

## 第2章 総合設計係数に関する既往知見の整理

### 2.1 検討事項

本調査では、既往の太陽光発電の発電量の推定方法を省エネ基準に適用するにあたり、総合設計係数（システム出力係数） $K$ の算出に関わる設置形態及び出力損失（補正係数）について検討する。最初に太陽電池の種類、特に結晶型以外の太陽光発電のシェアについて調査し、太陽電池の種類別の区別に各係数を設定する必要性の有無について検討する。次に、総合設計係数を構成する各種係数ごとに、ヒアリング結果等を踏まえながら既往知見を整理する。

## 2.2 太陽電池の種類

### ① 概要

太陽電池は図2.2.1に示すように分類される。

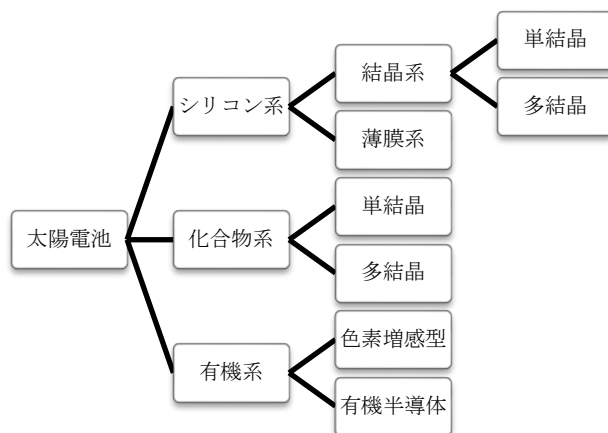


図2.2.1 太陽電池の分類

シリコン系結晶系以外の太陽光発電の出荷が増加傾向である。これらの太陽光発電は結晶系と特性が異なる。各種係数を設定する、あるいは設定の必要性の有無を判断するために、結晶系以外の太陽光発電のシステムのシェアや技術動向を調査した。

### ② 種別（結晶、薄膜等）出荷状況と今後の出荷見通しについて（ヒアリングA）

- ・住宅向けの種別のお荷量の推移は図2.2.2から図2.2.4のとおりである。
- ・出荷統計において、HITなど薄膜と結晶の複層タイプはSi単結晶に含まれる。その他はCIS型など化合物型が含まれる。今後の出荷量やシェアの動向は、見通しが立たず不明である。

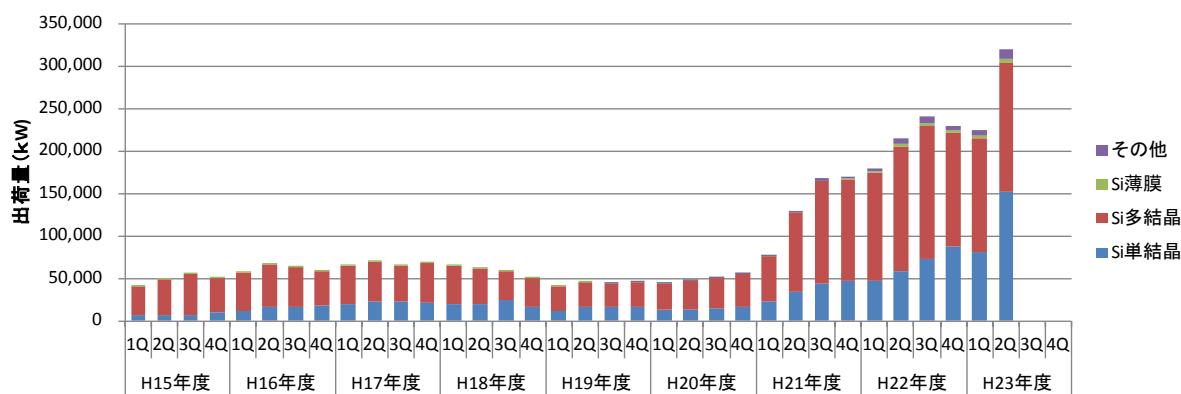


図2.2.2 住宅用品種別出荷量（四半期）

\*出所：太陽光発電協会

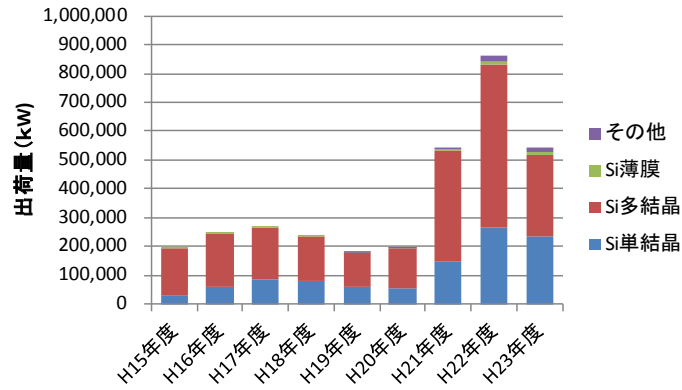


図2.2.3 住宅用品種別出荷量 (年度)

\*出所：太陽光発電協会

注：H23年度は第2四半期までの合計出荷量

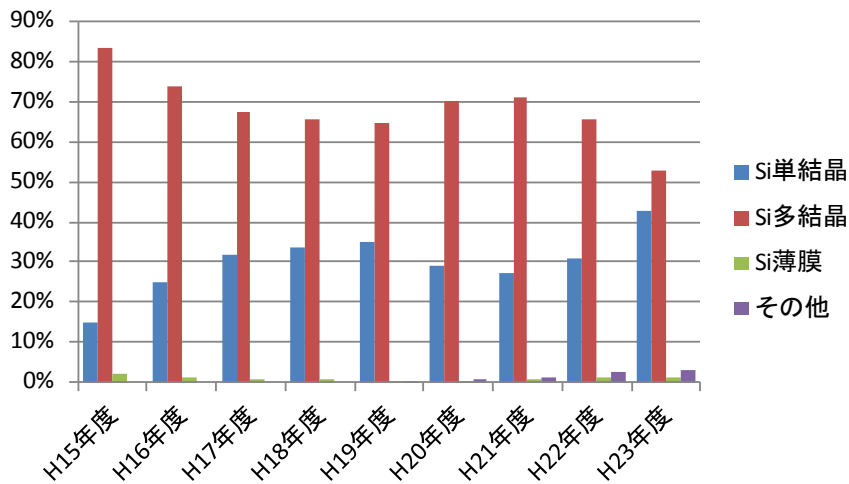


図2.2.4 住宅用品種別出荷比率

出所：太陽光発電協会

注：H23年度は第2四半期までの出荷量における比率

### ③ 海外製品のシェア（ヒアリングA）

- ・海外製品のシェアは15%前後で推移している（図2.2.5）。種類は結晶型が主である（図2.2.6）。主に中国、ヨーロッパ、アメリカから輸入している。欧米の製品でも製造が東南アジアの場合がある。

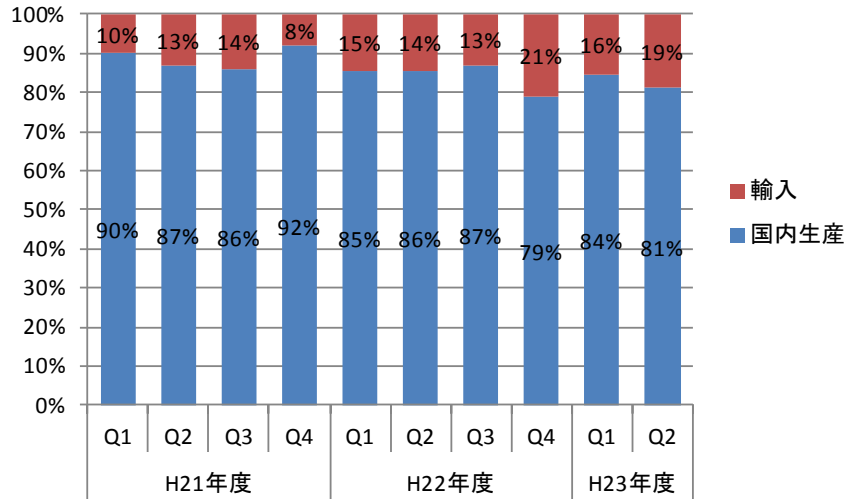


図2.2.5 国内出荷量における国内生産と輸入のシェア

出所：太陽光発電協会

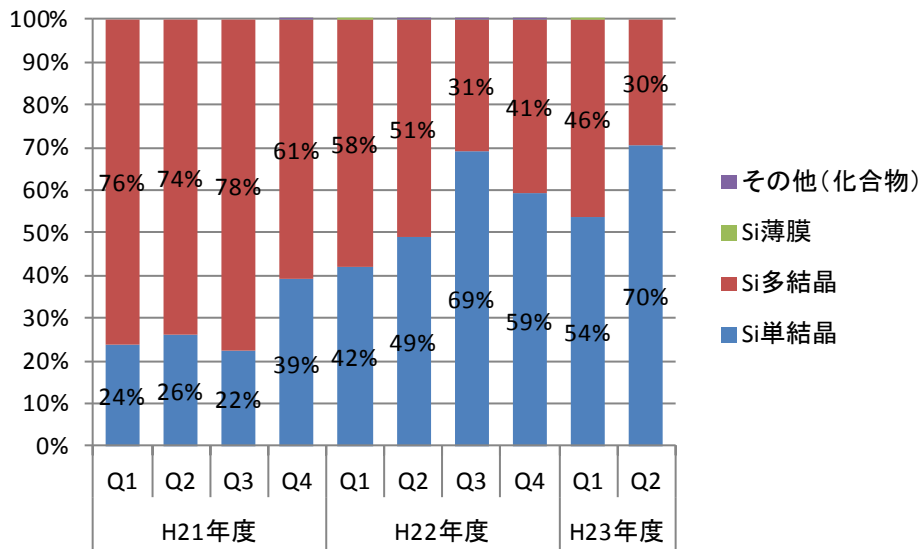


図2.2.6 輸入製品における種別構成比

出所：太陽光発電協会

#### ④ 結晶型以外の太陽光発電について（ヒアリングB）

- ・アモルファス型、化合物型の発電量データを収集中である。なお、アモルファス型と結晶型のシステム出力係数の違いは、温度補正係数に集約される。アモルファス型は熱で発電量が回復する特性を持つためである（アニール効果）。
- ・JISC8907にアモルファスの温度補正係数の参考値は示されているが、アモルファスの技術も向上していることもあり、係数値は再検討するほうが良い。

