

空気式壁面太陽集熱システムに関する研究 — 集熱構造の違いによる集熱特性比較実験 —

会員 ○ 駒野清治 (EOM株式会社)
 荻原幸久 (EOM株式会社)

Study on air type wall surface solar heat collection system
-- The heat collection quality comparison experiment with the difference of heat collection structure --

Seiji KOMANO, Yukihisa EBARA

EOM Corporation
158-1 Nagatsuru-Cho, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 435-0031, JAPAN
Fax: +81-53-464-8971, E-mail: koma@sunQeom.com

ABSTRACT

In order to contribute to the spread of solar heat utilization, we paid attention to the air type wall surface heat collection in a few study results, and began experimental study. The heat collection structure which it compares is the single-flow, the multi holes and the multi slits. Evaluation method measures the test unit of several types on outside experiment, and compares the result.

キーワード: 太陽集熱, 空気式, 壁型, 換気
Keywords: Solar heat collection, Air system, Wall type, Ventilation

1. 研究目的

エネルギー資源に乏しく、地球温暖化防止が急がれる日本において、太陽熱利用の研究や普及が停滞している。そのなかで、屋根面に集熱部を構成し、太陽熱の通年利用(換気暖房・換気涼房・屋根排熱・給湯)を基本とする外気導入式ソーラーハウス¹⁾²⁾は太陽熱利用の普及に貢献している。しかしながら、壁面に集熱部を構成する空気式太陽熱利用に関する研究は少なく、実際に普及しているとは言えない。そこで、私達は、研究蓄積が少ない空気式壁面太陽集熱システムに着目し、実用的な研究をはじめた。日本では建築に大きい開口部を設け残る壁面が狭いこと、近隣の建築物が近く壁面に影が掛かりやすいことなどから、小さく高性能な壁面集熱が求められる。また、多くの敷地は狭く壁面集熱部が目につきやすいこと、多様な外観の建築があることなどから、集熱部のデザイン対応性が求められる。

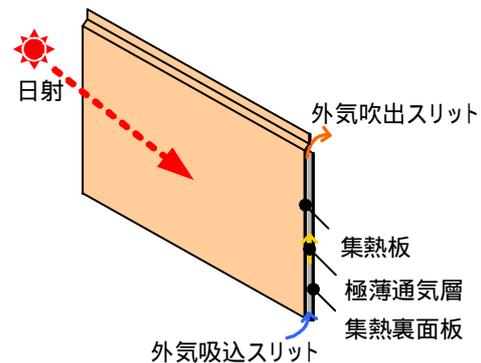


図1. スリット吸込・極薄通気層 集熱板

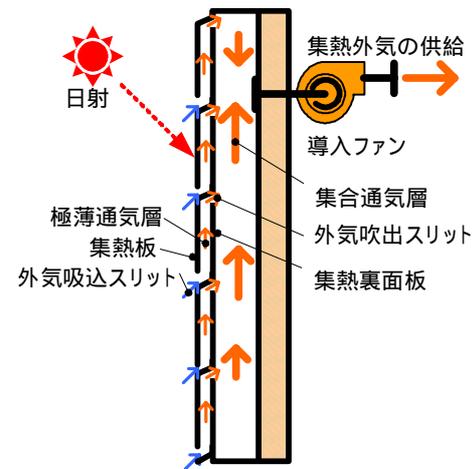


図2. スリット吸込・極薄通気層 集熱換気システム

このように集熱性能とデザイン対応性の高い壁面集熱を開発することにより、太陽熱利用の普及に貢献することが研究目的である。

筆者らはもうひとつ目的がある。2003年改正建築基準法シックハウス対策により機械式24時間換気が義務化された。筆者等は実測と計算検討³⁾⁴⁾により、近年多くなった気密住宅で、自然換気量のみでは室内化学物質濃度が基準値を上回り、機械式換気などによる0.5回/h換気の必要性を確認している。同改正建基法の室内化学物質濃度条件は、健康的な成人が対象で、過敏な人や子供の場合はより低濃度が要求され、安全を考えれば換気量を増やしたいと考えられる。現実には、冬の冷たい外気の給気が寒

い、きちんと換気が行われているかわからない、という不満が多くあり⁵⁾、居住者が換気を止めることになりかねない。そこで、太陽集熱換気システムで、冬の集熱中に温かい外気を室内に導入し、寒い換気とは逆に温かい換気とし、暖房エネルギーを消費することなく、従来の0.5回/hより多い換気量を実現し、室内の空気質をより良くすることが、もうひとつの研究目的である。

