

NEDO 日射量データベースの解説書

WEB 版

Ver 3.0

2021年4月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 一般財団法人日本気象協会

目次

1 はじめに	1
2 日射量データベースの更新概要	2
(1) 統計期間の更新と統一	2
(2) 高精度化	3
(3) 高密度化	4
3 METPV-20 の作成方法	6
(1) データの収集	7
(2) 欠測の補間	7
(3) 日射量データの整備	8
(4) 代表年の選出	11
(5) 月の境界データの補正	11
4 MONSOLA-20 の作成方法	12
(1) データの収集	15
(2) 月平均日射量データの整備	15
(3) 日射量マップの作成	16
参考文献	17

1 はじめに

日本気象協会はこれまでの NEDO 委託研究の一環として、太陽光発電システムのための各種の気象データベースを整備してきました。その中に、日本国内を対象とした月平均の日射量データを収録した MONSOLA^{マンゾーラ} (MONthly mean SOLAr radiation data throughout Japan)、毎時の気象データを収録した METPV^{メットピーヴィ} (MEteorological Test data for PhotoVoltaic system) の二つのデータベースがあります。これら二つのデータベースは、更新版ではそれぞれ MONSOLA-20、METPV-20 と名づけました。MONSOLA-20、METPV-20 の概要を表 1-1 に示します。

前者の MONSOLA-20 は、統計期間 2010 年～2018 年の全国 1km メッシュ、月平均の推定値を収録したデータベースです。日本国内で気象庁が日射量を観測している地点は約 50 カ所ですので、観測を行っていない地点は日本気象協会が開発した「日照時間等から全天日射量を推定するモデル」を用いて日照時間観測地点の日射量を算出・推定し、さらに「ひまわり 8 号データから推定した日射量分布」を用いることで、1km メッシュ毎の日射量を算出・推定しました。

後者の METPV-20 は、統計期間 2010 年～2018 年の全国 835 地点における平均年、多照年、寡照年の毎時の推定値を収録したデータベースです。気象庁が日射量を観測している地点は約 50 カ所ですので、観測を行っていない地点は日本気象協会が開発した「日照時間等から全天日射量を推定するモデル」を用いて日射量を算出・推定しました。

今回、METPV-11、MONSOLA-11 から METPV-20、MONSOLA-20 に更新するにあたり、表 1-2 に示すような改訂を行いました。本解説書は、更新版日射量データベース（以下、本データベース）について解説したものです。

表 1-1 MONSOLA-20 と METPV-20 の概要

	METPV-20	MONSOLA-20
統計期間	2010 年～2018	2010 年～2018
データ種別	代表年の時別値	9 年間の月平均値（推定値）
地点数	全国 835 地点	全国 1km メッシュ
日射量の推定方法	日照時間等から全天日射量を推定するモデル	日照時間等から全天日射量を推定するモデル+ひまわり 8 号データから推定した日射量分布

表 1-2 更新版日射量データベースと従来の日射量データベースの比較

	従来の日射量データベース		更新版日射量データベース	
	METPV-11	MONSOLA-11	METPV-20	MONSOLA-20
統計期間の更新と統一	1990 年～2009 年	1981 年～2009 年	2010 年～2018 年で統一	
高精度化	時別日照一日射モデル	月別日照一日射モデル	改良版日照一日射モデル	
高密度化	アメダスのポイントデータ (アメダスメッシュ法)		アメダスのポイントデータ (アメダスメッシュ法)	約 1km メッシュデータ (ハイブリッドメッシュ法)

2 日射量データベースの更新概要

(1) 統計期間の更新と統一

これまで、MONSOLA-11、METPV-11が公開されていましたが、それぞれの統計期間は1981年～2009年、1990年～2009年とやや古くなっていました。近年、問題視されている地球温暖化による地球規模の気候変動や都市化に伴う狭い領域での気候変化を考慮すると、最近の日射状況を反映したデータベースであることが望まれます。そこで、MONSOLA-20、METPV-20は、統計期間を2010年～2018年へ更新しました。

図 2-1 は、MONSOLA-11 の整備に用いた 1981～2009 年（29 年間）と近年の 10 年平均（2009～2018 年）、20 年平均（1999～2018 年）の日射量を地点別に示したものです。赤線で示された 1981 年～2009 年に対する 2009 年～2018 年の期間平均値の比率をみると、大半の地点で比率が 1 を超えており、近年の日射量の方が高い傾向が見られます。また、10 年平均の日射量と 20 年平均の日射量とでは、それほど違いがないことが確認できます。

本データベースの作成にあたっては、アメダス地点の日照時間の観測値を使っています。日照時間の観測に用いる測器は、以前は太陽電池式の日照計が使われていましたが、2005 年頃から回転式日照計への切り替えが行われ、2009 年までに全地点で切り替えが完了しました。両測器には計測原理の違いから計測値に系統的な差異が存在します。このような測器による差異を避けるために、METPV-20 及び MONSOLA-20 における統計期間は、単一の日照計が使われている 2010 年～2018 年にしました。

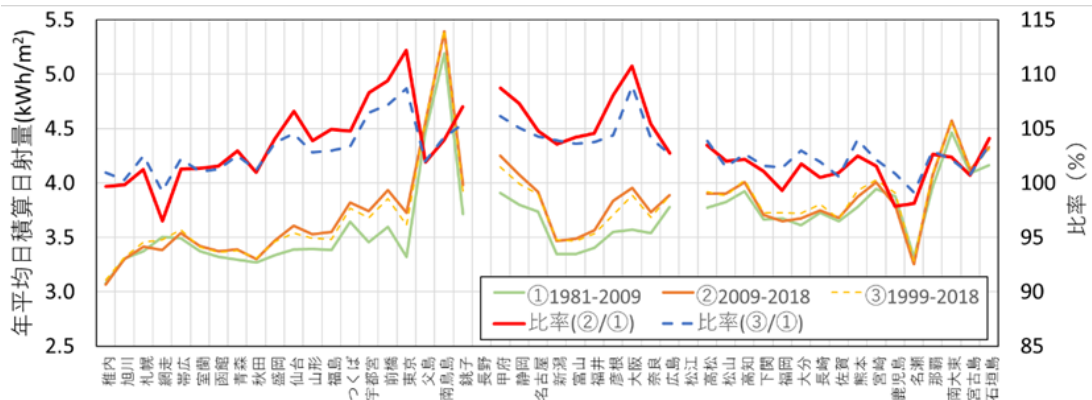


図 2-1 地点別に見た期間平均日射量（気象庁の日射量観測データより作成）

(2) 高精度化

本データベースでは、日射量の観測が行われていない地点については、日照時間の観測値から日射量を推定するモデル（以下、日照－日射モデル）を用いて日射量を推定しています。MONSOLA-20とMETPV-20では、3章で述べる改良した日照－日射モデルを用いて日射量データを整備しました。

