

II 観測要素および観測方法

TERC 热收支・水收支観測データベース Ver.2.0 および本図表集では、第 2 表に示す 15 の観測要素（複数高度/深度での観測値を含めると 31 項目）を対象とした。ルーチン観測開始当時にはこれより多くの要素が含まれていたが、その後種々の理由で観測を中止したものもあるので、現在も観測が継続されている要素のみに限定した。

各要素の観測方法や使用測器、ならびに主な変更・メンテナンス情報を次頁以降に記載する。

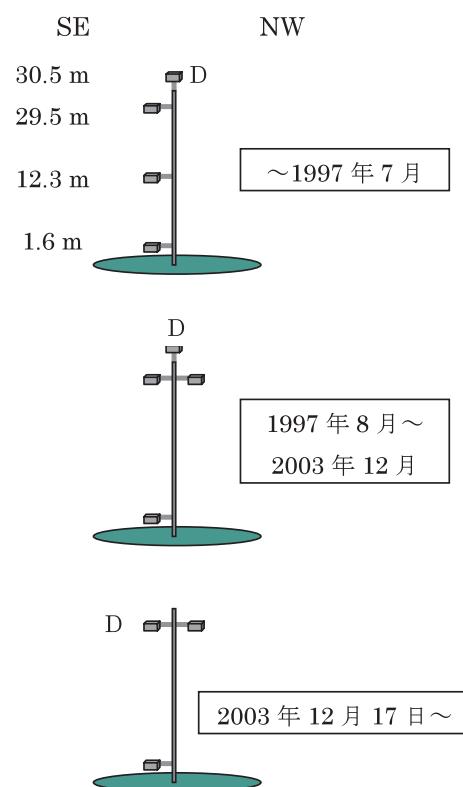
第 2 表 対象とした観測要素一覧

観測要素 (Observation Item)	略号	観測高度 (m)	観測期間
風向 (Wind Direction)	D	30.5 → 29.5	1981.8 ~ 現在
風速 (Wind Speed)	U-1	1.6	1981.8 ~ 現在
"	U-2	12.3	1981.8 ~ 1997.8
"	U-3	19.5	1981.8 ~ 現在
運動量フラックス (Momentum Flux)	UW-1	1.6	1981.8 ~ 現在
"	UW-2	12.3	1981.8 ~ 1997.8
"	UW-3	29.5	1981.8 ~ 現在
顯熱フラックス (Sensible Heat Flux)	WT-1	1.6	1981.8 ~ 現在
"	WT-2	12.3	1981.8 ~ 1997.8
"	WT-3	29.5	1981.8 ~ 現在
全天短波放射量 (Total short-Wave Radiation)	I	1.5	1981.8 ~ 現在
正味放射量 (Net Radiation)	Rn	1.5	1981.8 ~ 現在
地中熱流量 (Soil Heat Flux)	G1	-0.02	1981.8 ~ 現在
日照時間 (Sunshine Duration)	N	8	1981.8 ~ 現在
気温 (Air Temperature)	T-1	1.6	1981.8 ~ 現在
"	T-2	12.3	1981.8 ~ 現在
"	T-3	29.5	1981.8 ~ 現在
地温 (Soil Temperature)	ST-1	-0.02	1981.8 ~ 現在
"	ST-2	-0.10	1981.8 ~ 現在
"	ST-3	-0.50	1981.8 ~ 現在
"	ST-4	-1.00	1981.8 ~ 現在
地下水位 (Ground Water Level)	GW-1	-2.2	1981.8 ~ 2005.7
"	GW-2	-10.0	1981.8 ~ 現在
"	GW-3	-22.0	1981.8 ~ 2004.2
"	GW-4	-2.0	1981.8 ~ 現在
露点温度 (Dew Point Temperature)	TD-1	1.6	1981.8 ~ 現在
"	TD-2	12.3	1981.8 ~ 現在
"	TD-3	29.5	1981.8 ~ 現在
降水量 (Precipitation)	P	0.3	1981.8 ~ 現在
蒸発散量 (Evapotranspiration)	ET	0	1981.8 ~ 現在
気圧 (Atmospheric Pressure)	AP	5 → 1.5	1981.8 ~ 現在

1. 風向 (Wind Direction) ; D

- ✓ 設置高度 : 30.5 m (~2003 年 12 月)
29.5 m (2003 年 12 月 17 日 ~)
- ✓ 測器 : 超音波風速温度計
- ✓ メーカー型番 : TR-61A (Kaijyo Denki)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎
(2003 年 5 月 1 日 ~)

