

Ⅶ-120

ソーラーポンドの蓄熱特性に関する野外実験

東京電機大学大学院 学生員 出口義昭 梅基 淳
東京電機大学理工学部 正会員 有田正光 中井正則

1. はじめに

自然エネルギーとしての太陽エネルギーは、省エネルギー対策の観点より古くから注目されてきた。太陽エネルギーを利用した技術の一つに、ソーラーポンドと呼ばれる貯水池がある。これは、池内水に塩化ナトリウムなどの無機塩類を溶解させて底層水の密度を大きくすることにより、夜間の放射冷却に伴う熱対流を抑制し、底層に太陽熱を貯蓄することを目的とした貯水池である。ソーラーポンドは国内ではまだ馴染みの薄い技術であり、研究例も少ないが¹⁾²⁾、諸外国では経済的側面を含めて利用価値が高く、環境科学上の重要な技術になりうるという見方が有力である。

本研究は屋外の大型水槽を用いてソーラーポンドの蓄熱特性について実験を実施し、同技術の有用性について若干の考察を行ったものである。

2. 実験装置と実験方法

実験には、図-1に示すような縦 5.4m × 横 4.4m × 高さ 1.75m のコンクリート製水槽(水槽Ⅰ)を使用し、水槽の上側に透明屋根を取り付けて雨水の流入を防いだ(ただし、水槽と屋根の間に隙間があり、風は完全には遮断されていない)。密度成層はシャープな二成層とし、下層水に濃度約 1% の塩水、上層水に淡水を用いて作製した。また、水槽Ⅰの蓄熱効果を評価するために、断熱を施した直径 0.8m × 高さ 1.25m の塩化ビニール製水槽(水槽Ⅱ)に淡水を貯水して放置した。なお、水槽Ⅰ、Ⅱともに全水深は 120cm に設定した。

実験での検討項目は以下の2点である。第1点は、密度境界面の高さ(全水深 $H=h_1+h_2$ 一定)に対する水槽Ⅰの蓄熱量(成層作製から約 6 ~ 30 時間後)の変化である。第2点は、上層水深 h_1 、下層水深 h_2 を一定に保った場合の長期にわたる水温、蓄熱量の経時変化である。水温の測定にはサーミスタ型温度計を使用し、両水槽のほぼ中央で 10cm 間隔の水温鉛直分布を取得した。

3. 実験結果

図-2は $h_1=h_2=60$ cm の条件下で 1998年11月3日～11月5日(成層作製: 11月1日)に実施した水温連続測定時(2 時間間隔)の結果の一例(水温鉛直分布)である。同図より、水槽Ⅱでは全水深にわたって水温がほぼ

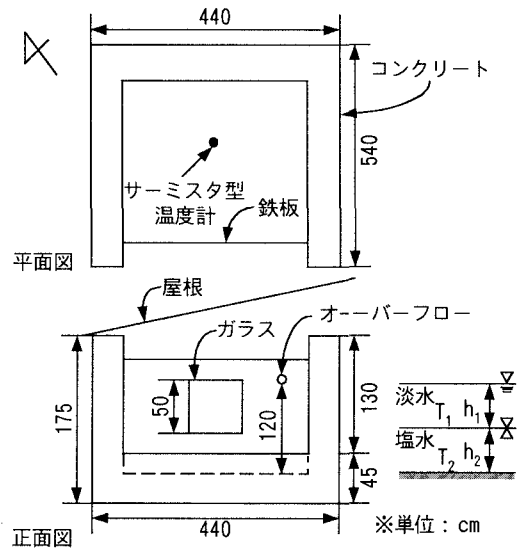
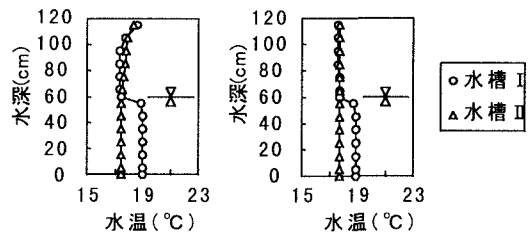


図-1 実験装置(水槽Ⅰ)



(a)1998.11.3:14時 (b)1998.11.4:2時

図-2 水温鉛直分布の例

Key words : Solar pond, Heat accumulation, Two-layered stratification in salinity, Field experiment

〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 0492-96-2911 FAX 0492-96-6501

