

散水流下式集熱器と重厚なコンクリートの蓄・放熱スラブを組み合わせた床ふく射暖房によるイシイソーラーハウス(TMUソーラーシステムI)について

伊 藤 直 明*
石 井 昭 夫**
松 田 克 己***
大 沢 元 毅****

1. はじめに

太陽熱の建築的利用には、集熱器、蓄熱槽、放熱器補助熱源、それにポンプ、配管等、諸種の設備機器を用いた「アクチヴ・システム」と呼ばれるものと、集熱器、放熱器、配管等を一切用いず、建物自体の工夫によって、太陽熱の有効利用を計った「パッシヴ・システム」と呼ばれるものがある。

わが国ではこれまで前者に関する研究、実用化が圧倒的に多く、後者に関する研究は殆んど行われていない。しかし、太陽熱を広く、安価に利用するためには、完全な暖・冷房システムの追求のみではなく、できるだけ単純な形で利用することによって広く省エネルギーに貢献して行くことも考えなくてはならない。

ここに紹介する方式は、「セミ・パッシヴ・システム」ともいうべきもので、できるだけ単純なシステム

で、低価格化をはかりながら冬期における住宅の室内気候の改善、暖房エネルギーの節減に寄与することを考えたものである。以下に、その実測結果の一例を紹介し、それに対する若干の考察を述べることにする。

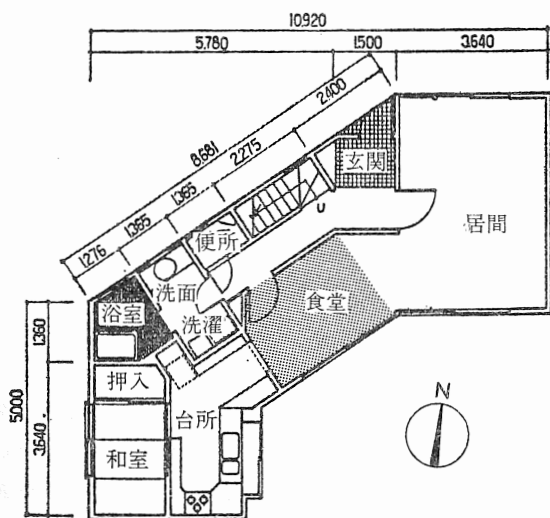
なお、これはあくまでも、当研究室の一つの実験研究として、実際の住宅の一部に適用し、このようなシステムの実用化の可能性、問題点を把握することを目的としたもので、ソーラーハウスとは呼ぶものの、現段階は、全室に完璧な暖房を施したものではないことをお断りしておく。

* 東京都立大学建築工学科助教授 工博

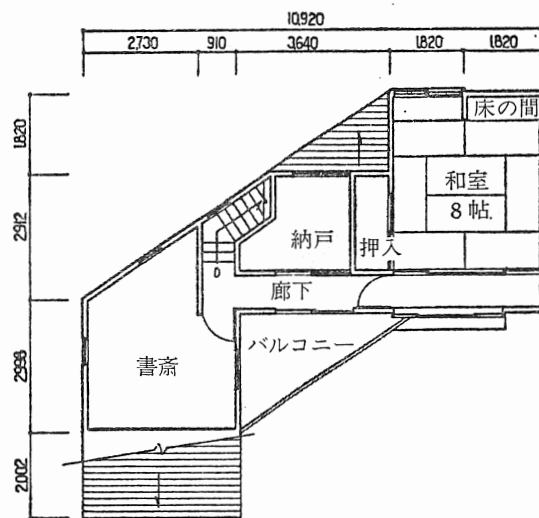
** 東京都立大学建築工学科助手 工博

*** 東京都立大学大学院博士課程

**** 建設省建築研究所(当時 東京都立大学大学院生)



1 階平面図



2 階平面図

図1 イシイソーラーハウス平面図

2. 建物の概要

建物は図1、写真1および表1に示される如く、木造2階建、延面積約103 m²の住宅で、ソーラーシステムはその可能性、問題点を考究するための実験として、この建物の一部に組み込んだものである。建物は全体として、床、壁、天井に断熱材を充填し、気密性に配慮し、大きな窓面には雨戸に断熱材を入れて断熱戸とし、熱損失を極力抑えている。

