HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	太陽エネルギー利用ハイブリッドコレクターの実験と解析
Author(s)	濱田, 靖弘; 落藤, 澄; 中村, 真人 他
Description	第6回衛生工学シンポジウム（平成10年11月5日（木）-6日（金） 北海道大学学術交流会館） . 5 測定・解析 . P5-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 6, 163-166
Issue Date	1998-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7342
Type	departmental bulletin paper
File Information	6-5-4_p163-166.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

5－4

太陽エネルギー利用ハイブリッドコレクターの実験と解析

濱田靖弘 （北海道大学）　落藤 澄 （北海道大学）
中村真人 （北海道大学）　○成田涼子 （北海道大学）

1．はじめに

住宅で消費するエネルギーをできるだけ少なくするためには、自然エネルギーの活用が必要不可欠である。太陽エネルギーを有効に活用する太陽電池とソーラーコレクターは、現在、それぞれ独立して設置される場合が多いが、両者の一体化を図ることにより、省スペース化が可能となり、さらにセル表面温度の上昇による太陽光電変換効率の低下も緩和できると考えられる。

本研究では、太陽光と太陽熱を同時に利用することによって、利用率を増すことを目的としたハイブリッドコレクターの導入効果の検討を行った。まず、ハイブリッドコレクターの発電特性と集熱特性の実験を行うとともに、同時に実施した太陽電池単体パネルおよびソーラーコレクター単体パネルの運転実績と比較した。さらに、太陽エネルギー利用のハイブリッド化による省エネルギー効果と設置スペースの削減効果をエネルギー・エクセルギーの両面から検討した。

2．実験概要

2．1　ハイブリッドコレクターの仕様

図-1 に今回の実験で使用したハイブリッドコレクターの断面図を示す。また、同パネルの仕様について表-1 に示す。このパネルは、透過率約 0.9 の強化ガラス、フッ素樹脂、EVA、単結晶シリコン型太陽電池、アルミ集熱板、銅管、厚さ 25mm のグラスウール（24K）等から構成される。また、コレクター１枚当りの最大発電電力は 117Wである。

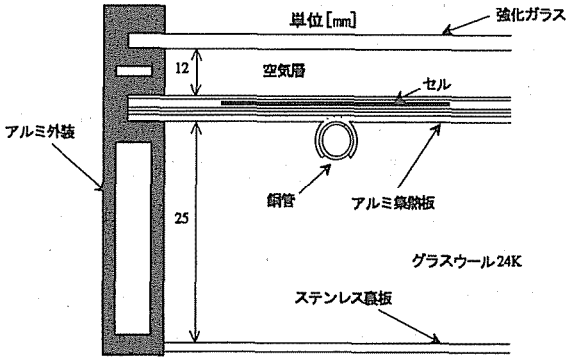

図-1　ハイブリッドコレクターの断面図

表-1　ハイブリッドコレクターの仕様

太陽光発電	素子面積[m²] 最大出力[W] 標準時変換効率[%]	0.8 117 13.8
太陽熱集熱	有効集熱面積[m²] 集熱板表面状態	0.9 単結晶シリコン型太陽電池
外形寸法[mm] 重量[kg]		1200×802×48 26

2．2　実験装置および測定システム

図-2 に実験装置の系統図を示す。電気系統については電子負荷装置により、可変負荷を与えることによって、最大発電電力量を測定するものとした。ハイブリッドコレクターは 2 枚を並列に接続し、循環ポンプ内蔵型の恒温水槽により一定温度の不凍液を 1ℓ/(min･枚)にて送水した。また、表-2、図-3 にそれぞれハイブリッドコレクターの設置条件と実験装置の外観を示す。実験装置は北大構内に設置し、8 時から 13 時まで遮断物の影響を受けず日射を確保できる。

表-3 に使用した集熱媒体および恒温水槽の仕様を示す。集熱用の不凍液には、プロピレングリコール水溶液（30wt%）を採用した。恒温水槽は、1.5kW のヒーターと、0.75kW の全密閉型空冷式冷凍機から構成されており、-40～+50℃の範囲で送水温度の設定が可能である。また、モーター攪拌・送水のために60W の循環ポンプが内蔵されている。

