

地球惑星科学II

第4回

2026年10月29日

今日のテーマ

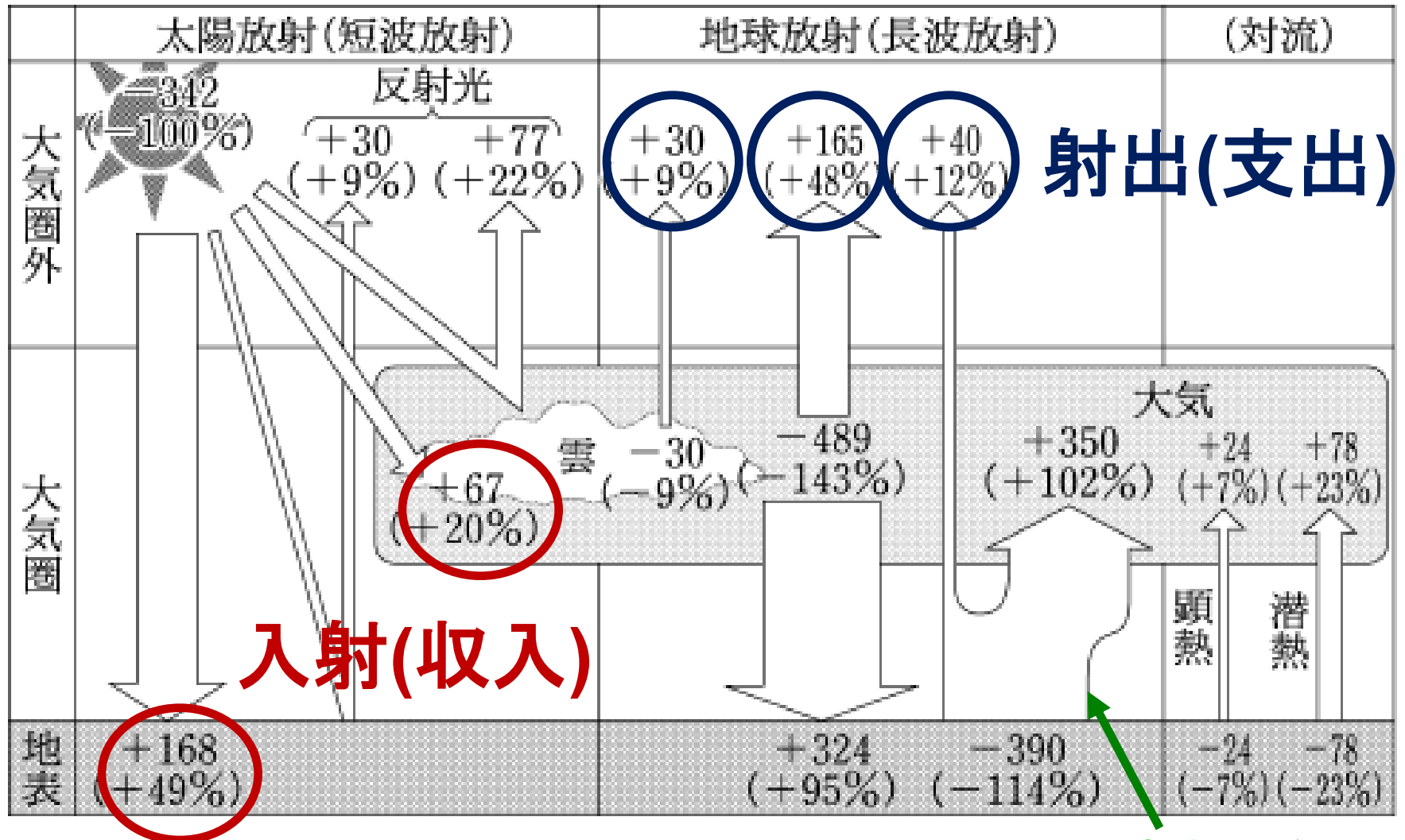
- 雲はどのようにできるか
- 参照：地球惑星科学入門 21章



地学図表P.78

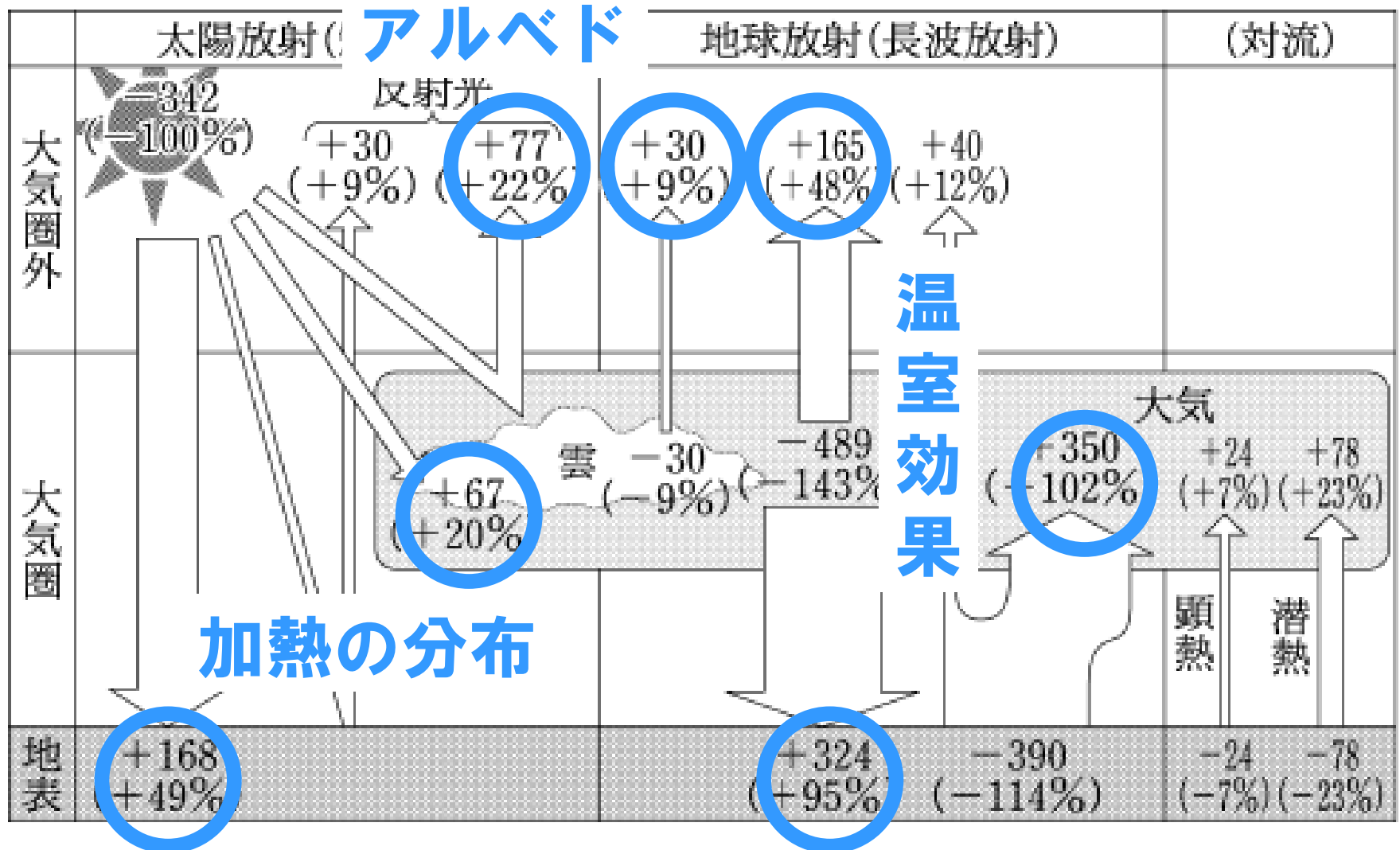
雲の重要性

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