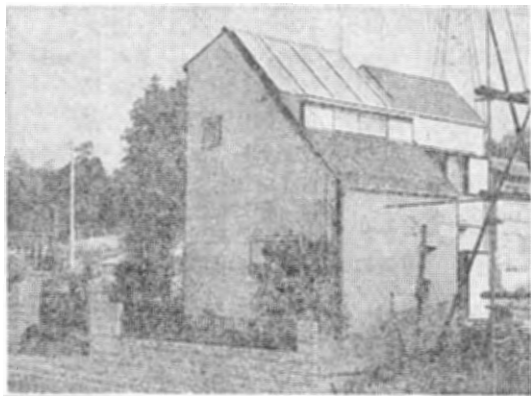


写真1 イシソーラーハウス外観

3. システムの概要

建築における太陽熱利用には、稀薄で、間歇的な太陽エネルギーをいかに高効率に集熱し、蓄熱によって安定的に供給するかが最大の課題で、高性能の集熱器の開発、蓄熱方式の追求と補助熱源装置の付加、さらに冬期の凍結防止策などが加わって、装置の高価格

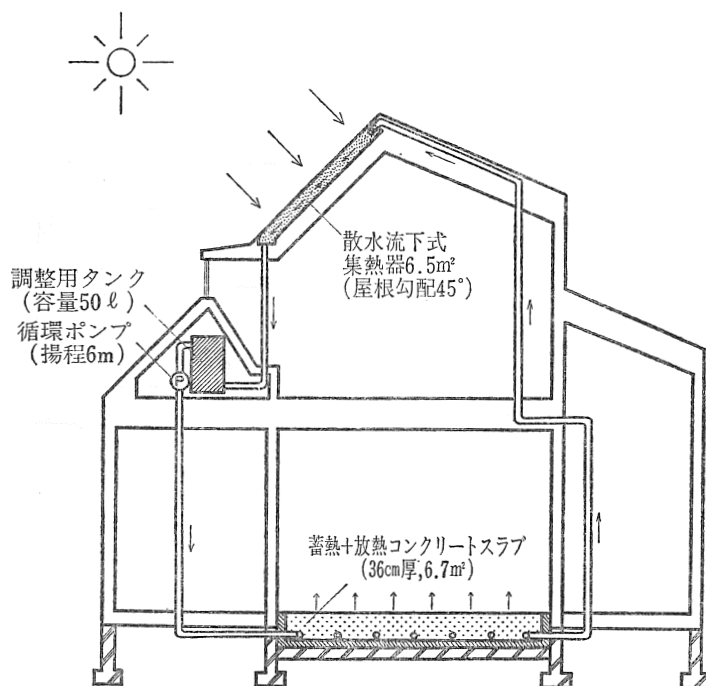


図2 イシソーラーハウスのシステム概念図

表1 建物概要

所在地	横浜市瀬谷区
敷地面積	276.33 m ²
構造	木造2階建
建物規模	延床面積 102.96 m ² (1階 58.17 m ² , 2階 44.79 m ²)
建築期間	昭和51年8月～昭和52年1月
設計	基本設計：伊藤直明 実施設計：石井洋建築設計事務所 ソーラーシステム： 東京都立大学建築環境研究室
施工	建築：山口工務店 ソーラーシステム： 東京都立大学建築環境研究室学生

表2 設備概要

循環ポンプ	13ℓ/min×6m×100W
調整タンク	50ℓ
蓄熱材	コンクリートスラブ 厚 36cm×6.7m ²
放熱面積	6.7m ²
温水コイル (パネルヒーティング)	25φ 銅管

化、複雑化を招いている。しかし、わが国の住宅の場合、寒地はともかくとして、東京以南ではこれを取囲む気候条件や社会的、経済的条件から、完璧なセントラル暖房化は今後極めて少い範囲に限定されるとみるのが妥当だと考えられる。従って太陽熱の利用普及を広く一般住宅に期待するためには、決して「完全ではあるが複雑な暖房システム」を前提とせず、性能はやや劣っても安価で、耐久性のある、単純なシステムが必要である。

このような観点から、当研究室では一つの試みとして、極く一般的にみられる鉄板葺の瓦棒屋根を利用した簡単な集熱器と重厚なコンクリートの床スラブによる蓄熱、放熱システムとを組合わせた太陽熱利用を考えた(図2)。集熱器は瓦棒の鉄板屋根を黒く塗り、これに棟に通した一本のパイプから一様に散水するようにし、これを透過材でおおった簡単なものである。

