

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

上 村 武⁽¹⁾
井 阪 三 郎⁽²⁾
斎 藤 寿 義⁽³⁾

は し が き

わが国の木材総需要量のうち最大のものは建築用材としてであり、その大半は一般住宅用として消費されていくものとおもわれる。したがって、林業の面から木材の需給動向を考えていくとき、木造住宅または木造家屋のあり方は重要な問題点とならざるを得ない。木造家屋の特色あるいはその存在意義を考えるとき、その構造強度的な問題、あるいは耐久性、難燃性の問題等とともに重要な意義をもつのは木造家屋の居住性の問題である。木材、あるいはその派生品によって構成される木造家屋が、非木質の家屋に対比してその存在意義をもつ大きい一つの要因として居住性の問題を考えた場合、その方面での資料はあまりにも乏しくおもわれる。

われわれはさいわいにも、昭和35年度に設定された木造組立家屋に関する研究の一環として、その試作家屋の若干の居住性を測定する機会を得た。この試作家屋は本来、国有林野における伐採地、造林地等で働く作業員の宿舎として設計されたもので、パネル結合方式による解体組立自由な組立宿舎である。しかしその設計にあたっては、従来のあまりにも粗末な仮設的宿舎の居住性を一般家屋なみに引き上げることをひとつの目標として設計されており、その性能を検討することは、同時にパネルを主体とした、いわゆるプレハブ住宅を含む工場生産住宅の居住性の指標を検討することにも通じる。組立式の作業員宿舎そのものについては、その後林道の開発や労務事情の変化等により、作業地に短期間使用して移転する組立宿舎を建設する必要度が希薄になり、その居住性に関する研究データもそのままに放置していた。しかし最近になって、住宅の工場生産化の必要性はますます強まり、壁体パネルの性能やその接合方式に対する資料の充実が強く要望されるようになった。試作組立家屋は、その用途上、後にその概略を示すように中土間式両側床張りの特殊な平面をもっているが、その本質は本来の工場生産化住宅と同様のものであり、事実この試作家屋の1軒は、その後ある市販木造プレハブ住宅の原型となっていることからわかるように、その居住性に関するデータはそのまま工場生産化住宅の居住性試験に置きかえて考えることができる。われわれは、今後建築用木材または木質材料が工場生産住宅の部材として利用される傾向が強くなってきていることに鑑み、このたびさきにのべた試作家屋についての居住性試験結果をとりまとめて報告することとした。今後、住生活の資料としての木材および木質材料が、いかなる構成によっていかなる機能を発揮する

(1) 木材部長・農学博士 (2) 岐阜大学農学部教授・元木材部物理研究室長

(3) 木材部物理研究室

かを検討するための試験方法の一事例として、また検討資料の一部として、この報告が何らかの役割を果たすことを期待するものである。

試作家屋のうち1棟は横浜国立大学飯塚五郎蔵氏の、他の1棟は東京大学生産技術研究所池辺 陽氏の設計にかかるものであり、製作は材料面を三井木材工業株式会社、工作を日本木材乾燥株式会社、組立金具を谷藤機械工業株式会社に担当したものである。試験にあたっては、東京大学生産技術研究所勝田高司教授のご指導とご援助を得たほか試験実施にも参画していただいた。試験実施にあたっては、当場木材部物理研究室の各位に格別のご協力をいただいた。あわせて深く感謝するしだいである。

1. 試作家屋の設計

試作家屋の設計については、第1報に詳細にのべてあるので、本報告には試験結果を検討するための前提条件としてその概要をのべるにとどめておく。

1-1. A型家屋

A型家屋は温暖地向として設計されたもので、Fig. 1, Fig. 2 に示すような構造である。各パネルの断面構成を Fig. 8, 9 に示したが、断熱のためには合板 および ハードボードによるパネルの内部に、水平部分にはスチロフォーム、垂直部分にはアスフイル（アルミ箔）をはりつけてある。パネル相互の結合はもっぱら金具によっており、結合面の木部はつきつけ形状で、柄核などは用いていない。壁パネル相互の結合には結合線の外部に縦型のスリットを設け硬質ビニルテープを挿入することによって隙間のできることを防止しようと試みられたが、施工が困難でとりやめられた。したがって、設計上期待されたよりは若干隙間が多くなっていることになる。屋根パネル相互の結合も同様であるが、結合線は両仕舞のためにΩ型の鉄板で瓦棒状に被覆してある。しかし、その間隙減少効果はさほど期待できない構造である。建具は窓は引違いで鉄製のガイドが鴨居状にとりつけてあり、出入口は両開きのフラッシュドアである。部

