

1

生態環境計測学 2015/10/28

植物群落における微気象観測 / 傾度法



植山 雅仁

2

フラックスの計測

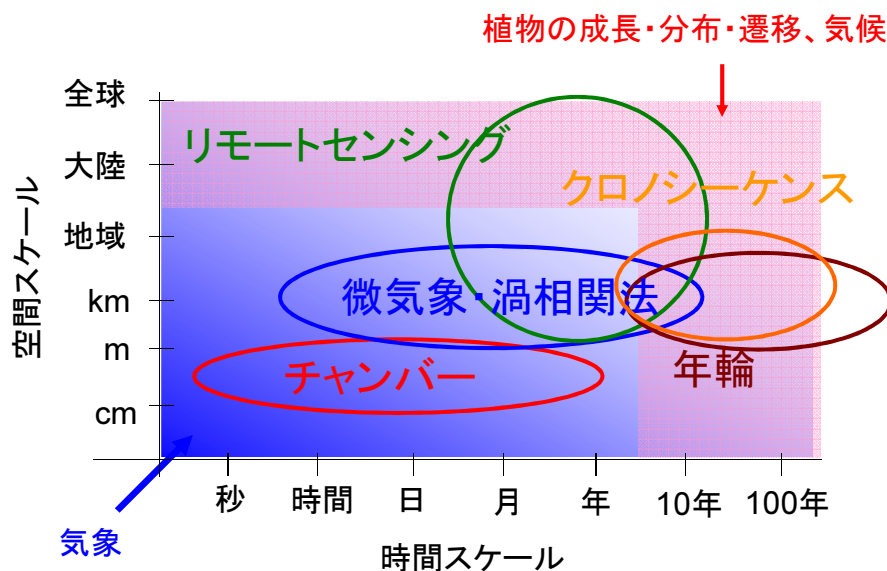
様々な計測・評価方法

- ☒ 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

3

(参照: Randerson et al., 2002)

スケールの話

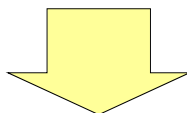


4

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)

