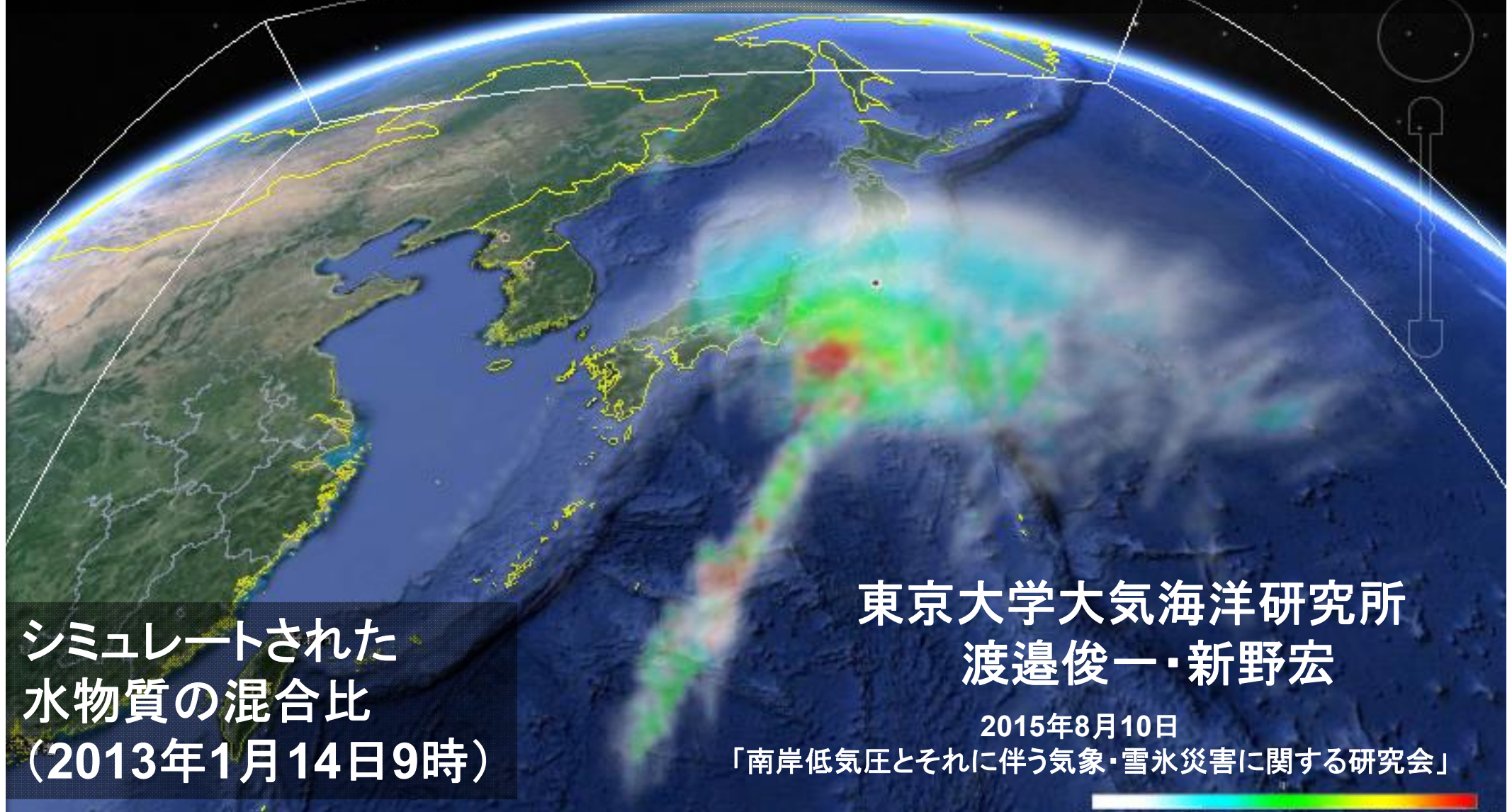


2013年1月14日の南岸低気圧の 発生・発達過程



東京大学
大気海洋研究所



ATMOSPHERE AND OCEAN RESEARCH INSTITUTE
THE UNIVERSITY OF TOKYO

2013年1月14日の低気圧

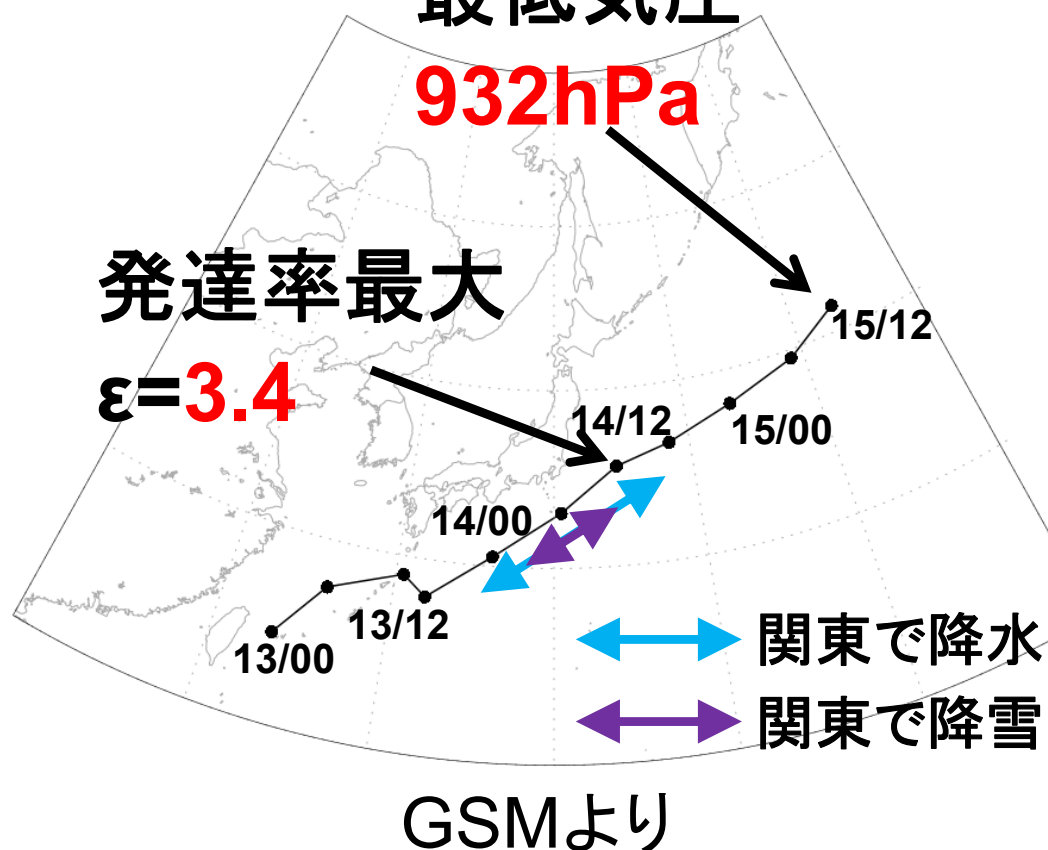
低気圧経路

最低気圧

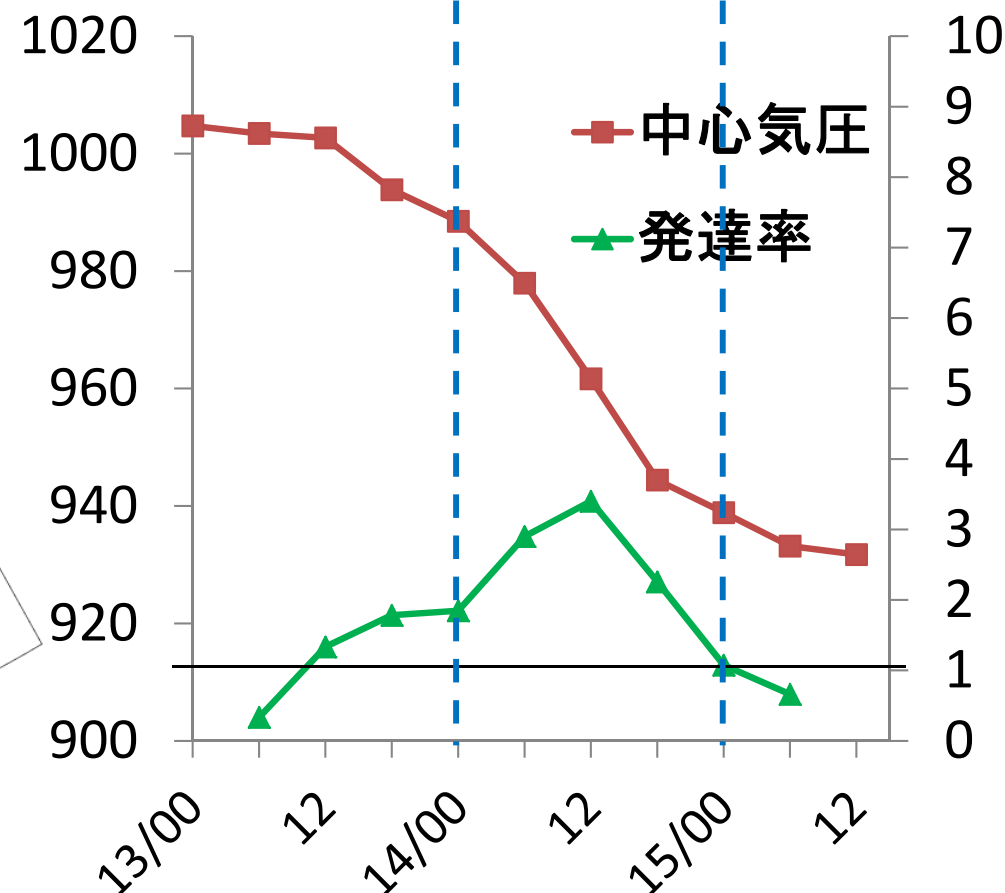
932hPa

発達率最大

$\epsilon = 3.4$



低気圧中心気圧



24時間で49hPa 気圧低下
大きな発達率が長時間継続

$$\text{発達率 } \epsilon = \left[\frac{p(t-6) - p(t+6)}{12} \right] \frac{\sin 45^\circ}{\sin \phi}$$

- 関東地方に降雪
– 東京8cm 横浜13cm

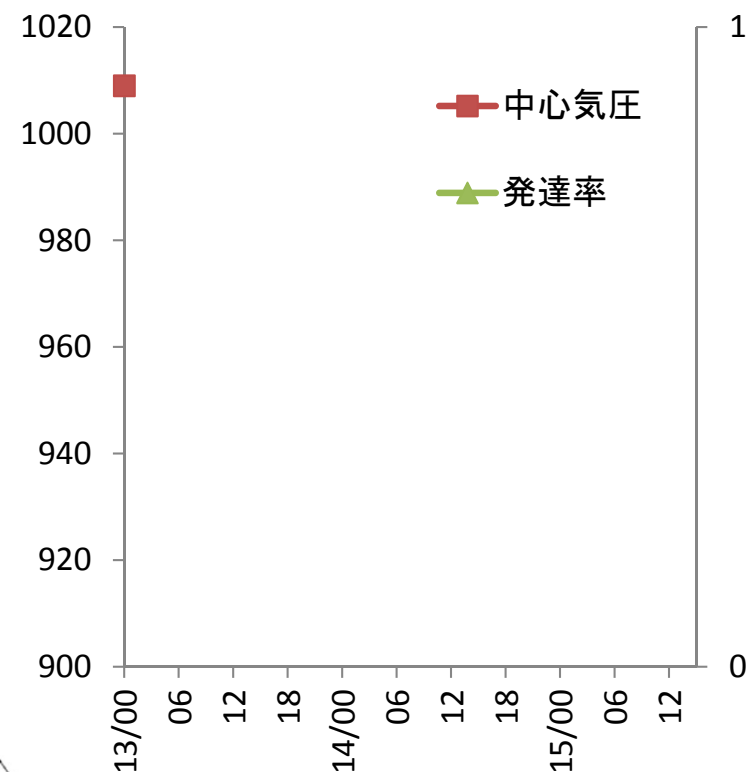
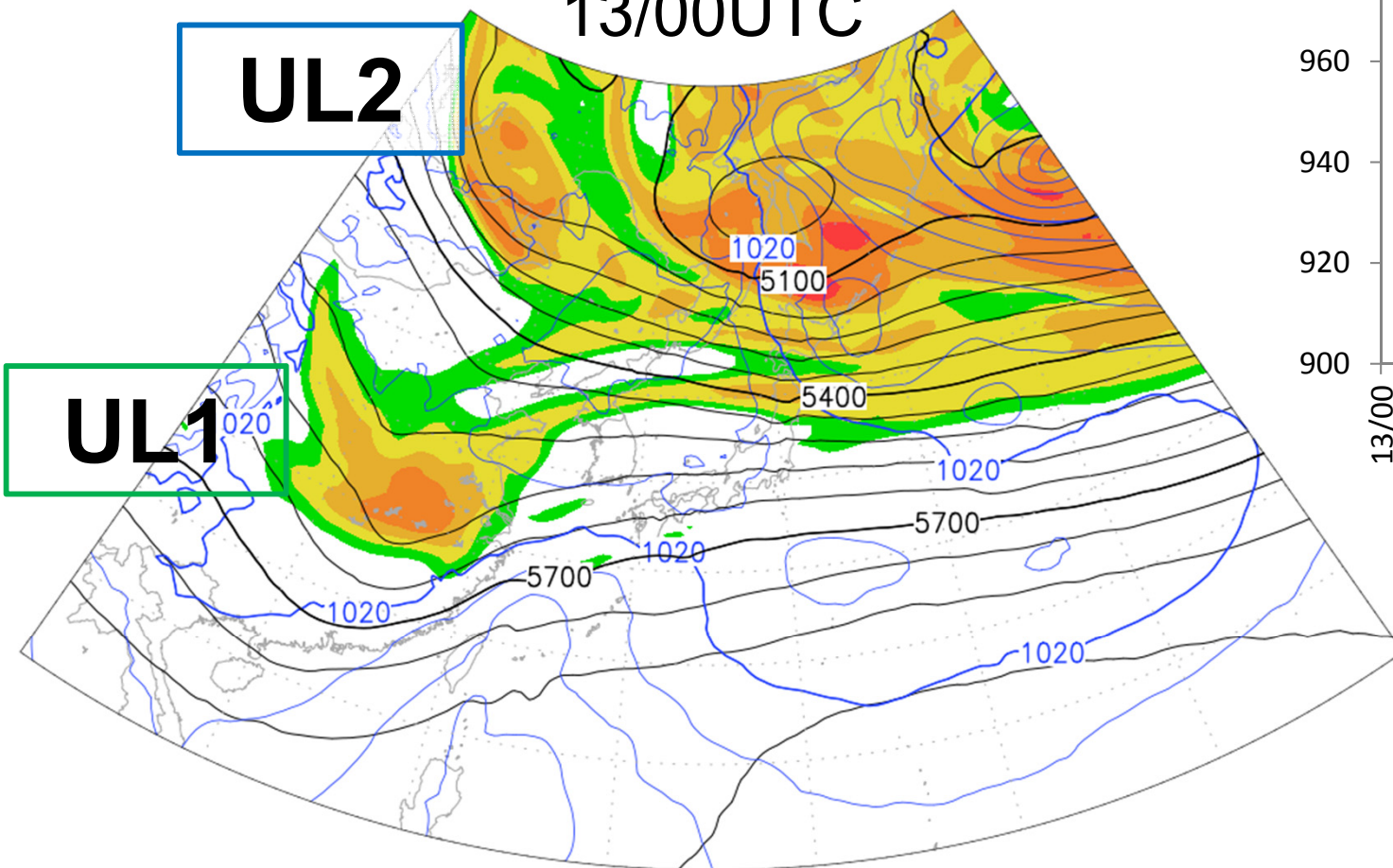
上層のトラフ

