

木造試験住宅の温熱的性能 第1報

冬季における和室内の温度分布

葉石猛夫⁽¹⁾・末吉修三⁽²⁾・斎藤寿義⁽³⁾Takeo HAISHI, Shuzo SUEYOSHI and Hisayoshi SAITO : Thermal
Performance of a Wooden Test House I

The distribution of temperature in a Japanese-style room in winter

要 旨：木造住宅の居住性は総合的には高く評価されているが、その構法が日本の気候風土にもとづく夏季指向型であったため、住宅の今日的水準からは冬季の温熱的性能に関して不十分な点がみられる。

この研究では、冬季における木造住宅の居住性向上の指針を得るため、林試構内のテストハウスの和室を用いた実際の暖房状況下で、暖房方式の相違による室内温度分布の差異、空気攪拌による温度分布の改善効果、天井断熱材の有無による温度上昇効果などを検討した。

暖房方式に関しては、放射型、対流型などいずれの方式によっても室内の垂直方向の大きな温度差は解消されなかったが、空気を攪拌することによってその温度差が縮まり、とくに畳上70cm以下の空気温度が上昇し、床座生活主体の和室にとって居住性改善の効果がみられた。また、天井断熱の効果も顕著で、垂直方向の温度差が減少し、どの暖房方式でも室温が2~3°C上昇する結果が得られた。一方、暖房停止後は室温が比較的速く低下した。非暖房時、とくに冬季、早朝の室温の著しい低下を防ぐための材料、構法的対策が望まれる。

目 次

1. ま え が き	220
2. 木造試験住宅の概要	220
3. 試験対象和室(A)の概要	223
4. 測定方法	225
5. 測定結果と考察	229
5-1. 対流型暖房における室内温度分布と天井断熱材有無の影響	229
5-2. 放(輻)射型暖房における室内温度分布と空気攪拌効果； 天井断熱材ありの場合	234
5-3. 石油温風ヒータ暖房時における室内温度分布と空気攪拌効果； 天井断熱材ありの場合	240
5-4. 石油温風ヒータ暖房時における天井断熱材の有無と室内温度分布； 空気攪拌時の比較	245
5-5. 石油温風ヒータ暖房時における和室内と縁側の温度差	250
6. 要 約	252
引用文献	253
Summary	254

1. ま え が き

生活水準の向上に伴って住宅内の温熱環境に対する要求度が高まってきている。それは暖・冷房機器の普及と高性能化を促すことになろう。当然、エネルギー効率との絡みで住宅の断熱性能が問われてくる。

ここで、木造住宅関係者にとって困った世間一般の「常識」がある。すなわち、暖・冷房機器メーカーが暖・冷房機器の能力の目安に木造家屋とコンクリート造家屋とを対比し、同じ暖・冷房能力に対し木造家屋の適室面積を狭くとっていることである。木造住宅は断熱性能が劣っていると宣告されているわけである。他にも、木造住宅は寒いというデータを他構法サイドによる研究発表や資料の中でしばしば見聞する。もちろん、最近の十分に断熱が施された木造、木質住宅にとってその認識は誤っているのであるが、暖房停止後の温度降下率などコンクリート住宅に比べて木造住宅の温熱的性能に改善の余地がないわけではない。

このような背景があって、ここ十数年来木造住宅において断熱施工の意識が先行し、それが住宅全体としてみたときにその性能間にアンバランスを生じさせているケースが出てきている。このため、予期しない弊害がでたり、表面化しないまでも弊害が潜伏し、それがいずれ顕現化する可能性も予想されている。また、これに限らず木造住宅産業の周辺は、現在、大きな変動期にさしかかっている。それゆえに工法、材料、性能面などのアンバランスからくる混乱と被害を未然に防ぎ、または最少限にすることが木造住宅における居住性研究の重要な一つの柱と位置づけられる。

これらの状況のもとに昭和56年度から発足した指定研究「木造住宅の耐久性向上のための要因測定(主査 高木 純木材利用部資源利用科長)」には、木材利用部、木材部、林産化学部から8研究室が参加している。当物理研究室は、その一項の「木造住宅の環境因子の測定」において、木造住宅・和室の温熱的性能という問題を取り上げて研究を進めてきている。

なお、林業試験場ではこの種の研究として昭和42年(1967)の上村ら⁴⁾による「試作家屋の居住性試験」の報告がある。対象が試作のプレハブ小屋という条件もあって、部材の熱的定数や室内温度分布、換気率など多くのデータが求められている。本報告の場合、測定上の制約もあってその項目全ては追試験できなかったが、主要項目についてはそれらの手法を参考にした。試験結果については2報に分けて報告することにし、第1報として、冬季の実際の暖房状況での和室空間の温度分布を主体に、その他の代表的な部位の温度変化にも言及した。引き続き、総合熱貫流率、換気率、コンクリート住宅の温熱的特徴との比較など、今回報告出来なかった試験結果がまとめ次第、第2報として報告する予定である。

なお、実験を進めるに当たっては、この指定研究の主査 高木 純資源利用科長を始め、材料性能研究室、耐候処理研究室、難燃化研究室の各位に、試験家屋の建設段階から実験の実施に当たって総務部施設管理課および庶務課の各位に多大なご支援、ご協力を頂きました。また、本稿をまとめるに当たり、筒本卓造木材部長ならびに須藤彰司材料科長に終始ご親切なご指導を頂きました。ここに各位に改めて感謝の意を表する次第です。

2. 木造試験住宅の概要

試験に供された和室は、茨城県稲敷郡茎崎町 林業試験場構内(東経140°08'05'', 北緯36°00'17'')にある木造試験住宅(通称、テストハウス)の4室ある和室の内の1室である。当家屋の柱など構造部材の多

くは、東京・目黒時代の林業試験場構内にあった厚生施設・青葉寮から移設されたもので、それらと新たに補充された種々の木質部材からなる建物が、耐久性、居住性など長期にわたる諸性能の実地検証を目的とした試験対象の住宅となっている。

建物は、Fig. 1, 2 に示すごとく、一階瓦葺きの切妻タイプ、木造、平屋で東西に長い。玄関は西に面し、居室は一室を除き南に面している。リビング・ダイニング・キッチンルーム (LDK)、洗面室、シャワー室、トイレなどの生活空間は北側に配されている。

今回の測定対象となった和室は東詰まりの二間つづきの和室の一室で、床の間が北側に、東側に縁側が配されている。

布基礎高は地上より 25 cm で、土台には 105×105 mm 角のヒノキ・クレオソート処理とベイツガ・CCA 処理防腐土台を用いてあるが、対象和室の土台は後者であった。床下換気口の大きさは 11×28 cm で、その数は基準より多く設けてある。地盤の水分状態は普通とみて良い。試験家屋から南側約 10 m 隔ててアカマツとサワラ からなる防風林があり、冬季の午後は樹影が建物に達する。試験家屋周辺にも生垣、庭木があるが、風向、湿気等に影響を与えるほどの樹高と植栽密度ではない。

西妻側に 2 か所、東妻側に 1 か所それぞれ小屋裏換気口があり、縦 25 cm、横 90 cm のがらり口はふたを落しこむことによって閉じることができる。

外気に接する壁には、グラスウール 50 mm 厚の断熱材が挿入されており天井も同断熱材で断熱されている。その他、主要部材、仕上げの内容を Table 1, 2 に示す。

なお、当試験家屋は 場関係者に厚生施設としての 場を提供することによって、住宅として実際に近い「使用負荷」下で試験に供されている。

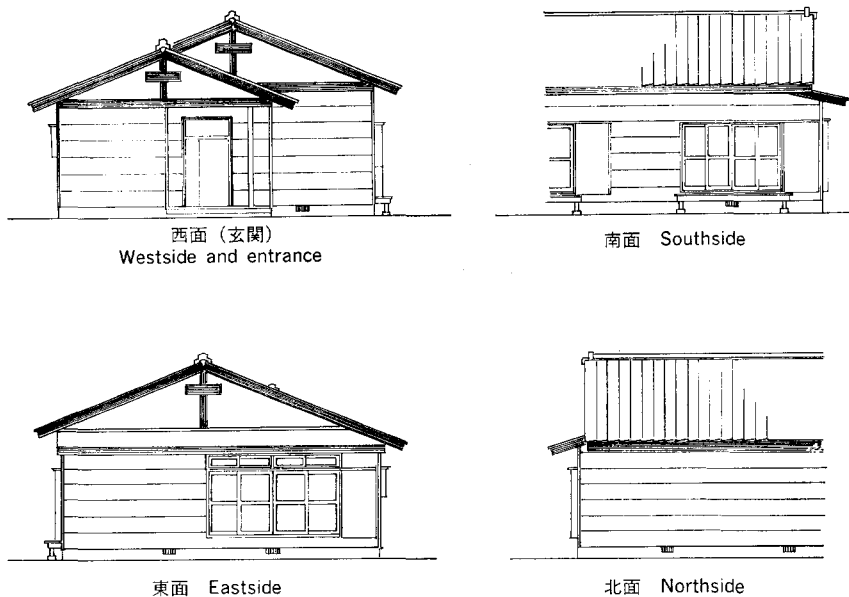


Fig. 1. 木造試験住宅外観
Outsides of wooden test house.

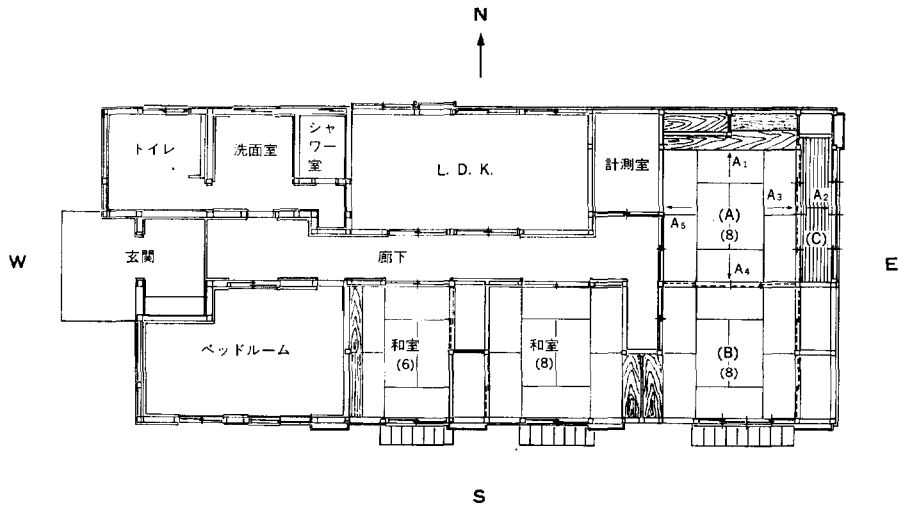


Fig. 2. 平 面 図
Floor plan of test house.

Table 1. 木造試験住宅の部材一覧表
Members of the test-house's framework

区 分	仕 上
基 礎	G. L. より 250mm 立上り, モルタル塗り, 刷毛引仕上, 換気口: 110×280 (mm)
壁	木毛セメント板張り, 妻屋切壁, ラス下地モルタル塗り刷毛引仕上
軒 天	石綿板 5mm 打上げ, VP 塗り
破 風	ラワン 200×24, オイルステイン塗り
屋 根	{ 合板野地板: 9mm, 間伐材野地板: 12mm, パーティクルボード野地板: 12mm アスファルトルーフィング 22kg, 日本葺, 庇: カラー鉄板 0.4mm 葺
建 具	アルミサッシ, ステンレス網戸付, 雨戸, アルミ既成品
雨 樋	塩ビ製, 軒樋 φ120, 立て樋 φ75

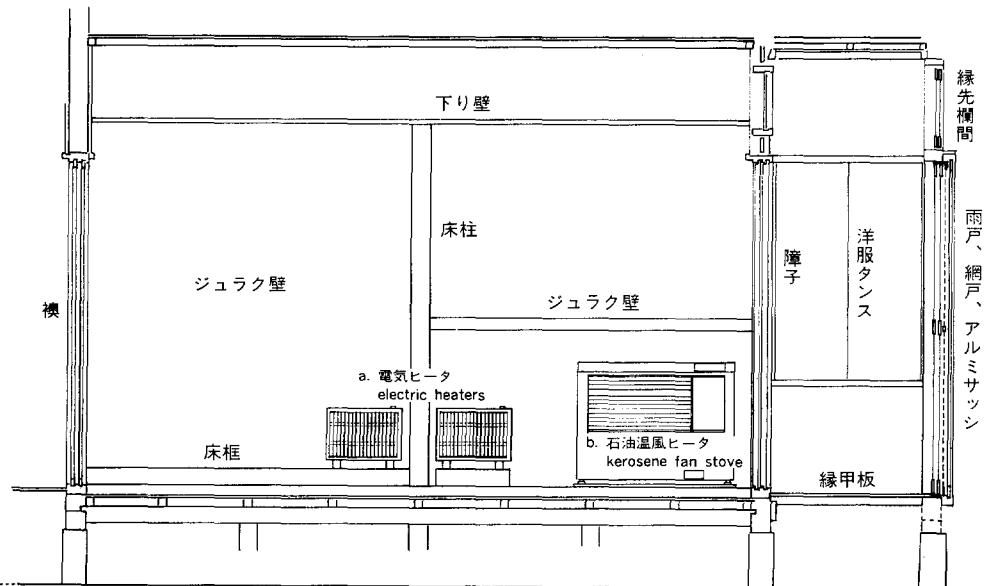
Table 2. 和室廻り内部仕上げ
Interior finish of the Japanese-style room.