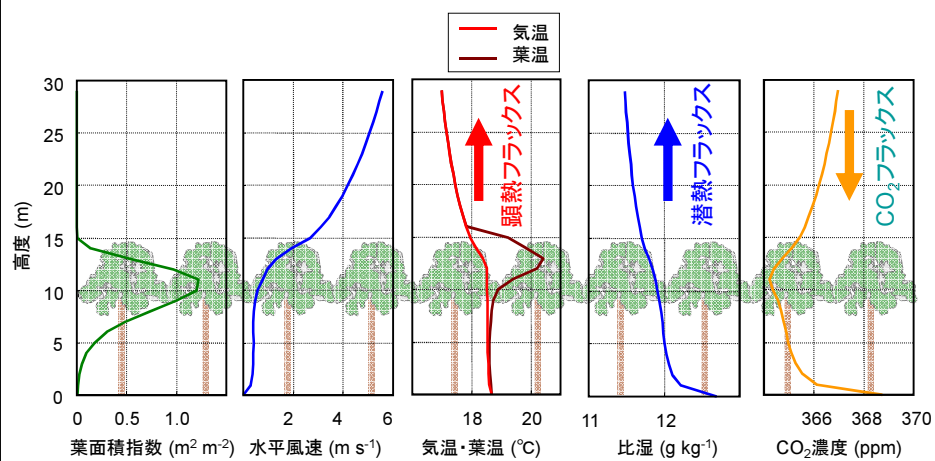


生態系－大気間の物質の交換量を計測

5

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

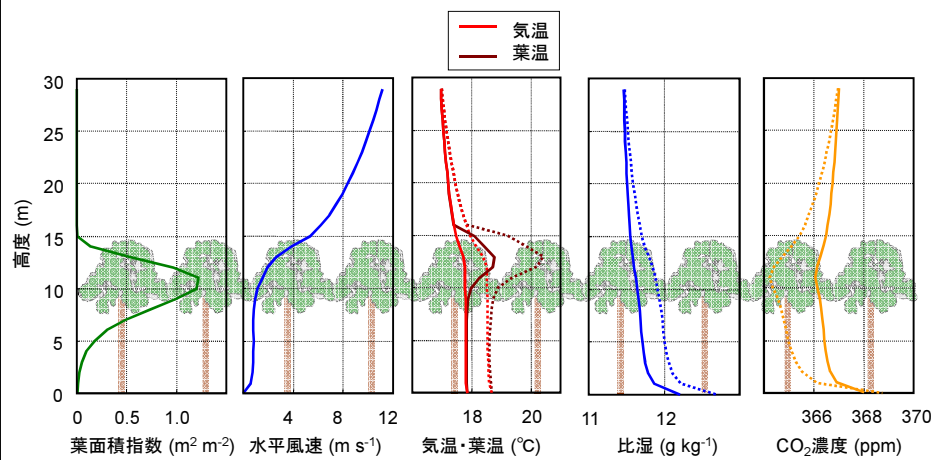


6

微気象 -micrometeorology-

風速が2倍になったら？

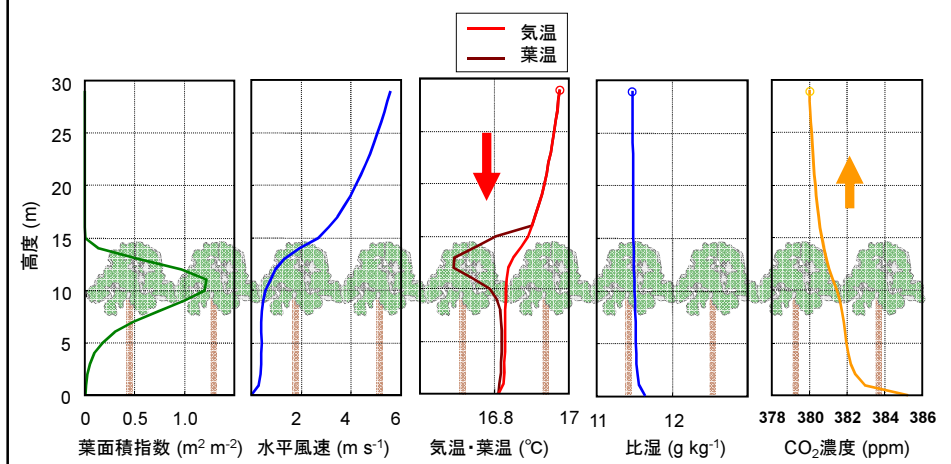
どういった理由で？



7

微気象 -micrometeorology-

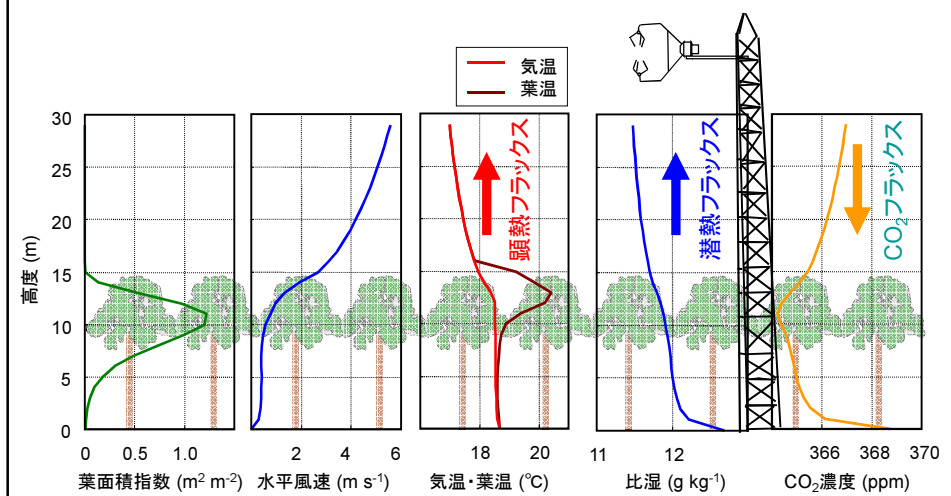
夜間の鉛直プロファイル



8

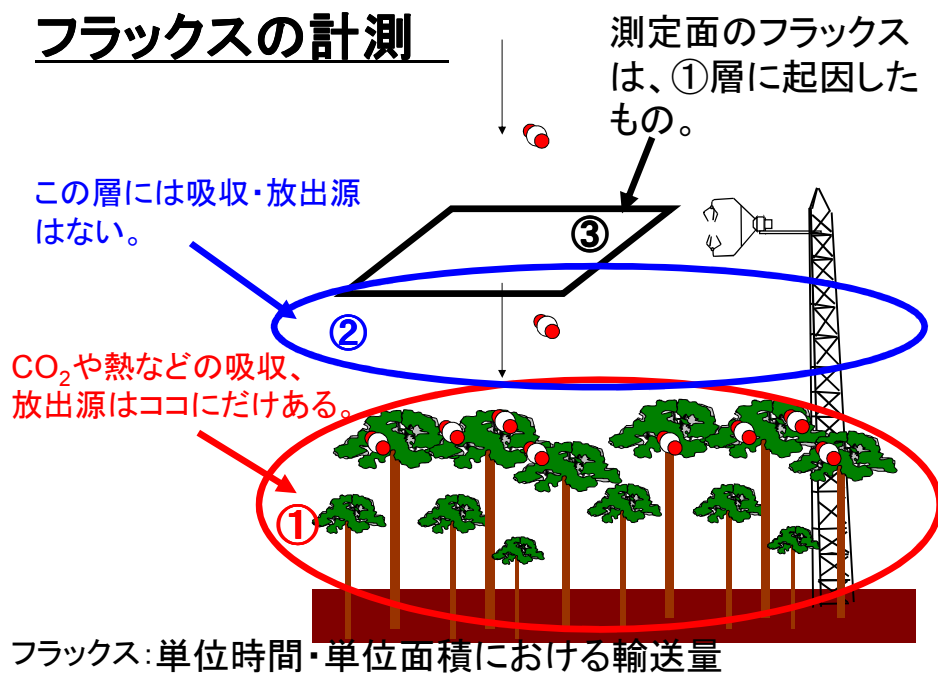
微気象 -micrometeorology-

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



9

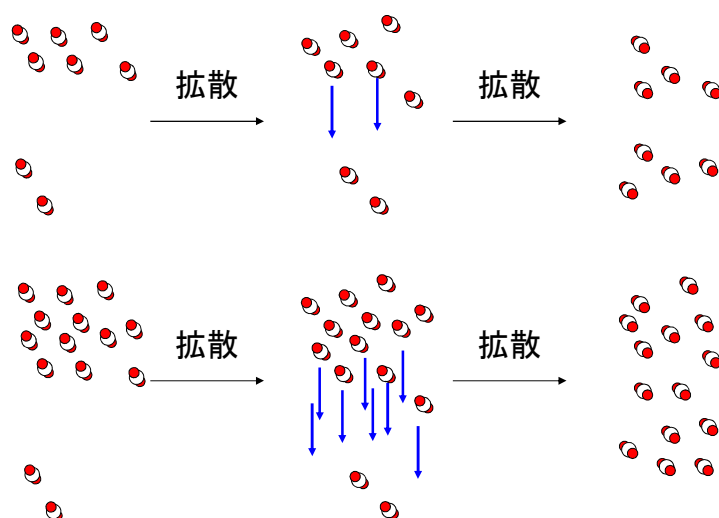
