

超省エネルギービル（大林組技術研究所本館） における土中蓄熱システムの性能解析

安 江 進

Evaluation of Performance of Underground Heat Storage System in the Super Energy Conservation Building (Main Building of Ohbayashi-Gumi Technical Research Institute)

Susumu Yasue

Abstract

This paper reports on the performance from April 1, 1982 to March 31, 1983 of the underground heat storage system installed in the Super Energy Conservation Building. Underground heat storage was utilized mainly for floor heating and supplied about 2,000 Mcal of heat to the floor heating area (200 m²). On the other hand, owing to a mild winter, heat recovery from underground for the heat pump, which operates as an auxiliary heater in case the solar system does not supply enough heat, resulted in an amount only nine times the heating load on a peak day, but it was made clear that enough auxiliary heat could be supplied while water temperature would be relatively high at more than 15°C, which produces higher COP of the heat pump than an air source type. Heat supplied from the floor is 2.01 Gcal and heat recovery through underground coils is 0.81 Gcal. The total amount effectively used for heating is 2.82 Gcal to reach about 40 percent of total stored heat (7.04 Gcal) during the intermediate season.

概 要

超省エネルギービルに省エネ手法として採用された土中蓄熱システムの昭和57年4月より昭和58年3月末まで1年間の運転実績報告である。土中蓄熱は主に床暖房に利用され床暖房の対象執務スペース約200m²に対し約2,000Mcalの熱（単位床面積当り10Mcal/m²year）が床面より放熱された。一方、暖冬も影響してヒートポンプ運転（ソーラーシステムの補助熱源）のための土中コイルによる土中からの熱回収量はピーク暖房負荷の9日分と低い値に終わったが、補助熱源としての熱量を十分に供給できること、土中返水温も15°C以上とヒートポンプの低温熱源としては高く空気熱源に比しCOPの点で有利となることなどが明らかとなった。床表面からの放熱量は2.01Gcal、土中コイルによる回収熱量の0.81Gcal合計2.82Gcalが暖房に有効に利用された。これは土中投入熱量7.04Gcalの約40%に当る。

1. はじめに

本建物では太陽熱利用による冷暖房を行なっているが、中間季においては冷暖房負荷が少なく太陽熱の集熱分は過剰となる。本システムはこの余剰熱を建物下部に埋設された土中コイルを介して土中に蓄え冬季に利用することを目的としたシステムである。土中に蓄熱された熱量は直接地下階居室の床を暖めパネルヒーティングに利用される他、ヒートポンプ低温熱源としても利用される。このようにして本システムはソーラーコレクターの稼動

率およびシステム全体の太陽熱依存率を改善し、ビルの省エネルギー化に役立っている。以下に本土中蓄熱システムの概要および昭和57年度の運転実績について報告する。

2. システム概要

図-1に本システムの系統図を示す。土中蓄熱時にはソーラーコレクターにより集められた熱を一旦高温水槽に蓄えた後、他の設備系統の影響を受けない夜間において土中ポンプを運転し土中に蓄熱する。回収時には土中

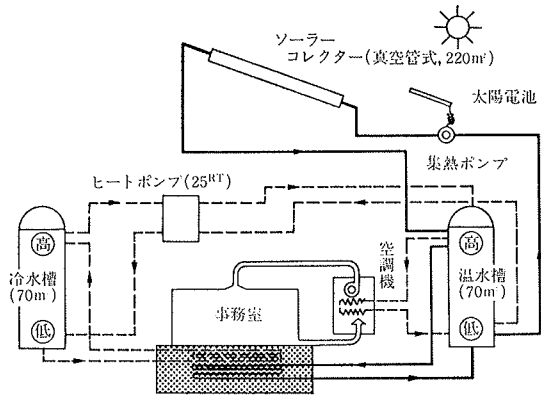


図-1 土中蓄熱システム系統図

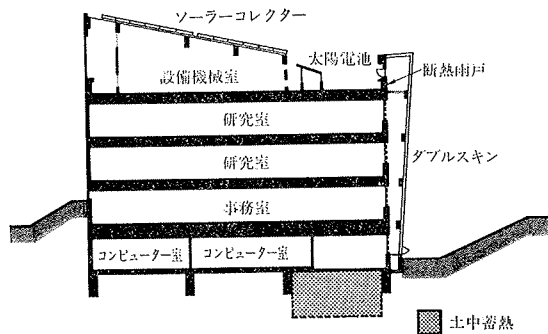


図-2 土中コイル埋設位置 (断面図)

