

地球温暖化で冬はどう変わるのか

～温暖化による降雪・積雪の将来変化～

気候ネットワーク 研究会
2023/2/7

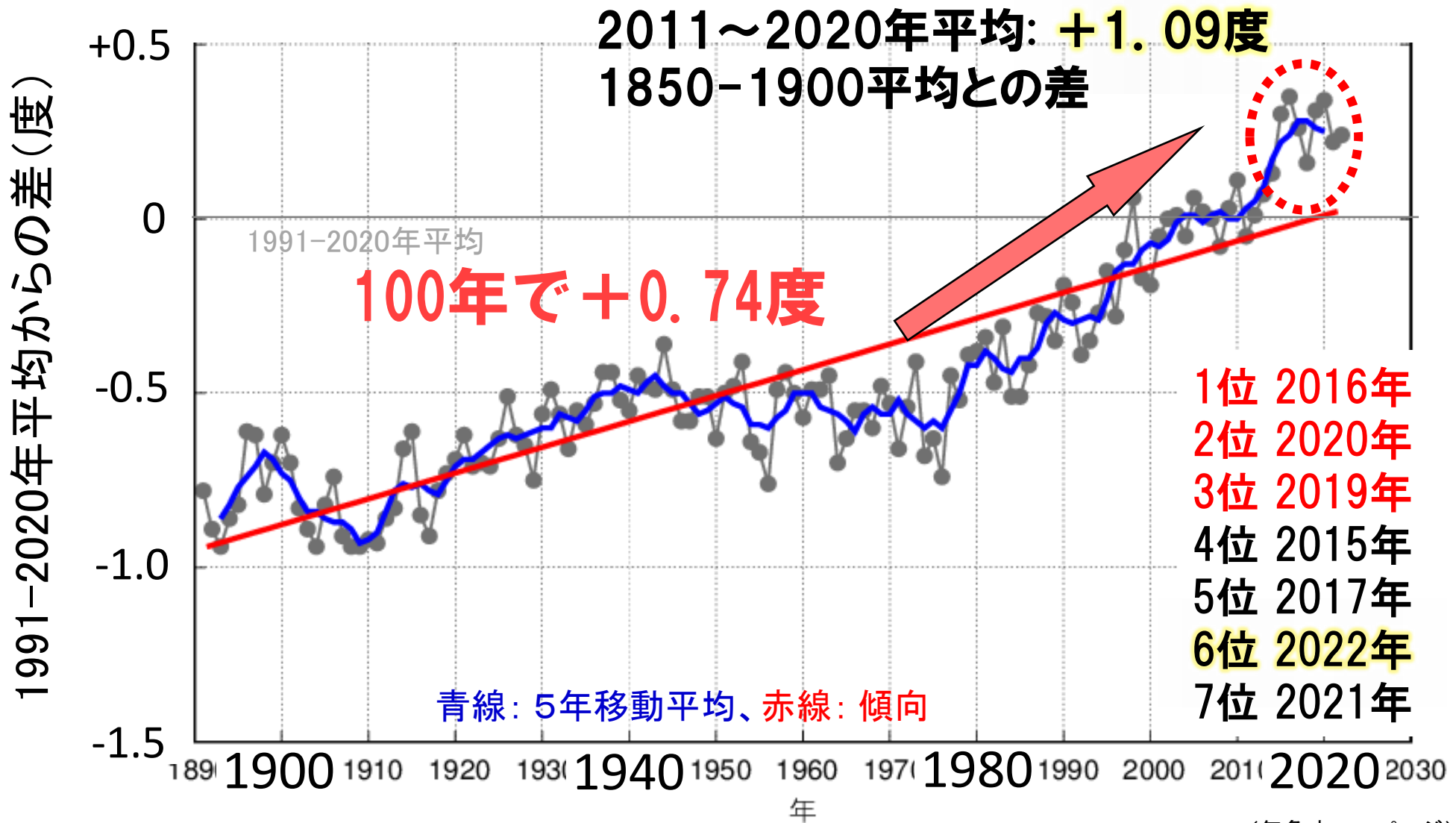
川瀬宏明

気象庁気象研究所 応用気象研究部

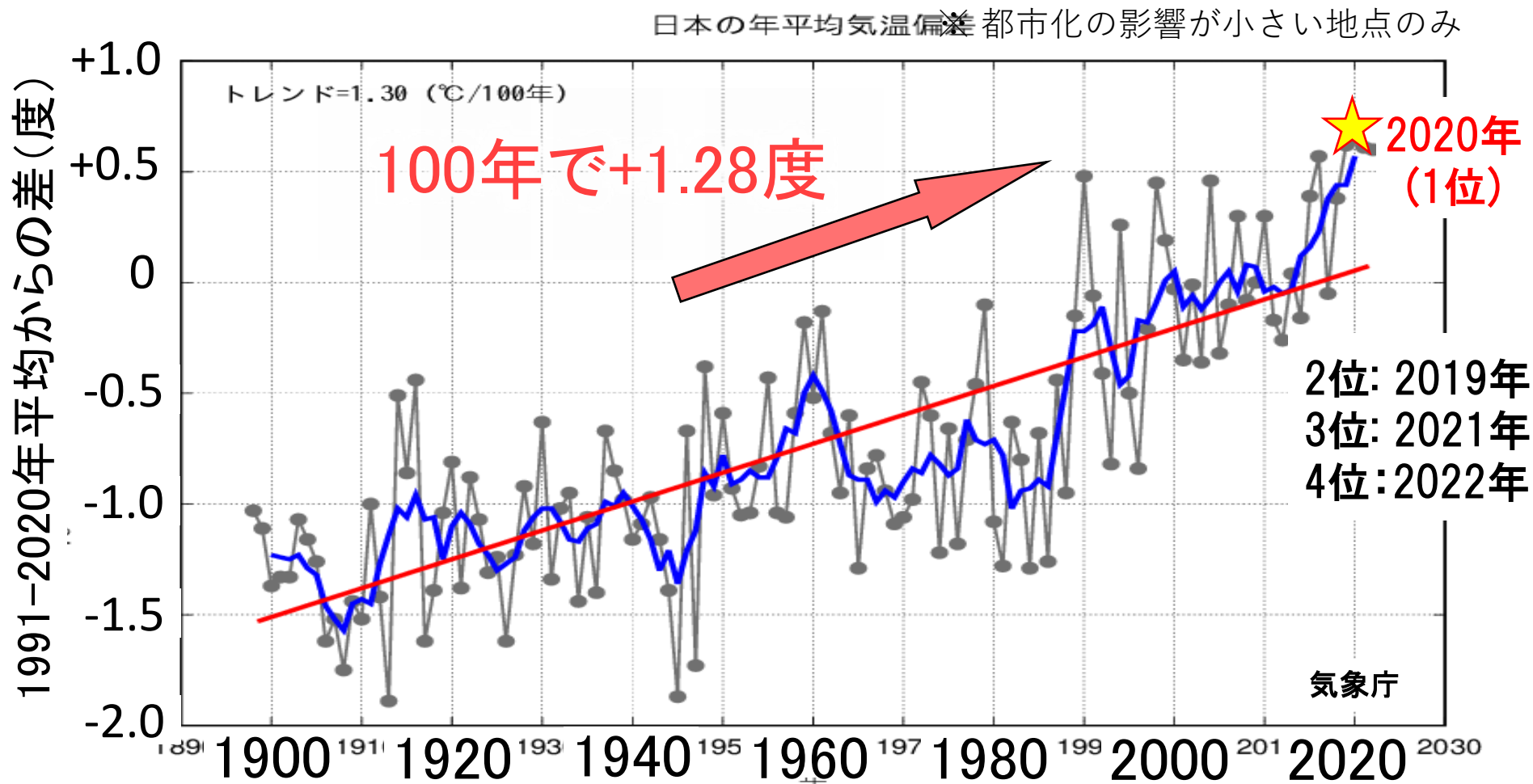
本日の内容

- 近年の気温や雪の長期変化傾向
- 昨冬と今冬の雪
- 日本の雪の将来変化

世界平均地上気温の変化



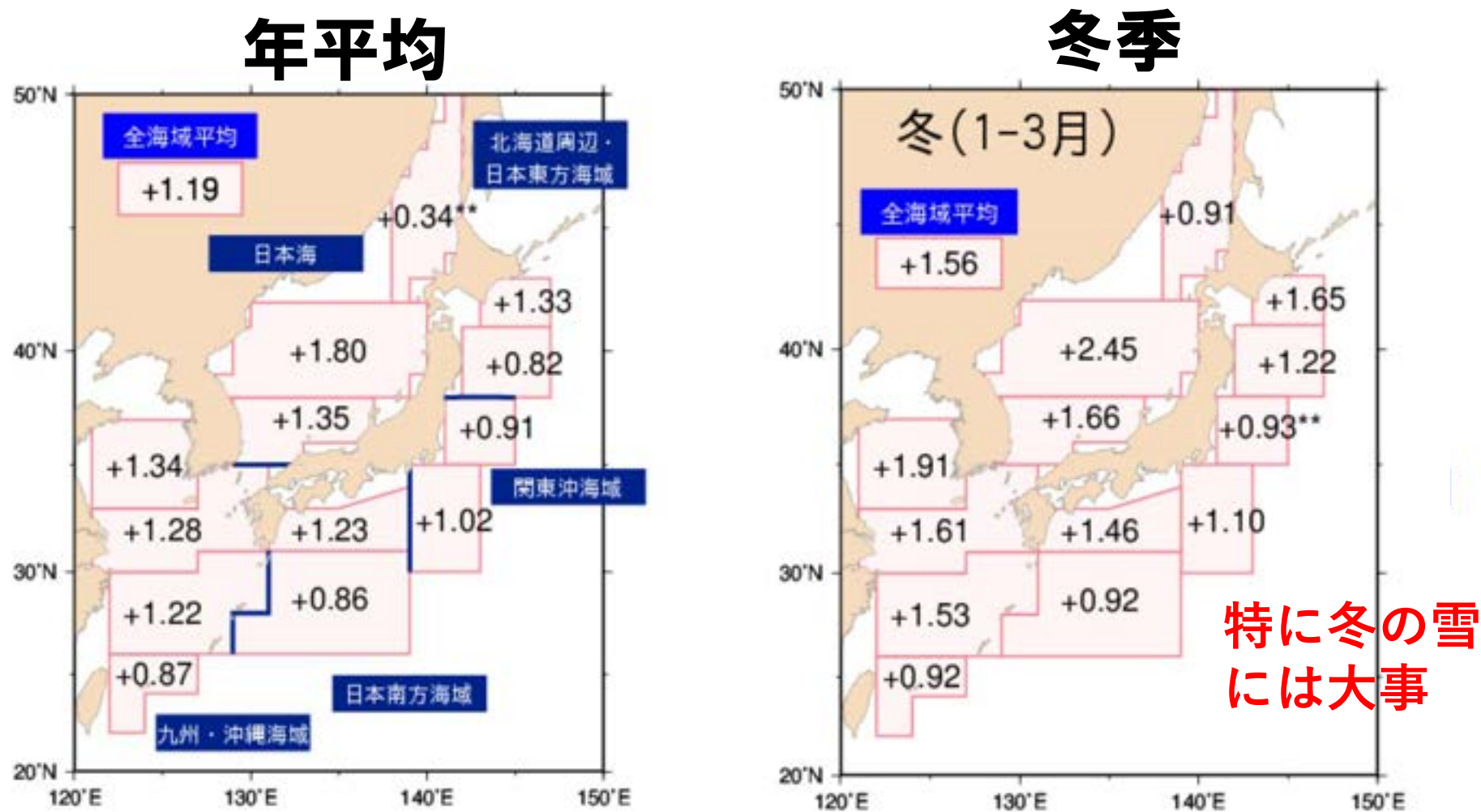
日本の地上気温の変化



国内歴代最高気温は41.1度

(2020年8月17日 静岡県浜松市 2018年7月23日 埼玉県熊谷市)

日本海の海面水温の長期変化



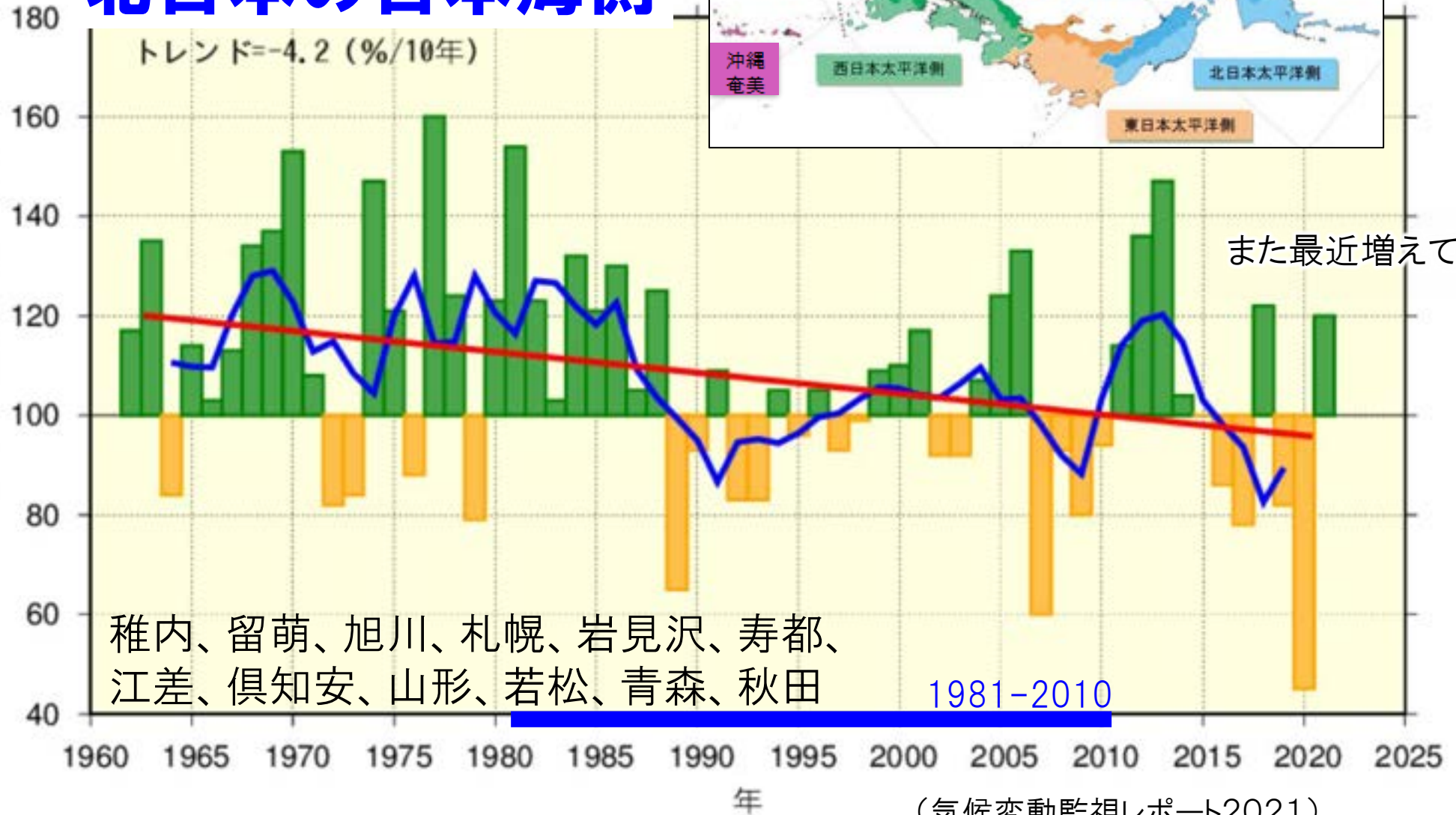
日本近海における、2021年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html

年最深積雪の変化



北日本の日本海側

1981-2010年平均に対する比 (%)



