

4要素放射収支計

LP NET14



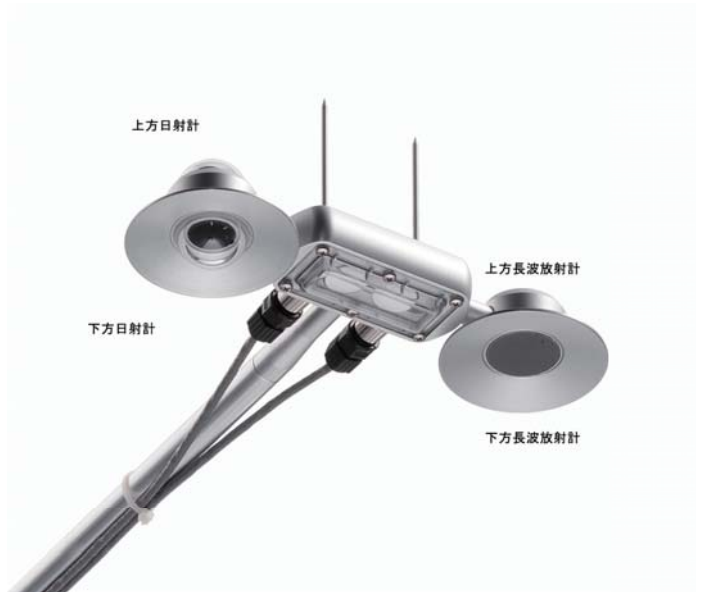
- 各一対の日射計と長波放射計、4要素で放射収支測定
- 測定波長範囲0.3 μm ~ 45 μm
- 結露防止用シリカゲルカートリッジ内蔵(交換可能)
- 長期使用に耐える堅牢な構造、M12コネクタ接続

LP NET14は波長範囲0.3 μm から45 μm までの正味放射量(放射収支)を測定する4要素放射収支計です。

LP NET14は一対の全天日射計(ひとつは全天日射量 $E_{\text{sw}} \downarrow$ 、もう一方は地表反射太陽放射量 $E_{\text{sw}} \uparrow$ 用)および一対の長波(夜間)放射計(ひとつは天空からの赤外放射 $E_{\text{FIR}} \downarrow$ 、もう一方は地表からの赤外放射 $E_{\text{FIR}} \uparrow$)で構成されています。

また、LP NET14は温度センサ(NTC)を内蔵しています。赤外(長波)放射量はサーモパイルの出力と、この内蔵された温度センサによって得られる放射収支計本体の温度から算出されます。

放射収支計LP NET14は過酷な気象条件においても長期屋外使用に耐えるよう設計、製作されています。



■テクニカルデータ

■全天日射計 ISO9060準拠クラス2全天日射計

代表感度	10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
インピーダンス	33~45 Ω
測定範囲	0~2000 W/m^2
視角	2 π sr
スペクトル範囲	305~2800nm (50%)
(ガラスドーム透過)	335~2200nm (95%)
動作温度	-40~+80 $^{\circ}\text{C}$

■長波放射計

代表感度	5~10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
インピーダンス	33 Ω ~ 45 Ω
測定範囲	-300~+300 W/m^2
視角	160 $^{\circ}$
スペクトル範囲	5.5~45 μm (50%)
(シリコンウインドウ透過)	
動作温度	-40~+80 $^{\circ}\text{C}$
重量	約0.5kg

■ご注文コード

LP NET14 4要素放射収支計 ϕ 16mm \times L400mm支持ロッド、鳥よけ2本、気泡水準器付、予備乾燥剤2セット(カートリッジ2個+マーカー1個)、8極M12コネクタ(ケーブル側、2個)、校正成績書付。

アクセサリ:

LP G2 予備乾燥剤2セット(カートリッジ2個+マーカー1個)
 CPM12AA8.5 8極M12コネクタ付耐UVケーブル、ケーブルL=5m
 CPM12AA8.10 8極M12コネクタ付耐UVケーブル、ケーブルL=10m