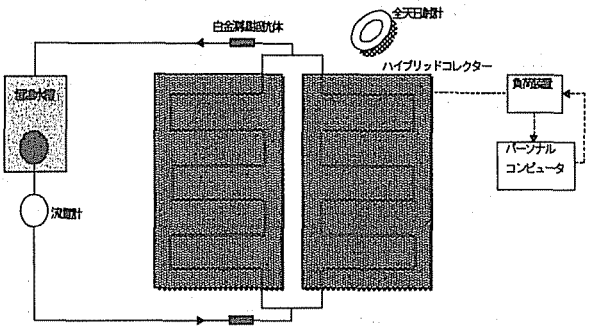

図-2　実験装置の系統図

表-2　ハイブリッドコレクターの設置条件

緯度	43° 03′
経度	141° 20′
傾斜角	30°
方位	真南向き
地上高	1.5m

表-4 に測定項目および測定機器を示す。まず、電子負荷装置において、定電流モードによって最適動作点を探索し、最適動作電流・最適動作電圧・最大発電量を 5 分間隔でフロッピーディスクに記録した。また、パネル各点の温度・パネル出入口の集熱媒体温度・集熱媒体の循環流量・外界気象条件については、測定を 5 分間隔で行い、データロガー（NEC 三栄製）により IC メモリカードに記録するものとした。

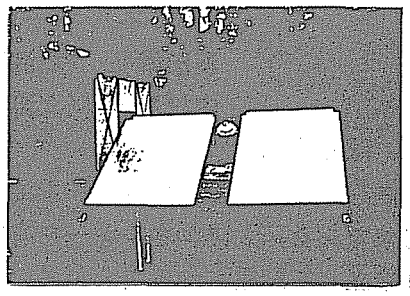

図-3　実験装置の外観

2．3　実験条件

実験においては、集熱温度の違いによる光電変換効率・集熱効率の特性を把握することを目的として、恒温水槽より一定温度の不凍液を送水した。集熱媒体の温度は、10～40℃まで変化させて測定を行った。

表-3　集熱媒体および恒温水槽の仕様

種類	名称	仕様	
集熱媒体	不凍液（プロピレングリコール溶液）	濃度 30%	
		流量 1ℓ/(min·枚)	
恒温水槽	TRL-N135（トーマス科学器械株式会社）	外　法	500×590×830mm
		槽内寸法	300×400×300mm
		有効内法	260×280×300mm
		温度範囲	+50℃～−40℃
		温度センサー	白金抵抗式 Pt100 オーム
		温度制度	±0.1℃以内（温度安定度）
		ヒーター	シースワイヤー式ヒーター 1.5kW
		冷凍機	全密閉型空冷式 750W フロンガス R−502
		循環ポンプ	60W モーター撹拌、送液兼用型 最大揚程 2m、最大流量 10 ℓ/min

表-4　測定項目および測定機器

測定項目	測定機器
電流	システム電子負荷装置（菊水電子工業）
電圧	システム電子負荷装置（菊水電子工業）
セル表面温度　（パネルの上・中・下 3 点） パネル表面温度（表：上・中・下 3 点） （裏：中央 1 点）	T 熱電対（CHINO）
不凍液流量	OEX 流量計（金門製作所）
不凍液温度（コレクターの出入口 2 点）	白金測温抵抗体（CHINO）
外気温	T 熱電対（CHINO）
全天日射量	全天日射計（英弘精機）

3．実験結果と考察

3．1　実験結果

図-4 に送水温度 20℃（代表日：1997 年 10 月 6 日）、図-5 に送水温度を 30℃（代表日：1998 年 7 月 15 日）、図-6 に送水温度を 40℃（代表日：1997 年 10 月 23 日）と設定した場合の、光電変換効率、集熱効率および両者を総合した太陽エネルギー利用率[=(発電量+集熱量)/日射量×100]の変動を示す。データには、30 分間の平均値を採用した。光電変換効率は、10～13%前後でほぼ安定している。一方、集熱効率は送水温度 20℃の場合で 50%、30℃の場合で 40%、40℃の場合には 20%を若干下回る程度であった。また、太陽エネルギー利用率は、集熱効率の変動に影響を受け、20℃の場合で 60%、30℃の場合で 50%，40℃の場合には 30%程度の値を示している。