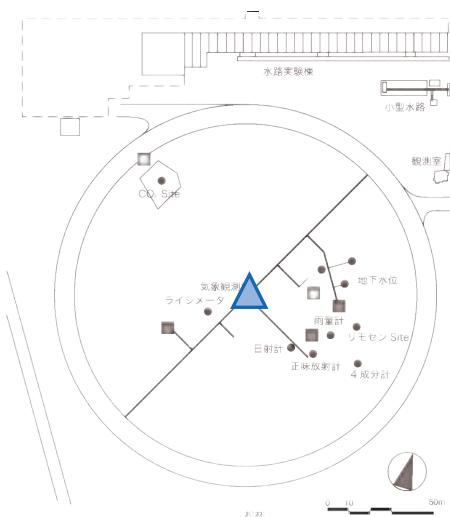
2003 年 12 月までは観測用鉄塔の天辺の高度 30.5 m に設置されていた超音波風速温度計によって測定されていたが、2003 年 12 月 17 日以降は、観測用鉄塔の高度 29.5 m 南東側に設置されている超音波風速温度計によって測定されている。



観測機器の設置高度



超音波風速温度計



位置図

2. 風速 (Wind Speed) ; U

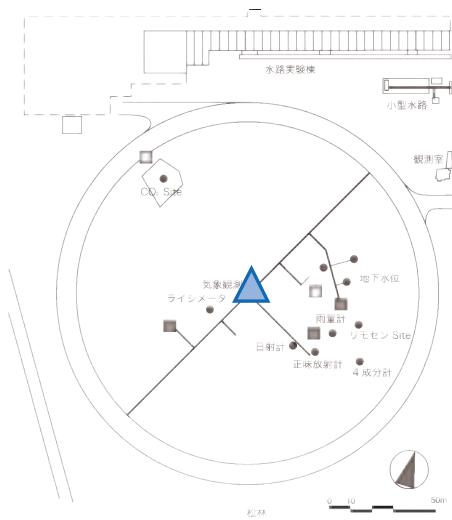
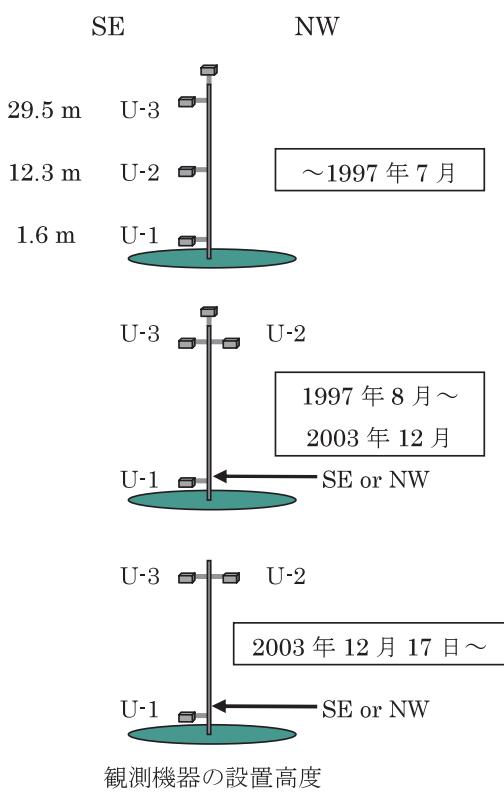
- ✓ 設置高度 : 1.6 m (U・1) *
 - 12.3 m (U・2) → 1997 年 8 月以降測定終了
 - 29.5 m (U・3)
 - ✓ 測器 : 超音波風速温度計
 - ✓ メーカー型番 : TR・61A (Kaijyo Denki)
 - ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
 - データ収録は 1 時間毎
 - ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
 - データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎
 - (* 季節に応じて高さを変更)
 - ※ 時期によって、測器取り付け位置に変更在り。

観測用鉄塔に取り付けた超音波風速温度計によって得られた水平風速の日平均値である。1997年8月以降の測定高度は、地表面から1.6 m および29.5 m であり、単位はm/sである。

高度 1.6 m の測器については、1997 年から主風向の成分として北成分が強くなる秋には北西側に、逆に南成分が強くなる春に南東側に付け替える作業を実施している。また、1998 年～2004 年では圃場の草刈りを年 1 回にしたため、夏季になると植生の影響を受けて 1.6 m では十分な観測高度が得られないので、超音波風速温度計の高度を 2.15 m に上げている。