一定であるのに対して、水槽Ⅰでは下層水温が上層水温より高くなっており、下層における蓄熱効果が認められる。もう少し詳しく見ると、同図(a)では水槽Ⅰの上層平均水温 $T_1=17.5^{\circ}\text{C}$ 、下層平均水温 $T_2=18.9^{\circ}\text{C}$ 、上下層の温度差 $\Delta T(=T_2-T_1)=1.4^{\circ}\text{C}$ である。また、水槽Ⅱの平均水温 T_0 は 17.4°C であり、 T_1 と T_0 はほぼ一致している。さらに、同図(b)でも同様の結果を示しており、 $\Delta T=1.3^{\circ}\text{C}$ である。以上のように、昼夜にかかわらず、水槽Ⅰの下層には $\Delta T=1.3^{\circ}\text{C}$ 程度分の蓄熱が生じており、わずか数日間で既にソーラーポンドとしての機能が現れていると言える。これは従来から言われているように、底層水の密度が大きいために夜間の水面冷却に伴う水深スケールの熱対流が抑制されたからと考えられる。

図-3は1998年11月3日～12月22日($h_1=h_2=60\text{cm}$)における14時の水槽Ⅰの上層平均水温 T_1 、下層平均水温 T_2 、水槽Ⅱの平均水温 T_0 、ならびに気温 T_a の時系列を示したものである。また、図-4はその時の水槽Ⅰの上下層の温度差 $\Delta T(=T_2-T_1)$ 、および水槽Ⅰの下層平均水温 T_2 と水槽Ⅱの平均水温 T_0 の差 $\Delta T'(=T_2-T_0)$ の時系列を示したものである。両図から、気温 T_a の低下に伴って T_1 、 T_2 、 T_0 はすべて下降しているものの、 ΔT 、 $\Delta T'$ はともに 3°C 程度を保っていることがわかる。このように、ソーラーポンドは冬季の不利な気象条件下においても一定の効果を示し、省エネルギー技術としての有用性が示唆される。

図-5は密度境界面の高さをパラメータにして水槽Ⅰの下層の蓄熱量 Q_a を調べた結果である。ここに、 Q_a は $Q_a=\rho_2 c_2 V_2 \Delta T$ (ρ_2, c_2, V_2 はそれぞれ下層水の密度、比熱、体積)で定義されており、また、図中のデータは成層作製から約6～30時間後の蓄熱量の平均である。同図において、 $h_1=h_2=60\text{cm}$ の場合、つまり密度境界面の高さが全水深 H の $1/2$ の時に蓄熱量 Q_a が最大となっており、先の図-2～4の結果はソーラーポンドにとって最も有利な条件下のものであることがわかる。

4. まとめ

本研究では、ソーラーポンドの蓄熱特性を野外実験により検討した。その結果、冬季の不利な気象条件下においてもソーラーポンドはわずかながら機能することが明らかになった。今後は、密度成層条件に対するソーラーポンドの応答特性の解明、蓄熱促進工法の開発などを含めてさらに研究を継続していく予定である。

参考文献

- 1) 木ノ瀬紘一、桜井喜十郎：塩類の濃度勾配を利用した Solar Pond の吸熱・蓄熱に関する研究 (Ⅰ)，農業土木試験所報告，第19号，pp.65-84，1980。
- 2) 木ノ瀬紘一、桜井喜十郎：塩類の濃度勾配を利用した Solar Pond の吸熱・蓄熱に関する研究 (Ⅱ)，農業土木試験所報告，第21号，pp.203-225，1981。

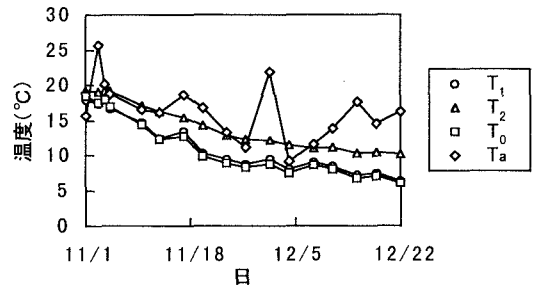


図-3 温度 T_1 , T_2 , T_0 , T_a の時系列

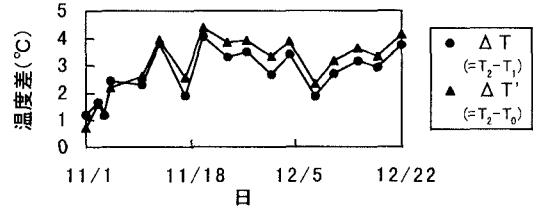


図-4 温度差 ΔT , $\Delta T'$ の時系列

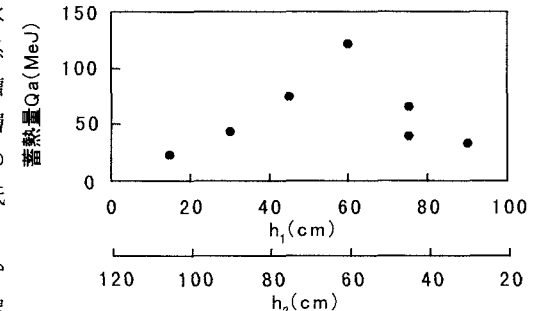


図-5 密度境界面の高さに対する下層の蓄熱量 Q_a の変化