植物群落における微気象観測　/ 傾度法

植山　雅仁

フラックスの計測

様々な計測・評価方法

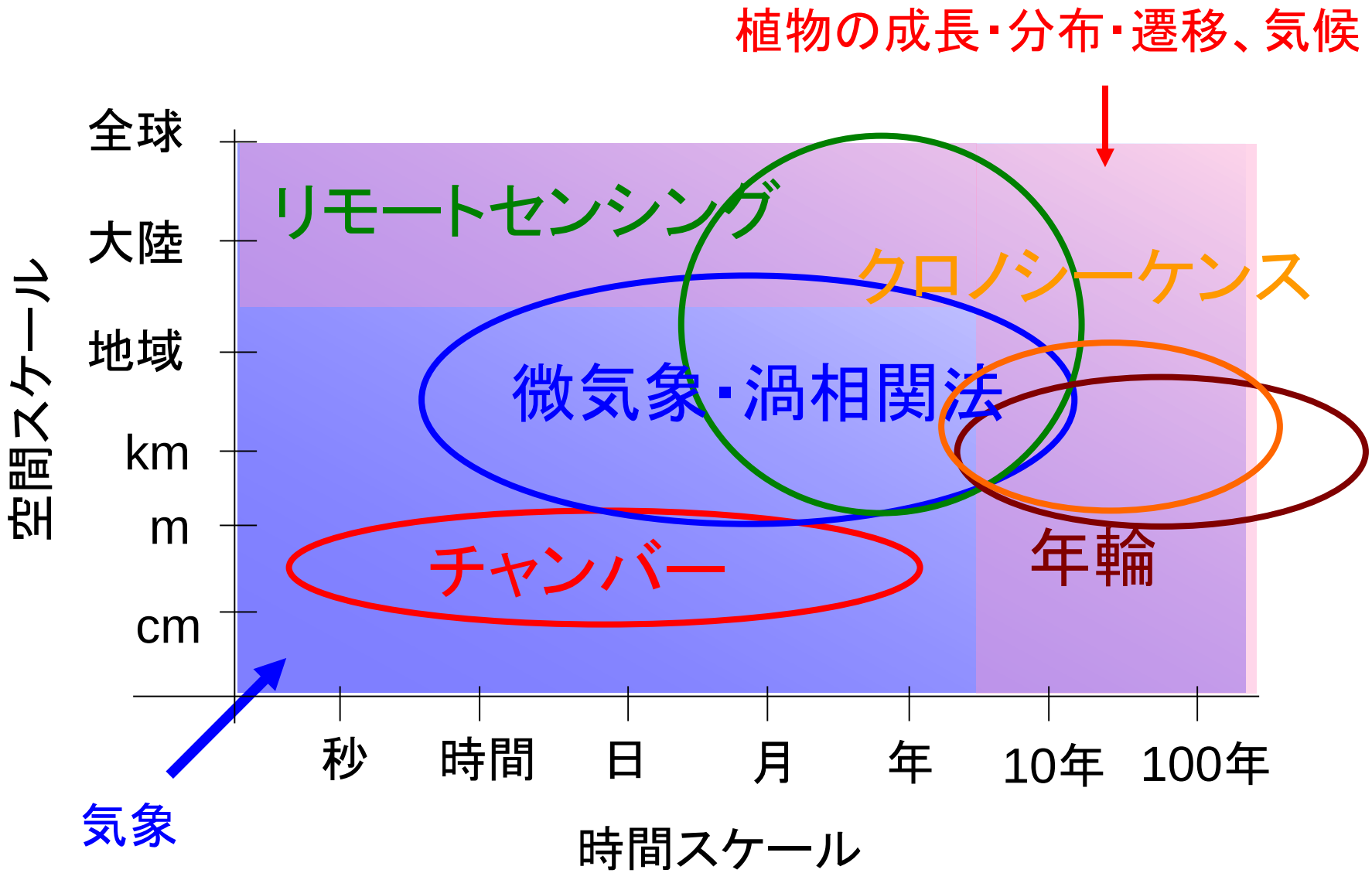
- ☑ チャンバー法
- ☑ 微気象学的手法

  → 渦相関法、傾度法、熱収支法
  バルク法、簡易渦集積法

- ☑ リモートセンシング

時空間スケール

（参照; Randerson et al., 2002）



微気象観測

微気象

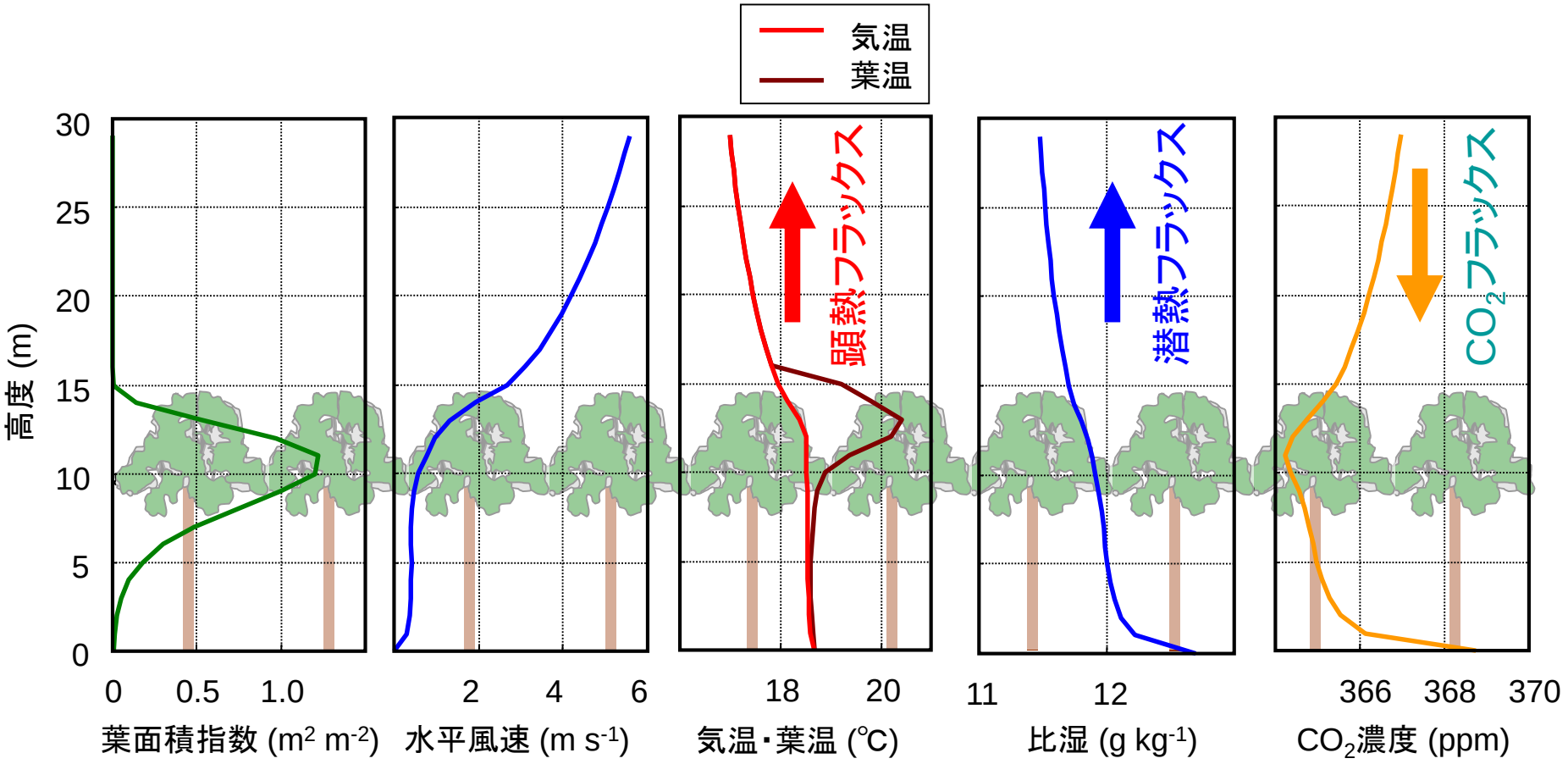
地表面の影響を受ける地上付近の気層内の微細な時間・空間スケールの気象現象 （農業気象学用語解説集, 1997）

