

気象学講座 その1

天気とは？



一般財団法人日本気象協会 北海道支社
事業サービス課 小倉

自己紹介

小倉 勉

一般財団法人日本気象協会 北海道支社 事業サービス課グループリーダー

平成5(1993)年入社 今年で勤続30年。

大学での専攻は光工学。就職時に路線変更で気象協会へ。

(天体望遠鏡の補償光学用センサーの研究をやっていた。

大気揺らぎをいかに打ち消すか、という点で少しだけ関連あり)

気象予報士

取得した当時、香川県高松市にいた。阪神淡路大震災後の3月に大阪で受験。

お仕事内容

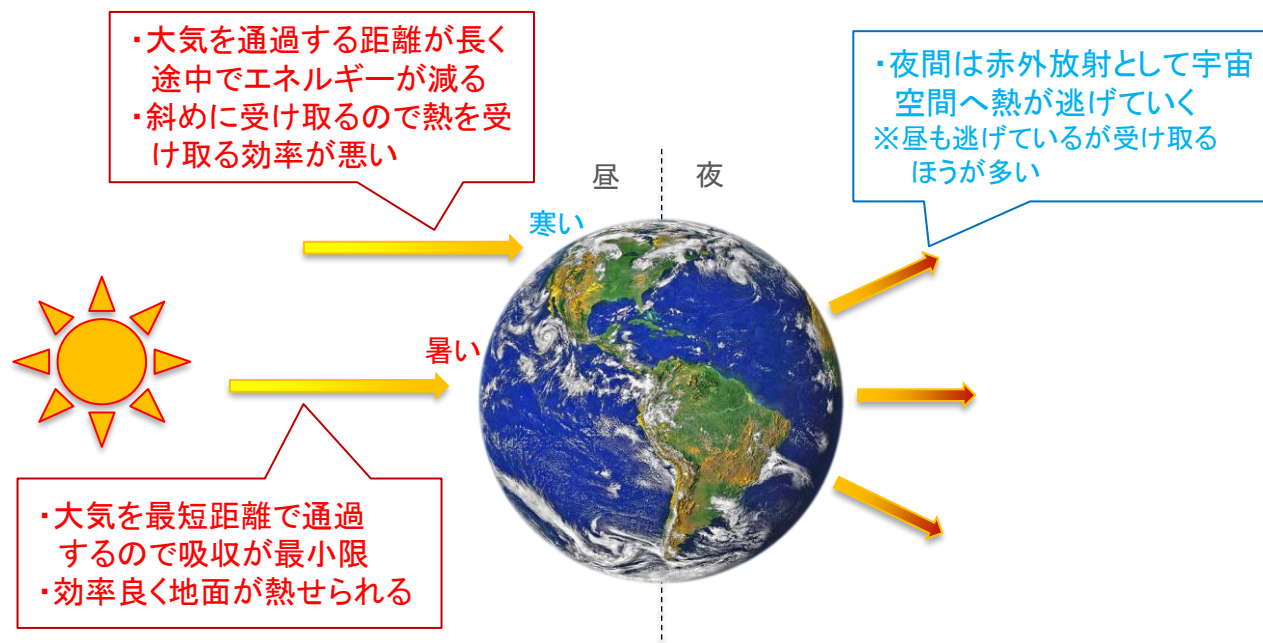
土砂災害警戒基準値の検討などの調査解析、各種データ作成から、システム構築・運用保守などシステム関連も対応。

1. 大気の流れ

○地学のおさらい

地球は巨大な熱機関である

太陽からの熱 → 昼の側だけ受け取れる。夜の側は冷えるだけ。
地球は丸いので緯度によって暖まり方が変わる



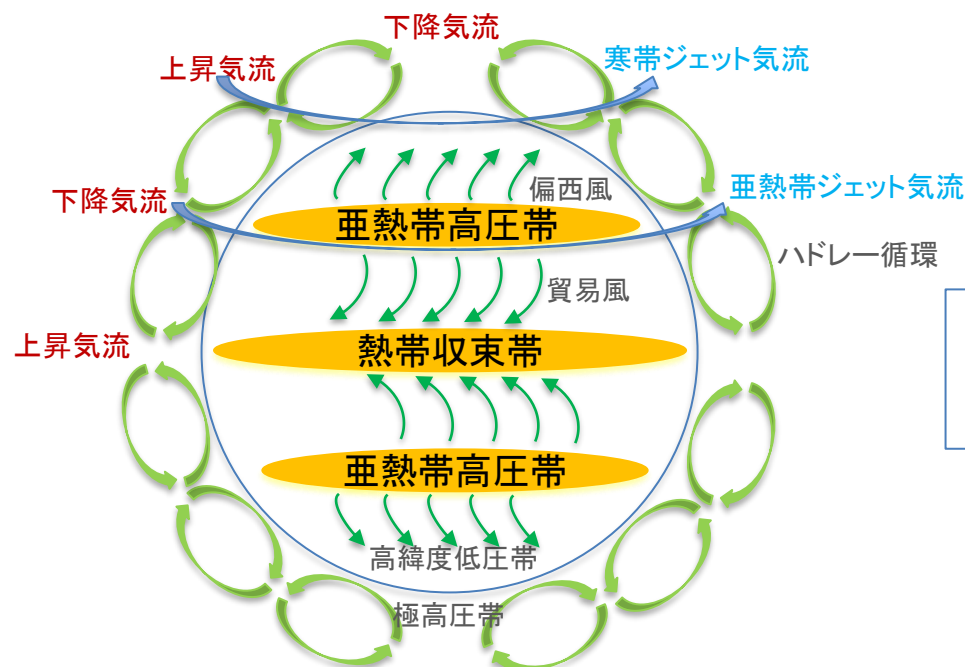
エネルギーの偏りはそのまま維持はできない。
熱の偏りを解消するために、様々な形の「流れ」が発生する。

1. 大気の流れ

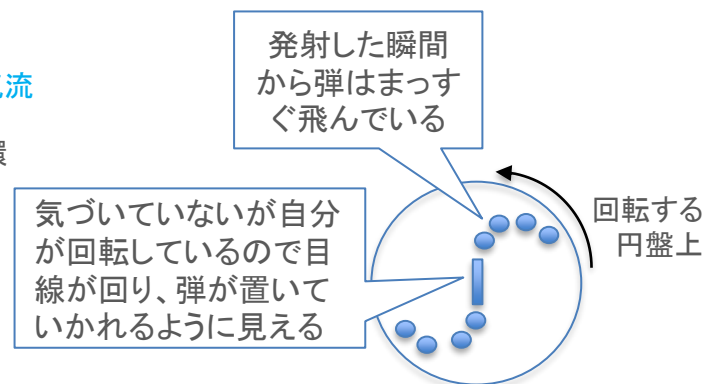
熱の移動 → 大気や海流の流れになる

大気中では、赤道から両極へ熱を運ぶ鉛直方向の流れが生じるが、地球が自転している影響で大きく3つに分かれている。(コリオリの力のせいで流れが曲がるため、途中で流れが収束し切れてしまう)

この大きな流れが大気大循環。天気の周期的変化を作り出す原動力となる。



風の流れのイメージ



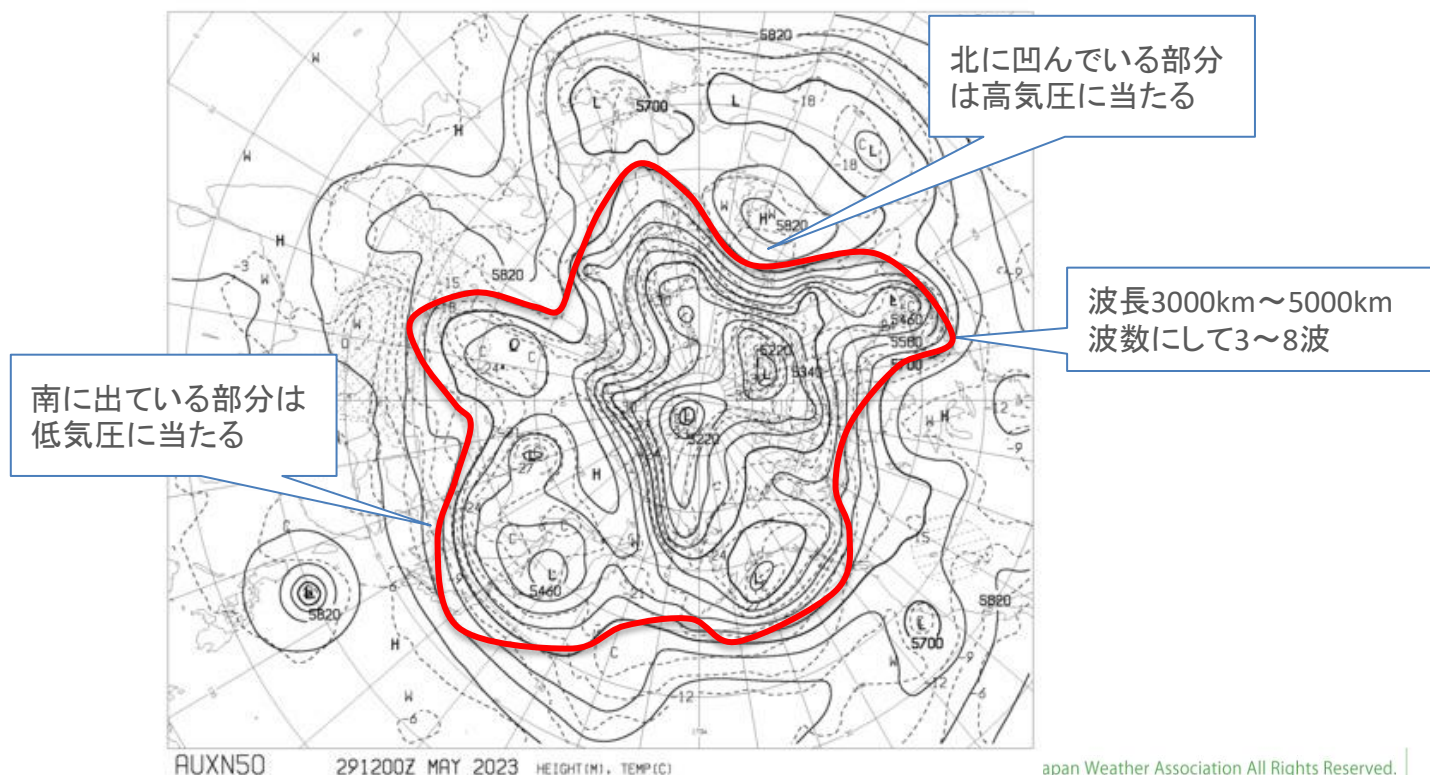
コリオリの力(見えるだけ)
北極・南極で最大、赤道で0になる

1. 大気の流れ

実際はもっと複雑。

コリオリ力が弱い赤道付近は、ほぼハドレー循環で回っている。

中緯度はコリオリ力の影響と、南北の温度差が大きいため単純な循環にはならず、西→東に流れる偏西風(ジェット気流)が南北方向に波打ちし始める。この南北方向の流れで熱輸送が効率的に行われる。

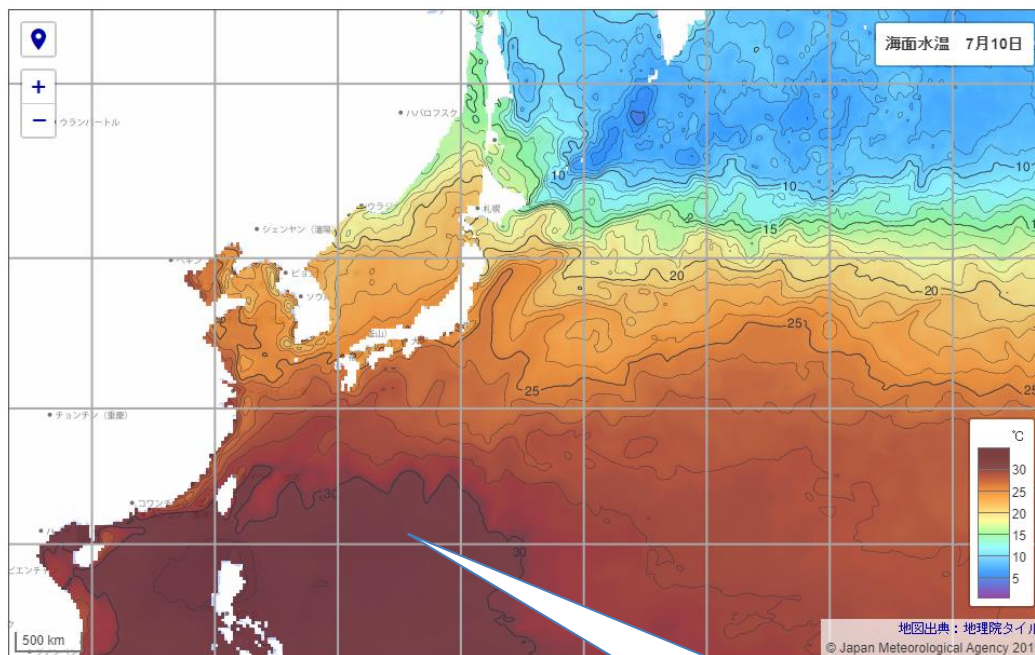


2. 海洋の影響

地球の7割は海。大量の水蒸気を大気へ供給する。

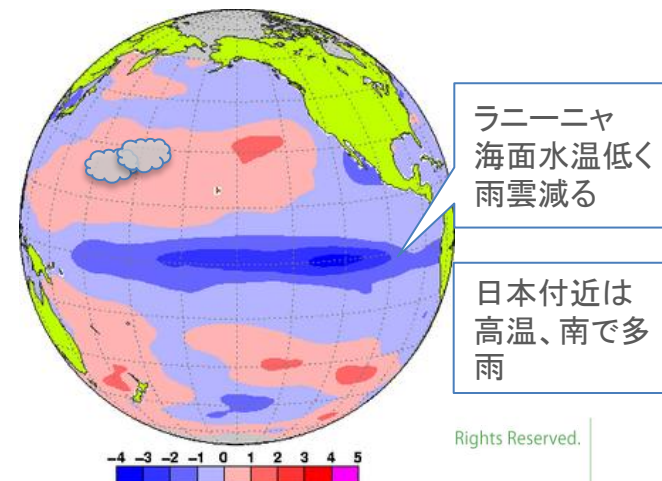
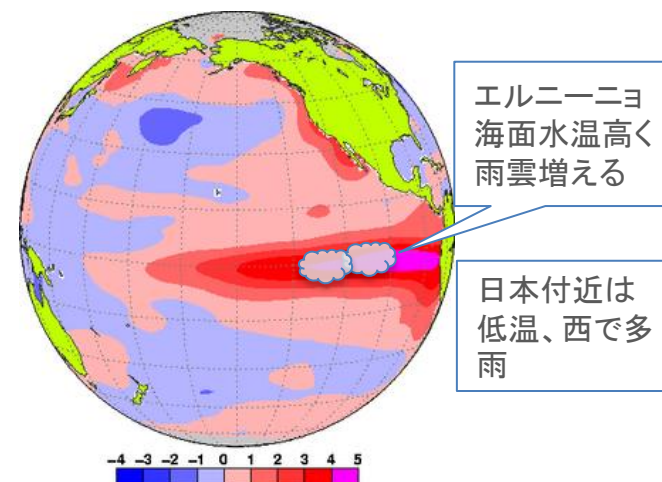
海面水温は気象に大きな影響を与え、風も海流や海面水温に影響する。(風が海水をかき混ぜる)

エルニーニョやラニーニャは太平洋赤道域の海面水温の異常を指したものの。世界的な気象に影響がある。



日本周辺の海面水温の分布(2023/7/10)
(図はいずれも気象庁から)

30°C前後の高い海面水温
台風が発達しやすい



3. 天気の変化

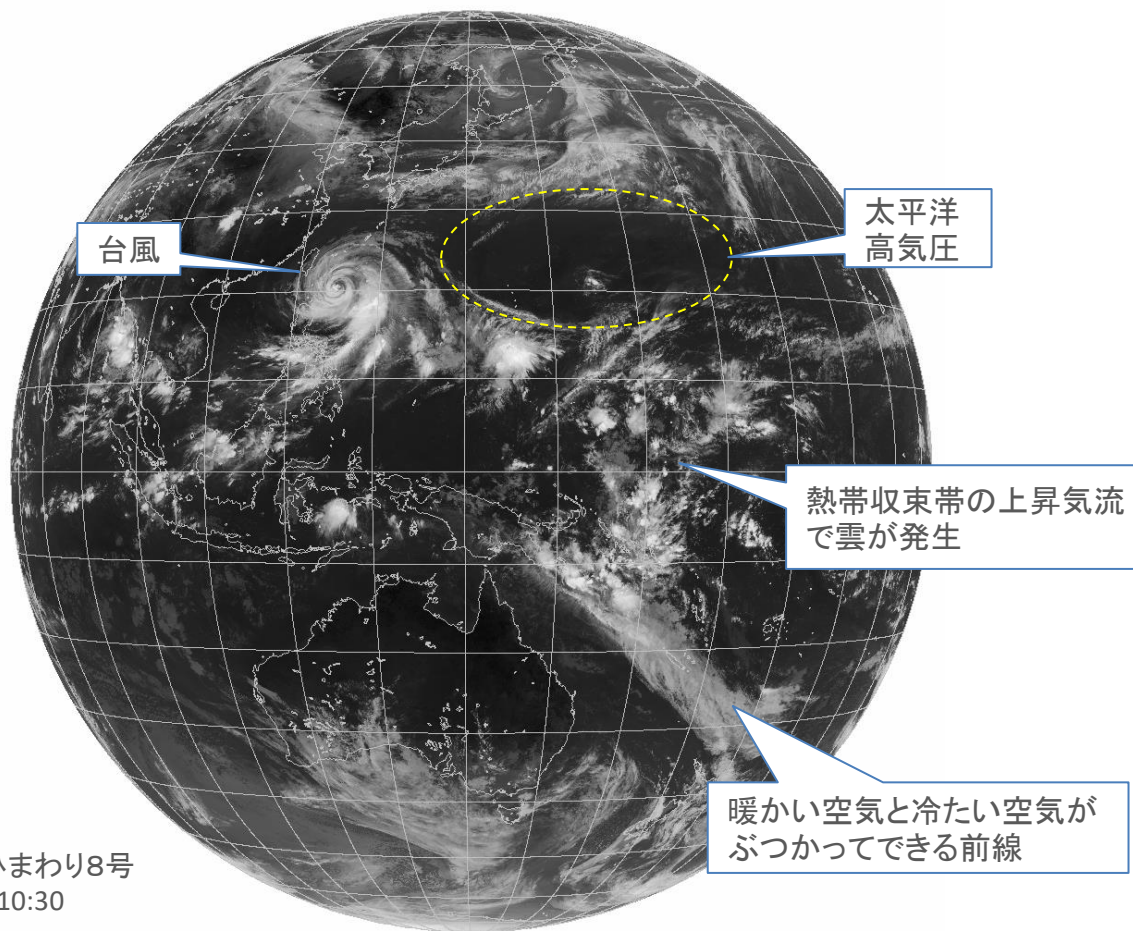
大きな流れの中で、台風や低気圧、高気圧などが発生し動いている。
これらが通り過ぎていくことで、天気の変化が生じる。

上空10～15kmまでは、暖まった空気が上昇し、その分どこかで地上に降りてくる。(対流圏)



低気圧で吸い上げられた空気が高気圧により地上に戻る。

この流れがあちこちで発生する。鍋の中の対流みたいなもの。



気象衛星ひまわり8号
2023/5/30 10:30

2023.05.30 10:30JST (30 MAY 2023 01:30UTC)

HIMAWARI JMA
Japan Weather Association All Rights Reserved.