室名	床	壁	天井	幅木	備考
和室8帖 (A)	{合板9mm+ スチロホーム 25mm} 合板9mm, タタミ	ラスボード下地 プラスター ジュラクサテン吹付	スギ化粧合板		床ノ間
和室8帖 (B)	{合板9mm+ 防湿フィルム} 合板9mm, タタミ	同上	同上		飾床
縁側	ヒノキ縁甲板張り	同上	同上		洋服タンス 作り付け
納戸	フロアボード張り	防虫合板4mm	合板4mm, 格縁	ラワン	
押し入れ	合板4mm	合板2.5mm	合板2.5mm		

3. 試験対象和室(A)の概要

和室(A)は、いわゆる関東間の8畳に床の間2畳がプラスされた実質10畳の面積15.7m²、気積約37.6m³を有している。縁側(C)の気積は約7.7m³である。

室内中央からみて北、東、西の各立面図を Fig. 3, 4, 5 に示す。Fig. 3 の a は、室内中央に向かって赤外線放射(輻射)する暖房事例として、床の間中央部に設置した電力消費量公称800Wの小型ファンつき反射型電気ヒータ(東芝SF738T)2台を示す。同図のbは、備え付けの強制給排気式石油温風ヒ

Fig. 3. 和室および縁側北面図(A₁)
North sections of test room and veranda room.

ータ (東芝 KSP 554 T) である。なお c は, Fig. 8 に示すように, 室中央にその電気ヒータを対面させて熱を専ら上昇させる対流暖房を想定した場合の熱源を指す。

Fig. 4 は, 縁側と室内を仕切る 4 枚の摺り上げ障子と, 鴨居の上の明り欄間を示す。障子の向側には, 約 90 cm 幅のヒノキ縁甲板を隔てて, アルミサッシ (4 枚), その上部の縁先欄間 (4 枚), 防虫網戸 (2 枚) および鋼製雨戸 (4 枚) が存在する。なお, サッシの内側には厚手布製のカーテンがつり下げられている。(A) 室と (B) 室との間は襖 4 枚で仕切られ, 欄間も合板で仕切ってあって (A) と (B) の間の通気はない。Fig. 5 中の 2 枚の襖の向側は廊下になっており, ジュラク壁部分は西隣りの納戸 (計測室) との境界になっている。

西壁中央上部の回り縁に吊り下げられた d は, 天井附近の暖かい空気を下方に循環するためのエアサ

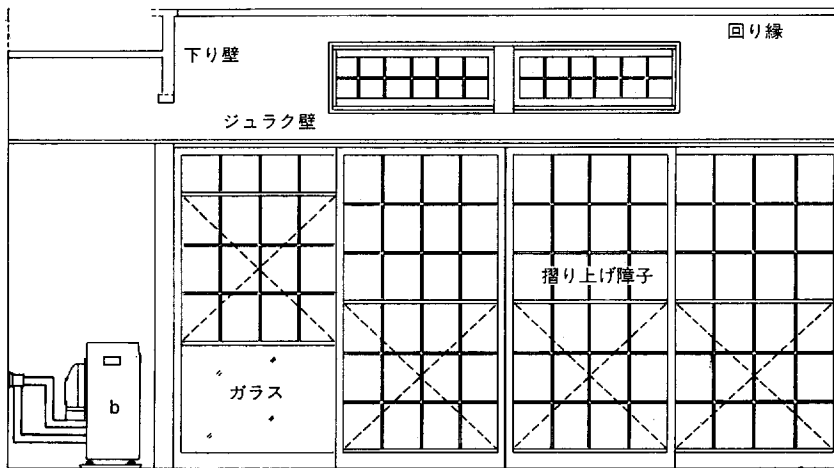


Fig. 4. 和室東面図 (A₅)
East section of test room.

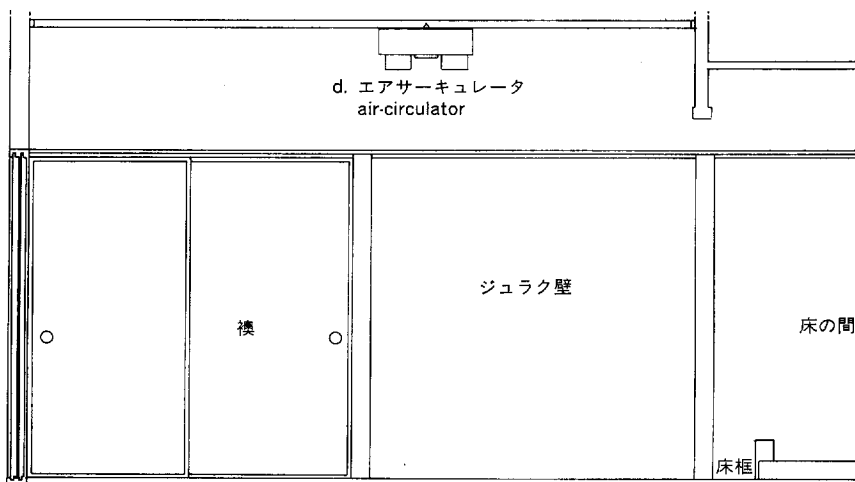


Fig. 5. 和室西面図 (A₅)
West section of test room.

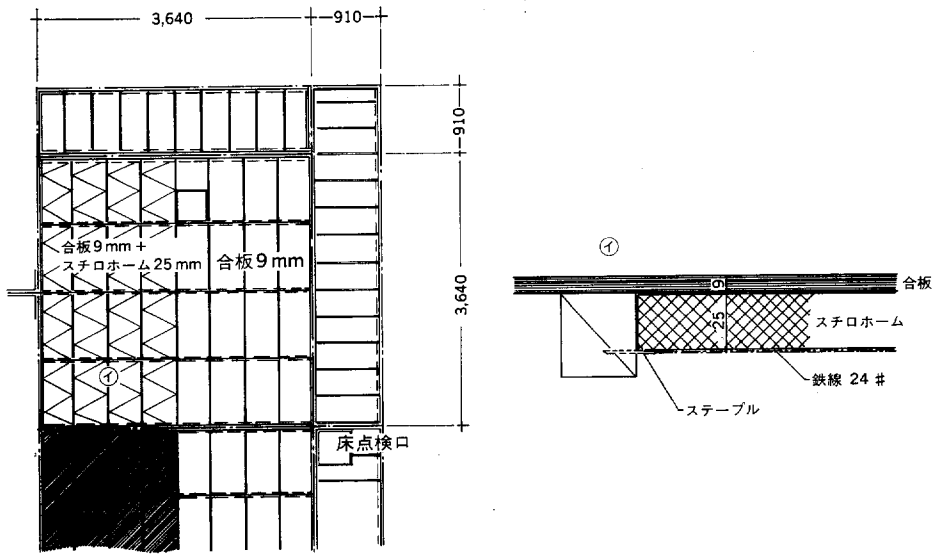


Fig. 6. 床伏図・①部詳細図
Floor framing plan and the cross section of floor.

ーキュレータ (サンヨー製, CA 88 H) で, 試験 3~6 の実験で用いたものである。

Fig. 6 は, この和室の畳床の構造を示す。西側半分には合板 (9 mm 厚) の下にスチロホーム (25 mm 厚) が敷設されており, 東側半分は合板のみとなっている。

4. 測定方法

測定条件とその目的を整理して Table 3 に示す。試験 1 と 2 は, 室内中央・熱源と対流暖房が木造和室内にどのような温度分布をもたらすか, また, 天井断熱材の有無とその影響について検討した。試験 3 は, 放 (輻) 射暖房と空気攪拌の効果が和室内の温度分布にどのように現れるか, を検討した。

試験 4 と 5 は, 石油温風ヒータおよび天井断熱と空気攪拌の有無が和室内の温度分布にどのように影響するかを検討した。

試験 6 は, 暖房時, および暖房停止後の和室と縁側の温度差, 縁側の温度分布, などを検討した。

試験 1 と 2 は, 昭和 57 年 (1982) 1 月 30 日~2 月 6 日に, 試験 3~6 は, 昭和 58 年 (1983) 1 月 8 日~1 月 15 日の 2 回に分けて実施され, 準備時間を含めて各 2 週間にわたった。試験 1, 2 における気象状況は, ほぼ, 寒さが最も厳しい時期といえたが, 試験 3~6 の期間は夜半・早朝にかけて冷えこみがそれほど厳しくなかった。

測定においても, 試験 1, 2 と試験 3~6 とでは若干の変更があった。試験 1 と 2 の測定では, Fig. 7, 8 に示すように, (A) 室の中央にレールを敷き, その上を銅・コンスタンタン (T) 熱電対センサーを 2 次元的に張りめぐらせた「センサー架台車」を一定時間毎に移動させた。架台の移動に当たっては, (B) 室との境の襖の隙間から棒でそれを動かし, 室内の雰囲気を変えないように留意した。この方式はセンサー数が少なくすんだが, 移動回数に限界があった。

試験 3 以後は, Fig. 9 に示すエゾマツ製のセンサー・ツリー (支柱) を Fig. 10 に示す位置に配置し

た。当然、センサー数と測定機器の容量が増大した。

データ集録に当っては、YODAC 8 (横河電機 K.K.) 1 台、TR 2711 (武田理研 K.K.) 2 台を使用した。また、室内温度分布の解析のための等温線の作製に当っては、そのソフトプログラムとして、京都大学 J6/SDCONT:「データ点が不規則な場合の等高線作図プログラム」を、電算機は林業試験場電子計算機室の NEC MS-50 を使用した。

Table 3. 実験条件一覽
Conditions of experiments.

試験	日時 Date	暖房器具 Type of heater	暖房方式 Method of heating	測定対象 Objects	条件 Condition	天候 Weather
1	1982 2. 5	電気ヒータ Electric heater	対流暖房 (1,278 Kcal/h) Convection	和室(A) Japanese-style room	天井断熱*1 Insulation of ceiling	冷えこみ大 Very cold
2	1982 2. 6	同上 do	同上 do	同上 do	天井無断熱 No insulation of ceiling	冷えこみ中 Cold
3	1983 1.11	同上 do	放(幅)射暖房 Radiation	同上 do	天井断熱, 空気攪拌 Insulation of ceiling Air circulation ON & OFF	冷えこみ大 Very cold
4	1983 1. 9	石油温風ヒータ Kerosene fan stove	温風・循環 (1,922 Kcal/h) Heated air circulation	同上 do	天井断熱 空気攪拌: 有無 Insulation of ceiling Air circulation ON & OFF	冷えこみ小 Not cold
5	1983 1.12	同上 do	同上 do	同上 do	天井: 無断熱 空気攪拌: 有無 No insulation of ceiling Air circulation ON & OFF	冷えこみ中 Cold
6	1983 1.14	同上 do	同上 do	和室と縁側 Japanese-style room and veranda room	天井: 断熱 空気攪拌: 有無 Insulation of ceiling Air circulation ON & OFF	冷えこみ大 Very cold

Note: 1~6 の試験は、雨戸、アルミサッシ、カーテン、障子、襖によって室が密閉された状況下で実施された。

*1: 断熱材: グラスウール 50mm, Heat insulator: glass-wool 50mm thick.