この種の散水流下式の「開放型」集熱器は、「密閉型」集熱器に比し極めて安価で、冬期の凍結の心配がないという利点をもっているが、屋根面を流下する水が蒸発し、また、これが透過材裏面に凝縮して透過率の減少を招くなどによって

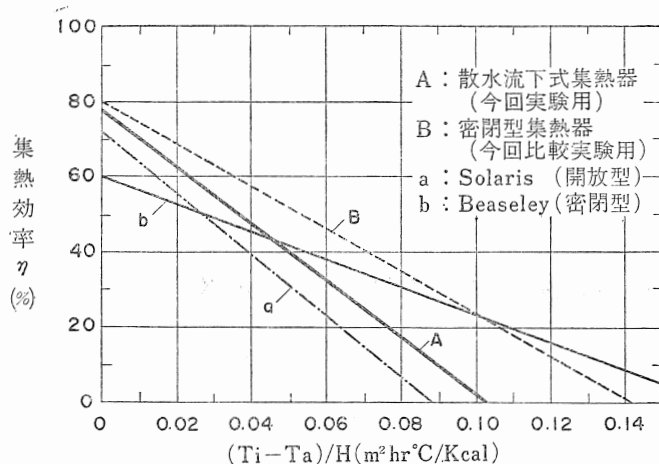


図3 開放型と密閉型集熱器の集熱効率比較

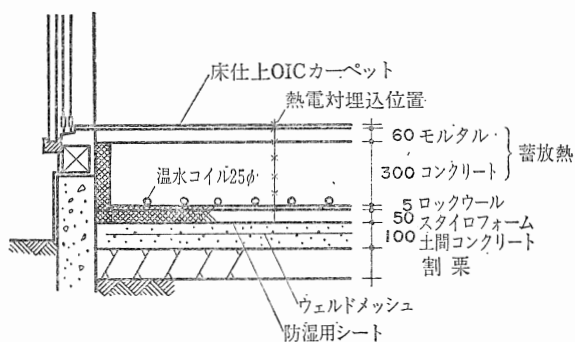


図4 蓄・放熱部分の詳細

「密閉型」より集熱効率が低下することが予想される。

そこで、当研究室では、「密閉型」集熱器と「開放型」集熱器とを同条件のもとで比較実験を行った。その結果は図3に示される如くであるが、これによると開放型の効率は温度（集熱器入口水温）が低い範囲では密閉型とほぼ同じか、あるいは少々優っているが、温度上昇ともなう効率低下が著しく、逆に密閉型は温度上昇ともなう効率低下が緩やかであるため、高温域では密閉型は明らかに開放型より性能が優れているといえる。従って、開放型は低い温度で利用するならそれほど効率が悪いとは言えない。

従って、本システムでは、低温集熱、低温利用によってシステム全体としての効率向上を考えて、床暖房を採用している。さらに、蓄熱・放熱機能を建物と一体化するため、床スラブを厚いコンクリートで作りその中に温水コイルを通してコンクリートの熱容量によるタイムラグを利用し、床面からの放熱による夜間の暖房を計っている（図4）。すなわち、本システムは、天気の良い日は日射量も多い代りに夜間の冷え込みが厳しいので、昼間は窓からの日射を大いに利用し、集熱器で集めた熱はコンクリートに蓄えて夜間放

熱するというものである。天気の悪い日に備えた蓄熱は対象としていない。

4. 運転結果と考察

i) イシイソーラーハウスにおける散水流下式集熱器の性能

散水流下式集熱器の性能については、前述の如く、実験的には入口水温の低い範囲では「密閉型」と比してそれほど低いものではなかった。しかし、イシイソーラーハウスに実際に用いた状態での集熱性能をみると、図5にみられる如く、前述の大学における実験データやその他の種々の開放型集熱器の性能データより低