#### ⑤ ヒアリングのまとめ

図2.2.7、図2.2.8に住宅用太陽光発電の種別出荷量、構成比をまとめる。Si薄膜型、その他といった結晶型以外の太陽光発電が、シェアは僅かであるが増加傾向であることがわかる。ただし、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、太陽光発電の業界においても見通しが立てられないとのことであった。

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、ヒアリングBより、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（ソーラーフロンティア株式会社ホームページ（<http://www.solar-frontier.com/jp/>）より）。

アモルファス型についてはJIS C 8907に経時変化補正係数 $K_{PD}$ 、温度補正係数 $K_{PT}$ の参考値は示されているが、この後技術の改善が進んでおり再検討すべきであるとの指摘があった。

現状の結晶型以外の出荷率が僅かであり（H22年度3.8%）、またJISC8907参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結論づけた。

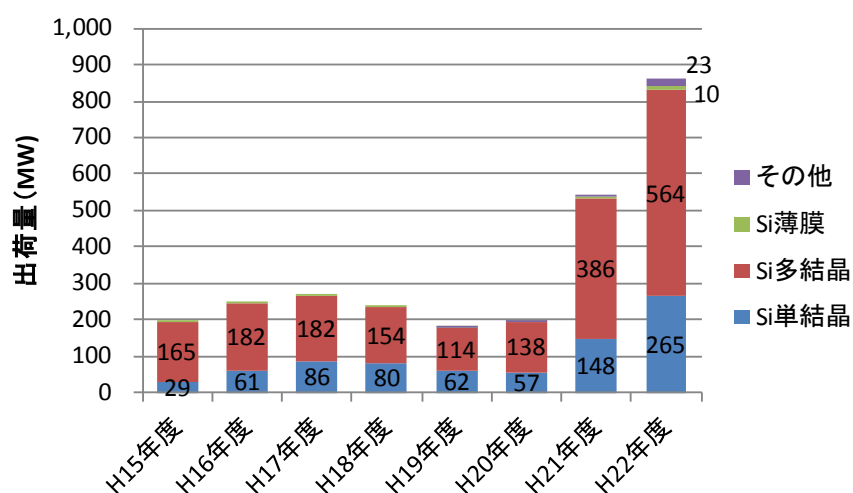


図2.2.7 住宅用品種別出荷量（年度）

\* 出所：太陽光発電協会

注1：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。

注2：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。

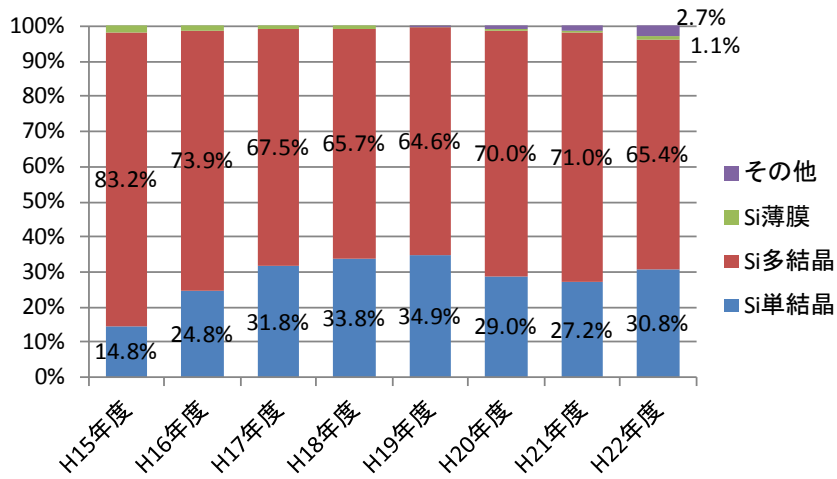


図2.2.8 住宅用品種別出荷比率

出所：太陽光発電協会

注1：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。

注2：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。

## 2.3 アレイ面入射量補正係数

アレイ面入射量補正係数は、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

#### ① JIS C 8907における定義

JIS C 8907における定義は以下のとおりである。

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。

水平面日射量の標準偏差 ( $\sigma_{HG}$ ) 及び規定年数に対する年間水平面日射の平均値 ( $H_{G,a}$ ) は、通常、10年以上又は可能な場合30年程度の長期の気象観測から得られる。もし、偏差が正規分布に従う場合は、日射変動係数 ( $d_H$ ) が、1.0、1.28又は1.65の場合、そのような日射量不足がそれぞれ6年、10年又は20年に1回発生する。

発電量推定のための日射量は、平均値 $H_0$ に対して年変動 $dH$ を考慮すると、 $H_0 \pm dH$ となるところ、JIS C 8907においては安全側の評価として $H_0 - dH$ とし、

$$H_0 - dH = H_0 \left(1 - \frac{dH}{H_0}\right) = H_0 \times K_{HD}$$

(2.3.1)

とし、 $K_{HD}$ を定義し、その値を0.97としている。

#### ② 係数の決定

省エネルギー基準では、外気条件は拡張アメダスデータを用いており、これまで外気温湿度等の使用において特に「安全側」という概念に立ったデータ設定は行っておかない。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は1.0とすることにした。

### 2) 日陰補正係数

#### ① 概要

図2.3.1に示すとおり日陰により発電量は数%低減する。住宅事業主判断基準では日陰の影響が考慮されていないため、設定の必要性について検討を行った。また積雪による日陰の影響についても検討を行った。

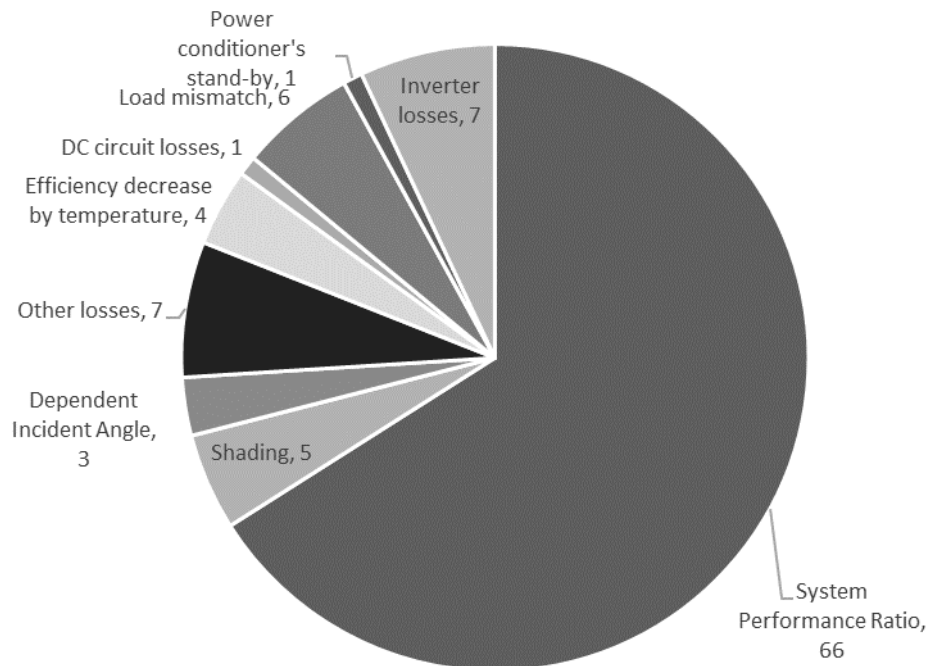


図2.3.1 NEDO実証試験から得られた損失因子の割合

「出所：山口智彦他3名：SV法による太陽光発電システムの損失因子の詳細化，電気学会全国大会，2000.3  
 注：新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)フィールドテスト(FT)事業に用いられた公共用太陽光発電（69サイト）を対象とした算出結果」から作図

### ② 日陰の影響について（ヒアリング）

日陰の影響に関するヒアリング結果を表2.3.1に示す。

表2.3.1 ヒアリング結果

項目	ヒアリング種類	内容
日陰の影響について	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>日陰の影響を厳密に計算すると非常に手間がかかる。</li> <li>影ができないよう設計しているため、設置時に影の影響が大きくなることは考えにくい。</li> <li>JPEAでも日陰時の発電量計算方法は検討しているが、あくまで設置後に日陰が生じた場合を想定している。</li> </ul>
	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>日陰の影響量を一般化することは困難である。アレイの配線状況、影の形状などを考慮し個別に影の影響量を出すことは可能だが、複雑な計算を要する。</li> <li>JISC8907では、積雪の影響は日射量算出時に考慮している。ただし、パネルが雪に覆われ影になることは想定していない。</li> </ul>

