

福岡市施設整備公社

～集中豪雨に備える～

平成30年1月25日

福岡管区気象台 気象防災部予報課

予報官 荒木 公仁

もくじ

1. 温暖化現象
2. 天気図の見方
3. 集中豪雨が発生するメカニズム
4. 天災からの身の守り方

1. 温暖化現象

- ✓ 近年の気候・天候の特徴

気候・天候等の特徴 (参考)

気温の変動

- 2016年の世界の年平均気温は、1891年以降で最も高い値になった。また、日本の年平均気温も1898年以降で最も高い値になった。(図1)。
- 世界の年平均気温は、100年あたり0.72℃の割合で上昇している。また、日本の年平均気温は、100年あたり1.19℃の割合で上昇している(図1)。

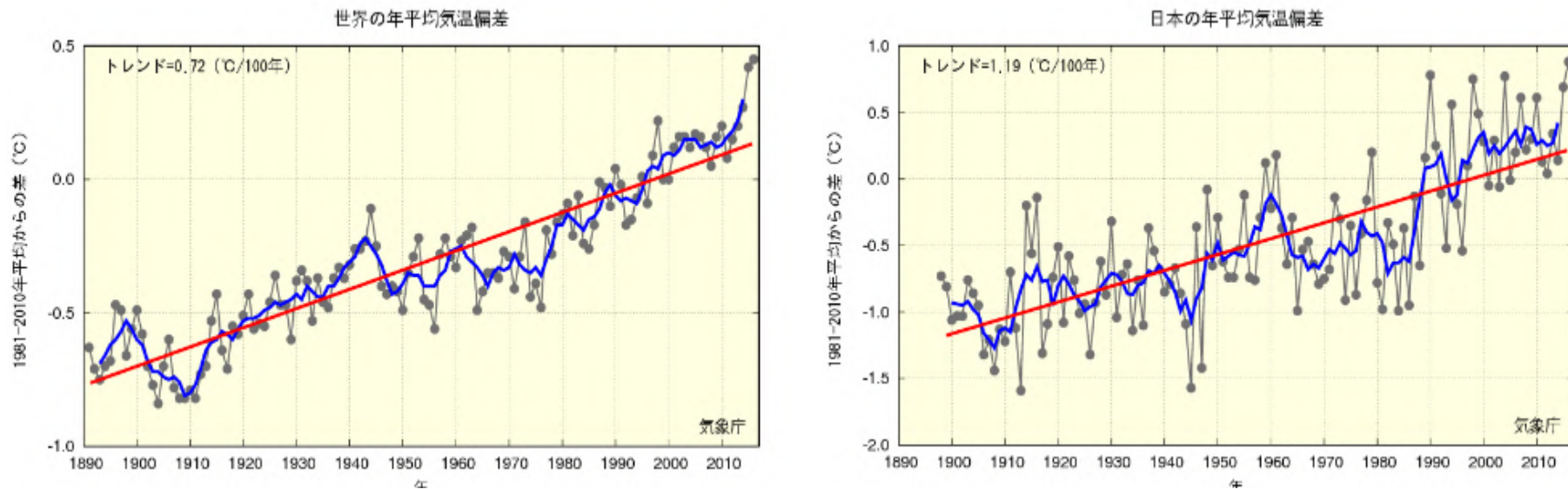


図1 世界及び日本における年平均気温の変化

日本の平均気温は、国内15観測地点での年平均気温の基準値からの差を平均した値を示している。

(「気候変動監視レポート2016」33、35ページ)

要素	観測地点
地上気温 (15 観測地点)	網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島

気温の変動

○九州・山口県の年平均気温は、長期的には 100 年あたり 1.72° C の割合で上昇している。上昇の要因は、地球温暖化のほか都市化の影響や自然変動も含まれる。(図2)。

○福岡は 100年あたり 2.53° C の割合で昇温しており、変化傾向が最も大きくなっている。これは地球温暖化による昇温に加え、都市化の影響やより地域的な気候変動の影響を受けた結果と考えられる。(図2)。

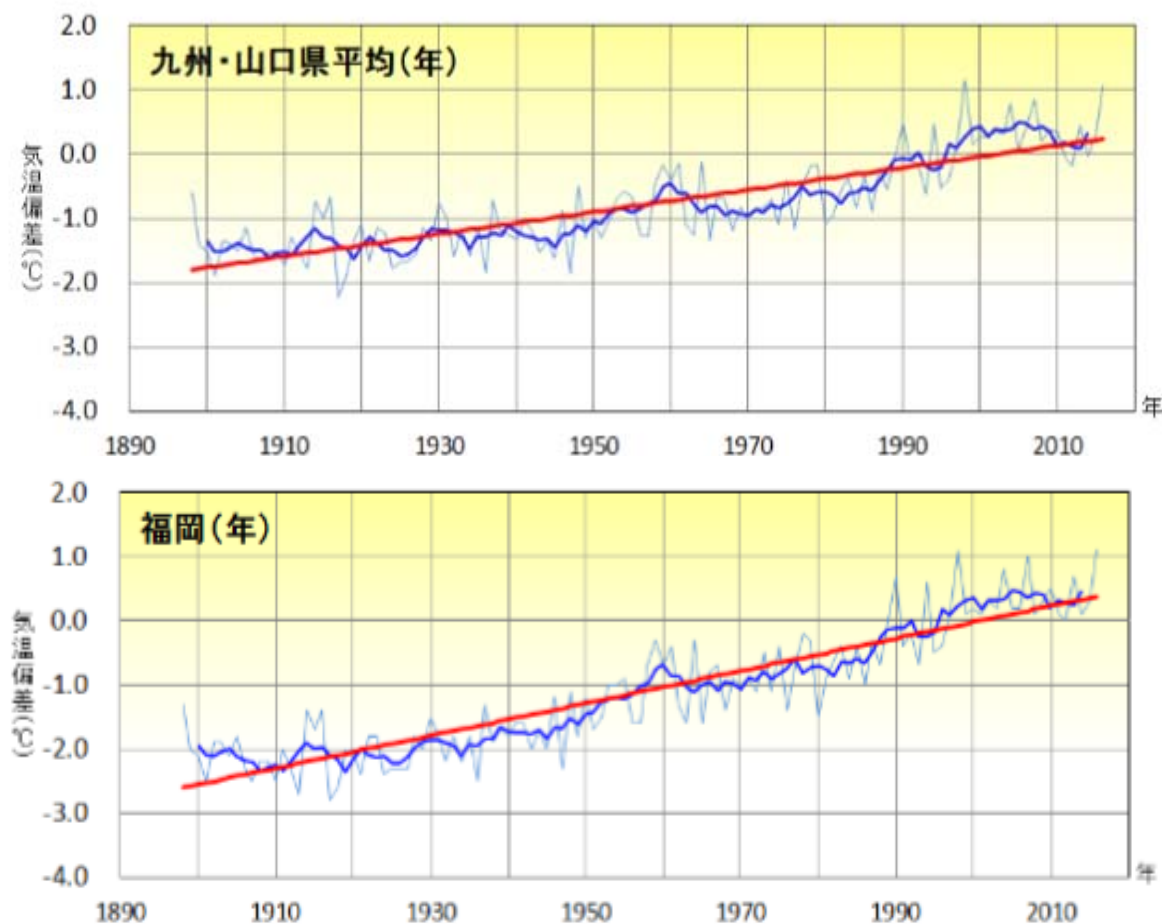


図2 九州・山口県及び福岡県における年平均気温の変化
平均気温は、気象官署での年平均気温の基準値からの差を平均した値を示している。

(参考)

熱帯夜・冬日等の変動

○変化傾向に大小があるものの、熱帯夜の日数は有意に増加している。一方、冬日は有意に減少している
○同様に真夏日・猛暑日の日数も優位に増加している。
(図3)。

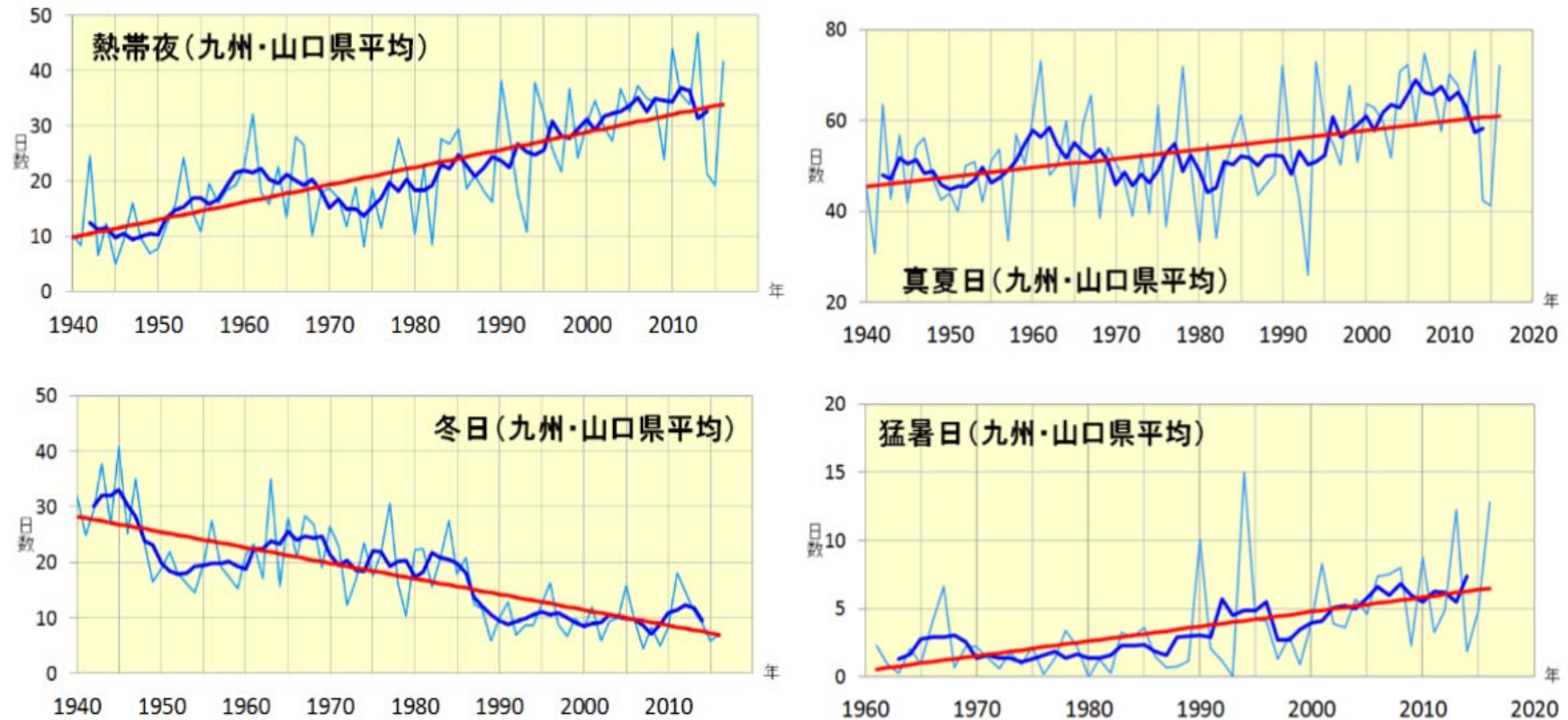
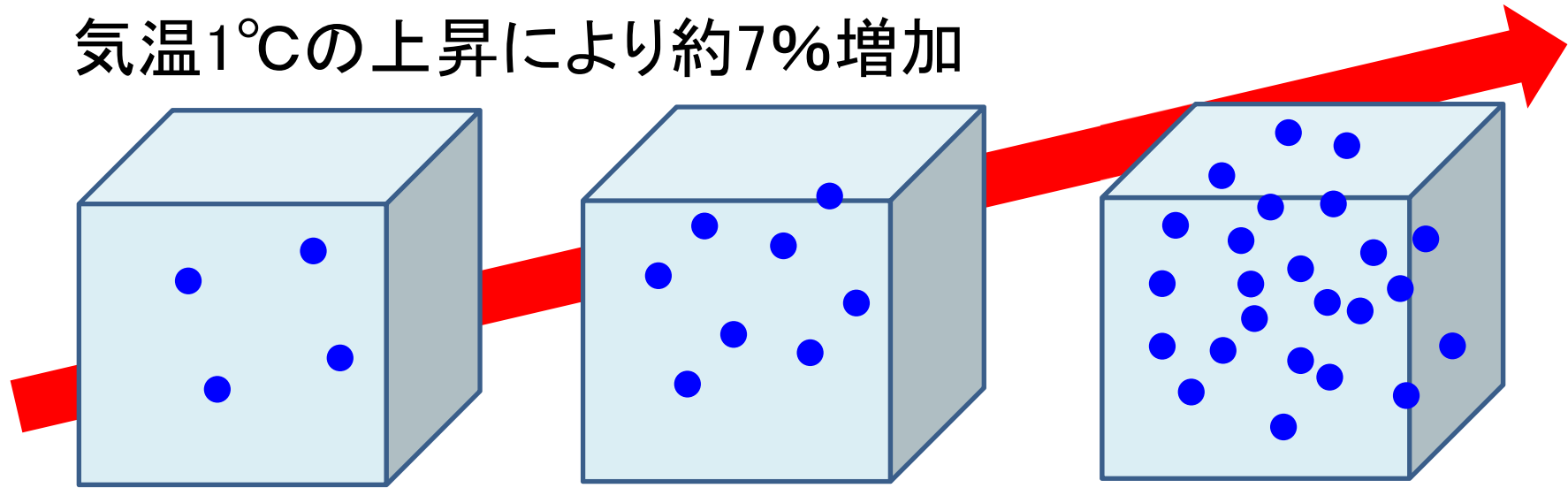


図 2.2.9 (上) 真夏日及び (下) 猛暑日の年間日数経年変化

図3 九州・山口県における熱帯夜・冬日などの年間日数の変化
年間日数の長期変化傾向をまとめた。

温暖化による大雨日数の変化と特徴

飽和水蒸気量は
気温 1°C の上昇により約7%増加



1時間～1日程度の短時間の大雨の強度は、
概ね大気中の水蒸気量に伴って増加

- 気温が高いほど、空気中に含むことができる水蒸気量は増加
→ 大雨の増加
- 水蒸気が飽和するまで時間がかかるようになる
→ 無降水日の増加(雨の降る日の減少)

気候・天候等の特徴

「気候変動監視レポート2016」の主な内容(気候変動)

降水量の変動

○日本の日降水量100mm以上の大雨の年間日数は増加しており、200mm以上の大雨の年間日数は増加傾向が明瞭に現れている。弱い降水も含めた降水の日数(日降水量1.0 mm以上)は減少している(図4)。

