

モンゴル草原サイトにおけるシンチロメーター  
による顕熱フラックスの測定  
～ CAPS2002とモンゴル2003の観測から～

発表者：家本薫(筑波大)  
浅沼順(筑波大)

# 発表の内容

1. Scintillometerについて
2. 2002琵琶湖観測概要
3. 2003モンゴル観測概要
4. 2観測の結果中間報告

# Scintillometerとは

- 1970年代に開発
- 種類: Small Aperture Scintillometer (SAS) ……ビーム口径 細 パス短  
Large Aperture Scintillometer (LAS) …… " 太 パス長
- 利点: ~ 10kmの空間平均を計測可  
メソスケール大気モデルやリモセンに応用可  
設置・メンテナンス・データプロセッシングが容易



SAS



Receiver

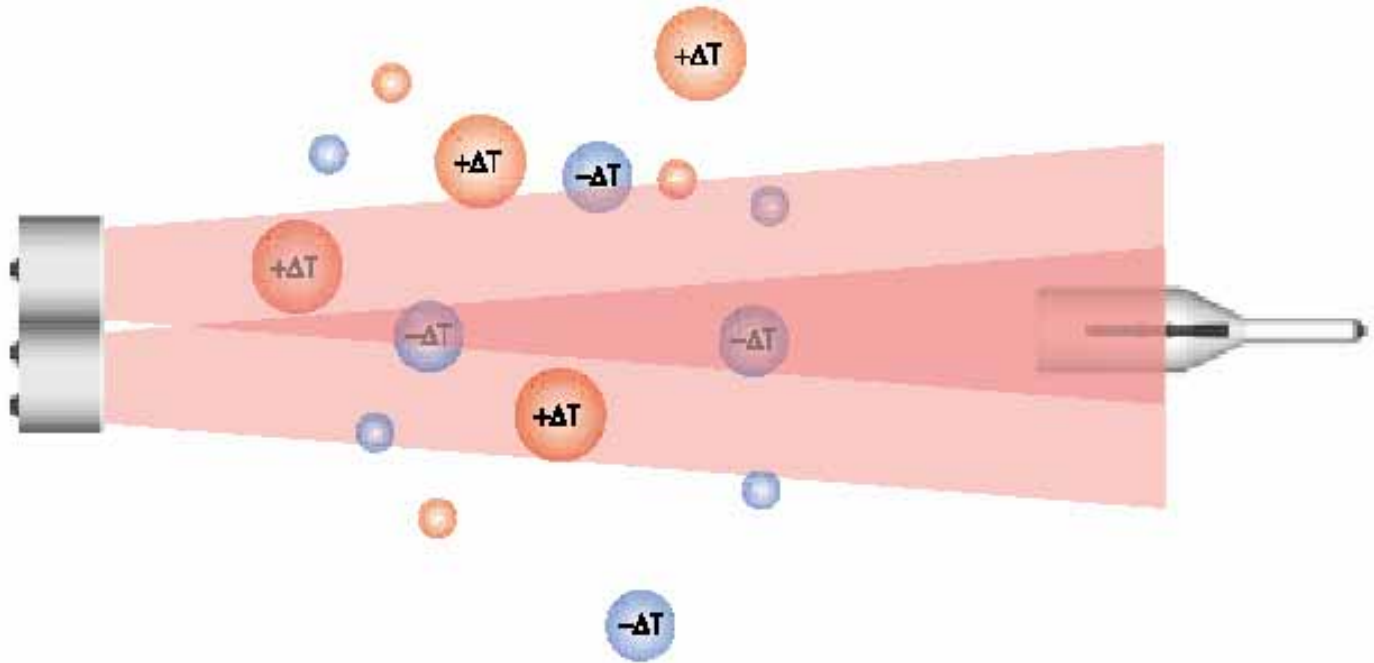


Transmitter

LAS

# Scintillometerの原理

- 送信機から照射された電磁波(主に赤外線)が大気中で屈折強度変動



# Scintillometer法とは

Scintillometerが屈折率 $n$ の揺らぎの指標である $C_n^2$  (屈折率の構造パラメータ)を計測

$C_n^2$ を温度の構造パラメータ $C_T^2$ に変換する

$$C_n^2 = C_T^2 \left( 0.78 \times 10^{-6} \frac{\bar{P}}{\bar{T}^2} \right)^2 \left( 1 + \frac{0.03}{\beta} \right)^2$$

モニン-オブコフの相似則と過去の実験式(Wyngaard; 1971のKansas Exp.)から $H$ を計算する

$$f(\xi) = \frac{z^{2/3} C_T^2}{T^{*2}} = 4.9(1 + 7|\xi|)^{-2/3} \quad (\xi \leq 0)$$

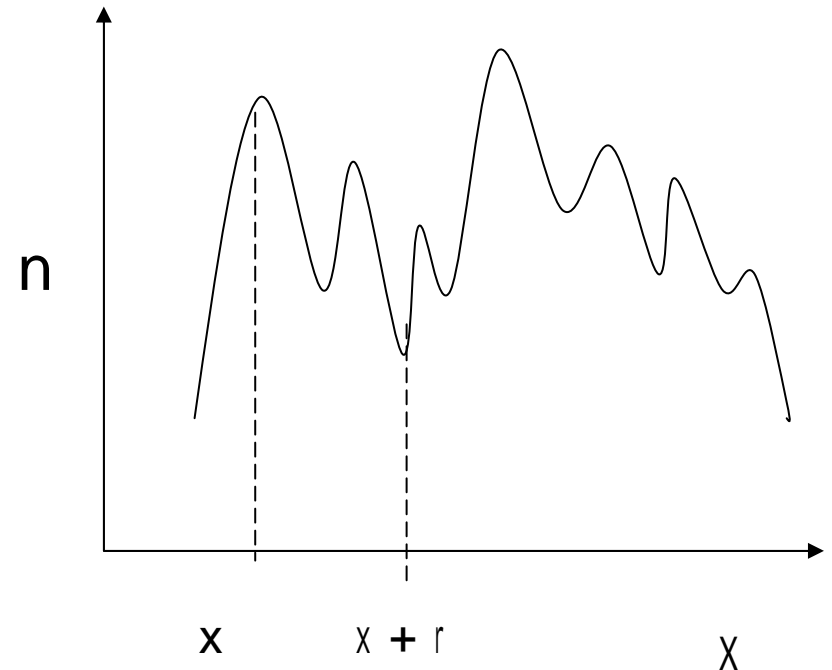
$$\xi = \frac{-z \kappa g H \left( 1 + \frac{0.07}{\beta} \right)}{u^{*3} \rho C_p \bar{T}}$$

$$T^* = \frac{H}{\rho C_p u^*}$$

$Dn(r)$  : 屈折率 $n$ の構造関数

$$= \overline{\{n(x+r) - n(x)\}^2}$$

$$= C_n^2 r^{2/3}$$



## 研究例:SAS

- 風向や安定度が観測に適していない時でも水平方向に一様な層では、Scintillometer法は有効である (Hill *et al.*, 1992)

## 研究例:LAS

- 湿潤条件下では水蒸気量の変動を考慮する必要がある (Green and Hayashi ,1998)
- 不均一地表面(複数種の畑地)上でも測定高度に注意すれば空間代表性が良い顕熱が得られる  
(Meijninger *et al.*,2002)

