

箱型の器具を用いた地盤温度の熱電変換による発電法

北海道大学大学院工学研究院 正会員 ○横浜 勝司

1. 目的

自然災害が多発する条件下でも適応できる生活環境を構築し、環境面への配慮をした各種事業展開を進めることが土木分野においても重要視されている。このような状況に対応するための1つの試みとして建設廃材を活用して地盤補強と電力創出の両者を同時に実現する研究¹⁾が行われており、その内容には地盤温度を電力に変換する手法の検討も含まれている。図-1は地盤補強と発電を同時に実行する手法の概念を示す。提案法はアスファルト廃材を敷き詰めた地盤内に熱電変換機能を有した補強部材を挿入して地盤の力学的補強を図ると同時に補強部材に搭載した熱電素子の存在により地表面と地中での温度差に基づいた発電を試みるものである。本研究ではこの手法の一部に着目し、地盤温度の熱電変換による発電挙動を屋外計測によって検討した。

2. 熱電変換機器 (PG ユニット) の概要

図-2 は本研究で新規製作した熱電変換機器 (PG ユニットと称する) の概略図である。直列接続したペルチェ素子を配置した幅 200mm, 縦 300mm のアルミ板を4組用意し、それらを箱型に組合せた器具を製作した。器具の上部にアスファルト舗装再生砕石 (RAP) を静置するためのアルミ製のトレイを搭載した。上部のトレイと PG ユニット内部のペルチェ素子とは熱を伝達するためのアルミ板が接続されている。日光を受けた RAP に蓄積した熱が PG ユニット内部のアルミ板を介してペルチェ素子に伝播し、ゼーバック効果²⁾により熱電変換が行われて発電する。一連の発電挙動を北海道内の2地点で実施した屋外計測により調べた。屋外計測では PG ユニットの上部 (RAP 部), 内側面 (ペルチェ素子表面), 外側面 (地中温度) での温度, PG ユニットに接続した外部抵抗での電位差を測定した。図

-3 は札幌市北区篠路で実施した屋外計測での PG ユニットの設置状況を示す。地表面から約 300mm の深さの孔を開け PG ユニットの設置した。PG ユニット上部には RAP を敷設して熱の収集を図り発電の効率化を図った。