4. 雨が降る理由 雨雲の発生

低気圧：上昇気流で空気が吸い上げられ、周囲より気圧が低くなる。

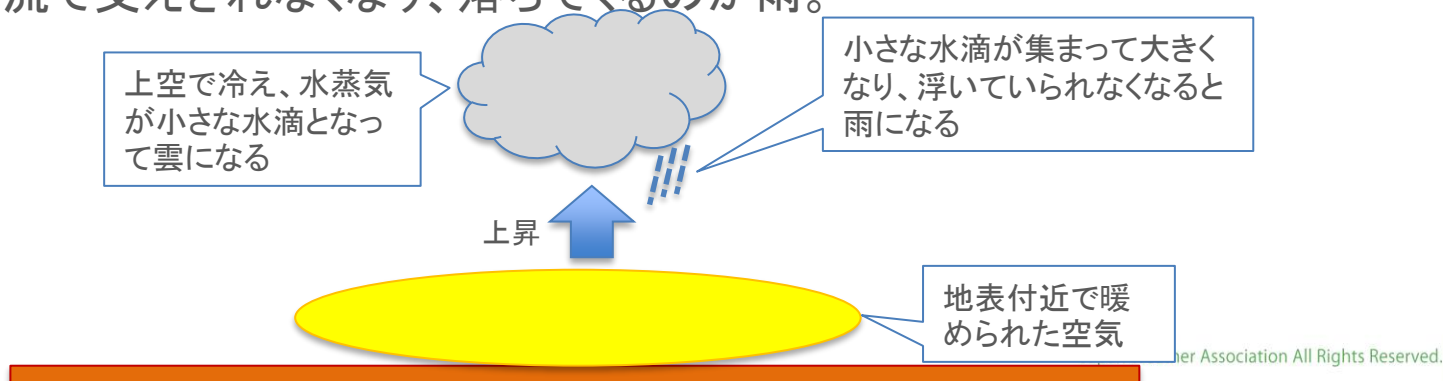
高気圧：下降気流で上空から空気が押し付けられ、周囲より気圧が高くなる。

なぜ上昇気流が発生する？

暖かい空気は膨張して密度が低くなり、周囲の冷えた空気より軽くなるので上昇する。(熱気球の原理)

そこに水蒸気が絡んで雲が発生する。暖かい空気は水蒸気を多く含むことができる。冷えると限界が低くなり水滴となって出てくる。(飽和水蒸気量 気温
10℃:約10g/m³ 気温20℃:約17g/m³ 気温30℃:約30g/m³)

乾燥空気(水蒸気で飽和していない)は100m上昇すると約1℃気温が低下(断熱膨張)。上空ほど気温が下がるので雲ができる。雲中の水滴が大きくなって上昇気流で支えきれなくなり、落ちてくるのが雨。



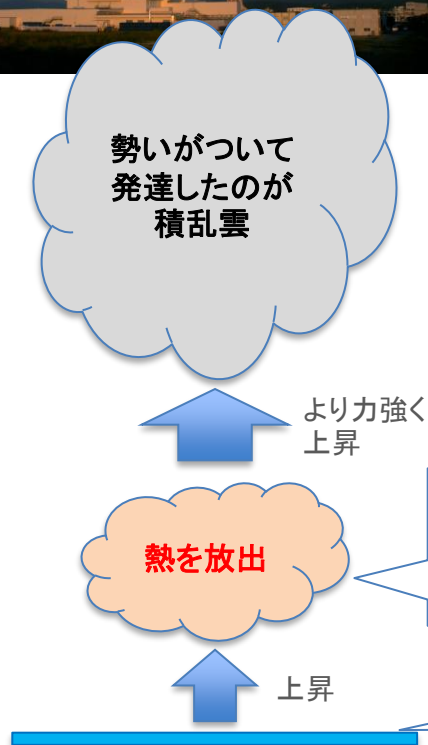
5. 雨が降る理由 熱帯低気圧

水を加熱すると水蒸気になる → 熱エネルギーで液体から気体に(気化熱)
 水蒸気を冷却すると水になる → 気体から液体に変わる時に熱を放出(潜熱)

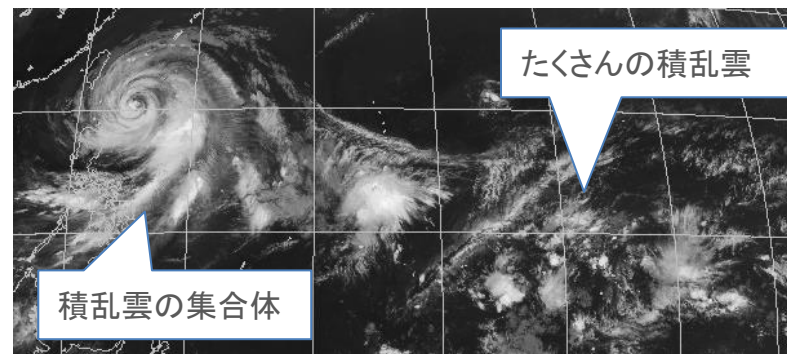


水蒸気で飽和した空気は、潜熱により100m上昇で約0.6°Cの減率に変わる。

水蒸気から出た熱で空気がより暖められ、勢いよく上昇していく。対流圏の上限まで上昇し発達した雲が積乱雲。

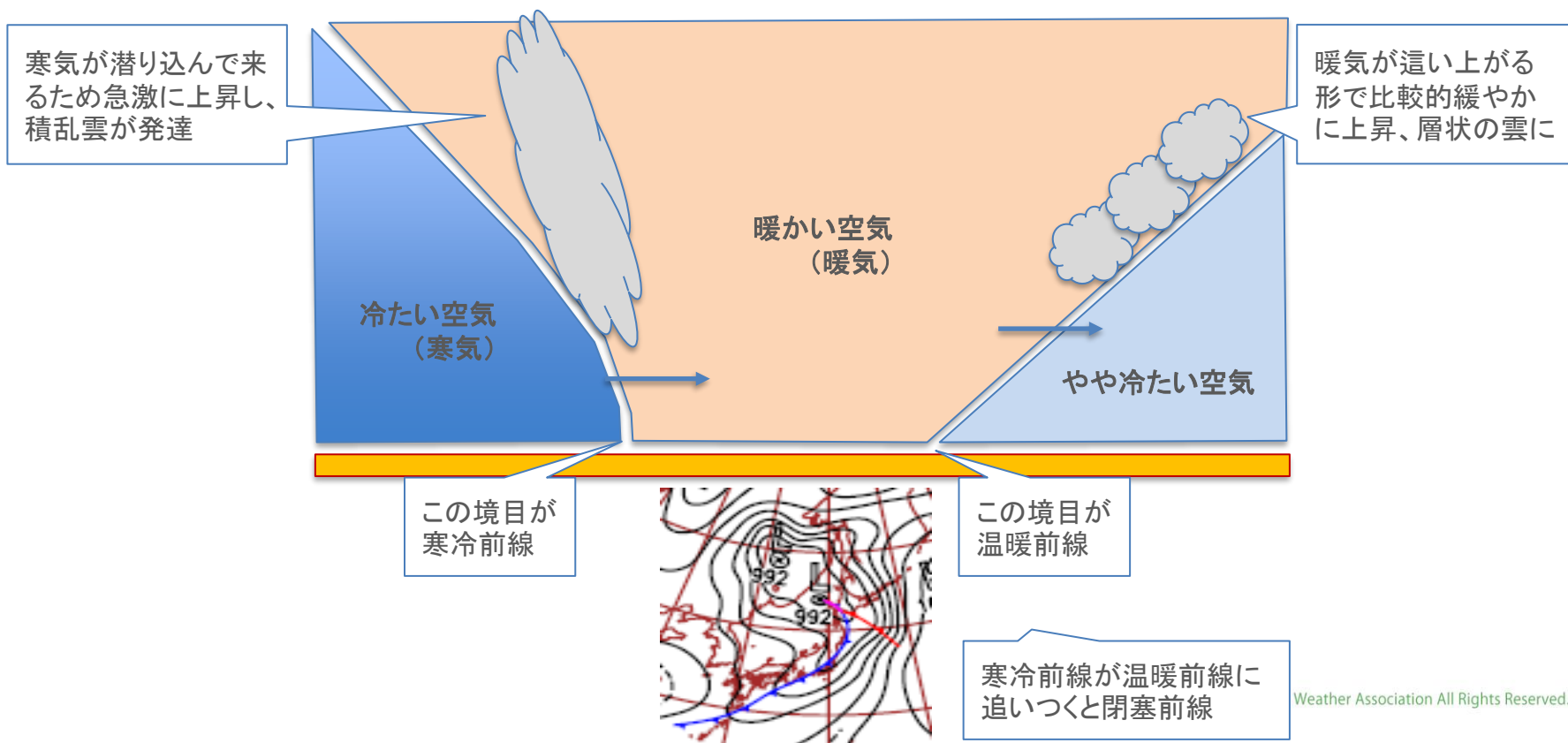


いくつもの積乱雲が吸い寄せあって集まり、巨大化したものが**熱帯低気圧**。自らの熱エネルギーで成り立っている。最大風速が17m/sを超えると**台風**。



6. 雨が降る理由 温帯低気圧と前線

中緯度では違う形で雨雲が発達する。熱エネルギーが源であることは同じ。
 温帯では温度や湿度の違う空気がせめぎ合っている。
 気温差がある空気がぶつかると、そこに上昇気流が発生して雲ができる。
 これが**温帯低気圧**。温度差が大きな空気がぶつかるほど、発達する。
 多くの場合、**前線**を伴っている。



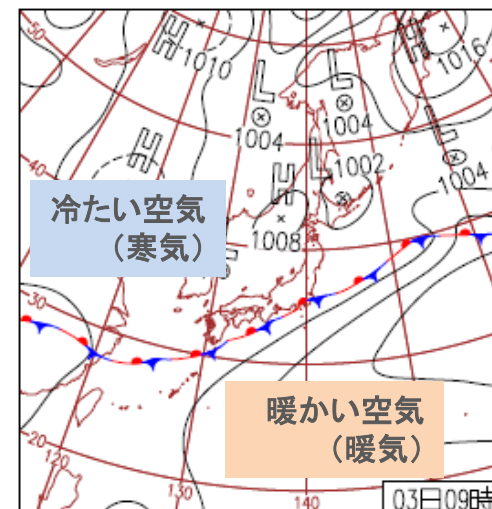
7. 雨が降る理由 停滞前線、寒冷渦

停滞前線

寒気と暖気が衝突しているところ。季節の変わり目、春と秋に多く見られる。(梅雨前線、秋雨前線)

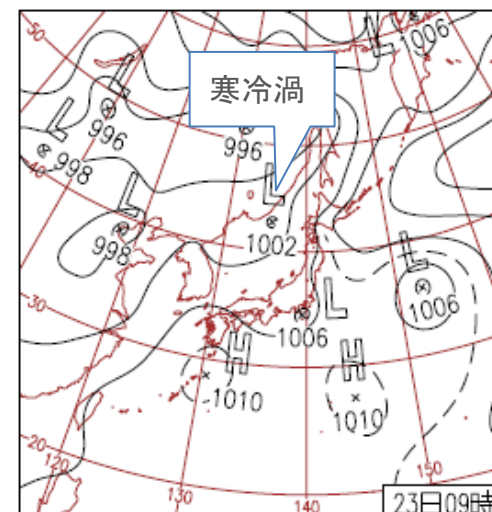
気温差が大きい空気がぶつかるほど、雨雲が発達。

太平洋高気圧から吹き出す、または台風が巻き込む暖湿気が南から流れ込むと、エネルギーが補充されて活動が活発化し、大雨を降らせる。しばしば「線状降水帯」も発生する。今年6月、7月の九州～東北にかけての大雨が該当。



寒冷渦

寒気の塊。一見大したことない小さな低気圧だが、強い寒気を伴っているため、周辺の暖気とぶつかって局地的な豪雨になることがある。



8. 線状降水帯

近年の豪雨災害で注目されるようになった現象。(発生自体は昔からある)

線状降水帯 (バックビルディング型) のしくみ

tenki.jp

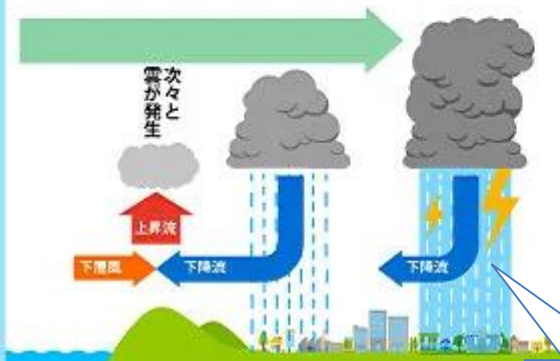
- ① 地上付近に暖かく湿った風が吹き、最初の雲が発生



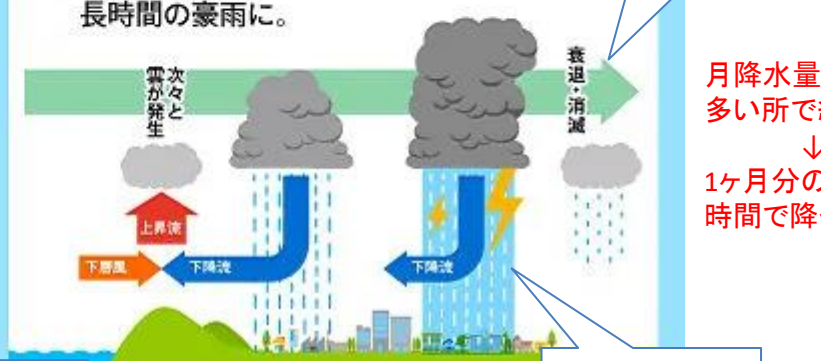
- ② 積乱雲からの下降流と下層風がぶつかって上昇が発生し、新たな雲ができる



- ③ ②を繰り返すことで、最初の場所で次々と新しく雲が発生



- ④ 1つ1つの積乱雲はすぐに消滅するが、次々と新しい積乱雲が発生し、長時間の豪雨に。



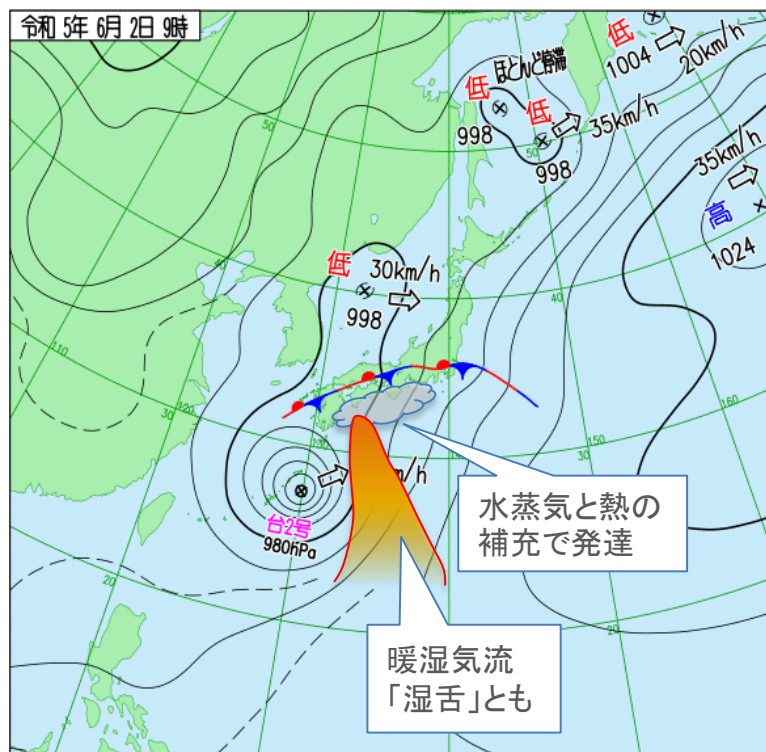
月降水量の平年値
多い所で約500mm
↓
1ヶ月分の雨量が数
時間で降ってしまう

100mm/h以上の
降雨

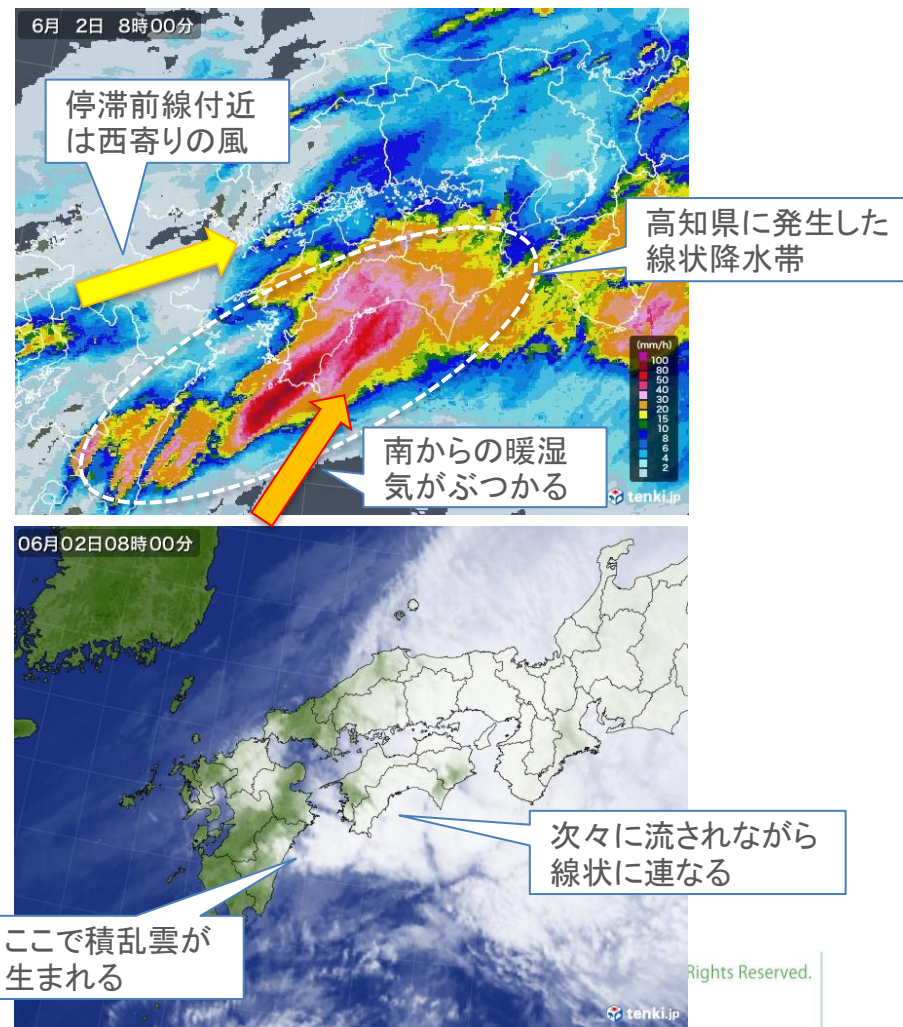
長時間続く

8. 土砂災害を警戒すべき天気図

今年6月2日に四国から東海地方にかけて線状降水帯が発生した事例。
 停滞前線に台風が接近し、南から大量の水蒸気が補給されて生じた典型例。
 西風と南からの風が収束している。