超音波風速溫度計



位置図

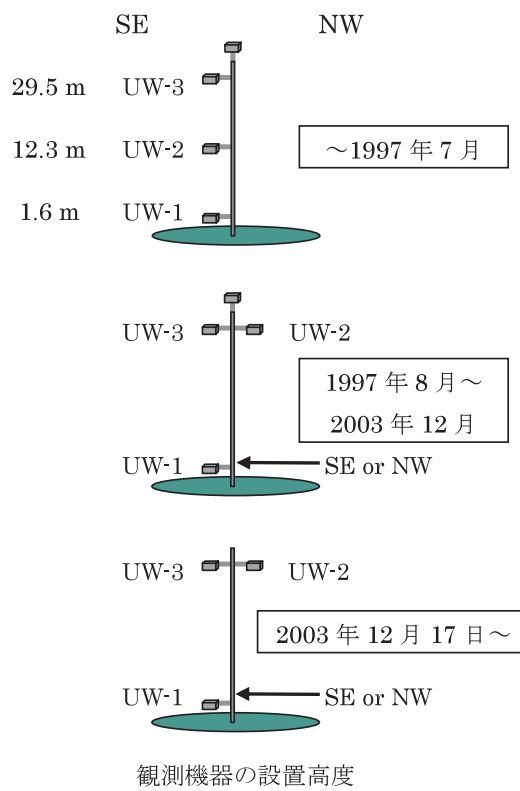
3. 運動量フラックス (Momentum Flux) ; UW

- ✓ 設置高度 : 1.6 m (UW-1) *
12.3 m (UW-2) → 1997 年 8 月以降
測定終了
29.5 m (UW-3)
- ✓ 測器 : 超音波風速温度計
- ✓ メーカー型番 : TR-61A (Kaijyo Denki)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎
(* 季節に応じて高さを変更)
- ※ 時期によって、測器取り付け位置に変更在り。

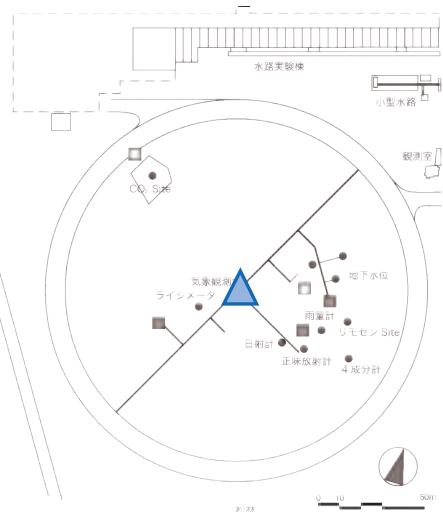
超音波風速温度計によって測定された水平風速の変動成分 u' 、鉛直風速の変動成分 w' から得られる 2 つの変動量の積の平均 $\overline{u'w'}$ の日平均値である。上向きを正としており、単位は $\times 0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ である。1997 年 8 月以降の測定高度は、地表面から 1.6 m および 29.5 m である。1 時間平均に 1 つでも欠測あるいは異常がみられる場合には、その日の日平均値を欠測とした。高度 1.6 m および 29.5 m での観測の詳細は、2 に記述したものと同様である。



超音波風速温度計



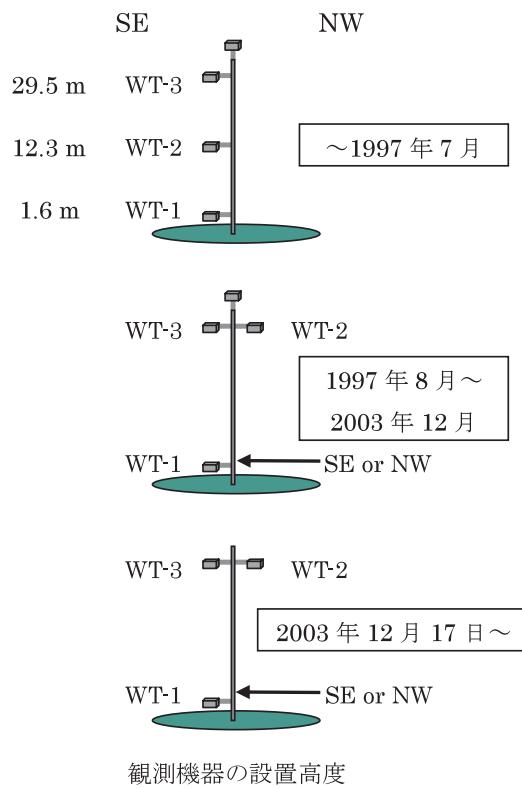
観測機器の設置高度



位置図

4. 顯熱フラックス (Sensible Heat Flux) ; WT

- ✓ 設置高度 : 1.6 m (WT-1) *
 - 12.3 m (WT-2) → 1997 年 8 月以降
測定終了
 - 29.5 m (WT-3)
- ✓ 測器 : 超音波風速温度計
- ✓ メーカー型番 : TR-61A (Kaijyo Denki)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎
(* 季節に応じて高さを変更)
- ※ 時期によって、測器取り付け位置に変更在り。

