

## 平成 28 年 省エネルギー基準（平成 28 年 1 月公布）関係技術資料

### 住宅エネルギー消費性能の算定方法の解説

#### － 自然エネルギー利用設備 太陽光発電設備 －

### 概 要

本資料は、「建築物エネルギー消費性能基準等を定める省令における算出方法等に係る事項等（平成 28 年 1 月公布）」および「住宅部分の外壁、窓等を通しての熱の損失の防止に関する基準及び一次エネルギー消費量に関する基準（平成 28 年 1 月公布）」に準拠した住宅エネルギー消費性能の評価方法に関する技術資料（「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報」）のうち、第九章「自然エネルギー利用設備」第一節「太陽光発電設備」の算定方法に関する解説を取り纏めたものである。なお、本資料で扱う算定方法は、2021 年 4 月 1 日 時点のものである。

## **Relevant Materials for 2016 Building Energy Efficiency Standard**

**(Promulgated in Jan. 2016)**

### **Technical Description of Calculation Procedure for Energy Performance of house buildings - Solar Power Generation System -**

#### **ABSTRACT**

This document describes the logic and the evidence of a calculation procedure for energy performance of house buildings in conformity to 2016 Building Energy Efficiency Standard (Promulgated in January 2016). The calculation procedure included in this document is for power generation of a solar power generation system, which is disclosed on the website (<http://www.kenken.go.jp/becc/>) in April 1, 2021.

## 目 次

1. はじめに.....	1
2. 計算方法の概要と根拠.....	2
2.1. 検討の背景 .....	2
2.2. 適用範囲の解説 .....	2
2.3. 太陽光発電設備発電量の計算方法解説 .....	5
2.4. 太陽電池アレイによる発電量の計算方法解説 .....	6
2.5. 太陽電池アレイのシステム容量の解説 .....	7
2.5.1. 標準太陽電池アレイ出力 .....	7
2.5.2. 標準太陽電池モジュール出力 .....	7
2.6. 日射強度の解説 .....	9
2.7. 総合設計係数の設定根拠 .....	10
2.7.1. 太陽電池の種類 .....	11
2.7.2. 総合設計係数を構成する補正係数 .....	13
2.7.3. アレイ面日射量補正係数 .....	14
2.7.4. 太陽電池変換効率補正係数 .....	14
2.7.5. 蓄電池回路補正係数 .....	17
2.7.6. パワーコンディショナ回路補正係数 .....	17
2.8. 温度補正係数の設定根拠 .....	23
2.8.1. 時刻別発電量の算出における加重平均太陽電池モジュール温度について .....	24
2.8.2. 風速について .....	33
2.8.3. 太陽電池アレイの設置方式 .....	34
2.8.4. 係数の決定 .....	35
3. 今後の課題.....	36
4. 参考文献.....	37

## 1. はじめに

本資料では、太陽光発電設備の発電量の計算方法とその根拠について解説する。ここで、太陽光発電設備の発電量の計算方法は、「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(<http://www.kenken.go.jp/becc/>)」において第九章「自然エネルギー利用設備」第一節「太陽光発電設備」(Ver.09)として 2021 年 4 月 1 日時点で掲載されていたものである。次章以降においては、当該の技術資料(以下、算定方法と記す)から転載した内容を黒枠内に示し、続いてそれに対応する解説を記す。ただし、対応する解説がない場合は、これを省略する。

## 2. 計算方法の概要と根拠

### 2.1. 検討の背景

太陽光発電設備の発電量の計算方法をまとめるに当たっては、従来からの「事業主基準」における計算方法をベースに、JIS C 8907:2005「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」(参考文献 1)、太陽光発電協会「太陽光発電システムの設計と施工」(参考文献 2)等を参考にした。

また、平成 23 年度建築基準整備促進事業「エネルギー消費量推定に必要となる設備・機器の性能指標の要件と活用方法の検討」(参考文献 3)、及び建築研究所「建築研究資料 No.188 太陽光発電設備の年間発電量の推計方法に関する調査」(参考文献 15)における検討の結果を活用した。

### 2.2. 適用範囲等

#### 1. 適用範囲

本計算方法は、用途が住宅である建築物又は建築物の部分に設置された住宅用太陽光発電設備の 1 時間当たりの発電量計算方法について適用する。

住宅用太陽光発電設備は、電気事業法が定める「一般用電気工作物」の「小出力発電設備」に該当し、かつ、JIS C8907:2005 の適用範囲である太陽光発電設備を対象とする。

#### 解説

冒頭の「1. 適用範囲」において評価する太陽光発電設備の範囲を取りまとめている。住宅用太陽光発電設備は、一般に太陽電池発電設備の出力は 3 kW~4 kW 程度の設備が主であり、電気事業法では、一般用電気工作物の「小出力発電設備」として、「太陽光発電設備であって出力 50 kW 未満のもの」に含まれる。本計算方法の対象とする太陽光発電設備の出力は、下限を JIS C 8907 の適用範囲と同じを 1 kW とし、さらに上限を電気事業法の定義に従い 50 kW 未満としている。

## 2. 引用規格

- JIS C8907:2005 太陽光発電システムの発電電力量推定方法
- JIS C8918:2005 結晶系太陽電池モジュール
- JIS C8939:2005 アモルファス太陽電池モジュール
- JIS C8943:2009 多接合太陽電池セル・モジュール屋内出力測定方法(基準要素セル法)
- JIS C8951:2011 太陽電池アレイ通則
- JIS C8952:2011 太陽電池アレイの表示方法
- JIS C8990:2009 地上設置の結晶シリコン太陽電池(PV)モジュールー設計適格性確認及び形式認証のための要求事項
- JIS C8961:2008 太陽光発電用パワーコンディショナの効率測定方法
- JIS C8991:2011 地上設置の薄膜太陽電池(PV)モジュールー設計適格性確認試験及び形式認証のための要求事項
- IEC61215 ed3.0 (2008-05) Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules  
- Design qualification and type approval
- IEC61646 ed4.0 (2008-06) Thin-film terrestrial photovoltaic (PV) modules  
- Design qualification and type approval

## 3. 用語の定義

本節で用いる主な用語および定義は、第一章「概要と用語の定義」および次による。

### 3.1 架台設置形

太陽電池モジュールを、屋根と空隙を設けて間接に設置した太陽電池アレイで、屋根置き形以外のものをいう。

### 3.2 壁用アレイ

壁に太陽電池モジュールを設置した太陽電池アレイをいう。さらに、構造又は用途によって壁設置形、壁材一体形及び壁材形に分けられる。

### 3.3 結晶系以外の太陽電池

単結晶シリコン及び多結晶シリコン以外の材料を用いた太陽電池の総称である。

### 3.4 結晶系太陽電池

半導体材料として単結晶シリコン又は多結晶シリコンを用いた太陽電池をいう。

### 3.5 太陽電池アレイ

太陽電池架台、基礎又はその両方及びその他の工作物もち、太陽電池モジュール又は太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体をいう。太陽光発電設備の一部を形成する。

### 3.6 太陽電池アレイ設置方式

太陽電池アレイ設置方式とは、太陽電池アレイの取り付け方を表し、本計算方法では架台設置形、屋根置き形、その他に分類する。

### 3.7 太陽電池アレイの傾斜角

太陽電池アレイを設置するとき、水平面(地面)となす角度をいう。

### 3.8 太陽電池アレイのシステム容量

標準試験条件の状態に換算した太陽電池アレイの最大出力点における出力をいう。太陽電池アレイ容量とも言われる。JISC8951 に基づき確認された値で、測定方法は JISC8952 に従う。

### 3.9 太陽電池アレイの方位角

太陽電池アレイの真南に対する角度をいう。

### 3.10 太陽電池モジュール

太陽電池セル又は太陽電池サブモジュールを、耐環境性のため外囲器に封入し、かつ規定の出力をもたせた最小単位の発電ユニットをいう。

### 3.11 太陽電池モジュールの標準太陽電池モジュール出力

公称最大出力又は標準太陽電池モジュール出力として定義される、製造業者の仕様書、技術資料等に記載された太陽電池モジュール 1 枚当たりの標準試験条件における出力。測定方法は太陽電池モジュールの種類に応じて、結晶系太陽電池の場合は JISC8918、JISC8990 又は IEC61215 に、結晶系以外の太陽電池の場合は JISC8991 又は IEC61646 に従い、アモルファス太陽電池は JISC8939 に、多接合太陽電池は JISC8943 によることもできる。

### 3.12 標準太陽電池アレイ出力

標準試験条件の状態に換算した太陽電池アレイの最大出力点における出力をいう。太陽電池アレイ容量とも言われる。JISC8951 に基づき確認された値で、測定方法は JISC8953 に従う。

### 3.13 窓用アレイ

窓に太陽電池モジュールを設置した太陽電池アレイをいう。太陽電池自体又は太陽電池モジュールの構成材料が窓材を兼ねる。

### 3.14 屋根置き形

太陽電池モジュールを、屋根と平行に空隙を設けて間接に設置した太陽電池アレイをいう。

### 3.15 屋根材一体形

太陽電池モジュールと屋根建材とを接着剤、ボルト等で一体構造にした屋根用アレイをいう。太陽電池モジュールと屋根建材を物理的に分割することが可能である。

### 3.16 屋根材形

太陽電池自体又は太陽電池モジュールの構成材料が屋根建材を兼ねる屋根用アレイをいう。太陽電池モジュールと屋根建材とを物理的に分割することが不可能である。

## 4. 記号及び単位

### 4.1 記号

本計算で用いる記号及び単位は表 1 による。

表 1 記号及び単位(略)

### 4.2 添え字

本計算で用いる添え字は表 2 による。

表 2 添え字(略)

## 2.3. 太陽光発電設備発電量の計算方法

### 5. 太陽光発電設備による発電量

日付 $d$ の時刻 $t$ における1時間当たりの太陽光発電設備の発電量 $E_{PV,d,t}$ は、式(1)により表される。

$$E_{PV,d,t} = \sum_i^n E_{p,i,d,t} \quad (1)$$

ここで、

$E_{PV,d,t}$  : 日付 $d$ の時刻 $t$ における1時間当たりの太陽光発電設備による発電量(kWh/h)

$E_{p,i,d,t}$  : 日付 $d$ の時刻 $t$ における1時間当たりの太陽電池アレイ $i$ の発電量(kWh/h)

$n$  : 太陽電池アレイの数(最大4)

である。 $n$ が4を超える場合は、 $n > 4$ の太陽電池アレイの発電量については評価しない。また、太陽電池アレイの方位角、傾斜角、半導体の種類として結晶系か結晶系以外かの別及び設置方式が同一の複数の太陽電池アレイについては、各太陽電池アレイのシステム容量を合計することで、1つの太陽電池アレイとみなしても構わない。その場合は、各太陽電池アレイのシステム容量の合計値の小数点第三位を四捨五入し、小数点第二位までの値を用いること。

#### 解説

太陽電池は、太陽光を電気エネルギーに変換する機能を持つ最小単位である「太陽電池セル」が基本となる。「太陽電池モジュール」は、数十枚の「太陽電池セル」を耐環境性のため外囲器に封入し、かつ、規定の出力をもたせた発電ユニットである。この「太陽電池モジュール」を鋼材等により機械的に一体化し、結線した集合体が「太陽電池アレイ」である。

本計算方法では、屋根の複数面に太陽電池アレイが設置された場合等を想定し、太陽光発電設備全体の発電量を、各太陽電池アレイの発電量の総和として算定方法(黒枠内)の式(1)で算出する。

ただし、多面設置の場合は、各太陽電池アレイの結線方法によっては、本計算方法による発電量よりも実際の発電量が少なくなる可能性がある。しかし、結線方法による発電量低下の評価手法が確立されていないため、本計算方法では評価を見送った。結線方法を考慮した発電量の算出方法の整備は、今後の課題とする。

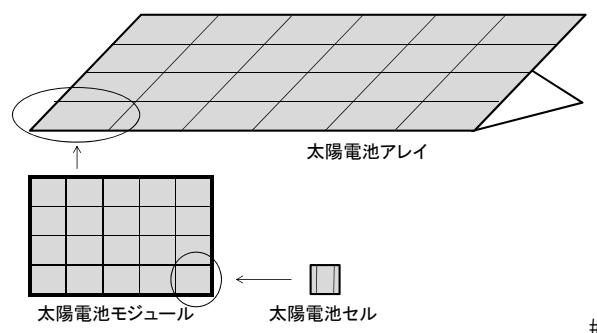


図 1 太陽電池アレイの概念図



## 2.4. 太陽電池アレイによる発電量の計算方法解説

### 6. 太陽電池アレイによる発電量

日付 $d$ の時刻 $t$ における1時間当たりの太陽電池アレイ $i$ の発電量 $E_{p,i,d,t}$ は、式(2)により表される。

$$E_{p,i,d,t} = P_{p,i} \times \frac{1}{\alpha_p} \times I_{s,i,d,t} \times K_{p,i,d,t} \times 10^{-3} \quad (2)$$