↓

生態系－大気間の物質の交換量を計測

微気象　-micrometeorology-

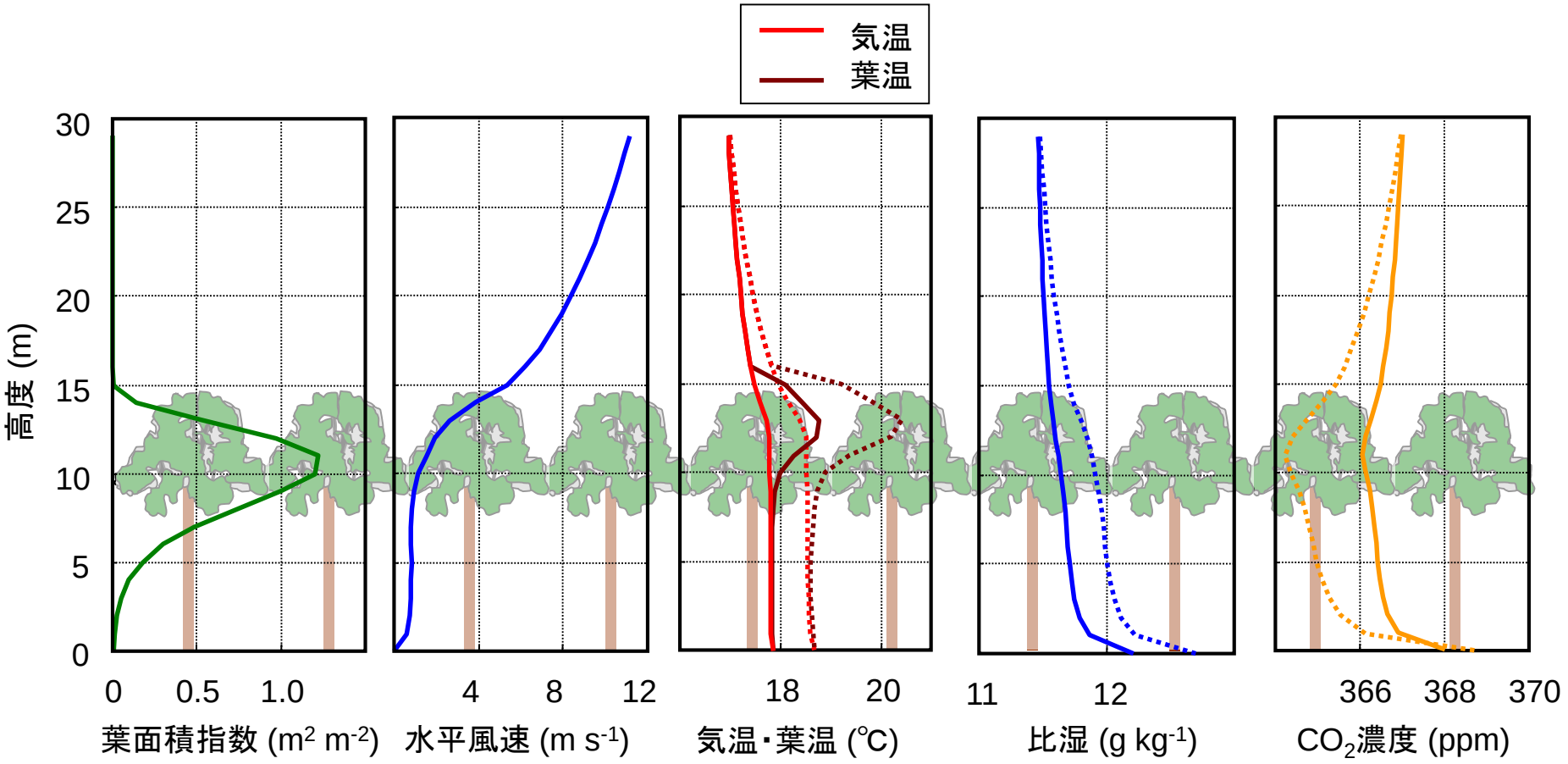
地表面の影響を強く受ける地上付近の気層内の微細な時間・空間スケールの気象現象



微気象　-micrometeorology-

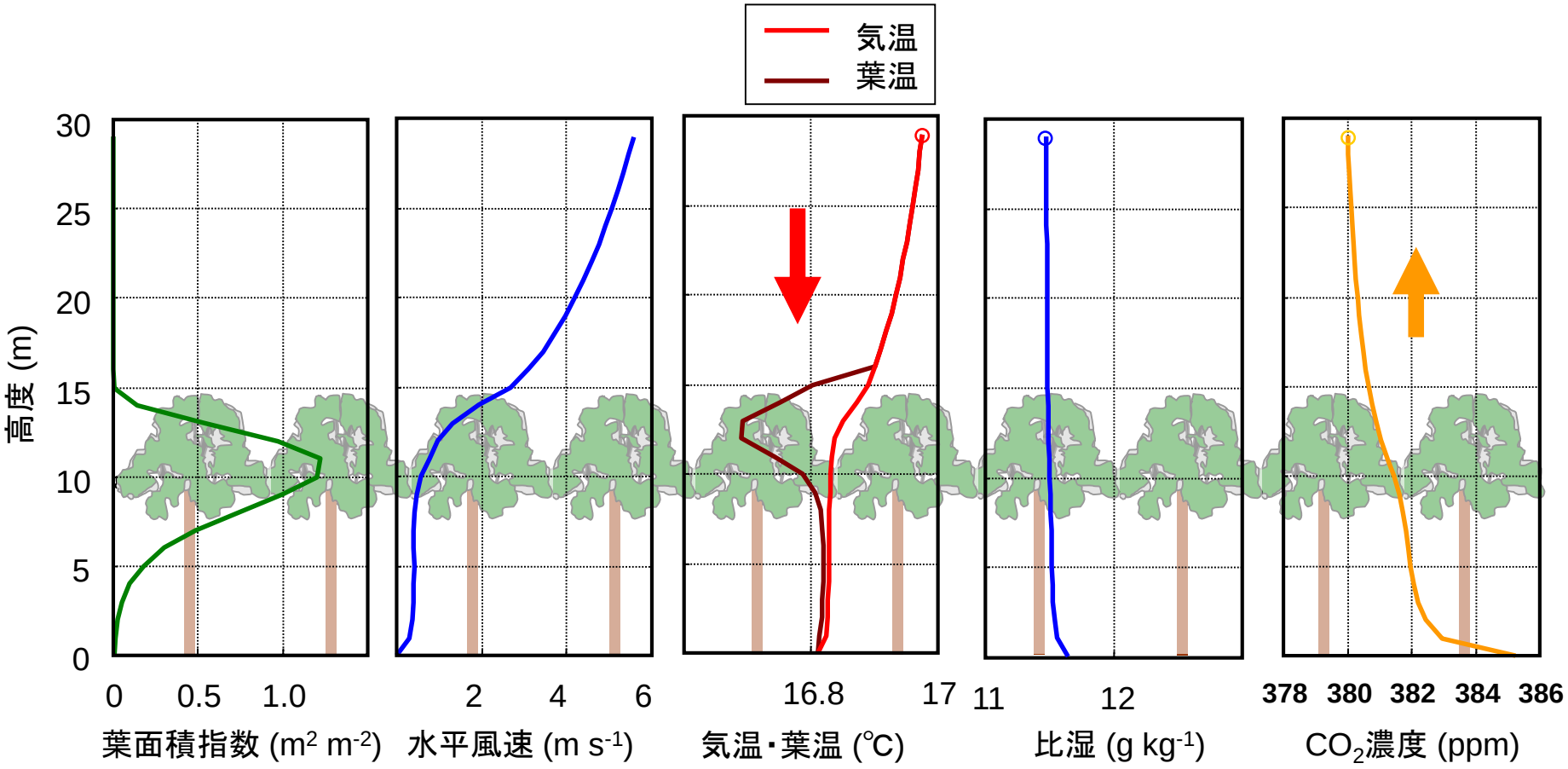
風速が2倍になったら？

どういった理由で？



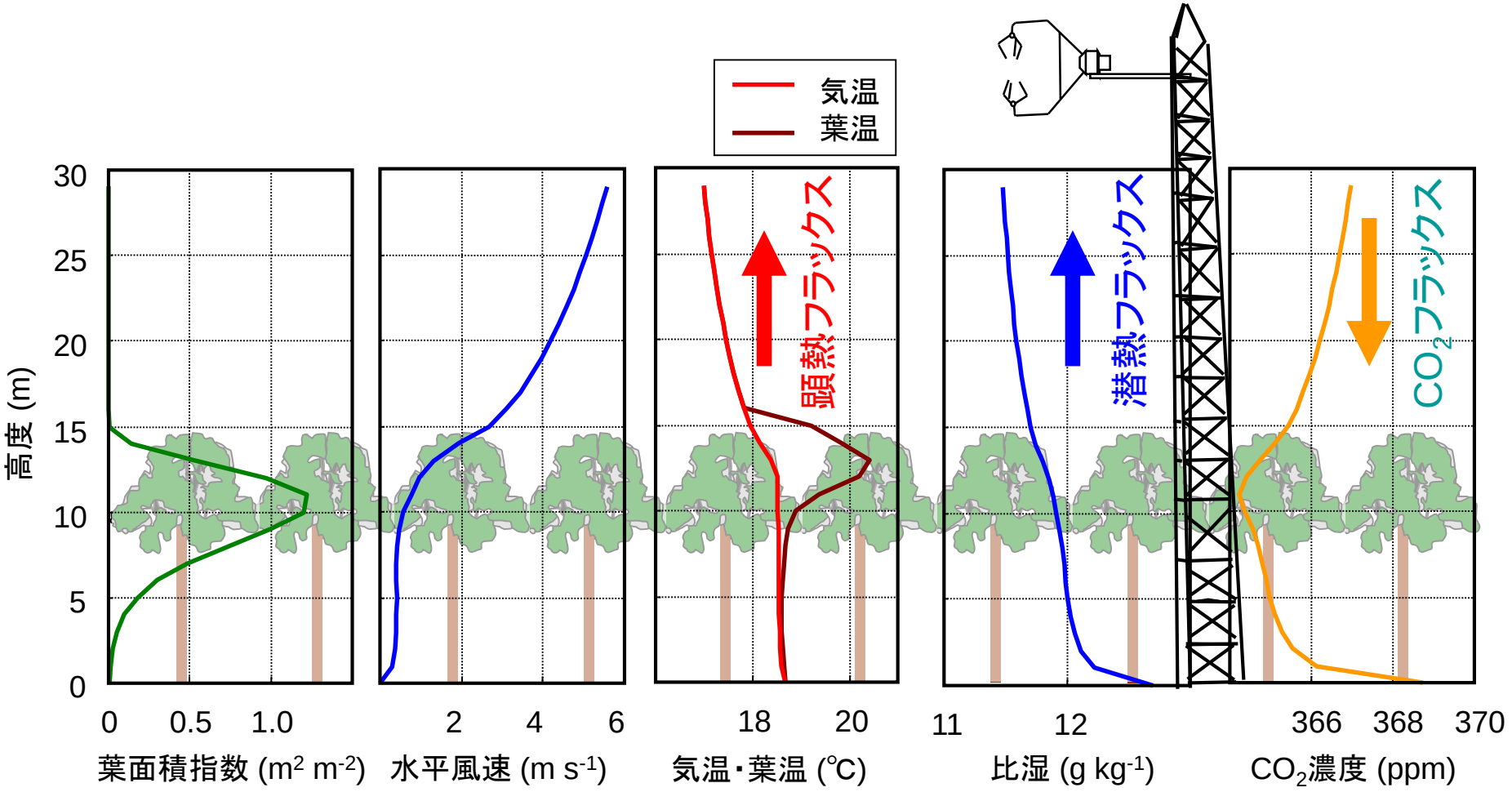
微気象　-micrometeorology-

夜間の鉛直プロファイル

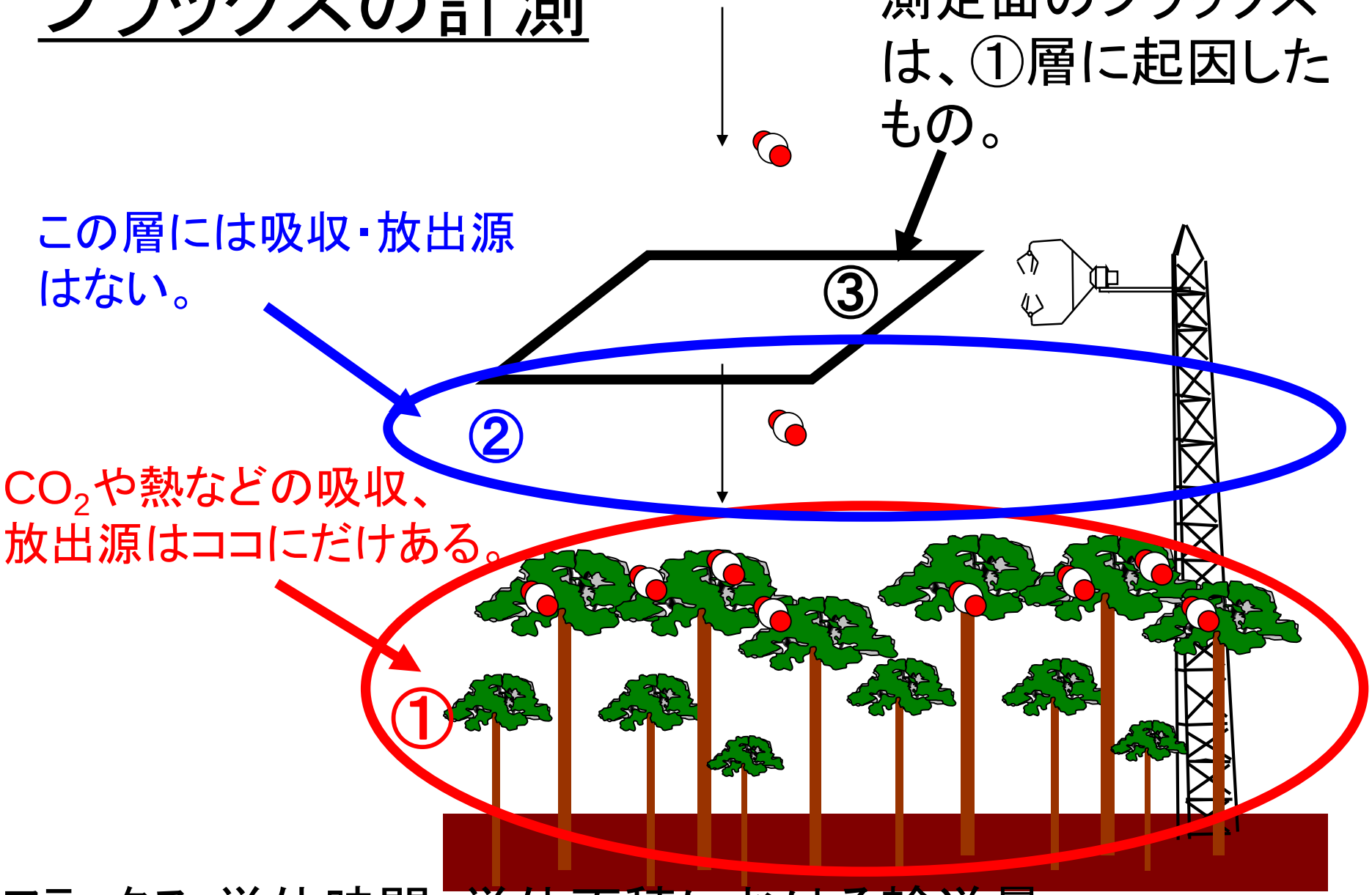