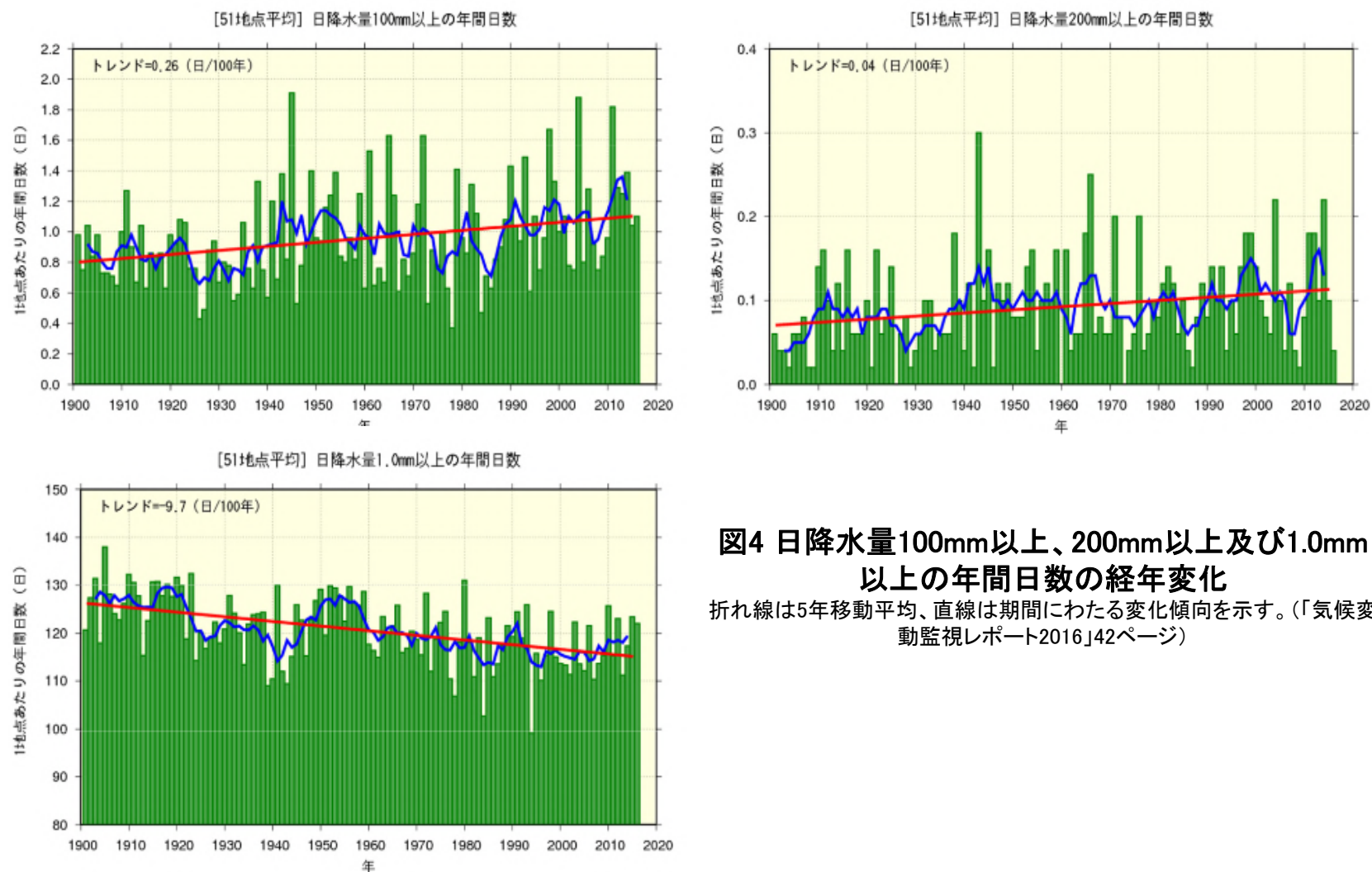
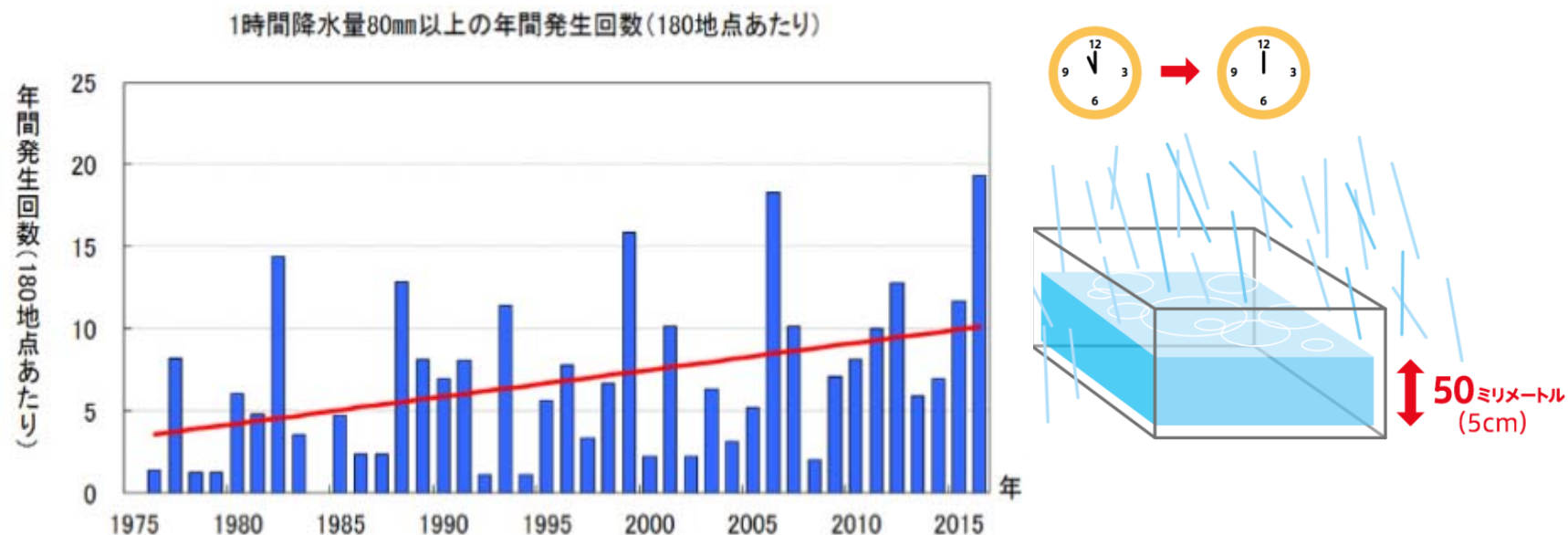


図4 日降水量100mm以上、200mm以上及び1.0mm以上の年間日数の経年変化

折れ線は5年移動平均、直線は期間にわたる変化傾向を示す。(「気候変動監視レポート2016」42ページ)

短時間強雨発生回数の長期変化傾向



アメダス地点で1時間降水量が50mm以上の年間発生回数
(九州・山口県1976～2016年)

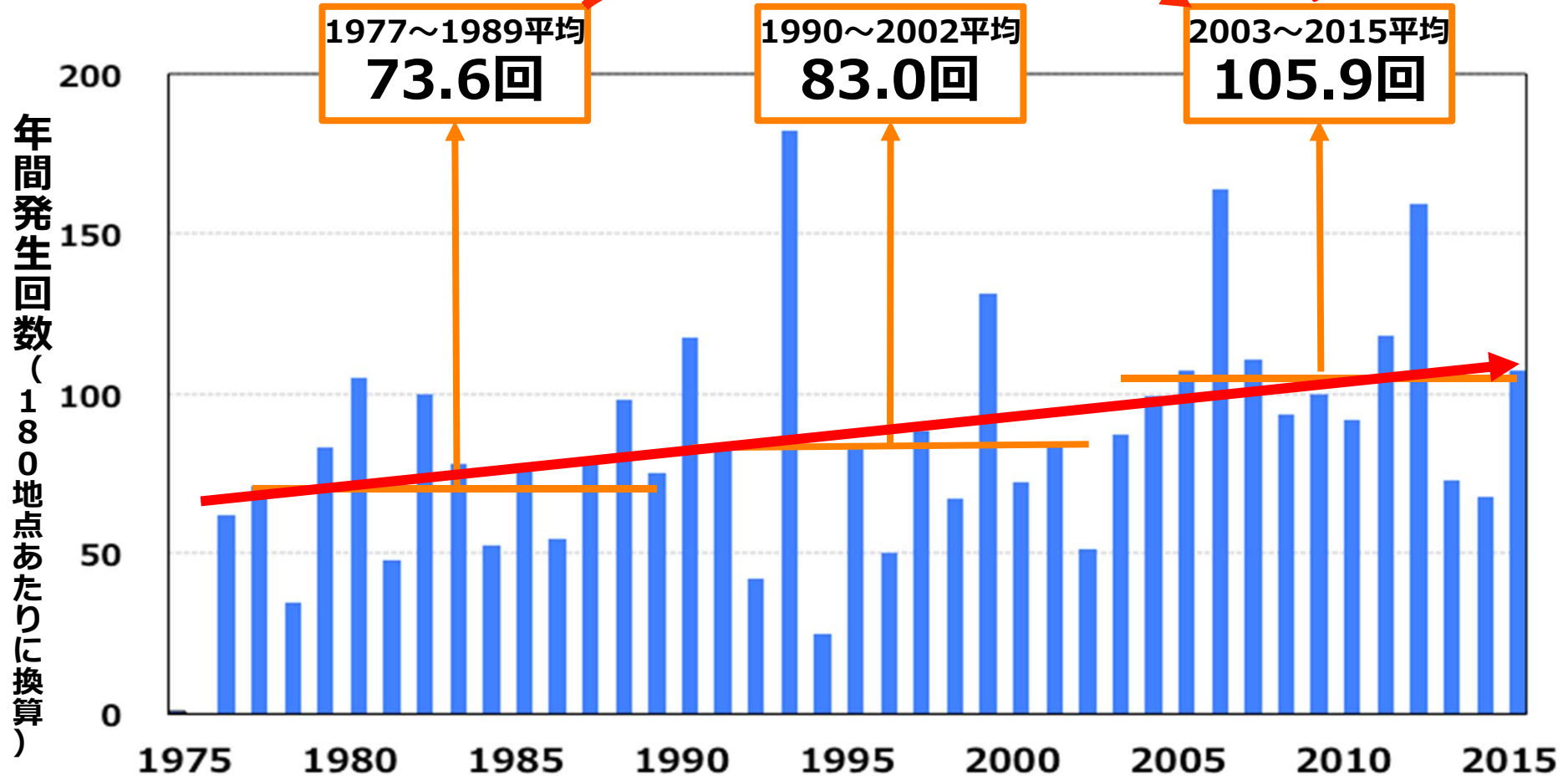
(180地点あたりの回数に換算) 赤い直線は優位な長期変化傾向を示す。

「非常に激しい雨」が増えると予想されている

* 観測地点数は多いので、一般的に空間的な広がり小さい短時間強雨などの極端な現象の出現傾向をみるには有効。

近年は「非常に激しい雨」の降る回数が増えている

約1.4倍に増加

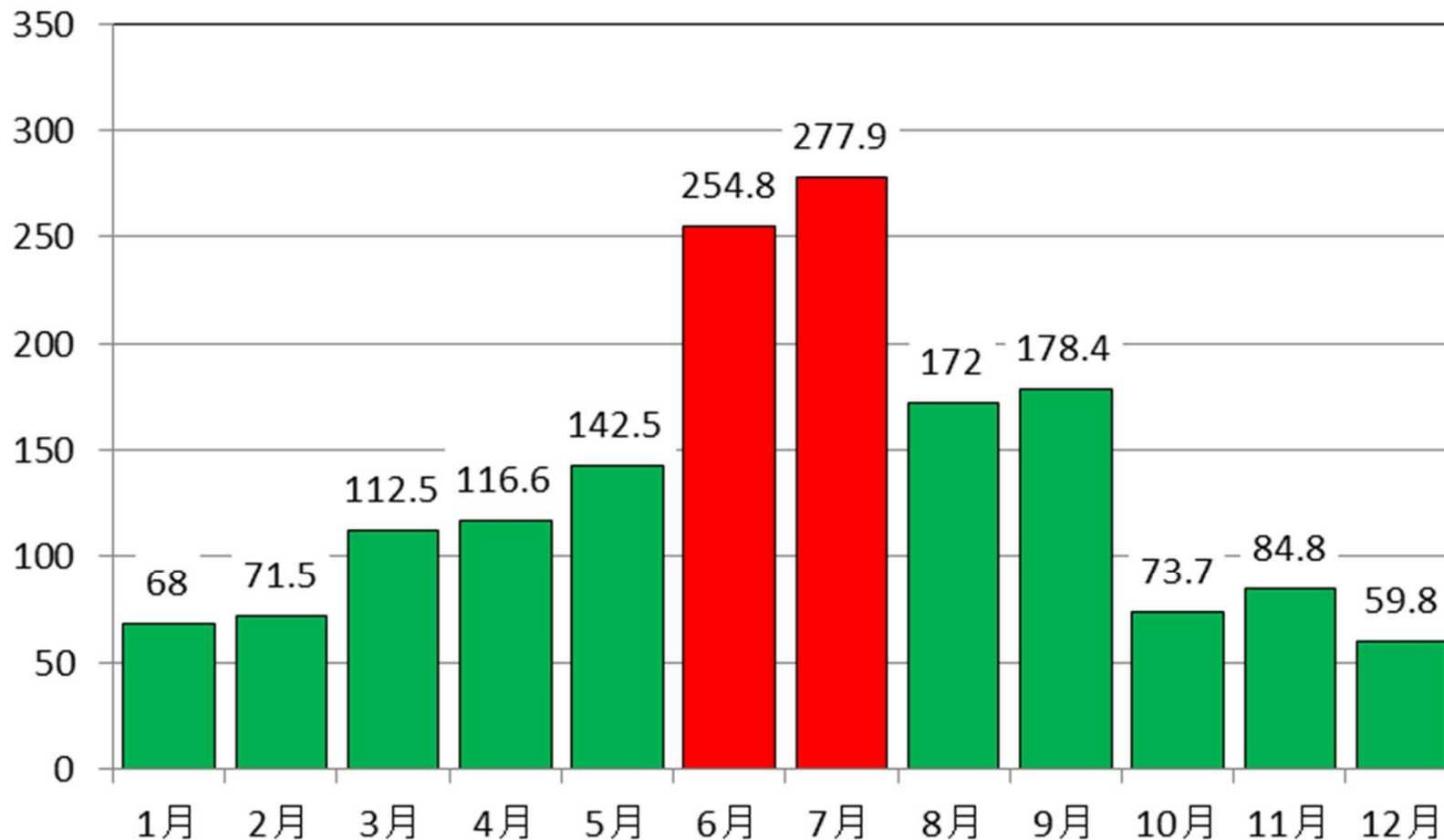


九州・山口県のアメダスの1時間降水量50mm以上の年間発生回数

我が国における短時間強雨の増加傾向は、地球温暖化が関連している可能性があるが、観測期間が短いことから、地球温暖化との関連性をより確実に評価するためには今後のさらなるデータの蓄積が必要。

福岡の月降水量（平年値）

福岡の月ごとの降水量（mm）統計期間：1981～2010年

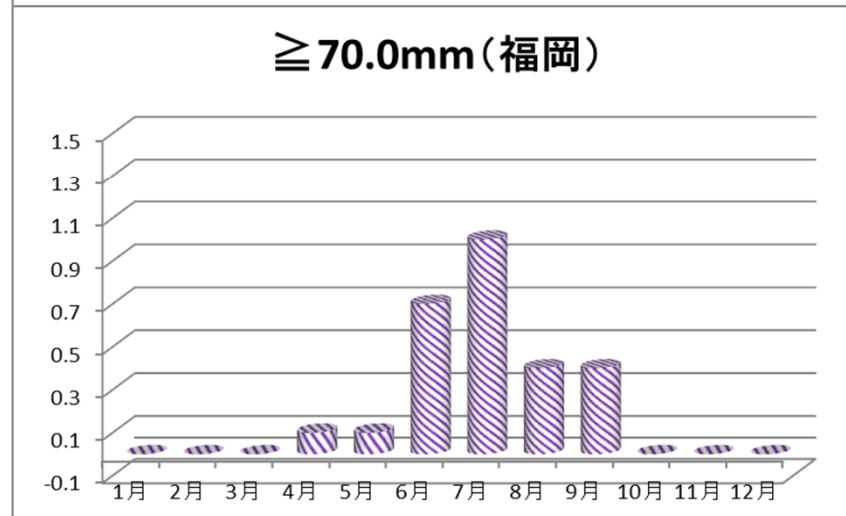
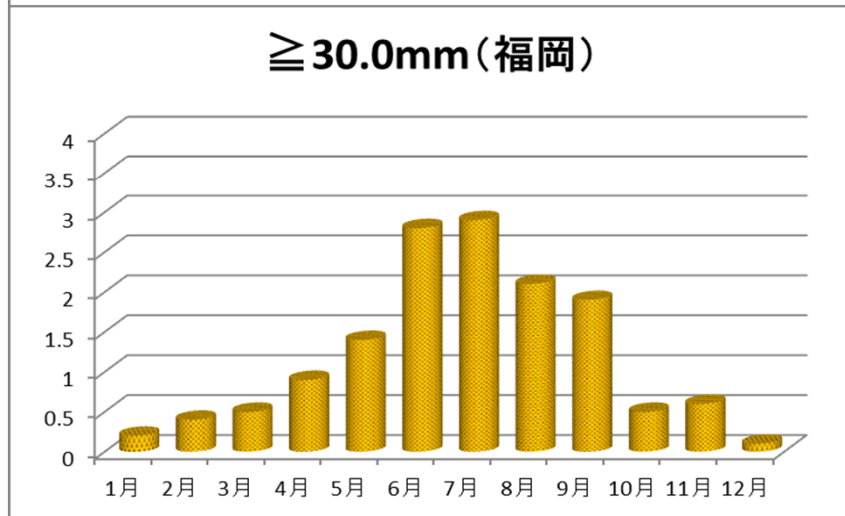
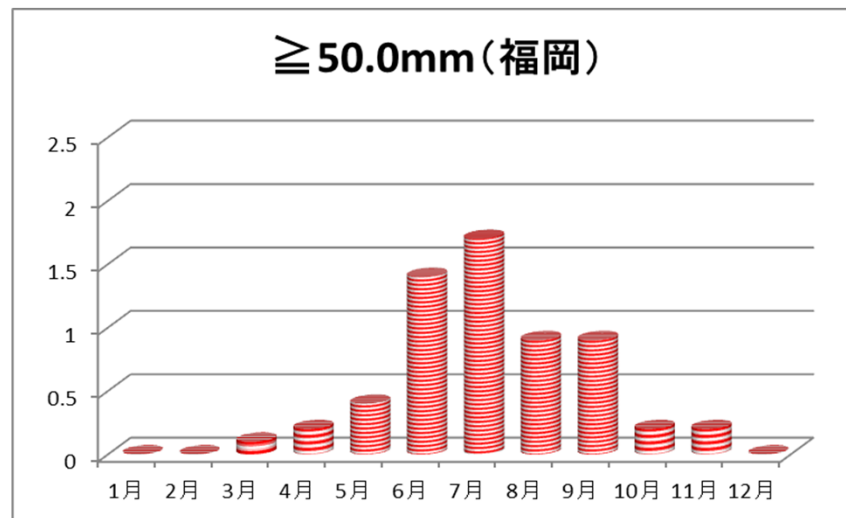
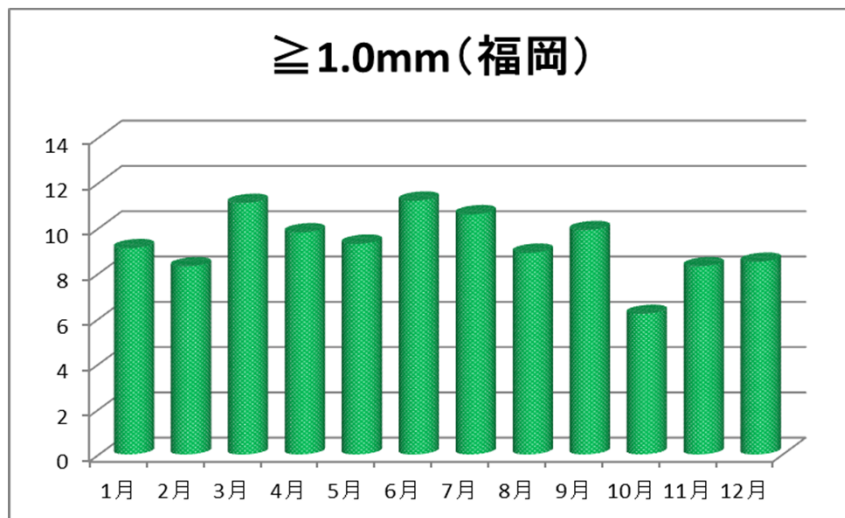