ここで、

$P_{p,i}$  : 太陽電池アレイ $i$ のシステム容量(kW)

$\alpha_p$  : 基準状態の日射強度(kW/m<sup>2</sup>)

$I_{s,i,d,t}$  : 日付 $d$ の時刻 $t$ における太陽電池アレイ $i$ の設置面の単位面積当たりの日射量(W/m<sup>2</sup>)

$K_{p,i,d,t}$  : 日付 $d$ の時刻 $t$ における太陽電池アレイ $i$ の総合設計係数

である。日付 $d$ の時刻 $t$ における太陽電池アレイ $i$ の設置面の単位面積当たりの日射量は、太陽光電池アレイ $i$ の傾斜角 $P_\beta$ 及び方位角 $P_\alpha$ 並びに「年間の日射地域区分」により定まり、その計算方法を第十一章第二節付録Aに示す。

#### 解説

ここでは、太陽電池アレイによる発電量の計算方法を示している。

太陽電池アレイのシステム容量 $P_p$ は基準状態の日射強度における発電量を表すため、一旦、システム容量を基準状態の日射強度 $\alpha_p$ で除し、それに太陽電池アレイの設置面の単位面積当たりの日射量 $I_s$ を乗じることによって発電量 $E_{pt}$ を算出している。

総合設計係数 $K_p$ とは、日陰・温度・経時変化等を考慮した補正係数である。評価方法の詳細は後述する。

## 2.5. 太陽電池アレイのシステム容量の解説

### 7. 太陽電池アレイのシステム容量

太陽電池アレイ*i*のシステム容量 $P_{p,i}$ は、JIS C8951「太陽電池アレイ通則」の測定方法に基づき測定され、JIS C8952「太陽電池アレイの表示方法」に基づいて表示された「標準太陽電池アレイ出力」が確認出来る場合はその値に等しいとする。「標準太陽電池アレイ出力」が記載されていない場合は、製造業者の仕様書、技術資料等に以下の JIS 等に基づいて記載された太陽電池モジュールの 1 枚当たりの標準太陽電池モジュール出力の値の合計値とする。

太陽電池アレイ*i*のシステム容量 $P_{p,i}$ は、小数点第三位を四捨五入し、小数点第二位までの値を用いること。

表 3 標準太陽電池モジュール出力の準拠規格

太陽電池の種類	条件
結晶(シリコン)系太陽電池	JISC8918、JISC8990 又は IEC61215
上記以外の太陽電池	JISC8991 又は IEC61646
アモルファス太陽電池	JISC8939
多接合太陽電池	JISC8943

#### 解説

太陽電池アレイのシステム容量は標準太陽電池アレイ出力が確認できる場合はその値とし、確認できない場合は、標準太陽電池モジュール出力の値の合計値とすることができるとしている。

#### 2.5.1. 標準太陽電池アレイ出力

太陽電池アレイのアレイ出力は、JIS C 8951「太陽電池アレイ通則」(参考文献 4)において、「STC (Standard test conditions: 標準試験条件) に換算した太陽電池アレイの最大出力点における出力(W)」と定義されている。ここで、標準試験条件とは、JIS C 8960 において「日射強度 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 、エアマス1.5及び太陽電池アレイ代表温度 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 」と定められている。太陽電池アレイのアレイ出力は、JIS C 8951「太陽電池アレイ通則」(参考文献 4)に基づいて測定された値を、JIS C 8952「太陽電池アレイの表示方法」(参考文献 5)に基づいて表示される。JIS C 8951 におけるアレイ出力の測定方法は、JIS C 8953「結晶系太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法」(参考文献 6)によると規定されており、標題のとおり、「結晶系」の太陽電池アレイを「オンサイト」(屋外)に設置して出力を測定し、標準試験状態等へ補正を行うものである。

なお、標準太陽電池アレイ出力の測定方法は結晶系太陽電池を対象とした JIS C 8953 で規定されているため、アモルファス等の結晶系以外の太陽電池アレイは適用できない。

#### 2.5.2. 標準太陽電池モジュール出力

太陽電池アレイのシステム容量 $P_p$ は、太陽電池モジュール出力の値の合計値から評価を行うことも可能である。太陽電池モジュールの出力は、その材料や構造によって分光感度が異なり、それぞれの特性に適したソーラーシミュレーターにより測定試験を行う。太陽電池モジュールの出力はその種類に応じて測定方法が定められており、ここでは JIS C 8990「地上設置の結晶シリコン太陽電池(PV)モジュール設計適格性確認及び型式認証のための要求事項」(参考文献 7)及び JIS C 8991「地上設置の薄膜太陽電池(PV)モジュール設計適格性確認及び型式認証のための要求事項」(参考文献 8)の分類に基づき、「結晶系太陽電池」と「結晶系以外の太陽電池」に分類して評価を行うこととしている。

JIS C 8990 は結晶シリコン系モジュールのみを対象としており、JIS C 8991 はその適用範囲として「JIS C 8990

が対象としない全ての地上設置平板形太陽電池モジュールに適用することを意図している。」(JIS C 8991 引用)としている。ただし、JIS C 8990 及び JIS C 8991 は集光装置付モジュールには適用しないとしている。また、JIS C 8990 及び JIS C 8991 は、IEC61215 及び IEC61646 を全体として採用し、最低限の編集上の差異以外は全て一致させた規格であり、内容は等しい。これらの規格は太陽電池モジュールの性能認証規格であり、モジュール出力の他に、各種特性や長期耐久性等についての試験方法が規定されている。

「結晶系太陽電池」のモジュール出力は、前述の JIS C 8990 によるほか、JIS C 8918「結晶系太陽電池モジュール」(参考文献 9)によることもできる。JIS C 8918 は「地上に設置する光発電システムに用いる平面・非集光形の地上用結晶系太陽電池モジュール」について規定したものであり、IEC61215 の対応する部分を元に、技術的内容を変更することなく作成されたものである。太陽電池モジュールの出力特性は JIS C 8914「結晶系太陽電池モジュール出力測定方法」(参考文献 10)によることとされ、ソーラーシミュレーターによる I-V 特性の測定及び標準状態への換算方法が示されている。また、この結果から最大出力を算出する方法は、JIS C 8913「結晶系太陽電池セル出力測定方法」(参考文献 11)によることとされている。

「結晶系以外の太陽電池」のモジュール出力は、前述の JIS C 8991 によるほか、アモルファス太陽電池については JIS C 8939「アモルファス太陽電池モジュール」(参考文献 12)及び JIS C 8943「多接合太陽電池セル・モジュール屋内出力測定方法(基準要素セル法)」(参考文献 13)によることもできる。これらのモジュール出力測定方法は、基本的には JIS C 8918 と同様の考え方によるが、使用するソーラーシミュレーターの特性等が異なる。

「結晶系以外の太陽電池」には、これらの他に、有機系や化合物系等が含まれており、製品としてすでに市場に出てきている。本来であれば太陽電池モジュールの種類ごとに評価方法を分類し、それぞれの規格に基づき測定されたモジュール出力を用いることが望ましいが、これら新技術に基づく太陽電池モジュールの出力測定方法に関する規格が整備されていない。このような事情により、現段階では新たな技術開発により製品化された太陽電池モジュールについては JIS C 8991 で評価を行うこととし、太陽電池モジュールの分類を「結晶系太陽電池」と「結晶系以外の太陽電池」としている。

## 2.6. 日射強度の解説

### 8. 基準状態の日射強度

基準状態の日射強度 $\alpha_p$ として1.0kW/m<sup>2</sup>を用いる。

#### 解説

太陽電池アレイのシステム容量は基準状態における測定値であり、発電量算出のためには、先述のとおり基準状態の日射強度で除す必要がある。ここで、基準状態とは JIS C 8960「太陽光発電用語」(参考文献 14)で示されるとおり標準試験状態と同義であるため、基準状態の日射強度 $\alpha_p$ は標準試験状態で規定される 1.0 kW/m<sup>2</sup>を引用する。

## 2.7. 総合設計係数

### 9. 太陽電池アレイの総合設計係数

太陽電池アレイの総合設計係数 $K_p$ は、式(3)により表される。

$$K_{p,i,d,t} = K_{HS,i} \times K_{PD,i} \times K_{PT,i,d,t} \times K_{PA,i} \times K_{PM,i} \times K_{IN} \quad (3)$$

ここで、

- $K_{HS,i}$  : 太陽電池アレイ*i*の日陰補正係数(表4の値)
- $K_{PD,i}$  : 太陽電池アレイ*i*の経時変化補正係数(表4の値)
- $K_{PT,i,d,t}$  : 日付*d*の時刻*t*における太陽電池アレイ*i*の温度補正係数
- $K_{PM,i}$  : 太陽電池アレイ*i*のアレイ負荷整合補正係数(表4の値)
- $K_{PA,i}$  : 太陽電池アレイ*i*のアレイ回路補正係数(表4の値)
- $K_{IN}$  : インバータ回路補正係数

である。

表4 太陽電池アレイの補正係数の値

補正係数名称	記号	補正係数値	
		結晶シリコン系	結晶シリコン系以外
日陰補正係数	$K_{HS}$	1.0	1.0
経時変化補正係数	$K_{PD}$	0.96	0.99
アレイ負荷整合補正係数	$K_{PM}$	0.94	0.94
アレイ回路補正係数	$K_{PA}$	0.97	0.97

インバータ回路補正係数 $K_{IN}$ は、式(4)により表される。

$$K_{IN} = \eta_{IN,R} \times 0.97 \quad (4)$$

ここで、

- $\eta_{IN,R}$  : パワーコンディショナの定格負荷効率

であり、パワーコンディショナの定格負荷効率 $\eta_{IN,R}$ は、0.927とするか、JISC8961:2008「太陽光発電用パワーコンディショナの効率測定方法」に測定された定格負荷効率とする。

複数台のパワーコンディショナが設置され、かつ、全てのパワーコンディショナの定格負荷効率が明らかである場合は、そのうち最も定格負荷効率の低いパワーコンディショナの値を採用すること。複数台のパワーコンディショナのうち定格負荷効率が不明なものが1台以上ある場合は、インバータ回路補正係数 $K_{IN}$ は、0.927とする。

#### 解説

総合設計係数(システム出力係数)の計算方法は、JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」(2005年10月制定)に示されている。しかし、近年太陽光発電技術の改善が進んでおり、各係数の参考値など見直しが必要な箇所がある。太陽光発電設備に関わる技術動向、出荷動向などの最新の知見を調査し、総合設計係数の計算方法を検討した結果が文献15に示されている。

### 2.7.1. 太陽電池の種類

参考文献 15 では、総合設計係数の算出に先立って、太陽電池種類ごとのシェアについて調査している。太陽電池は図 2 に示すように分類される。

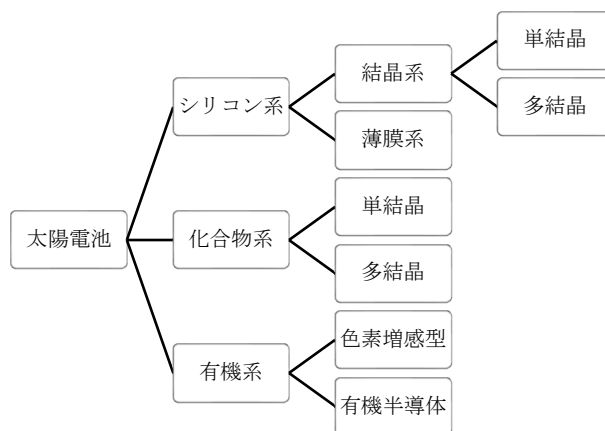


図 2 太陽電池の分類

図 3、図 4 に住宅用太陽光発電の種別出荷量、構成比を示す(参考文献 15)。Si 薄膜型、その他といった結晶型以外の太陽光発電が、シェアは僅かながら増加傾向である。しかし、平成 25 年省エネルギー基準作成の際の調査時点においては、アモルファス型、化合物型の太陽光発電の今後の普及動向については、見通しが立たず不明とのことであった。

Si 薄膜型にはアモルファス型、その他には化合物型(CIS/CIGS 型)などの太陽電池が含まれ、これらの発電特性は結晶型と異なる。例えば、アモルファス型は熱で発電量が回復するアニール効果が特徴であり、CIS/CIGS 型は日陰の影響が小さい特徴を持つ。JIS C 8907 にアモルファス型の経時変化補正係数 $K_{PD}$ 、温度補正係数 $K_{PT}$ の参考値が示されているが、技術の改善が進んでおり、再検討の必要がある。

