

基礎杭を用いた空気循環による地中熱利用ポテンシャルの調査

東洋大学大学院 学生会員 ○大野 元治
 上尾市役所 大井 悠
 東洋大学 正会員 村野 昭人

1. 研究の背景・目的

自然エネルギーの中の一つである地中熱エネルギーは、天候や場所に左右されにくく、安定した発電量を供給できるエネルギー源として注目され始めている(表-1)。土壌の温度は、ある程度の深さになると外気の温度変化の影響を受けにくくなるため、地中と外気の間温度差が生じる。この温度差を利用し、冷暖房に使用する取り組みが増加しつつある。

地中熱に関する多くの事例では、水や不凍液を循環させることによって、地中の熱を取り出している。熱を取り出しやすく多くのエネルギーを得られる一方で、液体の循環の際に多くのエネルギーやコストを要することが課題となっている。

そこで本研究では、建築物の基礎杭の中にチューブを通し、ブロワーを用いた空気循環によって熱を取り出すことによって、地中熱利用システムの設備導入において課題となる初期コストや設備費用、運用時のエネルギー消費量を抑えることを検討する。

表-1 自然エネルギーの特徴

	季節変動	日間変動	設置場所
地中熱	安定	安定	削孔可能な場所
太陽光	変動	変動	日照時間の長い場所
風力	変動	変動	風力が安定している場所

2. 地中熱利用実験

(1) 実験の概要

本研究では、東洋大学川越キャンパス内に6m、9m、12mの基礎杭を設置した。基礎杭内の塩ビ管に熱電対を取り付け、地中の温度を測定した。さらに、管内にブロワーに接続したホースを通し、地中に空気を循環させ、ホースの入口と出口に熱電対を設置し採放熱温度を測定した。

(2) 地中の温度分布

2011年11月から2012年3月における、地中深さご

との温度の平均値および標準偏差を図-1に示す。地中9m~12m地点の温度は実験期間を通してほぼ変化がなく、安定して17.5℃前後の温度を保っていることが分かった。一般に地下6m程度の深さから1年を通じて15℃~18℃で安定しているとされており、本研究においても、同様の結果が得られたと言える。

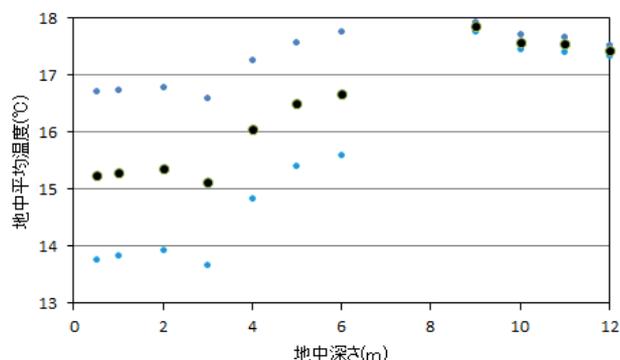


図-1 地中深さごとの平均温度
(2011年11月~2012年3月)

(3) 地中熱により得られた温度差

前節において、冬季でも地中温度は外気より高く安定していることが確認できたため、熱を取り出す可能性があることが分かった。そこで、外気を地中に循環させた後の温度と外気温の関係を示す。1月に一週間継続して実験を行った結果を図-2に、その中から一日を抜き出した結果を図-3に示す。同様に、3月に行った実験の結果を図-4、図-5に示す。1月20日の外気平均温度は1.5℃であり、ホース出口における温度は6m杭で1.5℃、9m杭で7.8℃、12m杭で7.9℃となった。同様に3月18日の外気平均温度は7.6℃であり、ホース出口における温度は、それぞれ7.1℃、9.9℃、9.1℃となった。実験期間を通して最も挙動が安定していた9m杭では平均温度差はそれぞれ6.3℃、2.3℃となる。しかし、出口温度は地中温度と比

【連絡先】 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学 TEL: 049-239-1399, E-mail: gd1100199@toyo.jp

【キーワード】 地中熱, 基礎杭, 空気循環

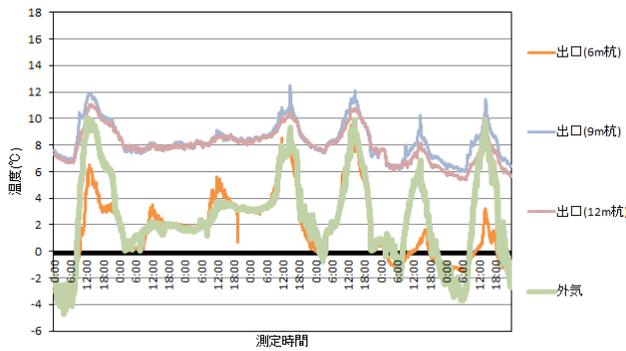


図-2 出口・外気の温度測定結果
(2012年1月19日～25日)

