

# 森の中の水の動き

## 森林水文学 (水分学ではない)

天文・地文・水文・人文

古代中国の学問領域

「天地人」とは宇宙の万物のこと

これに「水」が加わって、完璧(?)

1

## 森と水の関係－森林の機能

- ・洪水緩和
- ・土砂災害防止
- ・熱環境緩和(渇水強化)
- ・水資源安定(不安定)

⋮

森の中の水の動き(水文要素)一つ一つが、これらの機能を作っている

2

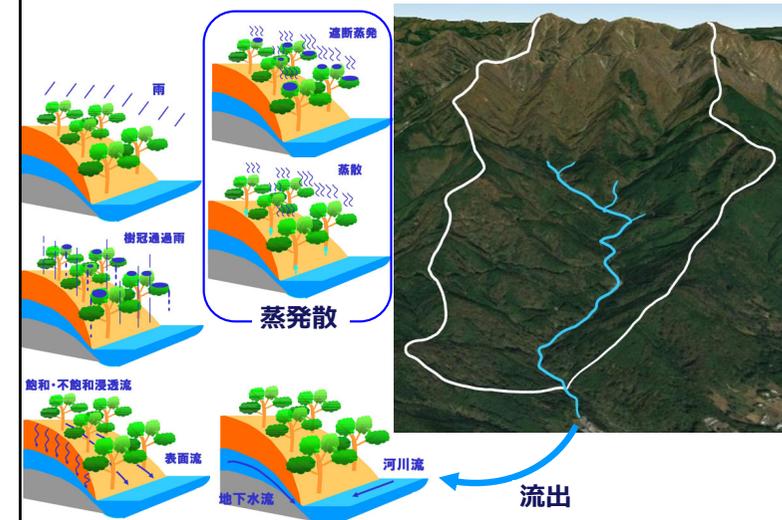
## 森林水文学と森林の水源涵養機能

森林と山地流域と溪流

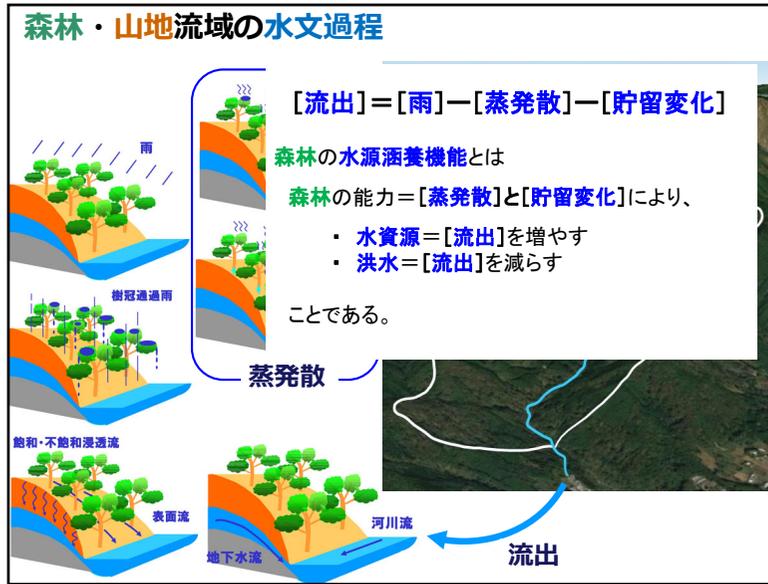


3

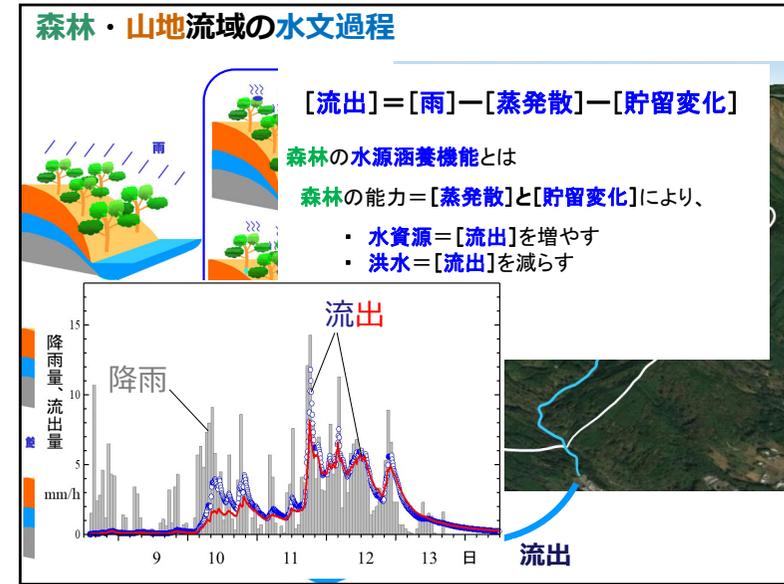
## 森林・山地流域の水文過程



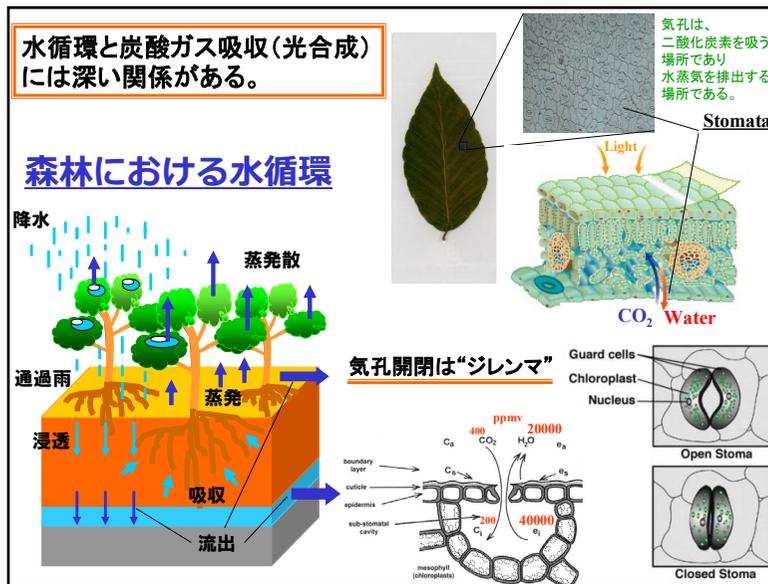
4