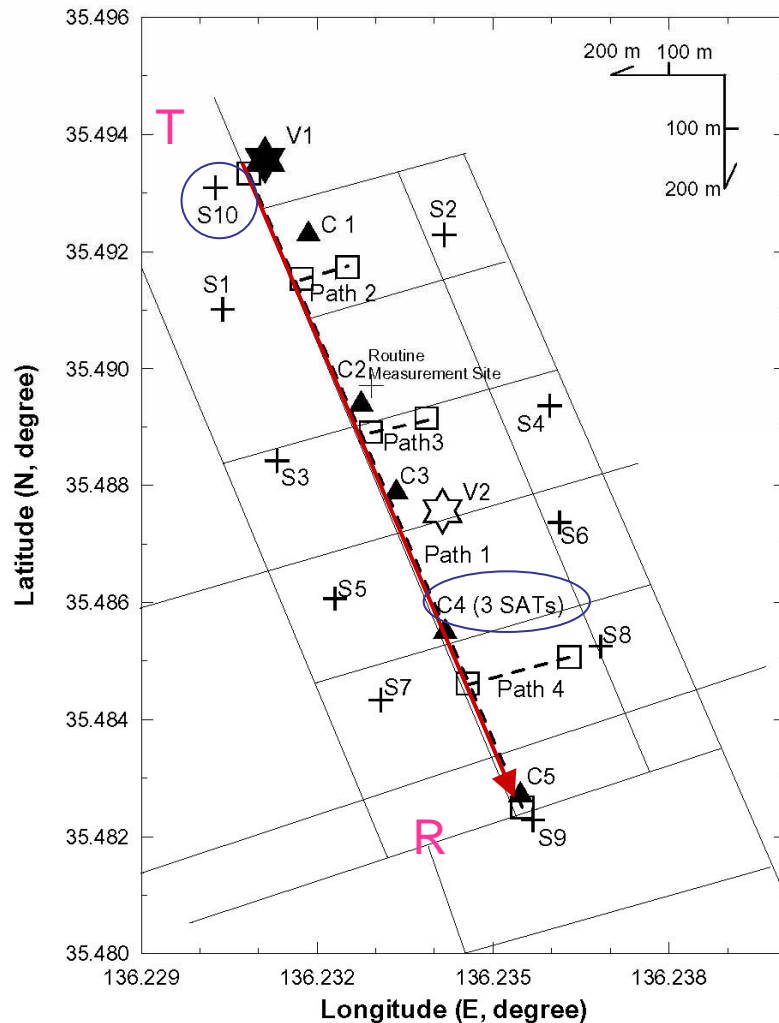
# 2002琵琶湖観測 ( C A P S 2002 )

- 観測期間: 2002年IOPのうち11/13 ~ 11/20
- 前半は雨、後半は晴
- 航空機観測を行なった11/17, 19, 20のうち
  - 11/17: 受信機が傾いたので ×
  - 11/19, 20: OK
- LASのパス: 1232m
- 設置高度 Transmitter: 6.70m (路面から)  
Receiver : 7.51m (水田面から)
- LASの観測項目:  $C_n^2$
- T, H,  $u^*$ : C4 (5.9m) のデータを石田先生より  
P: S10のデータを田中賢治先生より  
提供していただき, Hの算出に使用

右図: HPの配置図より

## Legend

- ★ Vertical Measurement Site #1 (Radiosonde, Sodar [HyARC])
- ☆ Vertical Measurement Site #2 (Sodar [DPRI])
- ▲ Super Site (C: H+E fully) (5 sites)
- △ Semi-Super Site (H+4 components + G)
- + SAT site (H only)
- - □ Scintillometers Path (4 Scintillometers)





Transmitter  
農業試験場の  
屋根の上



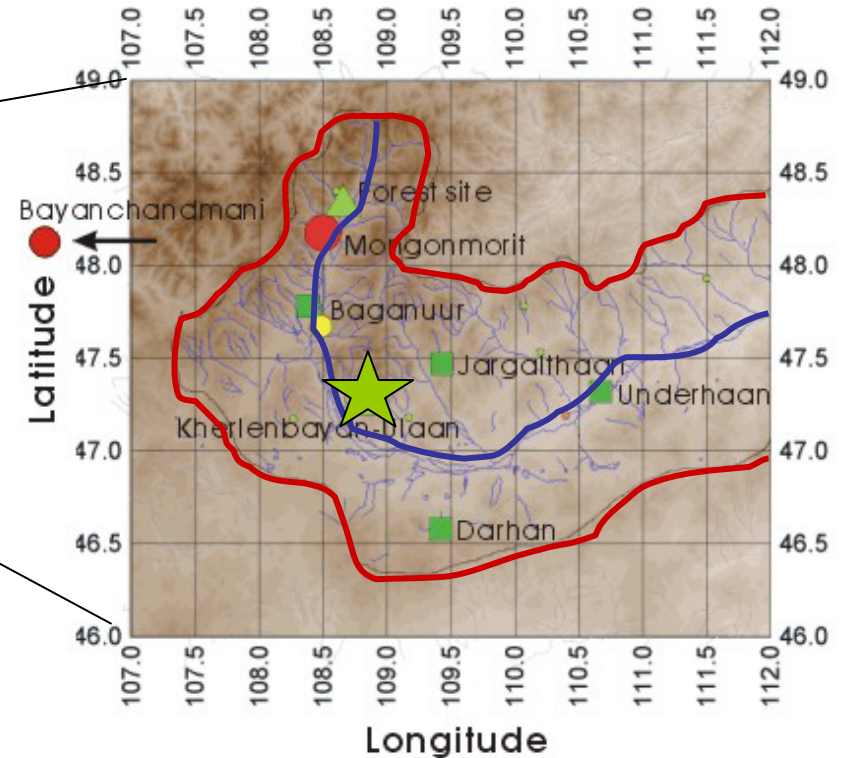
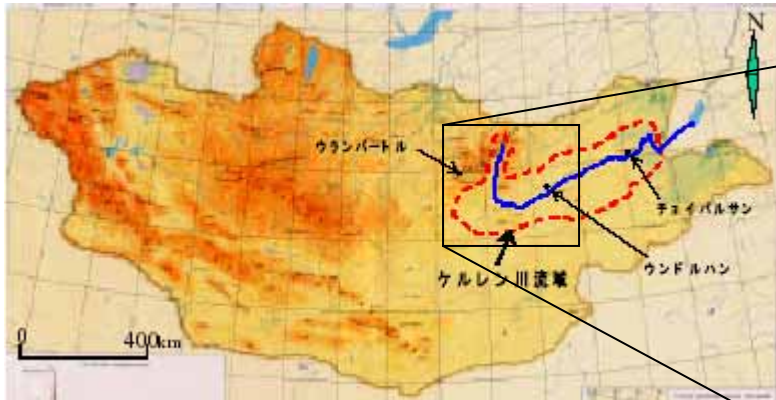
Receiver  
檣の上



Receiverの檣の上から見た  
パス方向の様子



## モンゴル観測概要



- **RAISE** (The Rangelands Atmosphere-Hydrosphere-Biosphere Interaction Study Experiment in Northeastern Asia; 北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明) に参加
- 目的: 北東アジアの湿潤-乾燥変遷域における熱・水環境の現状を定量的に把握する
- 場所: Kherlen川流域のKherlenbayan Ulaan ; KBU



