

# 太陽電池設置 半屋外空間の熱的快適性に関する研究

Research on the thermal comfort  
of semi-outdoor space composed of the PV cell built in

9630128 浜田史子  
指導教官 田中辰明

## 1. はじめに

太陽光発電は地球環境保全の立場からも広く普及が期待されている。しかし、現状では経済性の観点から早急な普及は困難である。そこで太陽パネル普及の対策として、太陽電池モジュール自体に建材としての付加価値を持たせることが大変重要になってくる。本研究は大きな屋根を持ち、太陽パネルの設置場所として期待されている工場を対象とし、屋根に太陽パネルが設置されている場合と設置されていない場合について、その屋根下における温熱環境がどの程度変わってくるのかを測定結果より比較検討することを目的とした。また、今後太陽パネルを設置する場所として期待される半屋外空間について、その環境評価指標を検討した。

## 2. 新エネルギーとしての太陽エネルギー

太陽エネルギーはエネルギー密度(日射量)が薄い(地球表面における太陽エネルギー密度は約1 kW/m<sup>2</sup>)ので、その設置においては発電量の割に広大な面積を要する。そこで国土の狭い日本では、鉄道の駅、学校、林野地などの広いスペースをもった遊休地が今後のシステム導入場所として有望視されている。

また、そのコストの高さから、屋根や壁と一体化させ、断熱効果を高めるなどの付加価値を持たせることが必要となってくる。

## 3. 温熱環境実測

### 3-1. 方法

夏季の温熱環境の現状調査として海老名駅バス停と小田急海老名駅ホームの屋根下、富士ゼロックス(株)海老名事業所(以下F社工場と称す)屋上を対象に温熱環境の測定を行った。屋根下の表面温度をサーモカメラで撮影し、空気温度、相対湿度、放射温度(グローブ温度)、風速(気流速度)、着衣量、活動量からISO7730に規定されているPMV、PPDより温熱環境評価を行った。

なお着衣量には0.5clo(初夏のころの衣服)、活動量には1.2met(起立してリラックスまたは着席して活

動)を用いた。またF社第3棟3階の太陽パネル設置部分、未設置部分のそれぞれの天井裏、天井表面をサーモカメラで撮影し、天井裏の温熱環境を実測1と同様の方法で測定、評価し比較した。但し天井裏の測定位置は天井板から約0.1mとした。表1に測定項目と測定器具を示す。

表1 測定項目と器具

測定項目	測定器具(メーカー名)
表面温度	サーモカメラ(アビオニクス)
空気温度	アスマン式乾湿度計(佐藤)
相対湿度	アスマン式乾湿度計(佐藤)
放射温度	グローブ温度計 直径15cm
風速	ミニアナネモメーター(柴田)

### 3-2. 結果

F社工場天井裏の温熱環境の測定結果を表2に示す。また、天井裏の表面温度、天井表面温度を撮影したサーモ写真と表面温度の実測結果を図1、図2にそれぞれ示す。

表2 ゼロックス天井裏測定結果

測定建物	パネルなし	パネルあり
測定日	1999年8月16日	1999年8月16日
天候	曇りのち晴れ	曇りのち晴れ
測定時間	13:25~13:35	12:55~13:05
表面温度	29.2°C	25.7°C
乾球温度	29.0°C	25.3°C
相対湿度	77.0%	77.0%
放射温度	31.0°C	29.5°C
風速	0.1m/s	0.1m/s
着衣量	0.5clo	0.5clo
活動量	1.2met	1.2met
PMV	1.83	1.56
PPD	69%	54%
WBGT指数	27.29°C	26.56°C

### 3-3. 考察

現状調査の結果としては、バス停留所ではPMV0.6、PPD13%、であり、体感温度としては悪くない結果を得た。これは測定が比較的朝早く行われ、前日が雨天であったため屋根裏表面温度の上昇が大きくなく、かつ風速も早かったためだと考えられる。海老名駅ホームは午後の測定となった為、バス停留所に比べPMVが1.62と不快感が増している。WBGT指数に

関しては、乾球温度と比較した場合、パネルなしの方がその減少率は大きくなっている。これは、この指標が発汗量とよい相関を示すことによると考えられる。F 社工場の実測結果より、パネルを設置した場合、設置していない場合に比べて天井裏表面温度は平均6℃、天井表面温度は平均1.9℃下がっている。このことから真夏の暑熱環境においては、パネル設置によって冷房に要するエネルギーが軽減されることなどが利点として考えられる。太陽電池を設置し、これにより温熱環境の改善も行われるということは太陽電池普及を加速させる効果もあるのではないだろうか。

