

地球惑星科学II

第4回

2023年10月26日

前回(10/19)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
 - 文字数制限あり(500字)

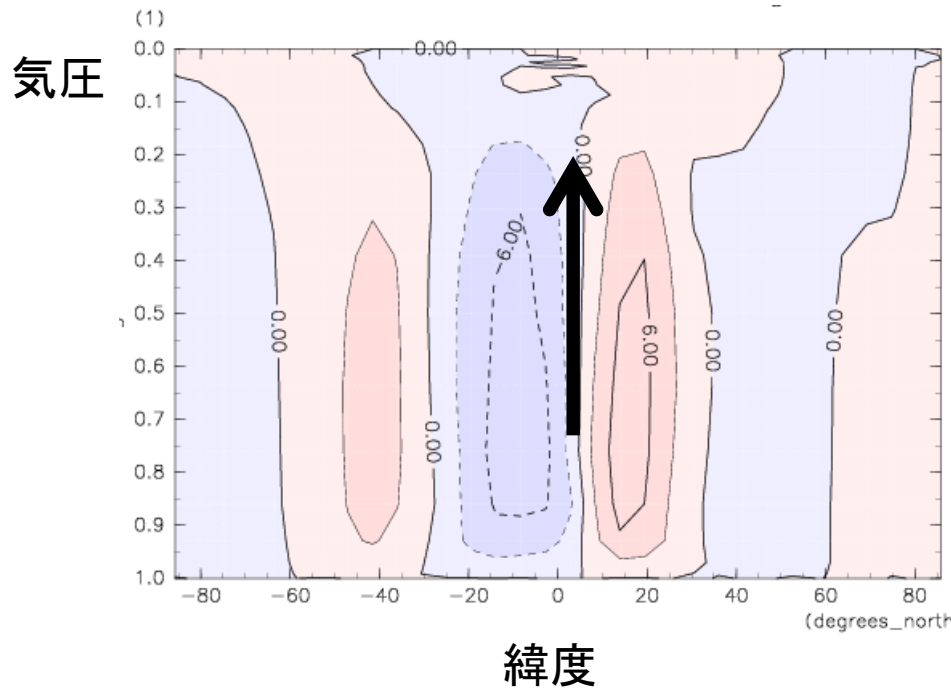
レポート解答例

- 大気の循環に関して
 - 昼も夜も無い状況を想定したもの
 - 赤道から極まで大きな1つの循環ができる(多数派)
 - 大気大循環は停止する(ごく少数派)
 - 昼半球と夜半球が存在する状況を想定したもの
 - 昼半球で上昇流・夜半球で下降流
 - 寒い夜半球で雨・雪が降る
- 大気以外にも注目
 - 自転が止まった瞬間
 - 海流が無くなる
 - 磁場が変わる