現状の結晶型以外のお荷率は僅かであり(H22 年度 3.8%)、また JIS C 8907 参考値の使用は妥当でないことから、結晶型以外の太陽光発電のシステム出力係数は、現在のところ考慮の必要はないとした。

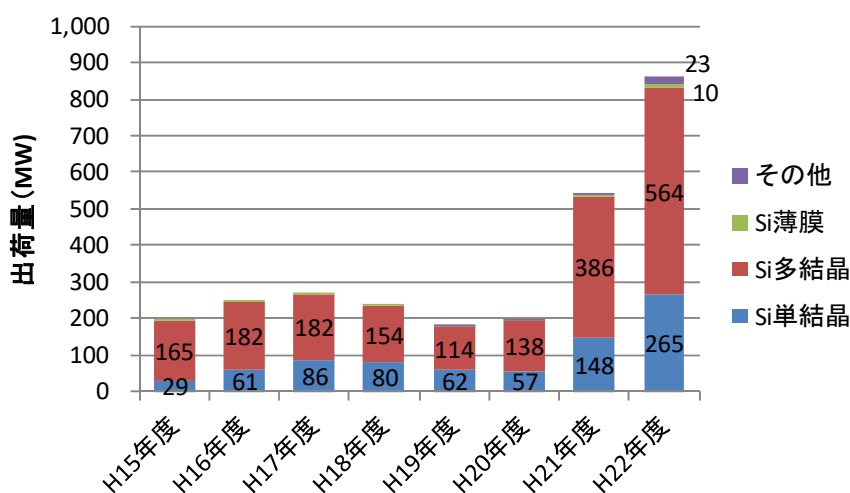


図 3 住宅用品種別出荷量(年度)

※ 結晶シリコンとアモルファスシリコンを積層したハイブリット型(三洋電機: HIT 太陽電池)は Si 単結晶に含まれる。また、その他には CIS 太陽電池、CIGS 太陽電池など化合物型が含まれる。

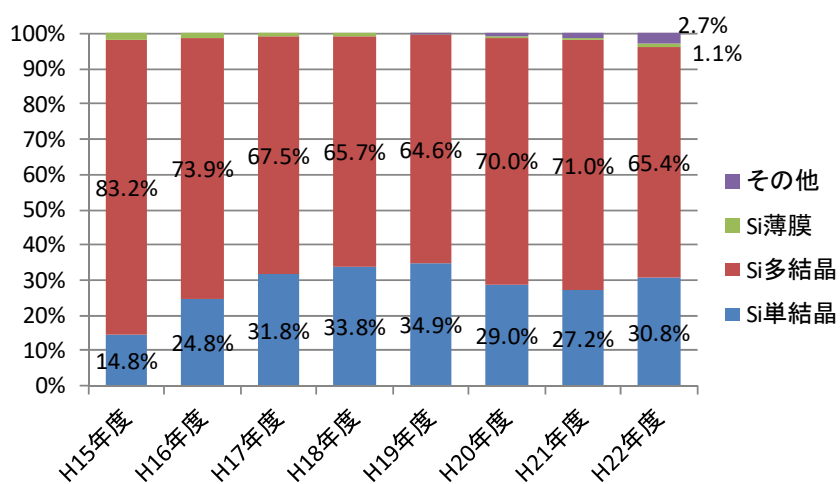


図 4 住宅用品種別出荷比率

※ 結晶シリコンとアモルファスシリコンを積層したハイブリット型（三洋電機：HIT 太陽電池）は Si 単結晶に含まれる。また、その他には CIS 太陽電池、CIGS 太陽電池など化合物型が含まれる。

## 2.7.2. 総合設計係数を構成する補正係数

JIS C 8907 に定義されている総合設計係数(システム出力係数)は、様々な出力損失を表す補正係数の積で表される。表 1 に JIS C 8907 で定義されている補正係数と、算定方法(黒枠内)の式(3)で使用されている補正係数の比較を示す。ここでは、各補正係数の採用有無の根拠、および算定方法(黒枠内)の表4の値の設定根拠について述べる。

表 1 システム出力係数 K の算出方法及び各補正係数の定義(文献 1)

係数	算出方法/定義	JIS C 8907	式(3)
$K$ :システム出力係数	$K = K_H \cdot K_P \cdot K_B \cdot K_C$		
$K_H$ :アレイ入射面補正係数	$K_H = K_{HD} \cdot K_{HS} \cdot K_{HC}$		
$K_{HD}$ :日射量年変動補正係数	推定した期間日射量の確からしさを表す係数	○	—
$K_{HS}$ :日陰補正係数	日陰、積雪などの影響を補正する係数	—	○
$K_{HC}$ :入射光貢献度補正係数	水平面に対するアレイ傾斜面の入射光を補正する係数	—	—
$K_P$ :太陽電池変換効率補正係数	$K_P = K_{PD} \cdot K_{PT} \cdot K_{PA} \cdot K_{PM}$		
$K_{PD}$ :経時変化補正係数	汚れ、劣化、スペクトル変動の影響を補正する係数	○	○
$K_{PT}$ :温度補正係数	モジュール温度上昇による効率低下を補正する係数	○	○
$K_{PA}$ :アレイ負荷整合補正係数	最大出力点からのずれを補正する係数	○	○
$K_{PM}$ :アレイ回路補正係数	配線などの損失を考慮した補正係数	○	○
$K_B$ :蓄電池回路補正係数	$K_B = (1 - \gamma_{BA}) \cdot \eta_{BD} + \gamma_{BA} \cdot \eta_{BA}$		
$\gamma_{BA}$ :蓄電池寄与率	蓄電池のエネルギー貢献度を補正するための係数	○	—
$\eta_{BA}$ :蓄電池充放電効率	蓄電池の充放電に伴うエネルギー効率	○	—
$\eta_{BD}$ :バイパスエネルギー効率	蓄電池を経由しないで直接負荷側へ供給される回路の効率	—	—
$K_C$ :パワーコンディショナ回路補正係数	$K_C = \gamma_{DC} \times K_{DD} + (1 - \gamma_{DC}) \times K_{IN}$		
$\gamma_{DC}$ :直流取出し率	直流負荷が存在する場合、アレイ発電量に対する直流負荷電力量の比率	—	—
$K_{DD}$ :DC/DC コンバータ効率	DC/DC コンバータ効率の入出力エネルギー効率を補正する係数	○	—
$K_{IN}$ :インバータ回路補正係数	インバータの実効効率とインバータ出力が負荷に供給するまでの伝送ロスを補正する係数	○	○



### 2.7.3. アレイ面日射量補正係数

アレイ面日射量補正係数は、日射量年変動補正係数と日陰補正係数の積で表される。

#### (1) 日射量年変動補正係数

日射量年変動補正係数 $K_{HD}$ は、長期における気象の変動に伴う日射量の不足を見込む係数であり、JIS C 8907 では「日射量年変動補正係数は、推定した期間日射量の確からしさを表す補正係数である。この係数を詳細に吟味するには、ある年数の日射観測が必要であり、例えば、10年間程度の観測結果から、平年値及び年差を統計的に求める。」と定義されている。JIS C 8907 においては、日射量年変動補正係数 $K_{HD}$ を0.97としており、平成 25 年省エネルギー基準ではこの値を採用していた。しかし、平成 28 年省エネルギー基準において見直しが行われた。もともと省エネルギー基準では、外気条件に拡張アメダスデータを用いており、外気温湿度等の使用において「安全側」という概念に則ったデータ設定を従前から行っていない。従って、日射量においても同様の扱いとし、日射量年変動補正係数 $K_{HD}$ は、1.0に変更した。

#### (2) 日陰補正係数

日陰補正係数 $K_{HS}$ は、日陰がないときの発電電力量に対する日陰があるときの発電電力量の比である。太陽光発電設備は、通常影ができないよう設計、設置が行われるものである。また、日陰ができる場合においても、日陰の大きさ、アレイ内部の結線、バイパスダイオードの有無によって出力への影響が異なり、日陰による損失を容易には一般化できないため、JIS C 8907 では規格化の際に日陰補正係数 $K_{HS}$ を考慮しなかった経緯がある。

また、JIS C 8907 では、積雪が日射量に与える影響を考慮しているが、太陽電池アレイが雪に覆われて影になることを想定していない。理由は記されていないが、太陽電池アレイ上への積雪量の特定が困難であることが要因として考えられる。

上記の理由により、日陰や積雪による発電損失はアレイ毎により異なり算定が困難であるため、特に新設時の評価の際は考慮の必要がないと判断した。従って、日陰補正係数 $K_{HS}$ は、1.0とした。

### 2.7.4. 太陽電池変換効率補正係数

太陽電池変換効率補正係数 $K_p$ は、経時変化補正係数 $K_{PD}$ 、温度補正係数 $K_{PT}$ 、アレイ負荷整合補正係数 $K_{PA}$ 及びアレイ回路補正係数 $K_{PM}$ の積で表される。

#### (1) 経時変化補正係数

経時変化補正係数 $K_{PD}$ は、太陽電池アレイガラス表面の汚れ又は劣化による出力電力量の低下、太陽光の分光分布の変動に伴う出力電力量の変化、ガラス表面の反射又は透過による出力電力量の変化、充填材による吸収等を補正する係数である。経時変化補正係数 $K_{PD}$ は、式(1)で表される。

$$K_{PD} = K_{PDS} \times K_{PDD} \times K_{PDR} \quad (1)$$

ここで、

$K_{PDS}$  : 汚れ補正係数(-)

$K_{PDD}$  : 劣化補正係数(-)

$K_{PDR}$  : 太陽光発電応答変動補正係数(-)

である。

汚れ補正係数 $K_{PDS}$ は、JIS C 8907 において、「モジュール表面の汚れによって、太陽電池の表面の入射光

が減少する割合を補正する係数であり、用途地域による差異が大きいと考えられる。一般住宅地域で 0.95～0.97 を採用している。なお、火山灰が降る、砂じんが厳しい、道路の近くでほこりが多い、乾燥地で、雨がほとんど降らないなどのところについては個別に検討を要するが、道路ぎわの施設で 0.90 とした例もある。」とされている。推奨値として0.98が示されている。

劣化補正係数 $K_{PDD}$ は、同 JIS において、「入射エネルギーによる光劣化とアニールによる回復を補正する係数。結晶形シリコン太陽電池については劣化するという報告がみられないことから、係数 $d_{nP} = 0$ 。アモルファスシリコン太陽電池については、現在研究開発中であるが、単層及び積層形に分類して決定する。」とされている。推奨値として、結晶系は1.00、アモルファス系は単層で0.90、複層で1.00が示されている。

太陽光発電応答変動補正係数 $K_{PDR}$ は、分光応答変動補正係数 $K_{PDRS}$ と非線形応答変動補正係数 $K_{PDRN}$ の積によって表される。分光応答変動補正係数 $K_{PDRS}$ は、「季節、太陽光の入射角、雨天などの大気中の水分濃度に起因する太陽光線のスペクトルが変動することによって太陽電池の変換効率の変動を補正する係数である。」とされている。非線形応答変動補正係数 $K_{PDRN}$ は、「入射光のモジュールガラス面での反射を補正する係数である。」とされている。推奨値として、結晶系は0.96、アモルファス系は0.99が示されている。

これらを考慮した係数として、経時変化補正係数 $K_{PD}$ の推奨値として、結晶系は 0.95、アモルファス系は 0.87 が示されており、平成 25 年省エネルギー基準ではこの値を採用していた。

#### i) 汚れ補正係数 $K_{PDS}$

汚れ補正係数 $K_{PDS}$ は、屋外で想定される表面汚れによる出力低下率を反映したものであり、経年使用で 3% 程度の影響があると考えられる。一方で、省エネルギー基準は設計時の評価であり、これまで外壁や太陽熱パネル等における汚れの影響は考慮されてこなかった。従って、評価を揃える意味で、現時点では汚れ補正係数 $K_{PDS}$ は考慮しないことにし、1.0とした。

#### ii) 劣化補正係数 $K_{PDD}$

劣化補正係数 $K_{PDD}$ は、年低下率を $d_{nP}$ とした場合に、 $nYL$ 年経過した太陽光発電設備において想定される劣化補正係数であり、式(2)により定義される。

$$K_{PDD} = (1 - d_{nP})^{nYL} \quad (2)$$

ここで、

$d_{nP}$  : 光発電効率の年低下率(-)

$K_{PDD}$  : 劣化補正係数(-)