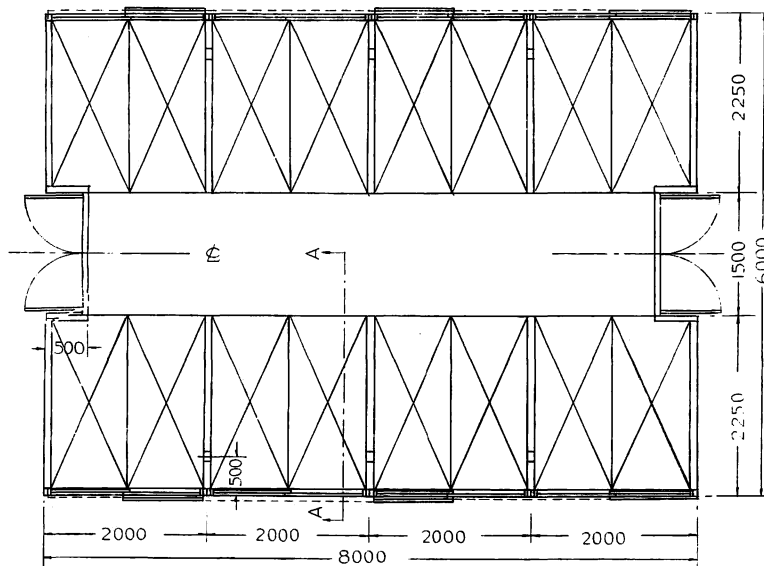


Fig. 1 A型家屋平面図 (単位 mm)
Ground plan of A type house.

Technical drawing of a bridge structure, showing various views and dimensions. The drawing includes a plan view at the top, a side elevation on the left, and a cross-section on the right. Key dimensions and components are labeled:

- Plan View (Top):** Shows the bridge deck layout with dimensions 450, 450, 3750 (x666), 1300, and 100x140. It includes labels for components like 40x80, 90x140, and 100x140.
- Side Elevation (Left):** Shows the bridge structure with dimensions 450, 450, 3750 (x666), 1300, and 100x140. It includes labels for components like 40x80, 90x140, and 100x140.
- Cross-Section (Right):** Shows the bridge structure with dimensions 100x140 and 100x140. It includes labels for components like 100x140 and 100x140.
- Other Views:** Includes a detail view of a joint (bottom left) and a detail view of a joint (bottom right).

Table 1. A 型家屋部材一覧表
Parts of A-type house.

記 号 Mark of parts	名 称 Name of parts	記 号 Mark of parts	名 称 Name of parts
S-1	湾 曲 梁 Curved laminated beam	K-5	ナ ッ ト 板 c Nut plate
P-1	屋 根 パ ネ ル Roof panel	-6	ヒ ン ジ a Hinge
-2	出入口天井パネル Ceiling panel at entrance	-7	〃 b 〃
-3	壁 パ ネ ル Wall panel	-8	〃 c 〃
-4	棚 パ ネ ル Shelf panel	-9	〃 d 〃
-5	袖 棚 パ ネ ル Wing panel	-10	棚 金 物 a Shelf fastener
-6	床 パ ネ ル Floor panel	-11	〃 b 〃
-7	妻 パ ネ ル Gable panel	-12	〃 c 〃
-8	らん間 パ ネ ル Transom panel	-13	十 字 金 物 a Cross-type metal plate
B-1	棟 木 Ridge piece	-14	〃 b 〃
-1'	〃 〃	-15	短 冊 Strap
-2	肩 桁 Edgeways purlin	-16	窓 鴨 居 a Window head jamb
-2'	〃 〃	-16'	〃 b 〃
-3	床 桁 Floor joist	-17	雨 戸 鴨 居 Head jamb of rain sliding shutter
-4	靴 摺 Saddle	-18	〃 敷 居 Sill of rain sling shutter
-5	戸 当 た り Door stop	-19	小 屋 ど め Tension plate
T-1	明 り 戸 Sliding window	-20	瓦 棒 Roll
-2	外 雨 戸 Rain sliding shutter	-21	瓦 棒 ど め Roll clip
-2'	〃 〃	N-1	9φ×24
-3	網 戸 Screen	-2	〃×120
-4	らん間引戸 Transom sliding window	-3	〃×120
-5	出 入 口 扉 Entrance door	-4	〃×120
K-1	屋 根 ど め a Roof clamp	-5	〃×180
-2	〃 b 〃	-6	〃×270
-3	ナ ッ ト 板 a Nut plate	-7	12φ×140
-4	〃 b 〃	-8	〃×180
		-9	4.5φ×95
		-10	9φ×210

備 考 Remark S: 集成材梁 Glued laminated beam, P: パネル Panel, E: 構造内法材 Structural inside member, T: 建 具 Fitting,
K: 金 具 Metal fastening, N: ボルト・ナット Bolt and nut.

Table 2. A 型家屋仕上表
Finishing of A type house.