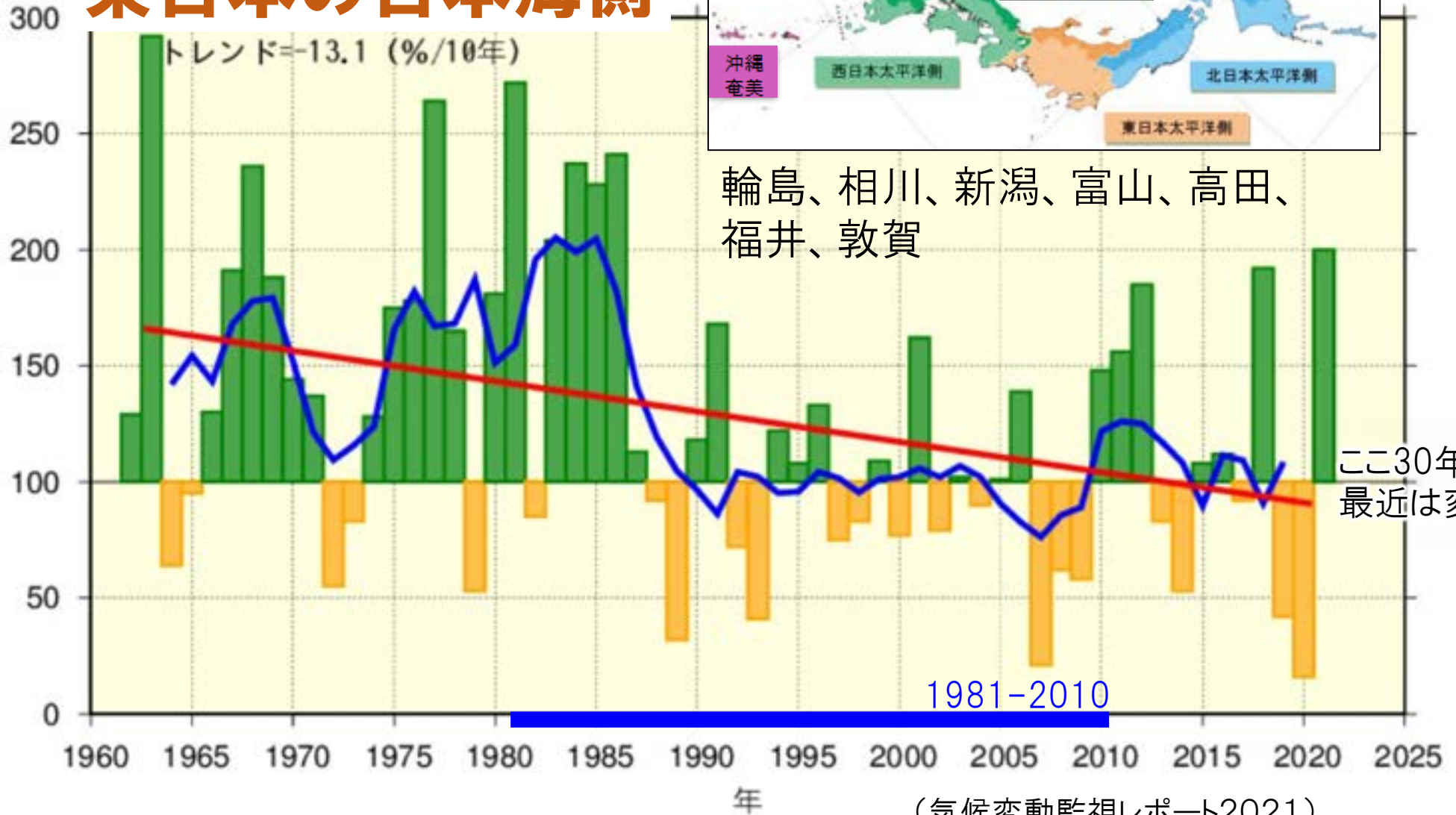
(気候変動監視レポート2021)

年最深積雪の変化



東日本の日本海側

1981-2010年平均に対する比 (%)

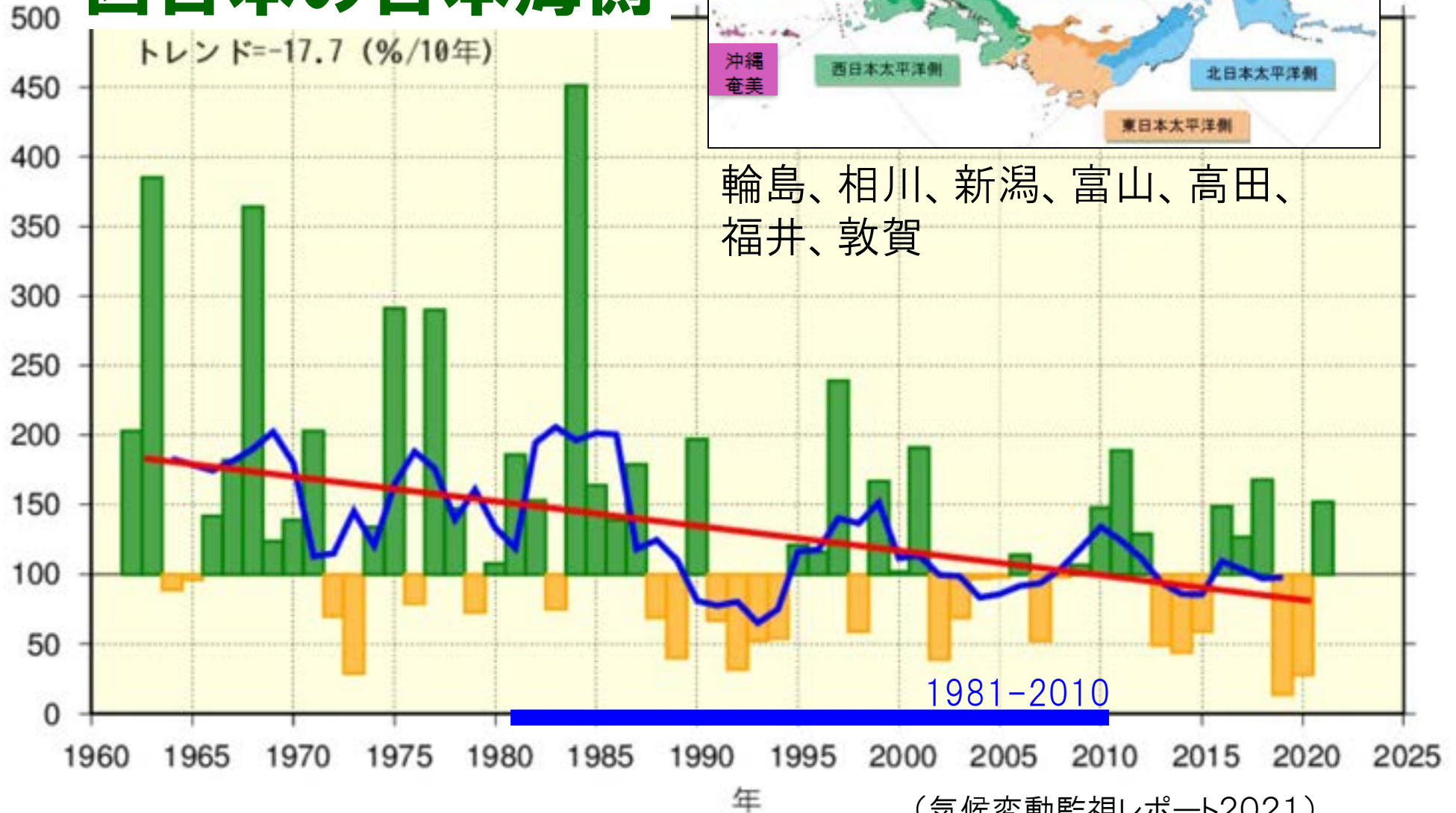


年最深積雪の変化



西日本の日本海側

1981-2010年平均に対する比 (%)

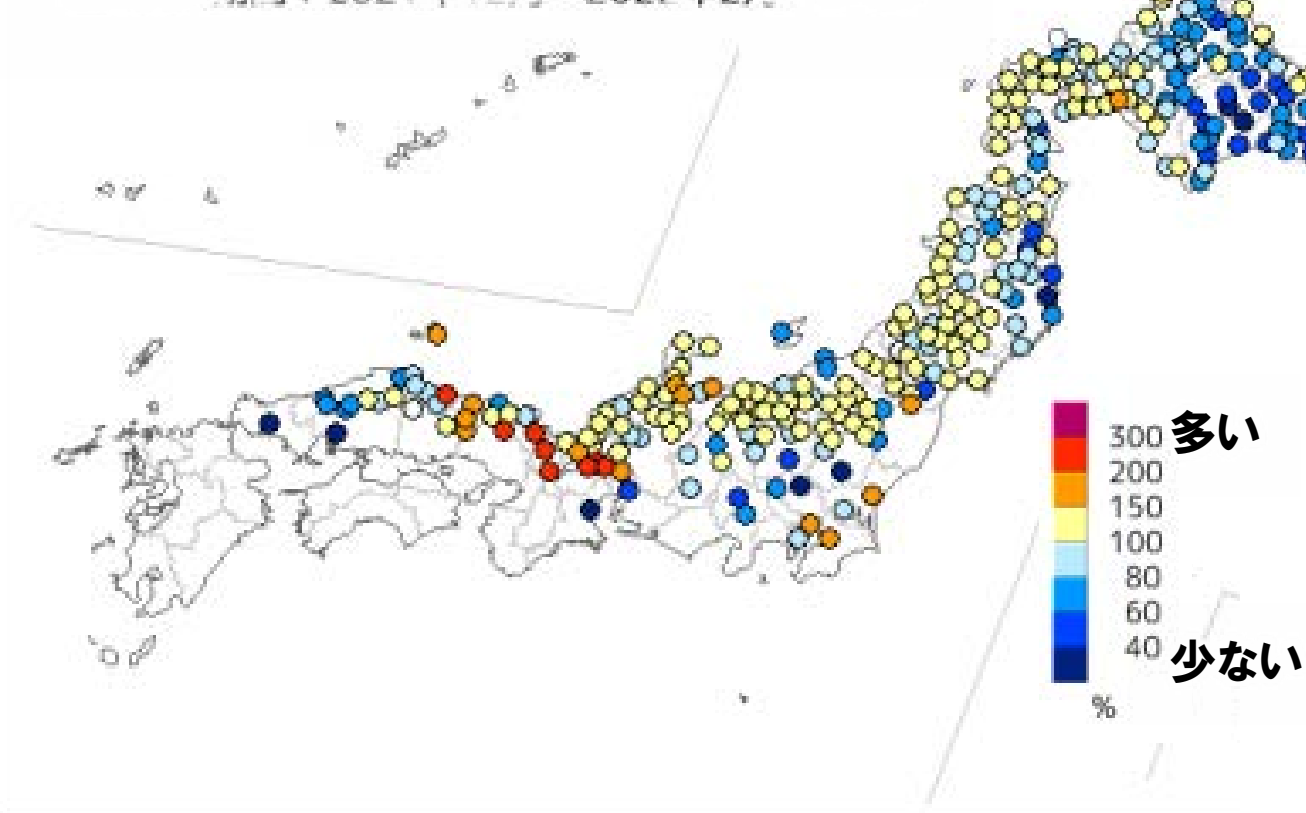


輪島、相川、新潟、富山、高田、
福井、敦賀

本日の内容

- 近年の気温や雪の長期変化傾向
- 昨冬と今冬の傾向
- 日本の雪の将来変化

積算降雪量の平年比



2022年冬の降雪量平年比 (%)

2021/22年 冬季

累積降雪量 (多雪地域)

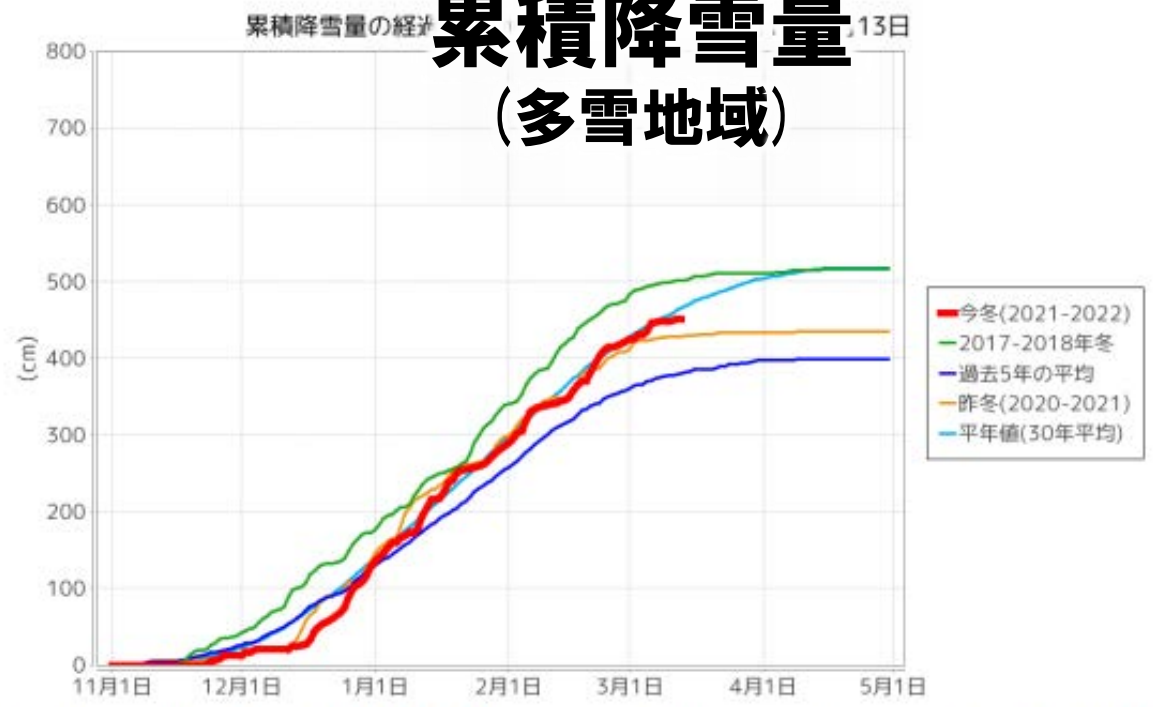


図3 豪雪地帯（豪雪地帯対策特別措置法で定められた多雪地域）で平均した累積降雪量（cm）の経過（2022年3月13日現在）
赤線が今冬（2022年冬）を表す。

冬が寒く雪が多かった

異常気象分析検討会

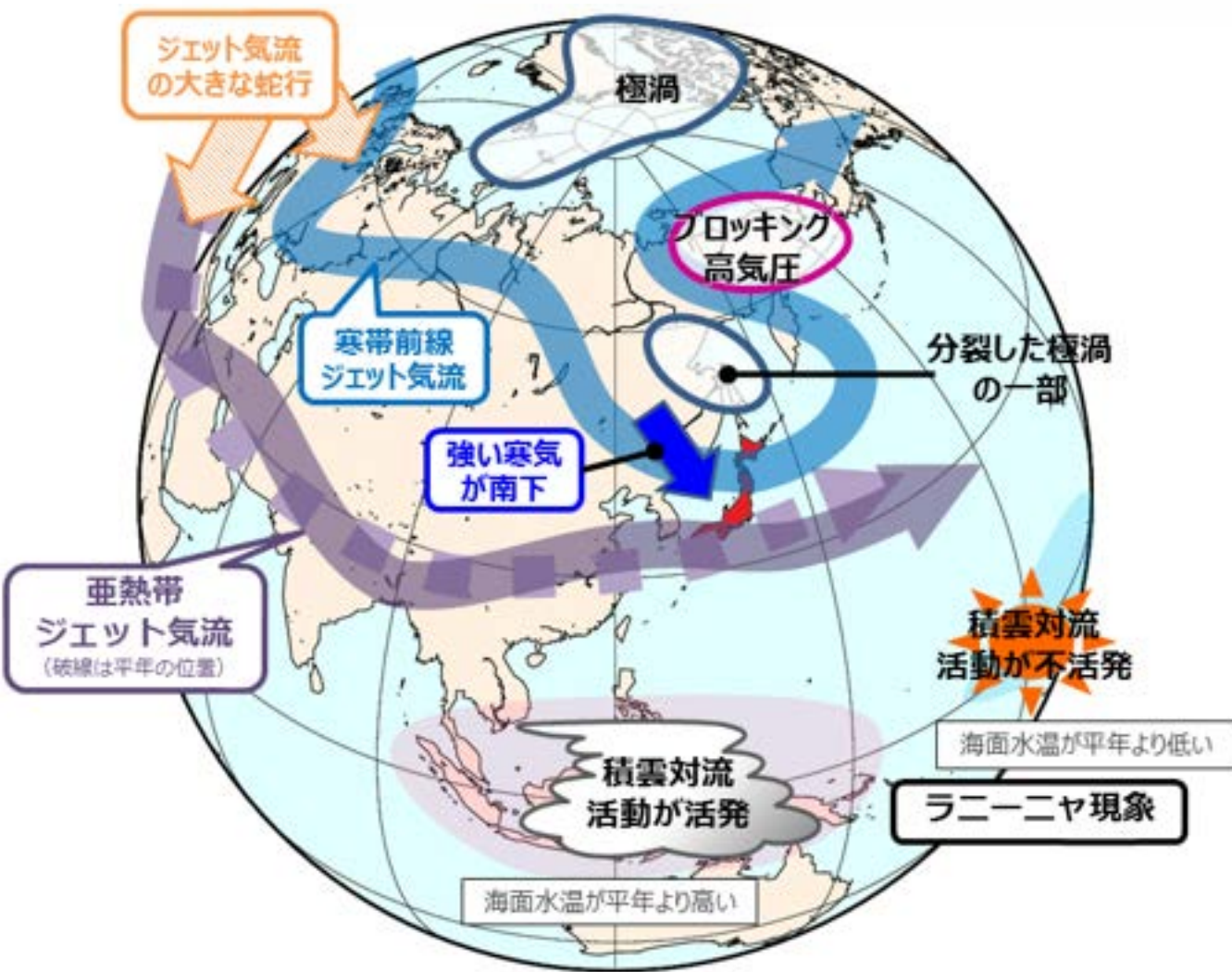
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/extreme/index.html>