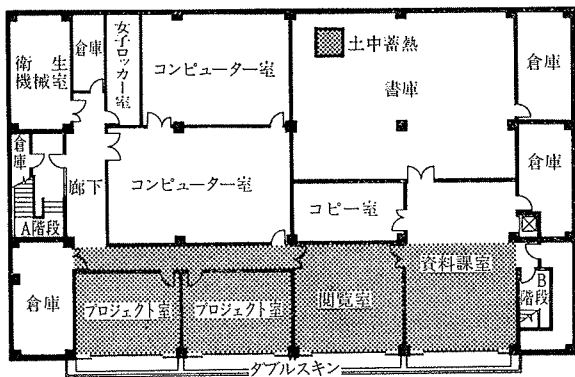


図-3 土中コイル埋設位置 (平面図, 地下1階)

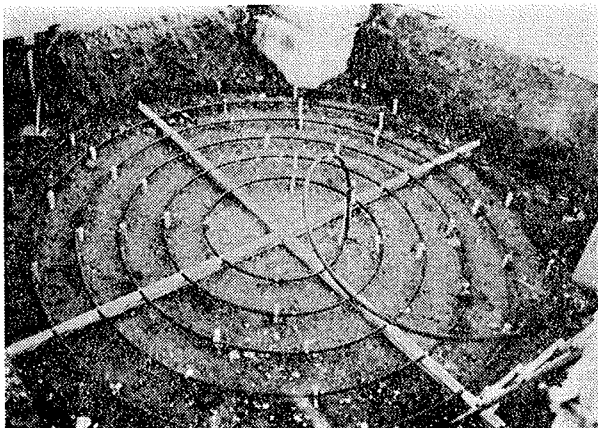


写真-1 土中コイル埋設工事状況

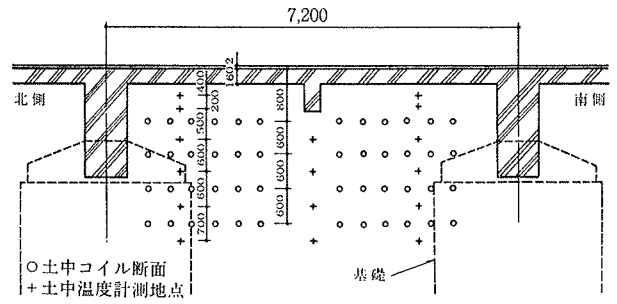


図-4 土中コイル埋設部分詳細 (南北断面図)

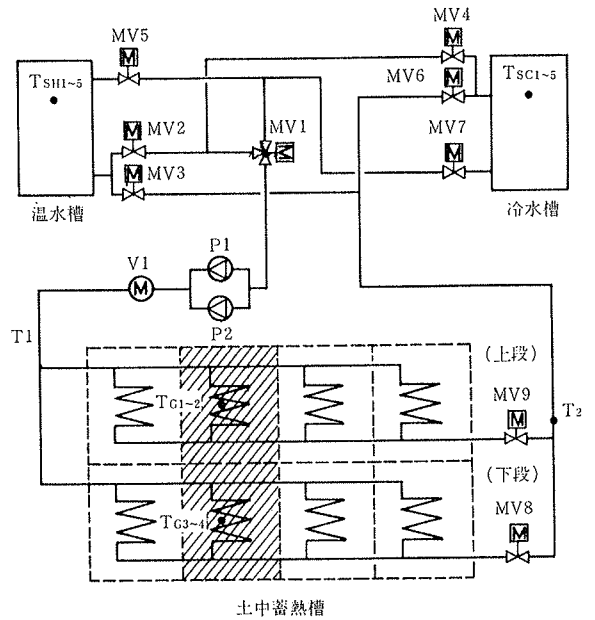


図-5 土中蓄熱システム運転制御方式

から土中コイルを介して熱回収しこの熱を冷水槽に蓄えてヒートポンプ低温用熱源として暖房に利用する。一方土中蓄熱槽による床暖房は制御を行わず土中蓄熱槽と室内との間の温度勾配に従って床面より室内へと放熱させる。図-2, 3には土中コイルの埋設位置を示す。土中コイルは高密度架橋ポリエチレン製(呼