微気象　-micrometeorology-

地表面の影響を強く受ける地上付近の気層内の微細な時間・空間スケールの気象現象



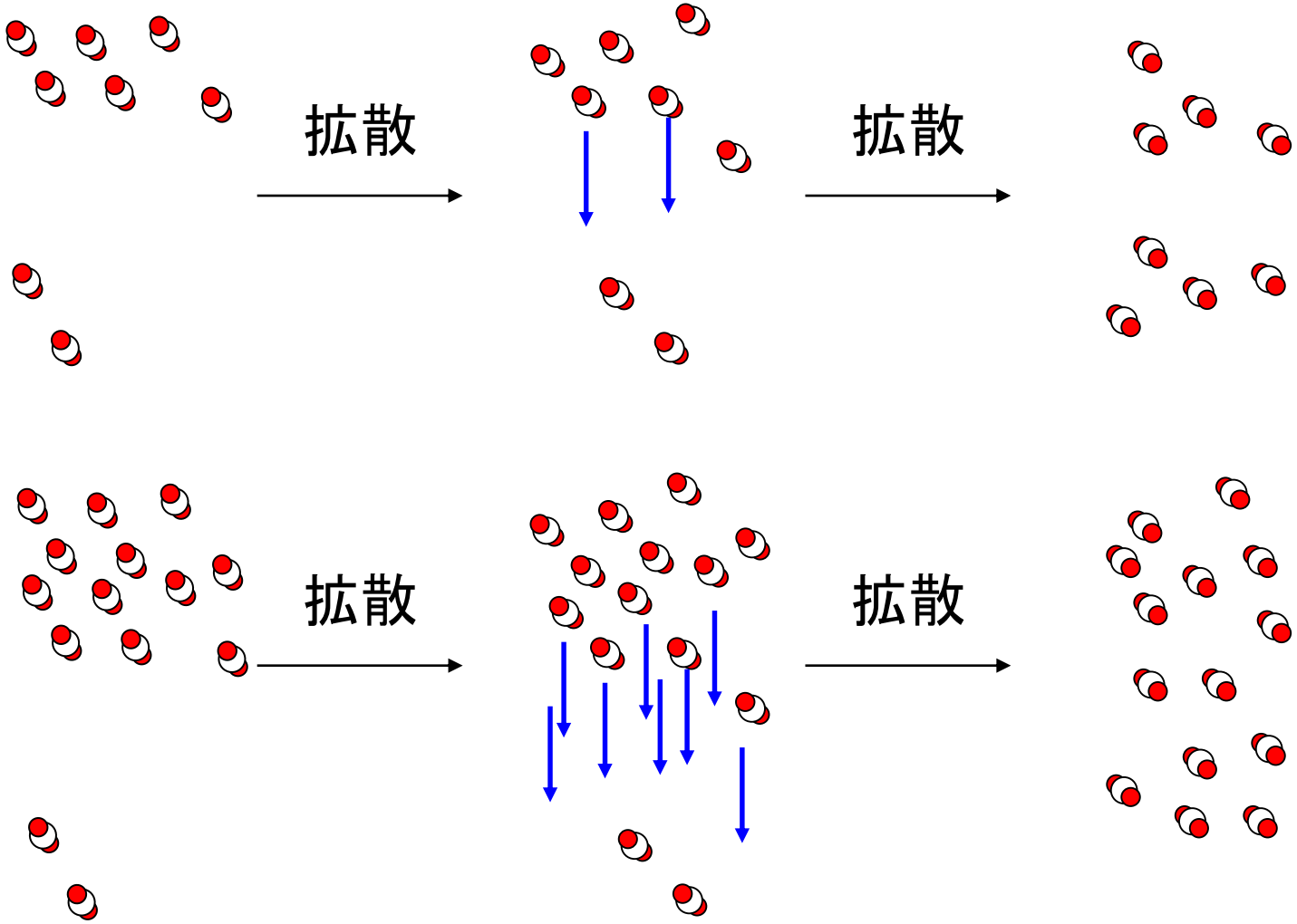
フラックスの計測



フラックス：単位時間・単位面積における輸送量

フラックスの計測

乱流拡散

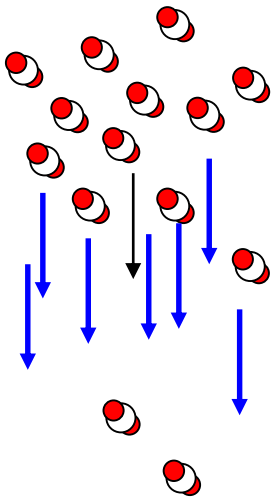


２高度の濃度差が大きいほど、大きく拡散する。

傾度法

2高度のCO_2濃度差

$$Fc = -\rho K_c \frac{\overline{\Delta C}}{\Delta z}$$



2高度の高さの差

ρ:空気の密度、 K_c:拡散係数