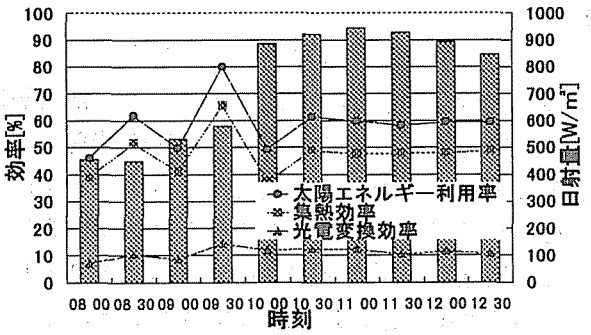

図-4　光電変換効率・集熱効率・太陽エネルギー利用率の変動（送水温度 20℃：1997/10/6）

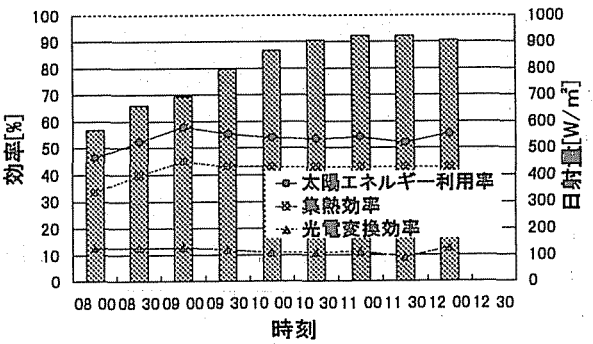

図-5　光電変換効率・集熱効率・太陽エネルギー利用率の変動（送水温度 30℃：1998/7/15）

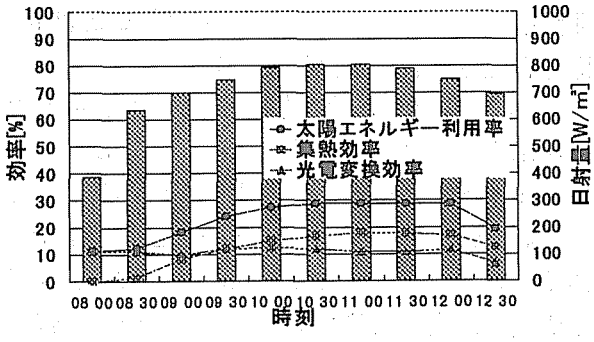

図-6　光電変換効率・集熱効率・太陽エネルギー利用率の変動（送水温度 40℃：1997/10/23）

3．2　ハイブリッドコレクターと単体パネルの特性比較

太陽電池（Photovoltaic:PV）単体パネルとハイブリッド（Hybrid:HB）コレクターの光電変換効率の比較を図-7 に、ソーラーコレクター（Solar Collector:SC）単体パネルと HB コレクターの集熱効率の比較を図-8 にそれぞれ示す。ここで、PV･SC パネルについては実験結果 [1),2)] より得られた回帰式を使用した。光電変換効率は、構造の違いによらずほぼ同等の値となっている。一方、集熱効率については、集熱効率変数ΔT/I[=(集熱温度－外気温)/日射量[(K･m²)/W]]の増加に伴い減少しており、選択吸収膜を有する平板型コレクターと比較すると、HB コレクターでは集熱板上部に太陽電池セルが設置されており、構造も簡易であることから、効率低下が見られる。

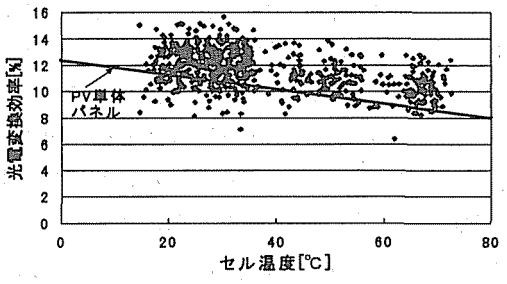

図-7　PV パネルと HB コレクターの発電特性

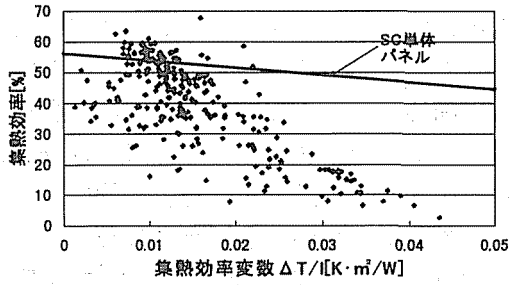

図-8　SC パネルと HB コレクターの集熱特性

4．ハイブリッドコレクター導入による省エネルギー性の評価

4．1　ハイブリッドコレクターの解析モデル

今回使用した HB コレクターの解析モデルとして拡張 HWB（Hottel-Whillier-Bliss）モデル [3)] を採用した。そのエネルギー収支モデルを図-8 に示す。このモデルを用いた場合、HB コレクターの光電変換効率・集熱効率を算出する際のパラメータは、受光面における全天日射量・集熱媒体の入口温度・外気温の 3 変数となる。

