

# 現代科学Ⅳ

(前期 月曜3・4時限)

## 第11回

2017年6月26日

小松謙介  
三重大学 大学院 生物資源学研究科

# 前回の授業での質問・コメント

Q:虹は丸いと聞いたことがあります. 丸い虹は見えないのでしょうか?

A:太陽のまわりにできる「日暈・ハロ」と呼ばれる現象があります.



上空の氷晶が太陽光を反射屈折することで発生するそうです.

# 前回の授業での質問・コメント

Q:大気が安定にバランスした状態から, 不安定・中立にバランスした状態に変わるときは, どんなきっかけが必要ですか?

A:様々あります.

下層: 日射による地面の加熱・冷却や, 海面の水蒸気の蒸発  
乾燥or湿潤な空気の流入

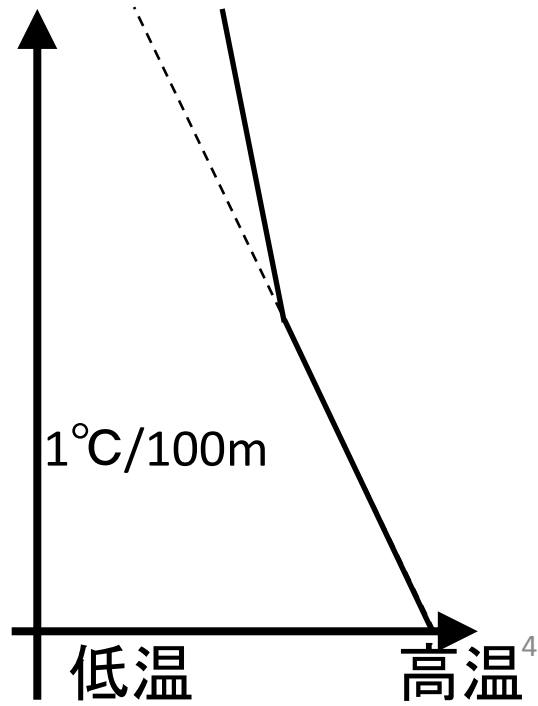
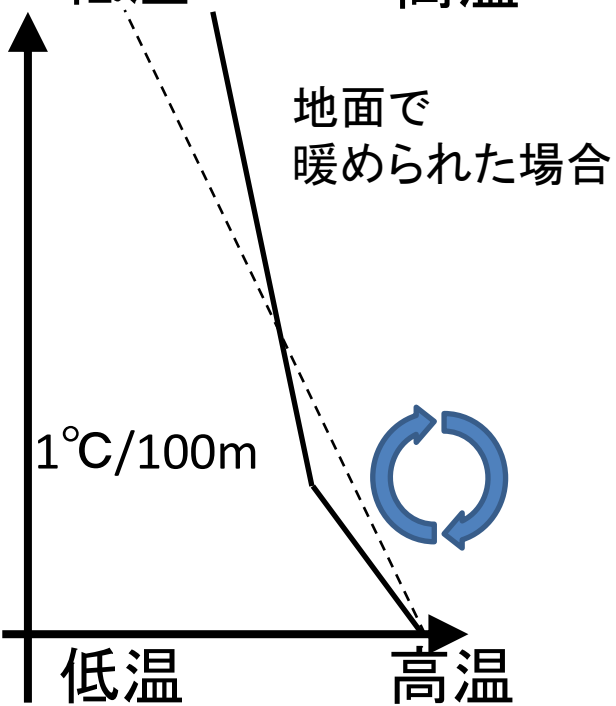
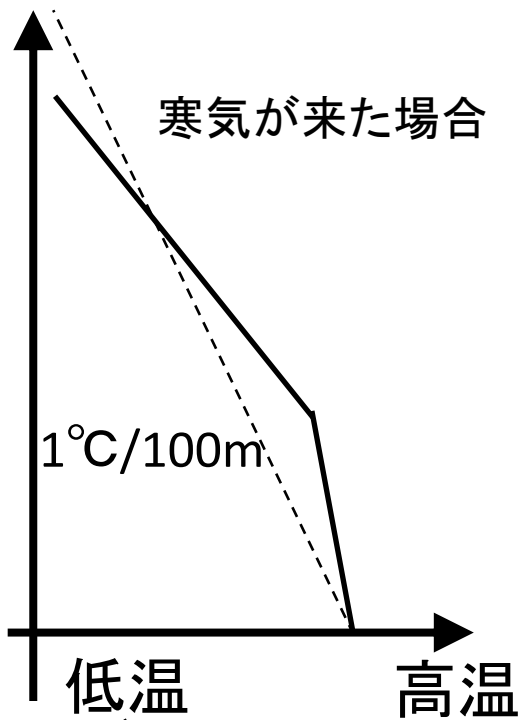
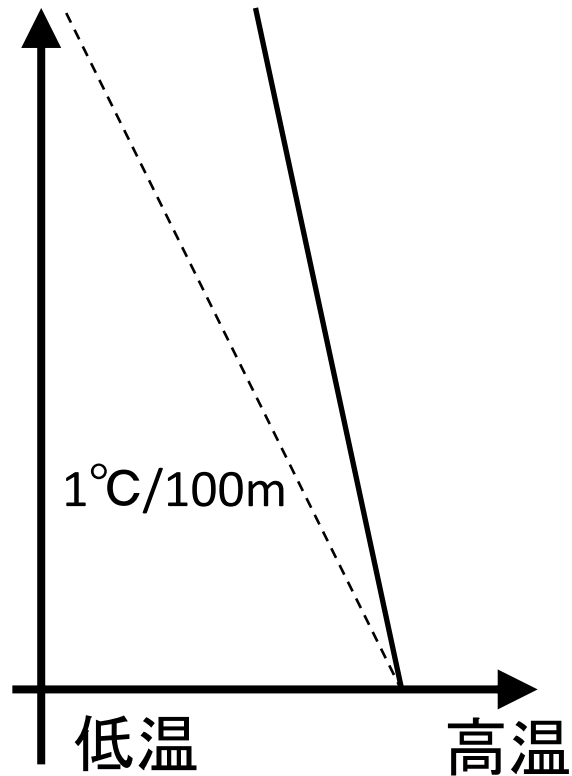
上空: 暖気・寒気の流入

それぞれの状態は潜在的で実際には安定or中立な状態にあります.  
不安定になると解消するように大気は動きます.

例: 強い対流がおきる(積乱雲ができた)と上下の空気をかき混ぜるたり加熱するので, 不安定を解消するように働きます.

様々な気象現象は熱的なバランスを保つために発生していると考えるとわかりやすい.

# 極端な例

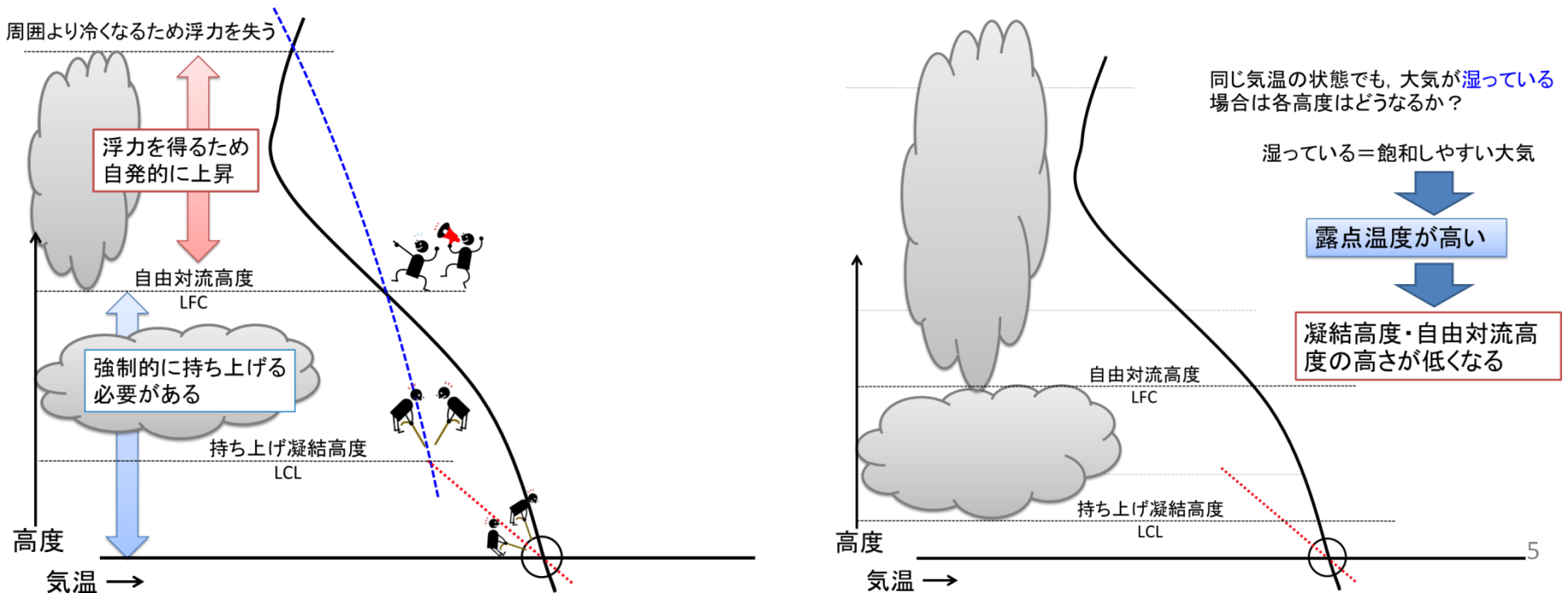


# 前回の授業での質問・コメント

Q:自由対流高度まで、断熱的に持ち上げられる原因は上昇流以外に何かありますか？

A:山によって空気が持ち上げられたりするのもあります。また風向の違う風がぶつかる(収束)と上昇流が起きます。前線などが一例。

例: 夏に暖かくて湿った空気が山にぶつかれば、自由対流高度に達しやすい。



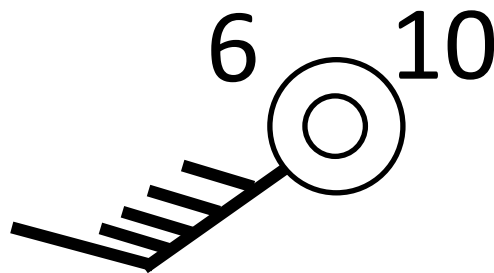
# 前回の授業での質問・コメント

Q:天気図記号覚えないとだめですか？

A:全部は覚えなくてもいいですが、正しく矢羽根や数字は書けるようにしましょう

Q:風力を表す矢印みたいなのがどっちまわりかこんがらがります。方角がイマイチよくわからない。

南西の風 風力5 天気 曇り 気圧1010hPa 気温6°C



A:方角は風が来る方向を指します(南西方向から北東に向かう)。  
矢羽の羽は風の進行方向に対して左から(風力6以下)

# 前回の授業での質問・コメント

Q: 研究員ってお給料でるのですか？

A: 出ます。非正規の労働者と思ってもらったら良いかと。

ただ、僕の給料は低いです。生活保護に毛が生えた程度と思っ  
てもらえばよいかと思います。

これからは、できれば授業に関する事を書いてもらえると嬉しいで  
す。

# 前回の授業での質問・コメント

Q: 異常気象と地震には密接な関係があると耳にしたことがあります  
が、本当ですか？

A: すみません、ちょっとわかりません。  
地震ではないですが、火山噴火は気候に影響を及ぼすと言われ  
ています。

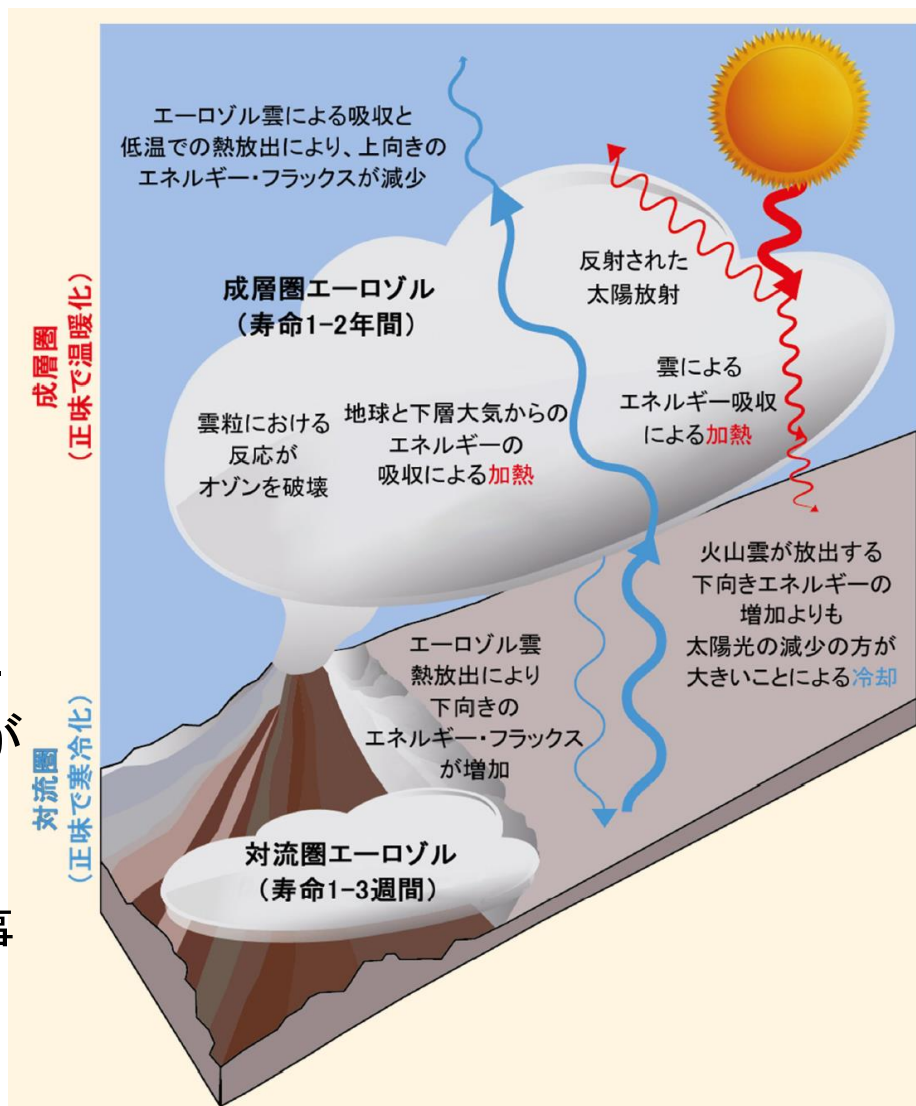


# 火山噴火は寒冷化をもたらす？

1. 噴火によって硫黄ガスが成層圏に注入
2. 硫黄ガスが成層圏で雲を形成し、地上までの太陽光を妨げる
3. 成層圏の雲は太陽・地球からの放射を吸収するため、成層圏は暖かくなる。
4. 成層圏の雲から地表へ放射エネルギーがでるものの、太陽光を遮る効果の方が大きいいため、地表は寒冷化する。

火山灰が噴火によって成層圏まで達する事が重要。

例：1991年のピナツボ火山は地球の平均気温を最大0.5度1年間下げた。

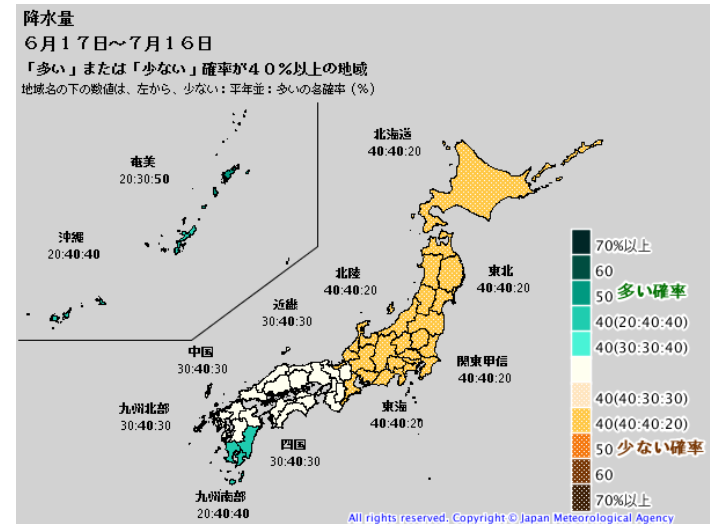


FAQ 11.2 図 1 | 熱帯又は亜熱帯の火山が上層大気(成層圏)に影響し、大気(対流圏)温度を低下させる状況の概略図

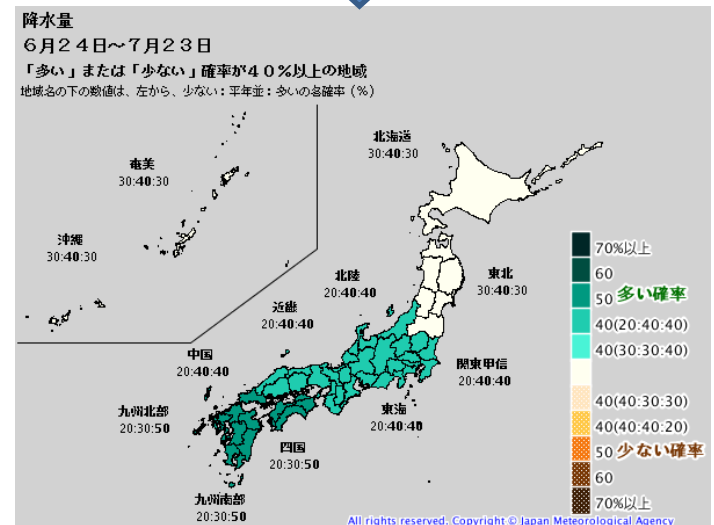
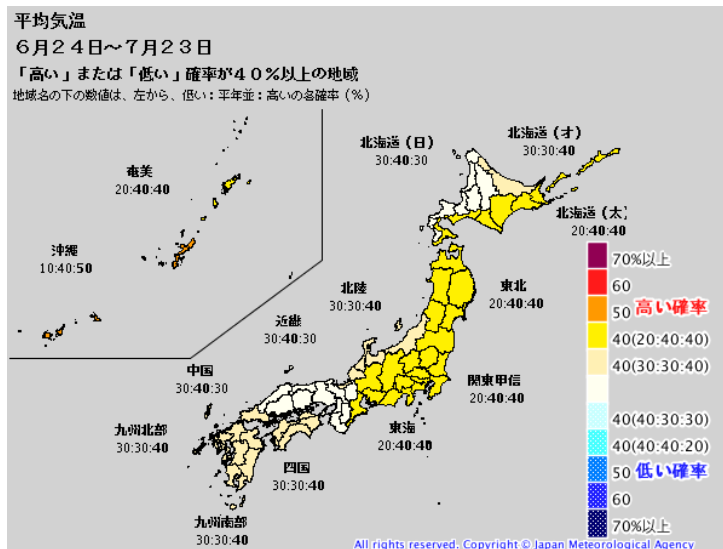
# 雨・雪・雨雲の一生について

# 授業の前に: 気象庁の最新の1ヶ月予報ができました. 先週まで

向こう1ヶ月は暑くて雨がたくさん降る  
ようです.



