

サンシャイン計画による長期土中蓄熱の研究

田 中 辰 明*・宮 川 保 之**
 斎 藤 隆 雄**・岡 建 雄**
 安 江 進**

1. はじめに

一般的に太陽熱を利用したシステムにおいては、集熱器で集められた熱は夏には冷房・給湯、冬には暖房・給湯に有効に利用されるが、春、秋の中間期には給湯に使用されるだけで余剰となる。この余剰の太陽熱を何らかの方法で長期間蓄熱し、これが必要となる夏、冬に有効に利用できれば理想的である。長期蓄熱の方法には顕熱蓄熱、潜熱蓄熱、化学反応利用等がある。このうちで顕熱を利用した長期蓄熱の方法としては、水による蓄熱、土中への蓄熱等があるが水による蓄熱は巨大な蓄熱槽が必要となるので実用的でない。後者の土中への蓄熱は特に建物と一体化した場合には、床下のぼう大な土の熱容量をそのまま利用できるのので有利である。土中蓄熱方式は適当な位置に断熱壁を設けない限り、蓄熱・回収過程における土中遠方への熱の逸散により高い回収効率は望めなく、また、ヒートポンプ利用を前提とした低温での利用等の制約があるものの、システムが簡単で建設コストが安い利点がある。さらに、建物の床下加熱による床パネルヒーティングの利用価値を考えれば、建物と一体化した有用なシステムと言える。わが国におけるこれまでの土中蓄熱システムの研究としては、工学院大中島研究室による一連の基礎研究と、これを実際のソーラーハウスに適用した熱核方式による実用化研究¹⁾がある。また、早大木村研究室による土中蓄熱システムを設置した床下に温風を通して熱回収を行なう自然温風システムと一体化したソーラーハウスの研究²⁾がある。その他、東海大田中研究室によるうず巻き状のコイルを床下に2段埋設した実験システム³⁾、建設省建築研究所による土中蓄熱槽上下に集放熱板を設置し、年間の蓄熱・蓄冷効果を利用するソーラーファウンテン方式⁴⁾等がある。

ここで実用化の可能性がある土中蓄熱方式を分類して示せば図1のようになる。図1(b)の放熱体水平埋設方式は、パイプあるいは放熱板を水平に多段に土中に埋設するものであり、季節によって利用する段を自

由に変えることができるので、年間を通して運転する上できわめて有効な方式である。しかし、パイプあるいは放熱体を埋設する場所を一度に掘削する必要があるため、蓄熱槽が大規模になるに従い掘削土の保管の煩雑さと建設コストの上昇の問題が生じてくる。一方、図1(c)の放熱体垂直埋設方式は、ユニット化したパイプあるいは放熱体を垂直に埋設するものである。この方式では、1つのユニット毎に土の掘削、埋設をくり返して行なうことができるので、土の掘削量は常に少なく済み、工事コストが低減されるとともに、敷地に余裕のない場合に適している。

しかしながら、年間における土中蓄熱槽自体の熱的なコントロールに関しては水平埋設方式に比べて多少不利となる。

今回、当社がサンシャイン計画の開発研究の一環として昭和55年4月より開始した長期土中蓄熱システムの研究は、この放熱体垂直埋設方式を対象とした実験研究である。すなわち、パイプをユニット化した土中蓄熱実験システムを建物と一体化して建設し、実験および数値計算により長期土中蓄熱の蓄熱・回収特性を把握するとともに土中蓄熱システムの経済的施工法を検討することを目的としている。さらに、パイプユニットの最適配置、土中蓄熱システムの最適運転方式、土中蓄熱システム全体の最適設計の確立を目ざすものである。

2. サンシャイン計画土中蓄熱実験システムの概要

2.1 全体システム

本実験システムの外観を図2に、系統図を図3に示す。本システムの工事は昭和55年6月に着工し、同年9月に完成した。システムは大きくわけて4つのシステムより成り立っている。第一は、土中蓄熱のための太陽熱集熱システム、第二は土中蓄熱システム、第三

* 株式会社 大林組技術研究所 主任研究員

** 株式会社 大林組技術研究所 研究員

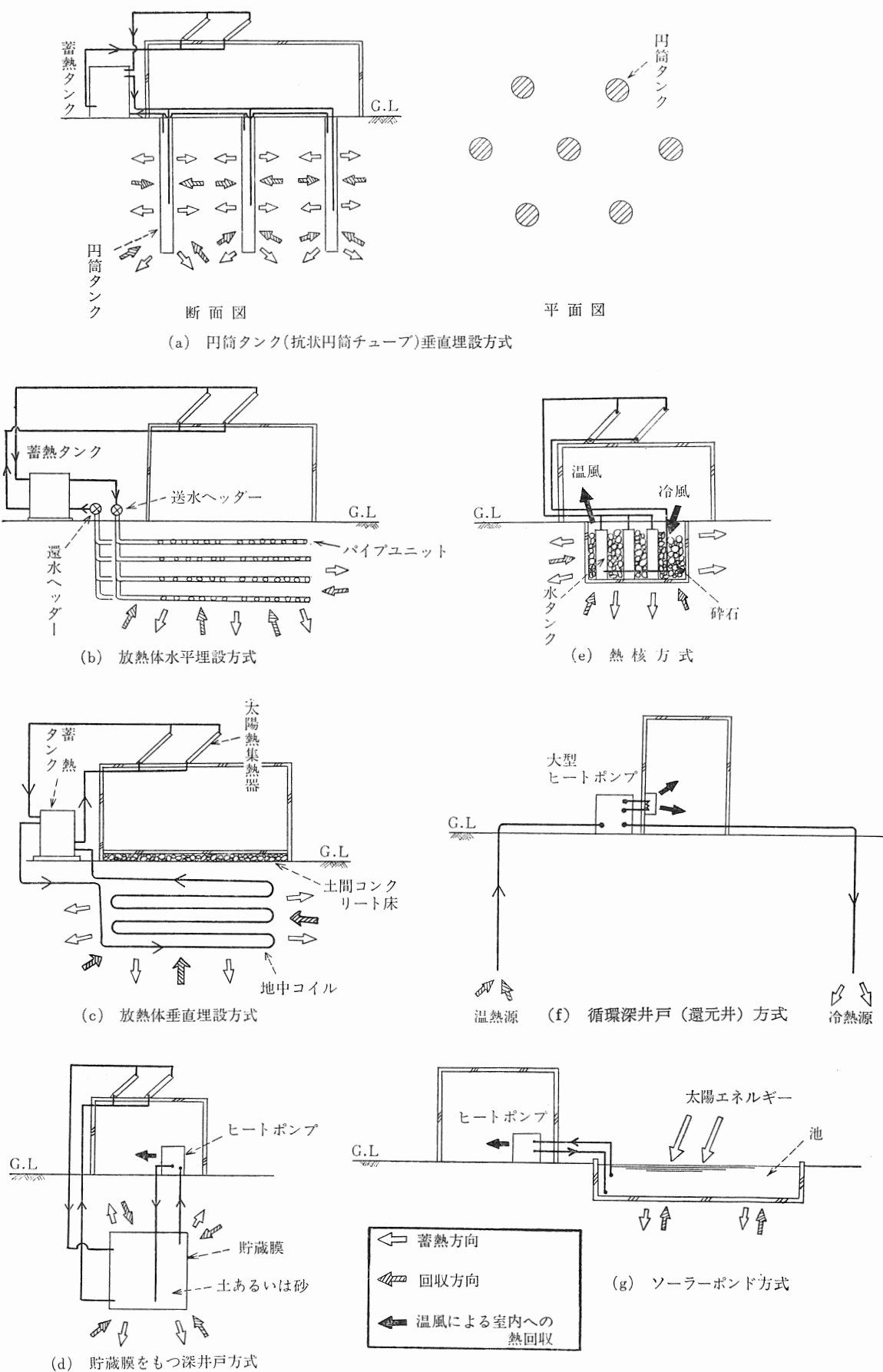


図1 各種土中蓄熱方式(文献(1),(2)等を参考にして作成)



図2 サンシャイン計画土中蓄熱実験システム外観

は冷暖房のための一次側システム、第四は冷暖房のための二次側システムである。表1に本土中蓄熱システムの設備機器仕様を示す。

(a) 土中蓄熱のための太陽熱集熱システム

太陽熱を平板集熱器により集め、一次蓄熱槽にたくわえるシステムで、平板集熱器、集熱ポンプ及びこれらを結ぶ配管よりなる。凍結防止のため、落水制御による開放式システムを採用している。後述する暖房用集熱回路も同じく落水制御による開放式システムである。

