

水気耕栽培屋上緑化を利用した冷房熱源の効率向上に関する研究

京都大学 山下道子 吉田治典 王福林

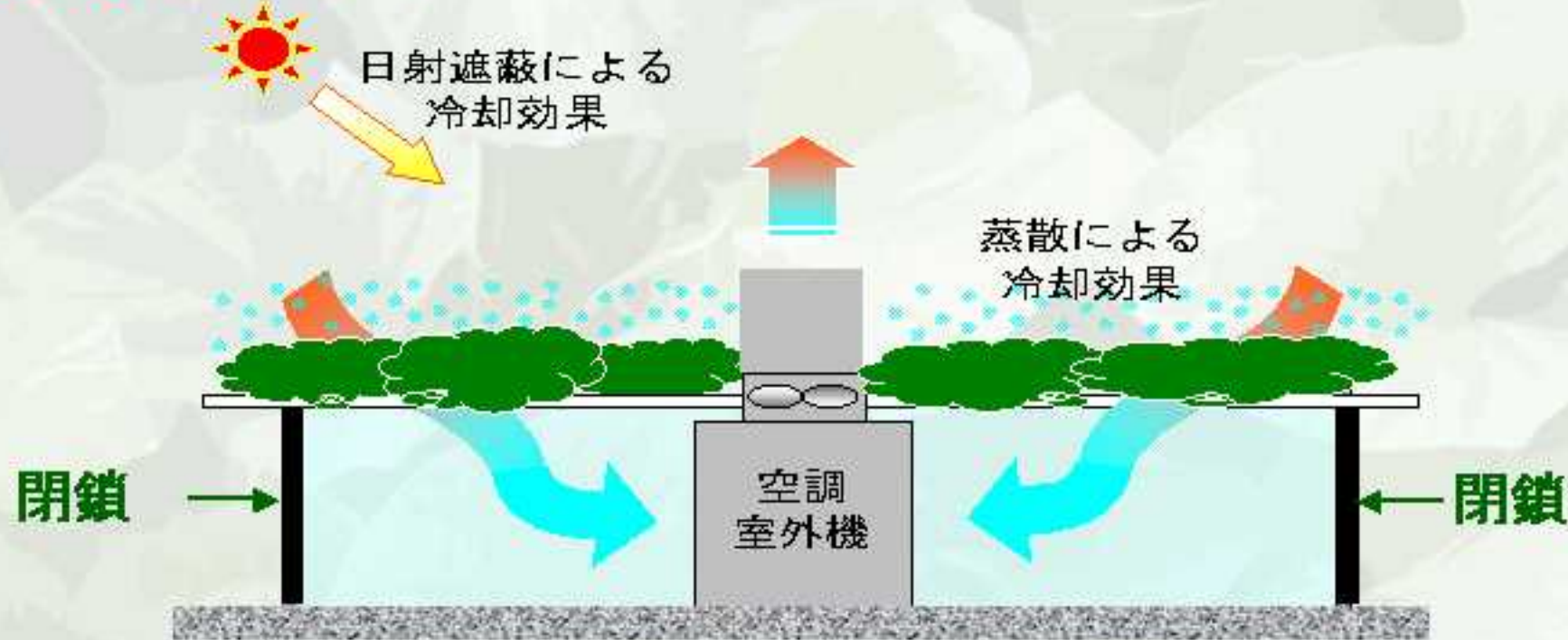
◇背景

- ◆ヒートアイランドの緩和策として屋上緑化が進められている
- ◆使用されているセダム類は蒸散量が少なく、気温冷却効果が期待できない
- ◆蒸散量の多いサツマイモを利用する水気耕栽培屋上緑化が提案されつつ
- ◆屋上緑化が空調負荷に与える影響について研究がすすめられてきている
- ◆屋上緑化を利用し、冷房熱源の効率向上についての研究は見当たらない



◇目的

- ◆水気耕栽培屋上緑化を冷房熱源効率向上に利用の提案
- ◆水気耕栽培屋上緑化の日射遮蔽と蒸散による空気冷却の性能実測・解析を行う
- ◆水気耕栽培屋上緑化と冷房熱源機を組み合わせ、冷房熱源の効率向上効果を予測する



