



屋根が損壊した住宅 1



屋根が損壊した住宅 2



傾倒した電柱



倒壊したビニールハウス 71

宮崎地方気象台撮影。

突風被害状況(高知県) : JEFO



鋼管が変形したパイプハウス1



鋼管が変形したパイプハウス2



変形したビニルハウス



屋根瓦が飛散した住宅

72

高知地方気象台撮影。

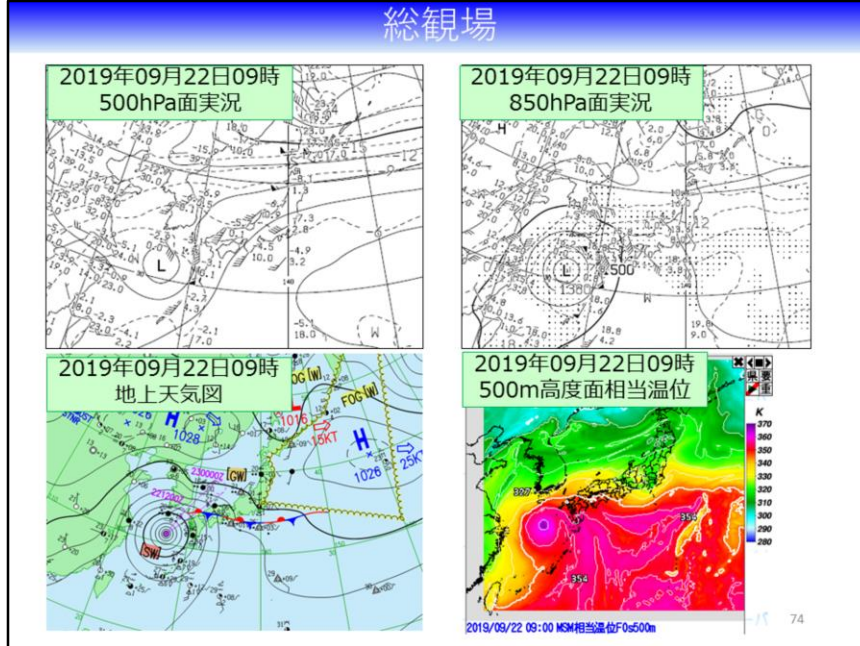
2019年9月22日の竜巻注意情報発表状況

都道府県	竜巻注意情報有効期間	発表回数	都道府県	竜巻注意情報有効期間	発表回数
徳島	19:06-20:20	5回	高知	前23:03-00:10	20回
	21:05-翌00:40			02:39-06:30	
愛媛	02:39-04:10	11回		大分	
	04:44-07:00		13:45-翌00:40		
	12:35-13:50		00:31-01:40	1回	
	14:05-17:30		06:36-14:40		
	17:45-19:00		14:41-17:00	12回	
19:06-20:20	07:04-08:10				
			宮崎	前23:10-00:20	5回
			鹿児島	06:05-14:10	
				03:54-07:50	

73

- ・ 21日には鹿児島県、宮崎県、熊本県、大分県、高知県に竜巻注意情報を発表した（表には省略）。
- ・ 22日には5県に加えて愛媛県と徳島県にも竜巻注意情報を発表した。宮崎県に対しては21日夜のはじめ頃から夜遅くにかけて3回発表した。
- ・ 22日には06時05分に南部平野部に対して第1号の情報発表を行い、その後範囲を広げるなどして更新した。
- ・ 09時頃に宮崎県警から宮崎地方気象台を通じて「08時30分ころ延岡駅付近で鉄塔の倒壊や屋根瓦飛散、貨物横転などの突風被害発生」の連絡がシビアストーム監視班に寄せられた。当時発達した積乱雲が延岡市付近を通過中であったため、突風の発生した可能性は非常に高いと判断し、引き続き突風の発生する可能性があることから、宮崎県北部平野部に目撃情報付きの竜巻注意情報を09時07分に第6号として発表した（隣接する大分県には発表済み）。
- ・ 高知県に対しては21日23時03分に竜巻注意情報第1号を発表しその後22日にかけて断続的に合計20回発表した。突風被害発生の直前の18時45分には高知県内全域に対して竜巻注意情報第16号を発表した。
- ・ その他の県については鹿児島県、大分県、愛媛県、徳島県のアメダス観測所で20m/sを超える最大瞬間風速を観測したものの、突風や突風による被害発生の情報はなかった。

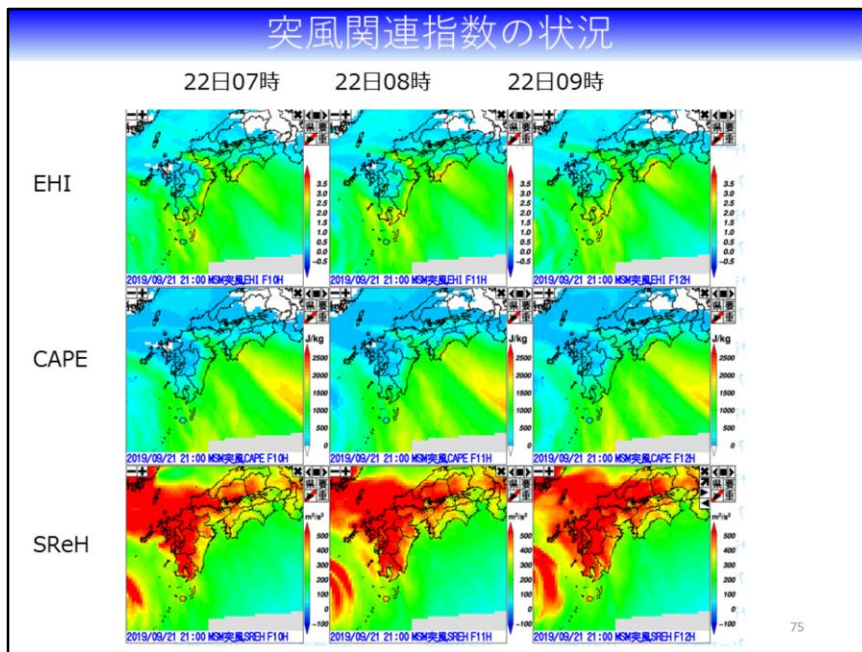
総観場



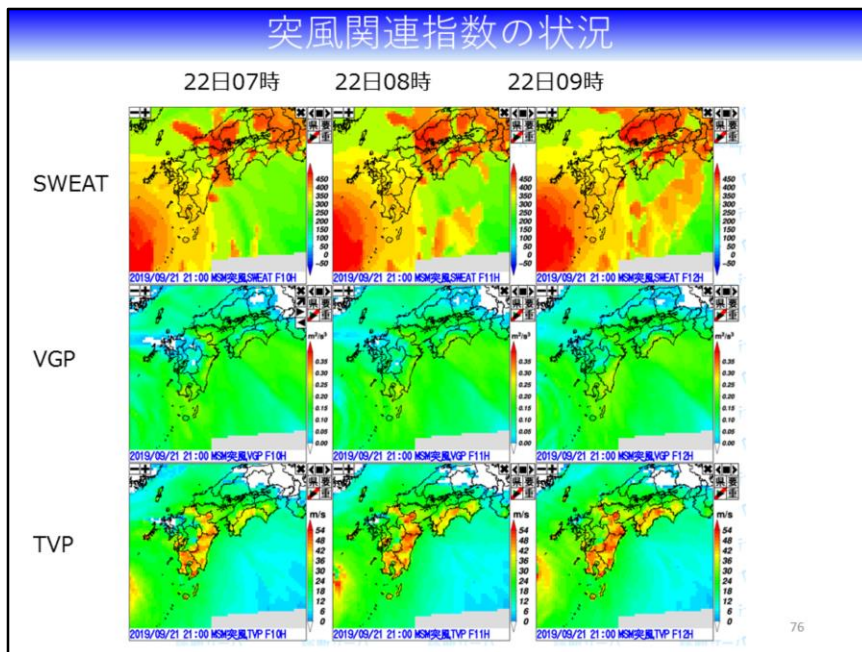
台風の進行方向の北東側約470kmにあたる宮崎県延岡市でJEF2の竜巻が発生し、また、高知県安芸市でJEF0の竜巻が発生した。