### ③ 係数の設定

太陽光発電システムは、通常影ができないよう設計、設置が行われるものであるとの指摘があった。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システムごとに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、JISC8907では、規格化の際日陰補正係数 $K_{HS}$ を考慮しなかった経緯があるとのことであった。

JISC8907では、積雪が日射量に与える影響は考慮しているが、パネルが雪に覆われ影になることは想定していない。理由は記されていないが、パネル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パネル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、日陰補正係数は1.0とする。

## 2.4 太陽電池変換効率補正係数

太陽電池変換効率補正係数は、経時変化補正係数、温度補正係数、アレイ負荷整合補正係数及びアレイ回路補正係数の積で表される。

### 1) 経時変化補正係数

#### ① 経時変化補正係数の定義

経時変化補正係数 $K_{PD}$ は以下の式で表される。

$$K_{PD} = K_{PDS} \times K_{PDD} \times K_{PDR} \quad (2.4.1)$$

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、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。」とされており、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が示されている。

#### ② 係数の決定

##### i) 汚れ補正係数 $K_{PDS}$

本係数は、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、現時点では本係数は考慮しないことにし、 $K_{PDS} = 1.0$ とした。

ii) 劣化補正係数 $K_{PDD}$

本係数は、年低下率を $d_{nP}$ とした場合に、 $nYL$ 年経過した太陽光発電システムにおいて想定される劣化補正係数であり、次式で定義される。

$$K_{PDD} = (1 - d_{nP})^{nYL} \quad (2.4.2)$$

省エネ基準においては、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、 $K_{PDD} = 1.0$ とすることにした。

iii) 太陽光発電応答変動補正係数 $K_{PDR}$

本係数は、太陽電池パネル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2.4.1及び図2.4.2）による太陽電池出力への影響と、太陽光パネル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の推奨値を用いることが望ましい。

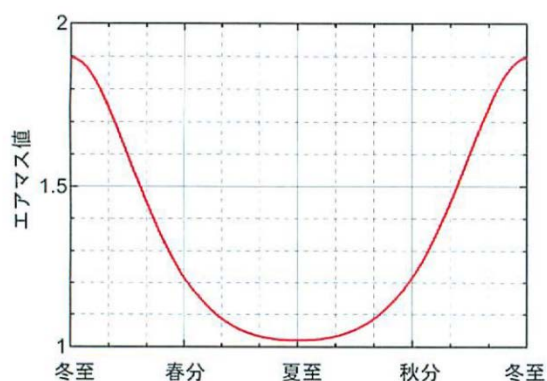


図2.4.1 南中時のエアマス値の変化

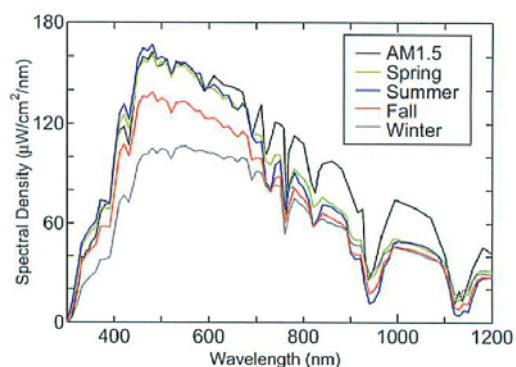


図2.4.2 太陽光分光分布の季節変動（府中）

iv) まとめ（経時変化補正係数 $K_{PD}$ ）

以上より、

$$K_{PDS} = 1.0 \quad (2.4.3)$$

$$K_{PDD} = 1.0 \quad (2.4.4)$$

$$K_{PDR} = \begin{cases} 0.96 & \text{(結晶系)} \\ 0.99 & \text{(アモルファス系)} \end{cases} \quad (2.4.5)$$

とし、経時変化補正係数 $K_{PD}$ は、

$$K_{PD} = \begin{cases} 0.95 & \text{(結晶系)} \\ 0.87 & \text{(アモルファス系)} \end{cases} \quad (2.4.6)$$

とする。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、結晶系以外のパネルについてはアモルファス系の値を適用することとした。

## 2) 温度補正係数

### ① 概要

結晶型の太陽光発電システムはパネルの温度が上昇することにより出力が低下する。住宅事業建築主の判断基準では、パネル温度上昇による損失を表した温度補正係数 $K_{PT}$ が考慮されていないため、 $K_{PT}$ 設定の必要性について検討を行う。

前出の図2.3.1に示す実発電量データを基にした各損失因子割合の推計結果では、温度上昇による損失が約4%見られる。インバータ損失、アレイ負荷整合補正係数、日陰損失に次いで大きい損失であり、システム出力係数算出の際は考慮すべき損失である。

### ② 本係数に関するヒアリング結果について（ヒアリングB）

- ・ JISC8907は温度上昇の効果を日射強度で重み付けしているため、時刻別にシステム出力係数を算出する際は、重み付けを行わない形で温度上昇を評価しなければならない。
- ・ 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。時刻別に評価する際は、ダイオードの温度特性を考慮するところから始めなければならない。ただし、太陽光発電は発電量が天候に大きく左右されるため、ダイオード特性といった細部まで検討しても、正しい発電量が予測できるとは限らない。

### ③ 時刻別発電量の算出について

時刻別発電量算出において、温度補正係数 $K_{PT}$ は気温、日射量と共に変動することが考えられるため、時刻別の温度補正係数 $K_{PT}$ の算出方法について以下の通り検討を行った。

#### i) JISC8907における $K_{PT}$ の算出方法

JISC8907では発電量算出における $K_{PT}$ は式(2.4.7)及び式(2.4.8)によるとされている。

$$K_{PT} = 1 + \alpha_{pmax} \times \frac{T_{CR} - 25}{100} \quad (2.4.7)$$

$$T_{CR} = T_{AV} + \Delta T \quad (2.4.8)$$

ここで、

$\alpha_{pmax}$  : パネルの最大出力温度係数 ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$T_{CR}$  : パネルの加重平均太陽電池モジュール温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{AV}$  : 月平均温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$  : 加重平均太陽電池モジュール温度上昇 ( $^{\circ}\text{C}$ )

であり、パネルの最大出力温度係数 $\alpha_{pmax}$ 及び加重平均太陽電池モジュール温度上昇 $\Delta T$ は、表2.4.1の値を用いることとされている。

表2.4.1 最大出力温度係数および加重平均太陽電池モジュール温度上昇の値

項目	値	
最大出力温度係数 (%/°C)	-0.40~-0.50	
加重平均太陽電池モジュール温度上昇 (°C)	架台設置形	18.4
	屋根置き形	21.5
	屋根一体形	25.4

出所：JIS C 8907「太陽光発電システムの発電電力量推定方法」

## ii) モジュール温度上昇に関する問題点と対応策

JISで定義される評価式を用いて時々刻々の温度補正係数 $K_{PT}$ を算出する場合、変数は外気温のみで日射量の影響を受けない。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して $K_{PT}$ を算出すべきであると考えた。

そこで、JISC8907附属書3に参考としてアレイ温度上昇推定方法が示されており、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(3)が記載されている。これらの式には変数として日射強度（日射量）が含まれるため、式(3)を用いてアレイの温度を推定し、式(1)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。

$$T_{CR} = T_A + \left( \frac{A}{B \times V^{0.8} + 1} + 2 \right) \times G_A - 2 \quad (2.4.9)$$

ここで、

$T_{CR}$  : 太陽電池アレイ温度 (°C)

$T_A$  : 外気温度 (°C)

$A$  : 係数

$B$  : 係数

$V$  : 風速 (m/s)

$G_A$  : 日射強度 (kW/m<sup>2</sup>)

係数A、Bの値は表2.4.2のとおりである。

表2.4.2 アレイ温度算出式の係数

太陽電池アレイ設置方式	A	B
架台設置形	46	0.41
屋根置き形	50	0.38
屋根材形	57	0.33

## iii) 温度補正係数の比較

式(2.4.8)（以下JIS年間発電量算出式と呼ぶ）及び式(2.4.9)（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う。なお、最大出力温度係数の値は-0.45とした。

表2.4.3 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	断熱性能の各地域区分の8都市（北見、岩見沢、盛岡、長野、宇都宮、岡山、宮崎、那覇）

iv) 計算結果

地域別に温度補正係数 $K_{PT}$ の計算を行った結果を図2.4.3及び図2.4.4に示す。なお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。

なお、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2.4.5、図2.4.6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。