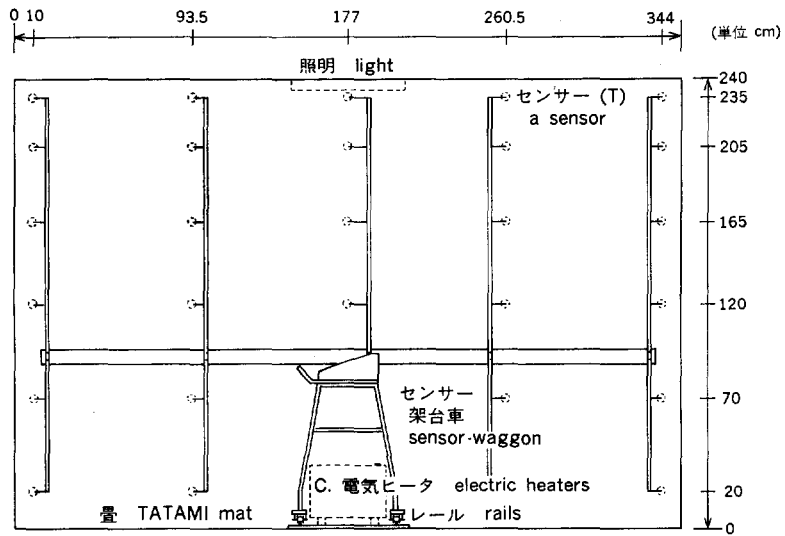


Fig. 7. センサー架台車 (側面, '82)
Sensor-waggon (side, '82).

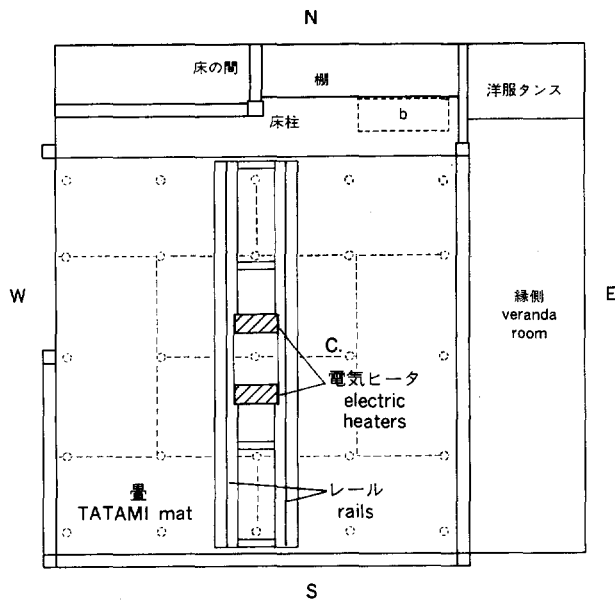


Fig. 8. センサー配置図 (平面, '82)
Location of sensors (plane, '82).

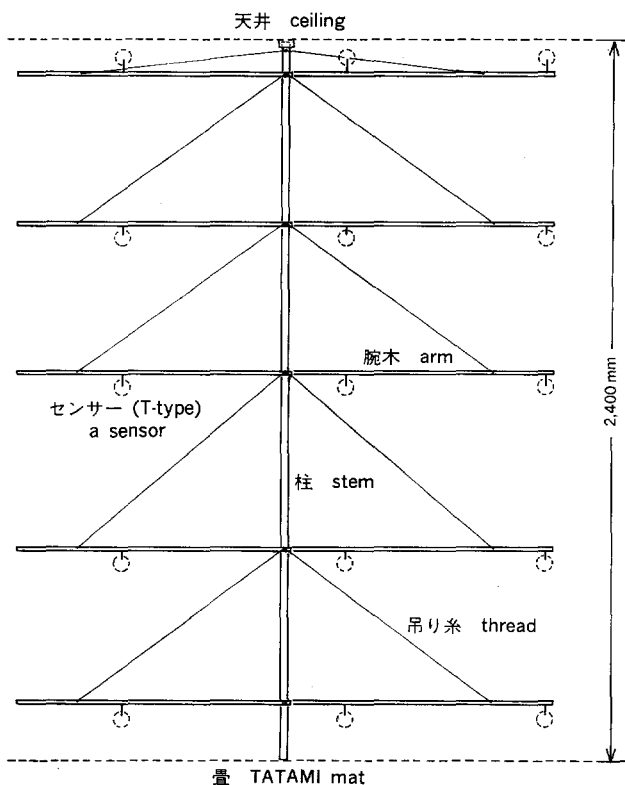


Fig. 9. センサー・ツリー
A sensor-tree.

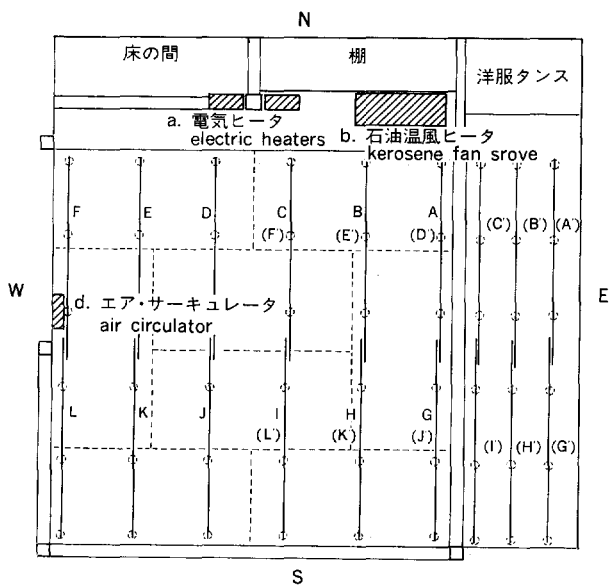


Fig. 10. センサー配置図 (平面, '83)
Location of sensors (plane, '83).

5. 測定結果と考察

5-1. 対流型暖房における室内温度分布と天井断熱材有無の影響

ほぼ平均的水準にあると思われる木造住宅の和室が、対流型暖房器具によって暖房されたとき、その室内の温度分布がどのような特徴をもっているか、を知るために Table 3, 試験 1, 2 に示す内容の実験を行った。

熱源は、小型ファンつき反射型電気ヒータ（800 W, 2 台）を 50 cm 離して対置し、両側面をアルミ箔で囲い熱が専ら上方に上昇するようにしたものである。実効供給熱量は約 1,278 Kcal/h であった。

Fig. 11 の (i) は、Fig. 13 に示す和室の XZ 断面の Y 軸における位置を表し、(ii) は XZ 面内に分布する熱電対センサー 30 点の位置関係を示している。

試験 1 においては、天井に断熱材（グラスウール 50 mm 厚）が敷設された状態で、試験 2 は天井断熱なしの状態である。ただし、試験 1 と 2 の実施日において、Fig. 12 に示すように、夜半の冷えこみに差異が見られたが、両日の 22:00 時まではほぼ同程度の外気温度とみなすことができた。

天井板上に断熱材が存在する場合を Fig. 13 の Ic~Vc（天井断熱）シリーズに、断熱材が存在しない場合を Ic~Vc（天井無断熱）のシリーズに示した。

なお、以後の実験においては、その和室は一貫して雨戸、アルミサッシ、カーテン、障子、襖などで仕切られた状況下にあった。

試験 1 と試験 2 の 22:00 時点で比較すると、Fig. 12 に示すように、室中央近傍の畳表面温度は天井断熱がある場合 16.2°C、ない場合 14.0°C で、約 2.2°C 畳表面温度が上昇し、それは天井断熱の効果とみなされた。

同じ 22:00 時の 0.5°C 刻みの等温線分布で XZ 断面の 5 面をそれぞれ対比するとき (Fig. 13)、以下の特徴が明らかになった。

(ア) 天井断熱がある場合、18°C 以上の温度域はほぼ畳上 30 cm 以上の空間で存在した。天井断熱がない場合、18°C 以上の温度領域は 5 断面とも大幅に減少した。

(イ) 天井断熱がある場合、ない場合に比べて、平均して約 3°C 温度上昇の効果が見られた。

(ウ) 等温線間隔が急に狭くなる「境界温度」がそれぞれ存在し、実験時の外気温度に対して天井断熱がある場合 20.5°C、ない場合 17.5°C であった。その「境界温度」はいずれも畳上約 70 cm の位置に存在し、他の暖房条件でも室内空気の攪拌がない場合ほぼ共通してこの位置に認められた。

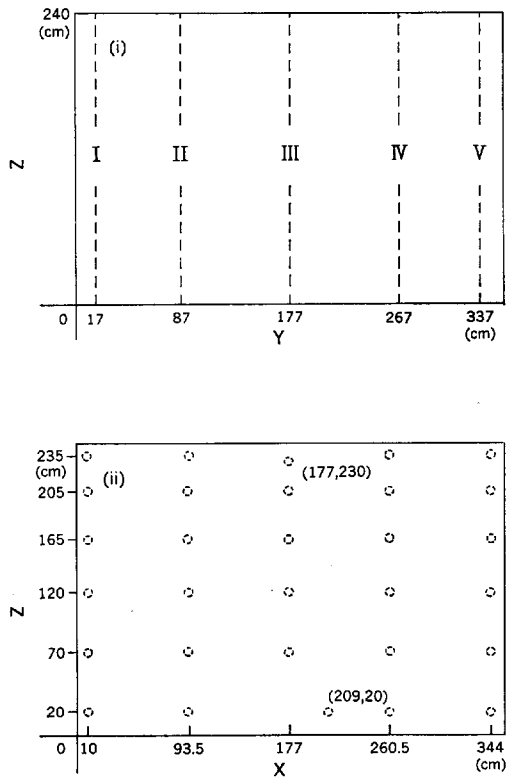


Fig. 11. センサー配置図 (垂直, '82)
Location of sensors (vertical, '82).

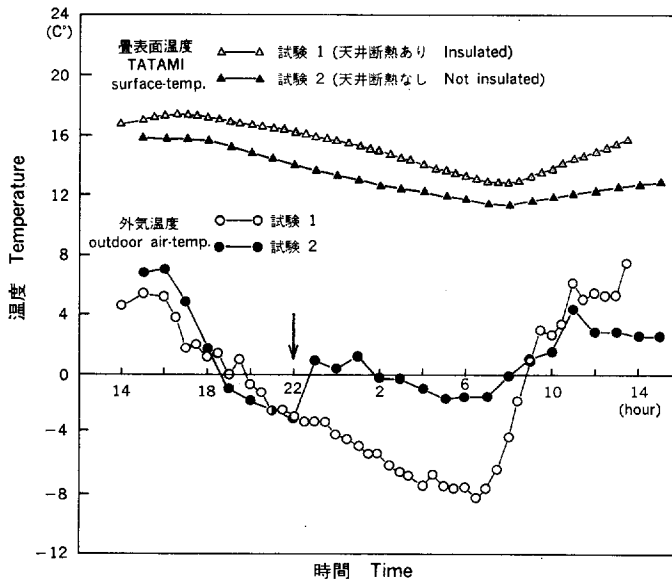
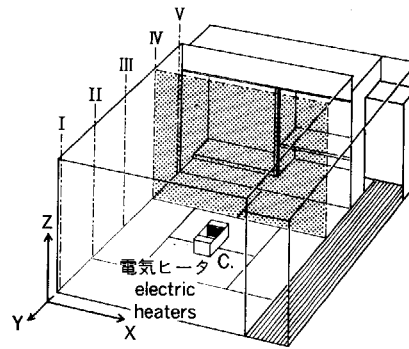
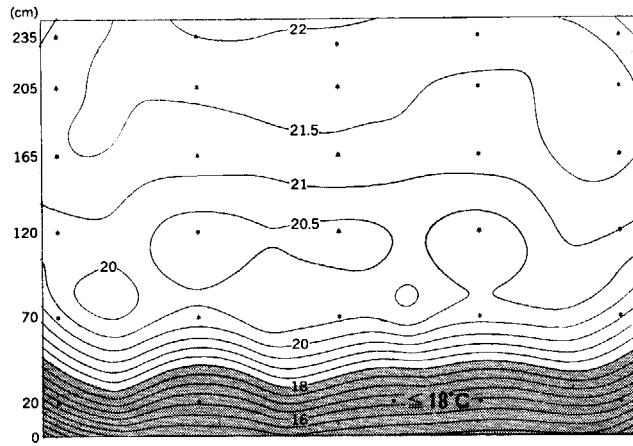


Fig. 12. 外気温度と畳表面温度の経時変化 (天井断熱の効果)
Progress of outdoor air-temp. and TATAMI surface-temp.
(Effects of insulation of the ceiling).