フラックスの計測



10

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。

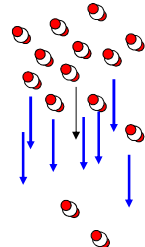
11

傾度法

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

2高度のCO₂濃度差

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。

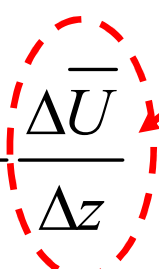
12

傾度法

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

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

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

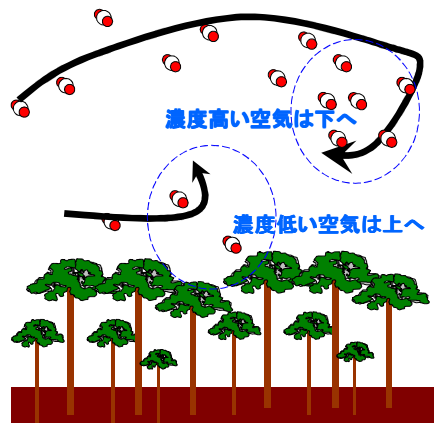
13

傾度法

拡散係数と風速差

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

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

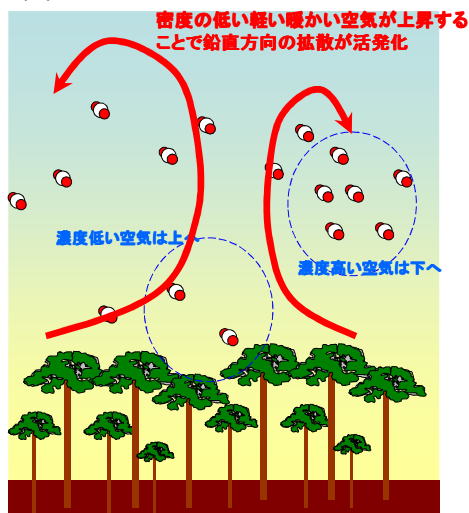
14

傾度法

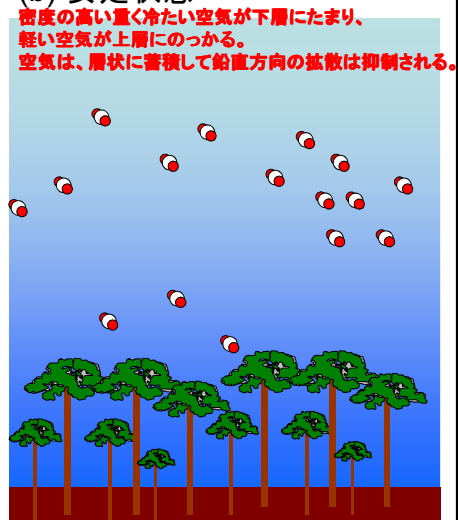
安定度とはなにか？

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

(a) 不安定状態



(b) 安定状態



15

傾度法

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

物理量の差
例えば、
CO₂濃度差

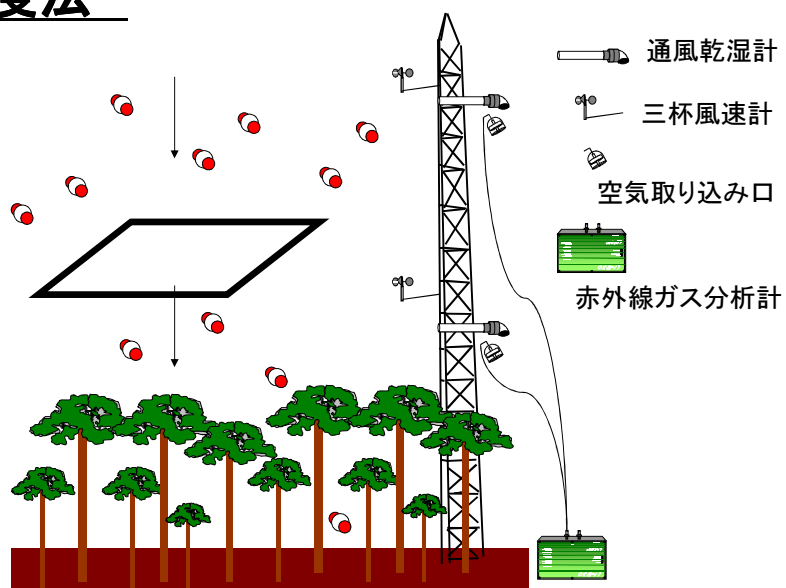
$$K_c = \frac{k^2 z^2}{\Phi} \frac{\overline{\Delta U}}{\Delta z}$$

風速差
(風速)