(b) 土中蓄熱システム

一次蓄熱槽に集められた太陽熱を蓄熱ポンプにより土中蓄熱コイルを介して土中にたくわえるシステムで、土中蓄熱槽、土中蓄熱往還ヘッダ、蓄熱ポンプ及

表1 サンシャイン計画土中蓄熱実験システム設備機器仕様

設備名	仕様	備考
太陽熱集熱器	平板型 銅板、銅管 有効集熱面積 $1.9\text{m}^2 \times 18$ 枚 ガラス 3mm厚強化ガラス	選択吸収面 吸収率 0.9 ふく射率0.12
一次蓄熱槽	1,000 l, 鋼板製 エポキシライニング 断熱 ロックウール厚100mm	集熱及び土中蓄熱用
二次蓄熱槽	2,000 l, 鋼板製 エポキシライニング 断熱 ロックウール厚100mm	集熱, ヒートポンプ, ファンコイルユニット用
補助熱源	電気ヒーター 5 kW	二次蓄熱槽用
ヒートポンプ	冷房能力 7,950 kcal/h 暖房能力 9,100 kcal/h	土中蓄熱回収, 夏期冷房用
冷却塔	3 USRT	ヒートポンプ夏季冷房用
ファンコイルユニット	床置型 暖房能力 3,780kcal/h 2台	室内冷暖房用

びこれらを結ぶ配管よりなる。土中蓄熱コイルは、外径 34 mm の架橋ポリエチレン製パイプであり、図4に示す如く実験棟の真下の土中に地表面より深さ 4 m まで一定間隔 80 cm を保って垂直つづら折り状に折り曲げられて埋設されている。熱媒(水)は、このコイルの中を往ヘッダから最下部へと送り込まれ、順次上部

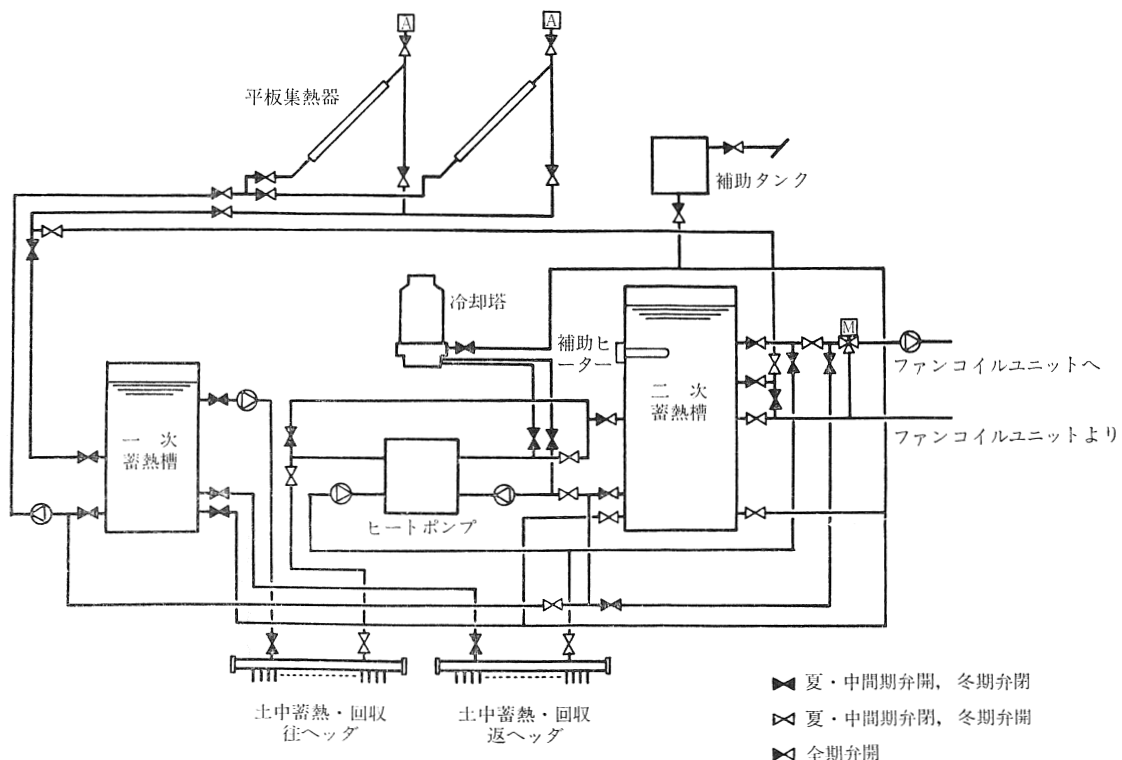


図3 サンシャイン計画土中蓄熱実験システム系統図

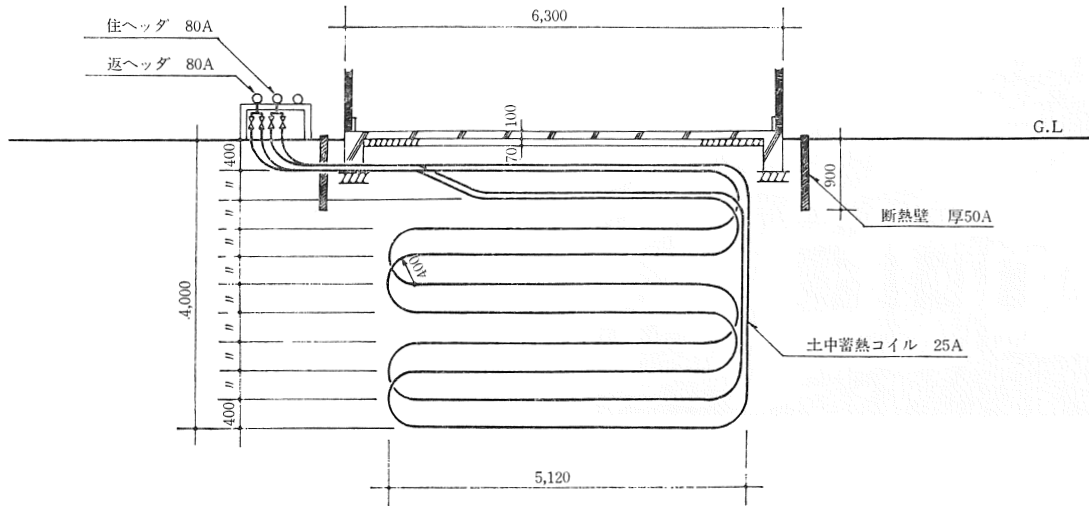


図 4 土中蓄熱実験システムの蓄熱パイプ埋設図および土中温度測定点 (A-A' 断面, 単位 mm)

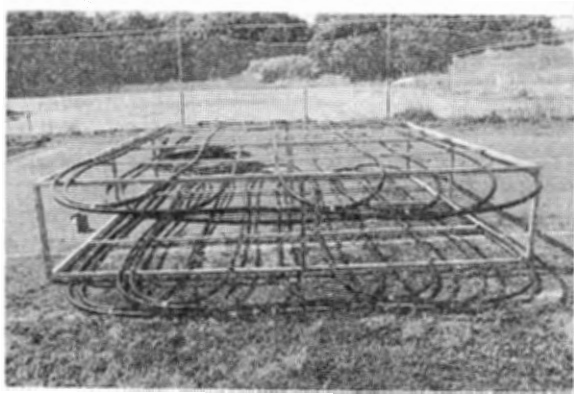


図 5 土中蓄熱パイプユニット外観

へと向いながら土中に放熱して返ヘッダへと戻る。図 5 はパイプユニットの外観を示すが、このユニットが全部で7組、図 6 に示すように建物直下の場所に埋設されている。図 7、図 8 に蓄熱パイプユニットの埋設工事の状況を示す。1つのユニットには、長さ39mのパイプが両側に2組ずつ計4組取り付けられている。全7つのユニットの合計のパイプ長さ、容積、内表面積はそれぞれ1,092m、0.72m³、99.5m²である。

