

地球惑星科学II

第4回

2025年10月23日

前回(10/17)のミニレポート

- 地球の自転の効果が無くなると大気大循環はどのように変化すると考えられるか？
 - 条件
 - 自転は無い
 - 年平均日射を想定してください
 - 太陽放射は赤道で大きく極で小さい
 - 常にどの経度にも日射が入射すると仮定する
(日変化の効果を取り除く)
 - 前回以前も含めて授業内容を思い出しましょう
 - 理由をちゃんと書いてください

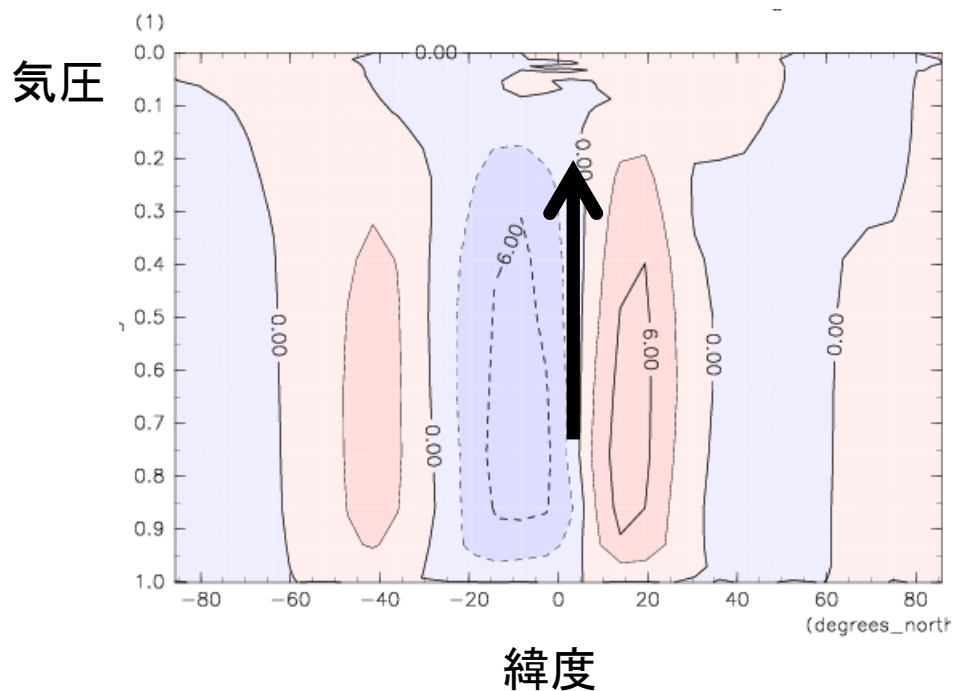
レポート解答例

- 大気の循環に関して
 - 赤道上昇・極下降の一对の単純な大循環セルを形成する (圧倒的多数派)
- 降水分布
 - 降水が赤道域に集中
 - 台風が発生しなくなったり梅雨前線の発生が抑えられる。日本農業で水不足などの新たな課題が起きる
- 南北温度差
 - 赤道で受け取る熱を運ぶ能力が低下する。赤道と極の間の気温差は現在よりも更に大きくなる
 - 大規模な循環によって赤道の熱が効率よく極へ運ばれるため、現在よりも赤道と極の温度差は小さくなる