# モンゴル観測概要

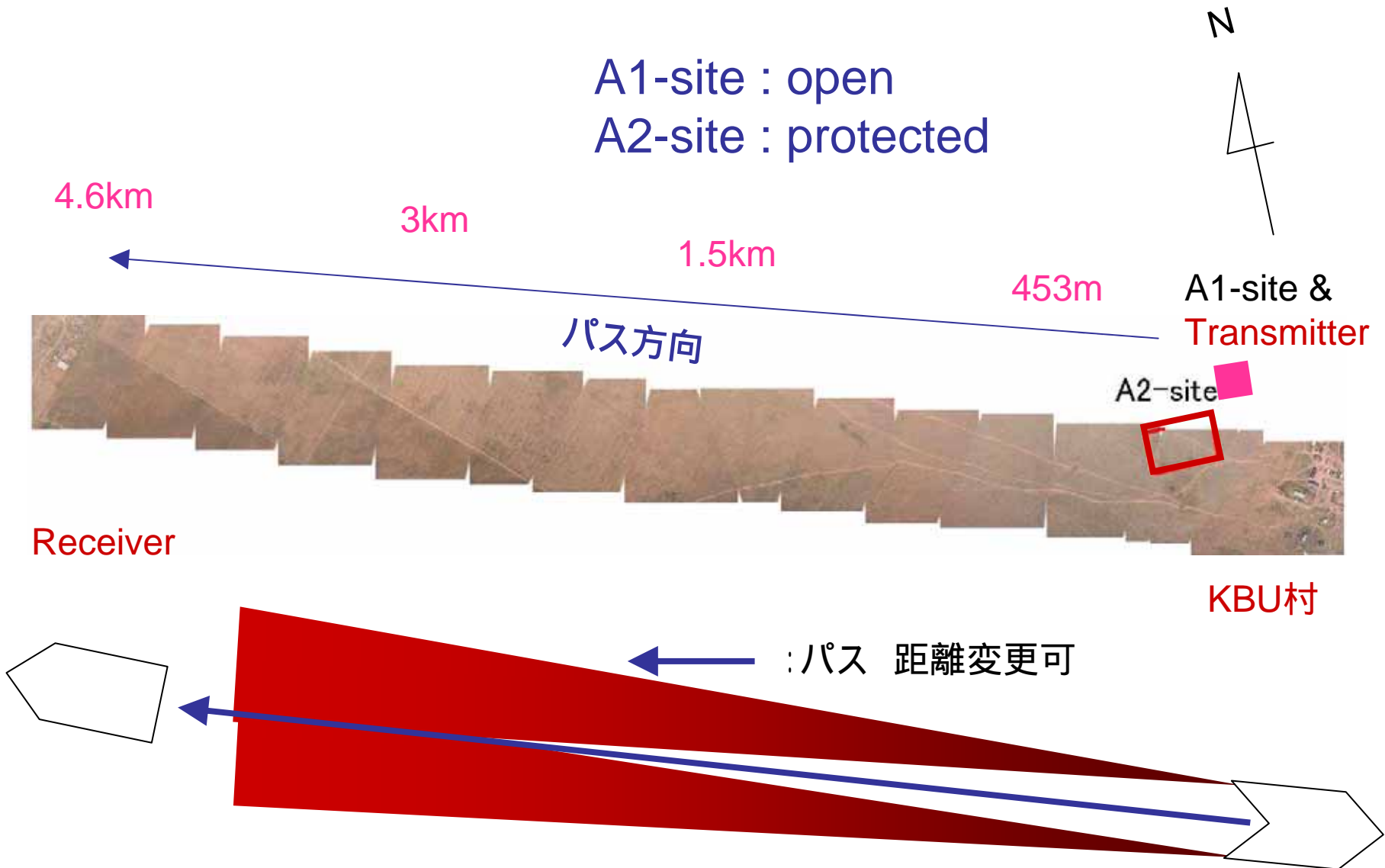
- 期間: 7 ~ 10月の集中観測期間のうち晴天日のみ 計13日分  
453mで3日間、1505mで5日間、3000mで5日間
- LASの観測項目:  $Cn^2$  顕熱フラックスH
- Transmitterと隣接するA1-siteのSATの観測項目のうちT, P,  $u^*$ , をHの算出に使用



KBU A1-site 9/30

# 観測地付近を上空から見た様子

(2003/8 筑波大・杉田倫明先生撮影の航空写真より)