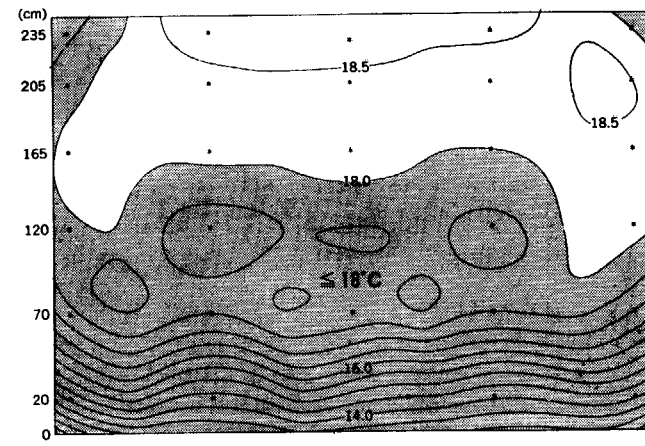


天井断熱:有
Insulated at the ceiling



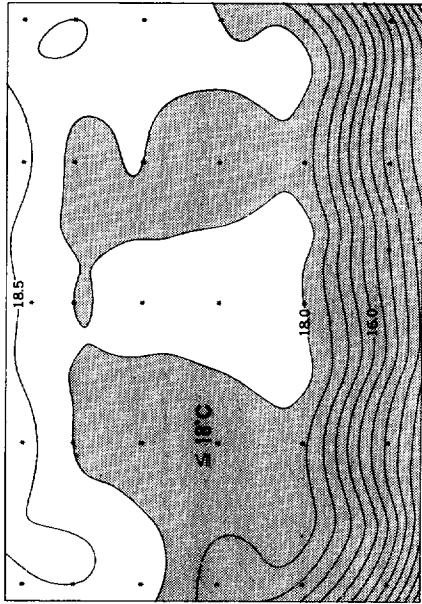
V-C

天井断熱:無
Not insulated at the ceiling

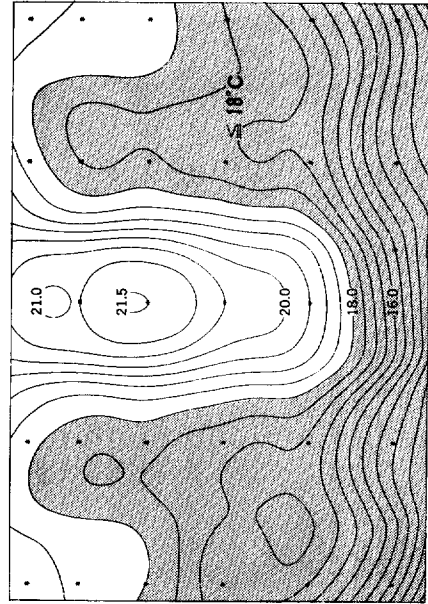


V-C

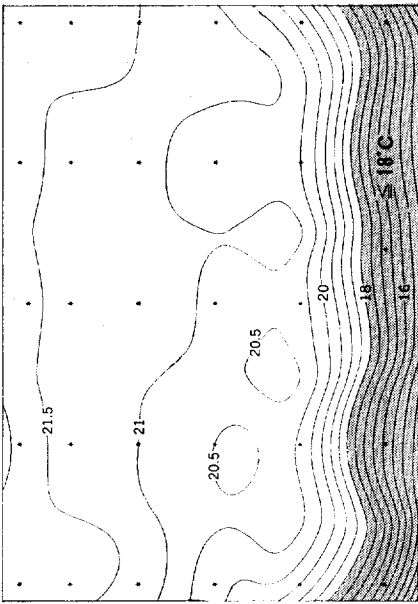
Fig. 13. 対流型暖房時における各断面内の温度分布 (天井断熱の効果)
Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of I~V when the room was
convectively heated with electric heaters (Effects of insulation of the ceiling).



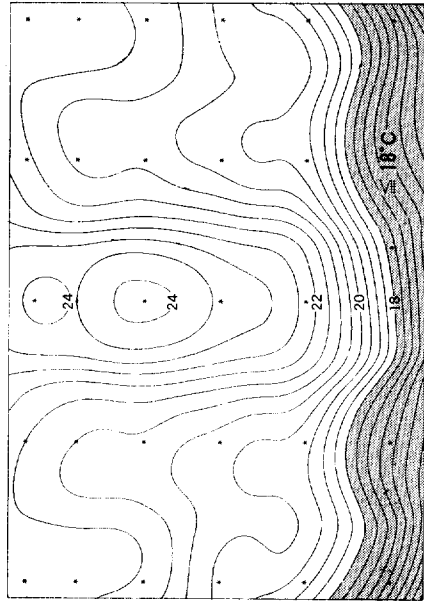
IV-C



III-C

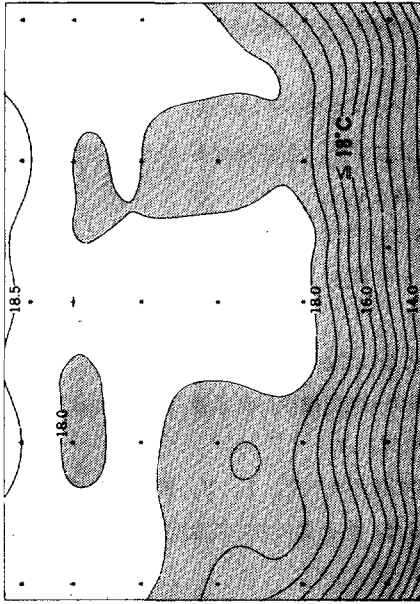


IV-C

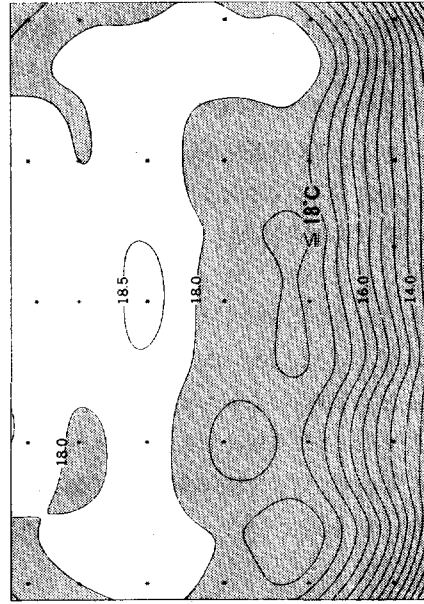


III-C

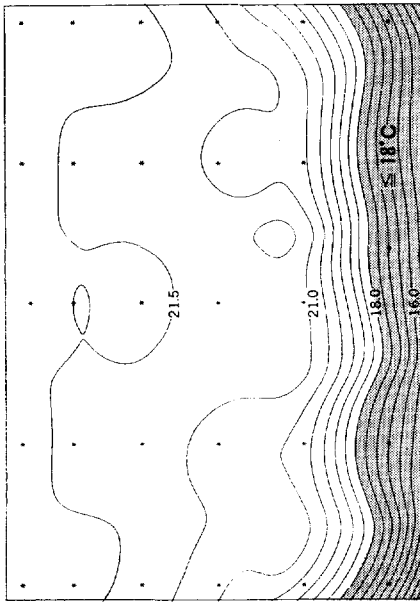
Fig. 13. (つづき) (Continued)



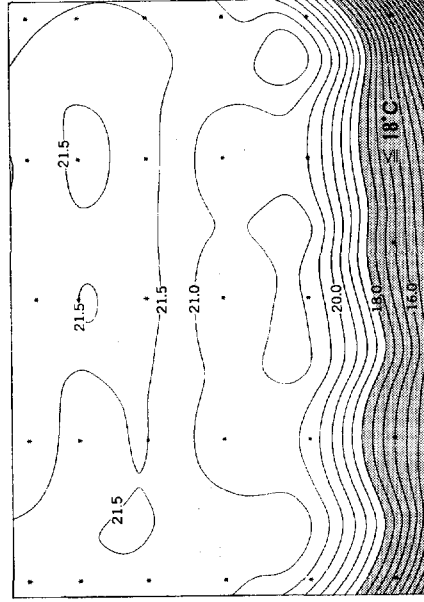
II-C



I-C



II-C



I-C

Fig. 13. (つづき) (Continued)

5-2. 放(輻)射型暖房における室内温度分布と空気攪拌効果; 天井断熱材ありの場合

Fig. 3 の a に示すように、床の間の中央に前述の電気ヒータ 2 台を並置し室内中央に放射熱を向けた「放射暖房」という状況を設定した。なお、電気ヒータ内蔵の小型ファンは風速・風量とも小さく、そのヒータは実質的には反射型電気ヒータといってよかった。

この測定を含め試験 3~6 では Fig. 9 に示すセンサー・ツリーを用いたので XZ 断面の Y 軸における位置、および XZ 断面内のセンサー位置が若干異なることになった。断面内のセンサー数は同じく 30 点であったが、XZ 断面数は 1 面増えて 6 面になった (Fig. 14 (i))。

また、17:00 に暖房開始し 4 時間目 (21:00) に Fig. 16 の d に示すエアサーキュレータを風速の強・弱の弱モードで稼働させた。その 1 m 下での風速はほぼ 1 m/s 程度であった。00:01 に暖房、サーキュレータ、天井照明を停止した。

当日の外気温度は、Fig. 15 に示すように、夜半から早朝にかけてかなり低下した。

21:00 と 24:00、すなわち「放射暖房」の場合と「放射暖房+空気攪拌」の場合の XZ 断面における温度分布 (Fig. 16) を検討すると、次のような特徴が明らかになった。

(ア) 放射熱によって暖房効果が及ぶ範囲はほぼ中央の IV の位置までで、I、II、III の位置では 18°C の等温線が高い位置に上昇し、昼表面温度も 15°C 前後であった。各断面において温度分布に余りむらの

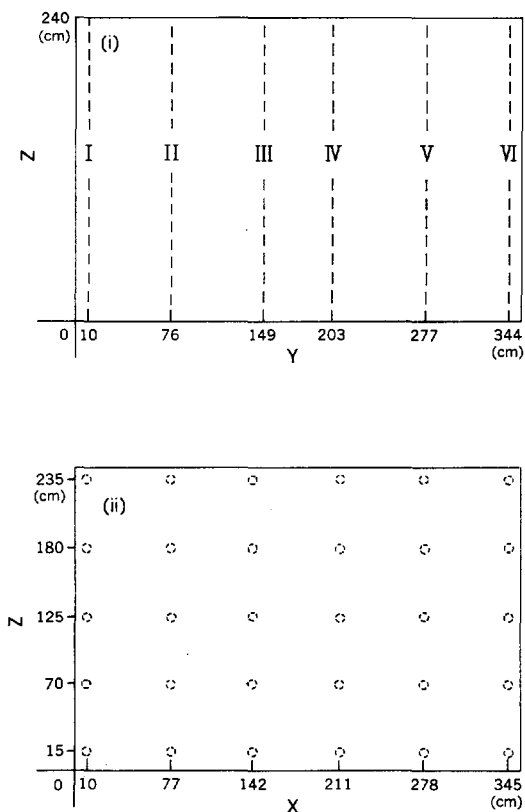


Fig. 14. センサー配置図 (垂直, '83)
Location of sensors (vertical, '83).