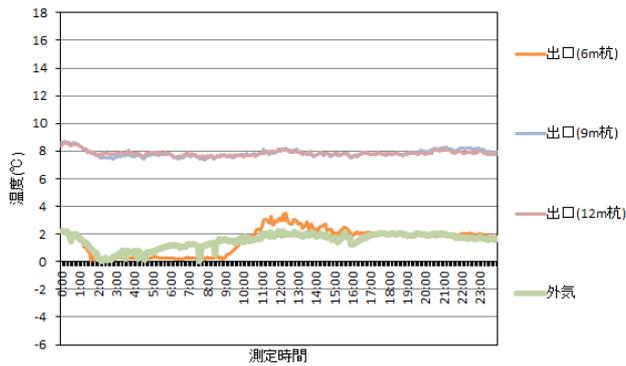


図-3 出口・外気の温度測定結果(2012年1月20日)

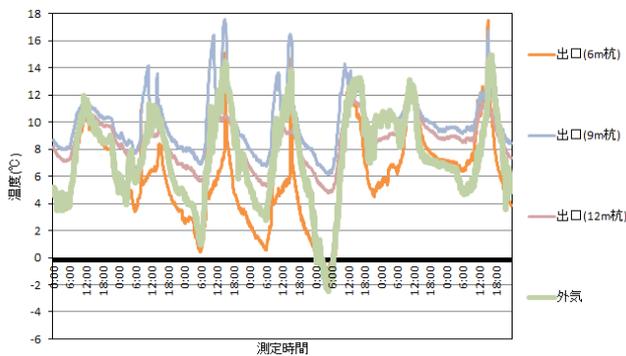


図-4 出口・外気の温度測定結果
(2012年3月18日～24日)

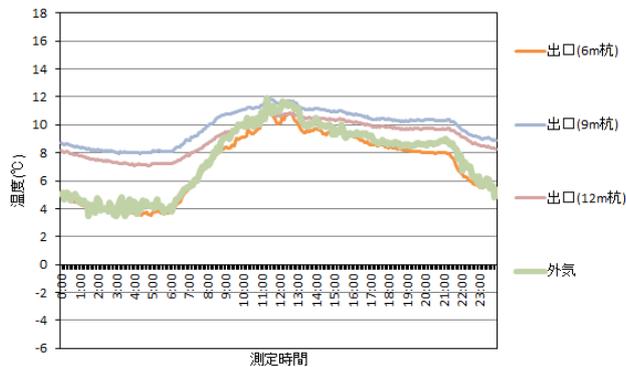


図-5 出口・外気の温度測定結果(2012年3月18日)

較すると低く、ばらつきも大きい。そのため、地中の熱をより効率よく安定的に取り出すことが求められる。なお、外気温度は日向と日陰で大きく異なるが、本研究では日陰の温度を外気温度として設定した。

3. 地中熱利用による環境負荷削減量の算出

式1を用い、地中熱から得られる熱量を算出する。今回は冬季の実験であるため、採熱温度差を用いる。最も外気と杭の出口温度との差が大きい9m杭の値を用いると1月19日～25日では23.0(kJ/h)、3月18日～24日では10.1(kJ/h)の熱量が得られる。

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

Q: 採熱量(kJ/h), C: 容積比熱 1.2(kJ/m³・K), V: 風量 3.36(m³/h), T₁: 入口温度(K), T₂: 出口温度(K)

算出した熱量を用い、1ヶ月の消費電力削減量を求める。実験を1ヶ月継続したと仮定し、外気と出口温度との平均温度差を用いて算出すると、1月には1,419(Wh)、3月には623(Wh)の電力量をまかなえる結果となった。

4. 結論および今後の課題

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、ポテンシャルの評価を行った。その結果、川越キャンパス内においても地中9m以下の温度は17.5°C前後で安定しており、外気との温度差を利用できることが分かったが、得られるエネルギー量は限定的であった。

今後の課題として、地中の熱を効率的かつ安定的に取り出すため、地中の塩ビ管にホースをスパイラル状に巻き付ける、出口部分に断熱材を取り付けるなどシステムの改善を検討することが挙げられる。また、用いる基礎杭の本数を増やした場合の相互の干渉作用の影響や、トータルコストの評価、地下水の地中温度への影響を調べるのが課題となる。

参考文献

- 1) 大井悠, 村野昭人; 基礎杭を利用した地中熱利用に関する基礎実験, 第66回土木学会年次学術講演会第7部門, VII-169, 2011
- 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, オーム社, 2007