	内 装 Interior	外 装 Exterior
屋 根 (天井) Roof (Ceiling)	3.5mm ハードボード S ばり, 無塗装 3.5mm standard hardboard glued to frame, no coated	6mm type 1 合成上にカラー鉄板(着色亜鉛渡鉄板) ぶき無塗装 6mm plywood with galvanized sheet-iron glued to frame
壁 Wall	4mm type 2 合成ばりクリヤラッカー塗装 4mm plywood coated with clear lacquer	9mm type 1 合成ばりビニラック塗装 9mm plywood coated with vinyl paint
床 Floor	16mmダイヤフロア(ハードボードばり合板) 無塗装 16mm hardboard facing plywood glued to frame no coated	6mm type 1 合板無塗装 6mm plywood no coated

材名を Table 1 に, 仕上げを Table 2 に示した。内装は表面性を生かして床および天井にはハードボードを用いてあるが, 内壁は強度面および明るさの面から合板クリヤラッカー塗装面に仕上げている。

1-2. B 型家屋

寒冷地への設計で, 積雪や氷柱に対する考慮から, 屋根勾配は急で, 外壁も船底形の独特の断面をもっている (Fig 3, Fig 4)。パネルの断面構成は, 内壁に断熱のためすべて 20mm のハニカム心のハードボードパネルを用い, その外側に合板をはってパネル型式の統一をはかっている。パネル相互の結合は,

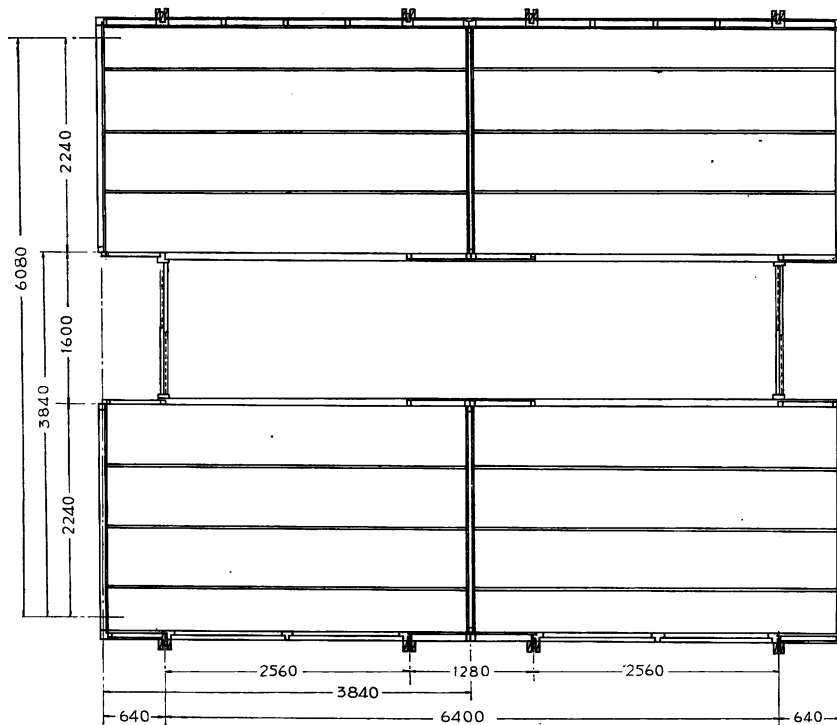


Fig. 3 B 型家屋平面図 (単位 mm)
Ground plan of B type house.