- 加熱量の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

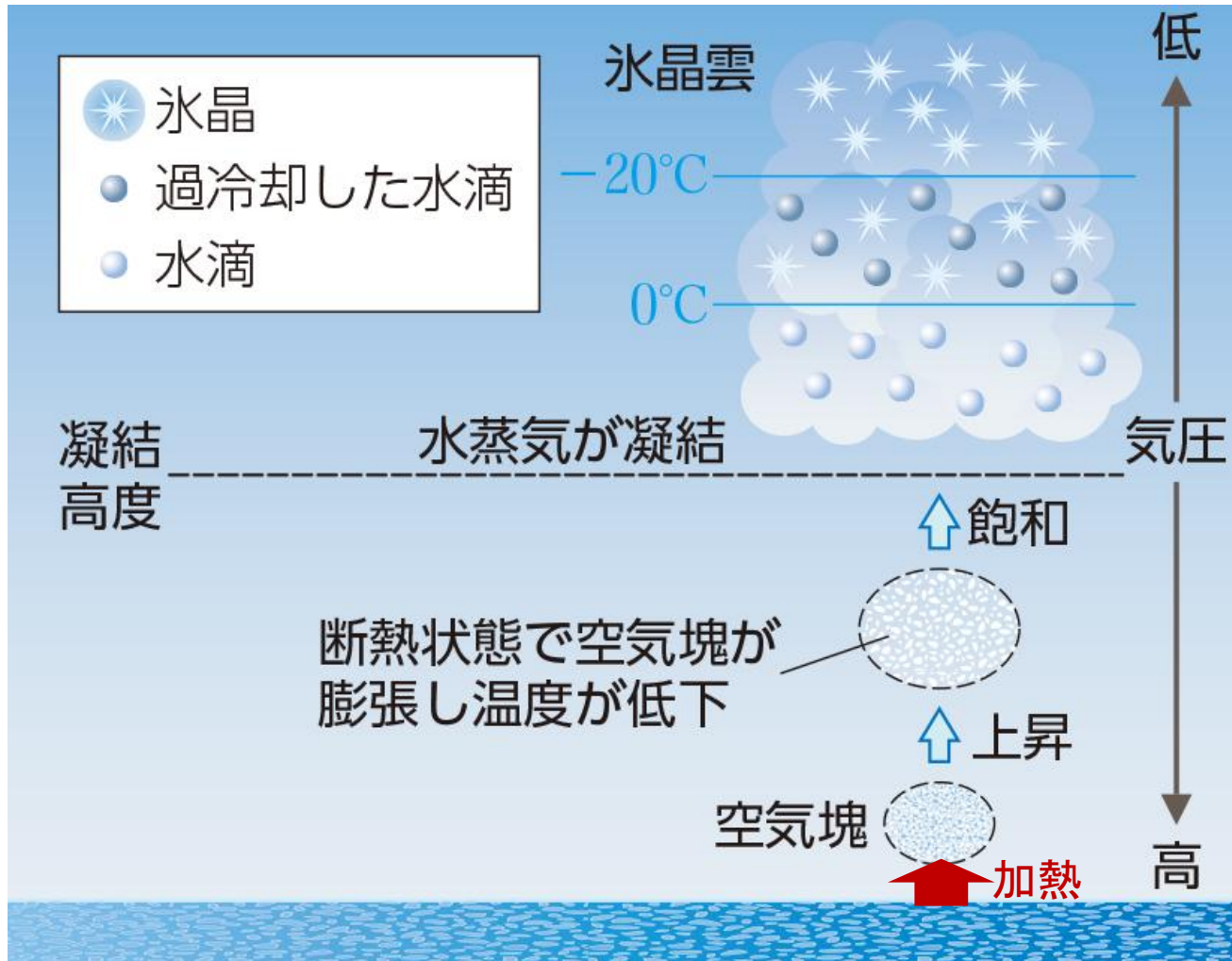


乱流



乱流 大規模な循環

雲対流の発生

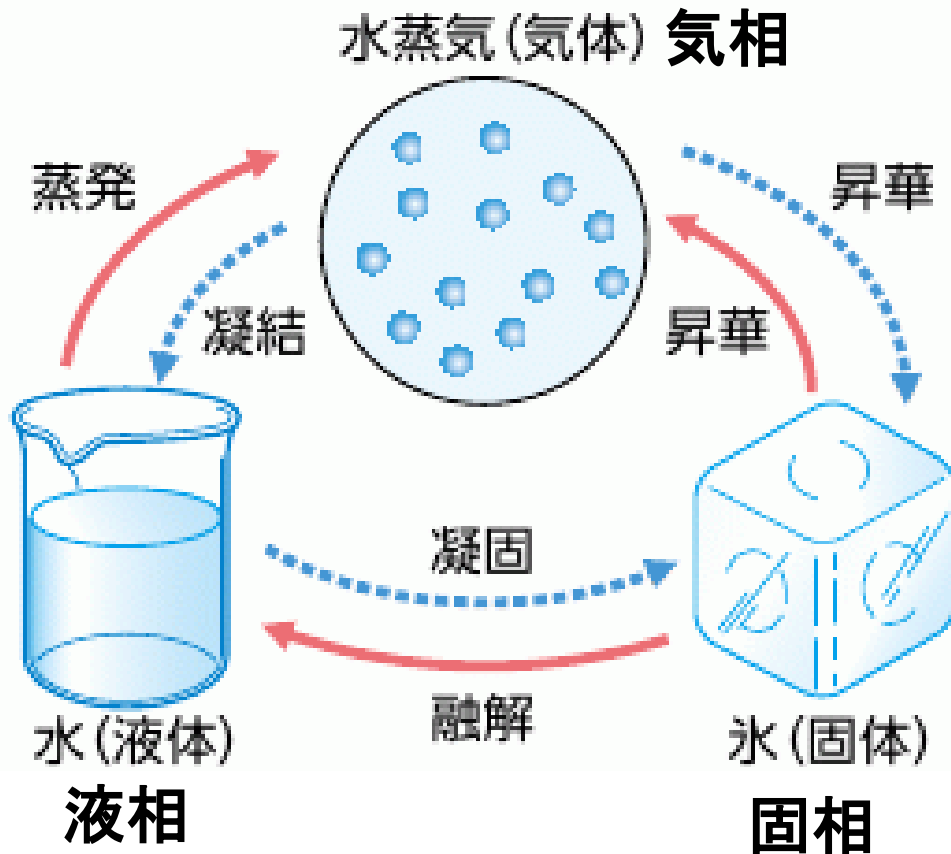


地学図表P.76