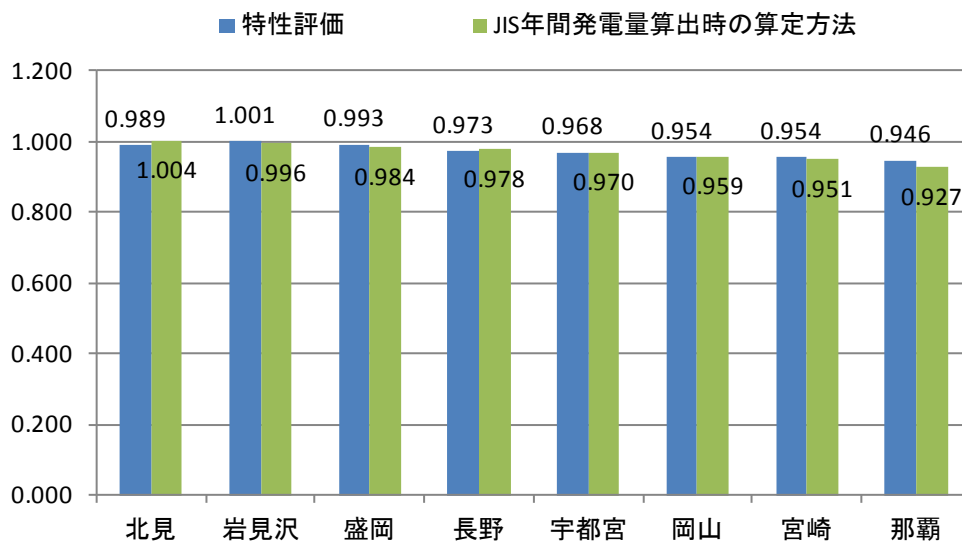


図2.4.3 温度補正係数推計結果（架台設置形）

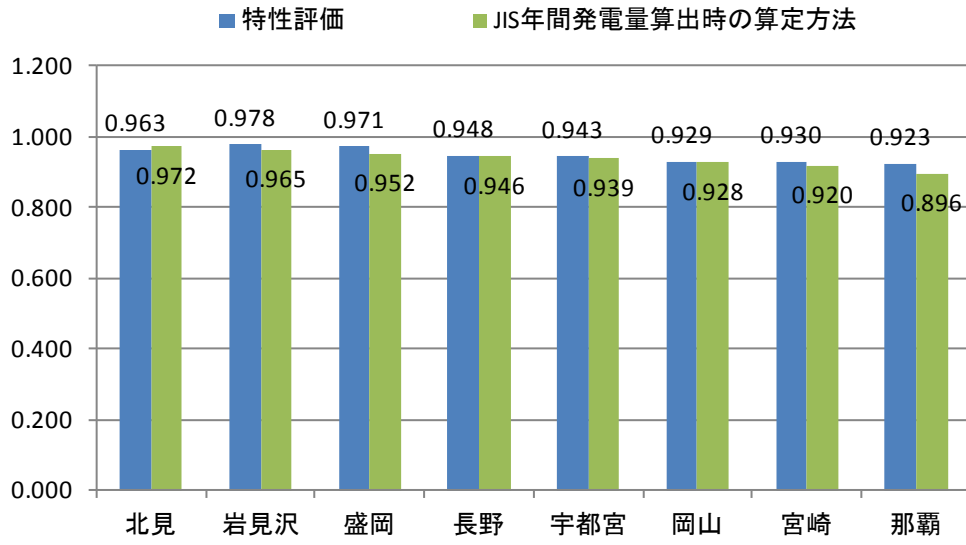
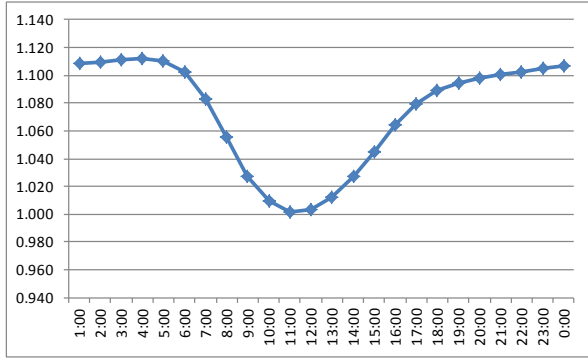
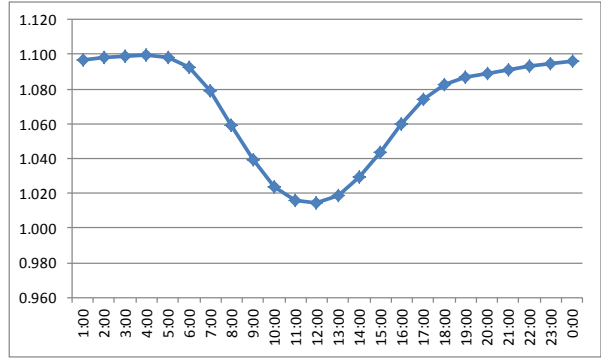


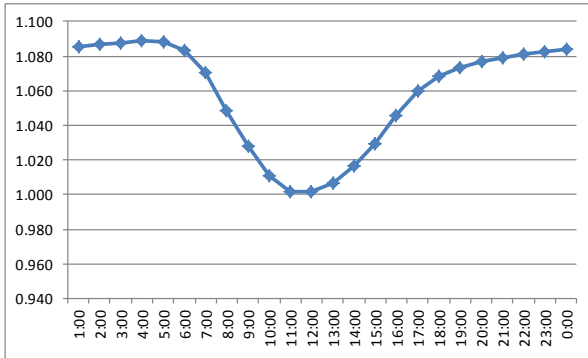
図2.4.4 温度補正係数推計結果（屋根材形）



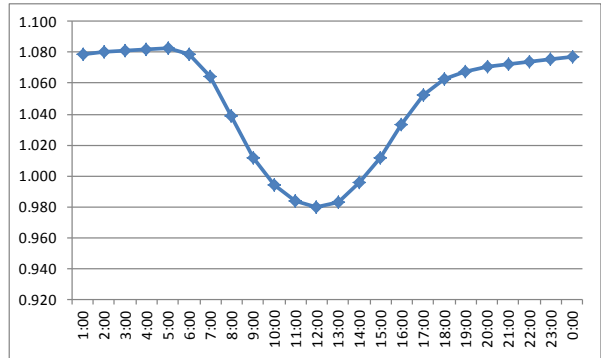
(a) 北見



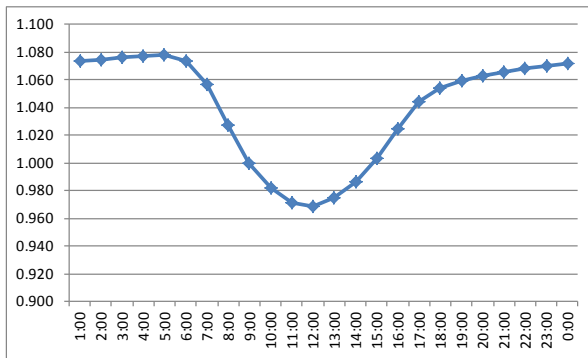
(b) 岩見沢



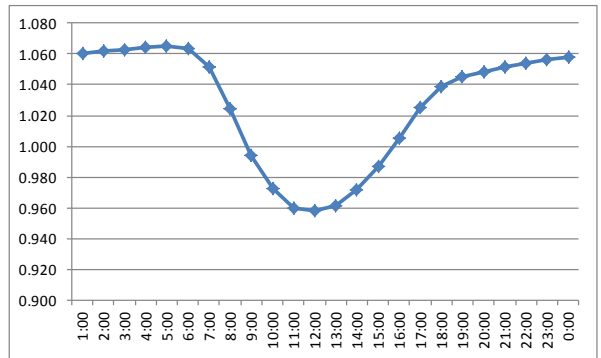
(c) 盛岡



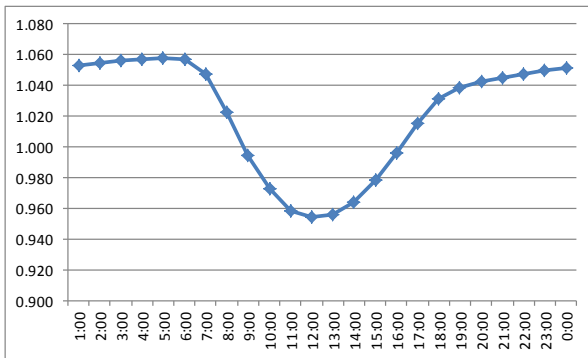
(d) 長野



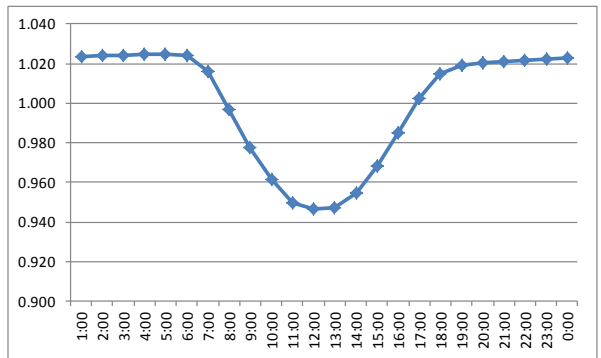
(e) 宇都宮



(f) 岡山



(g) 宮崎



(h) 那覇

図2.4.5 時刻別温度補正係数推計結果 (架台設置形)