これからは延岡市で竜巻が発生した時刻前後の突風関連指数による予想、およびレーダー観測による実況について解説する。

22日09時の総観場は、台風第17号が九州の西海上を北東に進んでいる。九州や四国にはMSM500m高度面で相当温位345K以上の下層暖湿気が流入している。

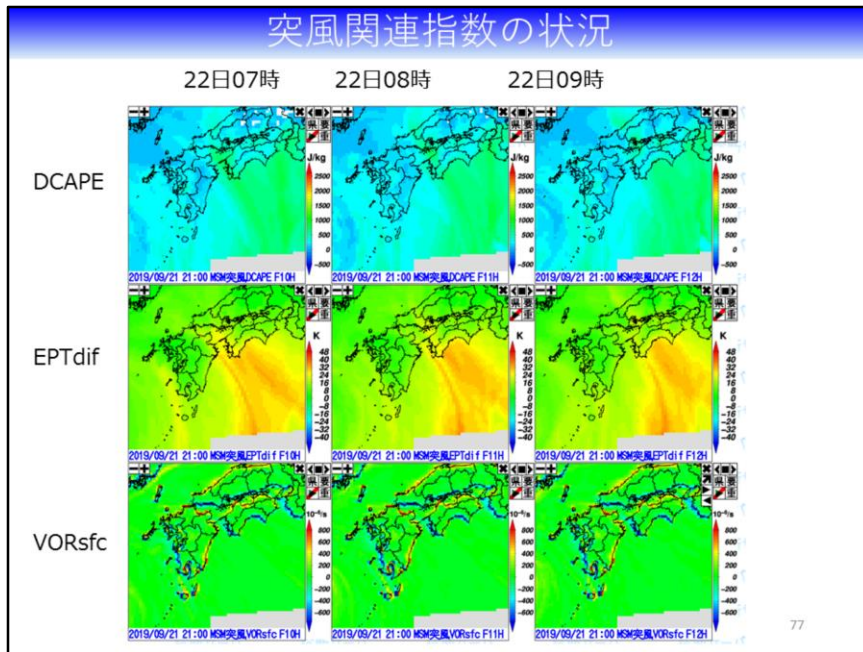


9月21日21時（JST）初期値のMSMによる突風関連指数の予想図である。
 上からEHI、CAPE、SReHで、左から22日07時、08時、09時の予想図である。
 EHIは宮崎県など九州山地の東側で1.0を超え、2.0以上の領域も現れる。突風被害の
 あった前後の延岡市付近（08時）では2.5が予想されている。22日10時以降は3.0以
 上の領域も予想されている。高知県でも次第に値が大きくなり、2.0～3.0程度の予
 想となっている。
 CAPEは宮崎県では1000J/kgの領域が予想されている。
 SReHは500m²/s²以上の領域が次第に西日本全体に広がっている。



9月21日21時（JST）初期値のMSMによる突風関連指数の予想図である。
 上からSWEAT、VGP、TVPで、左から22日07時、08時、09時の予想図である。

SWEATは九州南部から次第に340以上の領域が拡大し22日08時には九州全域に広がっている。この頃には宮崎県北部平野部で400以上が予想されている。07時以降は四国地方で470以上の領域が表れて拡大する予想となっている。
 VGPは宮崎県など九州山地の東側で $0.2\text{m}^2/\text{s}^3$ 以上の領域が広がり、 $0.25\text{m}^2/\text{s}^3$ 以上の領域も広がる予想であり、四国南部でも同様である。
 TVPは九州や四国では次第に数値が大きくなる予想で、22日08時には宮崎県北部平野部で40～55m/sの予想である。



9月21日21時（JST）初期値のMSMによる突風関連指数の予想図である。
 上からDCAPE、EPTdif、VORsfcで、左から22日07時、08時、09時の予想図である。

DCAPE、EPTdif とともに数値は小さく、ダウンバースト発生の可能性は低い予想となっている。また、VORsfcは海岸線付近を除き値は0に近く、地上付近では渦の発生予想は小さい。

突風関連指数一覧表（宮崎県）

宮崎県延岡市
 08時30分頃竜巻（JEF2）発生

宮崎県
MSM Initial : 2019/09/21 12:00UTC

	FT	f#03	f#06	f#09	f#12	f#15	f#18	f#21	f#24	f#27	f#30	f#33	f#36	f#39	f#42	f#45	f#48	f#51
JST	22:00	03	06	09	12	15	18	21	23:00	03	06	09	12	15	18	21	24:00	
EL (hPa)	187	151	160	145	141	142	141	184	182	214	225	258	271	319	412	714	785	
CAPE (J/kg)	1606	1685	1414	1325	1262	1229	1234	685	818	602	616	432	164	147	96	52	22	
SReH (m ² /s ²)	389	448	585	585	605	677	628	529	302	154	122	118	148	183	166	150	155	
EHI	1.83	2.47	2.25	2.41	2.51	2.55	2.24	1.00	0.66	0.12	0.06	0.07	0.09	0.06	0.06	0.03	0.01	
VGP (m ² /s ²)	0.190	0.202	0.207	0.232	0.230	0.195	0.210	0.142	0.108	0.055	0.039	0.050	0.041	0.038	0.034	0.025	0.020	
SSI (K)	1.0	0.8	0.6	-0.4	-0.7	-0.2	0.1	0.8	2.3	2.7	2.0	2.4	2.3	1.4	2.2	3.7	4.1	
SWEAT	307	335	405	409	426	515	508	483	430	381	307	275	271	292	260	246	235	
TVP (m/s)	33.6	33.6	43.5	48.3	53.8	55.2	58.1	39.6	27.3	12.3	11.6	8.0	10.2	8.7	5.8	4.9	4.1	
VOR (10 ⁻⁶ /s)	135	148	180	224	314	350	395	378	344	284	275	237	205	247	244	103	98	
DCAPE (J/kg)	631	575	659	297	292	351	576	1214	1289	1187	1123	936	1024	1055	897	757	745	
EPTdif (K)	30.1	31.5	29.1	17.0	15.0	18.1	18.5	22.4	25.2	24.4	23.8	22.0	21.1	21.7	20.6	17.9	18.5	
TVPEz (°)	23	25	27	31	30	33	32	38	29	21	10	13	13	10	10	5	8	
PTORS	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	4	2	1	2	5	8	5	
DBHd	106	176	246	123	137	95	97	135	20	91	114	436	351	347	246	357	436	
DBVw	10	9	8	7	7	5	5	20	26	17	23	9	8	12	11	8	9	
DBHw	233	257	296	317	355	336	401	477	450	186	143	313	345	279	162	113	212	
ZEL	12908	13253	13158	13902	13978	14079	13959	12631	12512	11507	11031	10743	10007	9077	7907	4004	3365	
LEL	71	72	74	76	77	78	79	81	80	76	73	71	67	61	51	19	13	
VILen	30311	32260	31626	33968	35562	29449	NaN	NaN	NaN	5622	NaN	11066	Infinity	NaN	11826	5652	2024	
RMC	191	206	214	220	234	235	283	293	260	210	112	210	225	195	118	82	197	
RVMC	9	11	13	14	14	16	15	12	10	10	8	6	5	7	5	6	6	

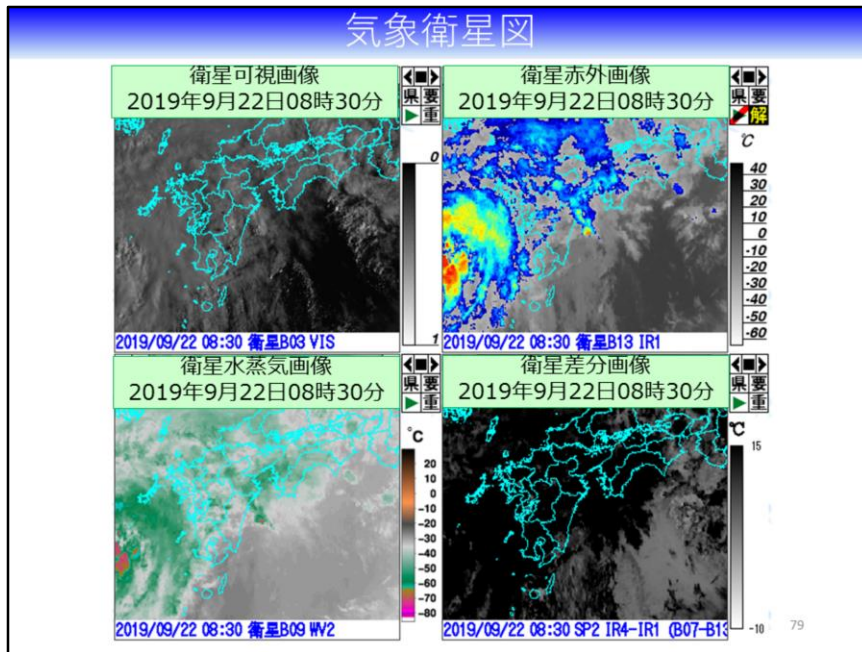
78

9月21日21時（JST）初期値のMSMによる宮崎県の突風関連指数の時系列表である。値は宮崎県の領域と周辺1格子（10km×10km）と重なる格子を集計したもので、5×5格子の平均の最大値（ELとSSIは最小値）を表している。