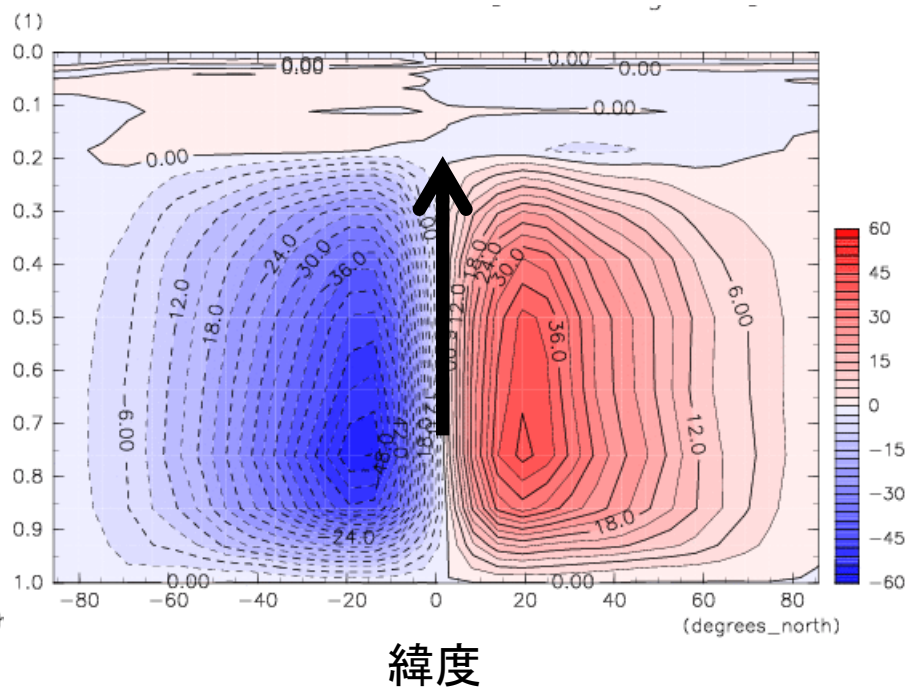
数値計算の結果：経度方向日射一様

- 大気大循環モデルを用いた計算
- 回転効果有りの場合・無しの場合

回転効果有り



回転効果無し



流線関数：流れの強さと向きをあらわす

今日のテーマ

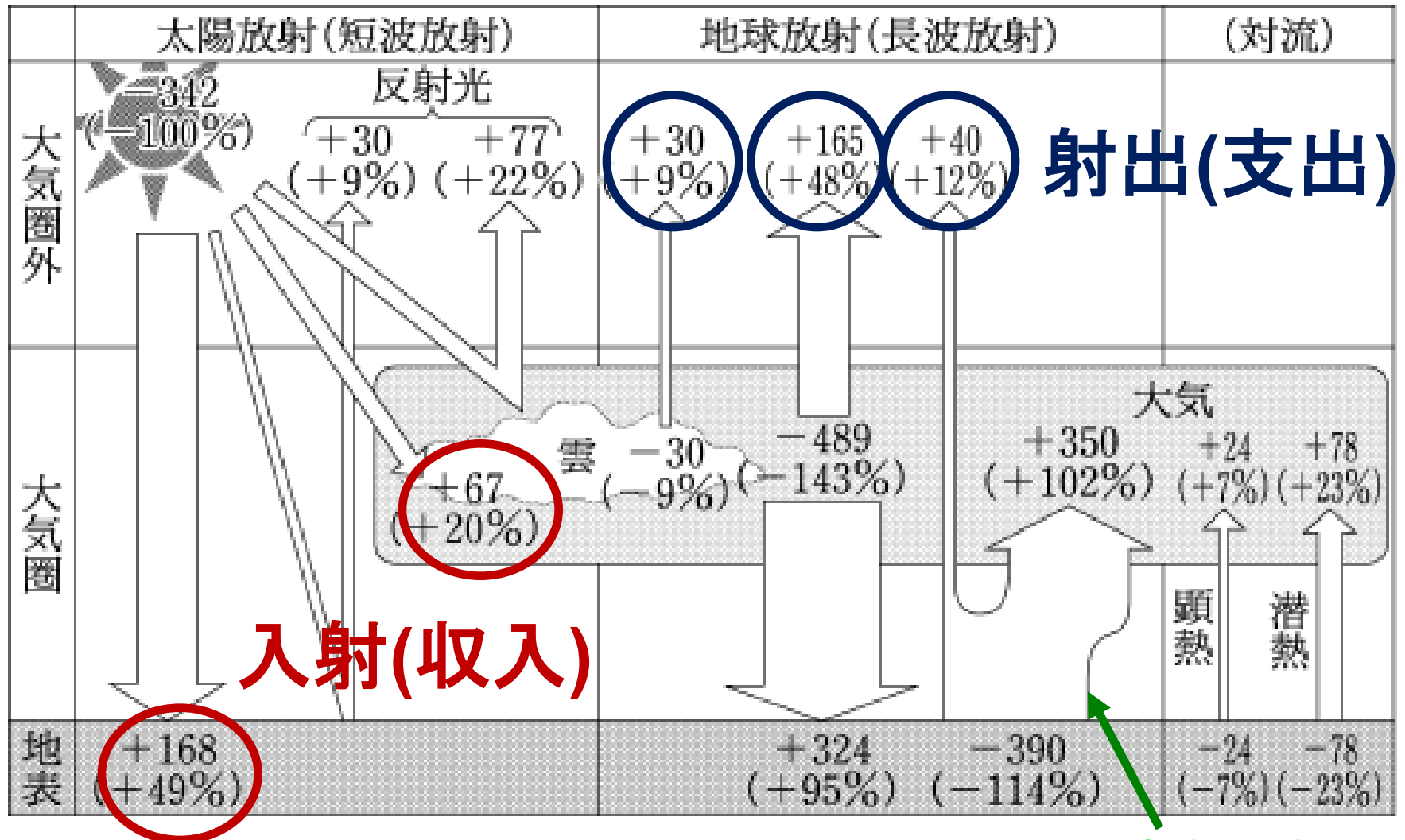
- 雲はどのようにできるか
- 参照: 地球惑星科学入門 21章



地学図表P.78

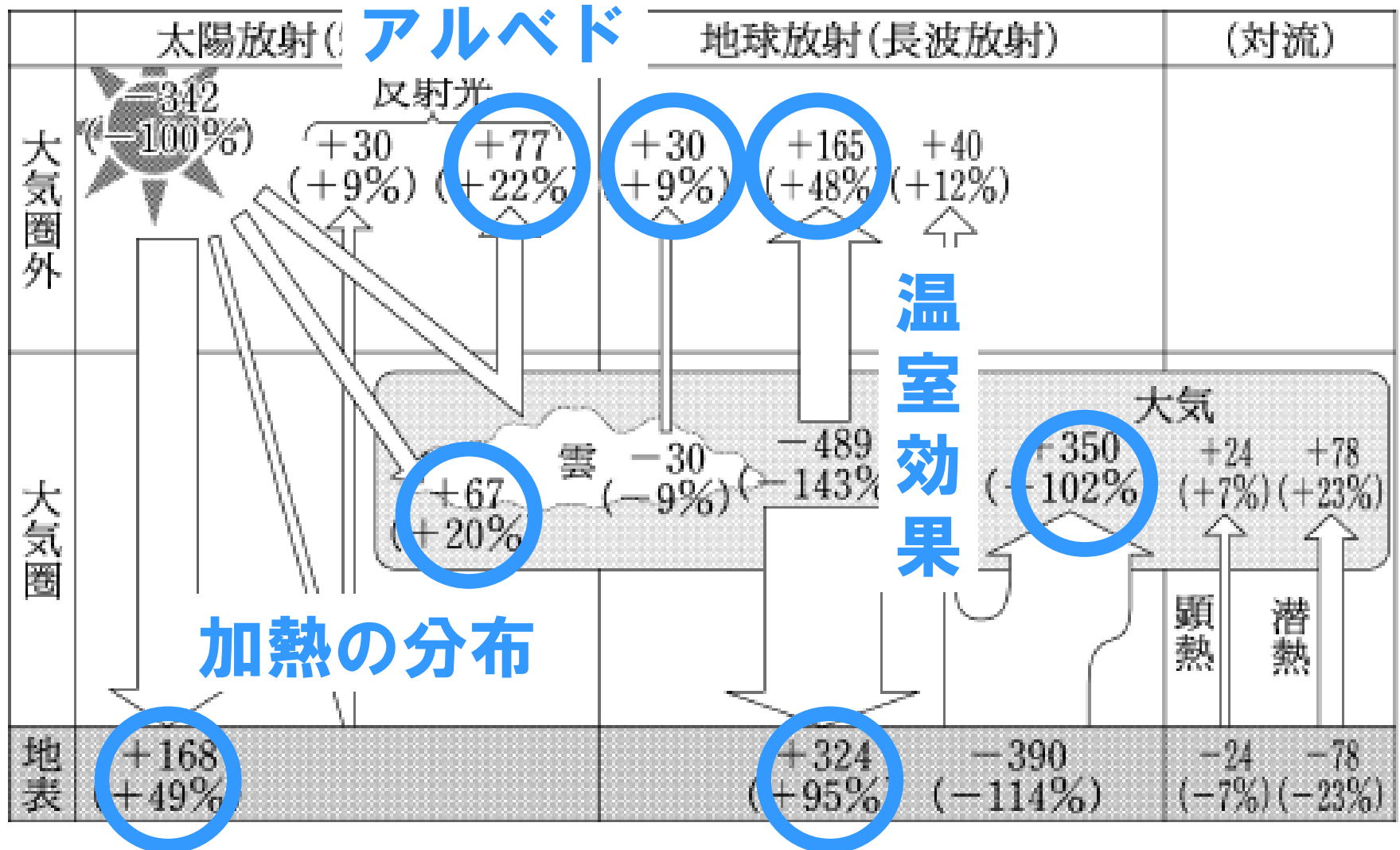
雲の重要性

地球惑星科学入門P.224



雲の重要性