(c) 一次側システム

暖房用システムと冷房用システムからなる。暖房用

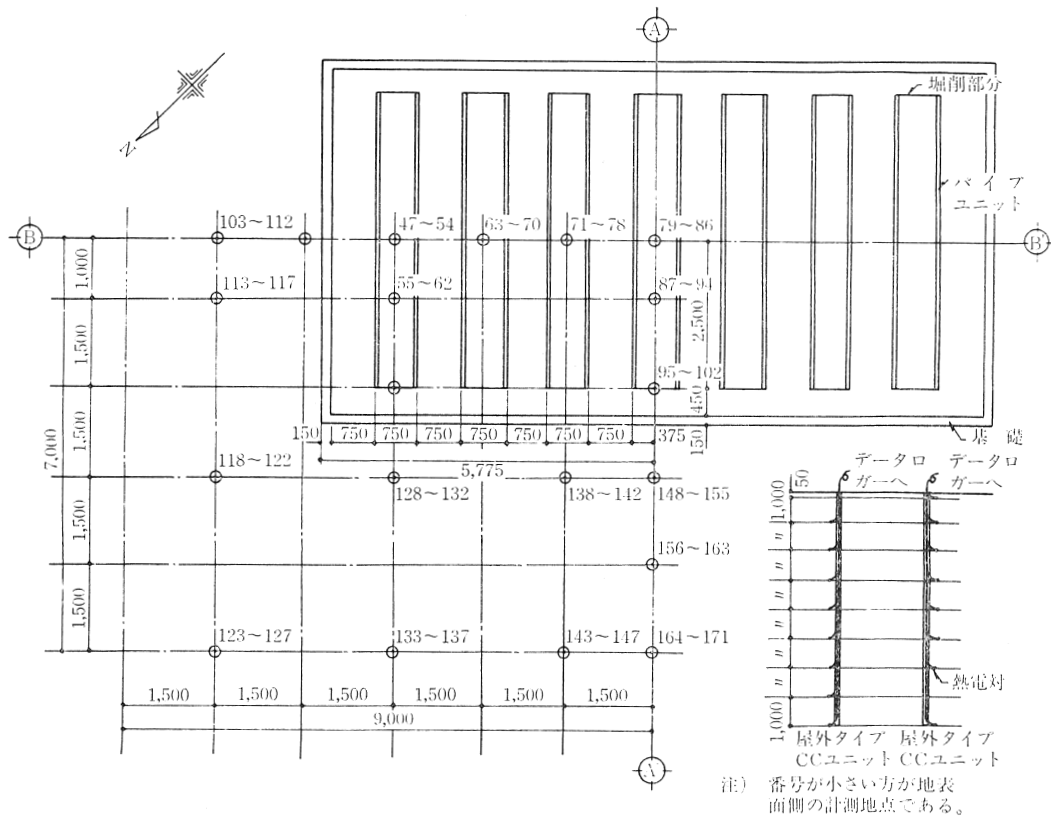


図 6 土中蓄熱パイプユニット配置図および土中温度計測地点

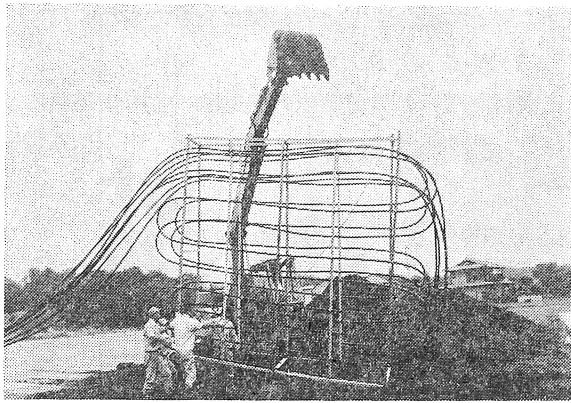


図 7 土中蓄熱パイプユニット埋設工事の状況



図 8 設置完了した土中蓄熱パイプユニット

システムは、太陽熱集熱システム（太陽熱を平板集熱器により集め 二次蓄熱槽へと送るシステムで、平板集熱器、集熱ポンプ及びこれらを結ぶ配管よりなる）、土中蓄熱回収システム（土中にたくわえられた太陽熱

をヒートポンプによりくみ上げ、二次蓄熱槽へと送るシステムで、土中蓄熱槽、土中蓄熱往復ヘッダ、熱源水ポンプ、ヒートポンプ、温水一次ポンプ及びこれらを結ぶ配管よりなる。回収時における蓄熱コイル内の熱媒の動きは、蓄熱時と同様で、土中から熱を回収して返ヘッダへと戻る）、ならびに補助ヒーターより成る。暖房用熱源は、可能な限り太陽熱及び土中からの回収熱により確保することとし、これらの熱源で不足する場合にのみ補助ヒーターを使用する。冷房用システムは、冷却塔、冷却水ポンプ、ヒートポンプ及び冷水一次ポンプより成る。

(d) 二次側システム

二次蓄熱槽、冷温水二次ポンプ、ファンコイルユニット及びこれらを結ぶ配管よりなる室内冷暖房システムと、土中蓄熱を直接利用した床暖房システム（土間コンクリート床を通して土中から室内へ放熱が行なわれる）からなる。

2.2 実験建物

建物の平面プランならびに仕様を図9に示す。土中蓄熱による床暖房が可能なように、床は土間コンクリート構造とし、建物基礎外周部からの熱損失を可能な限り防ぐため、基礎外周部にビニールで被覆した50mm厚の発泡スチレンを断熱壁として地表面から90cmの深さまで埋設している。壁、屋根には、25mmグラスウールによる断熱が施されている。図10、図11に建物の内部状況を示す。また、図12に建物布基礎外