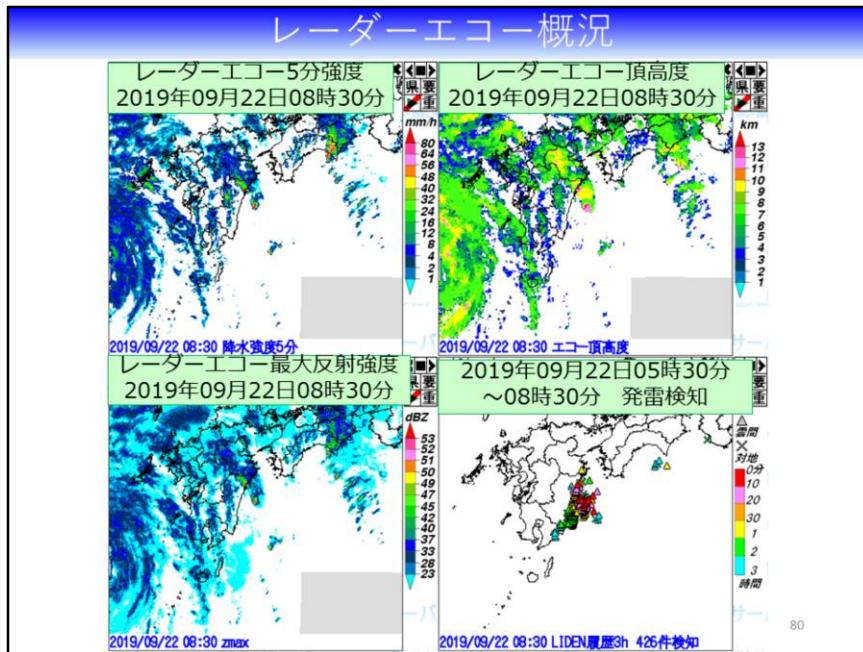
台風第17号が対馬海峡付近に達すると予想されるFT=21（22日18時（JST））まではCAPE、SReH、EHI、VGP、SWEATなど竜巻の発生と関連性の高い指数の値が非常に大きく予想されている。

また、TVP（竜巻風速パラメーター、竜巻が発生した場合の推定風速）の予想値は実際に突風が発生した時刻の前後で最大48.3m/sが予想されていた（被害から推定した瞬間風速は約55m/sであった）。

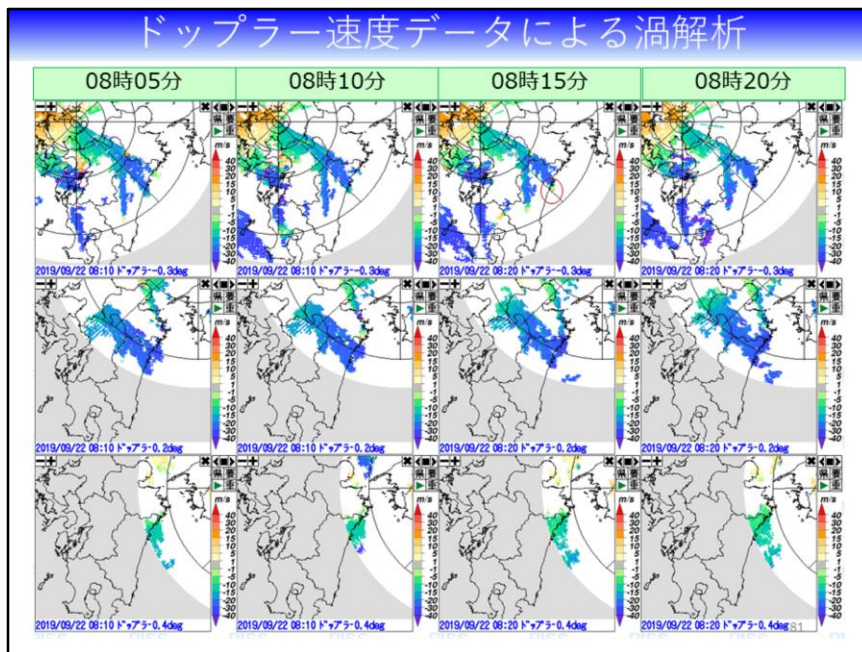
気象衛星図



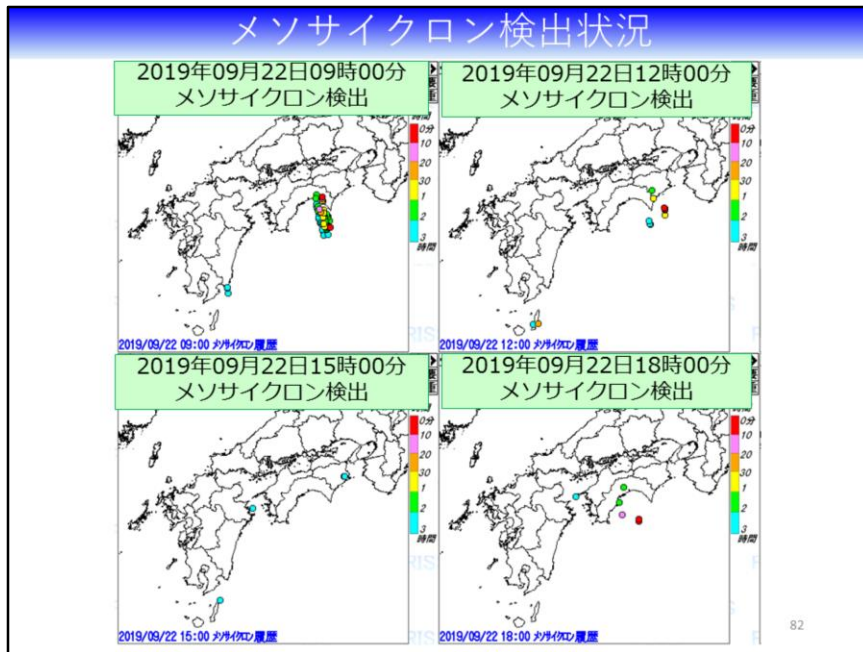
ひまわり9号による雲画像では、宮崎県と大分県の県境付近に台風第17号に向かって入るアウターバンドの発達した対流雲が見られ、衛星輝度温度は-50°C程度で09時の福岡の高層気象観測と比較すると12~13km程度まで発達している。



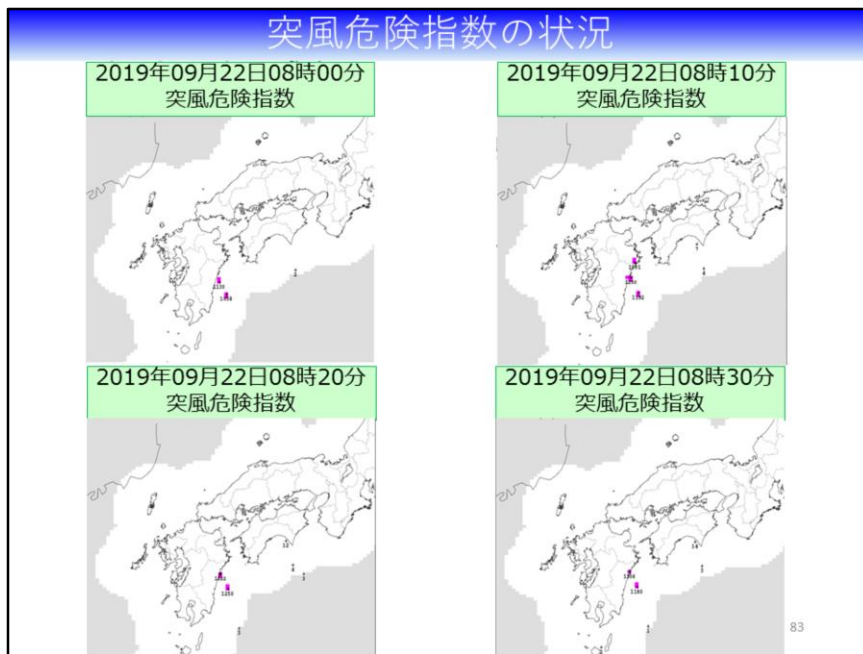
竜巻が発生したとみられる2019年09月22日08時30分には、宮崎県と大分県の県境付近や周辺海上に台風第17号のアウトバードにあたる発達した対流雲があり、北へ進んでいる。レーダーエコーの最大反射強度は50dBZ以上、エコー強度は100mm/hを超え、エコー頂高度は13kmに達している。また、宮崎県の沿岸部では多数の発雷を検知している。