地球惑星科学入門P.224



熱対流

- 加熱量場所による違いで生じる流れ
- 例
 - 雲(湿潤対流)
 - ハドレー循環
 - 味噌汁
 - マントル

<http://www.eps.s.u-tokyo.ac.jp/jp/gakubu/geoph/solid/mantle.htm>
より転載

上を冷やし、下を温めた容器内
シリコン油による熱対流
可視化: 感温液晶入りカプセル
青は高温、赤は低温

対流活発化



定常流



定常流



非定常流

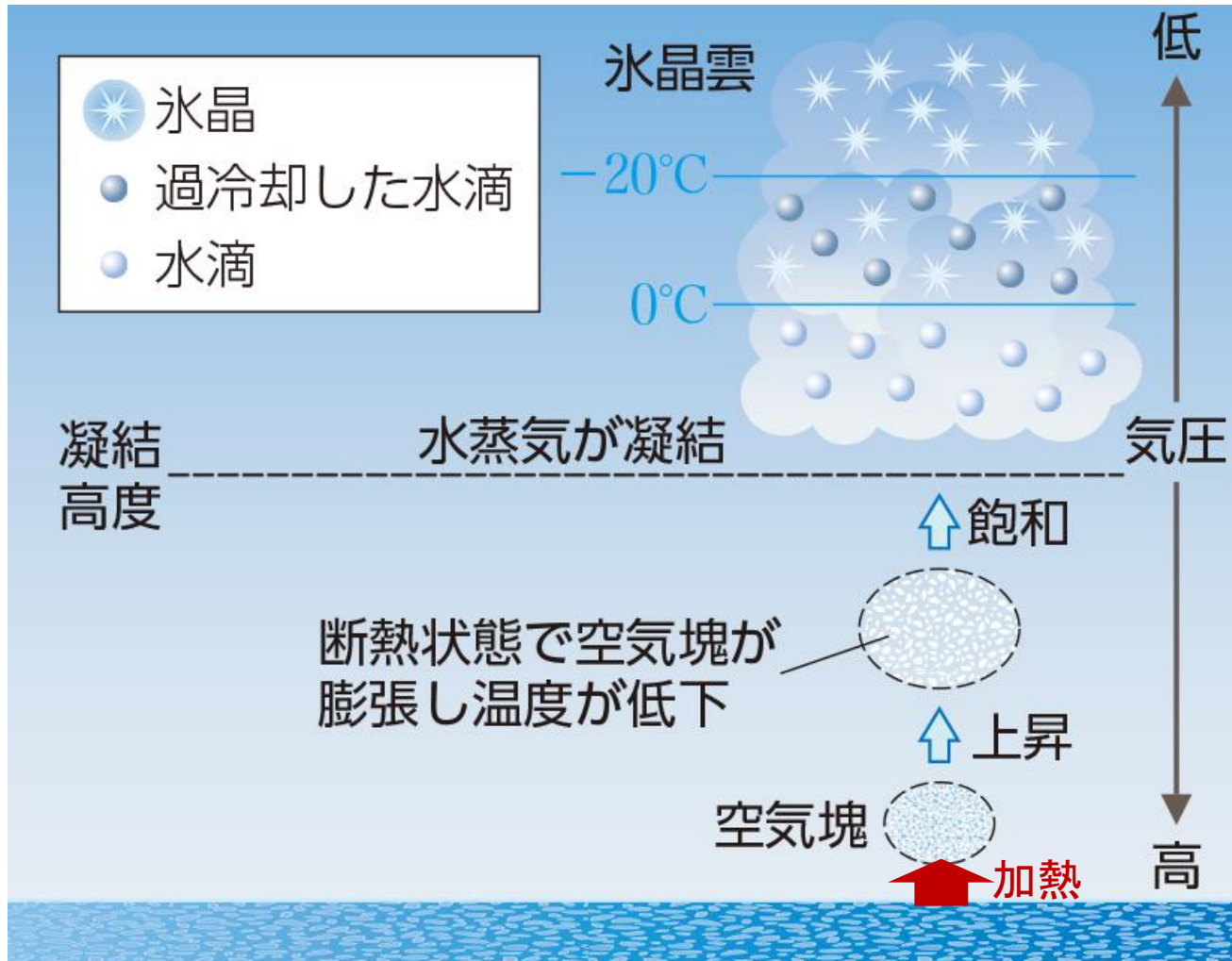


乱流



乱流 大規模な循環

雲対流の発生