$nYL$  : 評価時点(年)

である。省エネルギー基準においては、設計時点での評価であり、劣化等の影響を考慮していないことから、 $nYL = 0$ とし、 $K_{PDD} = 1.0$ とすることとした。

#### iii) 太陽光発電応答変動補正係数 $K_{PDR}$

太陽光発電応答変動補正係数 $K_{PDR}$ は、太陽電池アレイの出力測定が行われる基準状態(STC)の光源の分光分布 AM1.5 に対する屋外太陽光の分光分布の差(図 5 及び図 6)による太陽電池出力への影響と、太陽光アレイの入射太陽光の角度特性に太陽電池出力への影響を補正する係数である。これらの値は太陽電池セルの分光感度特性の影響を受けるので、JIS の推奨値(結晶系は0.96、アモルファス系は0.99)を用いることが望ましい。

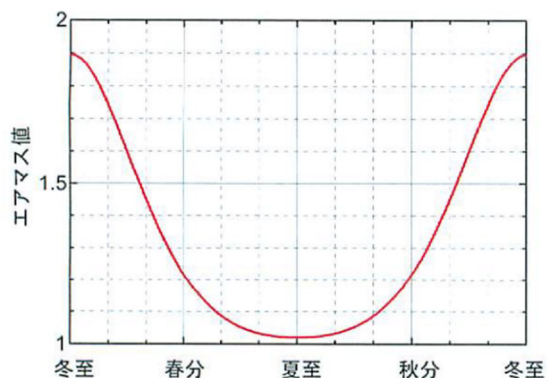


図 5 南中時のエアマス値の変化

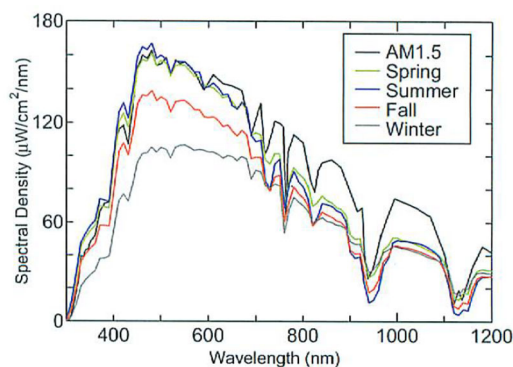


図 6 太陽光分光分布の季節変動(府中)

iv) まとめ(経時変化補正係数 $K_{PD}$ で用いる係数の整理)

以上より、汚れ補正係数 $K_{PDS}$ 、劣化補正係数 $K_{PDD}$ は、式(3)～式(5)の通り定めた。

$$K_{PDS} = 1.0 \quad (3)$$

$$K_{PDD} = 1.0 \quad (4)$$

$$K_{PDR} = \begin{cases} 0.96 & (\text{結晶系}) \\ 0.99 & (\text{アモルファス系}) \end{cases} \quad (5)$$

経時変化補正係数 $K_{PD}$ は、式(6)の通り定めた。

$$K_{PD} = \begin{cases} 0.96 & (\text{結晶系}) \\ 0.99 & (\text{アモルファス系}) \end{cases} \quad (6)$$

なお、結晶系以外のその他の種類については知見が十分ではないため、結晶系以外の太陽電池についてはアモルファス系の値を適用する。

(2) 温度補正係数

温度補正係数については、2.8 に後述する。

(3) アレイ負荷整合補正係数

i) 係数の決定

アレイ負荷整合補正係数 $K_{PA}$ は、負荷との見合いで決定されるアレイ電力の動作点が、どの程度太陽電池アレイの最大動作点からずれているかを示す補正係数である。JIS C 8907 には、システム形態が系統連携系では0.94、独立系では日射に追従した負荷を持つ場合は0.91、それ以外は0.89と推奨値が示されている。

独立形システムの使用は、電力会社の配電線から遠い山間部や離島に限られる(文献 16)。そのため、当面の間、住宅用発電システムのシステム出力係数算定の際は考慮の必要がないと考えられる。そこで、アレイ負荷整合補正係数 $K_{PA}$ は、JIS C 8907 において連携形として示されている値である0.94を用いる。

ii) 今後の課題

アレイ負荷整合補正係数 $K_{PA}$ の算出方法は、平成 12 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書に記載されている。計測データを用いて算出しており、15 年前のパワーコンディショナを対象として現在の JIS C 8907 の推奨値が制定されたと考えられる。現在の各パワーコンディショナメーカーの技術は進歩しており、当時に比較して最大出力制御(MPPT)の運用が向上しているものと思われる。

今回、十分な知見の蓄積がなかったことから、JIS で示される値のとおり0.94としたが、今後、知見の蓄積等が見られれば、現状の技術に適した設計係数の設定を行うことが望ましい。

#### (4) アレイ回路補正係数

アレイ回路補正係数 $K_{PM}$ は、太陽電池アレイの配線抵抗などによって生じる抵抗損失及び逆流防止デバイスによる損失を補正するための係数である。アレイ回路補正係数 $K_{PM}$ は、JIS に示される0.97とする。

#### 2.7.5. 蓄電池回路補正係数

蓄電池回路補正係数 $K_B$ は、蓄電池寄与率 $\gamma_{BA}$ 、蓄電池充放電効率 $\eta_{BA}$ 、バイパスエネルギー効率 $\eta_{BD}$ から算出される。

蓄電池に関わる補正係数想定の必要性を検討するため、蓄電池の今後の普及見込みや主な使用パターンを調査したところ、以下の知見を得た(文献 15)。

- 1) 現在のところ太陽光発電設備と蓄電池の併設事例はほとんど見られない。太陽光発電設備、蓄電池ともに導入コストが高いため、これが普及の阻害要因となっている可能性がある。
- 2) システムの設置形態として夜間電力貯蔵形で設置する場合、夜間の安価な電気で蓄電し、昼間は余剰電力を買取価格で売電するケースが生じるため、買取を敬遠する電力会社もある。一方、蓄電池併設の場合買取価格が少額となるため<sup>注</sup>、ユーザーにとってもメリットが少ないと言える。
- 3) 震災の影響もあり、今後蓄電池の普及が進むとすれば防災対応形での設置が基本になると考えられる。つまり、災害時以外は通常系統連系システムとして動作する。

<sup>注</sup> H23 年度の買取価格(設備容量 10 kW 未満)太陽光単独の場合 42 円/kWh、自家発電設備等(蓄電池・家庭用燃料電池等)併設の場合 32 円/kWh。

以上のところから、当面の間は、蓄電池に関わる補正係数は考慮の必要がないと判断した。

#### 2.7.6. パワーコンディショナ回路補正係数

パワーコンディショナ回路補正係数 $K_C$ は、直流取出し率、DC/DC コンバータ効率及びインバータ回路補正係数の積で表される。

##### (1) 直流取出し率

直流取出し率 $\gamma_{DC}$ は、アレイ直流回路中で直流電力を取り出す場合に、直流負荷電力量とアレイ発電量との比によって計算されるが、直流負荷が存在しない場合は0.0である。当面の間、家庭用の太陽光発電において、直流取り出しは考慮しないものとする。従って、直流取出し率 $\gamma_{DC}$ は考慮しない。

##### (2) DC/DC コンバータ効率

DC/DC コンバータ効率 $K_{DD}$ は、DC/DC コンバータエネルギー効率と DC/DC コンバータ出力回路補正係数の積で表される。DC/DC コンバータエネルギー効率は、DC/DC コンバータなどインバータ内部又は外部に直流変換器が接続されている場合に、DC/DC コンバータの入出力エネルギー効率を補正するための係数である。DC/DC コンバータ出力回路補正係数 $K_{DD}$ は、DC/DC コンバータ内の電子回路及び素子の SW レギュレータロスなどを考慮する補正係数であるが、無視できると考える。

当面の間、家庭用の太陽光発電において、直流取り出しは考慮しないものとする。従って、DC/DC コンバータ効率 $K_{DD}$ は考慮しない。

### (3) インバータ回路補正係数

JIS C 8907 にインバータ回路補正係数として0.90の値が示されており、平成 25 年省エネルギー基準ではこの値を採用していた。しかし、インバータの技術改善により、JIS C 8907 の制定時よりも効率が向上していることが予想される。そのため、インバータの効率改善状況とシステム出力係数へ与える影響について調査を行った結果が文献 15 に示されている。

#### i) インバータ効率の見直しについて

インバータ効率はこれまで向上してきたが、2010 年製品の平均定格効率は 93.6 % (48 製品の平均値) と比較的高い効率であり、今後は改善しても数%程度の見込みである。

総合設計係数算出の際は、インバータの定格効率ではなく実効効率を考慮しなければならない。インバータ製造業者により実効効率が提示されている場合はその値を用いると良いが、得られない場合は JIS C 8907 の推奨値である0.90を用いることが妥当と思われる。ただし、先に述べたとおり効率はこれまで改善傾向であったため、次回 JIS 改定時にメーカーから JIS 推奨値見直しの要望があった際は、推奨値変更の可能性はある。

#### ii) インバータ効率の評価の仕方

インバータ回路補正係数(パワーコンディショナ実効効率) $K_{IN}$ は、0.90であり、デフォルト値としてこの値を使用する一方で、何らかの定格値等の試験結果などを反映させる方法として、表 2 に示す 3 つの方法を検討した。以下、パワーコンディショナ(Power Conditioning System)を PCS と表記する。

表 2 PCS 実効効率の適用方法

	反映方法の種類	反映方法の詳細	入力項目
1	精算法	時刻別の負荷率から時刻別の実効効率を計算する	PCS 部分負荷効率 7 点 PCS 定格容量
2	簡易法 1	IEC 規格に基づき実効効率を計算する	PCS 部分負荷効率 6 点
3	簡易法 2	定格効率に実効効率を反映するための低減係数を乗じる	PCS 定格効率

#### ① 精算法による PCS 実効効率の計算フローと試算結果

- ・ PCS 定格容量、部分負荷効率を 7 点(負荷率 5 %,10 %,20 %,30 %,50 %,75 %,100 %)入力する。
- ・ 7 点の部分負荷効率間を線形補間する(5 %未満は外挿する)。
- ・ 時々刻々の負荷率(=PCS 入力電力/PCS 定格容量)から時刻別 PCS 実効効率を求め、時刻別の PCS 出力電力を算出する。

以上の方法より、積算した年間 PCS 入力電力及び年間 PCS 出力電力から年平均実効効率を算出する。

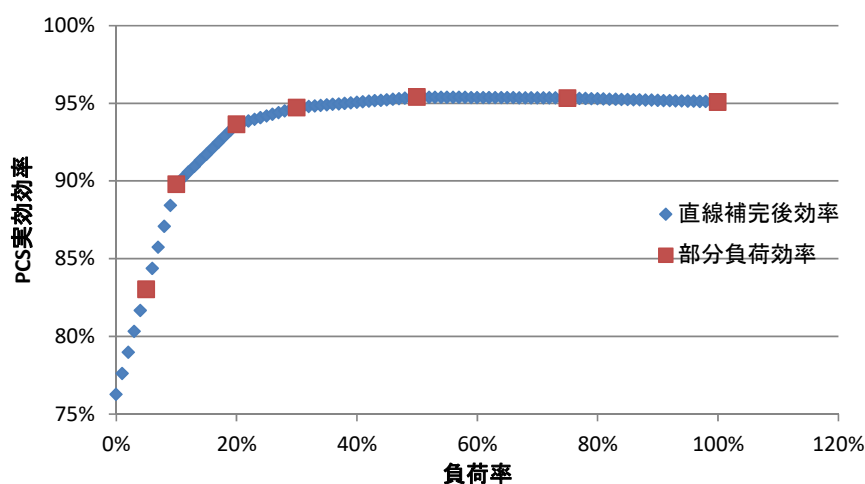


図 7 インバータ効率の補間のイメージ

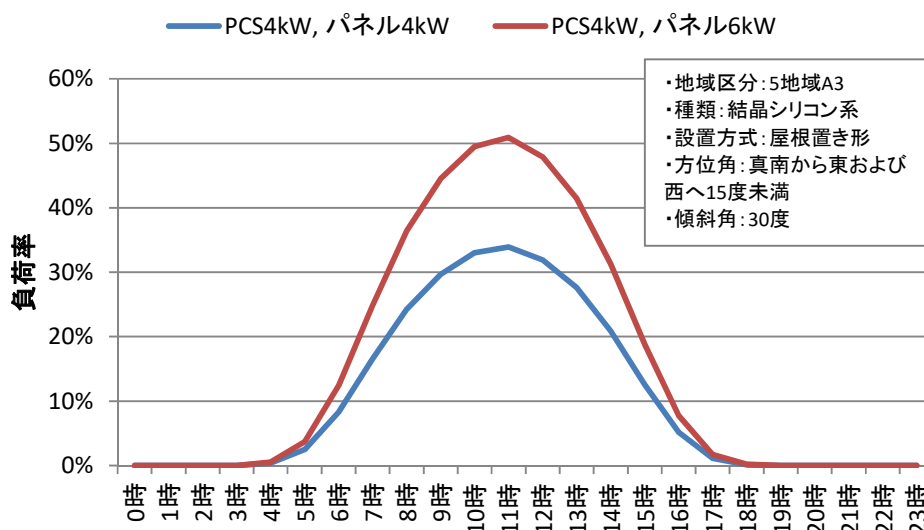


図 8 負荷率の変動の例

年平均の実効効率を試算した結果を表 3 に示す。同じインバータ効率曲線においても、パネルとの容量との相性で年平均効率が異なる結果となっていることがわかる。

表 3 年平均実効効率の試算結果

計算条件	試算結果
PCS 4 kW, パネル 4 kW	93.6 %
PCS 4 kW, パネル 6 kW	94.3 %

② 簡易法 1 による PCS 実効効率の計算フロー

- ・ 部分負荷効率を 6 点入力 (負荷率 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 50 %, 100 %) する。
- ・ 各部分負荷効率に重み係数を乗じて平均化する。