◇緑の生長の様子

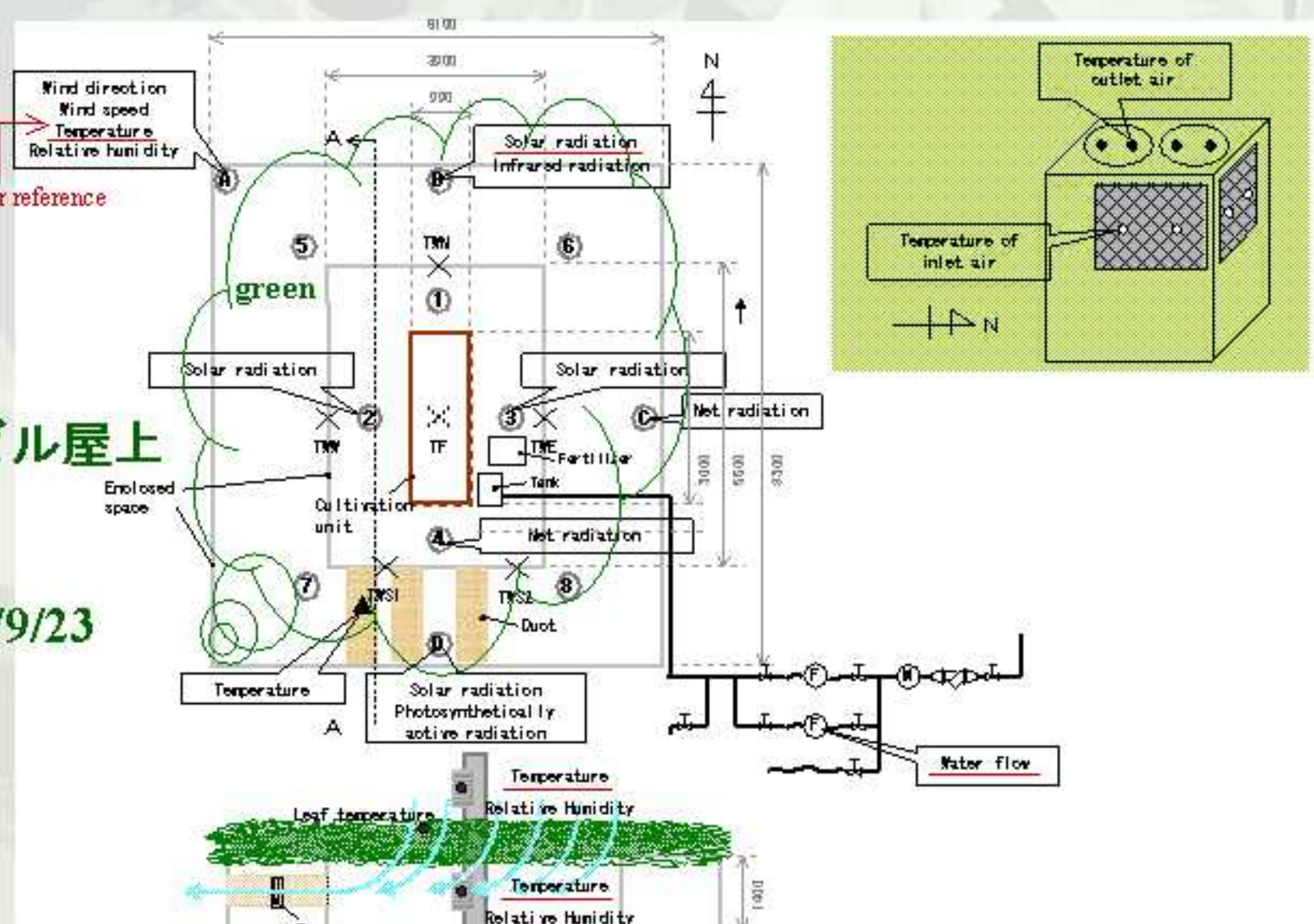


◇測定項目

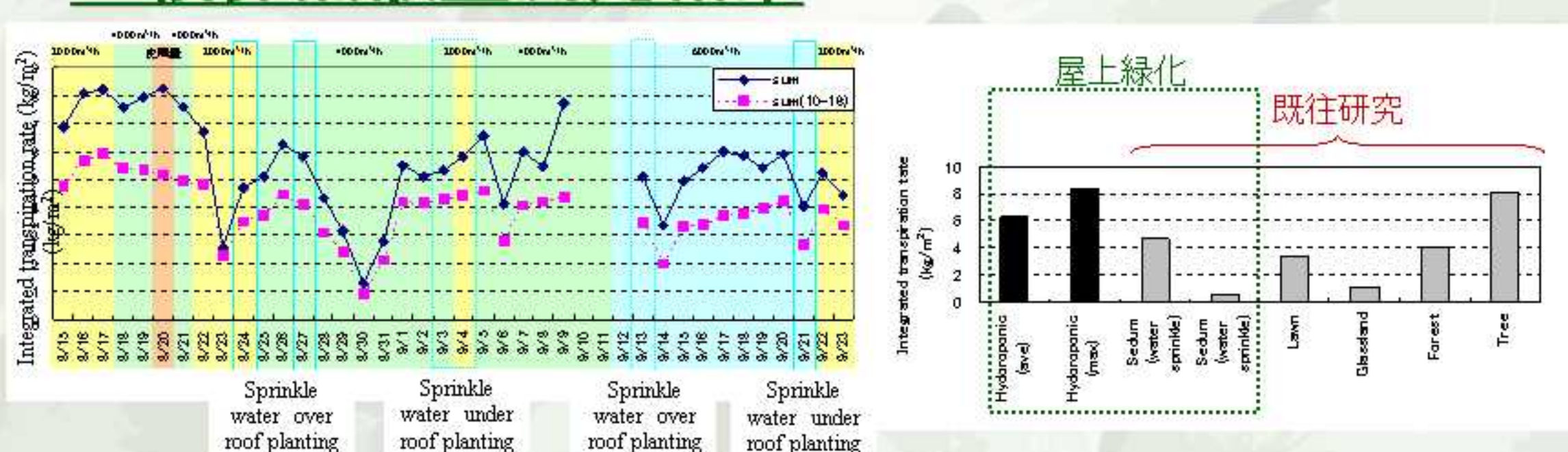
測定場所
大阪府高槻市
5F建てオフィスビル屋上

測定日時
2007/8/15~2007/9/23

測定間隔
5分