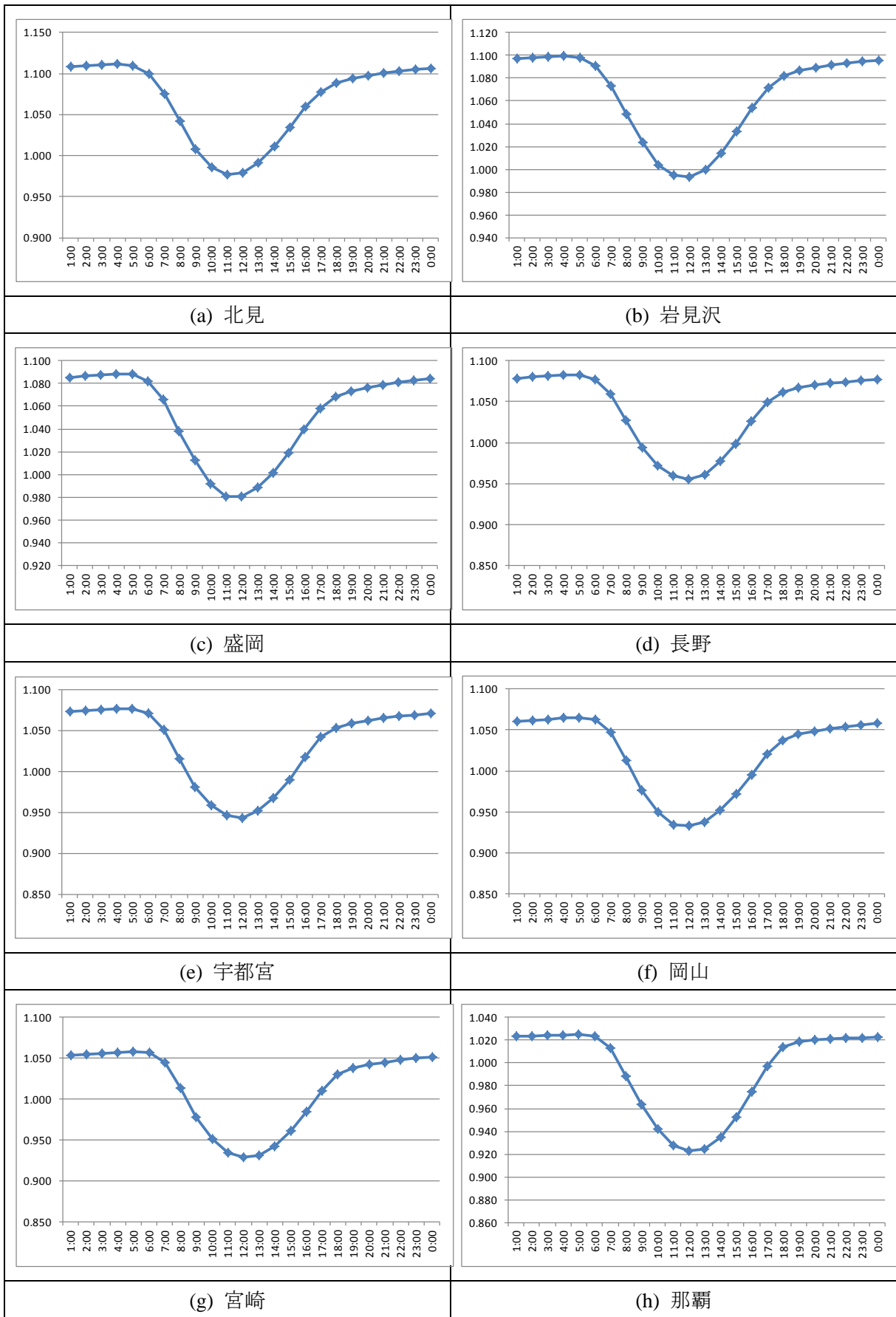


図2.4.6 時刻別温度補正係数推計結果 (屋根材形)

#### ④ 風速について

太陽光発電パネルの発電量はパネ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を求める式(式(2.4.9))には、パネ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、太陽光発電パネル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、設置方式が決定されていても、当該立地の気象条件やその他の条件に影響され困難であると言わざるをえない。温度補正係数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。

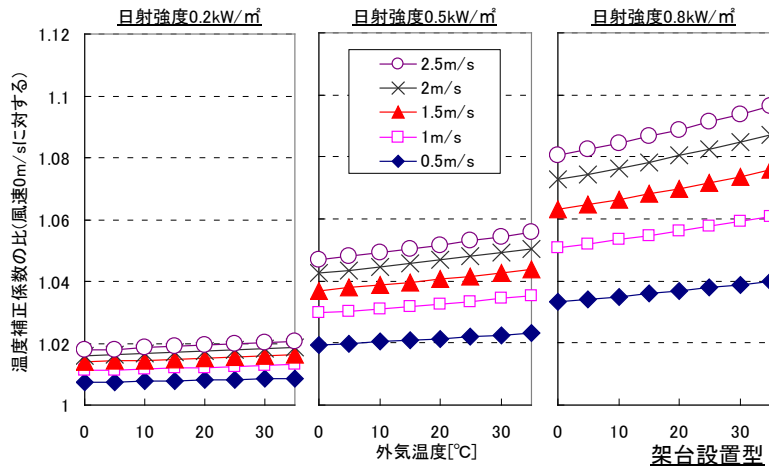
##### i) 風速が温度補正係数に及ぼす影響の検討

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。

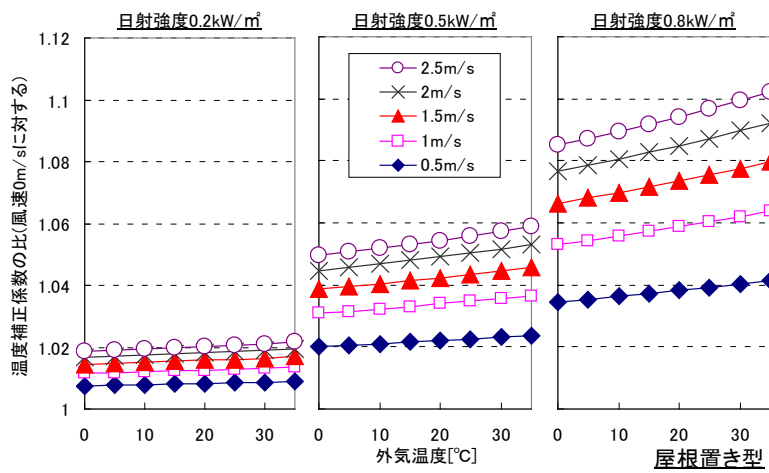
- ・ 外気温度 $T_A$  : 0、5、10、15、20、25、30、35°C
- ・ 太陽光発電パネル接地面の単位面積あたりの日射量 $Q_s$  : 0.2、0.5、0.8kW/m<sup>2</sup>
- ・ 風速 : 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5m/s
- ・ 太陽電池アレイ設置方式 : 架台設置型、屋根置き型、屋根一体型

図2.4.7に、風速が及ぼす温度補正係数の変化を、風速0m/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0m/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通りである。

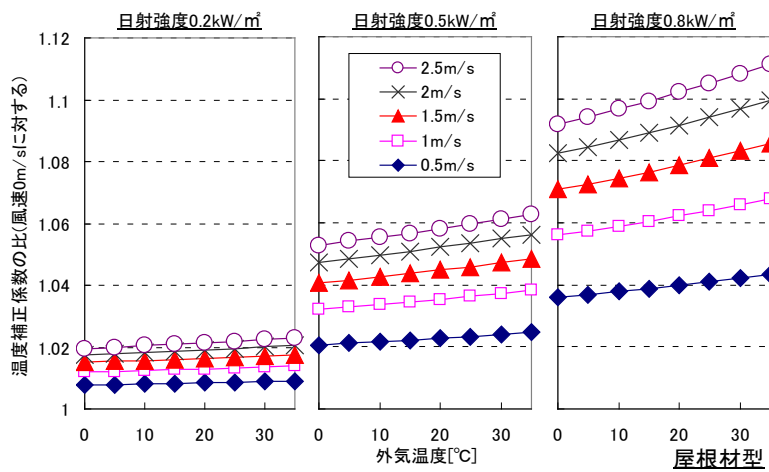
- ・ 風速が大きくなると温度補正係数は大きくなる(発電量が增大する)。風速の感度は低風速域で大きい。
- ・ 日射量が小さいと温度補正係数比に対する風速の感度は小さくなる。
- ・ 外気温度が高くなると温度補正係数比は小さくなるが、風速や日射量と比較して感度は小さい。
- ・ 架台設置型、屋根置き型、屋根材型の順に温度補正係数比は大きくなるが、風速や日射量と比較して感度は小さい。
- ・ 風速が温度補正係数に及ぼす影響は、日射量と風速が大きいつきでも10%程度の増大(日射量0.8kW/m<sup>2</sup>、風速2.5m/s)にとどまる。パネルに入射する日射量が大きくかつ風速が大きい時間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2.4.7 風速と温度補正係数比の関係

## ii) 温度補正係数の地域別試算

温度補正係数を求める式に気象データを適用して試算し、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6.5m/s高さの風速）を直接適用した場合と、風速を0m/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2.4.8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0m/sを適用した場合の比が大きくなる那覇における温度補正係数の経時変化を図2.4.9に示す。

