

新潟工業高等学校 SPH 事業／ジオパワー関連設備 仕様検討書

1. 基本的な考え方

- ・市販の地中熱ヒートポンプを用いて“実験棟（エコハウス）”の空調を行う。実験棟の仕様は検討中であるが、4.5 畳の規模を想定している。
- ・地中熱ヒートポンプの採放熱を行う地中熱交換器は、生徒の学習を円滑に進めるため一般的に普及している形式とし、直接循環融雪設備 10[m²]の熱源にも併用したい。
- ・設置場所については、安全面、生徒に見える場所、管理面（除雪・落雪）を考慮してトレーニングルーム付近とする。

2. 地中熱ヒートポンプの必要能力

- ・実験棟の面積

$$4.5[\text{畳}] \times 1.6562[\text{m}^2/\text{畳}] (\text{換算}) = 7.4529 \div 8[\text{m}^2]$$

- ・戸建住宅の最大熱負荷（地中熱ヒートポンプシステム施工管理マニュアル p.15 より）

$$\text{冷房 } 148 \sim 234[\text{W}/\text{m}^2] \times 0.89(\text{地域補正:新潟}) = 132 \sim 208[\text{W}/\text{m}^2]$$

$$\text{暖房 } 213[\text{W}/\text{m}^2] \times 1.09(\text{地域補正:新潟}) = 232[\text{W}/\text{m}^2]$$

$$\text{冬期ロードヒーティング負荷} = 120[\text{W}/\text{m}^2]$$

- ・地中熱ヒートポンプの必要能力

$$\text{冷房 } 132 \sim 208[\text{W}/\text{m}^2] \times 8[\text{m}^2] = 1.1 \sim 1.7[\text{kW}]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{暖房 } 232[\text{W}/\text{m}^2] \times 8[\text{m}^2] = 1.9[\text{kW}] \\ \text{冬期ロードヒーティング負荷 } 120[\text{W}/\text{m}^2] \times 10[\text{m}^2] = 1.2[\text{kW}] \end{array} \right\}$$

夏 1.7[kW]

冬 3.1[kW]

最終的なロードヒーティングの面積は 24[m²] = 2.9[kW] R1 施工

3. 地中熱ヒートポンプ空調機

現在市場にある国産メーカーの家庭用地中熱ヒートポンプ、2社4機種を表1に示す。

地中熱ヒートポンプの必要能力は冷房 1.7kW、暖房 1.9kW である。それに対し、表1に示す①～③の 5.0kW 級が市販の地中熱ヒートポンプの最小規模であるため、表1 ①～③の中から選択する。

②は冷房機能がないこと、③は冷温水システムであり、室内機を別途調達する必要があることから、目的を達しつつ安価に設置可能な①を採用する。その他にも地中熱と空気熱を併用したシステム（別紙参考資料参照）もあるが、今回は地中熱利用の研究のため、地中熱のみのタイプを選定する。

表 1 国産家庭用ヒートポンプ

No.	①	②	③	④
メーカー	コロナ	コロナ	サンポット	サンポット
型番	CSH-C4000G	GTS-H6000	GSHP-551	GSHP-1001
分類	エアコン	温水循環	冷温水循環	冷温水循環
機器構成	・親機＋室内機 ・二次側循環ポンプ内蔵	・親機のみ ・一次側/二次側循環ポンプ内蔵	・親機のみ ・一次側/二次側循環ポンプ内蔵	・親機のみ ・一次側/二次側循環ポンプ内蔵
冷房能力	4.0kW	－	5.6kW	10.0kW
冷房 COP	4.0	－	4.5	3.2
暖房能力	5.0kW	5.0kW	5.5kW	10.0kW
暖房 COP	3.6	3.4	4.3	3.7
定価	550,000 円	680,000 円＋α	880,000 円＋α	980,000 円＋α

4. 地中熱交換器形式

地中熱交換器の形式は、一般的に普及している方式として、ポリエチレン製 U チューブを用いたボアホール（鉛直埋設型）式地中熱交換器とする。ボアホール式は、鉛直埋設であるため設置に広大な面積が不要なメリットがあり、学校構内でも施工可能である。

また、融雪系統への使用も考慮し、1 本の掘削孔に 2 本の U チューブを挿入するダブル U チューブ式とし、1 本を空調用ヒートポンプに使用し、もう 1 本を直接循環式の融雪系統に接続するものとする。