- 平成18年豪雪のような**社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合**に、**大学・研究機関等の専門家の協力を得て**、異常気象に関する最新の科学的知見に基づく分析検討を行い、**その発生要因等に関する見解を迅速に公表することを目的**として設置
- この検討会は、平成16年の猛暑、平成18年豪雪、平成18/19年の暖冬などのように、**大気大循環の異常が主要因で、比較的長期(2週間程度)にわたって持続した異常気象**が対象

(台風・集中豪雨・突風など短期間・短時間の現象についても、これら現象発生の背景としての大気大循環の変動、地球温暖化等との関連について、必要に応じて検討会委員の助言を求める)

気象庁では、検討会の分析結果と各種データを総合分析し、専門家の助言に基づく気象庁の見解として速やかに公表する。

2021/22年冬季の天候をもたらした要因



◎ 大気上層を流れる高緯度帯の偏西風（寒帯前線ジェット気流）と中緯度帯の偏西風（亜熱帯ジェット気流）がともに日本付近で南に蛇行し、下層では冬型の気圧配置が強まり、日本列島に強い寒気が流れ込みやすくなった。

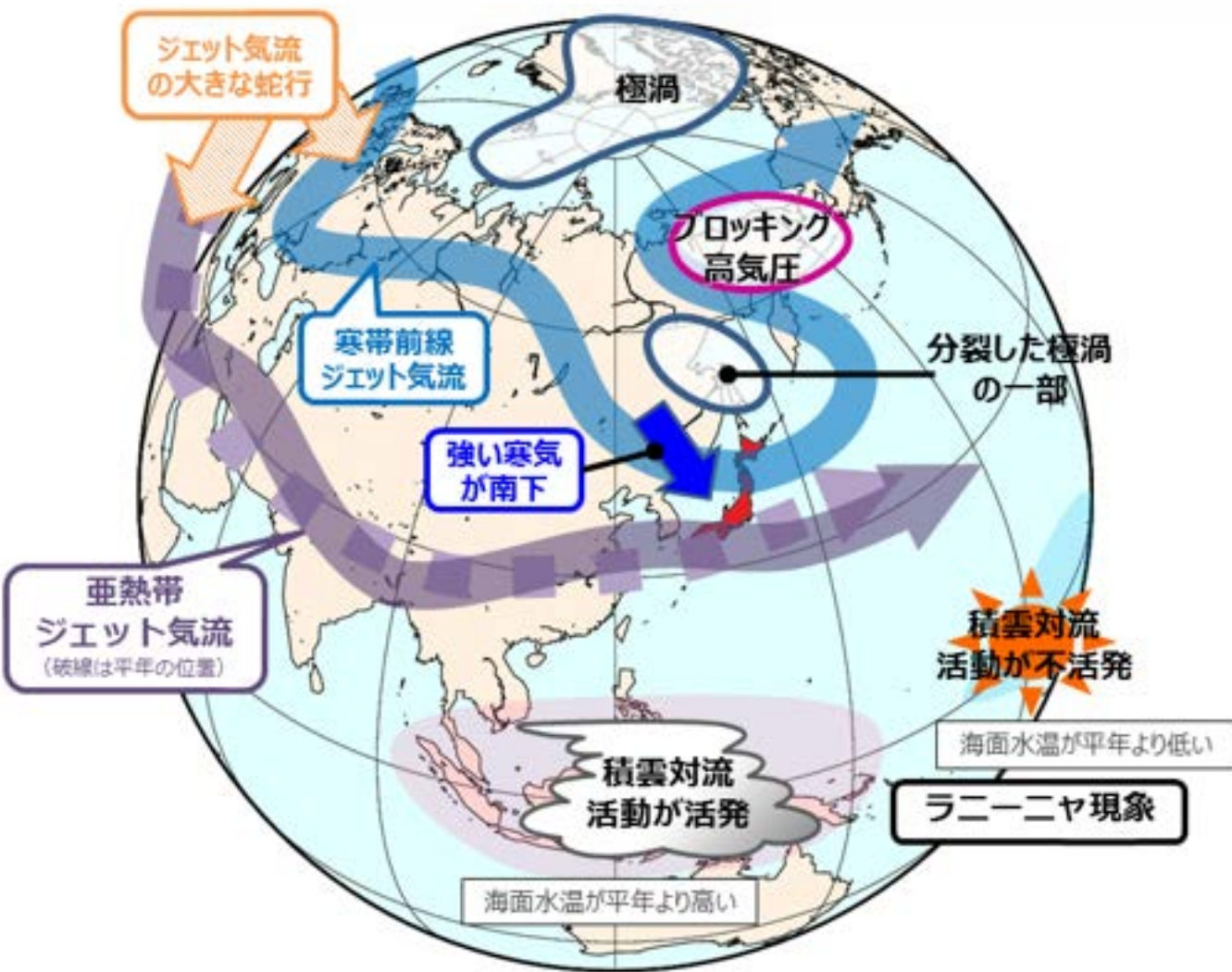
◎ 寒気の吹き出しに伴って、日本海側では降雪量が多くなった。12月下旬の事例では、日本海の水温が平年より高かったことが降雪量を増やした可能性がある

◎ 寒帯前線ジェット気流の日本付近での南下は、東シベリア上空における**ブロッキング高気圧**の形成を伴い、これとともに北極域上空に存在していた**極渦**（上空の大規模な寒冷渦）が分裂して、その一部が日本のすぐ北まで南下した。

令和4年冬の天候の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～

<https://www.jma.go.jp/jma/press/2203/14b/kentoukai20220314.html>

2021/22年冬季の天候をもたらした要因



◎亜熱帯ジェット気流が日本のすぐ東方で南偏したことには、**ラニーニャ現象**の発生に伴ってフィリピン～インドネシア東部付近で積雲対流活動が平年よりも活発となった影響により、日本の西方で亜熱帯ジェット気流が北に蛇行したことが関わったと考えられる。

◎北大西洋～欧州上空でジェット気流が大きく蛇行し、この影響が東方に及んで、ユーラシア大陸～日本付近の寒帯前線ジェット気流と亜熱帯ジェット気流の蛇行を持続させたとみられる。

◎東シベリア上空でブロッキング高気圧が形成されやすかったことには、アラスカ湾付近で上層の偏西風が北へ大きく蛇行したことも影響したと考えられる。この蛇行には、**ラニーニャ現象**に伴って太平洋熱帯域の西部で積雲対流活動が活発、中～東部で不活発だったことが影響したとみられる。

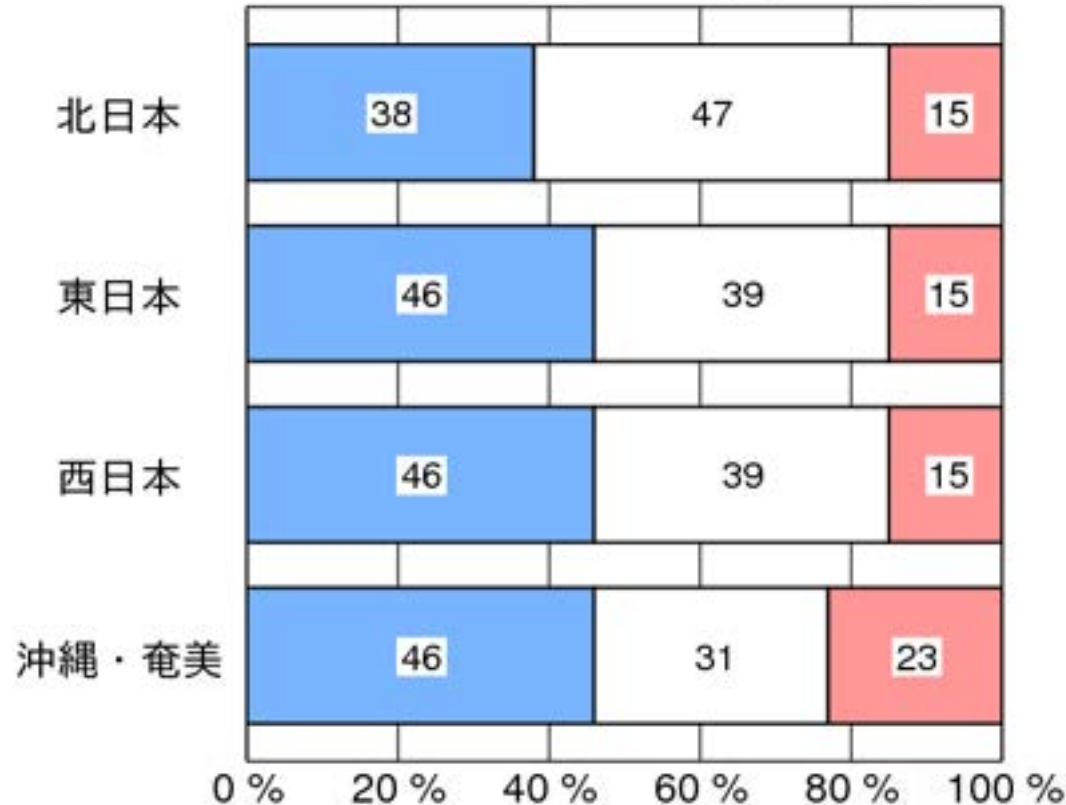
令和4年冬の天候の特徴とその要因について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～