ない対流型暖房に比べて、放射型では室内の半分が温度分布において見劣りする結果となった。

(イ) エアサーキュレータの効果はその位置関係からIV~VIの各断面で現れたが、他断面では効果が少なかった。なお、Fig. 16 の(エアサーキュレータ:動)のII~Vの各断面において、床断熱のない中心より縁側側の畳部分において冷気層が滞留しているのが確認できた。

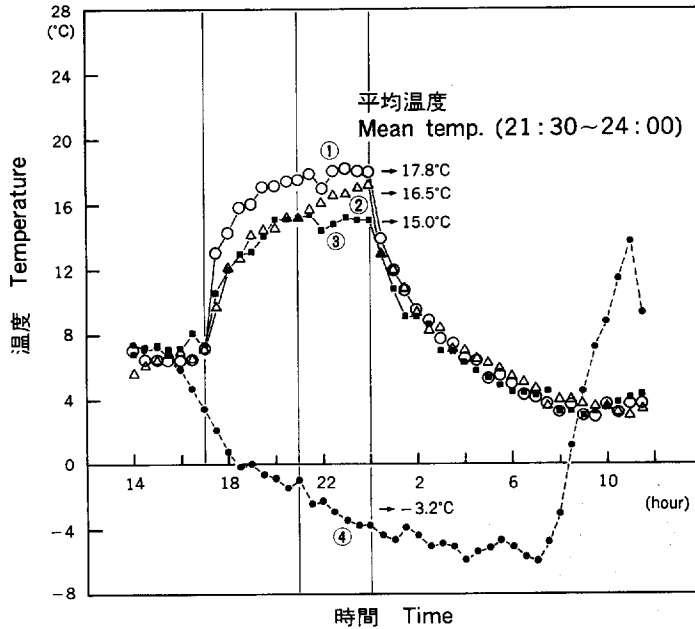
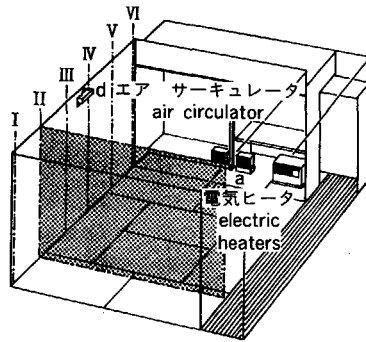


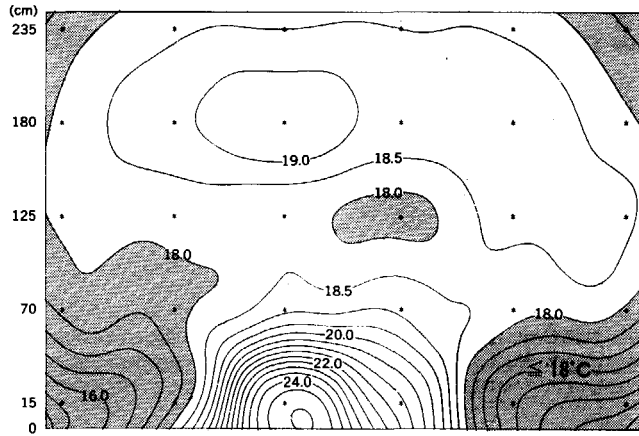
Fig. 15. 外気温度、室温、畳表面温度および壁表面温度の経時変化
(天井断熱・空気攪拌)

Progress of outdoor air-temp., room air-temp., TATAMI surface-temp. and west wall surface-temp (Insulation of the ceiling, air circulation).

①: 室温 1.25m 高 Room air-temp. 1.25m above TATAMI floor, ②: 畳表面温度 TATAMI surface-temp., ③: 壁(西)表面温度 1.2m 高 West wall surface-temp. 1.2m above TATAMI floor, ④: 外気温度 Outdoor air-temp.

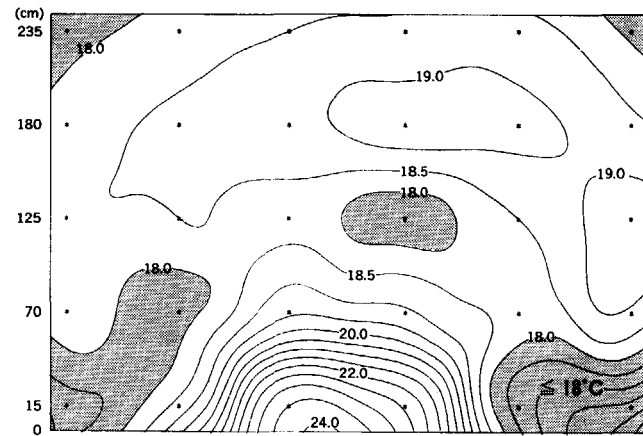


エアサーキュレータ：停
Air circulator : OFF

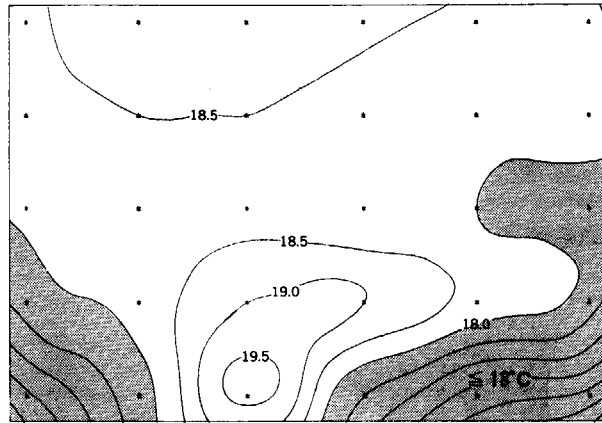


VI-a

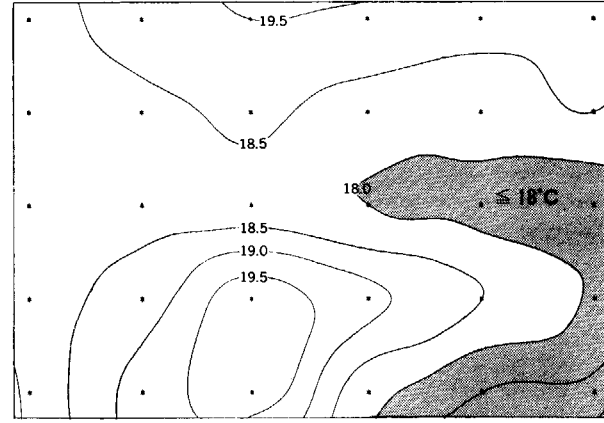
エアサーキュレータ：動
Air circulator : ON



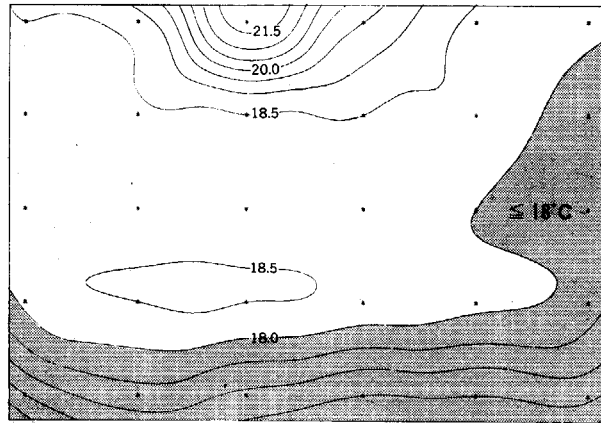
VI-a, d



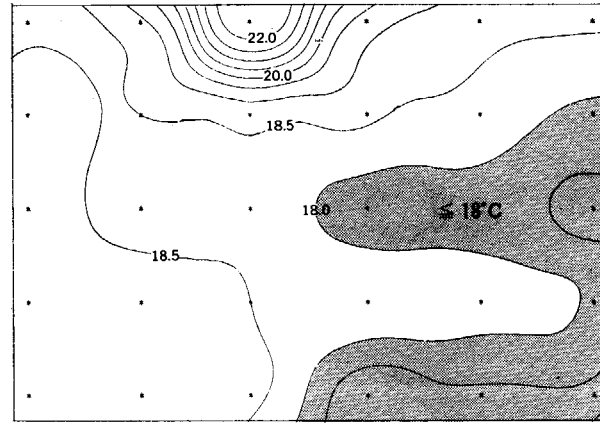
V-a



V-a, d



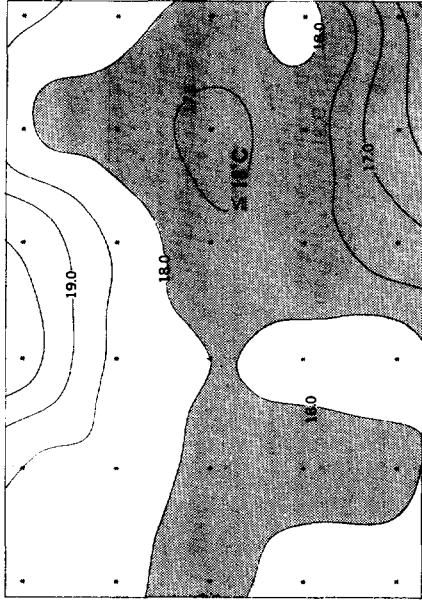
IV-a



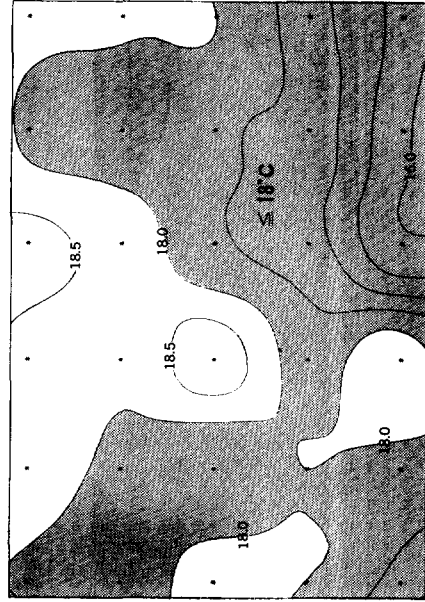
IV-a, d

Fig. 16. 放射型暖房時における各断面内の温度分布 (エア・サーキュレーションの効果)
Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of I~VI when the room was
radiantly heated with electric heaters (Effects of air circulation).

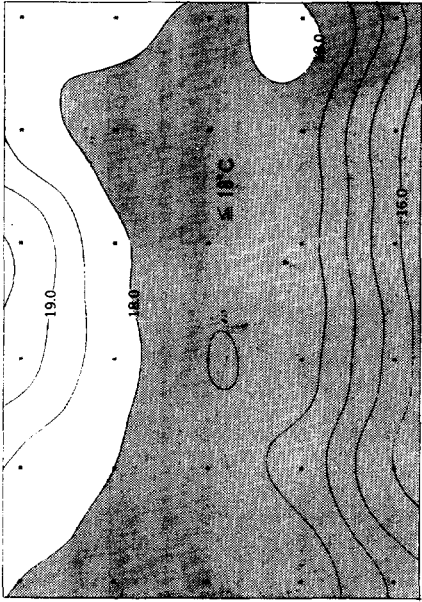
(エアサーキュレーター 17:00~21:00; OFF, 21:01~24:00; ON)



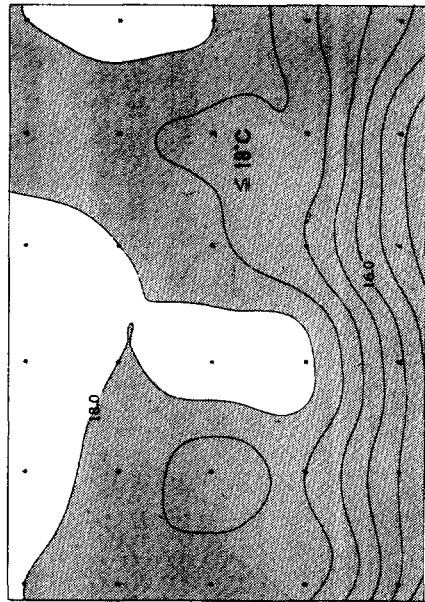
III-a, d



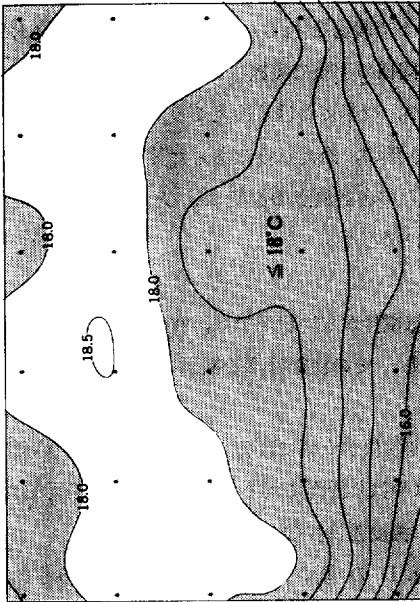
II-a, d



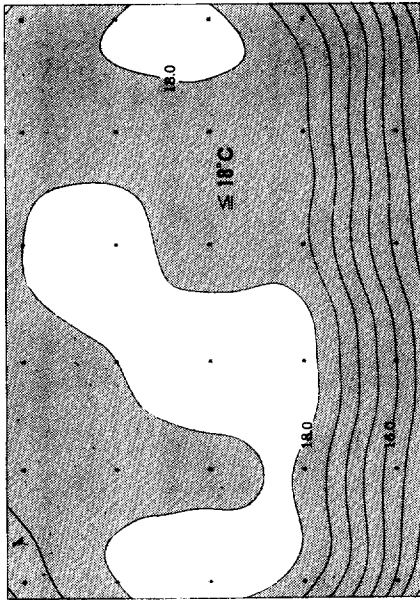
III-a



II-a



I-a, d



I-a

Fig. 16. (つづき) (Continued)