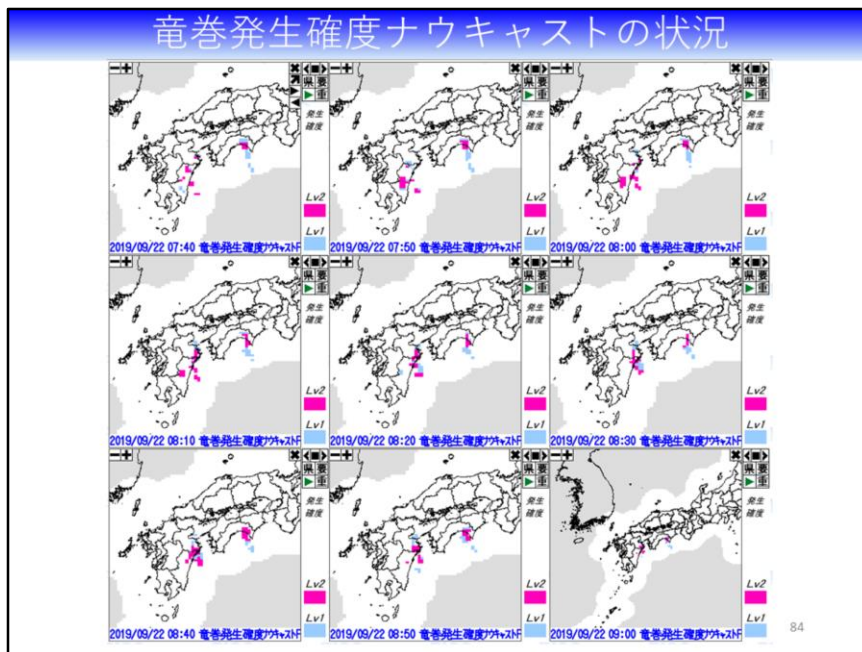
2019年9月22日08時10分～20分の福岡、広島、室戸岬の各レーダーによるドップラー速度の画像である（各図の下部の時刻と実際の時刻が異なる点に留意）。福岡レーダーによる08時15分の観測では延岡市の南に赤緑反転の観測があるが（赤丸内）渦を示すパターンは認められない。また、強い竜巻発生時に見られるようなフックエコーやヴォルト（断面図は省略）はいずれの突風被害発生時前後にも見られなかった。



宮崎県北部平野部でメソサイクロンの検出はなく、夕方に突風の発生する高知県西部で午前中に多くのメソサイクロンを検出していた。



9月22日06時過ぎには宮崎県南部平野部でTR型で指数が大きくなった。
 また、竜巻の発生する直前の08時20分には延岡市付近にはTR型で指数値222の大きな格子が検出されていた。



9月22日07時40分から09時00分（JST）の竜巻発生確度ナウキャスト（FT=10min）の状況である。

07時40分時点で宮崎県、大分県、高知県でLv2が予想されており、08時00分からは竜巻の発生した延岡市付近では継続して発生確度2が予想されている。

また、突風被害発生の連絡を受けた09時00分の予想でも延岡市付近で発生確度2が予想されており、引き続き突風現象の発生しやすい状況であった。

なお、宮崎県では06時05分から12時59分にかけて竜巻注意情報を第12号まで発表している。

竜巻注意情報発表の総括

〈当番者の注目点〉

九州や四国ではすでに竜巻注意情報が発表されている状況で、MSMの予想で、南東斜面ではCAPEが1500J/kg以上、SReHが500m²/s²以上、EHIが3.0以上、VGPが0.2 m²/s³以上、SWEATが500以上となり、TVPも50m/sが予想されるなど突風関連指数の値が大きいことと、台風の進行方向の北東象限であることから、22日02時のシビアストーム情報では「竜巻等による突風の可能性が高まっている」とした。

〈結果〉

- ・ 9月22日は竜巻注意情報を宮崎県で12回発表するなど、7県で67回発表し。
- ・ 突風被害も宮崎県(竜巻：JEF2)と高知県(不明：JEF0)で発生した。
- ・ 各種突風関連指数によるポテンシャルが高く、シビアストーム情報による事前の情報提供が有効だった一例となった。

2019年12月2日

低気圧の暖域内での事例

低気圧暖域内で東海地方から関東地方にかけて広く竜巻注意情報を発表し、三重県及び静岡県並びに神奈川県で突風被害が見られた事例

突風現象の確認状況（2019年12月2日）



<突風現象の確認状況>

12月

2日09時00分頃、三重県志摩市浜島町浜島から浜島町迫子でJEF0の竜巻が発生した。

2日12時20分頃、静岡県掛川市沖之須から大淵でJEF0の竜巻が発生した。

2日14時10分頃、神奈川県横浜市鶴見区でJEF0の突風（種類は特定に至らず）が発生した。

2日14時20分頃、神奈川県横浜市金沢区でJEF0の突風（種類は特定に至らず）が発生した。

<竜巻注意情報の発表状況>

12月

2日08時55分、三重県南部に発表した。

2日13時15分、静岡県中部に発表した。竜巻が発生したとみられる12時20分頃には静岡県内は竜巻注意情報は未発表であった。

2日14時19分、神奈川県東部に発表した。

突風被害の状況

JMA-MOT（気象庁機動調査班）の調査結果

- ・ 三重県志摩市：住家等被害：住家一部損壊10棟、非住家一部損壊6棟、農業用ハウスの鋼管の変形
被害範囲：長さ約2.7km、幅約420m
- ・ 静岡県掛川市：住家等被害：住家一部損壊3棟、非住家一部損壊3棟、ビニールハウス倒壊2棟
被害範囲：長さ約1.2km、幅約130m
- ・ 神奈川県横浜市鶴見区：人的被害：軽傷者1名
その他：トレーラーの台車ごとコンテナが横転し下敷きになった車両数台が破損
プレハブ施設の窓ガラスが飛散物により破損、
駐車中の車両数台の窓ガラスが飛散物により破損
被害範囲：長さ約0.08km、幅約10m
- ・ 神奈川県横浜市金沢区：住宅棟被害：住家の一部損壊13棟、非住家の一部損壊：2棟、
倒木
被害範囲：長さ約0.3km、幅約100m

88

- ・ 志摩市および掛川市で発生した竜巻では、いずれも農業用ハウスの鋼管の変形から風速を約35m/sと推定し、日本版改良藤田スケールをJEF0と判断した。
- ・ 横浜市鶴見区で発生した突風では、プレハブ施設や普通自動車の窓ガラスの破損から風速を約30m/sと推定し、日本版改良藤田スケールをJEF0と判断した。
- ・ 横浜市金沢区で発生した突風では、住家の屋根瓦のめくれとフェンスの倒壊から風速を約35m/sと推定し、日本版改良藤田スケールをJEF0と判断した。

突風被害状況(三重県)：JEFO



①鋼管が変形した農業用ハウス



②屋根パネルが破損したカーポート

89

津地方気象台撮影。

突風被害状況(静岡県) : JEFO



①煉瓦と軒先瓦が破損した住家



②屋根瓦がはく離した住家



③一部破損した住家と壁の戸



④鋼管が変形したパイプハウス 90

静岡地方気象台撮影。

突風被害状況(神奈川県)：JEFO



① 飛散物により窓ガラスが破損したプレハブ施設



② トレーラーの台車ごと転倒したコンテナ (復旧後)