5. U チューブ必要長さ

U チューブ必要長さは次式で求める。

・冷房

冷房時の U チューブ必要長 L_c

$$L_c = q_c \cdot \{ (COP_c + 1) / COP_c \} \div q$$

L_c : 冷房時の U チューブ必要長[m]

qc : 必要冷房負荷 1700[W]

COPc : 冷房運転時のヒートポンプの成績係数[4~6]

q : U チューブ単位長さ当たりの交換熱量 30[W/m]

・暖房

暖房時の U チューブ必要長 Lh

$$Lh = qh \cdot \{(COPh + 1)/COPh\} \div q$$

Lh : 暖房時の U チューブ必要長[m]

qh : 3100[W]

必要暖房負荷 1900[W] + ロードヒーティング負荷 1200[W]

$$(120\text{w/m}^2 \times 10\text{ m}^2 = 1200[\text{W}])$$

(120[w/m²]の出典は別紙計算書「路面消・融雪施設等設計要領計算式」による)

COPh : 暖房運転時のヒートポンプの成績係数[3~4]

q : U チューブ単位長さ当たりの交換熱量 30[W/m]

(出典：地中熱ヒートポンプシステム施工管理マニュアル p.20~21)

地中熱ヒートポンプシステム施工管理マニュアル p.20 において、「～U チューブ単位長さ当たりの熱交換量として、一般事務庁舎の場合には 50～70W/m、その他の場合には 30～40W/m 程度の概算値が便法として用いられている。」とあり、今回は事務庁舎でないため、U チューブ単位長さ当たりの熱交換量として 30W/m を用いる。

以下に計算を示す。

・冷房

$$Lc = qc \cdot \{(COP + 1)/COP\} \div q = 1,700 \times \{(4.0 + 1) \div 4.0\} \div 30 \\ = 71.0[\text{m}]$$

・暖房

ダブルの U チューブ採熱管の一方はエコハウスエアコンとして、一方はロードヒーティングの熱として使用するため、Lh は双方の熱量を合わせた U チューブ長を求める。

$$Lh = qh \cdot \{(COP - 1)/COP\} \div q = 3,100 \times \{(3.6 - 1) \div 3.6\} \div 30 \\ = 75.0[\text{m}]$$

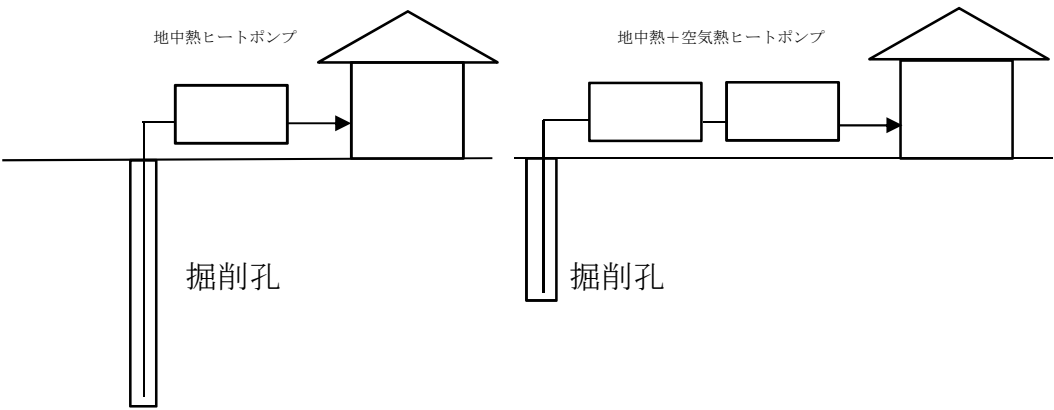
結果、より U チューブ長が必要な暖房時の長さを採用し、75[m]とする。

※以上より、ダブル U チューブボアホール（鉛直埋設型）式地中熱交換器
75m×1 本を設置するものとし、さらに教育上重要な地中温度を 10m 毎に観測
することを予定し、温度測定管を併せて 1 本埋設する。

以 上

別紙

参考資料 ジオパワーシステムタイプ



タイプ	地中熱	地中熱+空気熱
掘削深さ [m]	7.5	左記の半分程度 3.5～5.0
掘削コスト	×	○
ヒートポンプ駆動用 電力 [kW]	1.5	2
電力コスト	○	×
教育目的	○	×
結論	○	×

∴掘削コストでは地中熱+空気熱タイプのヒートポンプが優位であるが、地中熱の研究という観点から他の要素が含まれると地中熱利用に関する評価が難しくなるので地中熱のみのタイプを選定する。

以 上