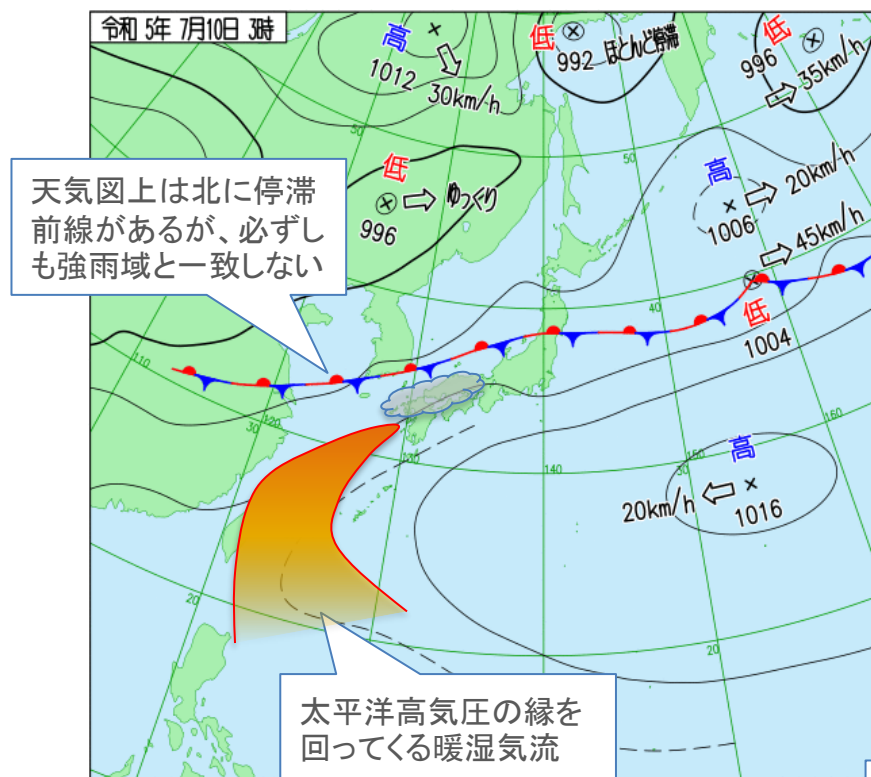


2023/6/2 線状降水帯発生時の状況

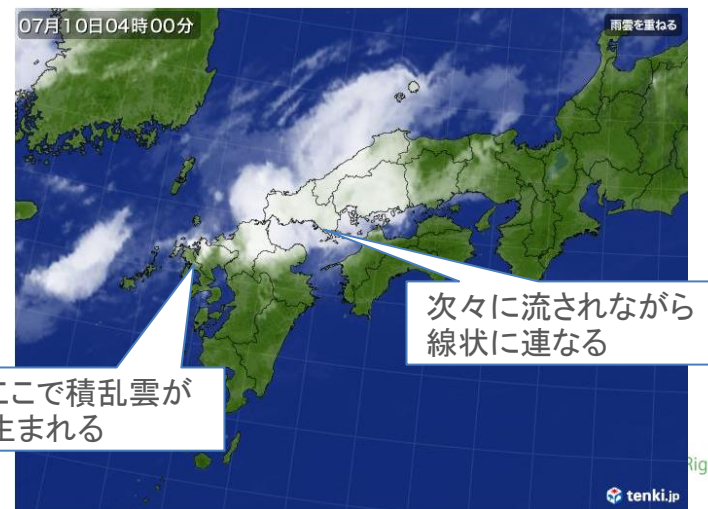
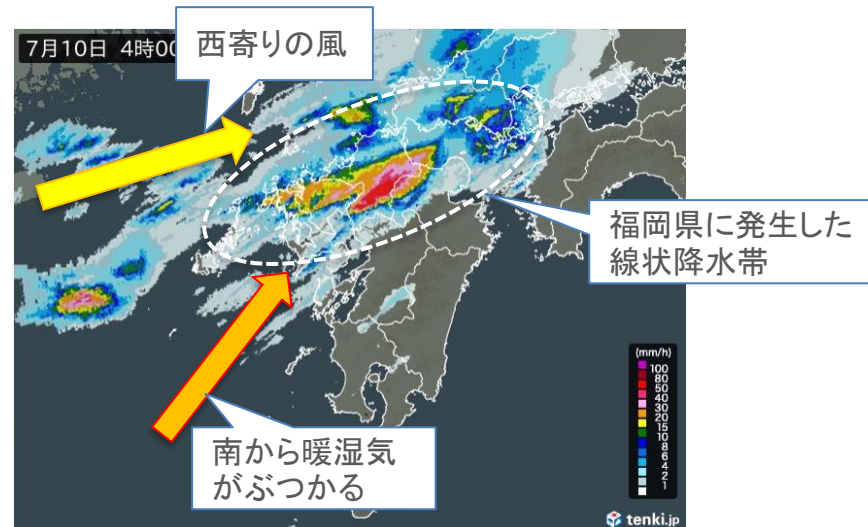


8. 土砂災害を警戒すべき天気図

今年7月10日に九州地方で発生した線状降水帯。梅雨末期で太平洋高気圧が勢力を強めてくると、台風が無くても暖湿気を大量に送り込むようになる。この事例も風の収束がある。

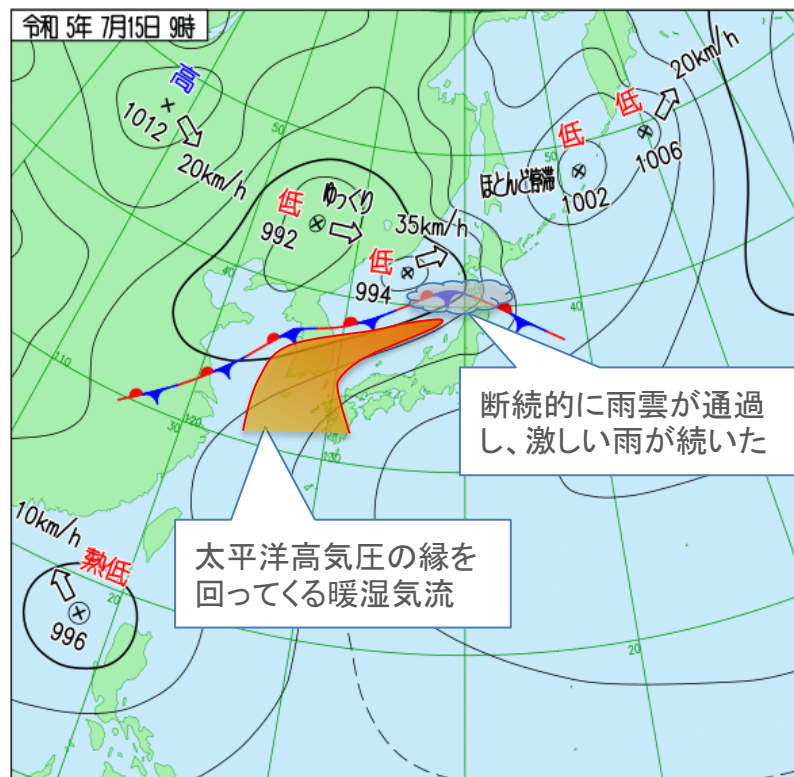


2023/7/10 線状降水帯発生時の状況

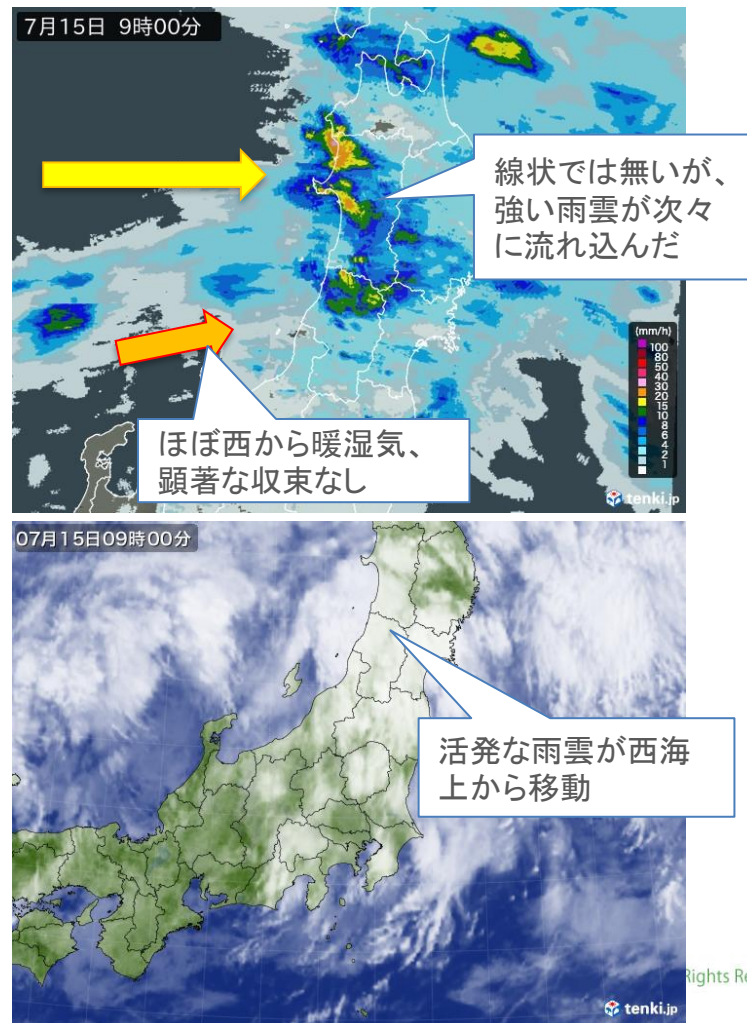


8. 土砂災害を警戒すべき天気図

今年7月15日に東北地方で発生した豪雨。これも太平洋高気圧が暖湿気を送り込んで、停滞前線の活動が活発化したために発生。断続的に雨雲が通過しているが、線状降水帯ではない。

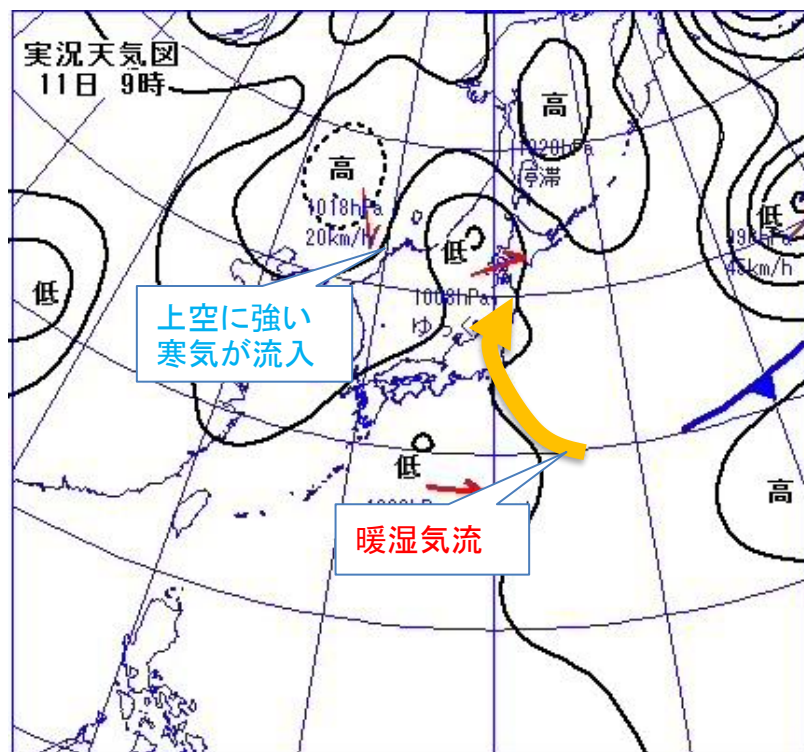


2023/7/15 09時の天気図

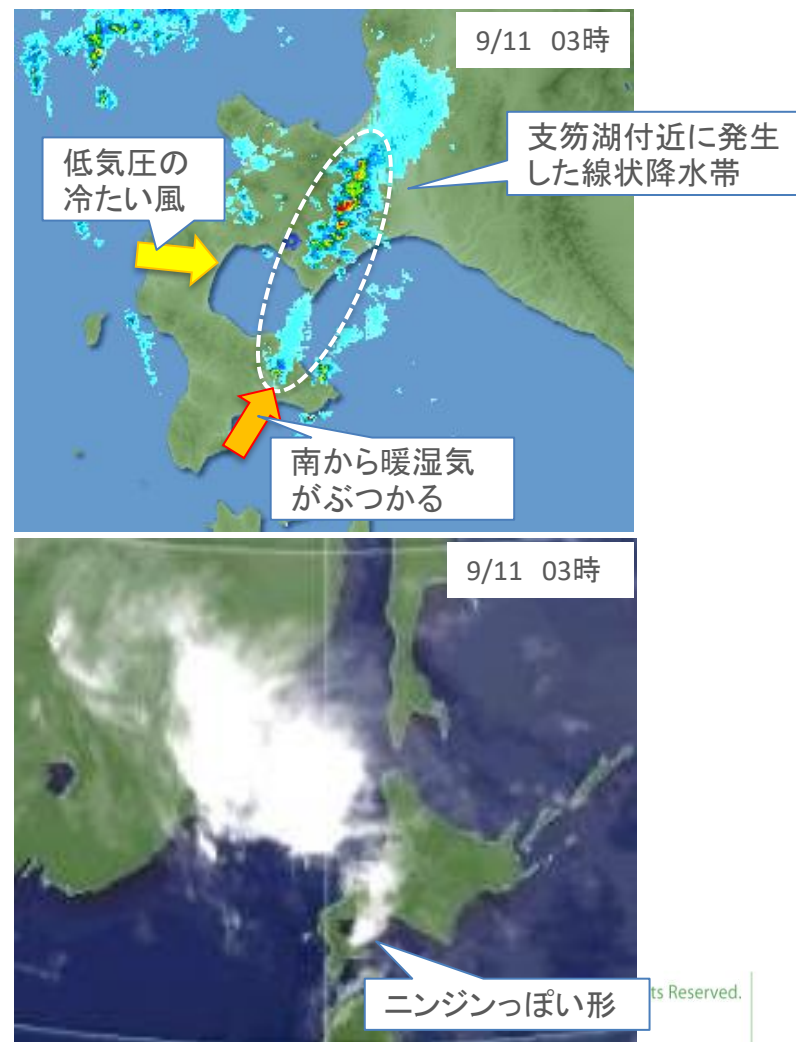


8. 土砂災害を警戒すべき天気図・・・？

平成26年9月11日に北海道で発生した線状降水帯の事例。小さな低気圧の風と南からの暖湿気がぶつかり、積乱雲が発達。上空には寒気も入っていた。天気図上では大雨になりそうには見えない・・・。



2014/9/11 線状降水帯発生時の状況



9. ここまでのまとめ

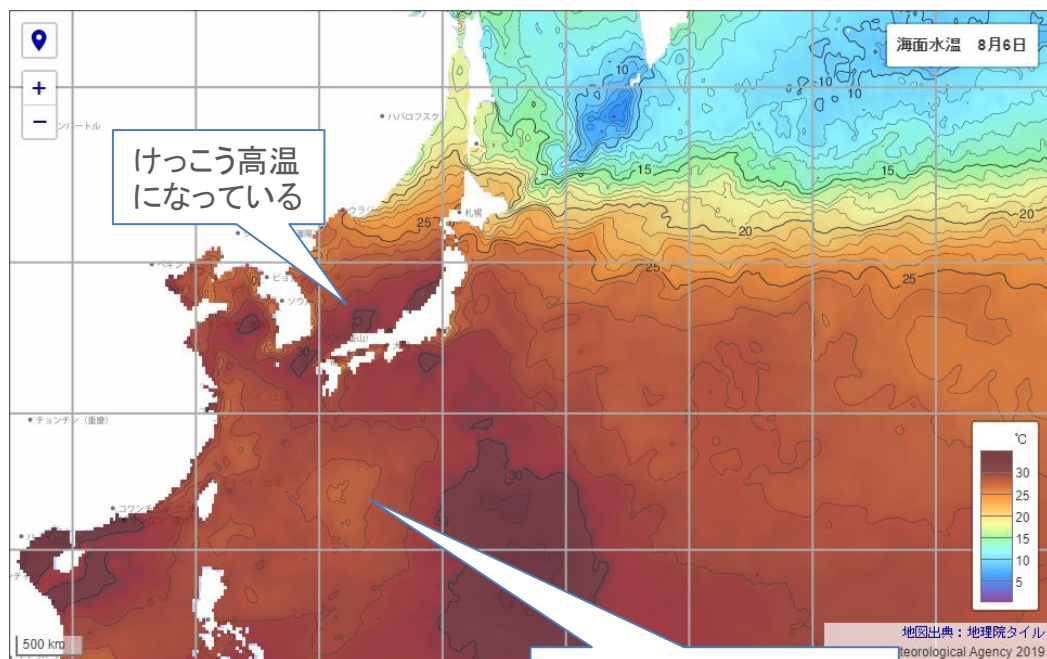
- 全ては熱エネルギーが源
- 赤道から両極へ熱を運ぶために大気や海水が動き、複雑な気象を生み出す
- 温度差が大きく、水蒸気の量が多いほど激しい現象が起こる
- 強い台風が単体で接近する場合も怖いが、停滞前線が絡むと危険度が大きく増す
- 梅雨末期の停滞前線は単体でも怖い。黒幕は太平洋高気圧。
- 「上空に季節外れの寒気」というフレーズが出たら、局所的な大雨に注意。