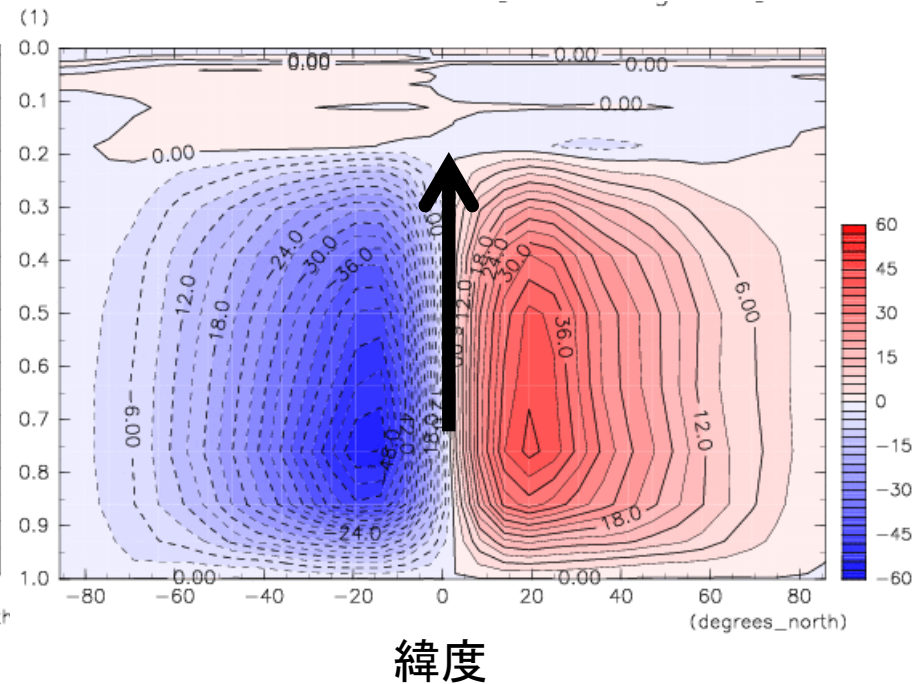
数値計算の結果：経度方向日射一様

- 大気大循環モデルを用いた計算
- 自転有りの場合・無しの場合

自転有り



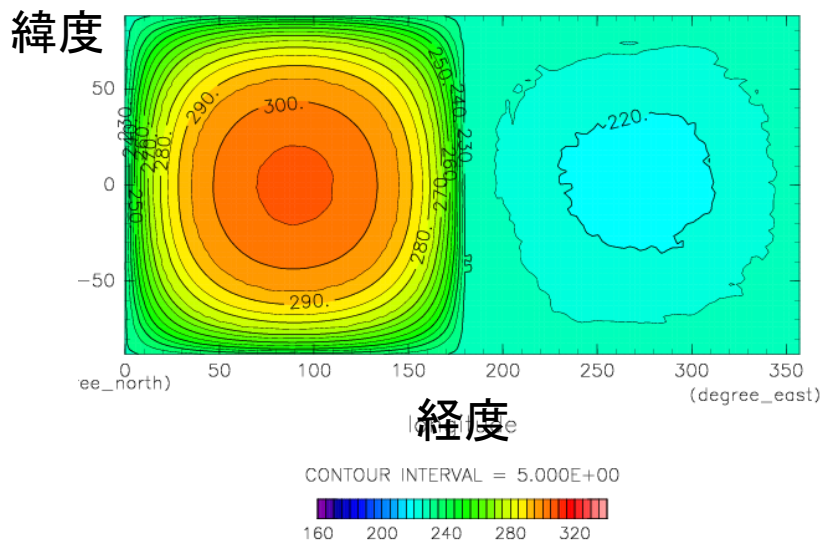
自転無し



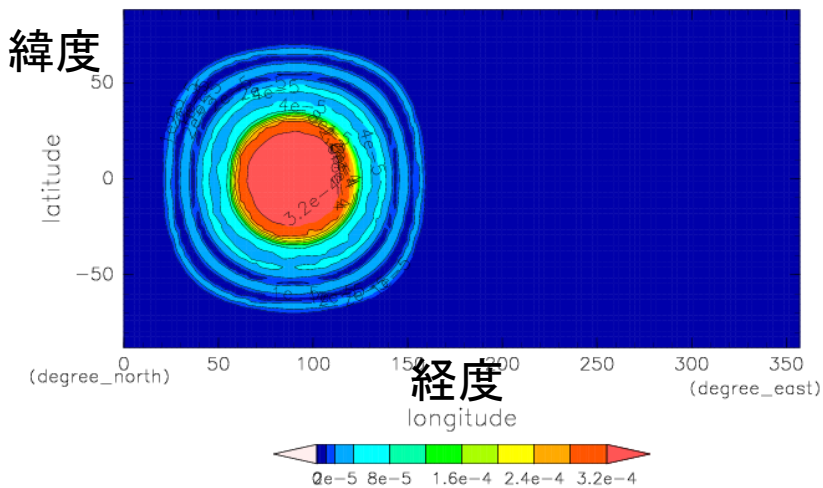
流線関数：流れの強さと向きをあらわす

数値計算の結果：永続的な昼と夜

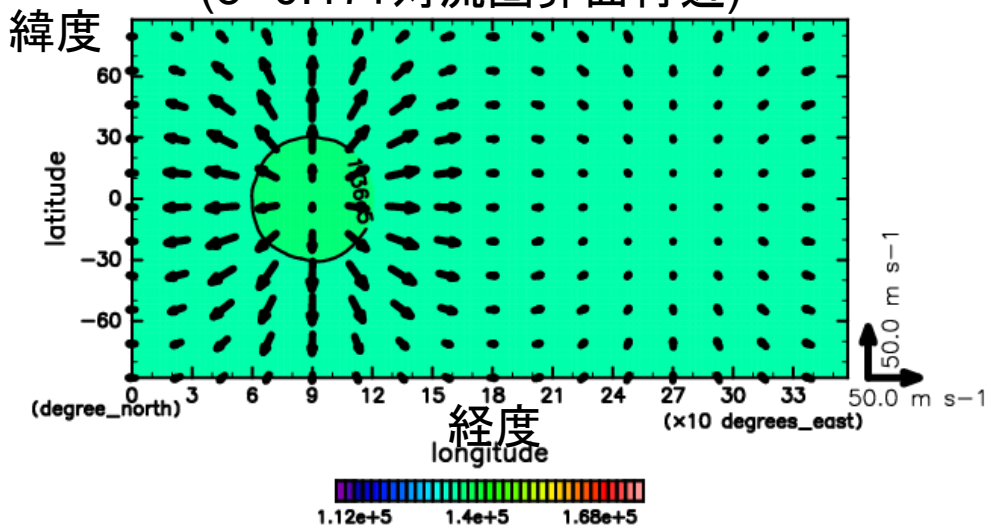
表面温度



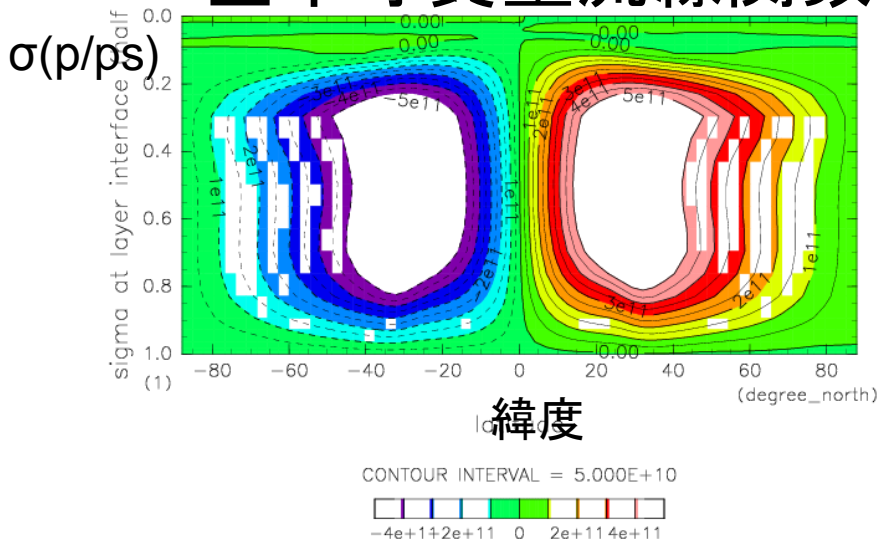
降水



水平風・ジオポテンシャル高度 ($\sigma=0.17$: 対流圏界面付近)