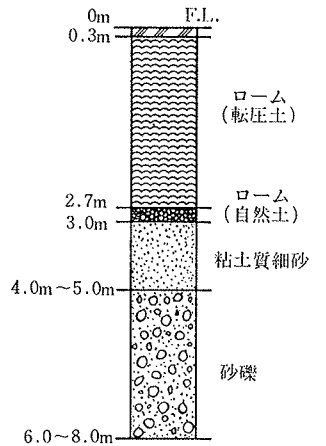


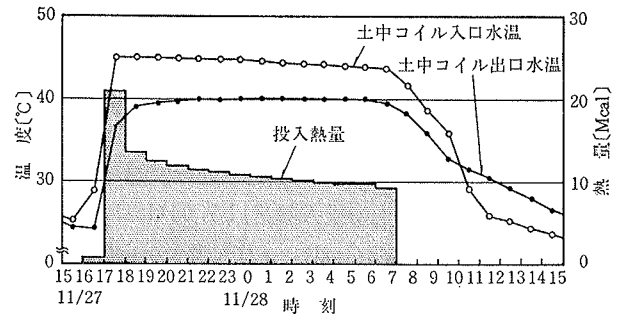
図-6 床下の地質構造

径 25 mm) で図-4, 写真-1 に示すように 150 m のパイプが渦巻状に設置され各スパンごとに 4 段ずつ埋設されている。土中コイルの総長は約 1,200 m, 床スラブより土中コイル最下段までの深さおよび土量(4 スパン分)はそれぞれ 2.4 m, 約 500 m³ である。図-6 に床下の地質構造を示す。なお, 土中コイルはローム層(転圧土)内に埋設されている。当地関東ロームの自然状態にお

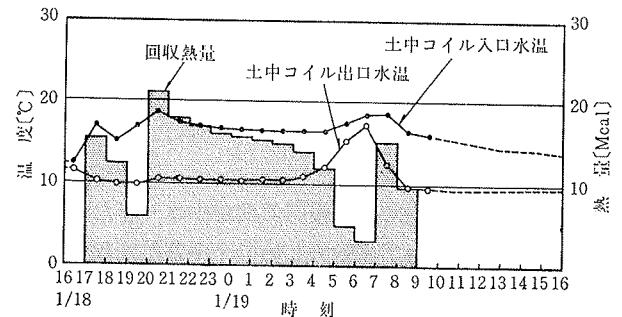
熱的性質は、比熱 0.6~0.7 kcal/kg°C, 密度 1.2~1.3 g/cm³, 重量含水率 120~130%, 熱伝導率 0.5~0.6 kcal/mh°C である。土中コイル周りに一度掘削した土が再び利用されており埋戻し後の関東ロームの物性は、密度 1.1~1.2 g/cm³, 重量含水率 100~110%, 締め固め度 75~80% である。また土中蓄熱システムの性能解析のために土中コイル主出入口水温, 土中コイル内流量, 土中温, 床スラブ内温度, 床表面温度, 床表面熱流, 室温等を計測した。

3. 運転実績

土中蓄熱運転は昭和57年11月15日より12月9日にかけて行ない、以後3月末までは蓄熱回収・暖房運転を行なった。蓄熱時においては終業直前より翌朝にかけての夜間に土中ポンプを運転し日中に集めた太陽熱を土中に投入した。運転制御は図一5に示すように R₁, R₂ の両ポンプを強制的に運転し T₁, T₂ の往返温度差が小さくなった時上下段2回路の切り換えを行なって熱投入を継続した。蓄熱回収・暖房時においては、温水槽内に余剰熱量が生じた場合蓄熱時と同様この熱を土中へと投入し、逆に温水槽内に必要熱量が確保されていない場合には土中より熱を回収してヒートポンプを運転し温水槽へと熱補給する方式とした。T₁, T₂ との間に往返温度差がなくなった場合には、蓄熱時と同様上下段コイルの切り換えにより運転を継続した。また、土中蓄熱槽による床暖房もこれと並行して行ない、室内と蓄熱槽内との温度差に従いなりゆきにまかせて放熱させた。図一7, 8 に土中蓄熱, 回収運転の一例を示す。蓄熱時における土中コイル 1 m 当りの放熱量は一日平均で 15~20 kcal/mh に納まっており、図一7 に示すようにポンプ始動後投入