300hPa渦位場 (PVU)・500hPa高度場
海面気圧

13/00UTC

UL2

UL1

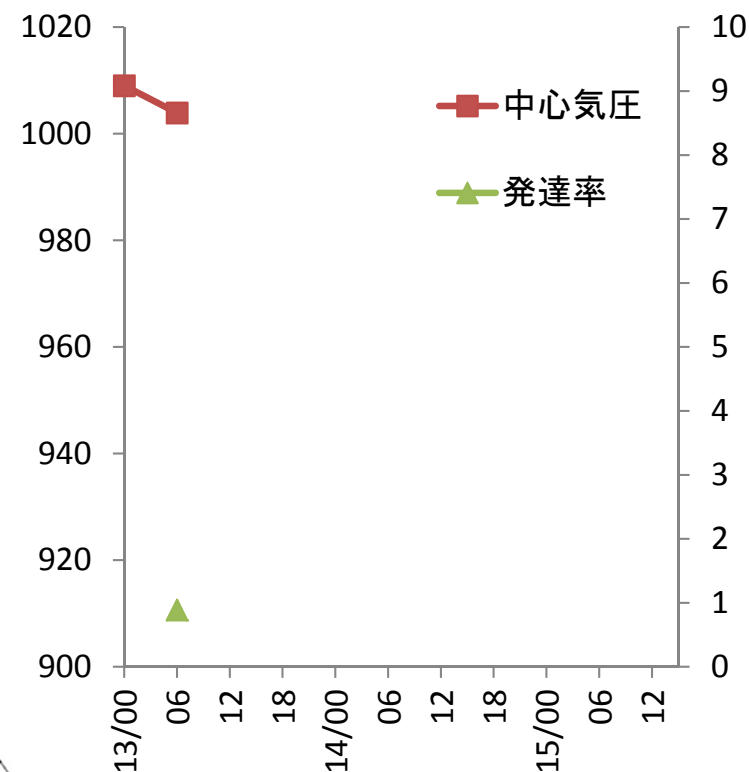
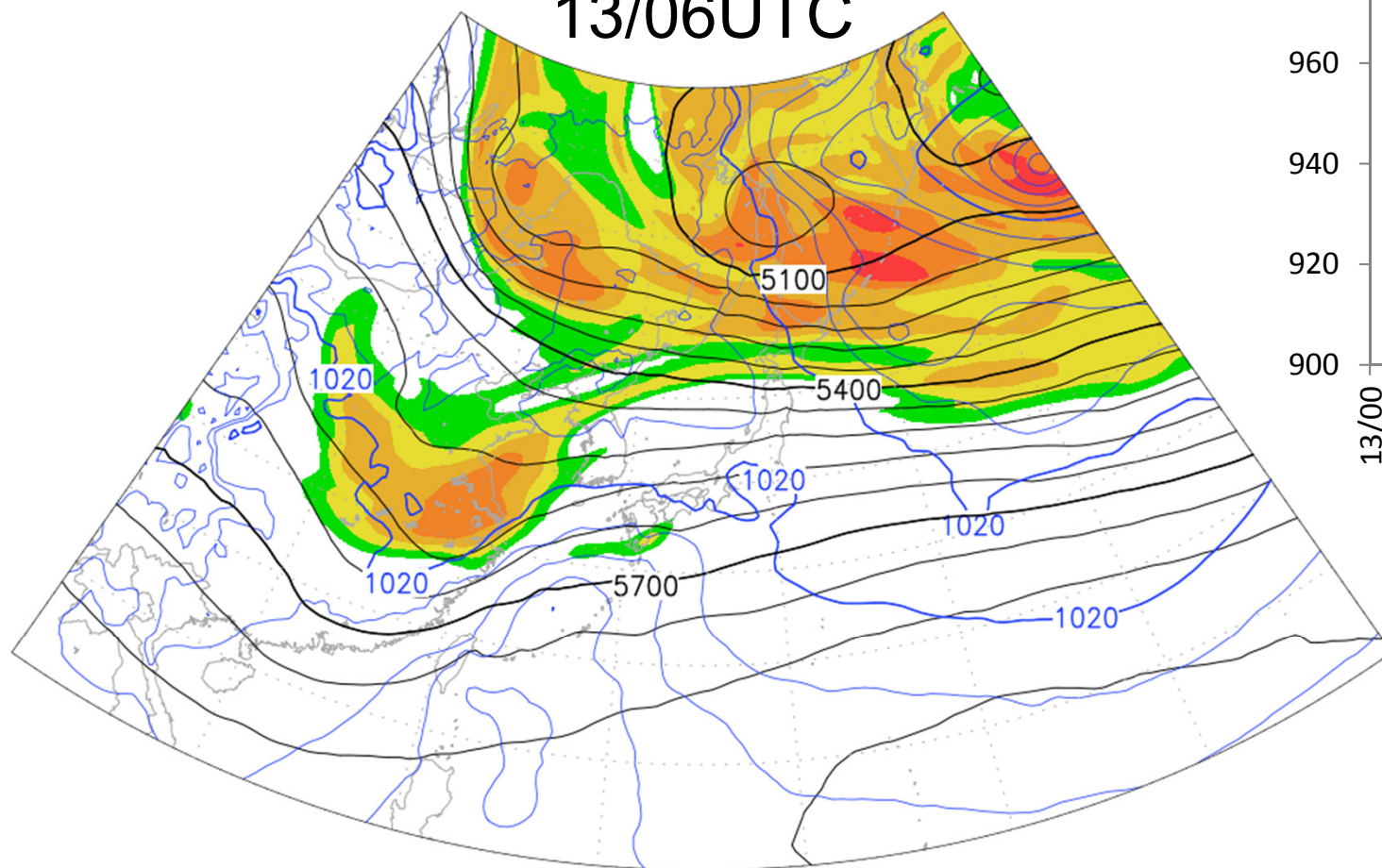


PVU

上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

13/06UTC

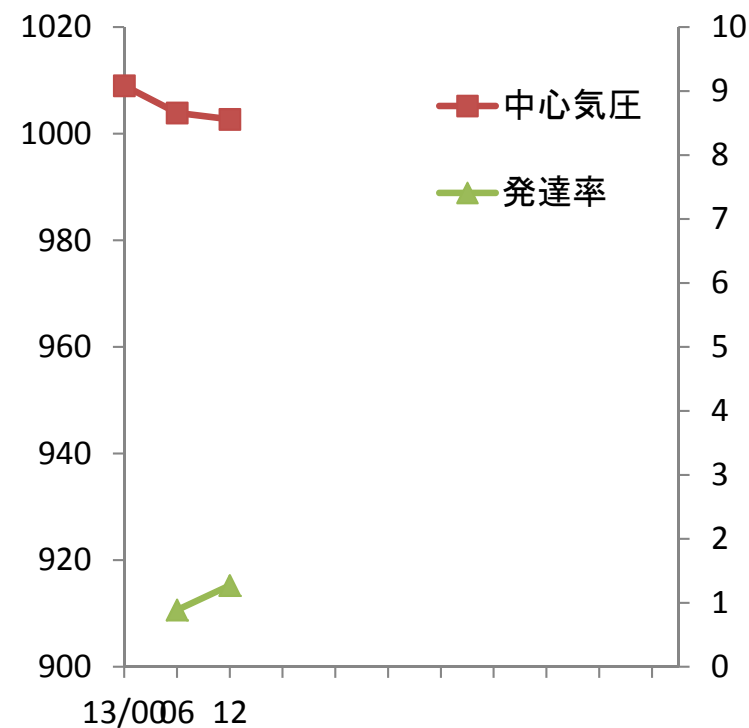
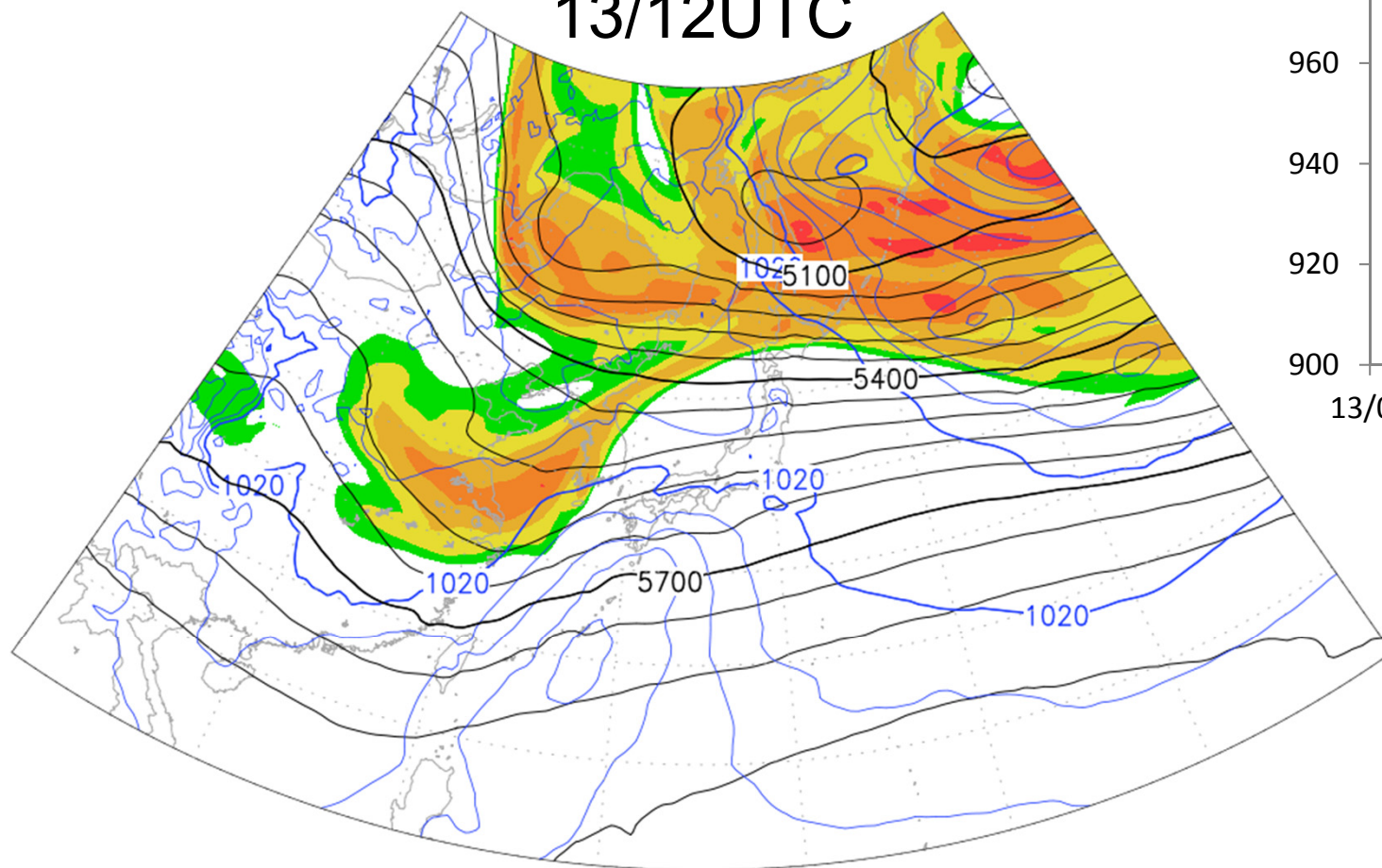


PVU

上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

13/12UTC

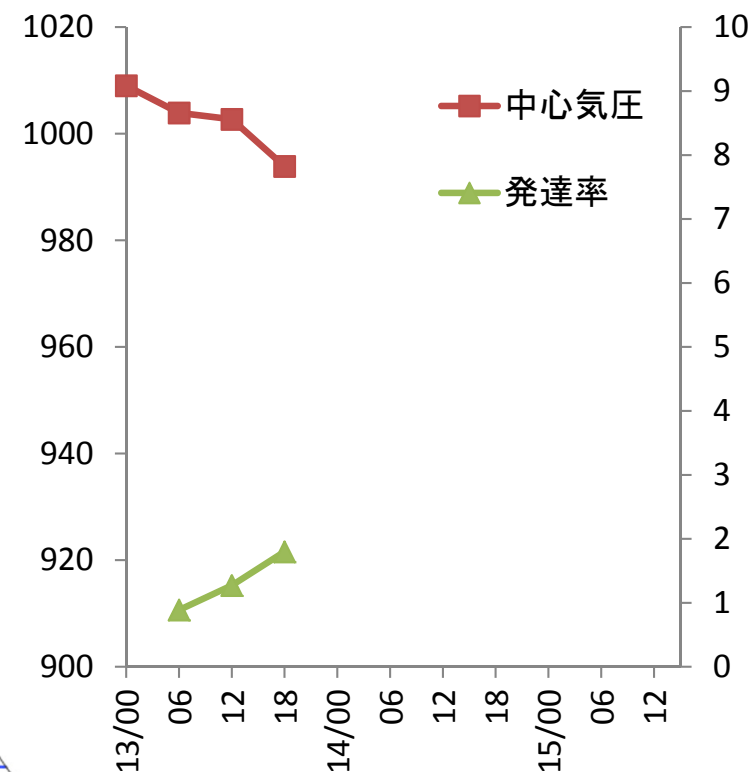
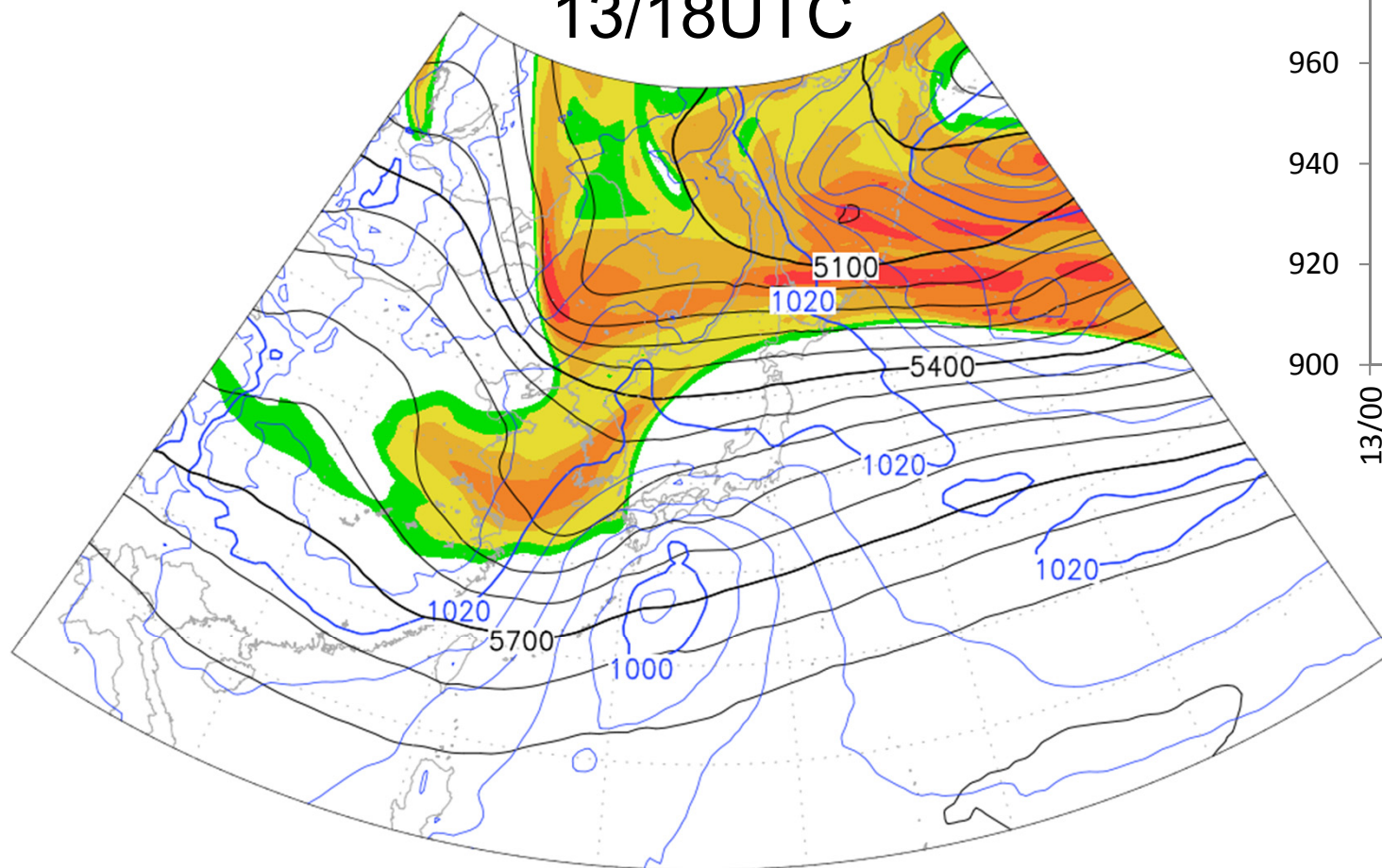


