

# 2020/2021年冬の 天候と大気循環場の特徴

令和3年3月11日

気象庁

# 資料の構成

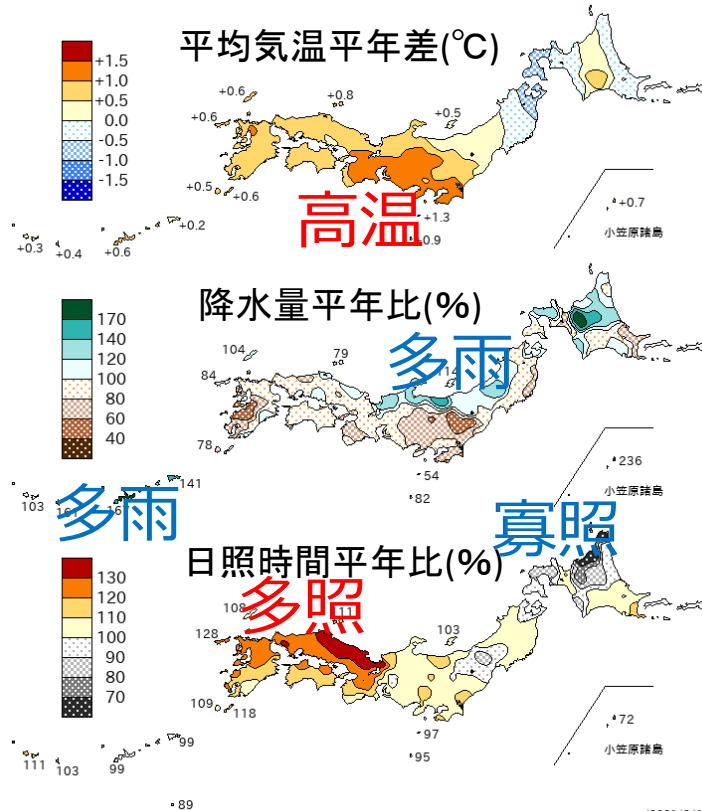
- 2020/2021年冬の天候
- 2020/2021年冬の循環場の特徴
  - 循環場の概要
  - 冬前半・後半の循環場
  - ラニーニャ現象と熱帯・中緯度循環場
  - 北半球の循環場・極渦
  - 成層圏突然昇温と対流圏への影響
  - 北極海の海氷の影響
- 天候と循環場の特徴のまとめ

# 2020/2021年冬の天候

# 2020/2021年冬の日本の天候①

- 気温は東・西日本と沖縄・奄美で高かった。冬の前半には強い寒気の影響を受けた。
- 降雪量は西日本日本海側でかなり多く、降水量は東日本日本海側でかなり多かった。
- 日照時間は西日本で記録的に多かった。

## 気温/降水量/日照時間 平年差(比)



## 気候表

太字は「かなり」

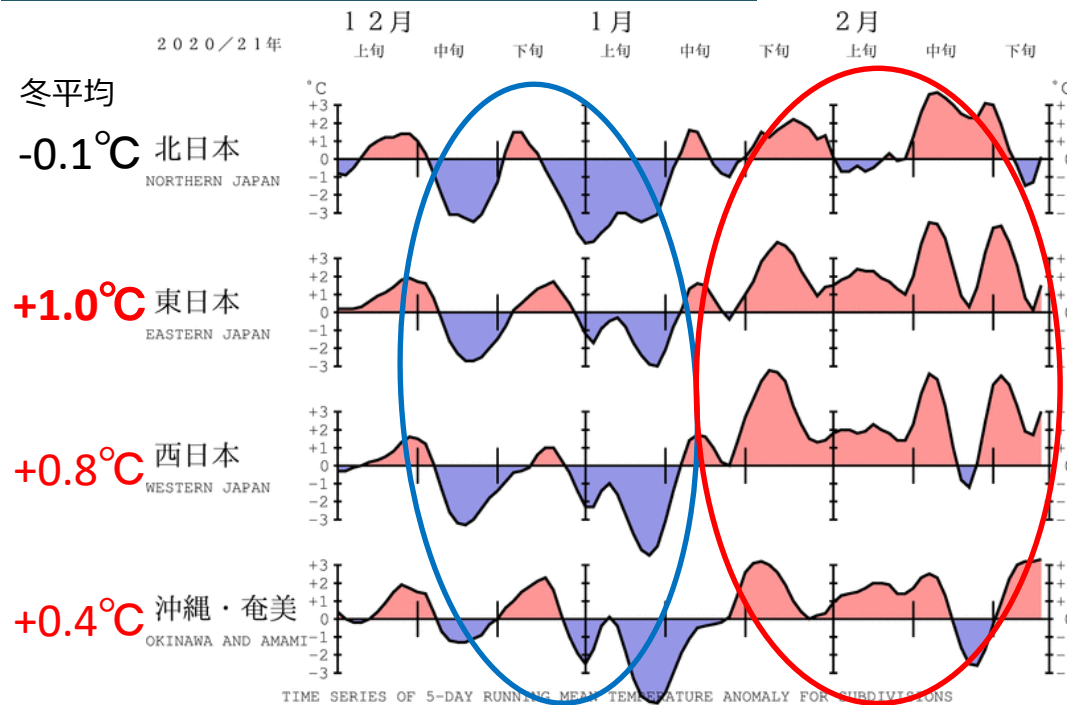
	気温 平年差 (°C)	降水量 平年比(%)		日照時間 平年比(%)		降雪量 平年比(%)	
		高低	多少	多少	多少	多少	多少
		日	太	日	太	日	太
北 日本	-0.1	114 多	91	90 少	101	83 少	82
東 日本	+1.0 高	128	77	110 多	108	91	21
西 日本	+0.8	87	88	126 ①	118 ①	183 多	19
沖縄 ・奄美	+0.4	133		106		—	

○数字：1946/1947年冬(気温、降水量、日照時間)、  
1961/1962年冬(降雪量)以降における順位(3位まで)

# 2020/2021年冬の日本の天候②

- 冬前半：断続的に強い寒気の影響を受け、低温傾向。記録的な大雪となった所もあった。
- 冬後半：高温傾向。東日本～沖縄・奄美では多照傾向。
- 2020/2021年冬は気温の変動が大きかった。

## 地域平均気温平年差の時系列

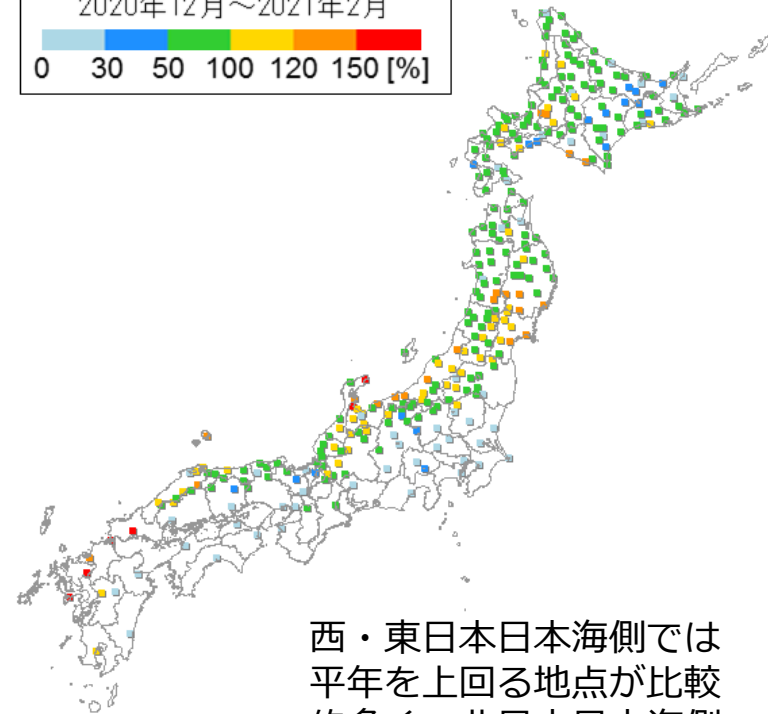


## 降雪量平年比

### 累積降雪量平年比

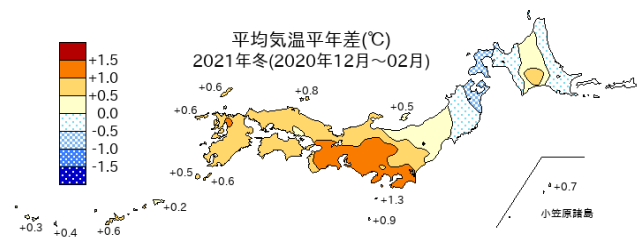
2020年12月～2021年2月

0 30 50 100 120 150 [%]



西・東日本日本海側では平年を上回る地点が比較的多く、北日本日本海側では平年を下回る地点が多かった。

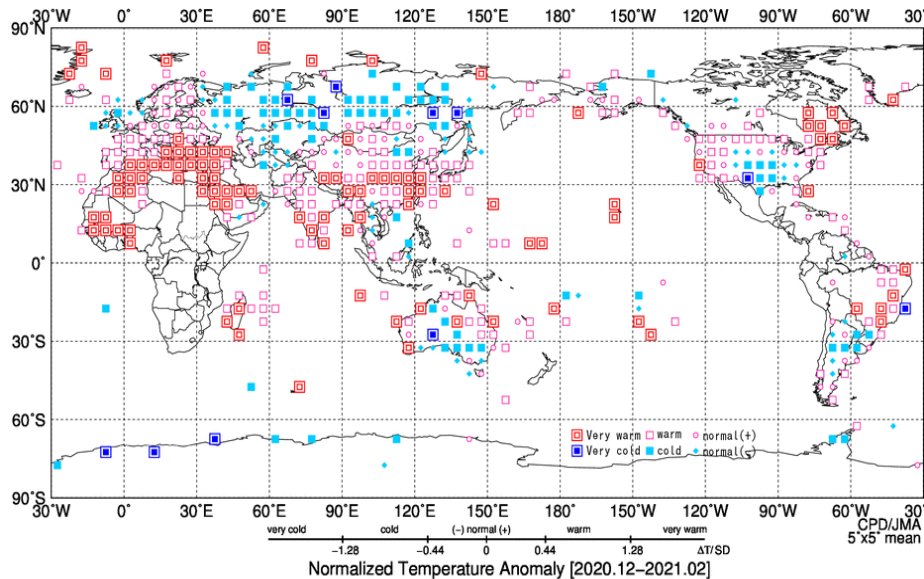
## 平均気温平年差



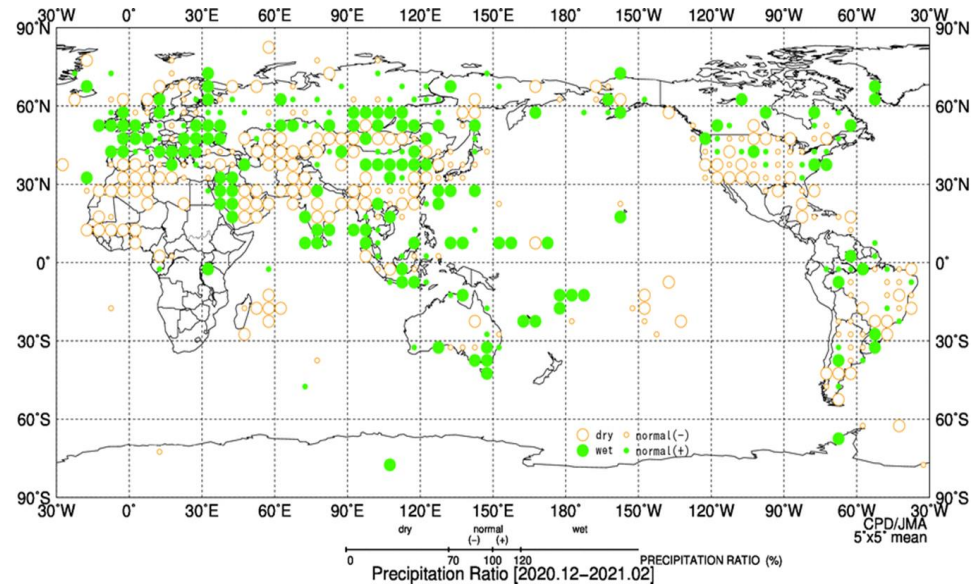
# 2020/2021年冬の世界の天候

- **高温傾向**：ヨーロッパ南部周辺、南アジア～東アジア、カナダ南東部など。
- **低温傾向**：ロシア西部～シベリア南部、米国南部など。
- **多雨傾向**：ヨーロッパ、中央シベリア南部～中国中部、インド南部～東南アジアなど。
- **少雨傾向**：アフリカ北西部、中東東部～中央アジア南部、米国南西部など。

## 平均気温規格化偏差



## 降水量平年比

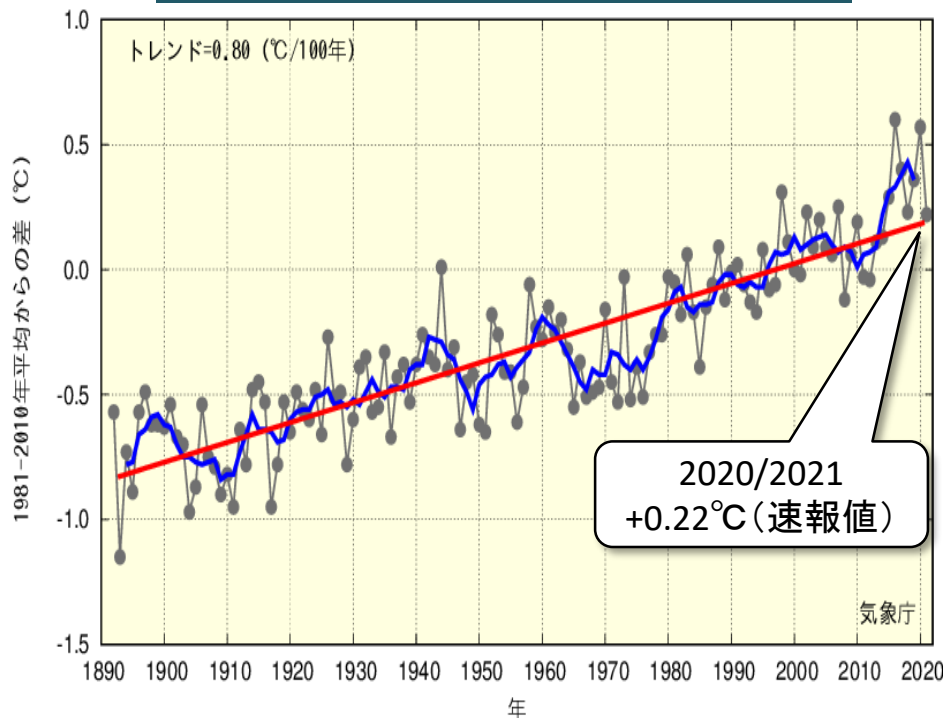


※速報値

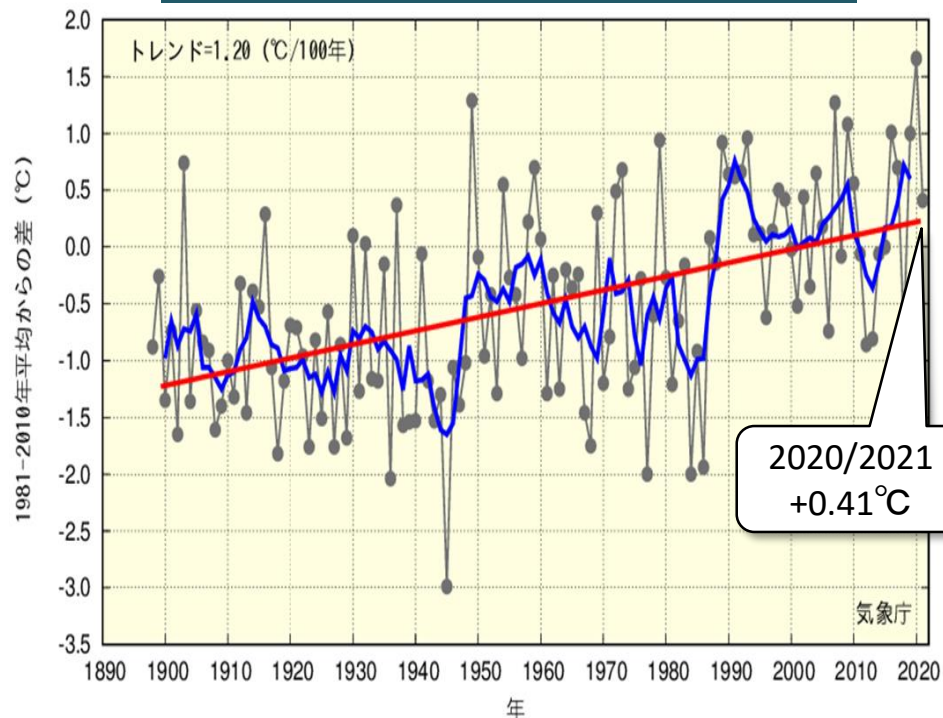
# 世界と日本の冬平均気温

- 世界、日本の2020/2021年冬平均気温はともに正偏差だが、偏差は比較的小さく、トレンド直線に近い値。

## 世界の冬平均地上気温偏差



## 日本の冬平均地上気温偏差



- 細線 (黒) : 各年の平均気温の基準値 (1981~2010年平均) からの差
- 太線 (青) : 偏差の5年移動平均値
- 直線 (赤) : 長期変化傾向