図 2-2 は、従来モデル（METPV-11 で使われていたモデル）と改良モデル（今回作成したモデル）について、日射量の観測が行われている気象官署地点で 1 年分（2018 年）の毎時データを用いて推定値と観測値を比較した例です。図 2-2 より、従来モデルでは、全体的に過小評価傾向（推定値<観測値）が見られます。また、従来モデルでは、日射量が低い領域では大きなバラツキが見られます。

従来モデルで、全体的な過小評価傾向となっている要因の一つは、従来モデルのパラメータ作成に使った学習データが古く、近年より低い日射量に合うようにパラメータが調整されているためです。学習期間と統計期間を 2010 年～2018 年で統一することにより、過小評価傾向が改善しました。

また従来モデルの低日射量域におけるバラツキは、モデルの表現力に起因すると考えられます。従来の日照－日射モデルでは、アメダス観測要素の内「日照時間」を主要な説明変数としているため、直達光が雲に遮断される状況下では日照時間は全てゼロとなり、日照時間ゼロの際の雲の厚さ等による日射量の違いを十分に表現できませんでした。そこで、改良モデルでは、「気温」の観測データも説明変数として利用することで、モデル表現力の向上を図りました。なお、日照時間とは違い、気温は日射量に間接的に影響する要素であるため、依存性は極めて複雑です。そこで、複雑な依存性も表現可能な機械学習を導入して推定モデルの精度を向上させました。

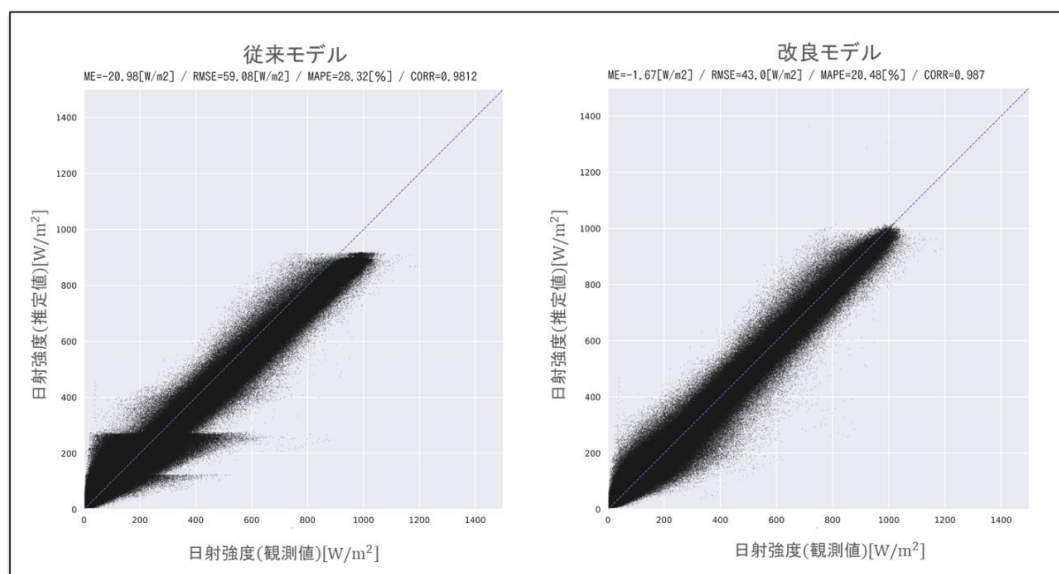


図 2-2 新旧の「日照－日射モデル」による推定値と観測値の比較例

(3) 高密度化

日照一日射モデルを用いることにより、全国約 840 地点におけるアメダスの日照時間観測地点の日射量推定が可能です。しかしながら、アメダス地点から離れた場所での太陽光発電量の推定を行う場合、参照する日射量データが整備されていないと不便です。

そこで、METPV-11 と MONSOLA-11 では、「アメダスメッシュ法」を用いて 1km メッシュの日射量の空間分布を表現していました。「アメダスメッシュ法」とは、「アメダス地点」と「気象モデルから算出した日射量分布の相関が高い領域（代表領域）」を結び付け、「代表領域内の日射量は対応するアメダス地点の日射量と等しい」として、日射量分布を作成する方法です。

図 2-3 は、「札幌」を選択した場合に表示される代表領域を例示したものです。着色されたメッシュには、札幌の観測データから整備した METPV-11 と MONSOLA-11 のデータが閲覧できる仕様になっていました。

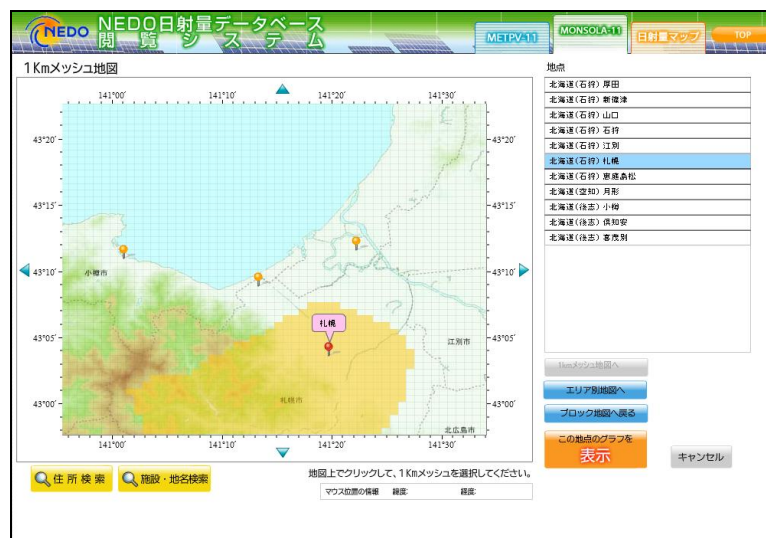


図 2-3 MONSOLA-11 における「アメダスメッシュ法」による代表領域の例（札幌）

しかしながら、日射量には雲などの出現頻度に応じた空間分布の不均質性が存在します。すなわち、アメダス地点の近傍とアメダス地点から離れた地点では日射量の推定精度に違いが現れる場合があります。そこで、今回の日射量データベースの更新に当たっては、衛星データ（ひまわり 8 号データ）を利用した高密度化を図りました。衛星データを利用する手法を、従来の「アメダスメッシュ法」に対して「ハイブリッドメッシュ法」と呼ぶこととします。