③ 屋根瓦がめくれた住家



④ 倒壊したフェンス

91

横浜地方気象台撮影。

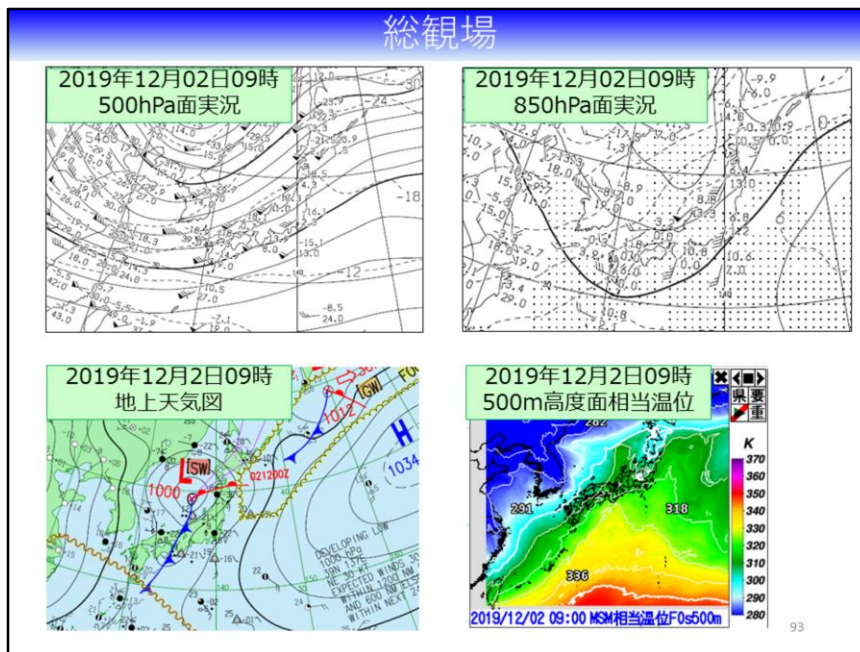
2019年12月2日の竜巻注意情報発表状況

都道府県	竜巻注意情報有効期間	発表回数
千葉	13:25-18:00	6回
東京	13:25-16:40	3回
神奈川	14:19-16:40	2回
静岡	13:15-14:30 14:34-16:40	3回
三重	08:55-10:10	1回
和歌山	07:15-08:30	1回

92

2019年12月2日は朝から和歌山県、三重県、静岡県、神奈川県、東京都、千葉県に竜巻注意情報を発表していた。

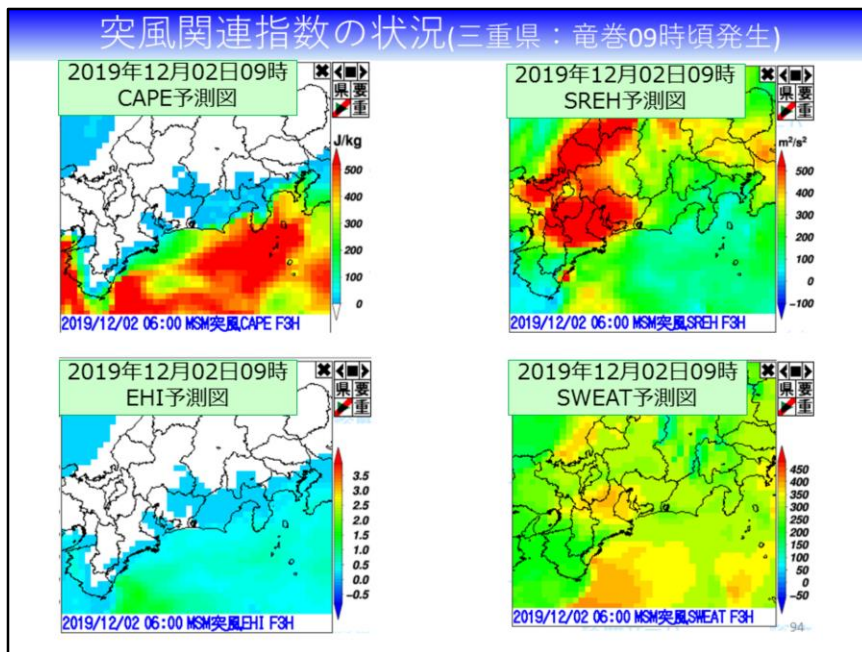
総観場



2日午前9時現在、中国東北区には500hPa面で -42°C 以下の寒気を伴った気圧の谷がある。地上では日本海中部に前線を伴った発達中の低気圧が北東進し、寒冷前線が近畿地方を東進している。15時には、低気圧が渡島半島付近に進み、寒冷前線が関東地方を通過中である。寒冷前線の東側(暖域)には500m高度面で相当温位 327K 以上の暖湿気が流入して大気の状態が非常に不安定となっていた。

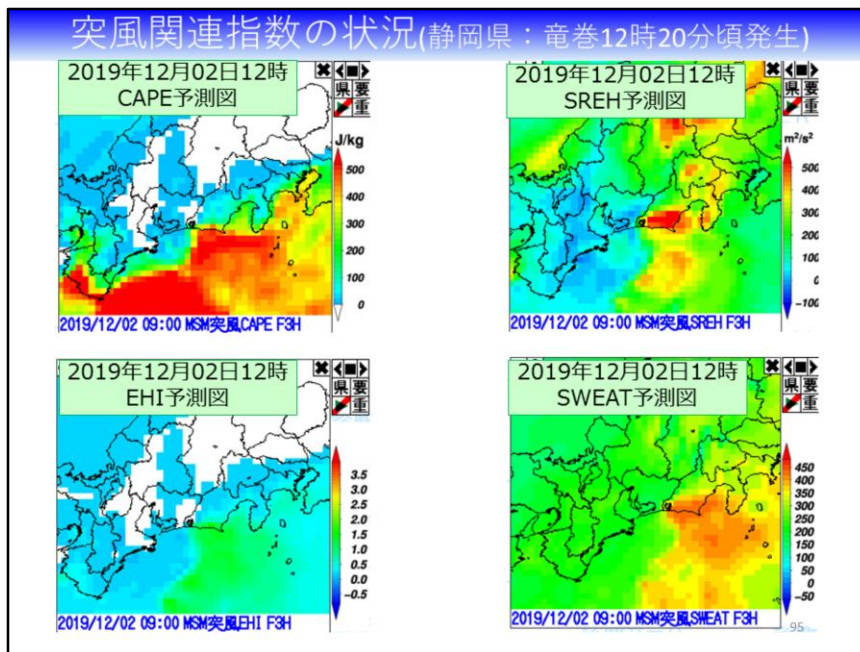
また、09時の潮岬の高層気象観測では、850hPa高度で気温 10.9°C (※)は平年より $+7^{\circ}\text{C}$ 以上高く、12月としては1957年の統計開始以来高い方からの6位を記録し、600hPa面より下層では相対湿度がほぼ100%で、下層を中心にこの時期としてはかなり温かく湿った空気が入っていた。

※：図では 10.8°C となっているが、即時報告の電報では小数第1位を 0.2°C 毎に報じ、この値が偶数であれば気温がプラス、奇数であればマイナスとしている。



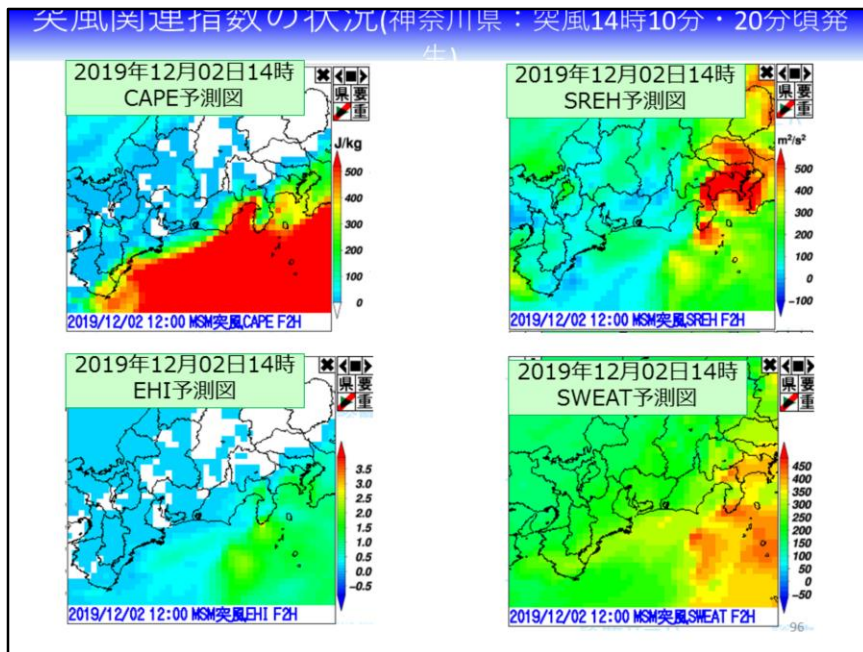
12月2日06時（JST）初期値のMSMの予測資料では、

- ・ CAPEは三重県南部海上には500~600J/kgの領域が見られるが、志摩市付近はCAPEは100~200J/kg程度。
- ・ SREHは三重県南部に500m²/s²程度の領域がわずかにあり、志摩市より北では800m²/s²程度の領域が広がる。
- ・ EHIは三重県南部海上で1.0以上の領域もあるが、志摩市付近では0.1程度。
- ・ SWEAT三重県北部で300~400、三重県南部の海上で400程度の領域が広がる。



