

基礎杭を利用した地中熱利用に関する基礎実験

東洋大学 学生会員 ○大井悠
東洋大学 正会員 村野昭人

1. 研究の背景・目的

自然エネルギーの一つである地中熱は、地中の温度が土壌の断熱機能により大気温度変化の影響を受けにくく、一年を通してほぼ一定であるという特色を有する。さらに日変動も少ないことから、安定的なエネルギー源として注目されている。夏、冬ともに安定した熱が得られることにより、家庭の冷暖房システムの省エネルギーに大きな効果が得られると考えられる。

地中熱に関する研究は既にいくつも行われており、多くが水循環によって採熱している。研究結果によると、採熱温度が 2.5~5.5℃、採熱量が 1700~2200W/h であった。

本研究では、地中熱利用システムを導入する際のコストや運用時のエネルギー消費量を抑えるために、建物の基礎杭を利用するとともに、空気循環での地中熱を採熱する方法を検討する。東洋大学川越キャンパス内に埋設された熱交換杭(基礎杭)を用いて、地中の温度を測定し、温度分布、採掘エネルギー量を求める。そこから、一般家庭での冷暖房利用による消費電力削減量、CO₂排出削減量、運転コスト削減量を算出し、空気循環での地中熱利用の有効性を検証する。

2. 基礎杭を利用した地中熱利用実験の概要

本研究で行った実験施設の断面図を図1に示す。東洋大学川越キャンパスに6m、9m、12mの基礎杭(鋼管)を打ち、その中に杭と同じ長さの塩ビ管を入れた。塩ビ管の内側には地中の熱分布を測定するために熱電対を取り付けた。地上から深さ2mまでは50cm間隔で、2m以下に関しては100cm間隔で熱電対を取り付けた。また、採熱温度を知るために、入口、出口のホース内に熱電対を取り付けた。次に、ブロワーに接続したホースを塩ビ管の中に入れ、地中に空気を循環させた。空気の滞留時間を長くするために、塩ビ管にホースをスパイラル状に巻き付けた。熱電対をデータロガーに接続して、5分ごとに温度を測定した。基礎杭および基礎杭埋設工事、塩ビ管、実験の様子を図2に示す。

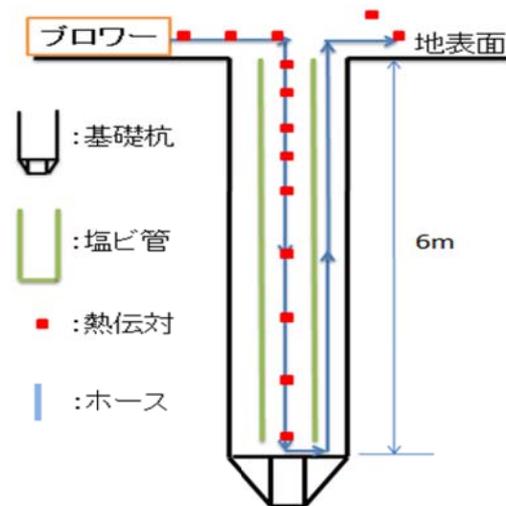


図1 実験施設の断面図



図2 杭打ち、採熱実験風景
左上：基礎杭 右上：貫入工事
左下：塩ビ管 右下：測定風景

3. 実験結果

(1) 地中の温度分布

本研究では冬季の地中の温度を測定するために、2010年11月から2011年1月までの3か月実験を行った。実験で得られた、地中温度の平均値の分布を図3に示す。

キーワード 地中熱, 基礎杭, 空気循環, 熱収支

連絡先 東洋大学大学院 工学研究科 環境デザイン専攻 埼玉県川越市鯨井 2100 TEL049-239-1399

地中深さ 3m~6m の地中温度は、17°C~18°Cで安定した結果が得られた。特に地中深さ 5m 以下の地中温度は安定しており、既往研究と同様の結果が得られた。一方で、0.5m~2m の浅層地盤の地中温度は測定日の外気温の影響が大きく、安定しなかった。

(2) 地中熱により得られた温度差

前節の結果より、冬季では大気温度よりも地中の温度が高いため、熱を取り出せることが分かった。そこで、外気温度とホース出口の温度を比較することで、どの程度の熱を取り出せるのか検討した。外気温度は日向と日陰で若干の温度差があるが、本研究では日陰の温度を外気温度として実験を行った。温度測定結果を図 4 に示す。凡例は、地中深さ (m) を示す。外気平均温度は 6.1°C、ホース出口の平均温度は 7.8°Cであり、平均温度差は 1.7°Cとなった。しかし、測定結果には日によってばらつきがあり、温度差がほとんどないものや、外気温度の方が高くなったケースもあった。全体として、外気温と比較して、ホース出口の温度には差が小さい傾向が見られた。