2020/2021年冬の循環場の特徴

## **循環場の概要**

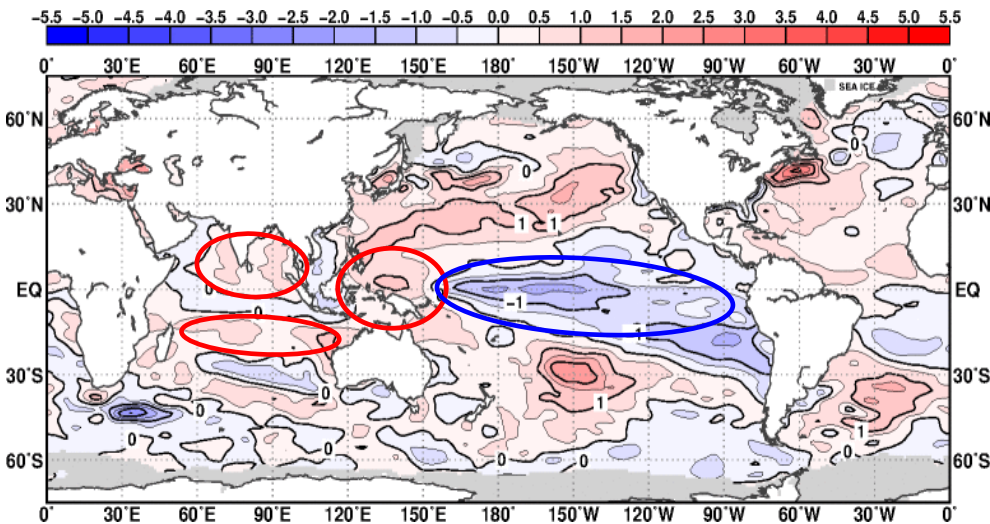


# 2020/2021年冬の海況の概要

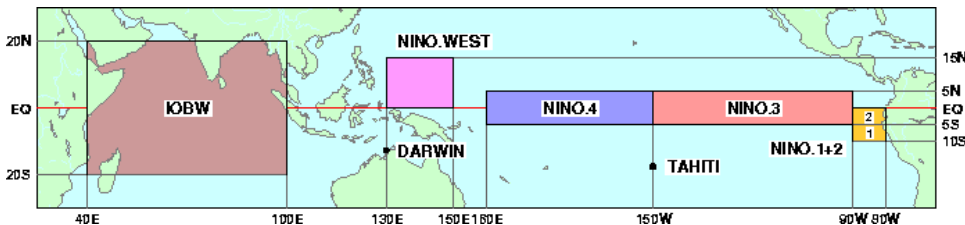
- 2020年夏に発生したラニーニャ現象が冬にかけて持続。
- 熱帯域の海面水温(SST)は、太平洋西部やインド洋で正偏差、太平洋赤道域の中～東部で負偏差。インド洋(IOBW)の正偏差は縮小傾向。

## SST偏差

単位：℃

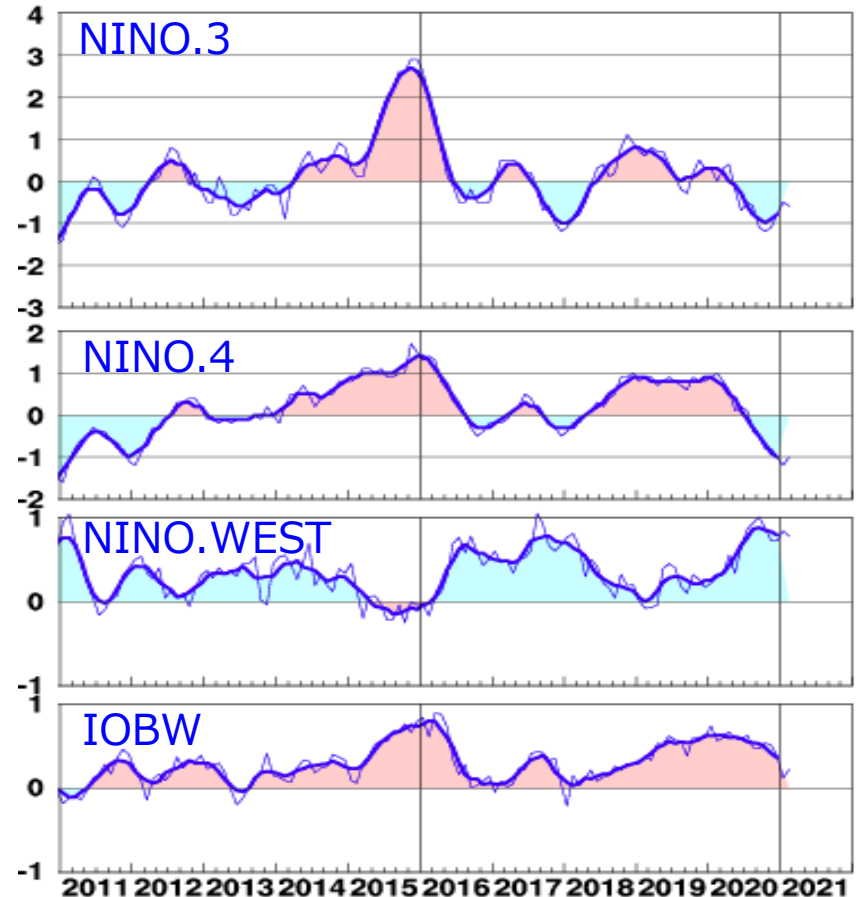


## 監視海域



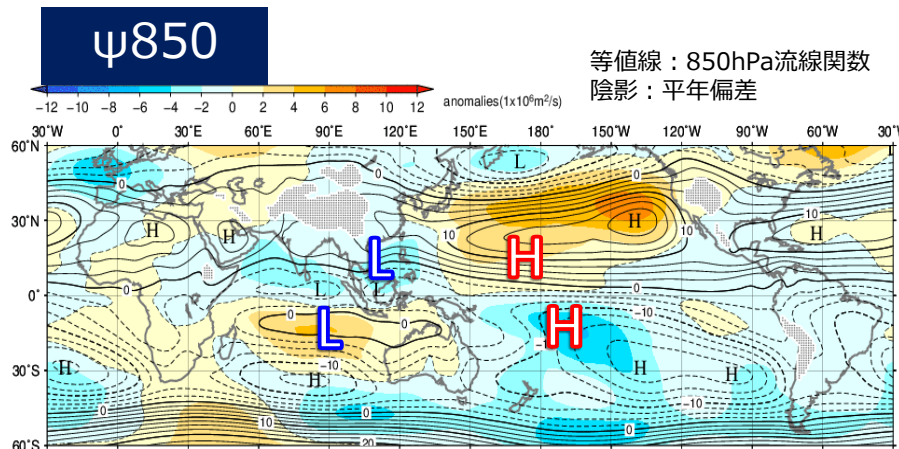
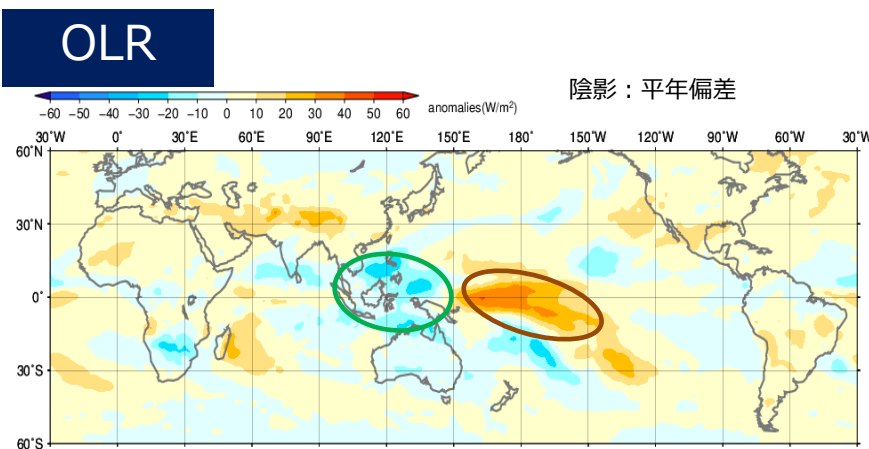
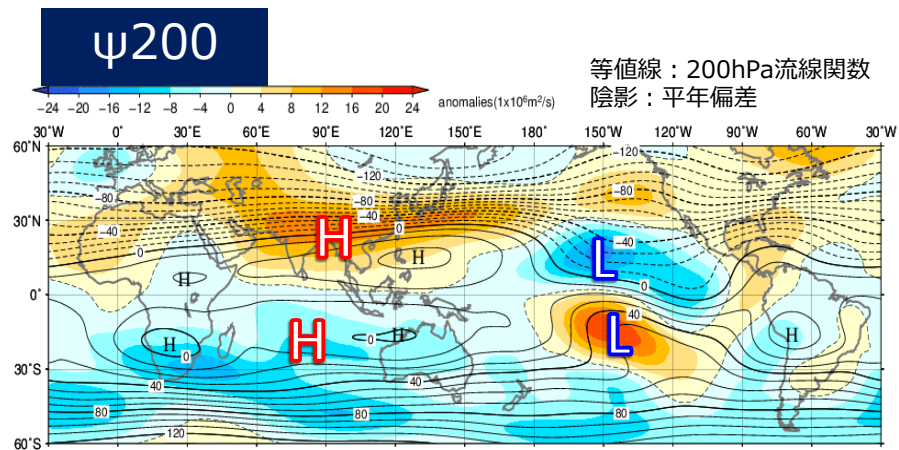
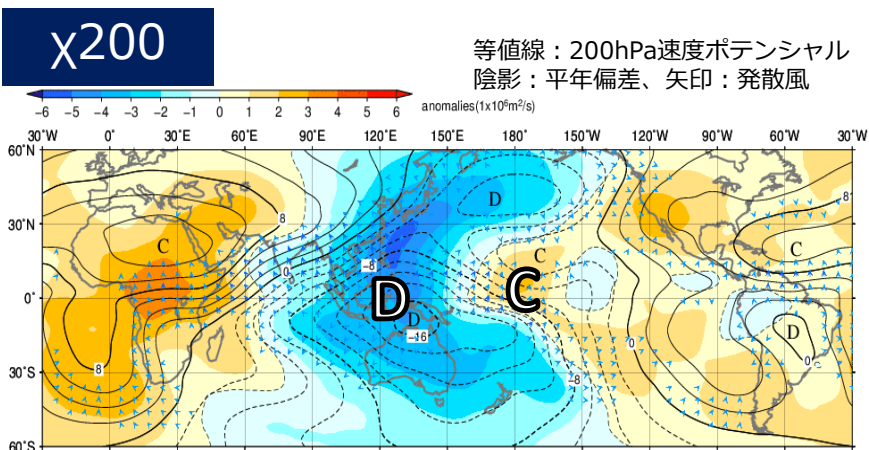
## 平年偏差時系列