2. 新規開発した集熱構造

一定風量において集熱通気層が薄いほど集熱性能は向上するが、その反面通気抵抗が大きくなることから、実用的な通気層の薄さには限界がある。筆者らが行った実験では、数mの長い集熱通気層の場合、通常30～45mmの通気層厚さは実用的な通気抵抗から15mmが限界という結果であった⁶⁾⁷⁾。

図1・図2は、新規に開発した集熱構造である。当集熱板の極薄通気層は厚さ2mm、流れ長さ約120mm。この横羽目形状の集熱板を図2のように連結し、壁面状の集熱面を構成し、表面の外気吸込スリットから空気を吸い込み、裏面の外気吹出スリットから集熱空気を吹き出し、集合通気層によりファンに空気が集まるシステムである。なお、面積1.5～8m²の集熱面、風量20～60m³/(h・m²)において、集熱面全体で概ね均一の吸込風量であることを確認している。この集熱構造は、多様な設計条件に適應することから発想され、当集熱板の仕上げの色や素材感、選択吸収膜処理などに変更することで、デザインや性能を設計できる。表側に集熱用ガラスを置いて集熱性能を高くすること、集熱板のカタチは長方形と違う丸形でもよいし、円柱に巻き付くようにアルル状でもよい、という構想である。

本報では、新規開発した集熱構造が従来の集熱構造より高い集熱性能であることが比較実験により確認できたので、今後の課題とともに報告する。



写真1. 集熱実験全景 (2006/02/02)

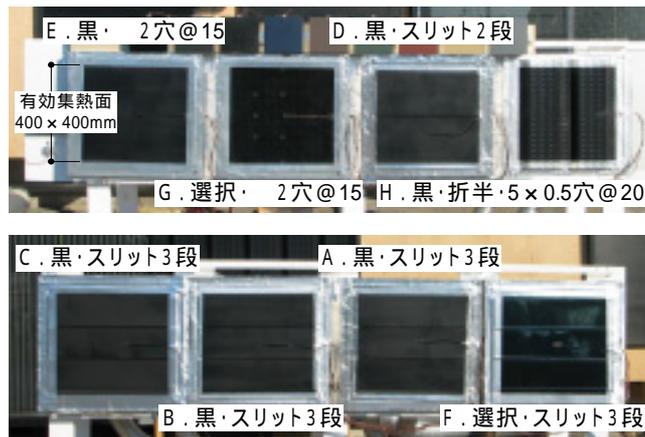


写真2. 小型試験体

表1. 小型試験体の仕様

集熱板試験体	表面材	吸気構造
A	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・120L, 3段
B	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・120L, 3段
C	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・120L, 3段
D	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・185L, 2段
E	鉄板0.4t, 黒色塗装	平板・2mm穴@15mm
F	ステンレス板0.3t, 選択吸収膜	スリット吸込, 通気層2H・120L, 3段
G	ステンレス板0.3t, 選択吸収膜	平板・2mm穴@15mm
H	アルミ板1t, 黒色塗装	折半・5×0.5mm穴@20mm

集熱板試験体	集熱裏面板	共通仕様
A	アルミ板0.1t, 2Hエンボス加工	有効集熱面寸法: 400×400mm 集合通気層高さ: 30mm 断熱材: フェノールフォーム40t 設置角度: 90°(垂直) 設置方位: 0°(真南)
B	アルミ板0.1t, 2Hコルゲート加工	
C	プラスチック段ボール, 2mmH	
D	アルミ板0.1t, 2Hエンボス加工	
E	無し	
F	アルミ板0.1t, 2Hエンボス加工	
G	無し	
H	無し	

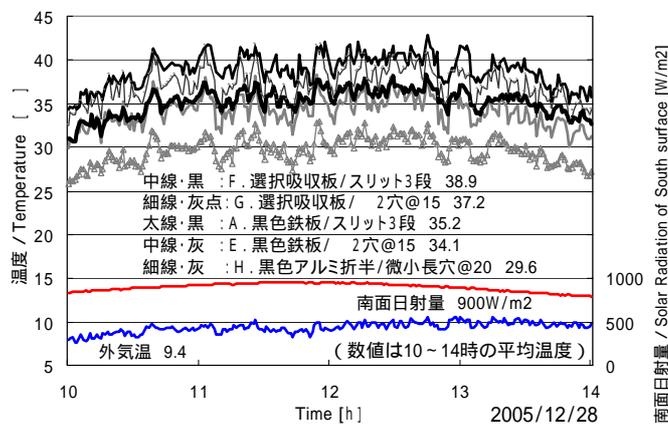


図3. 集熱温度の経時変化 風量40m³/(h・m²)