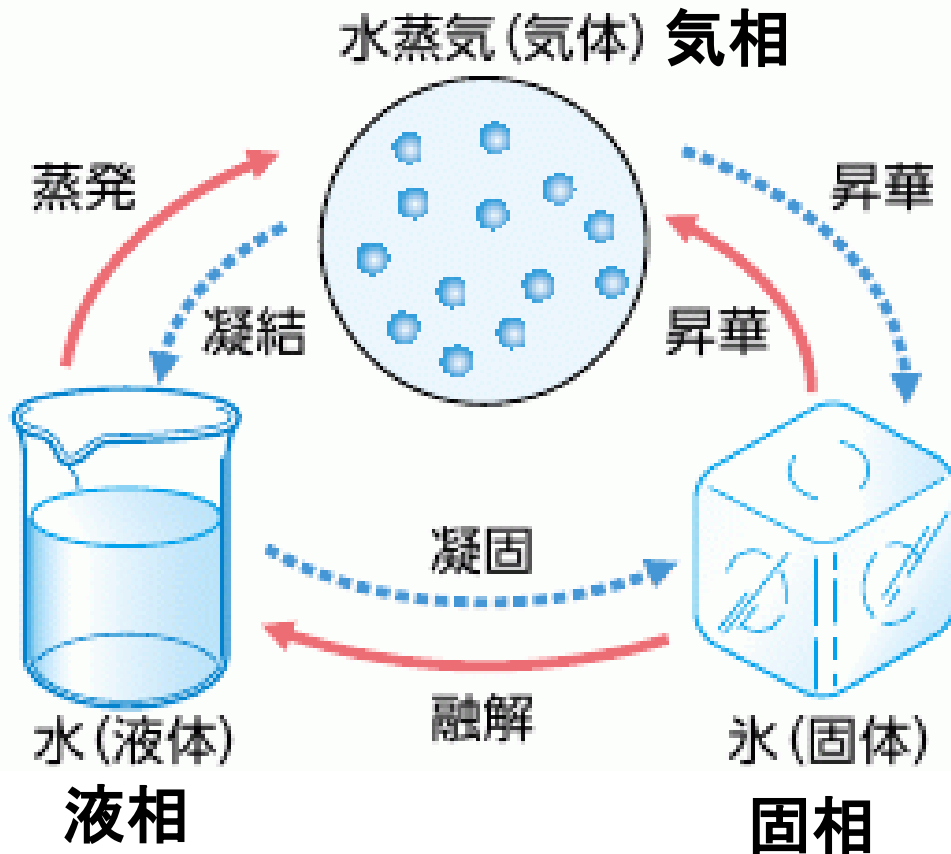


地学図表P.76

雲対流では水の相変化が起こる

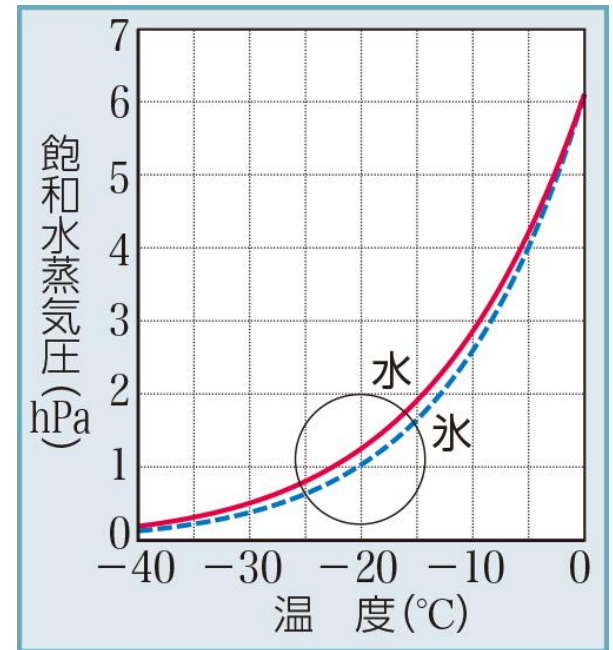
水の三態

水の三態で現れる各状態を
気相・液相・固相とも呼ぶ。
異なる相への変化を相変化という



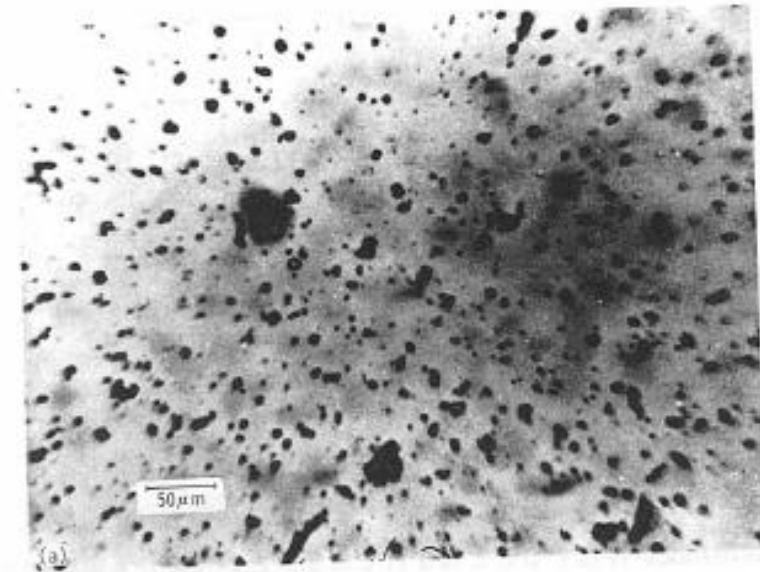
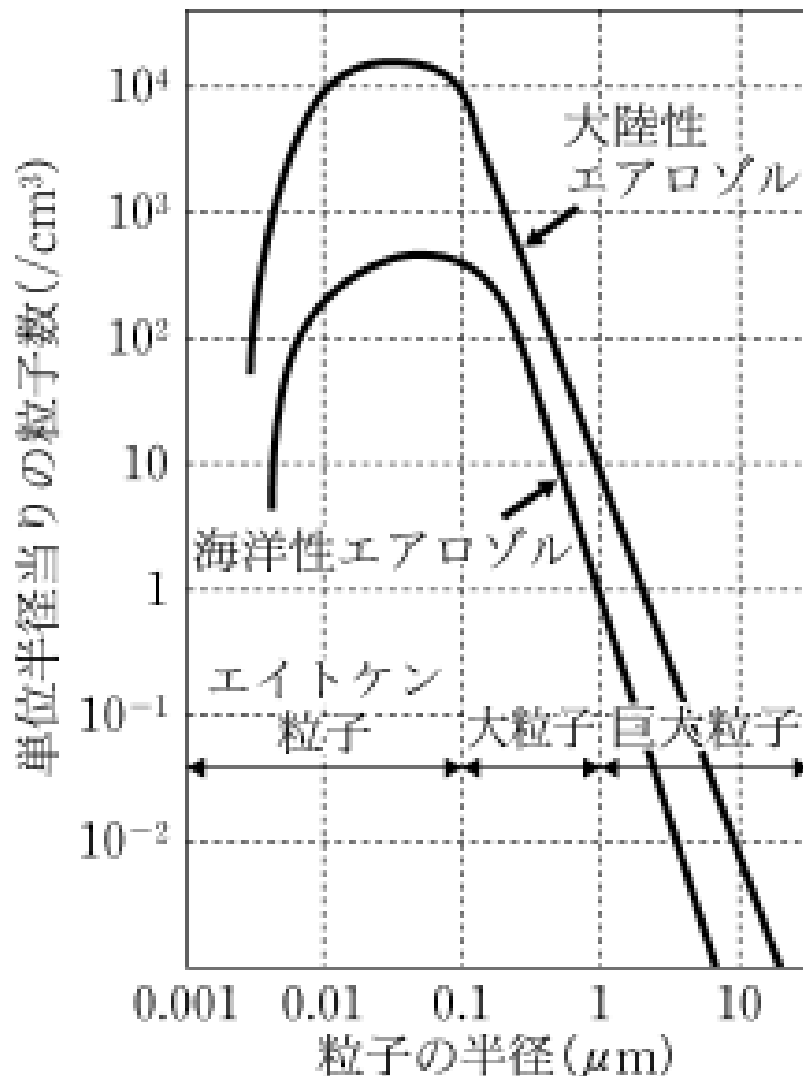
地学図表P.76

飽和蒸気圧曲線



地学図表P.77

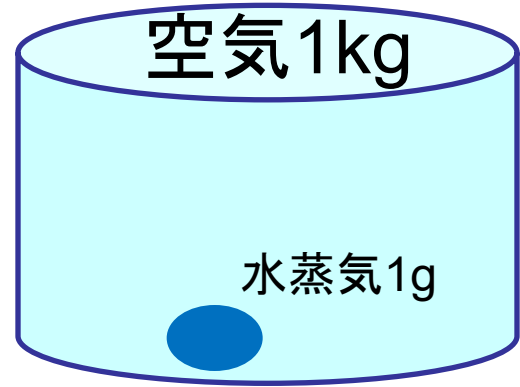
雲の生成：凝結核への凝結



小倉、一般気象学

今日の計算問題：凝結熱（潜熱）の大きさ

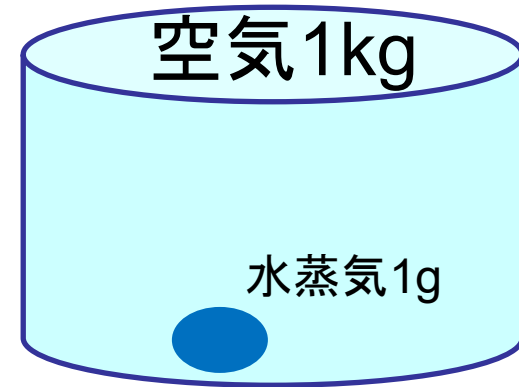
- 以下の状況を考える
 - 1kg の空気の中に 1g の水蒸気が入っている
 - 水蒸気が全部凝結する
- 空気の温度は何度上がるか？
 - 空気の比熱を 10^3 J/K/kg とする
 - 比熱：1kg の物質を温度1K上げるのに要するエネルギー
 - 水蒸気の凝結熱を $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ とする
 - 凝結熱：1kgの物質が凝結の際に出すエネルギー