5-3. 石油温風ヒータ暖房時における室内温度分布と空気攪拌効果；天井断熱材ありの場合

熱源に石油温風ヒータ（強制給排気式石油ストーブ，東芝 KSP 554 T）を用いた。最大暖房能力は 4,500 Kcal/h であったが，実験時は強・中・弱の弱モードで暖房を行ったので，供給熱量は約 1,922 Kcal/h 程度であった。その他の測定に関しては，5-2 項と同様の手順で実施された。

試験 4 は，天井断熱のある状況での暖房を設定していたが，夜半における冷えこみが少なく，室内温度が若干高めで推移した（Fig. 17）。したがって，同じ天井断熱の，冷えこみのあった「Table 3，試験 6」の結果においてより妥当な温度分布が類推できた。Fig. 17 の各計測点の温度および Fig. 18 の等温線の温度を 2°C 程度減じたものが標準的な温度分布とみてよいだろう。

Fig. 17, 18 の検討から次のような傾向が知られた。

（ア）石油温風ヒータによる吹きだし以外に積極的な空気攪拌がない状況では，吹きだし口近傍を除いては畳面に平行な等温線，すなわち等温層が重なって存在し，その状態は XZ 断面の各面に共通していた。2°C 区切りの等温層の数は各面とも 5～6 層出現した。

（イ）エアサーキュレータ稼動の場合，畳表面近くの温度性状が大幅に改善されたが，空気攪拌効果の及ばない II-b, d とここに示していない I, VI-b, d ではやはり畳面に平行な等温層の存在を示した。しかし，2°C 区切りの等温層数は 3～4 層に減少し，上下の温度差は少なくなった。

（ウ）空気攪拌によって畳表面温度が約 4°C 上昇し（Fig. 17 の ㊸），居住性の改善に効果がみられた。なお，同図は暖房停止後の室温（床上 1.25 m）と畳表面温度の挙動がほぼ一致していることを示していた。エアサーキュレータの働きは畳の蓄熱を促進することによって，早朝にかけての室温維持に役立っていることにもなる。

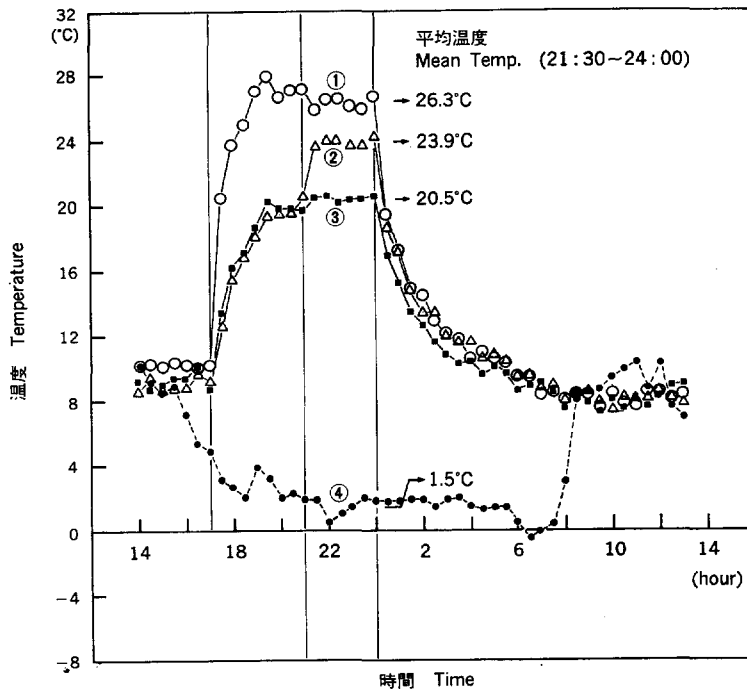
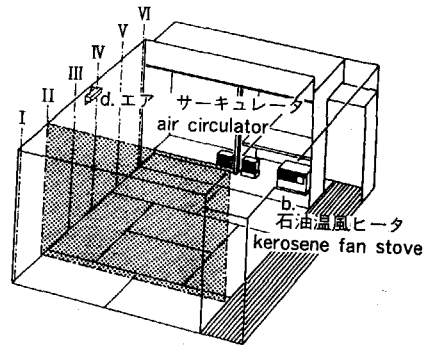
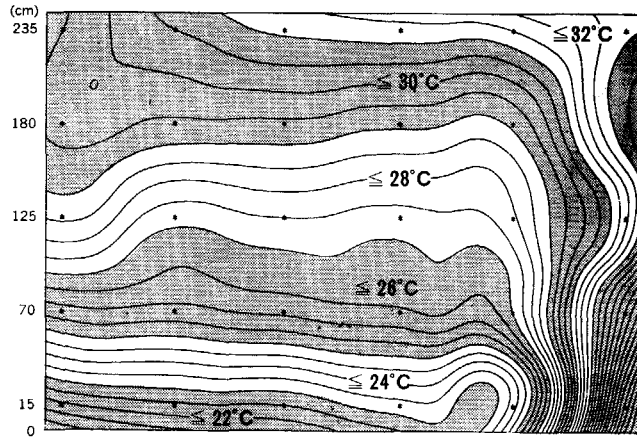


Fig. 17. 外気温度, 室温, 畳表面温度および壁表面温度の経時変化
(天井断熱・空気攪拌)

Progress of outdoor air-temp., room air-temp., TATAMI surface-temp. and westwall surface-temp (Insulation of the ceiling, air circulation).

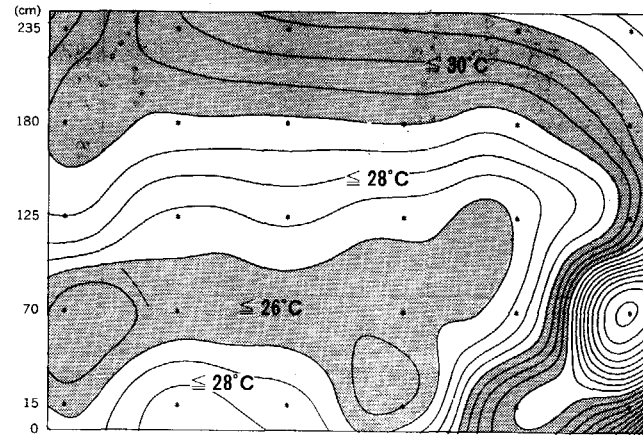


エアサーキュレータ：停
Air circulator : OFF

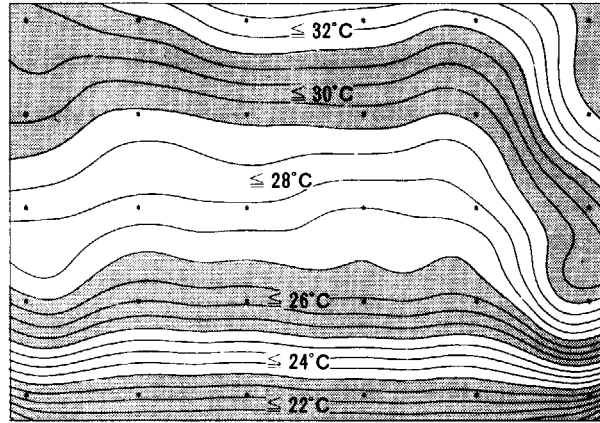


V-b

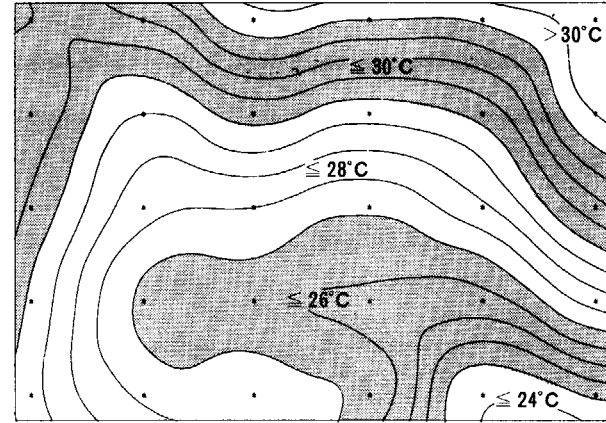
エアサーキュレータ：動
Air circulator : ON



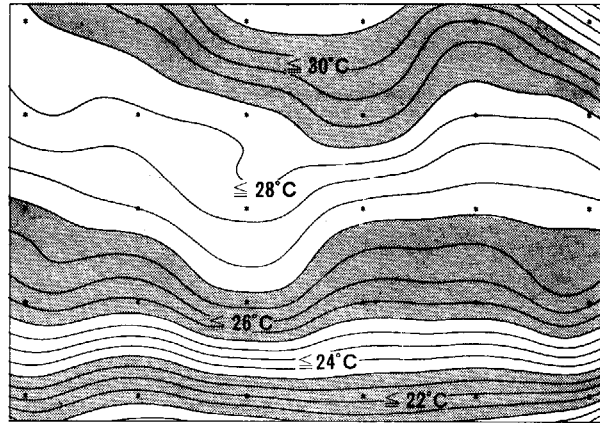
V-b, d



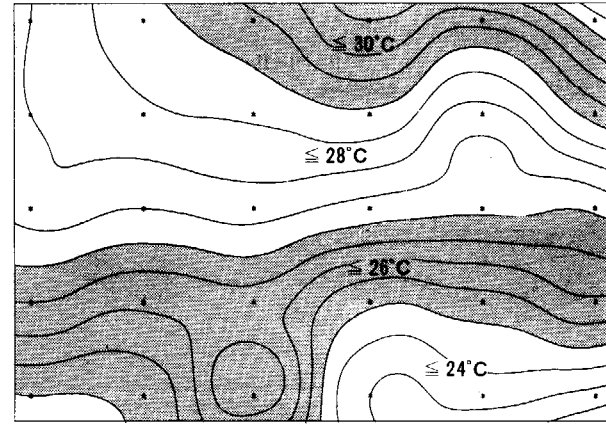
IV-b



IV-b, d



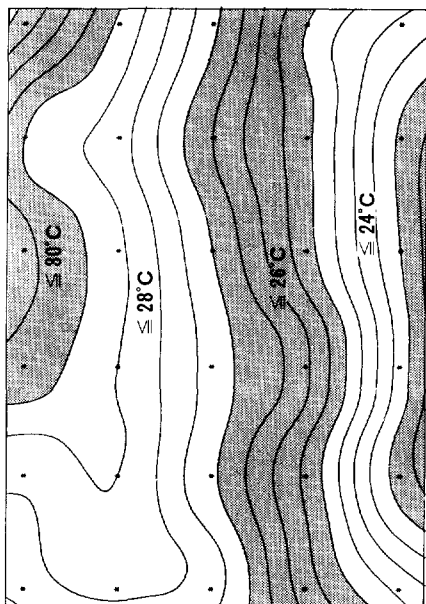
III-b



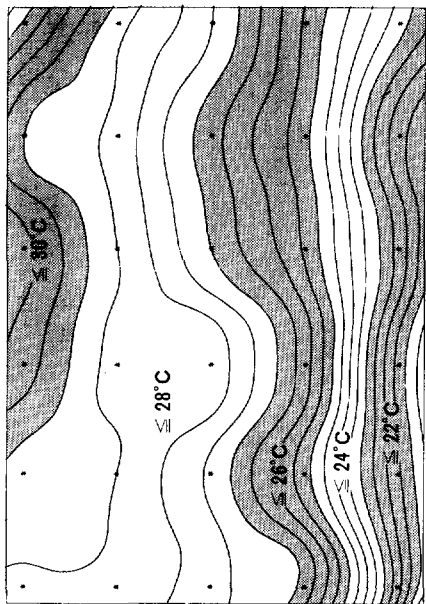
III-b, d

Fig. 18. 温風暖房時の各断面における温度分布 (エア・サーキュレーションの効果)
Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of II~V when the room was heated with a kerosene fan stove (Effects of air circulation).