最新



# 雲粒，雨粒とは？

- **雲粒**：半径0.001～0.01mm程度の水滴

- **雨粒**：半径1mm程度の水滴  
半径が雲粒の100倍なので、  
体積で見るとその3乗になる。

一つの雨粒を作るには**100万個の雲粒が必要**

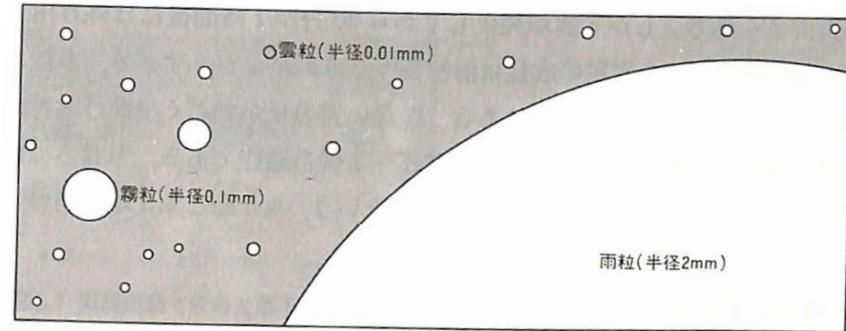
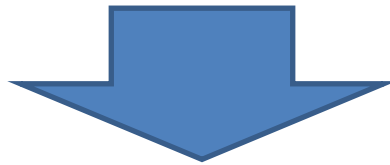


図4.6 代表的な雲粒・霧粒・雨粒の大きさの比較



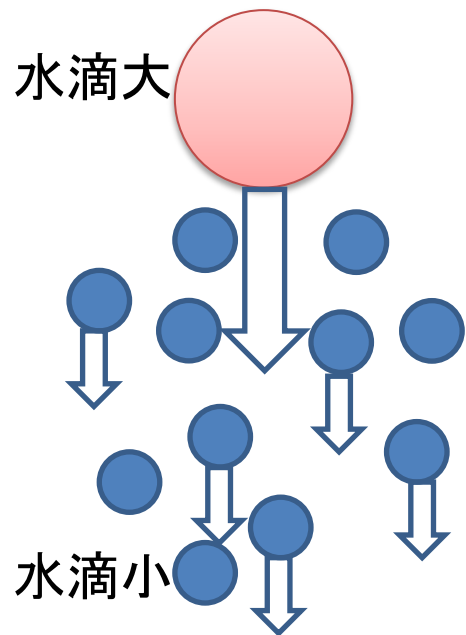
ただ凝結するだけで，雨を降らすのは難しい  
効率よい雨粒の成り立ちの違いで雨の種類が分かれる

# 雲の核と雨粒の発達

雲の核(凝結核) …… 巻き上げられた土壌粒子(陸上)  
波しぶきによってできた塩の粒(海上)  
(海塩粒子)

\* エアロゾルとも呼ばれる。

粒の大きい凝結核から、大きめの水滴ができる。  
=> 小さい水滴に比べ、落下速度が大きい



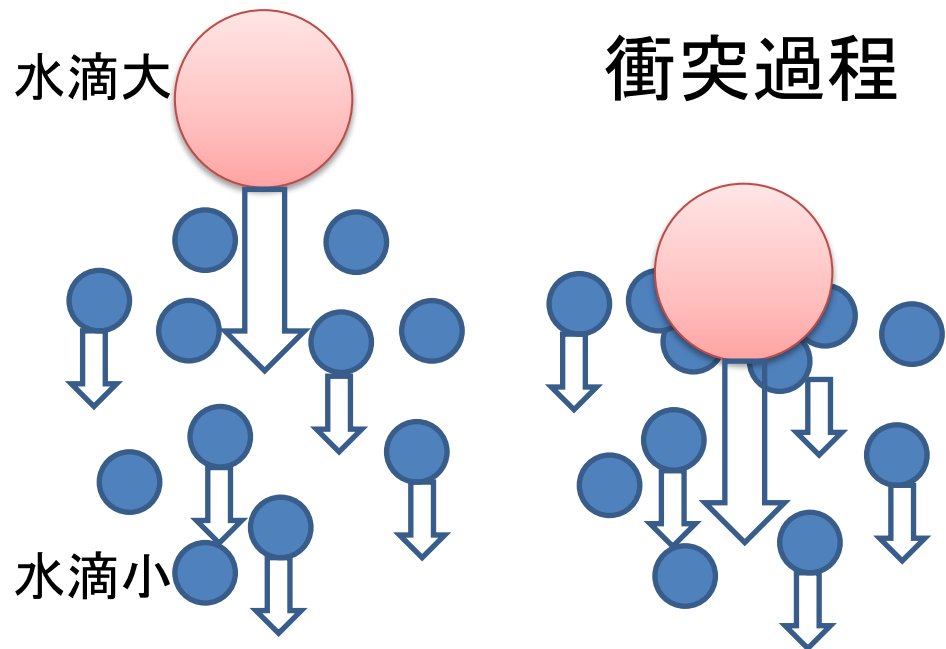
空中に色々な大きさの水滴があり、  
それぞれ落下速度が異なる。

# 雲の核と雨粒の発達

雲の核(凝結核) …… 巻き上げられた土壌粒子(陸上)  
波しぶきによってできた塩の粒(海上)  
(海塩粒子)

\* エアロゾルとも呼ばれる。

粒の大きい凝結核から、大きめの水滴ができる。  
=> 小さい水滴に比べ、落下速度が大きい



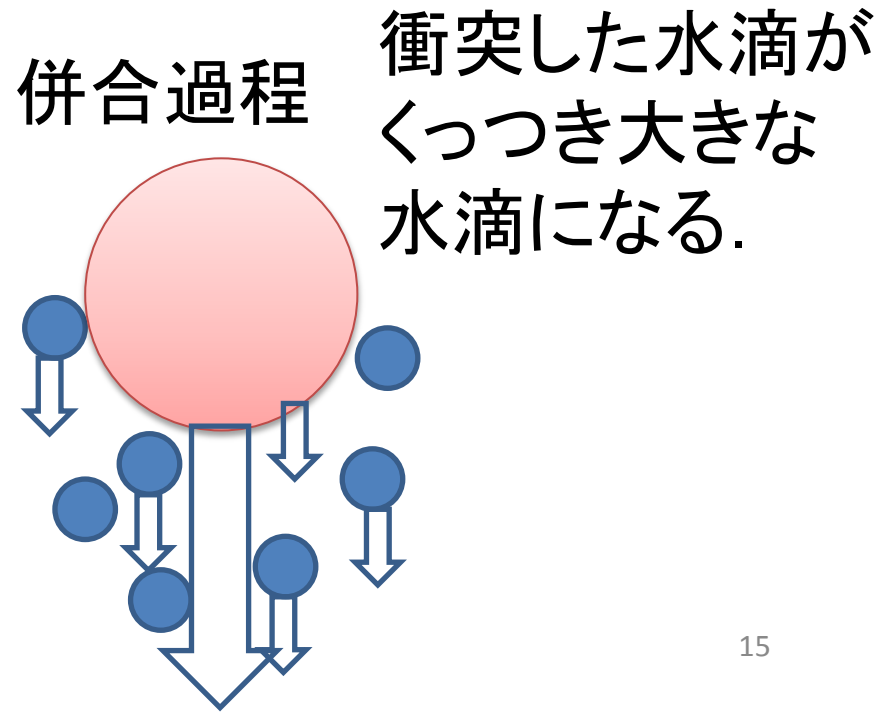
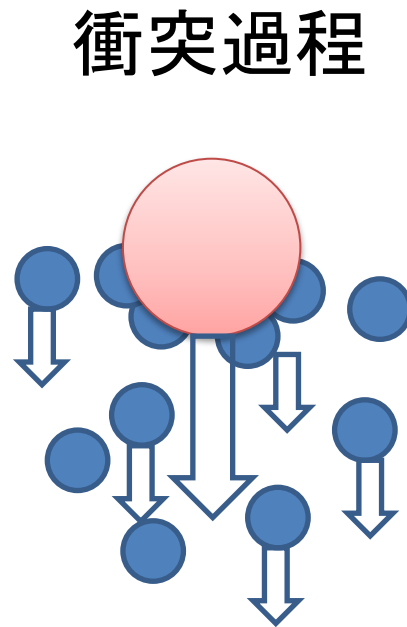
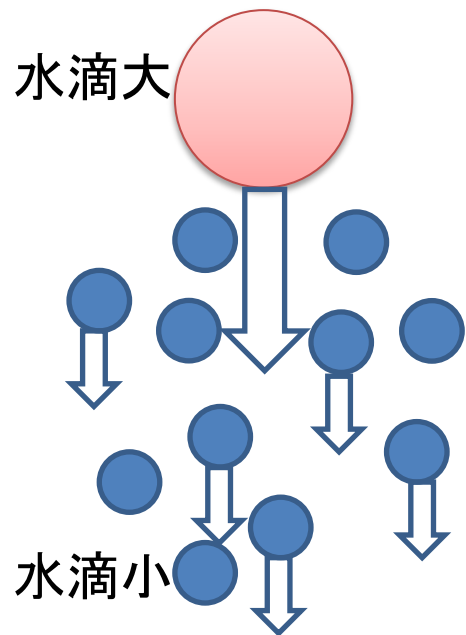
落下の早い水滴は  
遅い水滴に追いつき  
衝突する。

# 雲の核と雨粒の発達

雲の核(凝結核) …… 巻き上げられた土壌粒子(陸上)  
波しぶきによってできた塩の粒(海上)  
(海塩粒子)

\* エアロゾルとも呼ばれる。

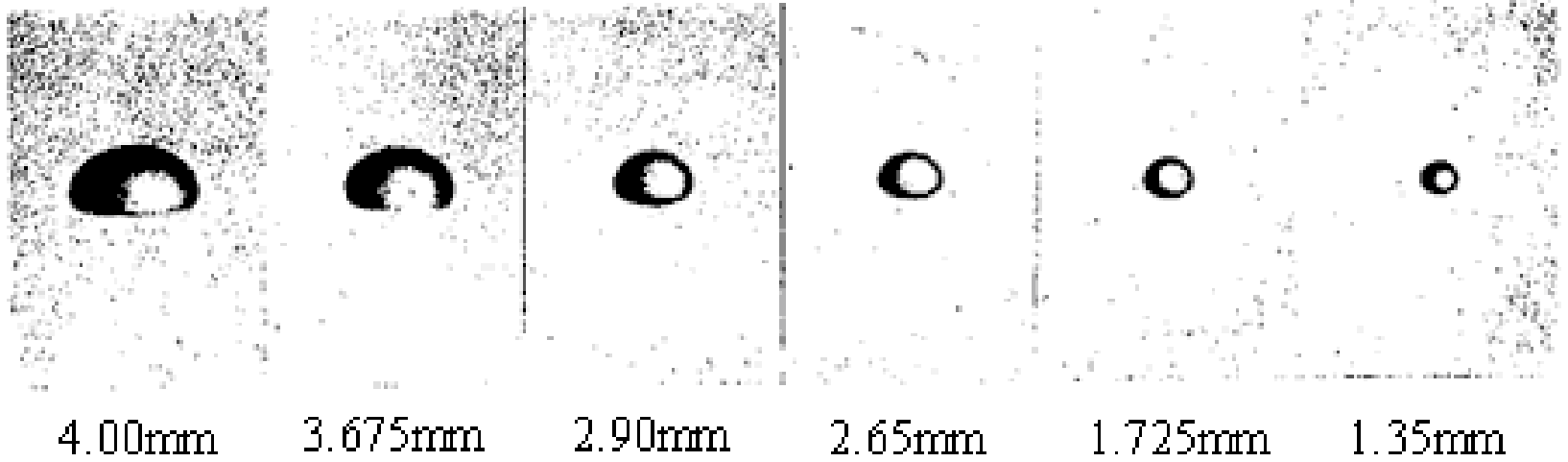
粒の大きい凝結核から、大きめの水滴ができる。  
=> 小さい水滴に比べ、落下速度が大きい



