

地中熱源ヒートポンプによる屋根融雪と暖房負荷軽減

システム環境計画コンサルタント
福井大学工学部

正会員 洪 淵清*
正会員 福原輝幸**

1. はじめに

爆発的な人口増加と途上国の工業化が進むなか、将来、化石エネルギーの枯渇に始まり、地球規模で資源不足に拍車がかかることが懸念される。また現実には、CO₂の排出抑制の推進が緊急課題であり、こういった情勢に相応しいクリーンエネルギーシステムの創造が問われている。その根幹は、エネルギーの有効利用を最大限に取り入れると同時に、エネルギーの消費を抑制することにある。

そのために筆者らは掘削杭熱交換方式（通称、BHES）を用い、大気と地盤との温度差利用による省エネルギー型の Ground Heat Source House（GHSハウス）を福井大学内に建設した。目的は屋根融雪機能を有する温暖積雪地対応省エネ型ハウスの実用化である。

本論文では昨冬のデータより、GHSハウスのエネルギー特性について調べた結果を報告する。

2. 地中熱源ハウスの概要

地中熱源ハウスの概要は Fig.1 に示すように、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（発砲スチロール 100mm）により高断熱、高気密化されたもので、BHESを熱源とした暖冷房パネルを床および屋根に設置する。各パネル表面積は 6.48m²、総合壁面積 18m²、総合窓面積は 3.6m²である。なお、BHESによる地中熱の直接利用では、十分な暖房効果が得られないことが予想されるために、地中熱を熱源とするヒートポンプが用いられる。また、GHSハウスとの比較を目的として、内壁面に同様の断熱処理を施したハウス（比較ハウス）を隣接して建設した。

測定項目を Table 1 に、ヒートポンプとラインポンプの規格を Table 2 にそれぞれ示す。温度は、熱電対により測定され、データロガーにより 10 分間隔で収集される。

Table 1 測定項目

| 測定項目 | 測定数 |
|---------------|---------------------------------------------|
| H.P.蒸発器側出入口温度 | 各1点 |
| H.P.凝縮器側出入口温度 | 各1点 |
| 屋根パネル温度 | 鉛直方向7点×2ヶ所 |
| 床パネル温度 | 鉛直方向7点×2ヶ所 |
| 気温 | GHSハウス上空, 周辺, 各ハウス床下, 各1点 |
| 壁温度 | 各ハウス1点 |
| 窓温度 | 各ハウス1点 |
| パネル出入口温度 | 屋根, 床パネル各1点 |
| 流量 | BHES ~ H.P., タンク ~ H.P., タンク ~ 屋根・床パネル, 各1点 |

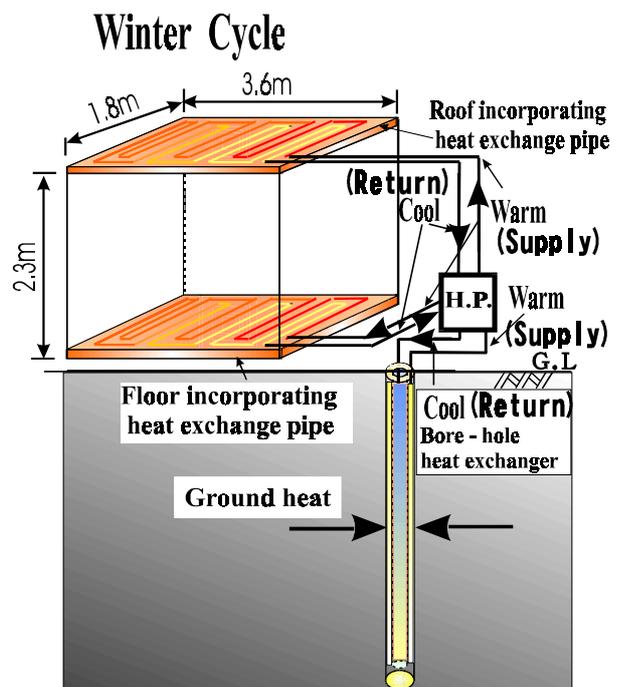


Fig.1 温暖積雪地対応型 Ground Heat Source House

Table 2 ヒートポンプおよびラインポンプの規格

| | 規格 |
|--------|-------------------------------------------|
| ヒートポンプ | 三菱電機リングユニット CRH-J90A |
| ラインポンプ | エバラ 25LPD6.08S...2機 25LPD6.05S...1機 |

キーワード：BHES，GHSハウス，ヒートポンプ，地中熱，熱移動

* 〒531-0075

大阪府大阪市北区大淀南 1-10-20 TEL 06-6452-9661

FAX 06-6452-4921

** 〒910-8507

福井県福井市文京 3-9-1 TEL 0776-23-0500 (2809)

FAX 0776-27-8746

3. 結果と考察

Photo.1 は、2000 年 1 月 20 日における GHS ハウスの融雪状況を示したものであり、比較ハウスと比べてその融雪効果は明瞭である。この時、ヒートポンプからの供給熱量の約 90%が融雪のために消費される。