福岡の梅雨期間（6～7月）の降水量は532.7mm(平年値)
年間降水量1612.3mmの3割強が梅雨期間に降る

福岡管区気象台の階級別降水日数（平年値）

年間降水量：1612.3ミリ

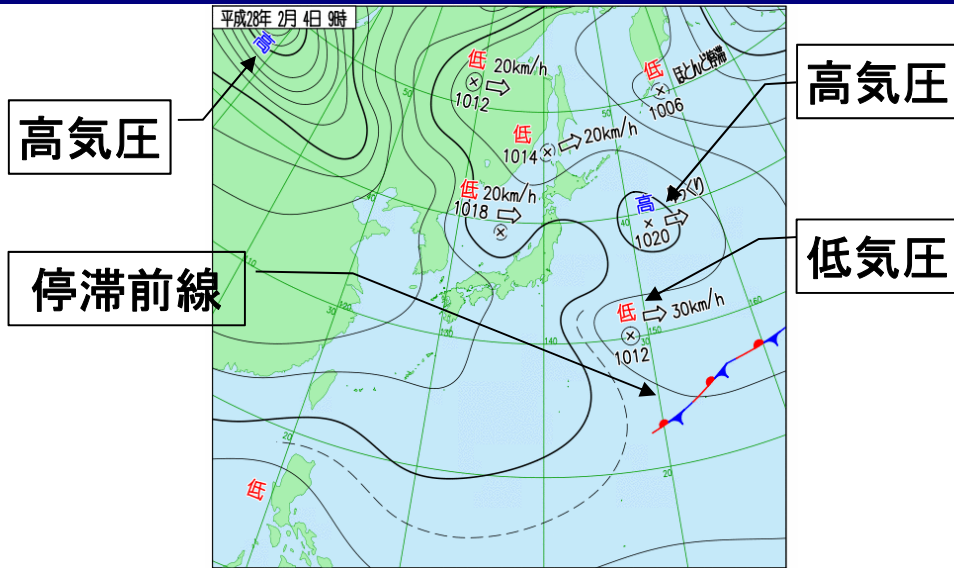
統計期間：1981～2010年



2. 天気図の見方

✓ 気象の基礎知識

地上天気図の種類



前線とは？

寒冷な気団と温暖な気団の境界線

気温、風向、風速の変化や降水を伴っていることが多い

天気図に記載されている前線の記号は以下のとおり

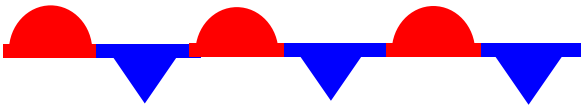
温暖前線



寒冷前線



停滞前線



閉塞前線

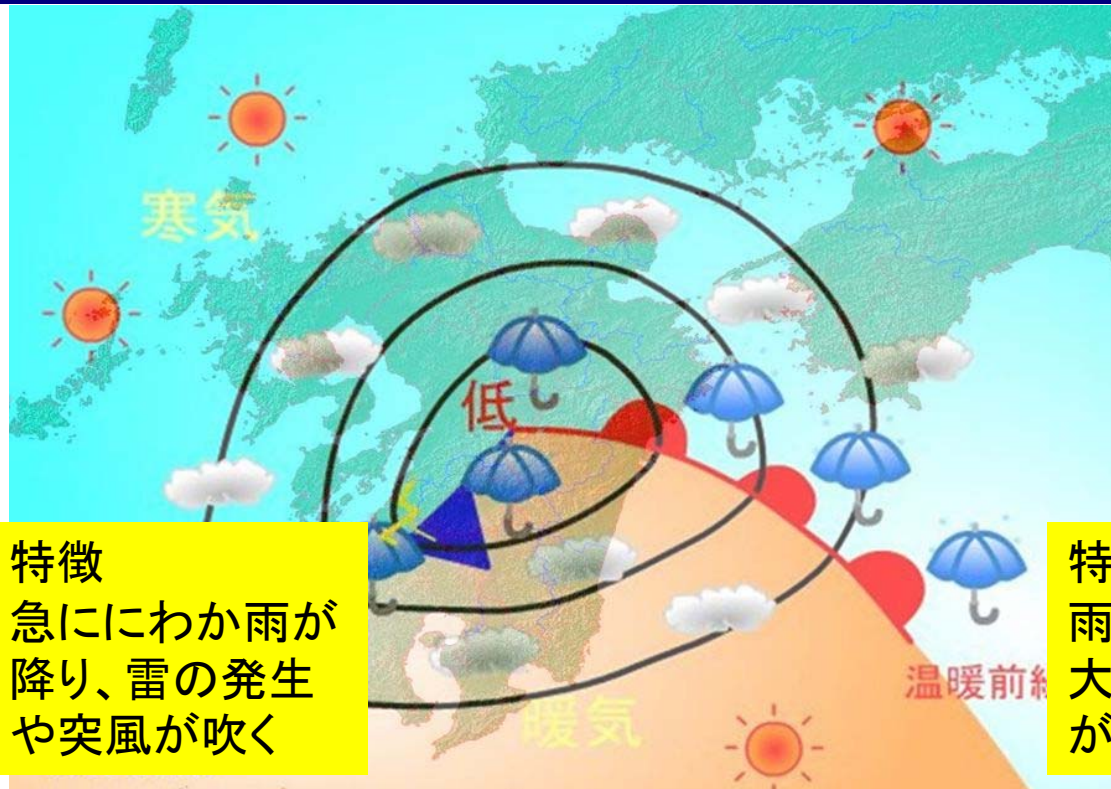


の4種類がある

寒冷前線の通過時には、雷や強い雨、突風が発生しやすい

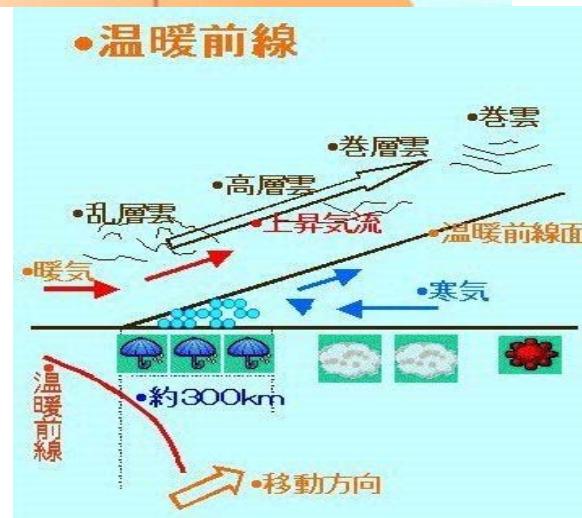
梅雨前線は停滞前線

低気圧の構造



特徴
急にわか雨が降り、雷の発生や突風が吹く

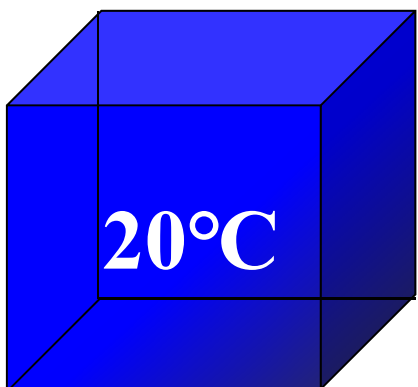
特徴
雨の範囲が広い。大雨になることがある



雨を降らせる雲

- **乱層雲** : 暗灰色の雲、天気が悪いときにでる雲。
雨雲とよばれるもの。
- **積乱雲** : 夏などの天気がよい日にできた積雲が発達してできる雲。
夏の夕立、雷雨をおこす雲**局地的大雨**を起こす。
台風や前線に伴って大気の状態が不安定な時にもできる。**集中豪雨**を起こす。

雲はどのようにしてできる？

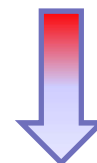


約 $17\text{g}/\text{m}^3$
(湿度100%の時の
水蒸気量)

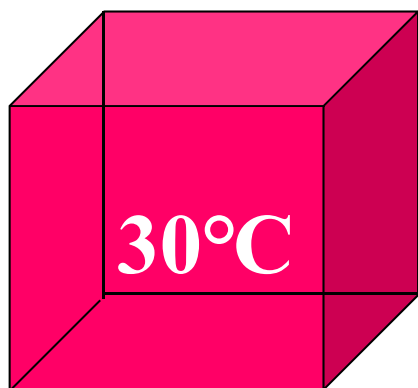
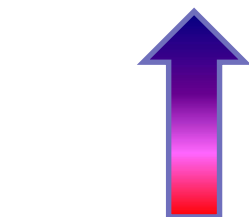
30°Cの空気が20°Cに
冷やされると



$$30\text{g} - 17\text{g} = 13\text{g}$$

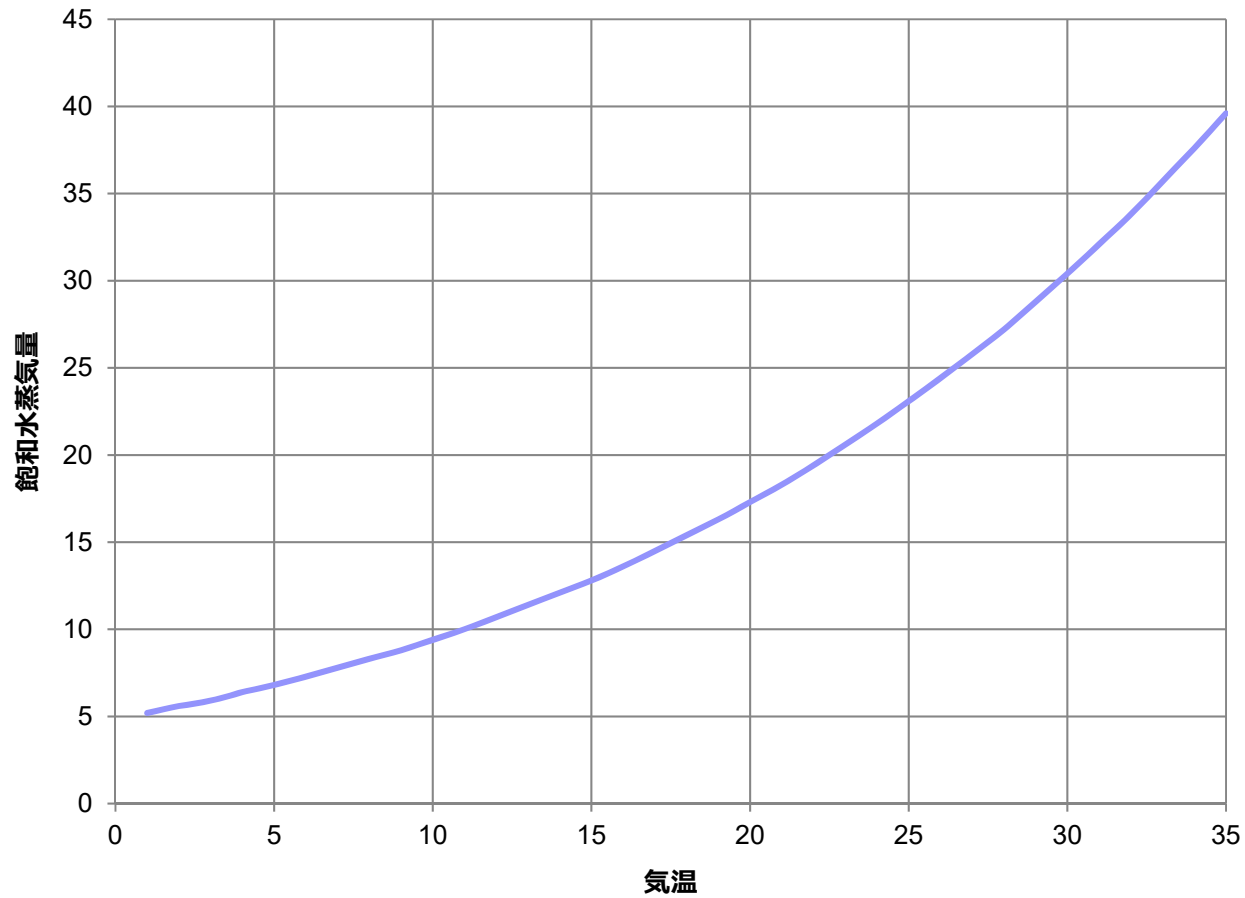


13gの水蒸気が
水の粒(雲)に変化する

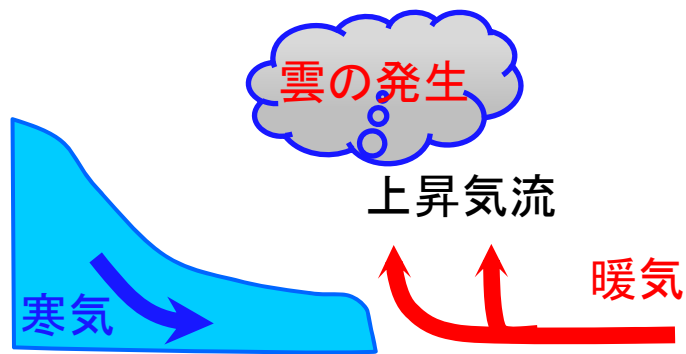


約 $30\text{g}/\text{m}^3$
(湿度100%の時の
水蒸気量)