PVU

上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

13/18UTC

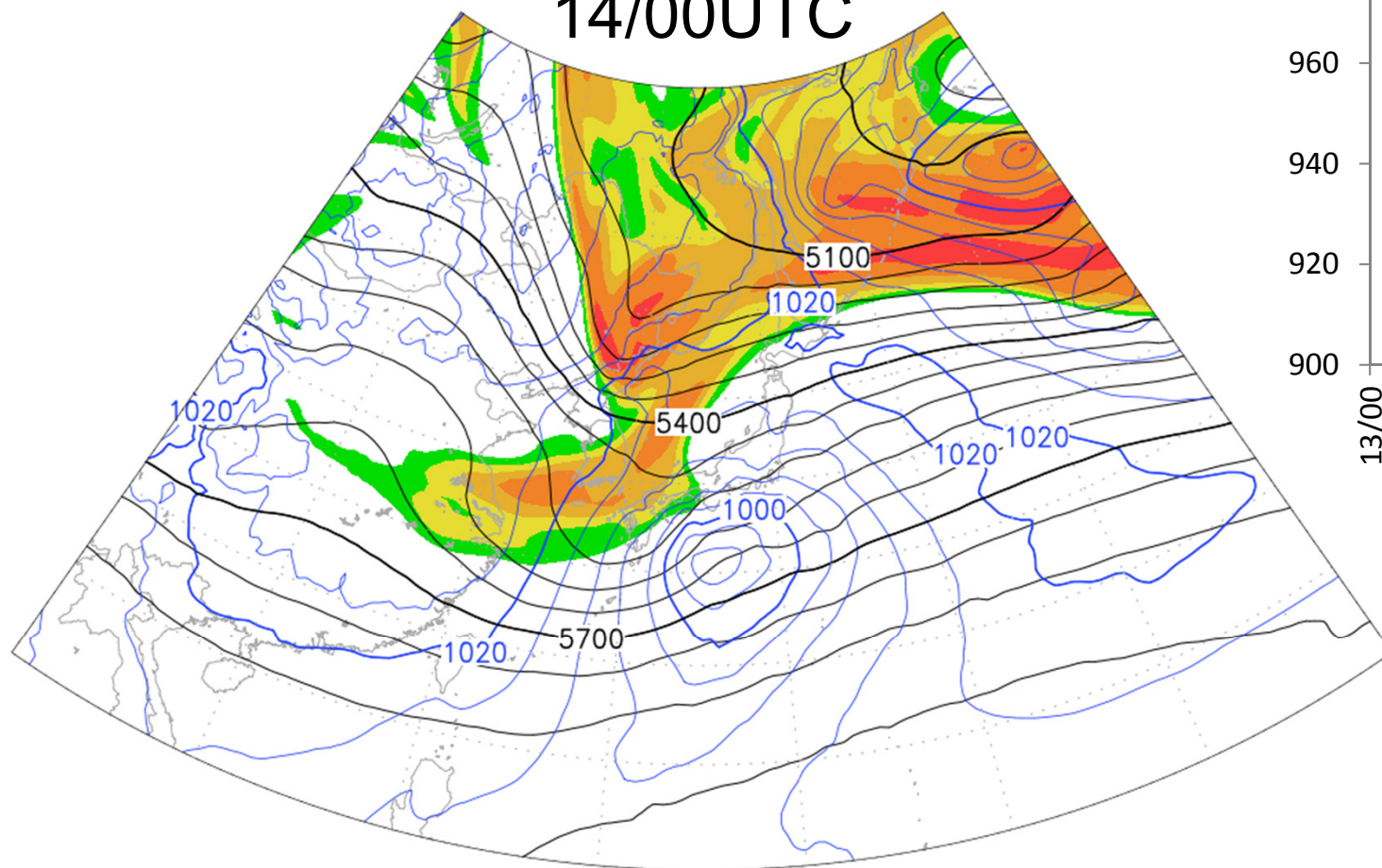


PVU

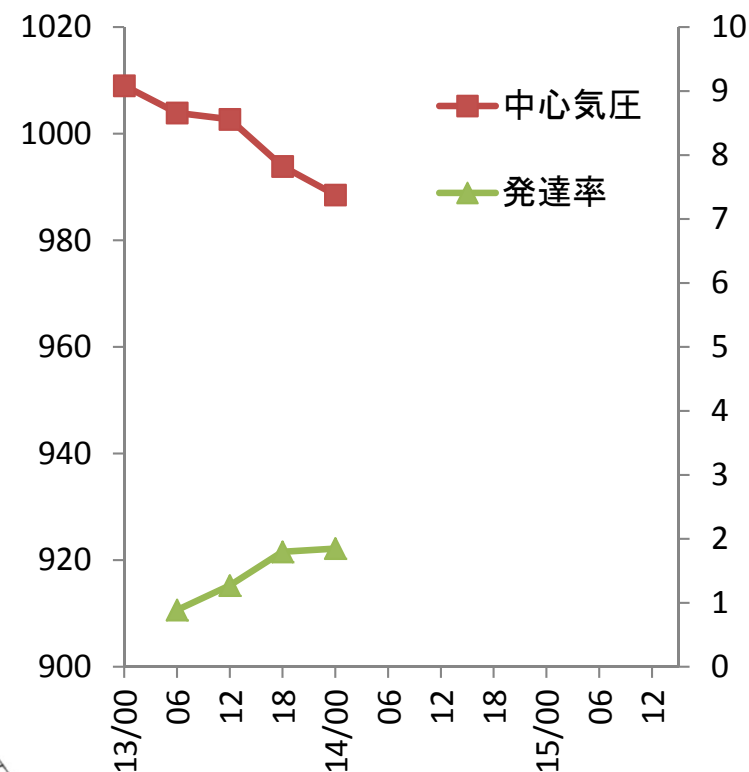
上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

14/00UTC



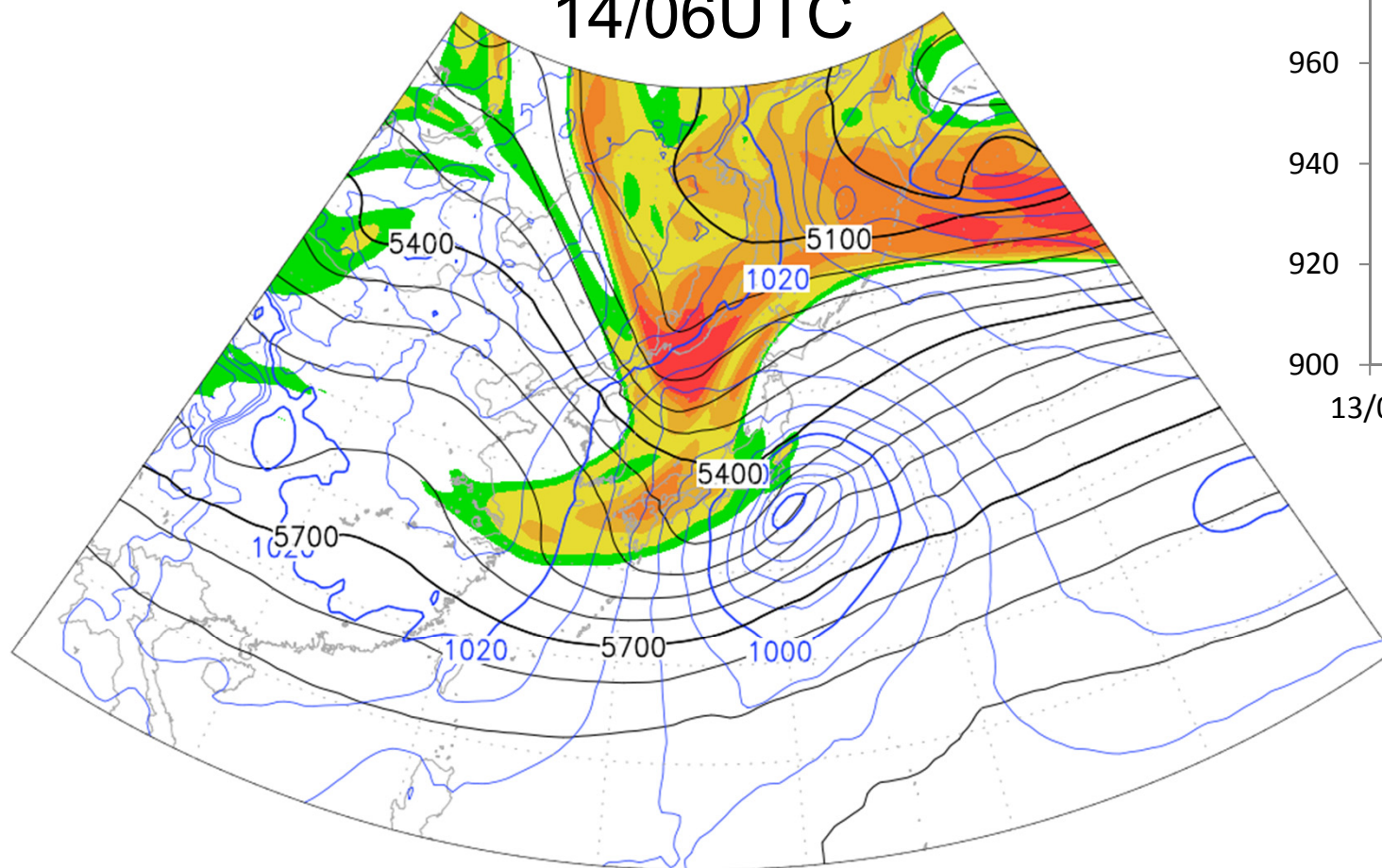
PVU



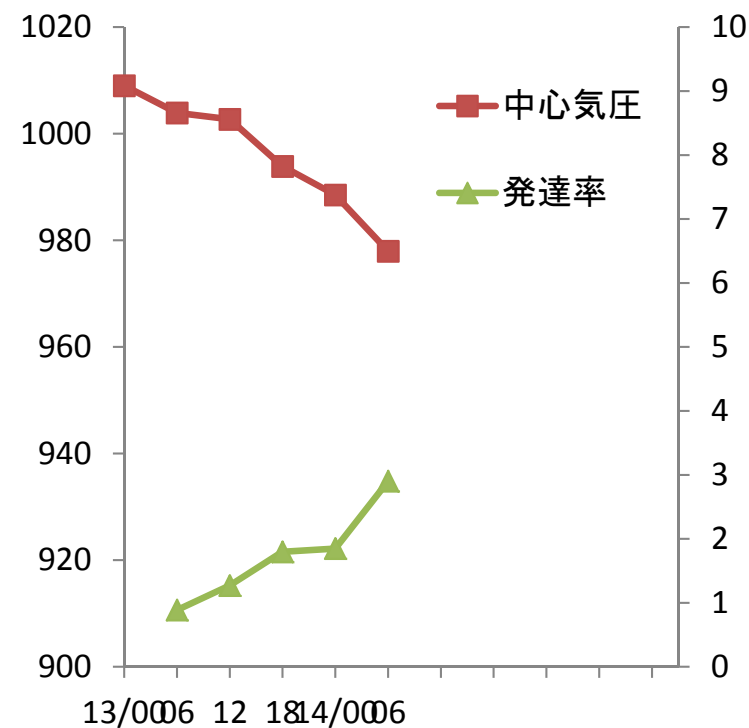
上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

14/06UTC



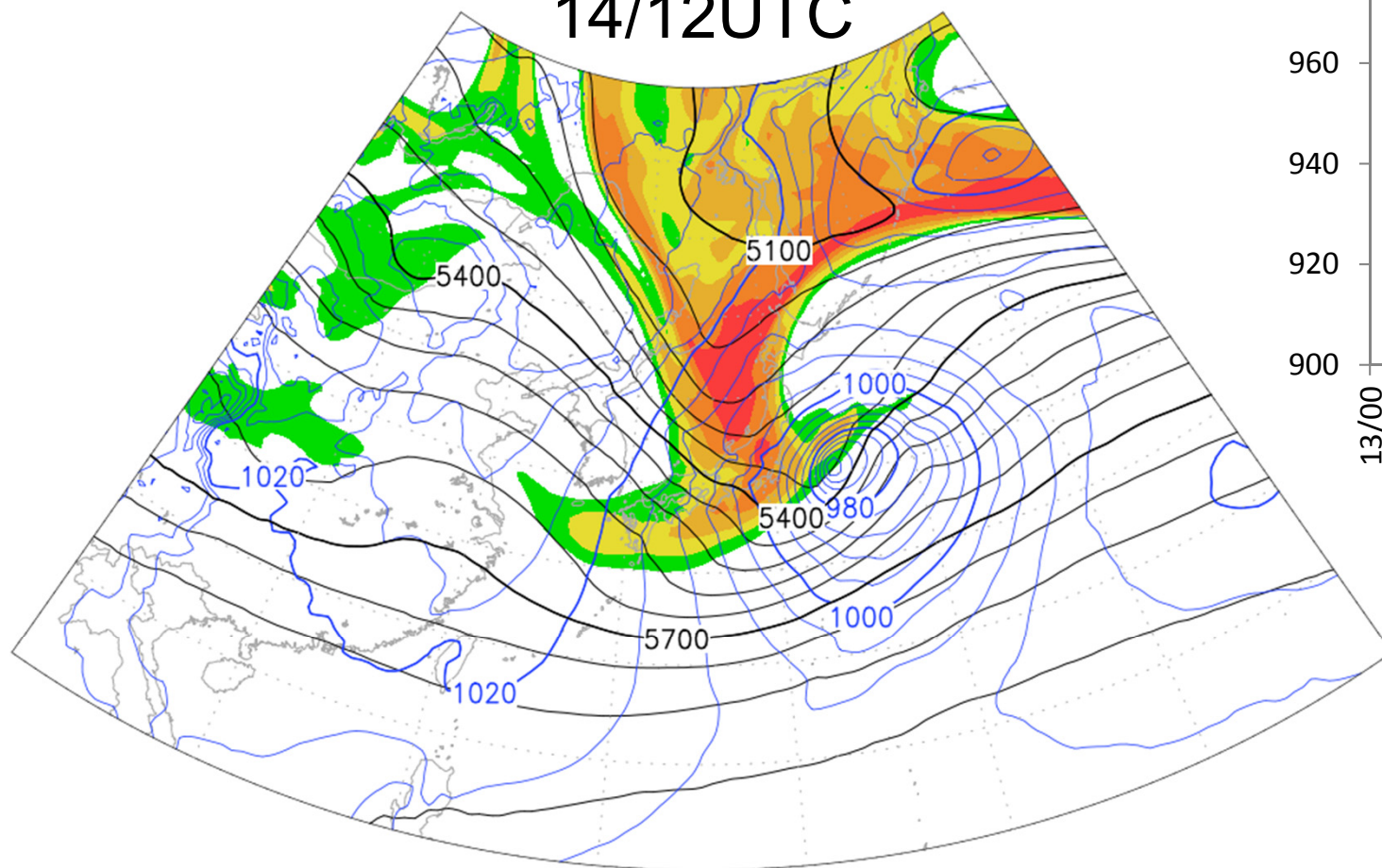
PVU



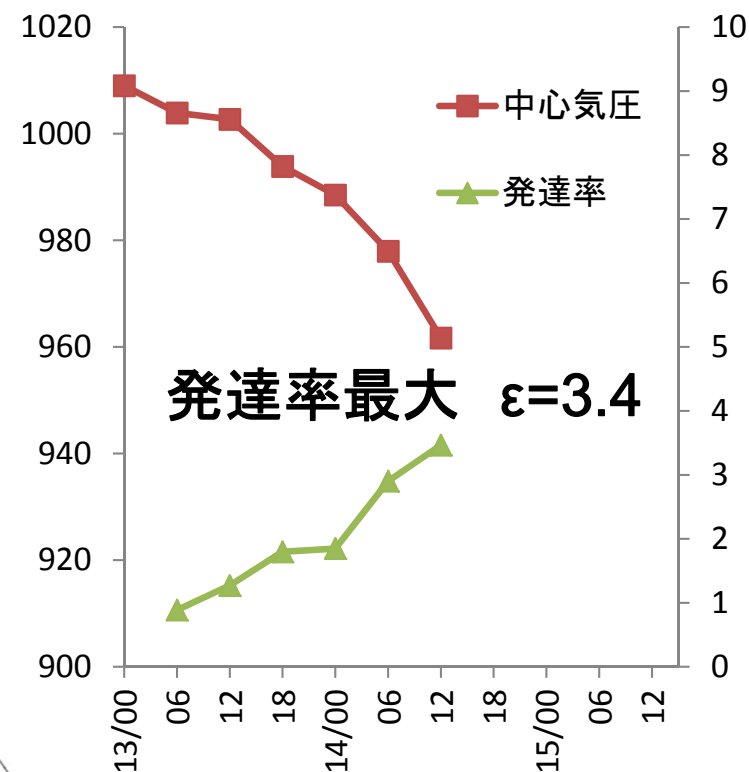
上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

14/12UTC



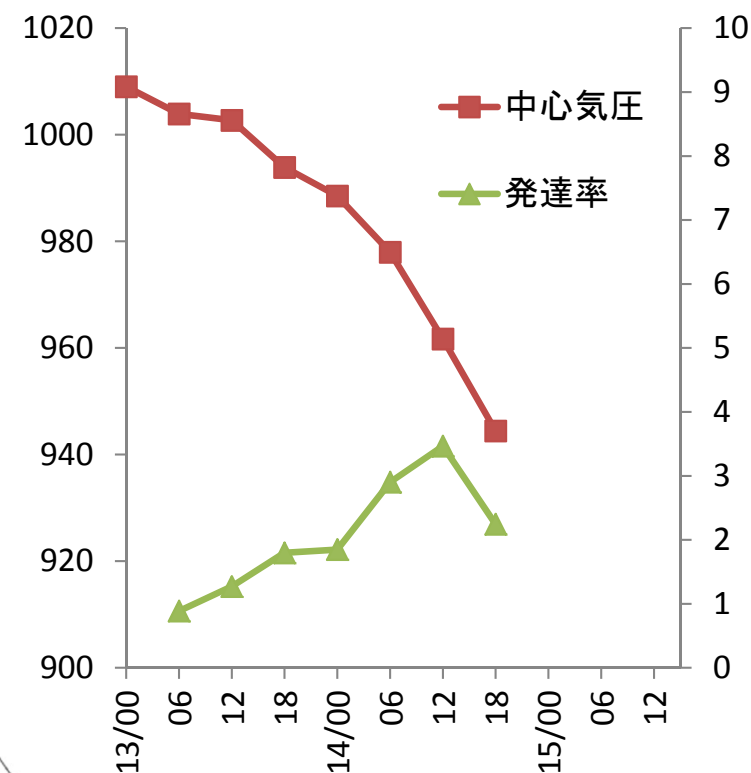
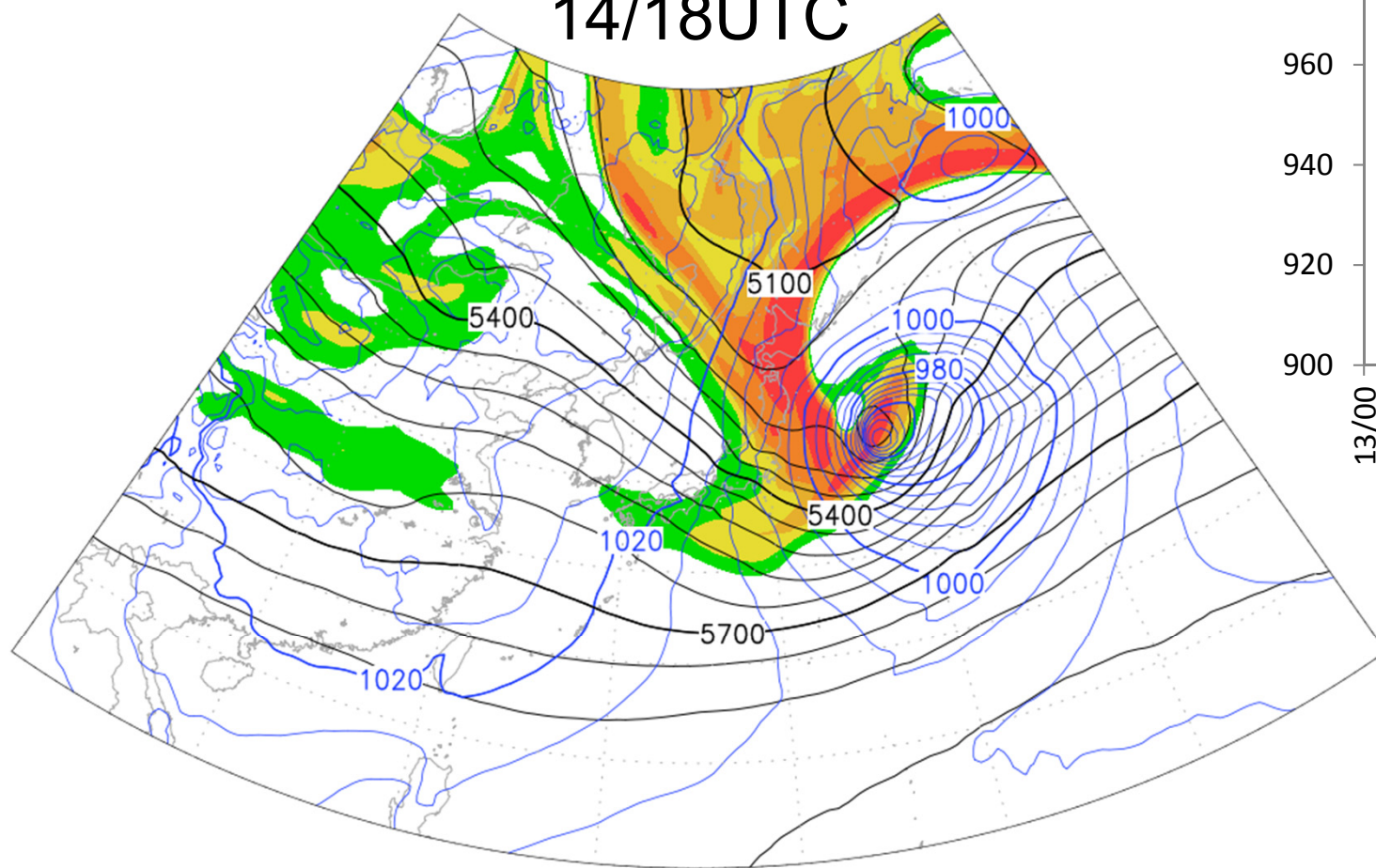
PVU