A1-site : open

A2-site : protected

4.6km

3km

1.5km

453m

パス方向

A1-site &  
Transmitter

A2-site

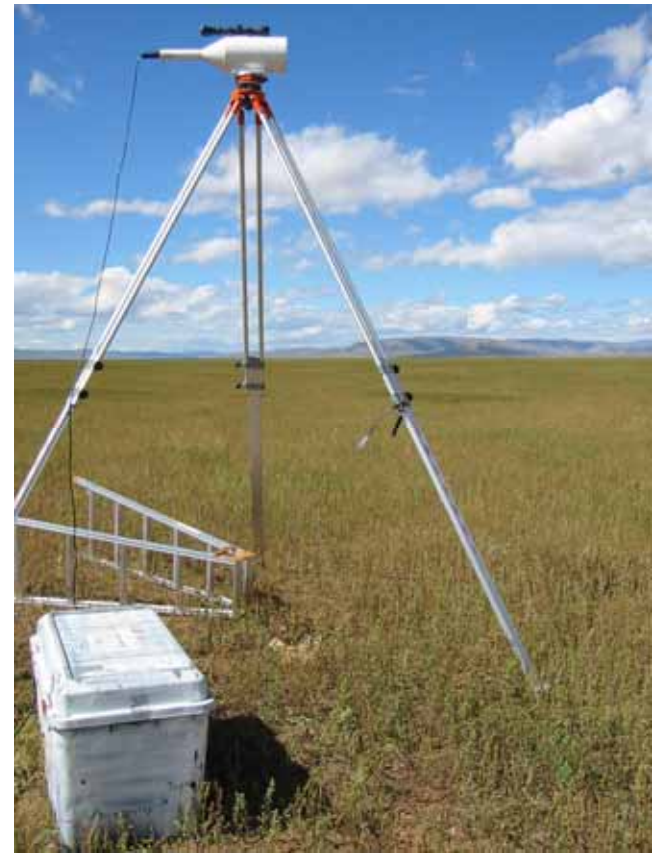
Receiver

KBU村

:パス 距離変更可



2003/7/23



2003/8/23

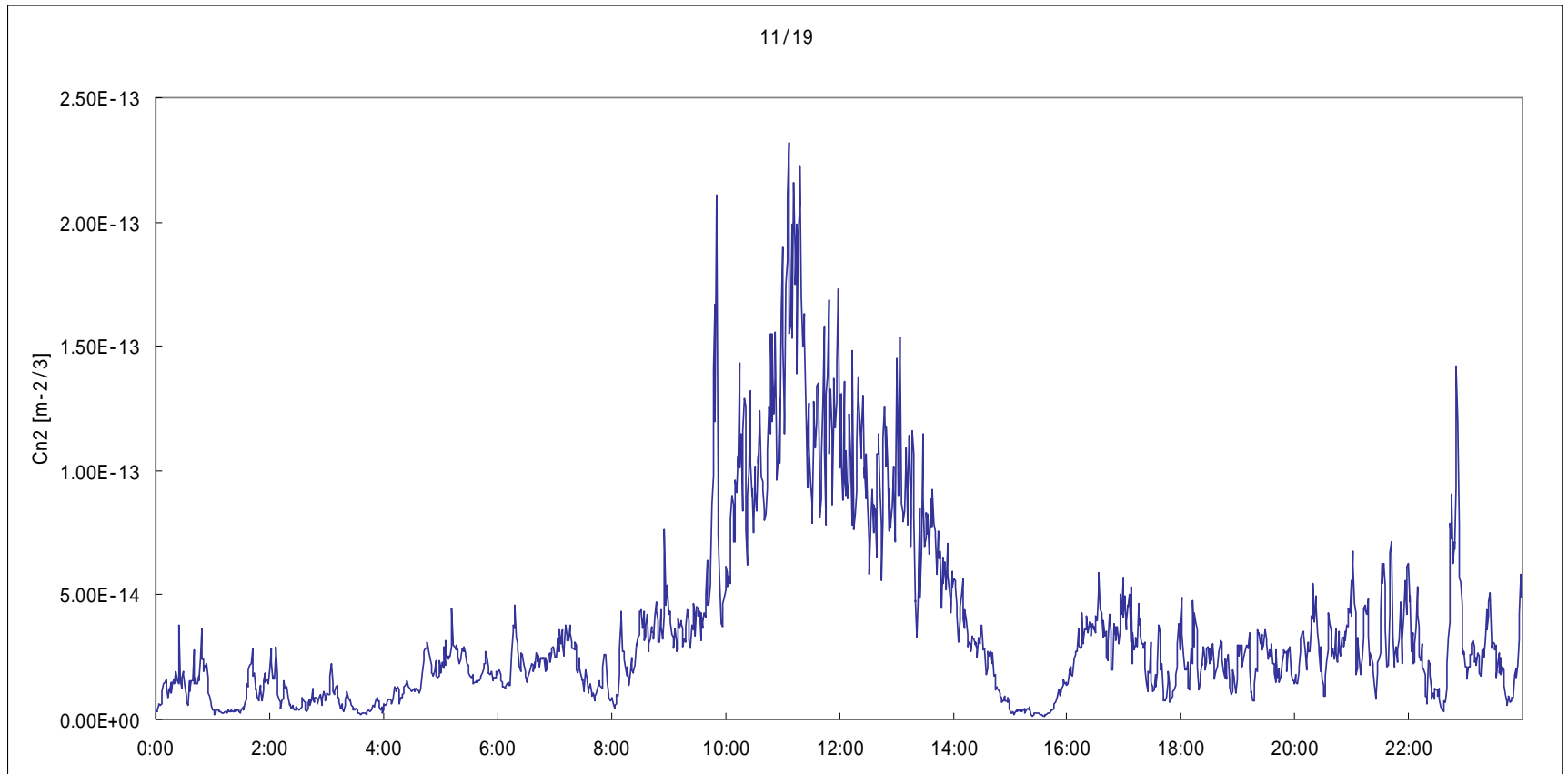