9. ここまでのまとめ

8/7の海面水温の状況

台風6号が沖縄付近でほとんど停滞していたことで、強風により深い低温の海水を巻き上げて海面水温が低下。

台風の動きが遅い場合、自分のせいで海面水温が低下し、得られるエネルギーが減って発達が止まったり、衰弱したりする。



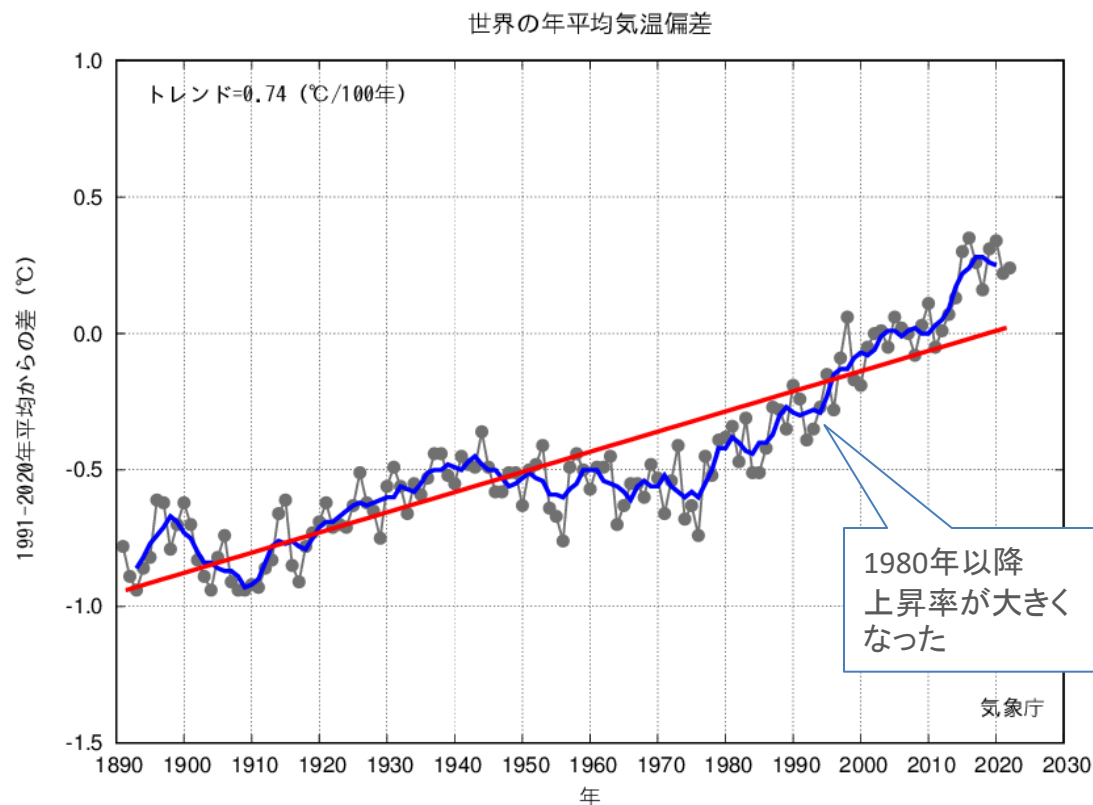
日本周辺の海面水温の分布(2023/8/6)
(図はいずれも気象庁から)

ほとんど停滞していた台風6号により、海水が巻き混ぜられ温度が低下

図では台風のいる辺りの海面水温が27～28℃くらいになっている。
台風の勢力を維持できるギリギリの線。

10. 地球温暖化

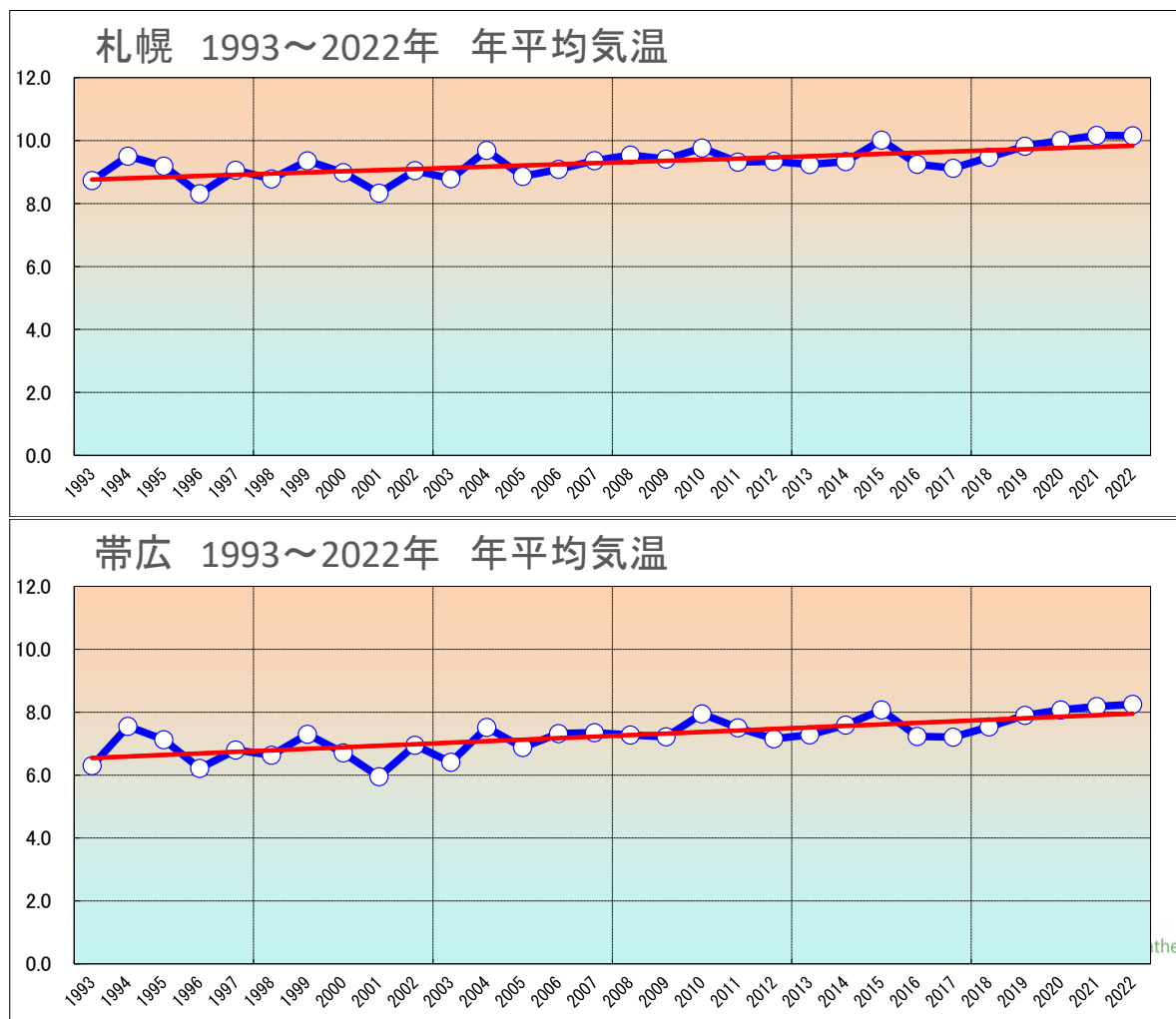
産業活動、自然要因などの理由はともかく、全球規模で平均気温が上昇していることは事実。気象にも影響。



温暖化が進むと短時間強雨の発生が増え、台風が大型化すると言われている。温度上昇→水蒸気量の増加

10. 地球温暖化

北海道の状況。アメダスデータから、30年で1℃ほど年平均気温が上昇している。



11. 北海道における降雨状況の変化

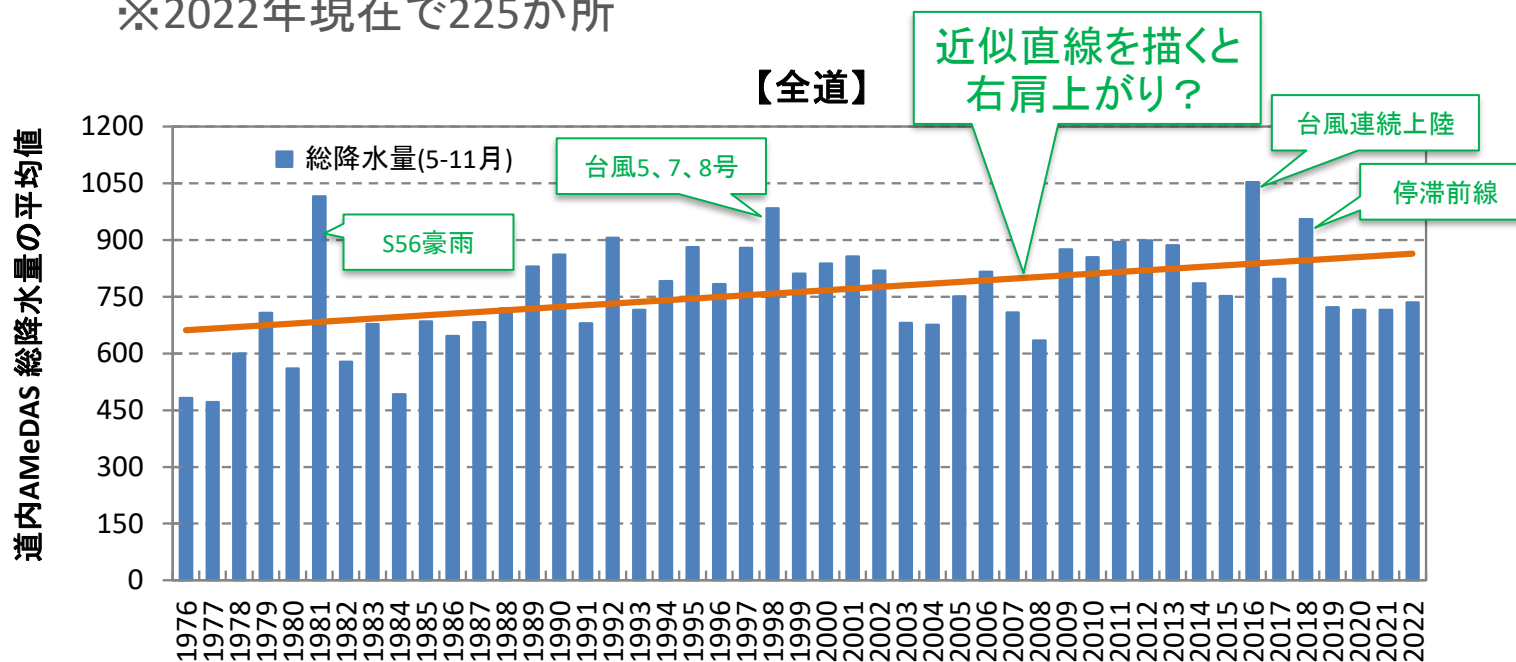
気象庁アメダスデータから見る降雨の経年変化

・降雨観測している全地点の総降水量から

平均値を出してみたもの

※5～11月の降雨が対象

※2022年現在で225か所

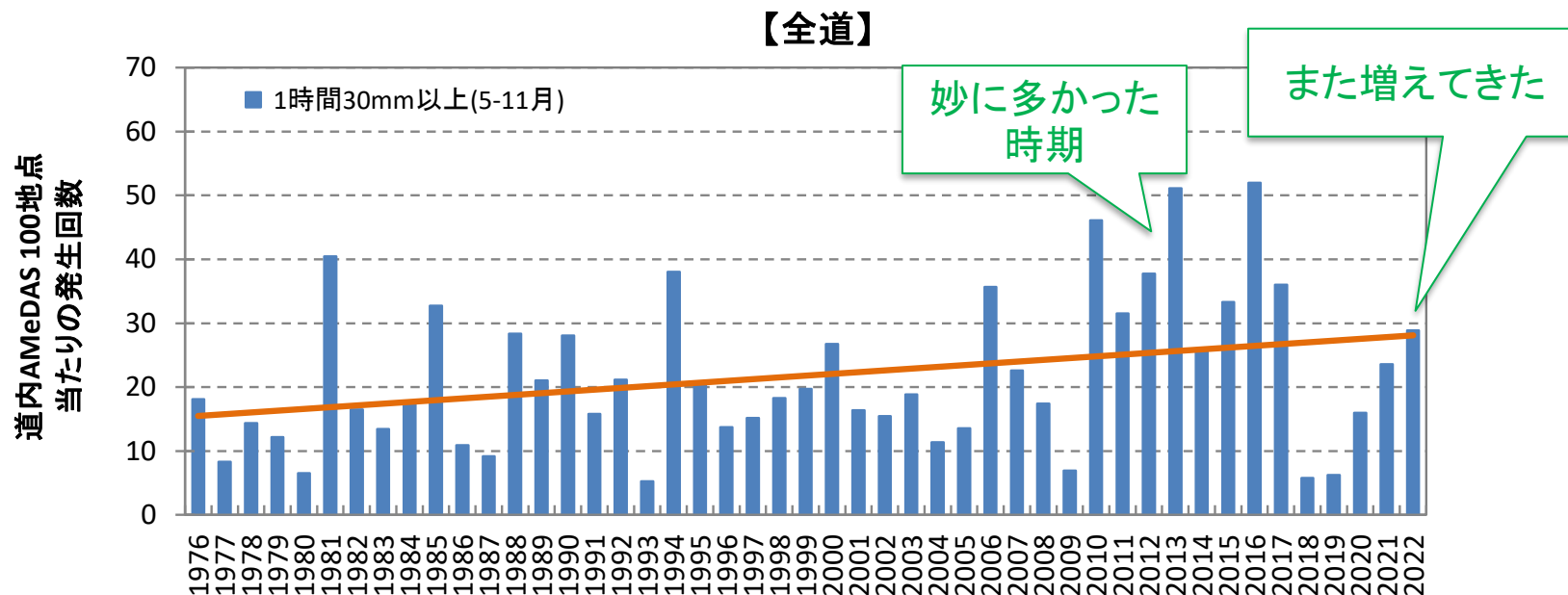


少しずつ増加しているように見える。

ここ数年はやや少なめだが...

11. 北海道における降雨状況の変化

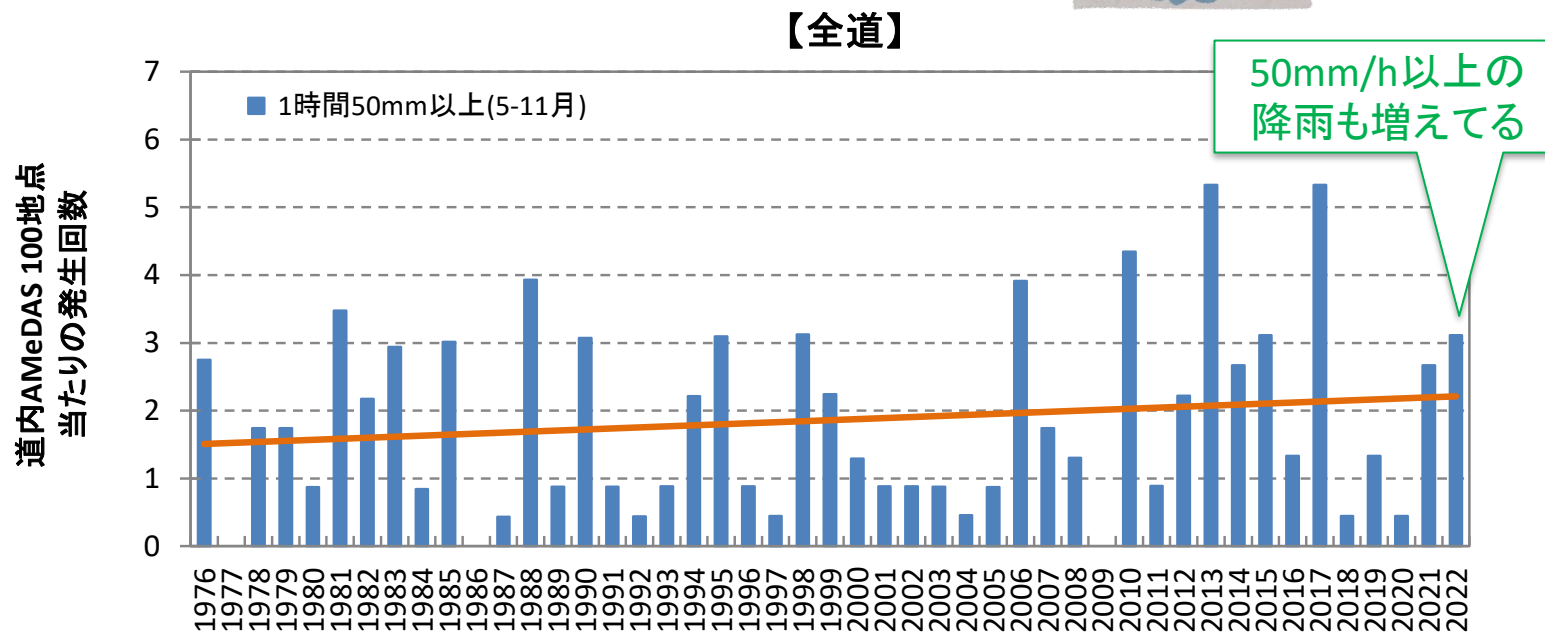
気象庁アメダスデータから見る降雨の経年変化
 ・時間30mm以上の降雨発生回数で見たもの
 ※ 5～11月の降雨が対象



短時間強雨の発生状況については、ある程度の周期変化があるようだが、2010年～2017年が妙に多かった。2018、2019年は極端に減り、その後再び増加に転じている。

11. 北海道における降雨状況の変化

気象庁アメダスデータから見る降雨の経年変化
 ・時間50mm以上の降雨発生回数で見たもの
 ※ 5～11月の降雨が対象



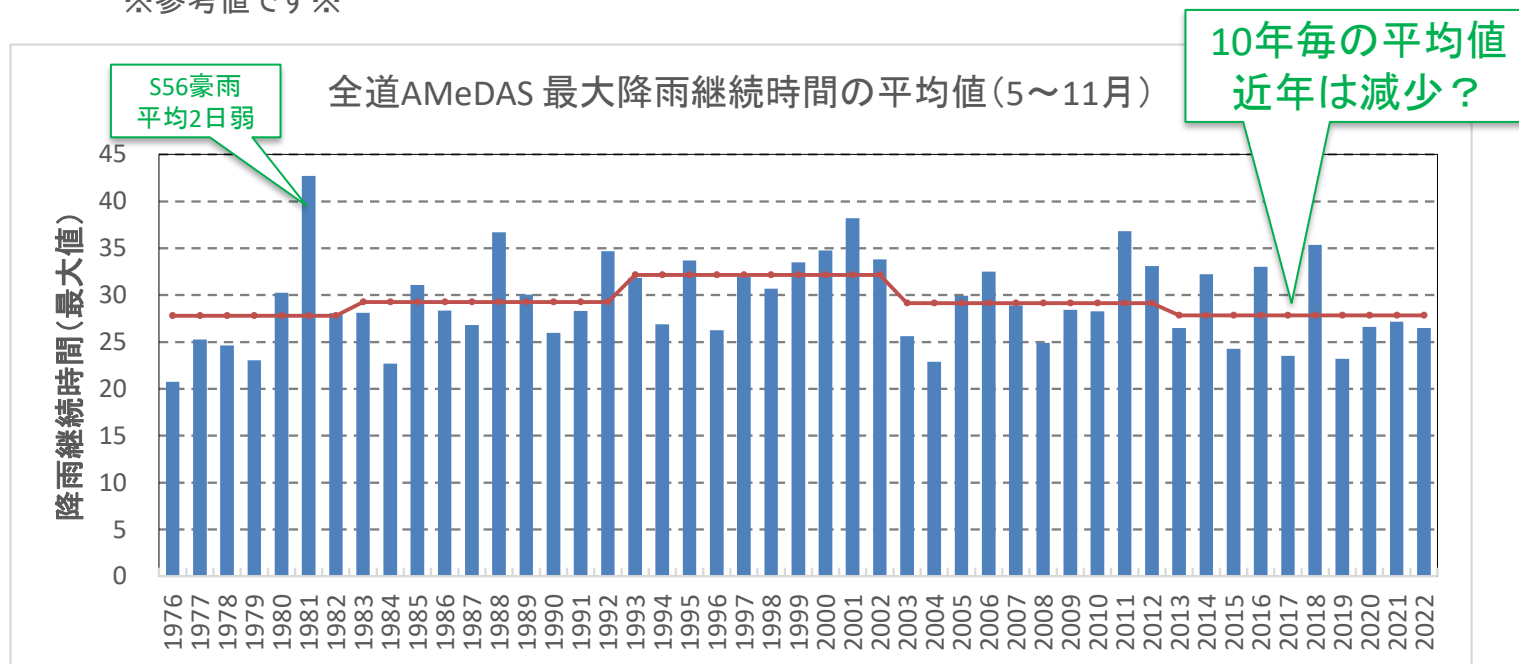
猛烈な雨の振り方も時々見られている。2013年と2017年が突出しており、2018年からしばらく少なかったが、2021年からまた増えてきた。
 温暖化に伴い短時間強雨も増えると言われているが...