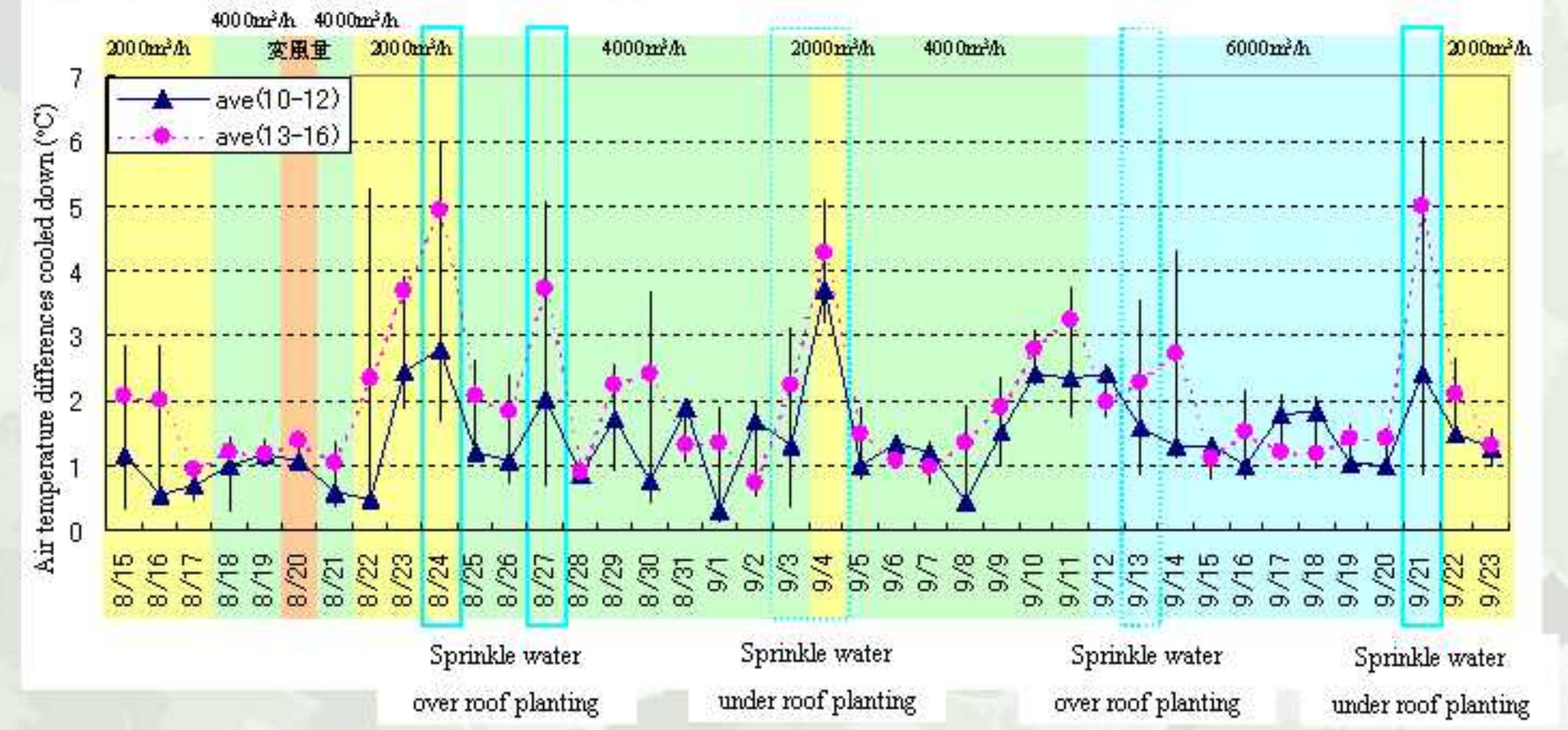


◇日積算蒸散量測定結果



- ◆葉の上から散水実験を行った日は蒸散量が少ない
- ◆日積算蒸散量の期間平均は6.3kg/m²で、最大は8.3kg/m²

◇冷却温度差測定結果

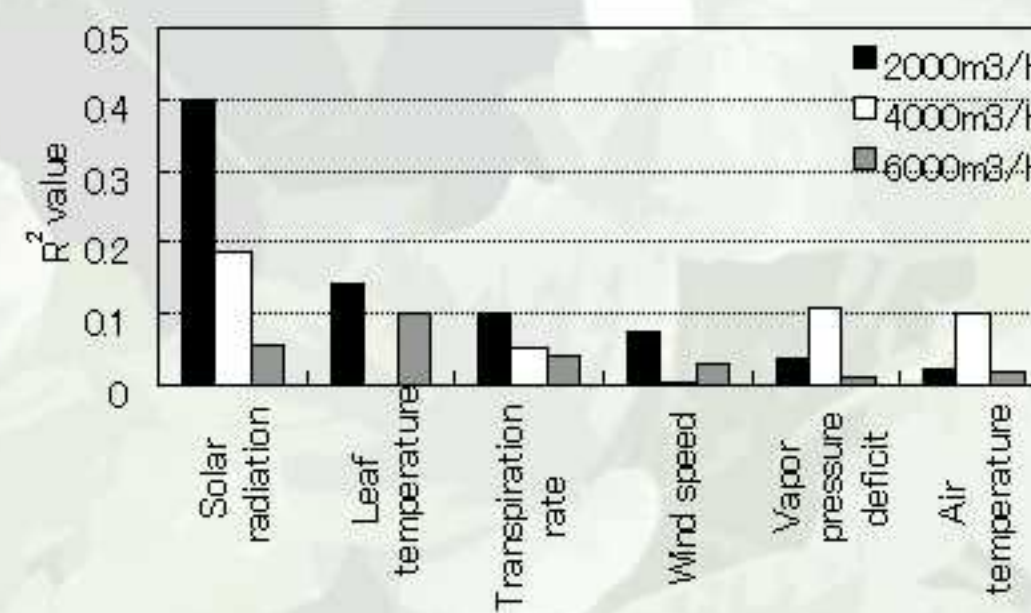