上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

14/18UTC

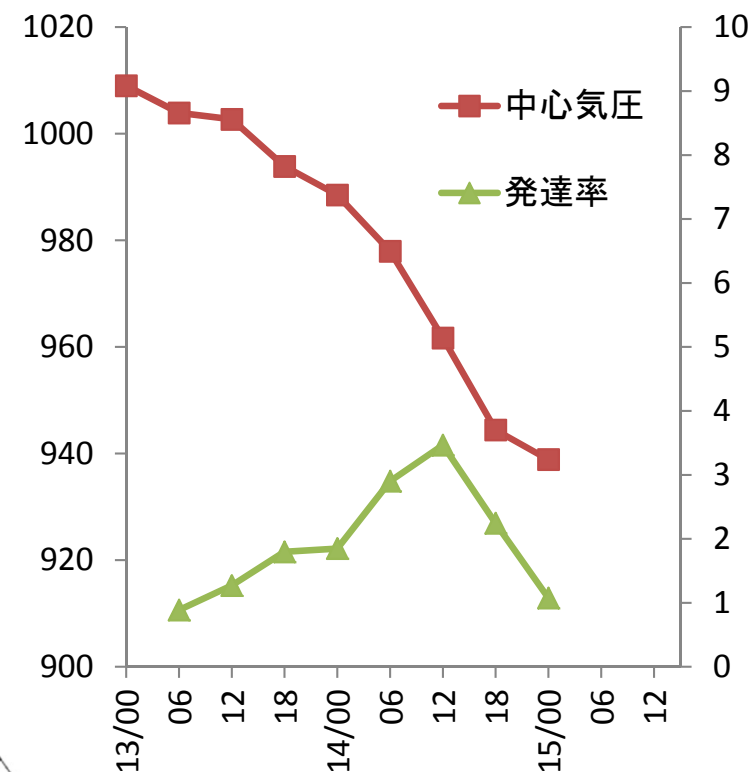
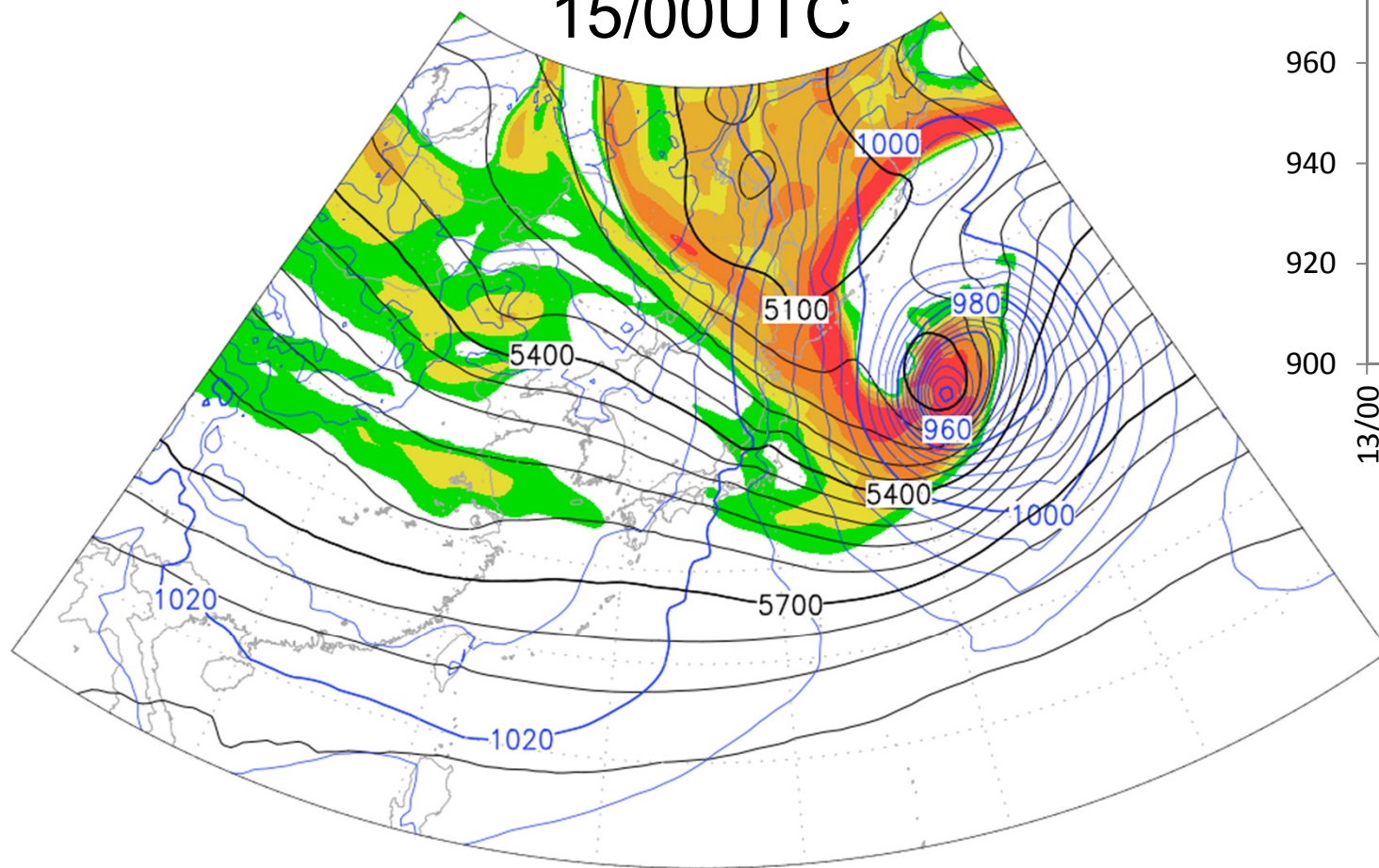


PVU

上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

15/00UTC

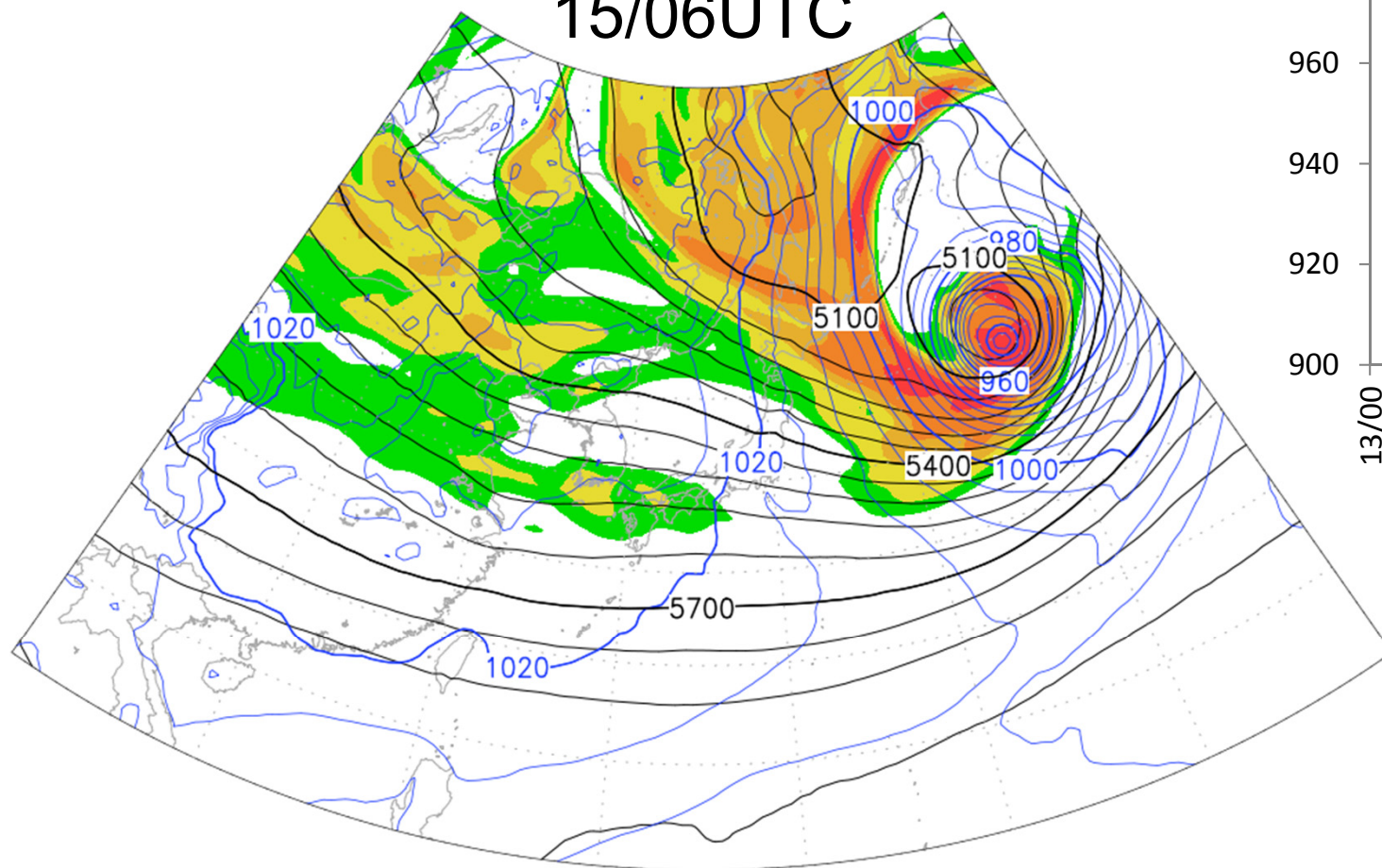


PVU

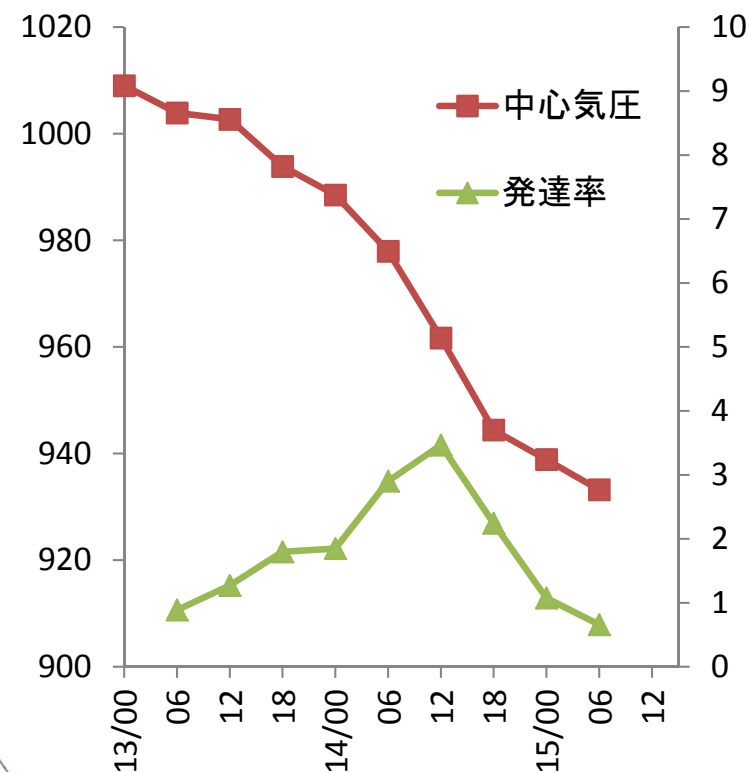
上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

15/06UTC



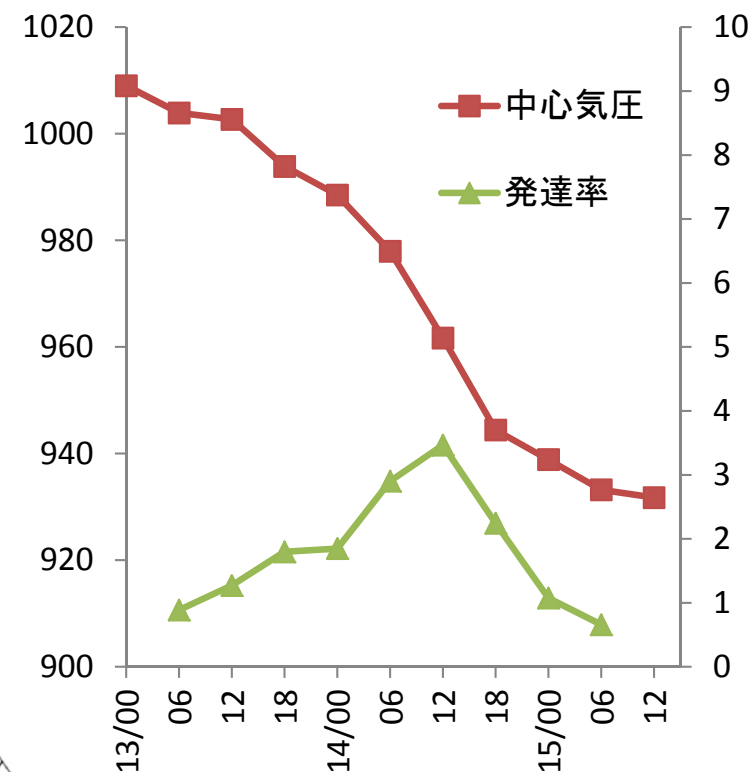
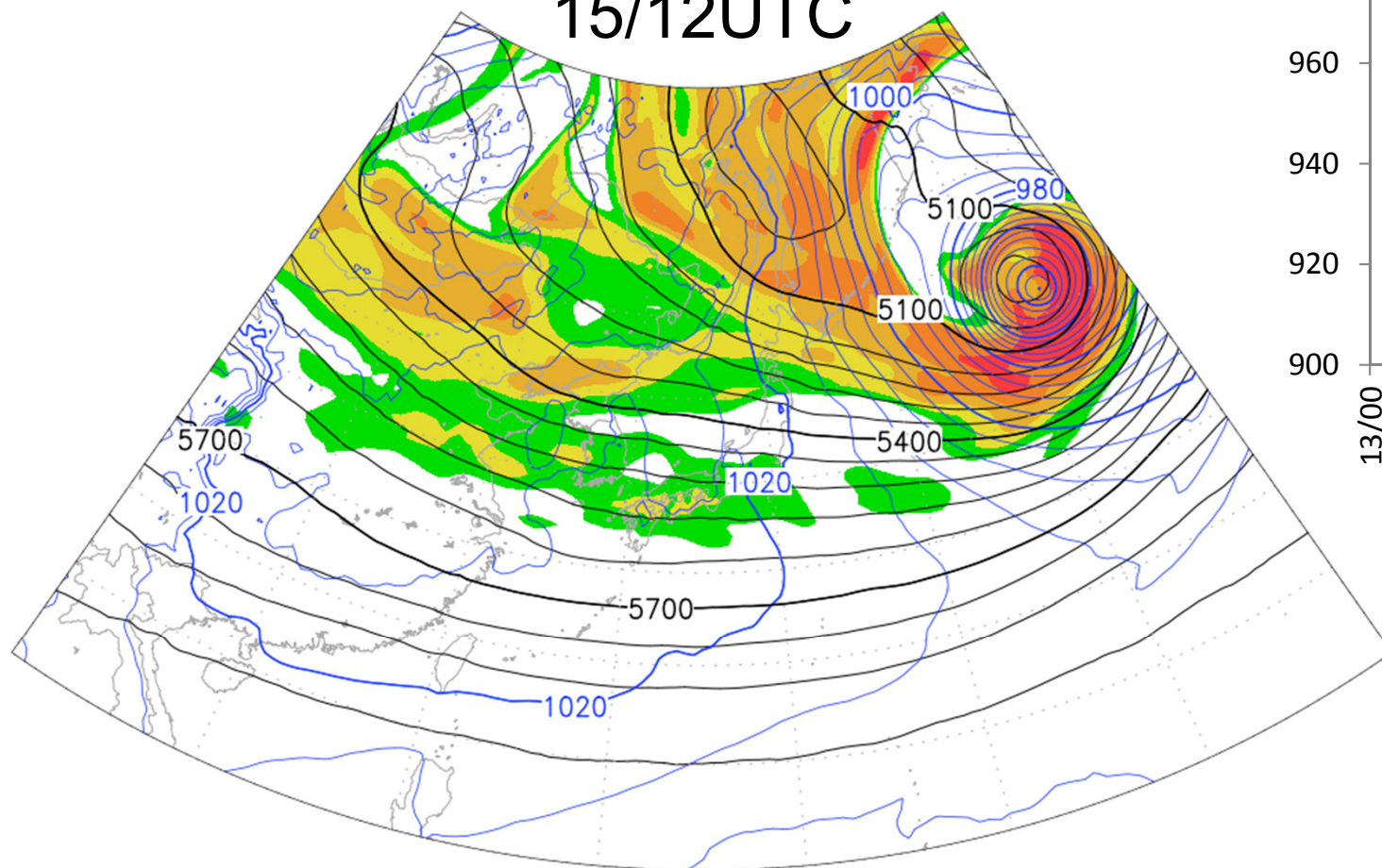
PVU