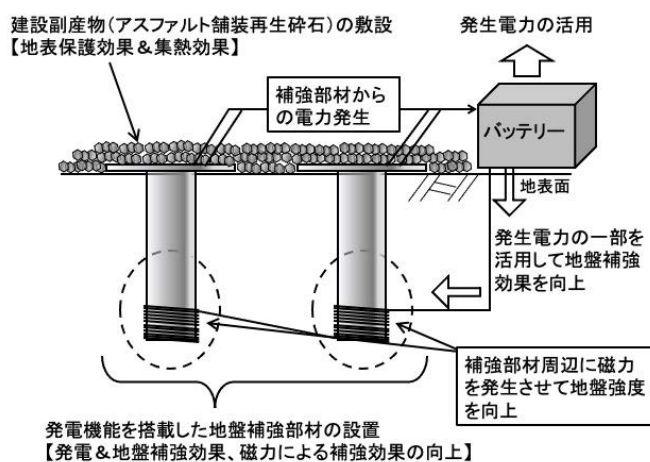


図-1 発電と地盤補強の同時実現法の概念

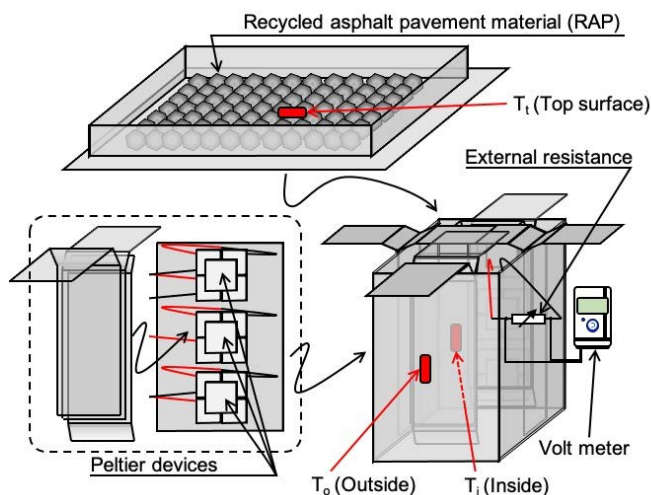


図-2 PG ユニットの概略図

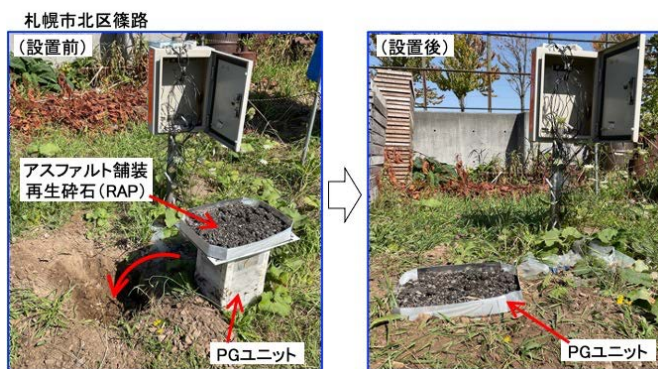


図-3 PG ユニットの設置状況 (Sh)

キーワード 熱電変換, 地盤温度, 発電, 再生可能エネルギー

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究院 TEL: 011-706-6203

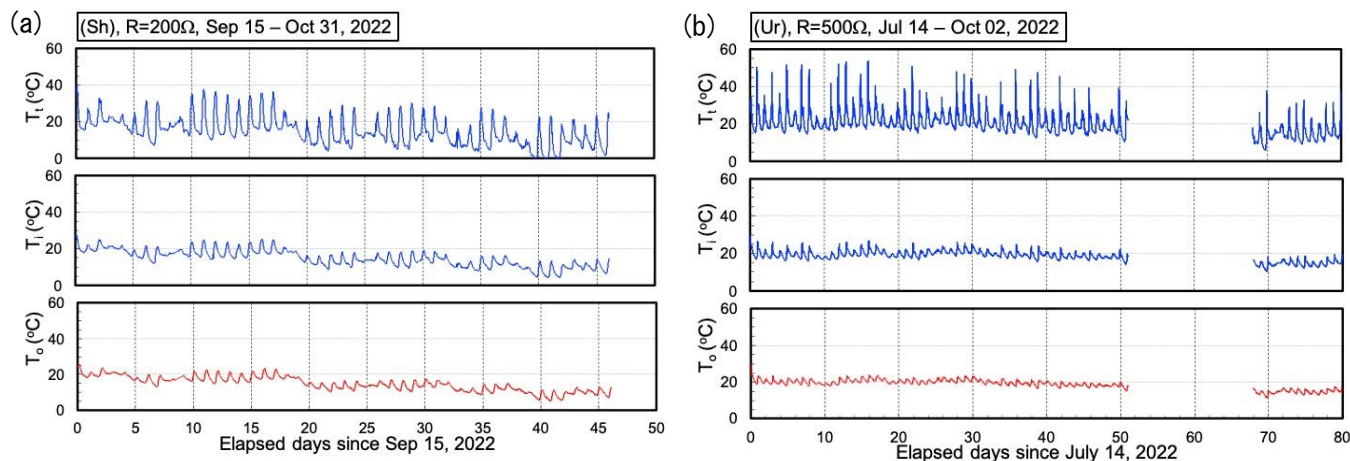


図-4 温度 (T_t , T_i , T_o) の変化挙動 : (a) 札幌市北区篠路 (Sh), (b) 雨竜郡雨竜町 (Ur)