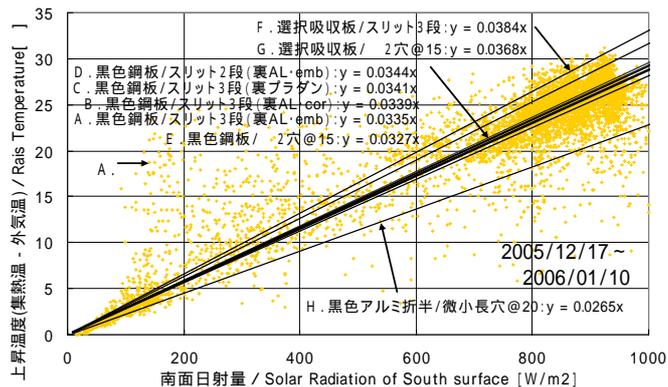


図4. 集熱温度特性 風量40m³/(h・m²)

3. 小形試験体による予備集熱実験

実験場所は静岡県浜松市当社敷地内で、写真1のように南側は15mの空地、周囲は1～2階建物であり、10～14時に試験体が日影になることはない。

予備実験として、有効集熱面の大きさが400×400mmの小形試験体(写真2)を製作し、集熱構造の違い(表1)による集熱温度を比較した。風量調整方法は、接続ダクト塩ビ管VU40(長さ700m以上)内の風速1点を非集熱時に熱線風速計で計測した。調整風量は絶対値として信頼性は低いが、各試験体を概ね同じ風量に調整していると考えている。

図3集熱温度は、選択吸収板F・Gが黒色A・Eより約3℃高く、スリット3段Aが2穴Eより約1℃高く、アルミ折半/微小長穴Hはスリット3段Fより約5℃低い結果であった。

図4集熱温度特性は、図3と同様の傾向であり、黒色鋼板のスリット吸込・2穴(D・C・B・A・E)では特性の違いが小さいことがわかる。

4. 実大試験体による集熱実験

実大試験体(写真3・表2)は、数種のスリット吸込A・F・G、単純構造の平板¹⁾B、そして、集熱ガラスを取り付けたスリット吸込C・E、単純構造のD・H¹⁾を比較した。

図5集熱温度(風量20)の傾向は、スリット吸込+集熱ガラスE・Cで約70℃、単純構造H・Dは約55℃、スリット吸込(通気層2mmH)A・Fは約40℃、同(4mmH)Gは36℃、単純平板Bは33℃。結果を比較すると、スリット吸込A・F(通気層2mmH)は、同(4mmH)Gより約3℃高く、単純平板Bより約7℃高い。スリット吸込の通気層高さ2mmが日射を受けて熱くなった集熱板と集熱空気との熱交換を向上していること、その性能が従来の集熱構造Bより高いことがわかる。集熱ガラスを取り付けた場合も相対的な傾向は同じである。さらに選択/スリット2H+ガラスEは最も高い集熱温度となった。

図6集熱温度(風量40)の相対的な傾向は図5集熱温度(風量20)と同じである。

図7集熱温度(風量60)の傾向は、平板+ガラスDが最も高い温度となった。スリット吸込+ガラスC



写真3. 集熱実験全景 (2006/02/09)

表2. 実大試験体の仕様

集熱板		集熱・吸気構造
試験体	表面材	
A	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・120L, 15段
B	鉄板0.4t, 黒色塗装	平板, 通気層30H・1800L
C	試験体A + 集熱ガラス(空気層15mmH)	
D	試験体B + 集熱ガラス(断熱空気層15mmH)	
E	試験体A(選択吸収膜仕様) + 集熱ガラス(空気層15mmH)	
F	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層2H・120L, 15段
G	鉄板0.4t, 黒色塗装	スリット吸込, 通気層4H・120L, 15段
H	試験体B(黒色波板仕様) + 集熱ガラス(断熱空気層15mmH)	