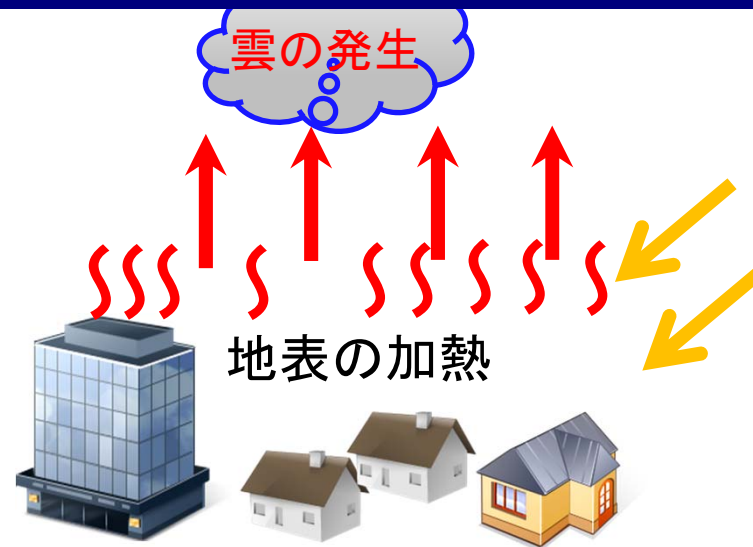
気温と飽和水蒸気量の関係



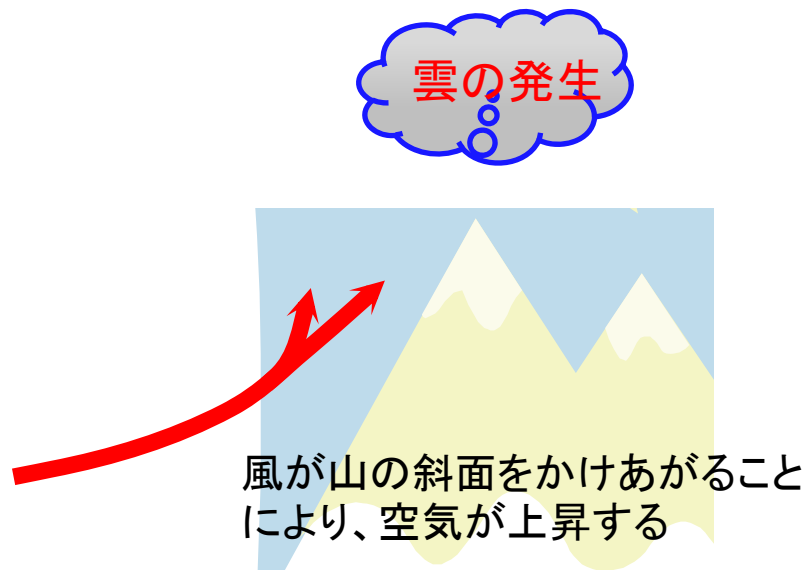
どんな時に地上から上空に向かって風が吹くのか



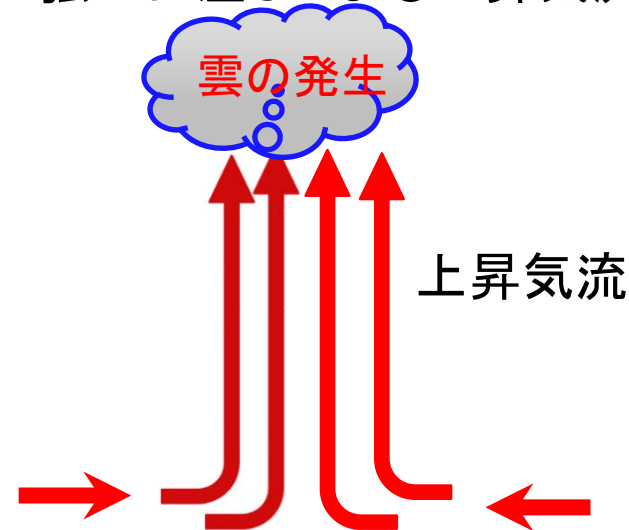
寒冷前線の寒気が暖気の下にもぐりこみ暖気が持ち上げられて上昇気流が発生する



強い日差しによる上昇気流



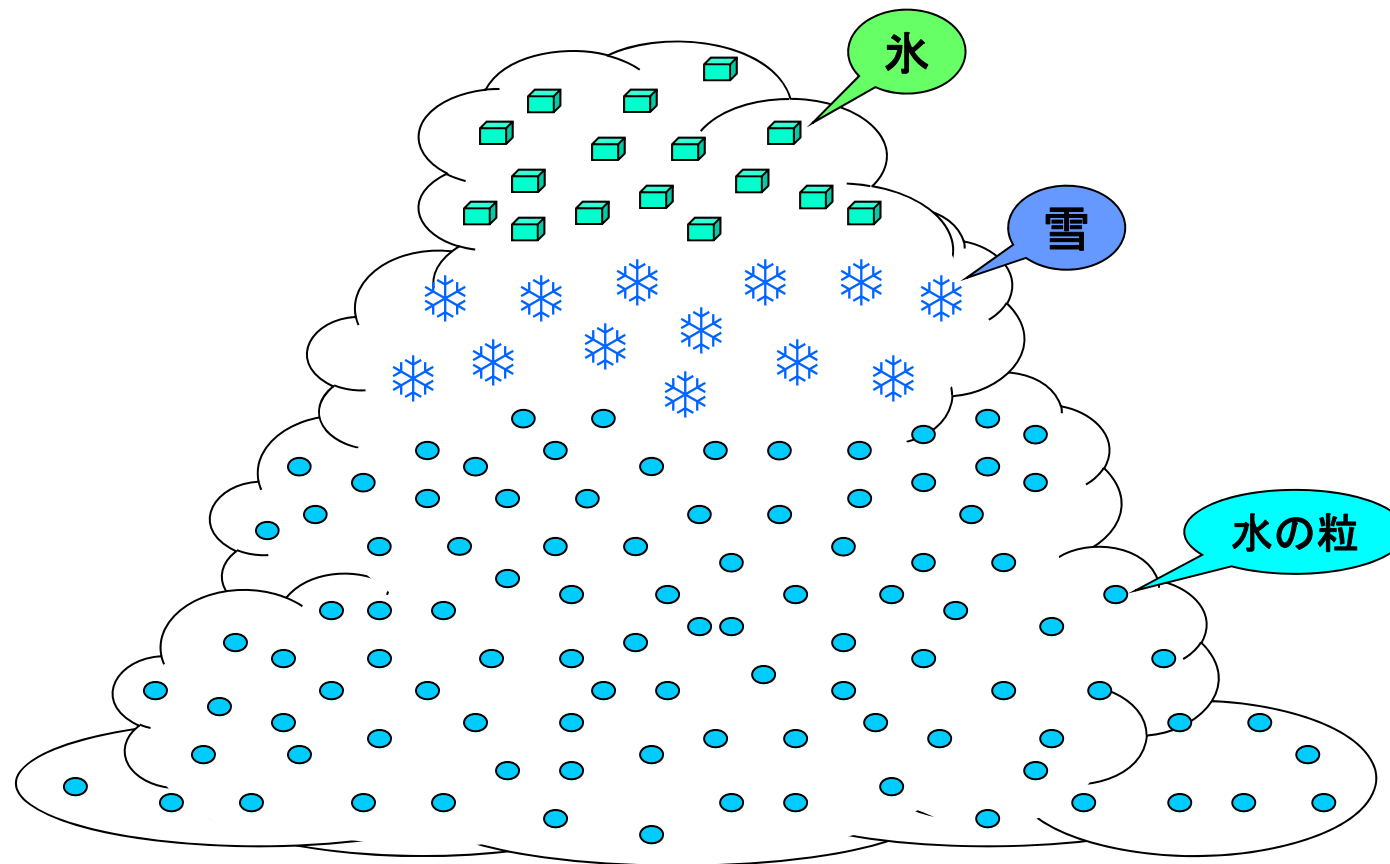
山による上昇気流



低気圧による上昇気流

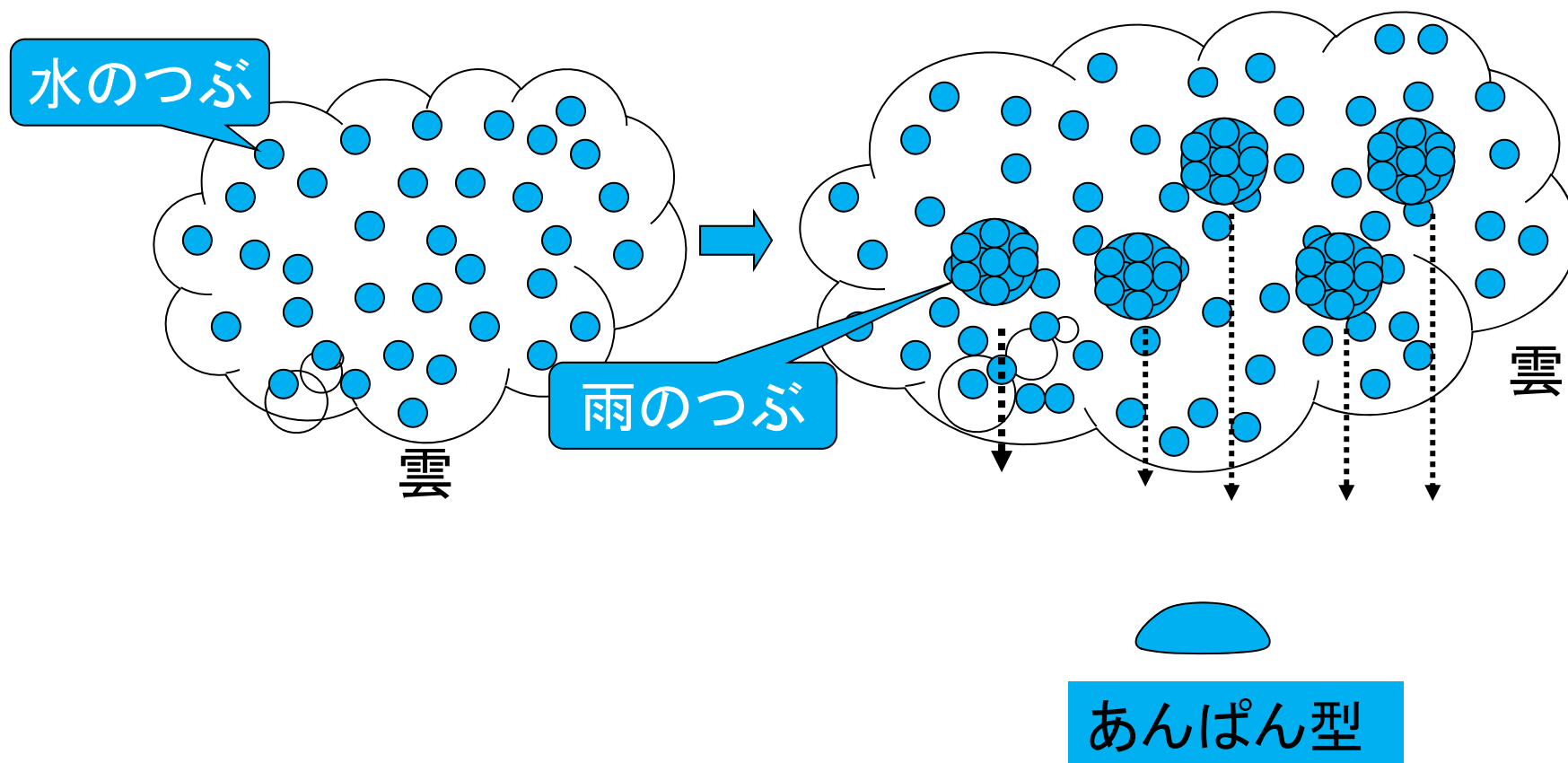
雲の正体

雲の正体は、水や氷などの小さな粒(つぶ)で、大きさは0.01mmぐらいです。



どうして雨がふる？

雲をつくっている水の粒は、とても小さくて軽いために落ちてきませんが、その水のつぶが合体して大きくなると、その重さにたえられなくなり、地上に落ちてきます。これが雨です。



3. 集中豪雨が発生するメカニズム

✓ 平成29年7月九州北部豪雨

毎日新聞 2017年7月6日朝刊

朝日新聞 2017年7月6日朝

読売新聞 2017年7月6日朝刊

家の中 一瞬で海

福岡・大分豪雨



朝倉1時間129ミリ
孤立救助要請殺到



「線状降水帯」が発生
福岡・大分豪雨
福岡・大分豪雨
福岡・大分豪雨

福岡・大分 記録的豪雨
特別警報 44万人避難指示

福岡県と大分県に記録的豪雨をもたらした線状降水帯は、福岡県朝倉市と大分県朝倉市に発生し、両市に避難指示が出ている。福岡県朝倉市では、朝倉市立朝倉小学校で避難指示が出ている。大分県朝倉市では、朝倉市立朝倉小学校で避難指示が出ている。



10人安否不明 朝倉で孤立多数
1時間雨量 朝倉129.5ミリ

九州豪雨 11人安否不明

福岡・大分 43万人に避難指示
住民孤立 自衛隊派遣要請



福岡南部・大分大層被害状況
福岡県朝倉市で発生した豪雨による被害状況。朝倉市立朝倉小学校で避難指示が出ている。大分県朝倉市でも避難指示が出ている。

毎日新聞 2017年7月6日夕刊

読売新聞 2017年7月6日夕刊

1人死亡 22人不明

福岡・大分豪雨



日田で土砂崩れ
1人が心筋停止 複数集落が孤立

福岡県日田市で発生した豪雨による土砂崩れ。1人が心筋停止、複数集落が孤立した。日田市では、日田市立日田小学校で避難指示が出ている。

押し寄せた恐怖



朝日新聞 2017年7月6日夕

線状降水帯が停滞

九州北部に記録的な豪雨をもたらしたのは、積乱雲が次々と発生する「線状降水帯」だった。気象庁の説明によると、日本付近に停滞する梅雨前線に向かって、太平洋高気圧の縁をなぞるように南から非常に湿った空気が流れ、九州北部の梅雨前線と雲雨の仕組みがメーシ

5日の梅雨前線と線状降水帯の動き

午前3時、午前6時、午後3時、午後6時

線状降水帯が停滞した地域

平成29年7月九州北部豪雨 朝倉市の被害

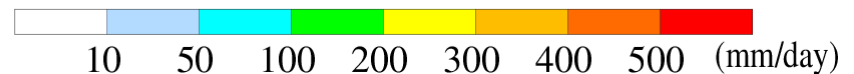
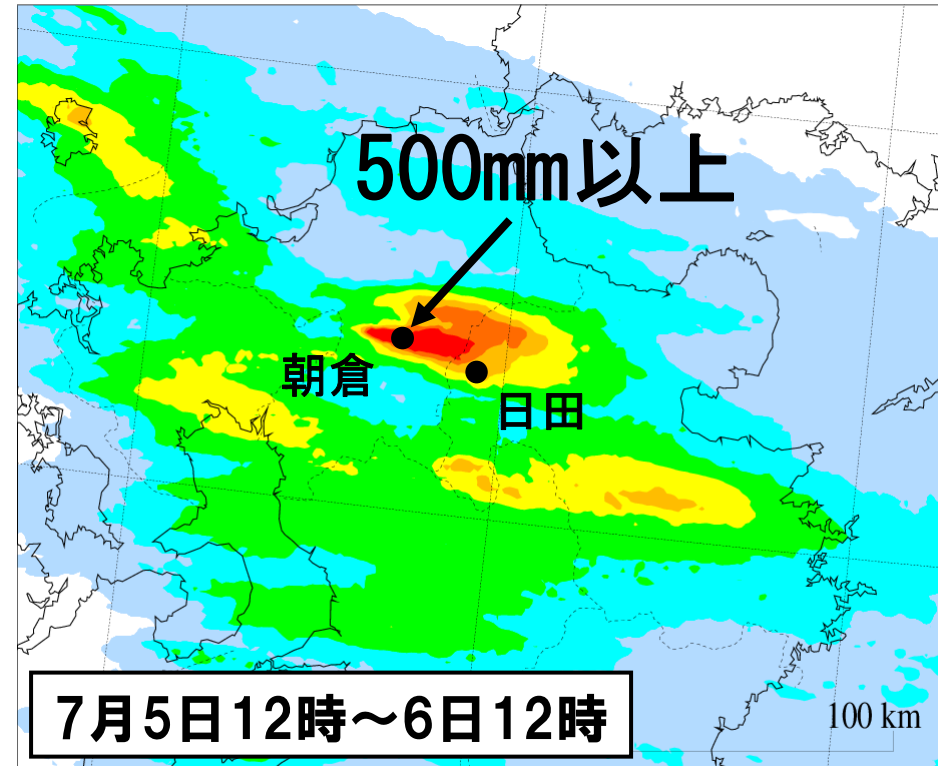
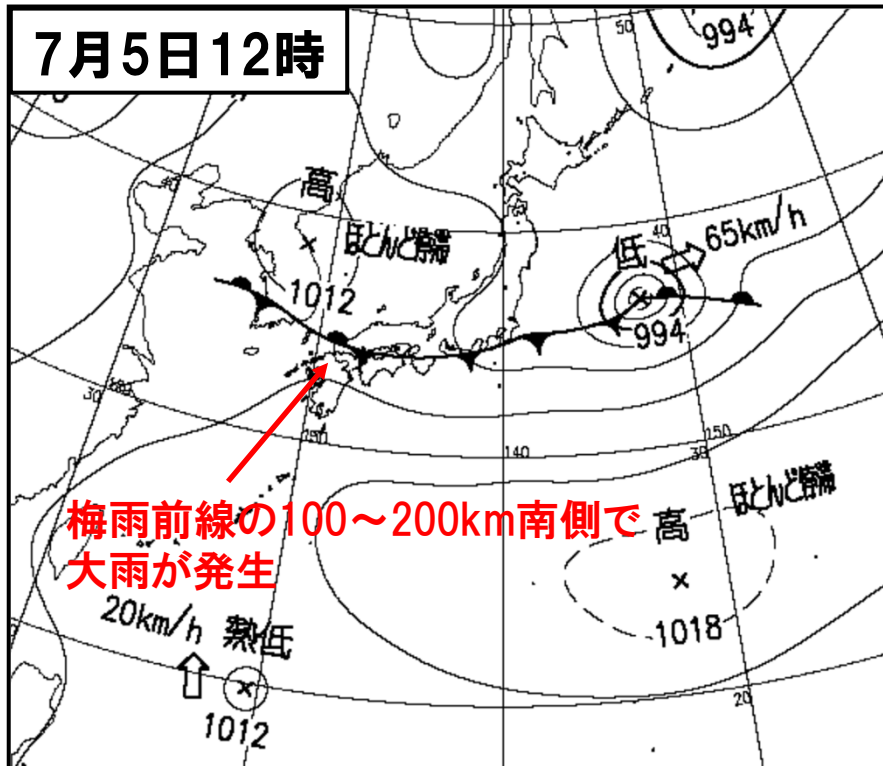
撮影：福岡管区気象台



平成29年7月九州北部豪雨 大雨の概要

速報地上天気図

24時間積算降水量



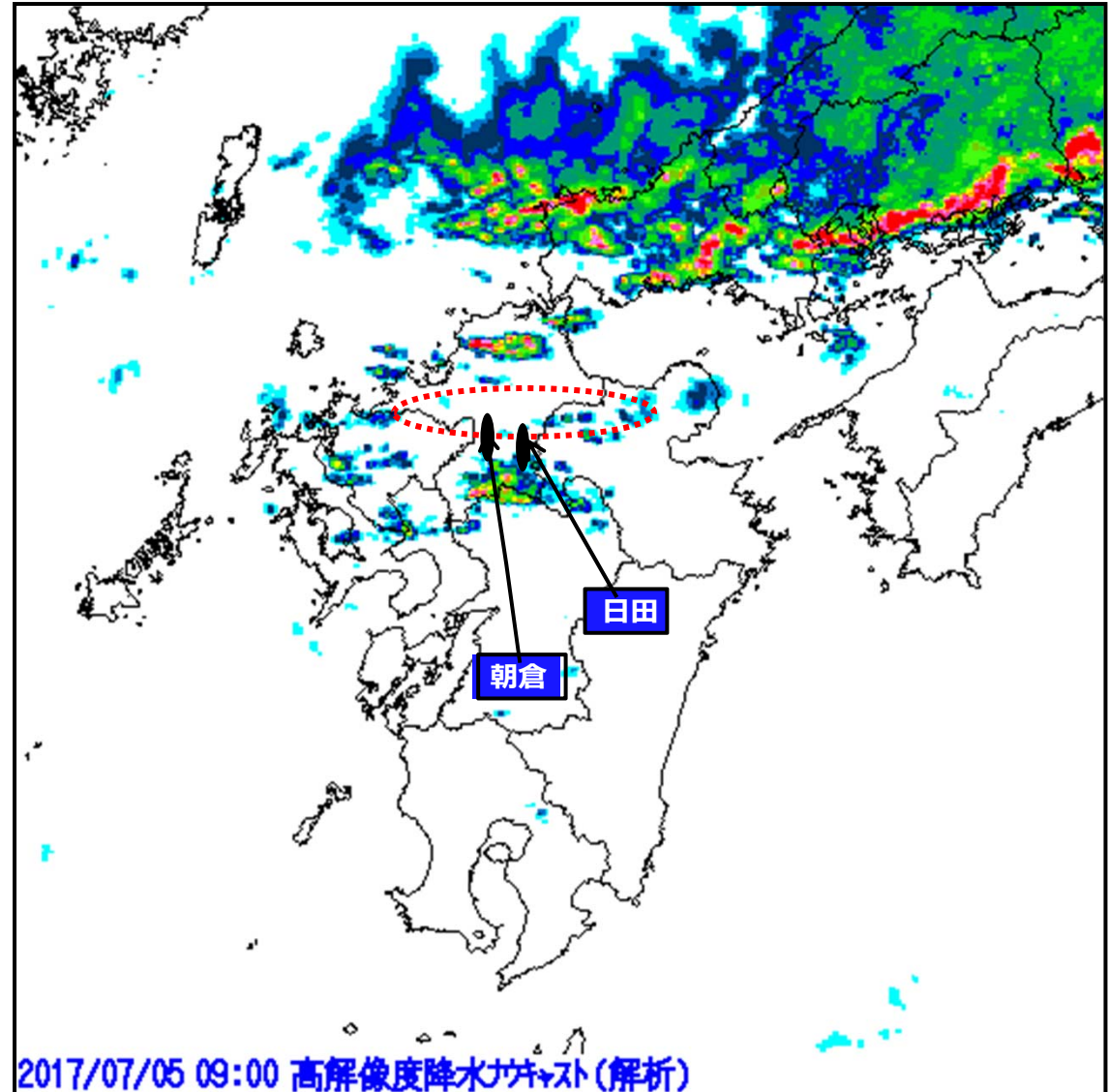
- 大雨は、梅雨前線の100~200km南側で発生した。
- 福岡県、大分県では、500mmを超える記録的な降水量だった。