<https://www.jma.go.jp/jma/press/2203/14b/kentoukai20220314.html>

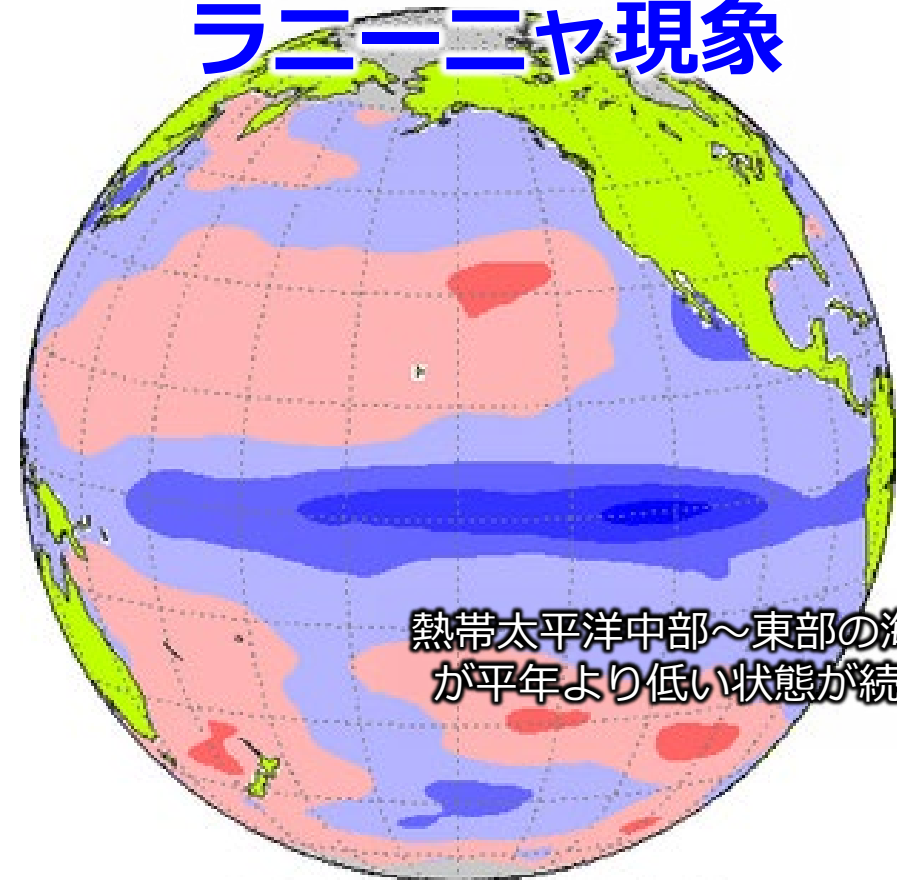
ここ数年は寒く雪が多い冬が多い

ラニーニャ現象発生時の冬 (12~2月)の気温の特徴

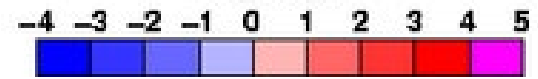
ラニーニャ現象が発生しているときの
平均気温 <冬> ■低い □並 ■高い



ラニーニャ現象



熱帯太平洋中部~東部の海面水温
が平年より低い状態が続く現象

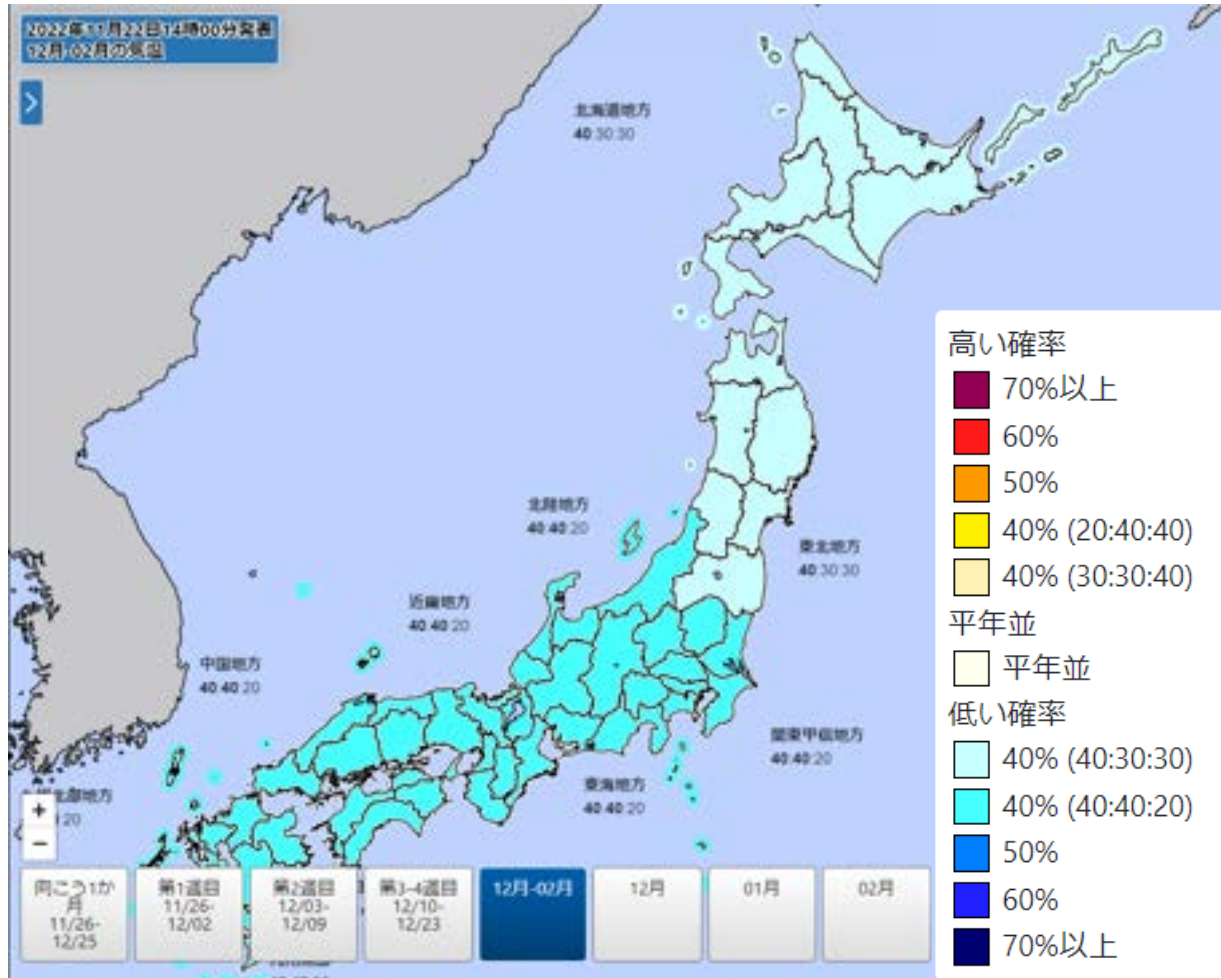


1988年12月の
月平均海面水温
平年偏差

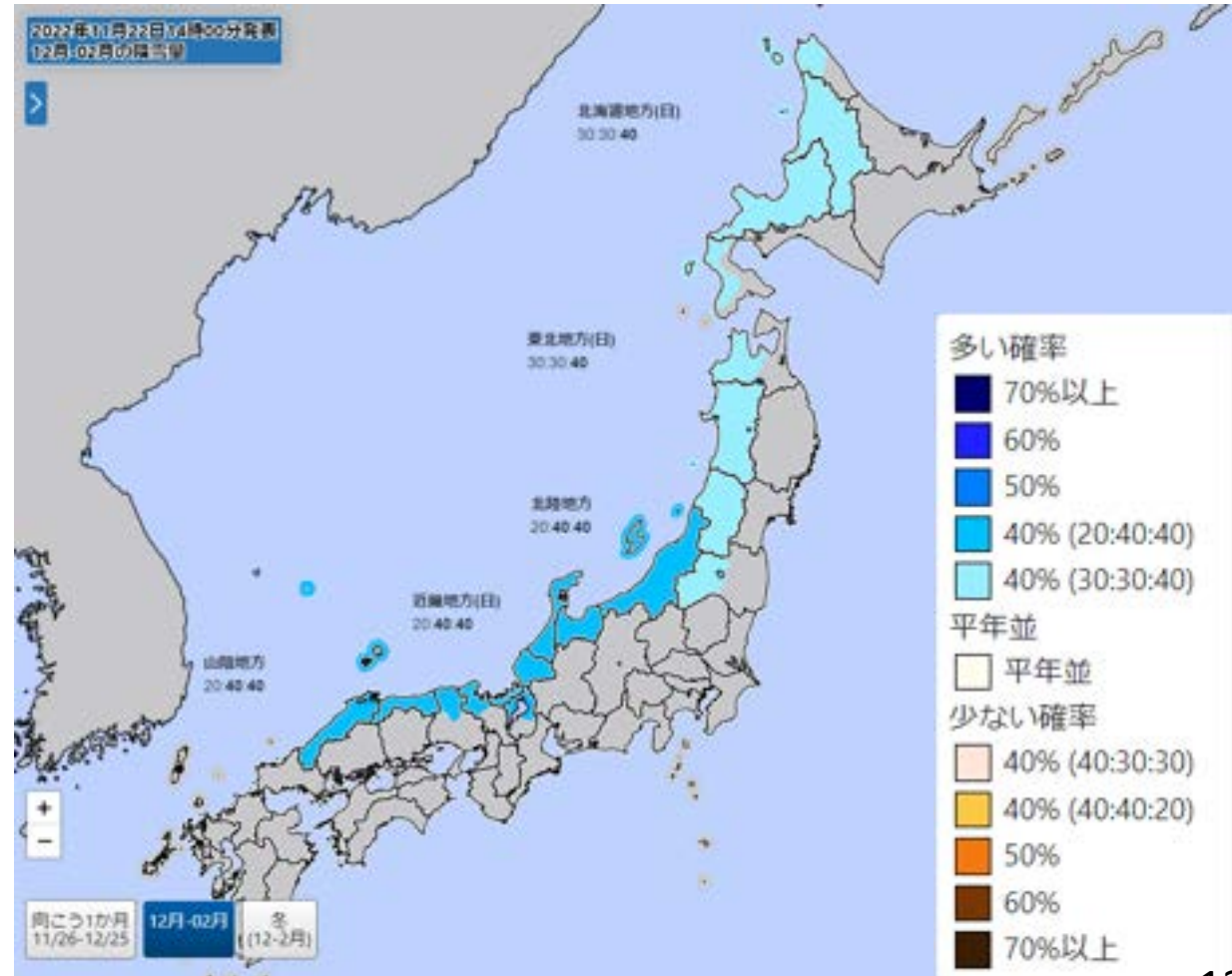
→ 今年もラニーニャ現象が発生中

今冬の当初の予想

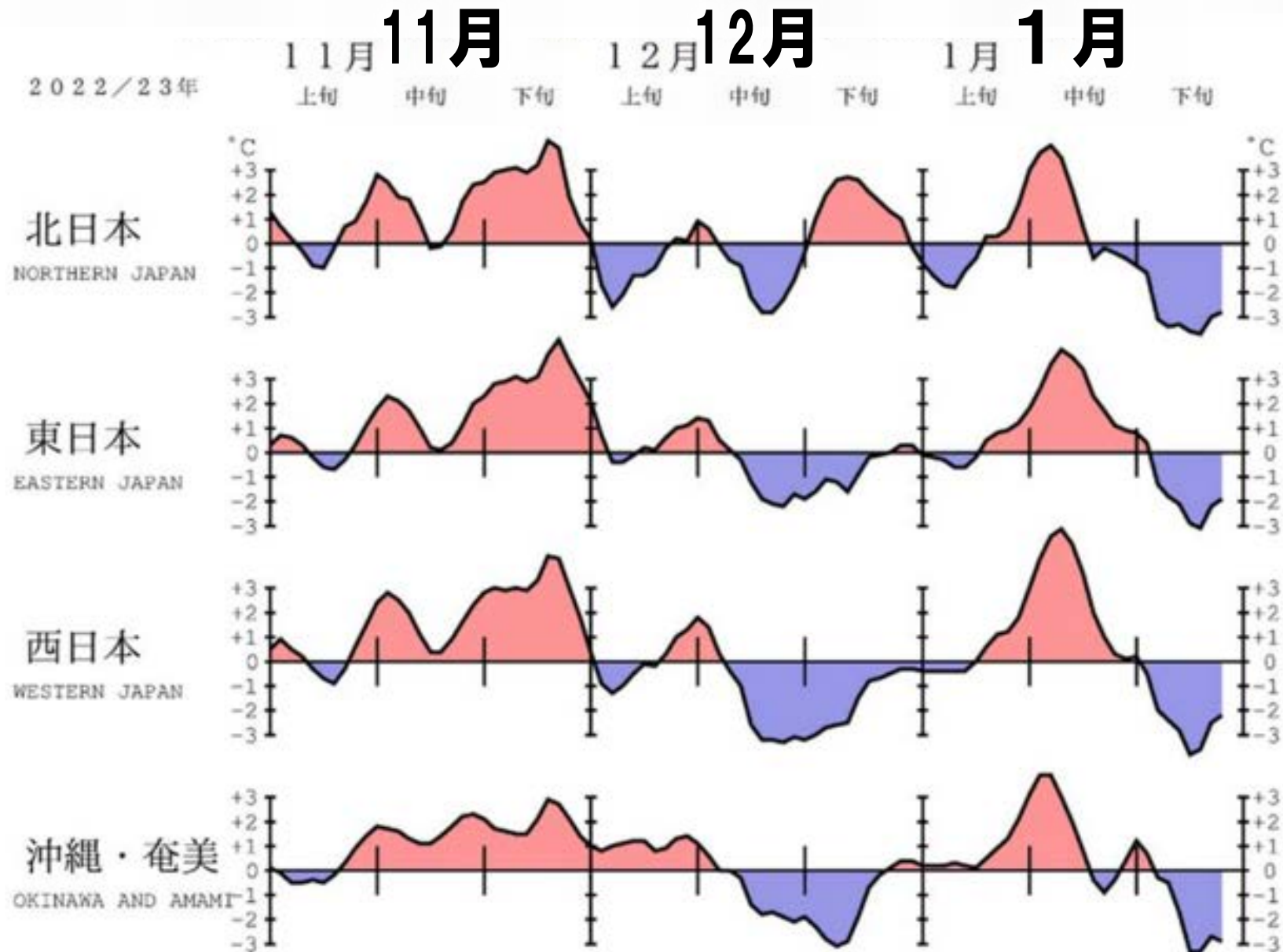
気温は低め



日本海側の降雪は多め



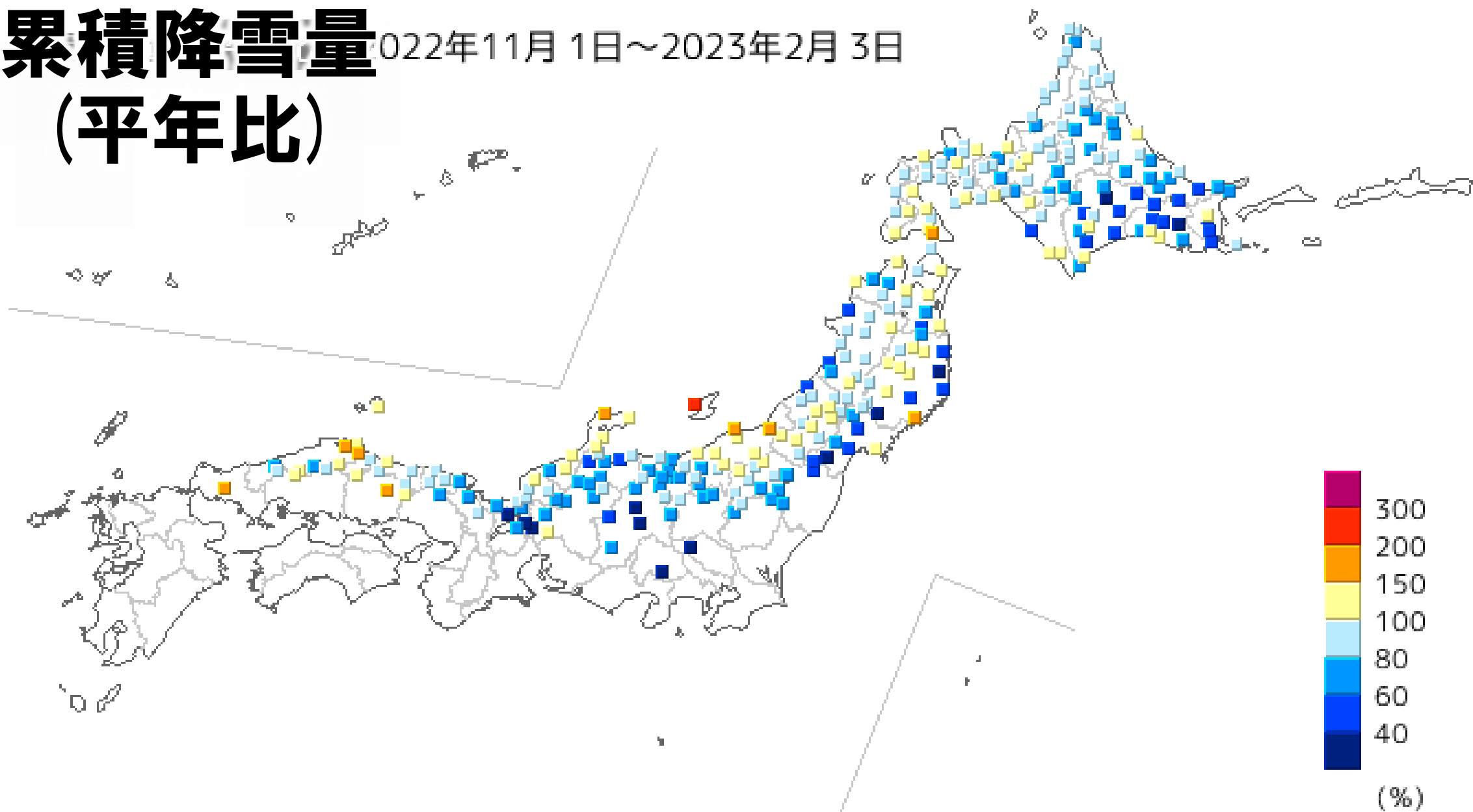
11月～1月の地域平均気温(平年差)の経過(5日移動平均)



- 12月は平年より低かった。
- 日本海側の12月の降水(雪)量は平年より多め
- 1月は気温の変動が大きい。平均すると平年並みかやや高め

累積降雪量 (平年比)

2022年11月1日～2023年2月3日



本日の内容

- 近年の気温や雪の長期変化傾向
- 昨冬と今冬の傾向
- 日本の雪の将来変化

日本の雪の将来変化 5つのポイント

① そもそも雪が降りやすい地域かどうか

② 気温が上がると、雪が雨に変わる



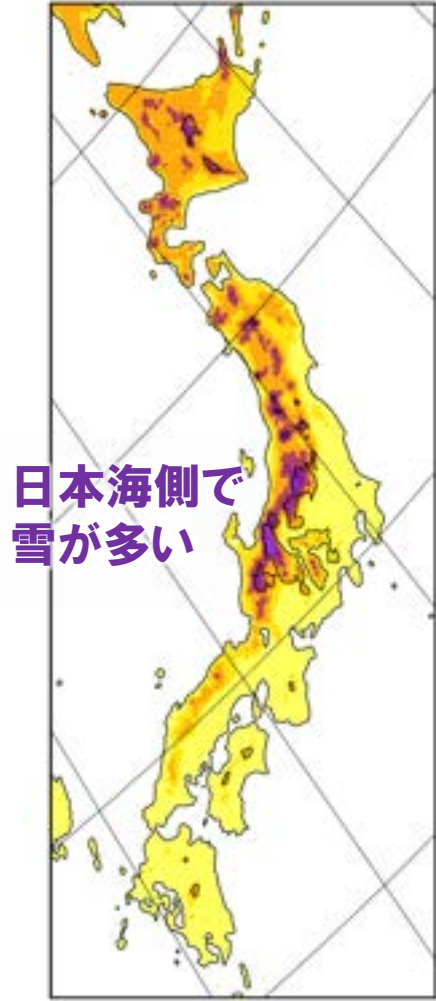
③ 気温が上がると、雪が解ける

④ 気温が上がると、大気中の水蒸気が増える

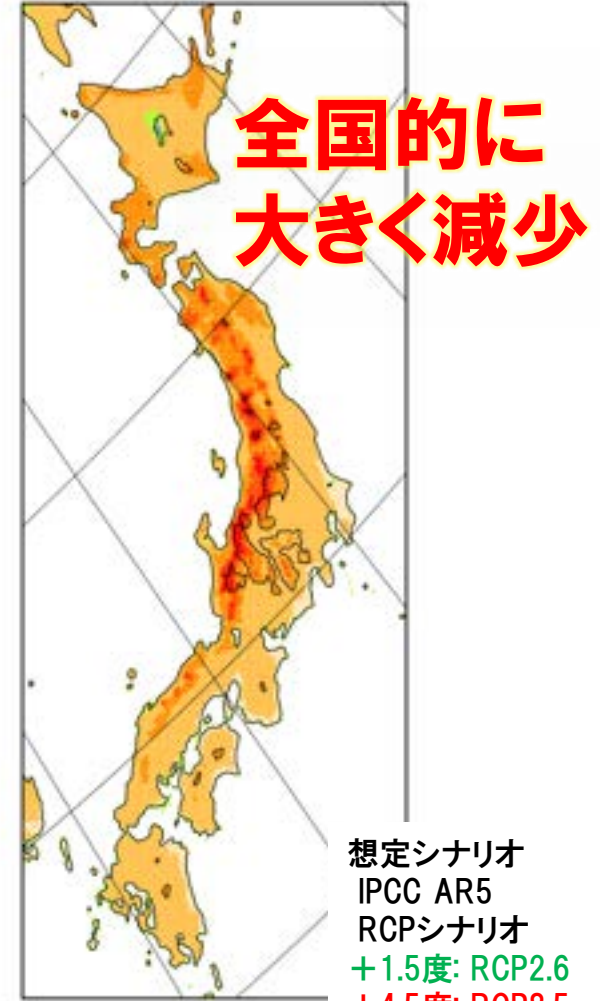
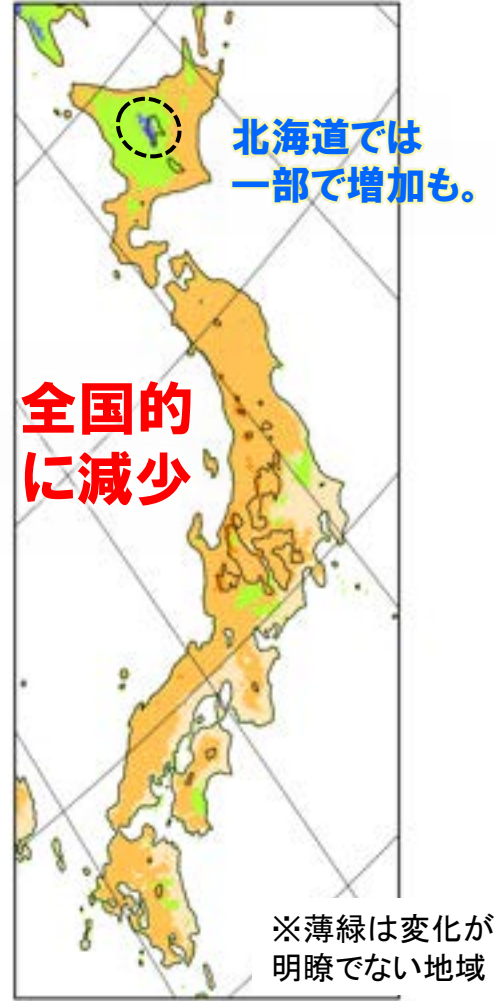
⑤ 気温が上がっても、0度を超えなければ雪