例えば、EU 基準 (IEC 規格) では、式 (7) により PCS 実効効率を計算する。

$$\eta_{EU} = 0.03 \cdot \eta_{5\%} + 0.06 \cdot \eta_{10\%} + 0.13 \cdot \eta_{20\%} + 0.10 \cdot \eta_{30\%} + 0.48 \cdot \eta_{50\%} + 0.20 \cdot \eta_{100\%} \quad (7)$$

ここで、

$\eta_{EU}$  : EU 基準による PCS 実効効率(-)

$\eta_{5\%}$  : 部分負荷率 5%における効率(-)

$\eta_{10\%}$  : 部分負荷率 10%における効率(-)

$\eta_{20\%}$  : 部分負荷率 20%における効率(-)

$\eta_{30\%}$  : 部分負荷率 30%における効率(-)

$\eta_{50\%}$  : 部分負荷率 50%における効率(-)

$\eta_{100\%}$  : 部分負荷率 100%における効率(-)

である。

<EU 基準の採用根拠について>

部分負荷効率の重みは対象地域ごとにアメダス日射量データに基づき設定することが理想であるが、部分負荷効率からの計算方法は日本で規格化されていないため、国外の規格を一時的に参照する。

図 9 では EU 基準(IEC 規格)または US 基準(UL 規格)に基づく実効効率と日本の日射データに基づく実効効率を比較した。実効効率が安全側となる規格を採用するという立場から、EU 基準が安全側の評価であり、簡易法 1 を採用するのであれば、EU 基準で示される重み係数を採用するのが望ましいと判断した。

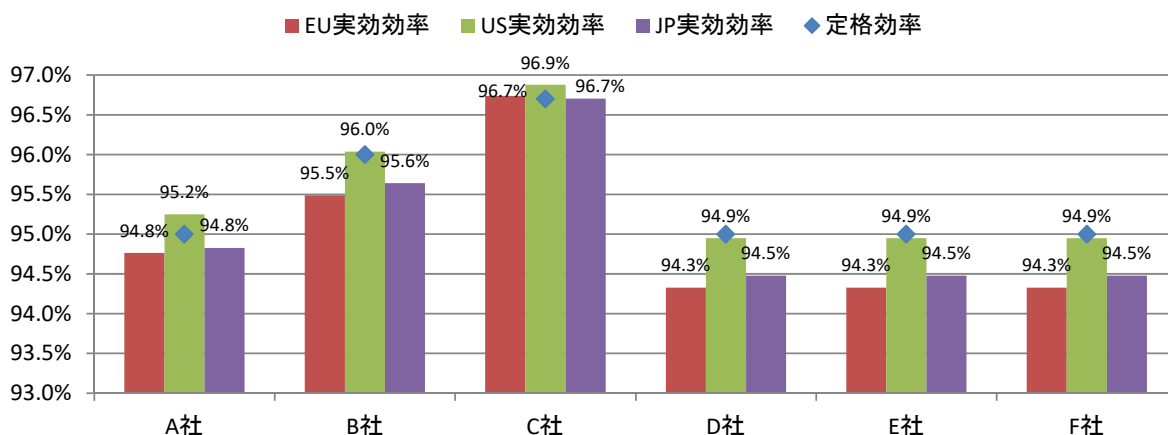


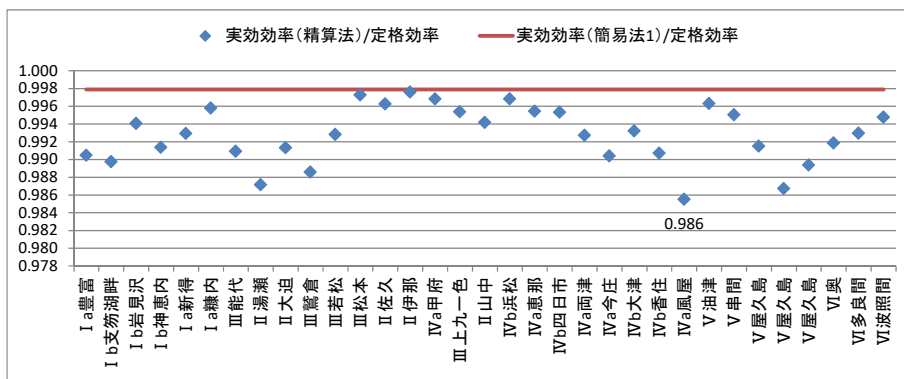
図 9 各種実効効率の比較

※JP 実効効率は省エネルギー基準日射区分 33 地点の平均

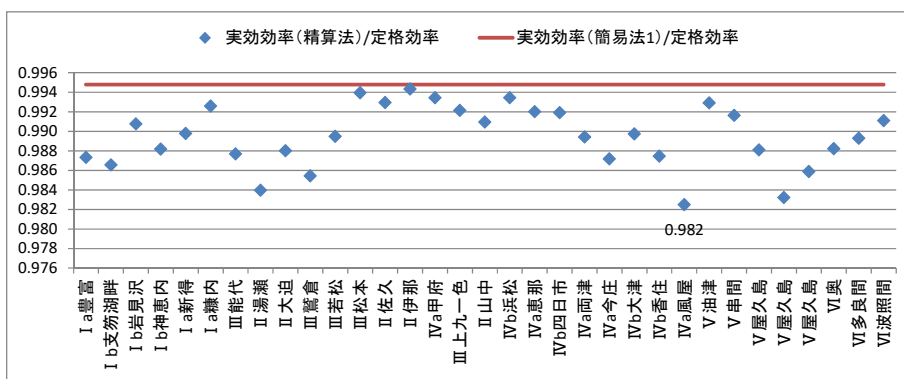
### ③ 簡易法 2 による PCS 実効効率の計算フロー

- ・ 定格効率(メーカー公称値)を入力する。
- ・ 定格効率に一定の係数を乗じ PCS 実効効率を算出する。

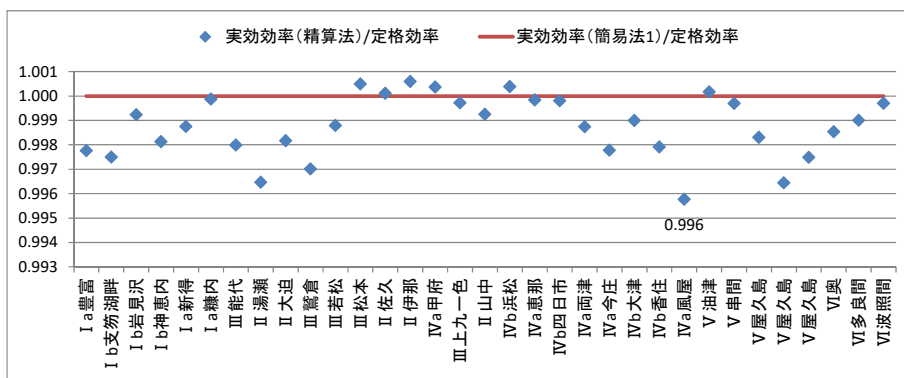
乗じる係数を決定するために、定格効率に対する実効効率の比を整理した(図 10)。その結果、係数としては、0.97(図 10 における値の最小値である 0.976 の小数点第三位を切り捨てた値)とした。



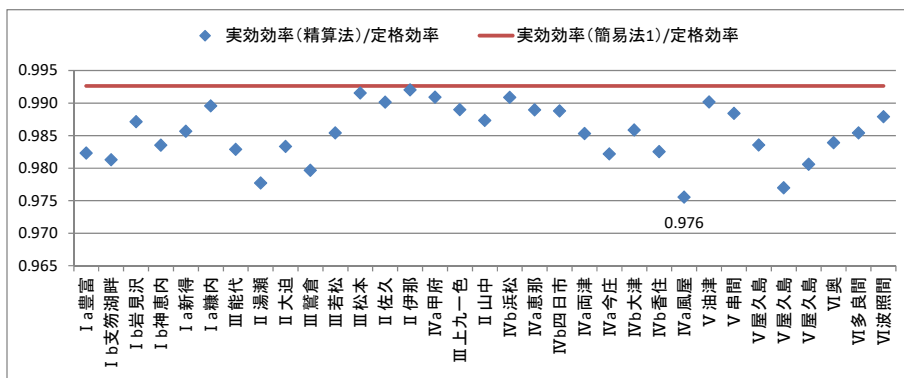
(a) A社



(b) B社



(c) C社



(d) DEF社

図 10 定格効率に対する実効効率の比



### iii) 係数の決定

PCS 実効効率の反映の仕方の違いによる評価結果を表 4 にまとめる。

表 4 メーカー各社製品の定格効率及び各計算方法の実効効率

	方法	A 社	B 社	C 社	DEF 社
定格効率	メーカー公称値	95.0 %	96.0 %	96.7 %	95.0 %
実効効率(精算法)	時刻別の計算	94.3 %	95.0 %	96.6 %	93.6 %
実効効率(簡易法 1)	EU 基準	94.8 %	95.5 %	96.7 %	94.3 %
実効効率(簡易法 2)	定格効率×0.97	92.2 %	93.1 %	93.8 %	92.2 %

※精算法は省エネルギー基準日射区分 33 地点の平均

精算法はインバータの容量や部分負荷効率を評価できるため、太陽電池アレイ容量との大小関係、特に過積載時における効率が評価できる。簡易法 1 は、インバータ容量を入力しないため、太陽電池アレイ容量との関係は評価できないものの、製品固有の部分負荷効率を評価できる。一方で、試験点数が多いことや、申請者の手間も多くなるため、評価にかかるコストが大きくなる。

今回の検討では、最も手間が少ない定格効率のみを入力する簡易法 2 が現時点では適切であると判断した。

## 2.8. 温度補正係数

日付 $d$ の時刻 $t$ における太陽電池アレイ $i$ の温度補正係数 $K_{PT,i,d,t}$ は、式(5)により表される。

$$K_{PT,i,d,t} = 1 + \alpha_{p,max,i} \times (\theta_{CR,i,d,t} - 25) \quad (5)$$

ここで、

$\alpha_{p,max,i}$  : 太陽電池アレイ $i$ の最大出力温度係数 (1/K)

$\theta_{CR,i,d,t}$  : 日付 $d$ の時刻 $t$ における太陽電池アレイ $i$ の加重平均太陽電池モジュール温度 (°C)

であり、太陽電池アレイの最大出力温度係数 $\alpha_{p,max,i}$ は、表 5 の値を用いるものとする。

表 5 太陽電池アレイの最大出力温度係数

結晶シリコン系	結晶シリコン系以外
-0.0041	-0.0020#

### 解説

結晶系の太陽電池はモジュール温度が上昇することにより出力が低下するため、この損失を温度補正係数 $K_{PT}$ として算定方法(黒枠内)の式(5)で求める。同式中の最大出力温度係数 $\alpha_{p,max,i}$ は、結晶系は JIS C 8907 の規格値(-0.0041)を参照した。

結晶系と比較して、アモルファスや一部の化合物は、モジュール温度上昇による出力低下の影響が小さい特性を持つ。そのため、結晶系以外は JIS C 8907 のアモルファス系の参照値として示される-0.0020を引用した。化合物系等のアモルファス以外の太陽電池は現在参照すべき数値がないため、アモルファスと同様の値を用いた。