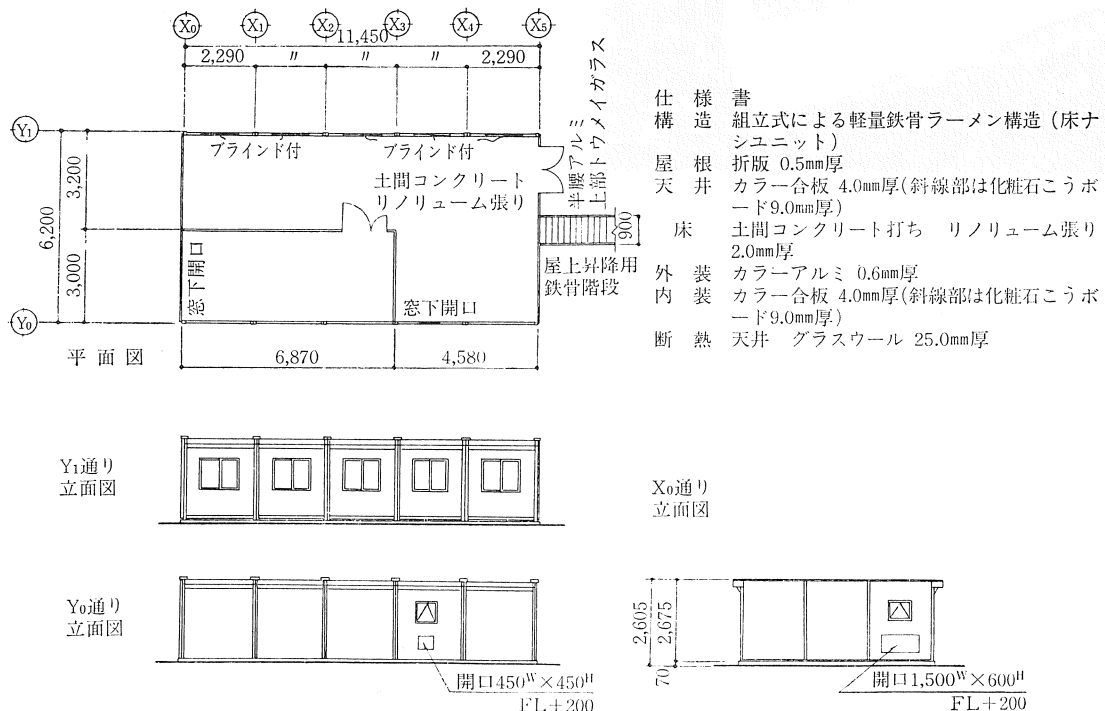


図 9 土中蓄熱実験システム建物平面図および建物仕様

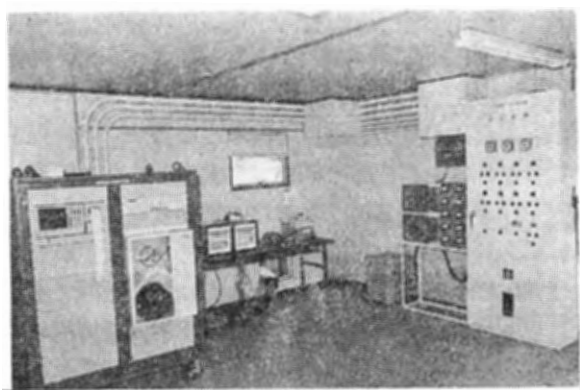


図 10 実験建物内計測室

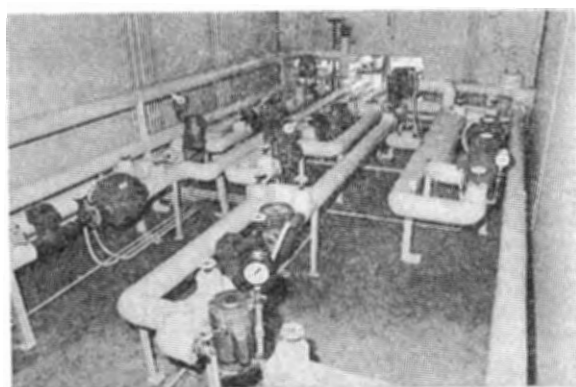


図 11 実験建物内設備機械室

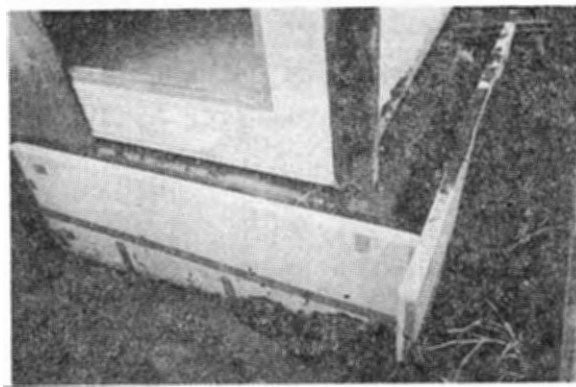


図 12 建物布基礎外周部への断熱材の埋設

周部での断熱壁の設置工事の状況を示す。

2. 3 運転制御方式

(a) 集熱システム

集熱板温度と蓄熱槽下部水温との温度差により集熱ポンプの発停を行う。即ち、温度差が 3°C 以上でON、 0.5°C 以下でOFFとする。また、過熱防止制御を取り入れ集熱板ならびに蓄熱槽を保護するとともに凍結防止のため落水制御による開放式システムを採用した。

(b) 蓄熱システム

一次蓄熱槽内の平均水温が 40°C 以上となった場合に蓄熱ポンプを起動させ、ヘッダ往返温度差が 1°C

以下となった場合にポンプを停止する。

(c) 暖房一次側システム

二次蓄熱槽への暖房熱源の供給は主に集熱器により行う。補助熱源は、ヒートポンプと、組み込み電気ヒーターである。

(d) 暖房二次側システム

室内温度を 20°C に保つべく、冷温水二次ポンプ、ファンコイルユニットを作動させ、二次蓄熱槽より室内へと熱を供給する。

2. 4 計測システム

計測は2系統のシステムによって行われる。一つは、デジタルデータレコーダー内蔵のデータ収録装置によるもので、これが主である。機器発停状態5点、流量4点、電力量6点、温度178点、日射量1点、放射収支量1点など、約200点のデータを定期的に測定し、CRTに表示するとともに、磁気テープおよびプリンターに出力する。記録後の磁気テープを大型計算機にかけることにより、多量のデータを一貫して処理することが可能である。一方、バックアップとしては、12打点式自動平衡記録計2台により最重要の測定ポイントを連続記録している。

3. 55年度における運転実績

55年度における土中への蓄熱実験は、実験システムが完成した後の昭和55年10月1日より開始し、同年12月15日まで行った。18枚の平板型太陽集熱器（有効集熱面積 34.2m^2 ）によって集められた太陽熱を一旦一次蓄熱槽に蓄え、槽内温度が一定温度に達した時（ $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ）この熱を土中へと投入した。図13は集熱面日射量、集熱量および土中投入熱量の日変化を10月1日より12月15日までにわたって示したものである。各月の土中への投入熱量は次の通りである。

昭和55年10月	1012.5 Mcal
11月	703.3 Mcal
12月	382.6 Mcal
総投入熱量	2098.4 Mcal

蓄熱運転時における実測土中温度分布を図14、図15日単位の熱収支の一例を図16に示す。

土中からの熱回収による暖房運転は、昭和56年1月6日より開始し、同年2月28日まで行った。回収運転は、午前9時より午後5時までを原則とし、土中からの回収熱を熱源としてヒートポンプを運転することにより二次蓄熱槽に熱を蓄え、ファンコイルを介して、実験棟内の暖房を行った。図17に一次回収熱量（土中からの回収熱量）、二次回収熱量（ヒートポンプにより

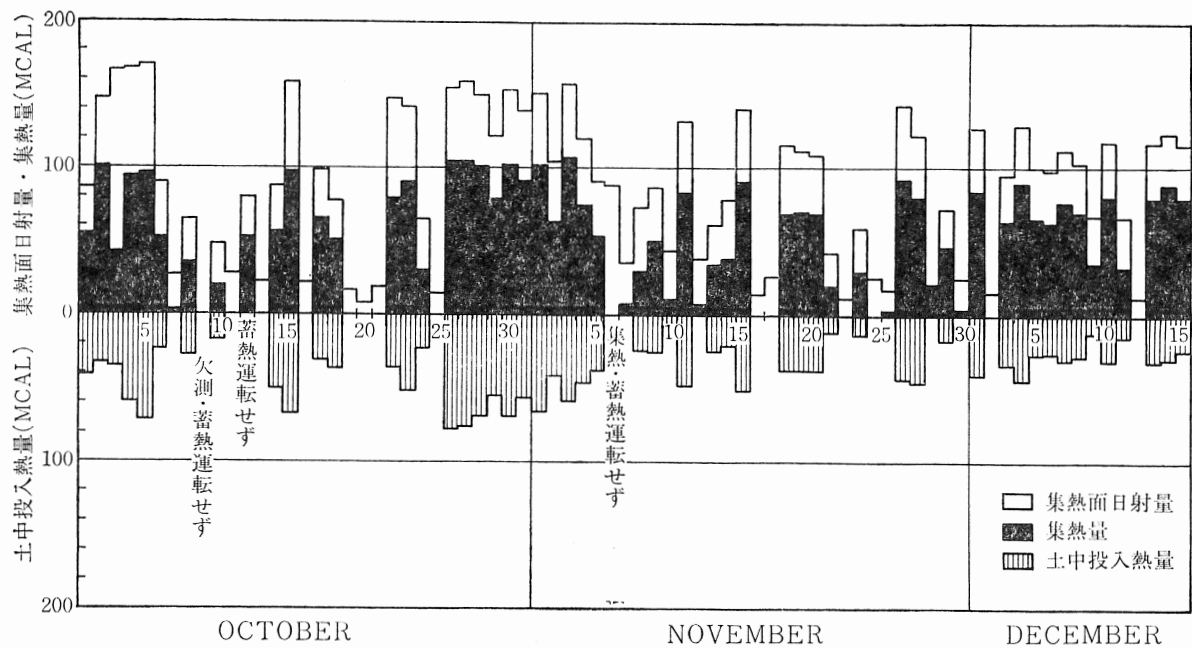


図13 土中への投入熱量の日変化

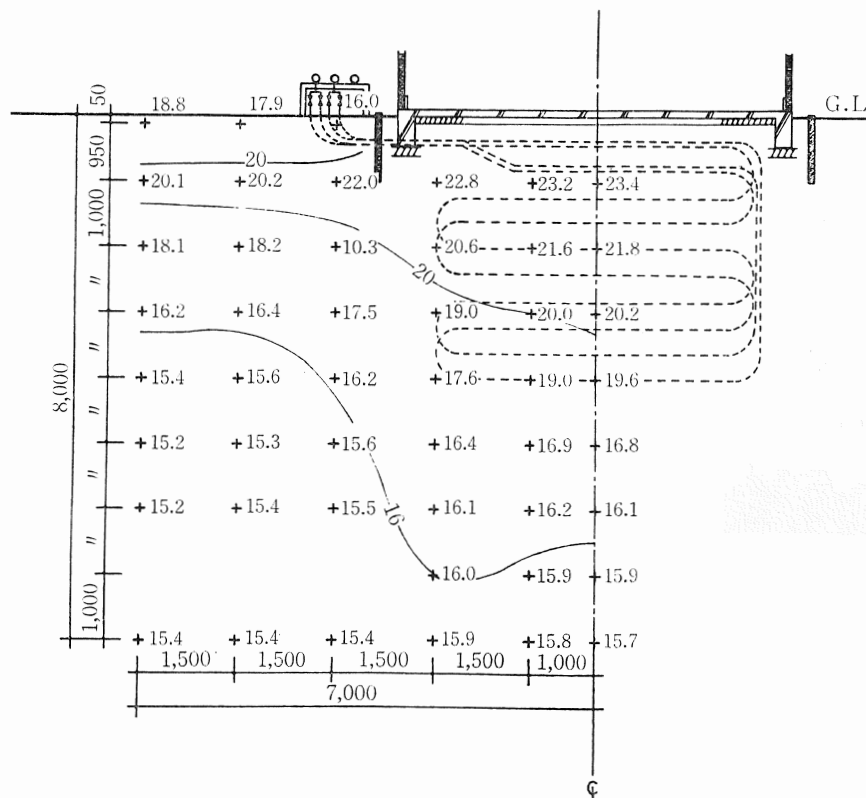


図14 実測土中温度分布 (A-A' 断面, 昭和55年10月1日蓄熱開始直前の土中自然温度分布, ただし試運転による影響がある)