(エアサーキュレーション 17:00~21:00; OFF, 21:01~24:00; ON)



II-b, d



II-b

Fig. 18. (つづき) (Continued)

5-4. 石油温風ヒータ暖房時における天井断熱材の有無と室内温度分布；空気攪拌時の比較

天井無断熱時の実験 (Fig. 19) は天井断熱時の実験 (Fig. 17) と全く同一の手順で実施されたが、夜半の外気の冷えこみは天井断熱時のそれより若干上廻っていた。

Fig. 17, 18, 19 および Fig. 20 の比較検討から、次のような結果が得られた。

(ア) 天井断熱の有無によって、室内中央空気温度、畳表面温度、壁表面温度に相当な差異がみられた。しかし、両測定日の外気温の差が約 2.1°C もあったので、天井断熱の効果は特定箇所の平均温度の差からさらに両測定日の外気温の差 dt を差し引いた d で表されうる、とした。ただし、この操作は便宜的なもので、厳密な評価ではない。

場 所	天 井 断 熱 材		$t_1 - t_2$ [°C]	d $t_1 - t_2 - dt$ [°C]
	有 t_1 [°C]	無 t_2 [°C]		
室温 (床上 1.25 m)	26.3	21.6	4.7	2.6
畳 表 面	23.9	18.4	5.5	3.4
西壁 (床上 1.2 m)	20.5	16.2	4.3	2.2
(屋 外 空 気	1.5	- 0.6	2.1 (=dt)	/)

室温ではば 2.6°C、畳表面温度が 3.4°C、壁温度で 2.2°C の温度上昇効果が天井断熱によってもたらさ

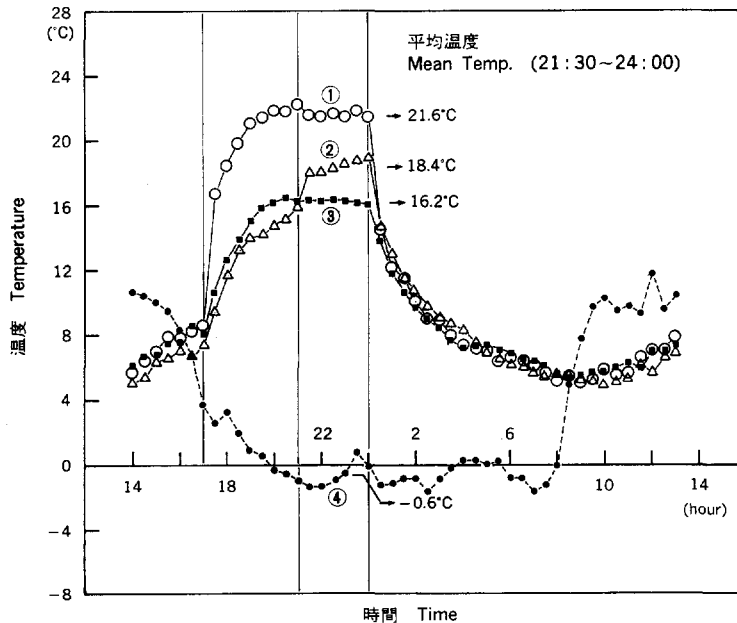
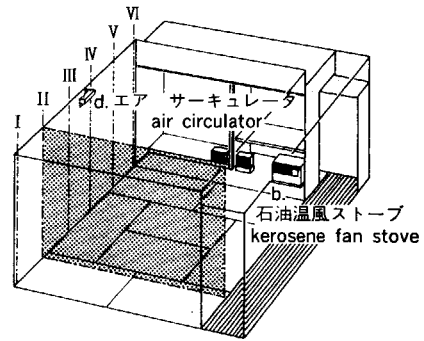
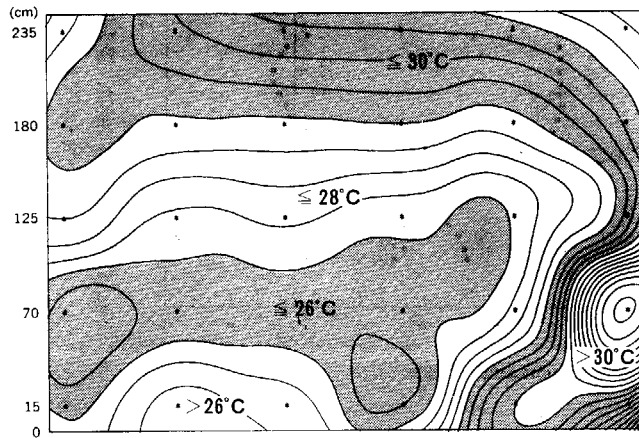


Fig. 19. 外気温度、室温、畳表面温度および壁表面温度の経時変化 (天井無断熱・空気攪拌)

Progress of outdoor air-temp., room air-temp., TATAMI surface-temp. and westwall surface-temp (1983. 1. 12) (No insulation of the ceiling, air circulation).

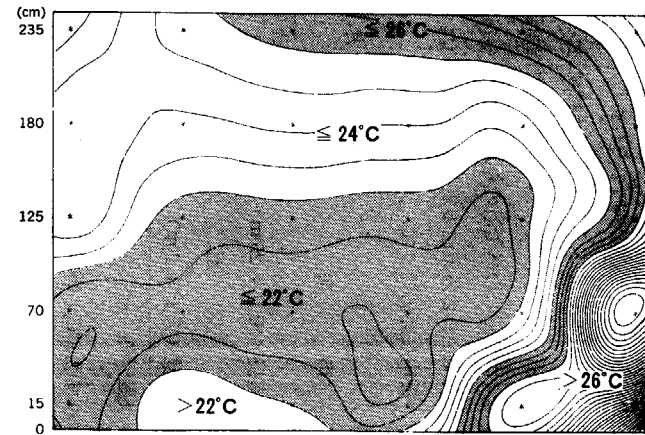


天井断熱：有，(エアサーキュレータ：動)
Insulated (Air circulator : ON)

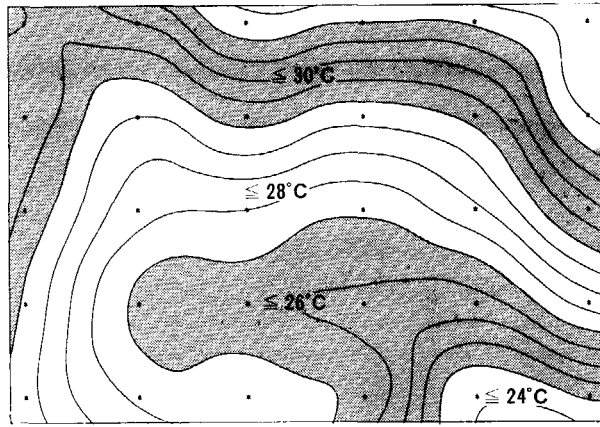


V-b, d

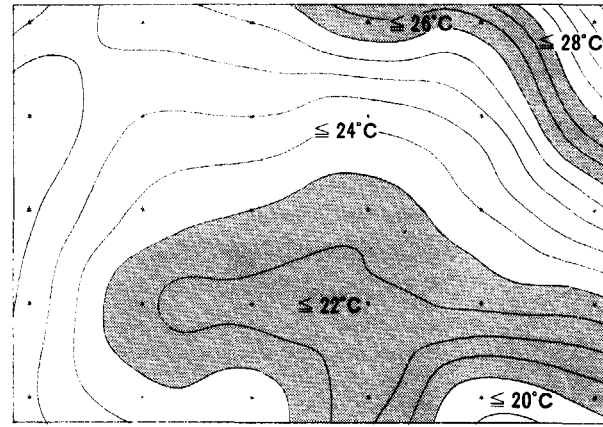
天井断熱：無，(エアサーキュレータ：動)
Not insulated (Air circulator : ON)



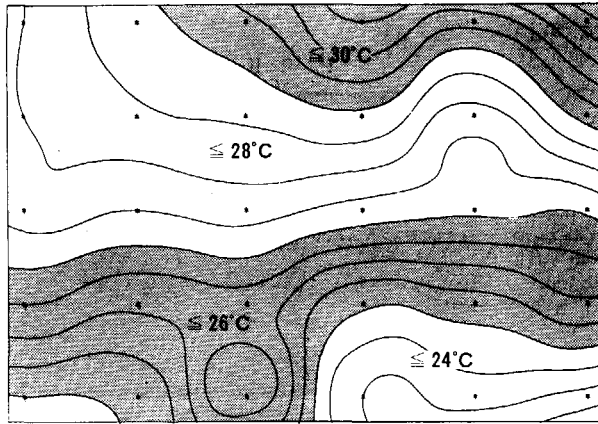
V-b, d



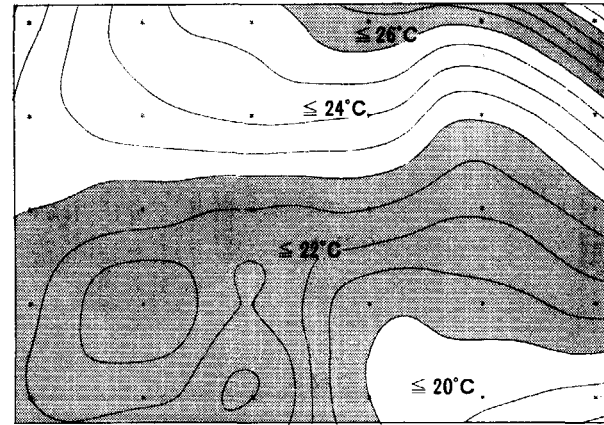
IV-b, d



IV-b, d



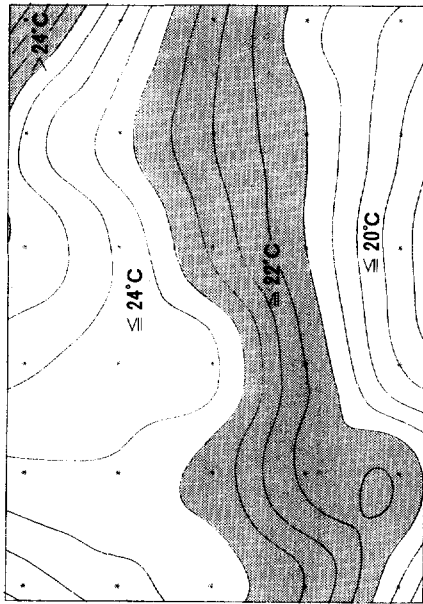
III-b, d



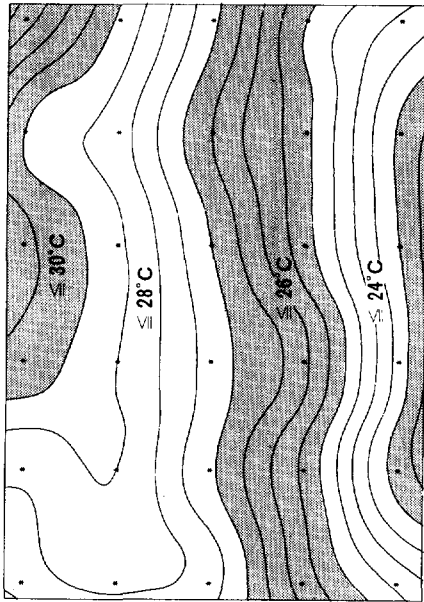
III-b, d

Fig. 20. 石油温風ヒータ暖房時の各断面における温度分布 (天井断熱の効果)
Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of II~V when the room was heated with a kerosene fan stove (Effects of insulation of the ceiling).

(1.09 : 天井断熱, 1.12 : 天井無断熱)



II-b, d



II-b, d

Fig. 20. (つづき) (Continued)

れた, といえる。

(イ) Fig. 22 は, Fig. 21 に示す各測定箇所での温度が各条件下においてどのような挙動をするかを示している。

天井断熱の効果とともに, 空気攪拌の効果が畳上 70 cm 以下において顕著であったことは, 床座を主体とする和室の居住性改善にそれが有効であることを示している。

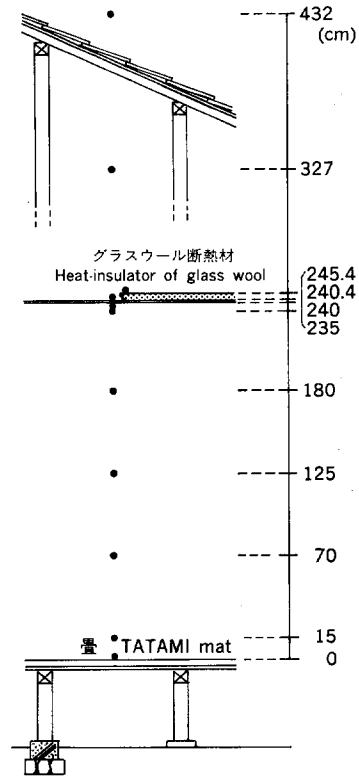


Fig. 21. センサー位置図
Vertical location of sensors.