# 雲の核と雨粒の発達

雲

粒



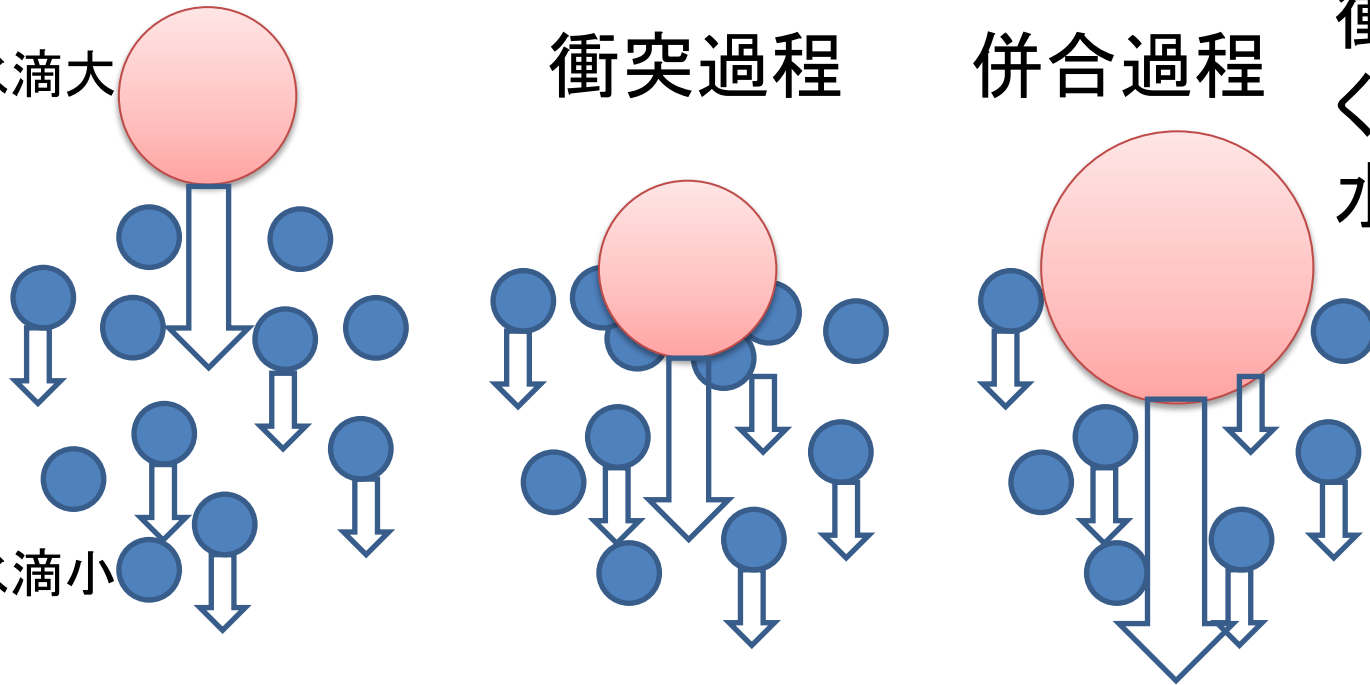
水滴大

衝突過程

併合過程

衝突した水滴がくっつき大きな水滴になる。

水滴小





# 2種類の雨

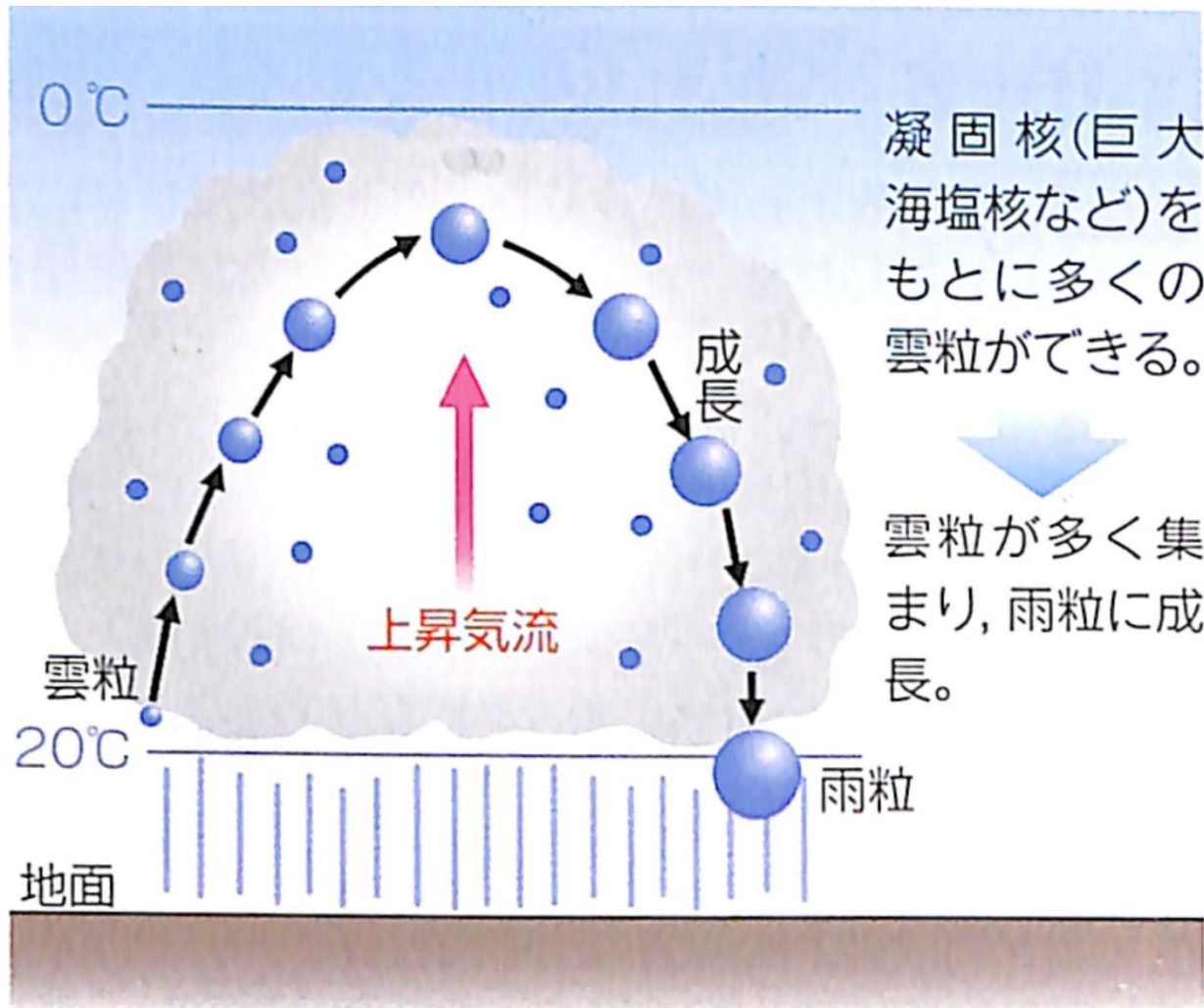
## ・暖かい雨

海塩粒子が主な凝結核となっている。  
水蒸気が水滴となってそのまま雨となる。  
比較的高さの低い積雲から降る雨。  
主に熱帯で降ることが多い

## ・冷たい雨

雲中で氷が作られ、落下する際に融けて雨となる  
背の高い積乱雲などで降る雨。  
日本の雨はこの雨が多い。

# 暖かい雨の模式図



凝固核(巨大海塩核など)をもとに多くの雲粒ができる。

雲粒が多く集まり、雨粒に成長。

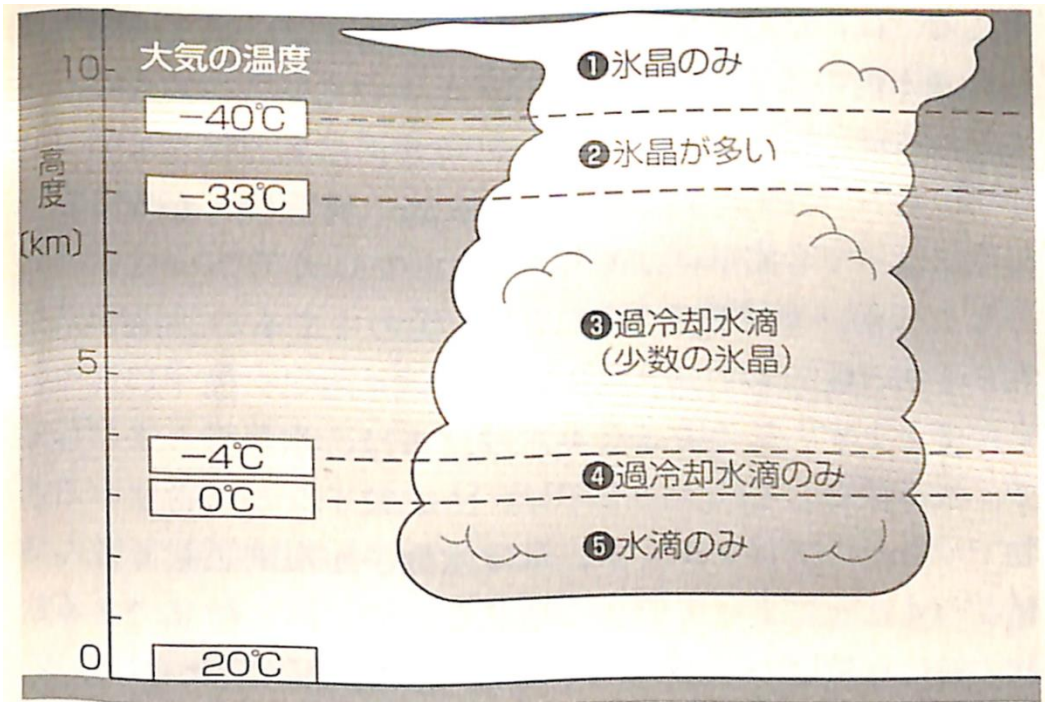
雲の中の温度が0度よりも高く、氷粒子を含んでいない雲から雨がふる。

飛行機で1tの水をまくと、100万tの雨をふらせられるとか

# 冷たい雨と雪の元

氷でできた雲粒………氷晶が雨のもと.

実は上空で0度以下になっても水滴はなかなか凍らない.  
=> 過冷却水という状態にある

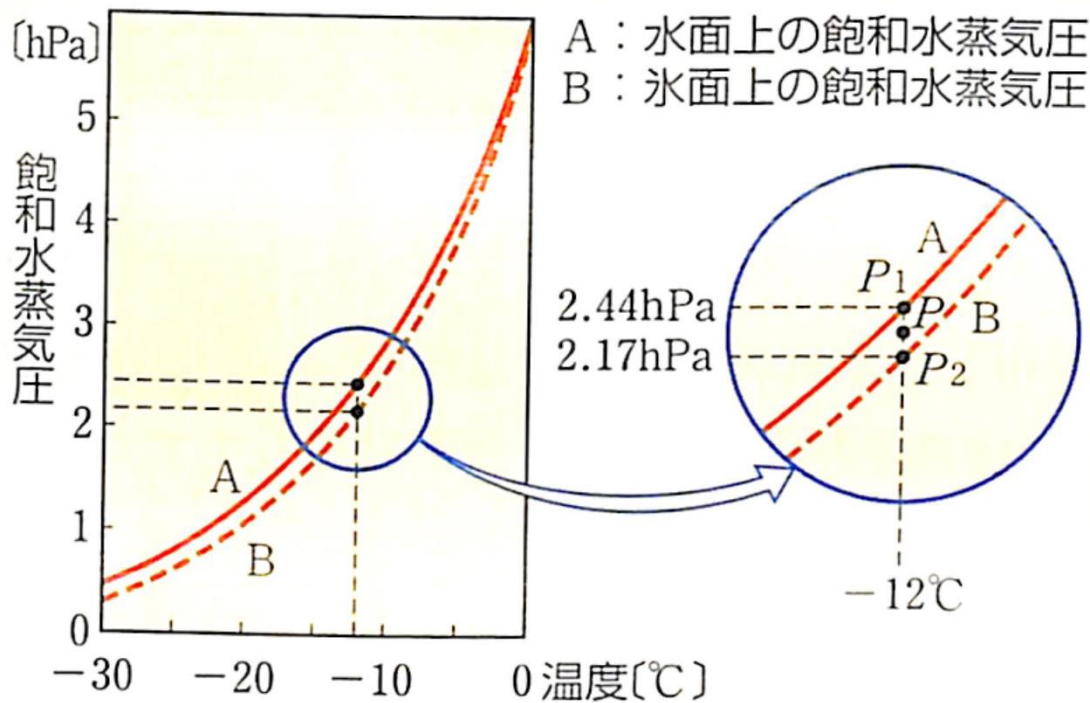


過冷却水が凍るのは  
-33度以下

-33度以上で氷晶を作るためには氷晶核が必要  
=> 氷晶核は火山灰や黄砂などの鉱山物質が多い

# 氷晶の成長～過冷却水とのコラボ

過冷却水の飽和水蒸気圧は，氷晶よりも少し大きくなる。



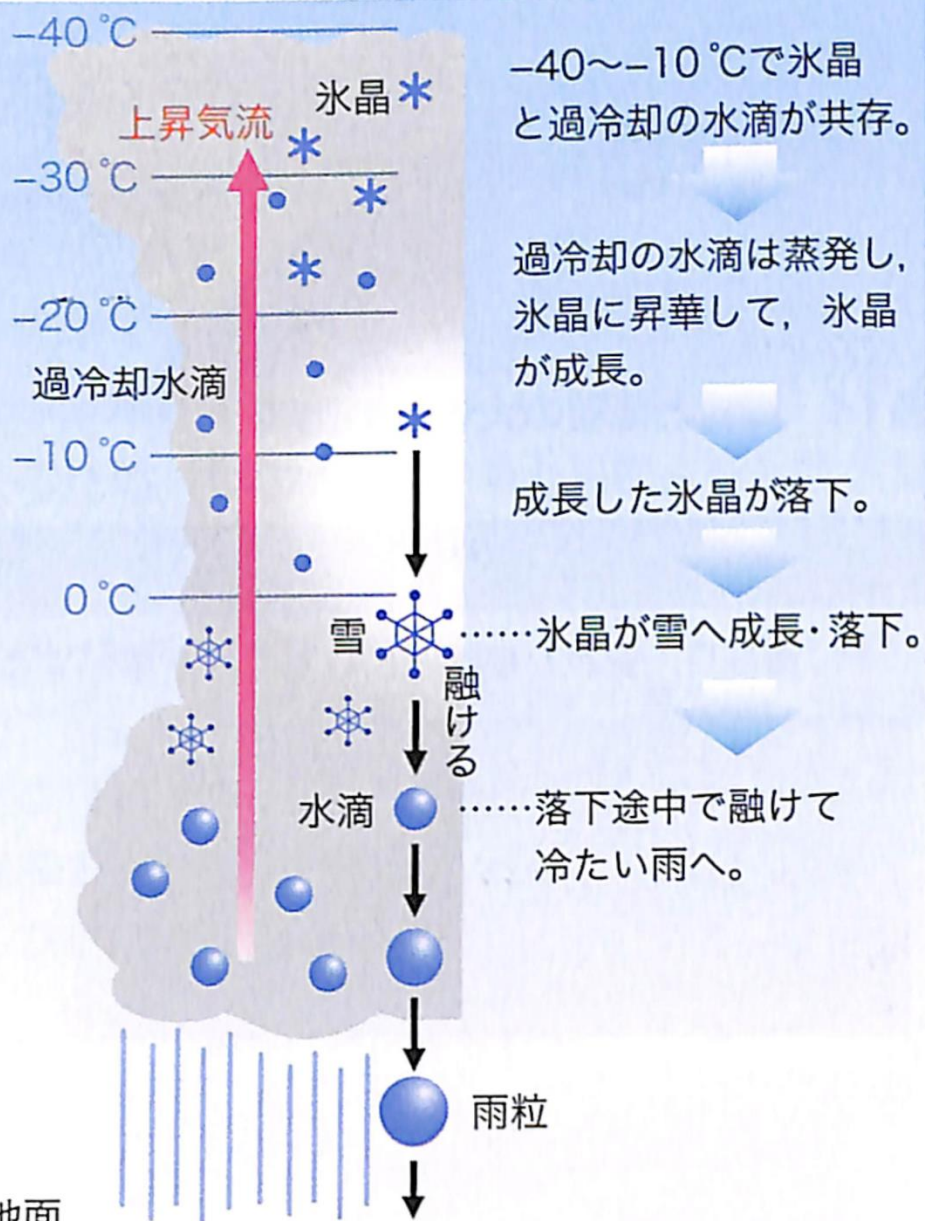
▲図 I 水面と氷面の飽和水蒸気圧の違い

P点では  
水滴に対して不飽和  
↓  
過冷却水は蒸発する

氷晶に対して過飽和  
↓  
水蒸気昇華する  
(気体=>固体)

