

## 地盤の熱環境利用に向けた土の基礎的熱特性試験と考察

法政大学 学生会員 ○岩永 晃輔

法政大学 国際会員 草深 守人

法政大学 正会員 橋本 保

## 1. はじめに

地球規模の環境問題とエネルギー政策は一体的関係にあり、広く様々な分野で再生可能な新エネルギーの開発とその利用効率の向上が急がれている。本研究では、土中の熱環境に着目し、エネルギー利用の効率化や生活圏における熱環境問題の改善などに必要な情報の一つとして、土中の伝熱特性を明らかにすることを目的とする。ここでの研究の中心は、試験装置の開発と性能検証実験である。定常法では平板比較法、非定常法に円筒プローブ法を応用し、各試験条件下における珪砂、豊浦標準砂、三郷浄水場発生土、ペーパースラッジA、ペーパースラッジBについて熱伝導率測定とその測定精度の評価を行う。

## 2. 実験方法

図1に示す平板比較法実験では、アクリル製モールド内に測定する試料土を締め固め、上下部の標準板にはガラス板を使用する。供試体上部は温度コントロールセンサーで80℃に保たれたヒータ、下部には20℃に保たれた水を循環させた水槽を設置した。供試体には5cm間隔で熱電対を設置し、モールド周辺は発泡スチロールで断熱した。さらにガラス板と供試体をより密着させるために供試体上部ガラス板上に定荷重として重りを置いた。実験では10分間隔で900分間土中の温度を測定した。試料土は、珪砂、豊浦標準砂、三郷浄水場発生土、ペーパースラッジA、ペーパースラッジBの5種類とし、それぞれ含水比を0%、5%、10%、20%を目標として調整し、締め固めた。

円筒プローブ法実験では、アクリル製モールドを発泡スチロールで断熱し、モールド内に試料土を締め固め、これに図2に示す発熱条件を持つプローブ線を挿入する。さらに木箱で周囲を囲い補強した。実験ではプローブに内蔵された熱電対の温度が0.5℃上昇した時点で測定を終了した。試料土は、珪砂、豊浦標準砂、三郷浄水場発生土、ペーパースラッジA、ペーパースラッジBの5種類とし、それぞれ含水比0%、2%、4%、5%、10%、15%、20%を目標として調整し、締め固めた。

## 3. 実験結果及び考察

全ての土試料で、時間-温度曲線は900分経過時点でほぼ完全に定常状態に達した。この定常状態において、試料内の各温度計測点(等間隔)間の温度差は熱源(試料上端)から遠ざかるにつれて小さくなった。これは締め固めエネルギーが、供試体上端から下端に向かって直線的に増加することによる土の締め固め度の上昇が影響しているものと考えられる。実際に、図3~図7に示した各試料は、試料上端から下方に2、7、12、17cmの各区間の熱伝導率で比較すると、全ての試料で上方から下方に向かって熱伝導率は上昇している。一般に空気の熱伝導率が1:23の割合で水よりも低い。したがって、より空隙の少ない下方の締め固まった土ほど熱伝導率が大きくなることが理解できる。異なる5種類全ての土試料に対して、図3~図7に示したように体積含水率と熱伝導率の間には相関性があるようであり、体積含水率の

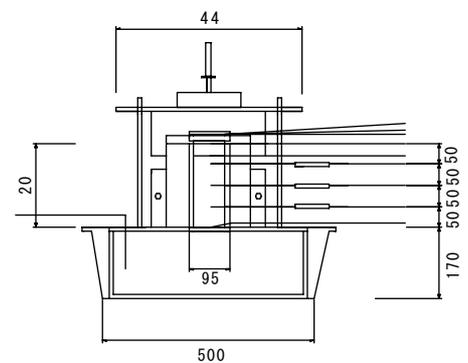
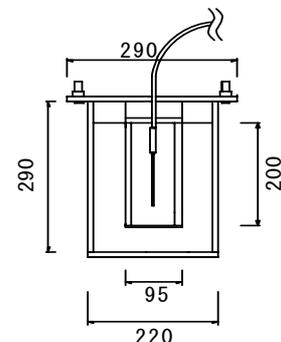


図1 平板比較法



電流 0.26A, 抵抗 3.3Ω, 電圧 0.858V,

電力 0.223W, ヒータ全長 100 mm

図2 円筒プローブ法

キーワード 平板比較法, 円筒プローブ法, 熱伝導率, 対流, 輻射

連絡先 〒184-0002 東京都小金井市梶野町 3-7-2 法政大学工学研究科建設工学専攻 TEL:042-387-6291

上昇に伴って熱伝導率も上昇している。ただし、この相関関係がどのような関係にあるかは、今回の実験精度に改善の余地を残していること、各実験条件の実験データ数が少ないこと等から議論する段階にない。なお、測定値のバラツキの原因は、土試料の初期温度の相異、締固め度合いの相異、プローブ刺込み時にプローブと土試料の間に空隙が生じることが主たる原因であることにほぼ間違いがないものと考えている。今回は、これらの不具合を改善するまでには至らなかったが、いずれの原因も技術的に改善可能なものであると考える。