2003/10/1

すべてパス3000mの  
receiver付近の写真

# 琵琶湖結果: 2002/11/19

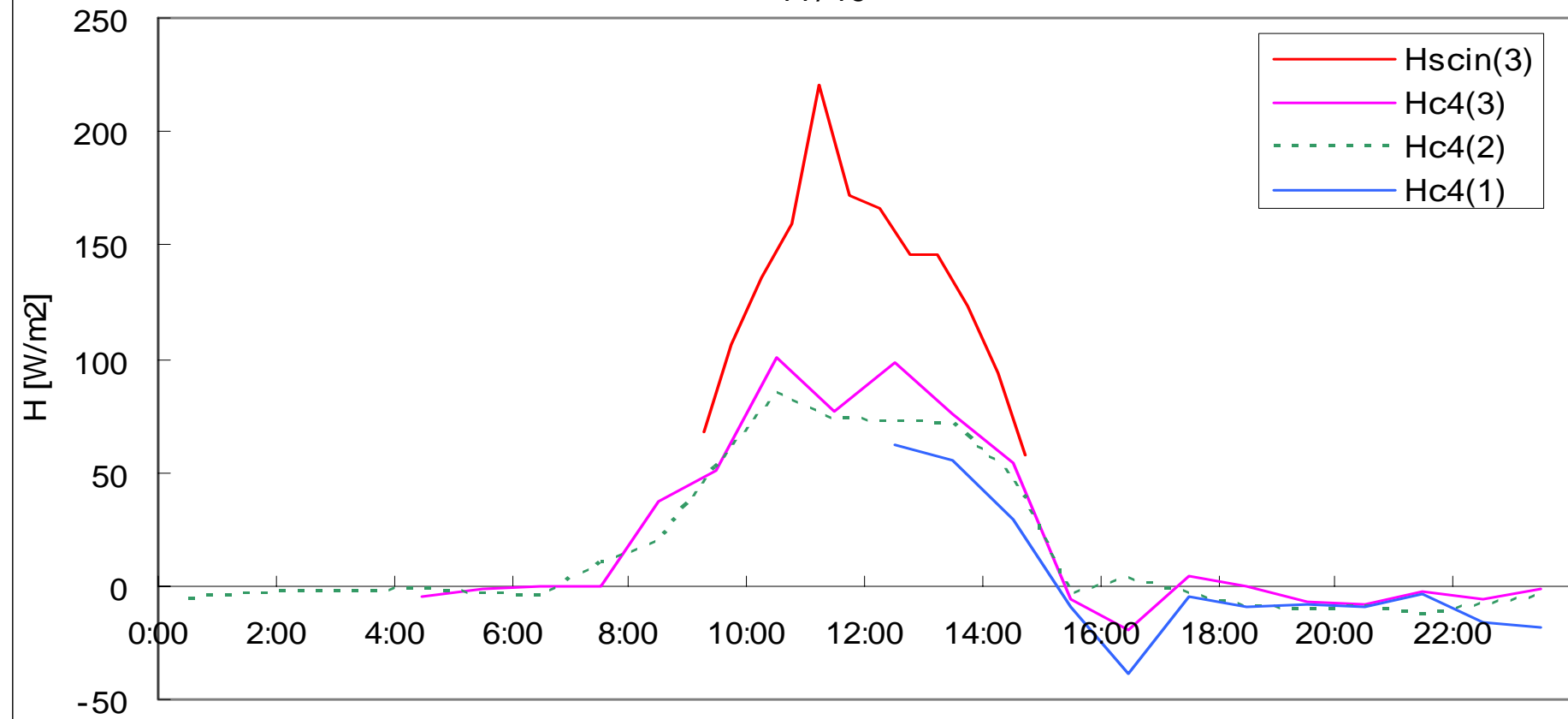
C4(1):1m, C4(2):2.45m, C4(3):5.9m



# 琵琶湖結果: 2002/11/19

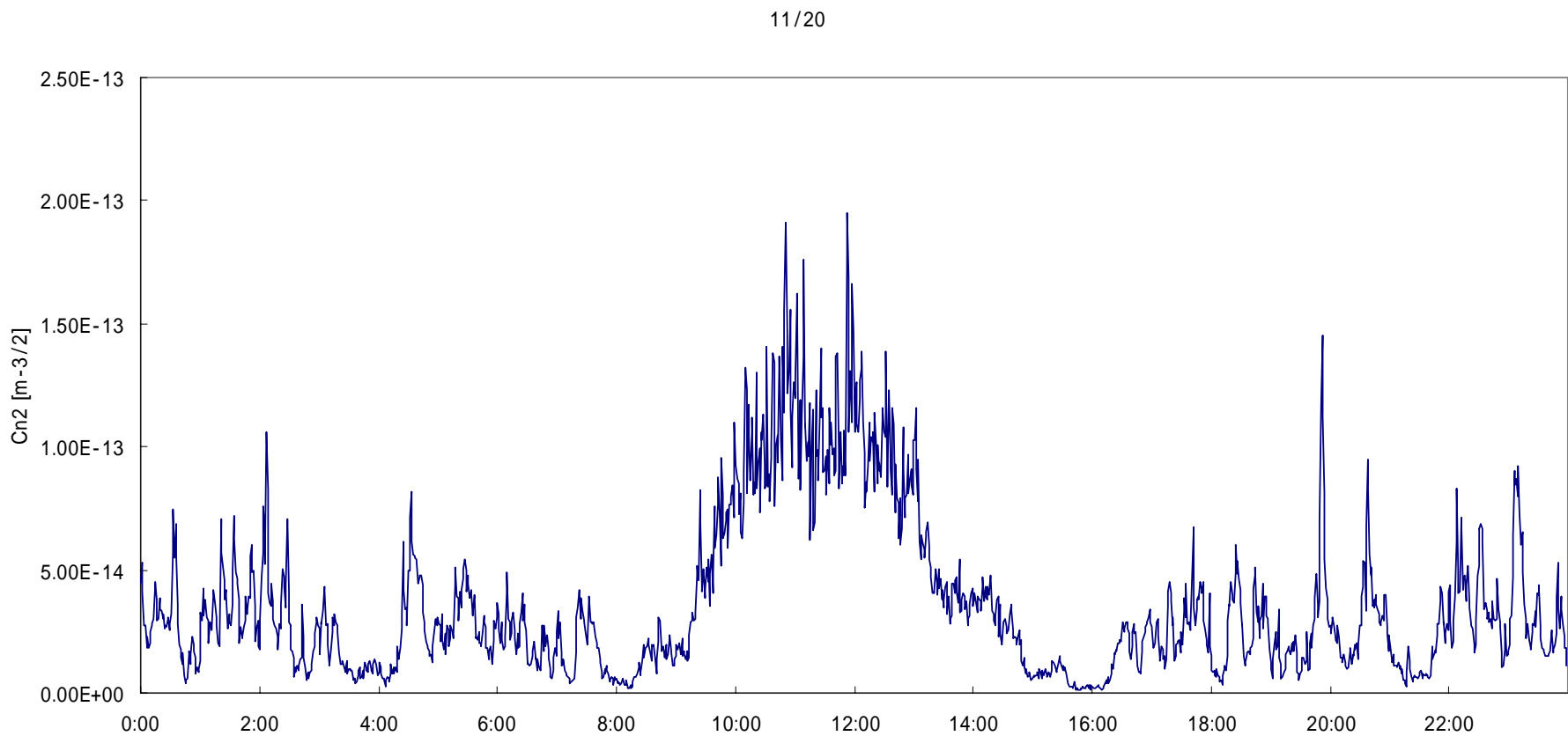
