

## 単位について

- ・SI単位系とMKS単位
- ・“単位”について知識が無いと、どんなことが起きるか？

例1. Gy→Sv→μSv, mSv→μSv/hr

例2. 熱輸送に関する境界層抵抗:

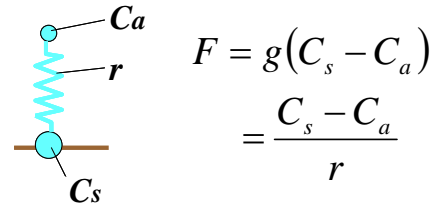
$$r_{Ha} = 7.4 \sqrt{\frac{d}{u}} \quad \text{と} \quad r_{Ha} = 308.2 \sqrt{\frac{d}{u}}$$

は、同じもの

例3. 水圧とエネルギー

## “フラックス”という概念

木と金属はどちらが冷たいか？  
(触る人の体温、木と金属が置かれている環境は同じ)



$$F = g(C_s - C_a) = \frac{C_s - C_a}{r}$$

## 濃度勾配とフラックス

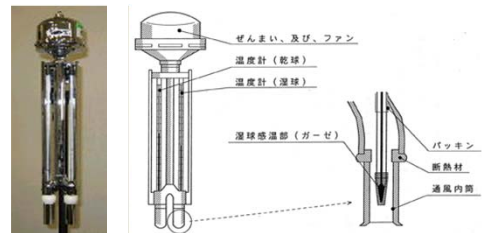
$$F = K \frac{dC}{dz}$$

## 連続条件・保存則

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial F}{\partial z} + S$$

## 温度とは

分子運動の激しさを表現する数量  
: 分子運動の無い状態を“0”とする。



## 温度の測り方



## 気体の表現

・理想気体の状態方程式:  $PV = nRT$

$R$ とは何か？

式の意味を掴む。

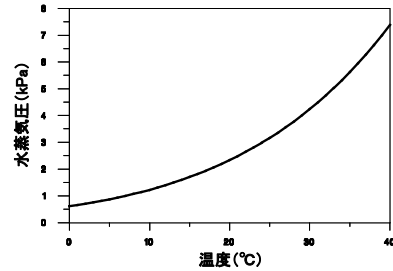
$P$ 、 $V$ 、 $T$ の単位を考える。

## 湿度

- ・君は“水蒸気”を見たことがあるか？
- ・色々な湿度：
  - (1) 水蒸気圧 (hPa)
  - (2) 絶対湿度 (kg/m<sup>3</sup>)
  - (3) 比湿 (kg/kg)
  - (4) 相対湿度 (%)
  - (5) 飽差 (kPa)

気温5°Cの湿度90%はジメジメしてるのか？

## 飽和湿度



テーパーテンスの式

$$e_{sat} = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5T}{237.3+T}}$$

乾燥空気の密度:  $P_i V = n_i RT$   $P_d = P_1 + P_2$

$$\rho_i = \frac{\omega_i}{V} = \frac{P_i M_i}{RT} \quad \rho_d = \frac{\omega_1 + \omega_2}{V}$$

では、湿潤空気の密度は？  
( $P$ は大気圧で既知とする。)  $P = P_d + e$

$$\rho = \frac{\omega_d + \omega_w}{V} = \frac{P_d M_d}{RT} + \frac{e M_w}{RT}$$

まず、“微分”について学びましょう。

濃度勾配とフラックス

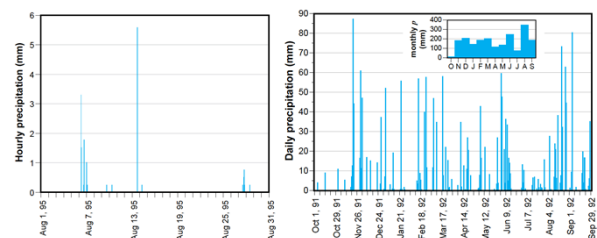
$$F = K \frac{dC}{dz}$$

連続条件・保存則

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial F}{\partial z} + S$$

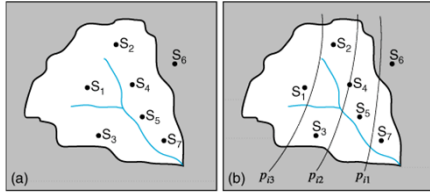
## 降水 = 全ての水文現象の源

降水は単なる量の問題ではない。  
その時空間変動をどう捉えるか？



(Hornberger et al, 1998. "Elements of Physical Hydrology")

$$P = \frac{1}{A} \iint_A p(x, y) dx dy$$



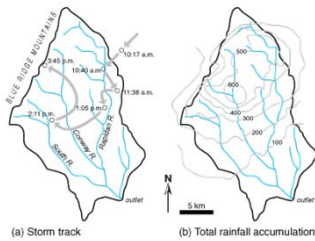
$$P = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n a_i \hat{p}_i$$