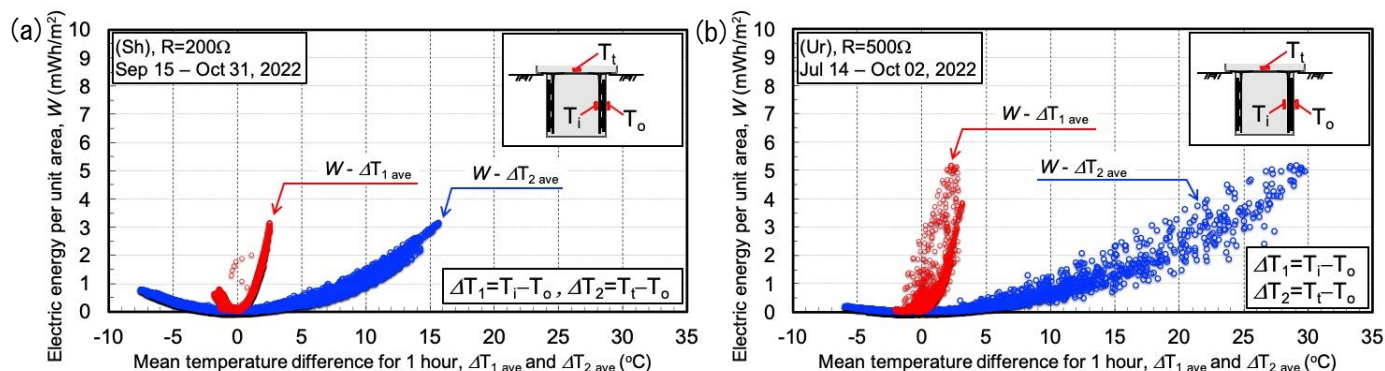


図-5 電力量と温度差の関係 : (a) 札幌市北区篠路 (Sh), (b) 雨竜郡雨竜町 (Ur)

3. 計測結果および考察

図-4(a), (b)は札幌市北区篠路(Sh とする)と北海道雨竜郡雨竜町(Ur とする)で実施した屋外計測で得た温度情報を示す。ここで T_t , T_i , T_o はそれぞれPGユニットの上部, 内側面, 外側面の温度である。Shの計測期間は2022年9月15日から10月31日, Urの期間は2022年7月14日から10月2日である。図-4(a)では T_t が最大で40°C近くまで達したが, 内側面の温度 T_i の最大値が25°C程度であり両者の差が大きい結果となった。図-4(b)に示すUrの結果でも同様に T_t と T_i の差が顕著であったことから, ShおよびUrの両地点においてPGユニット内部での熱損失が顕著であったことがわかる。なお地中温度に相当する T_o は T_t , T_i より低いことからPGユニット内に搭載したペルチェ素子による熱電変換が發揮可能な条件を確保できたことがわかる。

次に図-5(a), (b)はそれぞれShとUrで計測した電力量と温度差の関係を示す。ここで電力量はPGユニット上部の単位面積当りの値とした。温度差は $\Delta T_1 = T_i - T_o$ (ペルチェ素子の表裏での温度差に相当), $\Delta T_2 = T_t - T_o$ (PGユニット全体の温度差に相当)を定義し, それぞれの1時間毎の平均値を $\Delta T_{1\text{ ave}}$, $\Delta T_{2\text{ ave}}$ とした。図よりSh, Urのどちらも ΔT_1 が約2.5°Cで3~5mWh/m²の出力を確認できた。なお, PGユニット内部の熱損失を抑えて ΔT_1 を ΔT_2 に近くすることができれば, 本形式でのPGユニットによる出力をさらに向上することが可能と考えられる。今後はPGユニットの仕様および熱損失低減等の工夫を施して出力向上を図る予定である。

参考文献

- 1) 横浜勝司 : アスファルト廃材および地表面温度の活用による地盤補強と発電に関する研究, 第14回環境地盤工学シンポジウム論文集, pp.207-212, 2021.
- 2) Rasit Ahiska, Hayati Mamur : A review, Thermoelectric generators in renewable energy, International journal of Renewable Energy Research, Vol.4, No.1, pp.128-136, 2014.