C4(1):1m, C4(2):2.45m, C4(3):5.9m

11/19



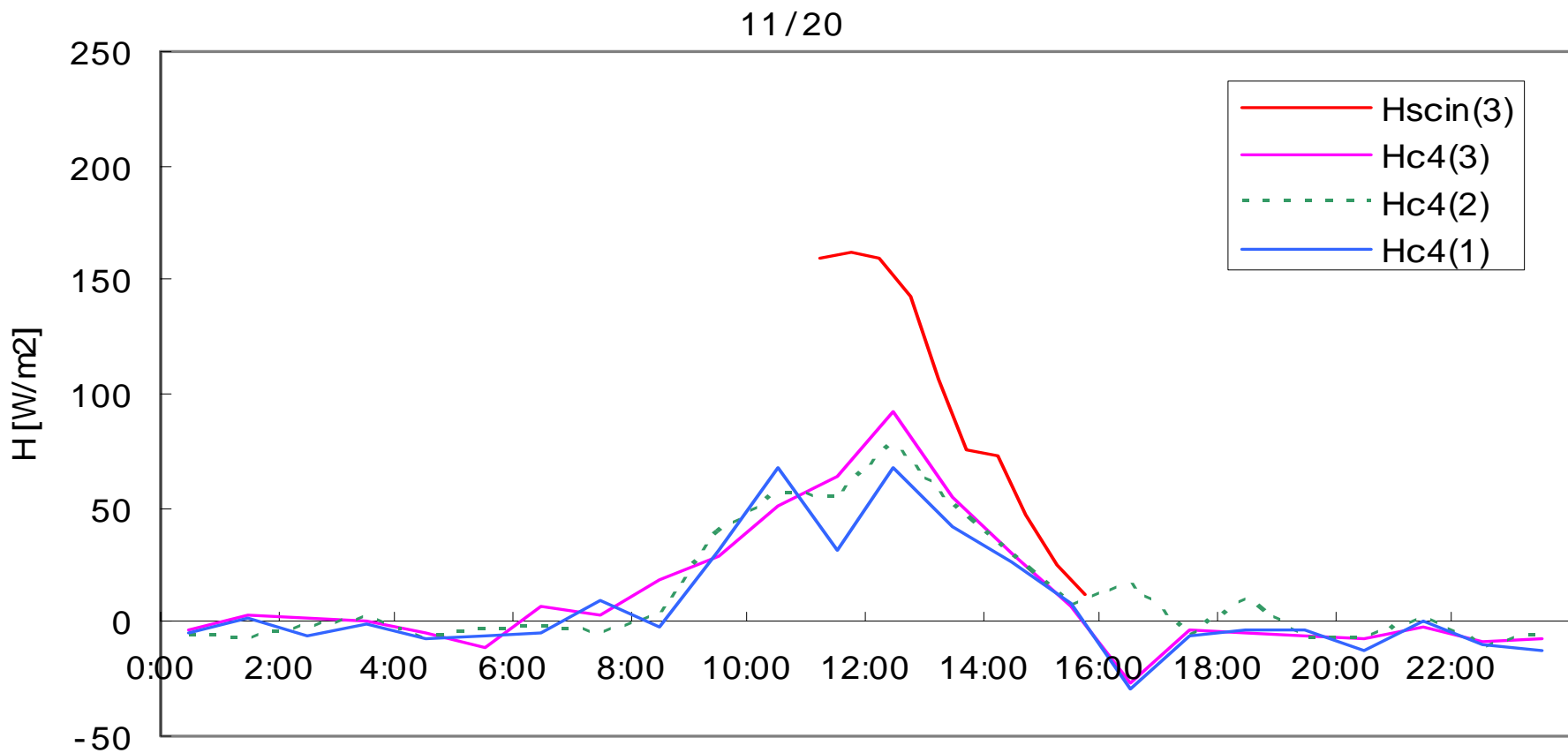
# 琵琶湖結果: 2002/11/20

C4(1):1m, C4(2):2.45m, C4(3):5.9m



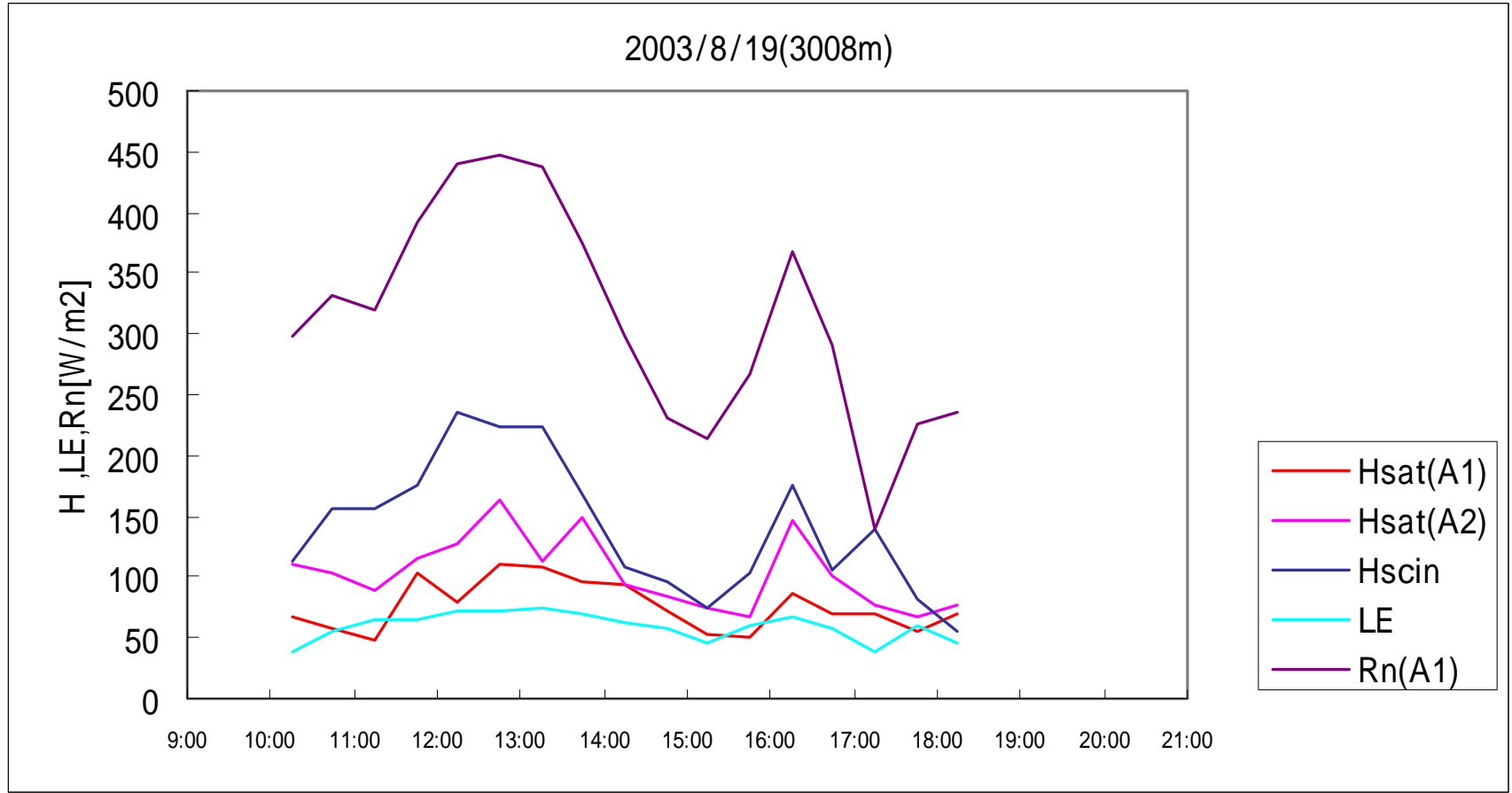
# 琵琶湖結果: 2002/11/20

C4(1):1m, C4(2):2.45m, C4(3):5.9m