日付*d*の時刻*t*における太陽電池アレイ*i*の加重平均太陽電池モジュール温度 $\theta_{CR,i,d,t}$ は、式(6)により表される。

$$\theta_{CR,i,d,t} = \theta_{A,d,t} + \left( \frac{f_{A,i}}{f_{B,i} \times (V_{i,d,t})^{0.8} + 1} + 2 \right) \times I_{s,i,d,t} \times 10^{-3} - 2 \quad (6)$$

ここで、

$\theta_{A,d,t}$  : 日付*d*の時刻*t*における外気温度(°C)

$V_{i,d,t}$  : 日付*d*の時刻*t*における太陽電池アレイ*i*の設置面における風速(m/s)

$I_{s,i,d,t}$  : 日付*d*の時刻*t*における太陽電池アレイ*i*の設置面の単位面積当たりの日射量(W/m<sup>2</sup>)

$f_{A,i}$ 、 $f_{B,i}$  : 太陽電池アレイ*i*における表 7 に定める設置方式に応じて表 6 より求まる係数

である。日付*d*の時刻*t*における外気温度 $\theta_{A,d,t}$ は「年間の日射地域区分」における外気温度を使用するものとし、その値を第十一章「その他」第二節「日射に関する地域の区分と日射量等」に示す。日付*d*の時刻*t*における太陽電池アレイ*i*の設置面における風速 $V_{i,d,t}$ は、地域区分、日付及び時刻によらず1.5に等しいとする。

表 6 係数 $f_A$ 及び $f_B$ の値

太陽電池アレイ設置方式	$f_A$	$f_B$
架台設置形	46	0.41
屋根置き形	50	0.38
その他	57	0.33

表 7 太陽電池アレイ設置方式の選択肢

設置方式	条件
架台設置形	太陽電池モジュールを、屋根と空隙を設けて間接に設置した太陽電池アレイで屋根置き形以外のものの場合
屋根置き形	太陽電池モジュールを、屋根と平行に空隙を設けて間接に設置した場合
その他	上記以外の設置方式で、屋根用アレイのうち「屋根材一体形」の場合、壁用アレイ及び窓用アレイ等の場合

## 2.8.1. 時刻別発電量の算出における加重平均太陽電池モジュール温度について

### (1) モジュール温度上昇に関する問題点と対応策

JIS C 8907 は月、年単位での発電量算出を目的とした算出手法であり、時刻別発電量の算出にはそのまま適用できない。JIS C 8907 では、加重平均太陽電池モジュール温度は日射強度で重み付けしたモジュール温度の平均値として解釈されているが、月平均温度の変数として算出しており、日射量は変数に含まれていない。1 日単位の評価であればこれもやむをえないが、1 時間単位の評価の場合は日射量の日内の変動が大きく、太陽光発電の自家消費分の計算などを精緻に行うためには、時刻別の日射量を考慮すべきであると考えた。

JIS C 8907 附属書 3 にシステムの運転特性として 1 時間以下のアレイ温度上昇を推定する式(算定方法(黒枠内)の式(6)と同等)が記載されている。この式には変数として日射強度(日射量)が含まれるため、この式を用いてアレイの温度を推定し、算定方法(黒枠内)の式(5)に代入することにより時刻別の温度補正係数 $K_{PT}$ を算出することとした。

なお、算定方法(黒枠内)の式(6)の適用範囲は結晶系シリコン太陽電池、またアモルファスシリコン太陽電池である。化合物系等の他の太陽電池は適用外であるが、他に推定式がないことから、本計算方法では全ての太陽電池において算定方法(黒枠内)の式(6)を用いる。

## (2) 温度補正係数の比較

加重平均太陽電池モジュール温度の計算方法について、JIS C 8907 で定義されている式(以下、JIS 年間発電量算出式と呼ぶ)及び算定方法(黒枠内)の式(6)(以下特性評価式と呼ぶ)を用いて温度補正係数 $K_{PT}$ を算出し、両結果の比較を行った。計算条件を表 5 に示す。なお、最大出力温度係数は $-0.45$ とした。

地域別に温度補正係数 $K_{PT}$ の計算を行った結果を図 11 及び図 12 に示す。ここでは、特性評価式を用いた結果は、時刻別に求めた温度補正係数 $K_{PT}$ を各時刻の日射量で加重平均を行った年平均値となっている。特性評価式及び JIS 年間発電量算出式の結果は大きく異なる。最も差の大きい那覇においても、差は架台設置形で 0.019、屋根材形で 0.027 と僅かである。

また、特性評価式を用いて時刻別に温度補正係数 $K_{PT}$ を算出した結果を図 13、図 14 に示す。いずれの時間帯も、温度補正係数 $K_{PT}$ は寒冷地域ほど大きいことがわかる。

表 5 計算条件

項目	条件
使用する気象データ	日本建築学会「拡張アメダス気象データ」標準年(1980~1995年)の日射量及び風速
設置条件	南向き傾斜角 30°
アレイ設置方式	架台設置形及び屋根材形
推計地域	断熱性能の各地域の区分の 8 都市(北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、宮崎、那覇)

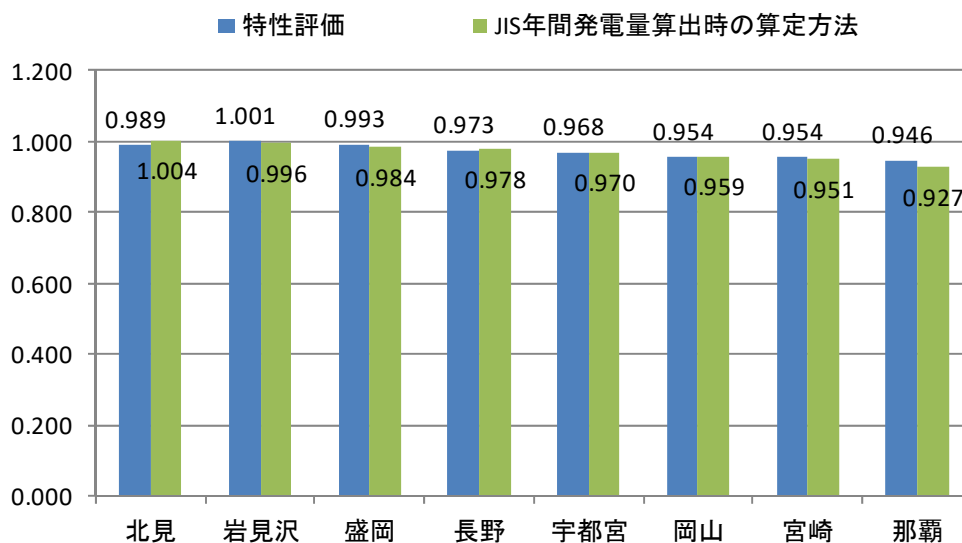


図 11 温度補正係数推計結果(架台設置形)

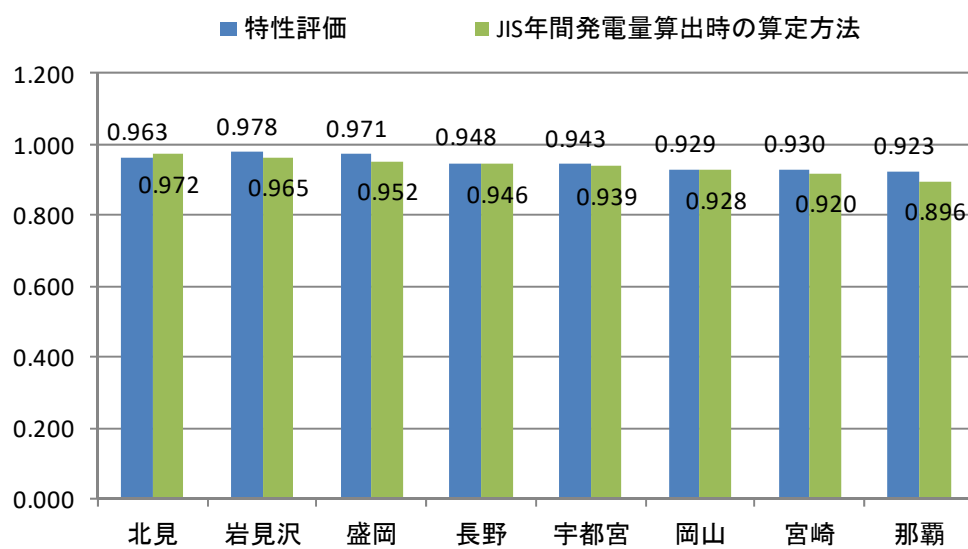


図 12 温度補正係数推計結果(屋根材形)

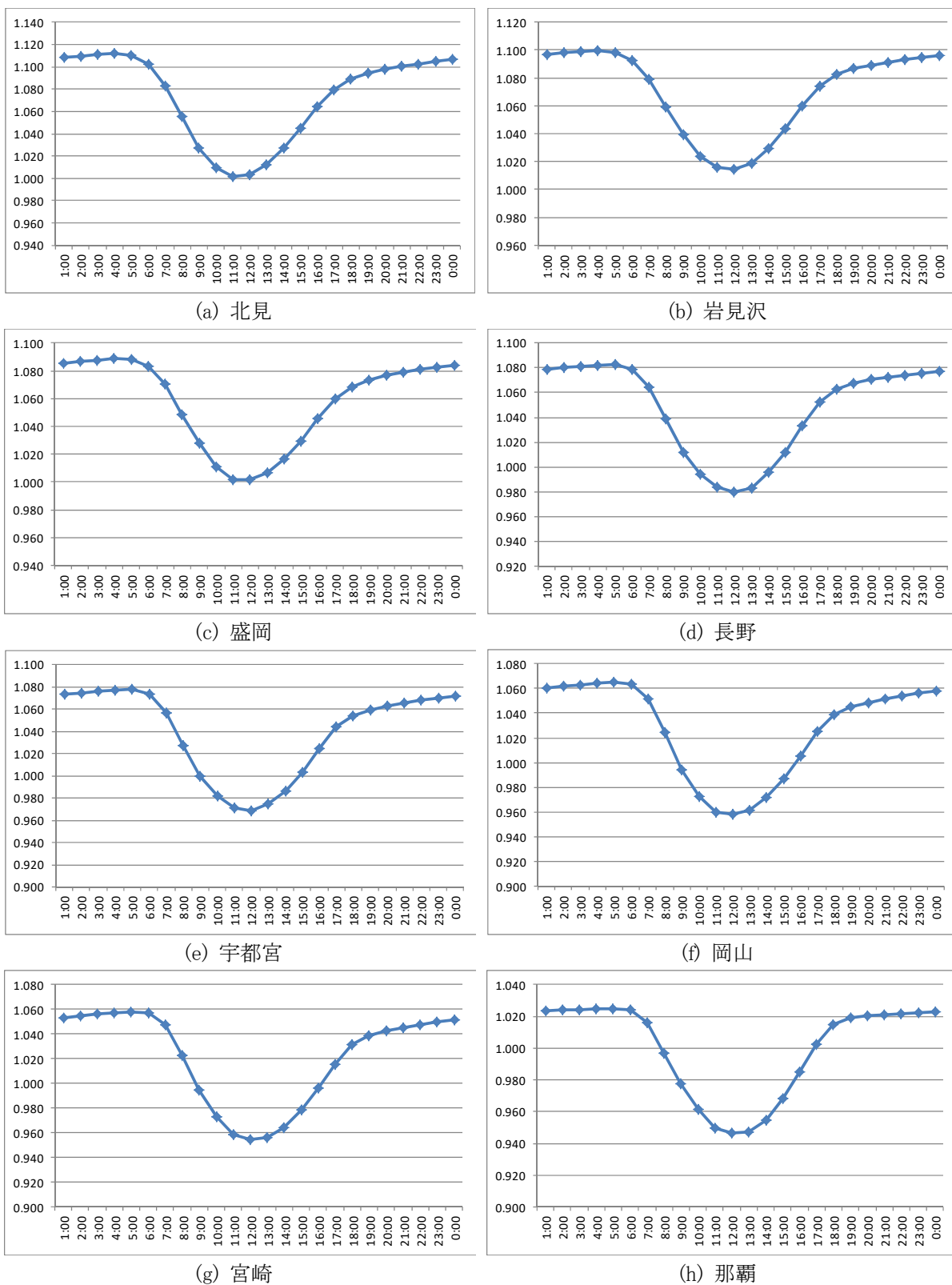


図 13 時刻別温度補正係数推計結果(架台設置形)