「アメダスメッシュ法」と「ハイブリッドメッシュ法」による日射量分布の概念図を図 2-4 に示します。「ハイブリッドメッシュ法」は、アメダス地点が含まれるメッシュについては、アメダス地点における日射量推定値を真値とし、それ以外のメッシュについては、衛星データから推定した日射量の空間分布を用いて推定するという手法です。

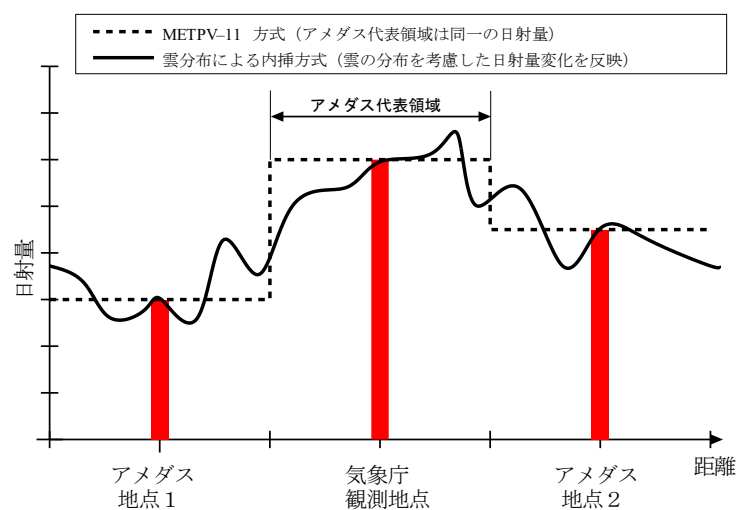


図 2-4 「アメダスメッシュ法」と「ハイブリッドメッシュ法」による日射量分布の概念図

図 2-5 に、二つの手法による日射量分布の例を示します。「アメダスメッシュ法」と比較して、「ハイブリッドメッシュ法」ではより細かい空間分布を表現されています。これは衛星データから推定された日射量分布が反映された結果です。

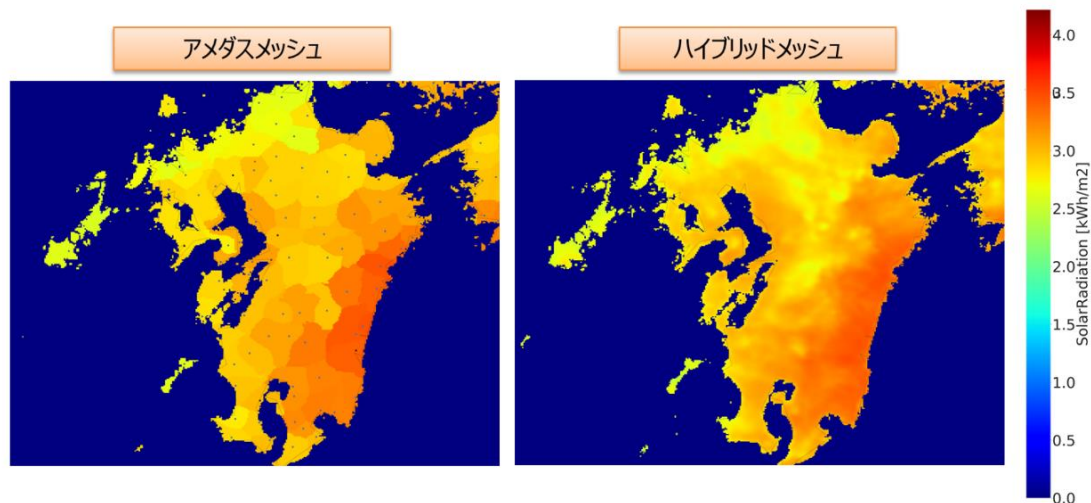


図 2-5 「アメダスメッシュ法」と「ハイブリッドメッシュ法」による日射量分布例
2月の平年値分布（九州地方）

本データベースの MONSOLA-20 では、上記「ハイブリッドメッシュ法」により、より詳細な月平均日射量の空間分布を表現しました。一方、時別データである METPV-20 に関しては、地点によって代表年が異なることから、従来の「アメダスメッシュ法」を踏襲しデータを作成しました。

3 METPV-20の作成方法

METPV-20 の作成手順を図 3-1 に示します。METPV-20 は気象庁のアメダスデータを基に作成しています。最初に、気象庁のアメダスデータ（気温、日照時間、降水量、風、日射量）を収集しました。欠測の時間帯のデータについては、近隣の地点のデータ等を用いて補間しました。次に、日照時間を観測しているアメダス地点において、日照-日射モデルを用いて日射量データを作成しました。作成した日射量データから、代表年（平均年、多照年、寡照年）を選定しました。最後に、月の境界の不連続性を低減するために補正を行いました。各項目の詳細については、次頁以降で概説します。

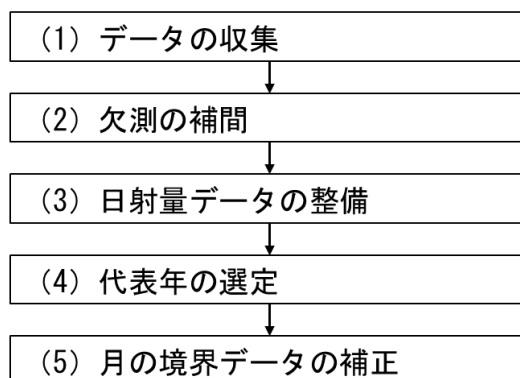


図 3-1 METPV-20 の作成手順

METPV-20 は、代表年（平均年、多照年、寡照年）における時別データです。代表年における時別データとは、各地点における長期間の観測資料から月毎に最も日射量が平均的な年（平均年）、多い年（多照年）、少ない年（寡照年）を抽出し、それらを1年間分つなぎ合わせた人工的なデータを意味します。平均年データ、多照年データ、寡照年データ作成の概念図を図 3-2 に示します。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2010年												
2011年												
2012年												
2013年												
2014年												
2015年												
2016年												
2017年												
2018年												