昼半球質量流線関数



今日のテーマ

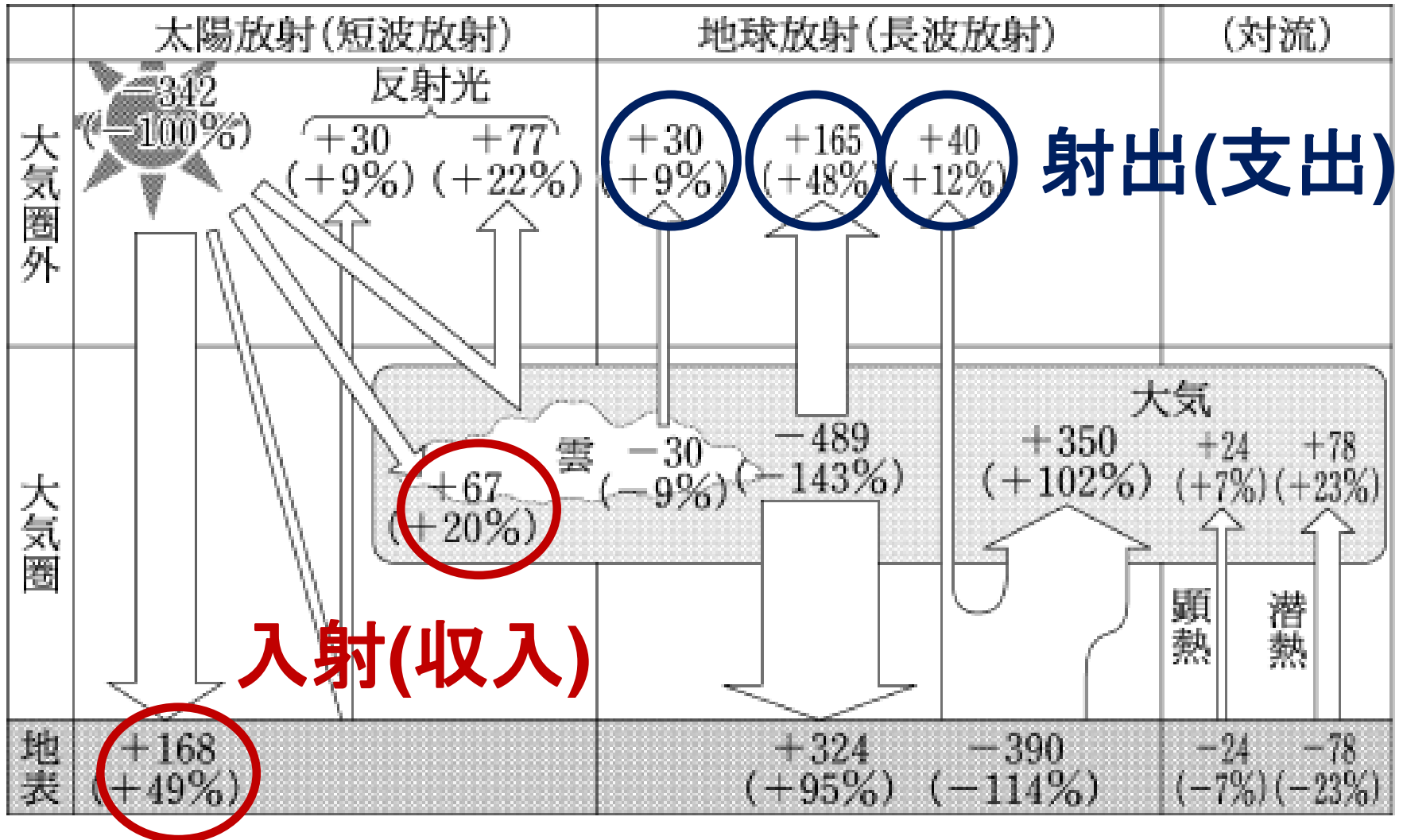
- 雲はどのようにできるか
- 参照: 地球惑星科学入門 21章



地学図表P.174
二訂版地学図表P.78

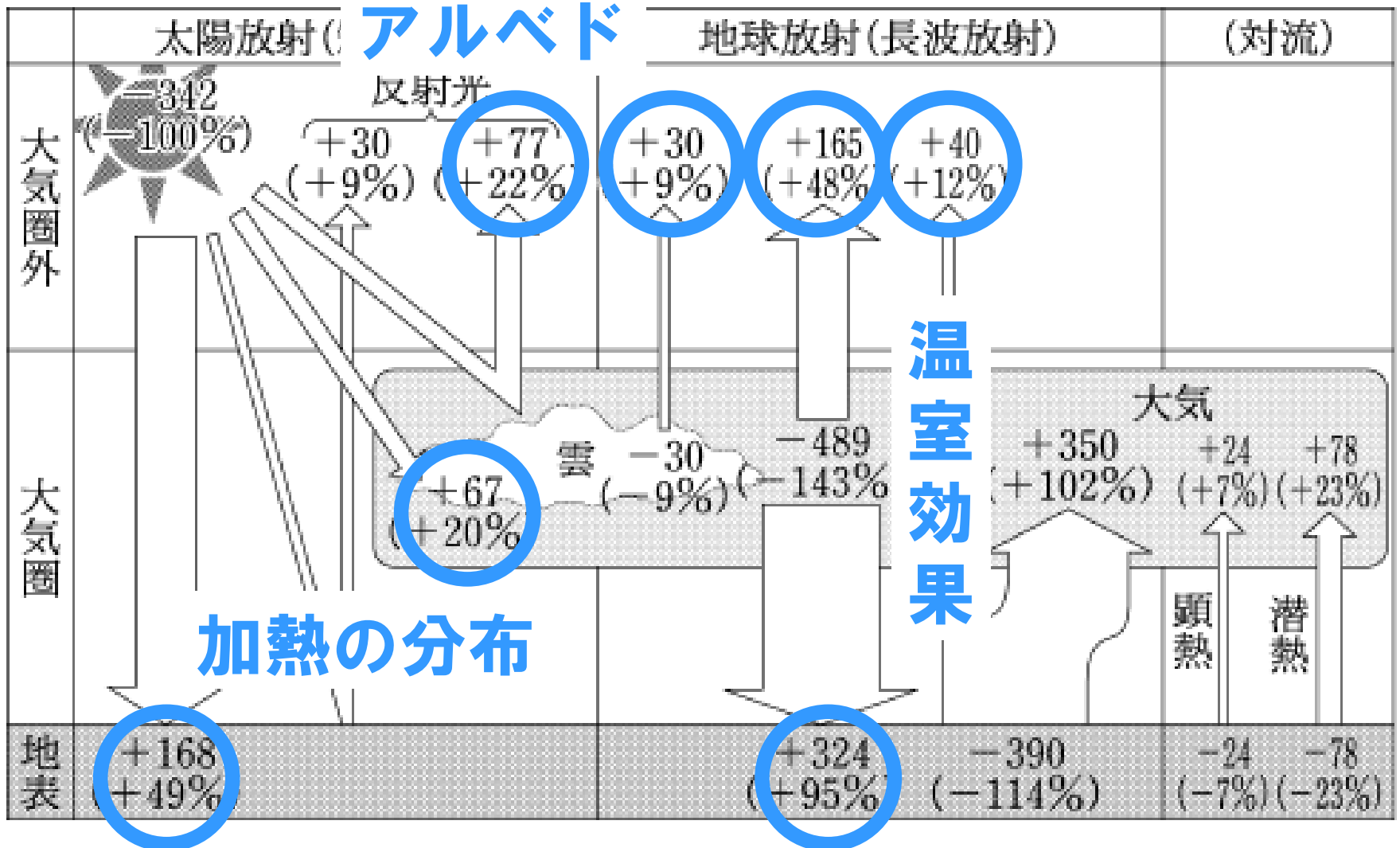
雲の重要性

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

- 加熱量の水平差により生じる流れ
- 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

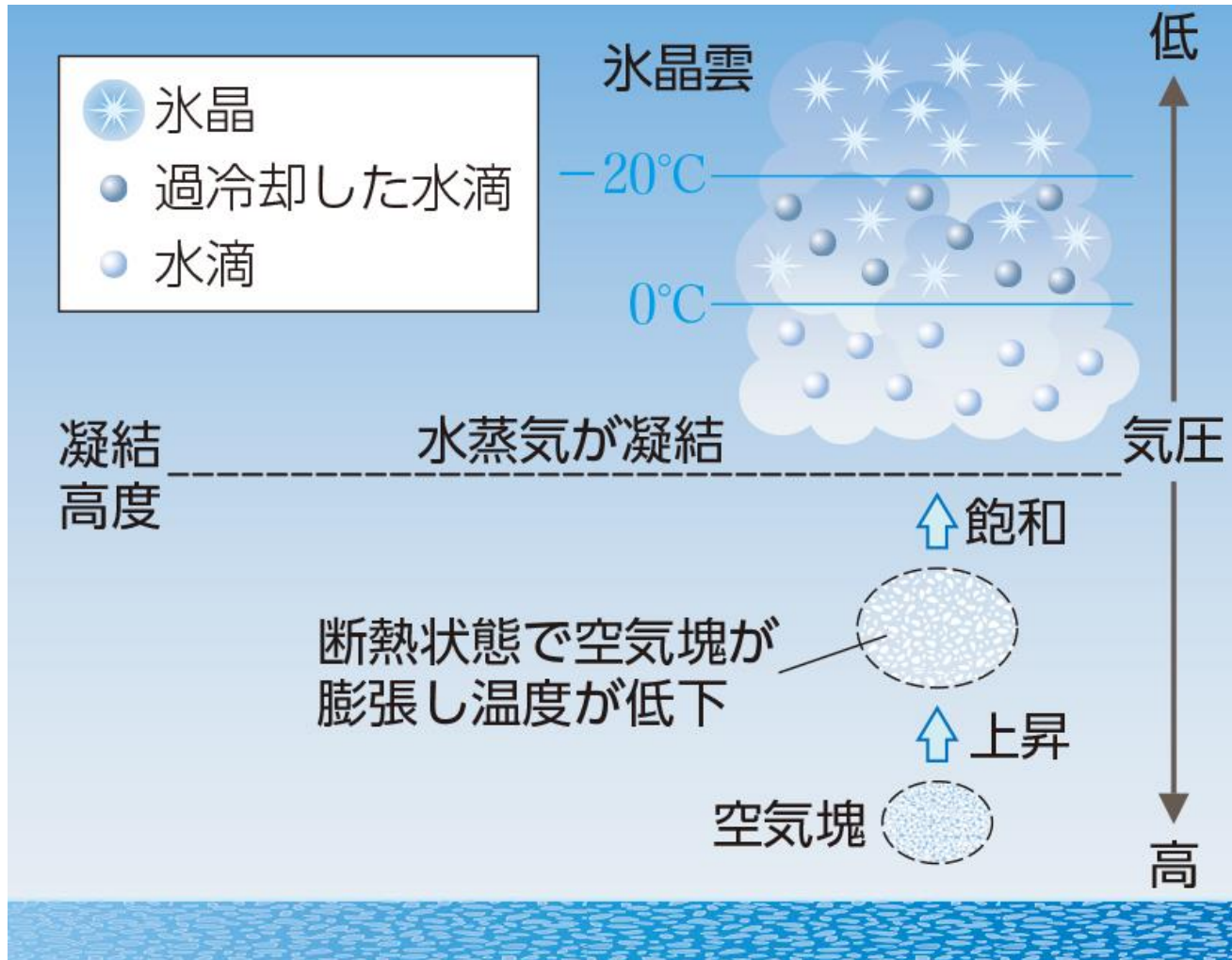