Fig.2 は、システム稼動時における屋根、床パネル出入口水温と GHS ハウス内温度および外気温の経時変化を示したものである。なお、システムは GHS ハウス内温度が 18 ~ 24 となるように自動制御される。外気温は 0 付近にもかかわらず各パネルへの送水温度は 50 を可能にし、室内温度は約 2 時間 30 分で設定温度の上限に達す。

GHS ハウス内のエネルギー収支は、屋根、床パネルからの熱供給量 E_{roof} と E_{floor} および壁、窓からの熱損失 E_{wall} と E_{window} で規定される。Fig.3 は、システム稼動時に GHS ハウスを横切る上述の 4 つのエネルギー要素が、GHS ハウスのエネルギー収支へ貢献する割合を示す。 E_{roof} は室内熱供給量全体の 15%となり、 E_{floor} に比べてかなり小さい。この理由は、屋根パネルへの熱供給量の大部分が屋根雪の融雪で消費されたためである。各パネルから室内への熱フラックス密度は、屋根で $8.8W/m^2$ 、床で $51.0W/m^2$ であり、前者は後者の約 17%となる。また、GHS ハウス側面から大気への熱損失は、壁の部分が支配的(78%)である。損失熱フラックス密度は、壁で $15.6W/m^2$ 、窓で $21.7W/m^2$ となる。

4. 地中熱ヒートポンプの COP

ヒートポンプの効率を表す指標としては COP(Coefficient of Performance)で評価され、COP は、入力エネルギー（ヒートポンプの動力）に対する利用エネルギー（ヒートポンプから得られるエネルギー）の比率である。同日の稼動時間(10 時間)に対して、COP=3.1 を得た。この時の外気温から推定される低外気温対応型空気熱源ヒートポンプは約 COP=2.0¹⁾であることより、地中熱源ヒートポンプシステムの効率は相対的に約 1.6 倍増大する。また、ヒートポンプへの送水温度が低くなると、ヒートポンプは凍結防止のため稼動しなくなるが、今回そのような強制停止は起らなかった。

5. おわりに

地中熱源ハウスは温暖積雪地における冬期の暖房負荷軽減に有効である。今後はシステム全体の熱の流れを把握したことで、更に効率の良いシステムの構築を実現し、夏期および中間期の有効利用を検討する。

参考文献 1) 沢田信之・石岡充章・平野秀弥・橋本公秀：寒冷地向きヒートポンプチラーの実証研究，第 15 回寒地技術シンポジウム寒地技術論文・報告集，PP.773-779, 1999



Photo.1 降雪時における融雪状況

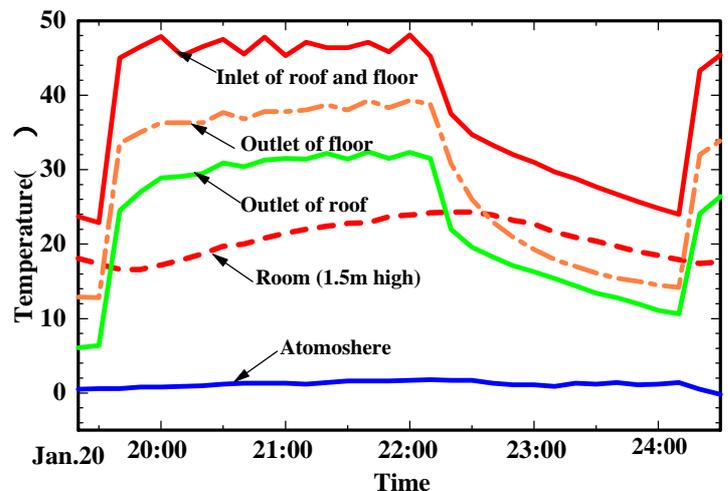


Fig.2 屋根・床パネル出入口水温、室温および気温の経時変化

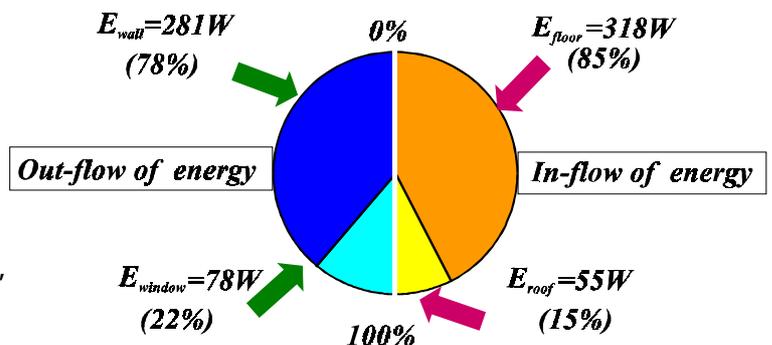


Fig.3 GHS ハウスを横切る熱の流入および流出の割合