代表年	2016	2015	2015	2014	2012	2011	2013	2015	2010	2018	2013	2012
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

図 3-2 代表年データ作成の概念図

次に、METPV-20 の収録要素を表 3-1 に示します。日射量関連データとして、水平面全天日射量、水平面直達日射量（水平面日射量の直達成分）、水平面散乱日射量（水平面日射量の散乱成分）が収録されています。日射量データベース閲覧システムを使用することで、傾斜面日射量を計算することもできます。また、関連データとして、日照時間、気温、風向・風速、降水量、積雪深、可照時間の観測値または推定値が収録されています。

表 3-1 METPV-20 の収録要素

要素名	算出方法
水平面全天日射量	日射量観測地点では観測値 それ以外の地点では「日照-日射モデル」による推定値
水平面直達日射量	「直散分離モデル」による推定値
水平面散乱日射量	「直散分離モデル」による推定値
日照時間	観測値
気温	観測値
風向	観測値
風速	観測値
降水量	観測値
積雪深	推定値（近隣地点から補間したもの）
可照時間	計算値（天文学的計算より算出）
傾斜面日射量	「斜面日射量推定モデル」による推定値

(1) データの収集

METPV-20を整備するにあたり、表3-2に示す気象庁の観測データを収集・整理しました。

表 3-2 METPV-20 作成のための収集データ

データの種類	気象庁のアメダスデータ
収集地点	日照時間を観測している全国835地点
要素	気温、降水量、風向・風速、日照時間 日射量（日射量を観測している気象官署のみ）
期間	2010年～2018年

(2) 欠測の補間

前述したように、METPV-20 には代表年データが収録されています。その際、データに欠測があると利便性が損なわれます。そこで、全地点（835 地点）を対象に、統計期間（2010 年～2018 年）を通じて欠測補間を行い、欠測を含まないデータセットを作成しました。

欠測補間の対象となる要素は、日照時間、気温、風向・風速、降水量です。風向・風速は、一方が欠測の場合、風向・風速の両方が欠測とみなして補間を行いました。欠測補間は、対象要素に関して月別相関係数が高い近隣地点の観測データで置換する方法で行いました。

(3) 日射量データの整備

① 水平面全天日射量

上記の方法で欠測補間したデータセットに対して、機械学習により作成した「日照-日射モデル」を適用することで水平面全天日射量の推定値を算出しました。対象とする日射量は前1時間積算日射量の特別値です。なお、METPV-20の収録地点には日射量を観測している地点が47か所あります。日射量観測地点については、観測値をそのまま水平面全天日射量として収録しました。日射量観測値に欠測があった場合は、「日照-日射モデル」の推定値で代替しました。

② 直達・散乱日射量の算定

太陽光発電システムを初めとする太陽エネルギーを利用する多くのシステムは、なるべく多くの太陽光を利用するために、図3-3に示すように地表面に対して傾斜角を付けて設置します。そのようなシステムの性能評価を行なうためには斜面に入射する日射量、すなわち、斜面日射量のデータが必要になります。

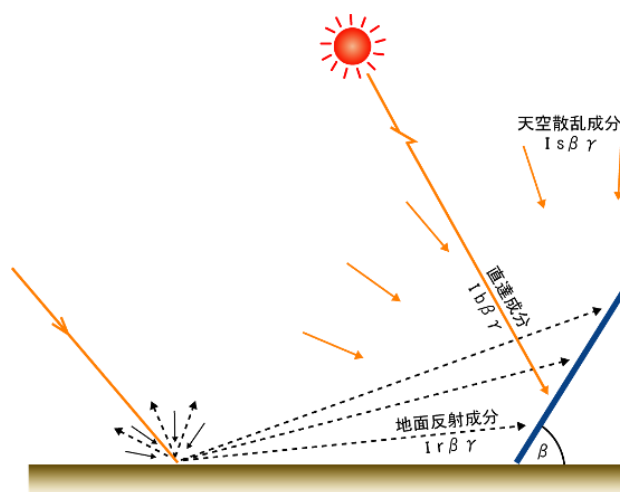


図3-3 斜面日射量の概念図

そこで、斜面日射を算出する場合は、図3-3に示したように、斜面に入射する日射を太陽から直接入射する直達成分、天空からの散乱光による天空散乱成分、地面からの反射成分毎に推定し、それらを合成することで斜面に入射する全体のエネルギー量を求めます。

各成分を求めるためには、水平面における全天日射量を直達成分、散乱成分に分離(直散分離)する必要があります。直散分離モデルとしては、晴天指数や太陽高度の他に日照率や積雪の影響、さらに大気混濁度の季節変化も考慮した板垣らのモデル(参考文献1参照)を使用しました。

③斜面日射量の算出

上記の方法で整備した水平面の日射量データから任意の方位角・傾斜角における斜面日射量を表示する日射量データベース閲覧システムを作成しました。斜面日射量の推定方法は、METPV-11と同様、以下の手法を用いました。

斜面日射量の算出過程では、(3-1)式に示すように、斜面へ入射する直達成分、天空散乱成分、地面反射成分を個々に計算し、それらを合成して斜面日射量を求めています。

$$I_{\beta\gamma} = I_{b\beta\gamma} + I_{s\beta\gamma} + I_{r\beta\gamma} \dots (3-1)$$

ここで、

$I_{\beta\gamma}$: 斜面日射量

$I_{b\beta\gamma}$: 斜面日射量の直達成分

$I_{s\beta\gamma}$: 斜面日射量の天空散乱成分

$I_{r\beta\gamma}$: 斜面日射量の地面反射成分

1) 直達成分 ($I_{b\beta\gamma}$) の推定に用いる直接法

太陽光に垂直な法線面日射量を I_n とする時、水平面と斜面の直達成分 I_b 、 $I_{b\beta\gamma}$ は、図 3-4 から以下のように表すことができます。