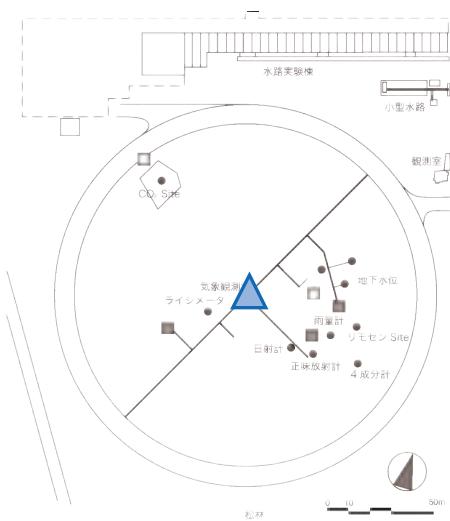


超音波風速温度計によって測定された鉛直風速および気温の変動量の積の平均 $\overline{w'T'}$ の日平均値である。上向きを正としており、単位は $\times 0.1^{\circ}\text{C} \cdot \text{m/s}$ である。測定高度および欠測処理は運動量フラックスと同様である。

高度 1.6 m および 29.5 m での観測の詳細は、2 に記述したものと同様である。



超音波風速温度計



5. 全天短波放射量 (Total Short-wave Radiation) ; I

- ✓ 設置高度 : 1.5 m
- ✓ 測器 : 熱電対式全天日射計
- ✓ メーカー型番 : MS-402F (Eiko Seiki)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

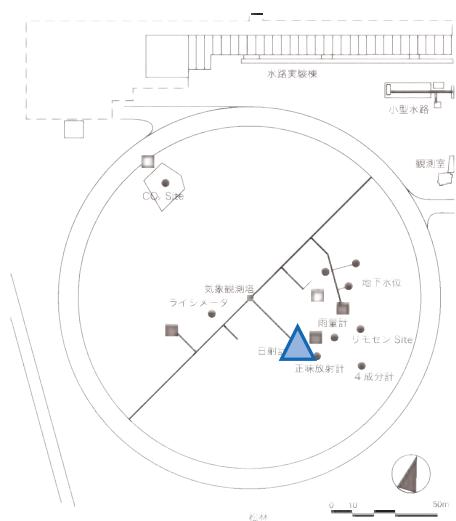
メンテナンス概要

1985/3/16	日射計の検定・交換
1988/6/6/15	日射計の検定・交換
1990/3/13	日射計の検定・交換
1994/7/7	センサー交換 A84517→A75510(MS43F)
1997/8/6	日射計の検定・交換
2002/4/5	日射計の検定・交換

熱電対式全天日射計を地表面から高度 1.5 m に設置して測定した値の日平均値である。単位は W/m² である。



熱電対式全天日射計



位置図

6. 正味放射量 (Net Radiation) ; Rn

- ✓ 設置高度 : 1.5 m
- ✓ 測器 : 通風型熱電対式放射収支計
- ✓ メーカー型番 : CN-11 (Eiko Seiki)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

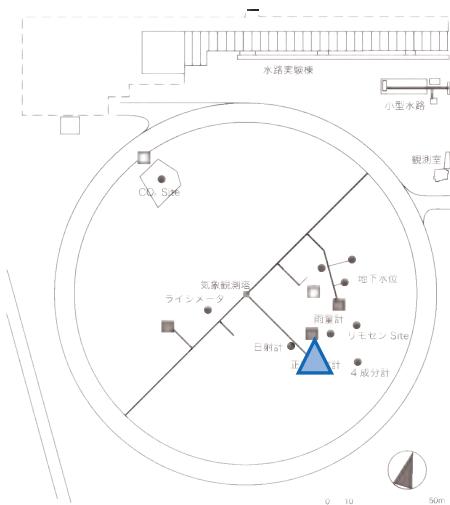
メンテナンス概要

1984/9/6	放射収支計の検定・交換
1994/7/7	放射収支計の検定・交換
1997/5/6	放射収支計の検定・交換
2004/4/21-6/29	放射収支計の点検修理

通風型熱電対式放射収支計を地表面から高度 1.5 m に設置して測定した値の日平均値である。単位は W/m² である。



通風型熱電対式放射収支計



位置図

7. 地中熱流量 (Soil Heat Flux) ; G1

- ✓ 設置深度：地表面から 2 cm
- ✓ 測器：熱電対式地中熱流板
- ✓ メーカー型番：(①, ②) CN・81 (Eiko Seiki)
(③) CPR・PHF・01 (CLIMATEC)
- ✓ 記録方法 (①, ②) : サンプリングは 10 秒間
隔, データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (③) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

* 地中熱流板は期間内で 2 回埋設位置の変更を実施した.