フラックスは、2高度の濃度差と拡散係数に比例する。

傾度法

$$Fc = -\rho K_c \frac{\Delta \overline{C}}{\Delta z}$$

$$K_c = \frac{k^2 z^2}{\Phi} \frac{\Delta \overline{U}}{\Delta z}$$

2高度の風速差

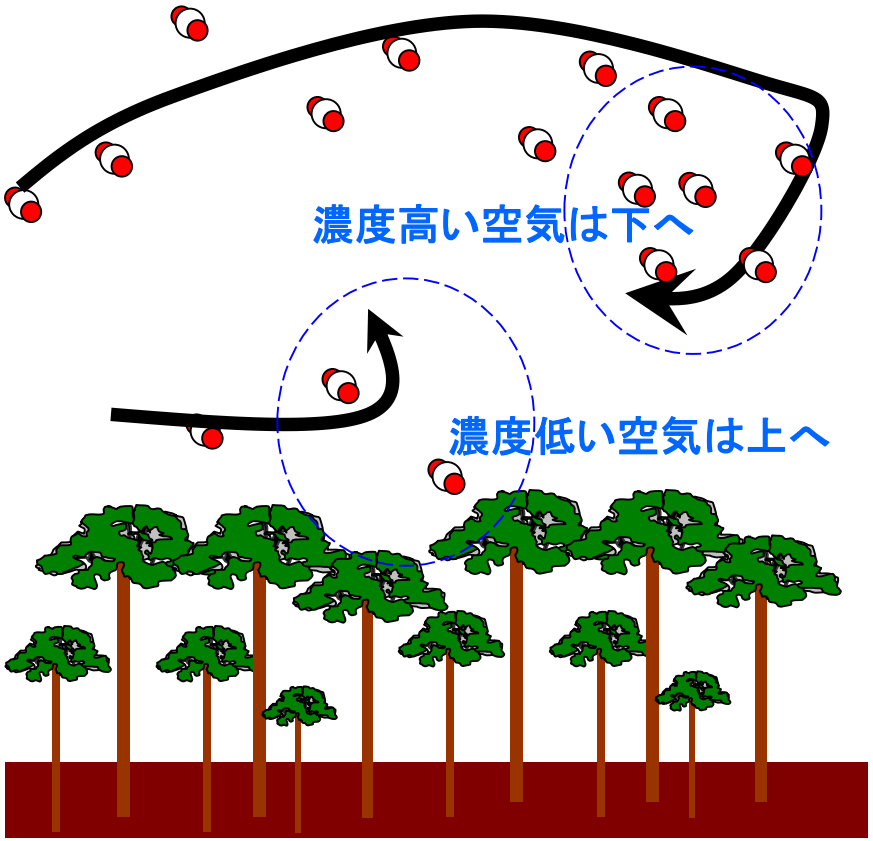
k :カルマン定数(0.4)、z:測定高度、Φ:安定度補正項

傾度法

拡散係数と風速差

$$K_c = \frac{k^2 z^2}{\Phi} \frac{\Delta \overline{U}}{\Delta z}$$