平成29年7月九州北部豪雨 大雨をもたらした線状降水帯_動画

※ 公社注釈付加

講習会では気象レーダーの動画でした。
動画の期間は7月5日9時から24時まで
で、朝倉市や日田市に大雨をもたらした状
況がわかる動画でした。

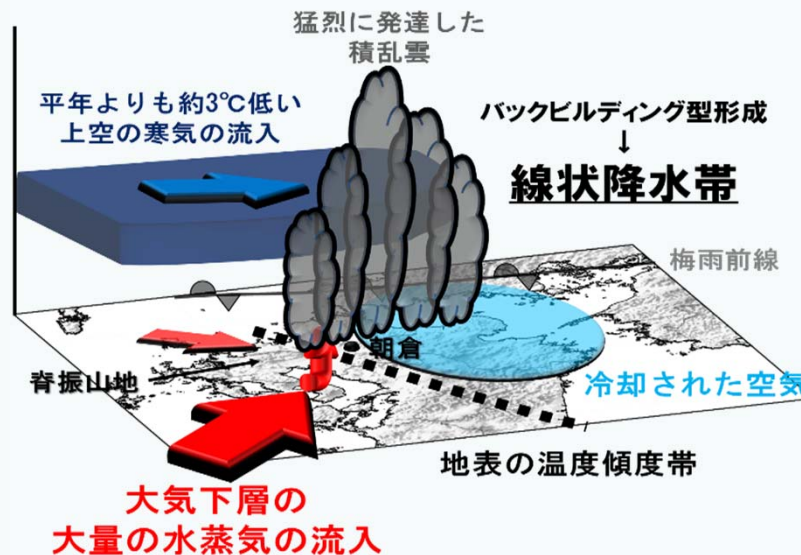
次々と雨雲が発生し、発達した積乱雲が列
をなし、組織化した積乱雲群によって、数時
間にわたってほぼ同じ場所を通過すること
で作り出される、線状に伸びる強い降水をと
もなう雨域を線状降水帯といいます。



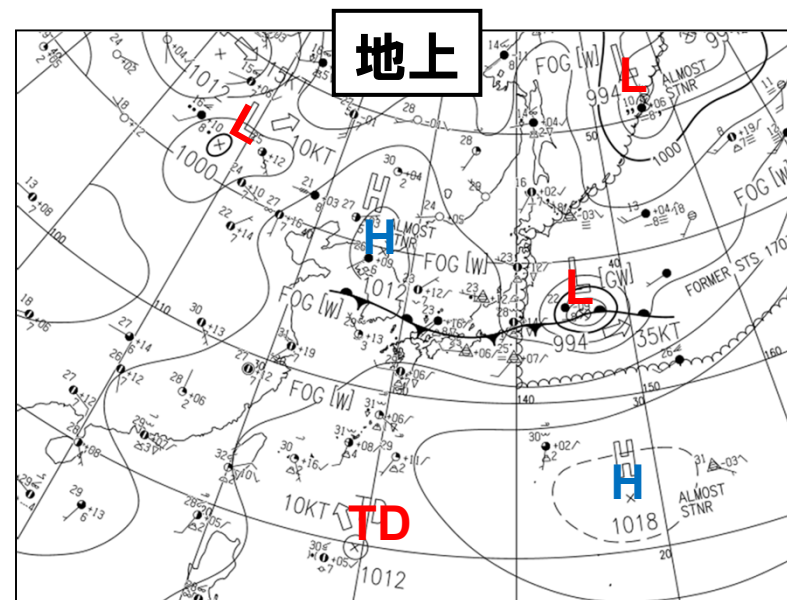
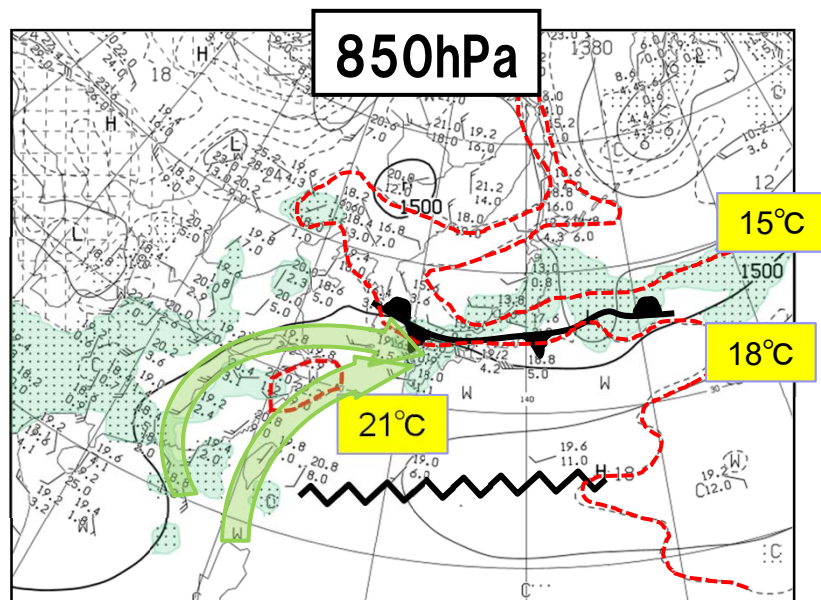
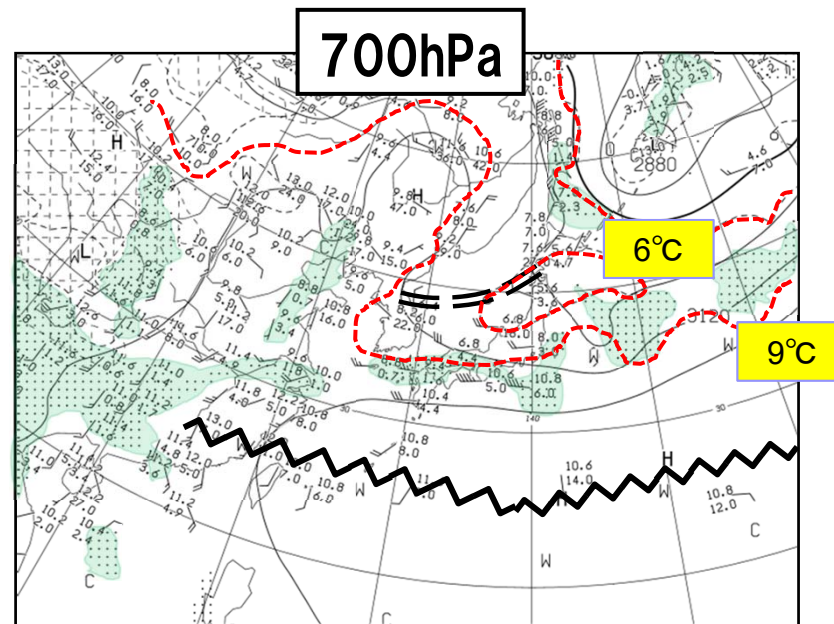
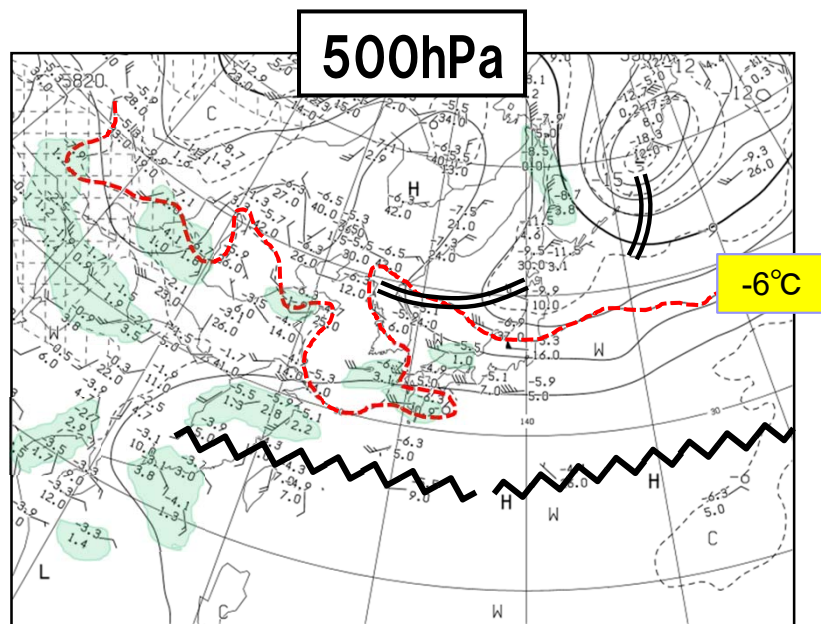
報道発表の骨子(気象研究所発表)

- 大気下層での南西風による大量の水蒸気の流入
- 上空の寒気流入による不安定な大気状態
- 積乱雲が次々と発生することで線状降水帯が形成
- 線状降水帯の強化・維持への脊振山地の寄与

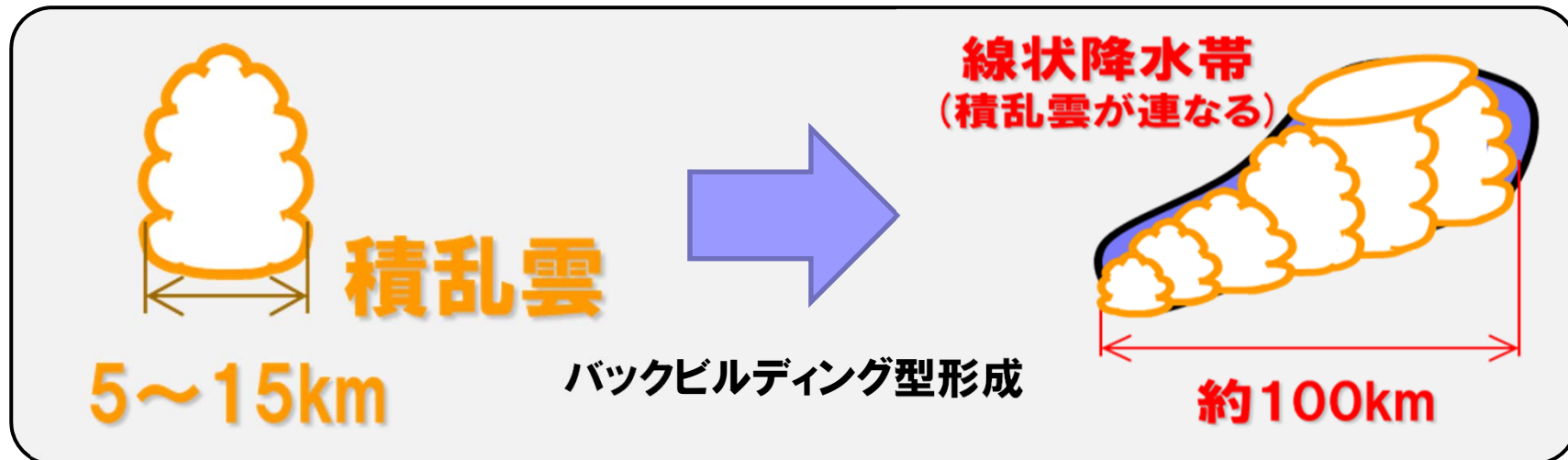
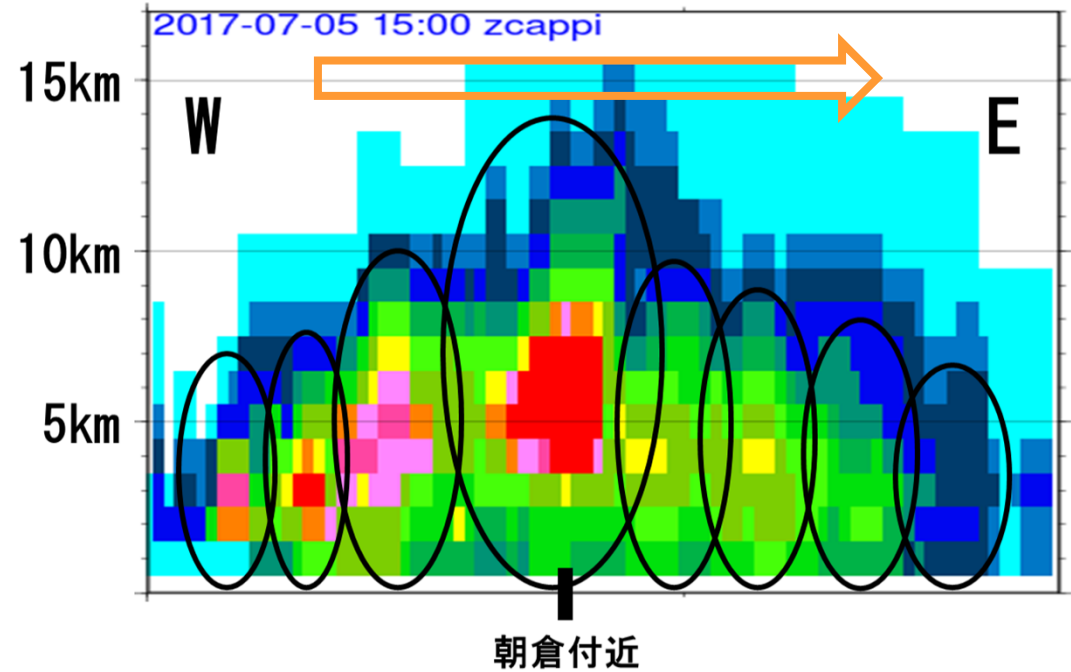
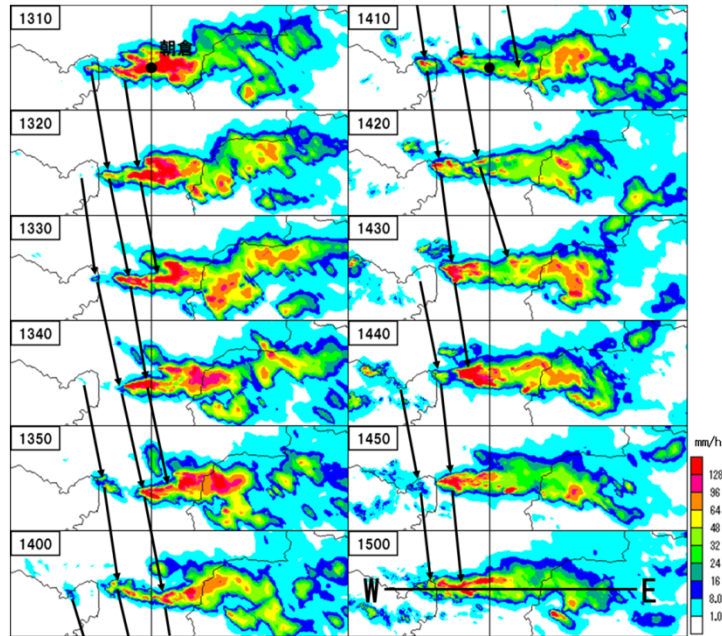
今回の大雨の
発生要因の概念図



高層天気図と地上天気図 (2017年7月5日09時JST)



線状降水帯の形成過程 バックビルディング型形成



積乱雲 → メソ対流系 → 線状降水帯



積乱雲



積乱雲群
(メソ対流系)



線状降水帯

線状降水帯

集中豪雨をもたらす降水系の代表例
線状に組織化された降水帯（スコールライン）

Bluestein and Jain (1985)
アメリカ中西部で観測されたスコールライン

- 破線型 (broken line)
- バックビルディング型 (back building)
- 破面型 (broken areal)
- 埋め込み型 (embedded areal)

4種類に分類
その形成過程や事例数について調査（右図）。

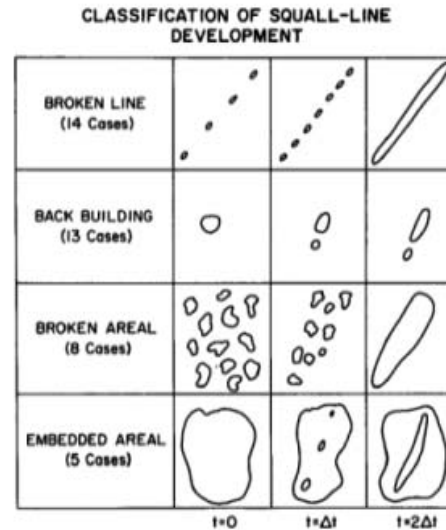
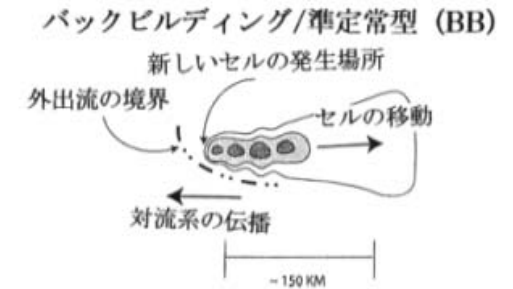


FIG. 1. Idealized depiction of squall-line formation.