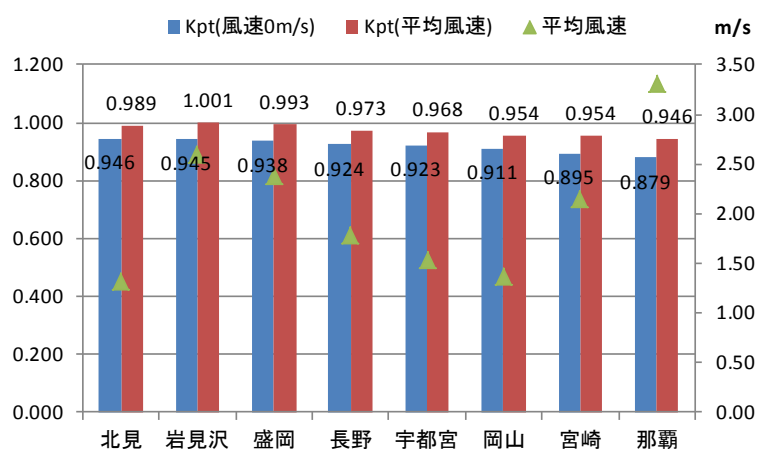


図2.4.8 温度補正係数(年平均)の比較

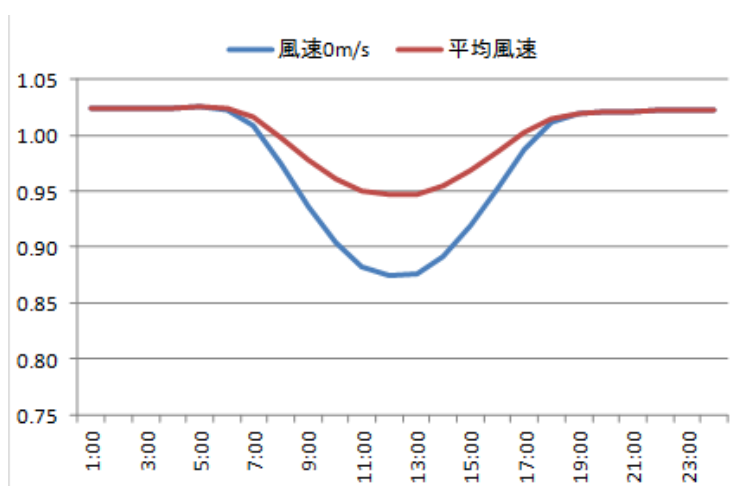


図2.4.9 温度補正係数(時刻別年平均)の推移(那覇)

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通りである。

- ・気象条件の風速を適用した場合と風速0m/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0m/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2.4.9）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0m/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、パネル近傍における風速は、屋根やパネル設置位置・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0m/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。

### iii) 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見て良く、太陽光発電パネルの発電量の評価にあたっては適度な風速値を定めれば良いと考えられる。

太陽光発電パネル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。まず、風速を0m/sとすることが考えられるが、外部風速を常に考慮しないことは逆に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1m/s以上、2/3が1.5m/s以上の年間平均風速を記録している（図2.4.10）ことから、0m/sを上回る風速値として、気象データ収録の風速の1/4～1/3程度のオーダーとなる0.5m/sと設定することには問題は生じないと考えられる。

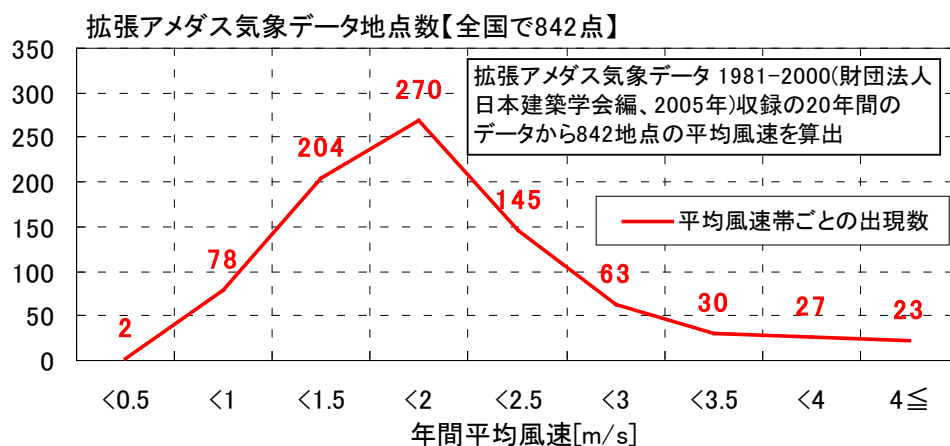


図2.4.10 平均風速レベルと観測点数

#### iv) 風速1.5m/sに設定することの影響

風速を1.5m/sに設定することによる影響を確認する。風速0.0m/sに対する風速1.5m/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  
パネル設置傾斜角：30度  
年間日射地域区分：A3区分（年間の日射量が中程度の地域）

計算結果を表2.4.4に示す。各地域4%程度の発電量の増加が見られる。

表2.4.4 風速の設定が発電量に与える影響

地域区分	地点名	年平均パネル温度（℃）		発電量（kWh/kW）		発電量比 （②／①）
		風速0.0m/s時	風速1.5m/s時	風速0.0m/s時①	風速1.5m/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%

#### ⑤ 係数の決定

温度補正係数は、式(2.4.9)及び表2.4.2で表されるとし、その場合の風速を1.5m/sとする。

#### ⑥ 今後の課題

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が、今回は算出方法を明らかにすることができず、JISC8907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。

### 3) アレイ負荷整合補正係数

#### ① 概要

住宅事業建築主の判断基準ではシステム形態として独立形が考慮されていない。システム出力係数は系統連系形と独立形で異なるため、住宅用太陽光発電システムにおける独立形の使用状況について既存文献により確認を行い、設定の必要性を検討する。

#### ② 独立形システム

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（オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」改訂4版）。そのため、当面の間、住宅用発電システムのシステ

出力係数算定の際は考慮の必要がないと考えられる。

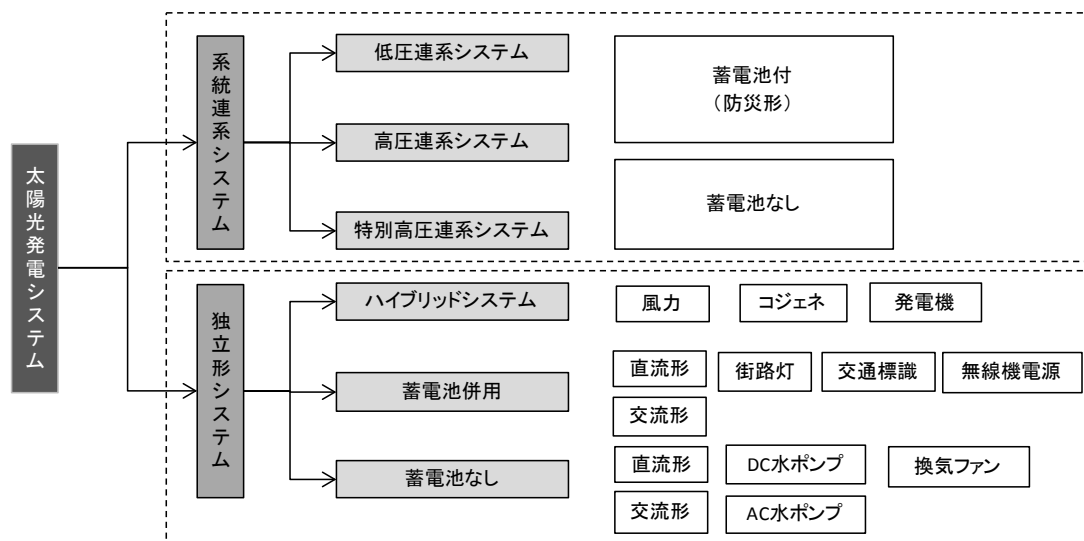


図2.4.11 太陽光発電システムの分類

出所：オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」改訂4版

### ③ 係数の設定

アレイ負荷整合補正係数は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。

### ④ 今後の課題

アレイ負荷整合補正係数は、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。

アレイ負荷整合補正係数算出方法は、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JISC8907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は、JISに示される値そのままの、0.97とする。

## 2.5 蓄電池回路補正係数

### ① 概要

近年蓄電池の設置事例が多く見られるが、蓄電池の有無によりシステム出力係数は異なる。また、設置形態の違い（表2.5.1）によっても効率は異なることが予測されるため、本調査では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、蓄電池に関わる補正係数想定の必要性について検討した。

(参考：環境ビジネス.jp掲載情報、URL：<http://www.kankyo-business.jp/>)

- ・ 2011/09/16 JXエネ、省エネ診断や蓄電池の販売など、家庭向け創エネ事業を強化
- ・ 2011/08/23 9割が蓄電池に関心、太陽光発電導入住宅（積水化学工業住環境研究所調べ）
- ・ 2011/05/30 東芝 蓄電池付太陽光発電システムを住宅メーカー向けに販売
- ・ 2011/05/24 伊藤忠エネクス 系統連系できる蓄電システムを今秋発売

表2.5.1 蓄電池の設置形態

設置形態	内容
防災対応形	通常系統連系システムとして動作し、災害時などの停電時にはインバータを自立運転に切り替え、特定の防災対応負荷に電力を供給するもの
負荷平準化対応形 (ピークシフト形、夜間電力貯蔵形)	太陽電池出力と蓄電池出力を併用して負荷のピーク時にインバータを必要な出力で運転し、受電電力の増大を抑制するもの。ピーク電力を2～4時間程度ずらせるタイプをピークシフト形といい、夜間電力で充電して昼間のピークに放電するタイプを夜間電力貯蔵形という。
系統安定化対応形	太陽電池と蓄電池を並列運転し、天候急変時や系統負荷急変時に蓄電池を放電し、太陽電池出力が増大して系統電圧が上昇しようとするときには蓄電池を充電して逆潮流を減らし、電圧の上昇を防止しようとするもの