風が強い時は、上下の巻き込みが大きくなり、鉛直の輸送量が大きくなる。



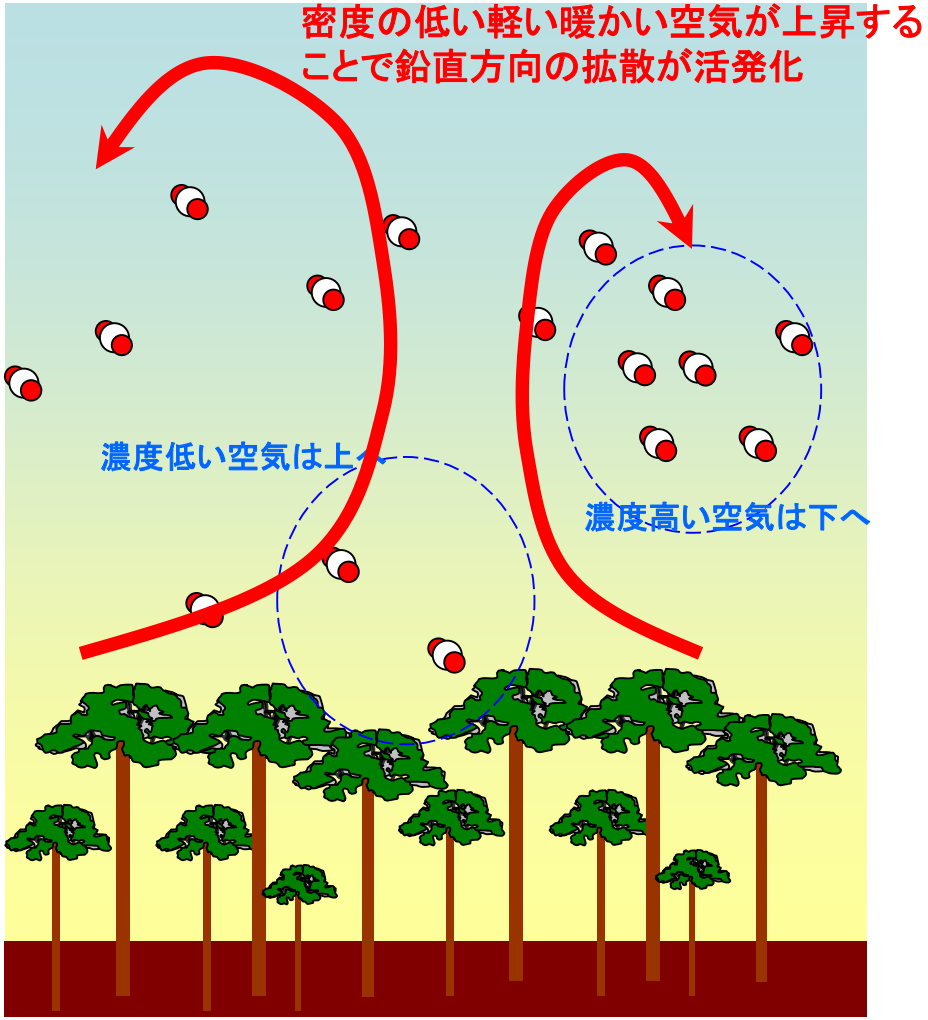
Φ:安定度補正項

傾度法

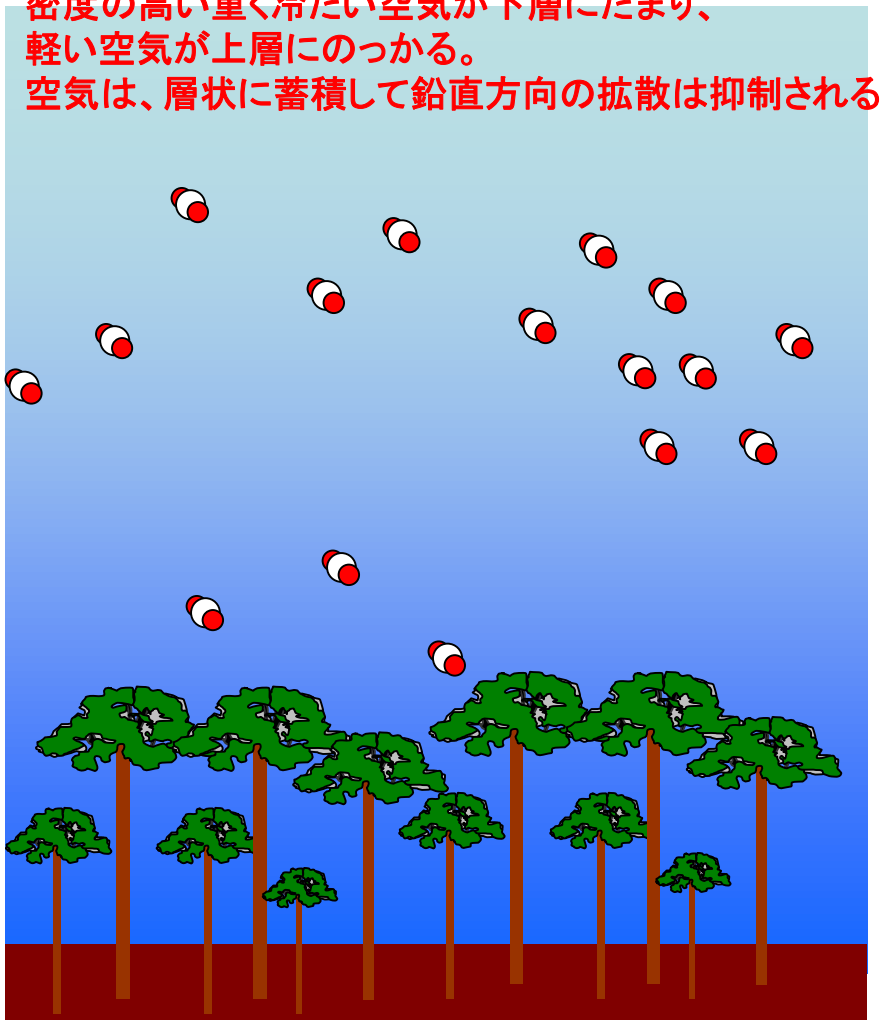
安定度とはなにか？

$$K_c = \frac{k^2 z^2}{\Phi} \frac{\Delta \overline{U}}{\Delta z}$$

(a) 不安定状態



(b) 安定状態



傾度法

$$Fc = -\rho K_c \frac{\Delta \overline{C}}{\Delta z}$$

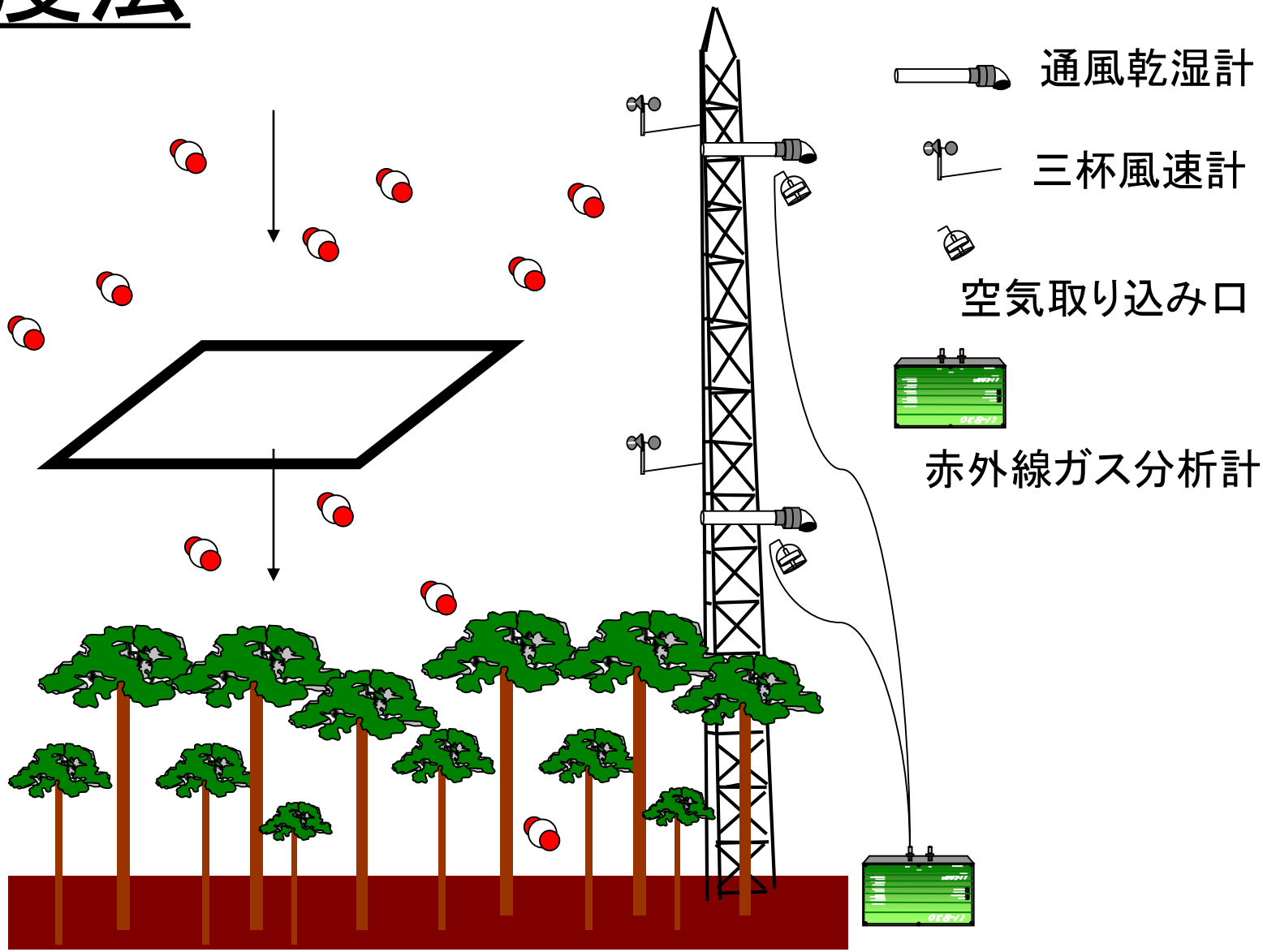