上層のトラフ

300hPa渦位場(PVU)・500hPa高度場
海面気圧

15/12UTC

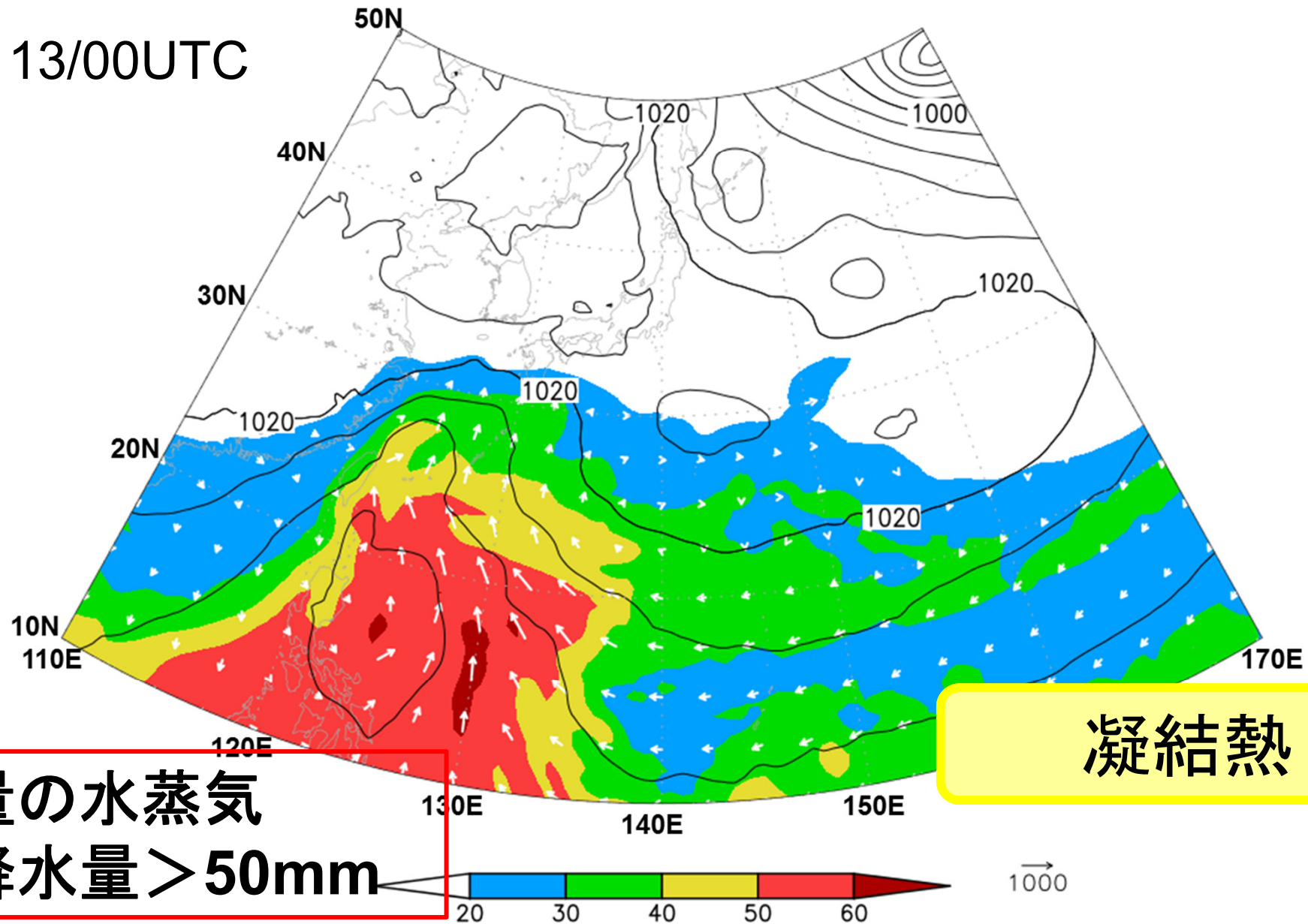


PVU

大量の水蒸気

可降水量(mm) 水蒸気フラックス(kg m s^{-1})

13/00UTC



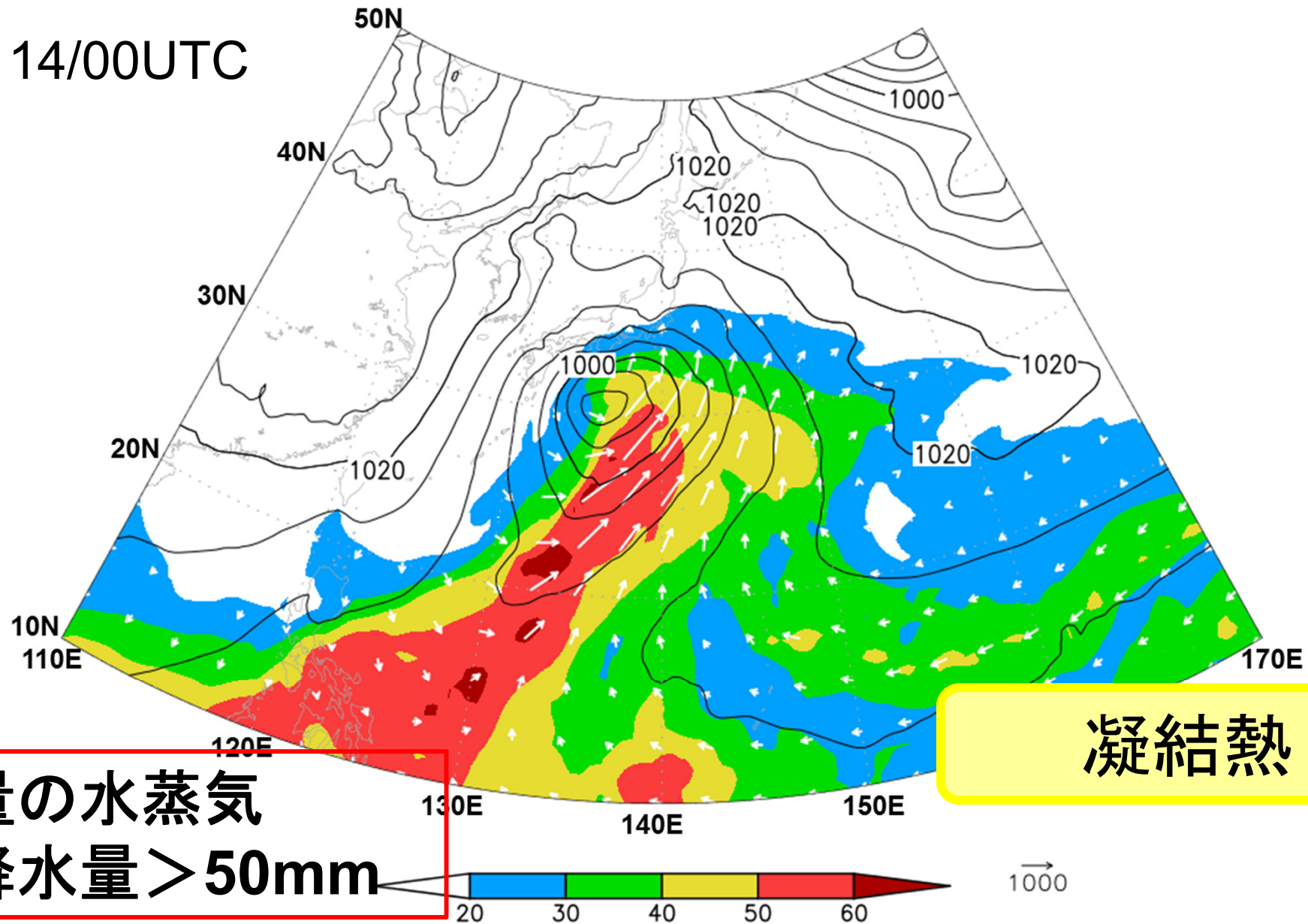
大量の水蒸気
可降水量 > 50mm

凝結熱

大量の水蒸気

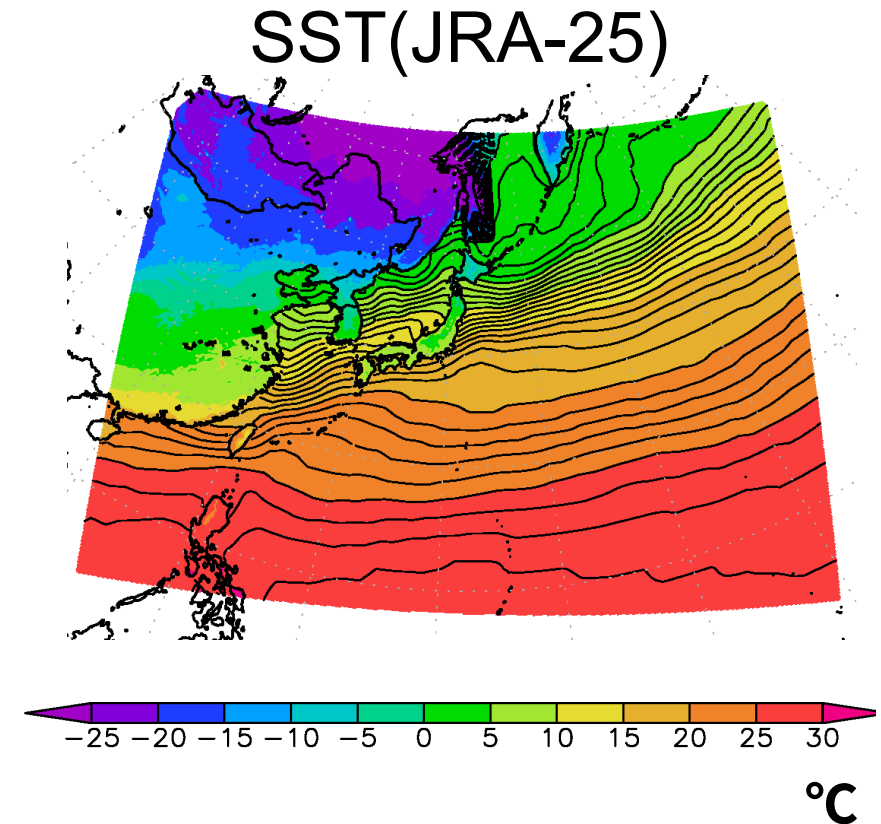
可降水量(mm) 水蒸気フラックス(kg m s^{-1})

14/00UTC



NHMによるシミュレーション

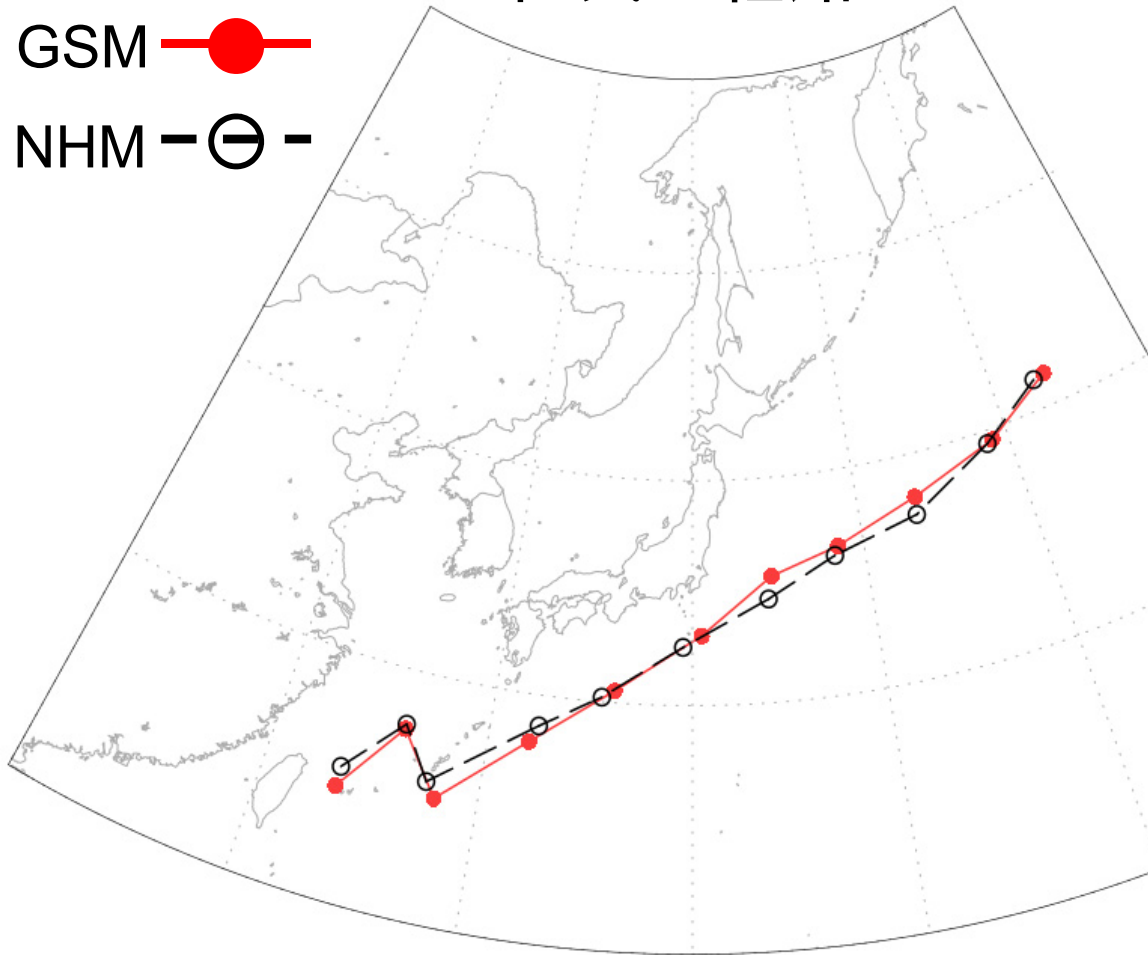
使用モデル	気象庁非静力学モデル (JMA-NHM)
初期値・境界値	GSM
計算領域 鉛直	右図 20m~22.1km
水平解像度 鉛直解像度	10km 40m~1180m(可変)
計算開始時間	2013年1月13日00UTC
計算時間	60時間
雲物理	2モーメントバルク法 雲水・雨・雲氷・雪・霰の混合比 雲氷の数濃度
積雲パラメタリ ゼーション	Kain-Fritsch スキーム
乱流クロージャ ーモデル	MYNN(Level3)