二次蓄熱槽に供給された熱量) および, 室内供給熱量の日変化を1月6日より2月28日まで示した。二次蓄熱槽に設置された補助ヒーターならびに太陽集熱器は今回の実験では使用していない。各月の回収熱量は表2に示す通りである。

回収運転時における実測土中温度分布図18, 図19,

日単位の熱収支の一例を図20に示す。

図21, 図22は, それぞれ土中蓄熱時 回収時における各部水温, 外気温および日射量の時刻変化の一例を示したものである。図21において, 8時より10時15分までは, 太陽熱集熱時間帯で, 槽内水温は20℃より40℃まで上昇している。槽内水温が40℃に達した

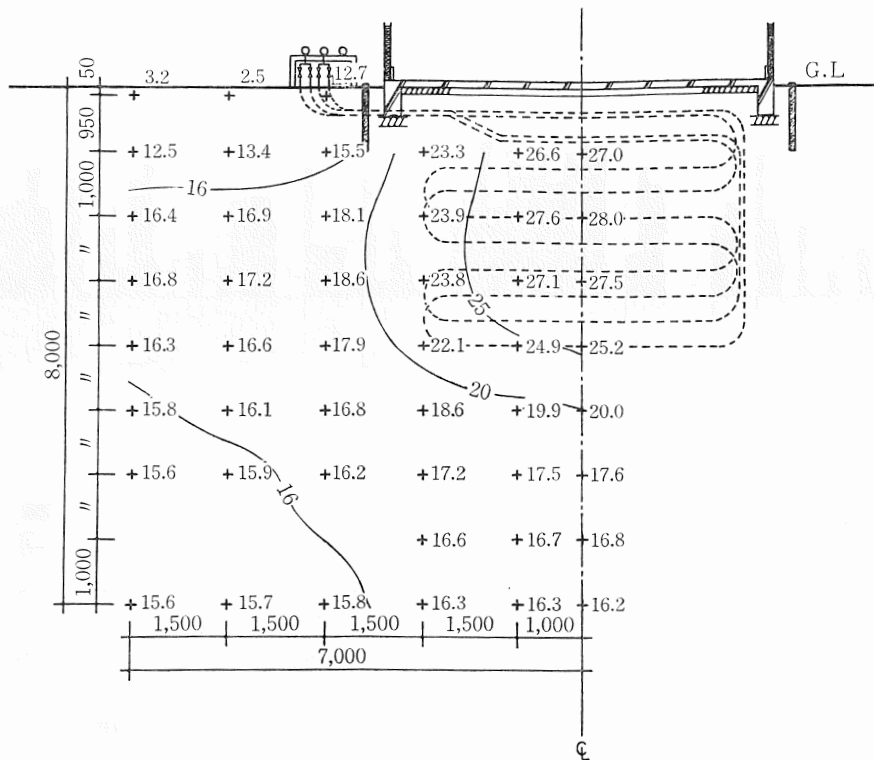


図 15 実測土中温度分布 (A-A' 断面, 昭和55年12月16日, 蓄熱運転終了直後)

表 2 55年度の実験における回収熱量一覧

	一次回収熱量	二次回収熱量
昭和56年 1 月	1005.2 Mcal	1347.8 Mcal
2 月	926.1 Mcal	1301.5 Mcal
総回収熱量	1931.3 Mcal	2649.3 Mcal

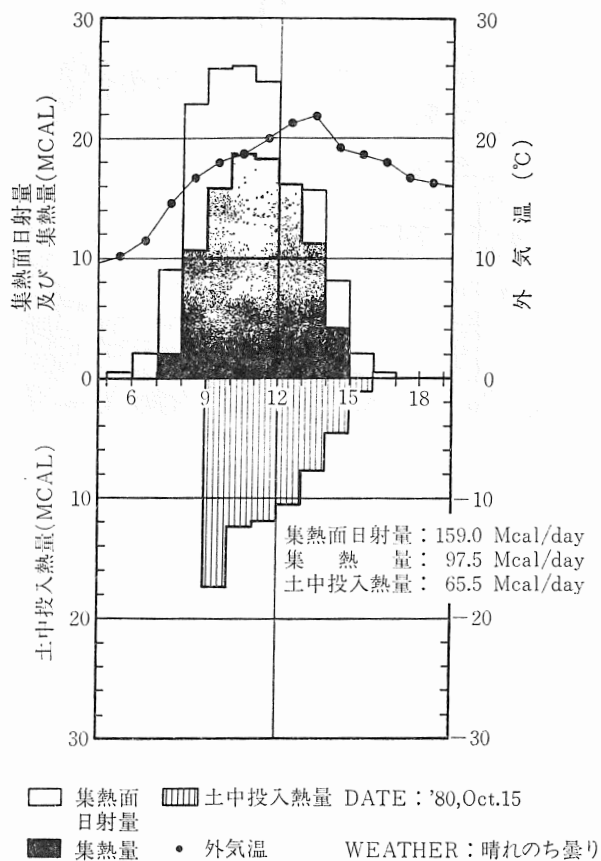


図 16 蓄熱時における一日の熱収支 (昭和55年10月15日)

10時15分より土中蓄熱運転を開始し、土中蓄熱槽出入口水温の差が 2°C 未満となりポンプの運転が停止する14時まで土中蓄熱運転を行った。10時15分の運転開始時において、集熱器入口水温が降下しているが、これは土中コイル (28本全部) の全体容量が一次蓄熱槽の容量とほぼ同程度あり、この土中蓄熱槽の冷水が一次蓄熱槽内に流入したことによって槽内水温が降下したことを示している。この結果、蓄熱槽内は 32°C 前後に降下した。その後の変化を見ると、集熱器から得られる集熱量と土中投入熱量とがほぼ等しく、集熱器入口水温および土中蓄熱槽入口水温は 32°C 前後で一定となっている。14時には、土中蓄熱槽入口水温との差が 2°C 以下となって蓄熱ポンプは停止した。10時～14時においては土中蓄熱槽入口水温はほぼ一定である一方、蓄熱槽出口水温は漸次上昇しており次第に土中に熱投入しにくくなりつつあることがわかる。

この日の熱収支は集熱面日射量が 116.4 Mcal/day 、集熱量が 69.3 Mcal/day 、土中投入熱量が 38.2 Mcal/day であり、日平均の集熱効率、土中投入効率 (土中