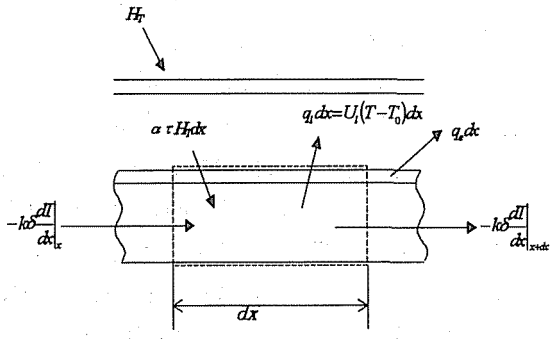

図-9　HB コレクターのエネルギー収支モデル

図-10 に拡張 HWB モデルによる計算値と実測値の比較を示す。また、図中には、今回用いた HB コレクター（ガラスカバー1 枚、吸収器と集熱用流体間の総合熱コンダクタンス U_f=32W/(m²･℃)）の計算値の他、ガラスカバー枚数、U_f 値を変えた場合の計算値も併記している。光電変換効率については、ガラスカバーの枚数と U_f 値の違いによる影響は小さい。一方、集熱効率については、ガラスカバー枚数と U_f 値の違いが大きく影響しており、拡張 HWB モデルによる計算値と実測値は、比較的良く一致している。

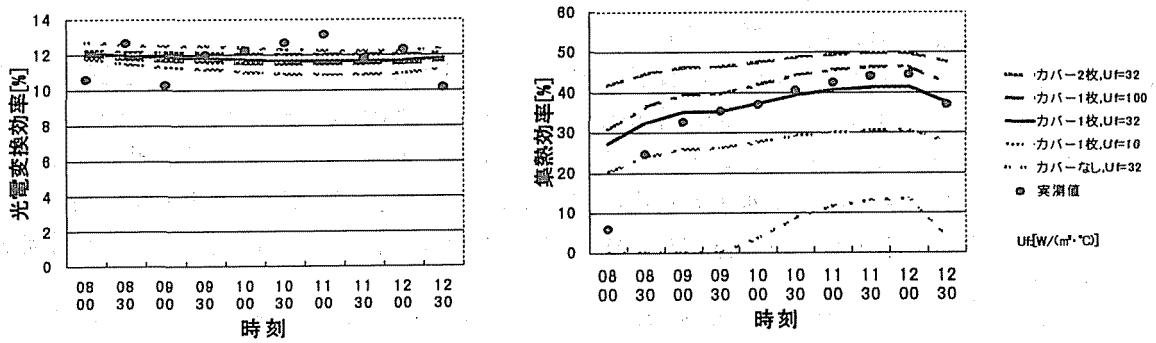

図-10　光電変換効率・集熱効率の計算値と実測値の比較

4．2　エネルギーおよびエクセルギー評価[4)]

表-5 に日射量 700W/m²、外気温 25℃とし、エクセルギー効率を最大とする最適集熱温度を採用した場合の単体方式（PV、SC）とハイブリッドコレクター（HB）のエネルギー効率とエクセルギー効率の比較を示す。ただし、PV パネル、SC パネルは図-7、8 の回帰式、HB コレクターについては 4.1 の拡張モデルより求めた。エネルギー効率は SC、PV、HB でそれぞれ 46.2%、10.7%、42.6%であり、PV が最も小さい。これに対して、HB は集熱効率は SC に劣るものの、光電変換効率を加えることにより SC とほぼ同等のエネルギー効率となる。また、エクセルギー効率は SC、PV、HB でそれぞれ 4.4%、11.2%、13.3%と SC が最も小さく、質的にもハイブリッド化の効果が大きいことが示された。

表-5　単体パネルとハイブリッドコレクターのエネルギー・エクセルギー効率の比較

		ソーラーコレクター単体パネル	太陽電池単体パネル	ハイブリッドパネル
エネルギー効率[%]	熱	46.2	—	32.0
	電気	—	10.7	10.6
	総計	46.2	10.7	42.6
エクセルギー効率[%]	熱	4.4	—	2.1
	電気	—	11.2	11.2
	総計	4.4	11.2	13.3