雪の再現と将来予測（年最大の積雪深）

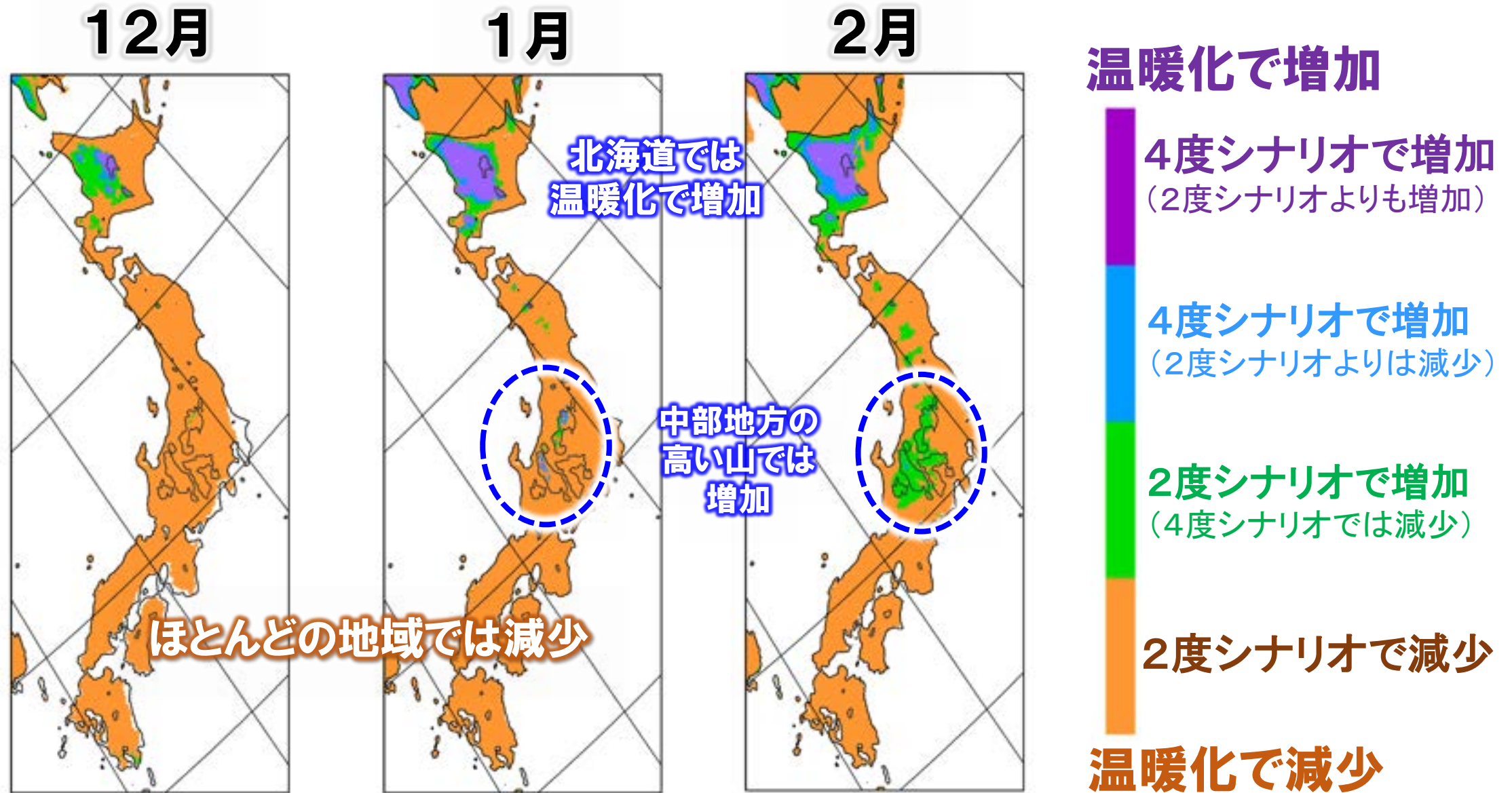
再現計算



2度上昇シナリオ 4度上昇シナリオ

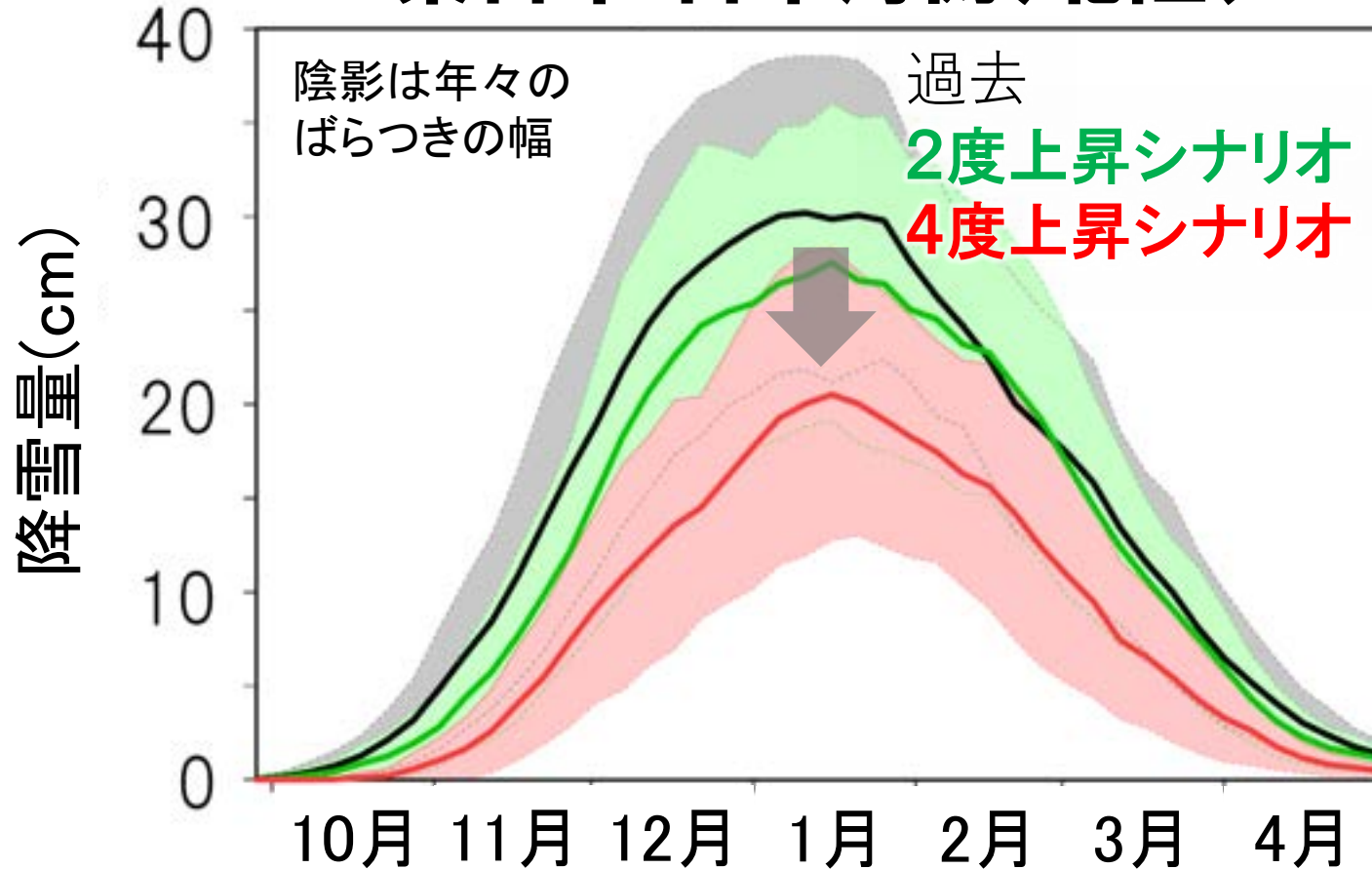


雪の将来変化傾向（1ヶ月に降る雪の量）



5日間積算降雪量の季節変化

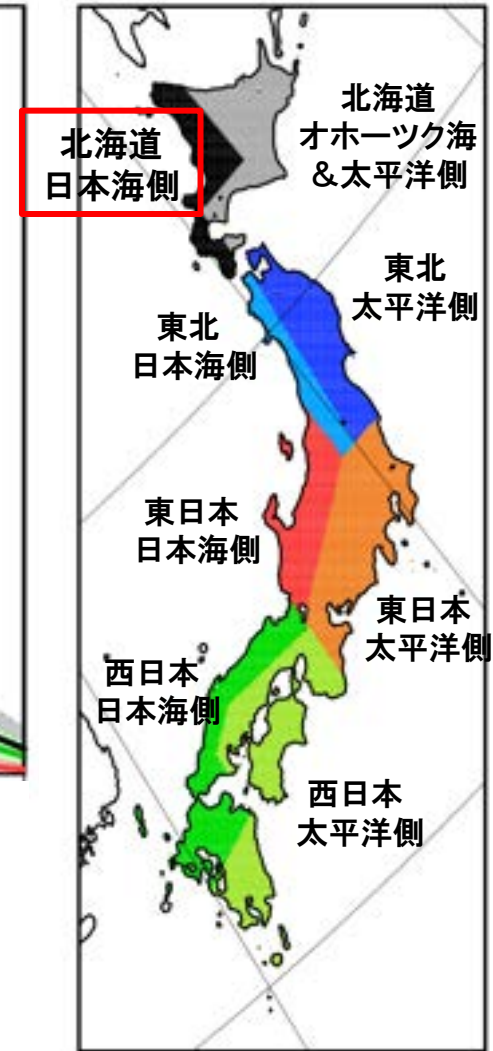
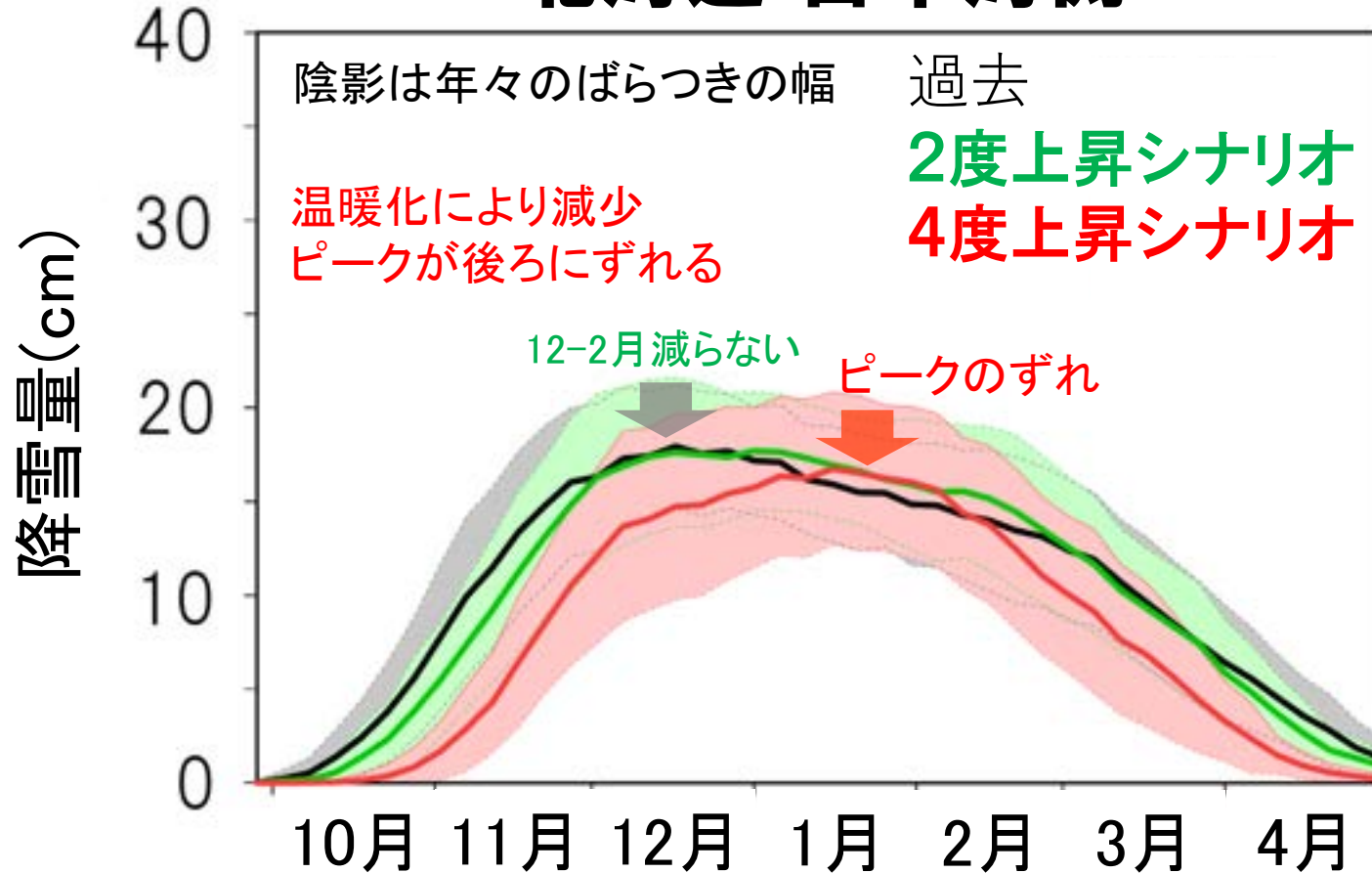
東日本 日本海側(北陸)



- 平均すると、どの時期も大幅に降雪量が減少
(ただし、厳冬期に標高の高い山では降雪が増加)

5日間積算降雪量の季節変化

北海道 日本海側



- ・北海道では東日本の日本海側と異なる傾向
- ・ピークのずれ。減少幅小さい。

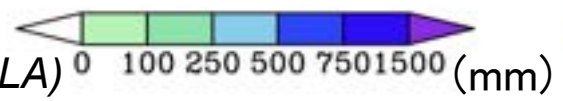
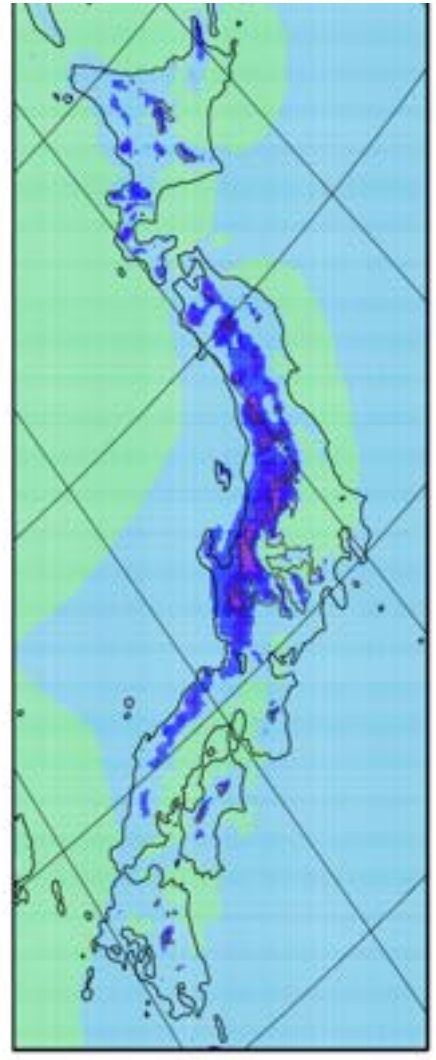
そもそも冬の降水量は？ 冬季積算降水量の変化

 SOUSEI Program for Risk Information on Climate Change
気候変動リスク情報創生プログラム

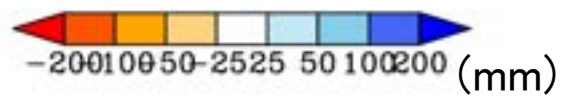
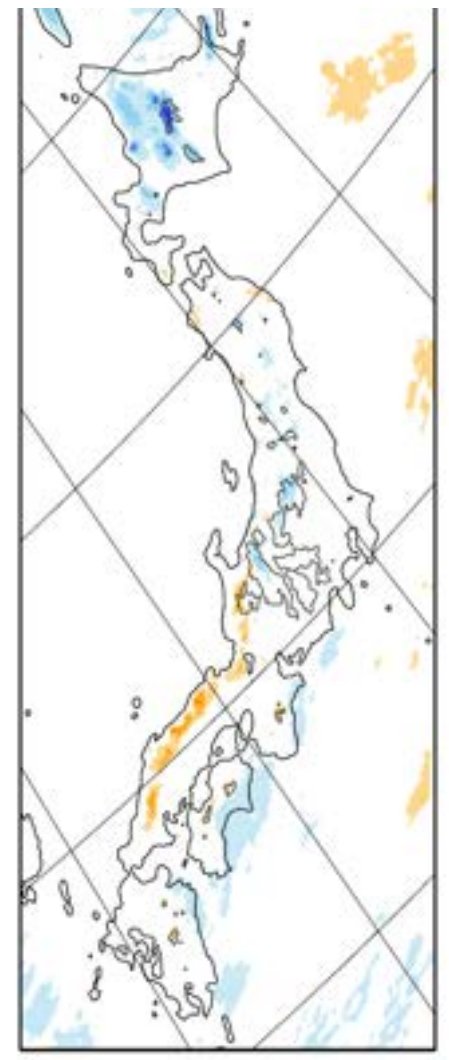
 TOUGOU