雲対流では水の相変化が起こる

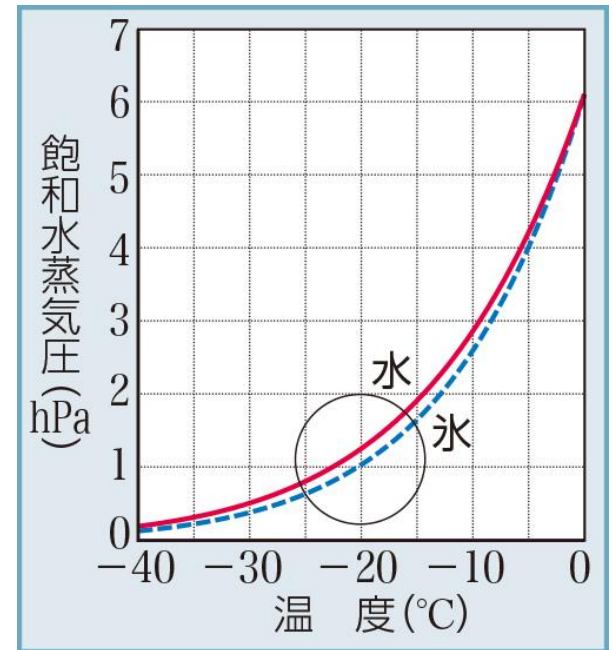
水の三態

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



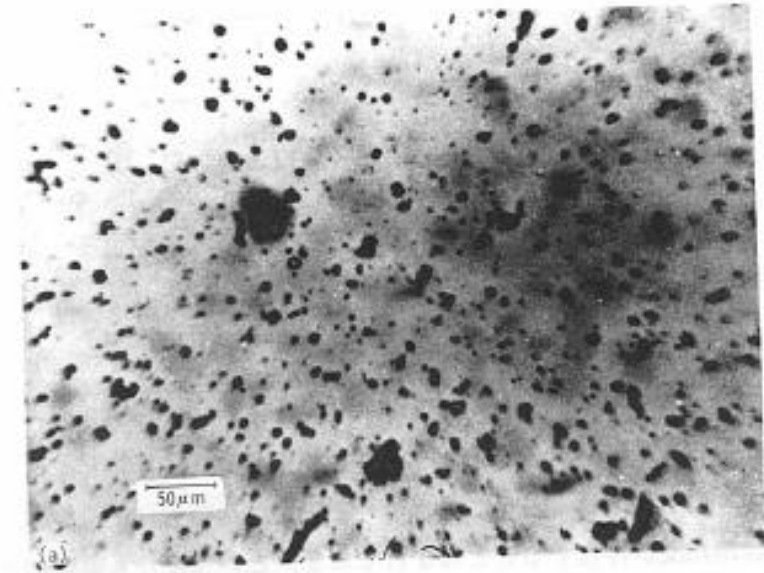
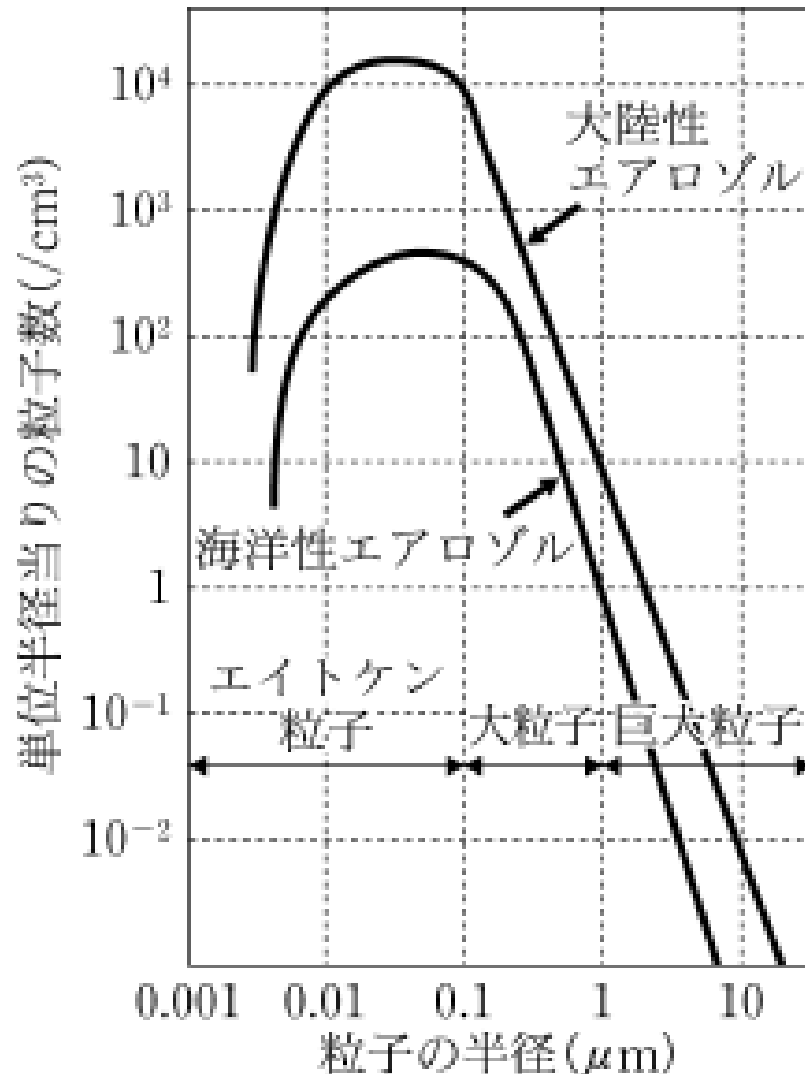
地学図表P.76