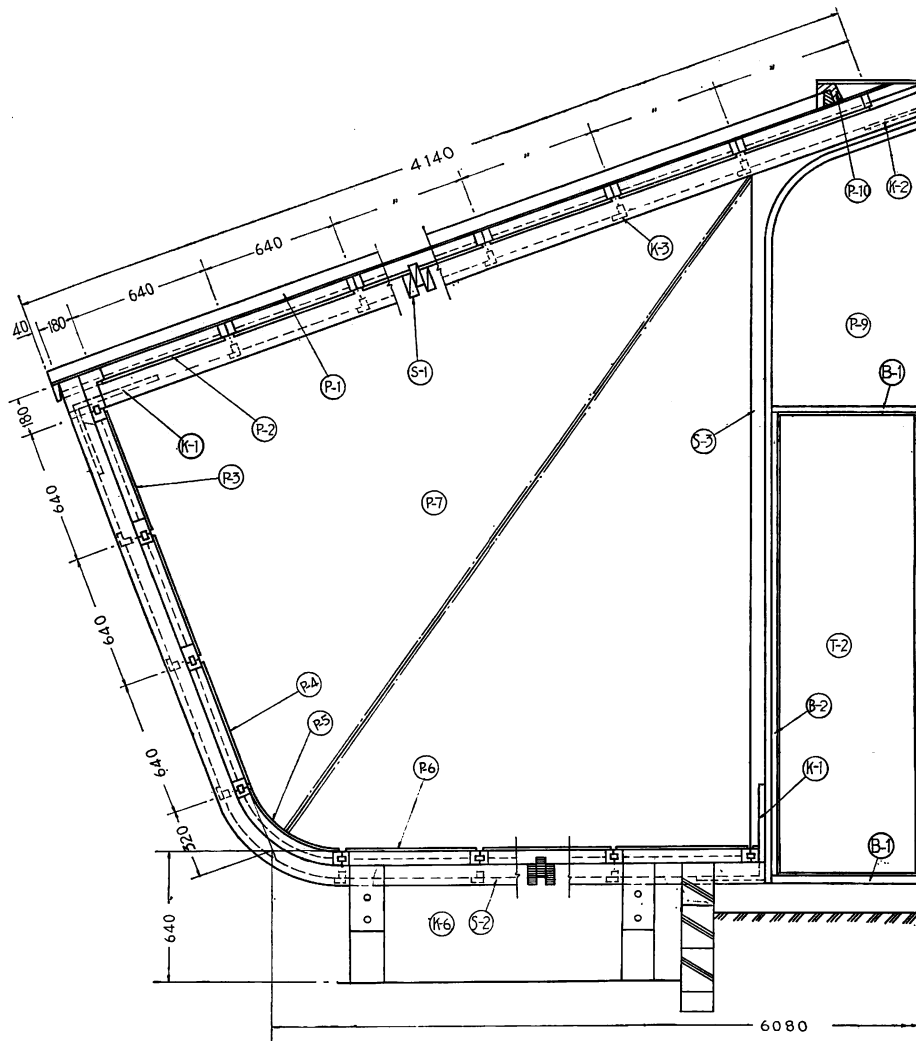


Fig. 4 B 型家屋矩計図 (単位 mm)

Cross section of B type house.

パネルの両側に溝を切り、溝いっばいの独特の結合金具またはその使用が困難なところには溝いっばいの雇い核として木製の角棒を用いるので、この点ではA型より隙間は少ないはずである。ただ天井パネルの結合はつきついで、その上に屋根パネルが直交しているの、この部の気密性はA型同様にさほどでないこと、また上部天蓋パネルは、はじめ透明プラスチックの半円型のものが考えられていたが、製造が困難なために中止して合板製のものに変えられたため、その結合部に隙間のできる可能性が大きくなり、後にのべるように総合的な気密性の点ではA型家屋より開放的になってしまった。このことはまた、採光の面でも不利な条件となり、内面すべてが暗色のハードボードである点とも相まって、後にのべるように採光性の悪い結果が得られた。なお、瓦棒に相当する部分のほか、各パネル種別相互の接触面には、充填材として 10×20mm のコンプリバンドをはさんで気密性の向上をはかってある。建具は、出入口は通常の引

Table 3. B 型家屋部材一覧表
Parts of B-type house.

記 号 Mark of parts	名 称 Name of parts	記 号 Mark of parts	名 称 Name of parts
S-1	通 直 登 梁 Straight laminated beam	B-7	面 戸 Opening stopper
-2	湾 曲 登 梁 Curved laminated beam	-8	出入口下風止板 Wind break board below entrance
-3	リブ付パネル Panel with rib	-9	破 風 板 Verge board
P-1	屋 根 パ ネ ル Roof panel	K-1	直 角 金 物 Metal angle
-1'	屋根パネル端部 End roof panel	-2	山 型 金 物 Top metal angle
-2	天 井 パ ネ ル Ceiling panel	-3A	角 頭 Square screw block
-3	窓 パ ネ ル Window panel	-3B	プ レ ー ト Plate
-4	壁 パ ネ ル Wall panel	-4A	パネルつなぎ Panel tie
-5	湾曲壁パネル Curved wall panel	-4B	〃
-6	床 パ ネ ル Floor panel	-4C	〃
-7	妻 パ ネ ル Gable panel	-4D	〃
-7'	〃 (逆サイズ)	-4E	緊 張 ね じ Tension screw
-8	間仕切パネル Partition panel	-5A	瓦 棒 Roll
-8'	〃 (逆サイズ)	-5B	瓦 棒 ど め Roll clip
-9	出入口パネル Entrance panel	-5C	天井プレート Ceiling plate
-10	天 蓋 Hood	-5D	パ ッ キ ン グ Packing
-10'	天 蓋 端 部 End hood	-6	U 金 具 U-type metal plate
T-1	窓 Window	-7	破 風 金 物 Verge clamp
-2	出 入 口 扉 Door at entrance	-8	窓 し め Window clip
		-9	あ お り ど め Hook
B-1	出入口・敷居・鴨居 Sill and head jamb at entrance	N-1	6φ× 80
-2	出入口戸当り Door stop at entrance	-2	〃×120
-3	床 下 風 止 板 Windbreak board under floor	-3	〃×160
-4	床 目 板 Floor batten	-4	〃×200
-5	床 板 鼻 隠 Fascia board of floor	-5	6φ×120
-6	天井パネル鼻隠 Fascia board of ceiling		

Table 4. B 型家屋仕上表
Finishing of type B house.