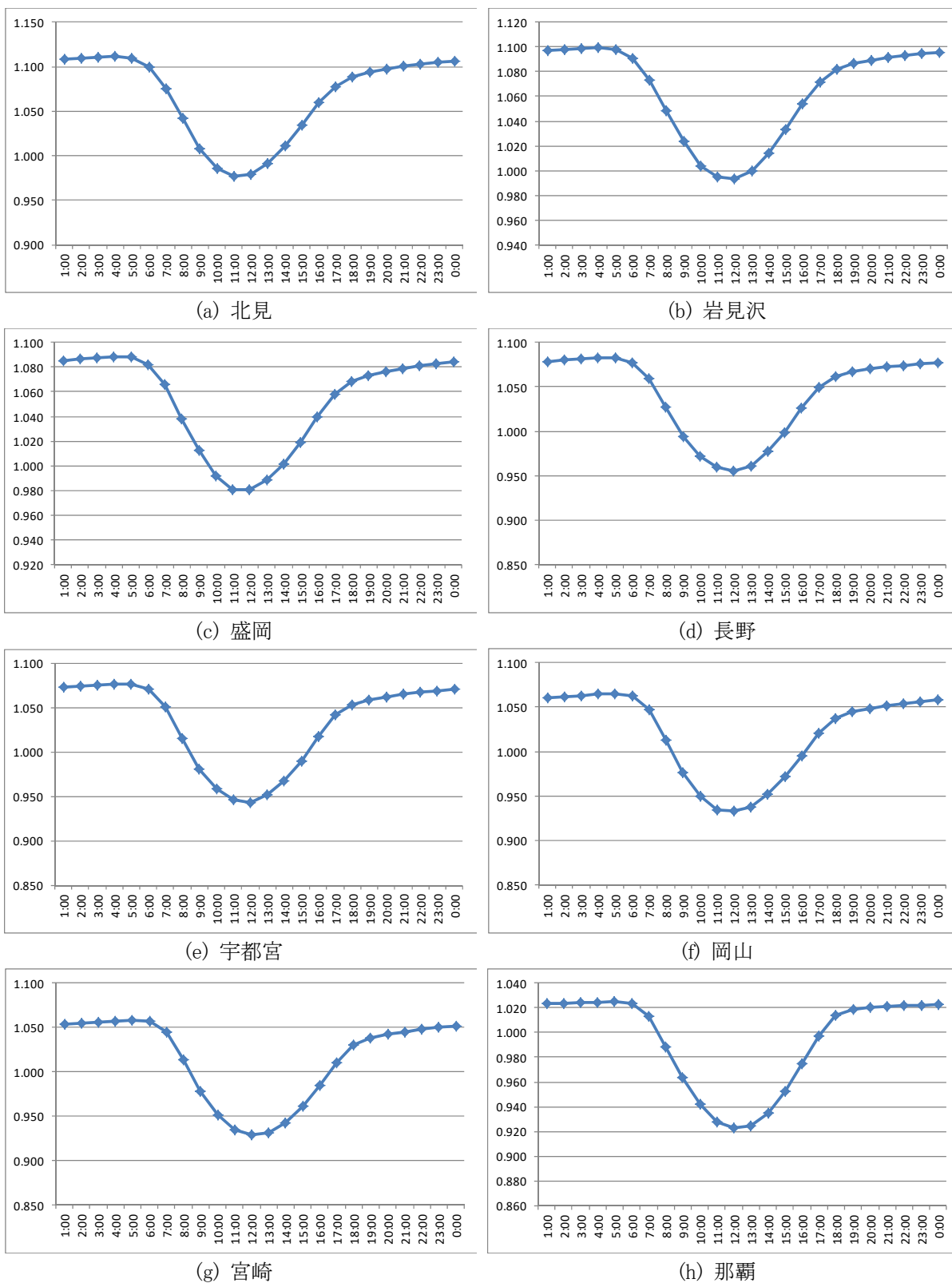


図 14 時刻別温度補正係数推計結果(屋根材形)

## 2.8.2. 風速について

太陽電池の発電量は、モジュール温度の影響を受けて変化する。そのため、発電量を補正する温度補正係数 $K_{PT}$ を求める算定方法(黒枠内)の式(6)には、モジュール温度を左右する日射量や外気温度等に加えて、風速の影響も加味されている。

しかし、太陽電池アレイ近傍の風速を適切に予測して発電量の算定に反映させることは、屋根の形状や設置位置、設置方式が決定していても、当該立地の気象条件やその他の条件に影響されるため、困難であると言わざるをえない。温度補正係数 $K_{PT}$ は風速の増大とともに大きくなる(発電量が大きく算定される)ことから、発電量を過大に見積もらないようにする観点に立って、適切に風速を決定しなければならない。

### (1) 風速が温度補正係数に及ぼす影響の検討

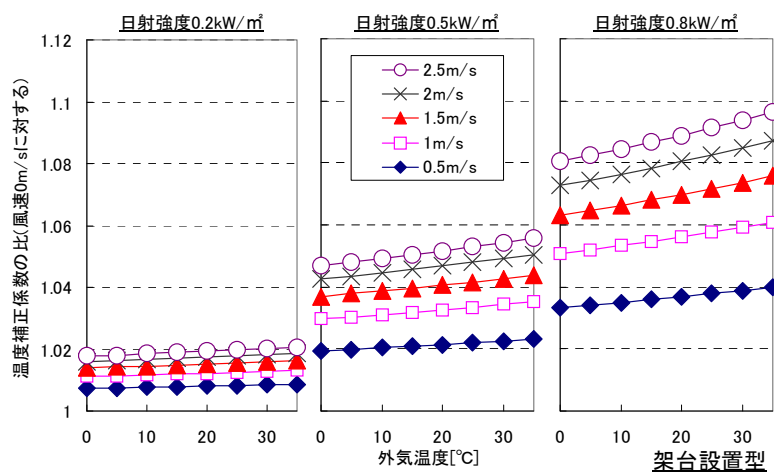
風速が温度補正係数に及ぼす影響を、以下の条件について検討した。

- ・外気温度 $T_A$ : 0、5、10、15、20、25、30、35 °C
- ・太陽電池アレイ接地面の単位面積当たりの日射量 $Q_G$ : 0.2、0.5、0.8 kW/m<sup>2</sup>
- ・風速: 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 m/s
- ・太陽電池アレイ設置方式: 架台設置型、屋根置き型、屋根一体型

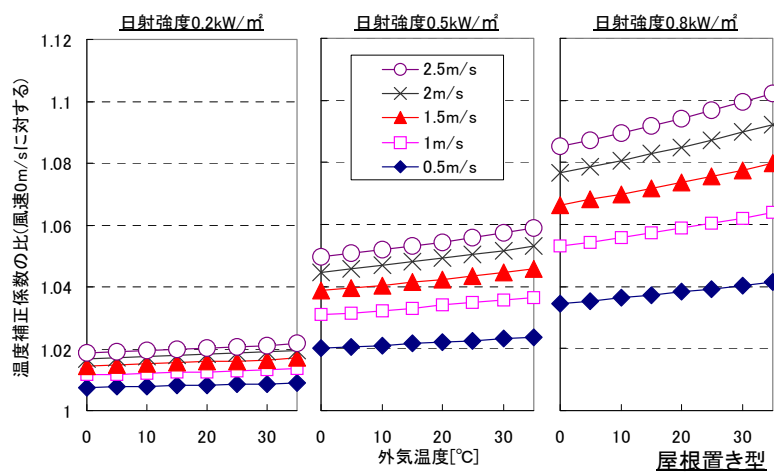
図 15 に、風速が及ぼす温度補正係数の変化を、風速 0 m/s における温度補正係数に対する比として、日射量、設置方式別に示す。風速と温度補正係数、温度補正係数比(風速 0 m/s の温度補正係数に対する比)の関係について得られる知見は以下のとおりである。

- ・ 風速が大きくなると温度補正係数は大きくなる(発電量が増大する)。風速の感度は低風速域で大きい。
- ・ 日射量が小さいと温度補正係数比に対する風速の感度は小さくなる。
- ・ 外気温度が高くなると温度補正係数比は小さくなるが、風速や日射量と比較して感度は小さい。
- ・ 架台設置型、屋根置き型、屋根材型の順に温度補正係数比は大きくなるが、風速や日射量と比較して感度は小さい。
- ・ 風速が温度補正係数に及ぼす影響は、日射量と風速が大きいときでも 10 %程度の増大(日射量 0.8 kW/m<sup>2</sup>、風速 2.5 m/s)にとどまる。太陽電池アレイに入射する日射量が大きく、かつ風速が大きい時間帯はそれほど大きくないと想定されることから、温度補正係数への風速の感度はそれほど大きくないといえる。

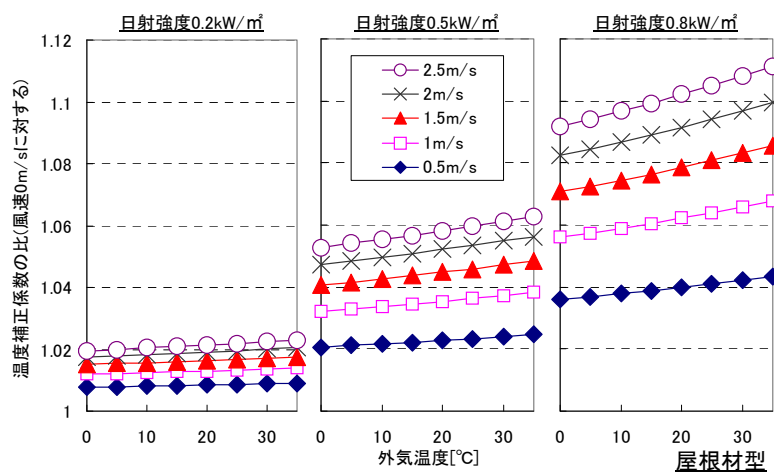




(a) 架台設置型



(b) 屋根置き型



(c) 屋根材型

図 15 風速と温度補正係数比の関係

## (2) 温度補正係数の地域別試算

温度補正係数を求める算定方法(黒枠内)の式(5)に、気象データを適用して発電量を試算し、温度補正係数に風速が及ぼす影響を検討した。気象データには、日本建築学会「拡張アメダス気象データ」標準年(1980～1995年)の日射量及び風速を用い、気象データ収録の風速データ(戸建住宅の軒高相当の地上 6.5 m/s 高さの風速)を直接適用した場合と、風速を 0 m/s を適用した場合について試算した。

太陽光発電パネルは架台設置型で南向き、傾斜角 30° で設置したものと想定し、断熱性能の各地域の区分の 8 都市(北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、宮崎、那覇)について試算を行った。

図 16 に温度補正係数の地域別の比較を示す。また、気象条件の風速を適用した場合と風速 0 m/s を適用した場合の比が大きくなる那覇について、温度補正係数の経時変化を図 17 に示す。

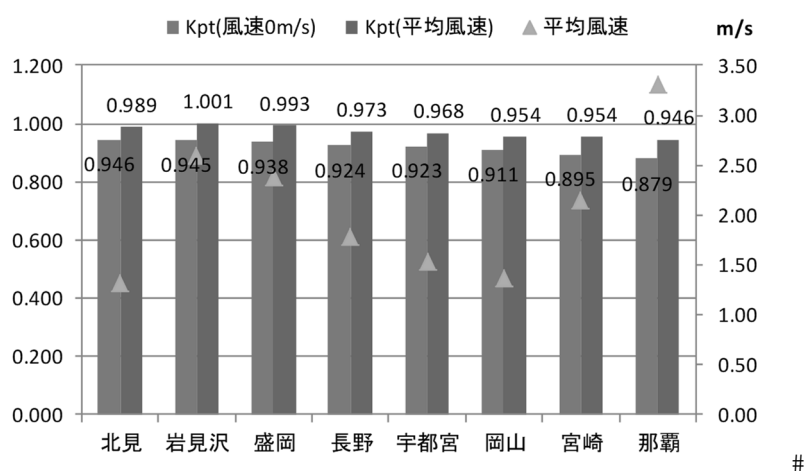


図 16 温度補正係数(年平均)の比較

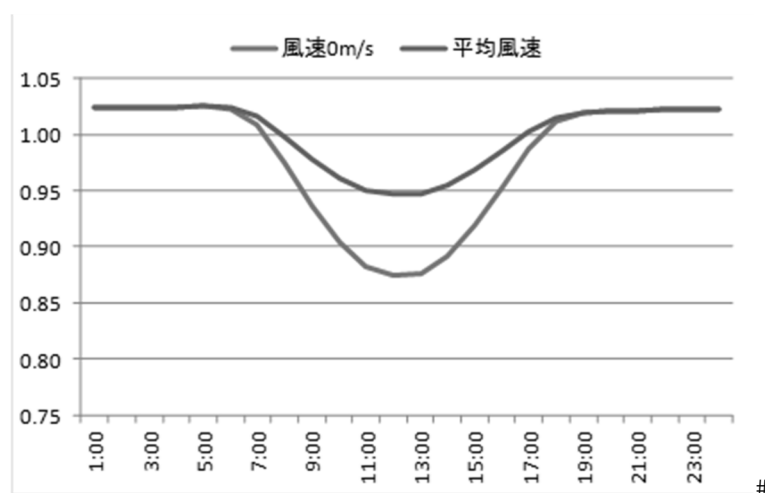


図 17 温度補正係数(時刻別年平均)の推移(那覇)