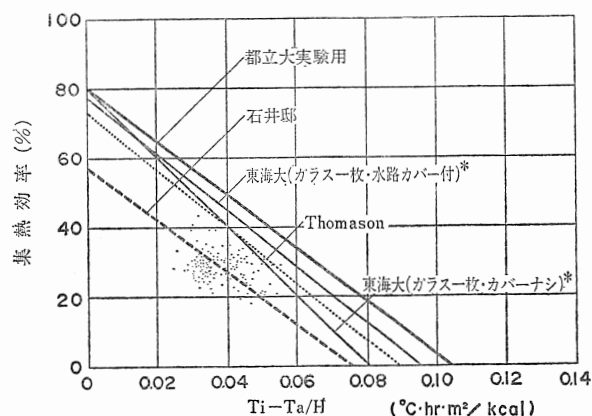


図5 散水流下式集熱器の集熱効率比較
(図中のプロットした点はイシイソーラーハウスの使用状態における結果)
*Tiの代りに平均水温使用

いものであった。これは、現場での施工のまずさにより、集熱器自体の断熱性、気密性等が小規模の実験室的なものよりかなり劣っていることに起因していると思われ、これらの点を改善することにより集熱効率を向上させ得る可能性を含んでいるものと考えられる。

ii) 室内側の状況

図6および図7は、比較的安定した晴天日が続いた4日間についての実測結果の例を示す。日射量は第1日目の午後だけがやや低下したが他は快晴であった。集熱器への水の循環は原則として晴天日のみ、午前8時から午後3時30分までとし、曇天になれば直ちに停止した。第1日目から2日目の午前にかけての流量は調整の関係でやや少かった。外気温の変動はこの期間中昼間は比較的暖かく最高20°C前後にも達したが、最低気温は5~13°C程度となっている。このような状況のもとで、床スラブ内の温水コイルに供給される循環水温は、最高で40~45°C程度、最低で18~20°C程度の範囲で変動した。これによって形成された

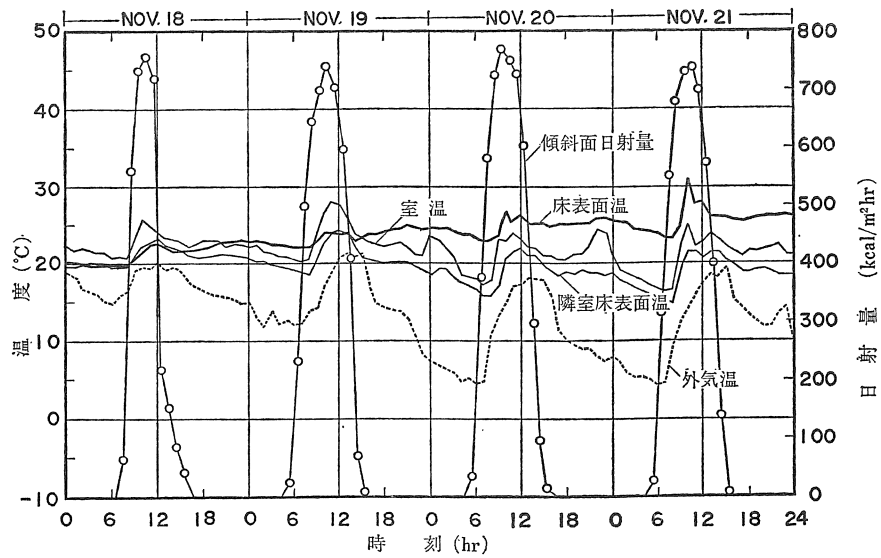


図6 イシイソーラーハウスの実測結果の一例—室内外の状況—(安定した日射量がある場合)