- 12月2日09時（JST）初期値のMSMの予測資料では、
- ・ CAPEは掛川市付近(海上も含む)で500J/kg程度。
 - ・ SReHは掛川市付近(海上も含む)に350m²/s²程度。
 - ・ EHIは掛川市付近で1.0以上の領域が広がる。
 - ・ SWEAT静岡県で400以上の領域が広がる。

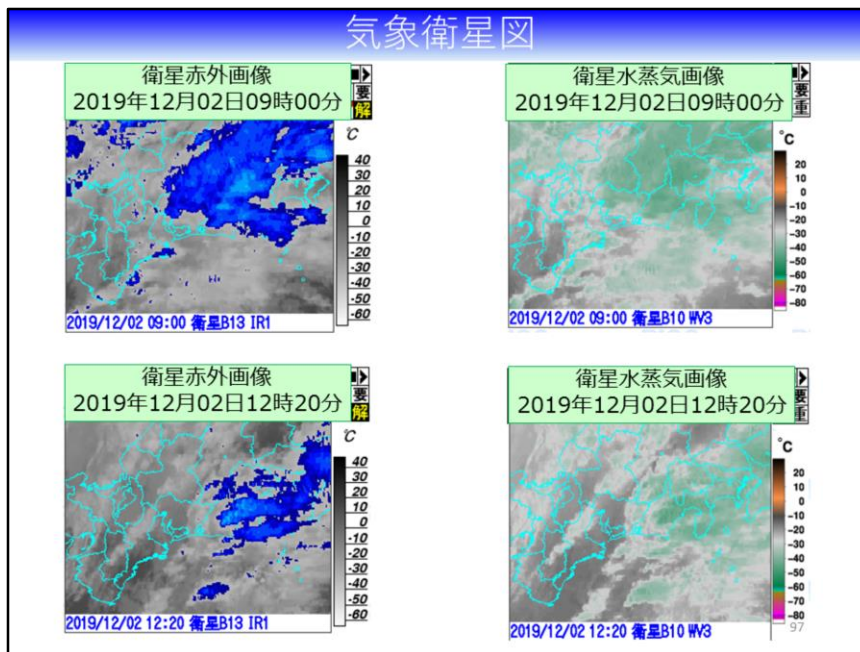
突風関連指数の状況(神奈川県：突風14時10分・20分頃発生)



12月2日12時（JST）初期値のMSMの予測資料では、

- ・ CAPEは横浜市付近(海上も含む)で300J/kg程度。
- ・ SReHは横浜市付近(海上も含む)に500 m^2/s^2 以上の領域が広がる。
- ・ EHIは横浜市付近で1.0以上の領域が広がる。
- ・ SWEAT神奈川県で300~400の領域が広がる。

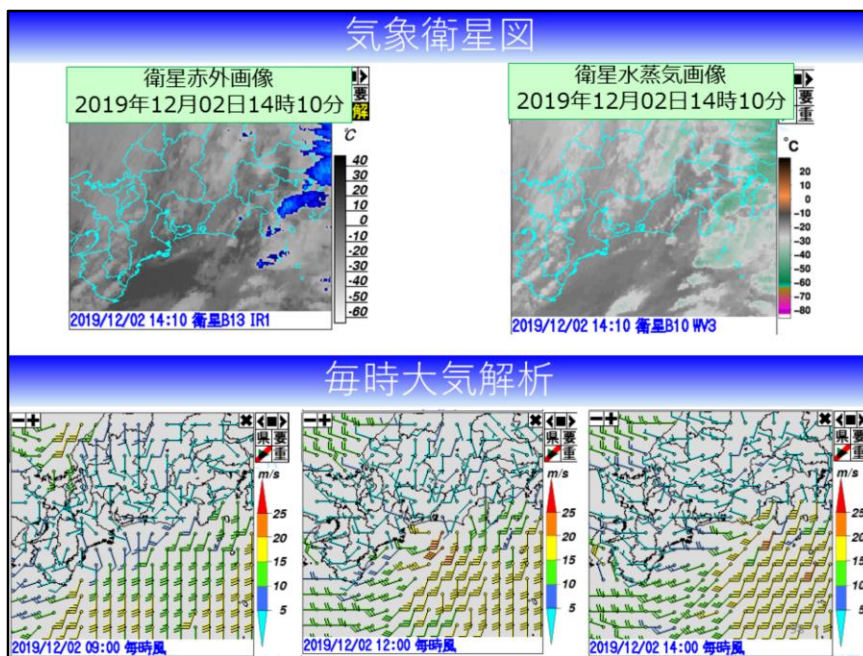
気象衛星図



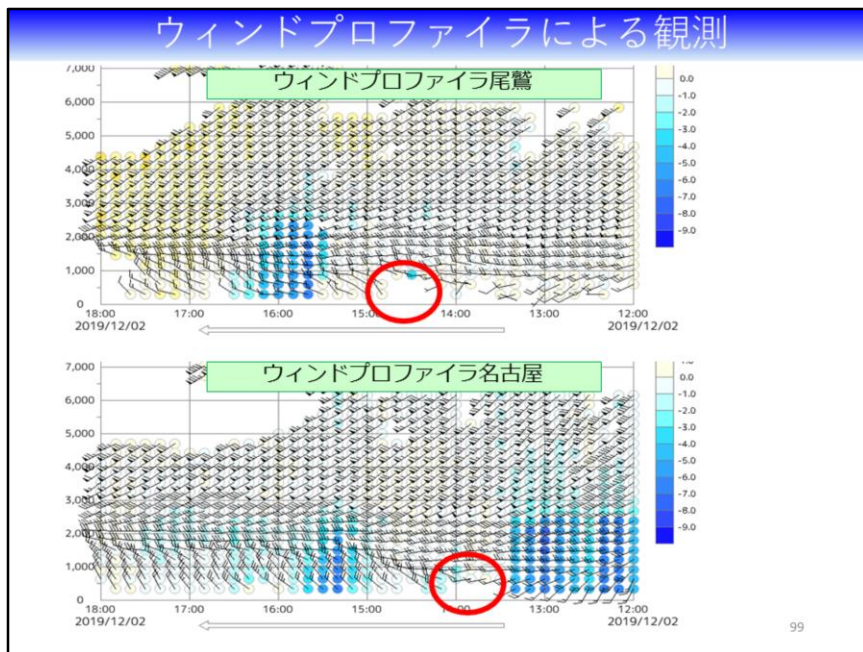
・ 2019年12月02日09時00分の気象衛星観測では、三重県付近から東は明域となっており、雲頂高度も高く対流雲が発達していることがわかる。三重県のすぐ西側は暗域となっており、暖域内にあった三重県付近に寒冷前線が接近していることがわかる。

およその前線の位置はP45の毎時大気解析図も参考にさせていただきたい。

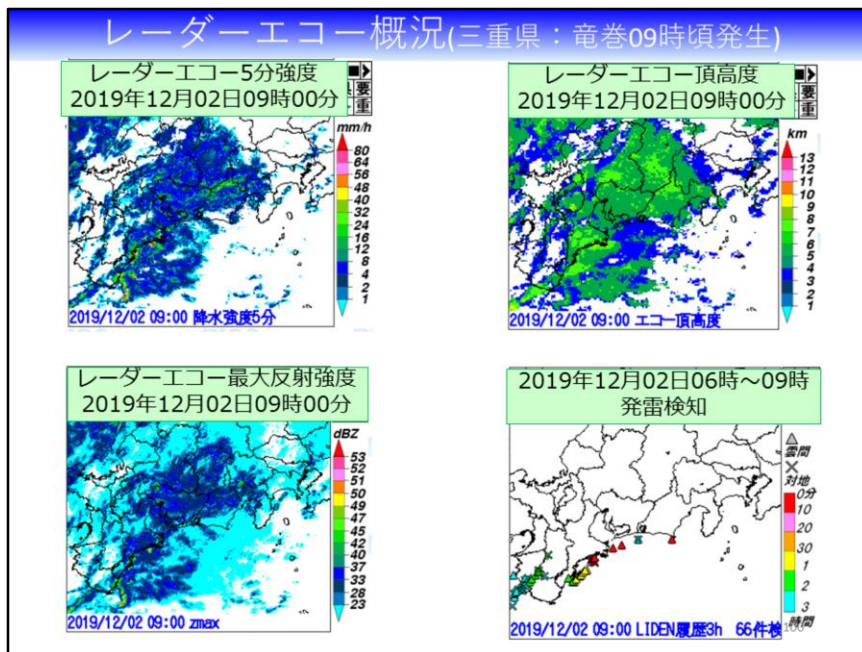
・ 2019年12月02日12時20分の気象衛星観測では、静岡県西部で明域と暗域が分かれており、明域側で対流雲が発達していることがわかる。