乱流



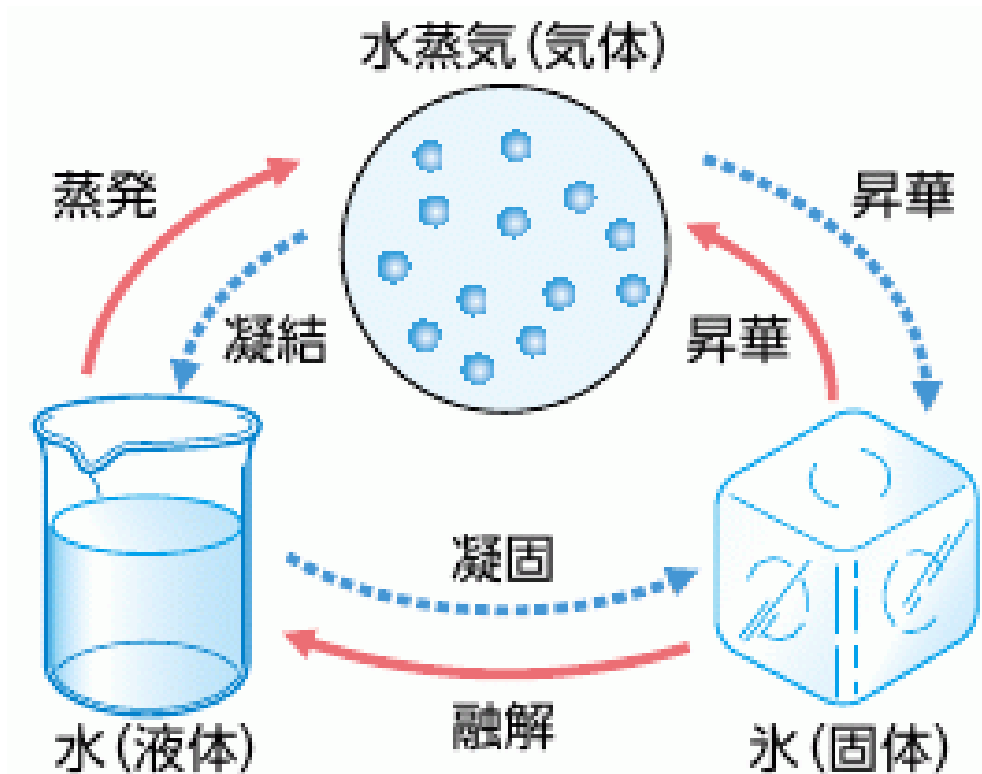
乱流 大規模な循環

雲対流の発生



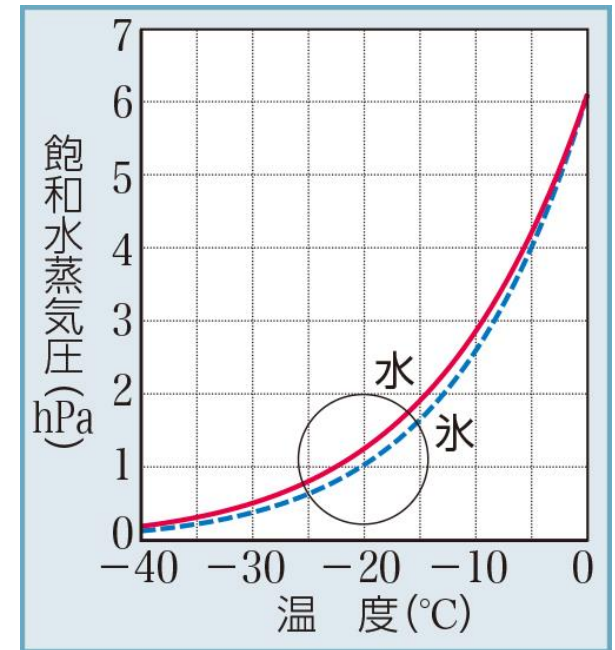
地学図表P.172
二訂版地学図表P.76

雲対流では水の相変化が起こる



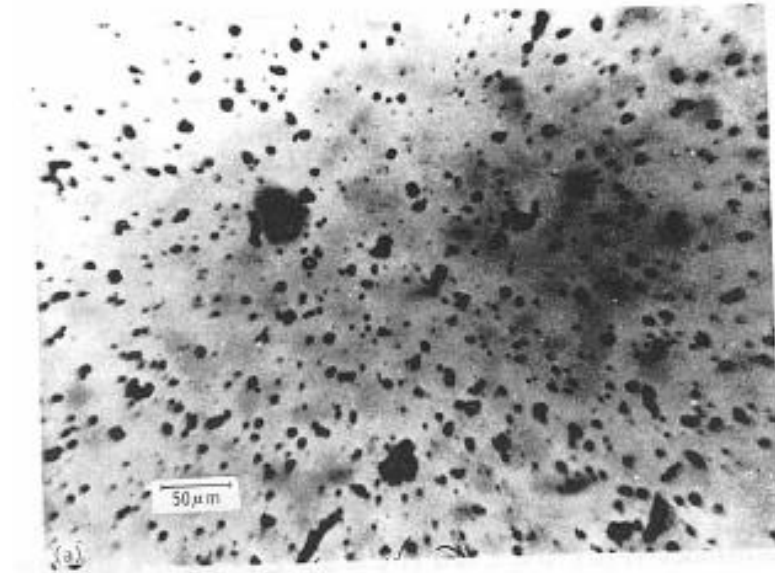
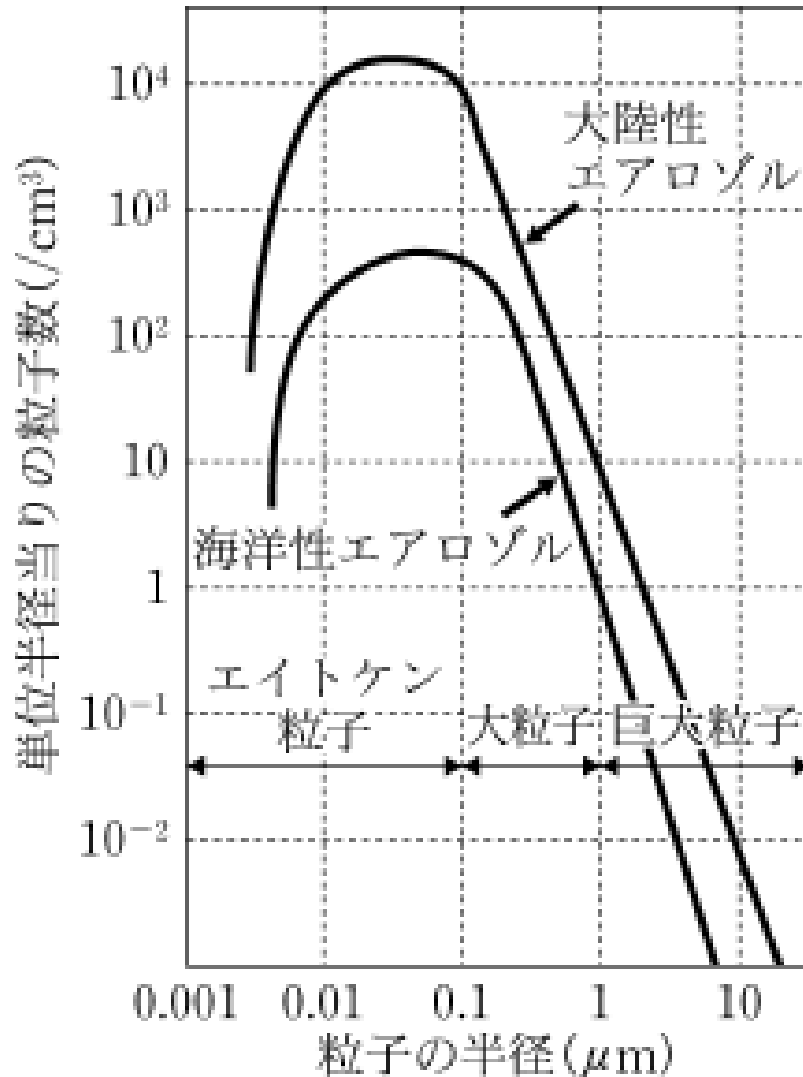
地学図表P.172
二訂版地学図表P.76

飽和蒸気圧曲線



地学図表P.173
二訂版地学図表P.77

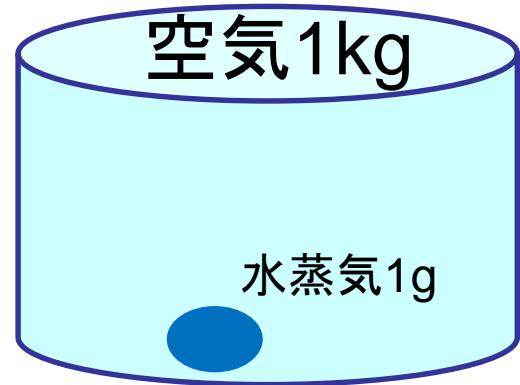
雲の生成：凝結核への凝結



小倉、一般気象学

今日の計算問題：潜熱の大きさ

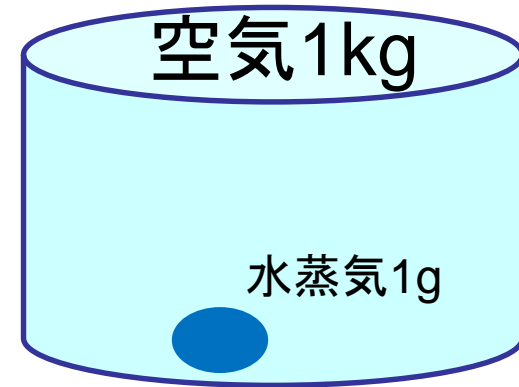
- 以下の状況を考える
 - 1kg の空気の中に 1g の水蒸気が入っている
 - 水蒸気が全部凝結する
- 空気の温度は何度上がるか？
 - 空気の比熱を 10^3 J/K/kg とする
 - 比熱：1kg の物質を温度1K上げるのに要するエネルギー
 - 水蒸気の潜熱を $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ とする
 - 潜熱：1kgの物質が相変化で出すエネルギー



