

## 太陽熱温風と蓄熱材による熱エネルギー活用システムの開発

北九州市立大学 正会員 ○山田百合子  
(株)CEC 松尾 祐介  
北九州市立大学 フェロー 伊藤 洋

## 1. 目的

近年、地球温暖化抑制のためのCO<sub>2</sub>削減や化石燃料の消費を抑制するため、自然エネルギーの活用が急務となっている。現状では、太陽光発電が主流であるものの買取制度や補助金依存であり、実質的なエネルギー価値は発展途上で、熱エネルギーへの変換効率も10～20%程度である。一方、太陽熱の直接利用では、それが50%以上になるとされ、太陽熱温水器、ソーラーウォール、地中熱蓄熱などが実用化されているものの、持続性、コスト、設置の容易性などで課題がある。伊藤らは、こうした課題を改善したシステムとして、太陽熱温風と蓄熱媒体を融合したハイブリッド型の熱エネルギー活用システムを提案している<sup>1)</sup>。このシステムは、太陽熱吸収パネルと蓄熱材を用いて日中は暖気を、夜間は放射冷却により冷気を生み出し、こうしたエネルギーを住宅や農業用ビニールハウスに送風しつつ、蓄熱媒体にも熱エネルギーを蓄積して熱環境の改善効果の持続性の向上を図るものである。

本報告では、本システム開発のベースとなる蓄熱材の選定とその効果の検証を目的として、室内および屋外で実験を実施した。その結果有用な基礎データが得られたのでここに報告する。

## 2. 蓄熱材選定実験

## 2.1 実験方法

図-1は、室内実験の概要である。太陽熱吸収パネル（底板は黒塗りの鉄板、中間に仕切り壁、表面は二重構造の透明アクリル板、周囲はウール系断熱材）を設置し、その後は保温容器（発砲スチロール）、送風ファンで構成されている。太陽熱吸収パネル上には、太陽を模擬したミニレフランプを2個設置した。温風は、送風ファンによって吸引され保温容器内を通過する。実験中は同図に示すように各地点に熱電対を設置し、加温（ミニレフランプON）と同時に送風ファンを稼働させ、温度上昇が上限に達した時点で加温、送風を停止して低下温度を計測した。蓄熱材はいずれも2kgで8水準【高吸水ポリマー、豆砂利（バットあり、バットなし、ネット）、コンクリート、セラミックボール（φ5mm、φ40mm）、活性炭】とした。

## 2.2 室内実験結果

蓄熱材の選定に当たって最も重要な評価軸は、装置停止後の保温容器内の温度低下が抑制されているかどうかである。図-2は、各ケースにおける装置停止後210分後の保温容器内の温度低下を示したものである。同図より、最も温度低下が小さいものは高分子吸水ポリマーで2.4℃となっている。ついで、豆砂利（バットあり）で4.6℃となった。一方、最も温度低下が大きいのが活性炭であり8.4℃であった。以上より、蓄熱材としては、高吸水性ポリマー（水）が最も機能的には優れていると判断できる。ただし、農業ビニールハウス等で施工性や耐候性などが懸念される場所においては豆砂利が有用であると考えられる。ここで、実際のビニールハウスでは、スケールの差があるため、蓄熱材として豆砂利ではなく、粒径の大きいバラスト材を用いることとする。