11. 北海道における降雨状況の変化

気象庁アメダスデータから見る降雨の経年変化

- ・長雨の状況(2mm/h以上の降雨が何時間続くか？ 2mm/h未満が12時間以上続いたらリセットのルールでカウント)

※参考値です※



近年の雨はあまり長引かなくなっている？

気象学講座 その2

気象予測技術と土砂災害警戒情報



一般財団法人日本気象協会 北海道支社
事業サービス課 小倉

1. 降雨の観測 雨量計

昔から使われているのは雨量計。

気象庁アメダスや国土交通省の雨量テレメータなど、現在では電源と通信回線さえ確保すれば、自動で降雨を観測しデータ収集を行える。



気象庁HPより、アメダス設置状況の一例。

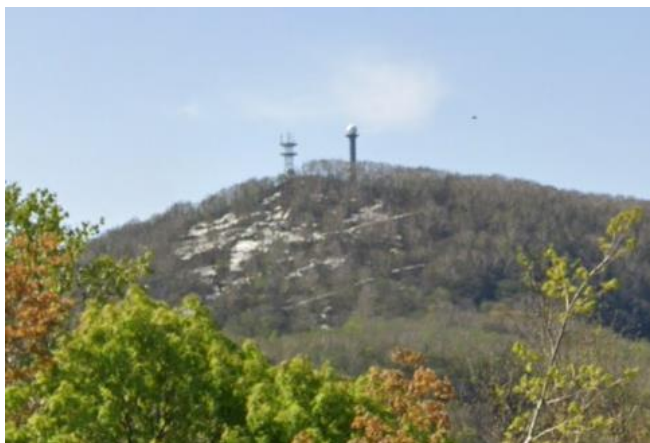
雨量計は0.5mm単位で測定。この写真の雨量計は雪にも対応するタイプ。風の影響を軽減するため円形の覆いが付いている。(助炭と呼ばれる。検索すると茶道具が出てくる。)

地上に降ってきた雨を直接捉えるので、値の信頼性は高い。

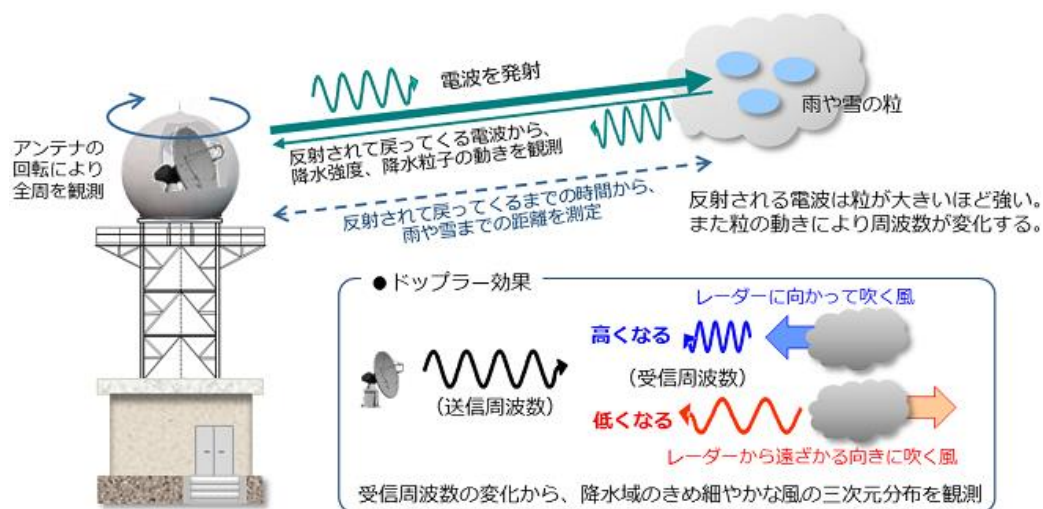
1. 降雨の観測 気象レーダー

アメダスやテレメータは、その場所の状況しかわからない、点のデータ。
 広範囲、面的に降雨状況を把握できれば、防災に役立つ → レーダー技術を応用

見通しの良い山の上に設置されることが多い。発射した電波が雨粒に当たって反射する際の強度から「降っているであろう雨の量を**推定**」する。
 最近は二重偏波ドップラー・レーダーなど、さらに高度な技術を導入。



Google Mapのストリートビューから。
 小樽の毛無山にある気象レーダー



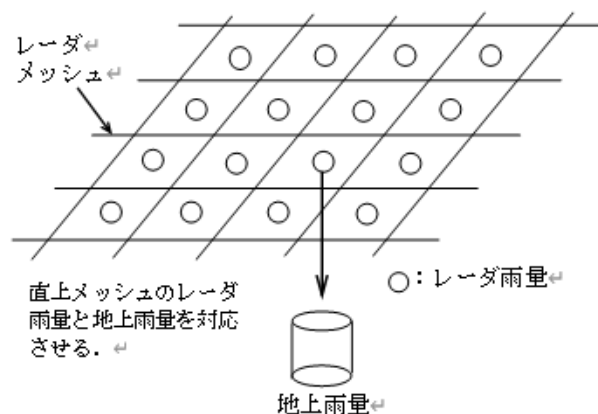
1. 降雨の観測

雨量計 : 値は正確だがたくさん設置することはできない

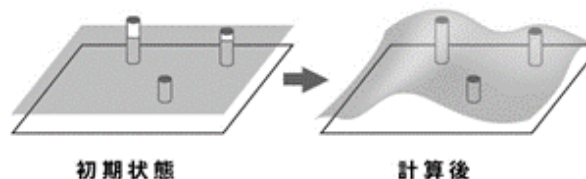
気象レーダー: 広範囲の降雨状況を見ることができるが、上空の雨粒を見ているので地上に降っている量とは異なる可能性がある

一長一短。

ならば、レーダーの観測値を雨量計の観測値で補正すれば良いのでは？
 という考えで作成されているのが「解析雨量メッシュ」。



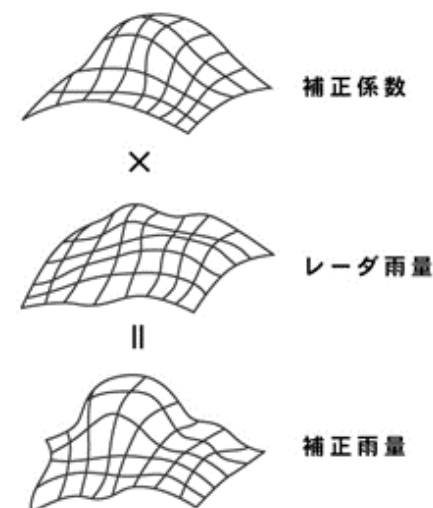
補正係数の内挿



円柱は地上雨量地点の補正係数、グレーの曲面は補正係数曲面

解析雨量の補正イメージ

補正雨量の算出法



1. 降雨の観測

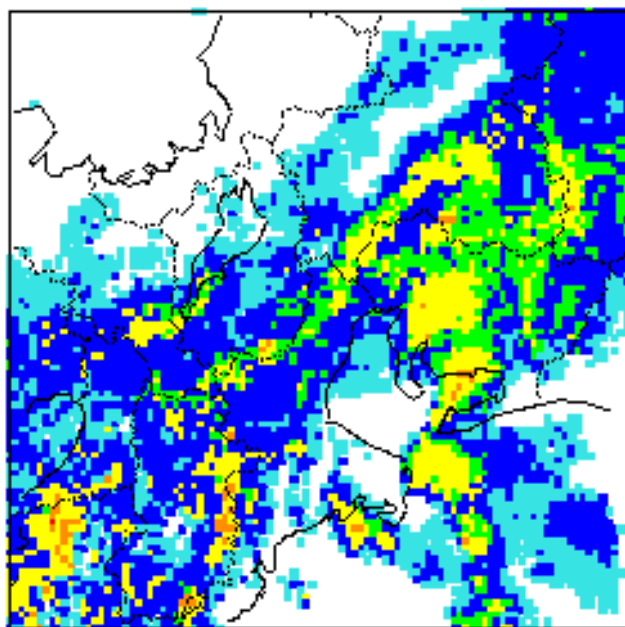
解析雨量メッシュ データ補正の模式図。

地上で観測された雨量が反映され、より強い降雨に補正されている。

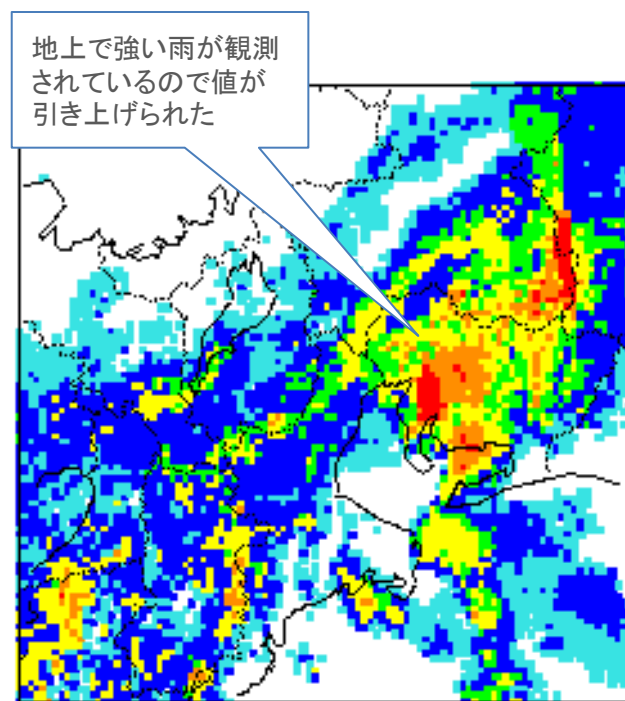
簡易的な補正では最短10分更新(速度重視)

より高精度の補正を行う場合は30分毎に更新(精度重視)

土砂災害警戒情報や洪水、浸水危険度分布の元データとなっている。



元の気象レーダーによる降雨分布



地上の雨量計による補正後の降雨分布

2. 高層気象の観測

天気を知るには地上だけではなく、上空のデータが必要。

風船に気温計などを括り付けて飛ばす「ラジオゾンデ」を使う。

毎日2回、全世界一斉に同時観測を行う。日本では09時、21時に気象官署16か所で実施(全世界では約800か所)。自動化が進んでいるが、人が飛ばしている所も残っている。

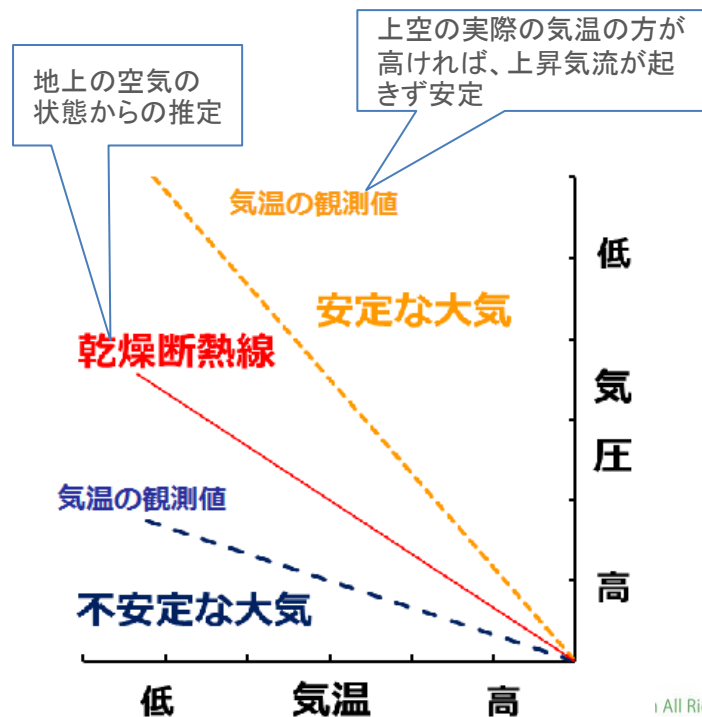
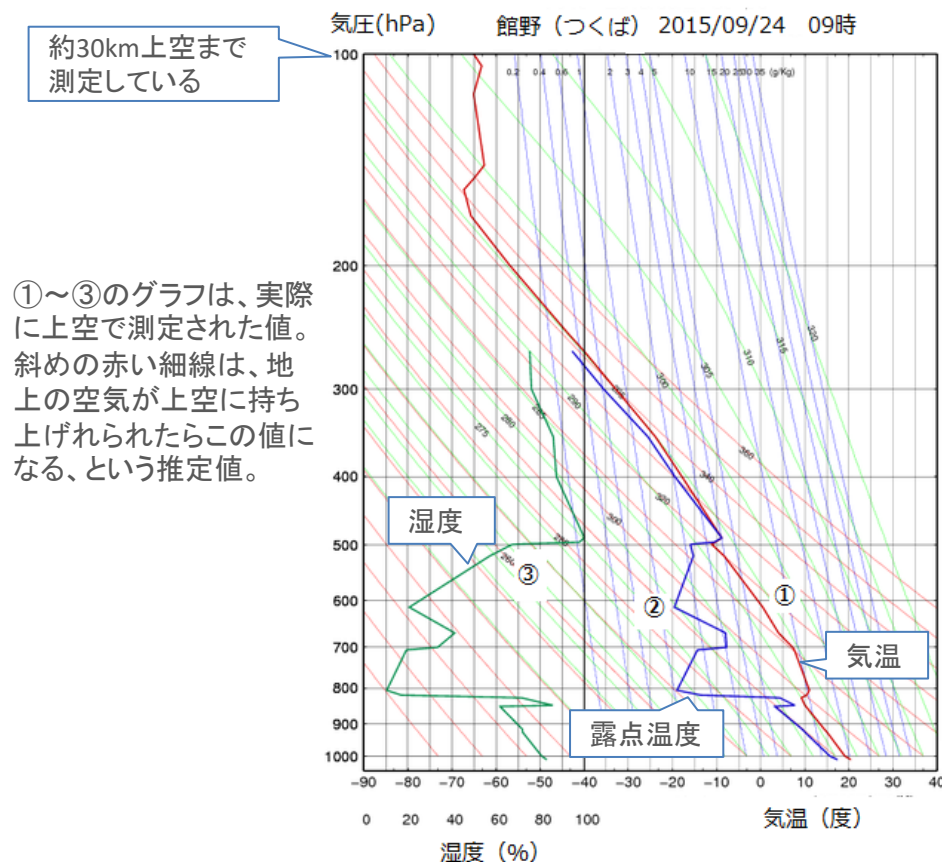


気象庁HPから。上は自動放球機の例。
ガスは水素！

3. 高層気象の観測

高層気象観測のデータ例。気温、露点温度、湿度と気圧が測定されている。

グラフ(エマグラム)中のうっすら赤い細線は、「乾燥断熱線」。地上の空気を上空に持っていくとこの気温になる、という目安。これと実際の上空での気温を比較すると、大気の安定度がわかる。



3. 降雨の予測

大きく2つの方法がある。

- ・全世界の気象観測結果を初期値として、気象予測モデル計算で大気の流れや低気圧の発達、移動を予測する方法([モデル予測](#)、[数値予測](#))
 - 数日以上先までの中・長期予測
 - 降水量以外にも気温、風、湿度や雲量を予測可能

計算量が膨大で、計算開始から結果が出るまでにスーパーコンピューター(世界25位の性能)でも数時間かかる。全球計算は1日4回の計算が限界。

- ・気象レーダーや地上観測データをもとに、雨雲の発達状況や移動方向がこの先も同様に続く、として予測する方法([移動予測](#))
 - 降水予測に利用。だいたい6時間先までの短時間予測。
 - 地形の効果も反映。数時間先までの予測であれば、モデル予測より高精度の場合が多い。

比較的計算は速い。10分毎に随時更新される。
複雑な動きをする雨雲には弱い。

5. 降雨の予測 気象予測モデル計算

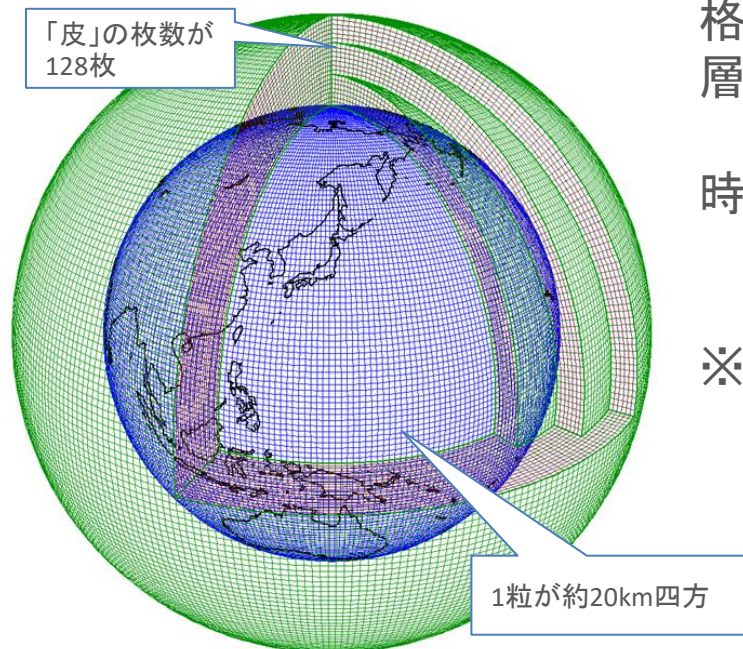
全世界の気象観測結果を初期データとして、気象予測モデル計算に投入し、計算により気象状況を予測する。各国で全球規模の計算モデルを開発。

気象庁：GSM (Global Spectral Model)