計算問題の回答例

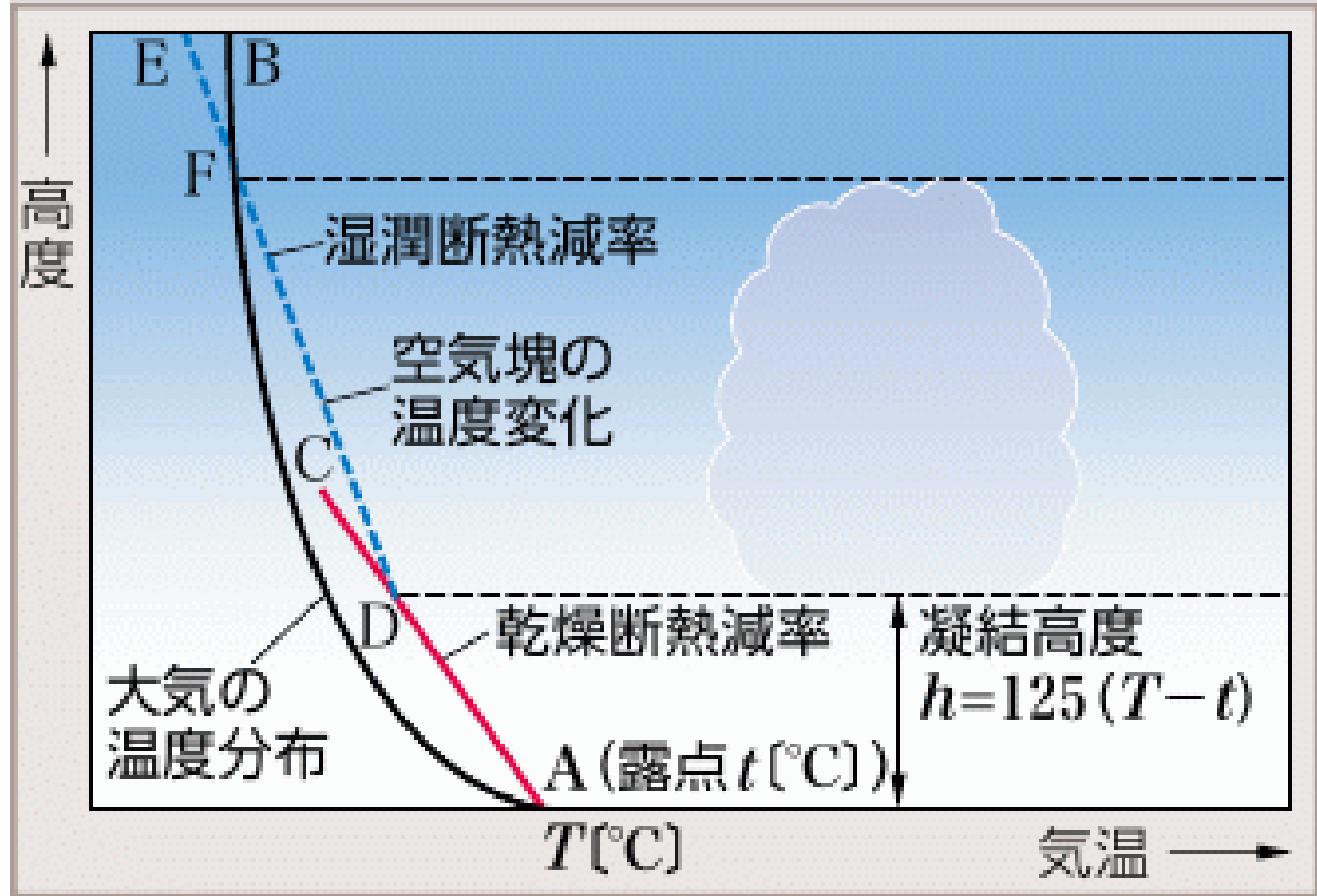
• 設定

- 空気の質量: 1kg
- 水蒸気の質量: $1\text{ g} = 10^{-3}\text{ kg}$
- 空気の比熱: 10^3 J/K/kg
 - 比熱: 1kg の物質を温度1K上げるのに要する熱量
- 水蒸気の凝結熱: $2.5 \times 10^6\text{ J/kg}$
 - 凝結熱: 1kgの物質が凝結の際に出す熱量



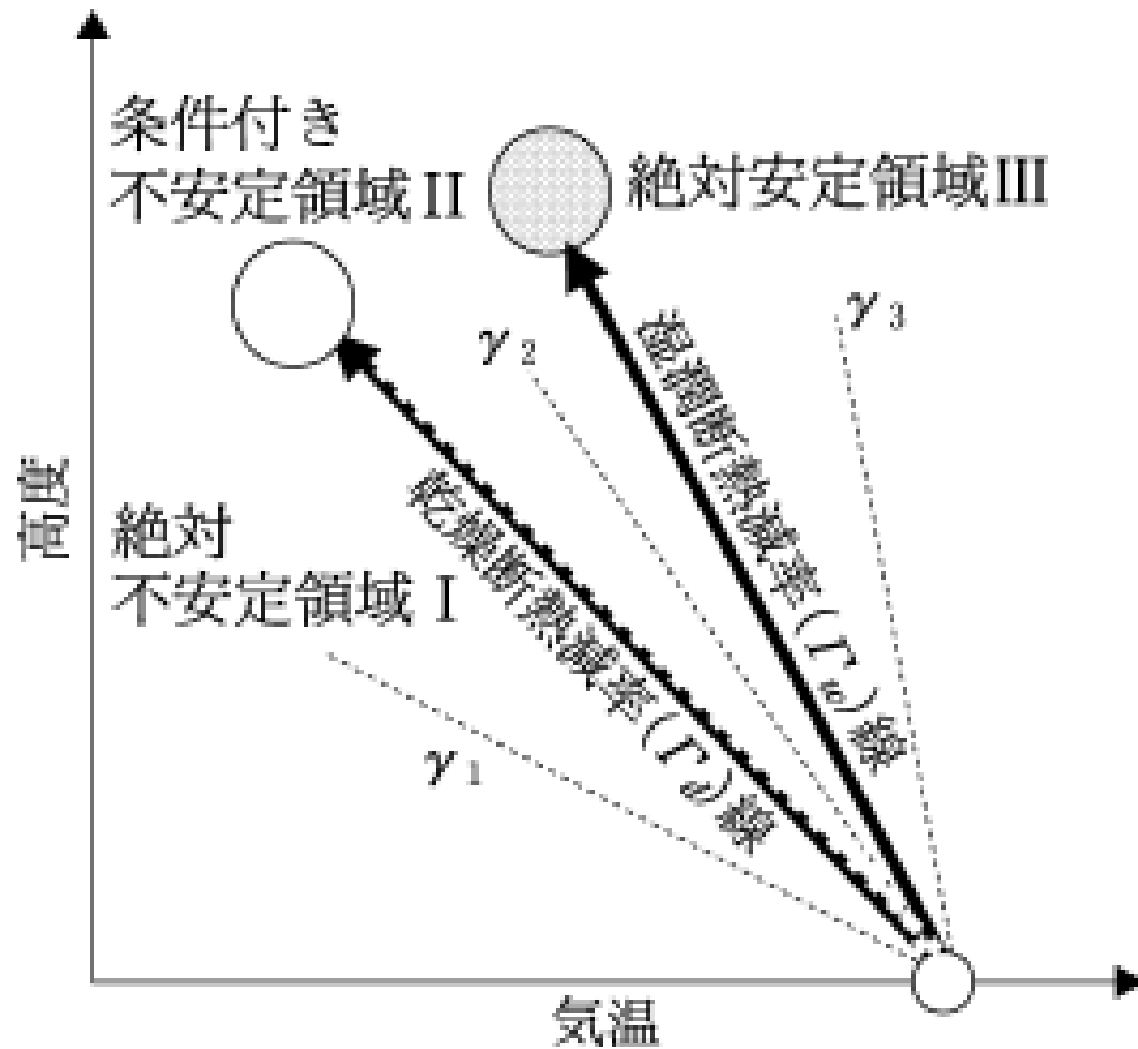
$$\begin{aligned}(\text{温度変化量}) &= \frac{(\text{出る熱})}{(\text{空気の比熱}) \times (\text{空気の質量})} = \frac{(\text{水蒸気質量}) \times (\text{凝結熱})}{(\text{空気の比熱}) \times (\text{空気の質量})} \\ &= \frac{(10^{-3}\text{ kg}) \times (2.5 \times 10^6\text{ J/kg})}{(1000\text{ J/(K kg)}) \times (1\text{ kg})} \\ &= 2.5\text{ K} \sim 3\text{ K}\end{aligned}$$