温度補正係数を地域別に試算した結果から得られる知見は以下のとおりである。

- ・ 気象条件の風速を適用した場合と風速 0 m/s を適用した場合で、都市ごとの違いはほとんどない。違いの大きい那覇であっても、気象条件の風速を適用した場合の温度補正係数の年平均値は、風速 0 m/s として試算した場合の 7%増であり、他の都市は 5%程度の増大にとどまる。
- ・ 那覇の経時的な推移(図 17)からは、最も差の大きい正午であっても、気象条件の風速を適用した場合の温度補正係数の年平均値は、風速 0 m/s とした場合の 9%増となる。

この検討で使用した気象データ収録の風速は、一般に周囲の影響の少ない状態での測定値であることから、太陽電池アレイ近傍における風速は、屋根、太陽電池アレイ設置位置、方位等の影響により、気象データ収録の風速以下になる状況が多いと考えられる。そのため、実際の温度補正係数は、気象データ収録の風速を用いた場合の値と風速 0 m/s とした場合の値の間の値になると考えられる。したがって、実際の太陽光発電パネル設置状況における温度補正係数に及ぼす風速の影響は 5 %程度かそれ以下であると想定することができる。

### (3) 風速設定に関する考察

以上の検討から、風速が温度補正係数に及ぼす影響はそれほど大きくなく、瞬時的な影響では大きくても 10 %程度(日射量が大きくかつ風速が大きい場合)であり、年間発電量に及ぼす影響は 5 %程度かそれ以下であるといえる。温度補正係数における風速の感度が小さいため、風速を厳密に定める必要性は低いといつてよく、太陽光発電設備の発電量の評価に当たっては適度な風速値を定めればよいと考えられる。

太陽光発電設備によるエネルギー消費量削減効果を過大に評価しすぎない観点からは、小さな風速値を設定することが考えられる。平成 25 年省エネルギー基準では風速を 0.0 m/s に設定していたが、外部風速を常に考慮しないことは、過小に評価しすぎる可能性が高い。合理的に風速値を設定することは困難であるが、拡張アメダス気象データに収録された 842 地点のうち、9 割が 1 m/s 以上、三分の二が 1.5 m/s 以上の年間平均風速を記録している(図 18)ことから、0 m/s を上回る風速値として、気象データ収録の風速の四分の一～三分の一程度のオーダーとなる 1.5 m/s と設定することには問題は生じないと考えられる。

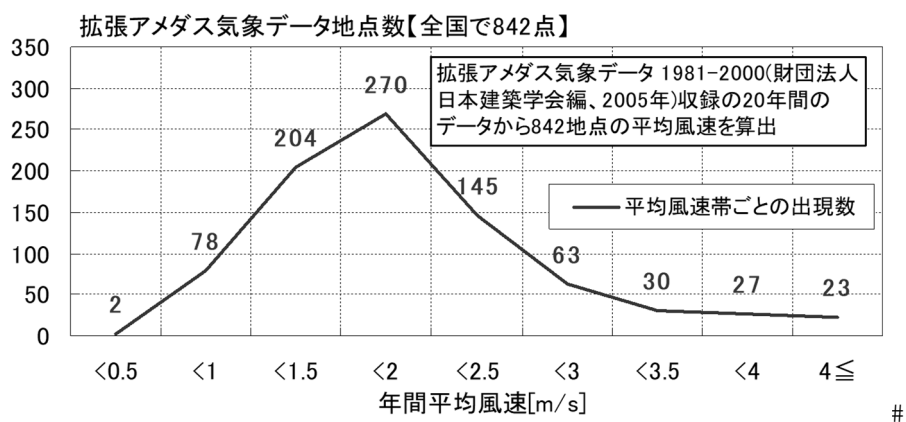


図 18 平均風速レベルと観測点数

#### (4) 風速 1.5 m/s に設定することの影響

風速を 1.5 m/s に設定することによる影響を確認する。風速 0.0 m/s に対する風速 1.5 m/s に設定した発電量の比を次の条件により確認した。

太陽電池アレイ種類:結晶シリコン系  
 設置方式:屋根置き形  
 設置方位角:真南から東および西へ 15 度未満  
 太陽電池アレイ傾斜角:30 度  
 年間の日射地域区分:A3 区分(年間の日射量が中程度の地域)

計算結果を表 6 に示す。各地域 4%程度の発電量の増加が見られる。

表 6 風速の設定が発電量に与える影響

地域の区分	地点名	年平均モジュール温度(°C)		発電量(kWh/kW)		発電量比 (②/①)
		風速 0.0 m/s 時	風速 1.5 m/s 時	風速 0.0 m/s 時 ①	風速 1.5 m/s 時 ②	
1 地域	糖内	11.7	8.8	1,061	1,107	+4.3%
2 地域	岩見沢	13.5	10.8	967	1,007	+4.1%
3 地域	山中	15.0	12.3	981	1,022	+4.2%
4 地域	若松	17.2	14.6	917	955	+4.1%
5 地域	両津	18.9	16.4	905	943	+4.2%
6 地域	大津	20.6	18.0	923	960	+4.0%
7 地域	屋久島	24.7	22.2	863	898	+4.0%
8 地域	奥	25.9	23.4	870	904	+3.8%

#### 2.8.3. 太陽電池アレイの設置方式

太陽電池アレイ設置方式は、「架台設置形」、「屋根置き形」及び「その他」に分類して評価を行う。太陽電池は一般的にモジュール温度が高くなると出力が低下する傾向があるが、太陽電池アレイの設置方式によってモジュール温度上昇の傾向が異なるため、太陽電池アレイの設置方式を選択することにより、その効果を評価することとしている。また、太陽電池アレイの設置方式には「架台設置形」、「屋根置き形」以外にも「屋根材一体形」、「窓用アレイ」、「壁用アレイ」等の設置方式があるが、「窓用アレイ」、「壁用アレイ」におけるモジュール温度上昇の傾向は現状では明らかになっておらず、個別に評価することができなかつたために、本計算方法では「その他」に分類し、既知の最も安全側の「屋根一体形」の数値を用いることとした。なお、太陽電池アレイ設置方式の選択肢及び算定方法(黒枠内)の表 6 の各値は JIS C 8907 の附属書 3 を参照している。

「架台設置形」は、陸屋根等で架台自体に傾斜を設けて太陽電池アレイを設置するもので、太陽電池アレイ裏面に比較的大きな空間が確保されるものを想定している。したがって、他の選択肢と比較して最もモジュール温度上昇が小さいものと評価されている。

「屋根置き型」は、架台自体に傾斜を設けず、屋根勾配なりに太陽電池アレイを設置するもので、アレイ裏面に通風経路を設けてモジュール温度上昇に配慮したものもある。JIS C 8907 ではアレイ裏面に通風経路を設けたもので測定を行った結果を示している。本来であれば裏面の通風経路の有無等によってモジュール温度上昇の傾向は異なることが予想され、分けて評価するべきではあるが、そのための既知の根拠が十分でないことや、図面等での通風経路の有無の確認が困難なことなどから、本計算方法では通風経路の有無に関わらず屋根勾配なりに架台を介して太陽電池アレイ設置するものを対象とすることとした。

「その他」は、JIS C 8907 における「屋根一体型」の値を参照しており、他の設置方式と比較すると最も安全側の値となっている。JIS C 8907 による測定では、太陽電池アレイの裏面に通風経路が確保されたものを対象としている。本計算方法では、「その他」の選択肢に「屋根一体形」のほか、「壁用アレイ」、「窓用アレイ」等を含めることとした。本来であれば「屋根材一体形」でも裏面の通風経路の有無等によってモジュール温度上昇の傾向は異なることが予想されるほか、窓用アレイや壁用アレイを屋根材一体型と同じ値で評価することは望ましくないが、「屋根置き形」と同様に適切な値を算出する根拠がないため、全て「その他」として評価を行うこととした。

設置方法の区別については、算定方法(黒枠内)の表 7(前掲)に基づいて行うこととした。

#### 2.8.4. 係数の決定

温度補正係数 $K_{PT}$ は、算定方法(黒枠内)の式(5)及び表 6 で表されるとし、その場合の風速を 1.5 m/s とする。

### 3. 今後の課題

本計算方法では、JIS 等で規格化された方法に基づいて評価を行っている。しかし、太陽光発電設備は近年著しい技術開発が行われており、市場の技術に対して規格化が追いついていない状況にある。モジュールの種類に関しては、結晶シリコン系及びアモルファスについては規格が整備されているが、化合物系や有機系等は出力をはじめとした各種特性の評価方法が規格として整備されておらず、今後の対応が望まれる。また、モジュール温度の推定についても、様々な設置方式に対応した推定方法が整備されておらず、十分な精度で評価できているとはいえない。太陽光発電設備の需要は今後増加すると考えられるため、より精緻な評価が可能となるよう、情報の蓄積と標準化された評価方法の整備が望まれる。

JIS C 8907 は月積算日射量から月間のシステム発電電力量を求めることを目的として作成された規格であり、アレイ温度上昇の推定等も月積算の発電量の推定を目的としている。一方、本計算方法では 1 時間ごとに発電電力量の計算を行っており、時間帯別の発電量の推定精度は発電電力量のうち自家消費分の多寡に影響を与えるため、本計算方法における設計一次エネルギー消費量削減分の評価に大きく影響を与えることが想定される。今後、評価において時刻別の発電量算出に関わる設計係数をどのように定めるのか検討の余地が残されているといえる。

太陽電池セルは、電流源をダイオードと並列に接続した回路でモデル化できるが、温度上昇の効果はダイオードの温度特性に依存する。そのため温度補正係数を時刻別に算出する際は、ダイオードの温度特性を考慮し求めなければならない。今回は算出方法を明らかにすることができず、JIS C 8907 附属書 3 に示された式を参照している。今後、ダイオードの温度特性を考慮した算出式については検討を要する。

#### 4. 参考文献

- 1) JIS C 8907:2005「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」
- 2) 太陽光発電協会「太陽光発電システムの設計と施工」
- 3) 平成 23 年度建築基準整備促進事業「エネルギー消費量推定に必要となる設備・機器の性能指標の要件と活用方法の検討」
- 4) JIS C 8951「太陽電池アレイ通則」
- 5) JIS C 8952「太陽電池アレイの表示方法」
- 6) JIS C 8953「結晶系太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法」
- 7) JIS C 8990「地上設置の結晶シリコン太陽電池(PV)モジュール設計適格性確認及び型式認証のための要求事項」
- 8) JIS C 8991「地上設置の薄膜太陽電池(PV)モジュール設計適格性確認及び型式認証のための要求事項」
- 9) JIS C 8918「結晶系太陽電池モジュール」
- 10) JIS C 8914「結晶系太陽電池モジュール出力測定方法」
- 11) JIS C 8913「結晶系太陽電池セル出力測定方法」
- 12) JIS C 8939「アモルファス太陽電池モジュール」
- 13) JIS C 8943「多接合太陽電池セル・モジュール屋内出力測定方法(基準要素セル法)」
- 14) JIS C8960「太陽光発電用語」
- 15) 建築研究所「建築研究資料 No.188 太陽光発電設備の年間発電量の推計方法に関する調査」、2018年1月
- 16) オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」改訂4版

## 5. 本資料作成にあたって

本資料に記した技術的知見は、一般社団法人日本サステナブル建築協会に設置された検討会「平成 26 年住宅省エネシステム検討委員会設備基準 WG(住宅)(主査:澤地孝男(国交省国土技術政策総合研究所(当時))」下の太陽光発電 SWG(主査:三浦尚志(国交省国土技術政策総合研究所(当時)))において取り纏められたものである。

本資料の作成は、一般社団法人日本サステナブル建築協会における委員会活動の一環(執筆協力:佐藤エネルギーリサーチ株式会社)として行われたものである。本資料は主として三浦尚志(国立研究開発法人建築研究所)及び羽原宏美(国土交通省国土技術政策総合研究所)によって執筆された。

執筆にあたって、西澤繁毅氏(国土交通省国土技術政策総合研究所)には根拠資料の整理をする上で多くの協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。