温度差

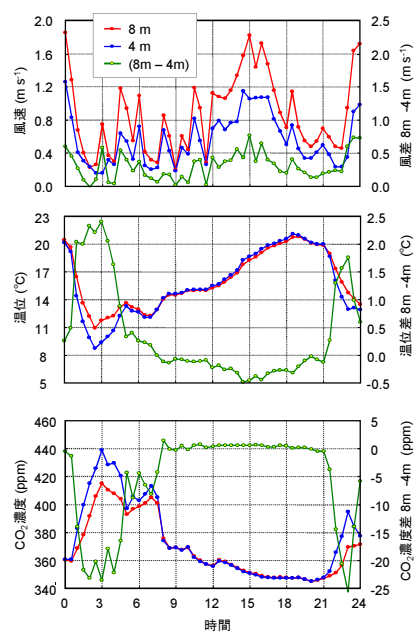
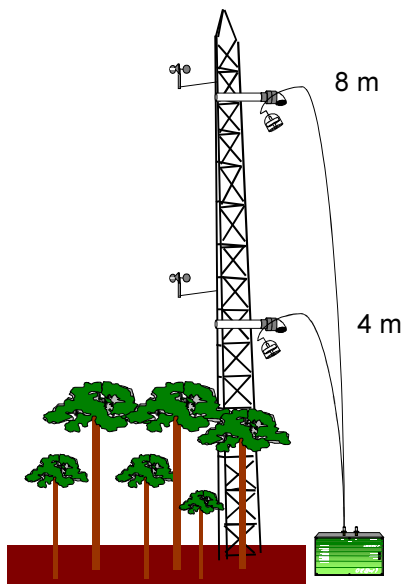
16