計算問題の回答例

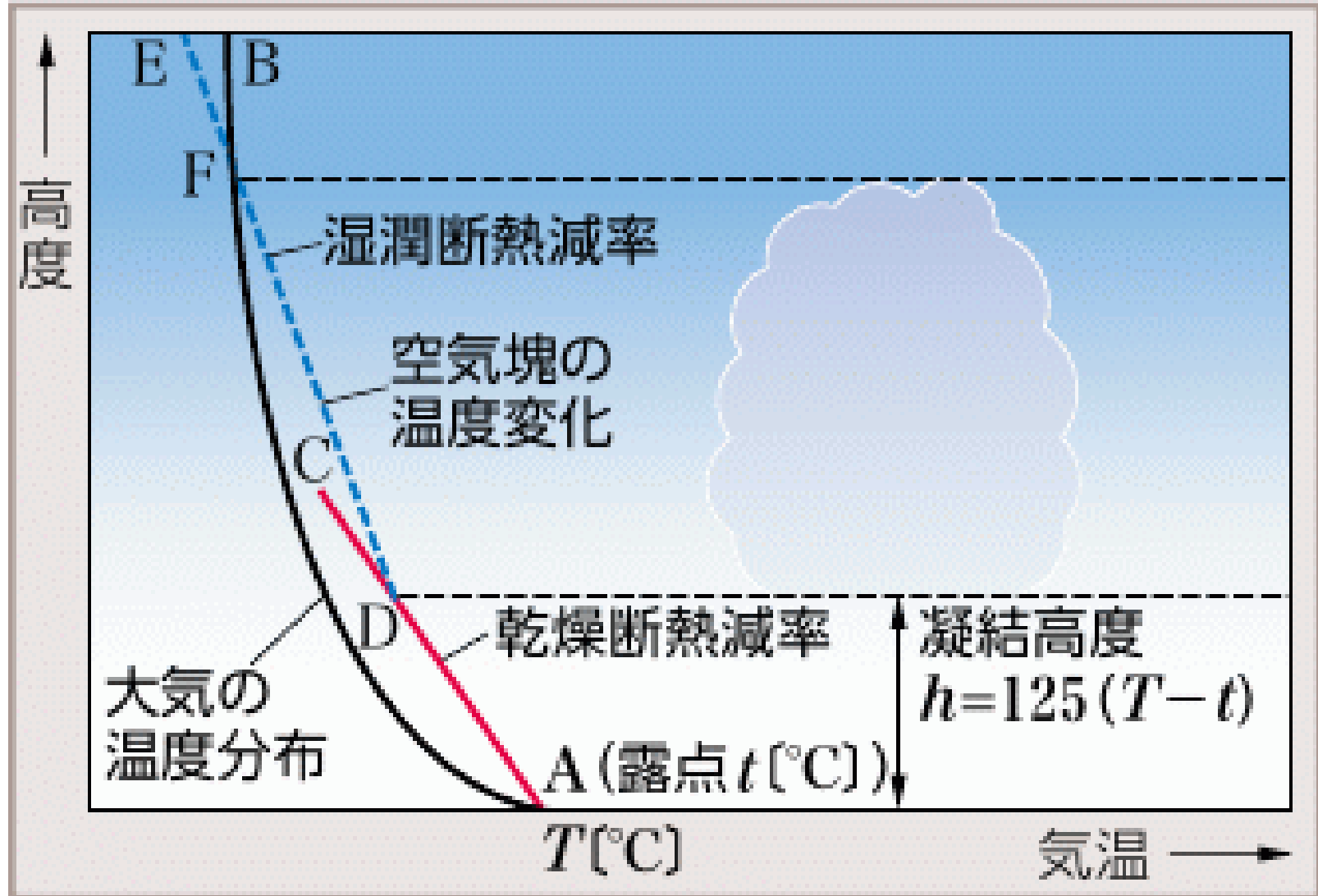
• 設定

- 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
- 水蒸気の潜熱: $2.5 \times 10^6\text{ J/kg}$
 - 潜熱: 1kgの物質が相変化で出す熱量