細線：月別値  
太線：5か月移動平均値



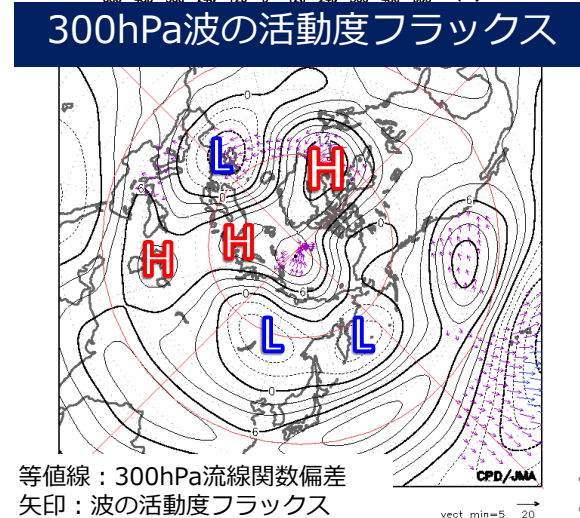
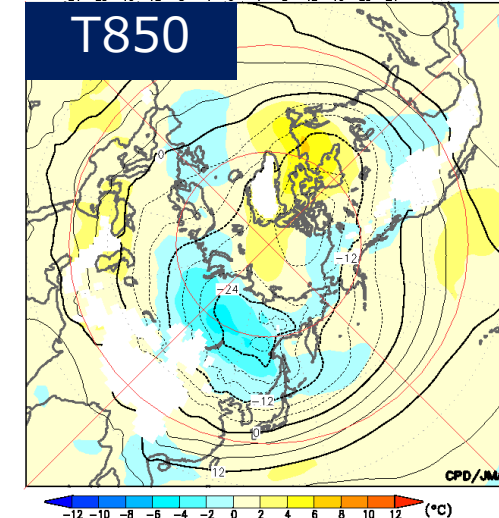
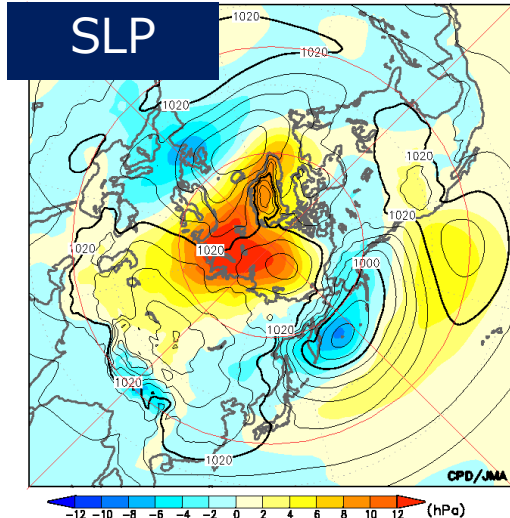
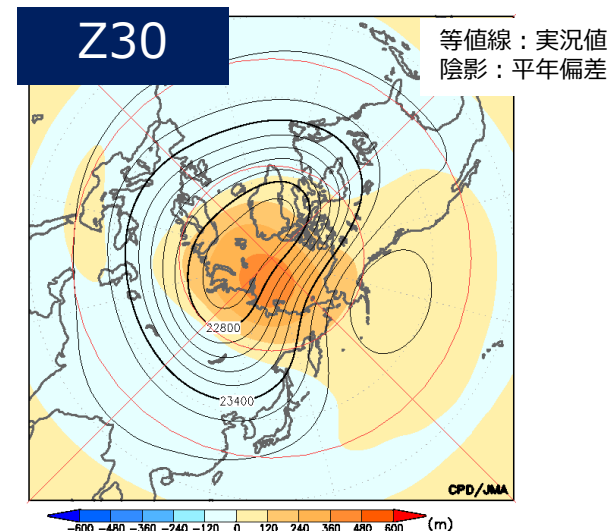
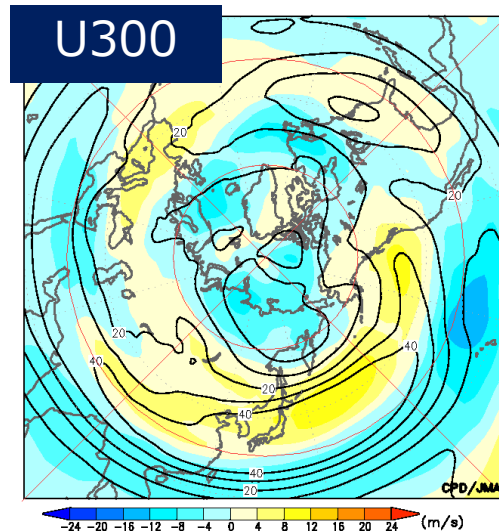
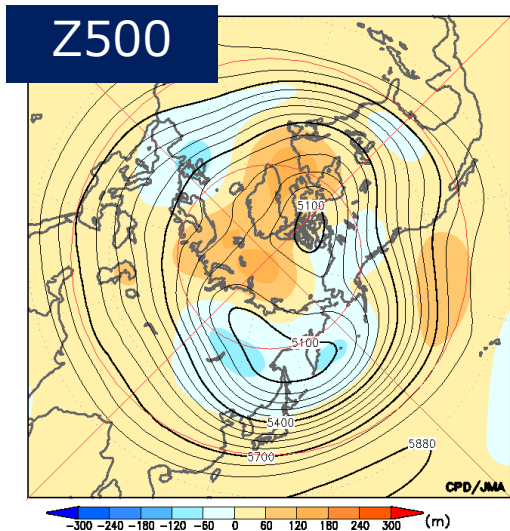
# 2020/2021年冬の循環場の概要（熱帯）

- 対流活動：平年と比べてインドネシア付近で活発、日付変更線付近で不活発。
- 対流圏上層：インド洋～インドネシア付近で高気圧性(H)、太平洋熱帯域の中部で低気圧性(L)の南北半球対の循環偏差。ユーラシア大陸南部～北太平洋中緯度帯で帯状にH循環偏差。
- 対流圏下層：インド洋～インドネシア付近でL、日付変更線付近でHの南北半球対の循環偏差。



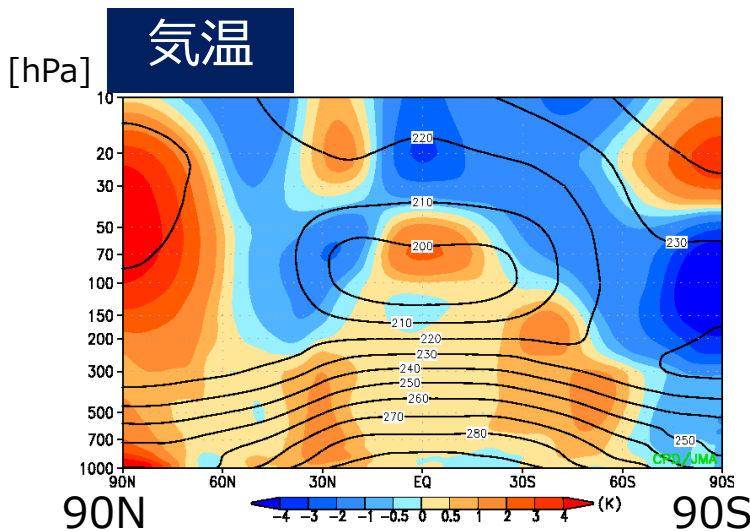
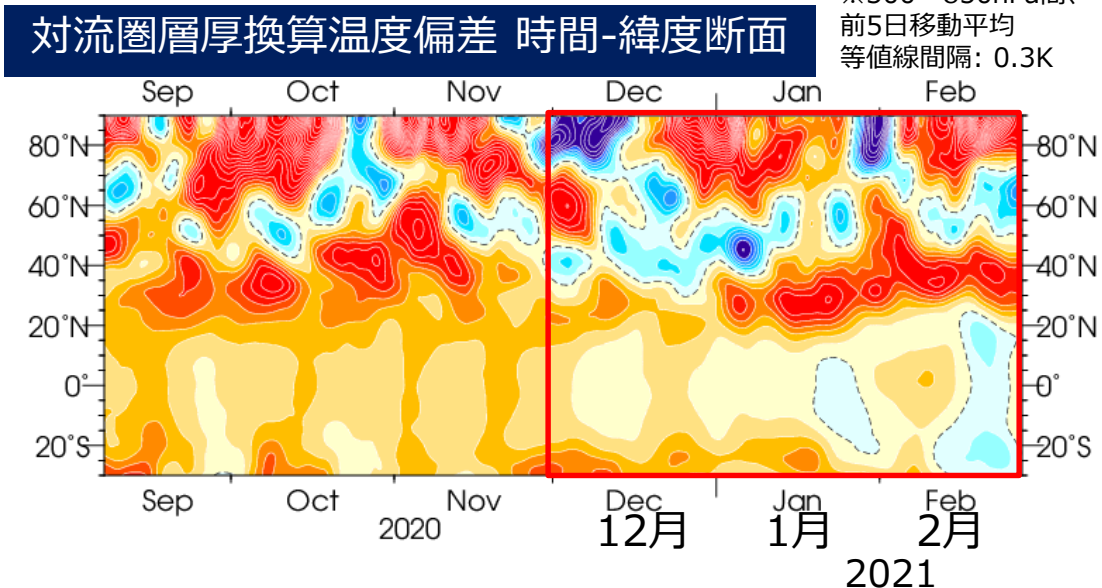
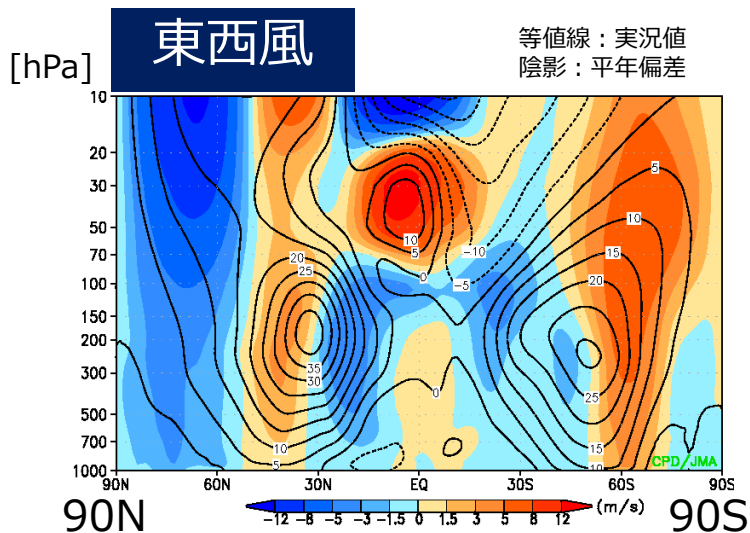
# 2020/2021年冬の循環場の概要（北半球）

- 500hPa高度では、極渦がシベリア側と北米側に分裂し、東シベリアで明瞭。北米北東部～ユーラシア大陸北部では波列パターンが卓越。偏西風は東アジア～北太平洋上で平年より北寄り。
- 30hPa高度では、1月に発生した成層圏突然昇温に対応して北極付近で正偏差。
- 海面気圧は北極付近で正偏差。平年に比べて、シベリア高気圧、アリューシャン低気圧はともに北西側で強く、本州付近では冬型の気圧配置が弱い。850hPa気温はシベリアで低温偏差、本州以南は高温偏差。



# 2020/2021年冬の循環場の概要（帯状平均）

- 東西風：対流圏両半球の偏西風は平年に比べて赤道側で弱く、極側で強い。対流圏～成層圏の55°N以北は東風偏差。赤道付近の下部成層圏ではQBOの西風位相。
- 気温：対流圏の30°N付近や南半球中緯度帯、対流圏～成層圏の北極域で高温偏差が明瞭。



## 対流圏層厚換算温度偏差（領域平均）

	熱帯 (25S-25N)	北半球中緯度 (30-50N)	北半球中高緯度 (30-90N)
12月	+0.31	-0.04	+0.14
1月	+0.18	<b>+0.66⑦</b>	<b>+0.58⑧</b>
2月	+0.19	<b>+1.37③</b>	<b>+0.89④</b>

※○数字は1958/1959冬以降の高い方からの順位（10位以内）  
層厚の対象気圧面は、熱帯100～850hPa、中・高緯度300～850hPa

2020/2021年冬の循環場の特徴

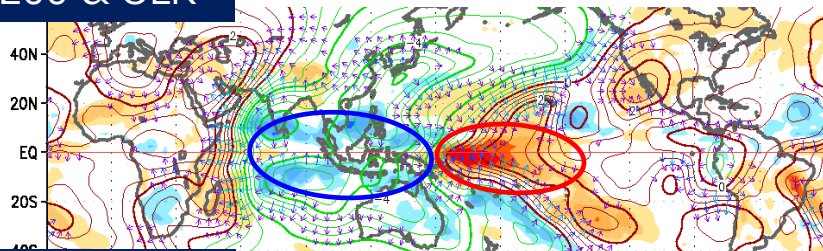
## **冬前半・後半の循環場**

# 冬前半・後半の循環場（熱帯）

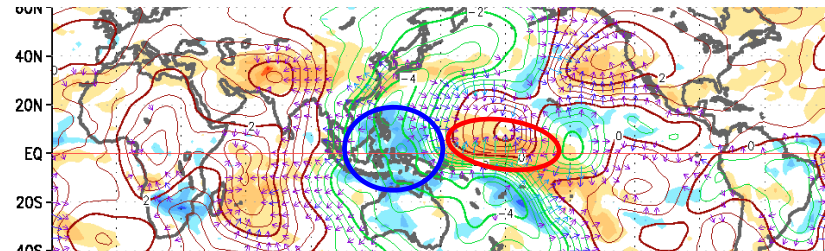
- 対流活動：インドネシア付近では対流活発が持続。インド洋では前半活発から後半不活発傾向へ変化。太平洋赤道域の日付変更線付近の対流不活発偏差は後半縮小。
- 対流圏上層：前半は中国南部でH循環偏差が明瞭。前後半ともユーラシア大陸南部から太平洋中緯度帯で帯状にH循環偏差の傾向。
- 対流圏下層：インド洋や日付変更線付近の偏差は不明瞭化。

χ<sub>200</sub> & OLR

冬前半

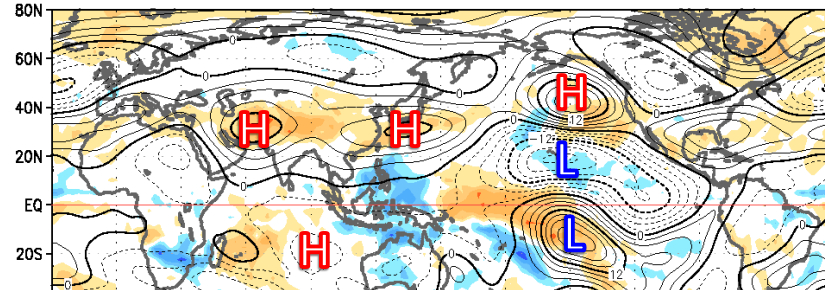
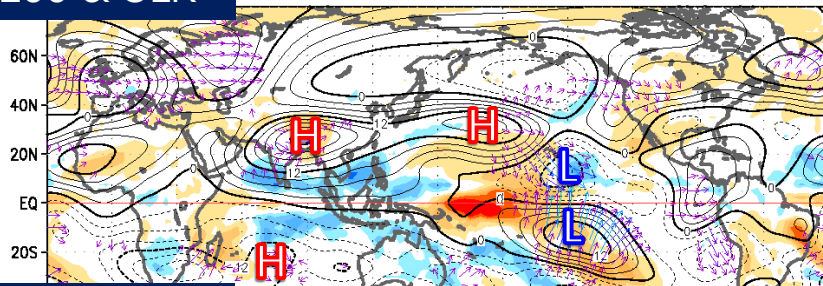


冬後半



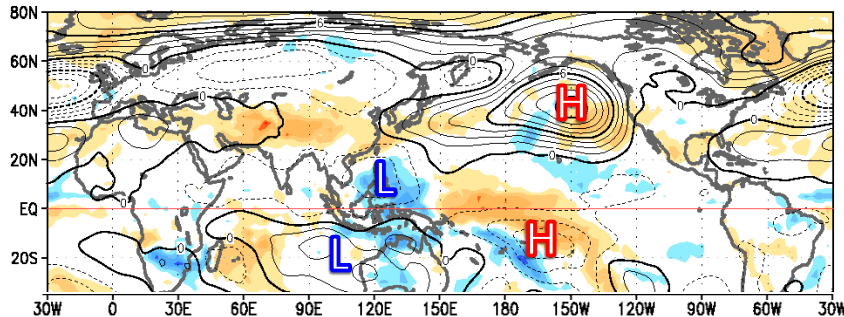
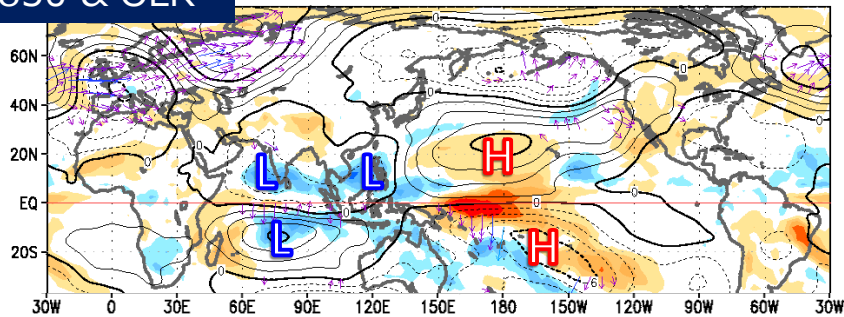
等値線：速度ポテンシャル偏差、陰影：OLR偏差、矢印：200hPa発散風偏差