アメリカ：GFS (Global Forecast System 国立環境予測センターNCEP)

ヨーロッパ：ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts) などなど

気象庁GSMでは、以下の設定で計算している。



格子間隔(計算単位) 地上で約20km

層数(鉛直方向の分割数) 128層

一番上が約80km上空

時間単位 84時間先までは1時間毎

87時間先～264時間先は3時間
毎

※地形データも20km四方単位で荒い

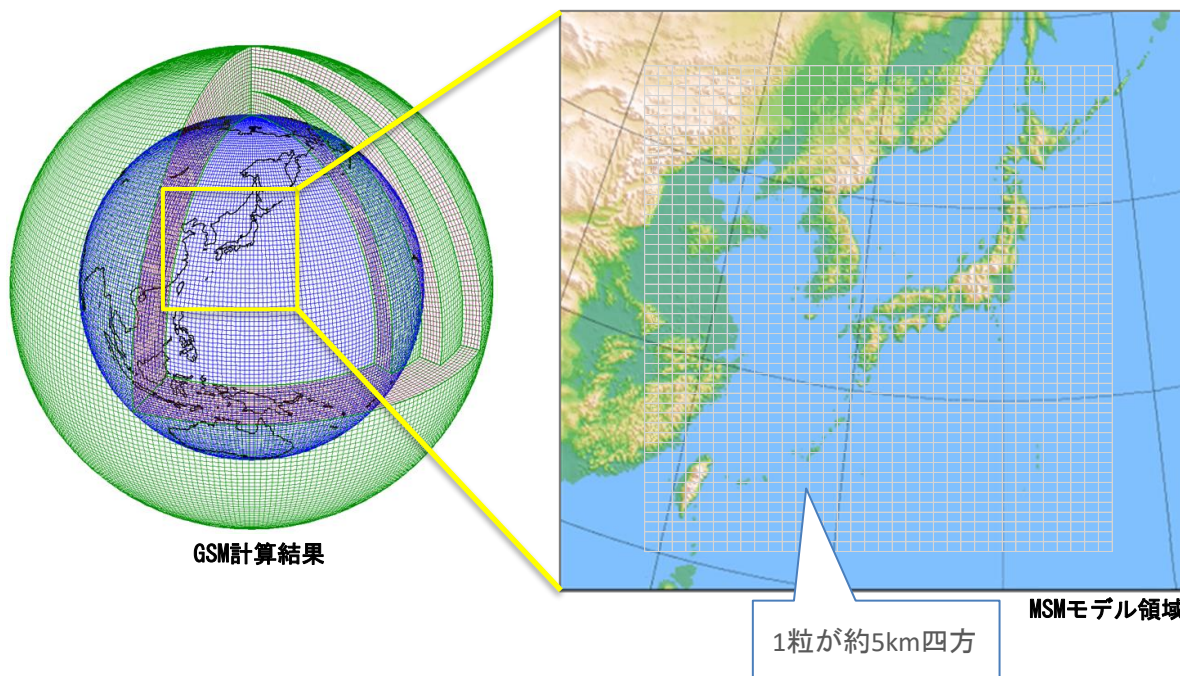
5. 降雨の予測 気象予測モデル計算

全球計算では大きな現象は表現できるが、格子単位20km以下の現象は出てこない。

日本国内で県単位、地方単位より小さな範囲の現象をどう計算するか？
→ 全球計算結果から日本付近を切り出し、より細かな格子単位で再計算する。地形データもより細かいものを投入。

MSM(Meso Scale Model) 領域と予測時間を絞っているのでGSMより計算は速い。地上観測データを更新しながら1日8回計算している。

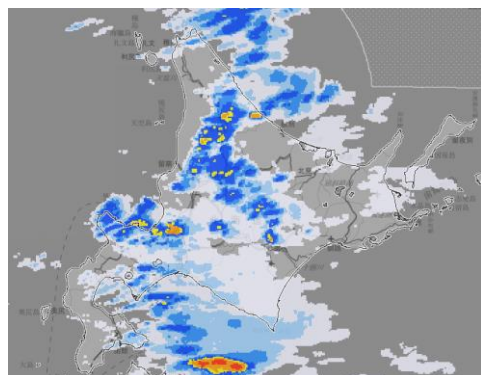
さらに細かく2km格子で計算するLFMもあるが、さらに予測時間は短い。



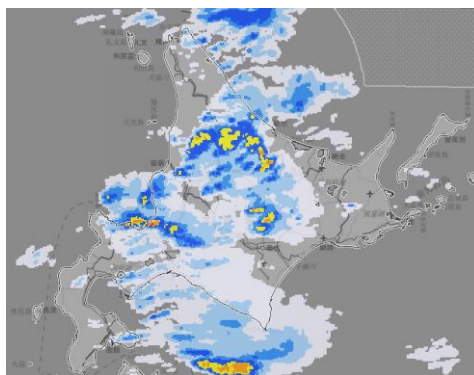
格子間隔 5km
層数 48層
一番上が37.5km
時間単位 1時間毎
39時間(一部78時間)先まで

6. 降雨の予測 移動予測

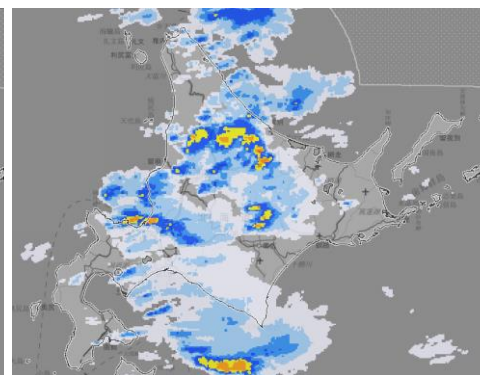
移動予測は、雨雲の移動方向や発達状況が今後も継続する、として雨域を予測する方法。雨雲が一様に移動している場合はよく当たる。低気圧中心の雨雲が回転しながら近づくような場合、予測結果が変な動きになることもある。



2023/7/11 15:00



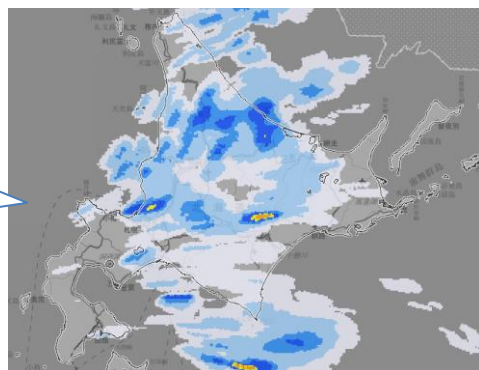
2023/7/11 16:00



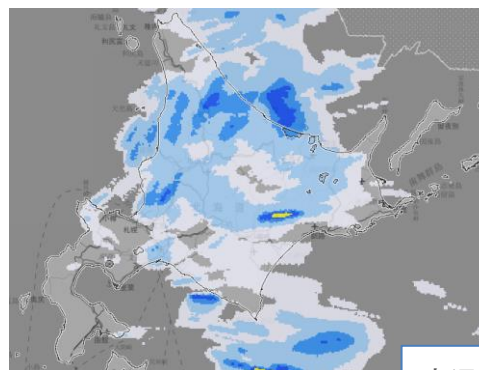
2023/7/11 16:10 (現在)

ここまで実況変化

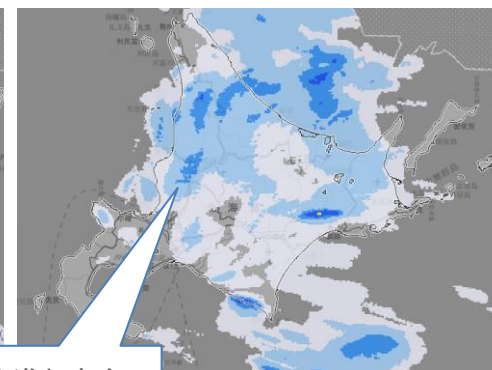
ここから予測結果



2023/7/11 17:10



2023/7/11 18:10



2023/7/11 19:10

実況と進む方向
がちよっと違う

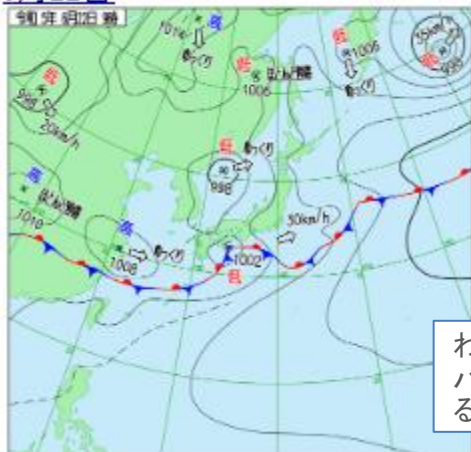
7. 予測の限界

モデル計算は、計算機の中に地球を再現し、大気の動きを予測する方法。でも、完全な再現はできない。空間分解能、時間分解能が現実とは違う。そもそも予測モデルがどこまで正しいのか。

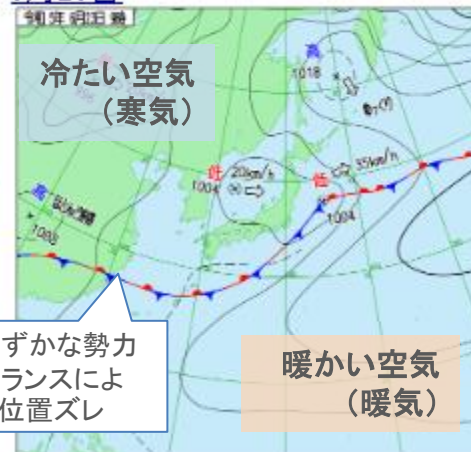
→ 結果には誤差が生じ、先の予測ほど誤差が累積し大きくズレやすい。

例えば、停滞前線の予測はとても難しい。周囲の気圧配置により、寒気と暖気（北と南の高気圧）が押し合う力のバランスが少しでも変わると、数十km移動してしまう。形状も細かく変化する。これらを計算で正確に予測するには、まだ人類の技術が足りない。

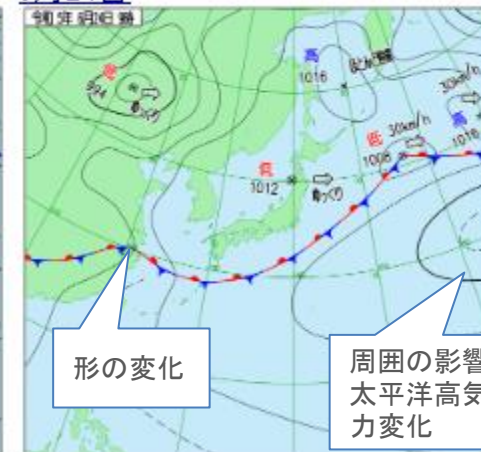
6月22日



6月23日



6月24日



7. 予測の限界 当てるための努力

とは言っても、なんとかしたい。大雨を予測できないと生命に関わる。

モデル計算には、誤差がある

ここしばらく雨が多めとか、気温が高めに予測される、という場合、統計的にズレを補正できる。「**ガイダンス**」と呼ばれる。昔から使われている手法。

GSMガイダンス、MSMガイダンスなど。気象庁が過去1週間程度の実況/予測のズレから予測データを補正して提供。

ただし、3時間単位のデータになる。

似たような気圧配置が続いているうちは効果があるが、台風一過で大きく気圧配置が変わった場合などは、過去1週間の状況と変わってしまい、効果が落ちる弱点がある。

7. 予測の限界 当てるための努力

モデル計算で出てくる答えは一つしか無かった。

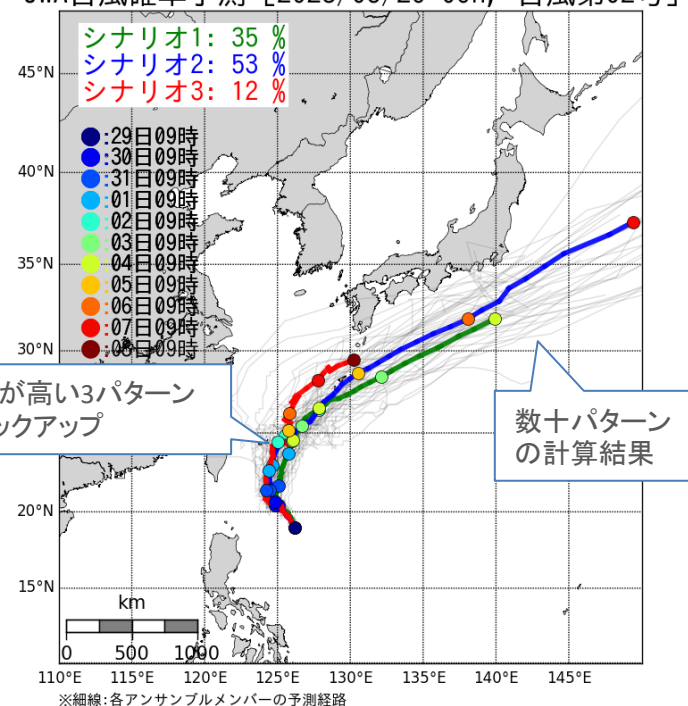
答案用紙に書ける回答は一つ。たとえ自信をもって答えを出しても、ハズれれば0点・・・。

計算機的能力も上がっているし、並列計算でちょっと初期条件を変えながら何パターンも計算して、その結果のバラつきから信頼性も含めて予測しよう！という、「アンサンブル予測」という手法が近年使われている。

内部資料として大雨確率予測、台風の影響度の予測などに活用。

右図は台風の影響度の予測例。信頼度が高い予測は、多少初期条件が変わっても同じような結果にまとまる。予測が難しいパターンでは、結果がばらつく。どの程度信頼性があるかを示すことができる。

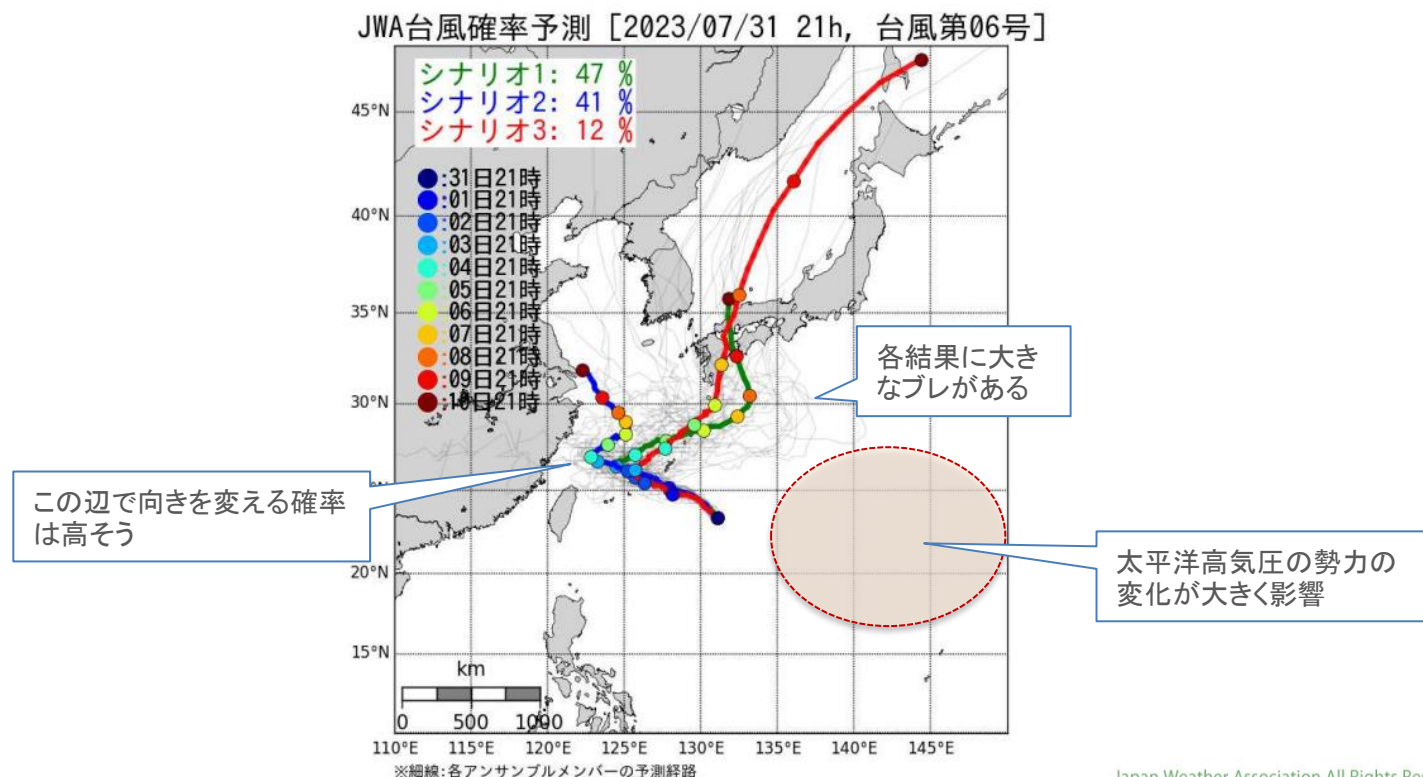
JWA台風確率予測 [2023/05/29 09h, 台風第02号]



7. 予測の限界 当てるための努力

台風の影響度の予測 8/1時点の台風6号に対するもの
各予測結果のブレが大きく、信頼度がやや低い例。

それまで勢力を強めていた太平洋高気圧が急に衰える予測に変わり、早めに東へ向かう予測となった。その後再び高気圧が西へ張り出してくると見て、また進路が変わる可能性を示しているが、そのタイミングがばらばら。



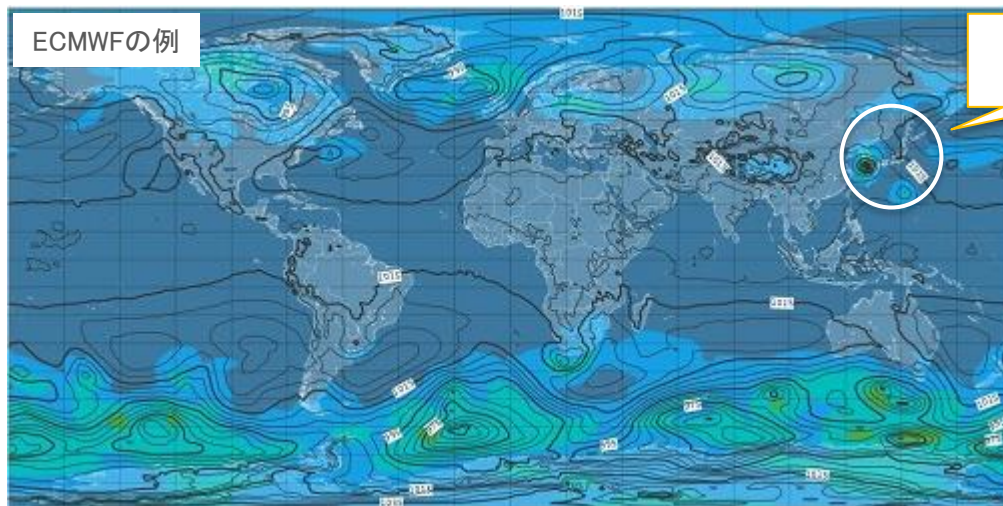
※内部資料であり、このまま一般に提供されているものではありません

8. ここまでのまとめ

- ・テレメータ装置や高層観測により、細かく気象データが収集されている
- ・観測されたデータをもとに、気象予測計算モデルなどで天気変化を予測する
- ・完璧な気象予測計算モデルはまだ存在しない
- ・予測精度を上げるために、モデルの改良に加えて統計的手法で修正を行っている
- ・何十パターンもの計算を行い、結果のばらつき具合から信頼度も含めて評価できるアンサンブル予測の手法が、使われるようになってきている。