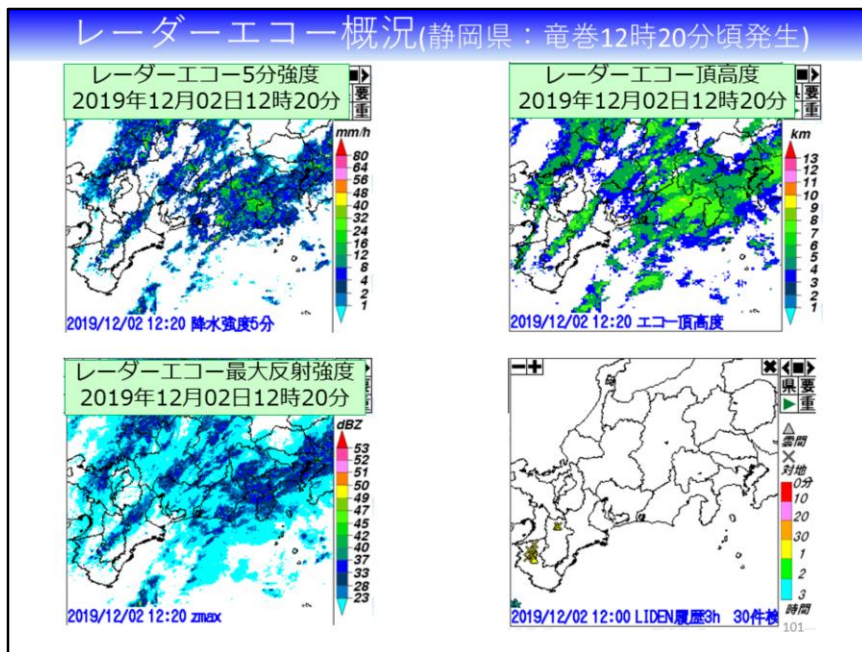
・ 2019年12月12日14時10分頃の気象衛星観測では、神奈川県東部で明域と暗域が分かれており、明域側で対流雲が発達していることが伺える。



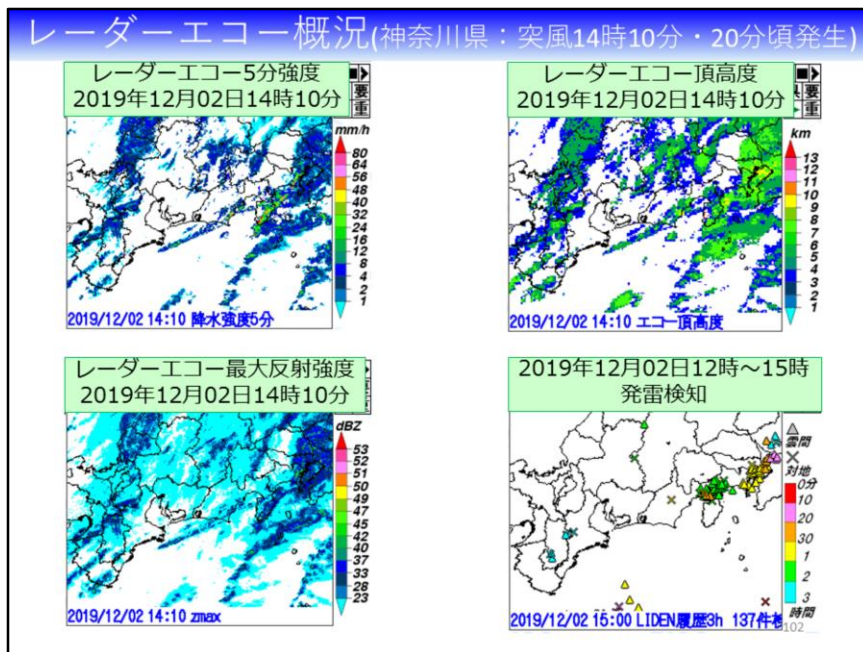
12月2日12:00~18:00 (JST) の尾鷲と名古屋のウィンドプロファイラによる風の観測結果を見ると、
 下層で風向の変化が明瞭で、寒冷前線の通過がはっきりと観測されている。
 低気圧の暖域内において突風が発生し、その後しばらくして寒冷前線が通過している。



2019年12月02日09時00分頃のレーダー観測では、三重県付近に広がるエコーはエコー頂高度が9km程度だが、100mm/hを超える非常に発達したエコーを観測しており、最大反射強度も50dBZ以上のエコーを観測していた。
 また、2019年12月02日09時頃には三重県沿岸部で散発的な発雷を検知していた。

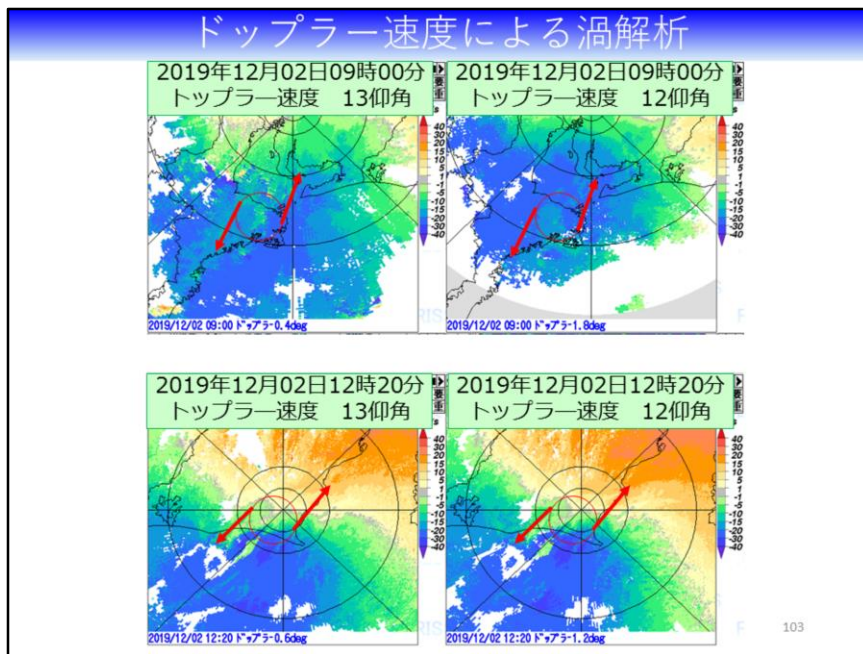


2019年12月02日12時20分頃のレーダー観測では、静岡県付近に広がるエコーはエコー頂高度が7~9kmだが、70mm/h程度の発達したエコーを観測しており、最大反射強度も40dBZ程度のエコーを観測していた。
 2019年12月02日12時頃には東海地方で全く発雷を検知していなかった。



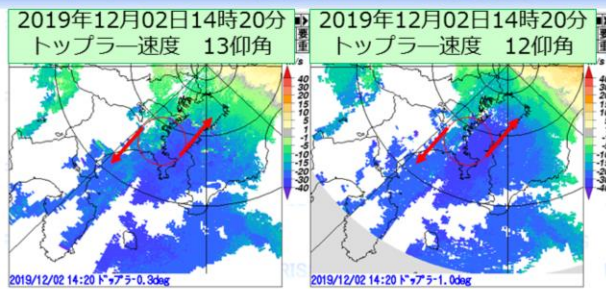
2019年12月02日14時10分頃のレーダー観測では、神奈川県付近に広がるエコーはエコー頂高度が9km程度だが、90mm/h程度の非常に発達したエコーを観測しており、最大反射強度も50dBZ以上のエコーを観測していた。