(Hornberger et al, 1998. "Elements of Physical Hydrology")

そもそも雨ってどんな機器で測るのか？

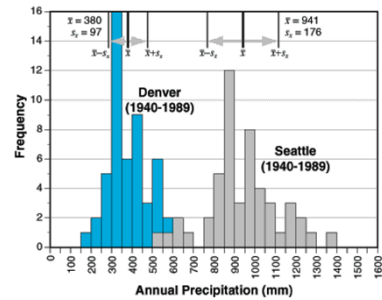


転倒マス雨量計

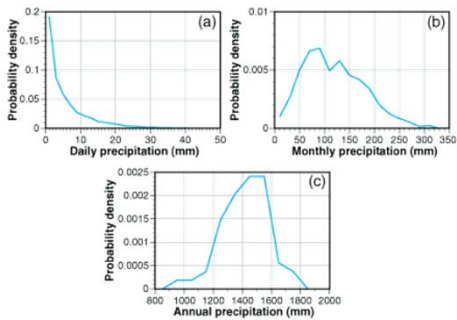


Radar observations of the June 27, 1995, storm in the Rapidan River basin, central Virginia. NEXRAD tracked the center of the storm (a). Total rainfall accumulations (mm) were calculated based on the time series of radar images (b). This intense storm produced an average of 344 mm (13.5 inches) over the catchment and caused extensive flooding throughout the basin. Source: Smith, Baeck, et al. (1996).

(Hornberger et al, 1998. "Elements of Physical Hydrology")



(Hornberger et al, 1998. "Elements of Physical Hydrology")

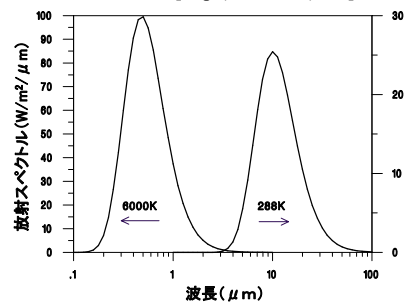


(Hornberger et al, 1998. "Elements of Physical Hydrology")

### 放射:いくつかの基本

黒体放射の放射スペクトル密度 (Planckの分布則)

$$E_b(\lambda, T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5 [\exp(hc / k\lambda T) - 1]}$$

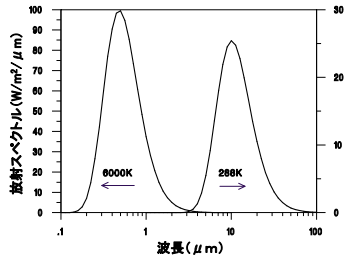


黒体放射体の単位表面積から射出される全放射エネルギー  
(Stefan-Boltzmannの法則)

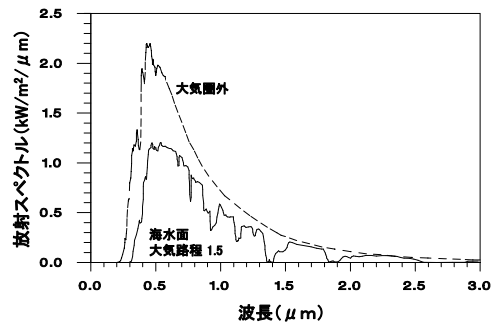
$$B = \sigma T^4$$

放射スペクトル密度が最大となる波長(Wienの変位則)