■動作原理

LP NET14を構成する一対の全天日射計は波長範囲0.3 μmから3.0 μmまでの放射量を測定し、長波放射計は波長範囲5 μmから45 μmまでの放射量を測定します。

全天日射計は表面が艶消しの黒色に加工されたサーモパイルセンサを使用しており、太陽放射の波長によらないほぼ均一な測定を可能にしています。全天日射計のスペクトル範囲はふたつのK5ガラスドームの透過率によって規定されます (Fig.1参照)。放射エネルギーは黒色サーモパイルの表面で吸収または放射され、サーモパイルの中心部 (温接点) と日射計の筐体 (冷接点) との間に温度差を作り出します。温接点と冷接点の間の温度差はゼーベック効果により電位差に変換されます。

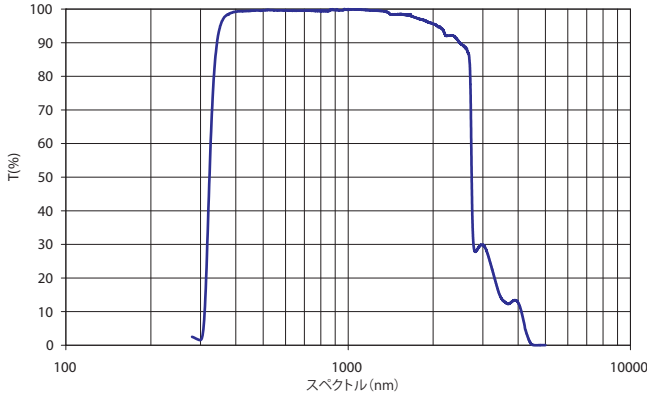


Fig.1 デルタオーム全天日射計の相対スペクトル応答

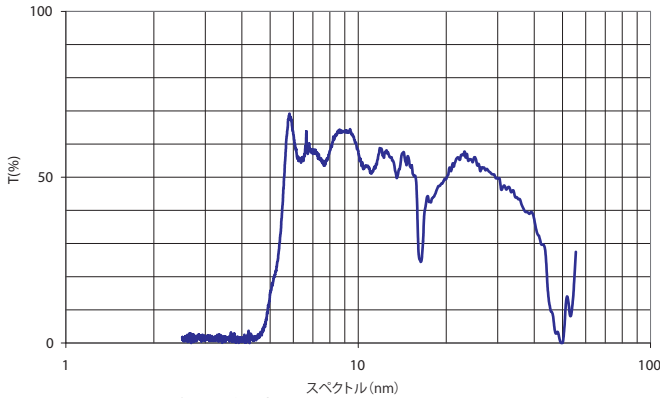


Fig.2 シリコンウインドウの透過率

長波放射計の温度が、長波放射計によって採取された天空の放射温度よりも高い場合、サーモパイルはエネルギーを放射し、出力信号はネガティブになります (晴天時の代表的な状態)。これと逆に、長波放射計の温度が、長波放射計によって採取された天空の放射温度よりも低い場合は、出力信号はポジティブになります (曇天時の代表的な状態)。従って、天空からの赤外放射 E_{FIR} ↓ の計算には、サーモパイルの出力信号に加えて、下の数式(1)が示す通り、長波放射計の温度 T を知る必要があります。

$$E_{FIR} \downarrow = E_{term} + \delta T_B^4 \quad (1)$$

E_{term} : サーモパイル $[W/m^2]$ によって測定された正味放射量 (ポジティブまたはネガティブ) で、値は測定器の感度 $(C) [\mu V/(W/m^2)]$ および数式(2)から得られる出力信号 (U_{emf}) によって計算されます。

$$E_{term} = U_{emf} / C \quad (2)$$

δ = シュテファン・ボルツマン定数 $(5.6704 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4})$

T_B = NTC $(10k\Omega)$ の抵抗から得られる長波放射計の温度(K)。別表(表2)に $-25^\circ C$ から $+58^\circ C$ の範囲の温度毎の抵抗値が示されています。

数式(1)の最初の項は正味放射量、すなわち、長波放射計に到達する赤外放射量と長波放射計から放射される放射量の差であり、二番目の項は温度 T_B で物体が放射する放射量 (放射率 $\epsilon=1$ として) です。