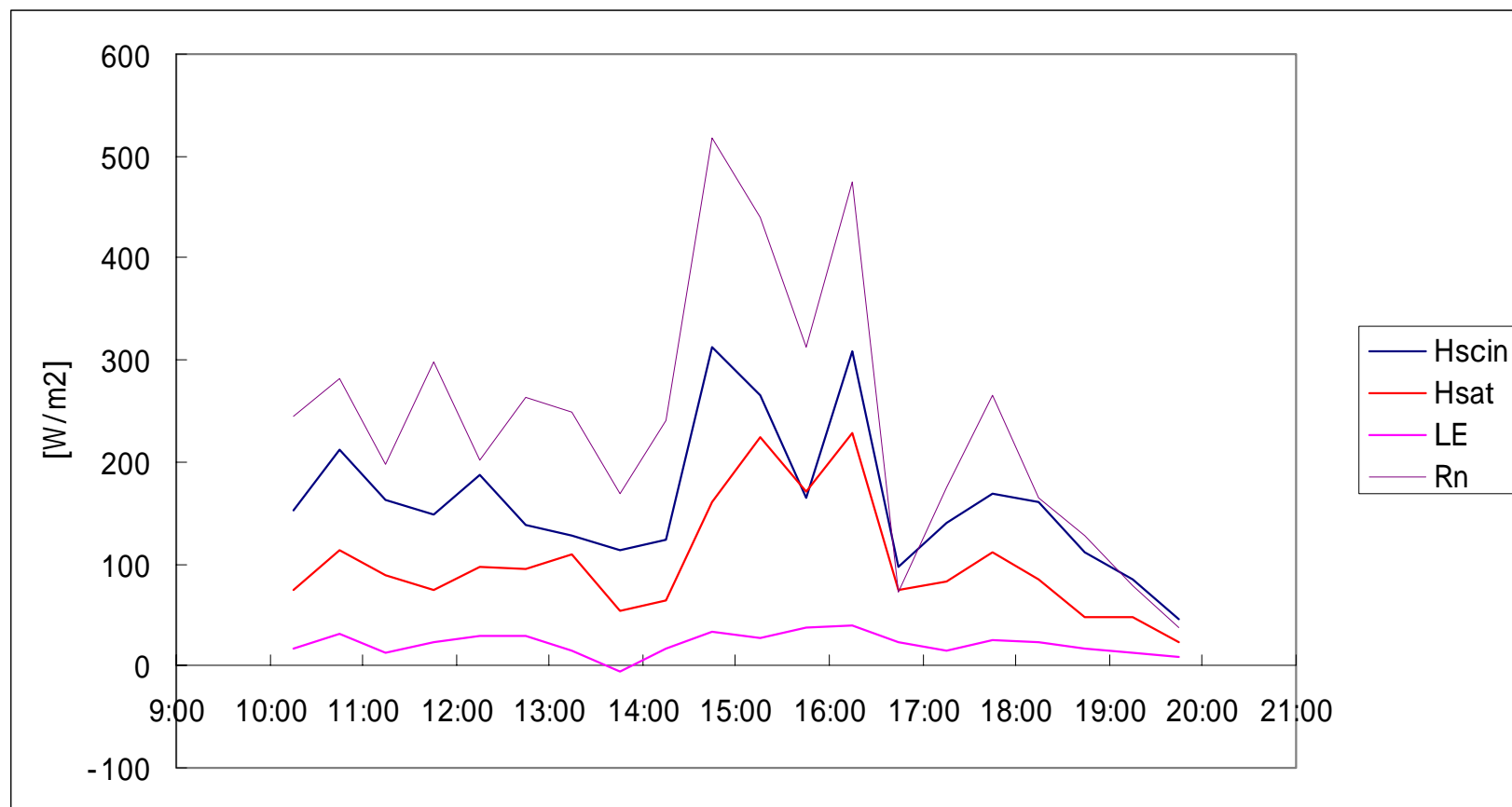




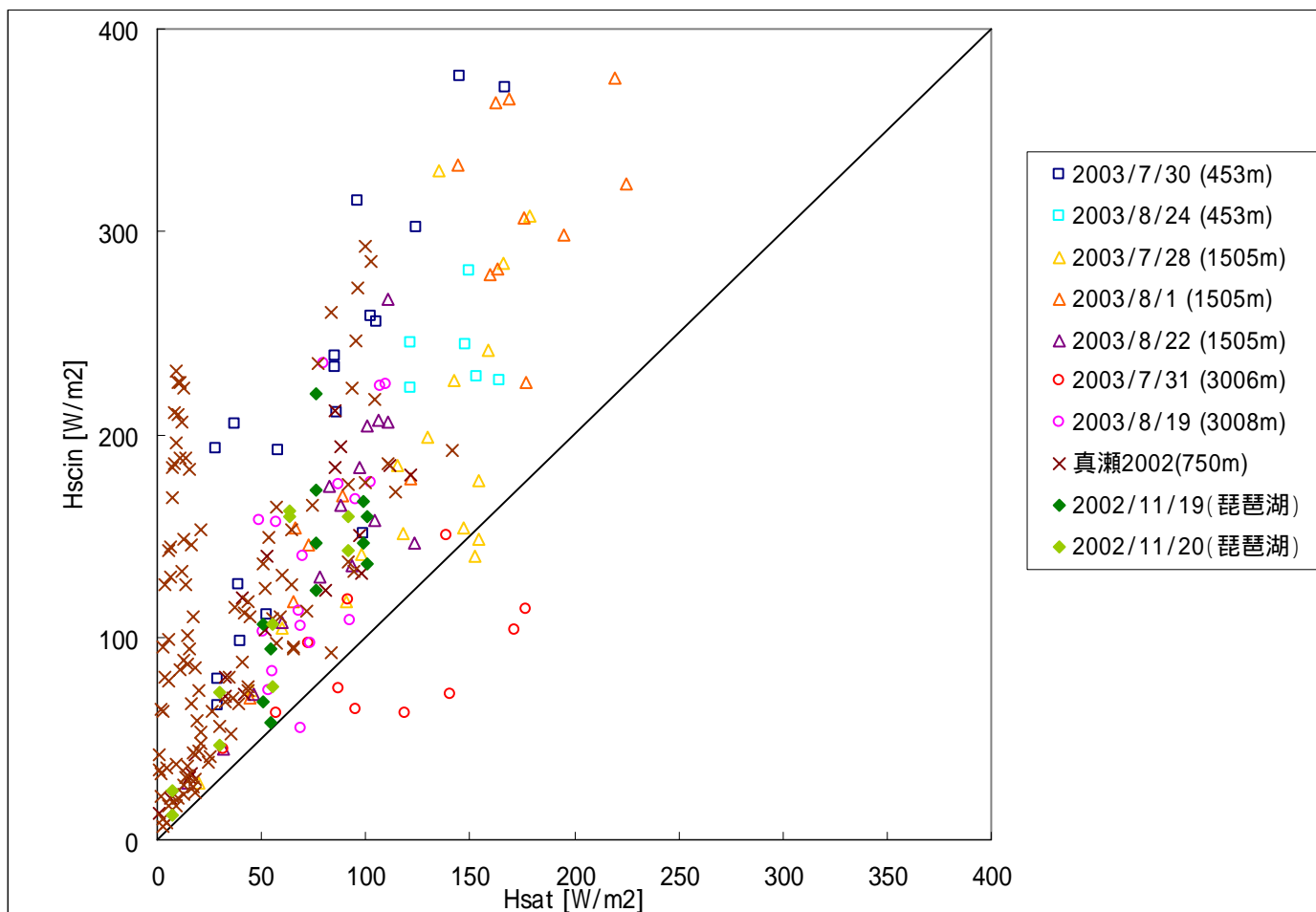
# モンゴル結果：日変化一例



# モンゴル結果一例 (8/2:パス1050m)



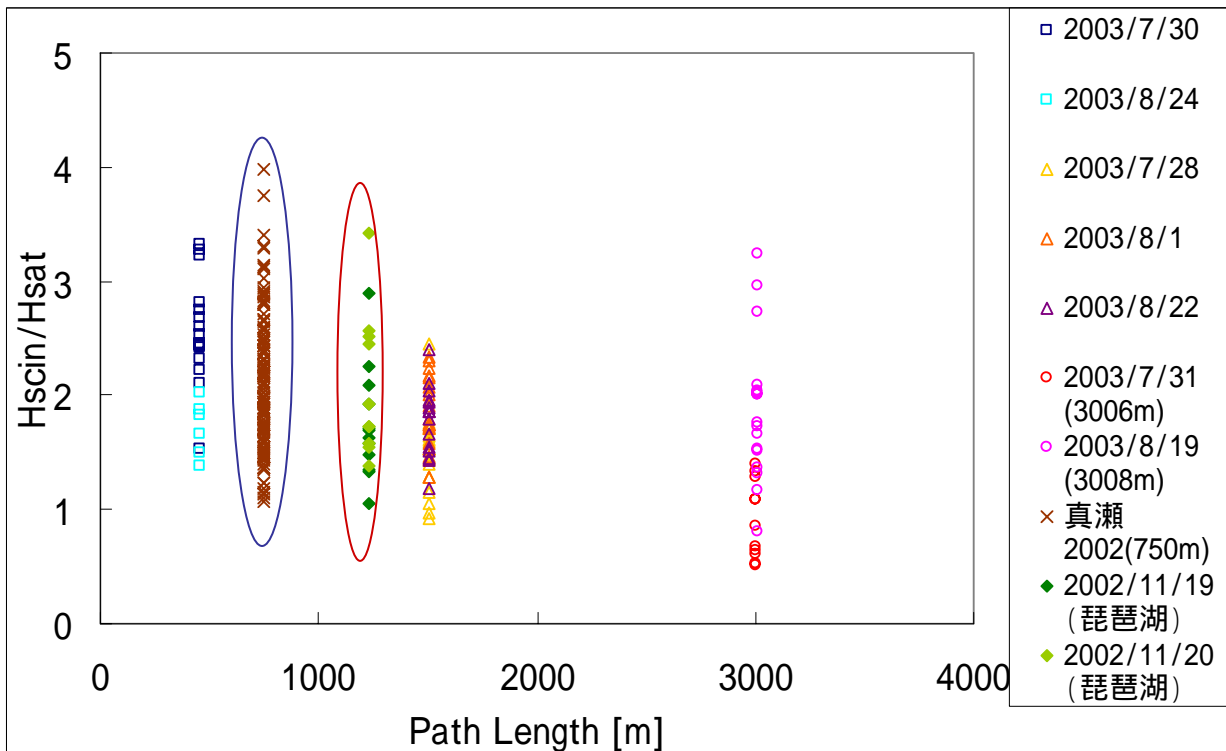
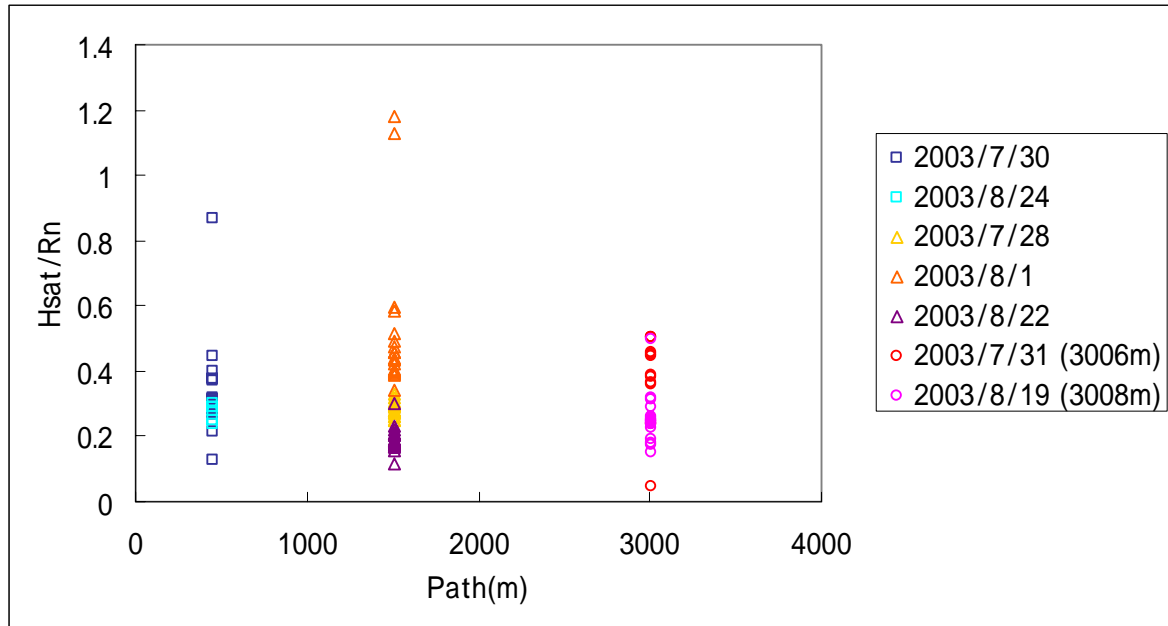
# 結果