◆晴天日の平均冷却温度差は1.3°C、散水実験日の平均冷却温度差は3.0°Cであった

◇回帰分析

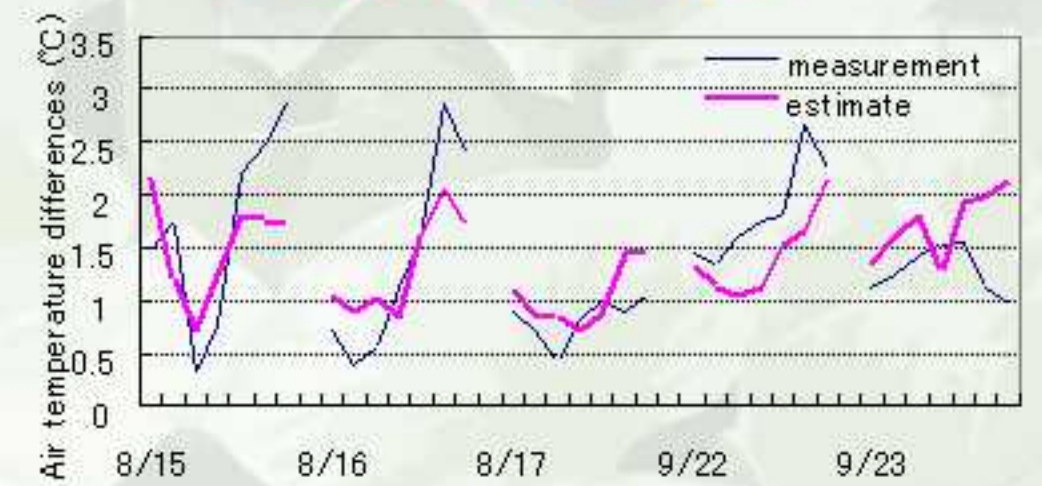
物理モデルを作成する前に、回帰分析により得られる各種の要素と冷却温度差との相関係数から、冷却温度差に関係性の高い要素を見いだす