飽和蒸気圧曲線



地学図表P.77

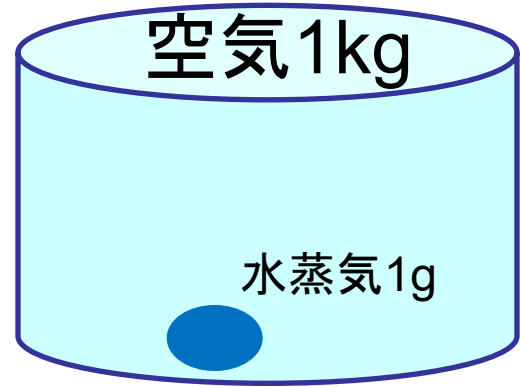
雲の生成：凝結核への凝結



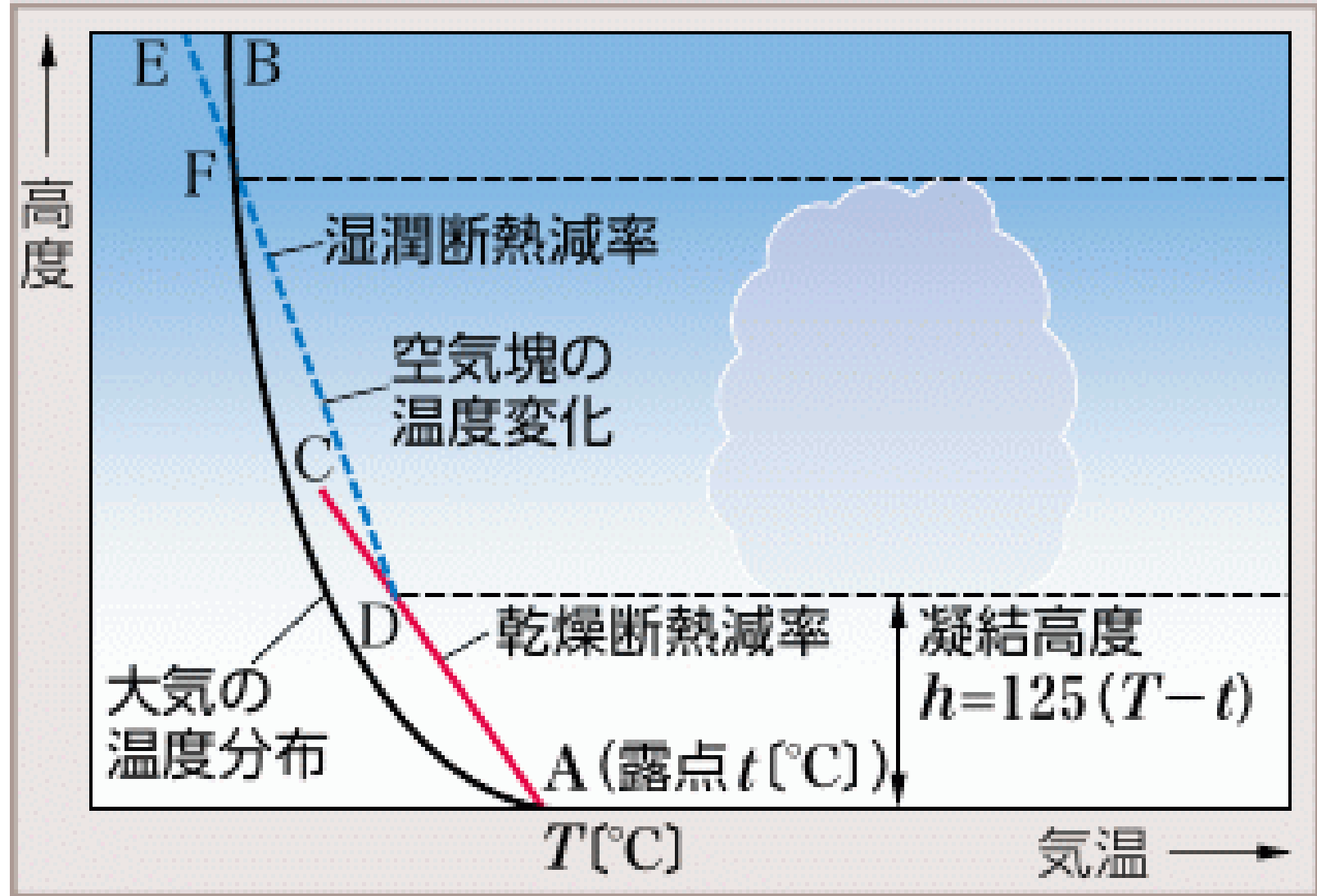
小倉、一般気象学