物理量の差
例えば、
CO_2濃度差

$$K_c = \frac{k^2 z^2}{\Phi} \frac{\Delta \overline{U}}{\Delta z}$$

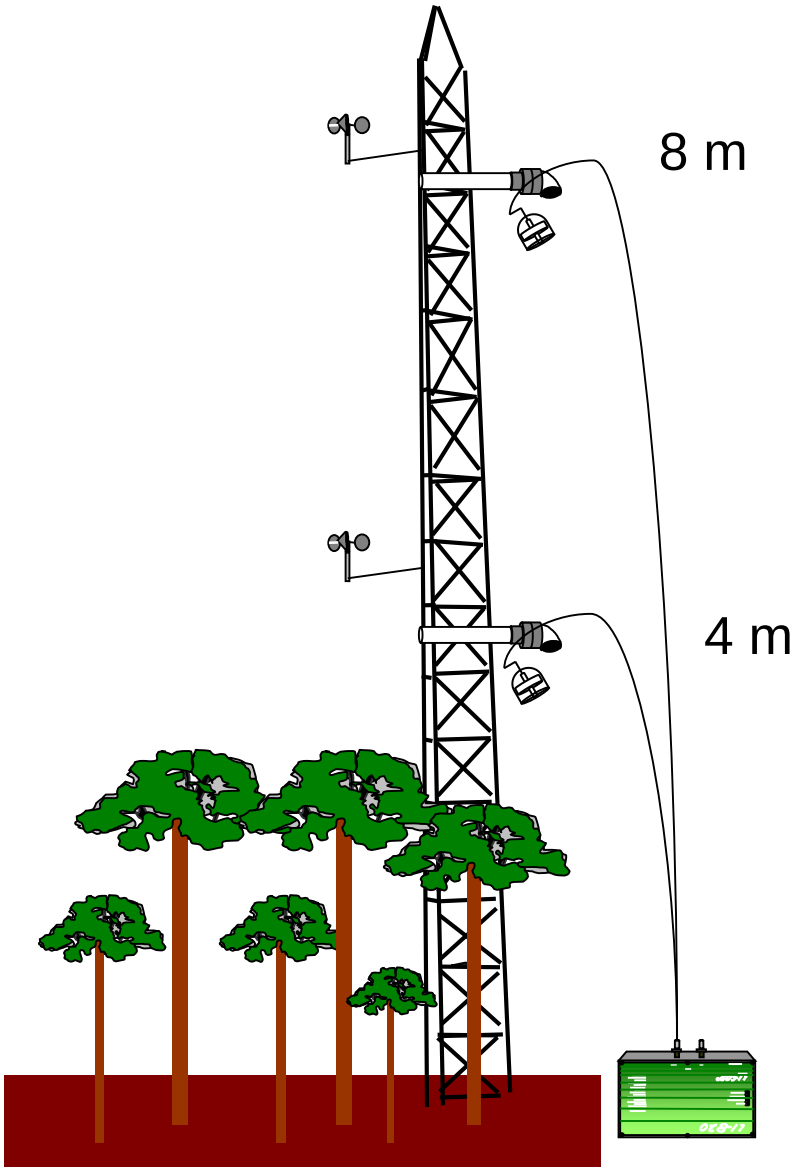
風速差
（風速）

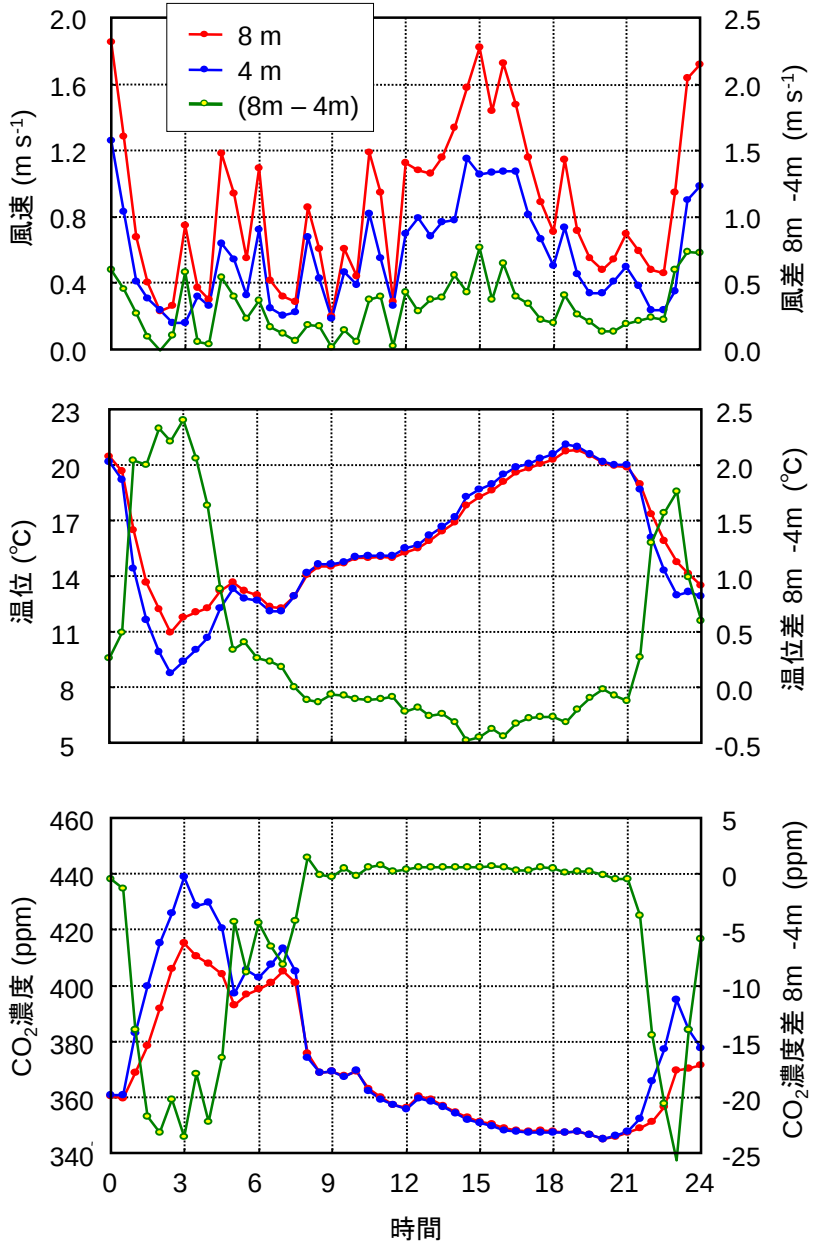
温度差

傾度法 観測のデザイン



傾度法の適用例


8 m
4 m


8 m
4 m
(8m – 4m)
風速 (m s-1)
風差 8m -4m (m s-1)
温位 (℃)
温位差 8m -4m (℃)
CO2濃度 (ppm)
CO2濃度差 8m -4m (ppm)
時間