ψ<sub>200</sub> & OLR



等値線：流線関数偏差、陰影：OLR偏差、矢印：波活動度フラックス

ψ<sub>850</sub> & OLR



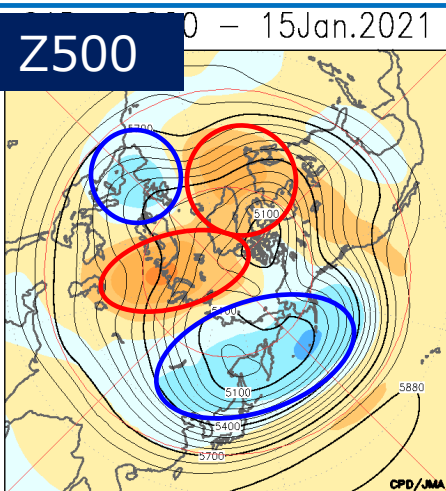
-40 -32 -24 -18 -8 8 16 24 32 40 (W/m<sup>2</sup>)

-40 -32 -24 -18 -8 8 16 24 32 40 (W/m<sup>2</sup>)

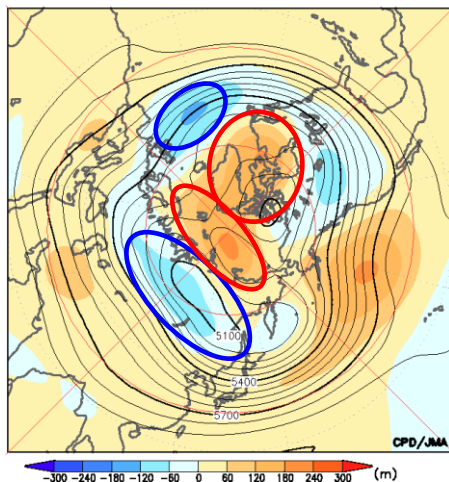
# 冬前半・後半の循環場（北半球）

- Z500：極渦が前半は東シベリアで明瞭、後半は西寄りの位置に変化。グリーンランド付近や極付近の正偏差は前半・後半とも明瞭。北大西洋～ユーラシア大陸北部の波列は前半明瞭。
- T850：前半は東アジア～シベリアで広く低温偏差。後半はユーラシア大陸の50°N以北で低温偏差、以南で高温偏差。
- SLP：前半はシベリア高気圧、アリューシャン低気圧が平年より北寄りの位置で強い。後半はシベリア高気圧が弱く、アリューシャン低気圧は北西側に位置し、日本付近の冬型の気圧配置は弱い。

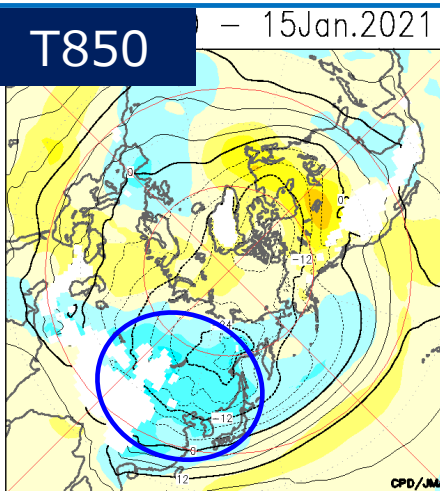
冬前半



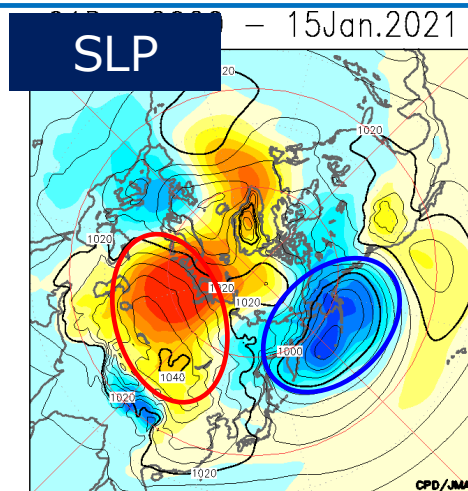
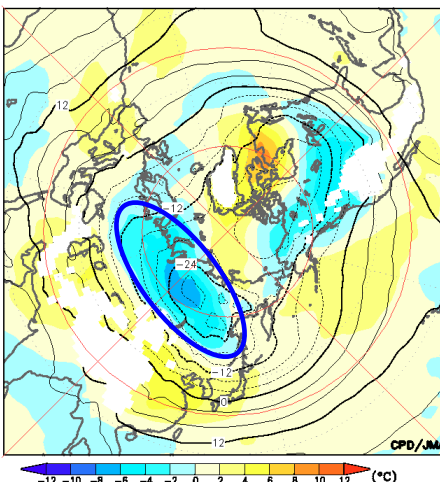
16Jan.2021 - 28Feb.2021



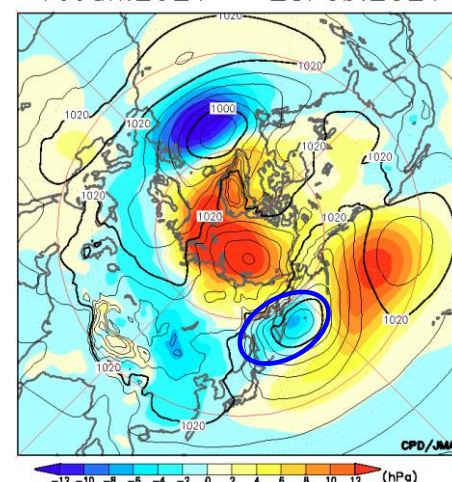
冬後半



16Jan.2021 - 28Feb.2021



16Jan.2021 - 28Feb.2021



等値線：実況  
陰影：偏差

# ユーラシア大陸上のジェット気流

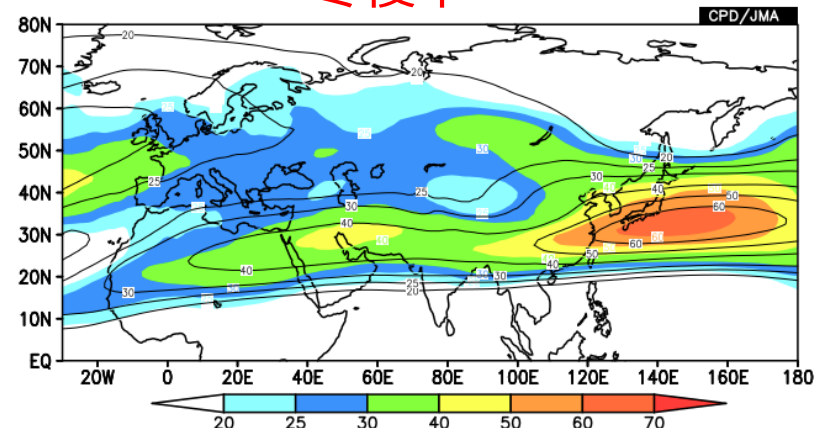
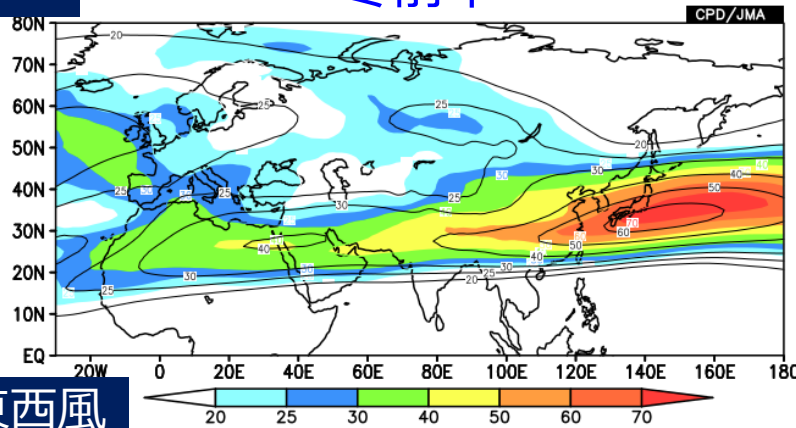
- 冬前半：亜熱帯ジェット気流は平年より強い傾向で、中国南部付近では北に蛇行。日本付近では寒帯前線ジェット気流と合流して南へ蛇行。日本付近～日本の東海上では平年より強い。
- 冬後半：亜熱帯ジェット気流は平年より弱い傾向。寒帯前線ジェット気流は50°N付近で明瞭。日本付近では偏西風が平年より北寄りを流れた。

## 300hPa風速

冬前半

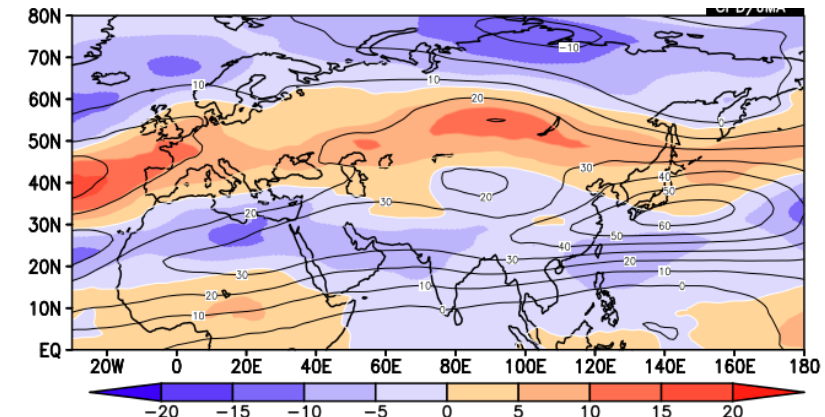
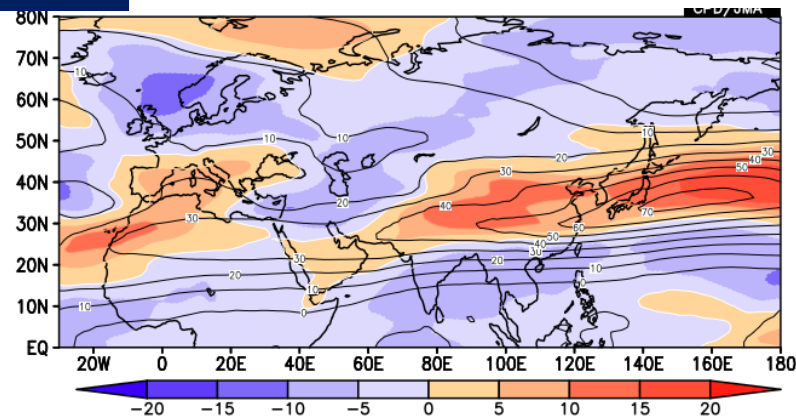
冬後半

等値線：平年  
陰影：実況



## 300hPa東西風

等値線：実況  
陰影：平年偏差





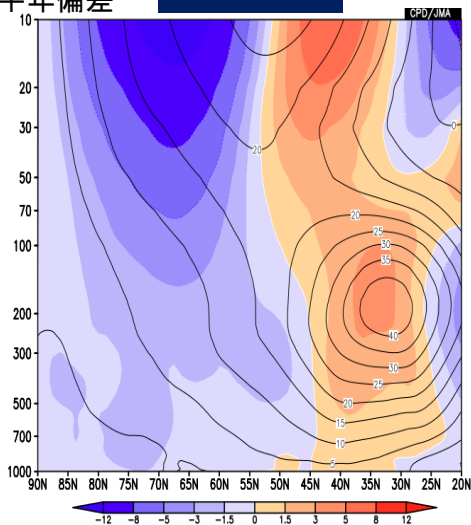
# 帯状平均東西風とE-Pフラックス（北半球）

- 対流圏上層では、40-50°N帯でE-Pフラックス発散偏差と西風偏差（特に冬後半）、60°N以北でE-Pフラックス収束偏差と東風偏差が対応する。
- 成層圏の極夜ジェット付近では、E-Pフラックスが冬前半は上向き偏差、冬後半は下向き偏差。

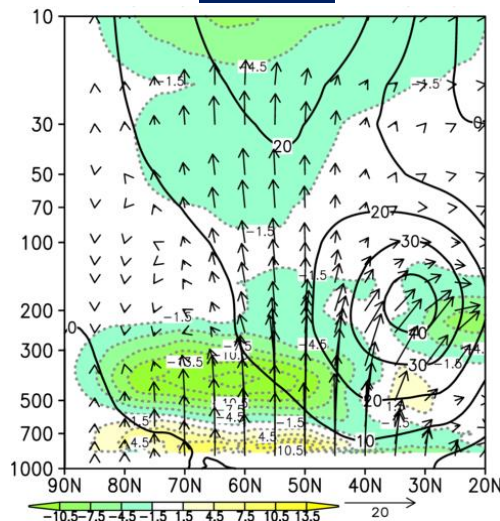
等値線: 実況  
陰影: 平年偏差

## 東西風

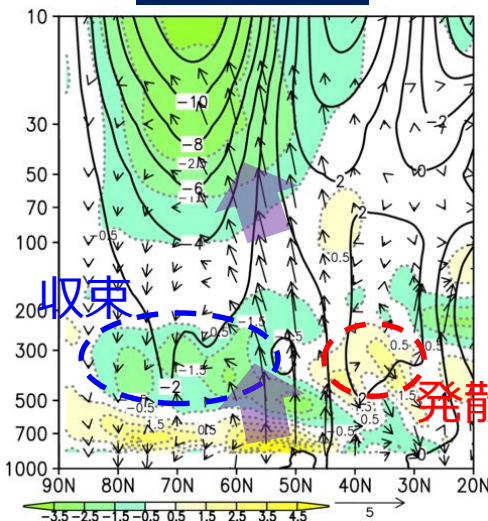
冬前半



## 実況

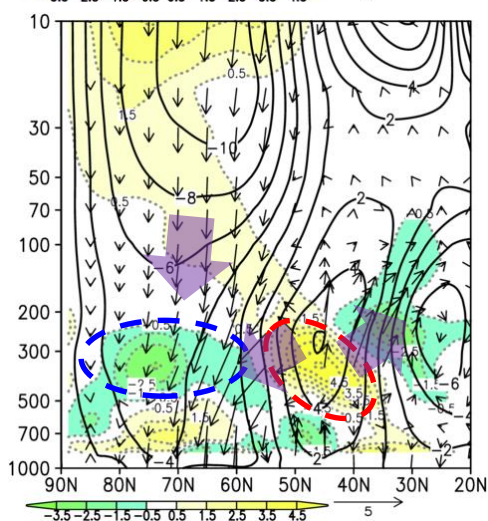
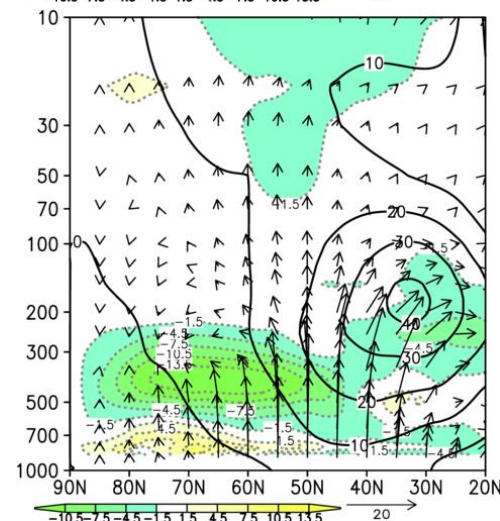
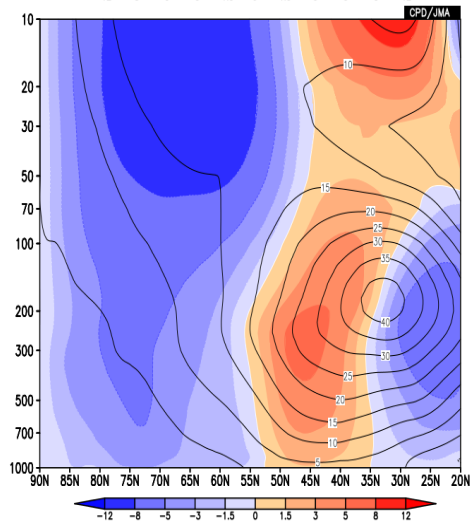