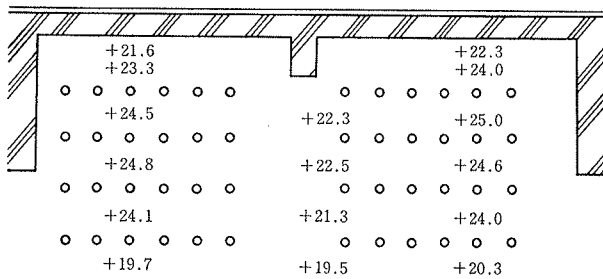


図一7 土中蓄熱運転例 (昭和57年11月27日~28日)

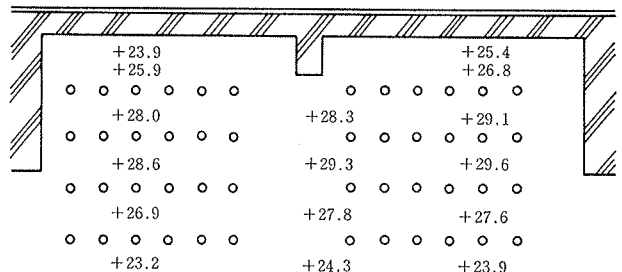


図一8 土中蓄熱回収運転例 (昭和58年1月18日~19日)

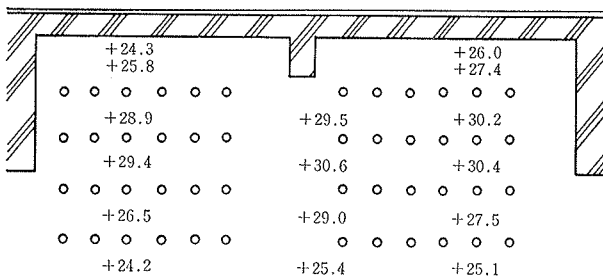
熱量は減少するものの定常状態に近づきコイルからの放熱量は十分に確保されることが明らかとなった。図一9, 10には蓄熱開始時および終了時における土中温度分布を示す。土中コイル 1 m 当りの回収量は最大で 48 kcal/mh (但し、土中蒸熱出入口水温はそれぞれ 23°C, 11.7°C, 流量 40 l/min, 土中コイル近傍土中温 30°C) であった。回収時においては図一13に示すように下段コイル近傍の土中温が上段に比べ低いためにたちまち熱回収不能となり上段へと移行し、上段コイル近傍の土中温が下段より高いために回収時間が長びいてはいるもののやはり回収不能となって再び下段に戻る運転状況を呈した。一



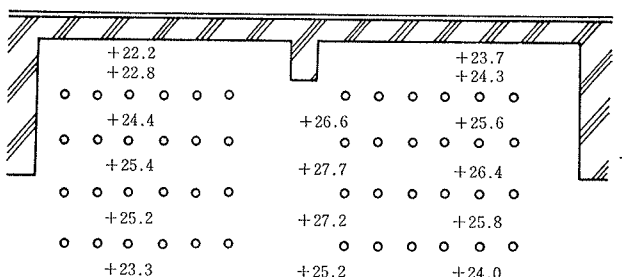
図一9 土中温度分布 (昭和57年11月15日)



図一10 土中温度分布 (昭和57年12月9日)



図一11 土中温度分布 (昭和58年2月18日)



図一12 土中温度分布 (昭和58年3月31日)