集熱板		共通仕様
試験体	集熱裏面板	集熱器寸法: 1800×900mm
A	プラスチック段ボール, 2mmH	有効集熱面寸法: 1750×850mm
B	無し	集合通気層高さ: 30mm
C	アルミ板0.1t, 2Hエンボス加工	断熱材: ウレタンフォーム15t
D	無し	設置角度: 90°(垂直)
E	アルミ板0.1t, 2Hエンボス加工	設置方位: 0°(真南)
F	プラスチック段ボール, 2mmH	
G	プラスチック段ボール, 4mmH	
H	無し	

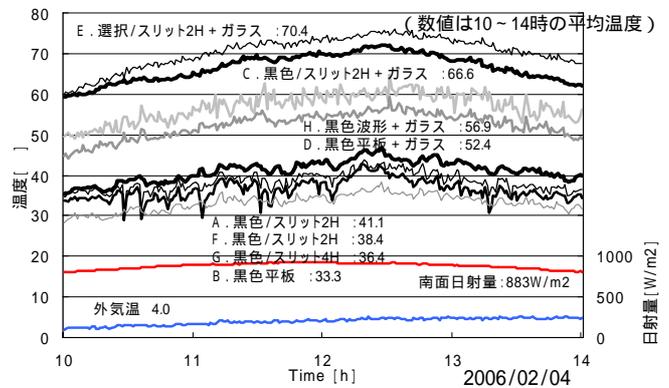


図5. 集熱温度の経時変化 風量 20 m³/(h・m²)

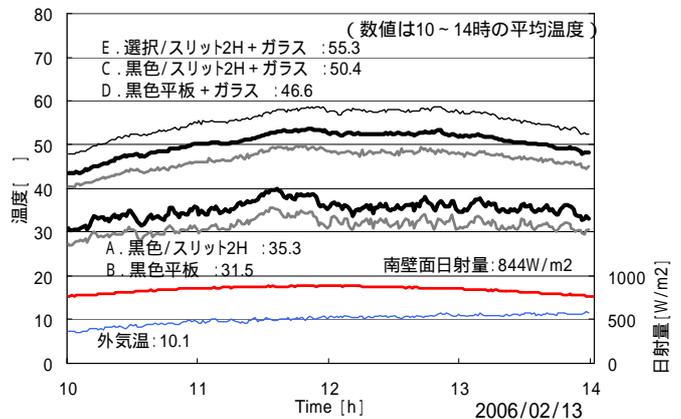


図6. 集熱温度の経時変化 風量 40 m³/(h・m²)

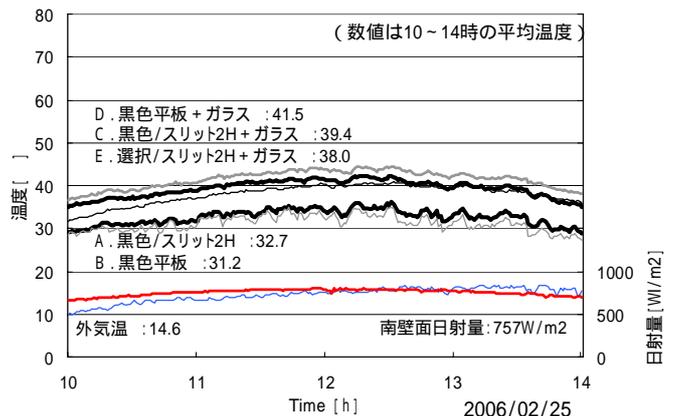


図7. 集熱温度の経時変化 風量 60 m³/(h・m²)

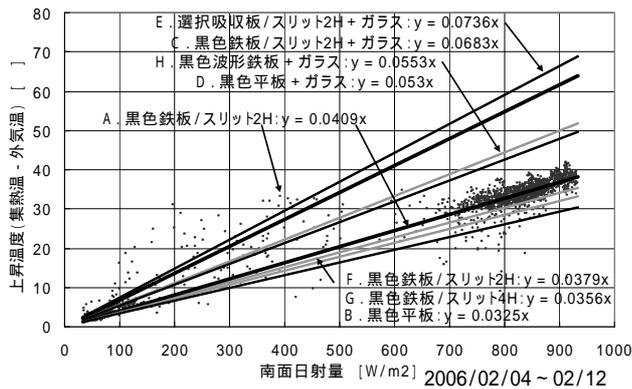


図8 . 集熱温度特性 風量 2.0 m³/(h·m²)