単回帰分析結果



◆日射量・光合成有効放射量・蒸散量との相関が高い

重回帰分析結果



◆2000m³/h 変数4つ(日射量・飽差・風速・外気温)で回帰、平均誤差 0%、%RMSE 27.70%

◇蒸散量推定モデル

$$M = \frac{\rho_m (W_i - W_a)}{r_s + r_a} \quad (1)$$

$$\rho_m = \frac{P}{R(T + 273.15)} \quad (2)$$

$$r_s = \frac{1}{g_s} \quad (3) \quad r_a = \frac{1}{g_a} \quad (4)$$

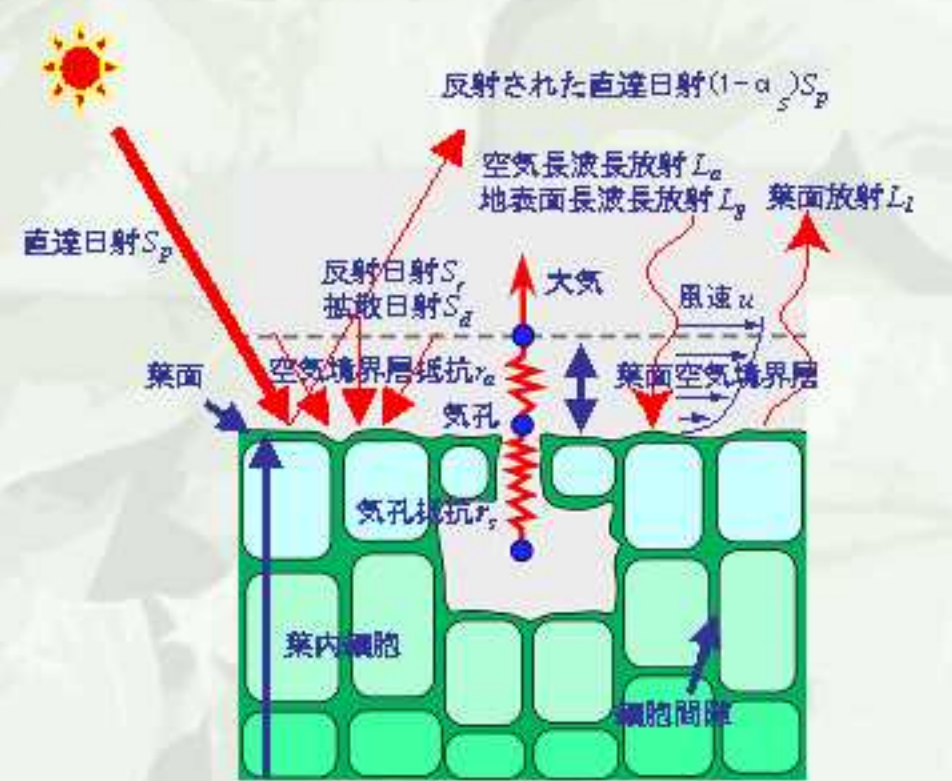