■放射収支計の取付け

放射収支計を取付ける前にシリカゲルのカートリッジを詰め替えて下さい。シリカゲルは、特別な気象条件において、シリコンウインドウの内側に結露を発生させる内部の湿度を吸収し、その結果生じる測定への悪影響を防ぎます。シリカゲルカートリッジを詰め替える際、湿らせたり、手でシリカゲルに触れたりしないで下さい。

できるだけ乾燥した環境で、以下の手順に従って作業を行って下さい。

- 1 放射収支計の中央部下側の蓋を固定している6箇所のネジを外します。
- 2 古いカートリッジとマーカを取り除きます。
- 3 カートリッジとマーカの袋を開けます。
- 4 カートリッジを収納部に挿入します。
- 5 マーカーを、収納部の蓋を開けなくても簡単に確認できるよう挿入します。
- 6 Oリングが正しい位置にあることを確認してカートリッジの蓋を締めます。
- 7 これで放射収支計が使用できる状態になります。

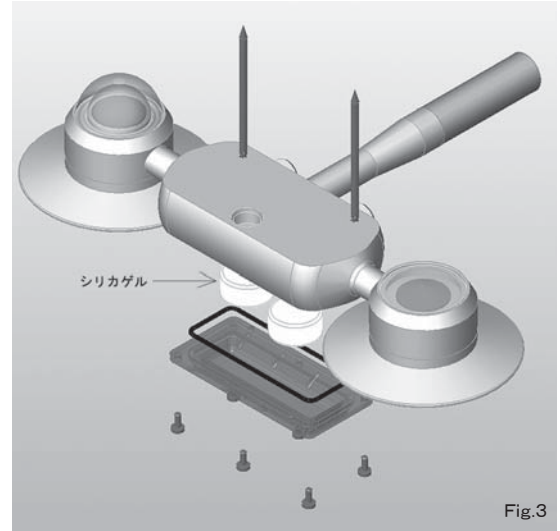


Fig.3

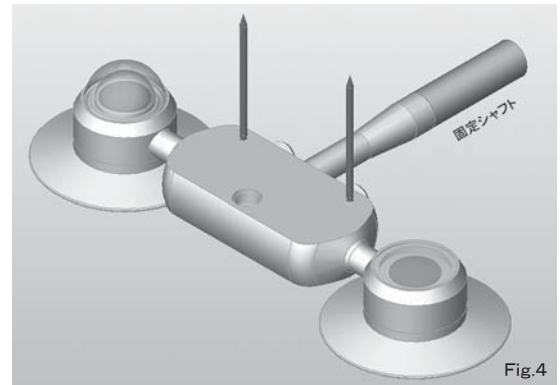
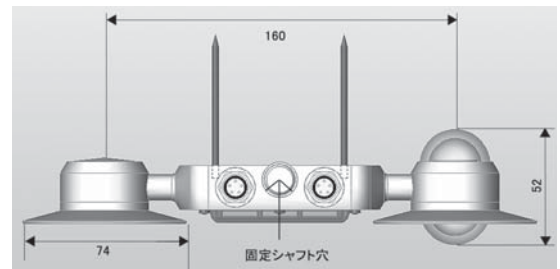
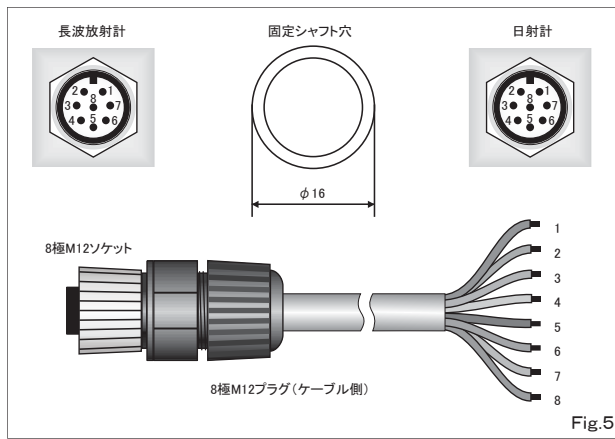