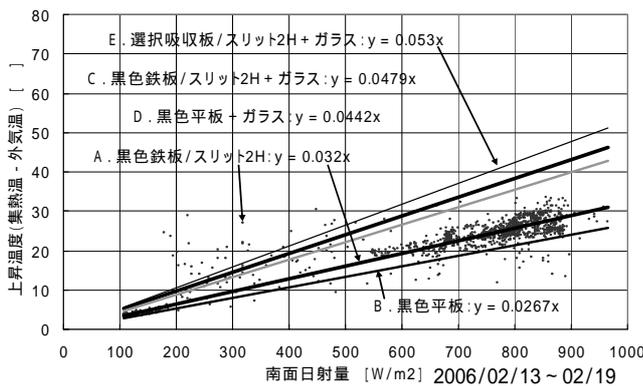


図9 . 集熱温度特性 風量 4.0 m³/(h·m²)

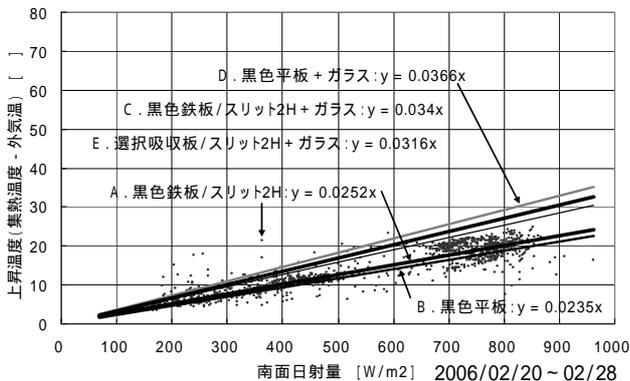


図10 . 集熱温度特性 風量 6.0 m³/(h·m²)

の集熱温度が相対的に低くなった理由は、ガラス下の空気層を介して集熱板に流れている熱媒外気の風量が多くなり、ガラス下の空気の温度が低下したためである。選択/スリット2H+ガラスEの集熱温度がさらに低下した理由は、選択吸収板が黒色より日射吸収率が少し低いこと、熱媒外気の風量が多くなり選択吸収板の温度が低下するほどにその低放射のメリットが生きてこないためである。

図8～10に集熱温度特性を整理した。図5～7集熱温度と同じ傾向が確認できる。

5. 実用化に関係すること

集熱実験中に気が付いたことから、実用化に関係することを記しておく。

写真4はスリット吸込式集熱面が雨に濡れたときの状況である。巾5mmのスリット状吸込口の場合は、



写真4 . 雨で濡れたスリット 写真5 . ホコリが溜まったスリット吸込式集熱面

写真のように吸込口が雨で塞がることはなかった。吸込口が雨で塞がることがあった試験体は、小形試験体の平板 2穴、折半/微小長穴である。24時間換気を考慮して、雨などで集熱面の吸気口が塞がることを避けるために、筆者等はスリット吸込式を選択した。ただし、スリット吸込式集熱面を屋根など傾斜面に設置した場合は、雨で吸込口が塞がる。

写真5はスリット吸込+ガラス式集熱面で、スリット吸込部分にホコリが溜まっている状況である。熱媒外気の吸込部分に防虫網を取り付けていない条件であるが、ガラス下の空気層に熱媒外気とともに侵入したホコリが雨などで洗われることなく、6ヶ月間溜まり続けたものである。なお、この改善案として、ガラス下空気層を密閉する構造で熱媒外気を極薄通気層に流す方法を追加実験中である。