8. ここまでのまとめ

日本と世界の気象予測計算モデルの差

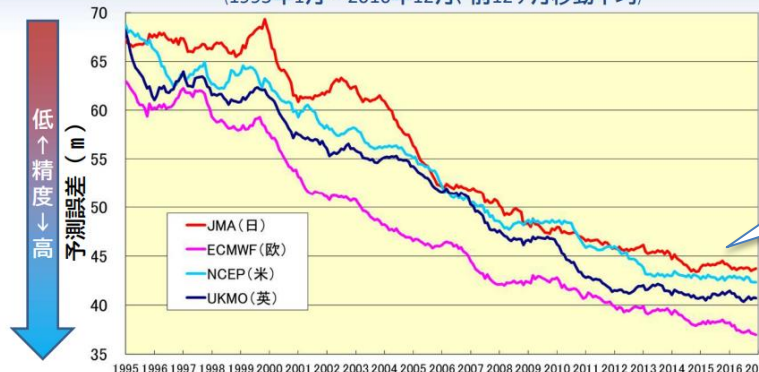


気象庁も定期的に精度検証を行い、計算パラメータなどを調整し、精度向上を図っている。

ヨーロッパからは日本は極東、端の方なので精度低そうだが…意外に当たる。

全球モデル予測精度の国際比較

北半球5日予報500hPa高度RMSEの経年変化
(1995年1月～2016年12月、前12ヶ月移動平均)



気象庁が最下位、欧米にはまだ勝てない…

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

土砂災害警戒情報

降雨状況から土砂災害の発生危険度を把握し、気象庁と都道府県が共同で発表する情報。

対象としている現象はがけ崩れ（急傾斜地の崩壊）と土石流。地すべりは降雨との関連性があまりないため、対象外としている。

実況だけでは無く、2時間先までの降雨予測も含めて土砂災害発生危険度を判定している。使われている降雨予測は、気象庁の降水短時間予測（解析雨量をベースにした移動予測）。

当初は5kmメッシュ単位、30分更新でスタート。

以後、気象庁が数回バージョンアップ。

北海道では気象庁の変更にあわせて、

- ・平成30年5月30日より10分更新化
- ・令和2年3月10日より1kmメッシュ化して運用。



9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

土砂災害発生危険度の判定

スネークライン図で行う。

縦軸：前60分雨量

横軸：土壌雨量指数

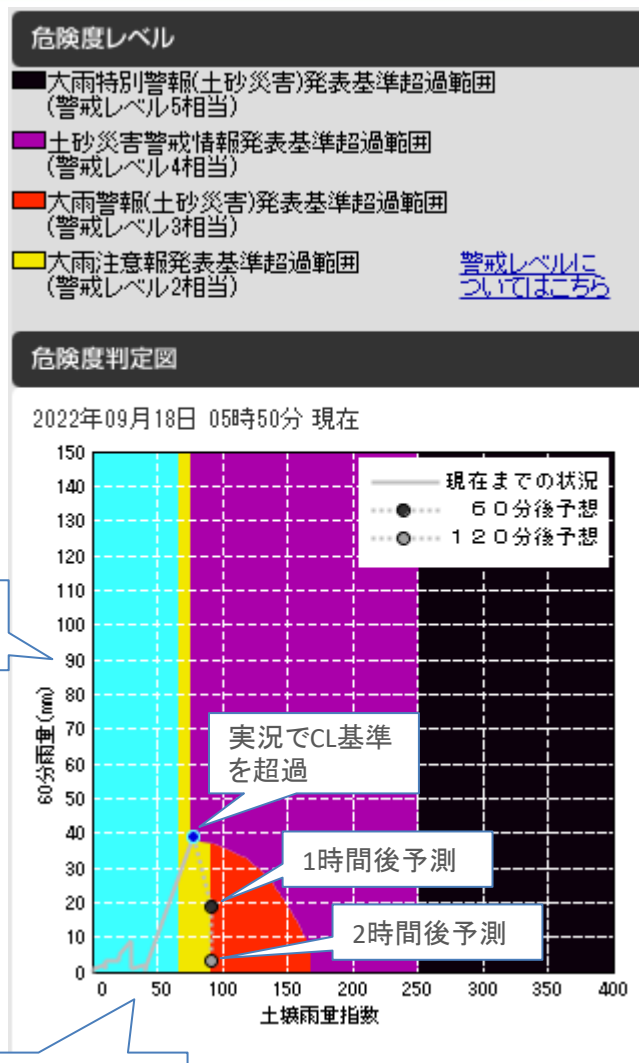
前60分雨量は、短期的指標。

土壌雨量指数は、前60分雨量から3段タンクモデルを用いて土中の水分量を推定したもので、長期的指標となる。

縦軸：解析雨量による60分単位の雨量値

土砂災害警戒情報発表基準（CL基準）は紫色と黄色・赤色の境目。

なお、令和4年6月30日より大雨特別警報（土砂災害）基準が追加になっている。



横軸：土壌雨量指数値

スネークライン図の例

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

CL基準は、各都道府県が検討し気象庁(各地方気象台)と協議のうえ設定

検討手法については、「**土砂災害警戒情報の基準設定及び検証の考え方**」(国交省、気象庁、国総研)にまとめられており、その内容に従って都道府県が基準案を作成する。

平成17年6月に初案が示され、今年の**令和5年3月に最新版**に改定された。

★初案からの主な変更点

- 5kmメッシュ単位から、**1kmメッシュ単位での設定**に変更
- 検討方法の明文化
 - ・CL適用を除外するメッシュ設定フローの提示
 - ・CL対象災害の取り方の変更(がけ崩れ)
 - ・降雨ピーク時刻と災害発生時刻との差の考慮
- RBFN計算パラメータ**の変更
- 「地形・地質などの素因リスクに応じた危険降雨量設定手法の標準化に向けた取り組み」として、国総研の**土砂災害発生確率マップ**の導入を推奨

北海道ではこれらを反映して、令和5年6月8日より新たに見直したCL基準で運用中。

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

①CL適用除外メッシュの設定

土砂災害警戒情報の空振りを低減させるため、防災上必要が無い所はCLの適用を除外できる。以下のような設定フローを参考に設定することを推奨。



※1: (例) 勾配○度以下

※2: (例) 国土数値情報で、土地利用が森林・荒地・河川
湖沼でない、もしくは、国勢調査で人口あり

図-4 除外メッシュを設定するフローの例

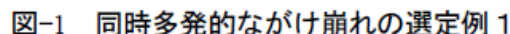
北海道では、平坦地が広がっているところに大都市があり、上記のフローそのままだと、「ほとんど除外メッシュになってしまう」市町村も多い。

また、土砂災害警戒区域が設定されていない所での災害発生も多々あるため、土砂災害警戒区域周辺メッシュだけに絞ってしまうのも危険性がある。

→ 現状、北海道では**大都市中心部で平野であっても、人が住んでいる場所は除外しない。**(气象台とも協議)

対象となる災害は「土石流」と「集中的に発生するがけ崩れ」

- ・土石流は1箇所でも発生すれば対象。
- ・がけ崩れは、ある範囲内で複数起きている場合のみ対象とする。(降雨が原因となっているがけ崩れに絞りたい)



※崩壊土砂量も考慮。30m³以下は対象としない。不明な場合も対象にしない。

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

②CL対象災害の設定

降雨ピークとの時間差も考慮。あまりズレていると、その降雨が原因とは言いにくい。

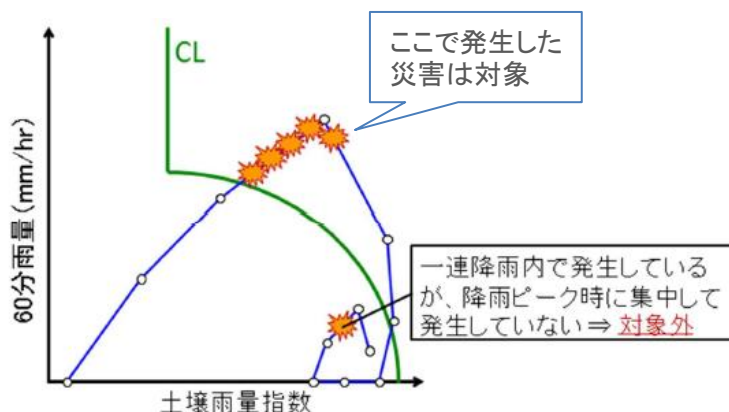


図-2 同時多発的ながけ崩れの選定例2

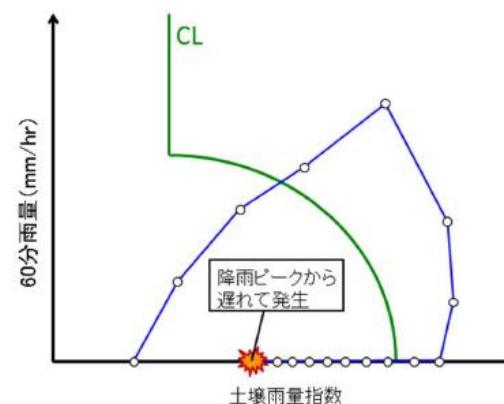


図-3 一連の降雨のピーク付近で発生しない土砂災害の例

でも、災害発生時刻を正確に把握するのは難しい。ほとんどの場合、降雨が落ち着いてからパトロールに出て、崩れていることを発見する。発生時刻不明の記録も多いため、参考程度。

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

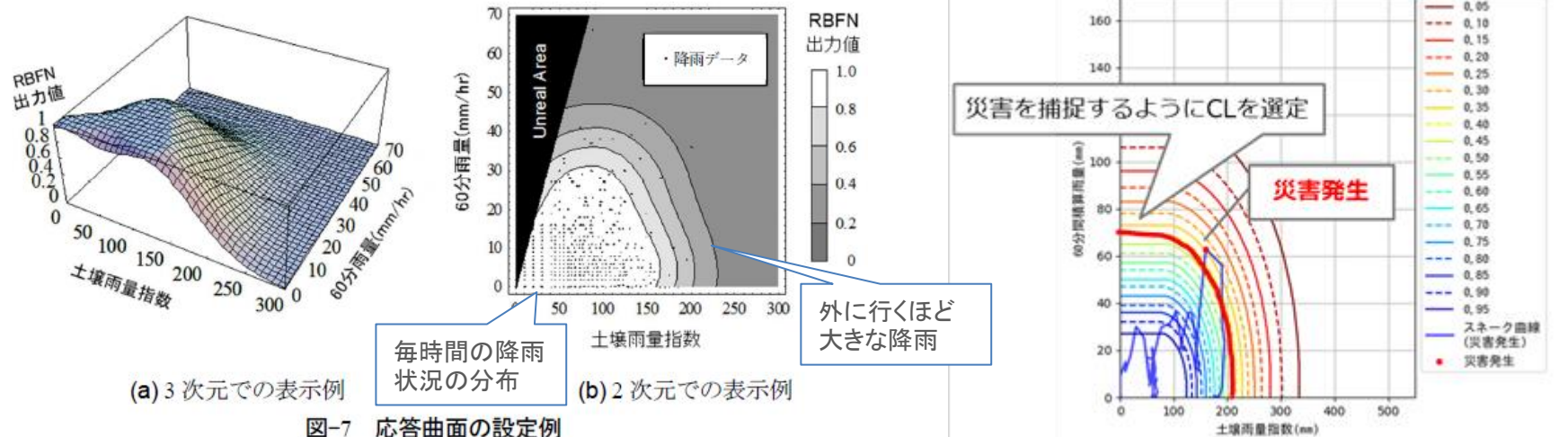
③RBFN計算と災害発生メッシュでのCL基準設定

解析雨量による60分雨量データと、土壌雨量指数データを使ってRBFN（放射状基底関数）計算を行い、応答曲面を設定する。降雨データはすべて投入（2006～2021年分）。降雨状況の確率分布が出てくるイメージで、これで丸い部分の形が決まる。

RBFN値が0.95（最も内側） → 降雨の発生確率大、災害の発生確率は小

RBFN値が0.05（最も外側） → 降雨の発生確率小、災害発生確率は大

CL検討対象の災害が発生したことがあるメッシュでは、災害発生時の降雨状況がストレスで飛び出るくらいのRBFN値を選定。



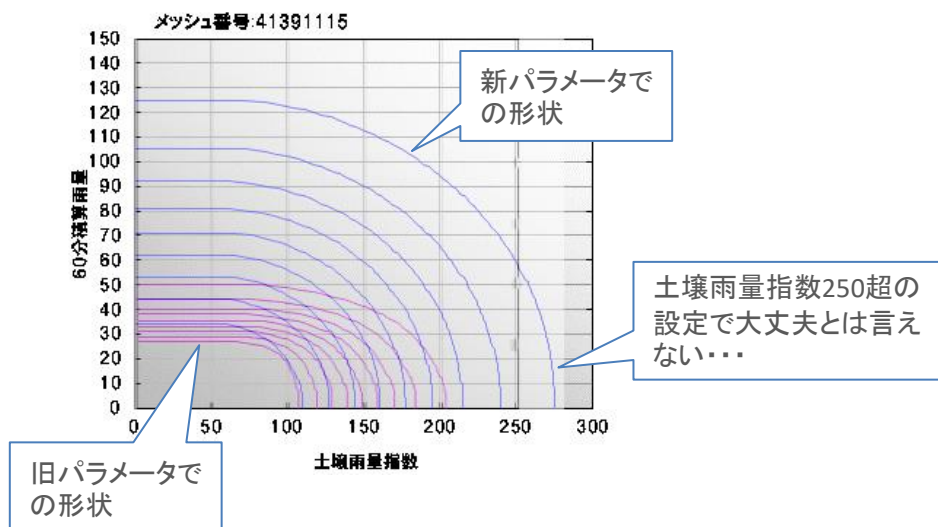
9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

④災害非発生メッシュでの設定

災害が発生したことが無いメッシュはどうするの？

起きていないんだから、一番外側のRBFN値でも大丈夫？

以前はそのように設定していた。最新版ではRBFN計算のパラメータが変わり、一番外側だとかなり大きな値を取るようになったので、この方法は**危険**。

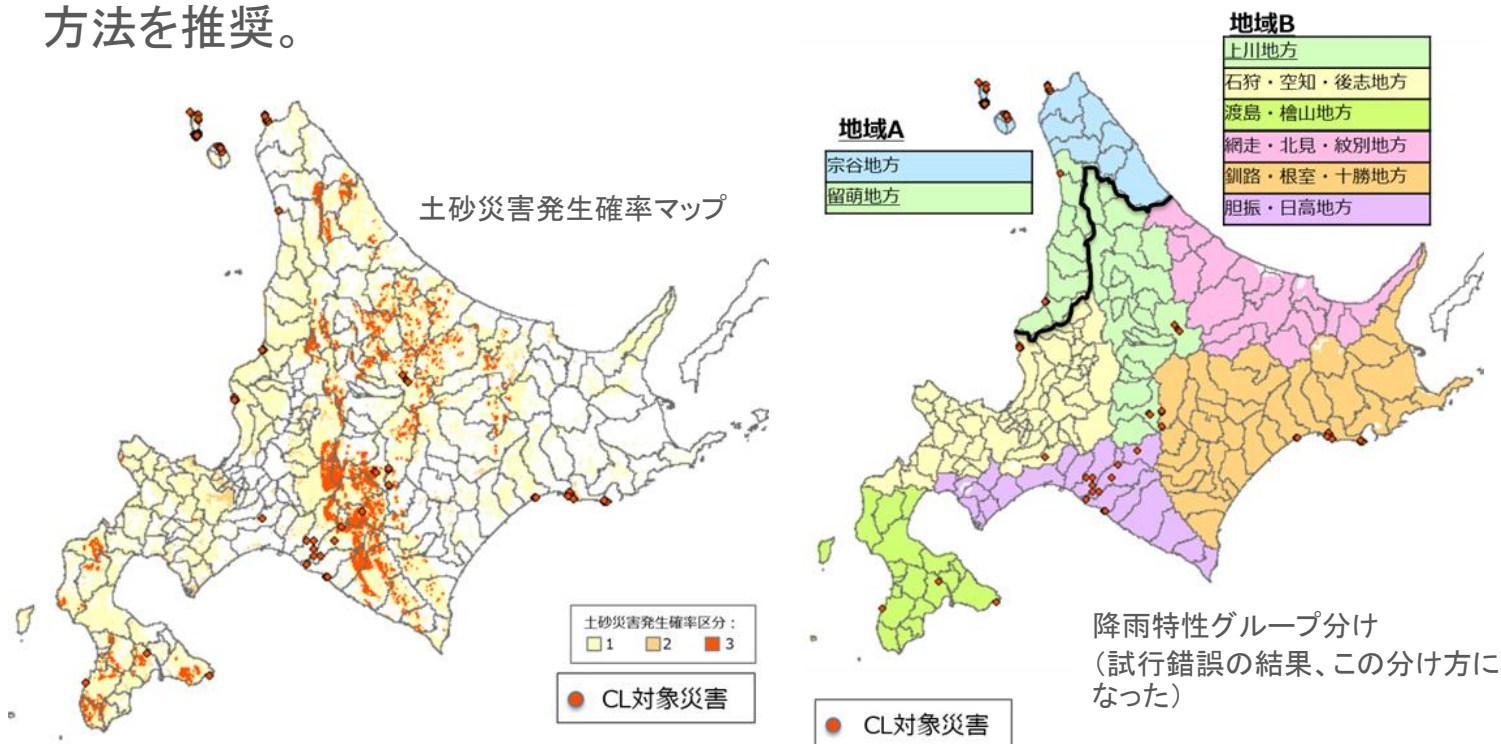


※RBFN計算結果を大きくするパラメータが選ばれたのは、短時間強雨による空振りを低減させる意図がある。

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

④災害非発生メッシュでの設定

どうする？→ 国総研が「土砂災害発生確率マップ」を参考にして設定する方法を推奨。



「地質特性等の素因条件が同等とみなせる対象災害発生地域の選定結果を参考に選定」

降雨特性が類似するエリア内で、災害発生メッシュと地質特性等が同種のメッシュは、発生メッシュのRBFN値と同じくらいの値にすれば良し。

9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

④災害非発生メッシュでの設定

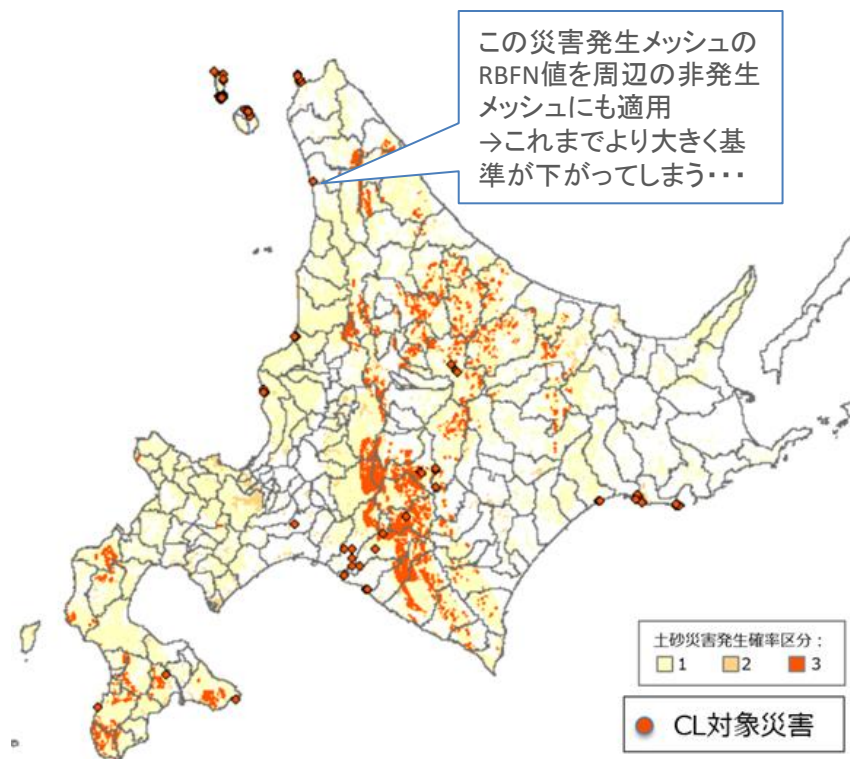
でも、災害発生メッシュと同じ設定値で非発生メッシュも設定すると、これまでもより大きく基準値が下がってしまう。これは「空振り」の増大に直結する。