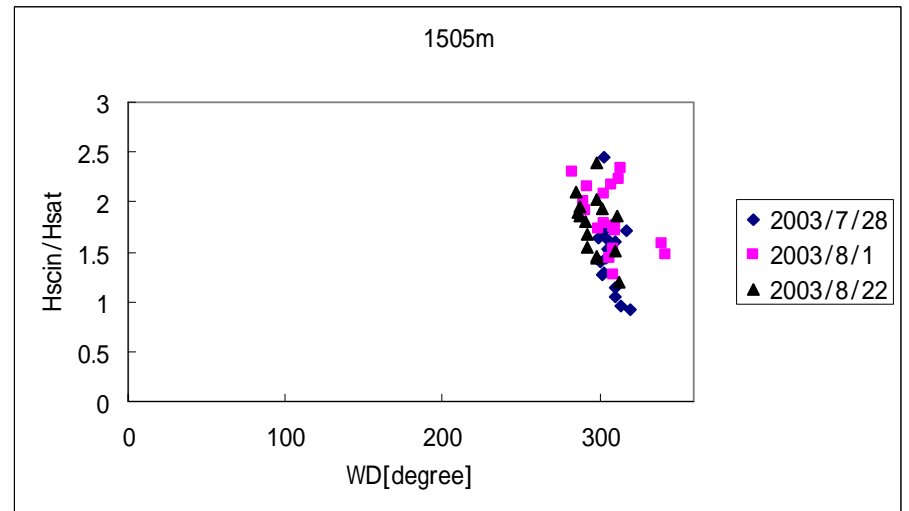
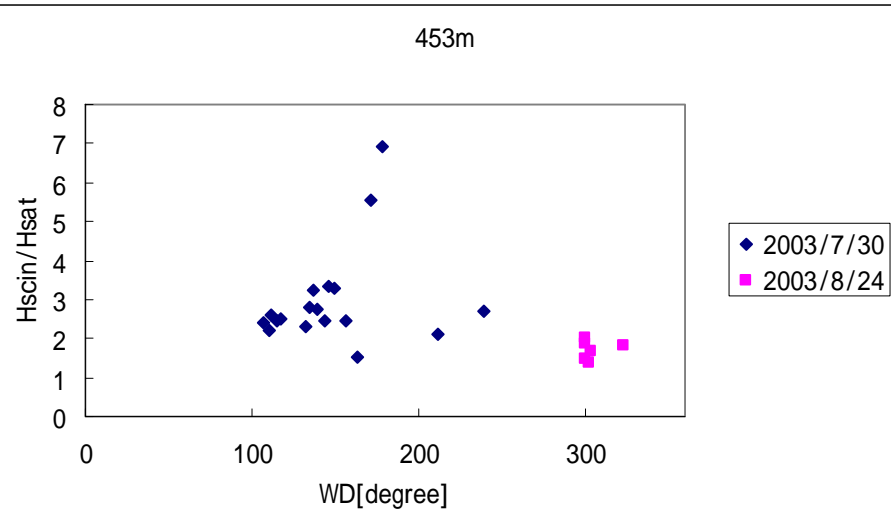
違いの原因は？

# 結果

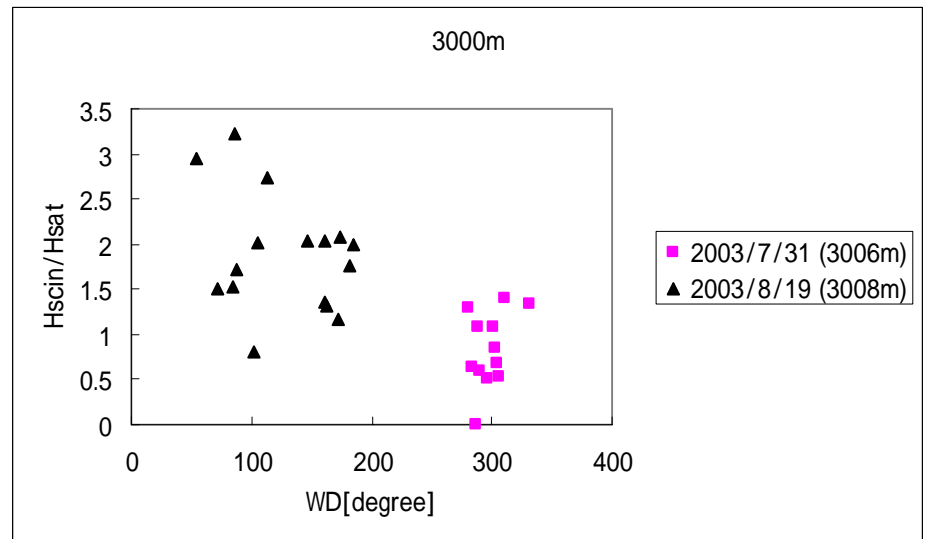
パスが長いほど(村から遠ざかるほど)Hが小さい原因は?



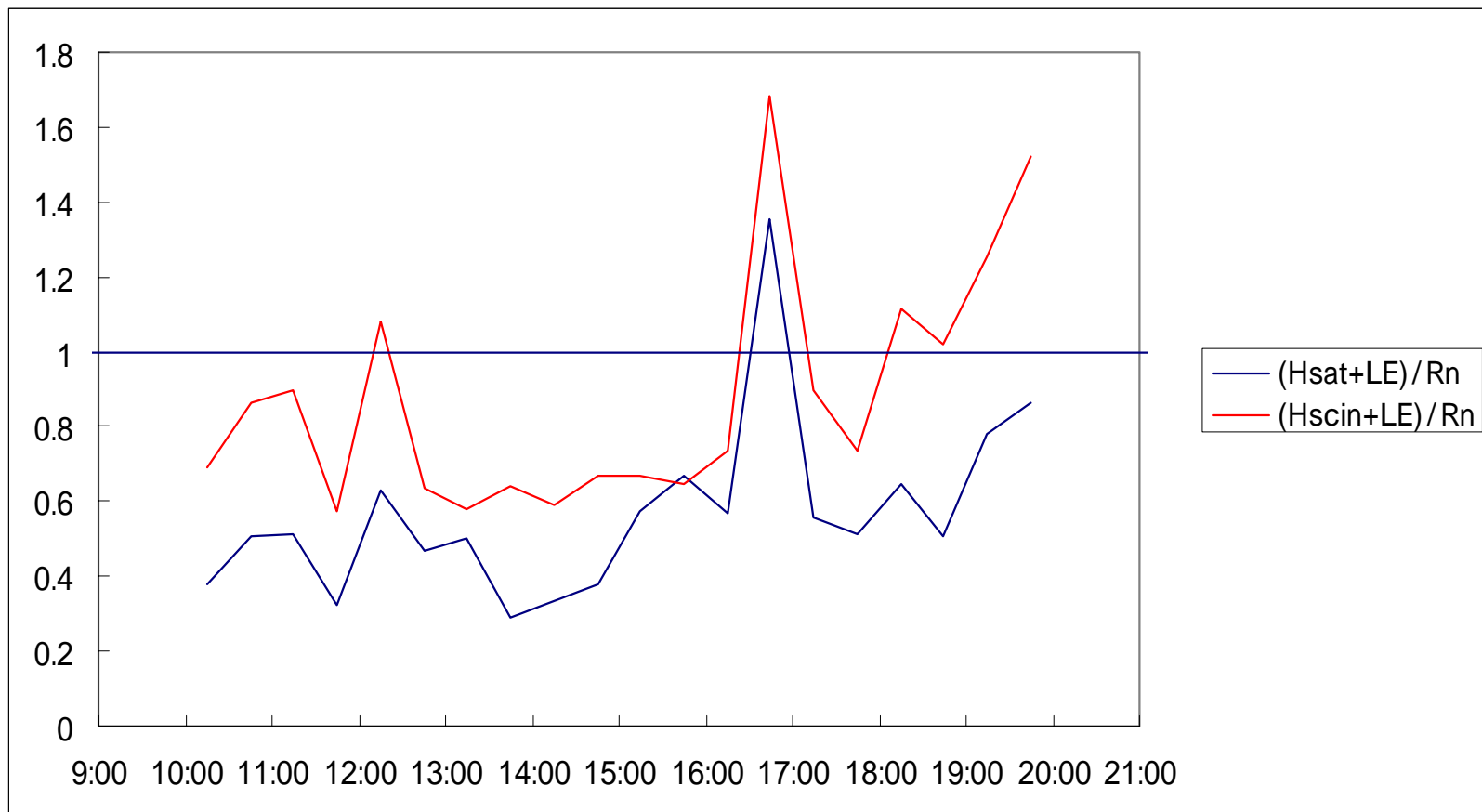
# 結果



Hと風向とは特に関係なし



# モンゴル結果一例 (2003/8/2: パス1050m)



## 疑問・不明点

- パス長で違う理由は？
- ほぼ水平なので、 $H$ の違いは地形でなく水分や植生の不均一分布に起因すると考えられる
  - 広域の顕熱を決定付ける要因は？
- 航空機観測と比較：NDVI、地表面温度  
植生分布(LAI)と顕熱
- 別の無次元関数を使って比較