	内 装 Interior	外 装 Exterior
屋 根 Roof	無塗装 No coated	10mm type 1 合板(フェノールレジンシートオーバーレイ) 張り リブ面はフェノール樹脂塗布 10mm phenol resin sheet over lay plywood with glued fram
天 井 Ceiling	20mm 厚ハニカムコアハードボード(ハードボード厚 3.5mm) 張り 20mm honeycomb core hardboard glued to frame	
壁 Wall	〃	5mm type 1 合板張りビニラック塗装 5mm plywood glued to frame coated with vinyl paint
床 Floor	〃	5mm 合板張り無塗装 5mm plywood glued to frame, no coated
湾曲部分 Curved wall	20mm 厚曲面合板張り 20mm hardboard facing plywood	5mm 合板張りビニラック塗装 5mm plywood glued to frame coated with vinyl paint
間 仕 切 Boundary wall	3.5mm 厚ハードボード張り 3.5mm hardboard glued to frame no coated	

違い戸で、窓は乳白色のガラスライト両面ばりの断熱性を考慮したフラッシュ構造で、上に開く片持ち回転窓であって、戸当たりには特殊な気密工法はほどこしていない。部材面は Table 3 に、仕上げを Table 4 に示した。

2. 試験家屋の気密性

パネル方式による組立家屋においては、各部パネルの接合部に間隙が生じやすい。この間隙は、強度的な面からも問題点が考えられるが、とくに換気や断熱等居住性の観点からは在来工法による家屋と比較されやすい重要な問題である。本報告においては供試 A および B 型家屋について、窓およびパネル接合部の通気の程度を検討した結果について述べる。

2-1. 測定方法

測定の方法として、ここでは送風機を用いて屋外空気を屋内に吸引した際に生ずる、家屋内外の気圧差と吸引空気量を測定することによって種々の間隙を通して自由に入出する空気量を求め、その大きさから間隙の程度を判定する方法を用いた。各種間隙は開放状態から順次スリオンテープ(幅広の綿テープの一種)をもって目張りし、密閉状態の通気量との差を測定した。

測定装置は Fig. 5 に示すとおりで、窓部分に吸引口をもうけ、そこから送風機取付位置までビニール製のフレキシブルダクトを使用して空気を導入した。吸引空気量は図中に示す測定箇所でピトー管およびゲッチングン型圧力計によりダクトの中心風速および室内の圧力差を測定し、あらかじめ求めておいた平均風速と中心風速との関係曲線から平均風速を求め、ダクトの断面積を乗じて風量を求めた。使用した

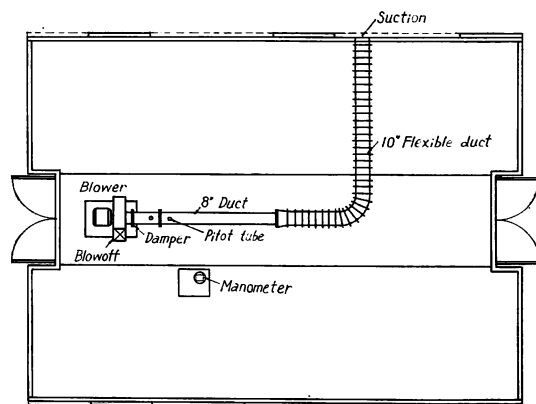


Fig. 5 気密性測定装置

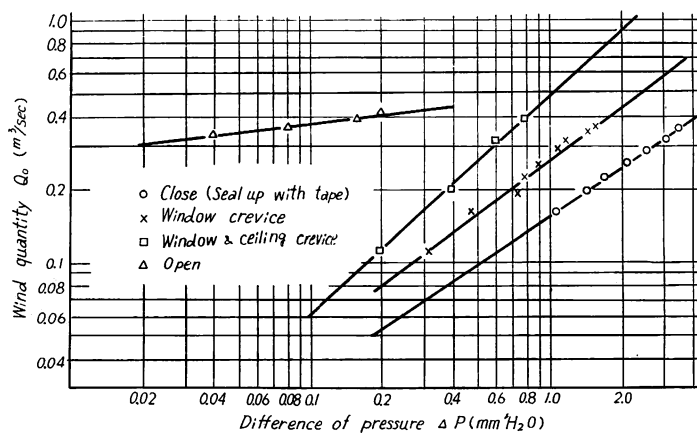
Outline of experimental apparatus of airtightness.

ダクトは風量が増大するにしたがい、断面が著しくゆがむ傾向にあったので、使用可能な範囲で測定を行った。

2-2. 測定結果

A型およびB型家屋における家屋内外の圧力差 ΔP と通気量 Q_0 との関係は Fig. 6, および Fig. 7, に示すとおりとなった。これから圧力差 $\Delta P=0.1\sim 2.0$ (mm 水柱) の場合における毎時間当たりの通気量 Q を各隙間について示したものを Table 5 に示す。

A, B両家屋における各種パネルの接合部はともにほとんど突き合わせのままで、必要に応じてボルトじめとなっている。ただし、屋根パネル相互の接合部についてはA型が瓦棒状の鉄板でおおわれ、比較的通気しやすいのに比し、B型ではさききのべたコーキング材で密閉しているため、一応隙間が塞がれている。したがって、A型では窓の隙間を目張りするのみでなく天井パネルの接合線をも同時にシールしてみ

Fig. 6 家屋内外の圧力差 ΔP と通気量 Q との関係 (A型家屋)

Relations between ΔP (Pressure differences between the inside and outside of house and Q_0 (wind quantity) [A type house].