## 平年偏差



矢印: E-Pフラックス  
陰影: E-Pフラックスの  
収束/発散に伴う東西  
風の変化傾向  
[m/s/day]  
等値線: 東西風  
[m/s]

冬後半



2020/2021年冬の循環場の特徴

**ラニーニャ現象と熱帯・中緯度循環場**

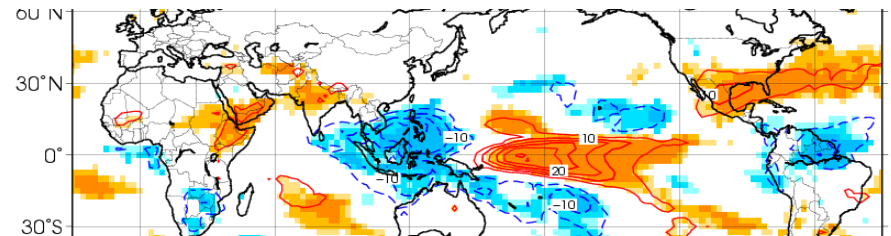
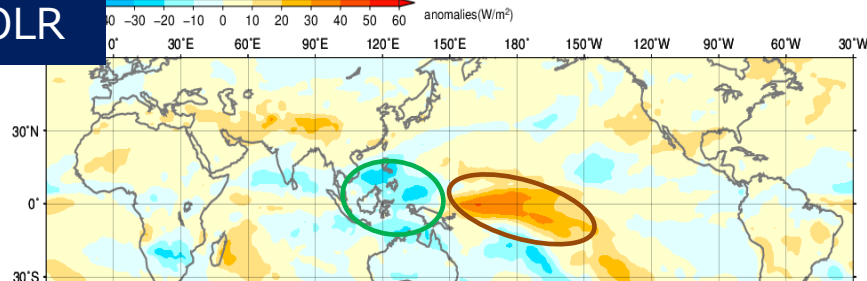
# ラニーニャ合成図との比較 (冬平均)

- 熱帯域の偏差分布の特徴は、実況とラニーニャ合成図で概ね一致する。
- ラニーニャ合成図では日本の東で上層トラフとなる点は、今冬の状況と異なる。

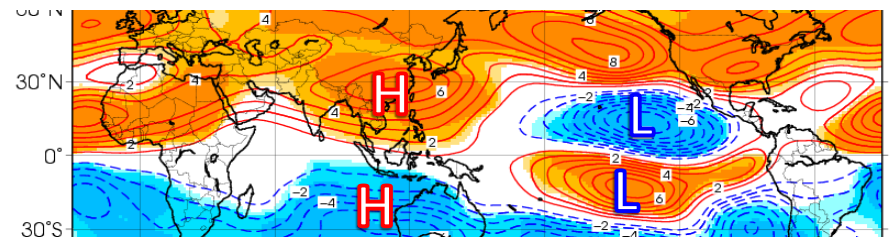
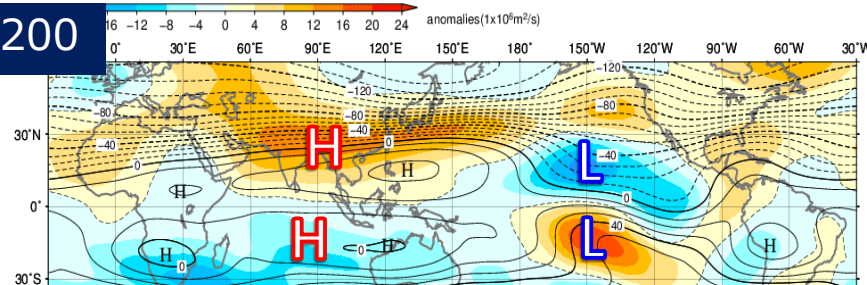
2020/2021年冬

ラニーニャ合成図

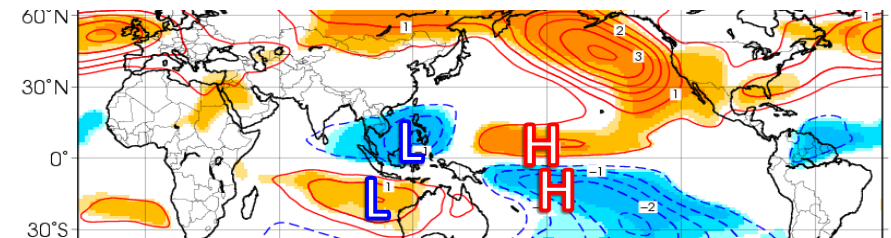
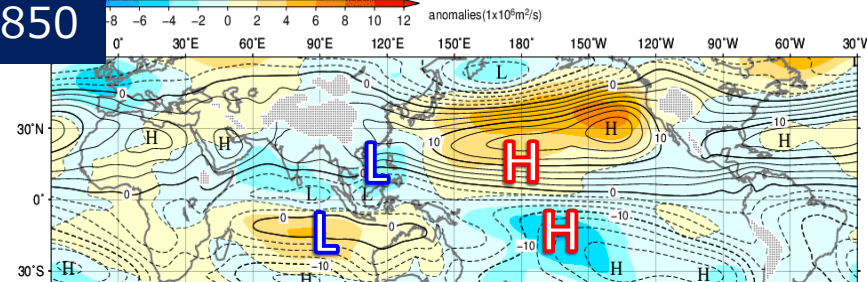
OLR



ψ200



ψ850



等値線：実況値  
陰影：平年偏差

-99 -95 -90 90 95 99 (%)

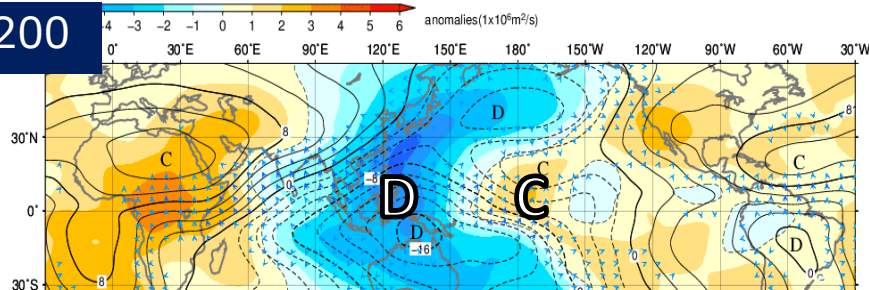
# LBM実験結果との比較 (冬平均)

実験環境は渡部委員(東京大学)提供  
(Watanabe and Kimoto 2000)

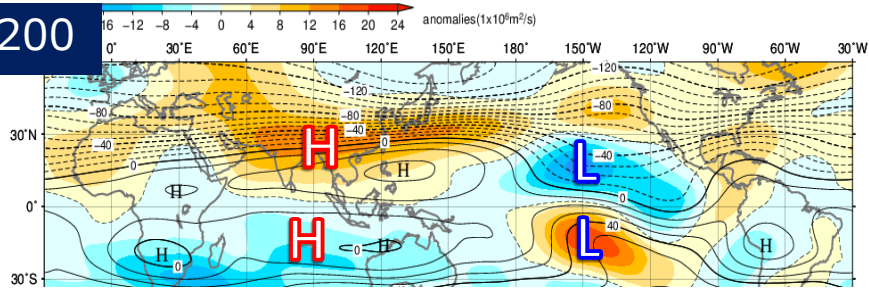
- 熱帯域の偏差分布の特徴は、実況とLBM実験応答で概ね共通する。
- 実況で見られる日本の東海上の上・下層の高気圧性循環偏差は、LBM実験結果と異なる。

2020/2021年冬

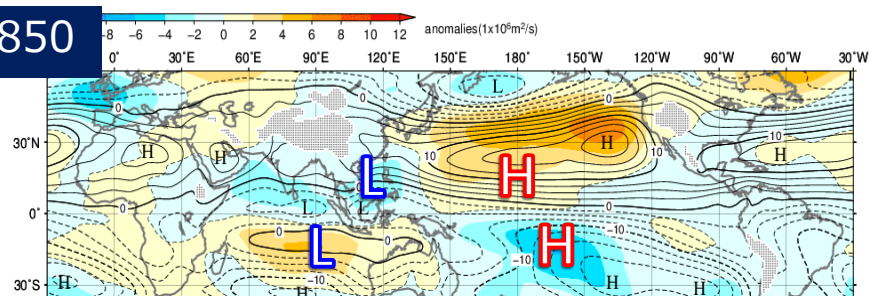
x200



ψ200



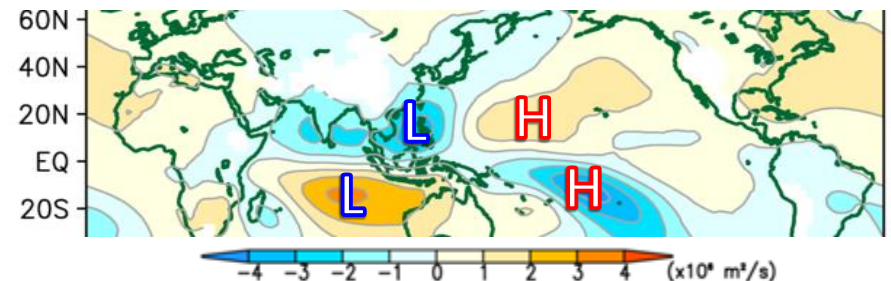
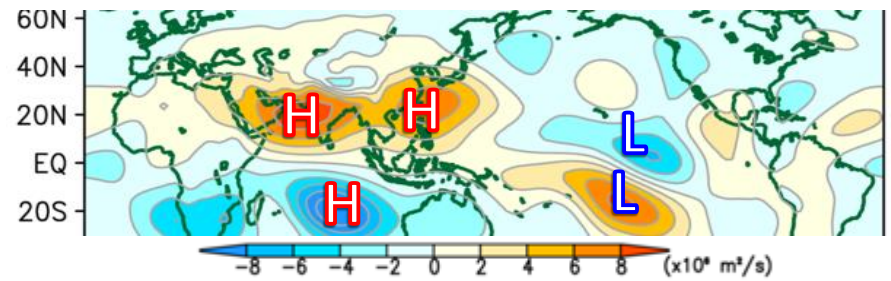
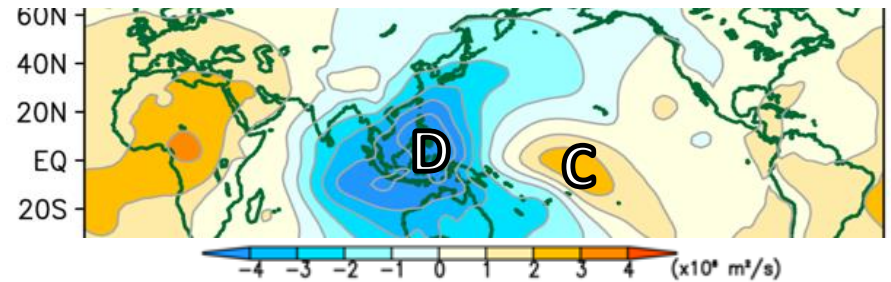
ψ850



等値線：実況値  
陰影：平年偏差

LBM実験結果

(熱帯域に実況に対応する熱源を与えた実験)



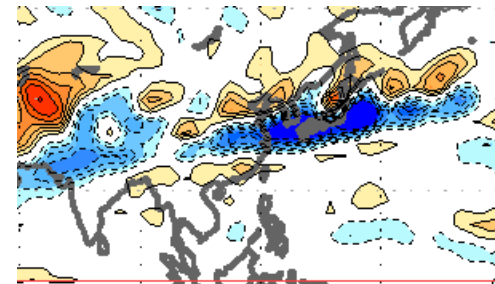
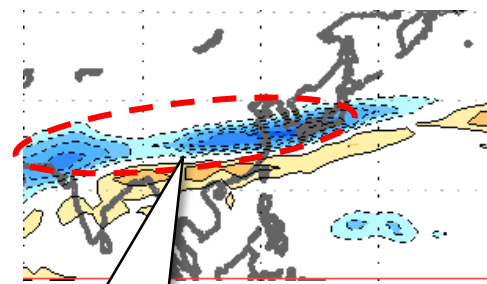
# インドネシア付近の対流活動の中緯度への影響

- 冬前半：中国南部付近の上層高気圧性循環偏差の形成に、インド洋北部～インドネシア付近の対流活発域からの上層発散風偏差による高気圧性渦度移流偏差の寄与が見られる。
- 冬後半：中国東部～日本付近の高気圧性循環偏差の形成に、インドネシア付近の対流活発域からの上層発散風偏差による高気圧性渦度移流偏差が一部寄与していたとみられる。

## 200hPaロスビー波ソース

(発散風偏差による渦度移流項)

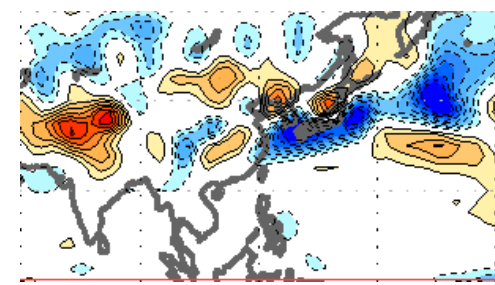
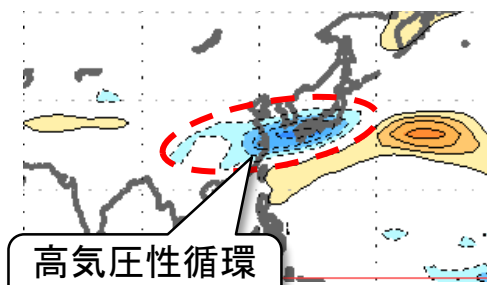
(全項)



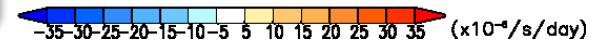
高気圧性循環  
励起

(発散風偏差による渦度移流項)

(全項)