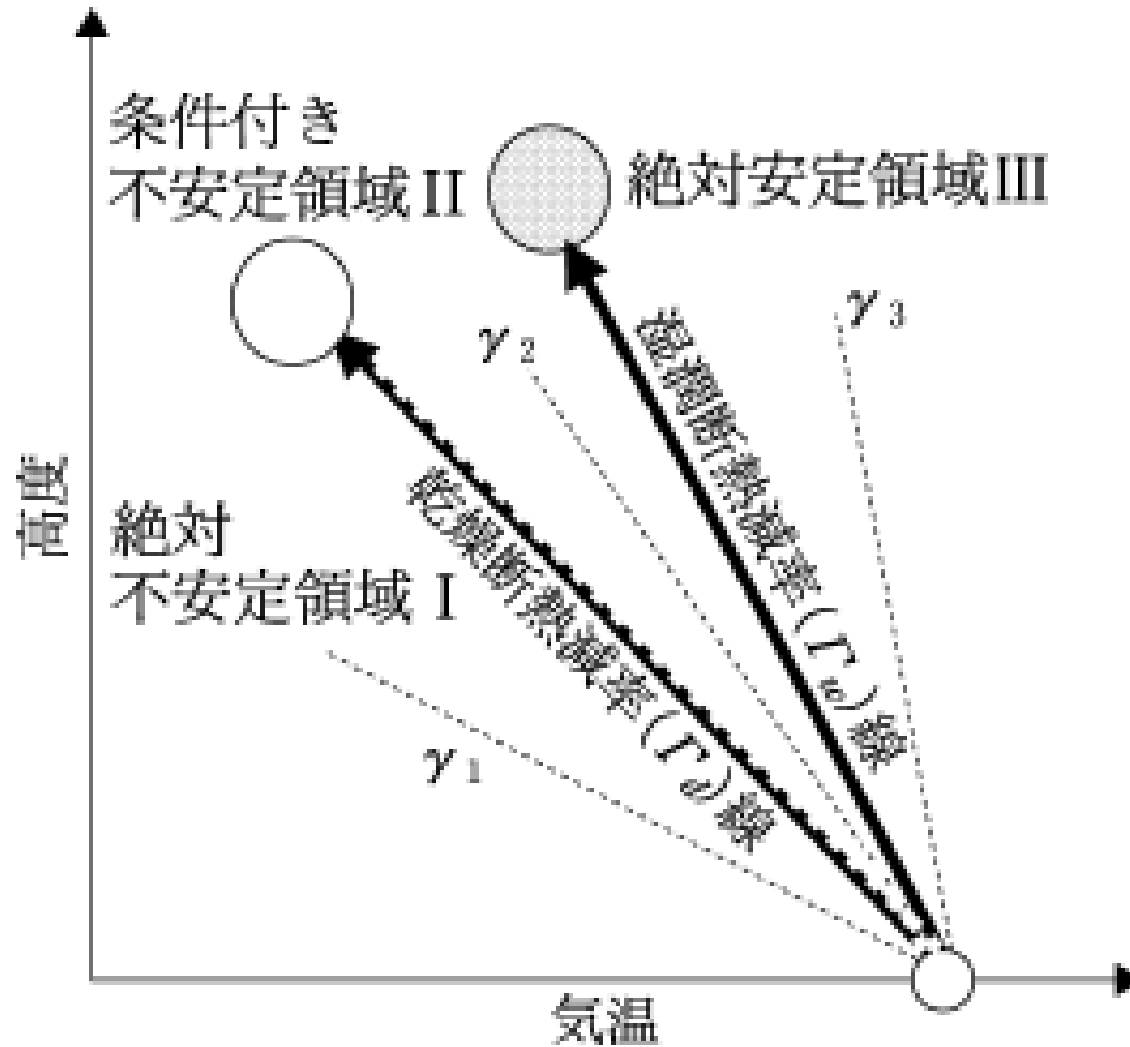
$$\begin{aligned}(\text{温度変化量}) &= \frac{(\text{出る熱})}{(\text{空気の比熱}) \times (\text{空気の質量})} = \frac{(\text{水蒸気質量}) \times (\text{潜熱})}{(\text{空気の比熱}) \times (\text{空気の質量})} \\ &= \frac{(10^{-3}\text{ kg}) \times (2.5 \times 10^6\text{ J/kg})}{(1000\text{ J/(K kg)}) \times (1\text{ kg})} \\ &= 2.5\text{K}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

大気の温度分布

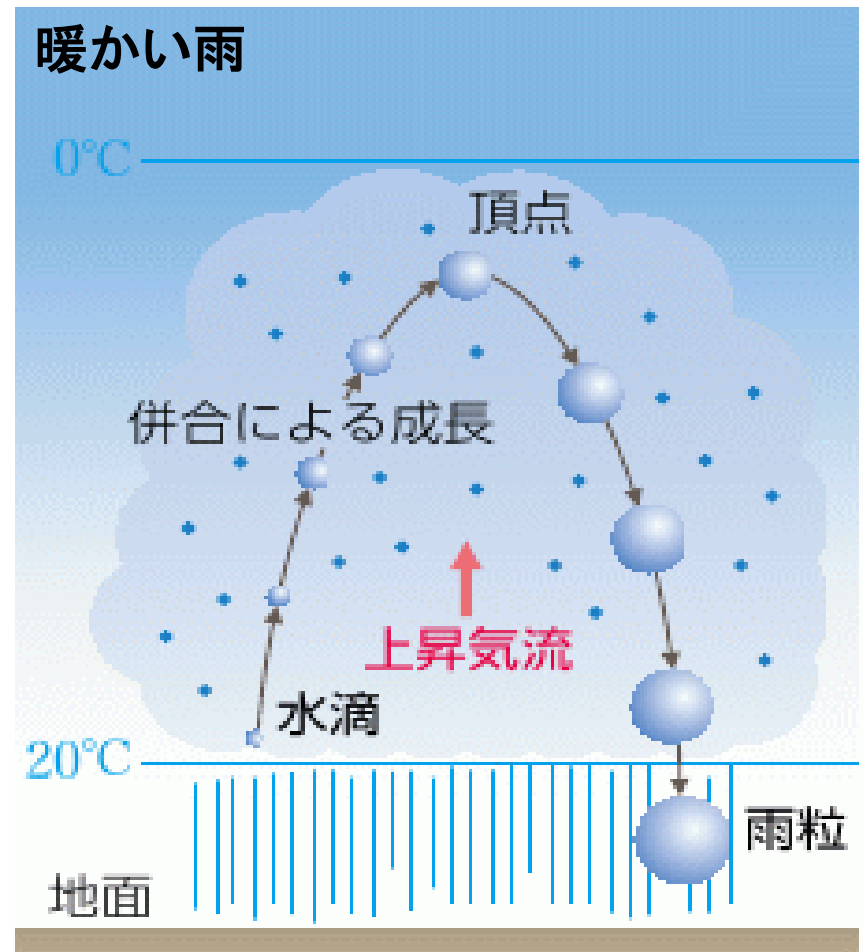
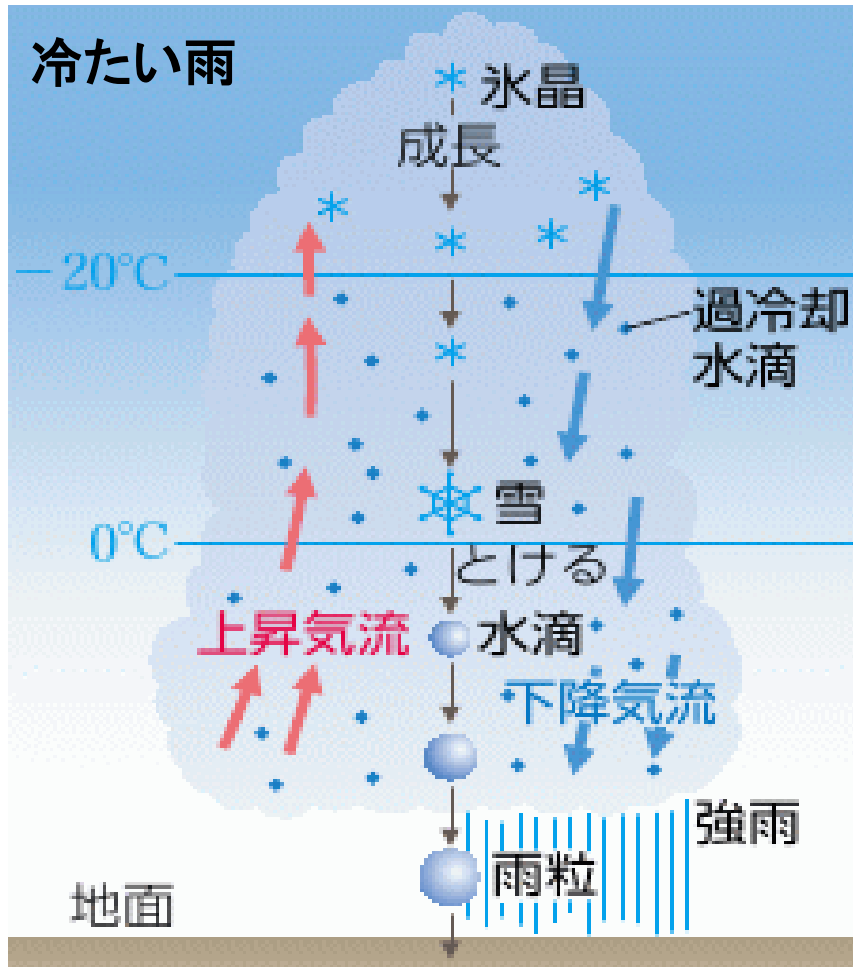