出所：オーム社「太陽光発電システムの設計と施工」改訂4版

### ② 蓄電池の設置について（ヒアリング）

蓄電池の設置についてヒアリングを行った。ヒアリング結果を表2.5.2に示す。



表2.5.2 ヒアリング結果

項目	ヒアリング種類	内容
蓄電池との併設について	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在のところ蓄電池の併設事例はほとんど見られない。太陽光発電、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。</li> <li>・蓄電池設置補助事業の2012年度実施が経済産業省より公表された*1。</li> <li>・夜間電力貯蔵形*2で蓄電池を用いる場合、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。</li> </ul> <p>*1 経済産業省は「平成24年度 資源・エネルギー関連予算案等の概要」（平成23年12月）において、蓄電池設置支援策として定置用リチウムイオン蓄電池導入支援事業の実施を公表している。</p> <p>*2 蓄電池付き系統連系システムは、防災対応形、負荷平準対応形（ピークシフト形、夜間電力貯蔵形）、系統安定化対応形に分けられる。</p>
蓄電池の設置について	B	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震の影響で設置事例が増える可能性はある。</li> <li>・設置形態は防災対応形が基本になるだろう。蓄電池を設置すると買取価格に影響がでるため、他の設置形態はユーザーにとってメリットがないと考えられる。</li> <li>・太陽光発電のkWh価値を高めるためには、蓄電池設置は有効といえる。</li> <li>・最適な容量は使い次第である。</li> <li>・鉛蓄電池は、劣化を防ぐため過放電を避ける必要がある。そのため、カタログスペックの5割程度の電力使用しか期待できないのではないか。</li> <li>・リチウムイオン電池は高価である。据置型を考えたときは鉛蓄電池で十分と思われる。</li> </ul>

### ③ 太陽光発電と蓄電池の併設について

現在のところ太陽光発電と蓄電池の併設事例はほとんど見られない。これは、太陽光発電、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のではないかとのことであった。

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。震災の影響もあるため、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の指摘もあった。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ため、当面の間は、システム出力係数決定の際蓄電池は考慮する必要がないと考えられる。

注 H23年度の買取価格（設備容量10kW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。

## 2.6 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

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。

### 2) DC/DCコンバータ効率

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。

### 3) インバータ回路補正係数

#### ① 概要

JISC8907制定より2012年3月現在7年が経過しており、インバータについては技術改善により効率が向上していることが予想される。そのため、本調査では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。

#### ② インバータについて（ヒアリング）

インバータ効率等についてヒアリングを行った。ヒアリング結果を表2.6.1に示す。

表2.6.1 ヒアリング結果

項目	ヒアリング種類	内容
インバータについて	A	<ul style="list-style-type: none"><li>定格効率と実効効率の差異には乖離が見られる。アレイの出力に応じて効率は変化し、曲線を描く。曲線がなるべくフラットになるインバータが望ましい。インバータの定格出力分、フルに出力を行うことは稀なため、アレイの容量よりやや小さいインバータを選定すると良い。</li><li>これまでのインバータ性能改善の状況と、性能改善による定格効率/実効効率は変化している。</li></ul>
パネルが複数面に設置されている場合	B	<ul style="list-style-type: none"><li>JISC8907は単一平面での設置を前提としている。</li><li>パワコンが各方面のパネルごとに接続されている場合は、各方面の発電量を積算すれば全体の発電量を計算できる。一方、パワコン1台で制御している場合は、結線の状態により電圧の低いパネルに全体の発電量が影響を受けることがあるため、単純積算はできない。</li><li>太陽光発電は高コストであるため、発電の見込めない場所に設置することに意味はないと思う。</li></ul>
インバータ効率について	B	<ul style="list-style-type: none"><li>インバータ効率は改善しているが既に90%を超えているため、今後改善しても数%程度だろう。</li><li>時刻別にインバータの効率を考える際、効率曲線を考慮したほうが良い。</li></ul>

#### ③ インバータ効率の見直しについて

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とのことである。

なおシステム出力係数算出の際は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、JISC8907である $\eta = 0.90$ 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があるとのことである。

#### ④ インバーター効率の評価の仕方

インバーター回路補正係数（PCS実効効率）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以下の3つの方法を検討した。

表2.6.2 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	清算法	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

##### i) 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。

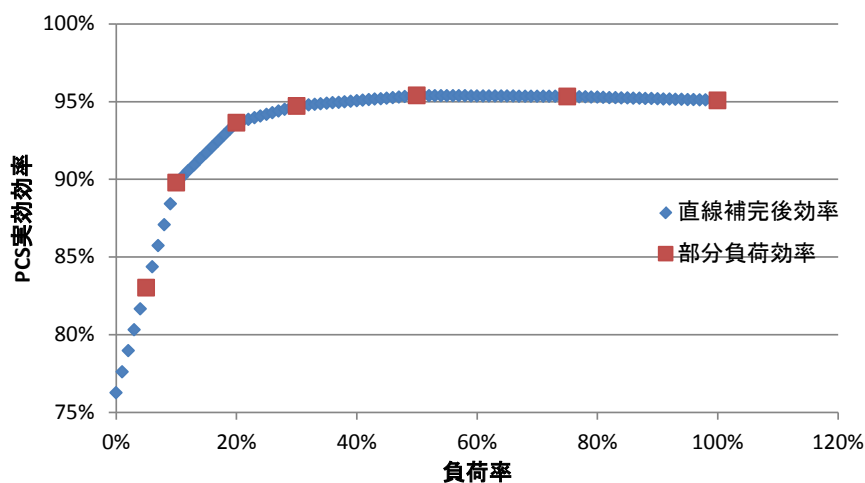


図2.6.1 インバーター効率の補間のイメージ

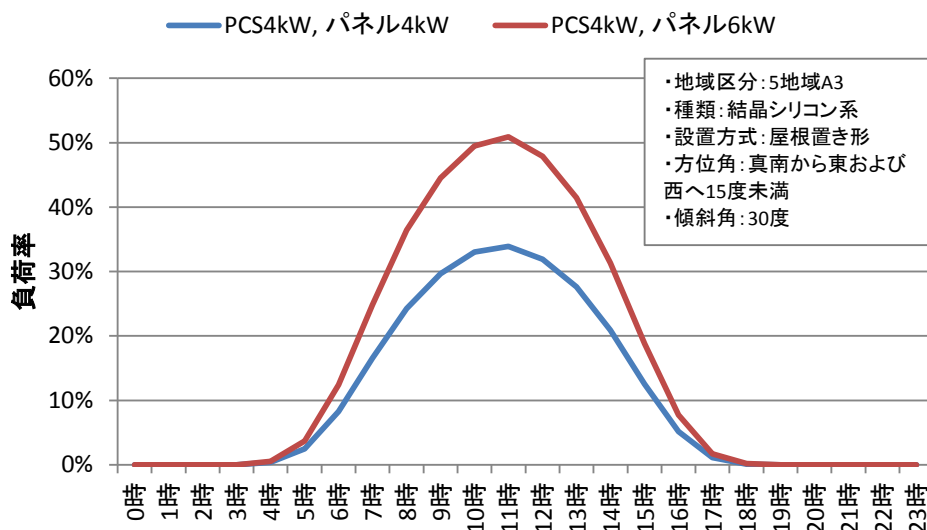


図2.6.2 負荷率の変動の例

年平均の実効効率を試算した結果を表2.6.3に示す。同じ、インバーター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2.6.3 年平均実効効率の試算結果

計算条件	試算結果
PCS4kW, パネル4kW	93.6%
PCS4kW, パネル6kW	94.3%

## ii) 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）では下式のようにPCS実効効率を計算する。

$$\eta_{EU} = 0.03 \times \eta_{5\%} + 0.06 \times \eta_{10\%} + 0.13 \times \eta_{20\%} + 0.10 \times \eta_{30\%} + 0.48 \times \eta_{50\%} + 0.20 \times \eta_{100\%}$$