熱電対式地中熱流板によって得られた日平均値で、測定深度は地表面から 2 cm である。単位は W/m² である。

メンテナンス概要

1991/5/30	地中熱流板交換・移設 (①→②)
2005/3/22	地中熱流板交換・移設 (②→③)

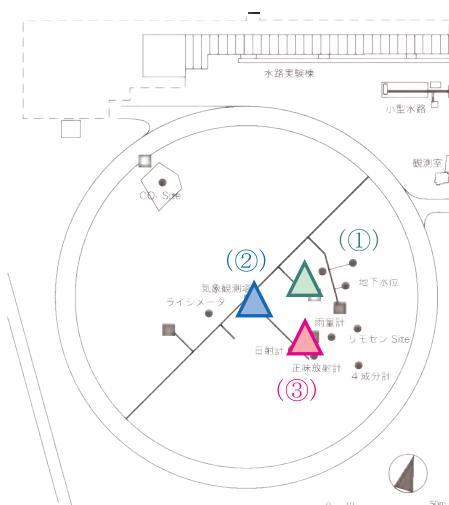


(旧型)



(新型)

熱電対式地中熱流板



位置図

8. 日照時間 (Sunshine Duration) ; N

- ✓ 設置高度：研究棟屋上
- ✓ 測器：回転式日照計
- ✓ メーカー型番：MS-091 (Eiko Seiki)
- ✓ 記録方法（旧）：サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法（新）：サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間

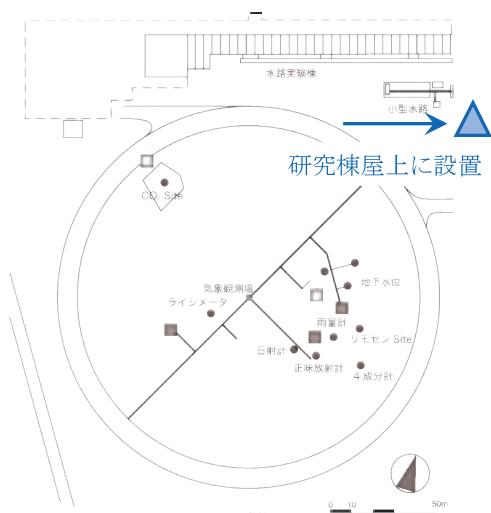
メンテナンス概要

1989/12/7 - 1990/5/9	日照計の故障のため、欠測
-------------------------	--------------

研究棟の屋上に設置した回転式日照計によつて得られた日積算値である。単位は分である。



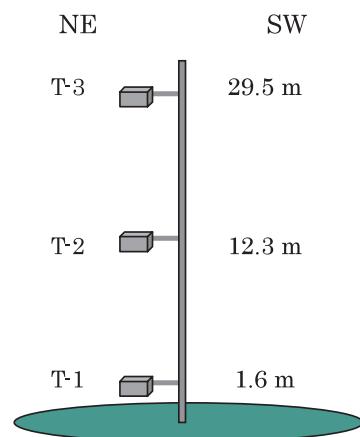
回転式日照計



位置図

9. 気温 (Air Temperature) ; T

- ✓ 設置高度 : 1.6 m (T-1), 12.3 m (T-2),
29.5 m (T-3)
- ✓ 測器 : 通風式白金抵抗温度計
- ✓ メーカー型番 : Nakaasa (E-731)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

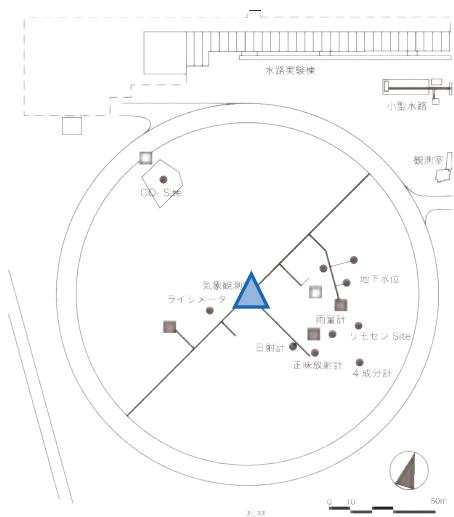


観測用鉄塔の北東側に取り付けられた通風式白金抵抗温度計によって得られた日平均値である。測定高度は地表面から 1.6 m, 12.3 m および 29.5 m, 単位は°Cである。



通風式白金抵抗温度計

1986/3/25	温度計の三高度取り替え工事開始
1986/4/28	温度計変換器調整点検, A/D 変換器, CPU 変換ユニット交換
1991/11/22	温度計変換器点検
1992/2/17	温度計の修理



10. 地温 (Soil Temperature) ; ST

- ✓ 設置深度：地表面から 2 cm (ST-1), 10 cm (ST-2), 50 cm (ST-3), 100 cm (ST-4)
- ✓ 測器：防水型白金抵抗温度計
- ✓ メーカー型番：(①, ②) E-751 (Nakaasa)
(③) C-PTG-10 (CLIMATEC)
- ✓ 記録方法 (①, ②) : サンプリングは 10 秒間隔, データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (③) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