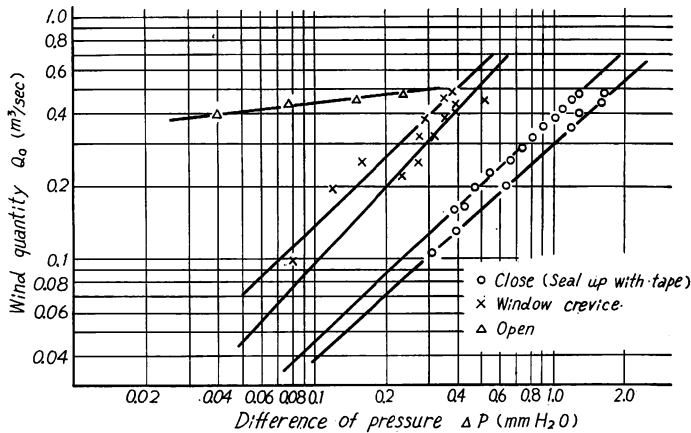


Fig. 7 家屋内外の圧力差 ΔP と通気量 Q_0 との関係 (B型家屋)
Relations between ΔP (Pressure differences between inside and outside of house) and Q_0 (Wind quantity) [B type house].

Table 5. 各隙間における圧力差 ΔP と通気量 Q
Relation between difference of pressure and wind quantity

圧力差 Difference of pressure (mmH ₂ O)	風換 速算 Convert into wind velocity (m/sec)	A 型 家 屋 A type house				B 型 家 屋 B type house		
		密 閉 Close	窓隙間 Window crevice	窓・天井隙間 Crevice of window & ceiling	開 放 Open	密 閉 Close	窓隙間 Window crevice	開 放 Open
0.1	1.7	118.5	176.4	223	1,330	121.5	198	1,585
0.2	2.3	187	288	432	1,475	252	450	1,690
0.5	3.7	349	612	792	1,620	575	1,295	—
1.0	5.2	568	973	1,728	—	1,080	2,880	—
2.0	7.4	883	1,548	3,240	—	1,980	6,300	—

(unit, m³/h)

た。窓の構造は、A型では木製枠に金網入りビニール平板をはめ込んだ引違い式であり、B型は木枠の両面に乳白色の合成樹脂平板（グラスライト）を貼布釘止めた押出し式のものである。

密閉状態におけるA、B両型家屋の通気量を比較してみると、屋内外の圧力差が小さい場合はほぼ同程度の値を示しているが、増大するにしたがいその差はいちじるしく大きくなり、密閉状態において $\Delta P=2.0$ (mm 水柱) では、B型はA型に対して2倍以上の値を示した。窓の隙間をシールしない状態では、さらにその差ははなはだしく、 $\Delta P=2.0$ (mm 水柱) における値ではB型はA型の4倍にも及んだ。開放時、すなわち全然目張りを施さない場合においても、B型は15%程度大きめの値を示している。

これらのことから、パネル接合部における隙間はA、B両家屋ともほぼ同程度であると判断されるが、ややB型の方が隙間が大きく、窓の隙間ではB型に大きな欠点があると考えられ、窓の形式にはより以上の考慮をはらう必要が認められた。

一方、在来の一般家屋における隙間による自然換気量は、どの程度になるかの一例を Table 6²⁾に示し

Table²⁾ 6. 家屋の種類と自然換気量
Natural ventilation according to room construction.

室の種類 Kind of room	風 Wind	内外温度差の程度 Temperature difference between indoor and outdoor	毎時の自然換気回数 Frequency of natural ventilation per hour
鉄筋コンクリート造り Reinforced concrete construction	1 m/sec	About 5°C	0.3~1.0 times/hr
木造大壁造り洋室 Wooden construction Foreign style		〃	0.5~1.5
木造真壁造り和室 Wooden construction, Japanese style		〃	0.5~3.0
〃		10°C	2.5~6.5
内外板壁(中空) Wooden siding wall on both side		5°C	1.5~4.5
公営鉄筋アパート Public-operated aptment house (Reinforced concrete construction)	3 m/sec		約 2 回 About two times

た。ここで換気回数とは、毎時当たりの換気量を室の容積で割った値である。この値と供試A、B両型家屋で強制的に求めた通気量を直接比較するのはやや無理があると考えられるが、大体の推定は可能と思われる。A型家屋の容積は約 119.2m³、B型が約 140.4m³ となるので、A、B両型とも密閉状態において、ほぼ在来の家屋と同程度の性能を有するものとなるが、目張りをほどこさない場合はかなり劣っており、遮音や断熱にもかなり悪い影響を与えるものと考えられる。このようなパネル接合部については、往々にして注意を払われない場合があるので、工法上大いに検討の余地があろう。

3. 断熱特性

3-1. 各部材のパネル構造

各部内のパネル構造については、すでに報告してある各報に詳細に述べられてあるので、ここでは熱絶縁性の観点から、モデル的に Fig. 8 に A 型家屋、Fig. 9 に B 型家屋のパネル構造を示し、あわせて各パネルを構成する材料の既往のデータに基づく熱伝導率、熱伝達率を用いて計算による熱貫流率を示してまとめた。

温暖地向であるA型家屋の主要パネルの構成は概して、合板—空気層—合板の型で、屋根、壁まわりの

Table 7.⁵⁾ 各気候区における建物各部の熱貫流率基準
The bases of thermal transmittance of every part of house
at every climatic district.