同高度計測による器差の比較観測

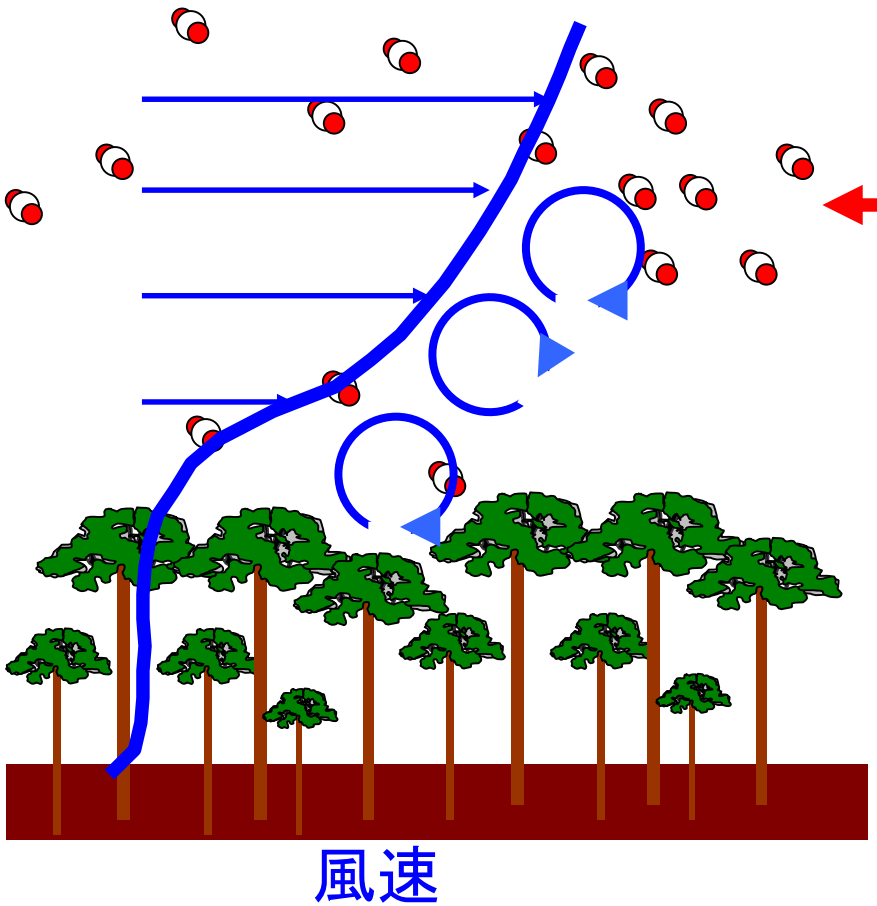
乱流輸送

拡散係数　：　乱流輸送の効率

風速差、安定度（温度差）

乱流輸送は大気中の乱れによって生じる渦による輸送

大気中で効率的に渦が生成されれば、上下方向の輸送も効率的



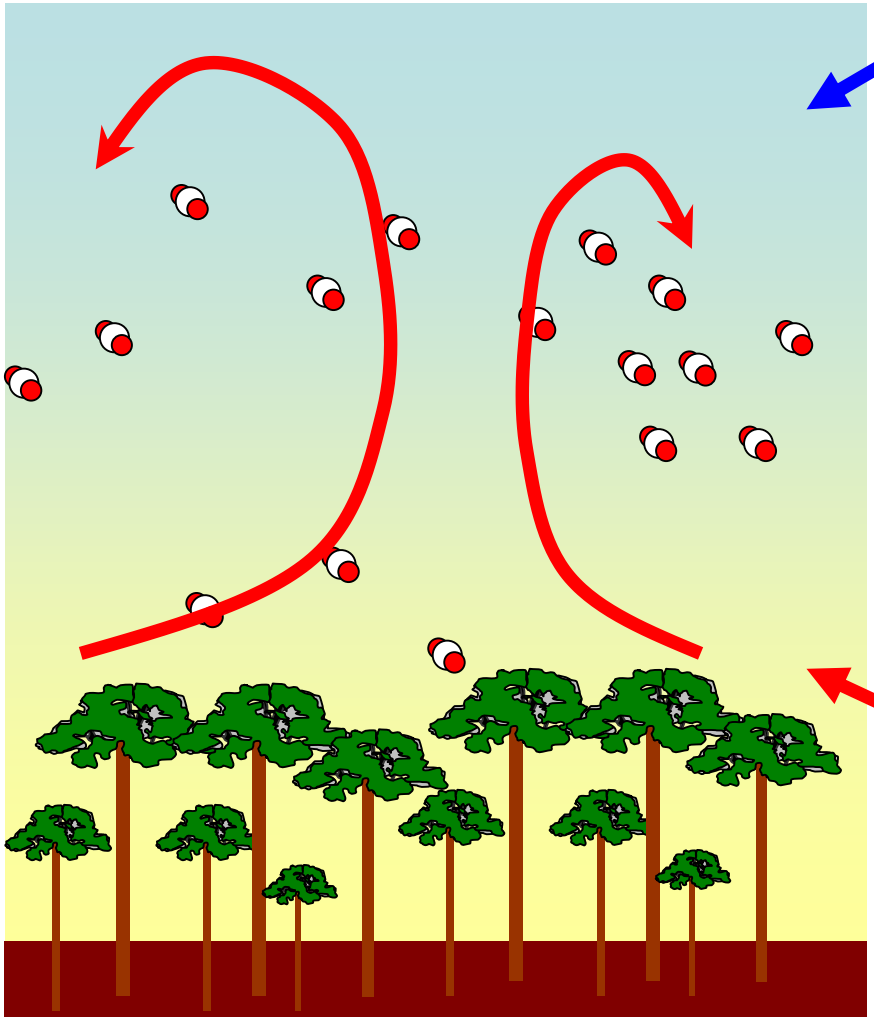
上下に風速差があると
摩擦により渦が生じる

この渦の生成のことを
シアー生成という。

乱流輸送

拡散係数　：　乱流輸送の効率
風速差、安定度（温度差）

不安定状態　（日中）



冷たい空気：
密度が高い

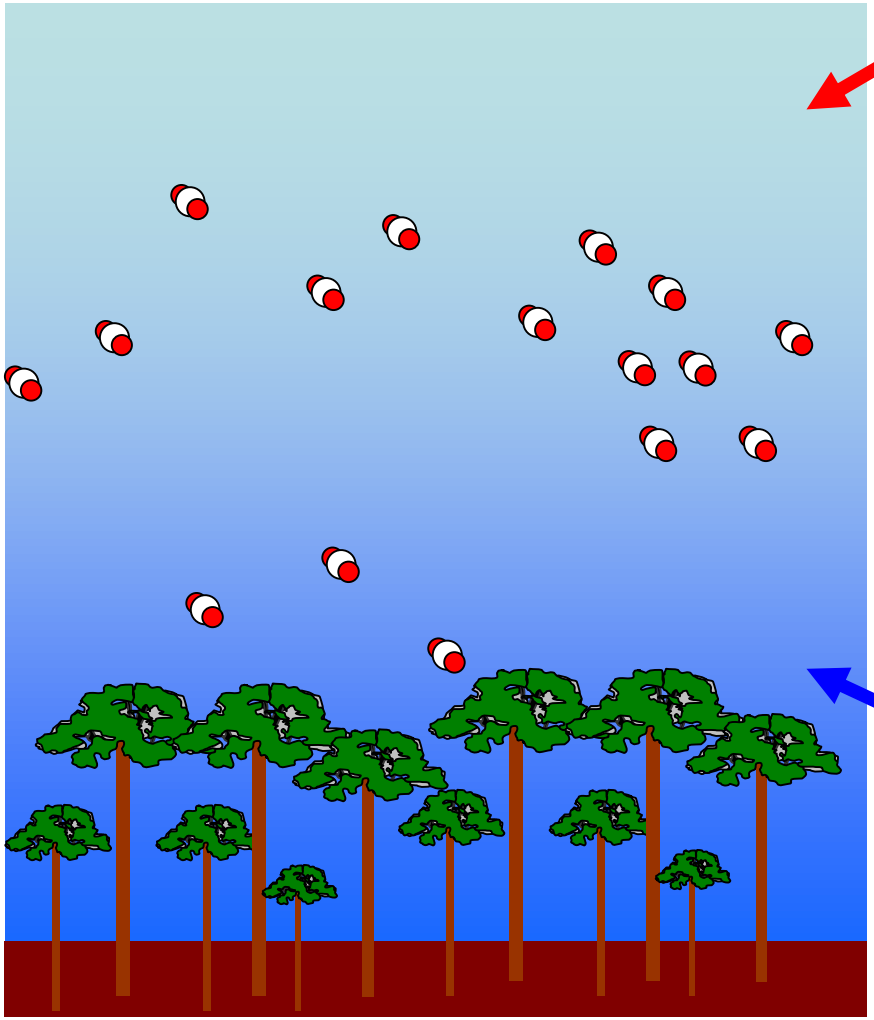
浮力が生じて、上昇気流
→　渦が生成
（浮力による生成）

暖かい空気：
密度が低い

乱流輸送

拡散係数　：　乱流輸送の効率
風速差、安定度（温度差）

安定状態　（夜）



暖かい空気：
密度が低い

重い空気が下にたまって
渦が生成されない。

冷たい空気：
密度が高い

乱流輸送

乱流輸送は大気中の乱れによって生じる渦による輸送

大気中で効率的に渦が生成されれば、上下方向の輸送も効率的

↓

渦の生成メカニズム

シアー生成　：　風速差

浮力生成　　：　安定度（温度差）

植生モニタリングの際の微気象学的な手法の利点

■高い空間代表性

植物群落におけるフラックスは非常に不均一
チャンバー等の測定で代表性を得るためには、多点での計測が必要

■非破壊