RCP2.6とRCP8.5の
21世紀を対象とした
AGCM20-
NHRCM05の計算
(創生/統合ラン)

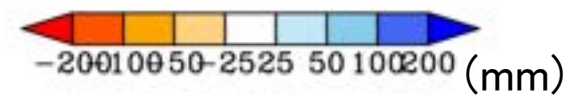
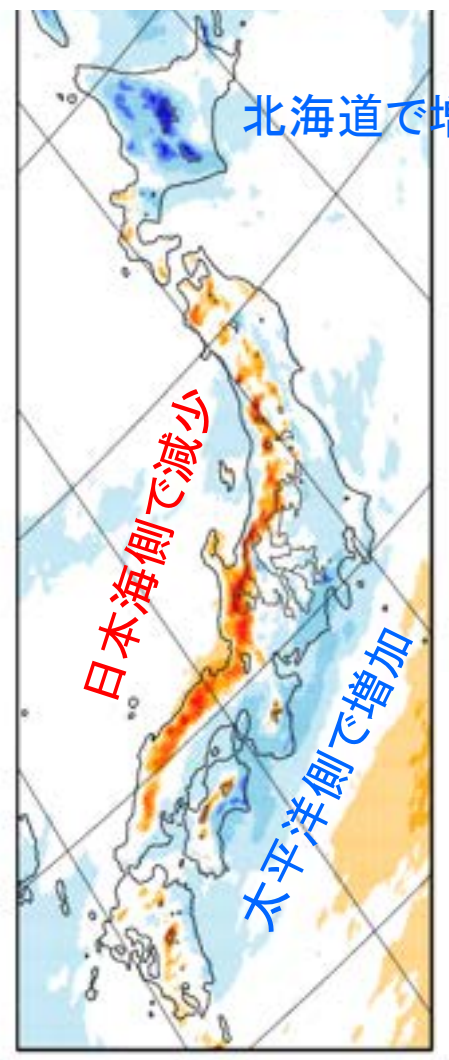
過去実験



2度上昇 (差)



4度上昇 (差)



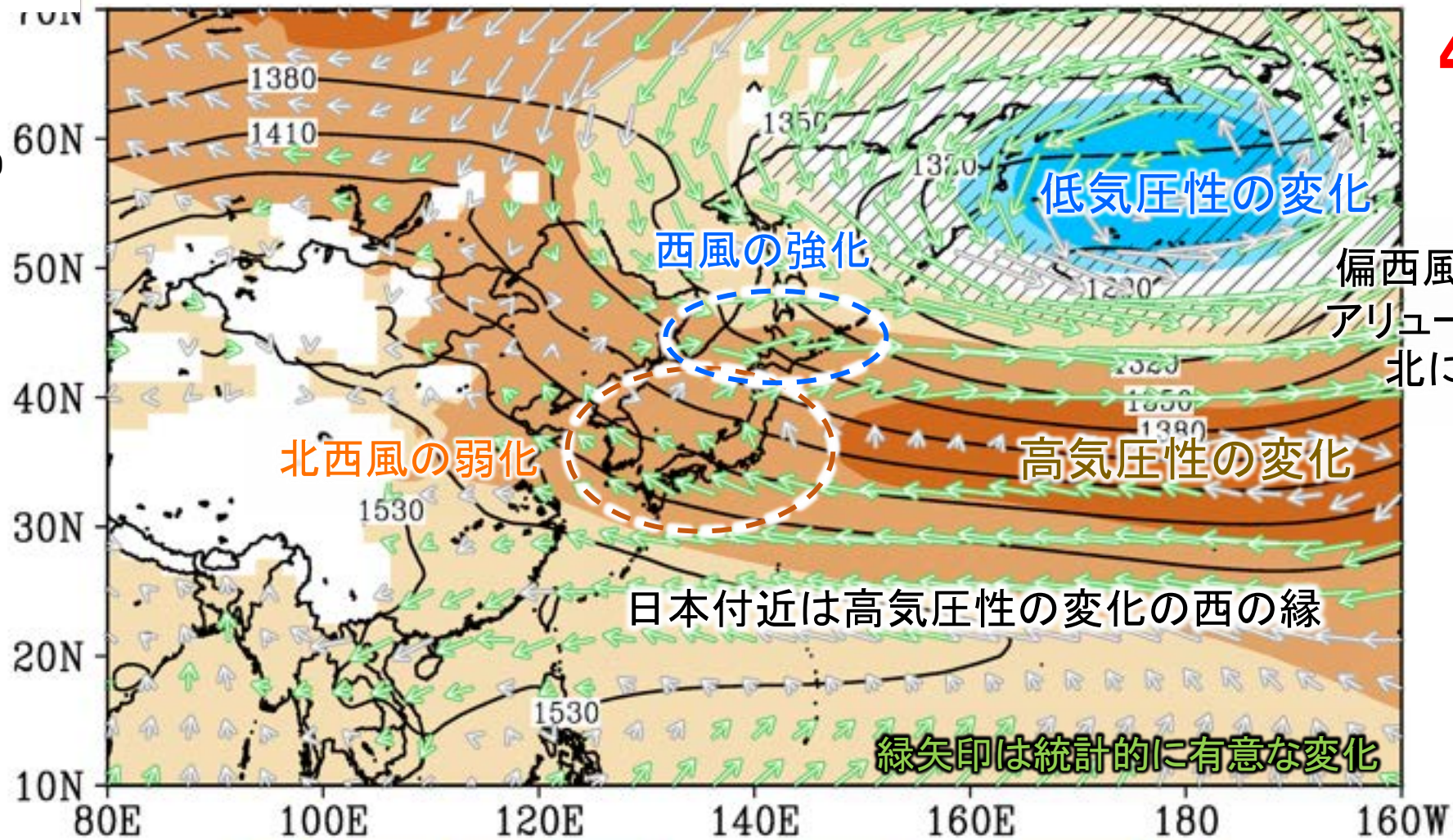
2度: RCP2.6
4度: RCP8.5

温暖化によっ
て大気の流れ
が変わること
に寄る

大気の流れの変化(上空約1500m:850hPa)

矢印：風の変化、(等値線：高度場(気候値)、陰影：高度(変化))

**4度上昇時
(RCP8.5)**



偏西風の北上に伴い、
アリューシャン低気圧が
北に偏って、強化

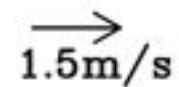
北西風の弱化

西風の強化

高気圧性の変化

日本付近は高気圧性の変化の西の縁

緑矢印は統計的に有意な変化

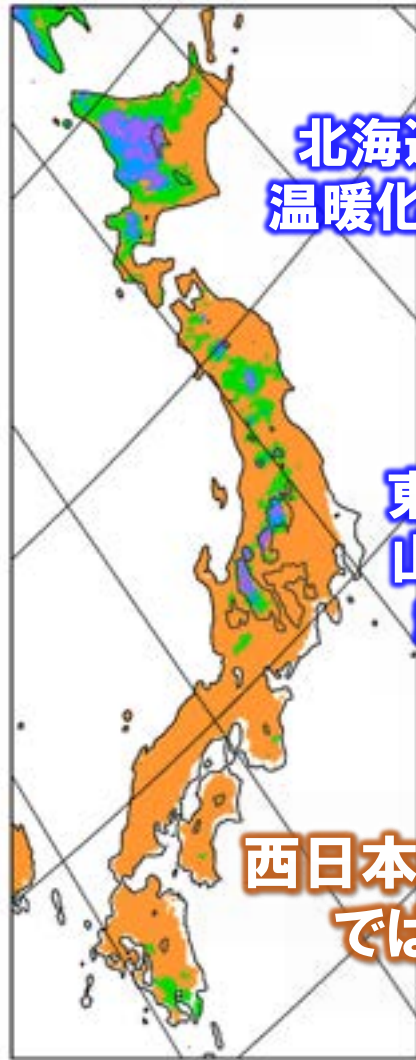


雪の将来変化傾向（月最大の日降雪量） どうか雪

12月

1月

2月



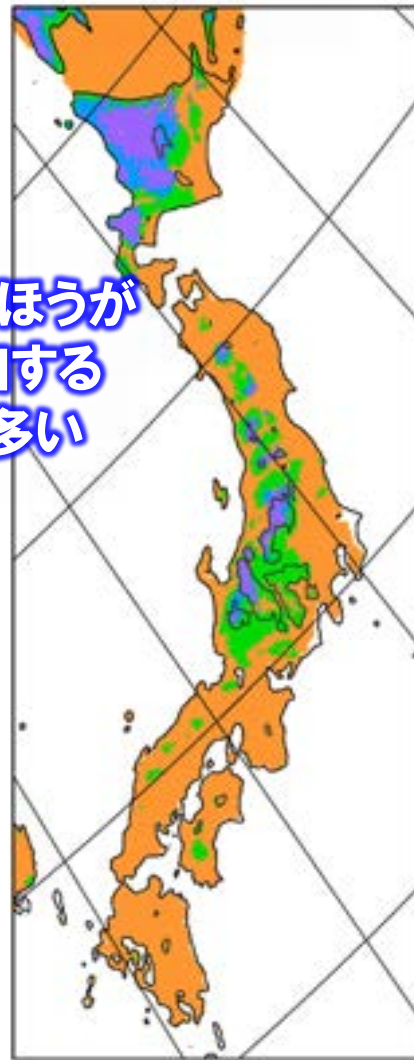
北海道では
温暖化で増加

東北～北陸の
山沿いの広い
範囲で増加

西日本や沿岸部
では減少



1-2月のほうが
やや増加する
地域が多い



温暖化で増加



4度シナリオで増加
(2度シナリオよりも増加)

4度シナリオで増加
(2度シナリオより減少)

2度シナリオで増加
(4度シナリオでは減少)

2度シナリオで減少

温暖化で減少

標高が高い山では何が起こるのか？ ～北アルプスの雪の変化～

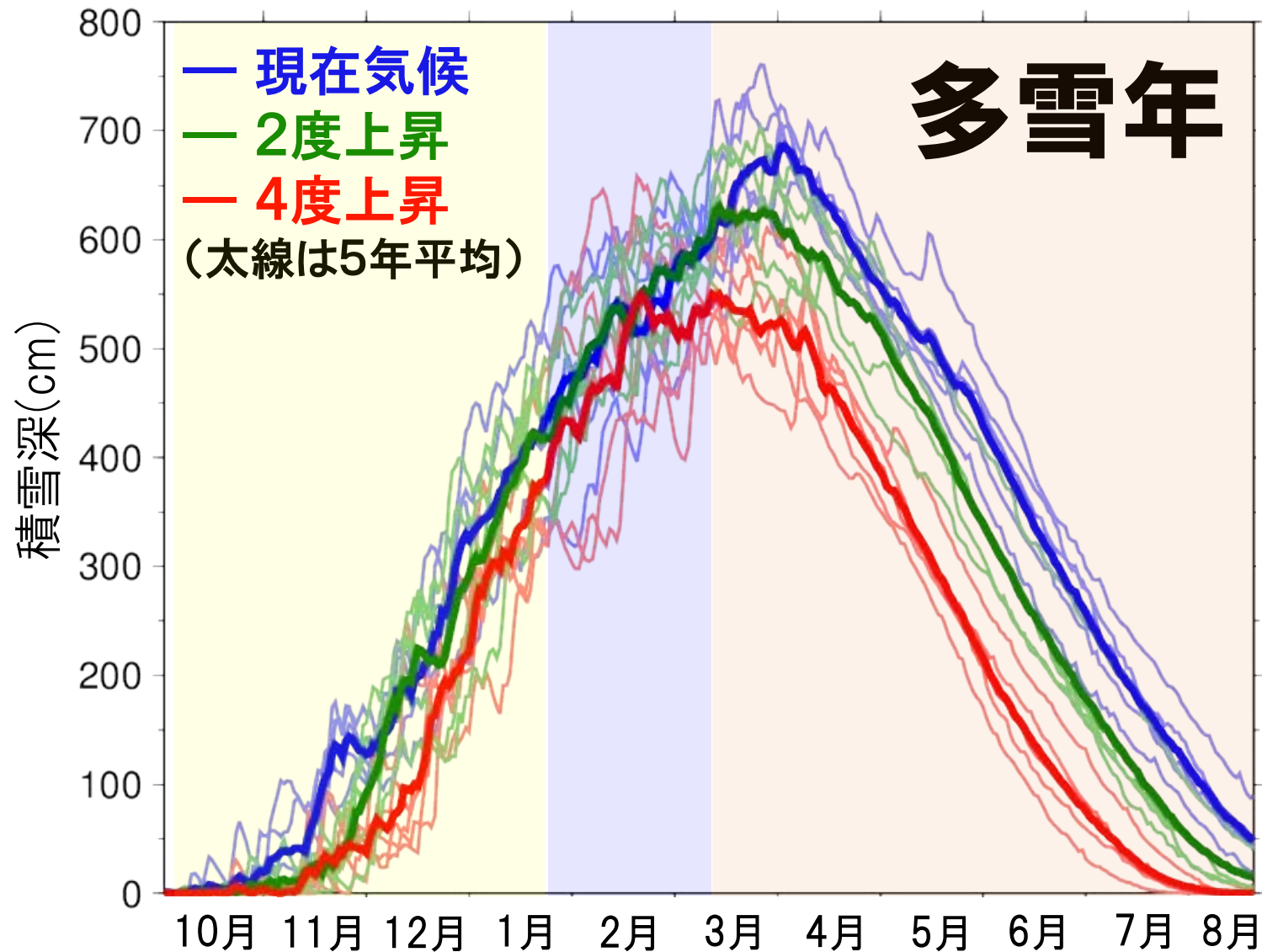
- 2度上昇 / 4度上昇した将来
(産業革命前から)