中心気圧時系列

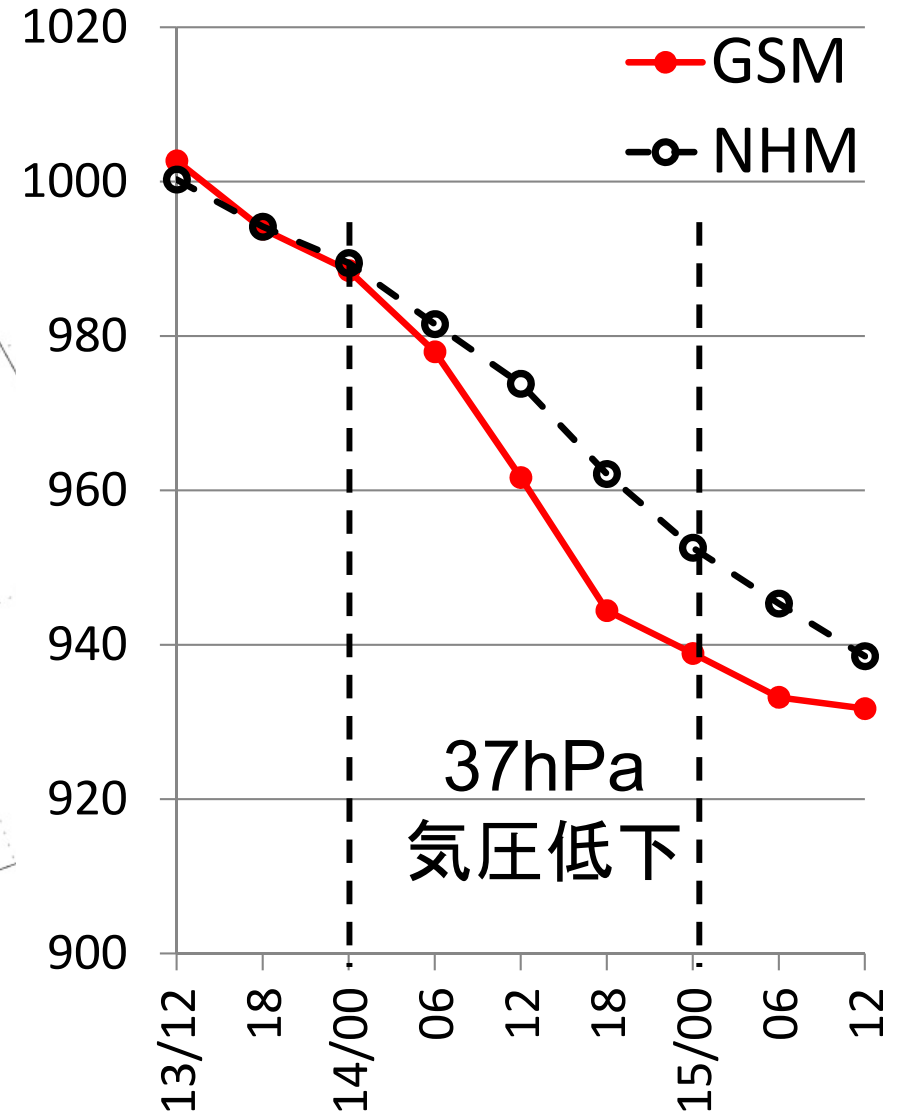
低気圧経路

GSM ●—
NHM —○—



この実験を標準実験として
感度実験を行う

中心気圧

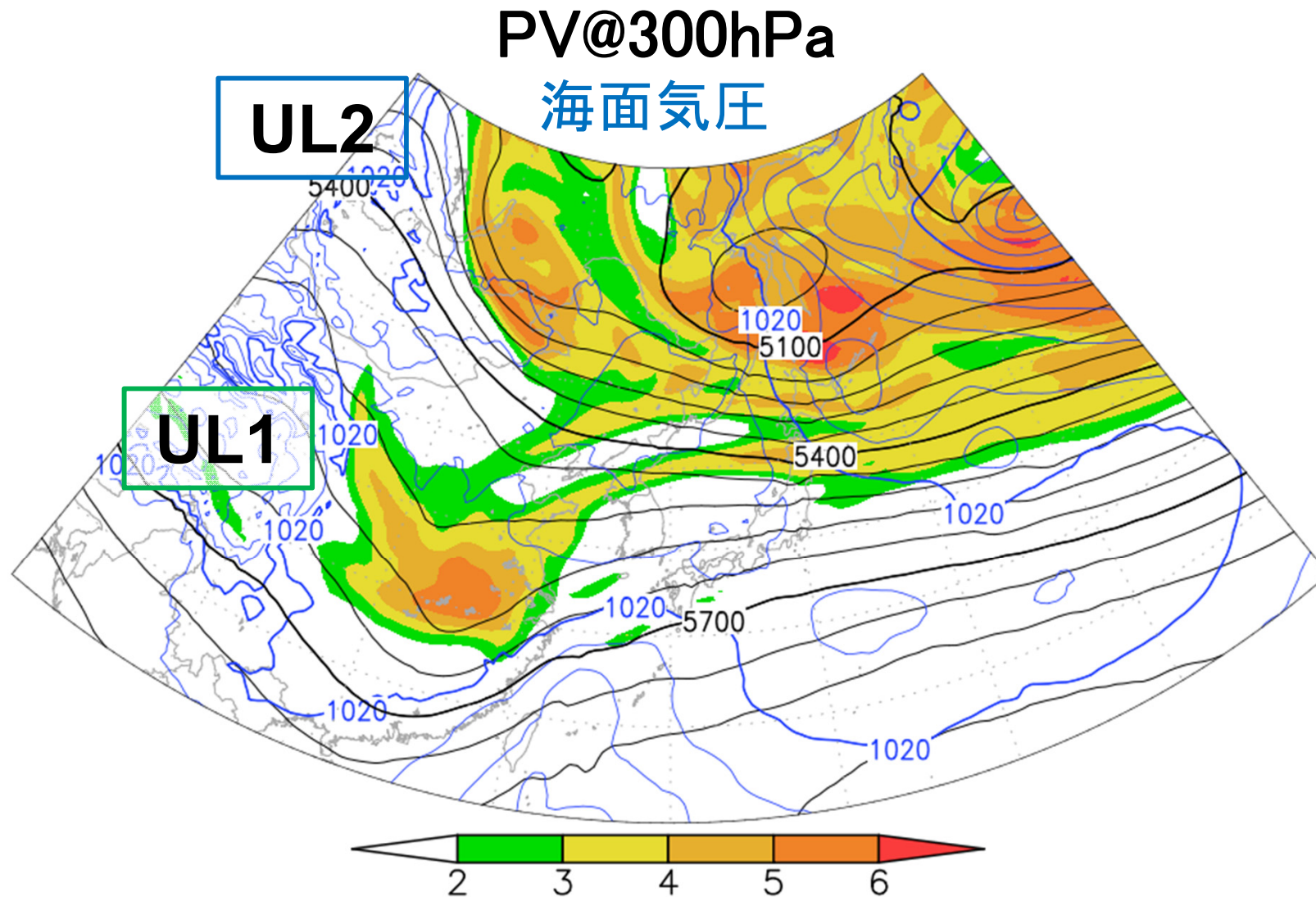


感度実験の設定

実験名	設定
CNTL	標準実験
DRY_1300	13日00UTC以降水蒸気なし
DRY_1400	14日00UTC以降水蒸気なし
ULPV1R_1300	UL1 を初期値13日00UTCから取り除く
ULPV2R_1300	UL2 を初期値13日00UTCから取り除く

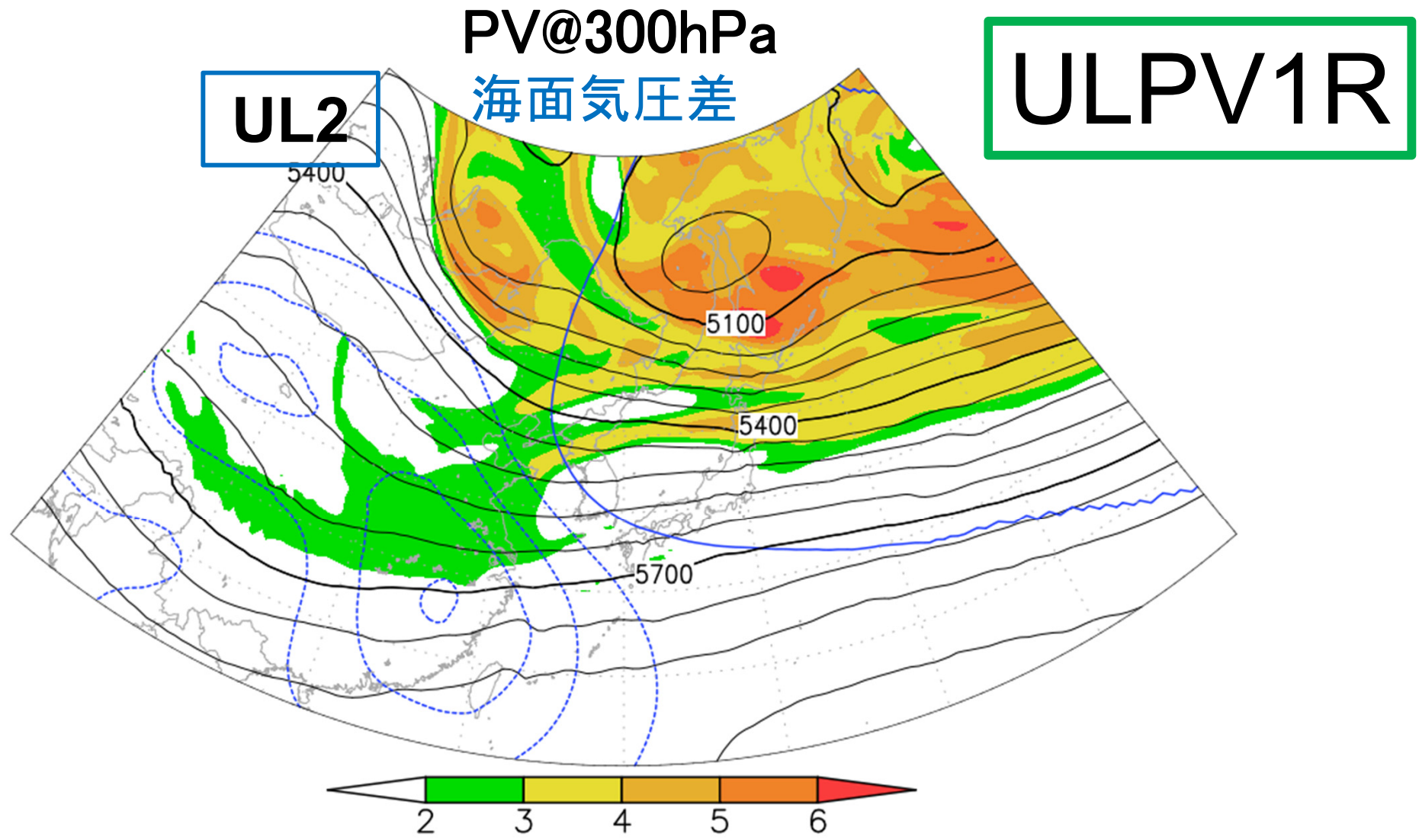
上層トラフに対する感度実験

1. 領域内の500hPaより上層のPVアノマリーがつくる循環・温位アノマリーを計算 (Piecewise PV inversion; Davis and Emanuel 1991)
2. アノマリーを初期値・境界値から取り除く
3. シミュレーションを実行



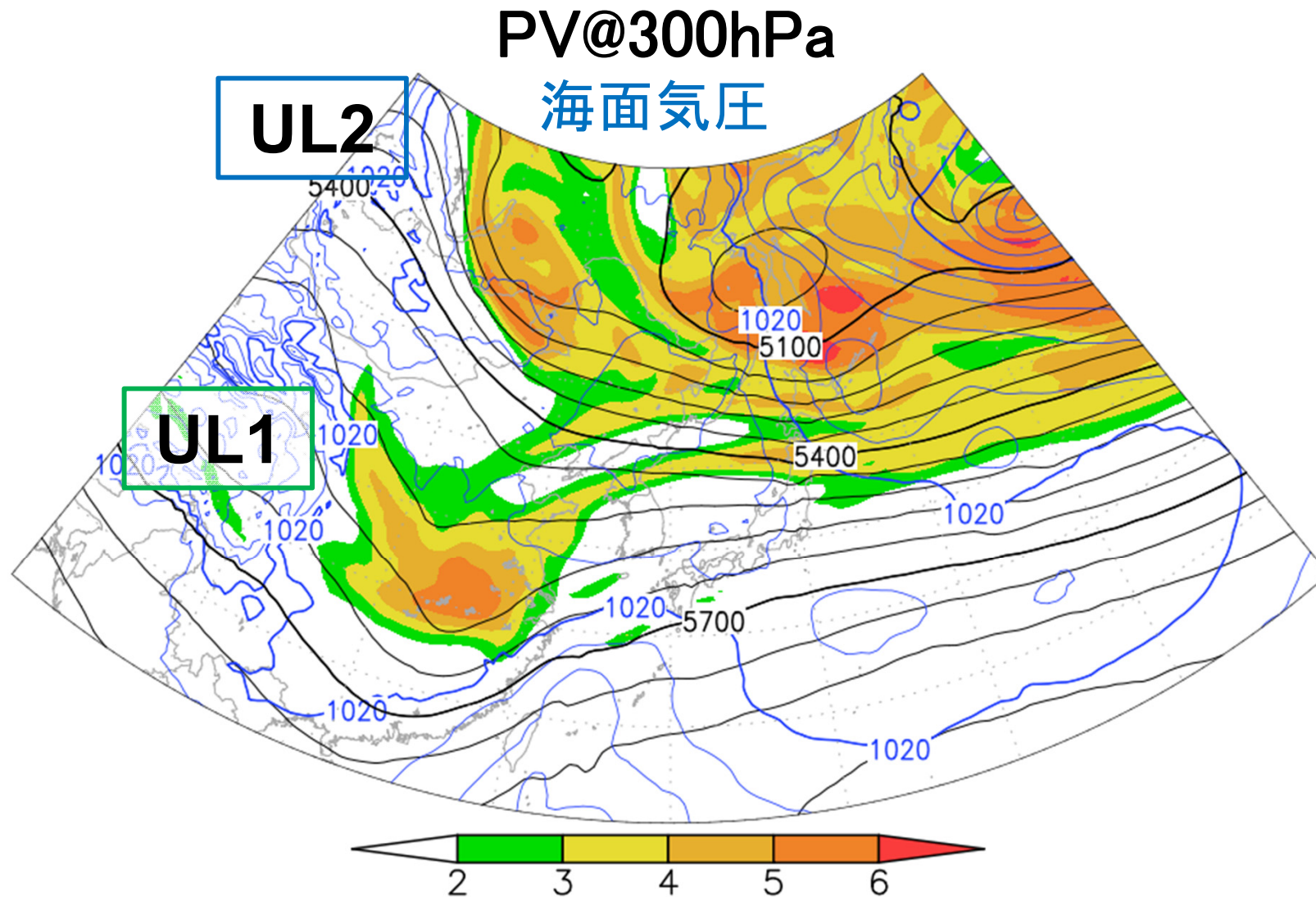
上層トラフに対する感度実験

1. 領域内の500hPaより上層のPVアノマリーがつくる循環・温位アノマリーを計算 (Piecewise PV inversion; Davis and Emanuel 1991)
2. アノマリーを初期値・境界値から取り除く
3. シミュレーションを実行



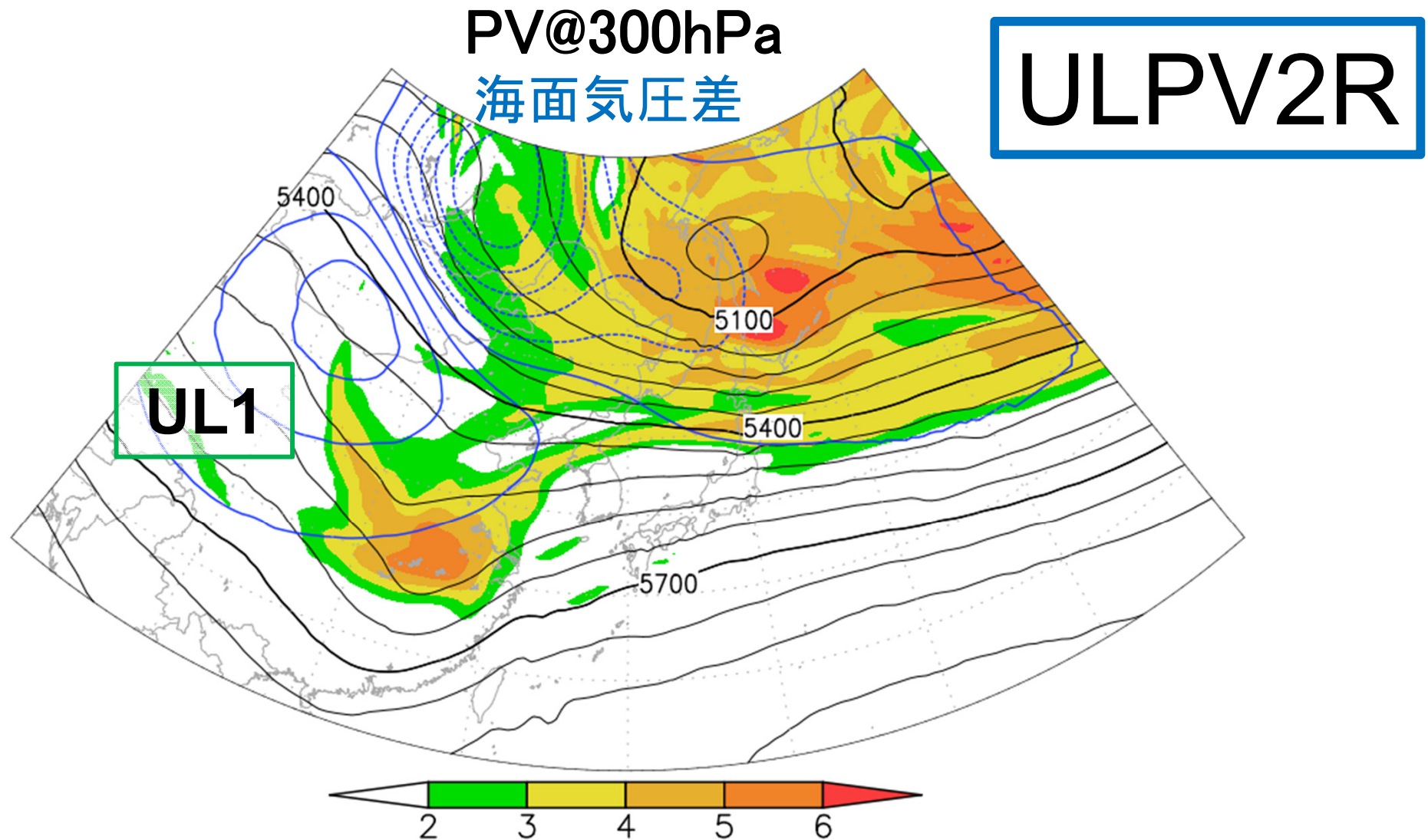
上層トラフに対する感度実験

1. 領域内の500hPaより上層のPVアノマリーがつくる循環・温位アノマリーを計算 (Piecewise PV inversion; Davis and Emanuel 1991)
2. アノマリーを初期値・境界値から取り除く
3. シミュレーションを実行