Fig.4

- LP NET14は、定期的なシリコンウインドウのクリーニングやその他のメンテナンスができるような場所に設置して下さい。
- LP NET14を取付ける水平面より上にはみ出すような建物や木立その他の障害物がないことを確認して下さい。これが不可能な場合は、障害物が仰角 10° を超えない場所に放射収支計を設置して下さい。
- 通常、放射収支計は、ISO標準TR9901およびWMOの推奨に従って、ケーブルの引出しを、北半球で使用するときには北極方向、南半球で使用するときには南極方向にして下さい。
- 設置を正しく水平に行えるよう、LP NET14は取付けブラケットを使用して支持マストに取付けて下さい。

■電気的接続および出力の受信・読み取り

- 放射収支計LP NET14は電源供給を必要としません。
- LP NET14はふたつの8極M12コネクタを備えています。
- オプションの8極コネクタ付ケーブルは耐UVのPTFE製、7芯+シールドです。
ケーブル色とコネクタのピンアサインはFig.5の通りです。

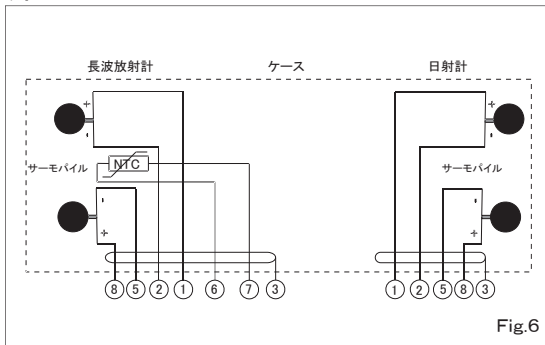


ケーブル・ピン	機能		色
	長波放射計	日射計	
1	V(+) E_{FIR} ↓	V(+) E_{sw} ↓	赤
2	V(-) E_{FIR} ↓	V(-) E_{sw} ↓	青
3	シールド(↓)	シールド(↓)	シールド
4	非接続		
5	V(-) E_{FIR} ↑	V(-) E_{sw} ↑	茶
8	V(+) E_{FIR} ↑	V(+) E_{sw} ↑	緑
6	NTC	非接続	白
7	NTC	シールド(↓)	黒

表1 ケーブル色とコネクタのピンアサイン

測定値を得るためには、四つのサーモパイルとNTCの出力信号を得る必要があります。四つのサーモパイルの出力信号を測定するためには、四つのチャンネルを電圧入力 of 表示計やデータ収集システムに接続する必要があります。放射収支計の測定性能を最大限に再現するために、受信側機器の分解能1 μ Vを推奨します。さらに、ふたつの放射収支計の温度を知るためにNTCの抵抗値を読み取る必要があります。

Fig.6に、四つのサーモパイルとNTCの出力信号を読み取るために必要な電気的な接続を示します。



■メンテナンス

放射収支計の高い測定精度を維持するためには、放射収支計のシリコンウィンドウとガラスドームを常に清潔に保つことが必要です。クリーニングの頻度が高いほど、測定精度も高まります。洗浄には水と一般のレンズ拭取り紙を使用して下さい。汚れが落ちない場合はエチルアルコールを使用して下さい。アルコールを使用した後は、再度水でウィンドウとドームをきれいに洗浄して下さい。

昼夜で大きな温度の変動があるような場合、長波放射計や日射計の内部に結露が発生する可能性があります(特にシリコンウィンドウの内部)。この場合、測定出力が実際よりもかなり大きな値になる可能性があります。結露の発生をできるだけ少なくするため、放射収支計はシリカゲル乾燥剤を含むカートリッジを備えています。シリカゲルの効力は時間の経過(湿度の吸収)とともに減少します。シリカゲルの効力は気候条件、使用場所等により4~12ヶ月で消耗します。シリカゲルの効力が簡単に確認できるよう、マーカーが備わっています。このマーカーは視認できるよう、収納部の下になるよう配置して下さい。湿気が認められたら、シリカゲルを交換して下さい。