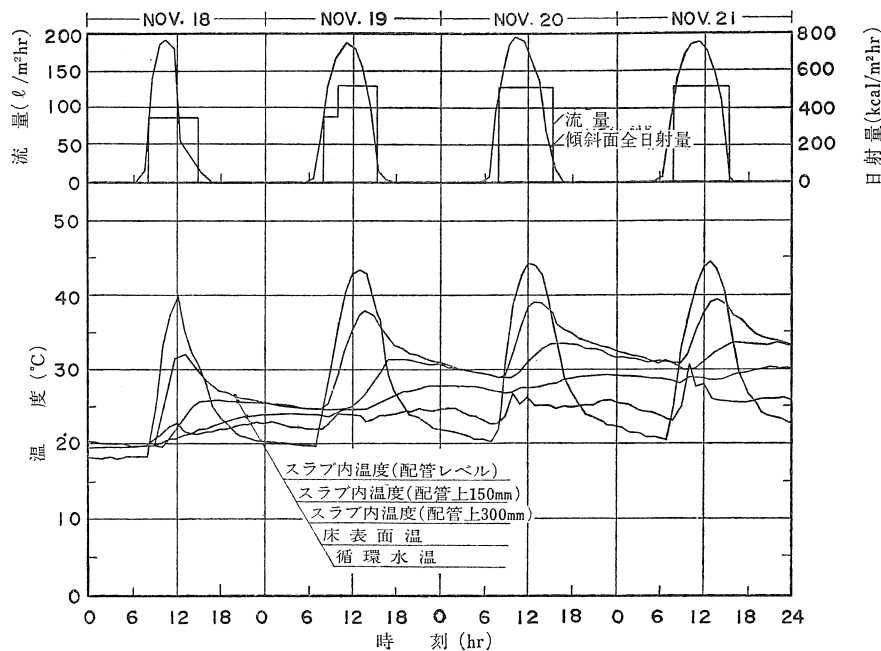


図7 イシイソーラーハウスの実測結果の一例—スラブ内の状況—(安定した日射量がある場合)

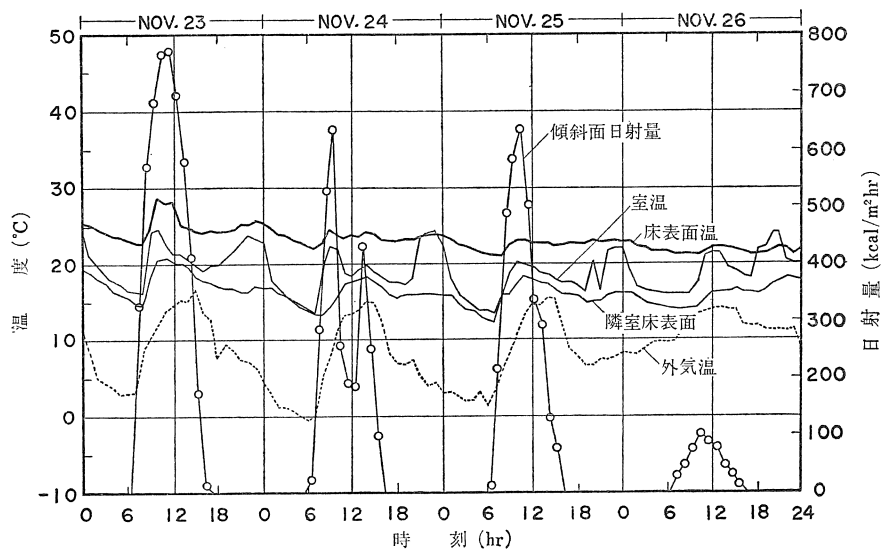


図8 イシイソーラーハウスの実測と結果の一例—室内外の状況—(日射量が減少する場合)

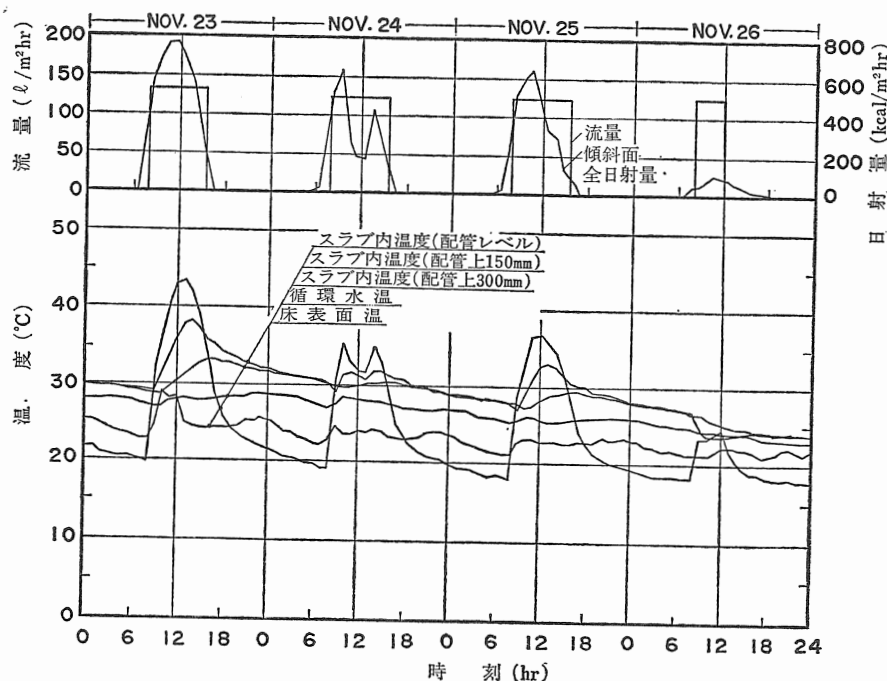


図9 イシイソーラーハウスの実測結果の一例 —スラブ内の状況— (日射量が減少する場合)

