

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

Research on the Thermal Environment of Half-outdoor Space Composed of the PV Cell Built in Roof

9530109 佐々木 彩

1. はじめに

様々なエネルギー問題への対策として、太陽電池の利用は必要不可欠である。現在使用されていない体育館、鉄道の駅舎など半屋外の大きな空間の屋根には従来断熱もされていないことから、夏季には非常に熱くなり、屋根下の居住環境は太陽からの放射熱により、耐え難い状態になっていることが多い。そこで、本研究では太陽電池について文献研究をした上で、屋根に太陽電池パネルを設置することによって太陽からの放射熱を遮り、屋根から居住空間への放射熱を軽減できるか検討することを目的とした。

2. 太陽エネルギーの利用

太陽光発電の概要

太陽エネルギーは、ほぼ永久的に枯渇しないエネルギーである。その利用の中で現在大きな期待が寄せられている太陽光発電(太陽電池)は太陽エネルギーのエネルギー形態を変えずに利用する直接利用法である。

太陽光発電システムは表1のように分類される。系統連系システムは、商用電源につなぎ、太陽電池からの電力が不足しているときには商用電源から電力を賄うことができるシステムである。

表1 太陽光発電システムの分類

太陽光発電システム	独立システム	負荷直結システム 蓄電池併用システム ハイブリッドシステム
	系統連系システム	バックアップシステム 完全連系システム

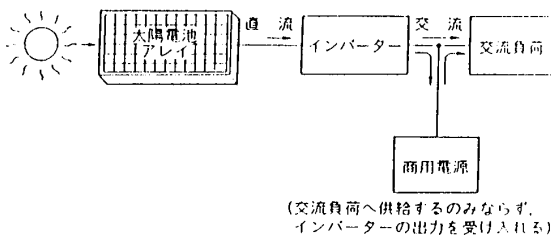


図1 完全連系システムの構成

太陽電池の問題点

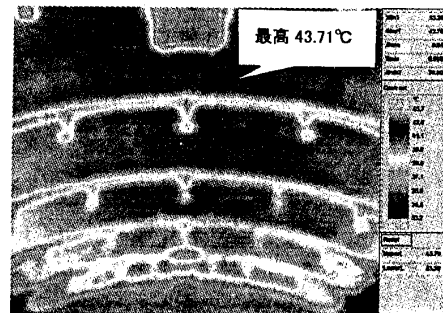
太陽電池の普及の妨げになっているのがコスト問題である。現在の太陽電池による発電コストは、商用電気代に比べて5~10倍くらい高いのが現状である。コスト問題を

解決するにあたって、システムの性能を上げたり、屋根一体型にして架台にかかる費用を削減しようと試みが行なわれている。そればかりではなく、今後は本研究で検討した温熱環境改善などといった付加価値をもたせることも大変重要になってくると思われる。

3. 実測による調査研究

まず、現状調査として、お茶の水女子大学の体育館と茗荷谷駅を対象に温熱環境の測定を行った。さらに、太陽電池設置場所との温熱環境を比較するために、平成9年12月から新幹線ホームの屋根の一部に太陽電池を設置し運転を行っているJR京都駅を同様の調査、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により温熱環境を調査した。

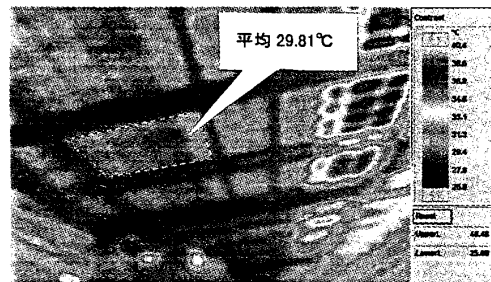
お茶の水女子大学体育館西側の測定結果を図2に示す。



体育館西側 PMV3.16 PPD100%

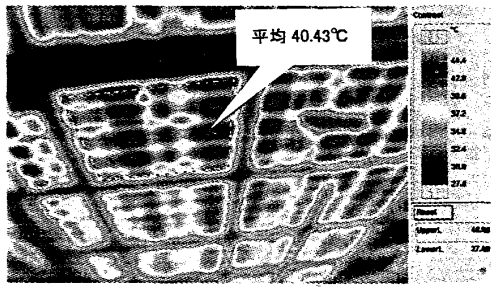
図2 体育館屋根下の表面温度(撮影日'98. AUG. 3)

次にJR京都駅の測定結果を図3と図4に示す。



PMV1.87 PPD70%

図3 太陽電池が設置されている新幹線ホーム屋根下の表面温度(撮影日'98. AUG. 31)



PMV2.41 PPD91%

図4 太陽電池が設置されていない新幹線ホーム
屋根下の表面温度(撮影日 '98. AUG. 31)