方暖房期にもかかわらず温水槽内において頻繁に余剰熱が発生し、冬季における土中投入熱量は中間季を大きく上回った。このため床下近傍の土中温が常に高く保たれ床下より室内へ向う多量の熱流が観測された。その一例を図-13に示す。次に本システムの運転実績を図-14に示す。本年度の総土中投入熱量は7.04 Gcal（中間季2.42 Gcal, 暖房期4.62 Gcal）一方床表面からの放熱量は2.01 Gcal, 土中コイルによる回収熱量は0.81 Gcal 合計で2.82 Gcal となり投入熱量の40%が暖房に利用されている。3月末における土中コイル近傍の蓄熱量は0.5~0.6 Gcal, 残りの約3.5 Gcal がヒートロスとして土中蓄熱槽より逸散した。

4. 結論

本ビルは他のビルに比べ暖房負荷が小さくまた暖冬も影響してヒートポンプ運転のための土中蓄熱回収運転時間は約80時間と短い運転時間数に終わった。このため土中コイルによる熱回収量は小さな値となりその分土中蓄熱の利用率が低下した。土中蓄熱は主に床暖房に利用され床暖房の対象執務スペース約200 m²に対し約2,000 Mcalの熱（単位床面積当り10 Mcal/m²yers）が床面より放熱された。本年度はシステム調整等のため土中蓄熱の開始時期が若干遅れたがその時期を早め下段土中コイルを中心に蓄熱量を増せば土中蓄熱槽下部の温度が上昇し下段コイルを用いて熱回収する場合にその回収効率が向上するのみならず冬季上段コイルを用いて蓄熱する場合にも下方に向う熱流が減り床面からの放熱量が増加する可能性がある。土中コイルによる回収熱量は本建物のピーク暖房負荷のおよそ9日分程度となったが、補助熱源としての役割は十分に果たすこと、土中コイル返水温も15℃以上とヒートポンプの低温熱源としては高く空気熱源に比しCOPの点で有利となることが明らかとなった。また、土中蓄熱・回収共に問題はなくシステム上必

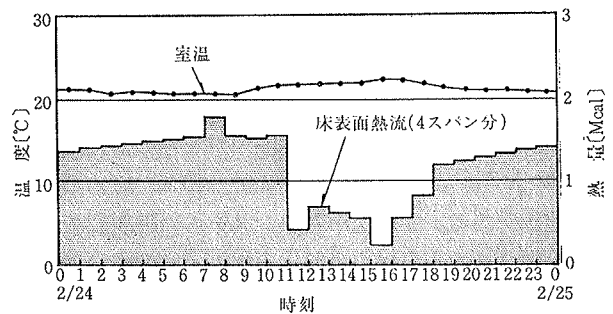


図-13 床表面熱流の時刻変化（昭和58年2月24日）

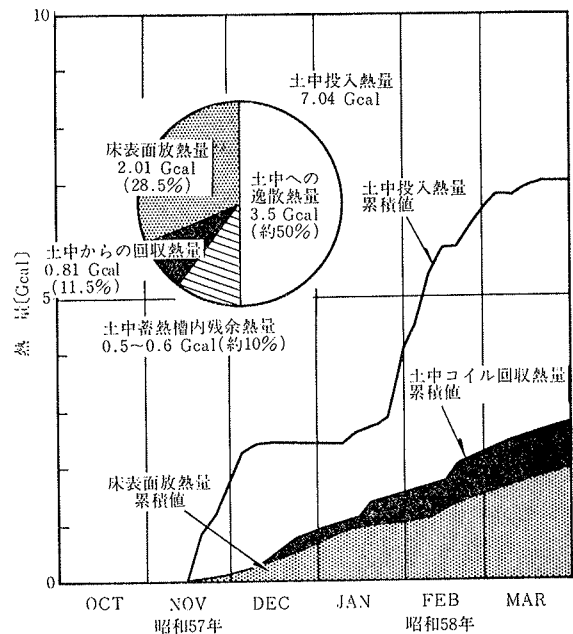


図-14 土中投入・回収熱量および床表面熱流の累積値変化

要とされる放熱・回収能力を十分に有していることが確認された。次年度においては土中蓄熱解析プログラムを開発し、実際の運転結果との照合を行なうと共にシミュレーションによって土中蓄熱運転方式の最適化について研究を行ないその結果に関して報告する予定である。