↓  
氷晶が大きくなる

# 冷たい雨と雪の降り方



落下する氷晶が成長することで「雪」となる。

## 雪がふる目安

5500mで-30度以下

1500mで-6度以下

地上で気温2度以下の時

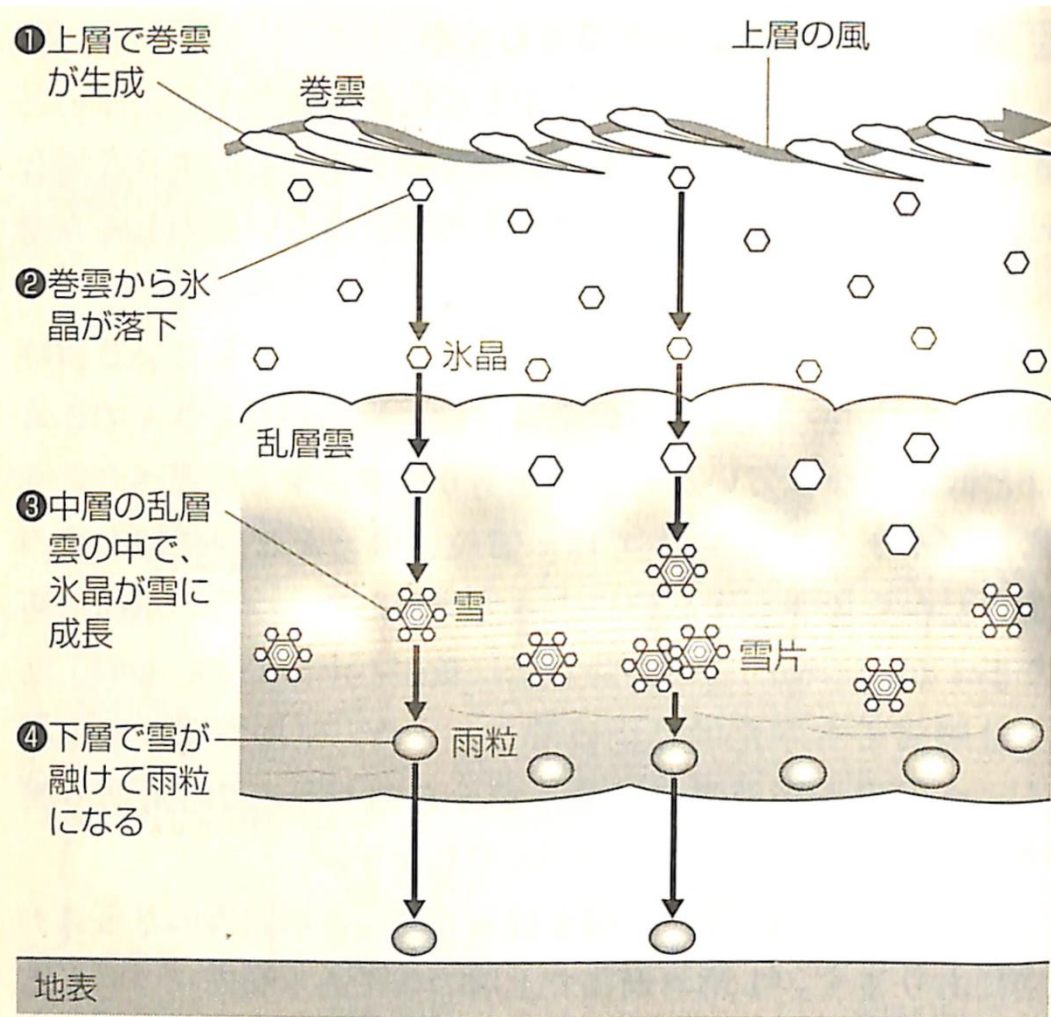
霰(あられ)は氷晶が落下と上昇を繰り返す事で成長した結果。



# 背の高い積乱雲以外でも冷たい雨は降る

巻雲・・・全て氷晶でできている. => 雨の元

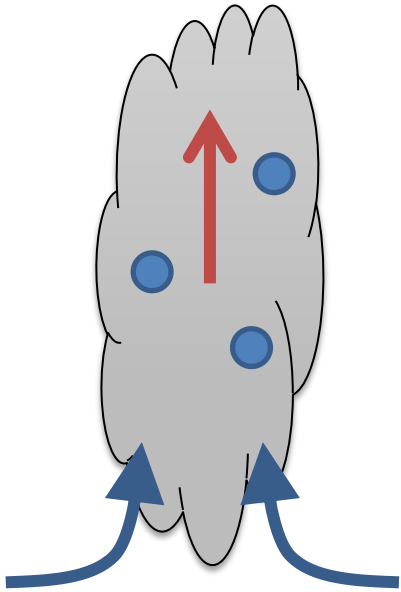
巻雲から氷晶が落下することで層雲でも冷たい雨を降らせる



# 雨雲の一生：減衰期

## 成長期

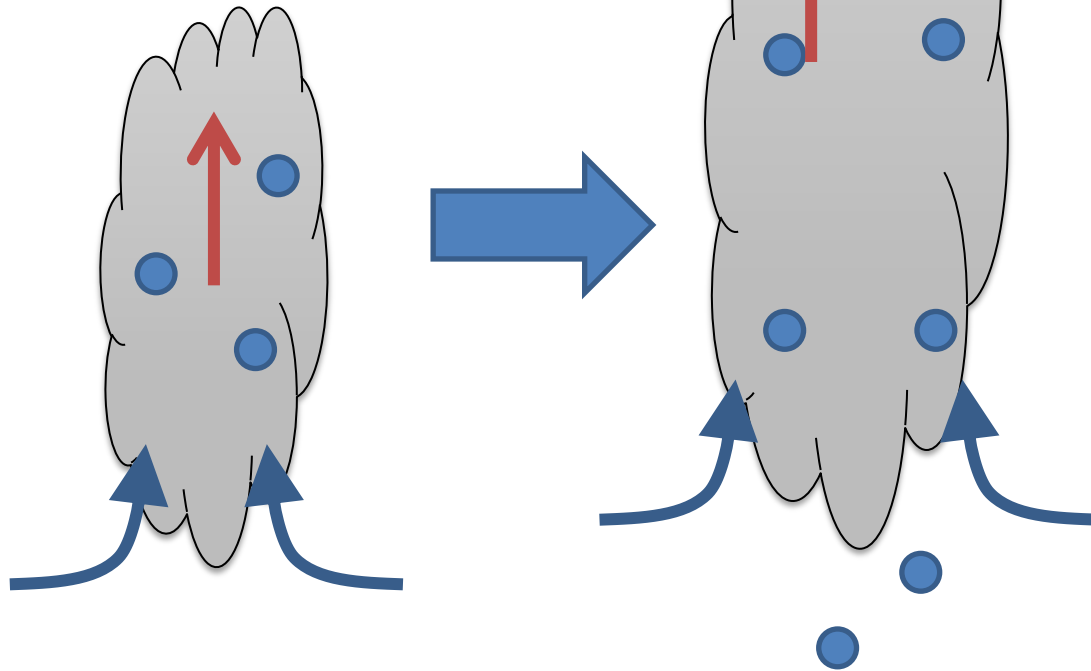
- ・自由対流高度に達した空気が上昇
- ・凝結により雲内は周囲より暖かい
- ・浮力を得るので上昇流となっている。
- ・雲粒・雨粒も上空へと運ばれる



# 雨雲の一生：減衰期

## 成長期

- ・自由対流高度に達した空気が上昇
- ・凝結により雲内は周囲より暖かい
- ・浮力を得るので上昇流となっている。
- ・雲粒・雨粒も上空へと運ばれる



## 成熟期

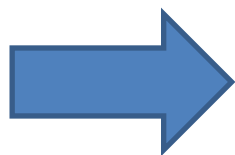
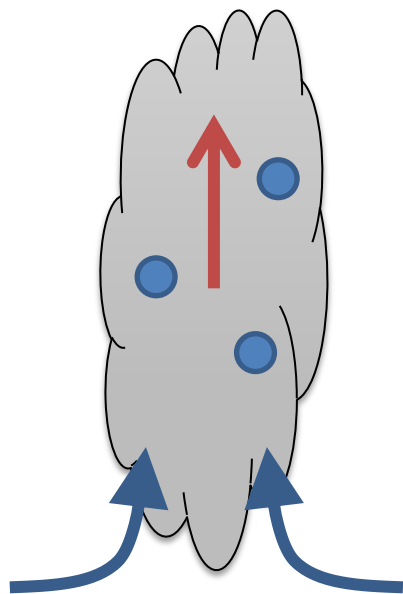
- ・成長した雨粒の落下で雨がふる



# 雨雲の一生：減衰期

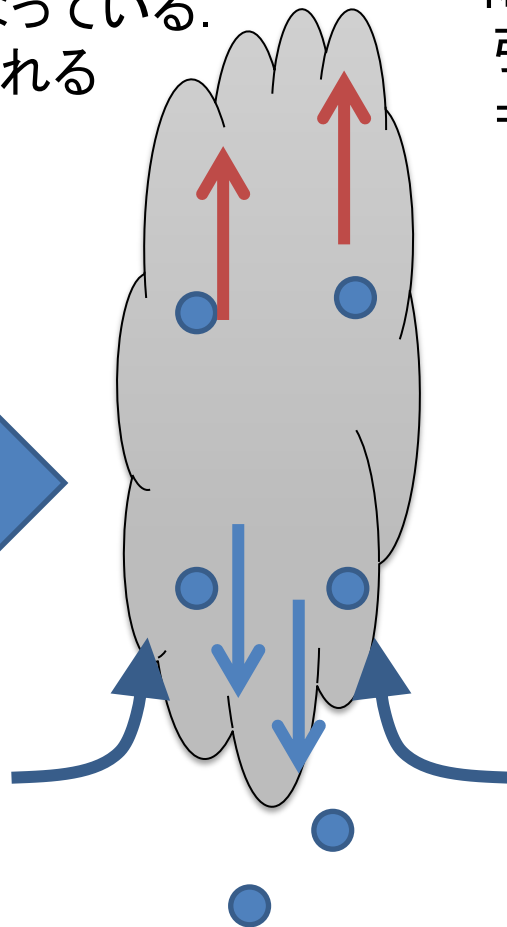
## 成長期

- ・自由対流高度に達した空気が上昇
- ・凝結により雲内は周囲より暖かい
- ・浮力を得るので上昇流となっている。
- ・雲粒・雨粒も上空へと運ばれる



## 成熟期

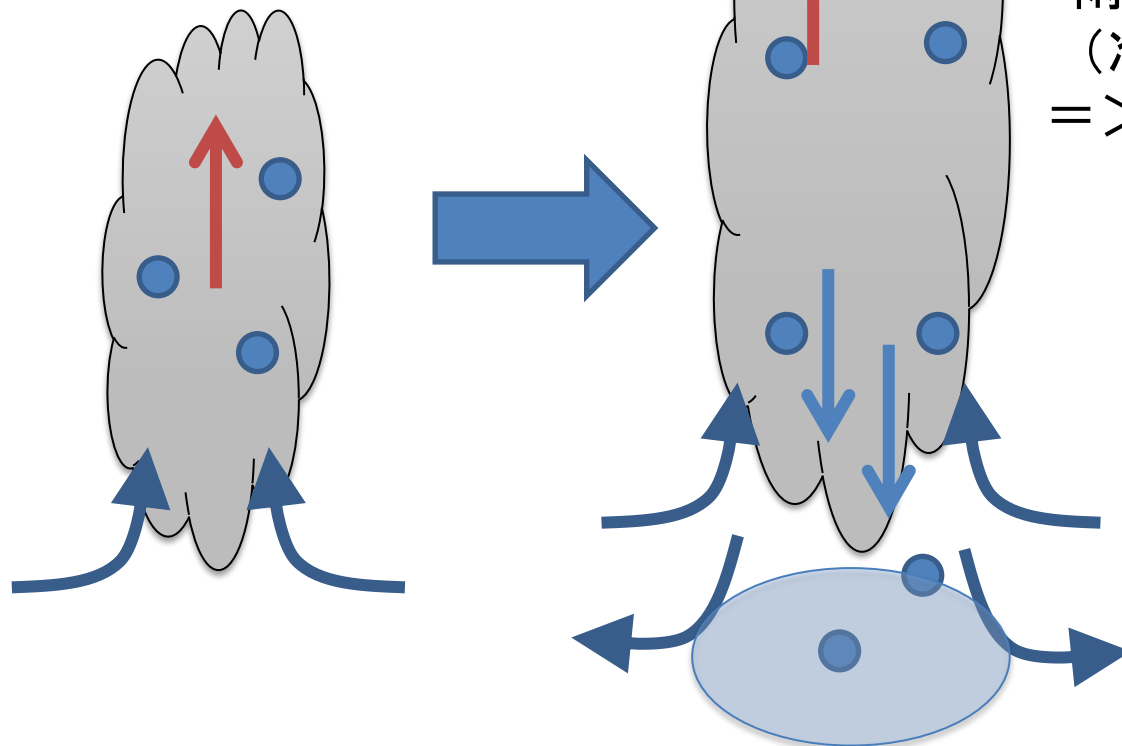
- ・成長した雨粒の落下で雨がふる
- ・雨粒の落下は周囲の空気を引きずり、下降流を作る。  
=> 下降流と上昇流が両方存在



# 雨雲の一生：減衰期

## 成長期

- ・自由対流高度に達した空気が上昇
- ・凝結により雲内は周囲より暖かい
- ・浮力を得るので上昇流となっている。
- ・雲粒・雨粒も上空へと運ばれる



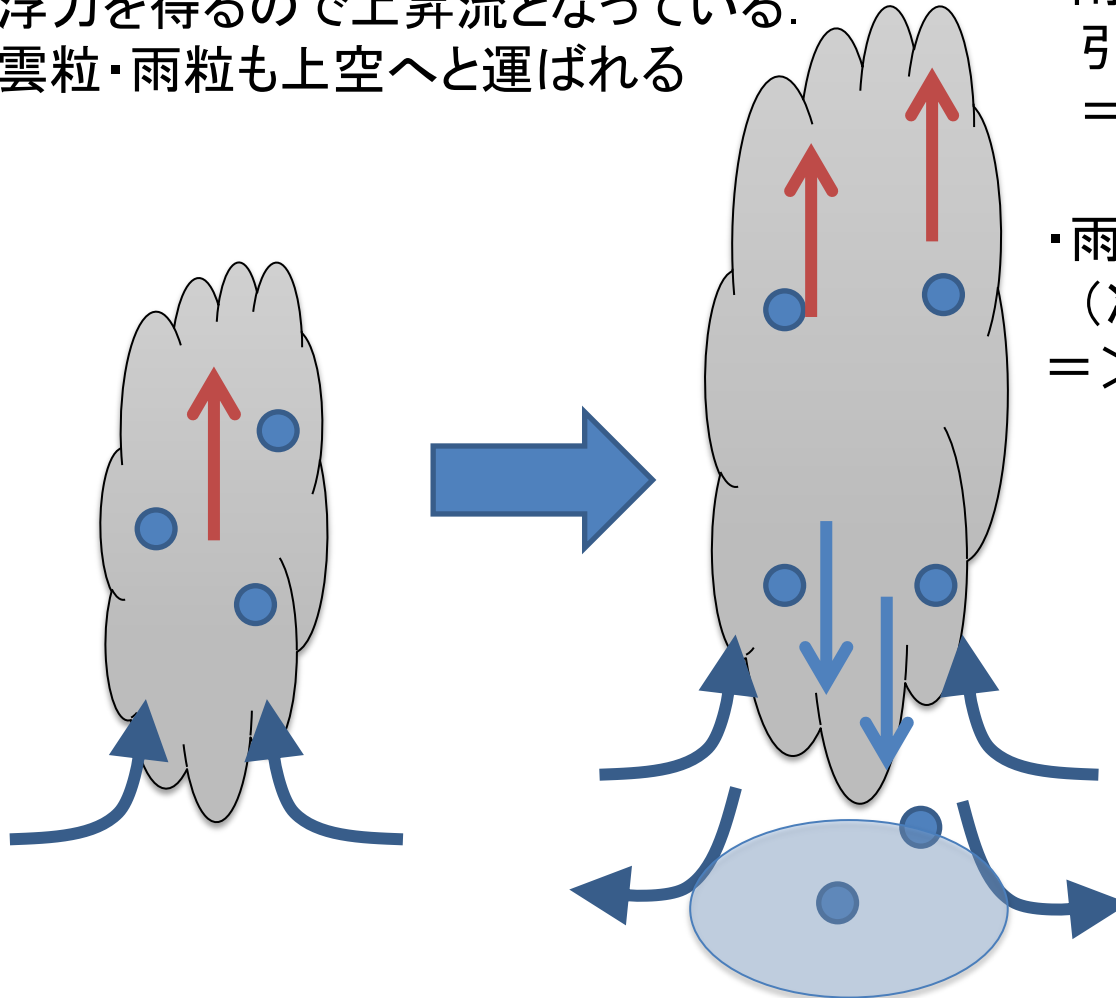
## 成熟期

- ・成長した雨粒の落下で雨がふる
- ・雨粒の落下は周囲の空気を引きずり、下降流を作る。  
=> 下降流と上昇流が両方存在
- ・雨は蒸発して周囲の空気を冷やす。  
(冷氣ドームとも呼ばれる)  
=> 重くなるので下降流強化  
+ 下層で小高気圧を作る。

# 雨雲の一生：減衰期

## 成長期

- ・自由対流高度に達した空気が上昇
- ・凝結により雲内は周囲より暖かい
- ・浮力を得るので上昇流となっている。
- ・雲粒・雨粒も上空へと運ばれる



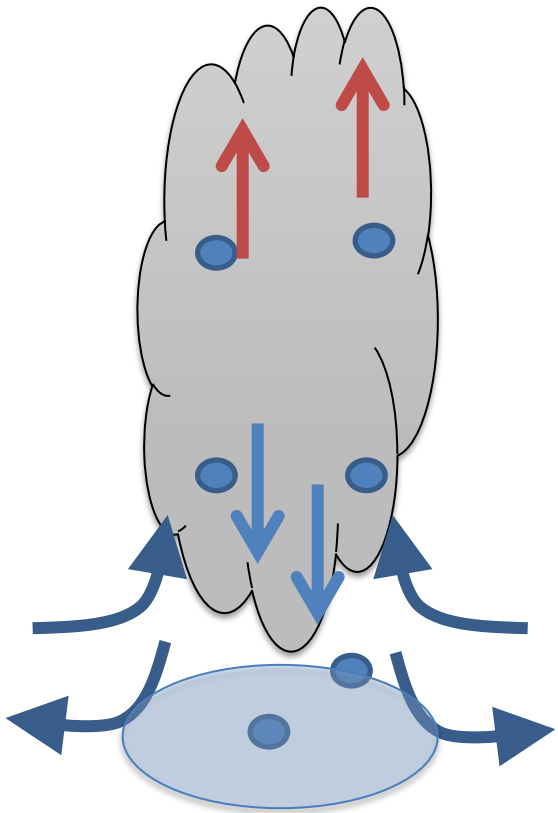
## 成熟期

- ・成長した雨粒の落下で雨がふる
- ・雨粒の落下は周囲の空気を引きずり、下降流を作る。  
=> 下降流と上昇流が両方存在
- ・雨は蒸発して周囲の空気を冷やす。  
(冷気ドームとも呼ばれる)  
=> 重くなるので下降流強化  
+ 下層で小高気圧を作る。

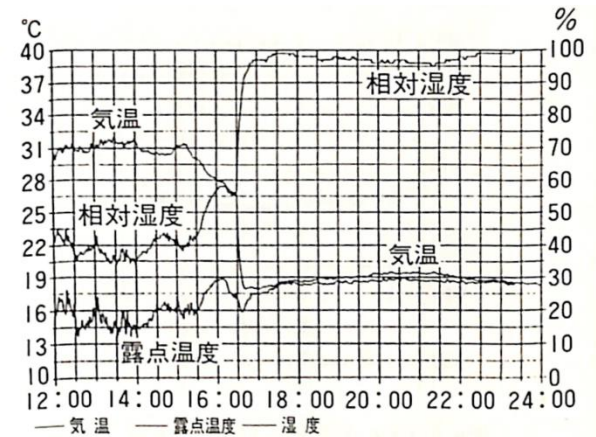
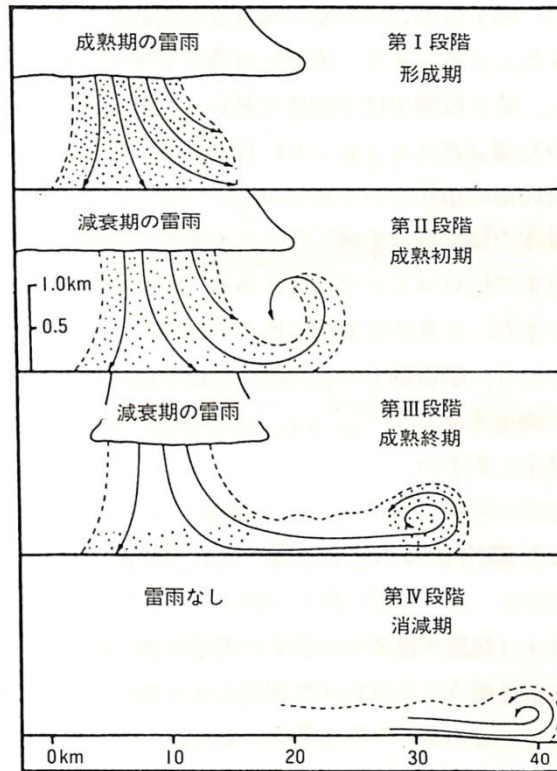
## 減衰期