勢いの強い、あるいはサイズの大きい霰(あられ)は長波放射計のシリコンウィンドウを損傷させる可能性があります。従って、霰(あられ)を伴うような嵐の後は、シリコンウィンドウの状態を確認することをお勧めします。

■校正および測定

放射収支計を構成する全天 長波放射計は、それぞれ個別に校正されます。

■全天日射計

日射計の校正ファクターSは μ V/(W/m²)で与えられます。

電位差(DDP)がセンサの端部で測定されると、放射エネルギーE_eフラックスが下の数式から得られます。

$$E_e = DDP/S$$

E_e : W/m²で表わされた放射フラックス

DDP : 電圧計で測定され、 μ Vで表わされる電位差

S : 日射計上のラベル(および校正成績書)に μ V/(W/m²)で表示された校正ファクター(感度)

各日射計は工場で校正され、それぞれ固有の校正ファクター(感度)を持っています。

■長波放射計

ふたつの長波放射計による測定は以下の方法で行われます。

NTCの抵抗R_{NTC}[Ω]を測定することにより、下の数式(3)を使用して、長波放射計の温度T_bを得ることができます。

$$1/T_b = a + b \cdot \log(R_{NTC}) + c \cdot (R_{NTC})^3 \quad (3)$$

$$a = 10297.2 \times 10^{-7}$$

$$b = 2390.6 \times 10^{-7}$$

$$c = 1.5677 \times 10^{-7}$$

温度はケルビン(絶対温度)で示されます。

注: -25℃から+58℃までの値は表2に示されています。ケルビン温度は摂氏温度に273.15を加えた値です。

T [C]°	R _{NTC} [Ω]	T [C]°	R _{NTC} [Ω]	T [C]°	R _{NTC} [Ω]
-25	103700	3	25740	31	7880
-24	98240	4	24590	32	7579
-23	93110	5	23500	33	7291
-22	88280	6	22470	34	7016
-21	83730	7	21480	35	6752
-20	79440	8	20550	36	6499
-19	75390	9	19660	37	6258
-18	71580	10	18810	38	6026
-17	67970	11	18000	39	5804
-16	64570	12	17240	40	5592
-15	61360	13	16500	41	5388
-14	58320	14	15810	42	5193
-13	55450	15	15150	43	5006
-12	52740	16	14520	44	4827
-11	50180	17	13910	45	4655
-10	47750	18	13340	46	4489
-9	45460	19	12790	47	4331
-8	43290	20	12270	48	4179
-7	41230	21	11770	49	4033
-6	39290	22	11300	50	3893
-5	37440	23	10850	51	3758
-4	35690	24	10410	52	3629
-3	34040	25	10000	53	3505
-2	32470	26	9605	54	3386
-1	30980	27	9228	55	3386
0	29560	28	8868	56	3271
1	28220	29	8524	57	3161
2	26950	30	8195	58	3055

表2 温度毎のNTC抵抗値

長波放射計のケルビン温度(=℃温度+273.15)とサーモパイルの出力信号U_{emf}[μ V]が得られると、下の数式(4)で放射量E_{FIR} ↓ [W/m²]が求められます。

$$E_{FIR} \downarrow = U_{emf}/C + \delta \cdot T_b^4 \quad (4)$$

C = 長波放射計の校正ファクター[μ V/(W/m²)](校正成績書に表記)

δ = シュテファン・ボルツマン定数(5.6704 × 10⁻⁸ Wm⁻²K⁻⁴)

各長波放射計は工場で校正され、それぞれ固有の校正ファクター(感度)を持っています。長波放射計の校正は屋外で、世界放射センター(WRC)によって校正された基準器との比較によって行われます。

ふたつの長波放射計は晴天の昼夜数日間屋外に設置され、接続したデータロガーによって得られた測定データから校正ファクター(感度)が得られます。

放射収支計LP NET14の最良の性能を得るため、1年または2年に一度の校正チェックをお勧めします(校正頻度は要求される精度および放射収支計の設置場所の使用環境によります)。