日射量700W/m²、外気温25℃

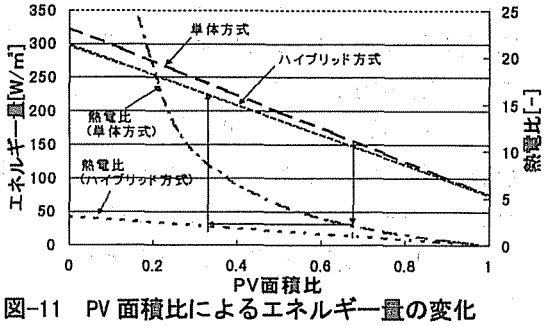

図-11　PV 面積比によるエネルギー量の変化

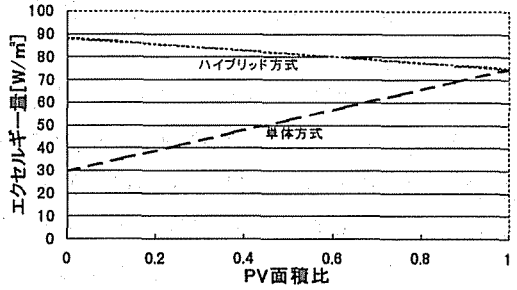

図-12　PV 面積比によるエクセルギー量の変化
（日射量 700W/m²、外気温 25℃）

図-11、12 に同一面積に単体方式を設置した場合（PV+SC）とハイブリッド方式に PV パネルを補完した場合（PV+HB）の出力エネルギーとエクセルギーの比較を示す（ここで、PV 面積比は、単体方式では PV/(PV+SC)、ハイブリッド方式では PV/(PV+HB)）。ハイブリッド方式において、熱電比（=集熱量/発電量）を 2 とした場合の PV 面積比は約 0.33、エネルギー量は約 220W/m²であり、等熱電比における単体方式のエネルギー量の約 1.4 倍となっており、約 27%の設置スペースの削減が期待できる。また、このときのハイブリッド方式のエクセルギー量は単体方式の約 1.4 倍となった。

5．まとめ

(1) ハイブリッドコレクターの実験装置を作成し、集熱媒体の送水温度を一定とした実験を行った結果、光電変換効率は送水温度によらず 10～13%前後でほぼ安定したが、集熱効率は 20℃の場合で 50%、30℃の場合で 40%、40℃の場合で 20%程度となった。また、両者を総合した太陽エネルギー利用率は 20℃で 60%、30℃で 50%、40℃で 30%程度となった。

(2) 太陽電池単体パネル、ソーラーコレクター単体パネル、ハイブリッドコレクターの比較実験を行った結果、ハイブリッドコレクターの光電変換効率は単体パネルに対してほぼ同等であったが、集熱効率は若干の低下が見られた。

(3) 実測に基づいた計算モデルによる日射量 700W/m²、外気温 25℃で最適集熱温度を採用した場合のハイブリッドコレクターのエネルギー効率は 42.6%でソーラーコレクター単体パネルとほぼ同等であった。一方、エクセルギー効率は 13.3%であり、太陽電池単体パネル・ソーラーコレクター単体パネルよりも高い値を示した。また、熱電比を 2 とした場合、ハイブリッド方式のエネルギーは単体方式の約 1.4 倍となり、約 27%の設置スペースの削減が可能であると予測される。

本研究の一部は文部省科学研究費補助金基盤研究(A)(2)No. 08405039 "年間蓄熱サイクルを考慮したエネルギー自律型住宅の実験とその評価に関する研究"（研究代表者：落藤澄）によった。

【参考文献】
1) 落藤澄ら：ローエネルギーハウスにおける運転実績とその評価（第2報）、空気調和・衛生工学会北海道支部第32回学術講演会論文集(1998)
2) 落藤澄ら：ローエネルギーハウスにおける運転実績とその評価（第3報）、空気調和・衛生工学会北海道支部第32回学術講演会論文集(1998)
3) L.W.Florschuetz：Extension of the Hottel-Whillier-Bliss Model to the Analysis of Combined Photovoltaic/Thermal Flat Plate Collector, Sharing the Sun Joint Conference Proceeding(1976), Vol.6, pp.79～92
4) 佐久間和彦ら：エクセルギー理論に基づく太陽光熱ハイブリッドパネルの年間特性、電学論B、113-7(1993)、pp736～743