$$g_s = g_{s,max} \cdot f(Q) \cdot f(T) \cdot f(D) \quad (5)$$

$$f(Q) = \frac{g_{s,max} \cdot Q}{Q + g_{s,max} \cdot a} \quad (6)$$

$$f(T) = \left(\frac{T - T_i}{T_s - T_i} \right) \left(\frac{T_k - T}{T_k - T_s} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

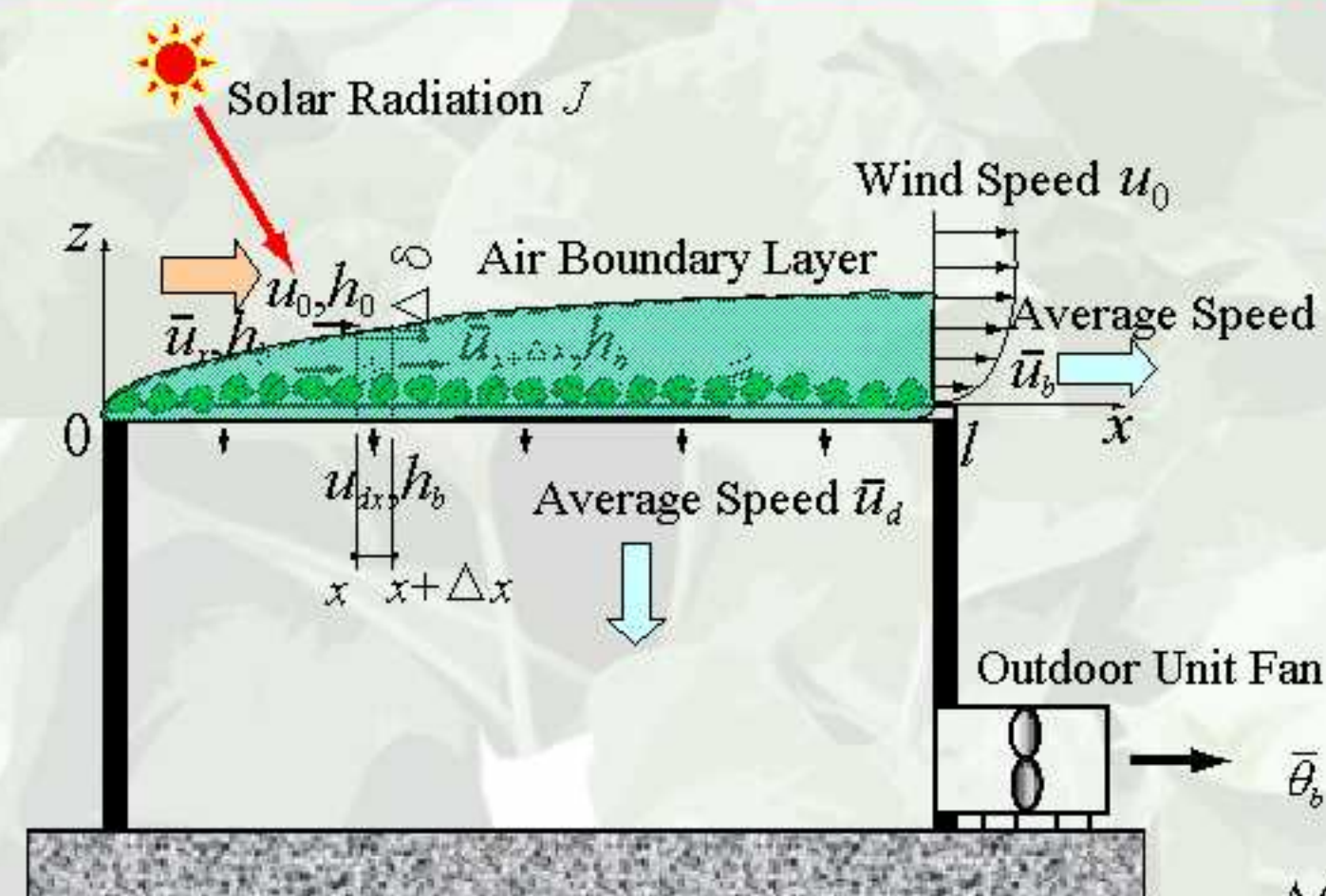
$$f(D) = \frac{1}{1 + (D/b)^b} \quad (8)$$