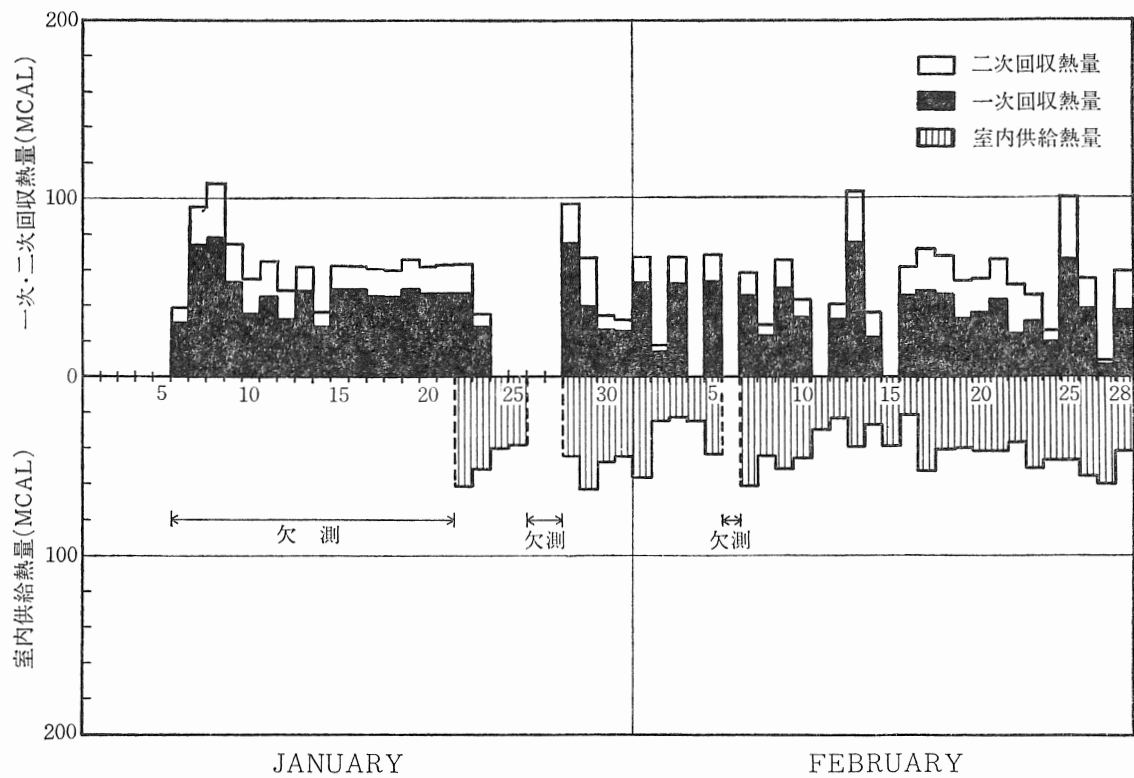


図 17 土中からの回収熱量ならびに室内供給熱量の日変化

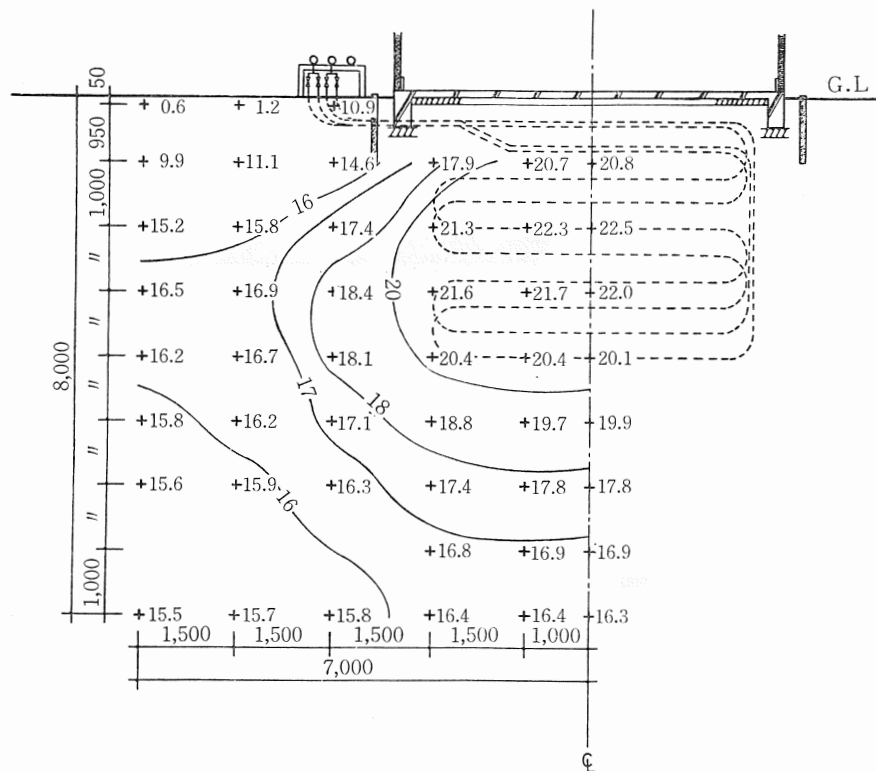


図 18 実測土中温度分布 (A-A' 断面, 昭和56年1月6日, 回収運転開始直後)

投入効率=投入熱量/集熱量)はそれぞれ59.5%, 55.1%であった。集熱量の55%しか蓄熱できなかった点については改良の余地があるが、本制御方式によっても問題なく土中に蓄熱可能であることが判明した。

図13に示したごとく連日蓄熱運転を行っても十分に土中に蓄熱できる。すなわち、昼蓄熱しても夜のうちに土中コイル近傍の土壌より十分熱拡散しうることが判明した。

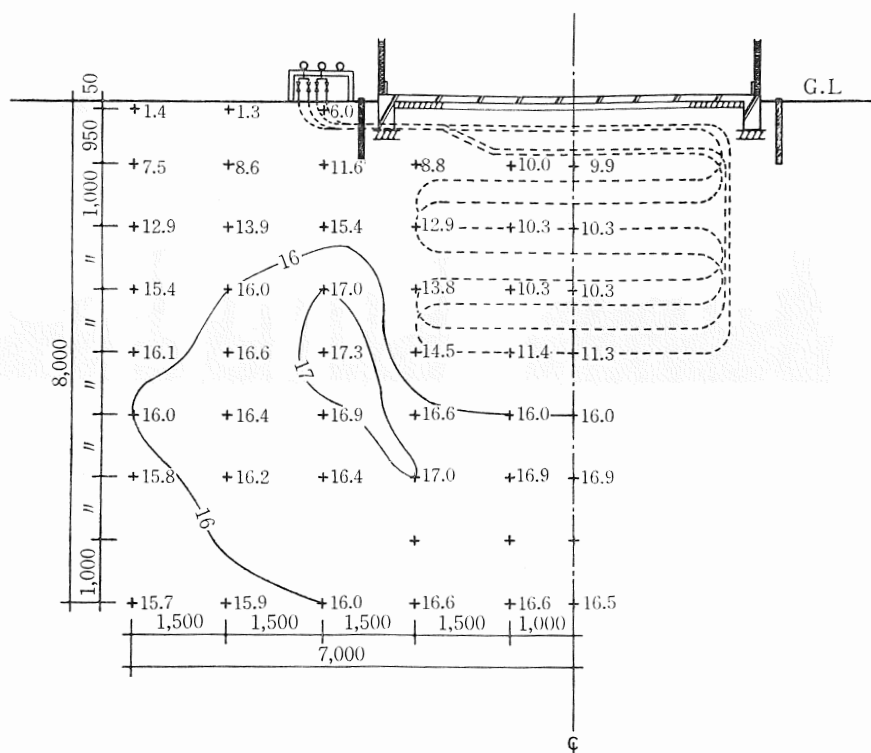


図 19 実測土中温度分布²(A-A' 断面, 昭和56年 3 月 1 日, 回収運転終了直後)

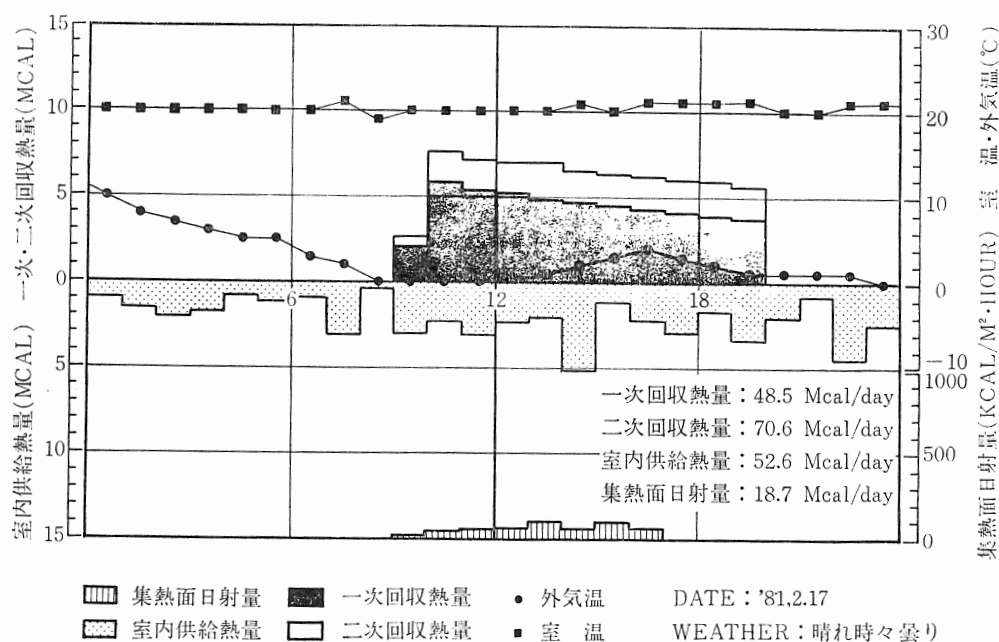


図 20 回収時における一日の熱収支 (昭和56年 2 月 17 日)

図22は、土中からの熱回収による暖房運転の一例である。ヒートポンプの運転は、9時より17時まで行った。土中蓄熱槽からの戻り水温は、10℃(ヒートポンプ運転開始時)より8℃(終了時)まで減衰している。一方、ヒートポンプ二次側出口水温は、20℃(ヒートポンプ運転開始時)より40℃(終了時)まで上昇している。室温設定を24℃としたため、15時40分頃室温が24℃に達し、以後ファンコイルユニットは