地区 Climatic district	外 壁 External wall		最上階の天井 Ceiling of highest story		最下階の床 Floor of lowest story	
	北海道 Hokkaido	本 州 Honshū	北海道 Hokkaido	本 州 Honshū	北海道 Hokkaido	本 州 Honshū
甲	1.5	2.0	1.8	2.9	1.4	1.8
乙	1.2	1.9	1.4	2.5	1.3	1.7
丙	1.0	1.6	1.1	2.0	1.2	1.5
丁	0.8	1.2	0.9	1.5	1.1	1.3

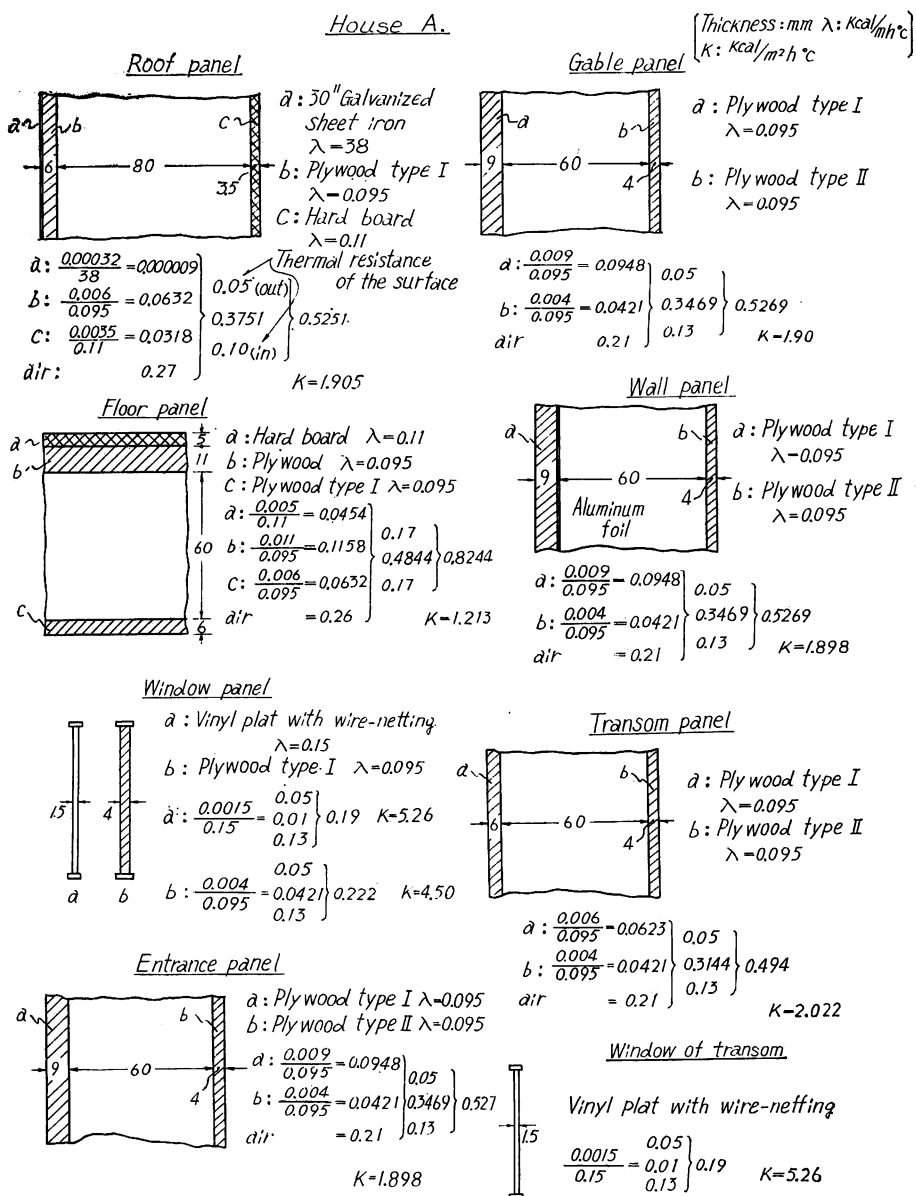
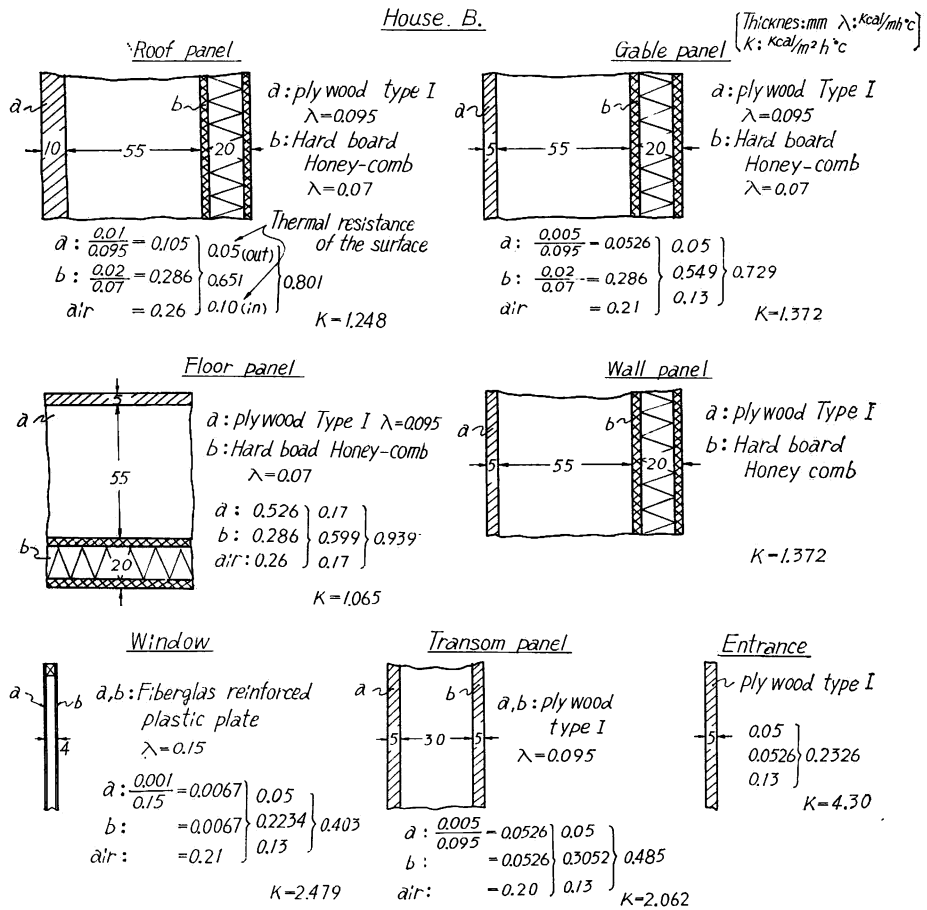