- 1kmメツシュのシミュレーション



標高が高い山での将来の積雪深

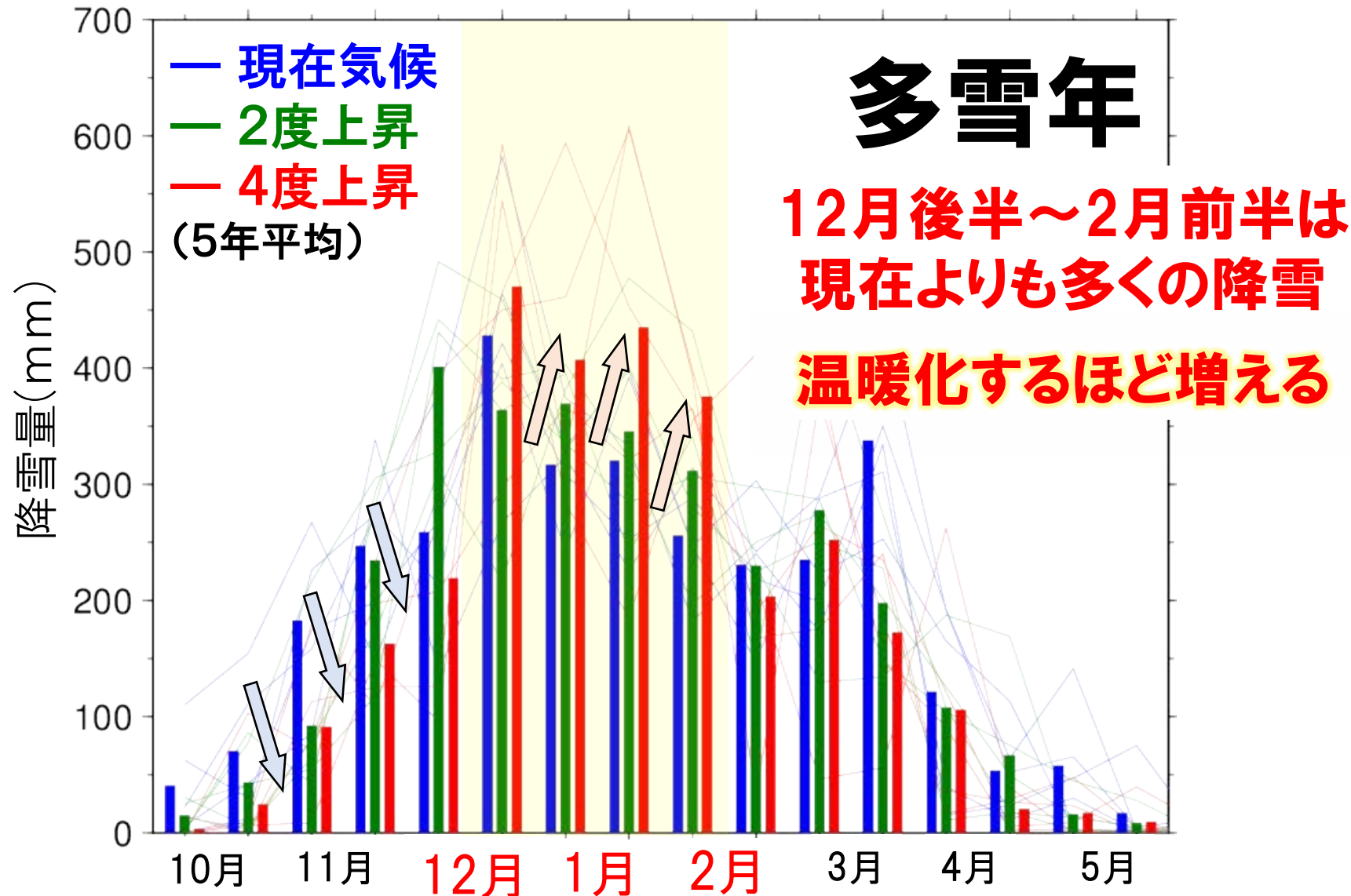
北アルプス北部
標高2000m以上



積もり始めは
大きく減少
(2度は変化小さい)
↓
2月に追いつく
↓
その後は増えずに融雪

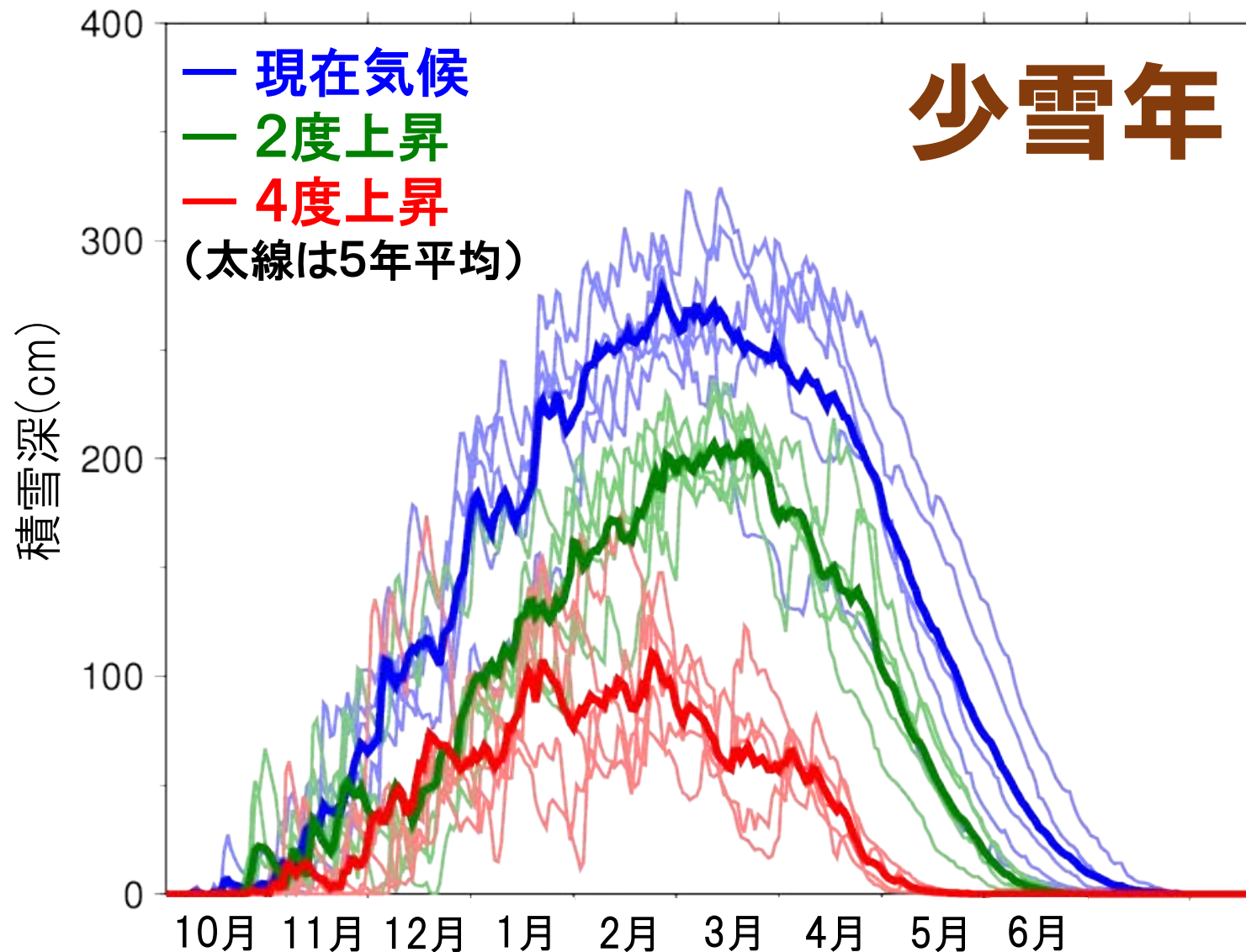
標高が高い山での将来の降雪量

北アルプス北部
標高2000m以上



標高が高い山での将来の積雪深

北アルプス北部
標高2000m以上



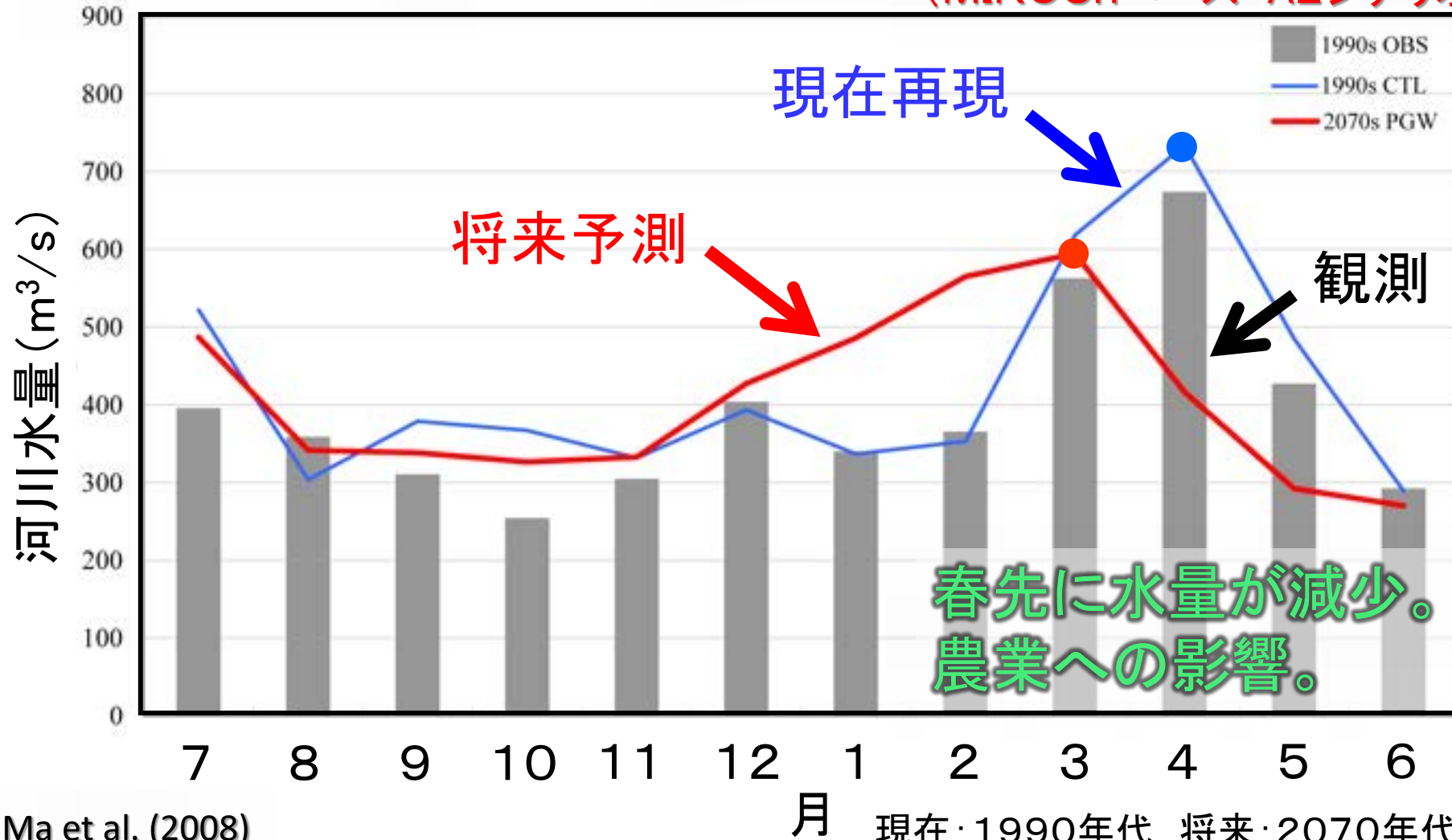
温暖化が進むと
雪が減る
↓
積雪の年々の変動が
今より大きくなる

河川流量(川の水量)の変化

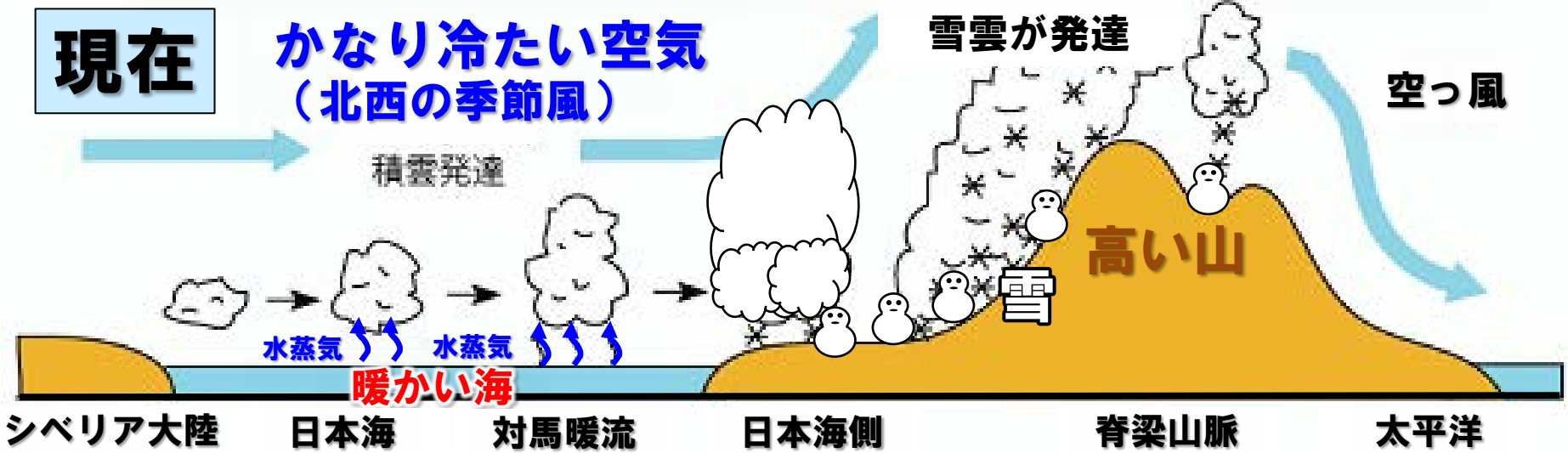
阿賀野川(福島～新潟)

2070年代 +4～5度

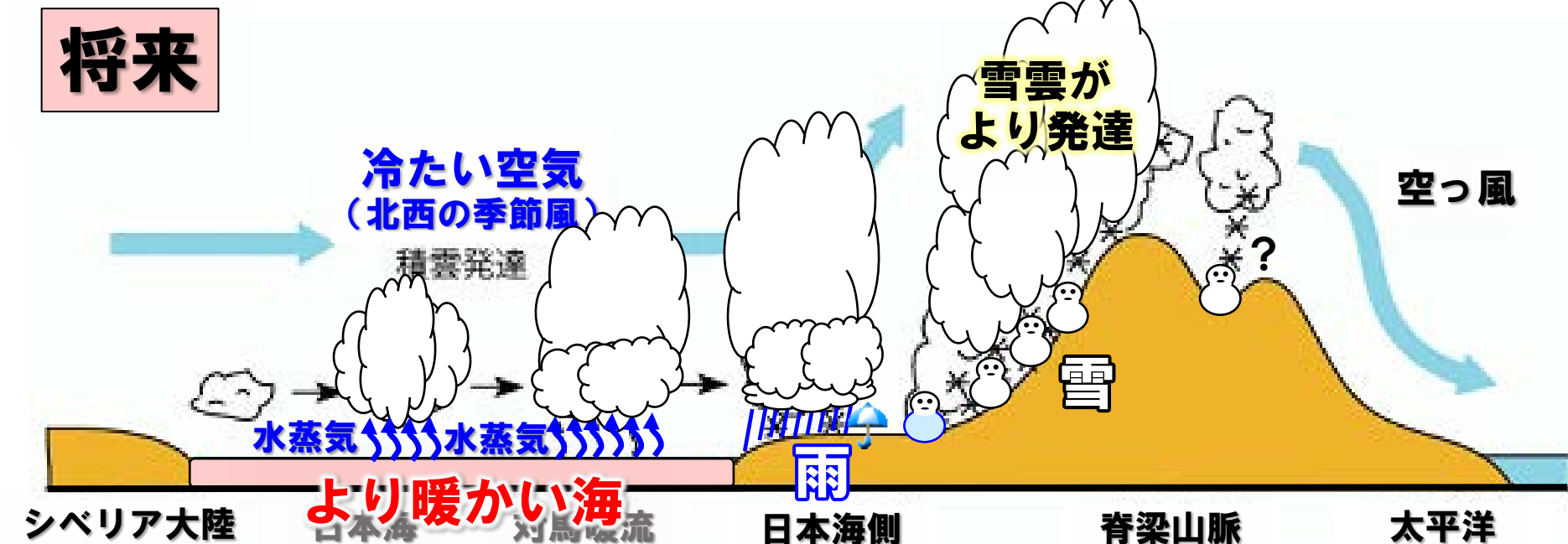
(MIROChベース A2シナリオ)