$$I_b = I_n \cos \theta_z \dots (3-2)$$

$$I_{b\beta\gamma} = I_n \cos \theta \dots (3-3)$$

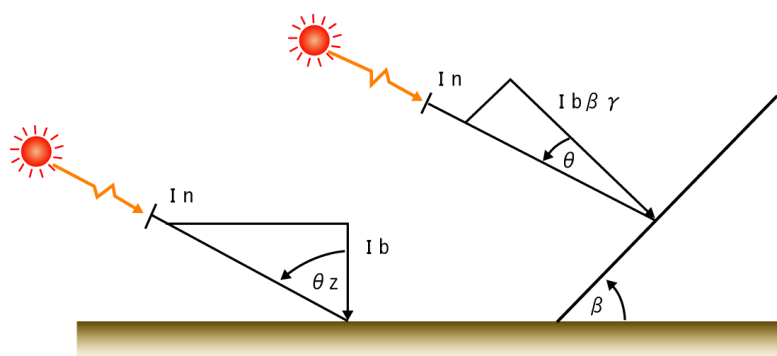


図 3-4 水平面と傾斜面における日射量の比較図

METPV-20 には、毎時の水平面における直達成分 (I_b) が整備されていることから、毎時の天頂距離 (θ_z)、斜面への太陽光の入射角 (θ) を用いることにより、時間積算斜面日射量の直達成分 ($I_{b\beta\gamma}$) は(3-4)式から求めることができます。

$$I_{b\beta\gamma} = (I_b) \cos \theta / \cos \theta_z \dots (3-4)$$

また、 $\cos \theta$ 、 $\cos \theta_z$ は、以下の式より求めることができます。

$$\begin{aligned} \cos \theta = & (\sin \phi \cos \beta - \cos \phi \sin \beta \cos \gamma) \sin \delta \\ & + (\cos \phi \cos \beta + \sin \phi \sin \beta \cos \gamma) \cos \delta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \quad \dots (3-5) \end{aligned}$$

$$\cos \theta_z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \quad \dots (3-6)$$

なお、(3-5)式、(3-6)式に含まれる δ （太陽赤緯）、 ω （太陽の時角）は天文学的に求めることができます。

2) 地面反射成分 ($I_{r\beta\gamma}$) の推定に用いる均一反射モデル

このモデルでは、地表に達した日射量が地表において、全ての方向に同じ強さで反射されるとしています。この場合、斜面に入射する反射成分 ($I_{r\beta\gamma}$) は (3-7) 式で表されます。

$$I_{r\beta\gamma} = I_{\rho} (1 - \cos \beta) / 2 \quad \dots (3-7)$$

ここで、

I : 水平面全天日射量

ρ : アルベド

METPV-20 には、既に毎時の水平面全天日射量 (I) が整備されているので、アルベド (ρ) を設定することにより、地面反射成分 ($I_{r\beta\gamma}$) を求めることができます。アルベド (ρ) の値として、積雪のある場合には 0.7、積雪が無い場合には 0.2 を用いています。

3) 天空散乱成分 ($I_{s\beta\gamma}$) の推定に用いるPerezのモデル

このモデルでは、天空散乱日射量を次の 3 成分で表現しています。

(a) 全天空一様な強さの散乱光、 L 。

(b) 太陽周辺光(circumsolar brightening)、 $F'_1 \times L$ 。

太陽周辺光の視半径(α)として、いろいろの取り方がありますが、本モデルでは、これまでの最良の結果を示した 25° ($=0.436$ ラジアン)を用いています。

(c) 地平線光(horizon brightening)、 $F'_2 \times L$ 。

これは雲がない場合に、レイリー (Rayleigh) 散乱及び後方散乱によって、地平線の明るさが増す現象です。

(b)の F'_1 (circumsolar brightness coefficient, 太陽周辺光係数) 及び、(c)の F'_2 (horizon brightness coefficient, 地平線光係数)は、空の状態によって変わるとし、空の状態を直散分離によって得られる水平面全天日射量の天空散乱成分等で表すように工夫されています。詳細は参考文献2を参照して下さい。

(4) 代表年の選出

(2)で欠測補間したデータセットを用いて、「平均年」、「多照年」、「寡照年」の3種の代表年データを整備しました。代表年データは前述したように、各地点における長期間の観測資料から月毎に最も日射量が平均的な年(平均年)、多い年(多照年)、少ない年(寡照年)を抽出し、それらを1年間分つなぎ合わせたデータです。2010年~2018年の各年の月ごとの平均日射量を計算し、9年間の平均値に最も近い年を「平均年」、9年間で日射量が最も多い年を「多照年」、9年間で日射量が最も少ない年を「寡照年」としました。

(5) 月の境界データの補正

上記の3種の代表年データは、月ごとに選出された年が異なります。そのため、当該月の末日と翌月初日の間で大きな不連続が生じる場合があります。そこで、特に不連続となりやすい気温に関しては、当該月末日24時の気温と翌月初日1時の気温の差分 ΔT を時刻の重み付きで分配することで補正しました。具体的には、当該月末日18時から翌月初日の6時の気温データを、補正前の気温を $T^{(org)}(t)$ 、補正後の気温を $T^{(cor)}(t)$ として、以下の補正式で補正しました。

$$T^{(cor)}(t) = T^{(org)}(t) + \frac{t-18}{12} \Delta T \quad \text{for 当該月末日 18時以降}$$

$$T^{(cor)}(t) = T^{(org)}(t) - \frac{6-t}{12} \Delta T \quad \text{for 翌月初日 6時以前}$$

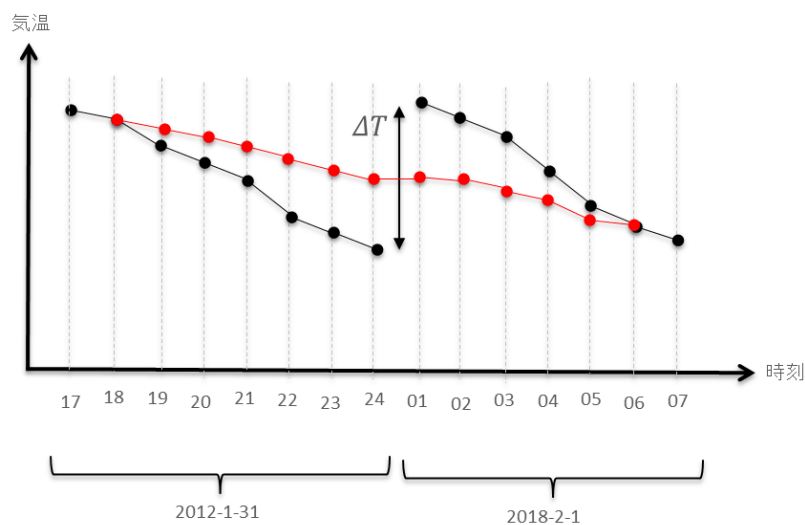


図 3-5 月の境界データの補正 (黒点：補正前、赤点：補正後)