メンテナンス概要

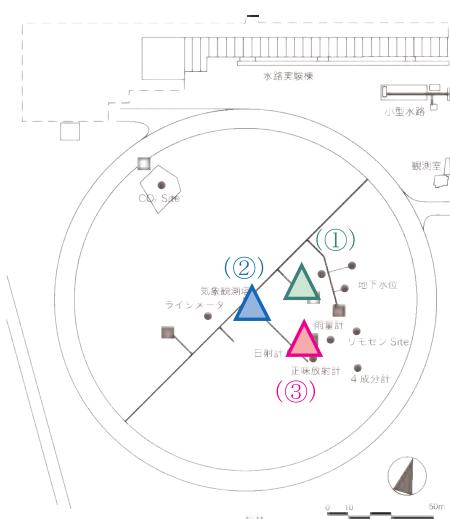
1981/10/30	地温計の修理
1988/5/31	地温計 2, 10, 50, 100 cm の検定
1991/5/30	地温計交換・移設 (4 深度) (①→②)
1995/2/22	地温計 2, 10, 50, 100 cm 検定
2005/3/22	地温計移設・交換 (②→③)

* 地温計は、期間内で 2 回埋設位置の変更を実施した。

直径 10 mm, 長さ 15 cm の防水型白金抵抗温度計によって得られた日平均値である。測定深度は地表面から 2 cm (ST-1), 10 cm (ST-2), 50 cm (ST-3) および 100 cm (ST-4) であり、単位は°C である。センサーは深度 1 m の穴の側壁に地表面と平行に挿入し、埋土した。



防水型白金抵抗温度計



位置図

11. 地下水位 (Ground Water Level) ; GW

- ✓ 井戸深度 :
 - 2.2 m (GW-1) スクリーン : 0.7~2 m
 - 10.0 m (GW-2) スクリーン : 8~10 m
 - 22.0 m (GW-3) スクリーン : 14~18 m
 - 新 2.0 m (GW-4) スクリーン : 0.5~2.0 m
- ✓ 測器: 水圧式水位計
- ✓ メーカー型番: W-131 (Nakaasa)
- ✓ 記録方法 (旧): サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新): サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

地表面から地下水までの深さの日平均値で、単位は m である。観測には水圧式水位計が使用されている。これまでに設置された井戸は 2.2 m 深 (GW-1, スクリーン深度は 0.7~2 m), 10.0 m 深 (GW-2, スクリーン深度は 8~10 m), 22.0 m 深 (GW-3, スクリーン深度は 14~18 m), 新 2.0 m 深 (GW-4, スクリーン深度は 0.5~2.0 m) であるが、2004 年 2 月 18 日に 22.0 m 深 (GW-3) の運用を停止し、また 2005 年 7 月 22 日以降は 2.2 m 深 (GW-1) の測定を停止した。2005 年 7 月 22 日以降稼動している観測井は、10.0 m 深 (GW-2) と新 2.0 m 深 (GW-4) の 2 つである。

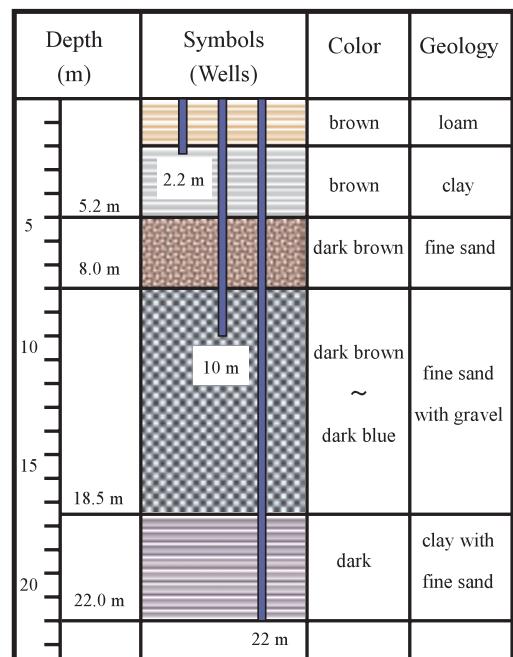


(GW1, GW2, GW3)

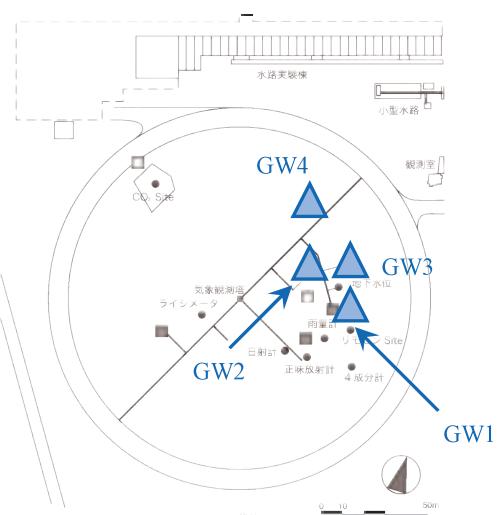


(GW-4)