6. まとめ

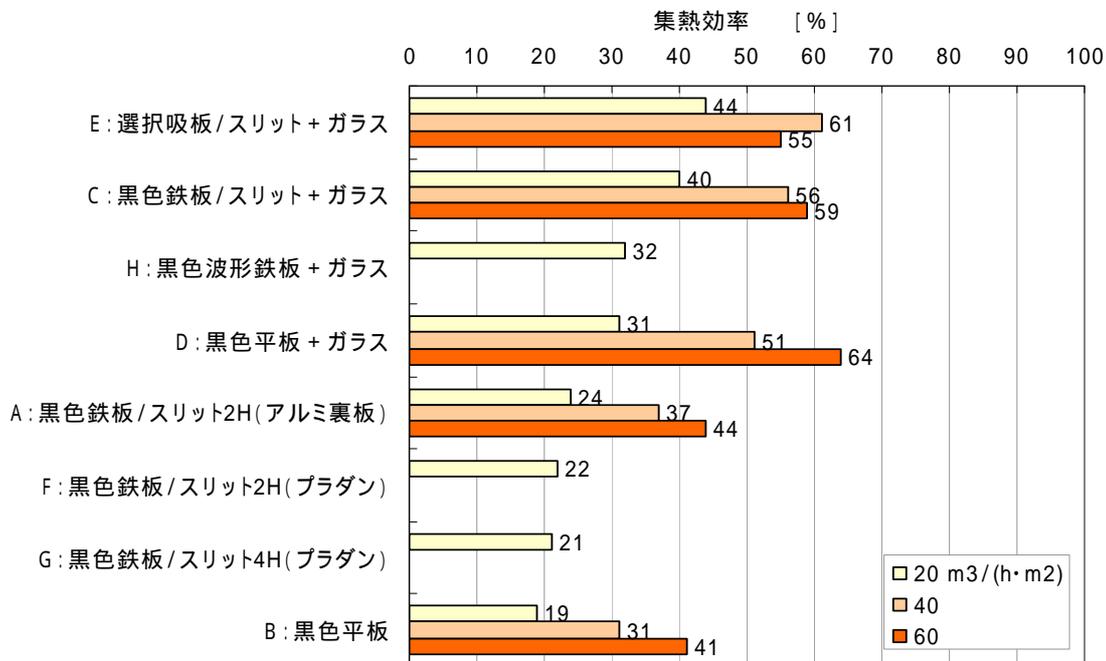
新規開発した集熱構造/スリット吸込・極薄通気層を基本にして、8種の集熱構造について小形試験体で予備実験、8種の材料組み合わせについて実大実験を行った。集熱ガラス無しの場合のスリット吸込集熱板が集熱性能の面で比較対照の従来方式より概ね優位であることが確認できた。今後の課題は、ガラス付集熱、選択吸収板を利用するなど高性能集熱において、その材料のもつ性能ポテンシャルを十分に活かすとともに、実用上支障がより少ない集熱構造について研究していくことである。

【謝辞】本研究における実験において、矢崎総業(株)環境システム開発センター/浅井俊二氏・相曽一浩氏から、試験体材料の一部(選択吸収膜処理板など)を提供していただくとともに、有益なアドバイスをいただいた。

【参考文献】1) 駒野清治・何江・荏原幸久・奥村昭雄: 外気導入式ソーラーハウスの冬季実測、太陽/風力エネルギー講演論文集、pp.355~358、1995年11月 2) 何江・駒野清治・荏原幸久・奥村昭雄: 外気導入式ソーラーハウスの夏季実測、太陽/風力エネルギー講演論文集、pp.359~362、1995年11月 3) 細川公子・趙雲・荏原幸久: 空気式ソーラー住宅の室内空気質に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.743~744、2000年9月 4) 趙雲・荏原幸久・吉野博: 住宅における換気量の簡易予測法、日本建築学会計画論文集第512号、pp.39~44、1998年10月 5) 矢野経済研究所: 住宅用換気システム市場の展望と戦略2005、2005年5月 6) 青嶋隆太・駒野清治・荏原幸久・藤内崇・塚本吉宣: 外気導入式ソーラーシステムの集熱部に関する研究 その2. 集熱通気層高さの検討、太陽/風力エネルギー講演論文集、pp.337~340、2002年11月 7) 青嶋隆太・駒野清治・荏原幸久: 外気導入式ソーラーシステムの集熱部に関する研究 集熱通気層高さの検討、日本建築学会大会学術講演論文集、p.579~580、2003年9月

実大試験体の集熱実験 集熱効率の比較

図8～10. 集熱温度特性_風量 { 20, 40, 60m³/(h・m²) } をもとに、各集熱効率を求め、一覧表に整理しました。 図5～7. 集熱温度の経時変化を含めて、集熱の傾向を一目で比較することができます。



新規開発した集熱構造 + ガラス付き について

EOMホームページに06/10/03アップした「ソーラーベントガラス付仕様」は、論文中で今後の課題とした” 実用上支障がより少ない集熱構造 ” を考慮して改善したものです。

- ・本論文で実験したスリット吸込方式ガラス付仕様は、ガラス下空気層が熱媒外気の通り道となり、風量が多くなると空気層と集熱板を冷やす状況になるものです。
- ・ホームページにアップした「ソーラーベントガラス付き仕様」は、ガラス下を密閉空気層にしたものです。さらなる集熱構造の向上ができるものと期待して実験中です。