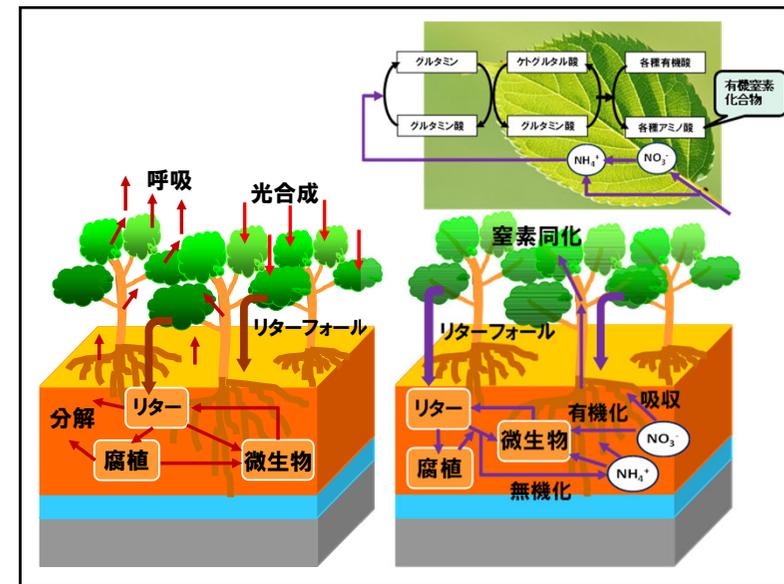
5



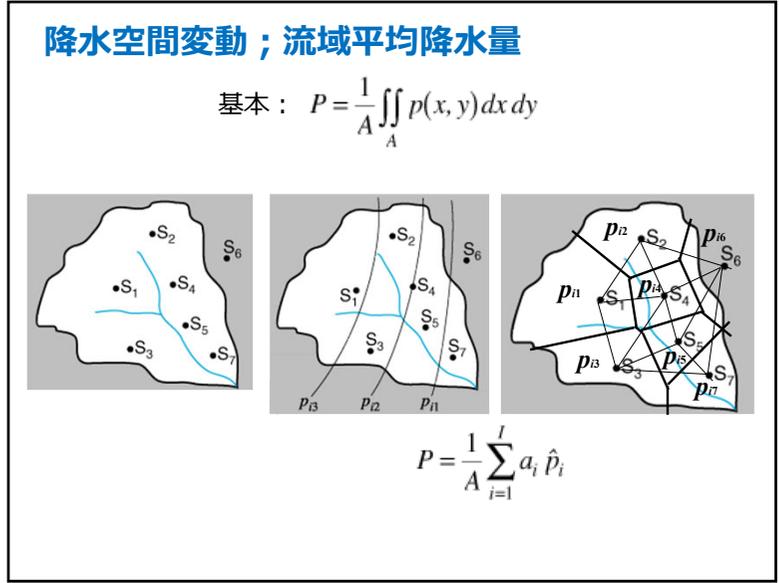
6



7



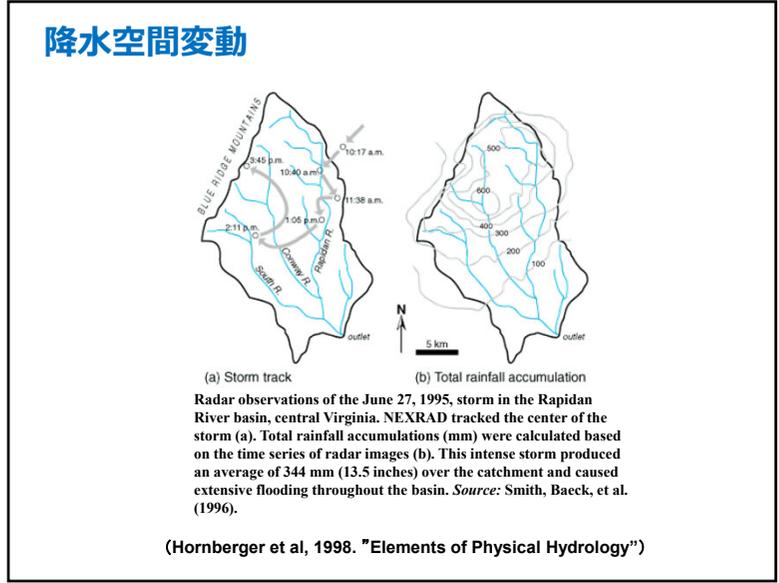
8



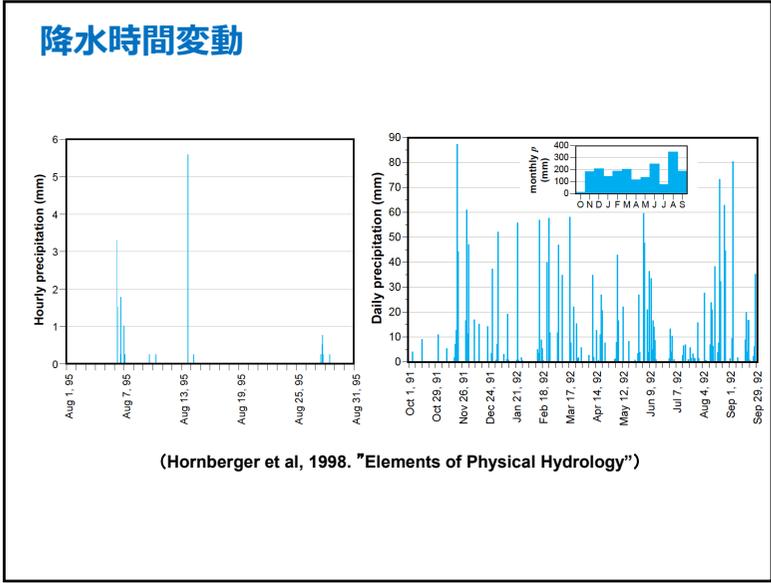
9



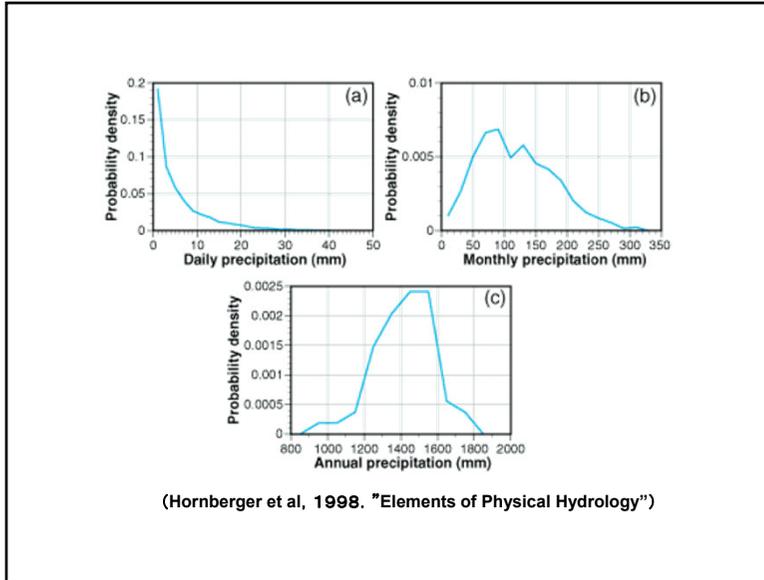
10



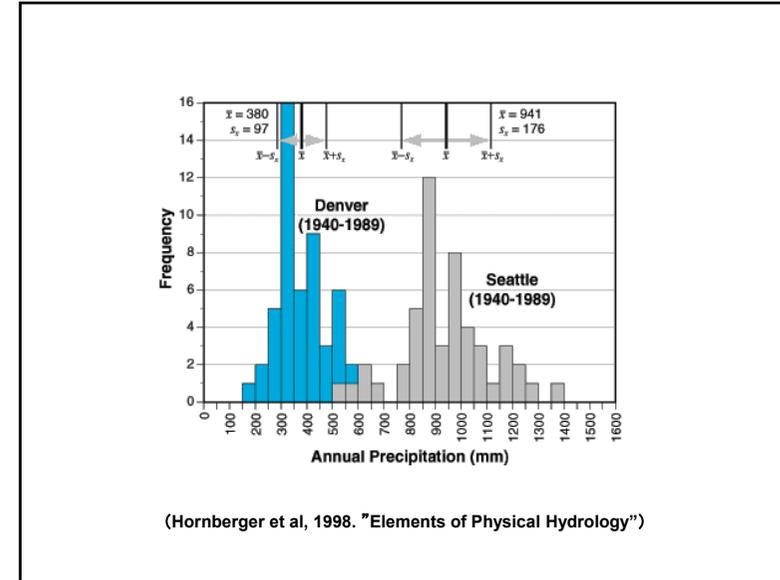
11



12



13



14

### $g_H$ について

群落:  $g_H = \frac{k^2 u}{\left(\ln \frac{z-d}{z_0}\right)^2}$

個葉:  $g_H = k \sqrt{\frac{u}{l}}$

15

### 群落

まずは運動量フラックス  $(\text{kg m/s})/(\text{m}^2\text{s})$

$$\frac{\rho l^2 w}{l^2} u = \rho u w$$

$\text{kg}/(\text{m}^2\text{s}) \quad \text{m/s}$

$$\overline{\rho u w} = \rho(\overline{u + u'})(\overline{w + w'}) = \rho \overline{u' w'}$$

$(\text{kg m/s})/(\text{m}^2\text{s}) = \text{Ns}/(\text{m}^2\text{s}) = \text{N}/\text{m}^2$

運動量フラックスはせん断応力

16

### 運動量フラックスはせん断応力

$\tau = -\overline{\rho u' w'} \quad (\text{kg m/s})/(\text{m}^2\text{s}) = \text{N/m}^2$

$\overline{u' w'} < 0$

17

### フラックスは拡散係数で表現できる

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

$\text{m}^2/\text{s} \cdot \frac{\text{kg}/\text{m}^3}{\text{m}} = \text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$   
 $\text{m}^2/\text{s} \cdot \frac{\text{mol}/\text{m}^3}{\text{m}} = \text{mol}/(\text{m}^2\text{s})$   
 $\text{m}^2/\text{s} \cdot \frac{(\text{kg m/s})/\text{m}^3}{\text{m}} = (\text{kg m/s})/(\text{m}^2\text{s})$