観測井



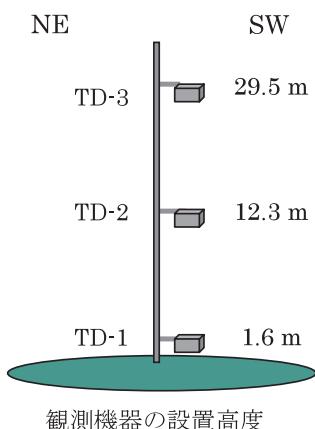
地質図と観測井の埋設深度



位置図

12. 露点温度 (Dew Point Temperature) ; TD

- ✓ 設置高度 : 1.6 m (TD-1), 12.3 m (TD-2),
29.5 m (TD-3)
- ✓ 測器 : 塩化リチウム露点温度計
- ✓ メーカー型番 : E-871 (Nakaasa)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎



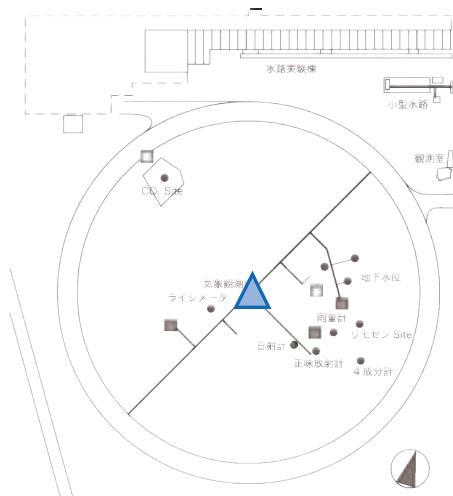
観測用鉄塔の南西側に取り付けた塩化リチウム露点温度計によって得られた日平均値である。
単位は°C、測定高度は気温と同様である。



塩化リチウム露点温度計

メンテナンス概要

1984/5/7	露点温度計の修理 (12.3 m)
1986/4/5	露点温度計の修理 (3 高度共)
1987/3/17	露点温度計交換 (1.6 m)
1988/9/20	露点温度計工事(29.5 m 通風筒取付)
1999/7/13	露点温度計を更新 (12.3 m, 29.5 m)



位置図

13. 降水量 (Precipitation) ; P

- ✓ 設置高度：地表面上約 0.3 cm
- ✓ 測器：転倒ます型隔測自記雨量計
- ✓ メーカー型番：WB0013-05 (Yokokawa)
- ✓ 記録方法：パルスカウント

メンテナンス概要

1984/7/18	雨量計の修理
1984/9/13	雨量計の修理
1991/9/23-10/25	雨量計故障につき、交換
2002/4/1	雨量計の更新

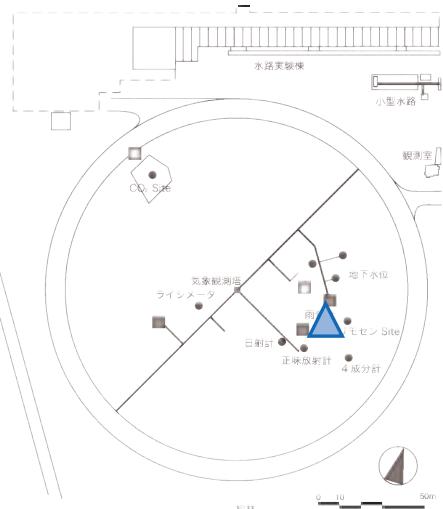
1 転倒 0.5 mm, 直径 20 cm の転倒ます型隔測
自記雨量計を使用して測定している。単位は mm
(水深換算) で、日積算値である。



雨量計外観



雨量計内部

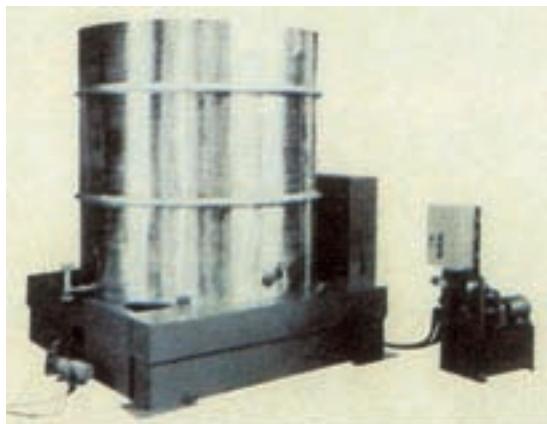


位置図

14. 蒸発散量 (Evapotranspiration) ; ET

- ✓ 設置深度：地下
- ✓ 測器：ウェイングライシメータ
- ✓ メーカー型番：RI-15TFA (Shimadzu)
- ✓ 記録方法（旧）：サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法（新）：サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