非発生メッシュに同程度の雨が降り、災害発生すると仮定して、どの程度災害補足できれば良しとするか・・・？

大雨警報、特別警報基準にも影響するため、いきなり従来の基準から下がることは避けた。特に土壌雨量指数の最大値。

これも試行錯誤の結果、3割捕捉できる設定であれば、従来基準との整合性も良かった。

今後、新たに災害発生した場合は、随時見直すこととする。(定期的な見直しタイミングで、場合によっては緊急的に対応する)



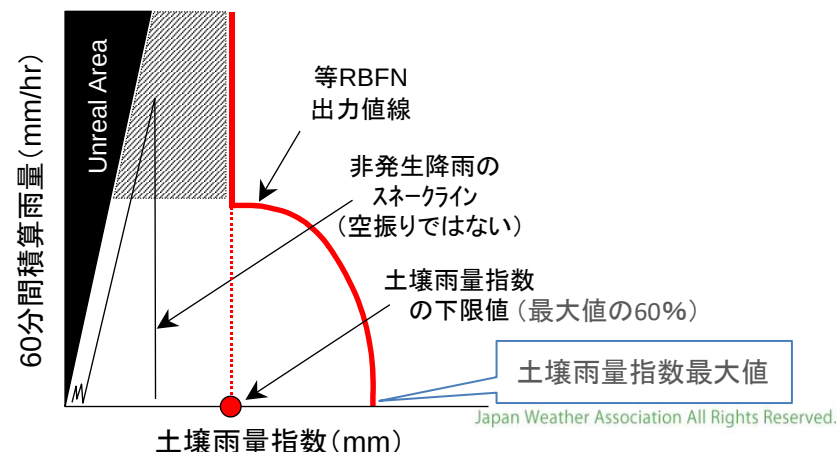
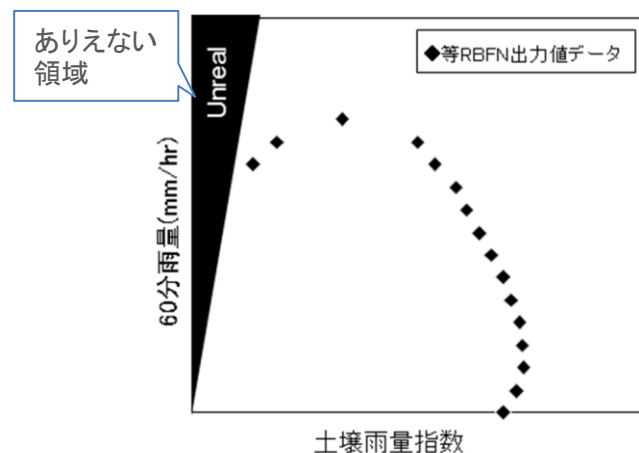
9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

⑤ 土壌雨量指数下限値の設定

前60分雨量と土壌雨量指数の関係から、スネークラインが絶対にそこには行かない領域が存在。

また、夕立などで急に80から100mm/hの降雨があり、スネークラインがCL基準を超過しても、実際にはそう簡単には災害が発生しない。
(北海道では、土壌雨量指数で概ね100mm以上にならないと、災害は発生しにくい)

空振り低減のため、土壌雨量指数の下限値を設定する。災害非発生メッシュでは土壌雨量指数最大値の60%を基準に設定。これで大体100mm。
(災害発生メッシュでは災害捕捉が前提なので、この限りではない)



9. 土砂災害警戒情報発表基準の作り方

【地震発生後の暫定基準の設定】

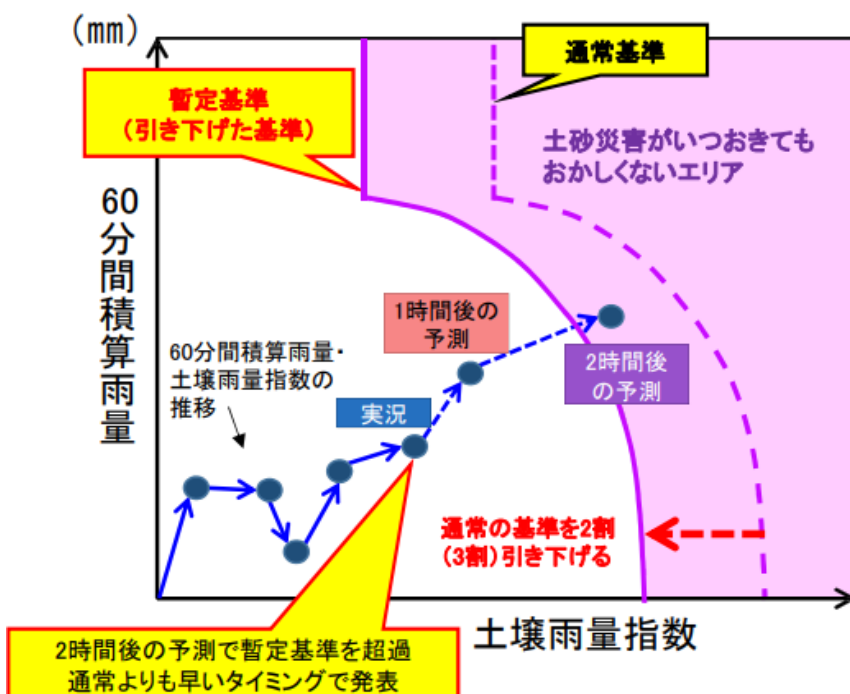
大きな地震の後には地盤が脆弱になっている可能性が高いため、気象庁がCL基準値を一時的に引き下げる。

※引き下げるのは「土壌雨量指数」のみ(横軸方向だけ下がる)

震度5強の地域 一律2割引き下げ

震度6弱以上の地域 一律3割引き下げ

■暫定基準設定のイメージ



※「ひとまずこのくらい下げておこう」という感覚

- ・震度のみで適用。
- ・例えば〇〇市で震度7の地震が発生した場合、〇〇市に含まれる全メッシュが引き下げられる。
- ・引き下げ後一定期間に大雨があり、それで災害が発生しなければ解除される。大体1年。

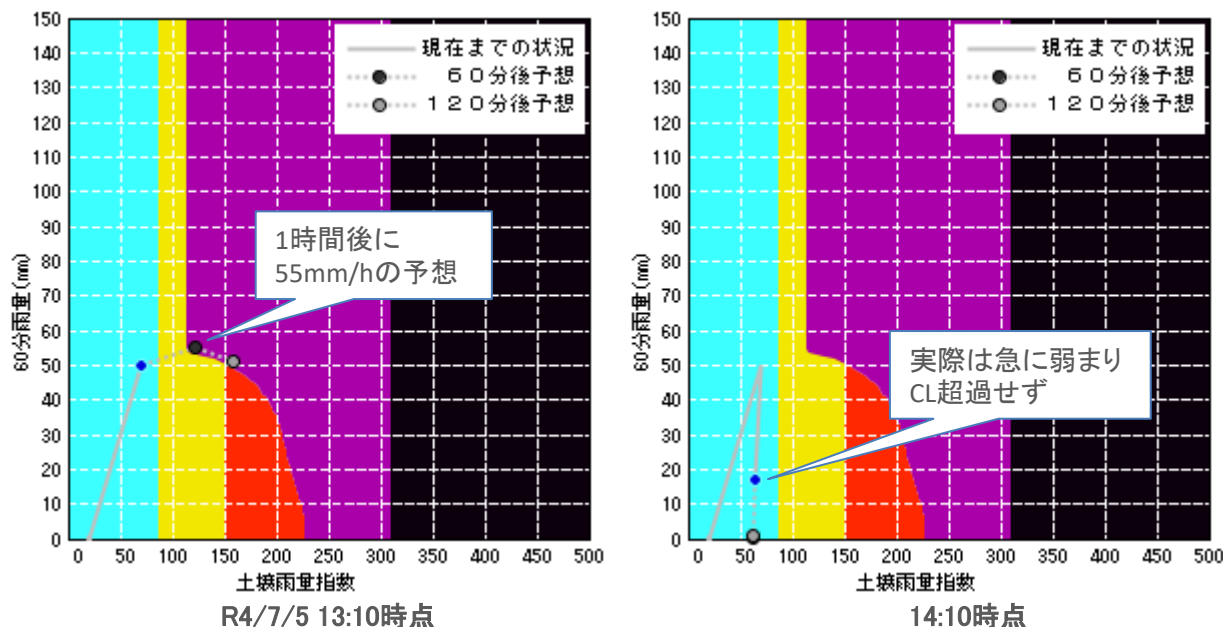
R5年8月現在、北海道では中川町が2割引き下げで運用中。
(R4/8/11 0:53に発生した宗谷地方北部の地震による)

10. 土砂災害警戒情報の課題

●空振りが多い

降雨データを積み重ねながら定期的にCL基準値を見直ししているが、それでも7割以上は空振り。

CL基準を超えたからと言って、災害が必ず発生するものではない。
また、局地的に発達する夕立のような降雨に対しては、短時間降雨予測の精度が悪い。(1時間後に100mmという予想で、実際には0mmとか多い)

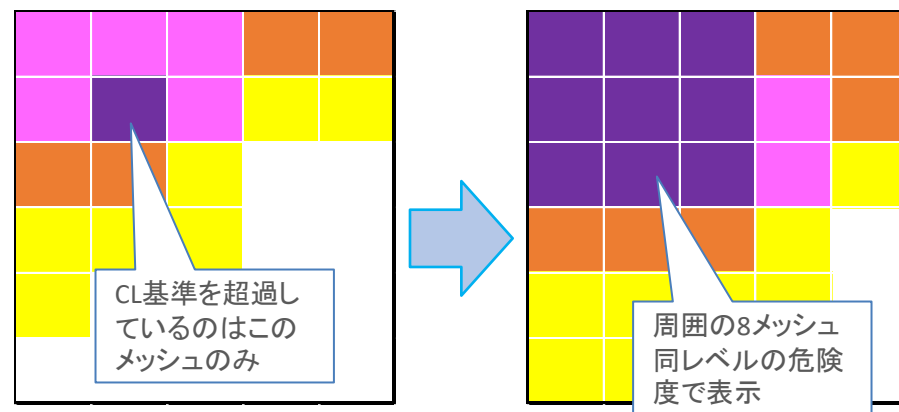
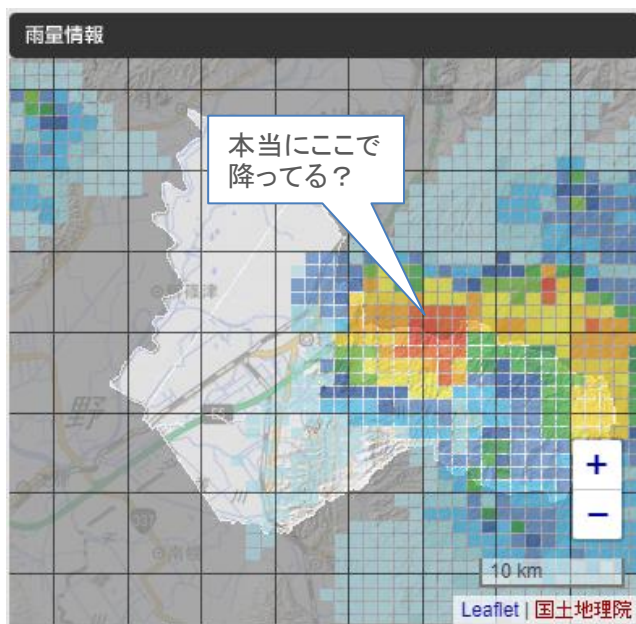


10. 土砂災害警戒情報の課題

●空間的精度の課題

解析雨量自体が正確な雨量と強雨域を示せていないことがある。
上空には地上より強風が吹いていることが多く、雨滴が風で流される。
強い雨が示されているメッシュと、実際に降っている場所がズレている場合がある。

1kmメッシュに細分化されたが、そこまでの精度は・・・？



1kmメッシュ危険度表示 周辺メッシュの扱い方のイメージ
※色分けはちょっと古いもの

※実際の運用では、あるメッシュで基準値を超えたら、周囲8メッシュも同じ危険度で表示する。
つまり、3kmメッシュで扱われている。

10. 土砂災害警戒情報の課題

●除外メッシュの設定

気象庁・都道府県：住民の命を守るため、なるべく除外範囲は限定して
災害に備えたい

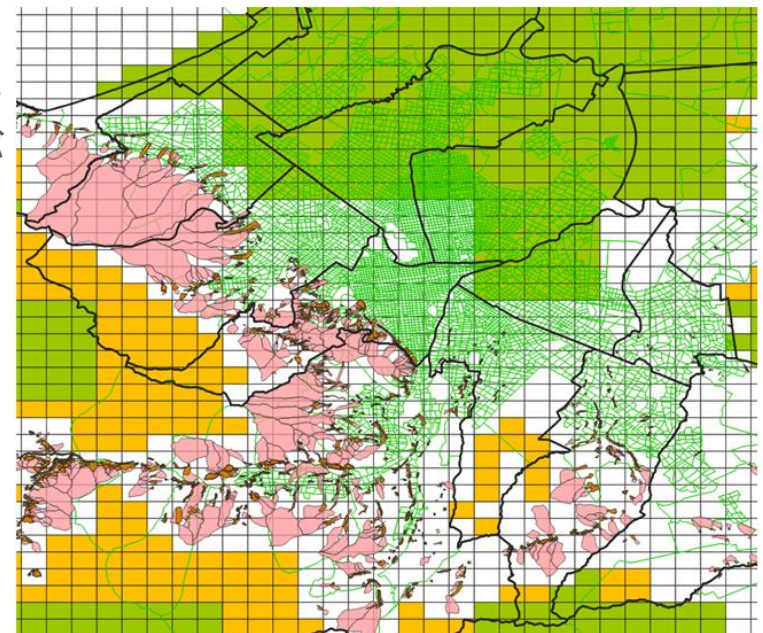
市町村：空振り多くて避難指示出しても住民からクレーム来るし、土砂災害
警戒区域があるメッシュに限定してよ

特に大都市の担当者は苦労されている。現状では市内の何処かでCL基準を超えると、市全体に土砂災害警戒情報が発表される。どこのエリアを避難させるかは、市町村担当者に委ねられている。

→ 市町村の負担大

市街地での降雨であっても、CL基準値を超えるような強雨が降っているなら、その市町村が危険なことには変わらないのだけど・・・両者の考え方のミスマッチ。

札幌市（南区以外）の除外メッシュ設定案



※現行除外メッシュは5km×5km単位で設定
新除外メッシュは1km×1km単位で設定

■ 現行の除外メッシュ
■ 新除外メッシュ

11. 皆さんの質問コーナー

・線状降水帯の発生について、砂防(斜面管理など)も治水ダムの容量管理(事前放流など)も、2kmメッシュ程度の予測技術があると実務的です。現状の予測技術はどの程度でしょうか

A.メッシュの大きさは1kmです。ただし、その精度については本編で説明しました通りです。また、発生を事前に予測するのはまだまだ難しいです。

・川の上流で大雨になるときの下流側の気象状況

A.蒸し暑い日に山に向かって風が吹いている場合、地形による強制上昇で積乱雲が発生する場合があります。下流で晴れていても山の上に入道雲が見え始めたら注意してください。雷鳴が聞こえたらほぼ確定です。

・工事現場等を担当しているときに、特に留意しておくべき気象情報について

A.まず熱中症対策で、気温と湿度。湿度が高いとより危険。

河川、下水関連では短時間強雨、雷の監視(気象レーダーで確認)

・近年の気象異常が今後どのような形態となっていくのか。

A.豪雨と乾燥の極端な状況が出てくる可能性あり。

温暖化シミュレーションでは、北海道でも停滞前線＋台風というパターンが増える兆候が見られるそうです。

11. 皆さんからの質問コーナー

・土砂災害予測は、見逃しを回避しようとする空振りは必然的に発生すると思いますが、この点、どのように考えるのが良いのでしょうか？

A.雨量予測の精度など、空振りの要因はいろいろ絡んでおり、今はまだ空振りが多いです。また、CL基準は降雨状況と過去の災害発生状況から決められるもので、災害発生確定ラインではありません。命を守るための早めの行動判断に使う情報、と考えるのが良さそうです。

・世界各地の氷河、ツンドラ地帯の凍土が気温上昇により解けていくこと等。不安要素が積み重なっている今後の気象変動についてお聞きしたい。

A.CO2排出を劇的に減らすには時間がかかり、その間も気温は上昇します。また、排出0にしても元の気温に戻るにはさらに時間がかかります。永久凍土が解けるとメタンガスが大量放出され、さらに温室効果を高めます。当面の気温上昇は止められず、各地で極端現象が続くのは避けられないでしょう・・・。

・今年の夏も全国の最高気温が非常に高温になっております。毎年続くのでしょうか。

A.日本の南の海面水温が高い状態で、解消されない限りは暑さは続きそうです。毎年の太平洋高気圧の張り出し方次第で、マシになるかどうか、というところ。

長時間のご清聴、
ありがとうございました