植物を刈り取って炭素固定量などを評価すると、
それ以降、同じ個体で評価できない。

■自然状態を乱さず測定が可能

チャンバーなど、箱をかぶせると実際の環境と異なる環境となってしまう。
（例えば、風が吹かなくなったり、蒸散によって湿度が高くなったりする。）

■連続測定が可能

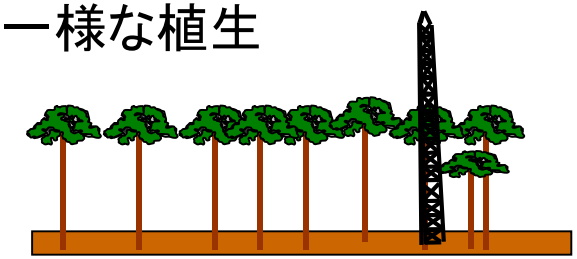
（様々な時間スケールでの評価が可能；数十分～数十年）
自動測定が可能なことから、長期連続的に測定が可能

測定に必要な条件

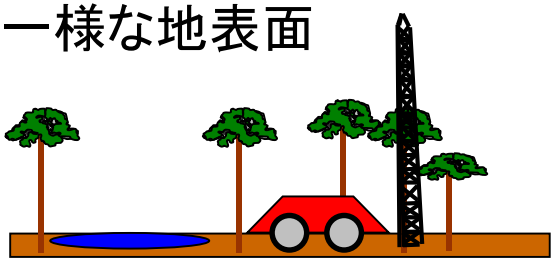
■一様性

植物群落が風上方向に、無限と考えてよいほどに十分な広がりを持つこと
植物群落が水平方向に一様に分布していること

一様な植生



非一様な地表面



■定常性

一単位の計測時間（1ラン）中に気象条件が大きく変化してはいけない

復習事項

- ☑ フラックスの計測法 （乱流拡散・傾度法）
- ☑ 乱流輸送を決定する2つ渦
- ☑ フラックスと鉛直プロファイル
- ☑ 微気象観測の特徴 （利点・欠点）

引用・参考文献

日本農業気象学会編, 1997: 新編　農業気象学用語解説集—生物生産と環境の科学—, 313pp.
文字信貴 2003. *植物と微気象 —群落大気の乱れとフラックス—.* 大阪公立大学共同出版会, 140pp.
文字信貴・平野高司・高見晋一・堀江武・桜谷哲夫, 1997: *農学・生態学のための気象環境学*, 丸善株式会社,　　199pp.