日本海側の山沿いで大雪が増える理由

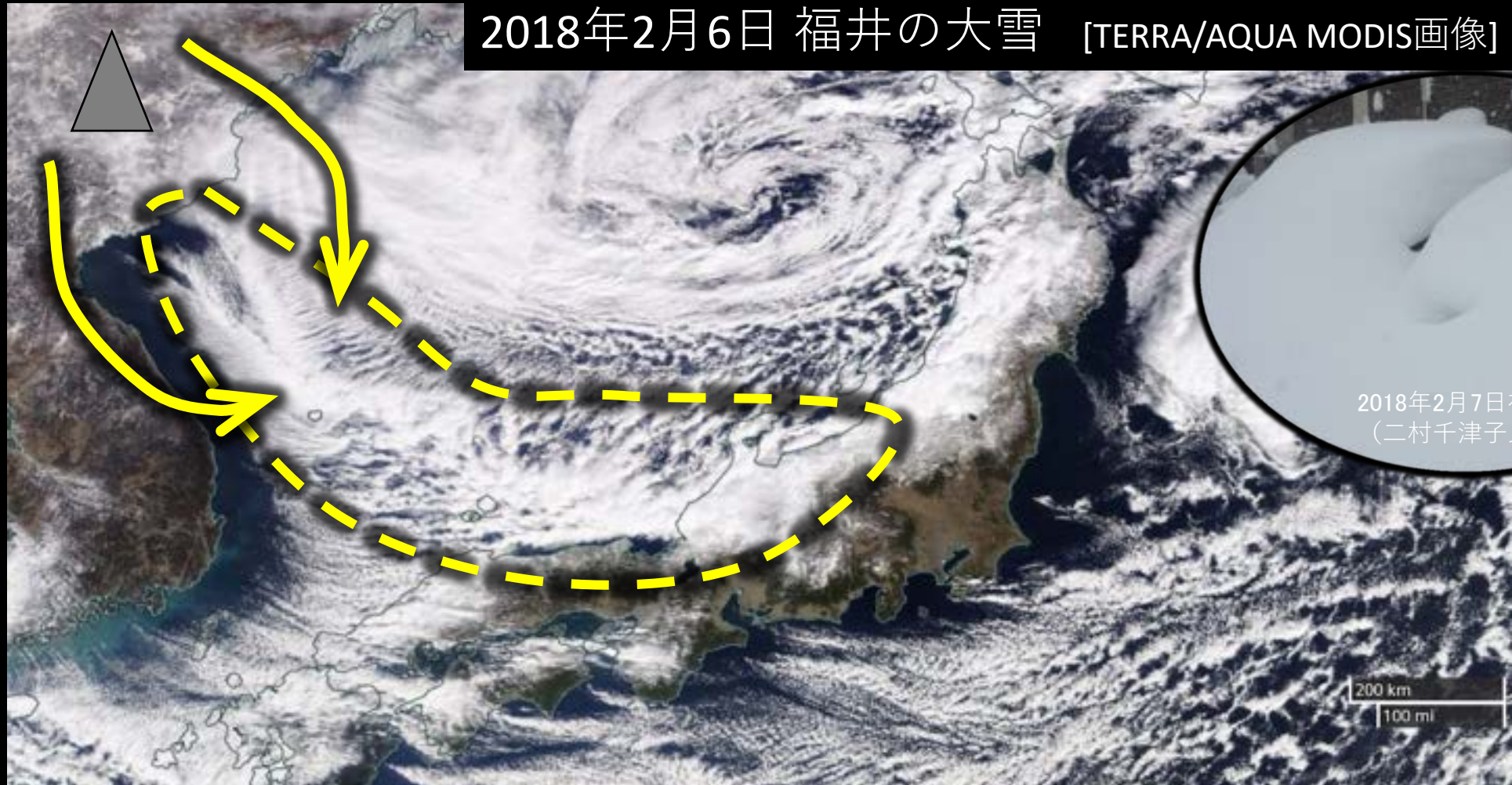


松江地方気象台より引用、一部改変



沿岸でも大雪：日本海寒帯気団収束帯

(JPCZ: Japan sea Polar air mass Convergence Zone)



朝鮮半島の高い山や海陸の影響で、風が日本海で集まる（収束する）。この場所では上昇流が強まり、雲が発達。

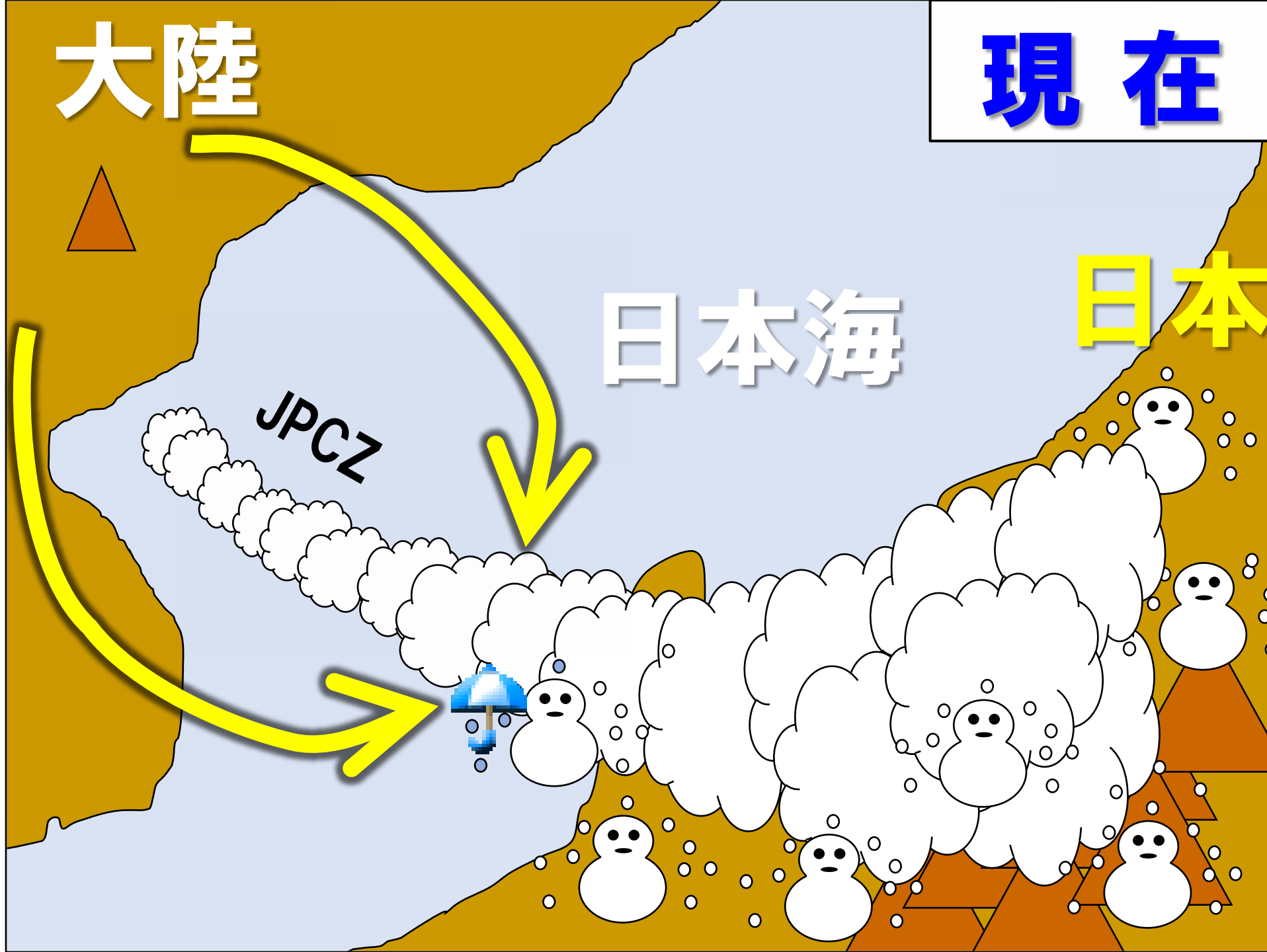
大陸

現在

日本海

日本

JPCZ



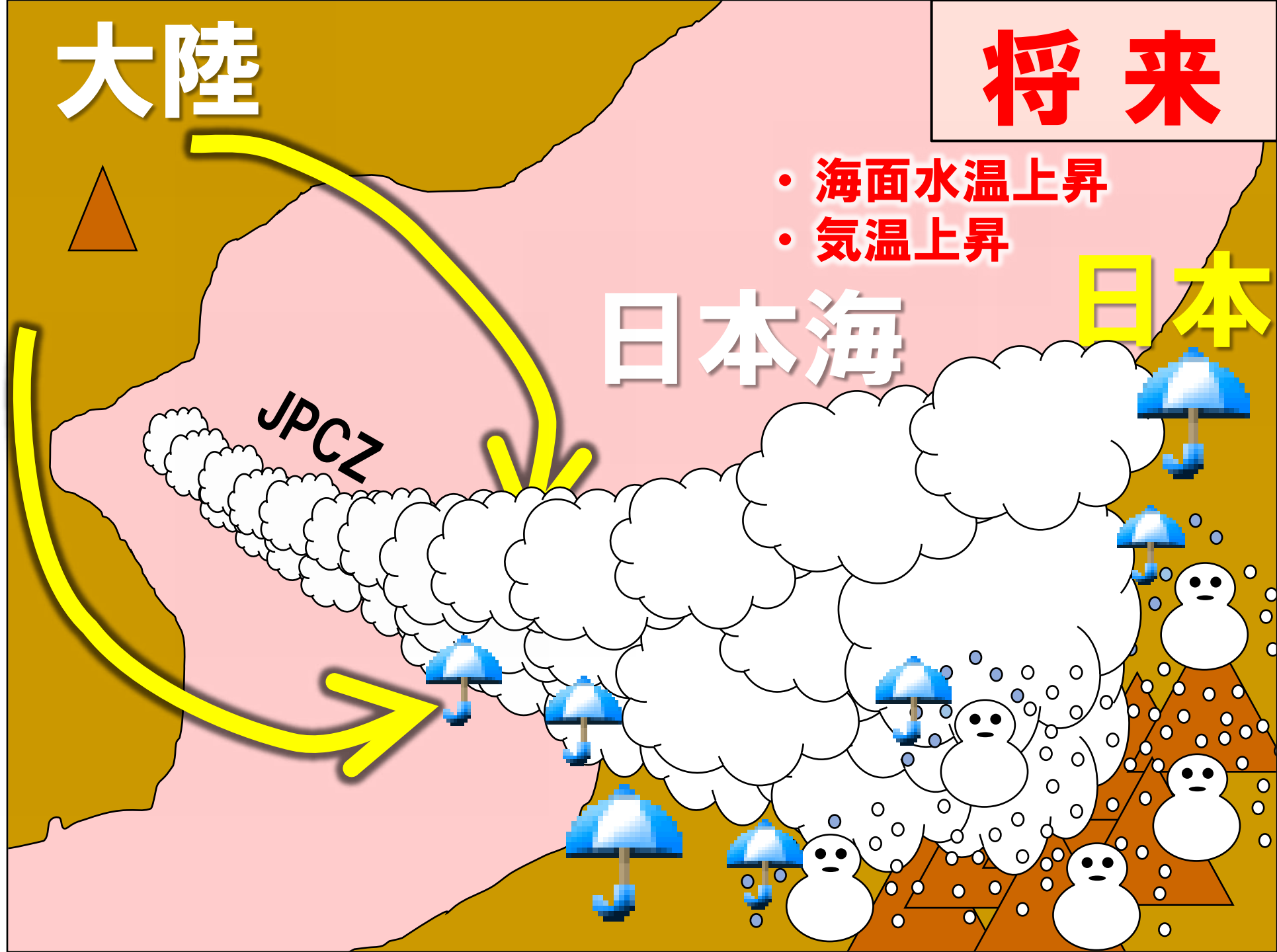
大陸

将来

- 海面水温上昇
- 気温上昇

日本海 日本

JPCZ



**Q. 温暖化によって、
すでに短期間の大雪は
増えているのか？**

実際に発生した現象に対する地球温暖化の寄与を評価する手法

イベント・アトリビューション (EA)

(異常気象 [極端気象] の要因分析)

発生確率の変化を評価する

地球温暖化が近年の極端気象(豪雨・猛暑)の **出現頻度**
(**発生確率**)をどの程度変化させたか？

(2020/10/20 気象研究所報道発表)
(2022/9/6 気象研究所報道発表)

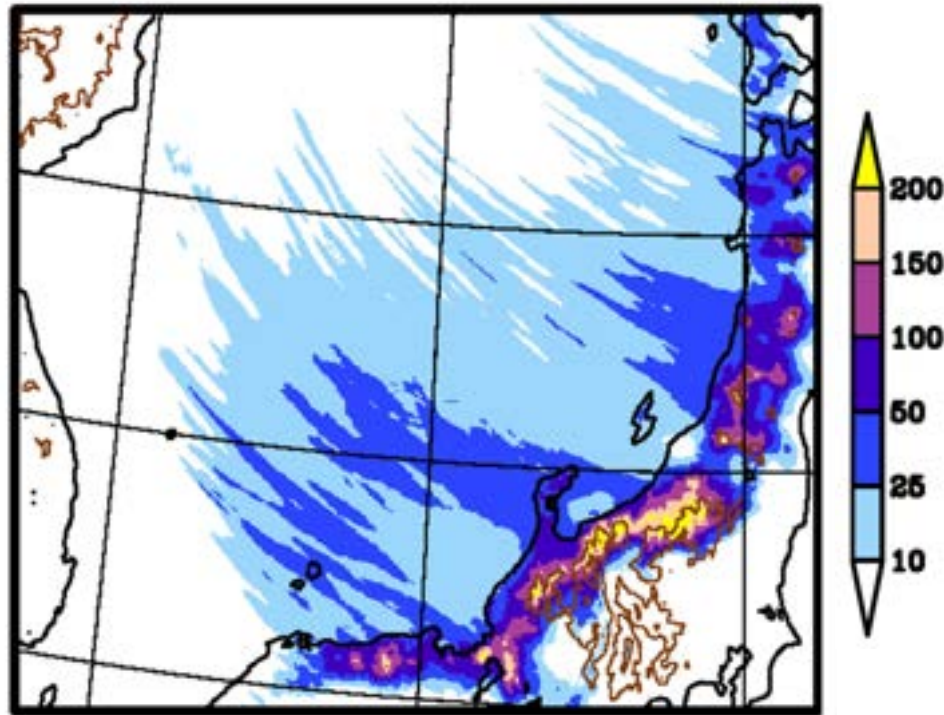
降水量の変化を評価する

地球温暖化が **実際に発生した大雨・大雪の量**にどの程度
影響を及ぼしたのか？

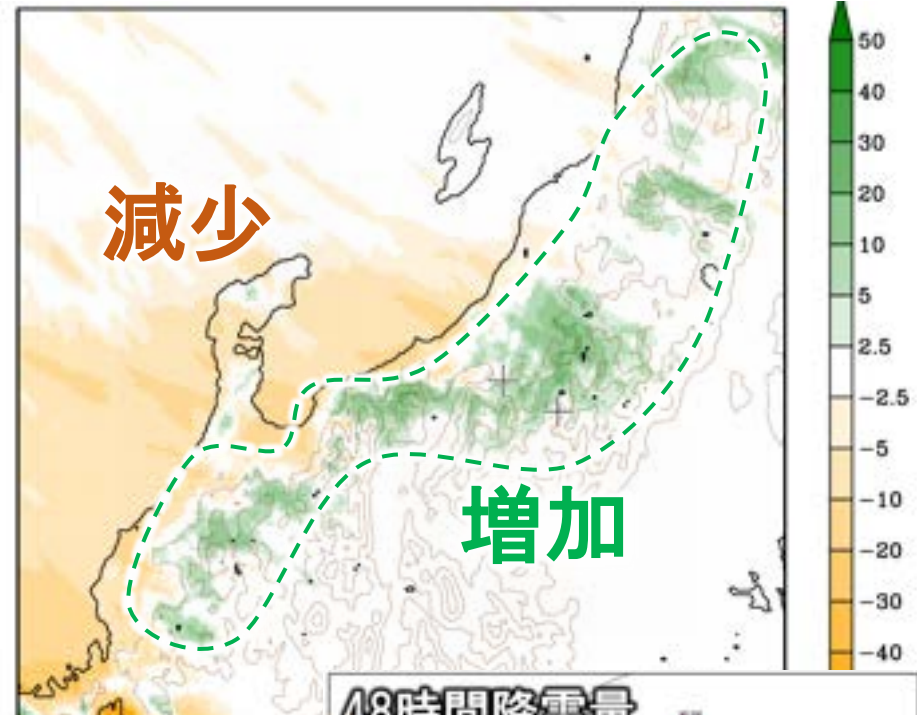
(2020.12.24 気象研究所報道発表)

令和2年12月中旬の大雪～群馬北部・新潟中越～

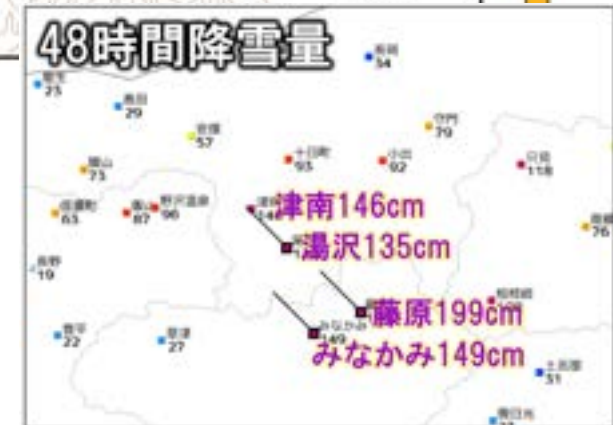
現在の気候で再現された降雪量
(2kmシミュレーション)



産業革命以降の温暖化が
なかったと仮定した実験



- 内陸部や山沿いで降雪量が増加
- 沿岸では温暖化により減少
(雨に変わる、雨は増加)



将来の日本の雪の変化のまとめ

■ 1年間の降雪量、年最大積雪深

- 全国的に大幅に減少(過去～現在～将来)
- 北海道の内陸山沿いでは増加するところも。

■ 厳冬期の降雪量

- 西日本や東日本の大部分で減少。
- 北海道の内陸部、本州の高い山では増加。

■ 厳冬期の短期間の大雪

- 北海道や本州の山沿い・内陸で増加。

・日本海からの蒸発量の増加に伴い、雪雲(雨雲)が発達
(日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)による大雪が強化)

➔ 沿岸部は雨、内陸はもっと大雪に。

ご清聴ありがとうございました