発停を繰り返している。この日は8時間にわたる運転により土中から53.5 Mcalの熱を回収し、ヒートポンプ成績係数は3.7に達した。

土中からの戻り水温は、暖房開始時(1月7日)においては、15℃程度あったが、暖房終了時(2月28日)においては9℃程度まで降下した。

本年度の実験は、初年度の予備的な運転ではあったが、太陽熱の期間蓄熱効果のほか地熱利用ヒートポン

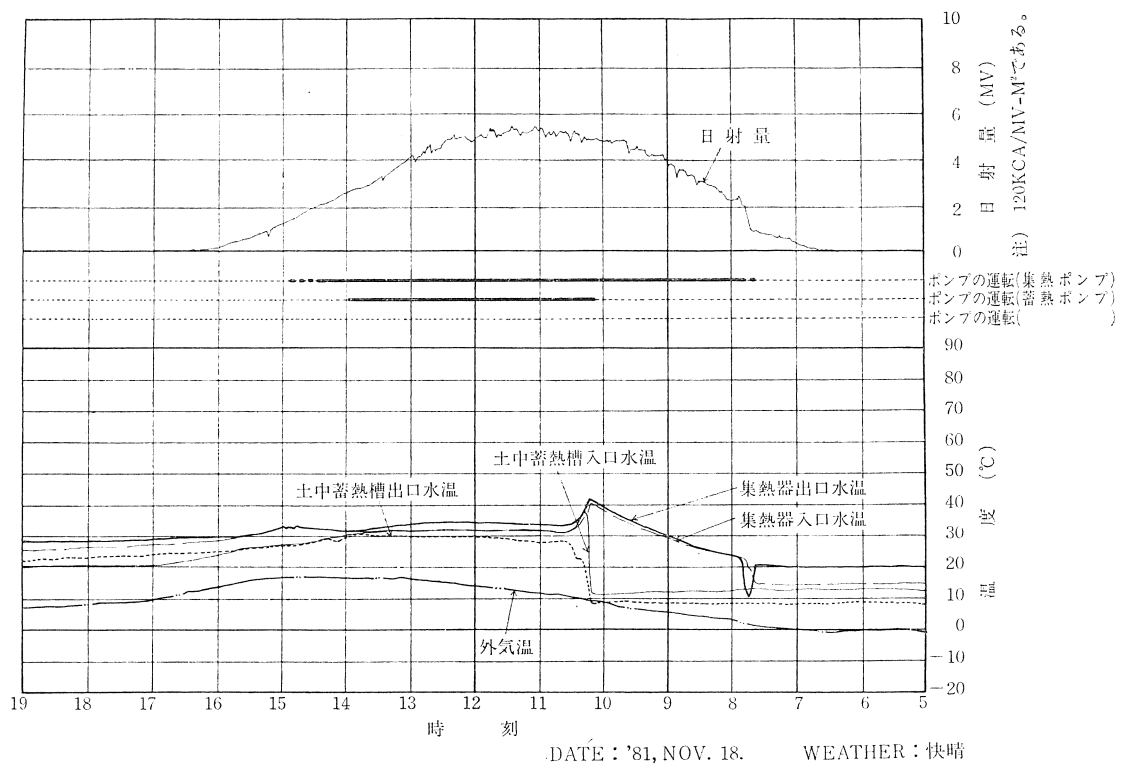


図 21 土中蓄熱時における各部水温、外気温ならびに日射量の時刻変化

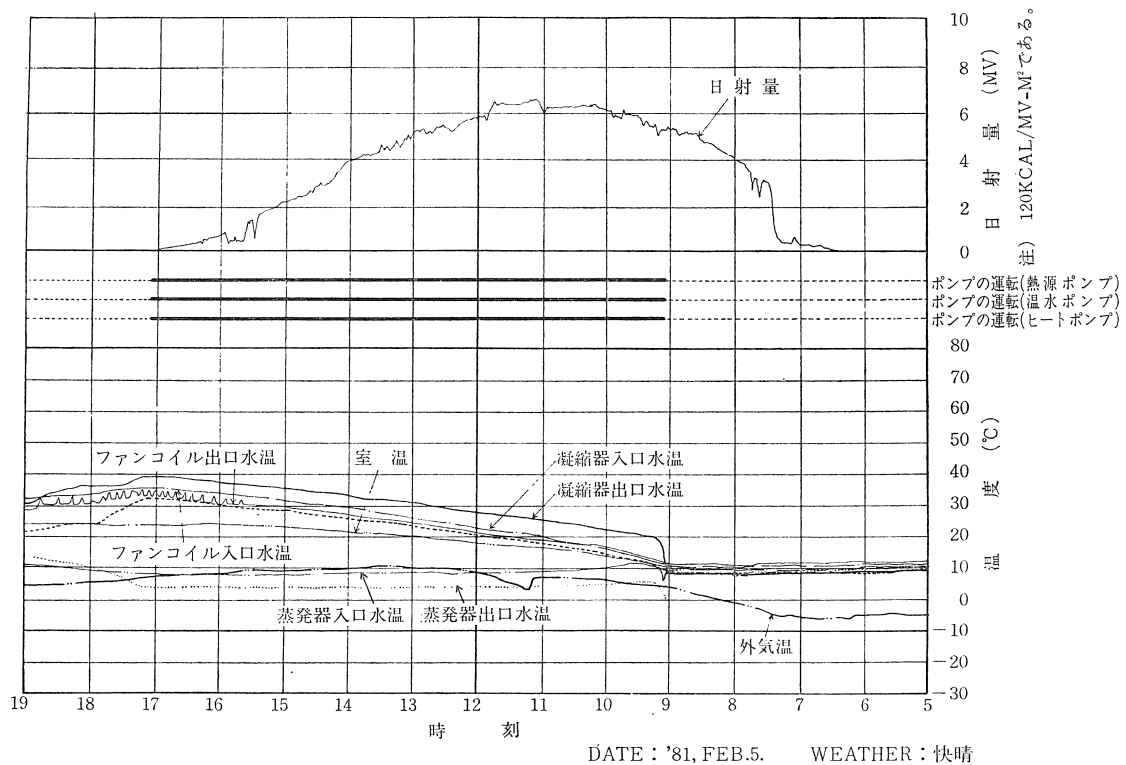


図 22 土中蓄熱回収時における各部水温、外気温ならびに日射量の時刻変化

プ暖房システムの可能性についてもほぼ満足できる結果が得られた。総回収熱量は 1931.3 Mcal で、総投入熱量 2098.4 Mcal の 92% にも達しているが、これは土中に投入した太陽熱の 92% が回収されたということではなく、単にヒートポンプにより回収された熱量が土

中に投入した熱量の 92% となったことを意味するものである。すなわち、ヒートポンプにより回収された熱量の中には土中が本来保有している熱の回収分も含まれている。投入熱量の回収効率は、床スラブを通して室内へ流入する熱量を除いても、40% 程度にも達する

ものと推定される。回収熱量のうち、長期蓄熱の回収分および土中が本来保有している熱からの回収分の比率の検討は今後、詳細に行っていく予定である。

蓄熱運転は、設計どおりの運転制御で問題なく土中に熱が効果的に投入できることが判明した。ただし、蓄熱運転開始時の一次蓄熱槽内温度ならびに運転停止時の土中往返熱媒温度については、更に詳しい検討を行う必要がある。

今回の暖房運転では建物負荷が小さいことと、地熱利用ヒートポンプの運転特性が予想以上に良好であったため、ヒートポンプによる回収熱だけで必要熱量がまかなえる結果となった。本来、長期土中蓄熱システムは暖房の補助熱源として使うものであり、今回の規模程度の土中蓄熱システムを備えたならば、相当に大きい建物の必要熱量を太陽集熱器と土中からの回収熱だけでまかなえるものと思われる。また、垂直型土中蓄熱コイルによる熱的性能も、概略ではあるが把握することができた。土中蓄熱による床暖房については、本垂直型のパイプユニットでは暖房開始時における床下温が 20°C 前後と以外に低く、その効果を期待することはできなかったが、床下へのヒートロスが通常の建物に比べて大巾に減り、暖房負荷の軽減に役立っていることが確認された。なお、蓄熱終了時においては床下土中温は 30°C 前後にも達しており、この時点での床暖房の可能性はある程度、期待できることが判明した。断熱壁ならびに建物による土中蓄熱の保温効果は土中の蓄熱効率を高める上で重要な要素であるが、今回の実験ではその定量的効果を検討するまでには至らなかった。

次年度においては、以上の点をふまえ、主として次に述べるような項目につき更に詳しい検討を行う予定である。

- ① 土の一般的な熱的特性（土の比熱、比重および熱拡散率）および、季節、場所、天候状態等による変化
- ② 土中蓄熱槽内における熱的挙動の解析（コンピュータによるシミュレーションも併用する）
- ③ 床暖房効果の定量的検討
- ④ 土中蓄熱システムを備えた太陽冷暖房・給湯システムの最適設計
- ⑤ 土中蓄熱、回収運転制御方式の最適化