降水による下降流で上昇流が断たれるので、発達がとまる

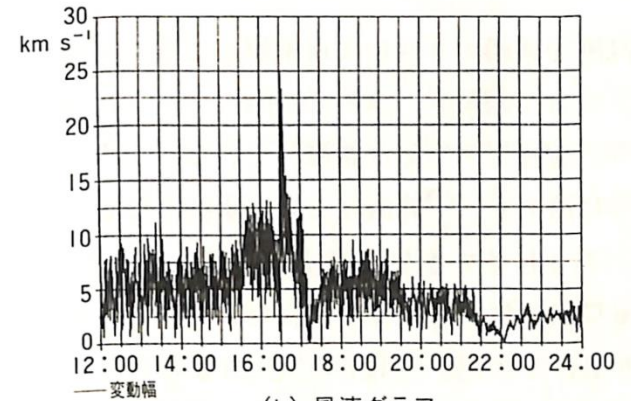
# 成熟期の突風と温度変化



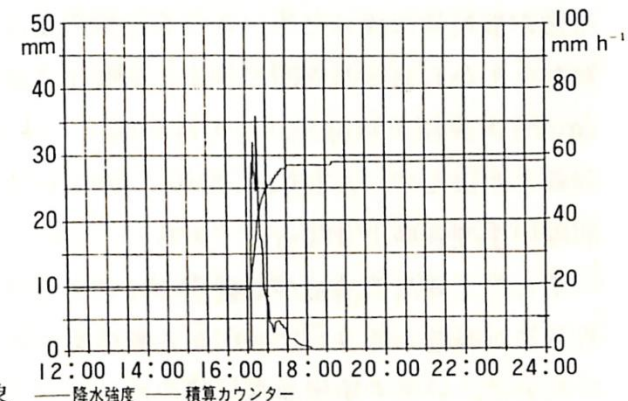
## 一般気象学



(a) 気温・露点温度・湿度グラフ



(b) 風速グラフ



気象  
庁)

(c) 降水強度・降水量グラフ

- ・強い下降流は地面付近で放射状に流れる  
=> 冷気外出流
- ・冷気外出流は周囲の空気と衝突する  
=> ガストフロント

**急激な温度低下と、強い風は雨雲が来る知らせ**

# 局地風を考える

# 局地風とは

- ・ある限られた土地に吹く特有の風。
- ・その地形の特徴と特有の気圧配置とが組み合わされた時に強く現れる [広辞苑より]

・熱的な作用  
(地表面の放射特性、比熱など)

海陸風

斜面風 (カタバ風、アナバ風)

山谷風

・力学的な作用  
(地形の凹凸などの障害物による)

おろし — { フェーン型 (気温上昇)  
                  { ボラ型 (気温下降)

山岳波, 風下波

# 海陸風循環

海風 : 海から陸に吹く風

凧(なぎ) : 風が吹かない穏やかな状態

陸風 : 陸から海に吹く風

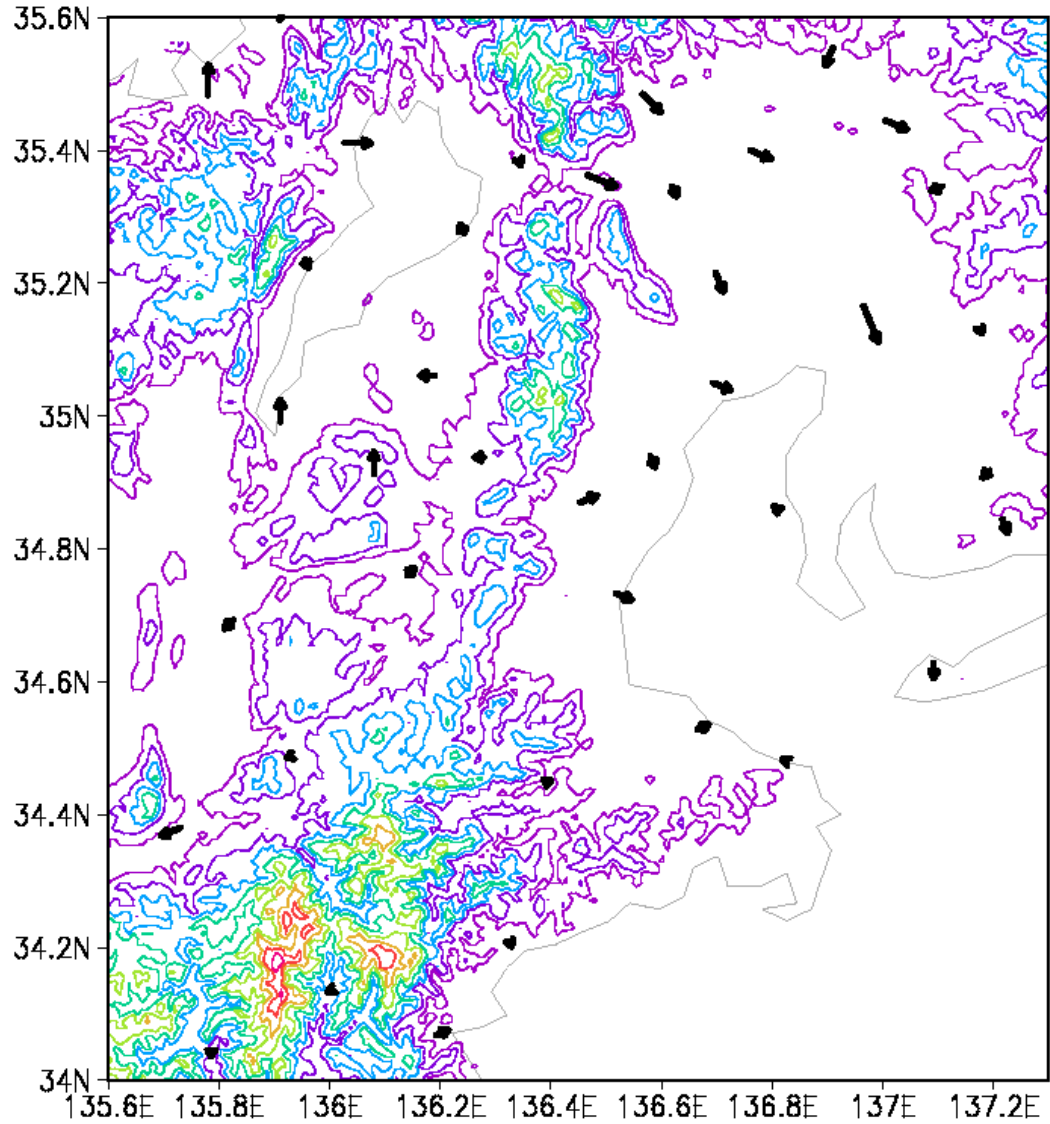
## 特徴

- ・海と陸との間にできる温度コントラストが作る風
- ・海は地面に比べ比熱が大きいいため、地面に比べて暖まりにくく、冷めにくいのが原因  
逆に地面は暖まりやすく、冷めやすい。