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

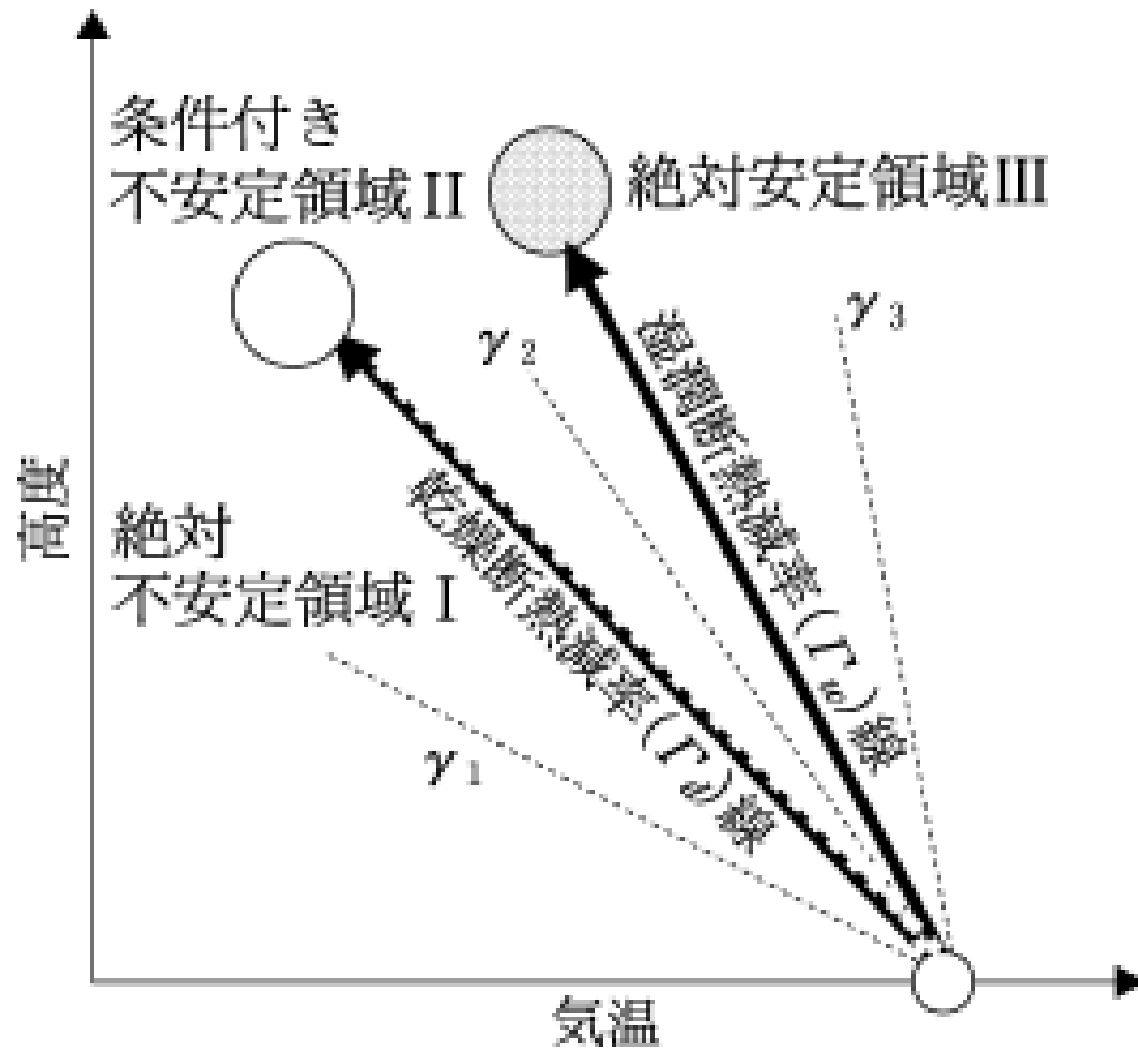


大気の温度分布

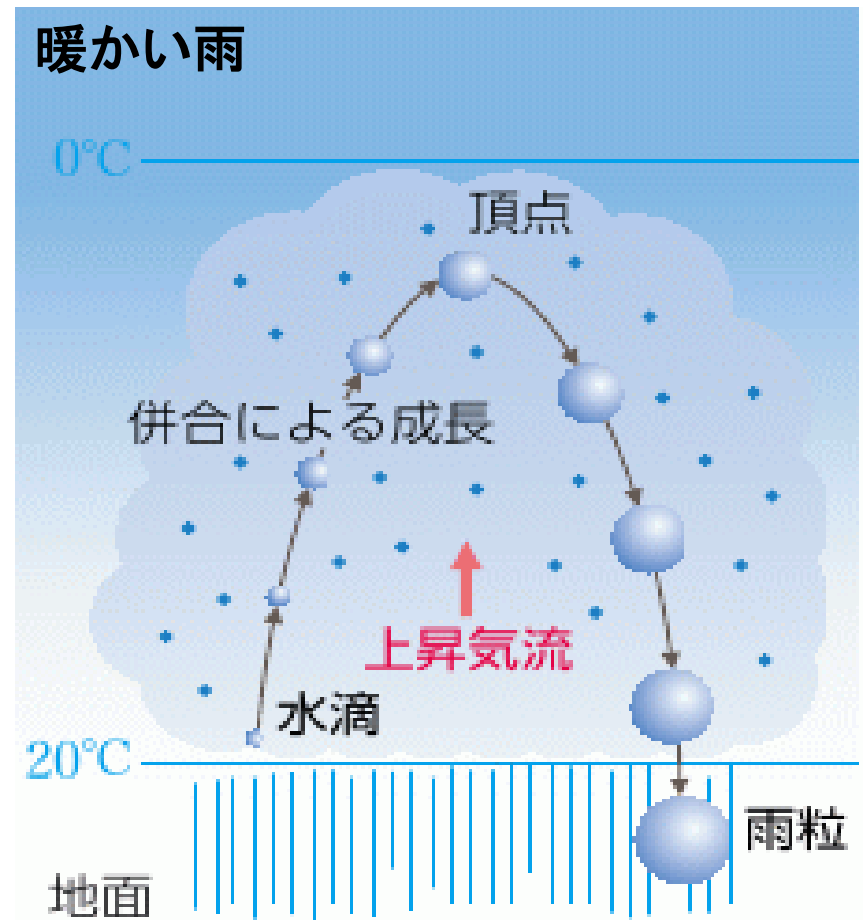