直径 2 m, 深さ 2 m の円筒型容器に不攪乱の土（関東ローム）を詰めたウェイングライシメー

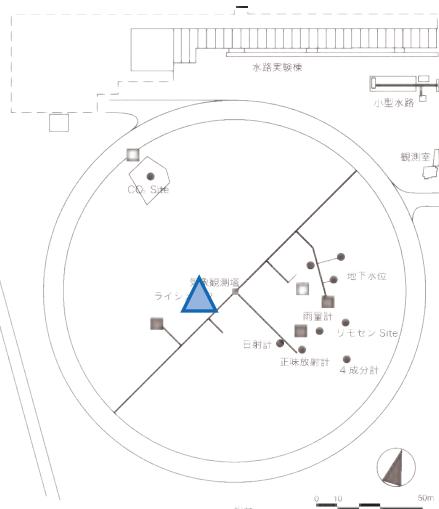


ライシメータ本体



ライシメータ設置場所（地上面からみた状態）

タにより測定している。総重量は約 9 トンであり、蒸発あるいは降水による重量変化を ±250 kg（水深換算で約 80 mm）の範囲で測定できる。秤量感度は 100 g（水深換算で 0.032 mm）である。単位は mm（水深換算）で、日積算値である。降水日には、雨量計で測定された日降水量をライシメータの生の測定値に加え、この値を真の日蒸発散量とした。ただし、その結果が -0.5 より小さい時は欠測、-0.5～0 の場合は雨量計の測定誤差を考慮して 0.0 とした。さらに、何らかの理由でウェイングライシメータの雨量測定値が雨量計のそれより小さい場合があると日蒸発散量が過大評価されてしまうので、そのような時には蒸発散量を欠測としてある。観測期間中、欠測日が少なからず存在するが、これは降水後の強制排水前後における亂れや、点検・整備などが主な原因である。ライシメータの秤の感度の問題については、田・杉田（1996）や新村・杉田（1999）を参照されたい。



位置図

15. 気圧 (Atmospheric Pressure) ; AP

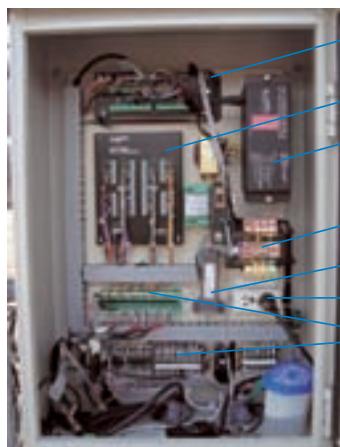
- ✓ 設置高度 : (旧) : 5.0 m
(新) : 1.5 m
- ✓ 測器 : 気圧計
- ✓ メーカー型番 (旧) : F-401 (Nakaasa)
(新) : PTB210 (ヴァイサラ)
- ✓ 記録方法 (旧) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 1 時間毎
- ✓ 記録方法 (新) : サンプリングは 10 秒間隔
データ収録は 0.5, 1, 24 時間毎

メンテナンス概要

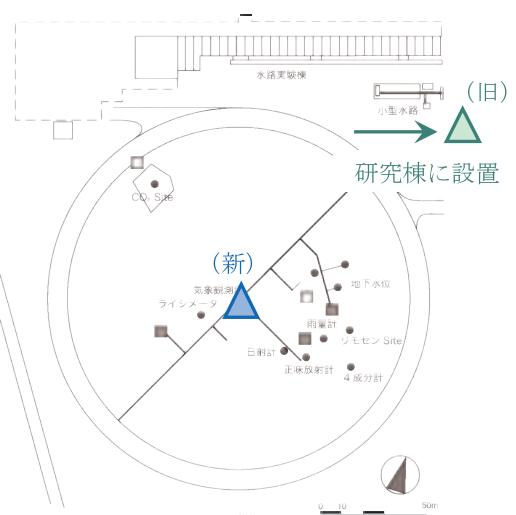
2003/12/17

気圧計 (PTB210) の設置

2003 年 12 月までは、研究棟の高度 5.0 m に設置したアネロイド型自記気圧計によって得られた日平均値を用いている。2003 年 12 月 17 日以降は、観測用鉄塔直下の計測ボックス内に新設された気圧計 (PTB210 : ヴァイサラ株式会社) によって気圧が測定されている (野原・浅沼, 2004)。単位は hPa である。



気圧計 (新) (計測ボックス内に設置)



位置図