4 MONSOLA-20 の作成方法

MONSOLA-20 の作成手順を図 4-1 に示します。MONSOLA-20 は、3 章で示した METPV-20 データの整備に用いた各年の時別日射量データと気象衛星ひまわり 8 号データを用いて作成しています。

最初に、METPV-20 の手法で作成した各年の時別日射量データ（全国 835 地点）を用いて各年の月平均日射量データ（全国 835 地点）を計算し、これを 9 年間平均することにより、月平均日射量データ（全国 835 地点、9 年平均）を作成しました。次に気象衛星ひまわり 8 号データを用いて全国 1km メッシュの日射量の空間分布データ（2016 年～2018 年）を作成しました。これらのデータを統合することで、高精度で高密度な全国 1km メッシュのデータを整備するとともに、日射量の平均値マップを作成しました。各項目の詳細については、次頁以降で概説します。

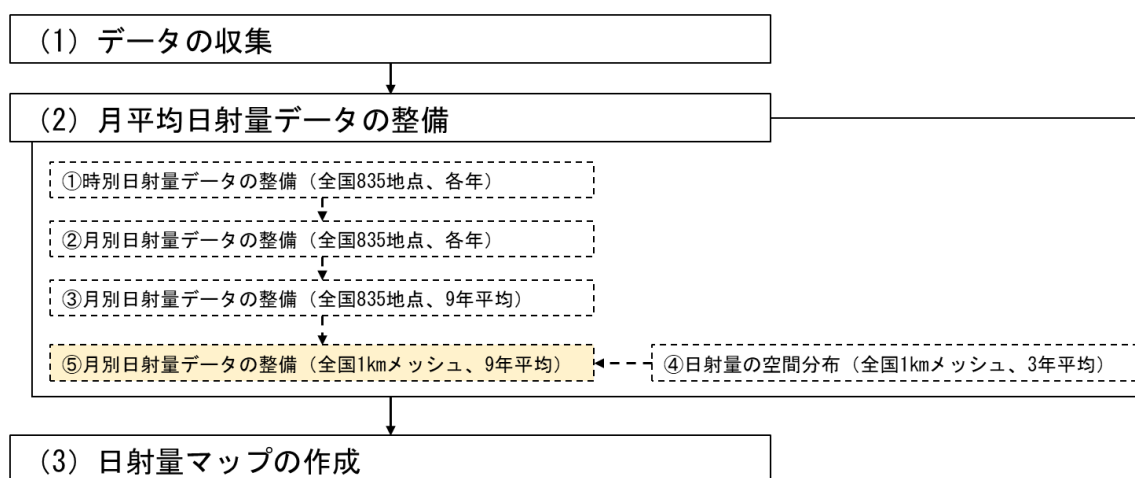


図 4-1 MONSOLA-20 の作成手順

MONSOLA-20 は、月平均の日射量データです。MONSOLA-20 の収録要素を表 4-1 に、MONSOLA-20 に収録されている斜面日射量一覧表の例（東京地点）を表 4-2 に示します。日射量関連データとして、水平面全天日射量、傾斜面日射量等が収録されています。また、関連データとして、気温、積雪等の情報も含まれています。

水平面全天日射量に関しては、統計期間（2010 年～2018 年）における平均値に加えて、日射量の年変動の情報として最大値・最小値も収録しました。

傾斜面日射量に関しては、方位角が 0 度～345 度までの 15 度刻み、傾斜角は 0 度～90 度までの 10 度刻みで収録しました。また、真南向きを対象に傾斜角を-10 度～90 度までの 1 度刻みで計算を行って、日射量が最大を示す傾斜角を最適傾斜角として収録しました。ここで、真南向きの傾斜角が-10 度は、北向きの傾斜角が+10 度と同義です。沖縄地方の夏季など、太陽高度が非常に高い場合に最適傾斜角がわずかに北向きになることがあります。

表 4-1 MONSOLA-20 の収録要素

要素名	算出方法
水平面全天日射量 (平年値, 最大値・最小値)	①「日照-日射モデル」による水平面全天日射量のアメダス地点における推定値を計算 ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合
傾斜面全天日射量 方位角：0～345 度 (15 度刻み) 傾斜角：10～90 度 (10 度刻み)	①「日照-日射モデル」+「直散分離モデル」+「斜面日射量推定モデル」による傾斜面日射量のアメダス地点における点推定値を計算 ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合
最適傾斜角	①「日照-日射モデル」+「直散分離モデル」+「斜面日射量推定モデル」による傾斜面全天日射量のアメダス地点における点推定値を計算 ※真南向き、傾斜角-10 度～90 度 (1 度刻み) ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合 →日射量が最大となる傾斜角を計算
最適傾斜角における全天日射量 (日積算期間平均) の平年値	①「日照-日射モデル」+「直散分離モデル」+「斜面日射量推定モデル」による傾斜面全天日射量のアメダス地点における点推定値を計算 ※真南向き、傾斜角-10 度～90 度 (1 度刻み) ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合 →期間別最適傾斜角における日射量を計算
年間最適傾斜角における 全天日射量 (日積算期間平均) の 平年値	①「日照-日射モデル」+「直散分離モデル」+「斜面日射量推定モデル」による傾斜面全天日射量のアメダス地点における点推定値を計算 ※真南向き、傾斜角-10 度～90 度 (1 度刻み) ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合 →年間日射量が最大となる傾斜角における日射量を計算
散乱日射量 (日積算期間平均) の 平年値	①「日照-日射モデル」+「直散分離モデル」による散乱日射量のアメダス地点における点推定値を計算 ②「衛星-日射モデル」による水平面全天日射量の 1km メッシュ推定値を計算 →①と②をハイブリッドメッシュ法により統合
気温の期間平均値	気象モデルによる解析値から算出
積雪 10cm 以上の出現確率	気象モデルによる解析値から算出

表 4-2 MONSOLA-20 に収録されている斜面日射量一覧表の例（東京地点）

月平均斜面日射量 (kWh/m²・day)

※メッシュ: 58994620 地点: 千代田区 (緯度 = 35° 41.2' 経度 = 139° 45.4' 標高 = 14m)