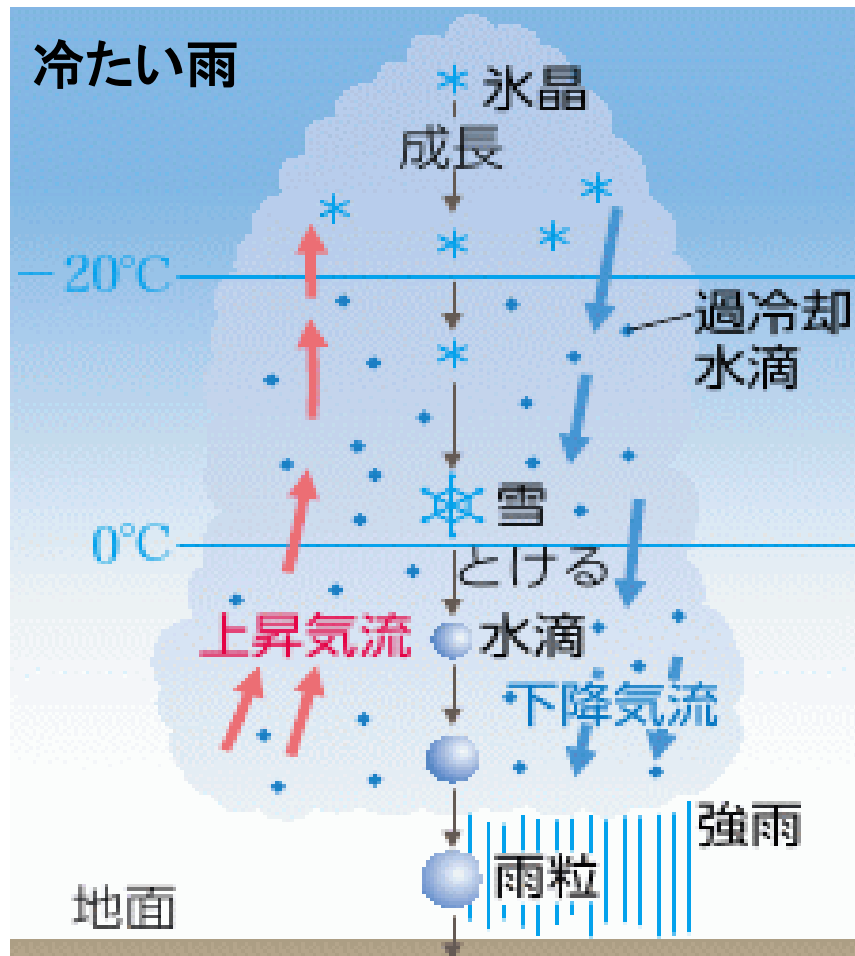


地学図表P.77

大気の安定度



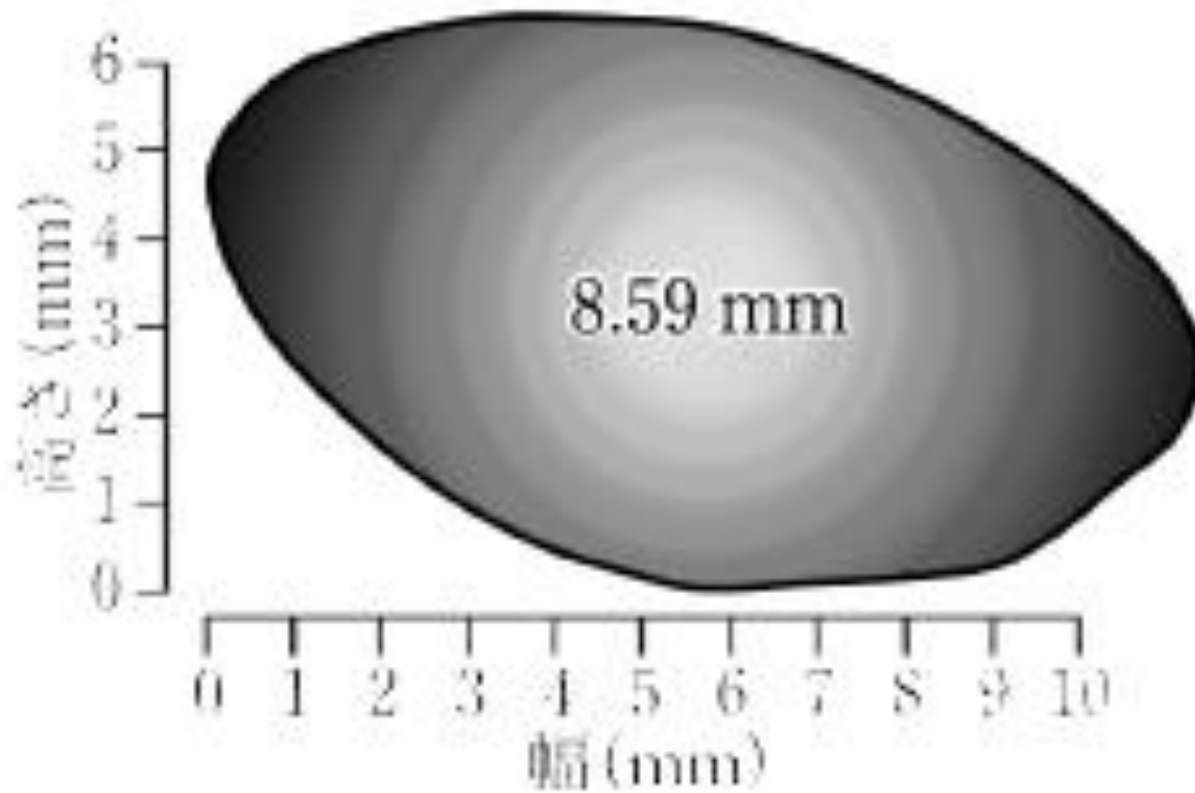
雨のでき方



雨は雲内の微物理過程によって作られる

雨粒

スマトラ(インドネシア)