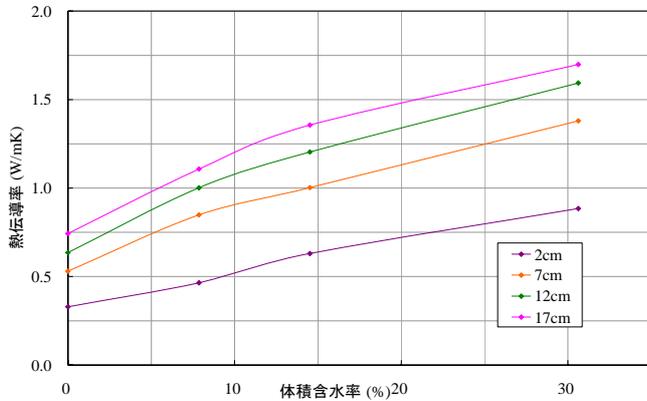


図3 珪砂の熱伝導率と体積含水率

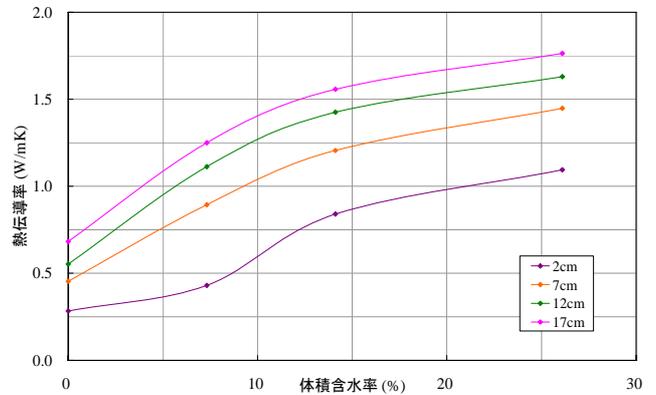


図4 豊浦標準砂の熱伝導率と体積含水率

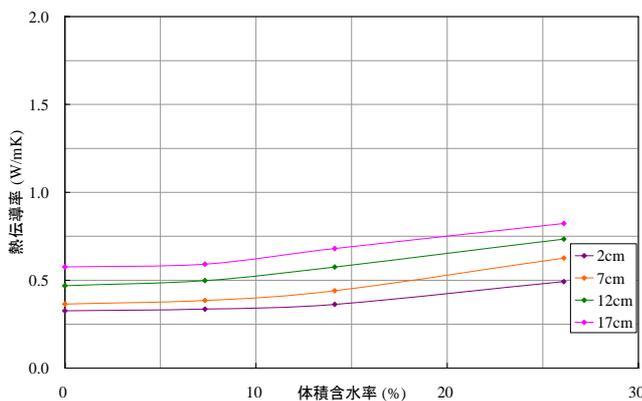


図5 三郷浄水場発生土の熱伝導率と体積含水率

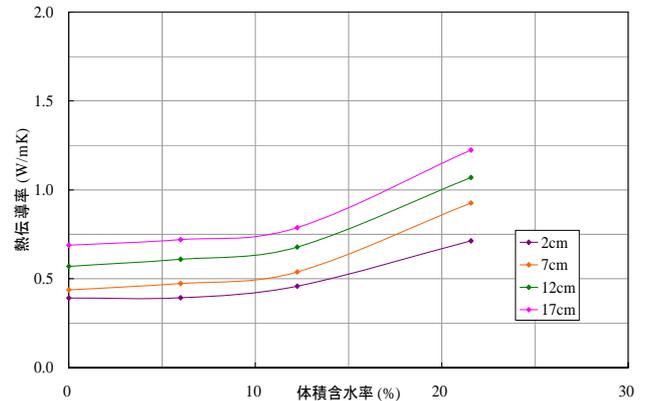


図6 ペーパースラッジAの熱伝導率と体積含水率

#### 4. 結論

- ① 土の含水率が土の熱伝導率に及ぼす影響は、平板比較法、円筒プローブ法のどちらの測定方法においても、含水率が増加するにつれて熱伝導率が上昇する。
- ② 土の熱伝導率は深さに比例して土粒子間の間隙が減少し、熱伝導率は上昇する。
- ③ 土の密度が小さく、粒度分布が均一な試料ほど含水率の上昇に伴う熱伝導率の上昇傾向は強いが、低体積含水率領域では、どの試料土においても熱伝導率に大きな変化はみられず、含水率が熱伝導率に与える影響は少ない。
- ④ 熱伝導率測定法の基本原理は単純であるが、実際の測定においては初期条件や境界条件を正確に特定することが困難であり、実験条件に合致した熱移動や温度分布を正確に求めることは極めて難しい。また、熱は伝導のみでなく、対流や輻射によっても移動し、熱伝導率式中の移動熱量の正確な測定を困難にしている。

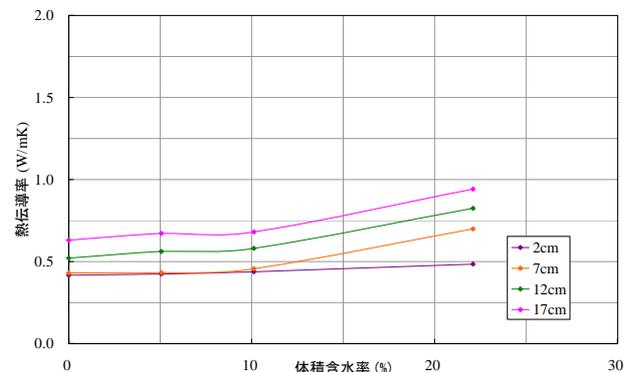


図7 ペーパースラッジBの熱伝導率と体積含水率