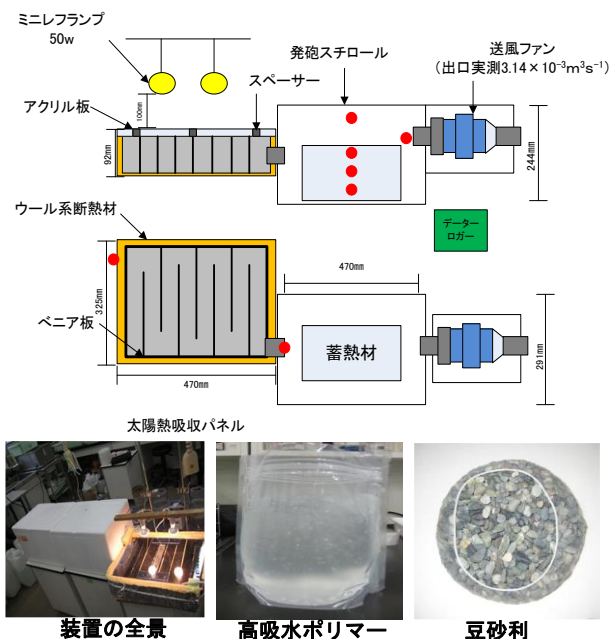


図-1 室内実験装置の概要

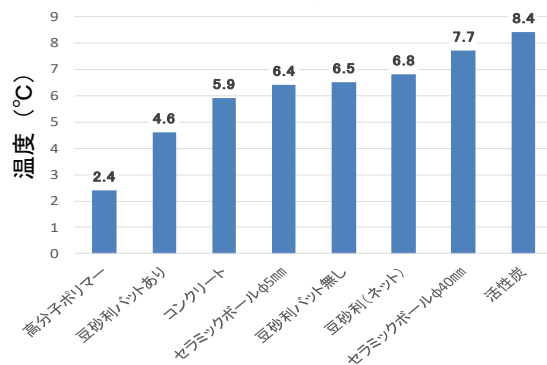


図-2 装置停止後の210分後の保温容器内温度低下

キーワード 太陽熱、自然エネルギー、空調システム、蓄熱

連絡先 〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1 北九州市立大学国際環境工学部 TEL: 093-695-3356

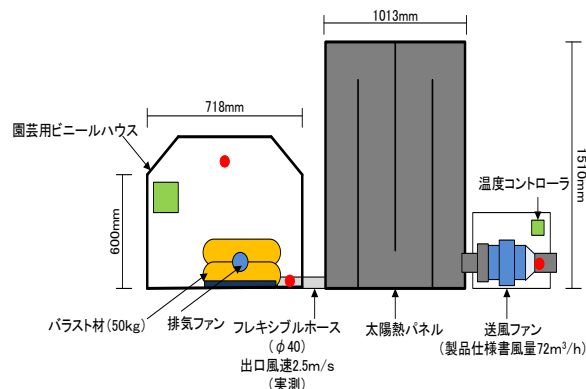
### 3. 機能検証実験（屋外）

#### 3.1 実験方法

図-3は、屋外実験の概要を示したものである。太陽熱吸収パネルから温風を送り保温容器（園芸用ビニールハウス）内の蓄熱材（バラスト材 50kg）が加温される。送風用のファンは、太陽熱吸収パネルの入り口に設置し、日中の加温時に作動する。一方、排気ファンはバラスト材の中央に温度コントローラーと共に設置し、夜間の温度低下時に蓄熱材の熱を放出する際に作動する。実験期間中は、太陽熱吸収パネル出口、保温容器内、蓄熱材等に熱電対およびボタン型温度計を設置して測定を行った。実験ケースは、表-1の4水準である。

#### 3.2 屋外実験結果

図-4は、ケースⅣにおけるパネル出口温度と気温の変化を示したものである。同図より、日射が大きい晴天時はパネル出口温度は気温より34℃程度高くなっているが、雨天で日射が小さい場合は、気温より1～2℃程度しか上昇していない。図-5は、ケースⅣにおけるハウス内上部、バラスト材平均温度、気温の変化を示したものである。個々の傾向は、ケースⅠ、Ⅱ、Ⅲも同様であるが、このケースでは連続して稼働させた場合の傾向を判読することができる。バラスト材の温度と気温に注目すると両者に明確な差があり、バラスト材の蓄熱効果が確認できる。ハウス上部温度は、気温およびバラスト材より大きくなっているが、ハウス温度上昇が大きいほど気温との差が長時間維持されていることが判読できる。また、ハウス内の温度は気温と連動して低下しているものの、蓄熱材は日射のない夜間においても気温より+4℃程度高くなっていることがわかる。