運動量濃度

$$\tau = -\overline{\rho u' w'} = K_M \frac{d(\rho u)}{dz}$$

$$= \rho K_M \frac{du}{dz}$$

18

### 運動量フラックスで考える

Prandtlの混合距離理論

$$[w] = l \left| \frac{du}{dz} \right| \quad \frac{[w]}{l} = \left| \frac{du}{dz} \right| \quad (/\text{s})$$

単位時間当たり交換運動量

$$\rho l^3 du \left| \frac{du}{dz} \right| = \rho l^4 \frac{du}{dz} \left| \frac{du}{dz} \right|$$

$$-\overline{\rho u' w'} = \frac{1}{l^2} \rho l^4 \frac{du}{dz} \left| \frac{du}{dz} \right| = \rho l^2 \frac{du}{dz} \left| \frac{du}{dz} \right| = \tau$$

$K_M$

19

- $l = \kappa z$   $\kappa$ : カルマン定数
- $\tau, -\overline{\rho u' w'}$  は高さ方向で一定: コンスタントフラックス層
- $-\overline{u' w'} = u_*^2$  を導入

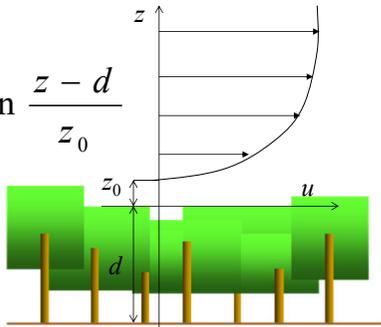
### 風速対数則

$$\rho u_*^2 = \rho l^2 \left( \frac{du}{dz} \right)^2$$

$$u_* = \kappa z \frac{du}{dz}$$

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0}$$

20

$$u = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z-d}{z_0}$$


さて、ある条件で  
 $K_M = K_H = K_E = \kappa u_* (z-d)$

---

$H = -K_H \frac{d(\rho c_p T)}{dz}$  を考えてみよう。

21

$$\frac{H}{\rho c_p} = -K_H \frac{dT}{dz} = -\kappa^2 (z-d)^2 \frac{du}{dz} \frac{dT}{dz}$$

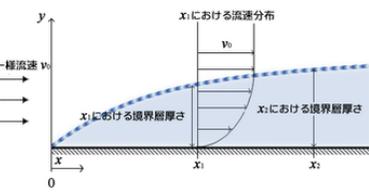
$$= -\kappa^2 \frac{du}{d \ln z} \frac{dT}{d \ln z}$$

$$H = \rho c_p g_H (T_s - T_a) \text{ より}$$

$$g_H = \frac{\kappa^2 u}{\left( \ln \frac{z-d}{z_0} \right)^2}$$

22

### 個葉

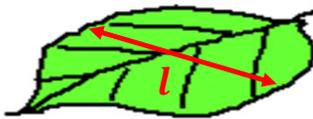
$$g_H = k \sqrt{\frac{\bar{u}}{l}}$$


$$g_H = 1.4 \times \frac{0.664 \rho_a D_h R_e^{\frac{1}{2}} P_r^{\frac{1}{3}}}{l}$$

↓

$$g_H = \underline{0.93 \rho_a D_h^{\frac{2}{3}} v_0^{\frac{1}{6}} \sqrt{\frac{\bar{u}}{l}}}$$

$S = l^2$

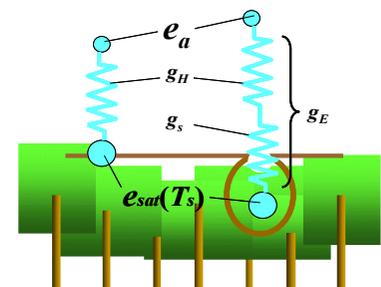


23

### 遮断蒸発

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho c_p g_H (e_{sat}(T_a) - e_a)}{\Delta + (1 + g_H/g_s)\gamma}$$

$g_s \rightarrow \infty$  : 完全湿面



24