実測の結果から、お茶の水女子大学体育館西側は、PMVが3.16となり100%の人が不快に感じる環境であった。屋根下の表面温度は最高43℃程度まで上昇していることから、太陽からの放射熱の影響によって夏季におけるこれらの空間の温熱環境が非常に耐え難く、不快な環境になっていることがわかった。

さらにJR京都駅の測定結果より、太陽電池が設置された屋根下のホームのPMV1.87、PPD70%と、設置されていない屋根下のホームのPMV2.41、PPD91%とを比べると、太陽電池を設置することによって温熱環境が改善されていることがわかった。

4. 放射量の理論計算

理論上どの程度、放射量が減少しているのか解明する必要がある。最も単純なモデルとして、表面の絶対温度が $T_1, T_2 (T_1 > T_2)$ 、放射率が ϵ_1, ϵ_2 の無限大の広がりをもつ平行2平面 I, II の間に隔て板 III (表面温度 T_3 、放射率 ϵ_3) を設けた場合の放射量を求めると、次式が得られた。

$$Q_{12} = Q_{13} = Q_{32} = \sigma \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3}{\epsilon_1 + \epsilon_2} (T_1^4 - T_2^4)$$

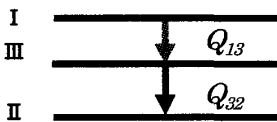


図5 平面IIIがある場合の放射量

隔て板がない場合の平面 I から平面 II への放射量を Q として、 Q_{12} との比をとると、 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = 1$ のとき、 $Q/Q_{12} = 1/2$ が得られた。

さらに形態係数を考慮して、有限大の平面間について放射量を求めた。図6において平面 I, II, III の表面温度を T_1, T_2, T_3 、放射率を $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ 、面積を F_1, F_2, F_3 とする。

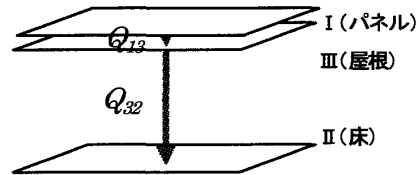


図6 太陽電池を設置した場合の単純モデル

平面 I から平面 III への放射量は、I と III の間隔が極めて小さいことから無限大平行2平面とみなし、平面 III から平面 II への放射量 Q_{32} は形態係数 ϕ_{32} を考慮する。 $Q_{13} = Q_{32}$ として解くと次式が得られる。

$$Q_{32} = Q_{13} = \sigma \frac{\epsilon_1 \epsilon_2 \epsilon_3 F_3}{\epsilon_1 F_3 + \epsilon_2 F_2 \phi_{32}} (T_1^4 - T_2^4) \times F_2 \cdot \phi_{32}$$

平面 I, II および III の面積が等しい ($F_1 = F_2 = F_3$) とし、平面 I と III の間隔が極めて小さいことから、 $\phi_{32} = \phi_{12}$ とおける。 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon_3 = 1$ のとき、平面 III を隔て板と考えると、隔て板がない場合の放射量 Q (形態係数 ϕ_{12} を考慮) と Q_{32} の比をとると、

$$\frac{Q_{32}}{Q} = \frac{1}{1 + \phi_{12}}$$

$Q_{32} < Q$ となり放射量は減少する。

実測の対象となったお茶の水女子大学体育館及び JR 京都駅の屋根全体に太陽電池パネルを設置し、パネル、屋根及び床の放射量を 1、かつ屋根全体が平面であると仮定して計算を行った結果、体育館は 35%、京都駅は 31% 放射量が減少することがわかった。

5. まとめ

本研究では、太陽電池が設置された屋根下の温熱環境を実測により調査し、放射量を理論計算によって求めた。その結果、太陽電池を設置することにより屋根下の温熱環境が改善され、理論的に放射量が減少することがわかった。

6. 参考文献

- 1) 田中辰明 第35回太陽エネルギー推進委員会/第10回太陽光発電連絡会 平成9年度報告「太陽電池組み込み屋根、壁で構成される半屋外空間の居住性の研究」
- 2) 渡辺 要 編 建築計画理論II 丸善
- 3) 後藤滋(研究代表者):太陽エネルギー利用空調システムの基礎的研究 平成10年3月
- 4) 谷長夫他著:太陽生活入門 パワー社
- 5) 桑野幸徳著:太陽電池博士による太陽電池の知り博士になる本 パワー社
- 6) 田中辰明訳 国際規格 ISO7730 適度な温熱環境 PMV と PPD 指標の決定と熱的快適条件の明細 空調調和・衛生工学第61巻 第3号
- 7) 佐藤なお子、津嘉山典子 平成7年度卒業論文 パッシブソーラーハウスの居住環境に関する研究
- 8) 鉢野ゆき 平成8年度修士論文 放射熱交換の生理的・心理的影響に関する研究
- 9) 山崎百恵 平成9年度卒業論文 放射を主成分とする放熱機による暖房・冷房に関する実験研究

指導教官 田中 辰明