大気の温度分布

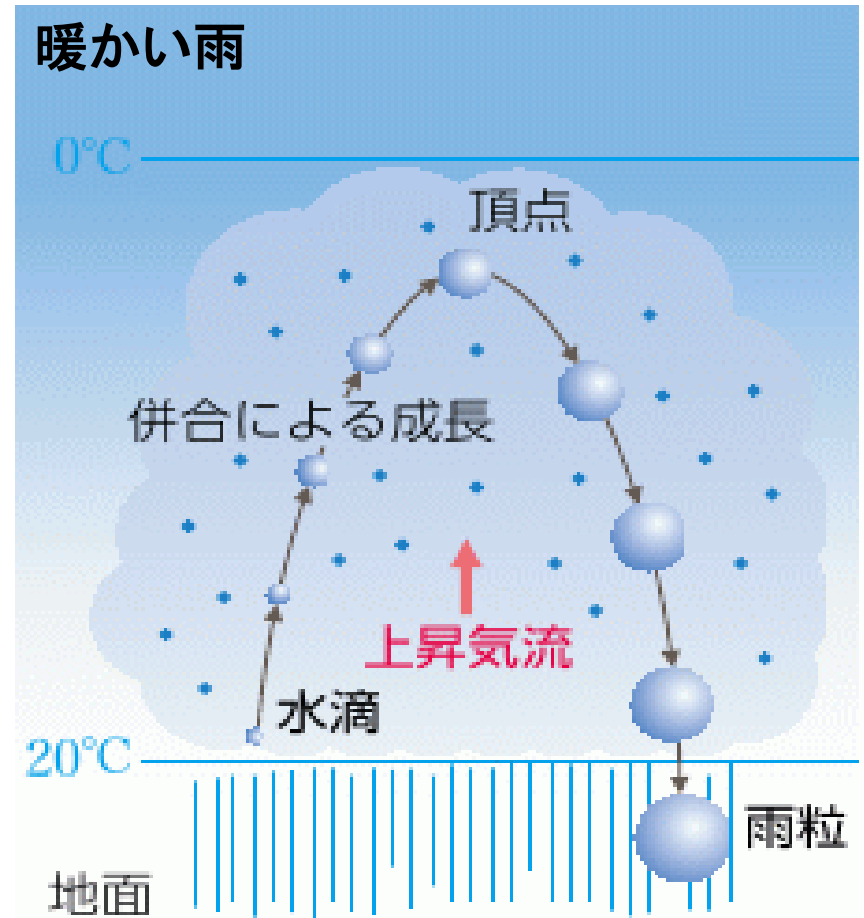
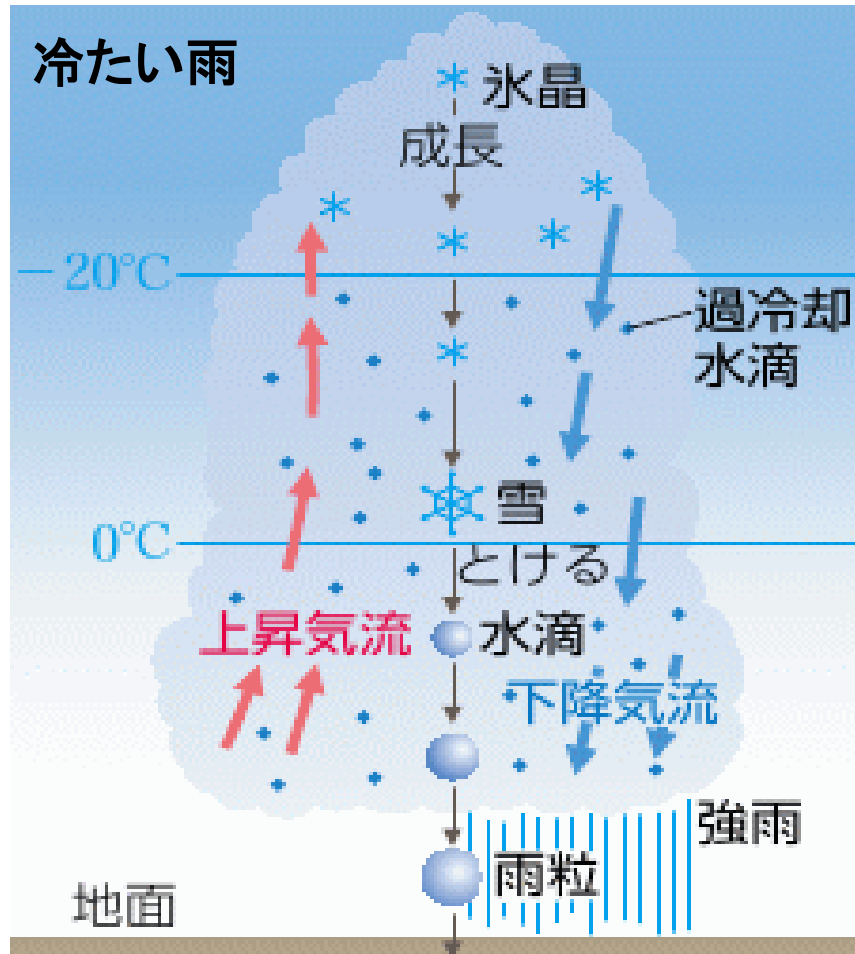