方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年 1-12月	冬 12-2月	春 3-5月	夏 6-8月	秋 9-11月
水平面	平均値 (C)	2.87	3.15	3.91	4.81	5.32	4.48	4.90	4.57	3.53	2.88	2.49	2.39	3.78	2.80	4.61	4.85	2.96
	最大値	3.18	3.85	4.42	5.15	5.94	5.00	5.49	5.48	4.07	3.42	2.70	2.86	3.92	3.11	4.96	5.10	3.28
	最小値	2.55	2.53	3.46	3.91	4.28	3.95	4.26	3.27	2.78	2.27	2.16	2.18	3.53	2.84	4.14	4.27	2.58
0°	10°	3.55	3.83	4.26	4.82	5.42	4.49	4.95	4.71	3.73	3.16	2.94	2.99	4.05	3.39	4.84	4.72	3.28
	20°	4.16	4.04	4.53	4.93	5.41	4.42	4.90	4.78	3.86	3.39	3.34	3.54	4.27	3.91	4.96	4.69	3.53
	30°	4.67	4.95	4.69	4.94	5.28	4.27	4.75	4.70	3.91	3.55	3.65	3.99	4.39	4.34	4.97	4.57	3.70
	40°	5.06	4.55	4.73	4.88	5.04	4.03	4.50	4.53	3.87	3.63	3.88	4.34	4.42	4.65	4.87	4.35	3.79
	50°	5.31	4.64	4.67	4.60	4.69	3.72	4.16	4.28	3.75	3.68	4.01	4.58	4.34	4.84	4.65	4.05	3.79
	60°	5.42	4.61	4.49	4.28	4.25	3.35	3.75	3.93	3.54	3.54	4.03	4.69	4.16	4.91	4.34	3.68	3.70
	70°	5.39	4.47	4.20	3.87	3.72	2.93	3.28	3.51	3.27	3.27	3.95	4.68	3.89	4.94	3.93	3.24	3.53
	80°	5.21	4.22	3.82	3.38	3.14	2.48	2.77	3.03	2.93	3.12	3.77	4.54	3.53	4.65	3.45	2.76	3.28
	90°	4.89	3.86	3.36	2.88	2.64	2.04	2.26	2.51	2.53	2.81	3.50	4.27	3.12	4.34	2.81	2.27	2.95
	15°	10°	3.52	3.62	4.24	4.80	5.42	4.49	4.95	4.71	3.73	3.15	2.92	2.97	4.04	3.37	4.82	4.72
20°		4.12	4.01	4.49	4.90	5.40	4.43	4.91	4.78	3.85	3.38	3.31	3.50	4.25	3.88	4.93	4.70	3.51
30°		4.61	4.90	4.63	4.93	5.27	4.28	4.76	4.70	3.89	3.53	3.61	3.94	4.37	4.28	4.93	4.58	3.68
40°		4.98	4.49	4.66	4.77	5.03	4.05	4.52	4.55	3.85	3.60	3.82	4.28	4.38	4.58	4.82	4.37	3.76
50°		5.21	4.57	4.58	4.55	4.69	3.75	4.20	4.30	3.73	3.58	3.94	4.50	4.30	4.76	4.60	4.08	3.75
60°		5.31	4.54	4.40	4.23	4.25	3.39	3.80	3.97	3.58	3.50	3.96	4.60	4.12	4.82	4.29	3.72	3.66
70°		5.27	4.39	4.11	3.82	3.74	2.98	3.35	3.58	3.25	3.33	3.87	4.58	3.85	4.74	3.89	3.29	3.49
80°		5.08	4.13	3.73	3.34	3.19	2.54	2.85	3.09	2.92	3.08	3.69	4.48	3.51	4.55	3.42	2.83	3.23
90°		4.76	3.78	3.27	2.82	2.62	2.12	2.35	2.60	2.53	2.77	3.42	4.17	3.10	4.24	2.90	2.36	2.91
30°		10°	3.48	3.57	4.20	4.77	5.40	4.49	4.95	4.71	3.71	3.12	2.88	2.92	4.01	3.31	4.79	4.72
	20°	3.99	3.92	4.41	4.85	5.38	4.43	4.91	4.75	3.82	3.32	3.22	3.39	4.20	3.78	4.88	4.70	3.45
	30°	4.41	4.17	4.52	4.81	5.25	4.29	4.77	4.69	3.84	3.45	3.48	3.77	4.29	4.12	4.86	4.58	3.59
	40°	4.73	4.32	4.52	4.69	5.01	4.07	4.55	4.54	3.79	3.51	3.66	4.08	4.29	4.37	4.74	4.39	3.65
	50°	4.92	4.37	4.42	4.46	4.68	3.78	4.24	4.30	3.67	3.48	3.74	4.24	4.19	4.51	4.52	4.11	3.63
	60°	4.97	4.31	4.22	4.15	4.28	3.45	3.87	3.99	3.46	3.38	3.73	4.31	4.01	4.58	4.22	3.77	3.52
	70°	4.90	4.15	3.94	3.76	3.80	3.07	3.45	3.60	3.20	3.20	3.63	4.26	3.75	4.44	3.84	3.37	3.34
	80°	4.70	3.89	3.58	3.32	3.30	2.66	2.99	3.13	2.87	2.95	3.44	4.10	3.42	4.23	3.40	2.94	3.09
	90°	4.38	3.54	3.15	2.85	2.79	2.26	2.53	2.72	2.51	2.65	3.16	3.83	3.03	3.92	2.93	2.50	2.77
	70°	10°	3.35	3.49	4.14	4.73	5.38	4.49	4.95	4.69	3.68	3.08	2.81	2.82	3.97	3.22	4.75	4.71
20°		3.77	3.77	4.29	4.77	5.35	4.43	4.91	4.72	3.76	3.24	3.08	3.20	4.11	3.58	4.80	4.68	3.36
30°		4.11	3.96	4.35	4.71	5.21	4.29	4.78	4.68	3.77	3.33	3.28	3.50	4.16	3.86	4.76	4.58	3.46

※年間最適傾斜角 ※季節別最適傾斜角 ※月別最適傾斜角における日射量の年平均値 ※※季節別最適傾斜角における日射量

※年間最適傾斜角 ※季節別最適傾斜角 ※月別最適傾斜角における日射量の年平均値 ※※季節別最適傾斜角における日射量

(1) データの収集

MONSOLA-20を整備するにあたり、表4-2、表4-3に示すデータを収集・整理しました。

表 4-2 MONSOLA-20 作成のための収集データ(アメダスデータ)

データの種類	気象庁のアメダスデータ
収集地点	日照時間を観測している全国835地点
要素	気温、降水量、風向・風速、日照時間 日射量（日射量を観測している気象官署のみ）
期間	2010年～2018年