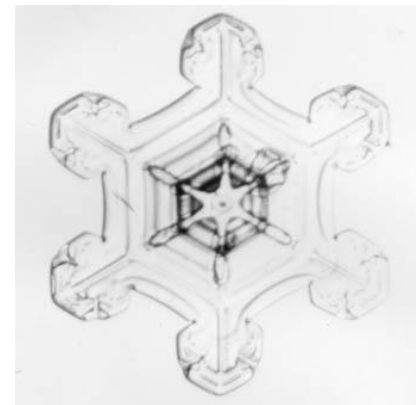
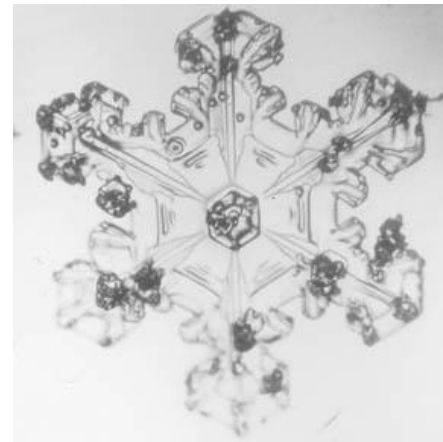
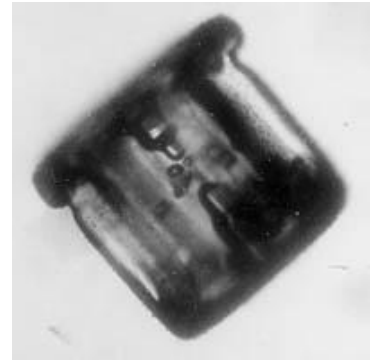
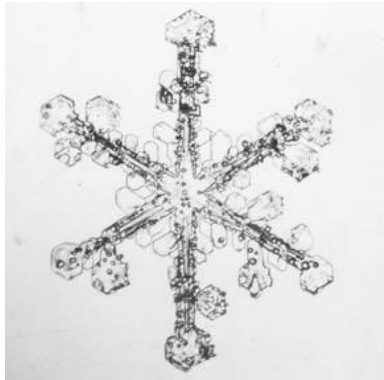
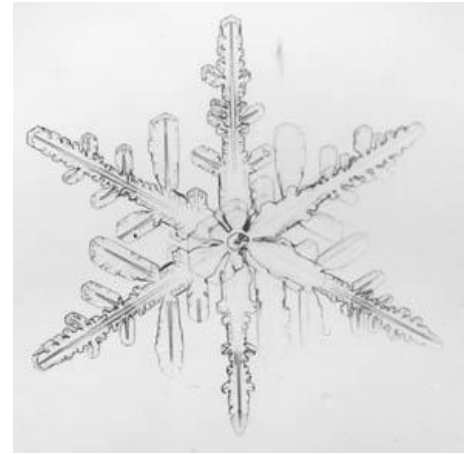
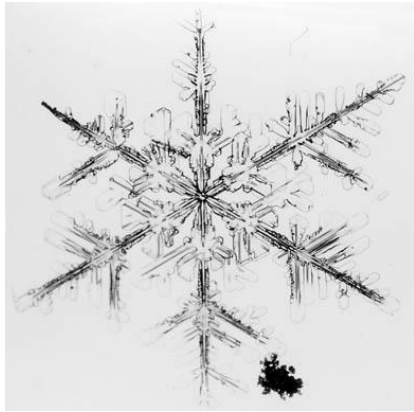