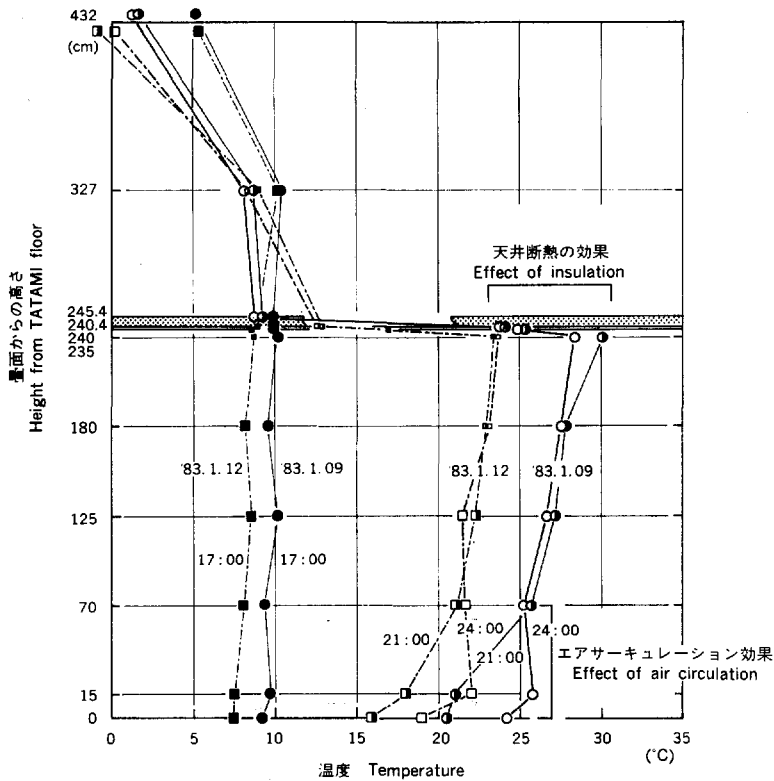


Fig. 22. 垂直方向温度分布の変化 (天井断熱, エアサーキュレーションの効果)
Shifts of vertical temperature distribution (Effects of insulation of the ceiling and air circulation).

5-5. 石油温風ヒータ暖房時における和室内と縁側の温度差

Fig. 2, 3 に示すように, 和室 (A) は鋼製雨戸, アルミサッシ, カーテン, ヒノキ縁甲板張りの縁側, そして摺り上げ障子によって外気と遮断されている。

縁側 (C) は屋外と室内の緩衝地帯として評価されているが, その実体は詳らかでない。縁甲板 (厚さ 12mm, 熱貫流抵抗 $R \approx 0.12 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal}$) は熱抵抗的に畳 ($R \approx 0.96 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal}$) に劣り, 障子のそれも $R \approx 0.21 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal}$ 程度で, 室内との比較で縁側の温度性状に興味をもたれた。実験に際しては, 室内のセンサー・ツリーの半分を縁側に移動し, 障子をはさんで和室の東側半分と縁側の温度を測定した (Fig. 10 参照)。当日 (1983.1.14) は, 夜半, 早朝にかけて冷えこみが厳しかった。

Fig. 23 に, 室内温度 (畳上 1.25m), 畳表面温度, 西壁温度 (畳上 1.2m), 縁側温度 (床上約 1.2m) および外気温の経時変化を示す。Fig. 23, 24, 25 から次のような特徴が知られた。

(ア) Fig. 24 の和室内等温線分布と前出 Fig. 20 の V-b, d (天井断熱: 有) の右半分は同じ天井断熱ありの条件なので当然類似するが, 外気温の関係から, Fig. 24 は全体に温度が 2°C 程度低めになっていた。

縁側の気温は, 外気温と室温の中間よりやや近い数値を示し, 等温線の低温部はほぼ水平で, 床上 20

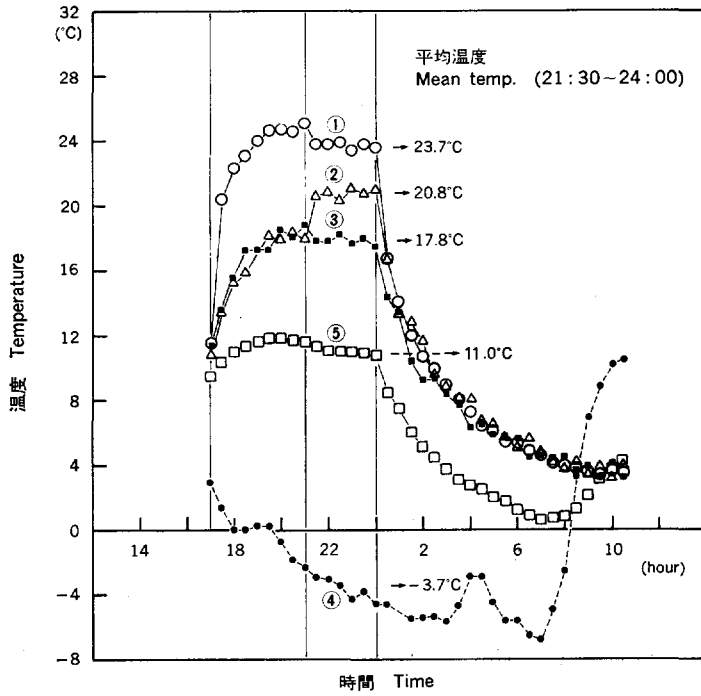


Fig. 23. 外気温度, 室温, 畳表面温度, 壁表面温度および縁側気温の経時変化 (天井断熱・空気攪拌)

Progress of outdoor air-temp., room air-temp., TATAMI surface-temp., westwall surface-temp. and veranda room air-temp. (1983. 1. 14) (Insulation of the ceiling, air circulation).

⑤: 縁側気温 1.25m 高さ Veranda room air-temp. 1.25m above floor

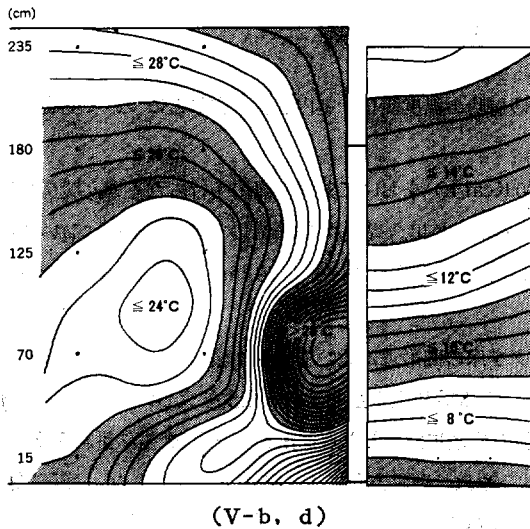


Fig. 24. 室内と縁側の温度分布 (24:00)

Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of V in the test room and the veranda room at 24:00.

(V-b, d)

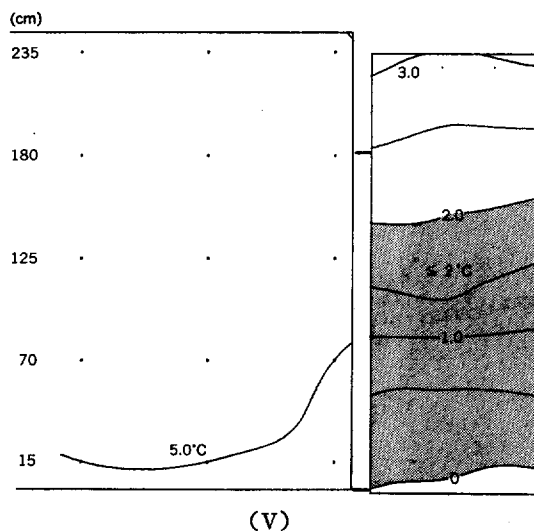


Fig. 25. 室内と縁側の温度分布
(6:00)

Two-dimensional air-temp. distribution in the sections of V in the test room and the veranda room at 6:00.

cm 以上ではいくらか傾きが生じていた。これは、アルミサッシ表面で冷却された空気がカーテンとサッシ間の隙間を降下し、縁甲板表面上の最低温空気層を常時供給することによって上部の等温層をほぼ水平に押し上げる結果生じた現象であろう。床上 70 cm 以上での等温線の傾きは、カーテンに接した空気が冷されていることを示している。

(イ) Fig. 25 は早朝 6:00 における和室と縁側の断面 V の温度分布を示している。畳表面と室内がほぼ 5°C であるのに対し、同断面の縁側気温は約 1.7°C で、縁甲板は 0°C 以下になった。

室内の 5.0°C の等温線は障子面に対して傾斜しており蓄熱体の畳部分から縁側に熱が流出していることを示していた。

6. 要 約

標準的な木造住宅の和室において、冬季暖房時の温度変化、室内温度分布などについて測定し、次のような結果がえられた。

(1) 和室の中央に電気ヒータ (約 1,300 Kcal/h) をおいて対流型暖房を行ったとき、暖房の目安として設定した 18°C 以上の温度領域は、天井断熱がある場合畳上約 30 cm 以上で室内全体において存在していた。天井無断熱の場合、同温度領域はヒータ近傍を除いては畳上 70 cm 以上にしか存在せず、室内全体の温度も平均して 3°C 程度低くなった。

(2) 天井断熱があり、かつ、上記ヒータを床の間附近に置いて放射型暖房を行ったときの暖房効果は室の半分にはしか及ばないが、空気攪拌によって 18°C 以上の空間はある程度拡大した。

(3) 天井断熱があり、かつ、和室・床の間の右端に設置した石油温風ヒータ (発生熱量約 1,922 Kcal/h) を用いた暖房では、吹きだし口近辺を除いてやはり垂直方向に大きな温度差が生じた。空気攪拌によって、室内の大部分において垂直方向の温度差が減少し、18°C 以上の温度領域が拡大した。

（4）石油温風ヒータと空気攪拌機を併用した条件で天井断熱の有無の影響を特定部位の温度差で見ると、室温で 2.6°C 、畳表面 3.4°C 、壁（1.2m） 2.2°C の温度上昇がみられた。空気攪拌は畳上数十cmの空気温度を上昇させるので和室の床座生活にとって有効であった。同時に、畳、壁などが蓄熱するので暖房停止後の室温低下を少なくさせる効果をもっていた。

（5）室内と縁側を仕切る障子によって生じる両側の温度差は同じ水平位置で比較すると $12\sim 14^{\circ}\text{C}$ 程度であった。縁側の等温層はほぼ水平か若干傾いて積層していた。

暖房停止後の室内と縁側の等温線分布は、畳が蓄熱体としての役割を有していることを示していた。

引用文献

- 1) 上村 武・井阪三郎・斎藤寿義：木造組立家屋に関する研究 第4報 試作家屋の居住性試験，林試研報，200，pp. 1～32，（1967）

Thermal Performance of a Wooden Test House I
The distribution of temperature in a Japanese-style room in winter

Takeo HAISHI⁽¹⁾, Shuzo SUEYOSHI⁽²⁾ and Hisayoshi SAITO⁽³⁾

Summary

Thermal properties of a Japanese-style room in a traditional wooden house in cold weather were evaluated. The heaters used in this experiment were selected to suit the following purpose: electric heaters for radiant and convective heat, and a kerosene stove for fanned heated air. An air-circulator also was used to improve the air environmental condition in the room.

Although any heater alone could not diminish the wide difference in air temperature between the ceiling and floor, their operations with the air-circulator succeeded in driving the cold and overlaid isothermal air-layers out from over a TATAMI floor.

The observations on the three-dimensional distribution of air temperature in the room, however, proved that the results were closely affected by the location of the air-circulator.

The introduction of ceiling insulation has remarkably improved the thermal properties of the Japanese-style room.

It caused the air temperature in the room to rise by 2~3°C for all heating types. A floor insulation also was found to be effective.

It has been pointed out that it is too cold in the early morning in winter in wooden houses. This study also acknowledged as much and concludes that the traditional Japanese wooden house should have much heat capacity in its floors, walls, and other building elements in order to provide its inhabitants with a more comfortable life in the winter.

Received April 13, 1984

(1) (2) (3) Wood Technology Division