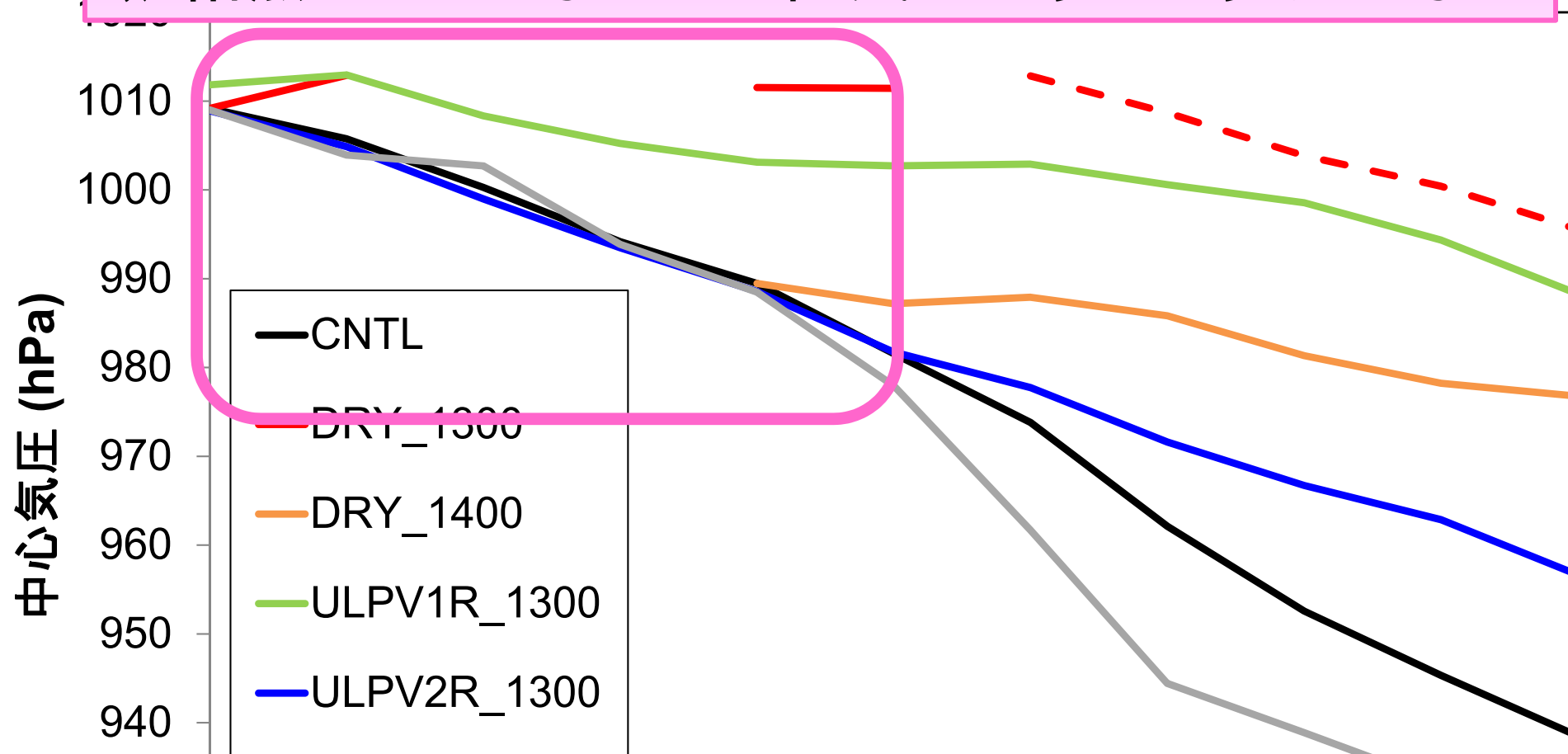
上層トラフに対する感度実験

1. 領域内の500hPaより上層のPVアノマリーがつくる循環・温位アノマリーを計算 (Piecewise PV inversion; Davis and Emanuel 1991)
2. アノマリーを初期値・境界値から取り除く
3. シミュレーションを実行



感度実験

凝結熱 or UL1なしでは低気圧が発生・発達しない



凝結熱・UL1両方がないと
発生・発達しないのはなぜ？

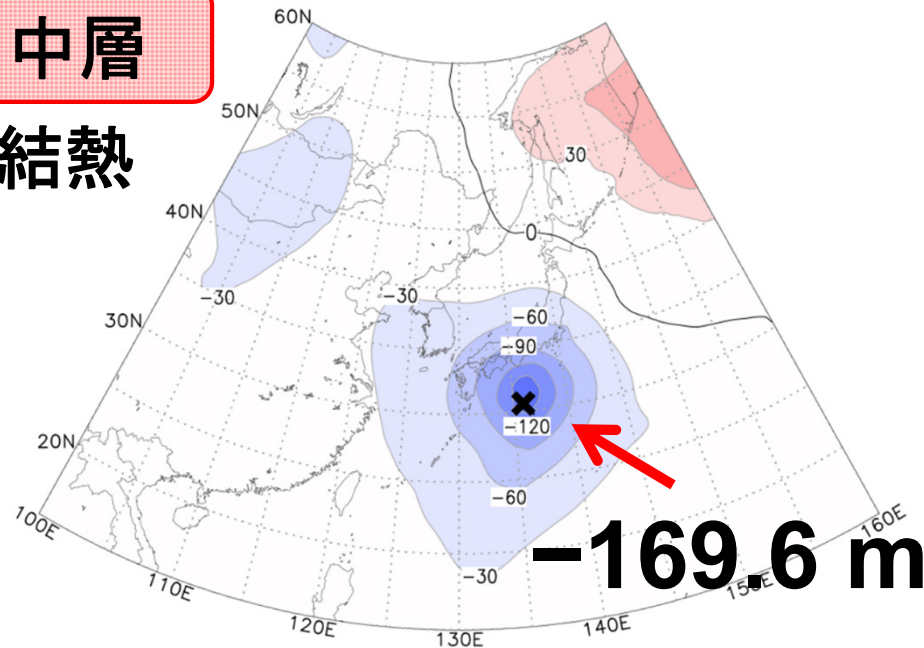
Piecewise PV inversion (Davis and Emanuel 1991)