地学図表P.77

大気の安定度

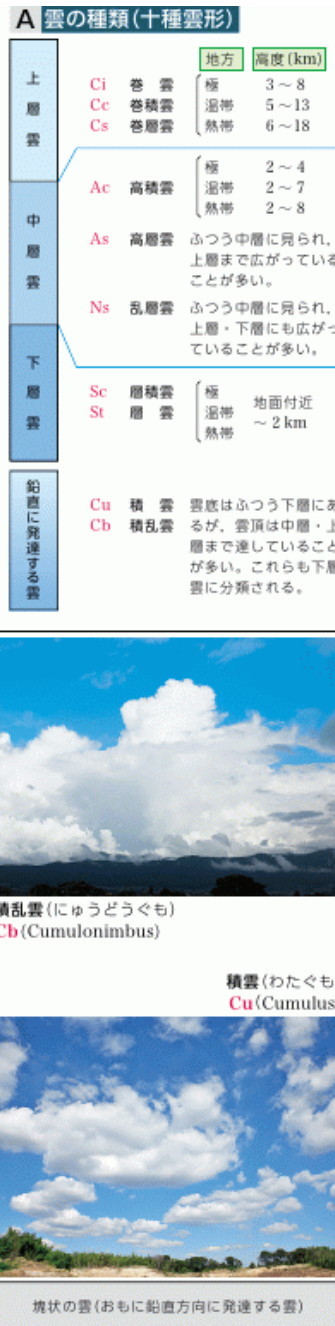


雨のでき方



雨は雲内の微物理過程によって作られる

雲の種類



雲の形

巻雲



高積雲

地学図表P.78



積雲



積乱雲



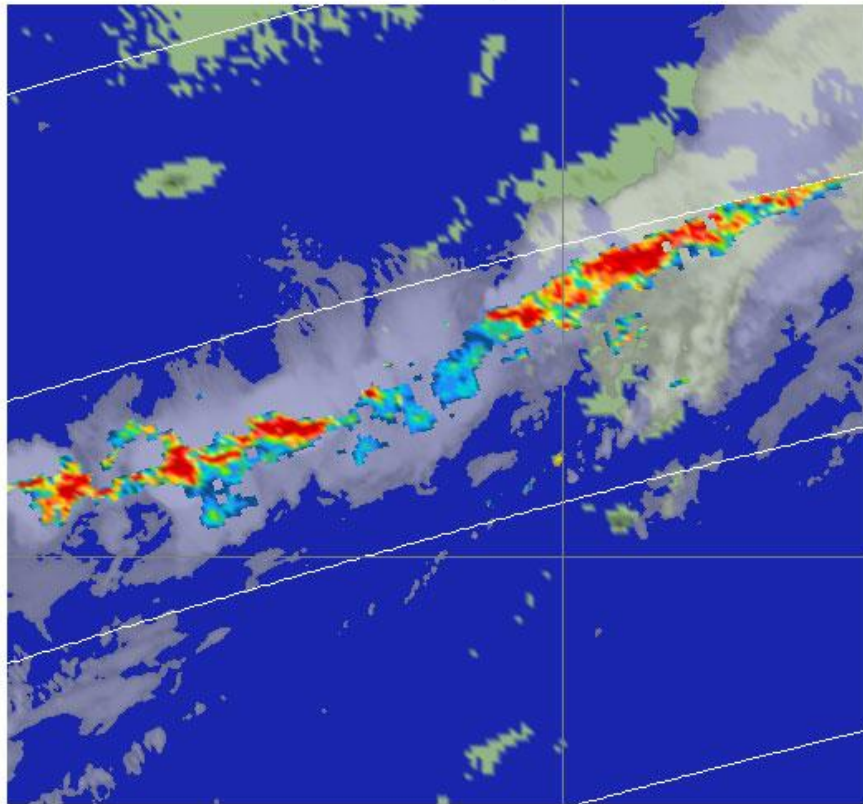
流れのパターンにより多様な雲の形ができる

特殊な雲

線状降水帯

TRMM PR 2A25 Rain

Horizontal Cross Section of Rain at 3.00 km Height



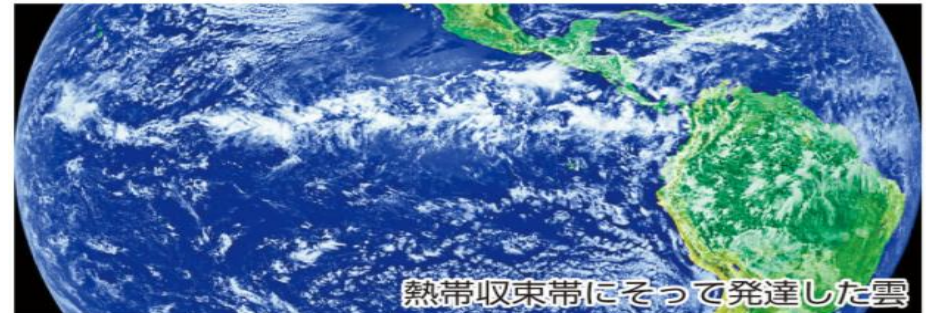
0 1 2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 (mm/h)

竜巻



http://farm1.static.flickr.com/185/452392668_7ba9ebcf4d.jpg

クラウドクラスター



地学図表P.85