屋外実験装置の全景

バラスト材

図-3 屋外実験の概要

表-1 屋外実験ケース

| 実験ケース | 条件         | ハウス | 送風ファン   | 排気ファン   |
|-------|------------|-----|---------|---------|
| I     | 蓄熱材のみ      | ×   | ×       | ×       |
| II    | 温度制御なし     | ○   | 8hr     | ×       |
| III   | 温度制御：パネル入口 | ○   | 15℃以上ON | 15℃以下ON |
| IV    | 温度制御：パネル出口 | ○   | 15℃以上ON | 15℃以下ON |

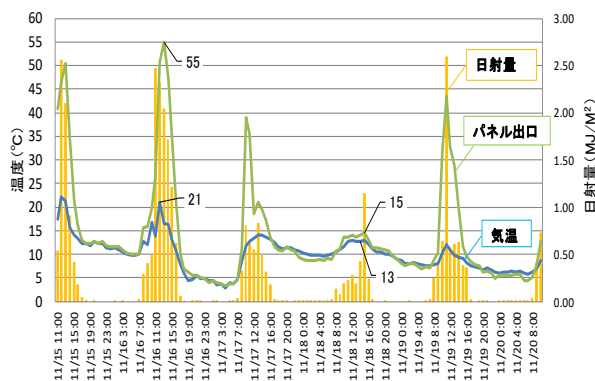


図-4 ケースⅣの日射量とパネル出口の温度変化

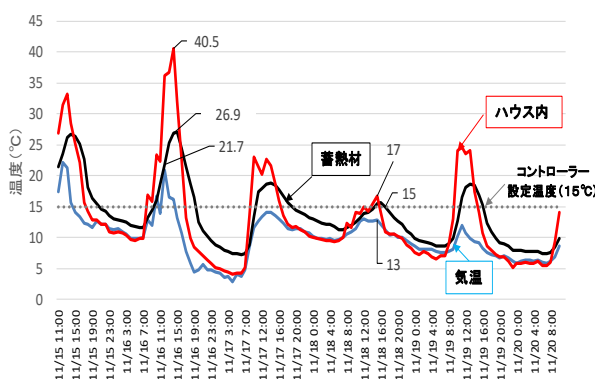


図-5 ケースⅣのハウス内温度と蓄熱材の温度変化

### 4. まとめ

得られた結果を整理すると以下ようになる。

- ① 室内実験により種々の蓄熱材の蓄熱効果を検証した結果、最も蓄熱効果（蓄熱材を設置した保温容器の温度低下が最も小さい）があったのは、高吸水性ポリマーであり、ついで豆砂利（バットあり）であった。
- ② 蓄熱材としてバラスト材を用いて、ビニールハウスを模擬した太陽熱吸収パネルと園芸用ビニールハウス（小規模）の連動モデルを屋外に設置し、蓄熱効果の検証実験を実施した。その結果、蓄熱材であるバラスト材の蓄熱温度は翌日の早朝まで蓄熱効果が維持されていることが認められた。

なお、本研究は「平成28年度北九州市環境未来技術開発助成、研究代表：松尾 祐介（CEC）」を受けて、定由 瑛平氏（東宝ホーム）、野上 哲也氏（北九州農業協同組合）、安藤 彰宣氏（旭化成アドバンス）、松尾 俊和氏（泉商会）、と共同で実施したものである。

現在、農業用ビニールハウスおよび一般住宅にて本システムの実証実験を実施中である。

### 参考文献

- 1) 山田百合子・伊藤 洋・松尾祐介・安藤彰宣：太陽熱蓄熱材融合による熱エネルギー活用システムの開発，土木学会第72回年次学術講演会，pp. 289-290，2017。