$$g_a = 1.13 \rightarrow g_a = 0.189 \sqrt{u/d} \quad (9)$$



u : 風速 [m/s]
d : 葉の直径 [m]
出典: 久米ら監訳, 生物環境物理学の基礎, 第二版, p113, 2003

◇境界層モデルで冷却温度差推定



- ◆境界層全体を対象とする
- ◆境界層自身のエンタルピー変化を無視する

$$\bar{\theta}_b = \frac{\bar{h}_b - \bar{x}_b r_{v0}}{C_{pa} + \bar{x}_b C_{pv}} \quad (29)$$

$$\Delta \theta_T = \theta_0 - \bar{\theta}_b \quad (30)$$

$$\frac{\delta}{x} = 0.380 \left(\frac{u_0 x}{\nu} \right)^{1/5} \quad (15) \quad u_b > 0 \text{ の時: } \bar{h}_b = \frac{h_0 \rho_0 u_0 \delta_l + \alpha J}{\rho_b u_0 \delta_l} \quad (22)$$

$$\bar{u}_b = u_0 - \bar{u}_d \frac{l}{\delta_l} \quad (16) \quad u_b < 0 \text{ の時: } \bar{h}_b = \frac{h_0 \rho_0 \bar{u}_d + \alpha J}{\rho_b \bar{u}_d} \quad (24)$$

◇冷房熱源の効率向上推定結果

Manufacturer	Group 1		Group 2		Group 3		Group 4	
	Energy consumption (kWh)	Energy saving rate	Energy consumption (kWh)	Energy saving rate	Energy consumption (kWh)	Energy saving rate	Energy consumption (kWh)	Energy saving rate
Sepporo	32396.30	32449.91	26876.48	26371.19	24250.59	26250.85	24733.34	26492.37
Tokyo	6353.16	6430.23	5396.26	5726.88	5252.81	5690.67	4970.74	5355.23
Osaka	10314.08	10438.78	9595.27	10211.44	8669.72	9465.12	9089.36	9880.86
Naha	12675.15	12801.64	12050.77	12845.89	10430.95	11445.15	11388.72	12430.08

◆省エネルギー率は地域による差が小さく→どの地域でも水気耕栽培屋上緑化を使用しても同等の効果が得られる

◆8, 9月積算省エネ率はグループ3の冷房熱源機が最もよく、約8%である