4. 土中蓄熱システムの最適化について

土中蓄熱システムを最も効果的に、また経済的に太陽熱冷暖房システムに組み入れるためには、各側面からの十分な検討が必要である。このためには、土中に

おける伝熱機構を含めた詳細なシステム全体のシミュレーションに基づいて、最適な土中蓄熱システムの設計、運転制御方式を確立しなければならない。このシステムの最適化に関しては、56年度以降の本プロジェクトの主要な研究項目としている。

4. 1 土中蓄熱システム全体の最適設計

一般的に、土中蓄熱槽は短期蓄熱用として利用するか中期・長期蓄熱用として利用するかによってその仕様は異なり、また回収効率をどの程度に置くかによっても大巾に変わってくる。例えば、比較的短期用（1日サイクル、あるいはせいぜいが数日サイクル）として利用する場合には、土中蓄熱槽自体の容量は比較的小さくして底面も含めた土中蓄熱槽周囲を完全に断熱することが望ましい。しかしながら、土中蓄熱槽を熱が不足する時の補助手段として考える場合には、ある程度、回収効率を下げても建設コストを安くすることが必要となる。土中蓄熱槽の設計にあたっては、これらのことを念頭において蓄熱槽の形状、仕様をまず決めることになる。次の段階として土中蓄熱槽を含めたシステム全体を考えるわけであるが、土中蓄熱システムの最適設計とは一言で言うならば補機動力を最小限に抑えた上での集熱容量、蓄熱容量、建物熱負荷のバランスの最適化にほかならない。

いま、土中蓄熱システムのうち、今回のパイプユニットを垂直に埋設する方式におけるパイプ径、パイプ埋設配置等の最適化について紹介する。計算モデルとしては図23に示した今回の実験システムに準じたパイプ配置を基本として考える。運転パターンとしては、1日8時間運転として80 Mcal/日の熱量を60日間蓄熱し、その後30日間運転を休止する。その後120日間にわたり、回収運転を行い、80 Mcal/日の熱を土中から回収する。ただし、回収運転の制限条件として最低水温が 5°C 以下になったらヒートポンプを1時間停止することとした。計算モデルは2次元を仮定しているが、奥行きすなわち1本のパイプの長さは6.2mとして計算を行った。地表面、床からの熱授受は考慮に入らず、上下方向、左右に対しても軸対称を仮定している。

このような前提条件の下で、表3に示すような計9例のシミュレーションを行った。表3の中でNo.1とは図23に示される基本のパイプ配置の場合である。No.2はパイプ径を2分の1に、No.3はパイプ径を2倍にしたものである。No.4～No.9はパイプの配列や長さを変化させたものである。

No.1～No.3のようにパイプ直径を変化させても、

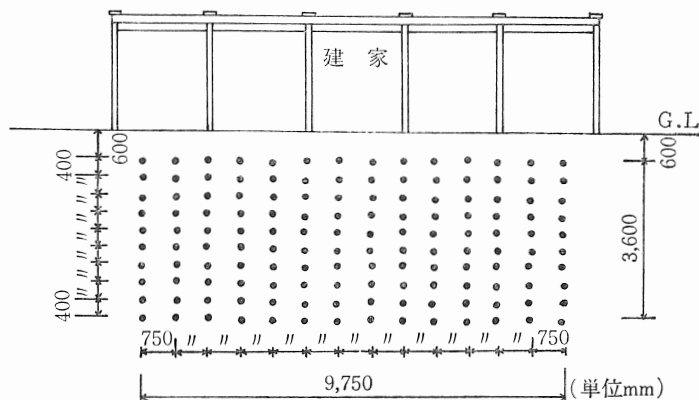


図 23 土中蓄熱パイプ配列の最適化計画のためのパイプ基本配列（黒丸印はパイプ断面を示す）

表 3 パイプ配列と回収熱量／蓄熱量一覧

No.	パイプ長 (m)	パイプ 直 径 (mm)	最高 水温 (°C)	回収熱量 蓄熱量 (%)	パイプ 1 m 当 りの回収熱量 (Mcal/m)
1	868.0	0.029	26.7	90.2	4.99
2	868.0	0.0145	27.6	86.3	4.77
3	868.0	0.058	30.6	86.0	4.76
4	868.0	0.029	36.1	79.8	4.41
5	868.0	0.029	49.3	70.0	3.87
6	347.2	0.029	21.6	86.7	11.98
7	173.6	0.029	19.0	72.9	20.16
8	434.0	0.029	25.4	89.4	9.88
9	217.0	0.029	23.6	75.0	16.59

計算誤差等を考慮すると効率ほとんど同じと考えられる。No. 4, No. 5はパイプ間隔を狭くしたもので、特に No. 5は埋設密度を上げた例であるが、埋設密度と共に水温は急上昇し、結果的に集熱効率を減じることとなる。また、蓄熱容量が減少し、土中蓄熱体から外部に逸散する熱量も増大し、回収効率も低いものとなる。No. 6, No. 7はパイプ長を短くして、埋設密度を下げたものである。単位長さ当りのパイプから土中に吸収される熱量も大きく、水温上昇は小さい。また、回収時にも土中からパイプに充分熱が供給されるので、回収効率はそれ程低くはならない。むしろパイプ 1 m 当りの回収熱量は大きくなり、投資費用に対する効率が高くなる。No. 8～No. 9はパイプ長さが比較的短い例である。

これらの計算から、パイプ径の回収熱量に与える影響は小さく、蓄熱量、回収熱量及び水温に最も大きい影響を与えるのは、土中単位体積当りのパイプ本数ということが判明した。また、パイプ 1 m 当りの回収熱量はパイプ本数が少ない程上昇し、投資効果が高くなることが明らかとなった。今後のシステム全体の最適設計にもこれらの事柄を充分考慮に入れる必要がある

う。

4. 2 土中蓄熱システムの最適運転

土中蓄熱システムの運転は、大きく蓄熱サイクルと回収サイクルとに分けられる。従って、システムの最適化を計るには、この2つのサイクルにつき検討を行う必要がある。まず蓄熱運転につき考えると、まず第一に蓄熱に要する動力を最小限に押えるように短期的および長期的な蓄熱期間を決定する必要がある。この蓄熱に必要なとされる熱量に応じた運転期間の最適化とともにその投入熱媒温度に

ついて、集熱面積を比較的大きくとり短期に、しかも高温で蓄熱するか、小さ目にとって長期にわたり低温で蓄熱するかを検討する必要がある。さらに集熱器から蓄熱槽を介して土中に熱を送るか、蓄熱槽を介せず直接土中に熱を送るかについても十分検討されなければならない。イニシャルコストと、ランニングコストを含めたライフサイクルコストの極小化を計り、なおかつ省エネルギー効果の高い運転方式を確立する必要がある。

次に回収システムに関しては、土中に蓄えられた熱をできるだけ損なうことなく、また効率よく回収できしかも、集熱量の大小に応じて暖房に必要なとされる熱量を効果的に供給できるシステムでなければならない。このためには、蓄熱コイルと回収コイルの位置を土中蓄熱槽内において分離することも一案として考えられよう。また、土中蓄熱槽からの熱回収に関しても土中コイル全体から回収するのか、土中蓄熱槽を何槽かに分けて、各槽から必要に応じて熱回収するのかを検討する必要がある。制御方式についても、集熱量、回収熱量と室内供給熱量のバランスを考慮し、暖房スケジュールに合わせて回収運転方式を決定する必要がある。この場合、床スラブからの放熱を極力利用し、ヒートポンプの稼動時間をできる限り削減する方向で検討すべきである。特に、ヒートポンプの消費電力は大きく、ポンプ制御等に用する動力も含め、運転に要する消費電力を極小化するように、制御方式を決定しなければならない。

5. お わ り に

今回の報告においては、本土中蓄熱実験システムの概要と初年度の運転にあたる昭和55年度の運転実績について述べた。運転計測は次年度以降も継続して行う予定であり、これらの実験結果をもとにして、一般的な土中蓄熱システムの最適設計、最適運転制御方式を

確立していく予定でいる。

最後に、本研究を行うにあたり御支援いただいた工業技術院サンシャイン計画推進本部の方々に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 中島康孝；地中熱利用と土中蓄熱の可能性について，日本太陽エネルギー学会誌，Vol.5，No.1，1979
- 2) 木村建一；ソーラーハウス入門，オーム社
- 3) 田中俊六；太陽熱冷暖房システム，オーム社
- 4) 土屋喬雄；太陽エネルギーの地中蓄熱による暖房利用，建築技術，No.335，1979. 7

(昭和56年6月5日 原稿受理)

×