地学図表P.173
二訂版地学図表P.77

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



A 雲の種類(十種雲形)

層	雲種	地方	高度 (km)
上層雲	Ci 巻雲	極	3~8
	Cc 巻積雲	温帯	5~13
	Cs 巻層雲	熱帯	6~18
中層雲	Ac 高積雲	極	2~4
		温帯	2~7
		熱帯	2~8
下層雲	As 高層雲	ふつう中層に見られ、上層まで広がっていることが多い。	
	Ns 乱層雲	ふつう中層に見られ、上層・下層にも広がっていることが多い。	
	Sc 層積雲	極	地面付近
鉛直に発達する雲	St 層雲	温帯	~2 km
		熱帯	
	Cu 積雲	雲底はふつう下層にあるが、雲頂は中層・上層まで達していることが多い。これらも下層雲に分類される。	
	Cb 積乱雲		



積乱雲(にゅうどうくも) Cb(Cumulonimbus)

積雲(わたくも) Cu(Cumulus)



塊状の雲(おもに鉛直方向に発達する雲)

地学図表P.174
二訂版地学図表P.78

雲の形

地学図表P.174
二訂版地学図表P.78

巻雲



高積雲



積雲



積乱雲



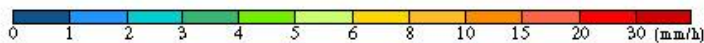
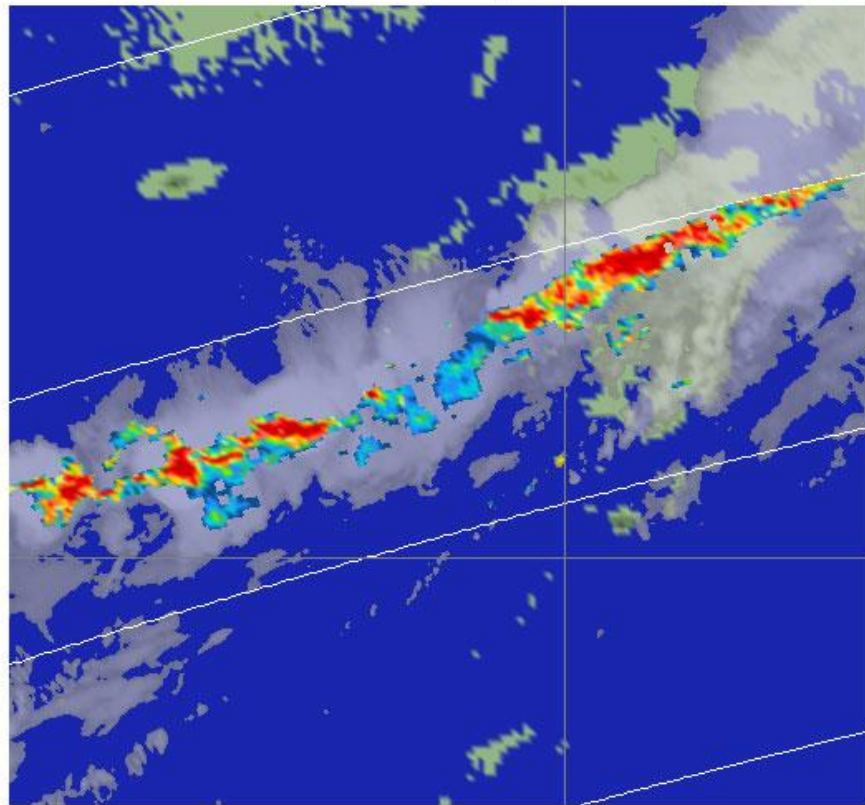
流れのパターンにより多様な雲の形ができる

特殊な雲

線状降水帯

TRMM PR 2A25 Rain

Horizontal Cross Section of Rain at 3.00 km Height

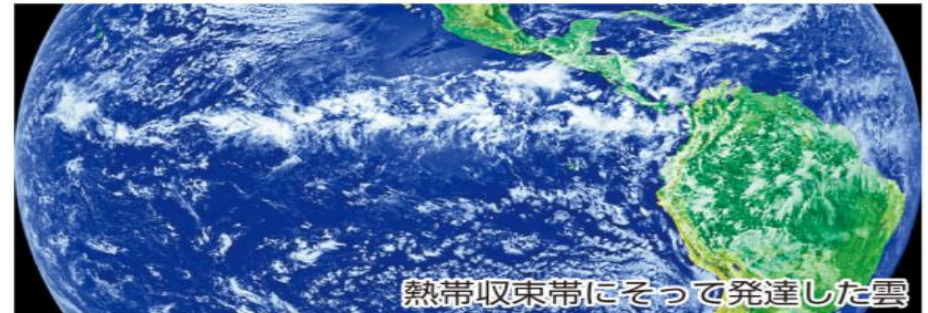


竜巻



http://farm1.static.flickr.com/185/452392668_7ba9ebcfd4.jpg

クラウドクラスター



地学図表P.181

二訂版地学図表P.85