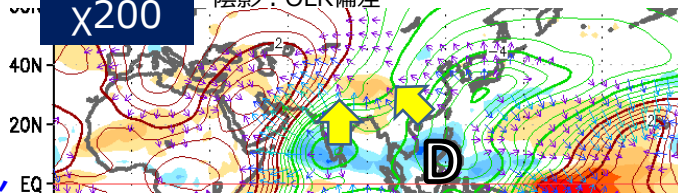


高気圧性循環  
励起

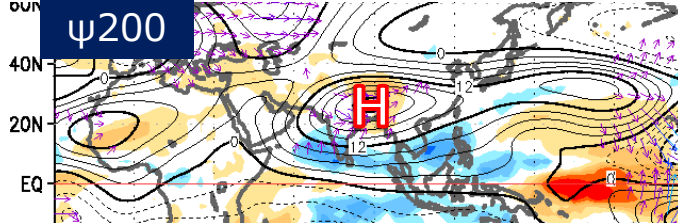


等値線： $\chi_{200}$ 偏差、矢印：発散風偏差  
陰影：OLR偏差

$\chi_{200}$

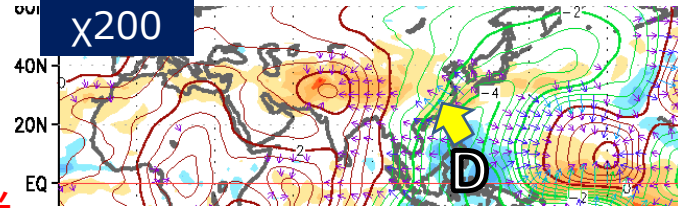


$\psi_{200}$

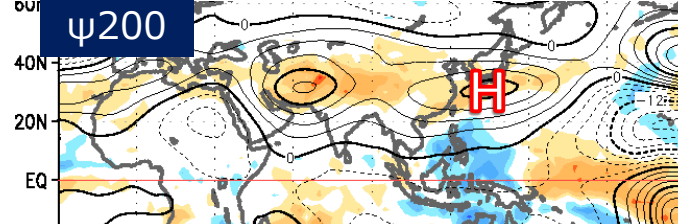


等値線： $\psi_{200}$ 偏差、矢印：波の活動度フラックス  
陰影：OLR偏差

$\chi_{200}$



$\psi_{200}$



冬前半

冬後半

2020/2021年冬の循環場の特徴

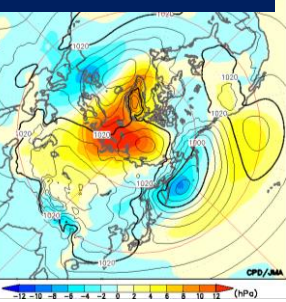
## **北半球の循環場・極渦**



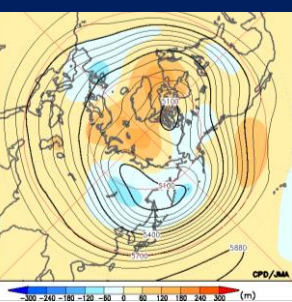
# テレコネクション指数

- 負のAO (負のNAO)、正のWA、正のEUが2月前半まで持続したが、2月後半は逆符号へ変化。
- PNAも2月前半まで正の傾向 (ラニーニャ現象時の統計的な傾向とは逆) だが、2月後半は負へ変化。

SLP(実況冬平均)

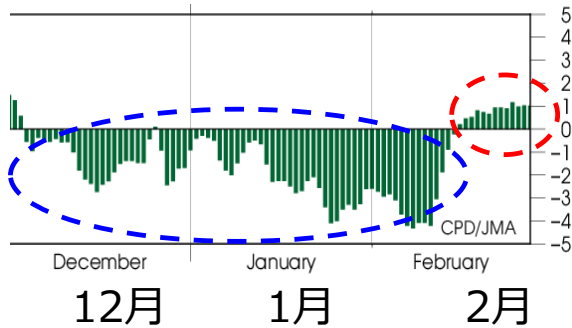
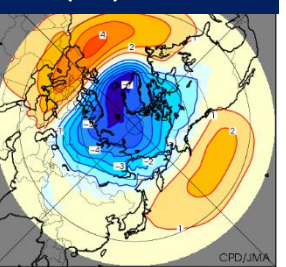


Z500(実況冬平均)

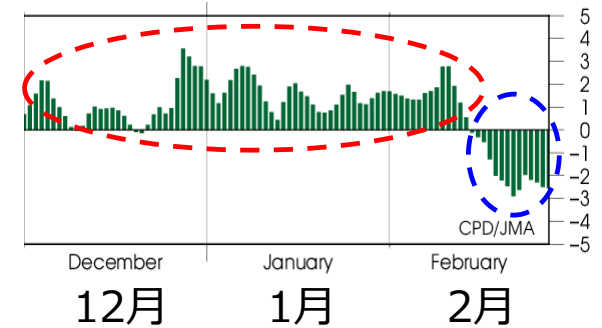
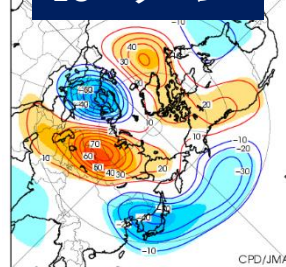


	AO(冬)	NAO	WA	EU	PNA
冬平均	-1.5④	-1.4④	+1.4③	+0.9⑨	+0.5
12月	-1.2⑧	-1.1⑧	+1.2⑦	+1.2⑧	+1.1⑥
1月	-2.1③	-2.0⑤	+2.4②	+1.6⑦	+1.0
2月	-1.2⑨	-1.1⑩	+0.5	-0.1	-0.6

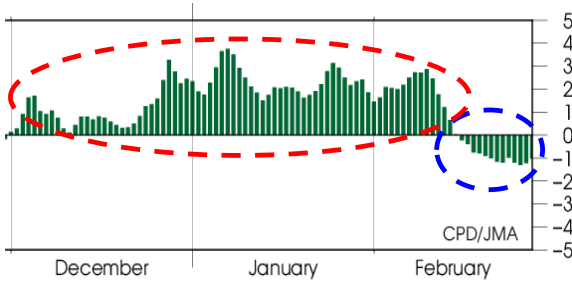
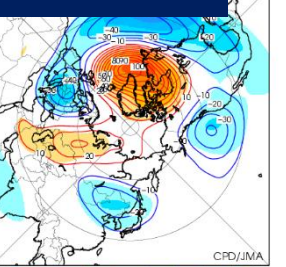
AO(冬)パターン



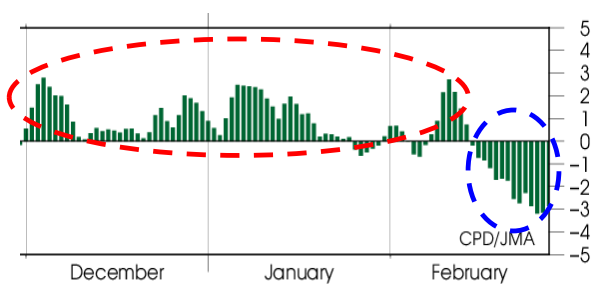
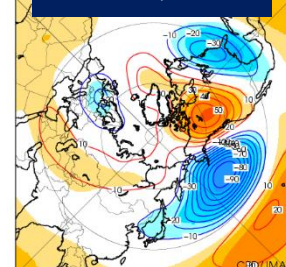
EUパターン



WAパターン



PNAパターン



○印の数字は、1958年以降の順位(10位以内)。

※パターンは、AOはSLPのEOF第1モード、その他は各指数とZ500との回帰(等値線)・相関(陰影)係数。



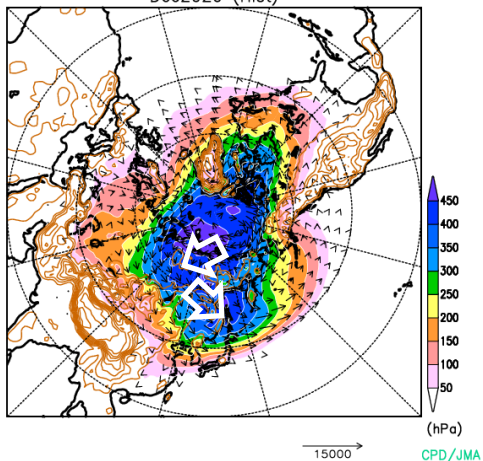
# 寒気質量とそのフラックス

- 北極域の寒気は平年に比べて、12～1月は中央・東シベリア側、2月はロシア西部～西シベリア、北米西・中部に流出・蓄積。
- 日本付近の寒気は、12～1月には日本の北中心、2月は弱かった。

## 実況

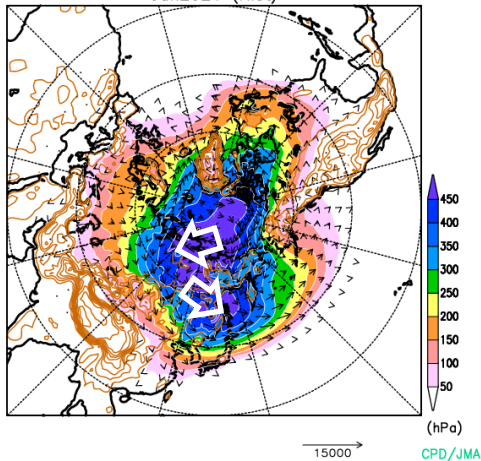
2020年12月

Cold air mass amount & flux @280K  
Dec2020 (Hist)



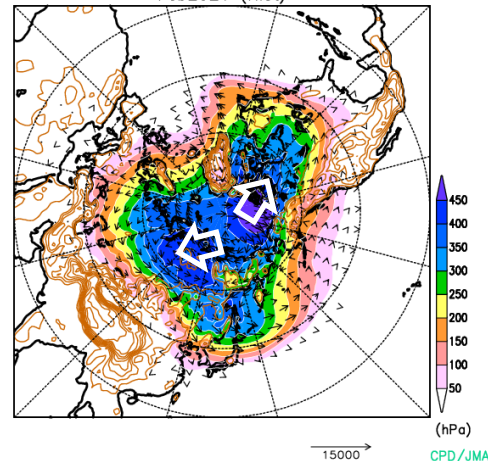
2021年1月

Cold air mass amount & flux @280K  
Jan2021 (Hist)



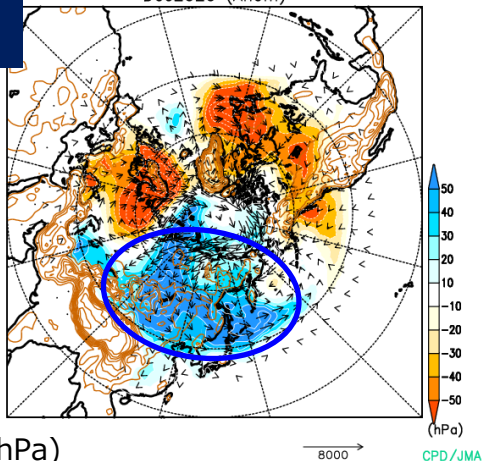
2021年2月

Cold air mass amount & flux @280K  
Feb2021 (Hist)

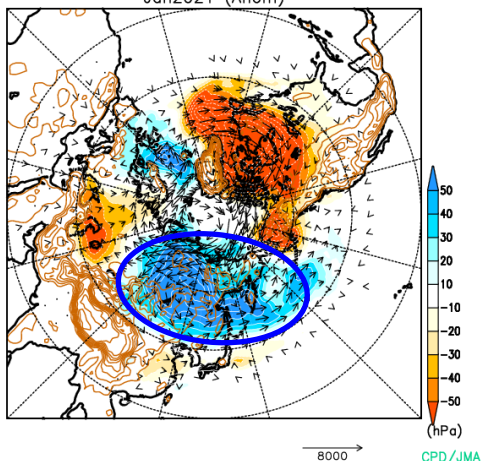


## 平年偏差

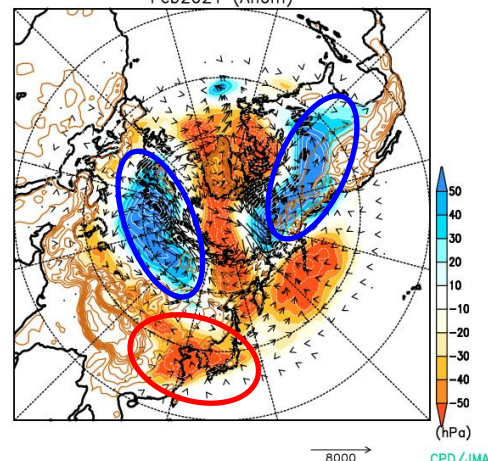
Cold air mass amount & flux @280K  
Dec2020 (Anom)



Cold air mass amount & flux @280K  
Jan2021 (Anom)



Cold air mass amount & flux @280K  
Feb2021 (Anom)



280K面以下

陰影：寒気質量(hPa)

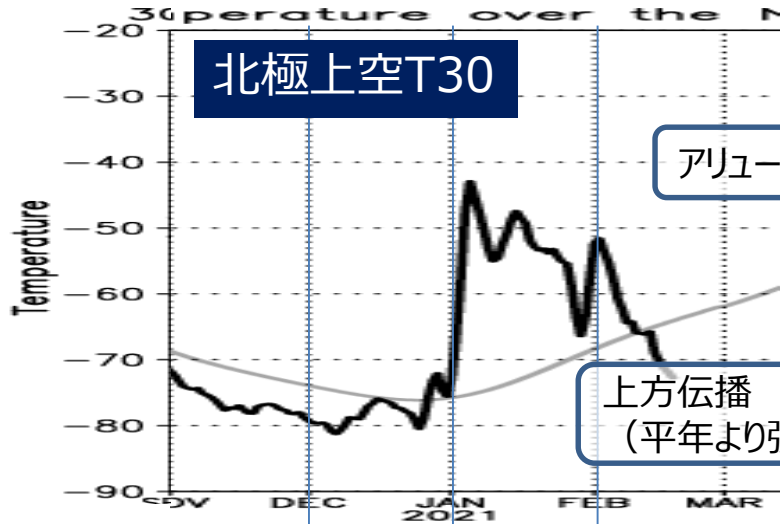
矢印：寒気質量フラックス(hPa\*m/s)

2020/2021年冬の循環場の特徴

**成層圏突然昇温と対流圏への影響**

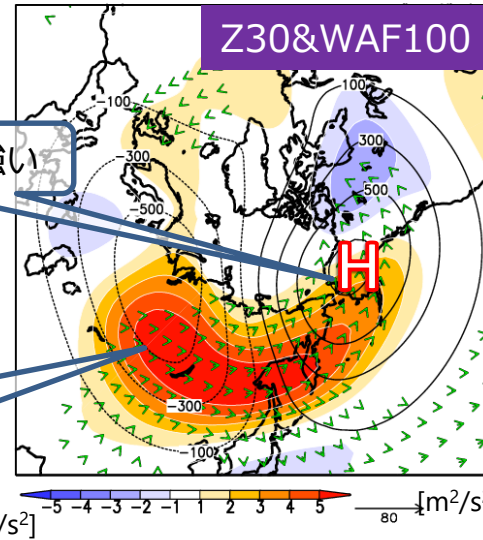
# 成層圏突然昇温の発生

- 1/4頃から2/13頃まで大規模突然昇温が発生。
- 極東域で対流圏から成層圏へのロスビー波の上方伝播が強く、成層圏のアリュージョン高気圧が強かった。

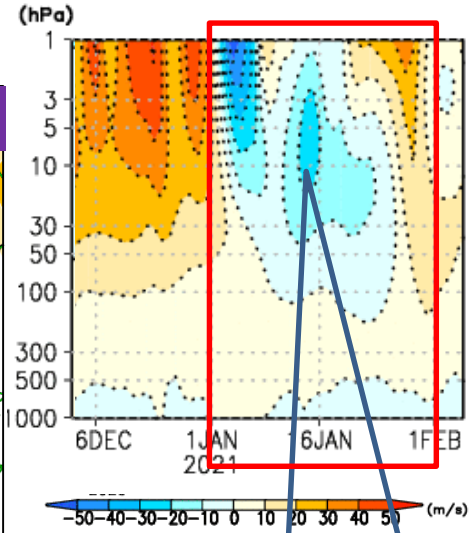


アリュージョンH強い

上方伝播  
(平年より強い)