直径 5 mm



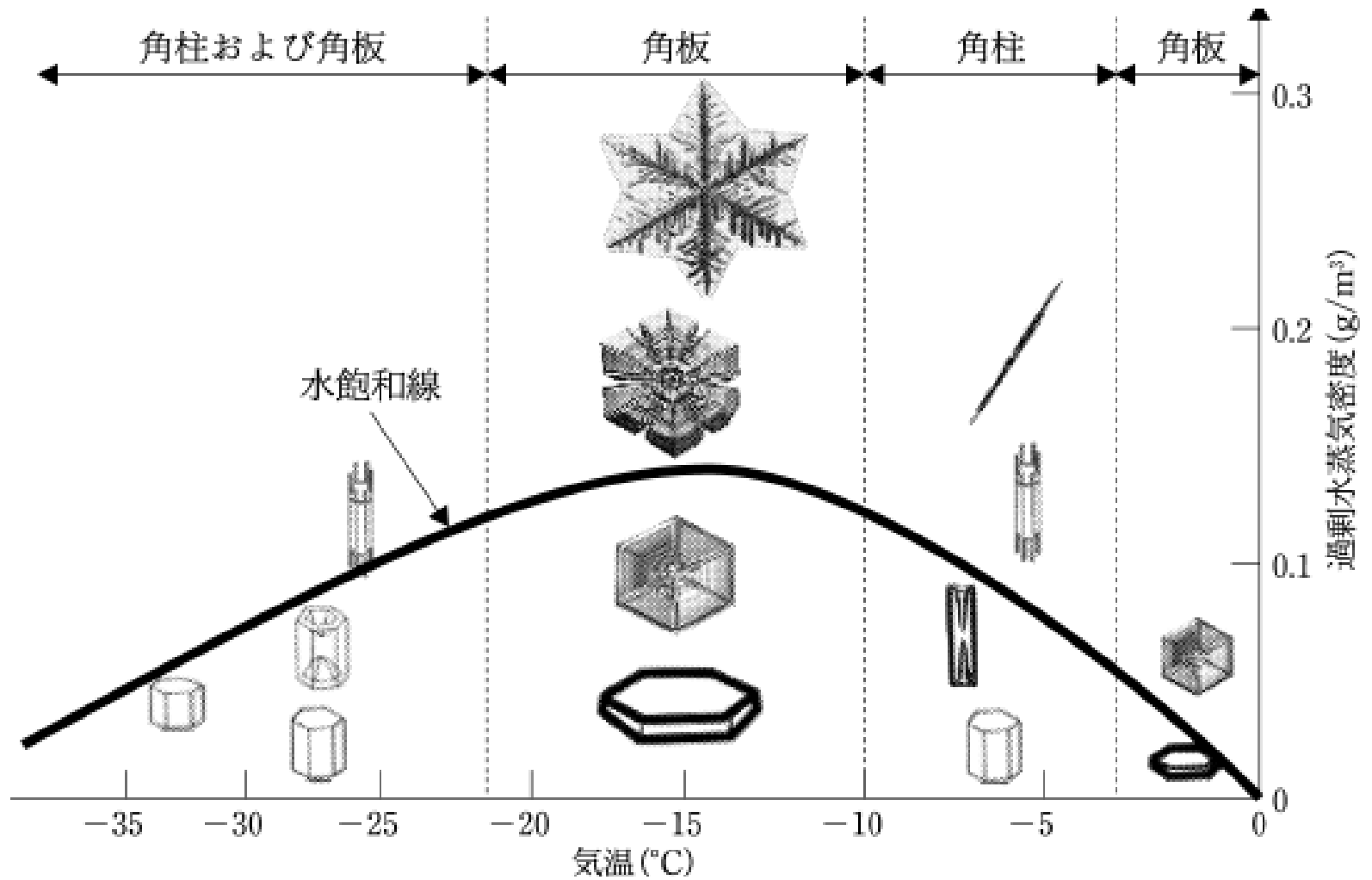
地球惑星科学入門p228

雪の結晶



<http://yukipro.sap.hokkyodai.ac.jp/snowwatch/gallery/gallery.html>より転載

雪の結晶



地球惑星科学入門p228

雲の種類



A 雲の種類(十種雲形)

		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
	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。	
下層雲	Sc 層積雲	極	地面付近
	St 層雲	温帯	~ 2 km
		熱帯	~ 2 km
鉛直に発達する雲	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(にゅうどうぐも)
Cb(Cumulonimbus)



積雲(わたぐも)
Cu(Cumulus)

塊状の雲(おもに鉛直方向に発達する雲)

地学図表P.78

雲の形

巻雲



高積雲



地学図表P.78

積雲



積乱雲



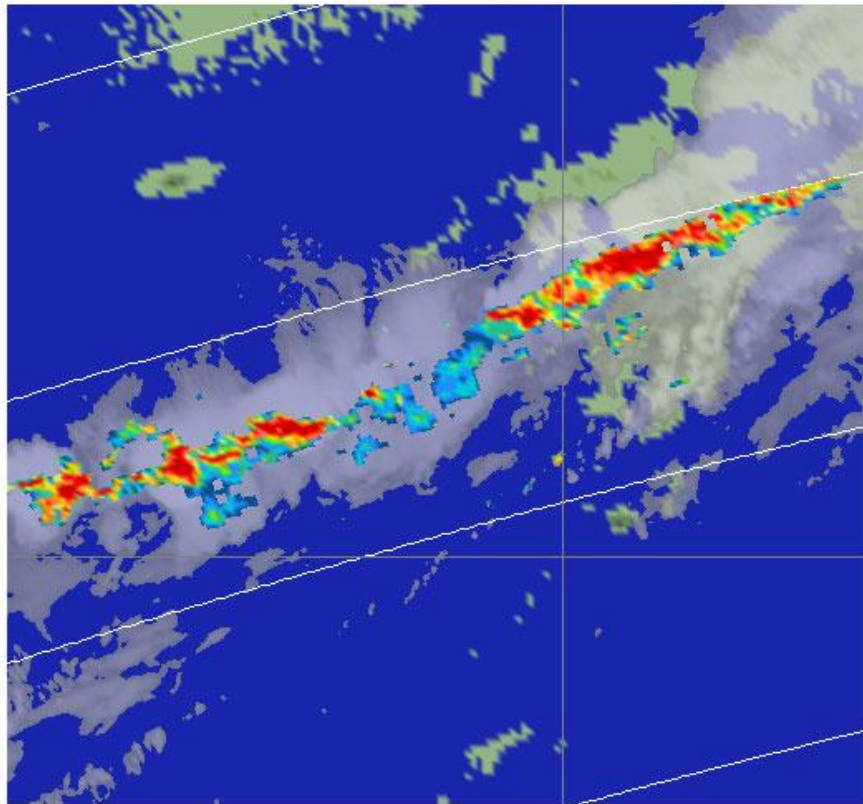
流れのパターンにより多様な雲の形ができる

特殊な雲

線状降水帯

TRMM PR 2A25 Rain

Horizontal Cross Section of Rain at 3.00 km Height



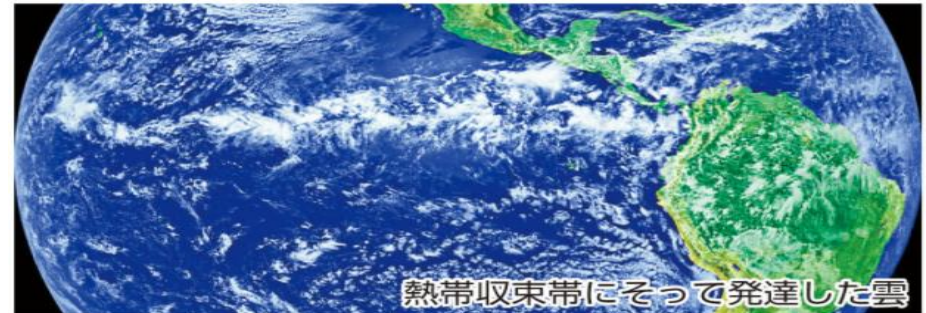
0 1 2 3 4 5 6 8 10 15 20 30 (mm/h)

竜巻



http://farm1.static.flickr.com/185/452392668_7ba9ebcf4.jpg

クラウドクラスター



地学図表P.85