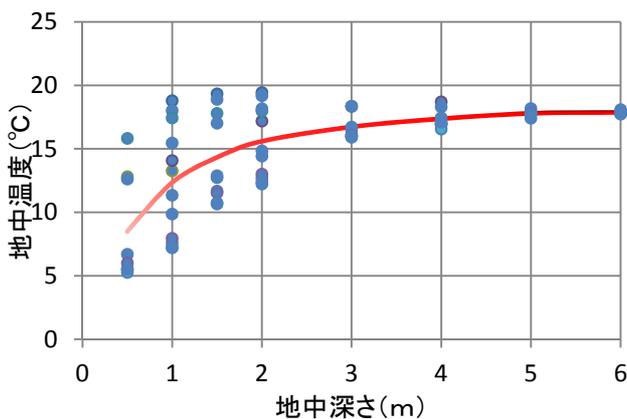


図 3 地中の温度分布

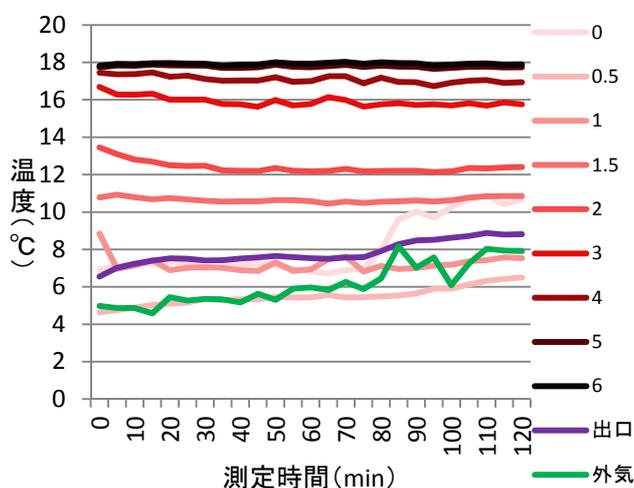


図 4 温度測定結果

4. 地中熱利用による環境負荷削減効果の算出

(1) 地中熱から得られる熱量の算出

地中熱から得られる熱量を算出するために、式 1 を用いる。実験では最大で 3.4 (MJ/h) の熱量が得られたが、結果にはばらつきがある。外気温が低いほど、得られる熱量が大きい傾向が見られたが、地中内の温度差が大きくなるのが原因と考えられる。

$$Q = C \times V \times (T_2 - T_1) \dots (式 1)$$

Q: 採熱量 (kJ/h), C: 容積比熱 1.2 (kJ/m³ · K), V: 風量 1680 (m³/h), T₁: 入口温度 (K), T₂: 出口温度 (K)

(2) 環境負荷削減効果の算出

本実験で得られた最大の熱量が一か月継続して得られると仮定した場合の、環境負荷削減効果を算出する。エアコンの COP を、各メーカーの 2010 年最新スタンダードモデルの平均値である 5.8 と想定して算出した結果、約 70 (kWh) の消費電力量をまかなうことが可能であり、25 (kg-CO₂) の CO₂ 排出削減につながる事が分かった。

5. 結論

本研究では、基礎杭を利用した空気循環での地中熱利用システムの開発に向けて基礎実験を行った。

その結果、地下 6m の地中温度は、外気温度が一桁になる 1 月でも平均 17°C~18°Cであることが分かった。一般に地下 5メートル程度では、1年を通じて 15~18°Cで安定しているとされており、この値に近い結果が得られた。外気温とホース出口との間で、最高で 1.7°Cの温度差が得られ、基礎杭を用いた空気循環であっても熱量が得られることが分かった。しかし、まだまだ一般家庭のエアコン電力をまかなうほどの採熱量ではなかった。

今後は、ブロワーの風量を小さくすることで、空気が地中に滞留する時間を長くして、より安定した結果を得る事や、基礎杭の本数を増やした場合、どれほど冷暖房に伴うエネルギー消費量をまかなうことができるかを調査することが課題となる。

参考文献

- 1) 地中熱利用促進 <http://www.geohpaj.org/index.htm>
- 2) 北海道大学地中熱利用システム工学講座：地中熱ヒートポンプシステム
- 3) 中山幸久, 小瀬博之, 中島古史郎：浅層土壌を利用した太陽熱の採放熱システムの季節間蓄熱性能に関する実験的研究, 空気調和・衛生工学会学術講演論集, B-13, pp. 133-136, 2008