スコールラインの形成過程と分類(事例数)
Bluestein and Jain, 1985 より



第9図 レーダーで見たバックビルディング (BB)/準定常型レインバンドの模式図 (Schumacher and Johnson, 2005). 外出流境界 (outflow boundary) は冷気外出流の先端を表し、多くの BB 型メソ対流系で見られる。図の下端に示した距離のスケールは近似的なもので、与えられた時刻に存在する成熟期の対流セルの数などによって大きく違うことがある。

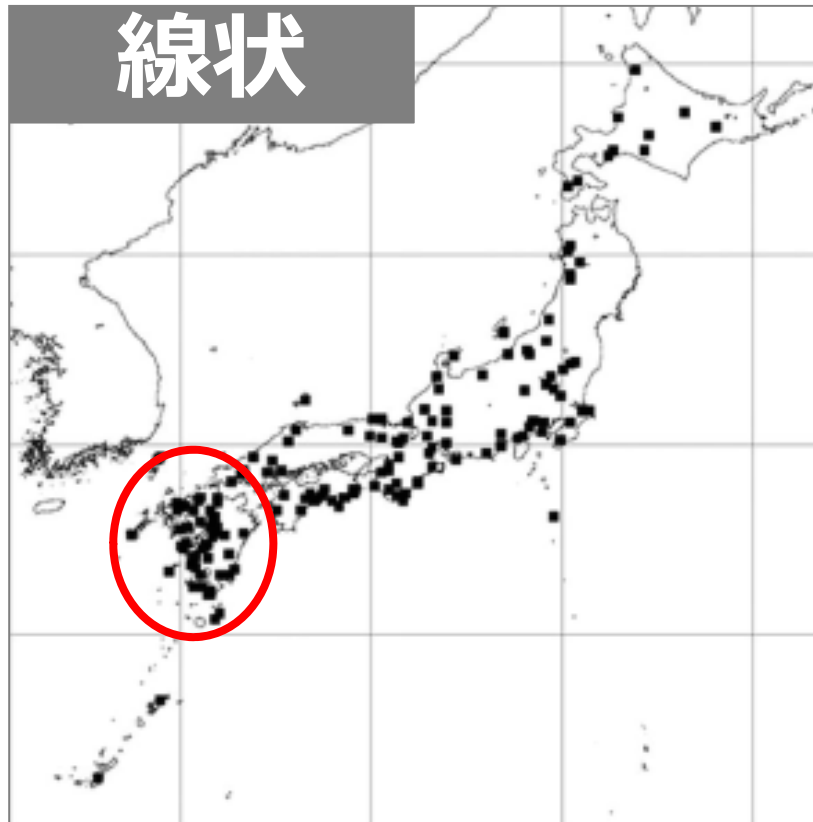
小倉・新野(2006)より

日本では、1980年代に発生した顕著な集中豪雨13例のほとんどが、バックビルディング型の線状降水帯によってもたらされたとの報告があります（小倉 1991）。

バックビルディング型とは、対流系下層にたまった厚い冷気層からの外出流と流入してくる一般場の風とが衝突して新しい対流セルを発生させる過程によって形成される線状降水帯のことを指します（右上図）。

バックビルディング型線状降水帯やメソ対流系に関する解説は、小倉（1990, 2006a, 2006b）や吉崎（1999a, 1999b）に詳しいのでご参照ください。

降水系の形状別の集中豪雨事例の分布



各点は、各集中豪雨事例における最大前24時間積算降水量の場所

九州の集中豪雨は、ほとんどが線状降水帯によるものである

参考文献 天気61巻 (2014年)

集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析

津口裕茂・加藤輝之

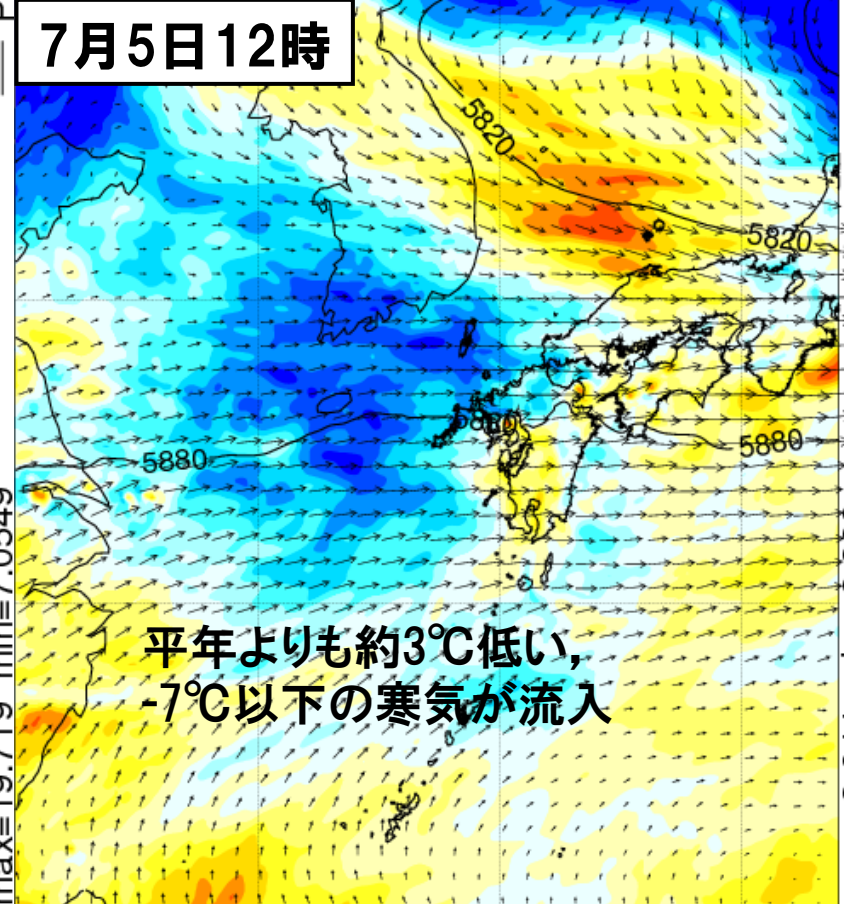
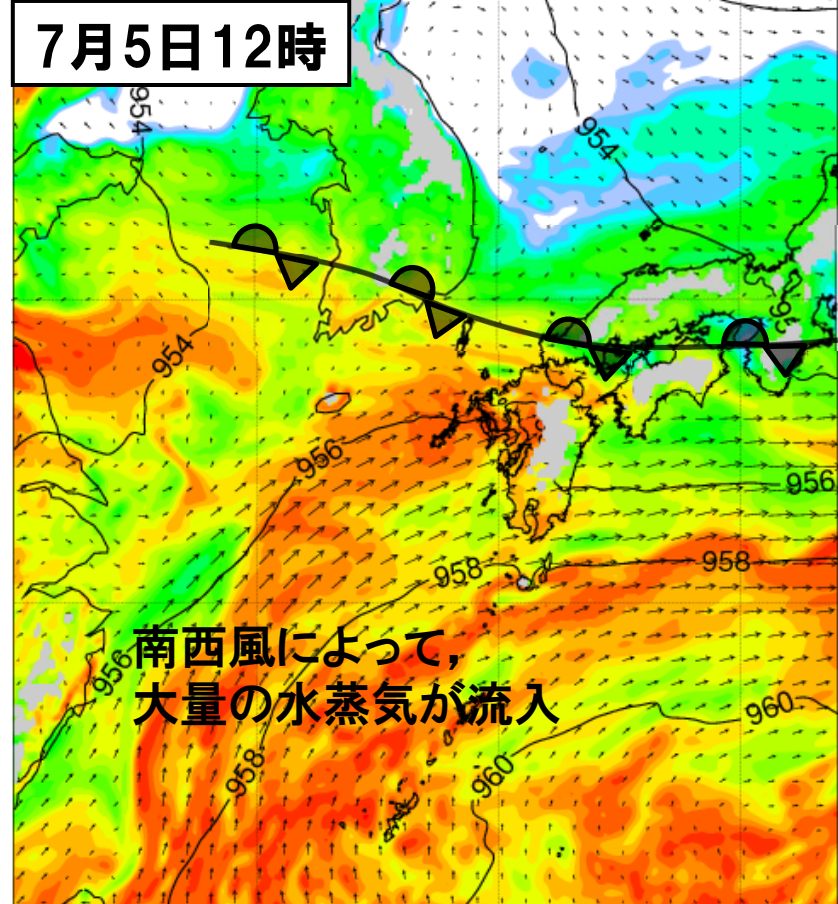
大気下層の水蒸気の流入と上空の寒気の流入

高度500mの水蒸気量

上空5500m付近の気温

MSM Initial:2017.07.05.12JST
Valid:05.1200JST (t= 0h 0m)

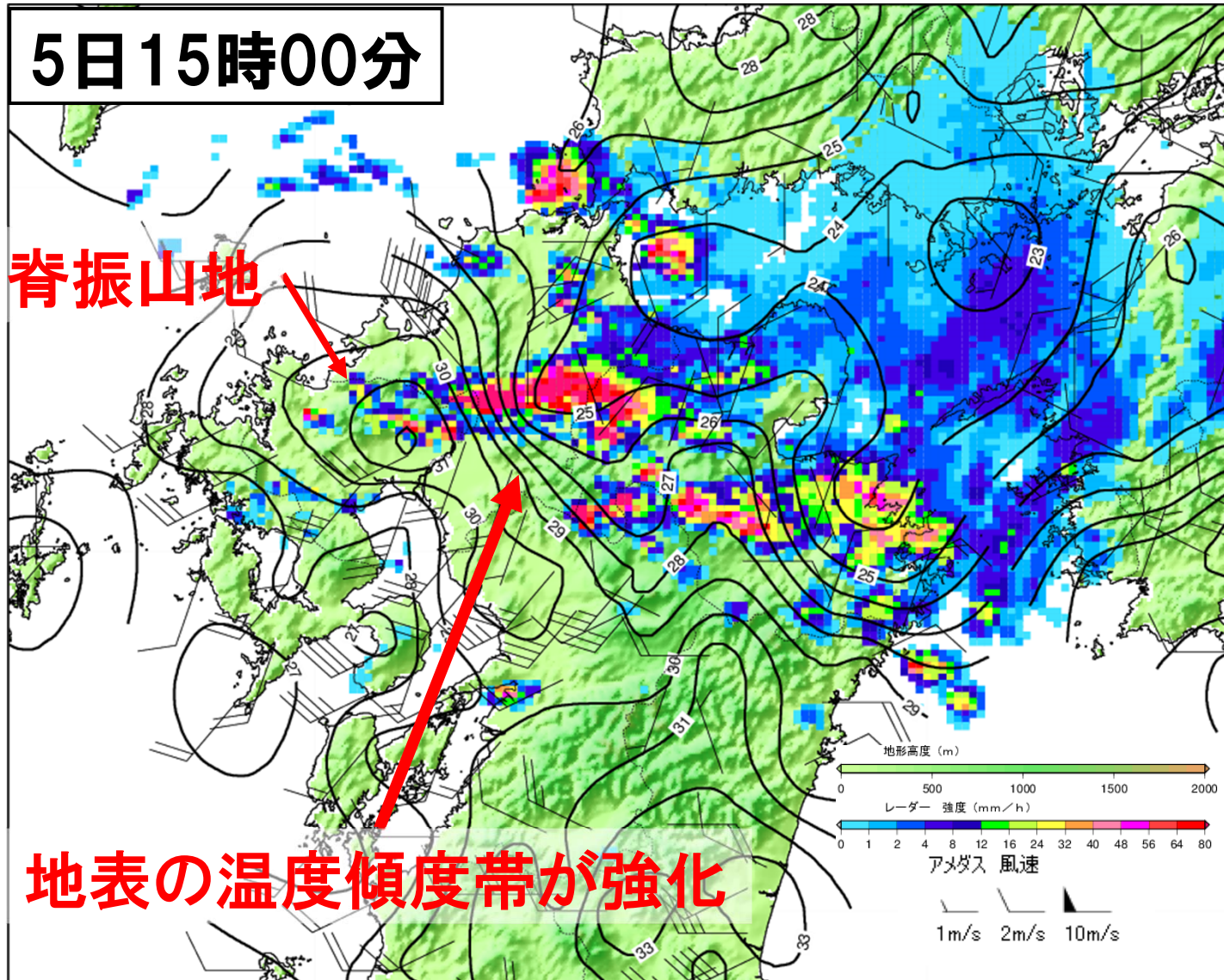
MSM Initial:2017.07.05.12JST
Valid:05.1200JST (t= 0h 0m)