時

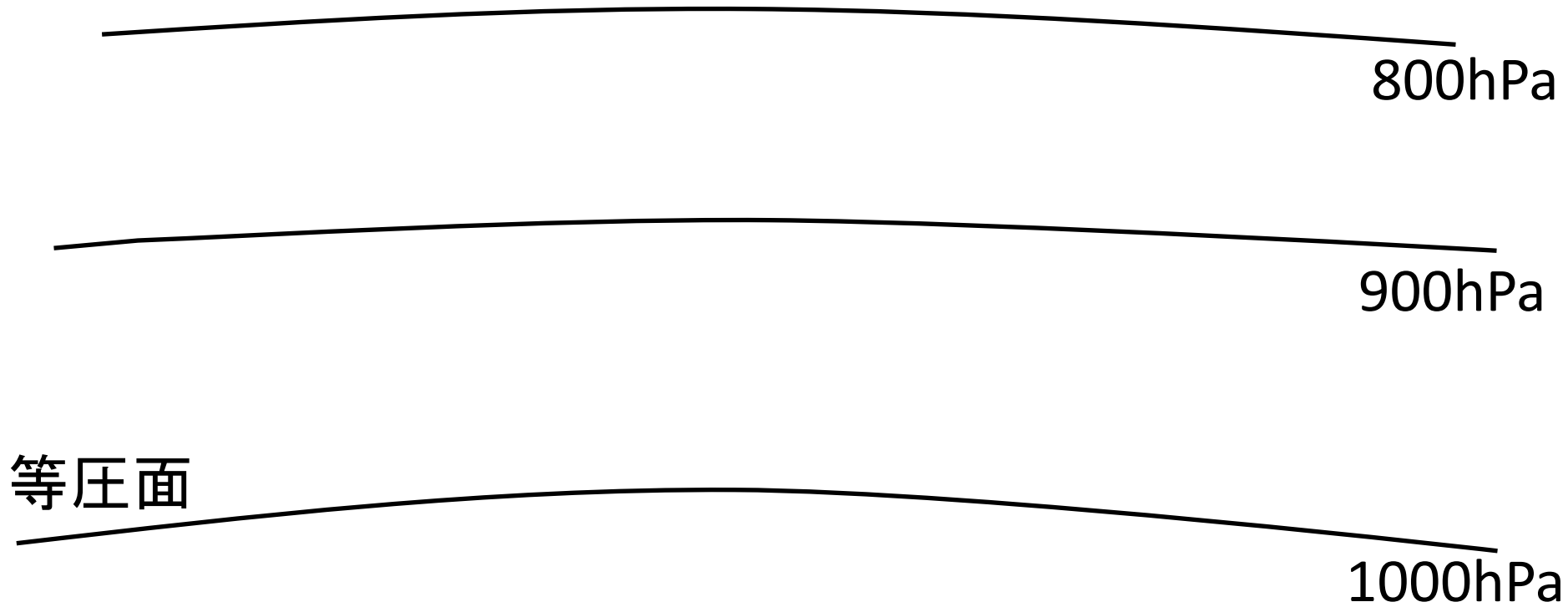
# 三重県 の 海陸風

01Z14MAY2016



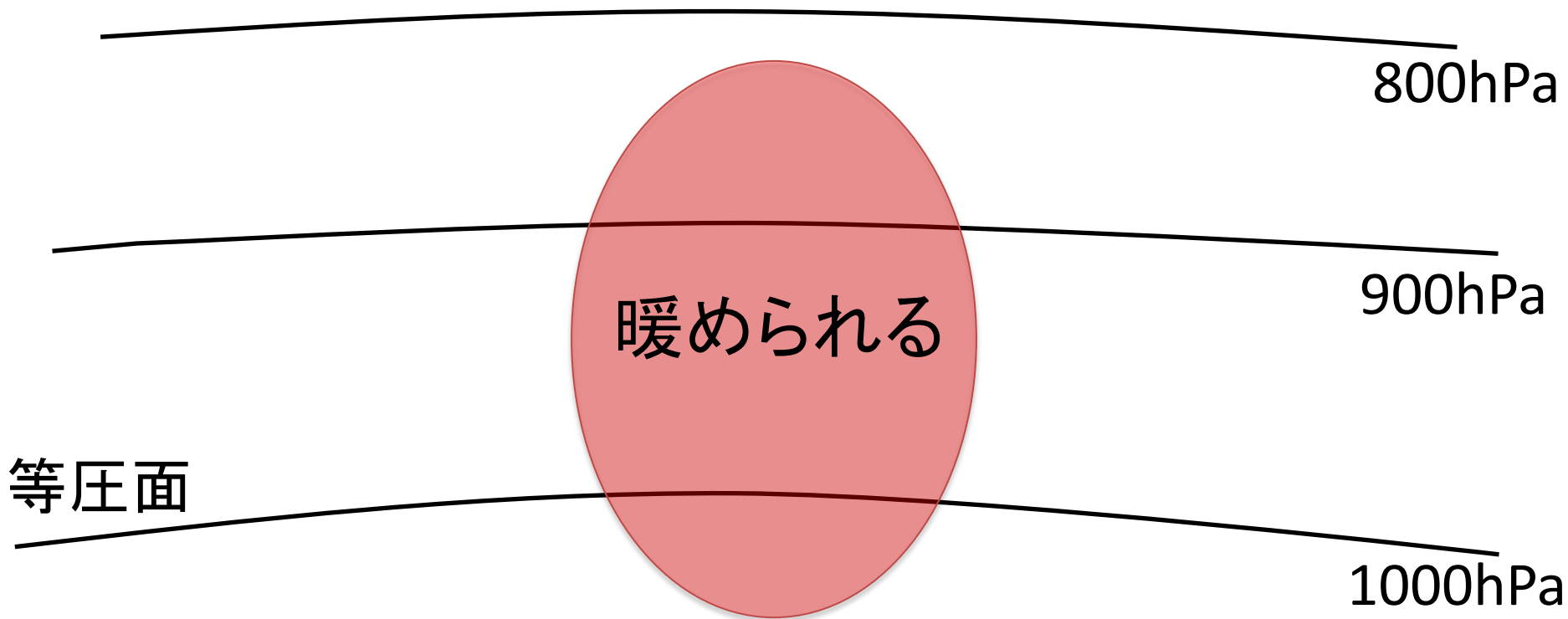


海陸風の前に、  
まずは大気が暖められた流れはどうなるか考えてみよう。



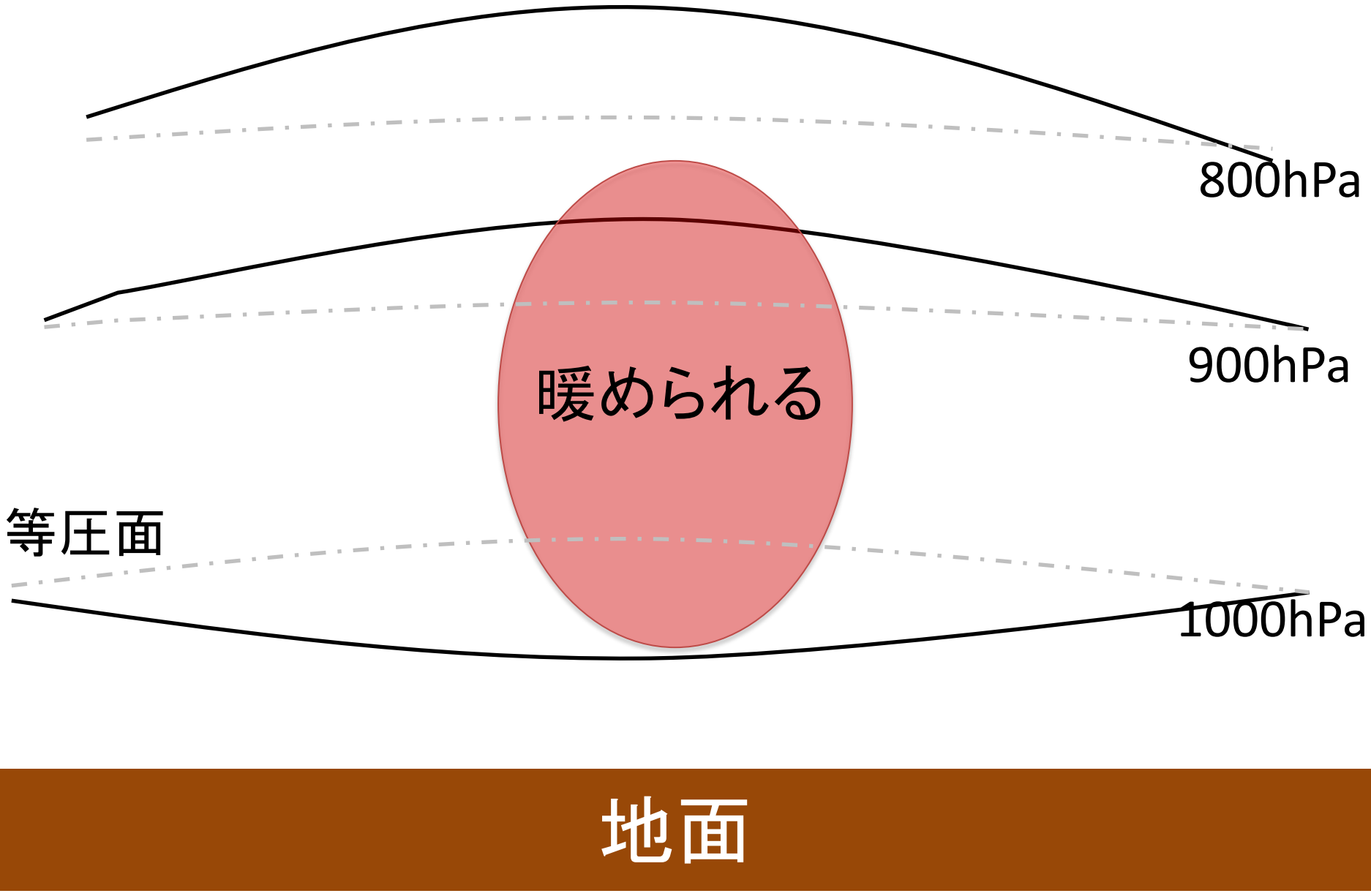
地面

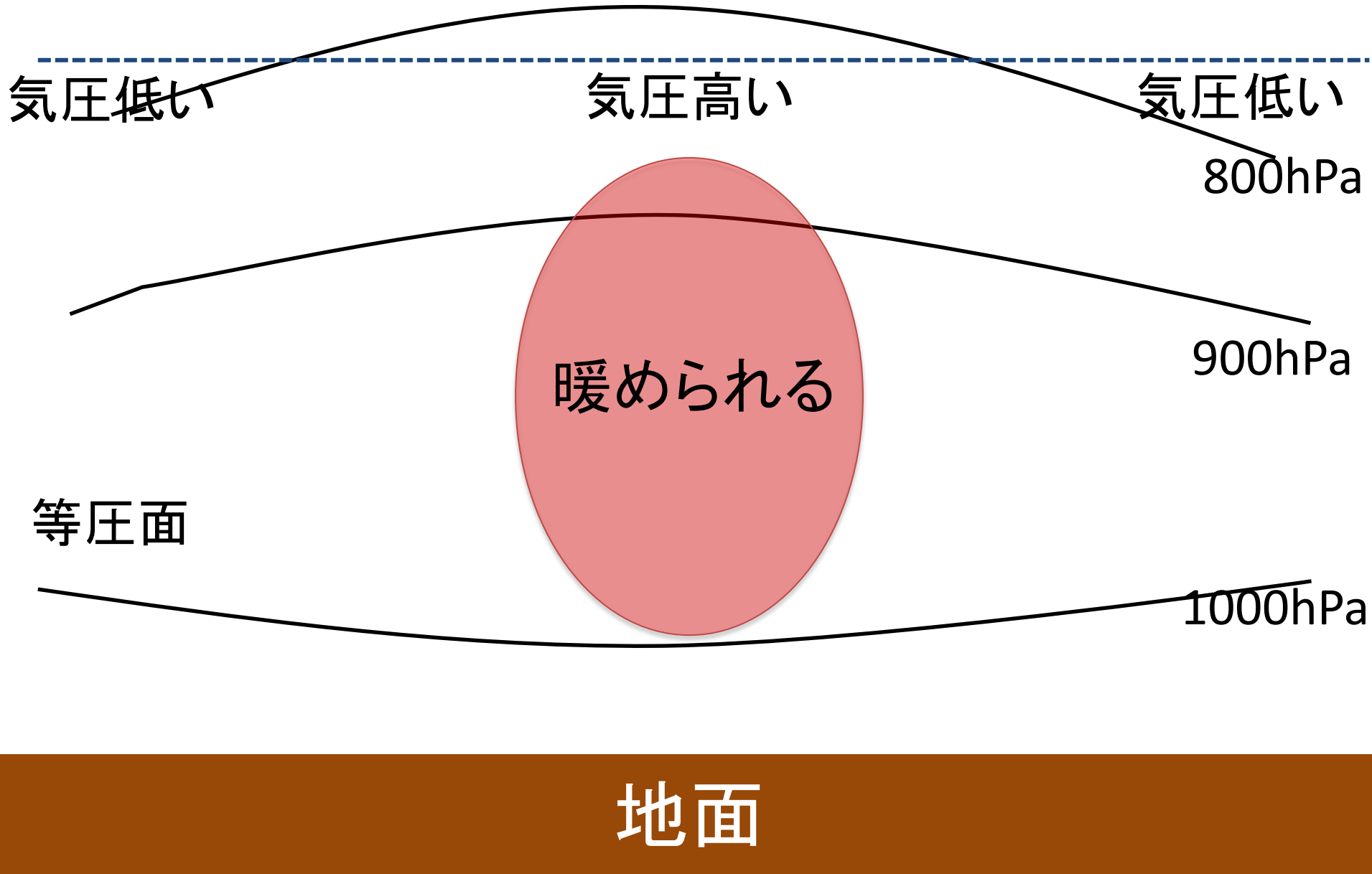
地面の上が暖められたとすると

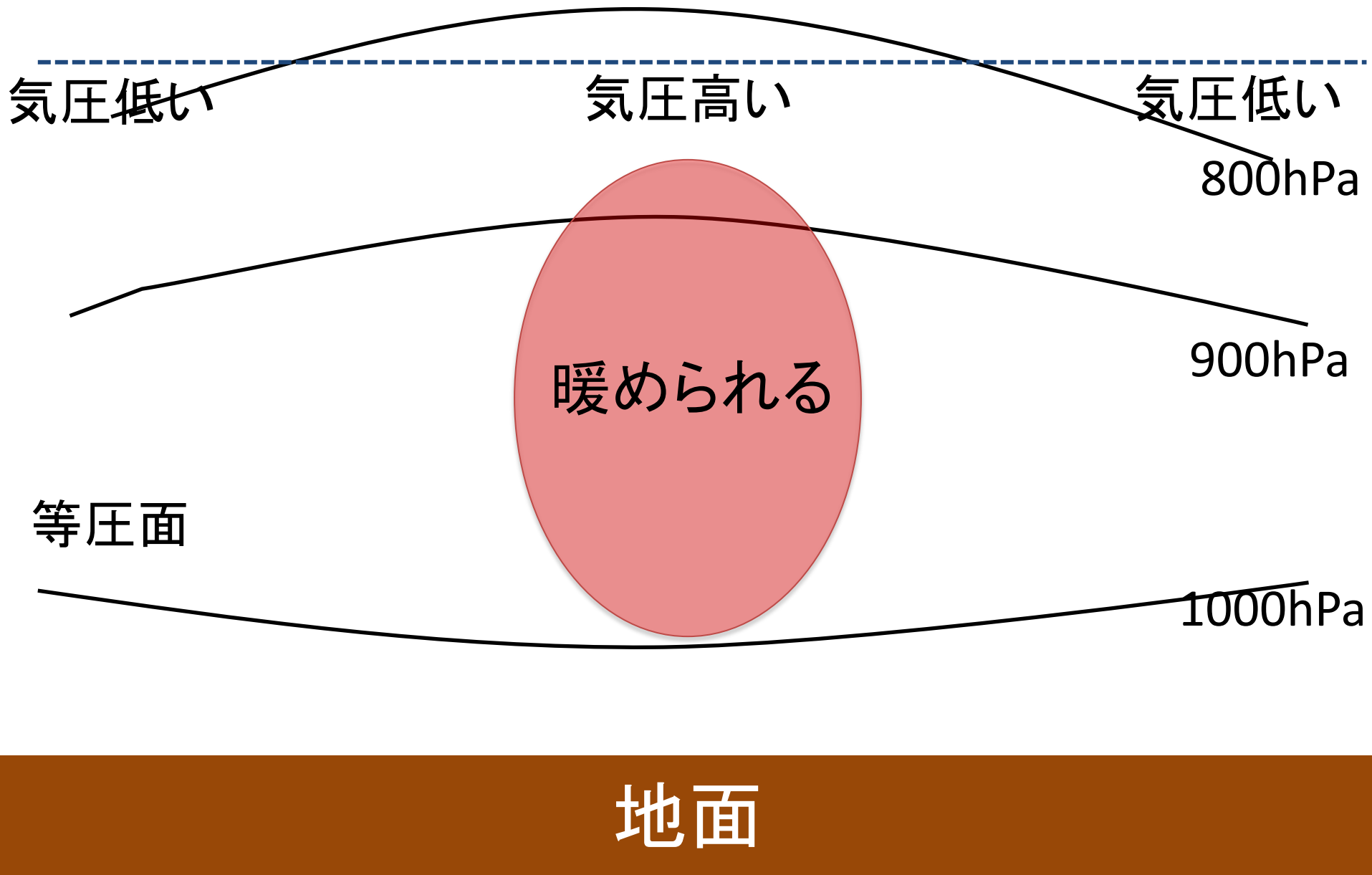


地面

# 暖められた空気は膨張するイメージで等圧面の間隔を広げる







# 圧力傾度力（気圧傾度力）

空気（流体）は、高いほうから低い方へ流れる

1012      1008      1004      1000      996

高

圧力傾度力

低

風

等圧線

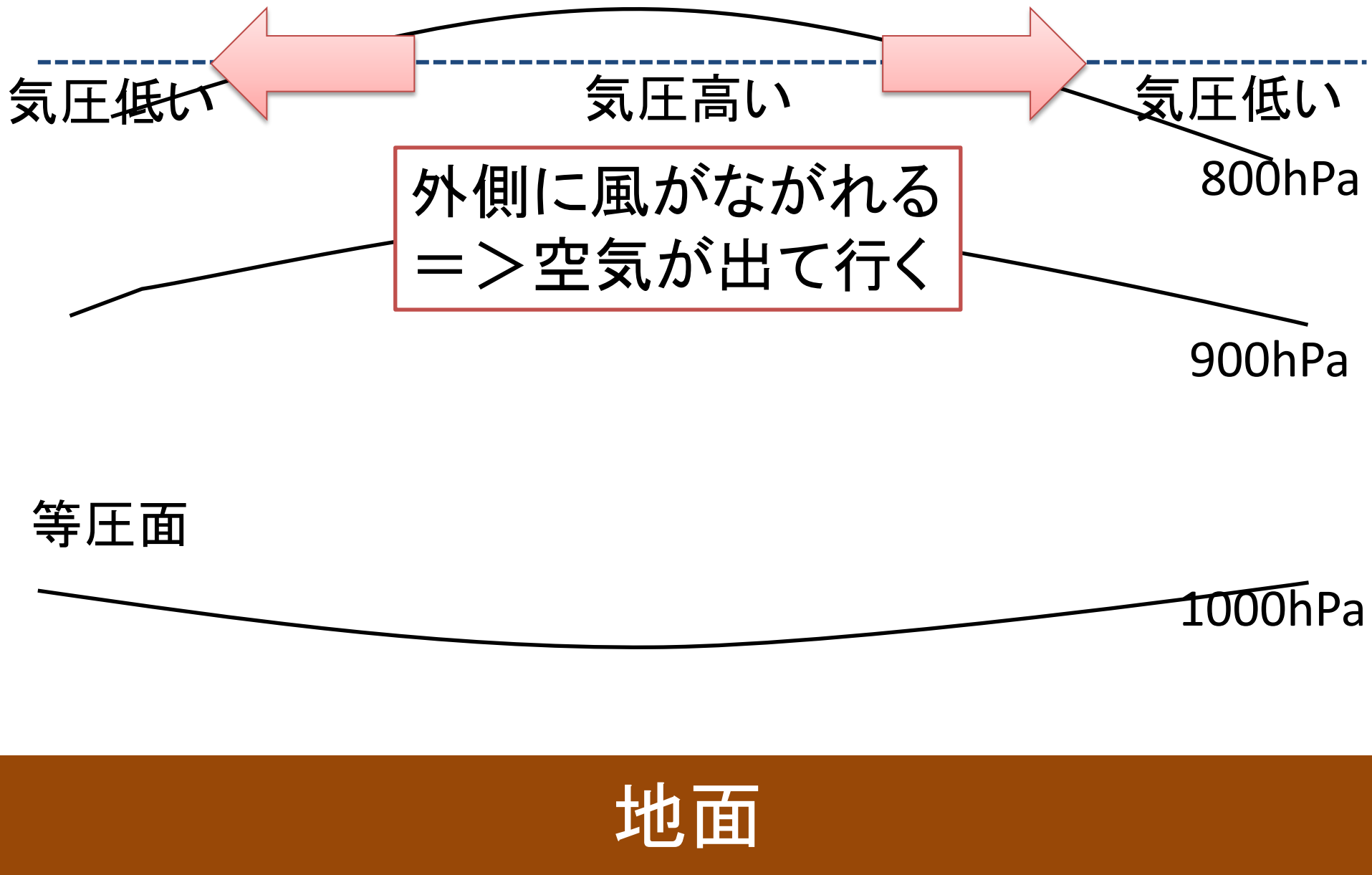
高

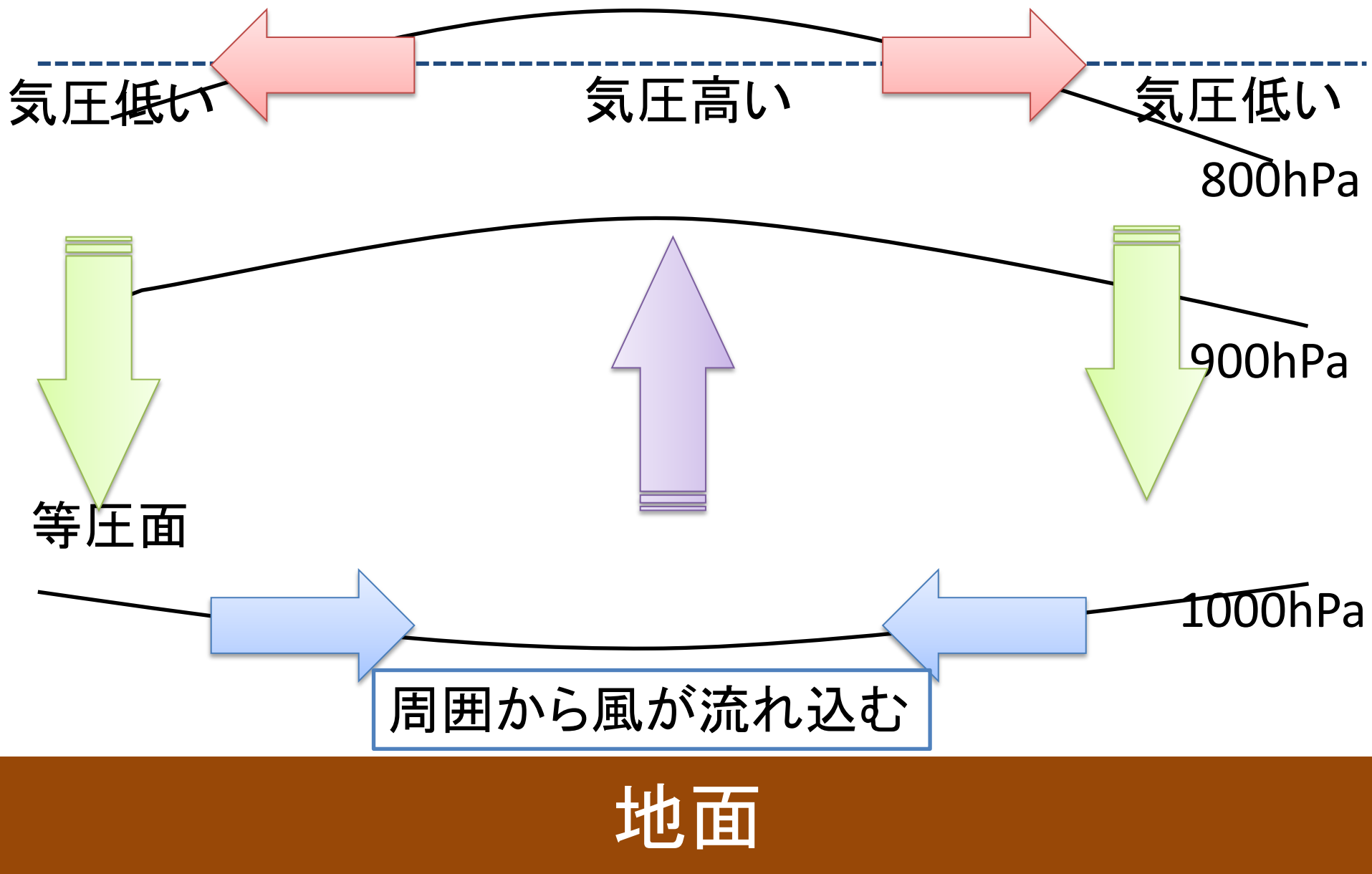


等圧線が混んでいるほど、  
圧力傾度力は強い  
＝風が強い

滑り台のイメージ。。。。

低







では、海と陸の間で考えてみよう

まず状況として

日中： 太陽が出ている ⇒ 日射が強い  
海の温度 ⇒ 比熱の関係で暖まりにくい  
陸 ⇒ 海に比べて暖まりやすい