表 4-3 MONSOLA-20 作成のための収集データ（気象衛星ひまわり 8号データ）

データの種類	気象衛星ひまわり8号データ
収集地点	約1kmメッシュの解像度（日本域）
期間	2016年～2018年

(2) 月平均日射量データの整備

① 特別日射量データの整備（全国835地点、各年）

METPV-20のデータ作成と同様の手法を用いて、日照時間を観測している全国835地点について、2010年～2018年の各年の特別日射量を計算しました。

② 月別日射量データの整備（全国835地点、各年）

①で作成した各年の特別日射量を日積算し月平均することにより、日照時間を観測している全国835地点について、2010年～2018年の各年の月別日射量（月平均日積算日射量）を計算しました。

③ 月別日射量データの整備（全国835地点、9年平均）

②で作成した各年の月別日射量を2010年～2018年の9年間で平均することにより、日照時間を観測している全国835地点について、9年平均の月別日射量を計算しました。

④ 日射量の空間分布（全国1kmメッシュ、3年平均）

2016年～2018年の3年間の気象衛星ひまわり8号データを用いて、全国1kmメッシュの日射量データを作成しました。気象衛星ひまわり8号データから日射量を推定する際には機械学習手法を用いました。3年間の日射量分布を平均することで、平均的な日射量の空間分布を計算しました。

⑤ 月別日射量データの整備（全国1kmメッシュ、9年平均）

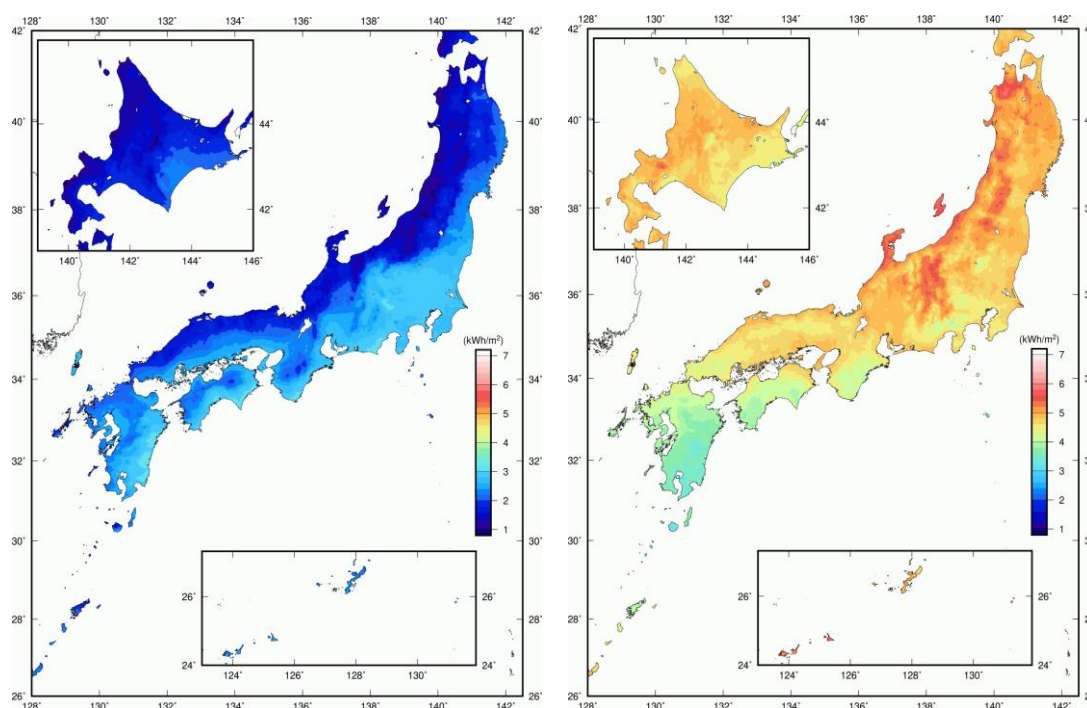
③で作成した全国835地点、9年平均の月別日射量データと、④で作成した全国1kmメッシュ、3年平均の日射量の空間分布を統合することにより、全国1kmメッシュの9年平均相当の日射量データを作成しました。統合の際には、全国835地点については、9年平均の月別日射量データを真値とし、地点間のメッシュの値については、全国1kmメッシュ、3年平均の日射量の空間分布を反映し推定しました。

(3) 日射量マップの作成

(2)で作成した全国1kmメッシュのMONSOLA-20データを用いて、表4-4に示す月別及び年間の全天日射量マップ、散乱日射量マップ、最適傾斜角日射量マップを作成しました。全天日射量マップの例を図4-2に示します。

表4-4 整備した日射量マップの種類

日射量マップの名称	内 容
全天日射量	<p>水平面日積算全天日射量の平年値をマップ化したものです。日本全国の日射状況を一望するマップとして利用できます。</p> <p>単位は kWh/m²で表しています。気象関係で用いる MJ との関係は以下ようになります。</p> <p>1 kWh=3.6 MJ 1 MJ =0.278 kWh</p>
散乱日射量	<p>水平面日積算散乱日射量の平年値をマップ化したものです。斜面日射量の推定に重要な直散分離の指標として利用することができます。また、直達日射が当たらない部分（例えば、ビルの北側壁面）における太陽エネルギーの利用可能性を見積る資料にもなると考えます。</p> <p>水平面散乱日射量と水平面全天日射量の比（水平面散乱日射量/水平面全天日射量）は散乱比と呼ばれ、この値が大きいと曇天日が多いことを示します。すなわち、当該地点の天候の指標としても利用できます。</p>
最適傾斜角日射量	<p>全地点で斜面を年間の最適傾斜角に固定した場合の斜面日射量をマップ化したものです。太陽光発電システムを設置する場合は、なるべく多くの太陽光を利用するために傾斜角を付けて設置します。そのような斜面日射量を見積る場合の一例として利用できます。</p>



(a) 1月の全天日射量

(b) 6月の全天日射量

図4-2 全天日射量マップの例

参考文献

1. 日本太陽エネルギー学会, [改訂]新太陽エネルギー利用ハンドブック, 2015
2. R.Perez and R.Seals, A new simplified version of Perez diffuse irradiance model for tilted surface, Solar Energy, 39-3(1987), 221-231.
3. NEDO 日射量データベース閲覧システム WEB 版 Ver 3.0 操作マニュアル, 2021 年 4 月
4. NEDO 成果報告書 2015 年度～2019 年度成果報告書 (太陽光発電システムの高精度発電量評価技術の開発 (日射量データベースの高度化に関する研究))