傾度法 観測のデザイン

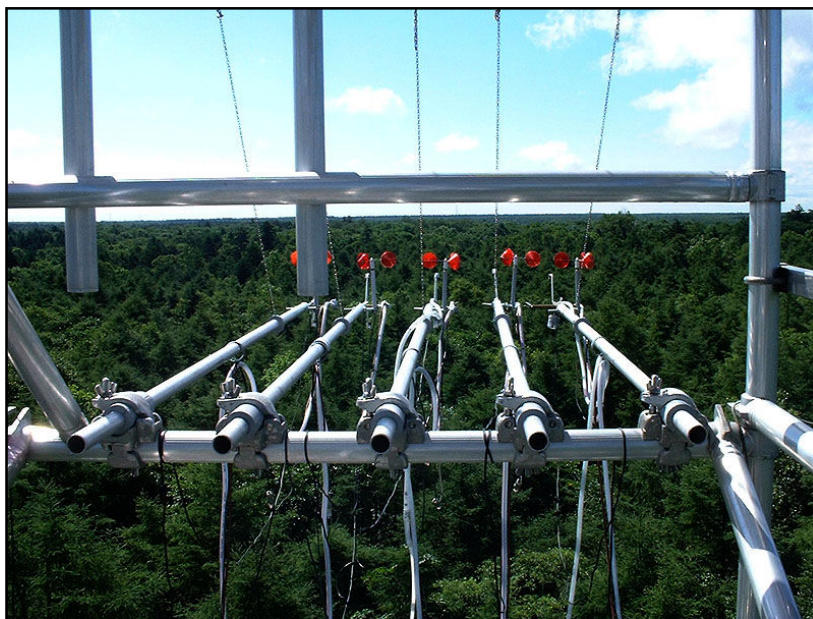


17

傾度法の適用例



18



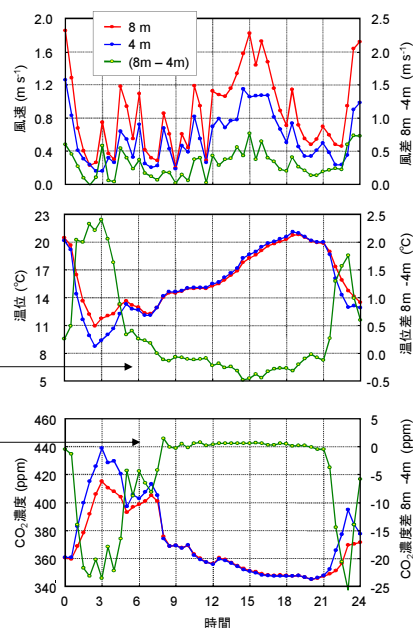
同高度計測による器差の比較観測

19

傾度法の適用例

温度差は、日中最大で0.5℃程度
0.1℃以上の精度が必要

CO₂濃度差は、日中最大で0.5ppm程度
0.1ppm以上の精度が必要

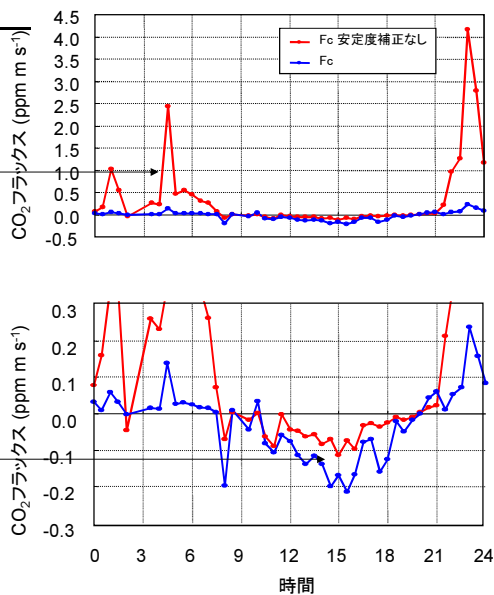


20

傾度法の適用例

安定状態時は、
拡散が抑えられている。

不安定状態時は、
浮力生成渦の寄与で、
輸送が促進されている。



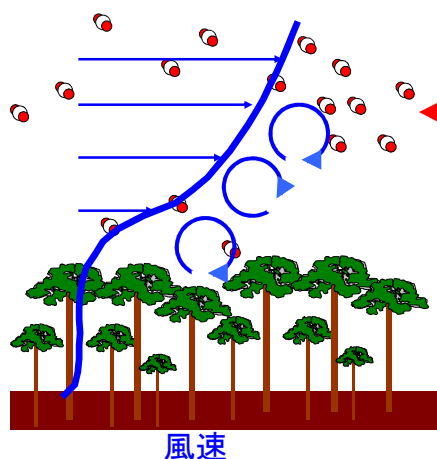
21

拡散係数 : 乱流輸送の効率

乱流輸送

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。

風速

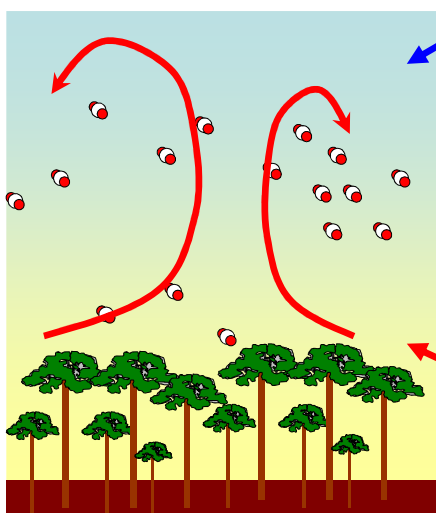
22

拡散係数 : 乱流輸送の効率

乱流輸送

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)

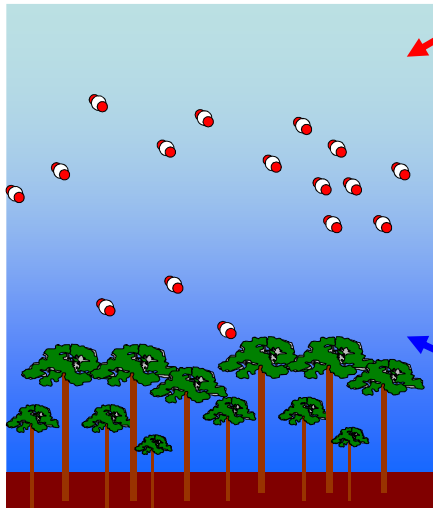
暖かい空気:
 密度が低い

23

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

24

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)

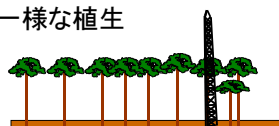
25

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

26

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

27

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）

28

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.