海陸の温度関係

海 < 陸



日射によって地面が暖められる

800hPa

900hPa

暖められる

1000hPa

地面



下層で海=>陸, 上空で陸=>海の  
気圧勾配ができる

800hPa

気圧低い

気圧高い

900hPa

暖められる

気圧高い

気圧低い

1000hPa

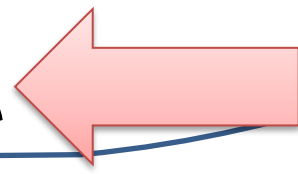
地面



下層では海から陸に向かう風,  
上空では陸からに海に向かう風が吹く

800hPa

気圧低い

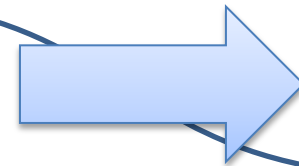


気圧高い

900hPa

暖められる

気圧高い



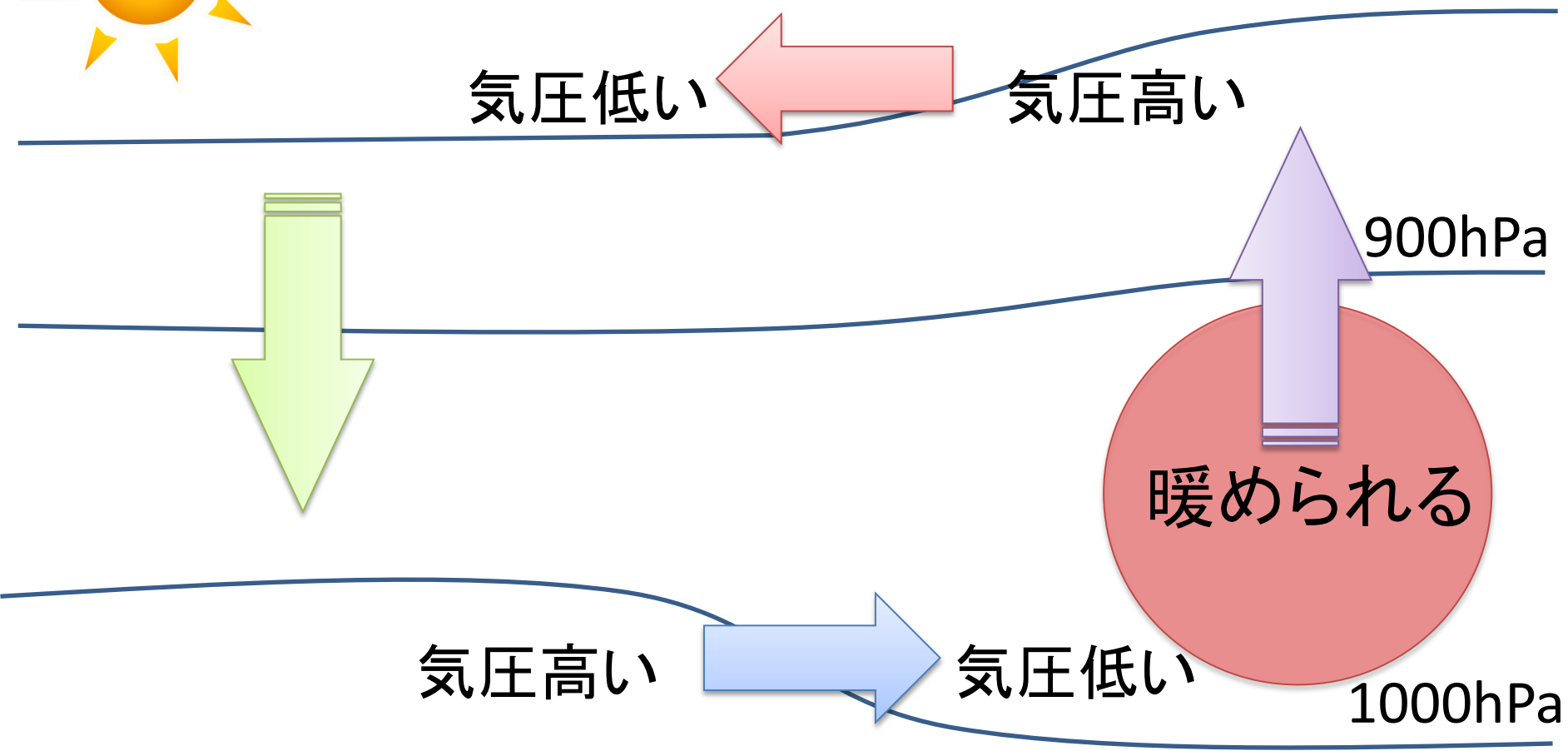
気圧低い

1000hPa

地面



暖められた空気はまわりに比べ軽いので  
上昇する



800hPa

気圧低い

気圧高い

900hPa

暖められる

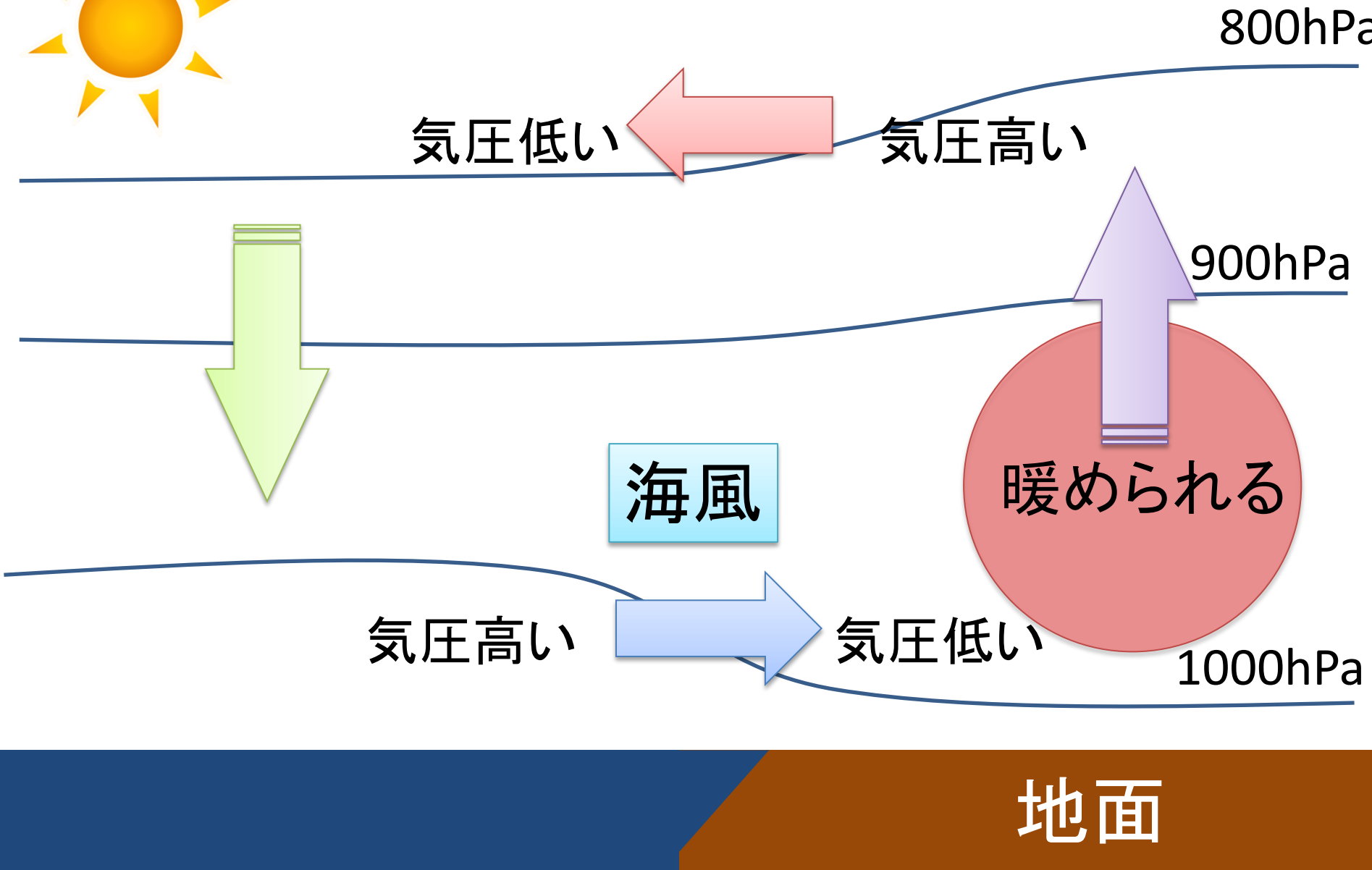
気圧高い

気圧低い

1000hPa

地面

# 下層で感じる海から来る風が「海風」



では、海と陸の間で考えてみよう

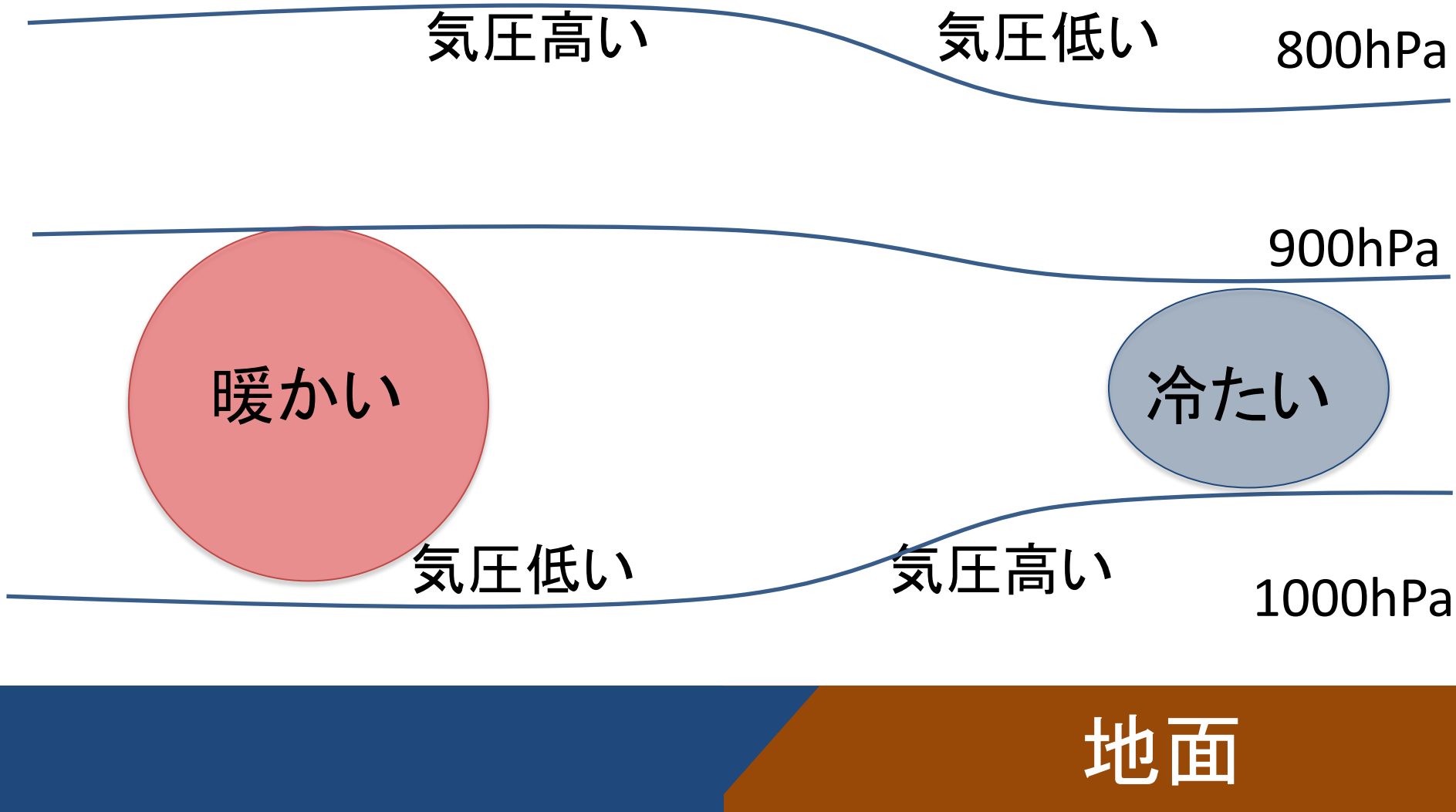
夜間： 太陽がない ⇒ 日射がない  
海の温度 ⇒ 日中に暖まったまま  
冷めにくい  
陸の温度 ⇒ どんどん冷めていく  
＋放射冷却

