

夏期における GHS ハウスの冷房性能およびエネルギー収支

鉄建建設（株）
 福井大学工学部
 鉄建建設（株）

正会員 ○藤 拓也*
 正会員 福原輝幸**
 熊井和雄*

1. はじめに

近年，都市におけるヒートアイランド現象が問題となっており，都市部での排熱は都市部周辺における気候変動をもたらしている．この点において，早急な化石エネルギーの使用量削減，アスファルト路面や建築物の屋根面からの放射熱削減が求められている．そのための方法として屋上緑化が盛んに取り入れつつあるが，一方で新たな水資源の確保が問題となる．さらに，従来の地中熱を利用したシステムは，冬期における路面融雪や室内暖房など，地中熱の温熱としての効果を期待していた．しかし，年間を通じてシステムが利用できれば，B/C(利益／建設コスト)を上げることができ，同時にライフサイクル全体でのコストダウンに繋がると考えられる．

以上の点を考慮して，著者らは省エネルギー型の Ground Heat Source House(GHS ハウス)を作り，掘削杭熱交換方式(Bore-hole Heat Exchange System, BHES)により採取した地中熱をヒートポンプの熱源に使用し，自動的に屋根温度と室内空調が制御できるシステムを構築した．既報では GHS ハウスの冬期暖房の性能を評価するために室内温度およびエネルギー収支について報告した^{1),2)}．

そこで本論文では，GHS ハウスの屋根面冷却性能評価および室内冷房負荷の緩和を目指して，室温の挙動，さらに室内，屋根および床のエネルギー収支について検討を行った．

2. 地中熱源ハウスの概要

地中熱源ハウスは福井大学構内に設置され，Fig.1 のように，BHES，ヒートポンプ(H.P.)およびハウスで主に構成される．ハウスは，内壁を断熱材(発泡スチロール 100mm)により断熱され，熱交換パイプを配置した厚さ 6cm のコンクリートパネルが床および屋根に用いられる．各パネル表面積は 6.5m^2 ，総合壁面積 21.2m^2 ，総合窓面積は 3.6m^2 である．ヒートポンプは地中熱を熱源とする水冷式である．冷房性能を調査するために，GHS ハウス内の室温は $20 \sim 25$ に自動制御されるが，測定の目的によりその都度変更された．温度測定は，ハウス内部鉛直方向に 8 点，屋根と床パネル内部鉛直方向に 7 点とし，熱電対を用いて行われた．

3. GHS ハウスのエネルギー収支に関する検討

屋根および床パネルのエネルギー収支は，単位時間当たりの熱交換パイプからパネルへの供給エネルギー E_{pipe} ，パネル底部を横切るエネルギー E_b ，パネル頂部を横切るエネルギー E_t およびパネルの内部エネルギー変化量 ΔU_{panel} で規定され，ハウス室内の単位時間当たりの内部エネルギー変化量 ΔU_{room} は，単位時間当たりに屋根パネルと室内の間を移動するエネルギー $E_{roof}(=E_{rb})$ ，床パネルと室内の間を移動するエネルギー

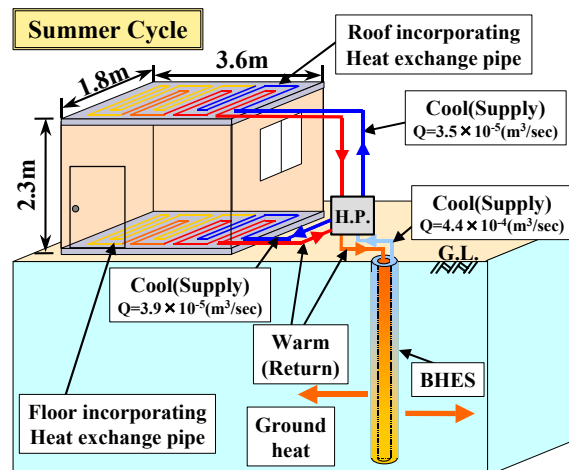


Fig.1 Ground Heat Source House

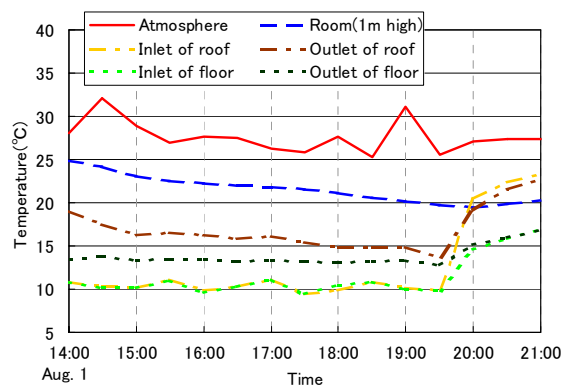


Fig.2 屋根・床パネル出入口水温，室温および気温の経時変化

キーワード：BHES，GHS ハウス，ヒートポンプ，地中熱，熱移動

* 〒286-0825

千葉県成田市新泉 9-1

TEL 0476-36-2359

FAX 0476-36-2380

** 〒910-8507

福井県福井市文京 3-9-1

TEL 0776-23-0500 (2809)

FAX 0776-27-8746

$E_{floor}(=E_{fi})$, 壁を貫流するエネルギー E_{wall} , 窓を貫流するエネルギー E_{window} および漏気に伴う顕熱エネルギー E_{air} で規定される²⁾ .

4. 結果および考察

8月31日に行った測定結果を示す. この日の最高気温は14時30分における32℃である. 測定は14時から21時に渡って行われ, 冷房運転は14時から19時30分まで連続動作した.