11.0 13.0 15.0 17.0 19.0 g/kg →32.0m/s

-7.00 -6.25 -5.50 -4.75 -4.00°C →32.0m/s

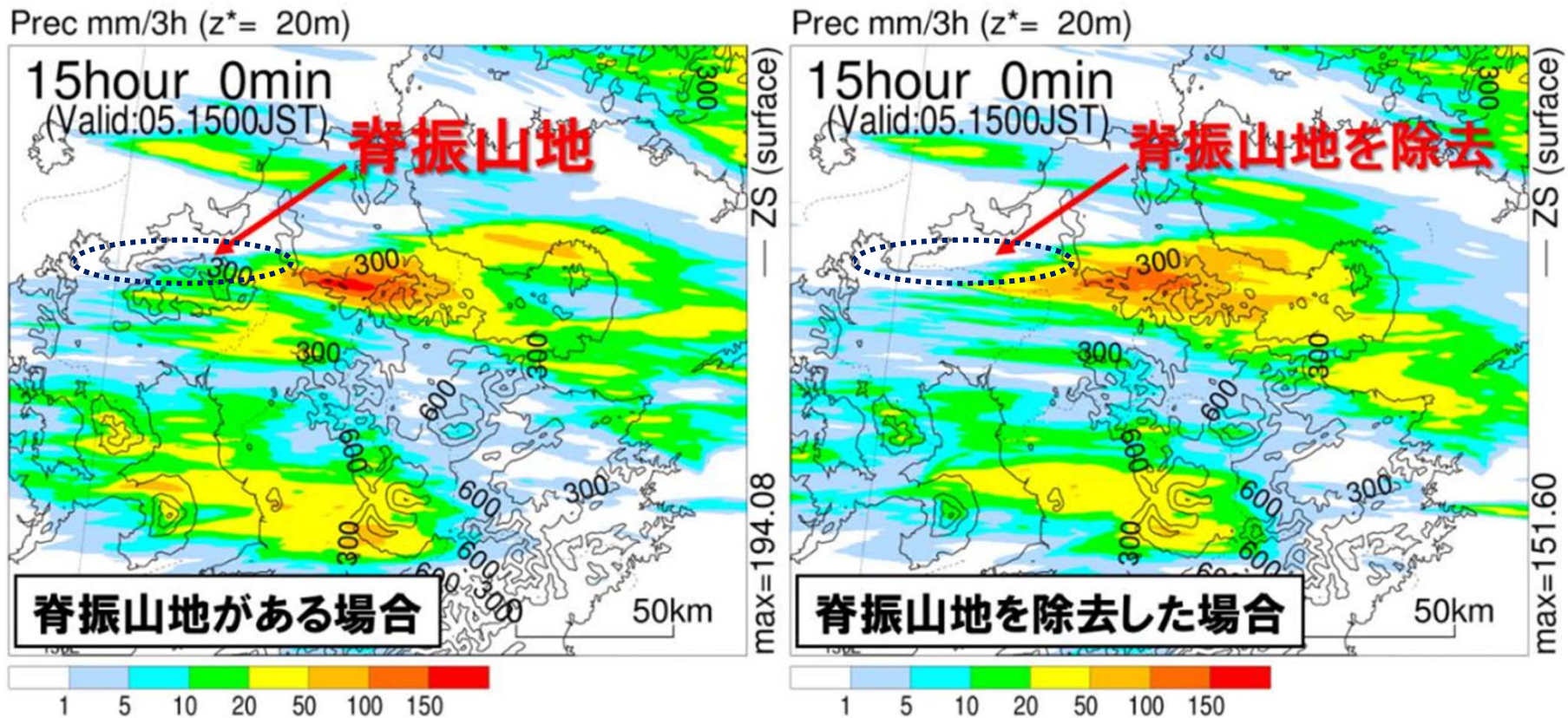
地表の温度傾度帯と線状降水帯の形成



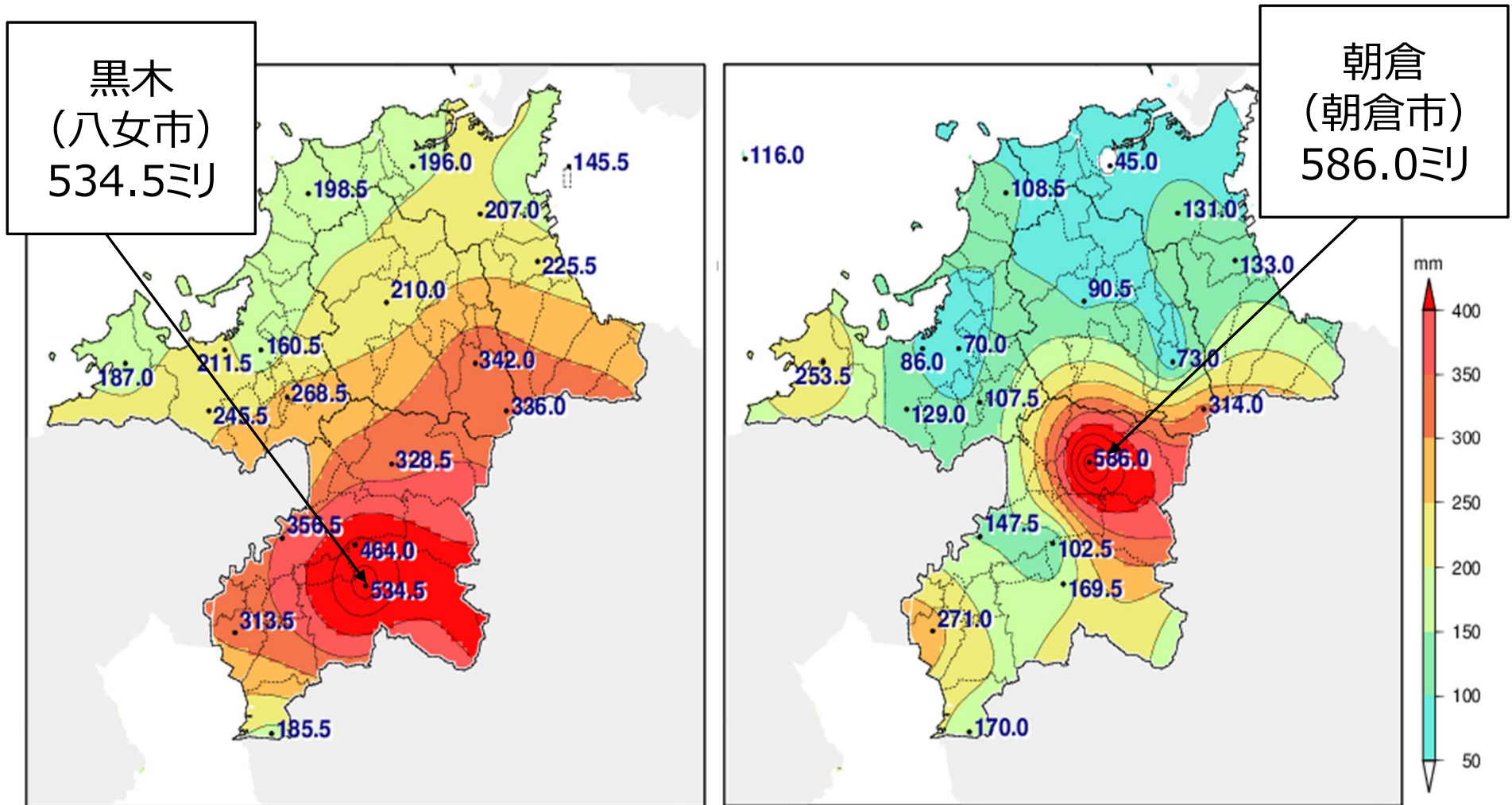
2017/07/05 15:00(JST)

水平分解能500mの気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) による数値シミュレーションの結果 (初期時刻 : 5日00時)

左図: 5日12~15時の3時間積算降水量分布(mm)
 右図: 左図と同じ。ただし、脊振山地を除去したもの



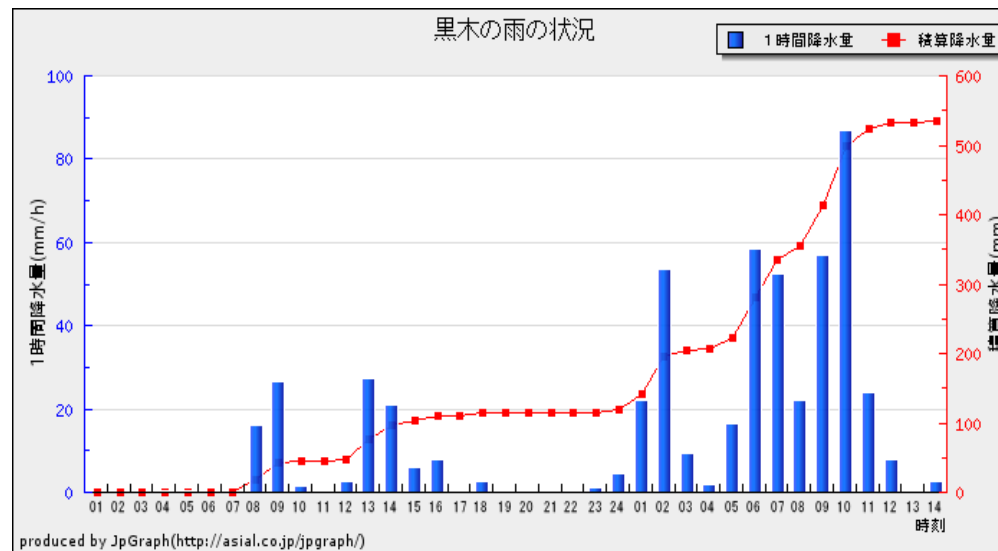
平成24年7月九州北部豪雨との比較(アメダス総降水量分布図)



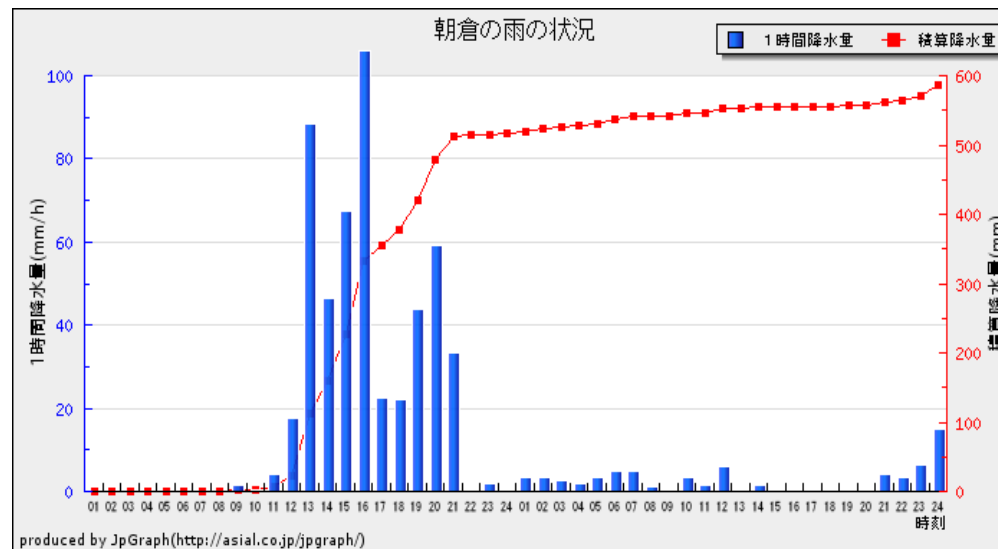
平成24年7月九州北部豪雨
(7月13日~7月14日)

平成29年7月九州北部豪雨
(7月5日~7月6日)

平成24年7月九州北部豪雨との比較(アメダス降水量時系列図)



平成24年7月九州北部豪雨(7月13日～7月14日)



平成29年7月九州北部豪雨(7月5日～7月6日)

今回の大雨と「平成24年7月九州北部豪雨（7月14日）」との 降水量と大気状態の比較

	本事例の大雨 2017年7月5-6日	平成24年7月九州北部豪雨 2012年7月14日
最大1時間降水量(地点名)	129.5mm(朝倉)	91.5mm(黒木)
最大3時間降水量(地点名)	261.0mm(朝倉)	174.5mm(黒木)
最大24時間降水量(地点名)	545.5mm(朝倉)	486.0mm(黒木)
高度500mの水蒸気量 ※1	18.5g/kg	19.5g/kg
高度500mの気温(海上)	23°C	24°C
500hPa(5500m付近)の気温	-7~-6°C	-2~-3°C
CAPE(950hPa) ※2	1800J/kg	1100J/kg
大雨最盛期の雲頂高度	約17km	約14km

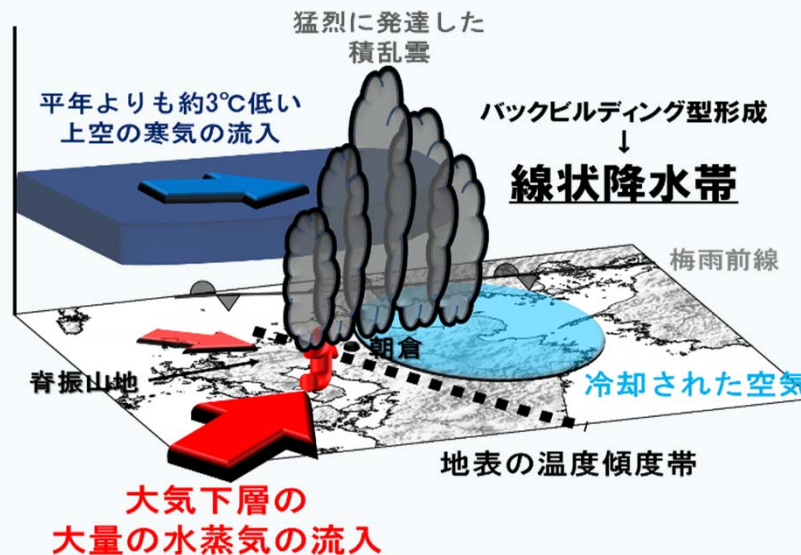
※1 : 高度500mの空気1kgあたりの水蒸気量(g/kg)

※2 : CAPE(対流有効位置エネルギー):この値が大きいほど激しい対流(積乱雲)が起こりやすくなる(J/kg)

報道発表の骨子(気象研究所発表)

- 大気下層での南西風による大量の水蒸気の流入
- 上空の寒気流入による不安定な大気状態
- 積乱雲が次々と発生することで線状降水帯が形成
- 線状降水帯の強化・維持への脊振山地の寄与

今回の大雨の
発生要因の概念図



4. 天災からの身の守り方

✓ 防災気象情報について

気象台が発表する警報等の種類

	気象警報等の種類							
	大雨		洪水	暴風	高潮	波浪	暴風雪	大雪
	(土砂災害)	(浸水害)						
特別警報 (重大な災害の起こるおそれ が著しく大きい)	大雨 特別 警報 (土砂災害)	大雨 特別 警報 (浸水害)		暴風 特別 警報	高潮 特別 警報	波浪 特別 警報	暴風雪 特別 警報	大雪 特別 警報
警報 (重大な災害の 起こるおそれ)	大雨 警報 (土砂災害)	大雨 警報 (浸水害)	洪水 警報	暴風 警報	高潮 警報	波浪 警報	暴風雪 警報	大雪 警報
注意報 (災害の起こるおそれ)	大雨 注意報		洪水 注意報	強風 注意報	高潮 注意報	波浪 注意報	風雪 注意報	大雪 注意報

※ 「洪水」は、全国約400の河川において各河川の水位状況に応じた指定河川洪水予報を発表し、注意・警戒を呼びかけているため、特別警報の設定はありません。

※ 上記以外の注意報：雷、融雪、濃霧、乾燥、なだれ、低温、霜、着氷、着雪

○記録的短時間大雨情報

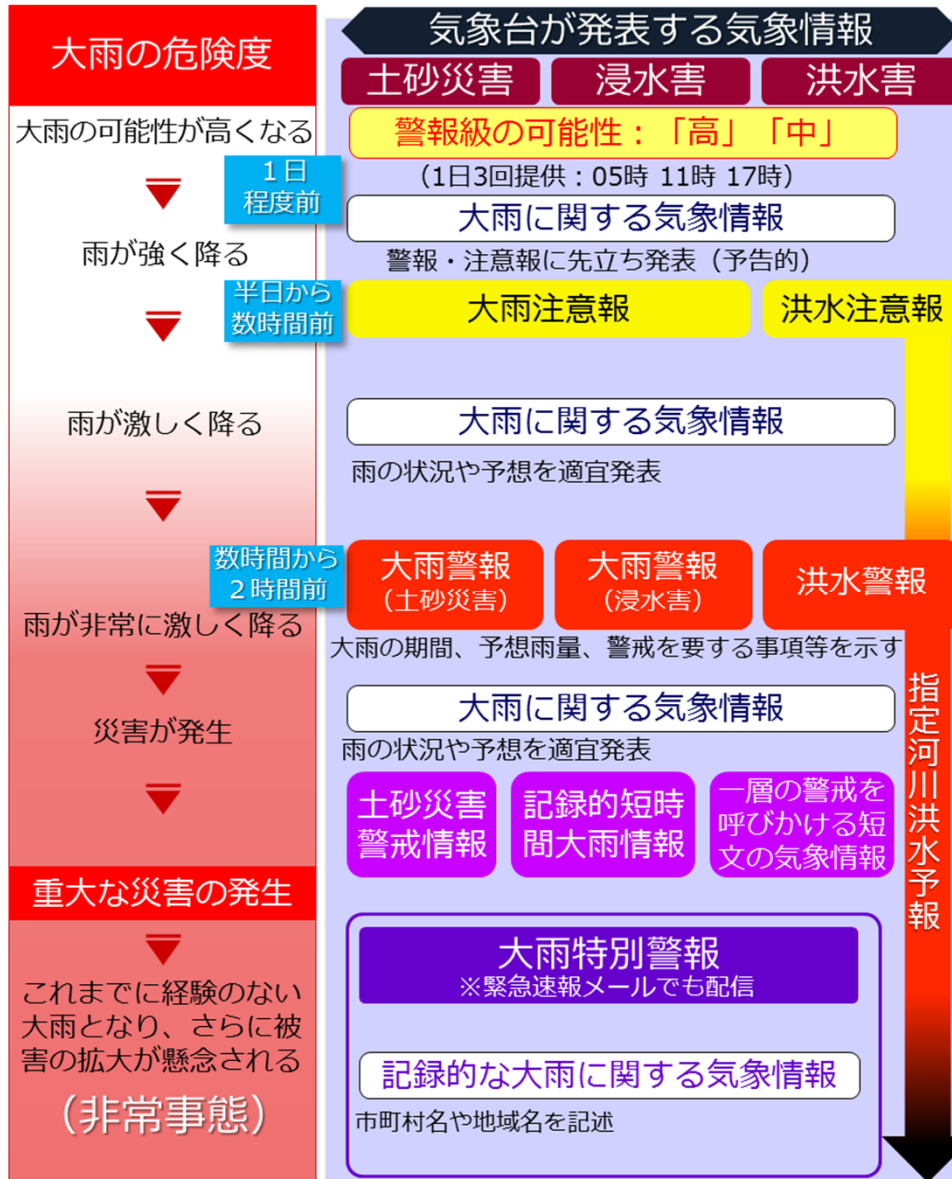
○指定河川洪水予報（河川局や福岡県「御笠川」と気象台で共同発表）

○土砂災害警戒情報（福岡県と気象台で共同発表）

段階的に発表する防災気象情報の種類と内容

標準的な活用イメージ（大雨の場合）

※災害リスクの高い地区ほど、早めの対応が重要。命を守ることにつながる。



住民の行動

気象情報やハザードマップを確認



- 土砂災害警戒区域や浸水想定区域等の危険な箇所を把握
- 避難場所や避難ルートを確認

最新の情報を把握して、災害に備えた早めの準備



Point
備えは大丈夫？

自治体が発表する避難に関する情報に留意し、速やかに避難

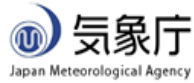


大雨や暴風でどうしても外出が困難な場合は、屋内でも2階以上等なるべく安全なところで待避

すでに災害が発生している可能性あり！
直ちに地元市町村の避難情報に従うなど適切な行動を



気象庁HP 危険度分布(土砂災害・浸水害・洪水害)



高解像度ナウキャストをクリック

キーワードを入力し検索ボタンを押下ください。

POWERED BY YAHOO!