海陸の温度関係

海 > 陸



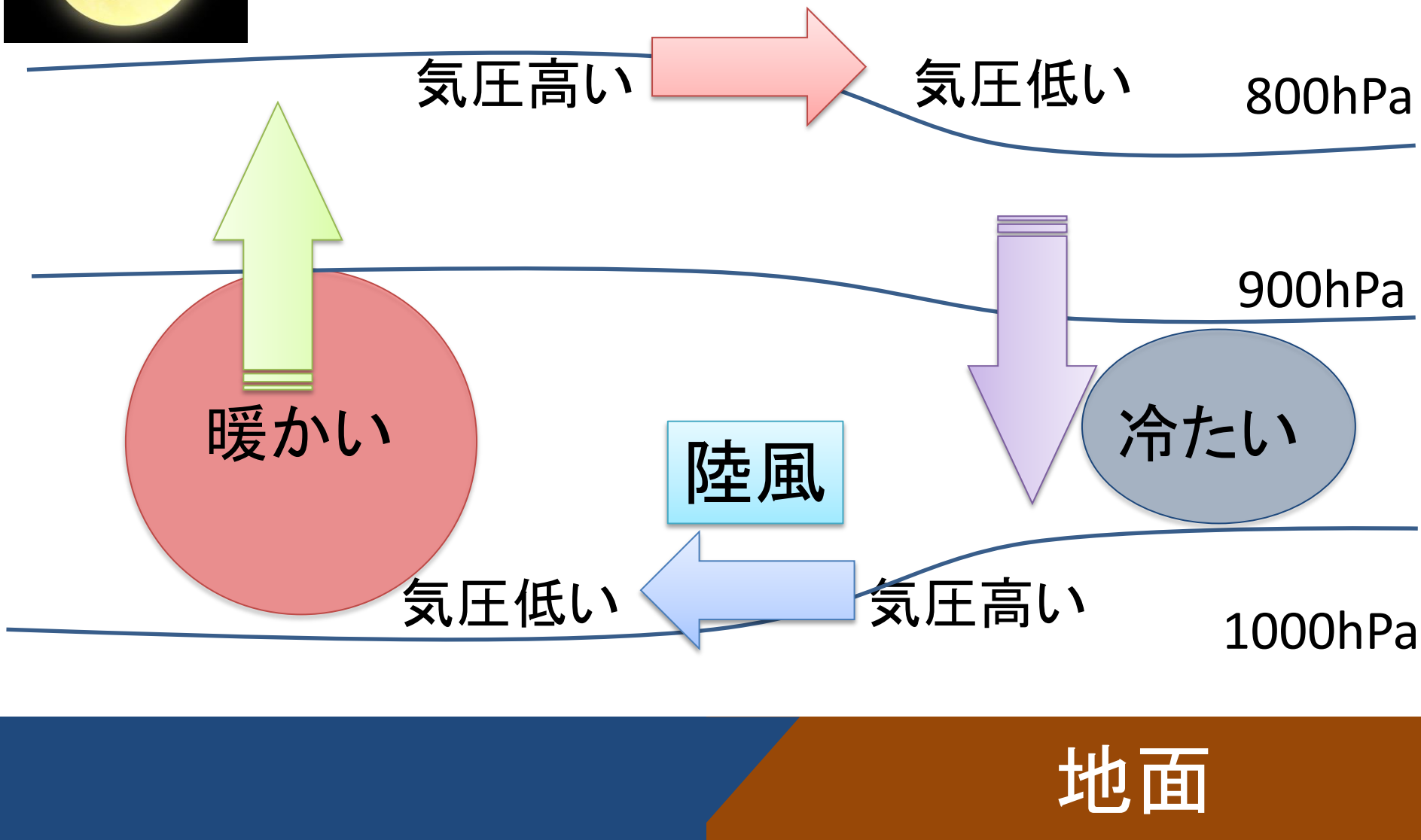
相対的に海の上の空気の方が暖かいor  
陸の上の空気が冷やされる



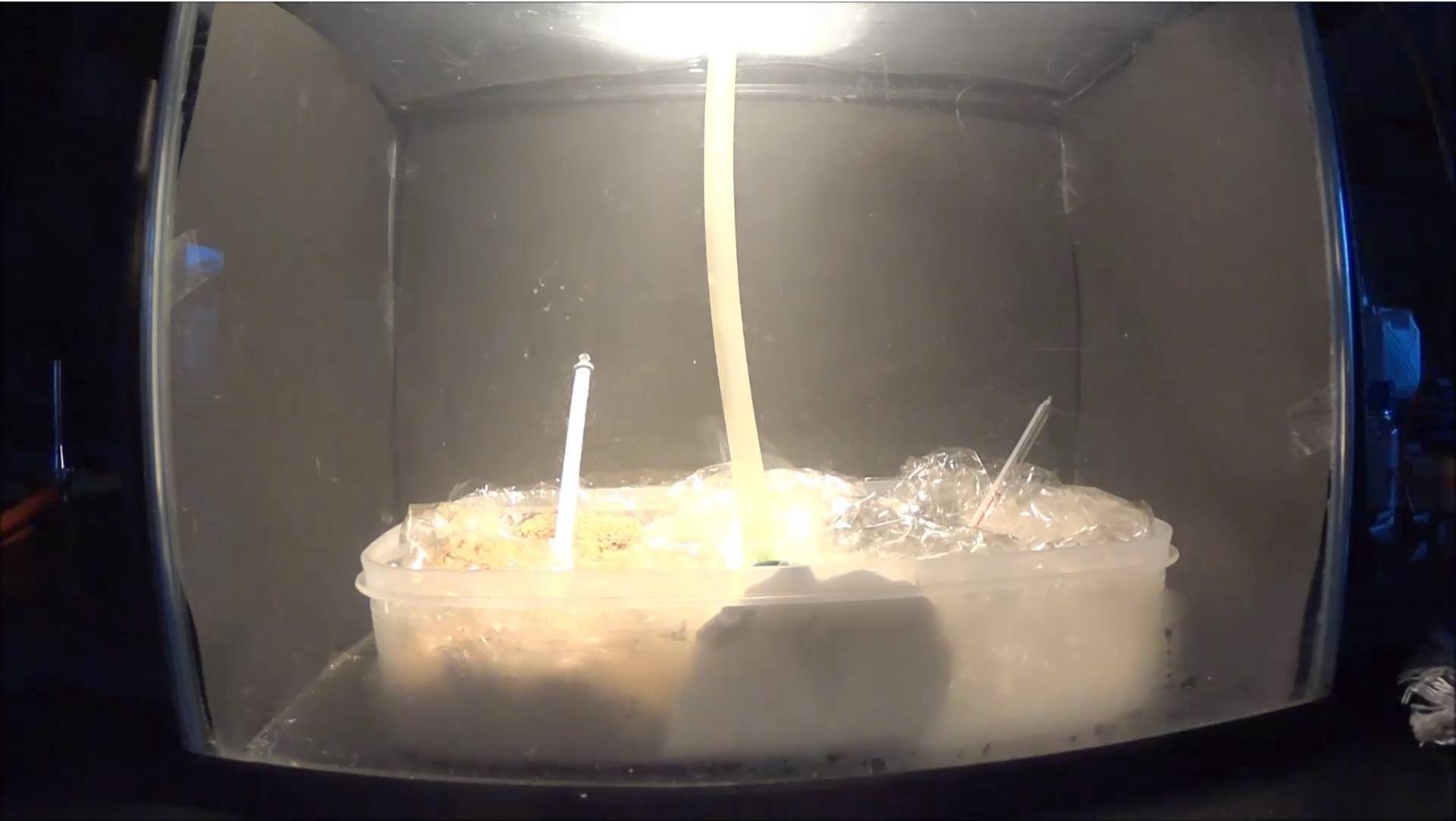




陸から海に向く風が吹く



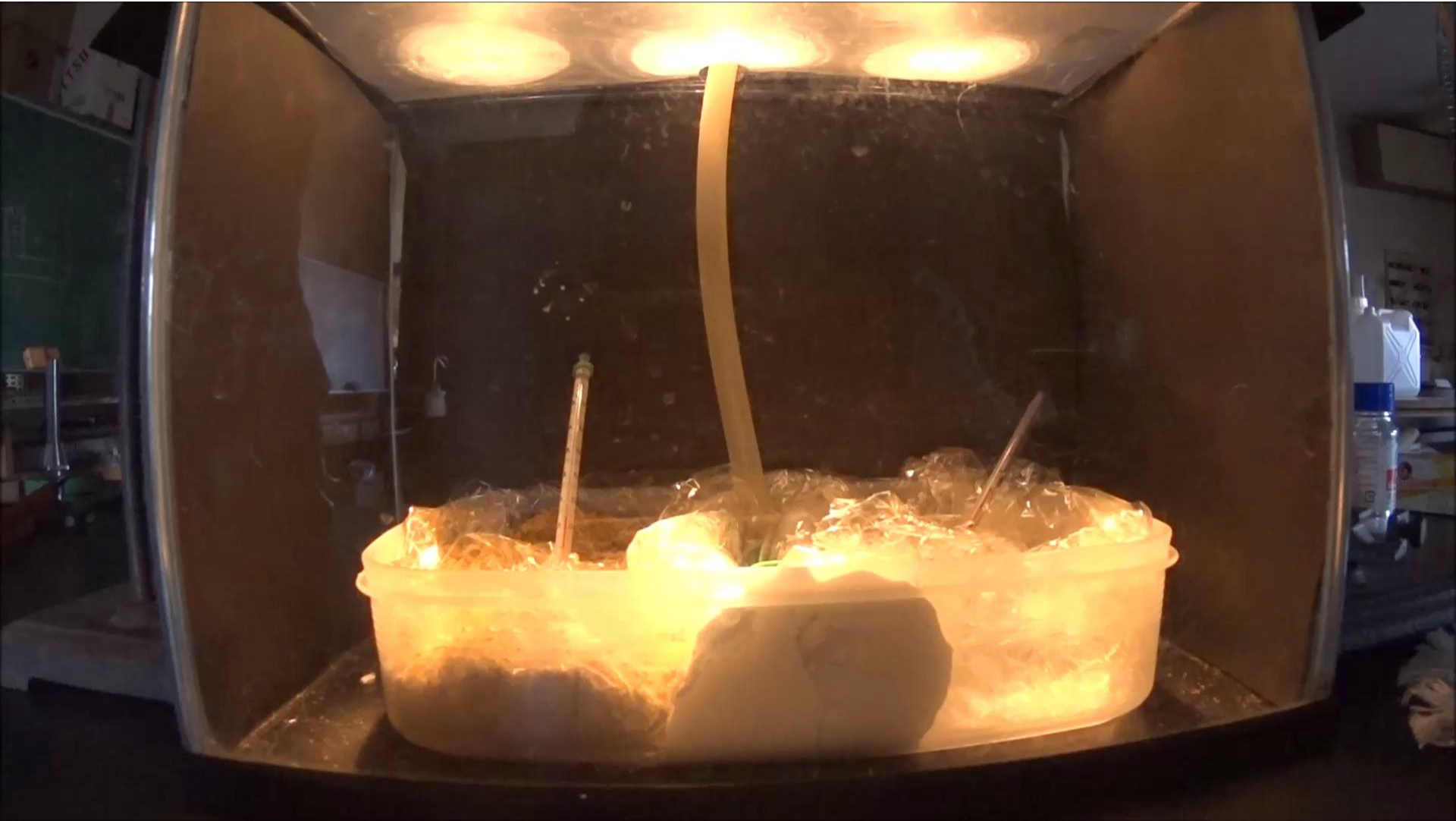
# 海風循環の動画



陸側：暖かい

海側：冷たい

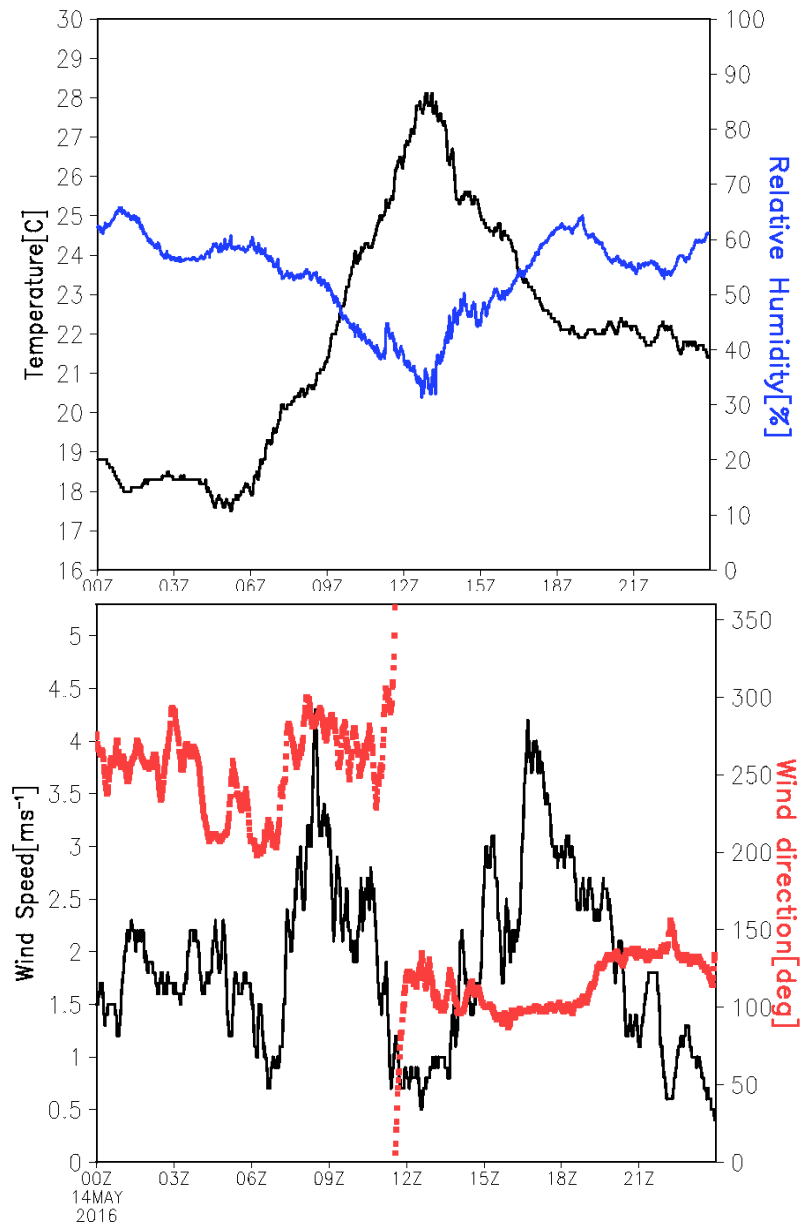
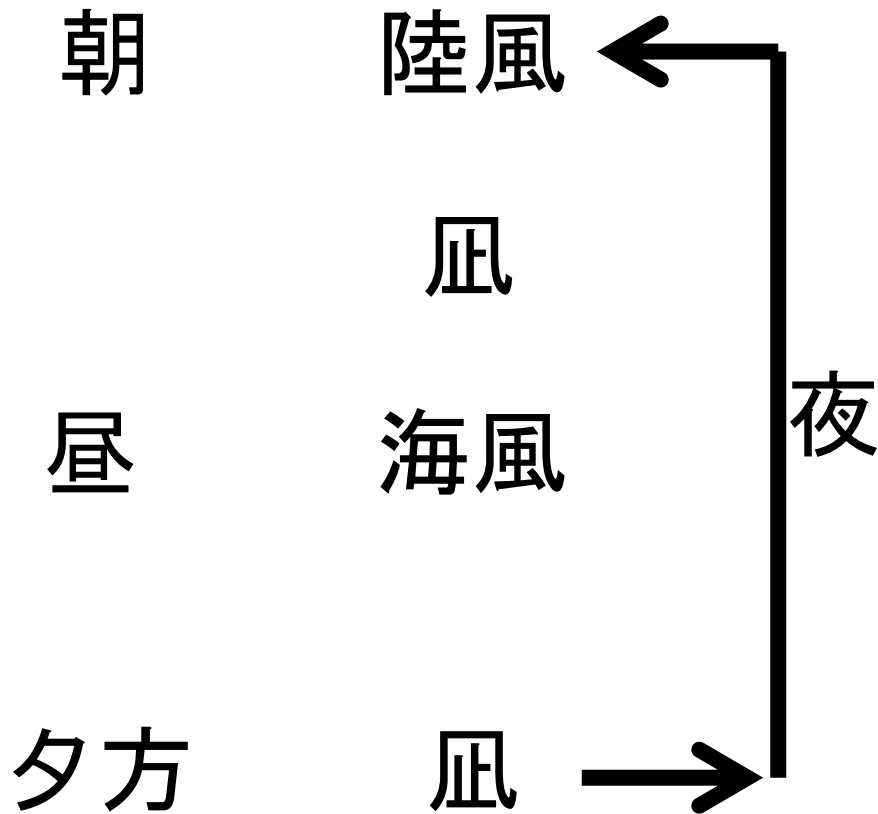
# 陸風循環の動画



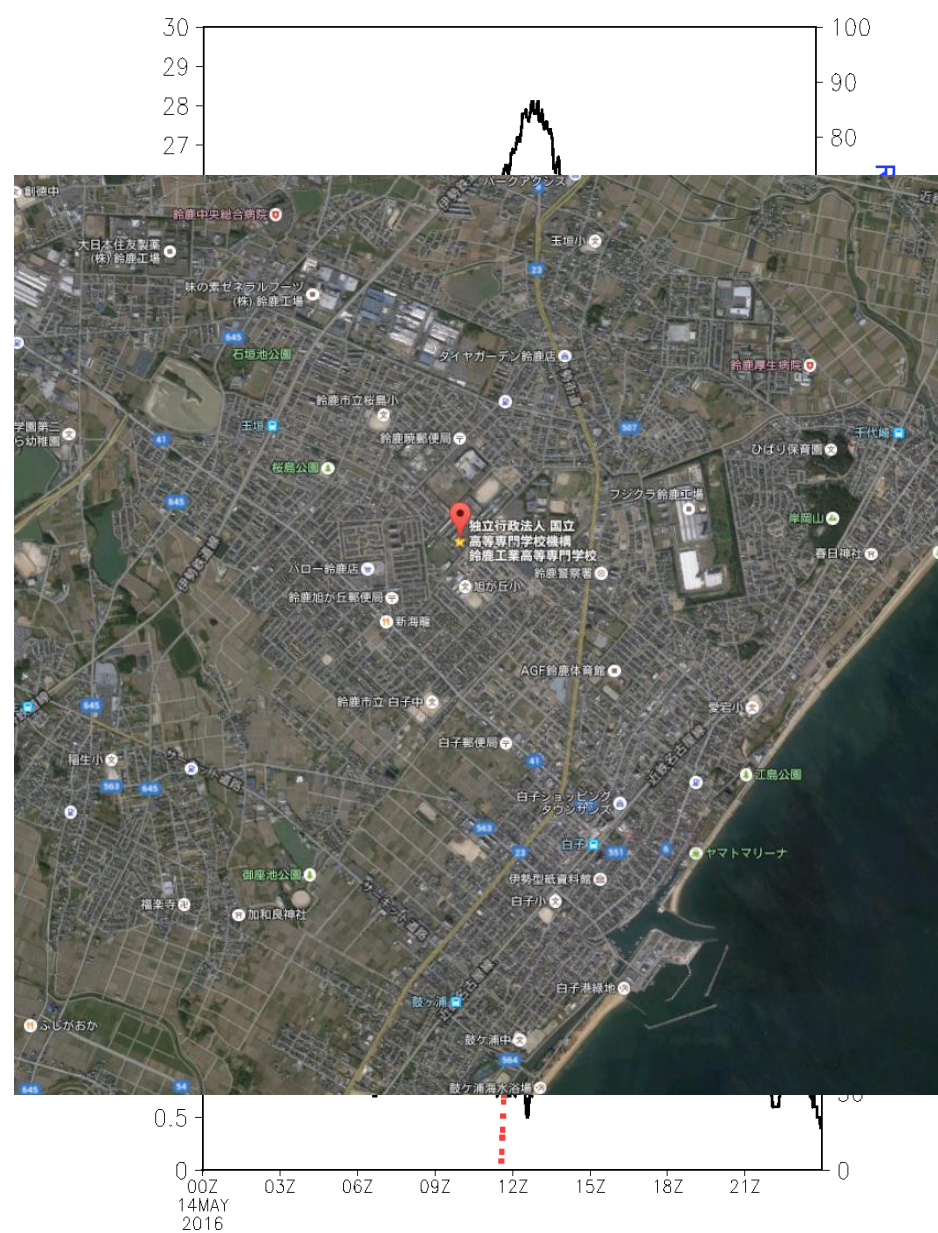
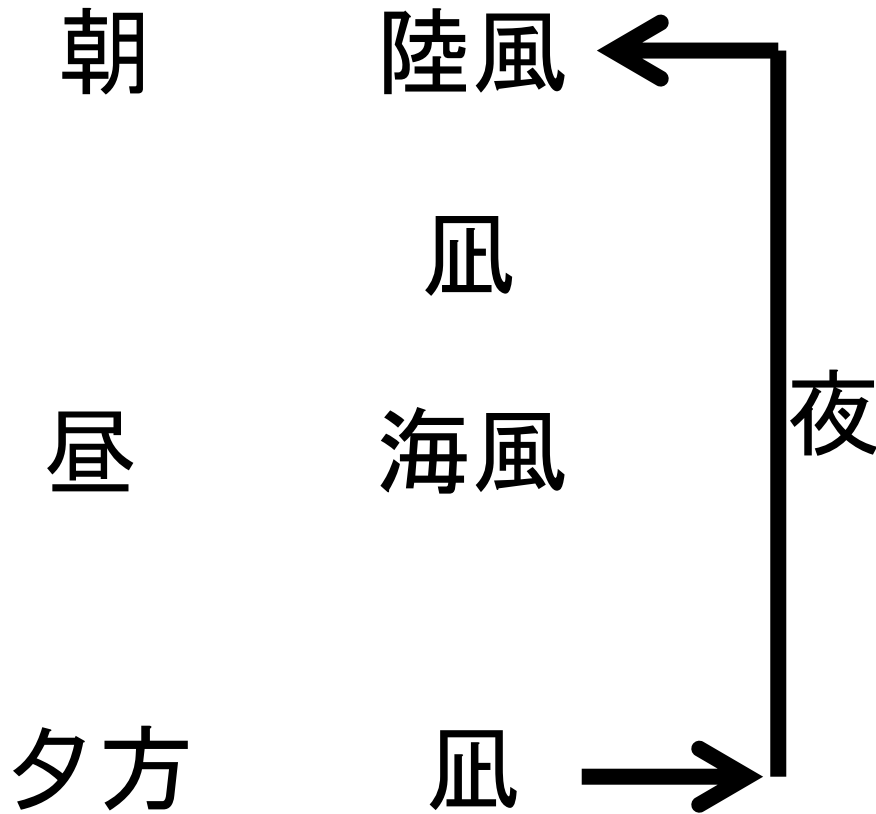
陸側: 冷たい

海側: 暖かい

# 夏の1日の風のサイクル



# 夏の1日の風のサイクル



山の側から高専まで自転車の人の場合  
登校時は追い風，下校時も追い風

天気図を書こう  
準備その3  
ラジオ編



## 記入例

石垣島: 北の風, 風力2, 天気晴れ, 気圧1005hPa, 気温20度

### 時の各地の天気

地名	風向	風力	天気	気圧	気温
石垣島	北 or N or キ	2	①	05	20

## ポイント

風向が結構大変なので工夫が必要.

例: 南南西の風の場合 SSW, ナナセ とか..



# 実際に聞いて記入してみよう 石垣島～福江

横に前回やった天気記号と風を書いて見よう。



## 時の各地の天気

地名	風向	風力	天気	気圧	気温
石垣島			○		
那覇			○		
南大東島			○		
名瀬			○		
鹿児島			○		
福江			○		

## 答え合わせ

石垣島, 北, 風力 5, 雨, 22hPa, 15度

那覇, 北, 風力 5, 雨, 19hPa, 15度

南大東島, 東, 風力 2, にわか雨, 13hPa, 21度

名瀬, 北北西, 風力 4, にわか雨, 19hPa, 14度

鹿児島, 北北西, 風力 3, 晴れ, 20hPa, 11度

福江, 北西, 風力 3, みぞれ, 25hPa, 3度

巖原, 北北西, 風力 4, くもり, 25hPa, 2度

足摺岬, 北北西, 風力 2, くもり, 19hPa, 9度

室戸岬, 西北西, 風力 3, 雨, 19hPa, 6度

松山, 西, 風力 2, 晴れ, 20hPa, 9度

浜田, 北北西, 風力 3, みぞれ, 23hPa, 3度

# アンケート 6/26

**授業についての感想や疑問, 改善点などを書いてください.**

**「特になし」や空白はなしでお願いします.**