<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。

ここでは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。

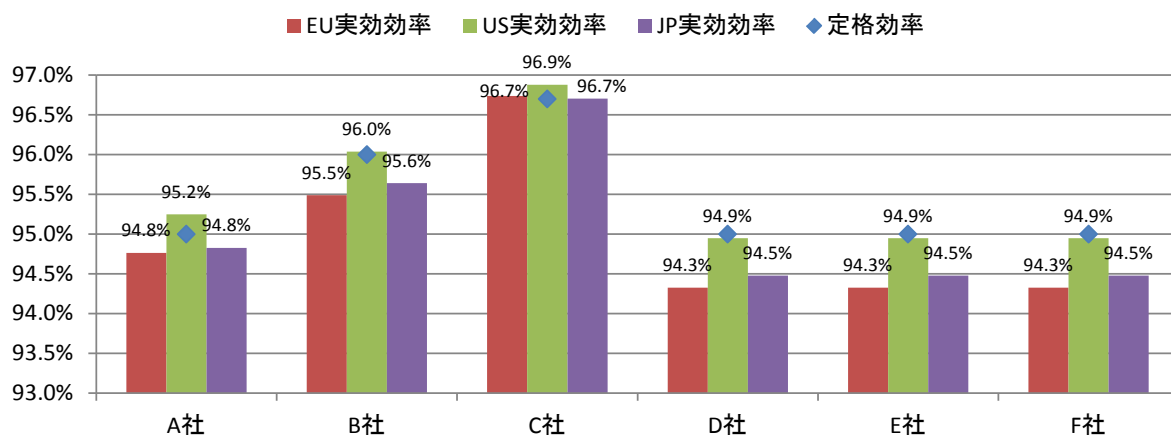


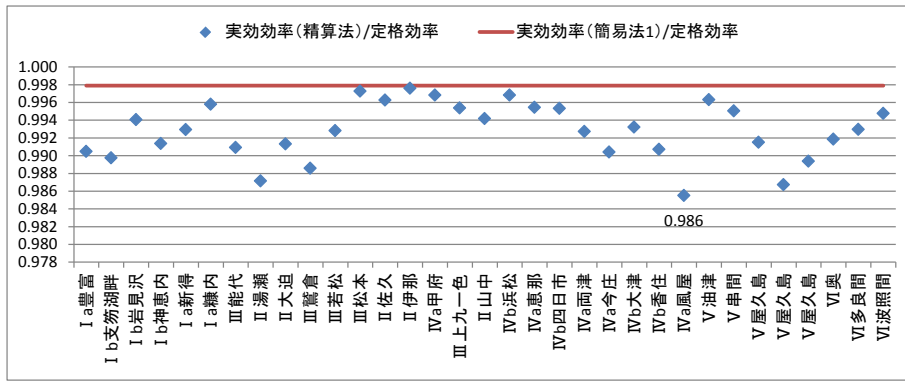
図2.6.3 各種実効効率の比較

※JP実効効率は省エネ基準日射区分33地点の平均

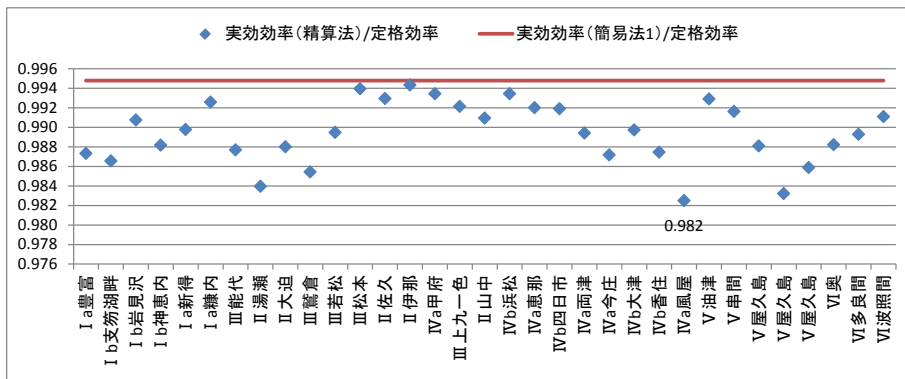
### iii) 簡易法2によるPCS実効効率の計算フロー

- ・ 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。

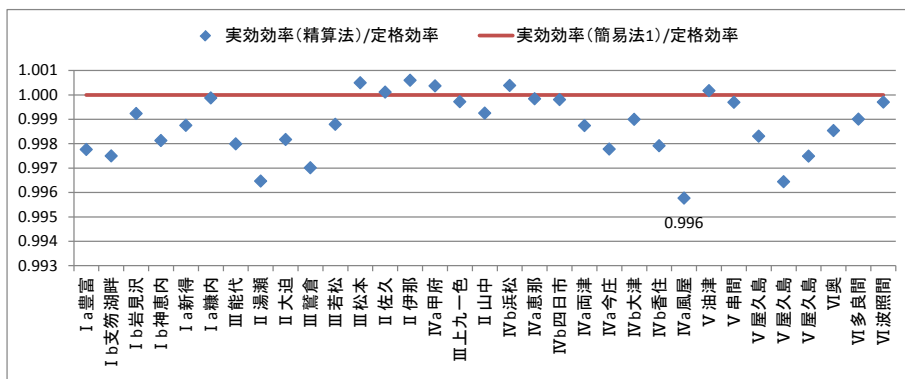
乗じる係数を決定するために、定格効率に対する実効効率の比を整理した(図2.6.4)。その結果、係数としては、0.97（図2.6.4における値の最小値である0.976の小数点第三位を切り捨てた値）とした。



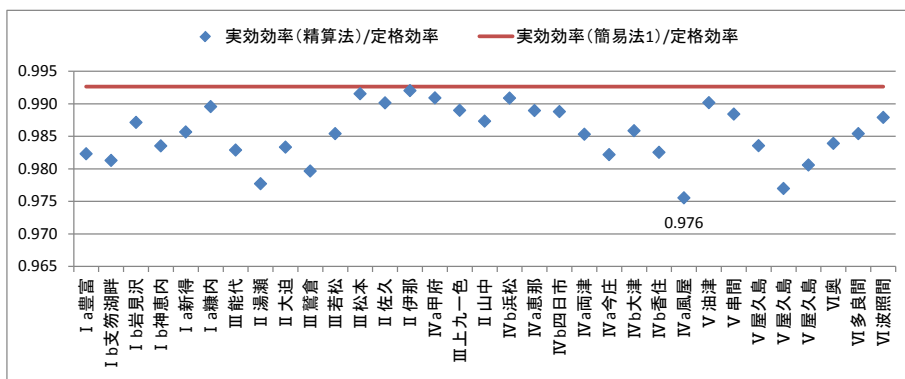
(a) A社



(b) B社



(c) C社



(d) DEF社

図2.6.4 定格効率に対する実効効率の比

## ⑤ 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2.6.4にまとめる。

表2.6.4 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%

※精算法は省エネ基準日射区分33地点の平均

精算法はインバーターの容量や部分負荷効率を評価できるため、太陽光パネル容量との大小関係、特に過積載時における効率が評価できる。簡易法1は、インバーター容量を入力しないため、太陽光パネル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方法が（現時点では）適切であると判断した。

## 2.7 その他

### 1) 設置容量について

・現在の全国の平均設置容量は4.27kW/件\*<sup>1</sup>である。地域別にも設置容量は異なる（表2.7.1）。以前より設置容量は大きくなっている（参考：H21年度3.82kW/件、H22年度4.00kW/件\*<sup>2</sup>）。売電を目的として設置容量を大きめにする事例が増えていることや、集合住宅への大規模導入などがこの傾向の要因となっている。

\*<sup>1</sup> 太陽光発電普及拡大センター（JPEC）平成23年度 住宅用太陽光発電補助金交付決定件数（対象期間：平成23年4月1日～平成23年9月30日）

\*<sup>2</sup> 太陽光発電普及拡大センター（JPEC）平成21・22年度 住宅用太陽光発電補助金交付決定件数

表2.7.1 都道府県別設置容量（上位・下位5位）

上位5位			下位5位		
1	北海道	5.41kW	43	埼玉県	3.93kW
2	沖縄県	5.24kW	44	千葉県	3.92kW
3	徳島県	4.89kW	45	大阪府	3.86kW
4	大分県	4.74kW	46	東京都	3.76kW
5	岐阜県	4.69kW	47	神奈川県	3.75kW

\* 出所：太陽光発電普及拡大センター（JPEC）平成23年度 住宅用太陽光発電補助金交付決定件数（対象期間：平成23年4月1日～平成23年9月30日）

### 2) 使用する気象データについて

使用する気象データについて、代表的な日射量データベースは下記のとおりであり、統計の対象期間が異なる。統計の対象期間の違いによって、太陽光発電システムの発電量推定の値が異なる。

<代表的な日射量データベース>

- ・拡張アメダス（期間：1991年～2000年）
- ・年間月別日射量データベースMONSOLA-5（期間：1961年～1990年）
- ・年間月別日射量データベースMETPV-5（期間：1990年～2003年）
- ・年間月別日射量データベースMONSOLA-11（期間：1981年～2009年）
- ・年間月別日射量データベースMETPV-11（期間：1990年～2009年）

近年の日射量は単調に増加する傾向にある（図2.7.1）。特に、1990年以降に年平均日射量が増加することは、様々な文献\*から確認できる。同文献からも日射量の増加が確認できる。

\* 池鯉鮒 国内の日射量変化について、日本太陽エネルギー学会、太陽エネルギー、Vol.38, No.5, 2012



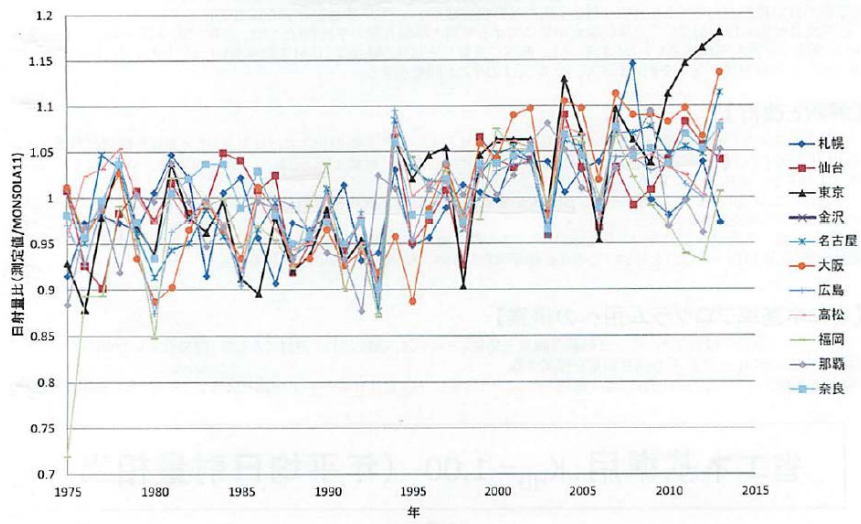


図2.7.1 MONSOLA11と各年の日射量の比