2019年12月02日14時00分~14時30分頃には神奈川県から東京都で活発な発雷を検知していた。



2019年12月02日09時00分頃の三重県付近には僅かに渦構造が伺える。
 同様に2019年12月02日12時20分頃の静岡県付近には僅かに渦構造が伺える。

ドップラー速度による渦解析



竜巻に関連したエコー

強い竜巻発生時に見られるようなフックエコーやヴォルトはいずれの突風被害発生時前後にも見られなかった。

104

同様に2019年12月02日14時20分頃の神奈川県付近には僅かに渦構造が伺える。

メソサイクロン検出状況

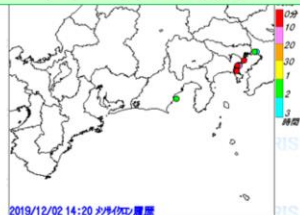
2019年12月02日09時00分
メソサイクロン検出



2019年12月02日12時20分
メソサイクロン検出



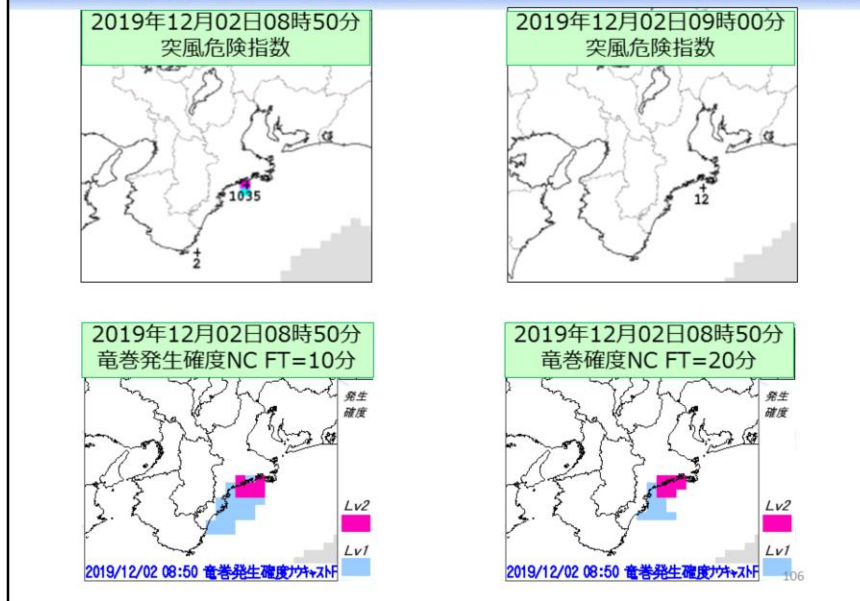
2019年12月02日14時20分
メソサイクロン検出



105

2019年12月02日09時頃には三重県ではメソサイクロンは検出していない。
2019年12月02日12時頃には静岡県ではメソサイクロンは検出していない。
2019年12月02日14時10分～14時20分頃には神奈川県から東京都で相次いでメソサイクロンを検出した。

突風危険指数・竜巻発生確度ナウキャストの状況



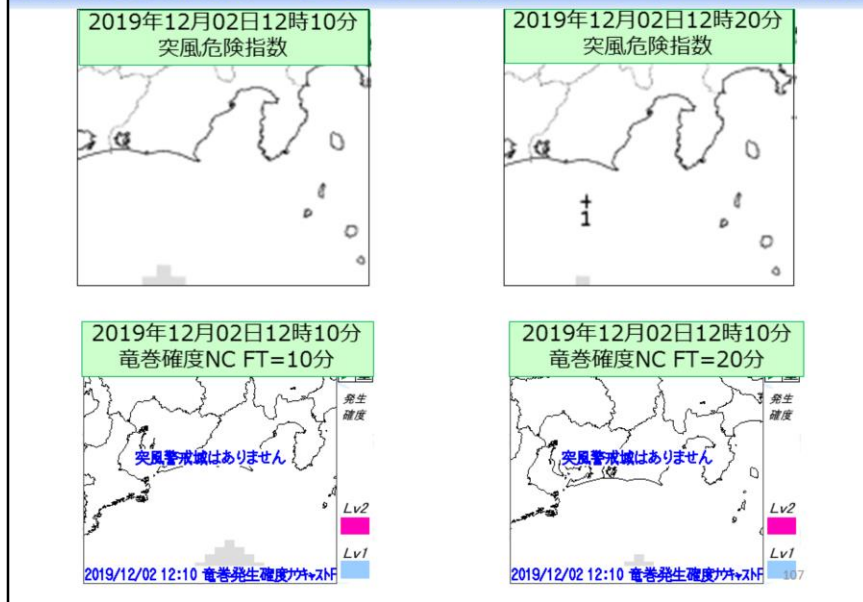
12月2日08時50分～55分（JST）には三重県付近に突風危険指数TR型：35%が解析された。

また、09時00分（JST）には竜巻注意情報発表基準TR型：24%以下となったが、新たにALL型：12%が解析された。

竜巻発生確度ナウキャストは、08時50分（JST）の突風危険指数TR型：35%と単独判定の基準を超えたことから、三重県志摩半島の南岸付近に発生確度2の領域が広がった。

発生確度2がかかる一次細分区に対して竜巻注意情報発表に至った。

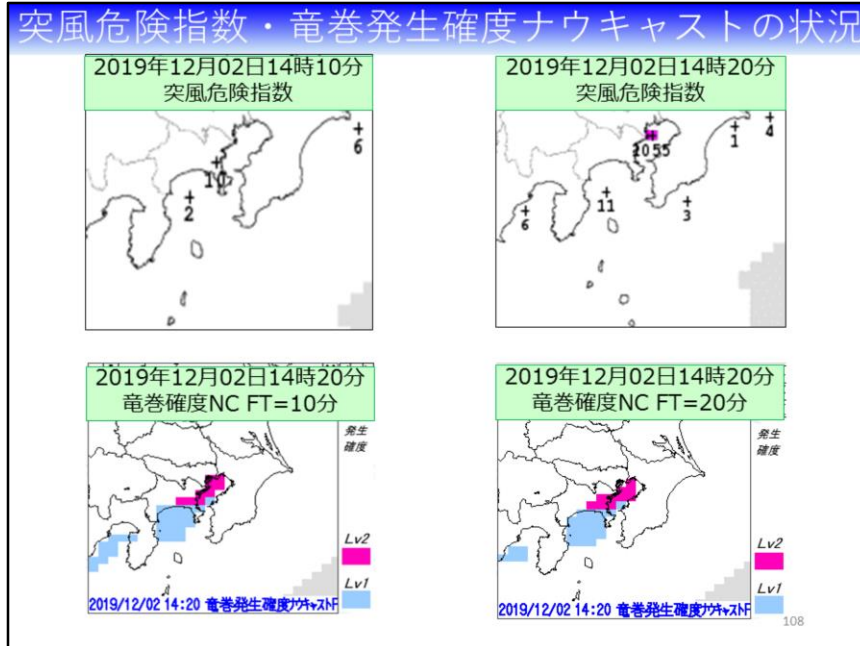
突風危険指数・竜巻発生確度ナウキャストの状況



12月2日12時10分（JST）には静岡県付近に竜巻注意情報発表基準以上の突風危険指数は解析されていない。

また、12時20分（JST）には海上でわずかに、ALL型：1%が解析された。このため、発生確度1以上の領域はなかった。

突風危険指数・竜巻発生確度ナウキャストの状況



12月2日14時10分（JST）には神奈川県付近に竜巻注意情報発表基準以下の突風危険指数ALL型：11%が解析された。

14時15分（JST）には神奈川県付近に新たに突風危険指数TR型：33%が解析された。また、14時20分（JST）にはさらにTR型：55%が解析された。

竜巻発生確度ナウキャストは、14時10分(JST)の段階では神奈川県内には発生確度1の領域が広がっていたが、発生確度2の領域はなかった。14時15分(JST)のTR型：33%、14時20分（JST）のTR型：55%と単独判定の基準を超えたことから、神奈川県東部の沿岸部を中心に発生確度2の領域が解析された。

発生確度2がかかる一次細分区に対して竜巻注意情報発表に至った。

2019年12月2日の竜巻注意情報発表の総括

〈当番者の注目点〉

実況で低気圧の南側にはMSM500m高度面で相当温位320K以上の暖湿気が入り、暖域内や寒冷前線付近では対流雲が発達した。エコー頂高度が9~11kmに達して発雷を検知し、1時間に60mm程度の降水を解析していた。低気圧が北東進し、低気圧の南側には引き続きMSM500m高度面で相当温位320K以上の暖湿気が入り、MSMの予想ではELが-20℃面高度（6.5km）よりも高い9km程度の予想がされており、CAPEの予想も800~900J/kg程度でこの時期としては比較的值が大きいことから、シビアストーム情報で「竜巻などの激しい突風」に言及した。

〈結果〉

低気圧暖域内における竜巻注意情報発表の事例だがこのような場合は竜巻が発生するポテンシャルが高く、シビアストーム情報による情報提供が有効だった一例となった。