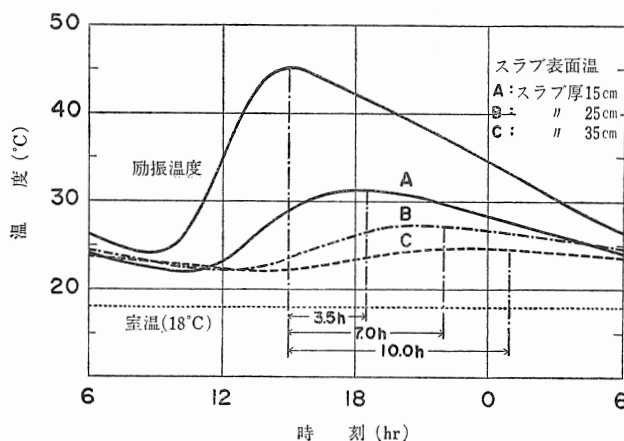


図10 室温を18°Cとし励振温度を仮定したときのスラブ厚に応じた表面温度の変化

床表面温は23~26°C程度であった。

図8および図9は天候が除々に下降し、日射量が減少して行った4日間についての実測結果の例を示す。日射量は第1日目は一日中快晴であったが、2日目以降雲が出て漸減している。第4日目は日射量が少く集熱器への循環水の供給は午前中で停止された。外気温は前述の4日間に比しやや低くなり、最高で14~16°C程度最低で-1~7°C程度の変動となっている。このような状況のもとで、床スラブ内の循環水温は、第1日目が最高で44°Cまで上昇したが、第2日目以降、天候の悪化とともに36~37°C程度にとどまり、第4日目は日射量も100 kcal/m²hrにとどまったため、水温の最高も25°C程度であった。これに対し、床表面温は22~25°C程度で、前述の天気の良い日が続いた場合の床表面温と大差はない。すなわち、

これだけの熱容量をもったコンクリートスラブのために日射量が少く循環水温が上昇しなくても、また外気温がかなり低下して0°C前後になっても、床表面温は最低22°C程度を保つことができ、建物自体の保温性能と相俟って、良い室内気候を保ち得た住宅といえるようである。

また、隣室の居間の床は、50 mm厚の断熱がなされた束建て床で、床下換気のある極く一般的な木造建物の床下構造であるが、食堂の床表面温に比し6~10°Cも低い床表面温を示している。これだけでも室内の居住性として格段の差が感じられる。

図10は、室温を18°Cとした場合、スラブ内の供給温水温度(励振温度)を仮定したときのスラブ厚に応じた表面温度の変化を求めたものである。目的に応じてスラブ厚を変え、励振温度をコントロールすることによって、表面温度、タイムラグを適正化することができよう。そのためには、集熱器の性能、蓄・放熱スラブの材質などについて、研究開発の余地が残されているのである。

5. おわりに

この計画では、当初、床暖房として30°C程度の床表面温が形成されることを目指したが、最高で27°C位にとどまった。これは、先にも述べた如く、集熱器の気密性、断熱性の不完全さにより集熱効率が予備実験で得られたところまで達しなかったこと、温水コイルから床スラブのコンクリートへの熱伝達が不充分であること、スラブ厚が大きくなると温度伝播が予想より

悪いこと、などによると考えられる。このことは、今後建築的おさまりの工夫、精度の向上、材質の改善およびこのようなシステムに適した材料の開発などによって充分改善される可能性をもつものであると思われる。また、最初に述べた如く、太陽熱の利用・普及によって 在来 の 石油等のエネルギーを 節減するためには、単純で、安価な利用の仕方を、積極的に考えて行くことが必要である。

なお、本実験システムでは、床スラブ内の銅配管、集熱部分の製作は学生の作業によっている。従って、太陽熱利用のために要した余分な費用は、ポンプ、タンク等を含めて約16万円程度であったことを参考までに付記しておく。なお、配管材料は古川金属工業から提供いただいた。また、同社技術部森山氏には、現地において配管工事に関し御指導願った。ここに記して深く感謝する次第である。