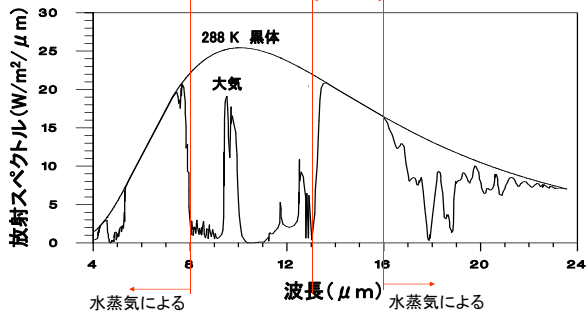
$$\lambda = \frac{2897}{T}$$



太陽定数 : **1365 W/m<sup>2</sup>**

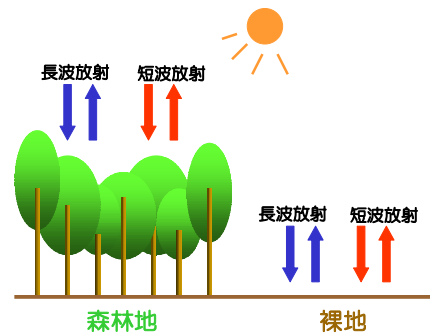


大気圏上端と海面における太陽放射スペクトル  
短波長の吸収は主にオゾン、長波長の吸収は主に水蒸気による。

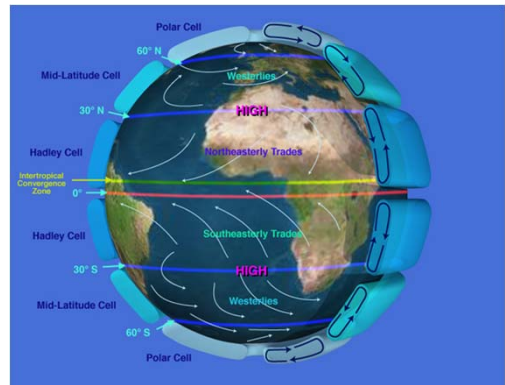
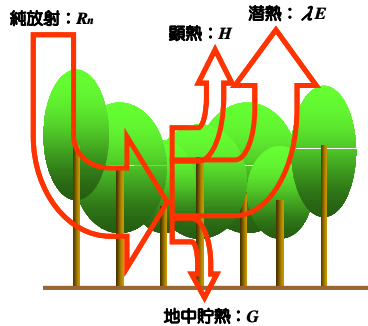


黒体と大気から射出される熱放射スペクトル

$$R_n = (1 - a)R_s + R_L - \varepsilon\sigma T_s^4$$



$$R_n = H + \lambda E + G$$



循環の大本は太陽エネルギー

光合成に関する放射: PAR (400-700 nm)  
関係しない放射: NIR (700-3000 nm)

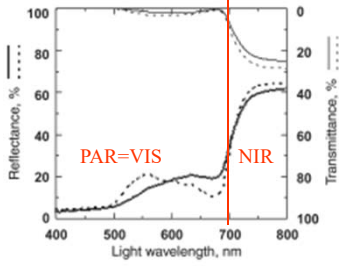
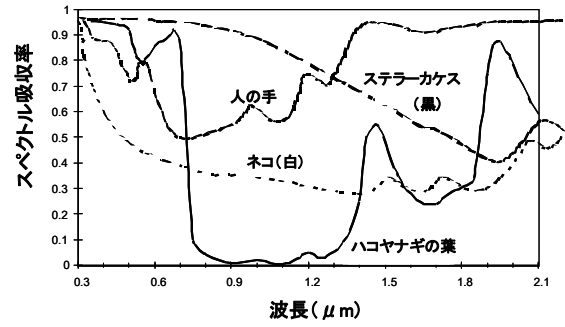


Figure 3. Reflectance (bold lines) and transmittance (thin lines) of light (400–800 nm) by young *Planchonella obovata* var. *dubia* leaves with (solid lines) and without (dashed lines) epidermal leaf hairs.  
Ishida et al. (2001: Tree Physiology 21, 497)



幸運なことに  $PAR = 0.5R_S$   
 $NIR = 0.5R_S$  (W/m<sup>2</sup>)

光子エネルギーと波長の関係 (Planckの式)  $e = \frac{hc}{\lambda}$

例えば、550 nmでは、 $e = 3.6 \times 10^{-19}$  J

1 μmolの光子 (6.02 × 10<sup>17</sup>個)の持つエネルギーは、

**0.217 J/μmol**

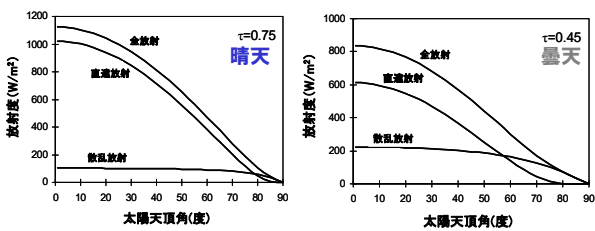
PPFD: 光合成光量子フラックス密度  
(μmol/m<sup>2</sup>s)

$$PPFD = 0.5 \times \frac{1}{0.217} \times R_S$$

$\uparrow$  μmol/J       $\uparrow$  W/m<sup>2</sup>

$$= \underline{2.3R_S}$$

直達放射と散乱放射



葉冠内の放射の伝わり方を考える