検索

ホーム

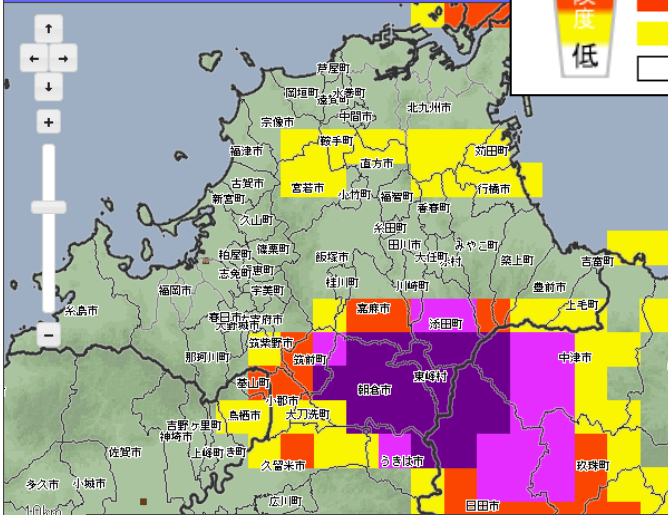
防災情報

知識・解説

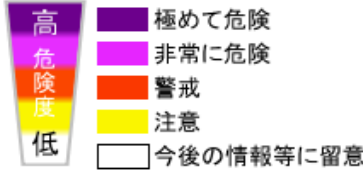
気象庁について

案内・申請

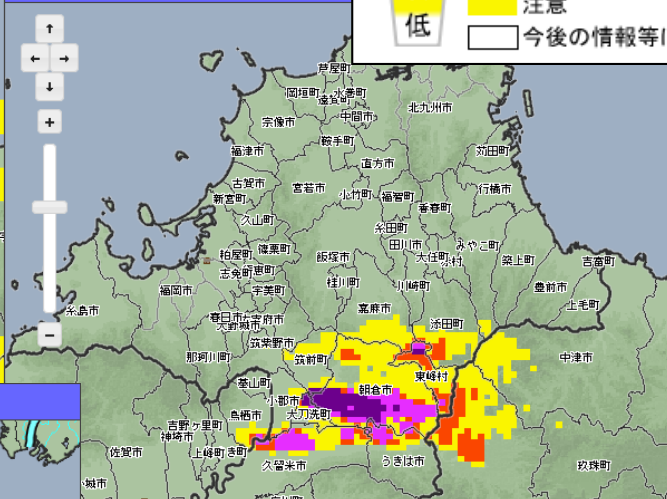
2017年07月05日17時00分



土砂災害警戒判定メッシュ情報



2017年07月05日17時00分



大雨警報(浸水害)の危険度分布



洪水警報の危険度分布

最新ボタンをクリックして最新の情報をお使いください。

- [気象警報・注意報](#)
- [大雨・洪水警報の危険度分布](#)
- [土砂災害警戒判定メッシュ情報](#)
- [大雨警報\(浸水害\)の危険度分布](#)
- [洪水警報の危険度分布](#)

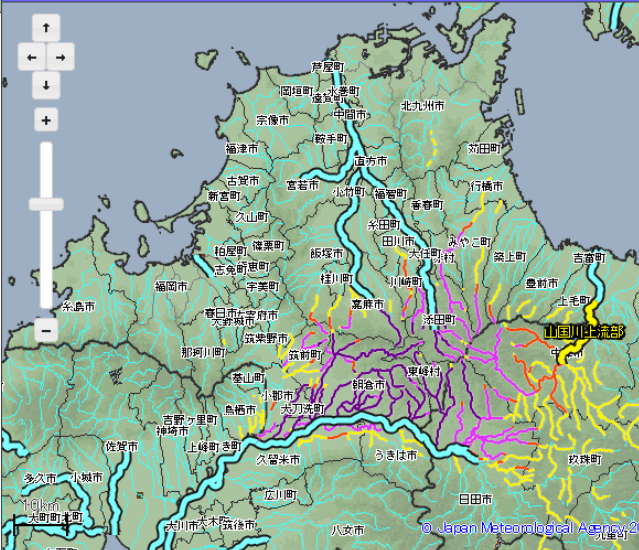
- [気象情報](#)
- [海上警報](#)
- [台風情報](#)
- [指定河川洪水予報](#)
- [土砂災害警戒情報](#)
- [竜巻注意情報](#)
- [高温注意情報](#)

- [大津波警報・津波警報・津波注意報・津波情報・津波予報](#)

- [地震情報](#)
- [東海地震関連情報](#)
- [噴火警報・予報](#)
- [噴火速報](#)
- [降灰予報](#)

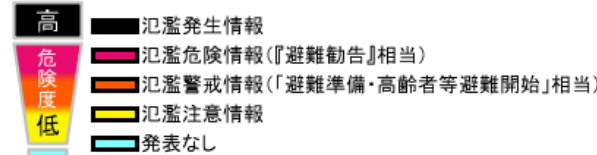
- [天気予報](#)
- [天気分布予報 / 時系列予報](#)

2017年07月05日17時00分

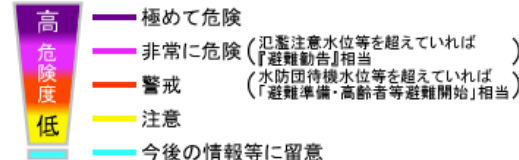


指定河川洪水予報

国や都道府県が管理する河川のうち、流域面積が大きく、洪水により大きな損害を生ずる河川について、洪水のおそれがあると認められるときに発表。

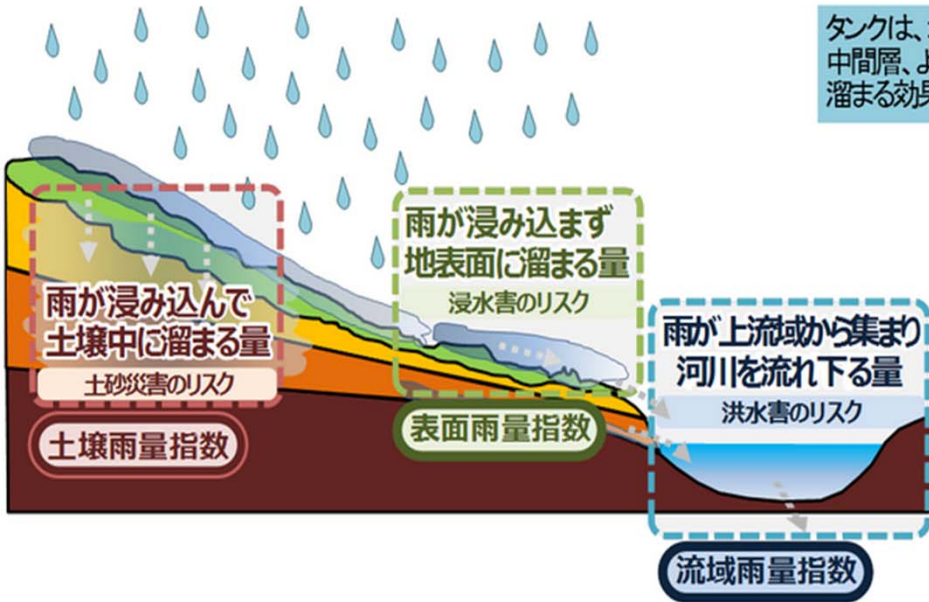


洪水警報の危険度分布



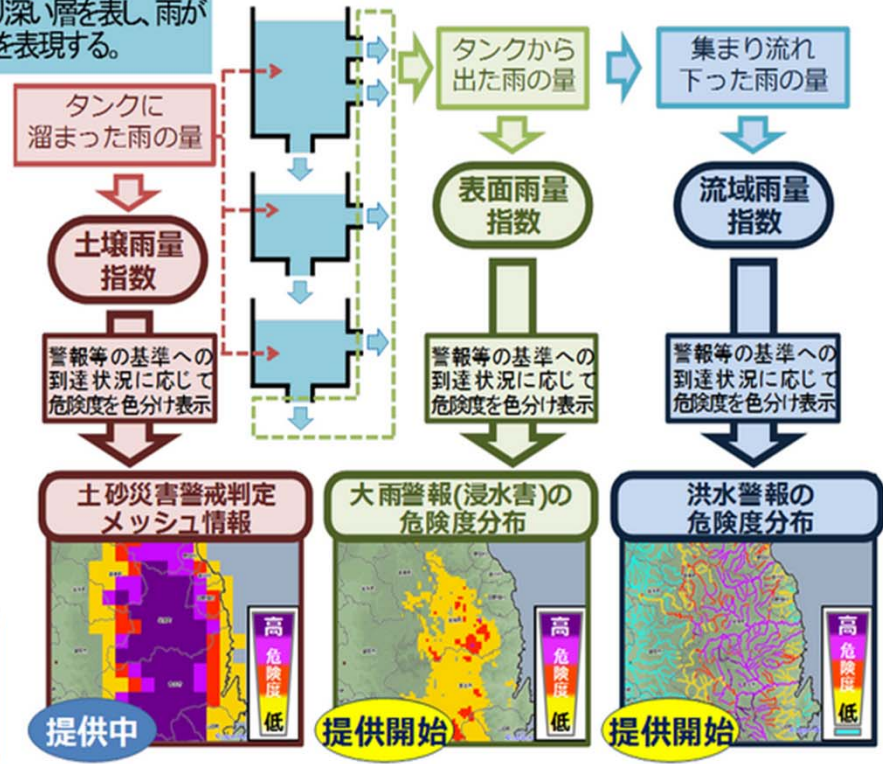
雨によって引き起こされる災害発生の危険度の高まりを評価する技術 土壌雨量指数・表面雨量指数・流域雨量指数と危険度分布

雨によって
災害のリスクが高まるメカニズムは
以下の3つが考えられる。



左のメカニズムを“**タンクモデル**”で表現し
各々の災害リスクの高まりを“**指数**”化し
警報等の“**基準**”への到達状況に応じて色分け表示。

タンクは、地表面や地中の表層、
中間層、より深い層を表し、雨が
溜まる効果表現する。



3つの“**指数**”と警報等の“**基準**”を用いて、
雨によって引き起こされる災害の危険度の高まりを
評価・判断し、危険度分布の予測を提供。

洪水警報の危険度分布の色に応じた河川の状況例（大分県日田市小野川）

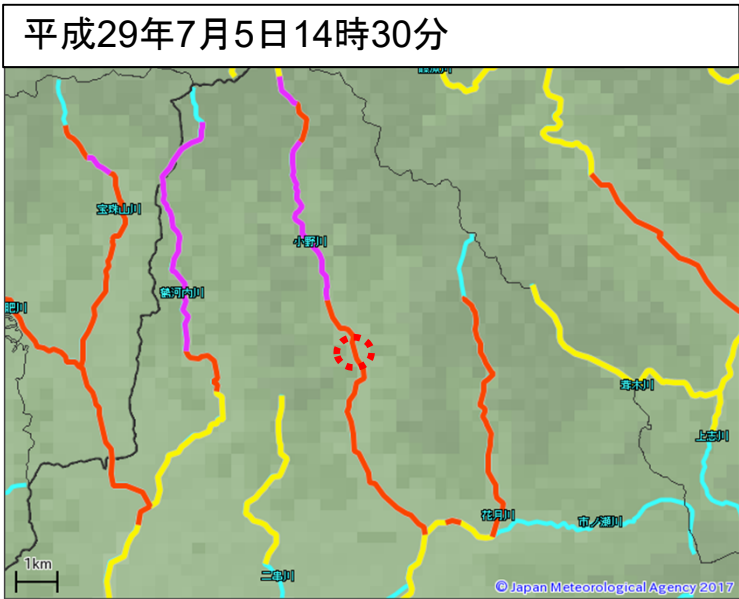
【赤】
警戒
 (警報級)

3時間先までに
 警報基準に
 到達すると予想

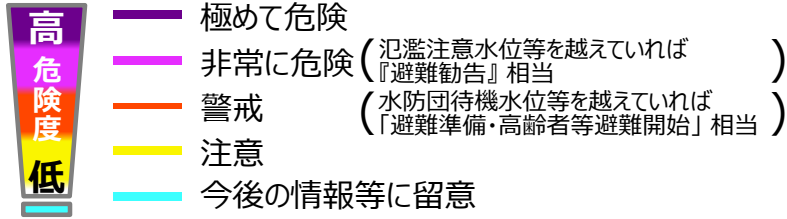
3時間先までに
 重大な災害が
 発生する
 可能性がある



(写真: 日田市職員提供)



洪水警報の危険度分布



※ 左図の赤丸は写真撮影場所を示す。

洪水警報の危険度分布の色に応じた河川の状況例（大分県日田市小野川）

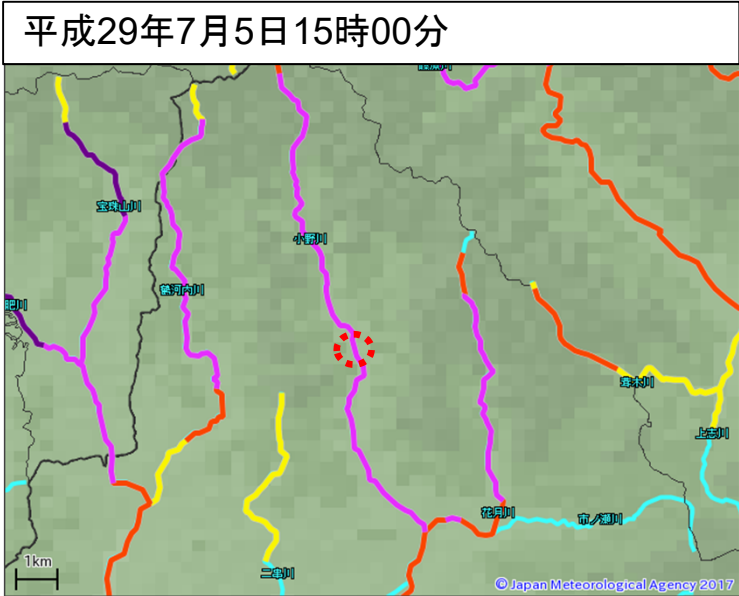
【薄い紫】
非常に危険
 (警報級の一段上)

3時間先までに
 警報基準の
 一段上の基準に
 到達すると予想

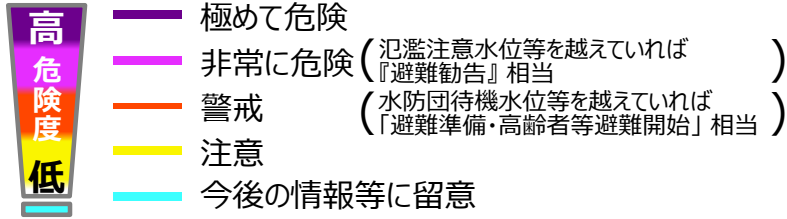
3時間先までに
 重大な災害が
 発生する
 可能性が高い



(写真: 日田市職員提供)



洪水警報の危険度分布



※ 左図の赤丸は写真撮影場所を示す。

洪水警報の危険度分布の色に応じた河川の状況例（大分県日田市小野川）

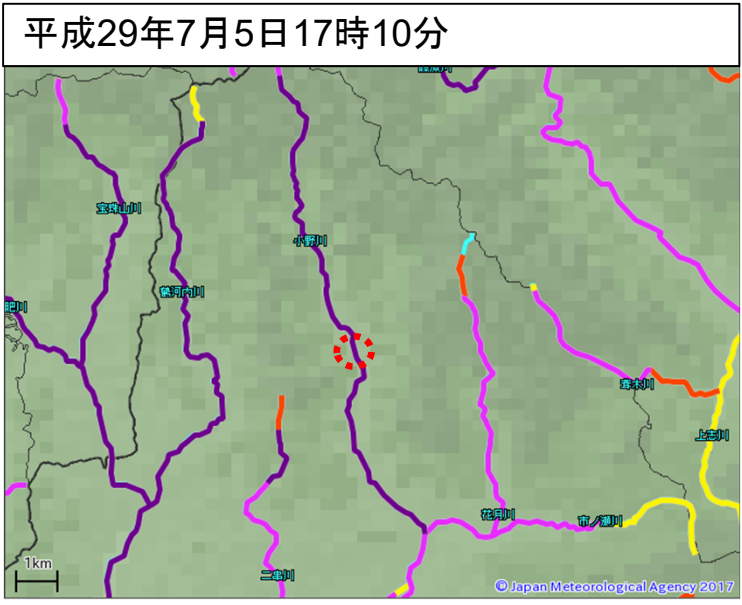
【濃い紫】
極めて危険
 (警報級の一段上)

すでに
警報基準の
一段上の基準に
すでに到達

すでに
重大な災害が
発生している
可能性が高い



(写真: 日田市職員提供)



洪水警報の危険度分布

- | | | |
|--|--|---|
| <div style="background-color: #4b0082; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">高</div> <div style="background-color: #800080; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">危</div> <div style="background-color: #ff4500; color: white; padding: 5px; font-weight: bold;">険</div> <div style="background-color: #ffff00; color: black; padding: 5px; font-weight: bold;">度</div> <div style="background-color: #00ffff; color: black; padding: 5px; font-weight: bold;">低</div> | — 極めて危険 | |
| | — 非常に危険 (氾濫注意水位等を越えていれば『避難勧告』相当) |) |
| | — 警戒 (水防団待機水位等を越えていれば「避難準備・高齢者等避難開始」相当) |) |
| | — 注意 | |
| | — 今後の情報等に留意 | |

※ 左図の赤丸は写真撮影場所を示す。

危険度(色)の持つ意味は、どの災害も基本的に同じ

色	色の持つ意味	(参考) 内閣府「避難勧告等に関するガイドライン」で 発令が必要とされている避難情報		
		土砂災害	浸水害	洪水害
濃い紫	極めて危険 警報基準の 一段上の基準に すでに到達	避難指示 (緊急)		
薄い紫	非常に危険 警報基準の 一段上の基準に 到達すると予想	避難勧告		氾濫注意水位等を 越えていれば 避難勧告
赤	警報 警報基準に 到達すると予想	避難準備・高齢者等 避難開始	避難準備・高齢者等 避難開始	水防団待機水位等を 越えていれば 避難準備・高齢者等 避難開始
黄	注意 注意報基準に 到達すると予想			
白	今後の 情報等に留意			

避難情報や避難行動との関係は、「危険度分布の色に応じた住民等の行動の例」参照

今回の大雨時に発表した 防災気象情報について

最後に

- 集中豪雨が発生するような状況下では、対応できる時間に余裕がありません。平常時から大雨に備えましょう。
- 「特別警報」が発表される時はすでに危機的な状況です。段階的に発表される気象情報、注意報、警報などを活用して、早めの対応をとることが大切です。
- 気象予測における時間・空間・量的な誤差はさげられません。予想時刻が先になるほど誤差は大きくなります。常に最新の気象情報をご利用願います。