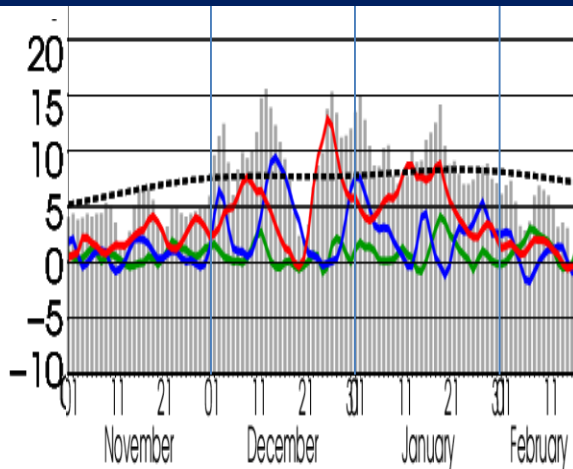


## 60-90N帯状平均東西風



帯状平均場が東風に変化

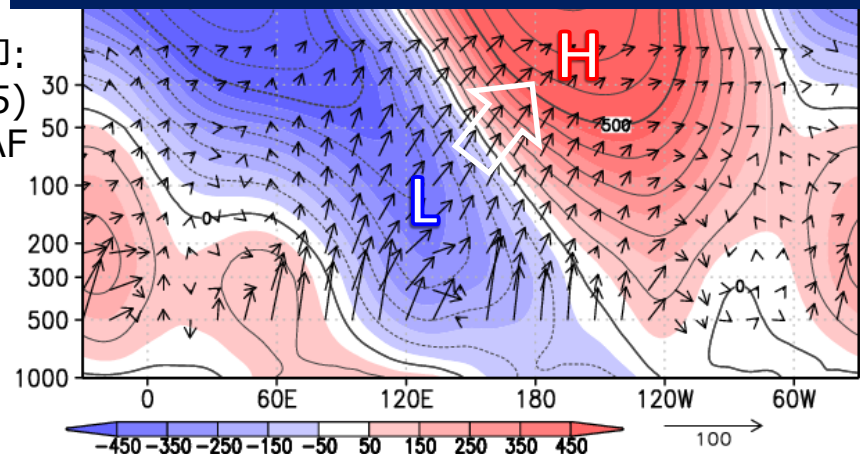
## 100hPa EP-flux鉛直成分(30-90N)



矢印:  
Plumb(1985)  
のWAF

赤: 波数1  
青: 波数2  
緑: 波数3  
灰色: 全波数  
線: 平年

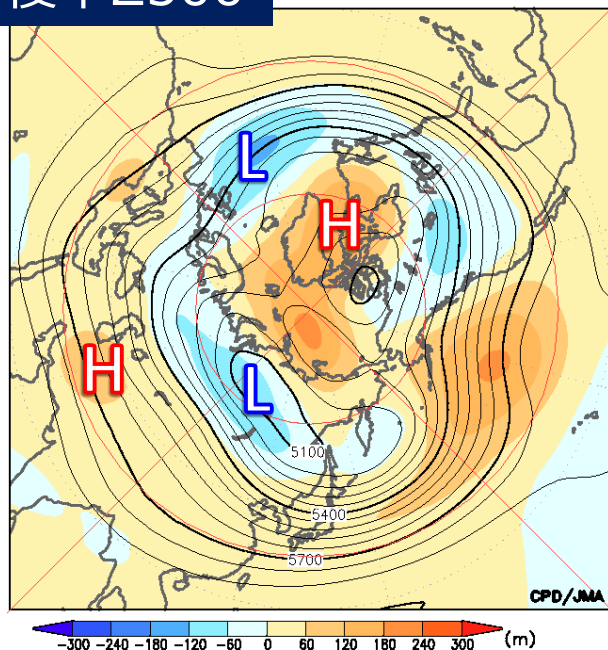
## 50-70N平均高度の帯状平均からのずれ (2021年1月)



# 北極振動(AO)、北半球環状モード(NAM)指数の推移

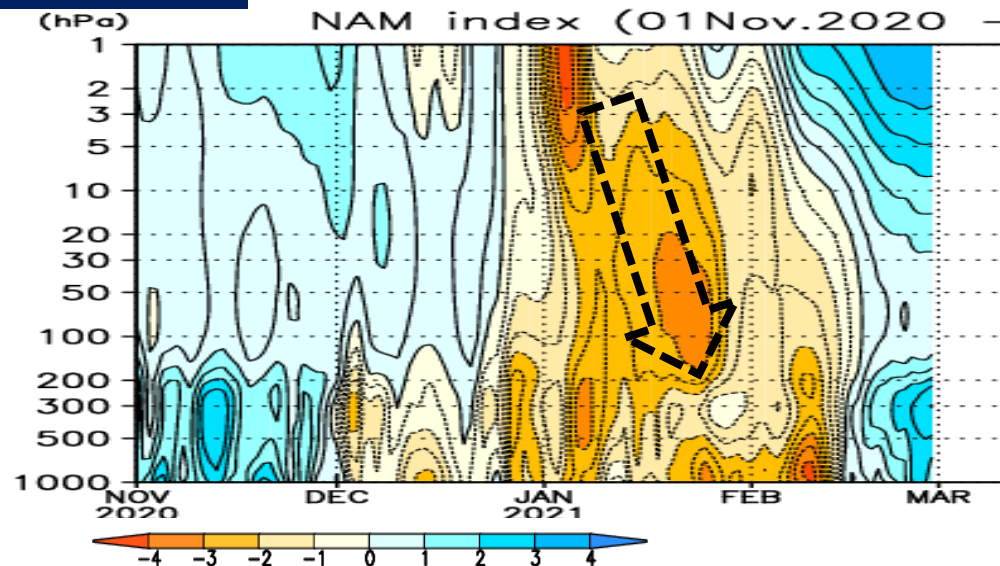
- 1月初めに大規模突然昇温発生後、負のNAMシグナルが成層圏を下方伝播し、1月下旬には対流圏に達した。1月下旬～2月前半に、対流圏では負のAOが強化された。

## 冬後半Z500

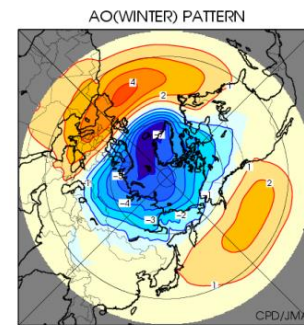
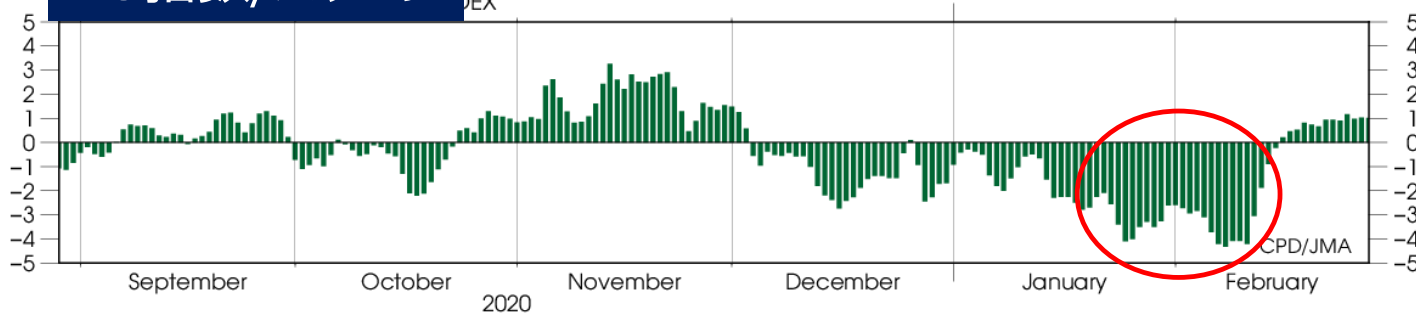


## NAM指数

**NAM指数:** NAMパターンと高度偏差との内積  
**NAMパターン:** 1958/59～2012/13年11～4月の20N以北における月平均高度偏差のEOF-1



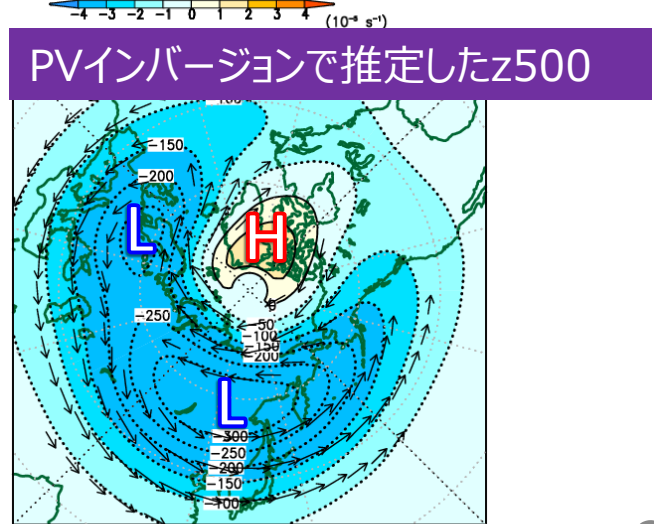
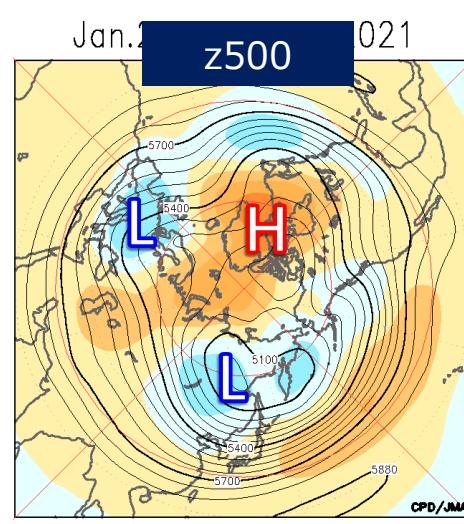
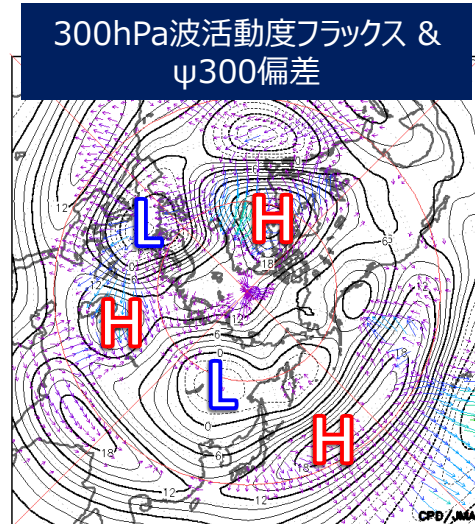
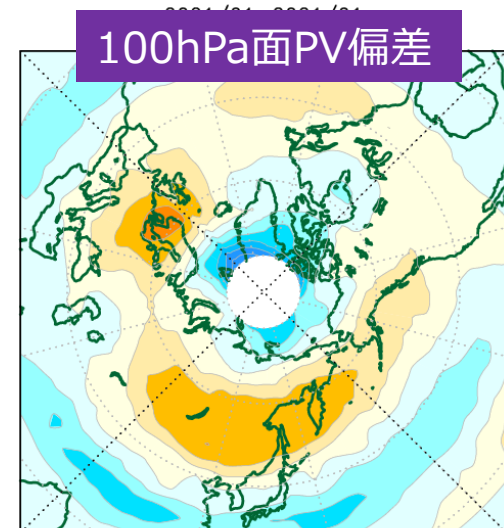
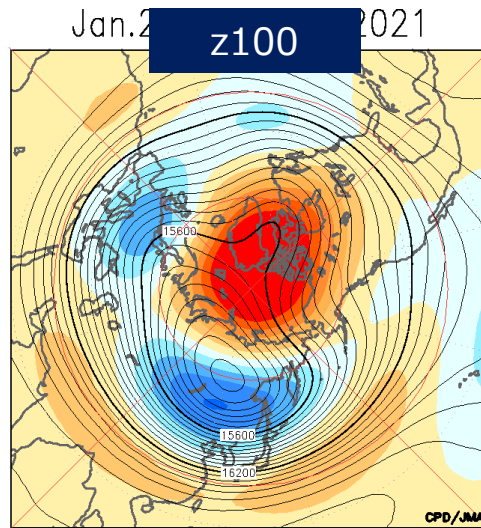
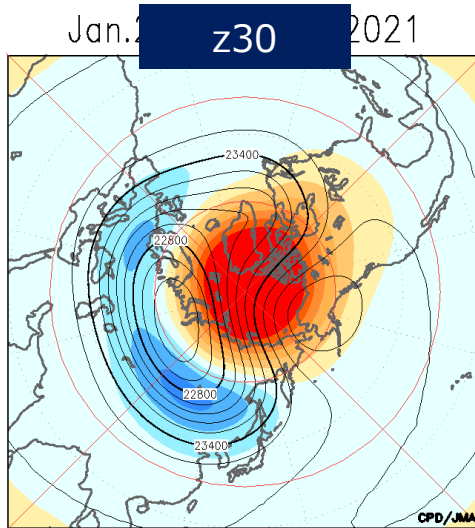
## AO指数/パターン



# PVインバージョン (2021年1月)

※中村委員 (東京大学) 提供のプログラムを利用。

- PVインバージョンから、成層圏循環の変化が、対流圏のグリーンランド付近のブロッキング高気圧、ヨーロッパのトラフ、中央～東シベリアのトラフの強化に寄与した可能性が示唆される。