各PVアノマリーによる925hPa
高度偏差(m) 14日00UTC

← 低気圧中心の高度偏差

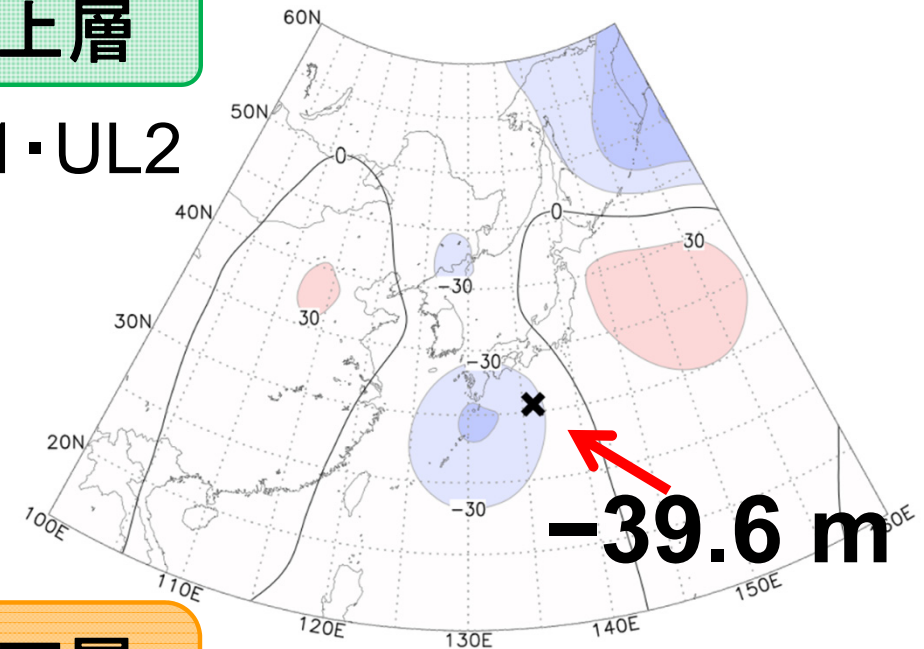
中層

凝結熱

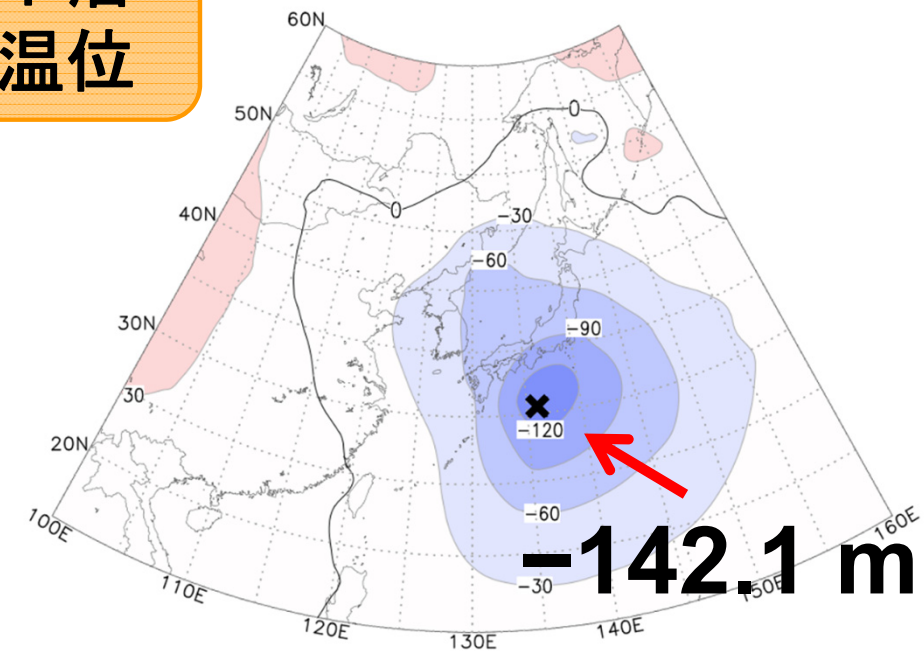


上層

UL1・UL2



下層
温位



低気圧の高度偏差に対する寄与

中層

$\approx$

下層
温位

$>$

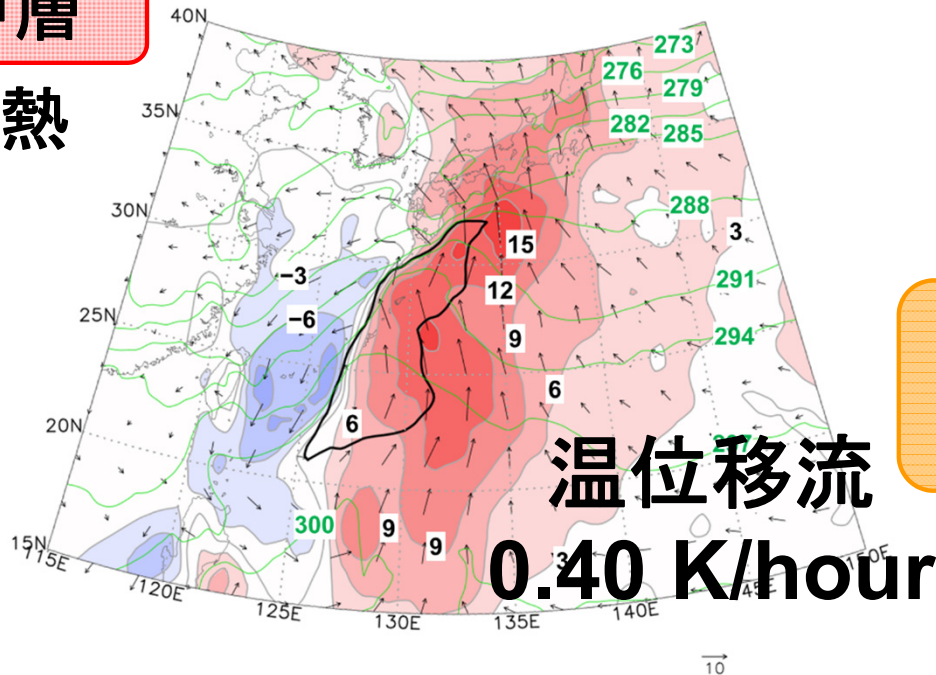
上層

下層温位アノマリーの形成要因

各PVアノマリーによる963hPa
南北風 (m s^{-1}) 13日12UTC
太線: 温位アノマリー $> +5\text{K}$

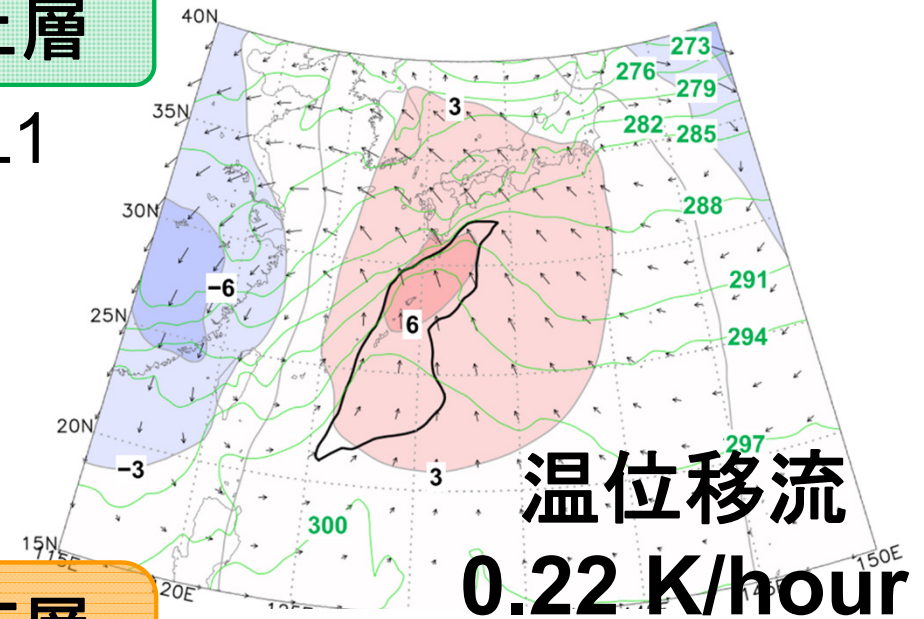
中層

凝結熱

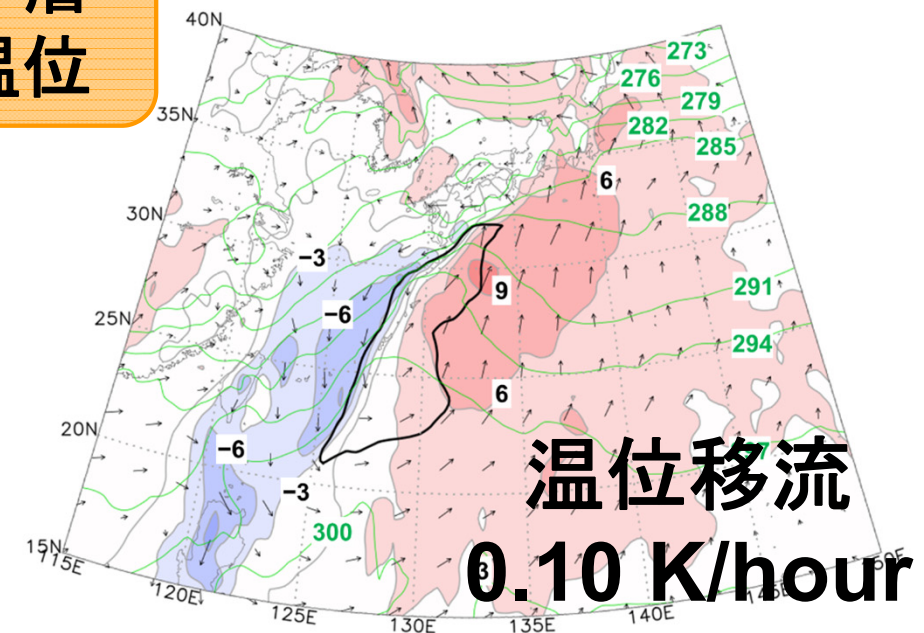


上層

UL1



下層
温位



下層温位アノマリー形成への寄与

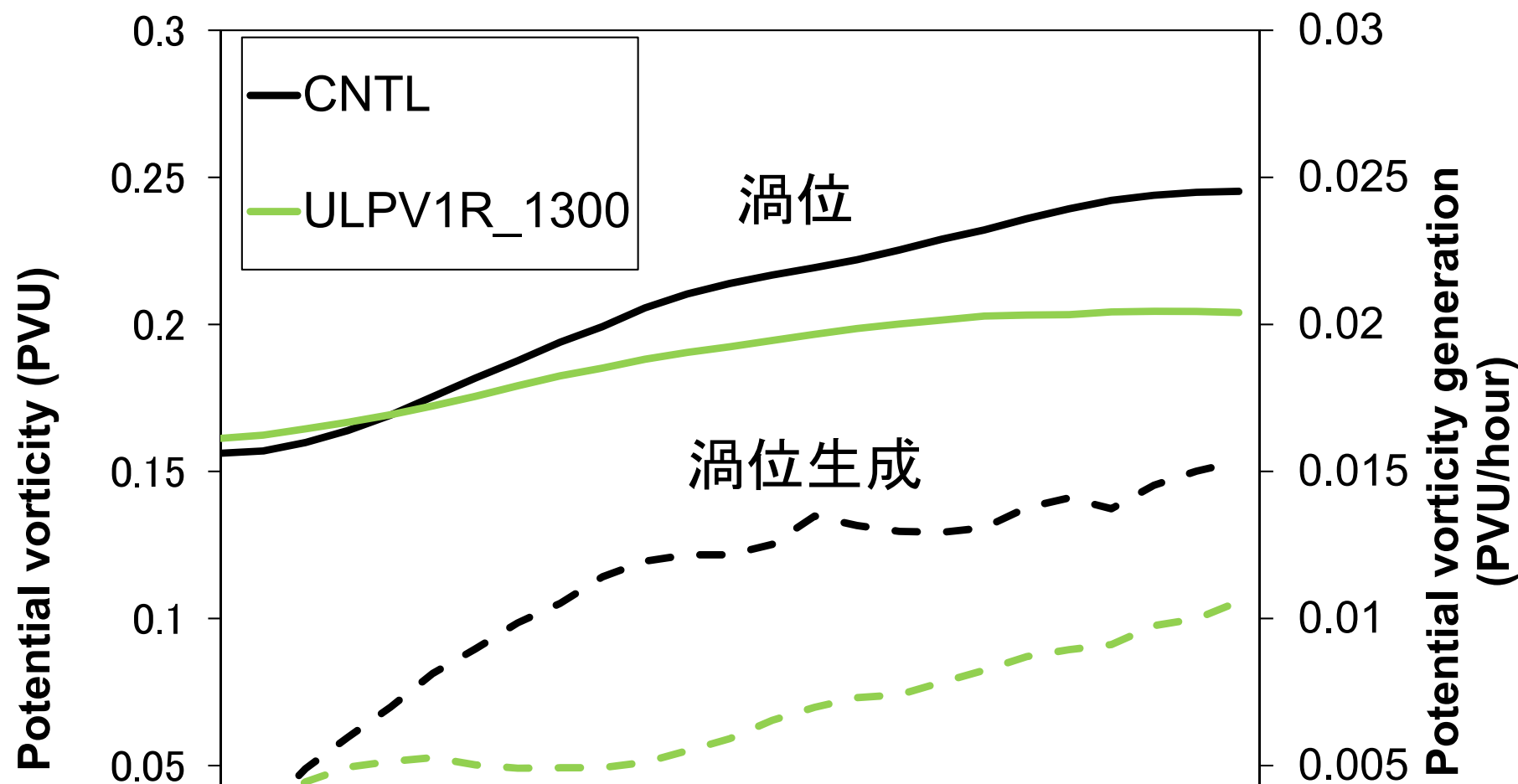
中層

>

上層

上層渦位アノマリーの役割

渦位・渦位生成平均 1000-500 hPa



標準実験ではより多くの渦位が生成
 → 強い中層の渦位アノマリー

上層渦位アノマリーの役割

700hPa 高度場(緑)・Q-ベクトル

Q-ベクトル収束・発散(色)

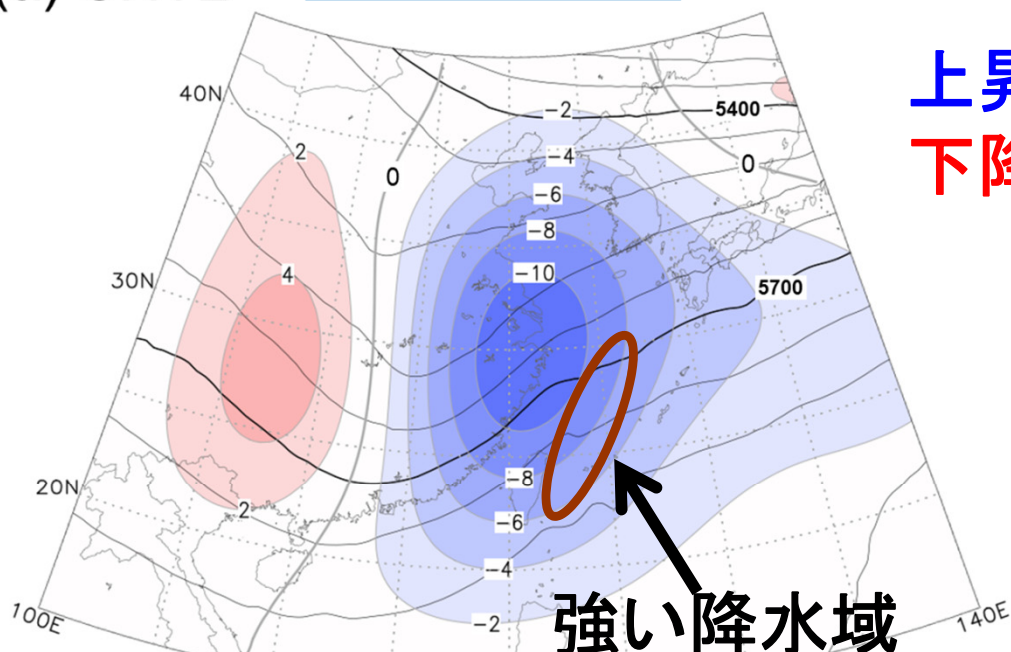
13日00UTC

$$\sigma \nabla^2 \omega + f_0^2 \frac{\partial \omega}{\partial p} = \underline{\underline{-2 \nabla \cdot \mathbf{Q}}} + f_0 \beta \frac{\partial v_g}{\partial p} - \frac{\kappa}{p} \nabla^2 J$$

$$\mathbf{Q} \equiv (Q_1, Q_2) = \left(-\frac{R}{p} \frac{\partial V_g}{\partial x} \cdot \nabla T, -\frac{R}{p} \frac{\partial V_g}{\partial y} \cdot \nabla T \right)$$

(a) CNTL

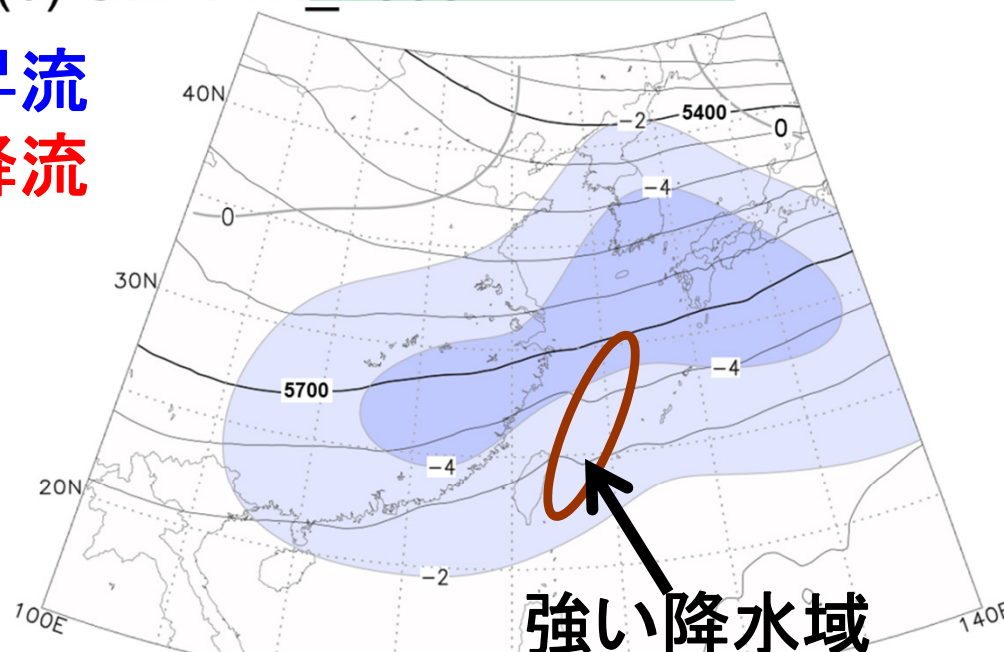
標準実験



(b) ULPV1R

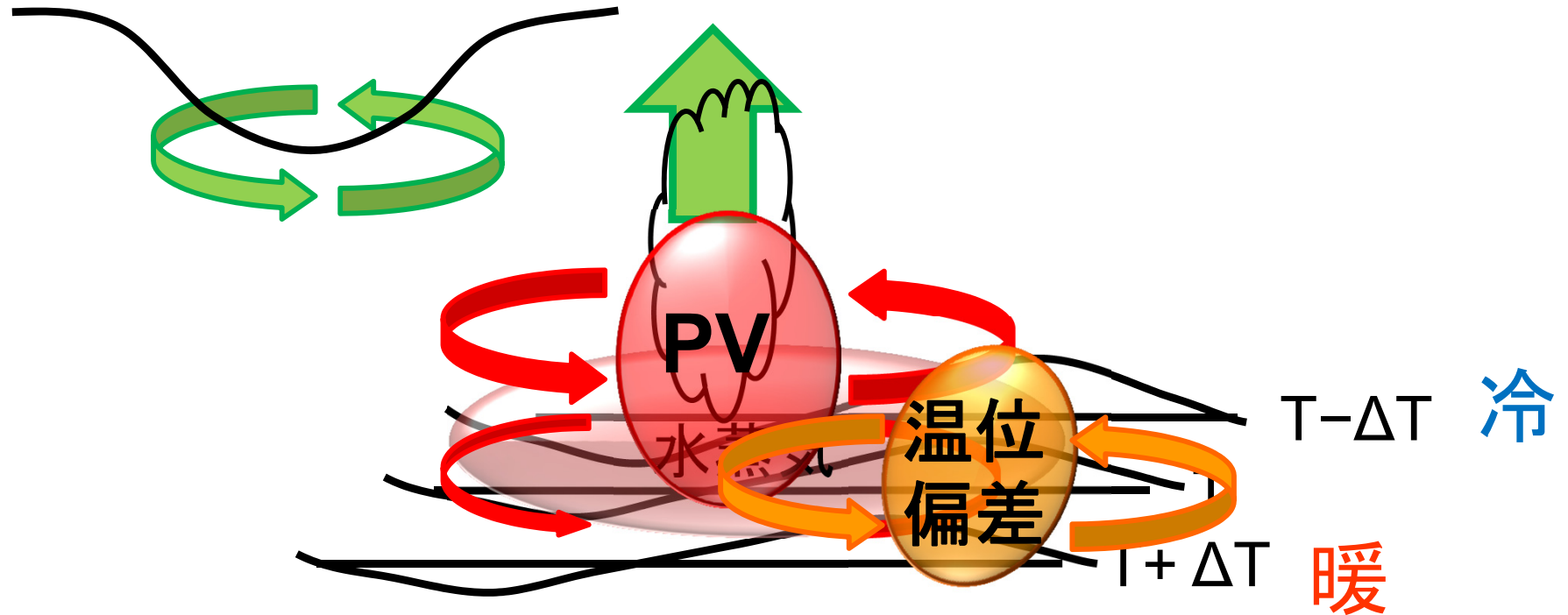
UL1R_1300

上昇流
下降流



UL1によって強制された上昇流が
対流を強化

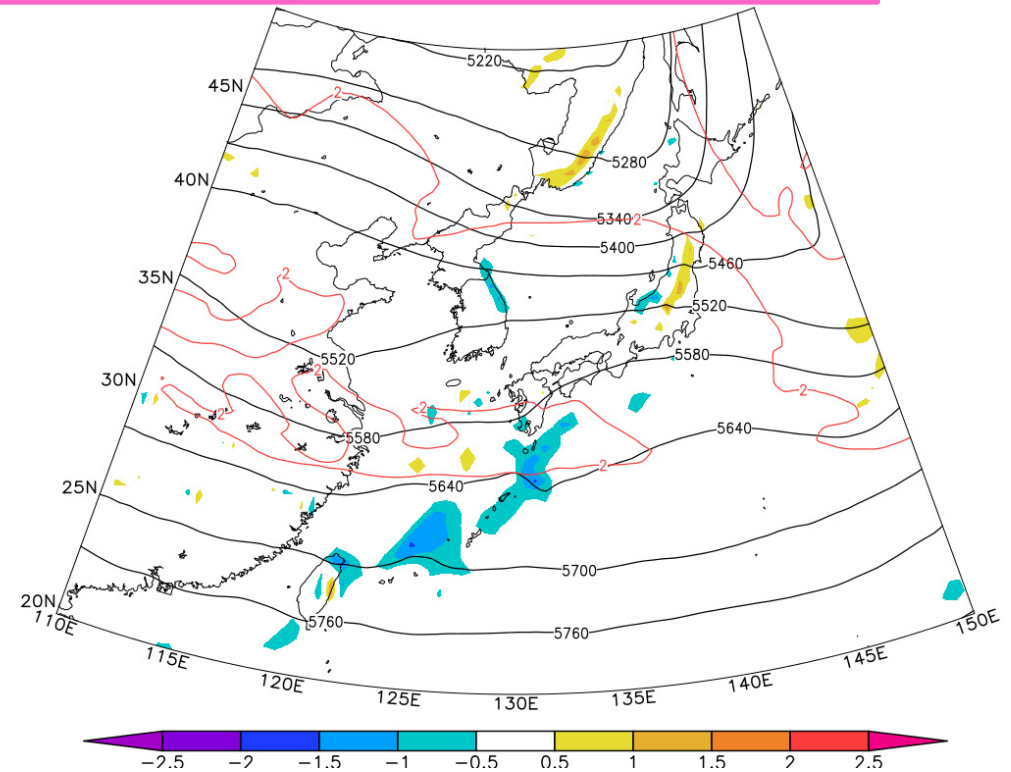
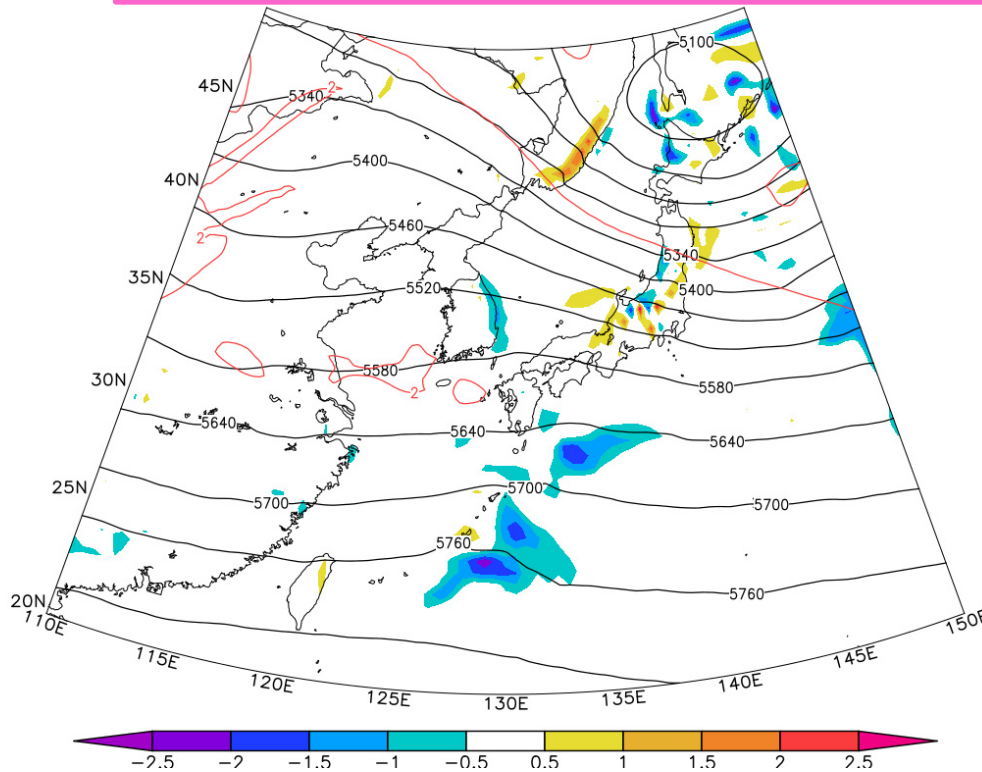
まとめ(発達前半)



1. 湿潤な下層傾圧帯に上層トラフが西から接近
2. トラフの全面で上昇流を誘起
3. 凝結熱によって対流圏中層にPVが生成
4. 中層のPVによる循環で暖気移流・地表温位偏差の形成
5. 中層のPV + 地表温位偏差による低気圧性循環

2014年2月の事例

凝結熱なしでは低気圧が発生・発達しない



850hPa 鉛直p-速度(色; Pa s^{-1})、300hPa渦位・500hPa高度

上層高渦位域の接近で対流が強化
→ 低気圧発生