Fig.2 は, 屋根・床パネル出入口水温, 室温および気温の経時変化を示したものである. パネル入口での流体温度は10℃であり, 出口水温は屋根パネルで14~23℃, 床パネルでは13~17℃となる. 室温は所定の設定温度範囲内(20~25℃)で変化する.

Fig.3 は実験期間中における室温(3点)とパネル内部の鉛直温度分布を示す. 室内の高さは1/10の縮尺で表される. 比較ハウスでは室温が44℃に達するのに対し, GHSハウス内部は27℃である. GHSハウス内の室温の差は, 床近傍を除くと小さい. 室内では, 床からと屋根からの輻射により鉛直方向での温度差は感じず, 快適である. また, 屋根パネル頂部の温度は30℃であり, 図より, 比較ハウスのそれと比べて15~20℃低いと推察される.

Fig.4 は屋根パネルのエネルギー収支である. システム動作時には, 屋根パネル頂部を横切るエネルギー E_{rt} が屋根面の冷却, 底部を横切るエネルギー E_{rb} が室内の冷却にそれぞれ寄与し, 底部よりも頂部でのエネルギー輸送が大きい. 15時から16時まで一時的に E_{rt} が増加しているのは, 日射による屋根パネル温度の上昇が原因である. システム停止後の各エネルギー成分はそれぞれ0近傍となる.

Fig.5 は床パネルのエネルギー収支である. 床パネル頂部と室内との間を移動するエネルギー E_{fi} は外気の影響を受けず, 安定的に正となっており, 室内の冷却に寄与する. 床パネルの底部を横切るエネルギー E_{fb} は頂部を横切るエネルギー E_{fi} よりも大きく, 暖房時と同様に断熱が必要である.

Fig.6 は室内のエネルギー収支である. 床パネルからのエネルギー E_{floor} は室内の冷却に安定的に寄与し, 屋根パネルからのエネルギー E_{roof} は外気および日射の影響を受け, 変動が大きい. 室内とパネルの間を移動するエネルギーは屋根パネルで19W/m², 床パネルで37W/m²である. 気密による熱移動量が大きいのは暖房時と同様であるが, 暖房時に比べて窓からの値が少なく, 壁と窓を横切るエネルギーはそれぞれ7W/m²である.

最後に, BHESの利用に際してはミサワ環境技術株式会社の協力を得た. 記して謝意を表します.

参考文献 1) 洪 淵清・福原輝幸: 地中熱源ヒートポンプによる屋根融雪と暖房負荷軽減, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集第7部, PP.516-517, 2000

2) 藤 拓也・福原輝幸: 熱供給時のGHSハウスエネルギー収支, 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集第7部, PP.226-227, 2001

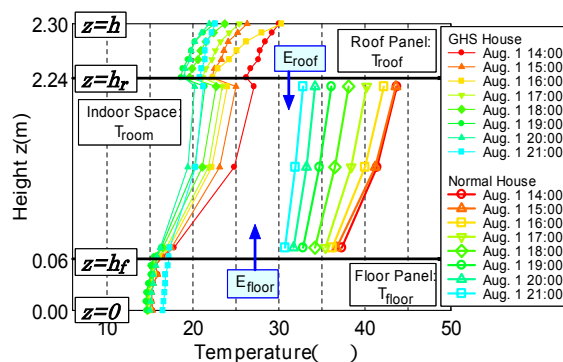


Fig.3 GHSハウスの温度鉛直分布

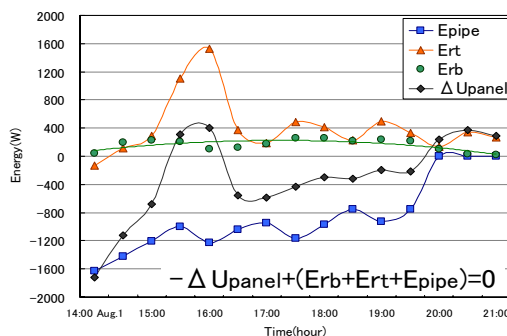


Fig.4 屋根パネルエネルギー収支

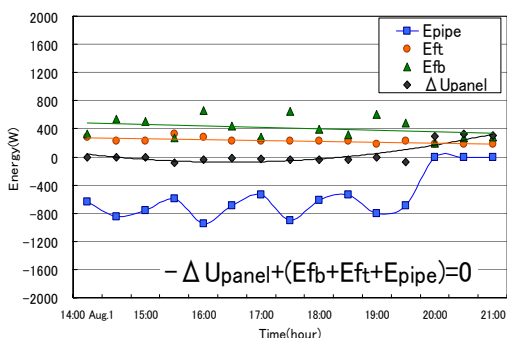


Fig.5 床パネルエネルギー収支

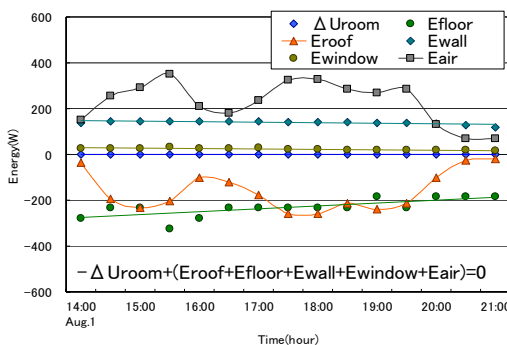


Fig.6 室内エネルギー収支