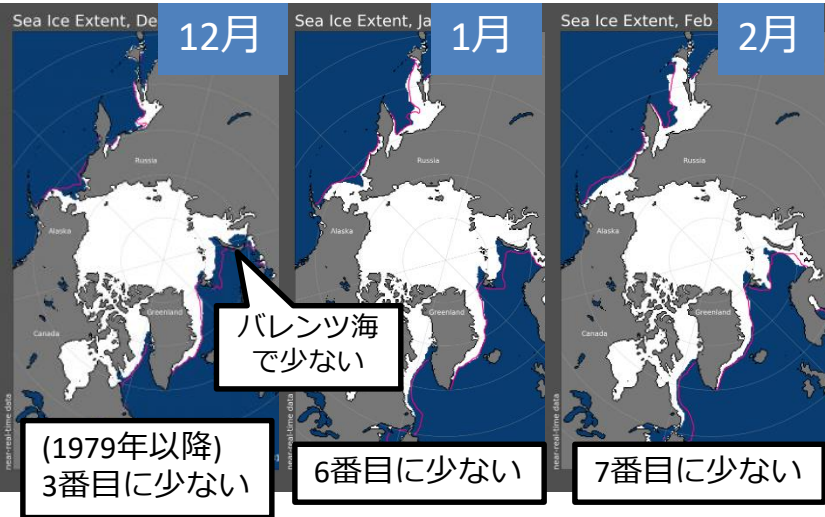
2020/2021年冬の循環場の特徴

## **北極海の海氷の影響**

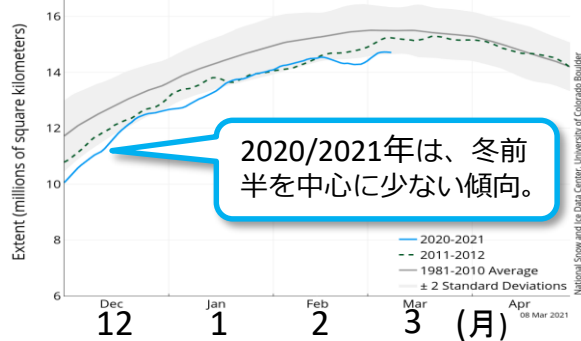
# 北極海の海氷の影響

- 海氷は、冬前半にバレンツ海付近で少ない傾向。
- バレンツ・カラ海付近で海氷が少ない時の統計的な特徴と比較して、実況の冬前半はこれに近い偏差分布が見られた。

## 北極海の海氷分布

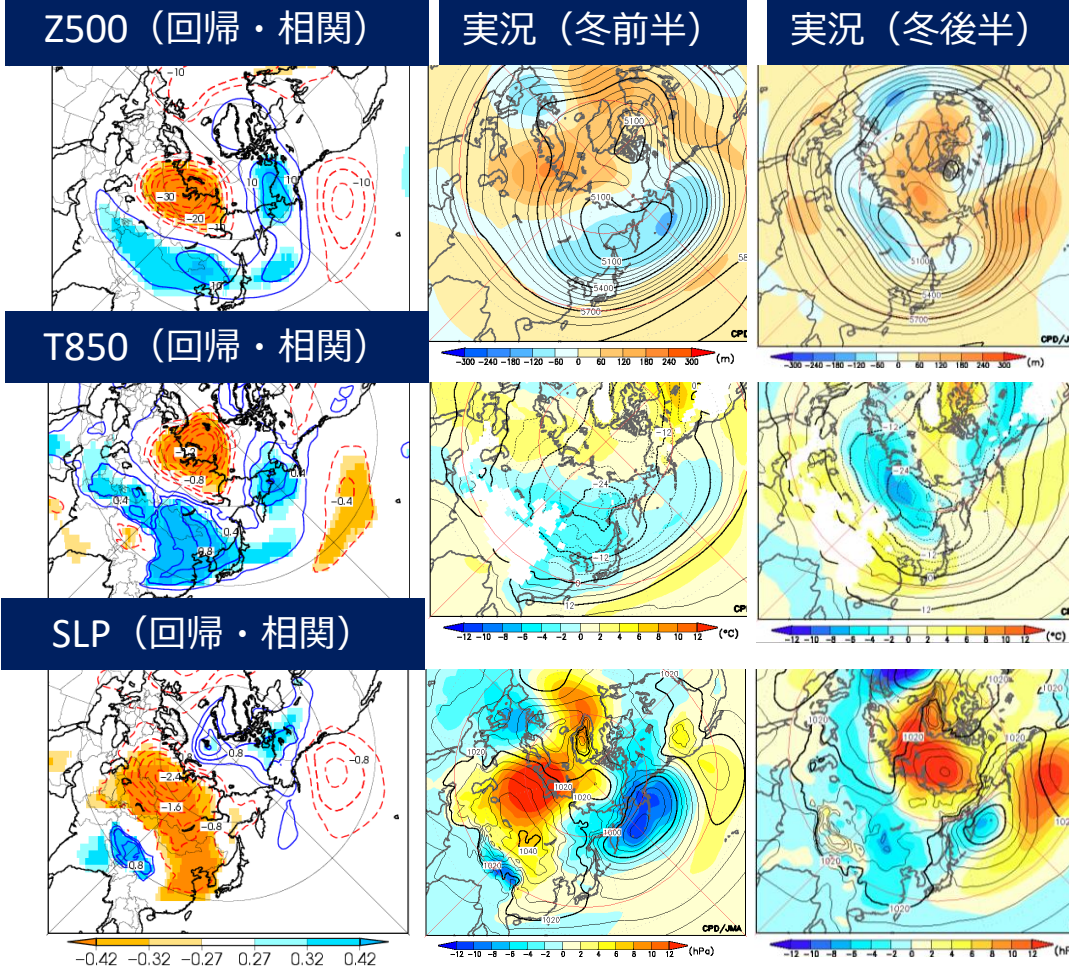


## 北極海の海氷面積の推移



米国雪氷データセンターホームページ  
(<http://nsidc.org/arcticseaicenews/>)より転載

## バレンツ・カラ海付近の海氷面積との 回帰・相関(冬平均)



# 特に議論いただきたいポイント

- ラニーニャ現象の循環場及び天候への影響
- 日本の天候が冬の前半と後半で大きく変わった要因
- 成層圏突然昇温の対流圏への影響
- 北極海の海氷の影響



# **2020/2021年冬の 天候と循環場の特徴のまとめ**

# 2020/2021年冬の天候と大気の流れ①

## [日本の天候]

- ✓ 冬の前半は低温傾向、後半は高温傾向となり、気温の変動が大きかった。冬平均では東日本～沖縄・奄美で高温。
- ✓ 日本海側では冬前半に記録的な大雪となった所があった。
- ✓ 冬の降水量は、東日本日本海側でかなり多かった。
- ✓ 冬の日照時間は、西日本で記録的な多照。冬後半は東日本以西で多照。

## [海面水温と熱帯の対流活動]

### 海面水温

- ✓ ラニーニャ現象が2020年夏に発生し、2020/2021年冬にかけて持続。太平洋赤道域の西部で正偏差、中～東部で負偏差。
- ✓ インド洋熱帯域の正偏差は、冬後半には縮小傾向。

### 熱帯の対流活動

- ✓ 平年に比べてインドネシア付近で対流活発、日付変更線付近で不活発が持続。
- ✓ インド洋では、冬前半は対流活発、冬後半は不活発傾向。

# 2020/2021年冬の天候と大気の流れ②

[北半球中高緯度]

## 亜熱帯ジェット気流

- ✓ (冬前半) インド洋東部～インドネシア付近で対流活発 → 亜熱帯ジェット気流は中国南部付近で北へ蛇行し、日本付近では南へ蛇行。
- ✓ (冬後半) インドネシア～フィリピン付近で対流活発 → 中国東部～日本付近での亜熱帯ジェット気流の北偏に一部寄与したとみられる。

## 寒帯前線ジェット気流

- ✓ (冬前半) 北大西洋～ヨーロッパで偏西風が蛇行。西シベリアではブロッキング高気圧が持続。 → 寒帯前線ジェット気流が極東域で南へ蛇行。
- ✓ (冬後半) ユーラシア大陸上の50° N付近で寒帯前線ジェット気流が明瞭。

## 東シベリアの極渦

- ✓ 対流圏では極渦がシベリア側と北米側に分裂し、冬前半は東シベリア付近で明瞭。後半は西側の中央～東シベリア付近に位置した。

## 成層圏突然昇温

- ✓ 1月初め～2月前半に大規模突然昇温が発生。 → 負の環状モードシグナルが成層圏を下方伝播し、1月下旬～2月前半に対流圏の負の北極振動を強化。また、1月以降のグリーンランド～ヨーロッパ～ユーラシア大陸北部の偏西風の蛇行に影響した可能性がある。

## 北極海の海氷の影響

- ✓ 冬前半は、海氷が少ない時の統計的な循環場の特徴に近い偏差分布。

# 2020/2021年冬の天候と大気の流れのまとめ

## 日本の天候と大気の流れ

### (冬前半)

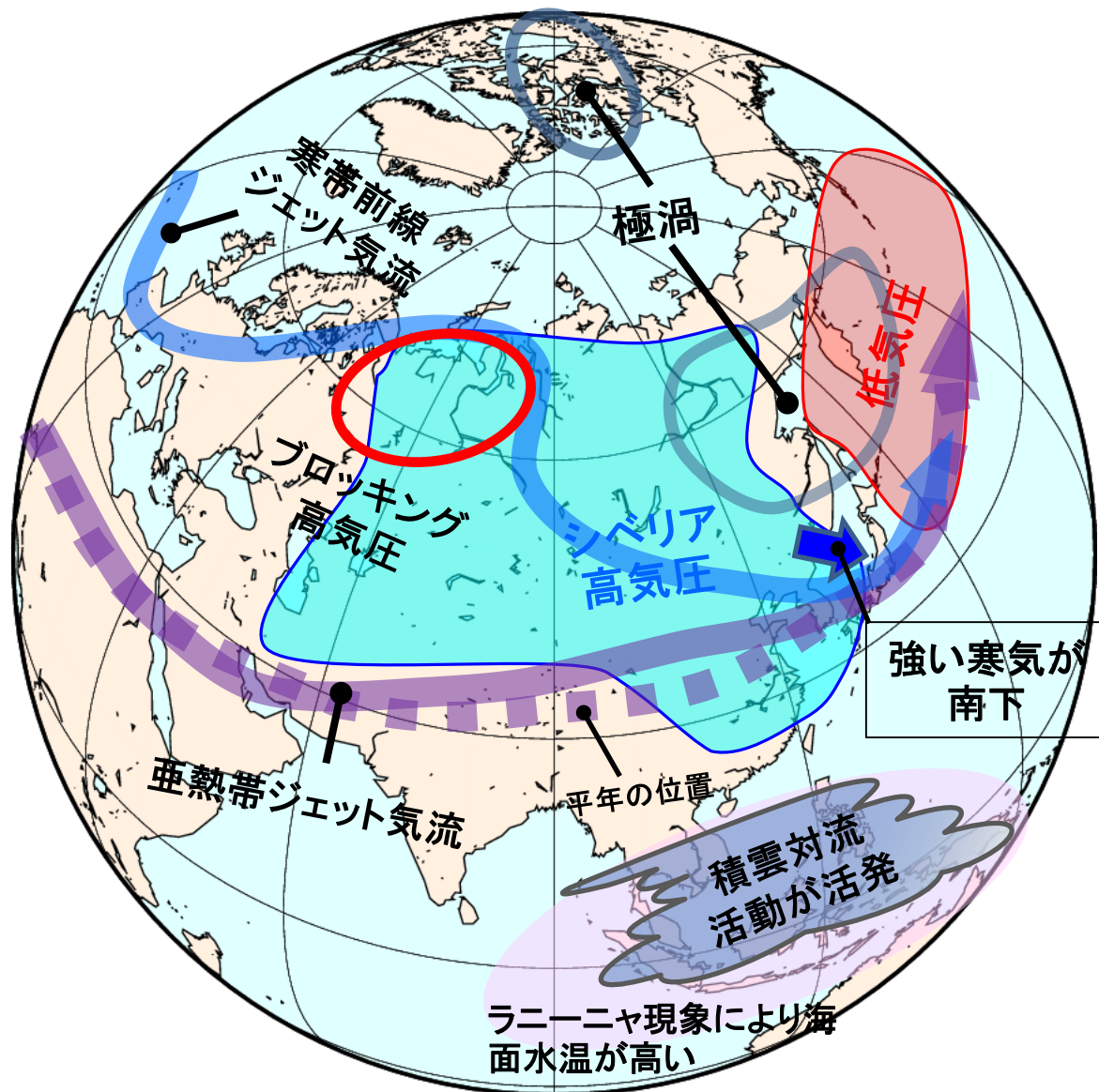
- ① 上層の寒帯前線ジェット気流と亜熱帯ジェット気流がともに日本付近で南へ蛇行。寒帯前線ジェット気流の蛇行とともに、極渦が東シベリアへ南下。
  - ② 西シベリアのブロッキング高気圧や東シベリアの極渦の影響により、シベリア高気圧、アリューシャン低気圧はともに平年より強かった。
- 日本付近に寒気が流れ込み、冬型の気圧配置が強まりやすくなった。→ 全国的に低温傾向、日本海側で大雪。

### (冬後半)

- ① 極渦が中央～東シベリア付近に位置し、寒帯前線ジェット気流はユーラシア大陸の北緯50度付近で明瞭。亜熱帯ジェット気流は日本付近で平年より北寄りを流れた。
  - ② シベリア高気圧は平年より弱く、アリューシャン低気圧は北西寄り。
- 日本付近への寒気の流れ込みが弱く、冬型の気圧配置も長続きしなかった。また、東日本以西は高気圧に覆われる日が多かった。→ 全国的に高温、東日本以西で多照。

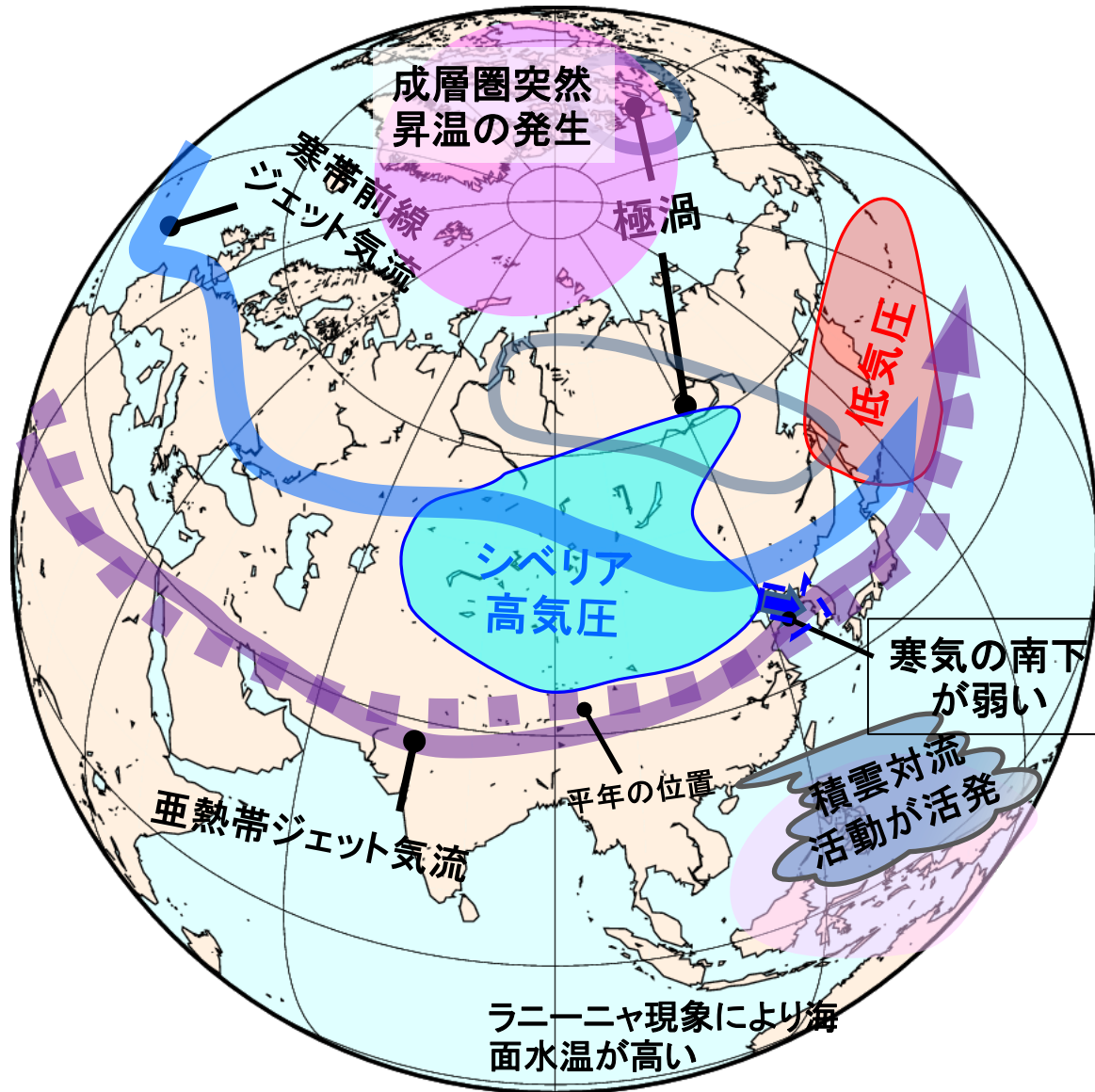
# 2020/2021年冬前半の大気の流れ（模式図）

（全国的な低温・日本海側の大雪）



# 2020/2021年冬後半の大気の流れ (模式図)

(全国的な高温)



# 2020/2021年冬後半の大気の流れ（模式図）

（全国的な高温：1月中旬～2月上旬）

（全国的な高温：2月中旬以降）