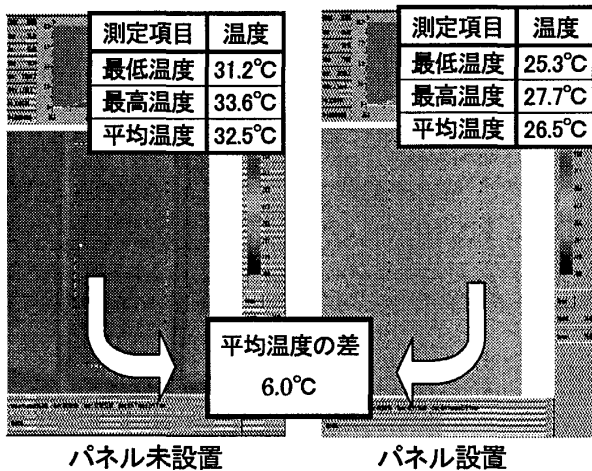


図2 F 社工場天井裏の表面温度('99. AUG. 3)

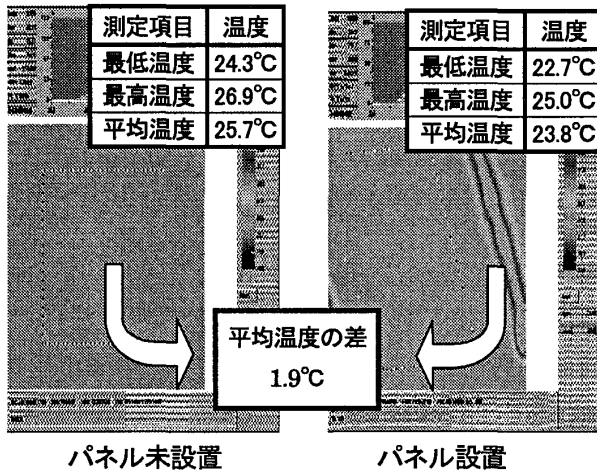


図3 F 社工場天井表面温度('99. AUG. 3)

4. 屋外環境評価指標について

従来の温熱環境評価方法としては、環境6要素(空気温度、気流、相対湿度、平均放射温度、着衣量、代謝量)より屋内の評価を行なうPMVやSET\*のような温感指標が使用されてきた。しかしこれらは室内空間における指標であり、さらにPMVなどは、人体側の制御反応は無視されていて、発汗がある状態が

考慮されていなかったり、感覚との対応がこれでのいのかの議論がある。

また、実際の温熱環境は気温分布を持ち、その上気流、放射のような方向性を持つ因子によって支配された不均一な温熱環境である。

屋外空間においては(特に夏季では)日射や大気放射、建物・道路等からの反射など、室内とは全く異質の放射環境を有しているため、現在使用されている指標で評価するには疑問が残る。

現在、Arenらによって提案されている「65 分割体温調節モデル」は複雑な温度の非対称、温度勾配、非定常をシミュレートし分析できるものであり、半屋外空間における評価においては有効であると考えられる。しかし、まだ開発段階であり、実際の不均一な対流場、放射場に対しては信頼性が得られないなど、改良を必要とする。

また、屋外では大気中の浮遊粉塵粒子(SPM: Suspended particulate matter)の増加などのため、太陽日射の透過率が低下し、日射がかなり減少している。このような屋外環境を評価するに当たっては、汚染物質濃度や紫外線量(UV指数)などの評価指数を温熱環境評価指数に加味すべきである。

今後の屋外空間(都市空間-Urban Environmental Index)の環境評価指標としては

$UEI = f_1\{気温、湿度、気流、放射温度、人間の活動量、着衣量\} + f_2\{汚染物質濃度(SO_x, NO_x, CO, CO_2, SPM)、紫外線量(UV)、etc \dots\}$  などが考えられる。半屋外空間の評価指標としては、実際の不均一な対流場、放射場のデータを加味した指標を開発する必要がある。

5. まとめ

実測により、暑熱下の環境対策として太陽パネルは屋根の断熱性を高め、結果として省エネ効果を生み出すという利点が認められた。

今後、単に「快適」ではなく、本当の意味で好ましい居住空間をつくっていくには地球規模において長期的での「快適性」を考えていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 田中 辰男, 防寒構造暖房
- 2) 佐々木彩, 平成10年度お茶の水女子大学卒業論文 太陽電池組み込み屋根で構成される半屋外空間の温熱環境に関する研究
- 3) 堤 仁美, 平成9年度お茶の水女子大学卒業論文 半屋外建築空間の温熱環境評価法に関する基礎的研究
- 4) 藤藤 武雄, ヒートアイランド
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 太陽光発電システム実用化技術開発