Fig. 8 各パネルの構成と計算による熱貫流率 K (A型家屋)
Constructions and calculated thermal transmittance of panels (A type house).

熱貫流率 K は 2.0 kcal/m²h²c 程度で、壁ではこれにさらにアルミフォイルの反射効果が加わり、在来家屋の瓦屋根の約 3.5, 下見板張の真壁の約 2.5⁵⁾ より良好な値となる。B 型家屋では寒冷地向という条件から、おもなパネルの構成を合板—空気層—ハードボード—ハニカムの型となっており、屋根、壁まわりの K は約 1.3 kcal/m²h²c 程度となり、これは厚さ 25cm 程度の軽量ブロック壁に相当する値で、A 型に比して熱絶縁性に留意している。Table 7 はわが国各地の建物各部における熱貫流率を、住宅金融公庫

Fig. 9 各パネルの構成と計算による熱貫流率 K (B型家屋)

Constructions and calculated thermal transmittances of panels (B type house).

基準として、その地方の気象条件から防寒防露上必要として算定された値であるが、甲→丁に移るにしたがって気象条件の激しくなることを示している。これらの値から試作家屋A, B両型の主要パネルの K 値の妥当性を考えてみるとB型家屋の壁、屋根パネルが防寒の見地からもう少し K 値を小さくおさえるような設計がなされてしかるべきであるといえよう。

3-2. おもな部材の熱貫流率の測定

3-2-1. 試験体

熱貫流率測定用のパネルは、A, B両型家屋に使用してある主要パネルの構成と関連して、これをA～Dまでの4種とし、900 mm 角のものを特に作製した。個数は2個ずつとし、厚さは木枠幅で 10, 30, 50mm の3種とした。そ

Table 8. 試験用パネルの構成
Construction of test panel.

種類 Kind	構成 Construction
A	合板・アルミ箔—空気層—合板 Plywood—Aluminumfoil—Air—Plywood
B	合板—空気層—合板 Plywood—Air—Plywood
C	合板—ハニカムコア—合板 Plywood—Honeycomb—Plywood
D	合板—スチロフォーム—合板 Plywood—Foamed polystyrol—Plywood

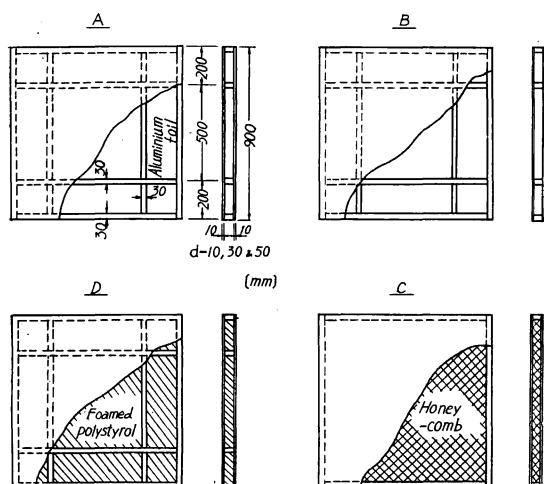


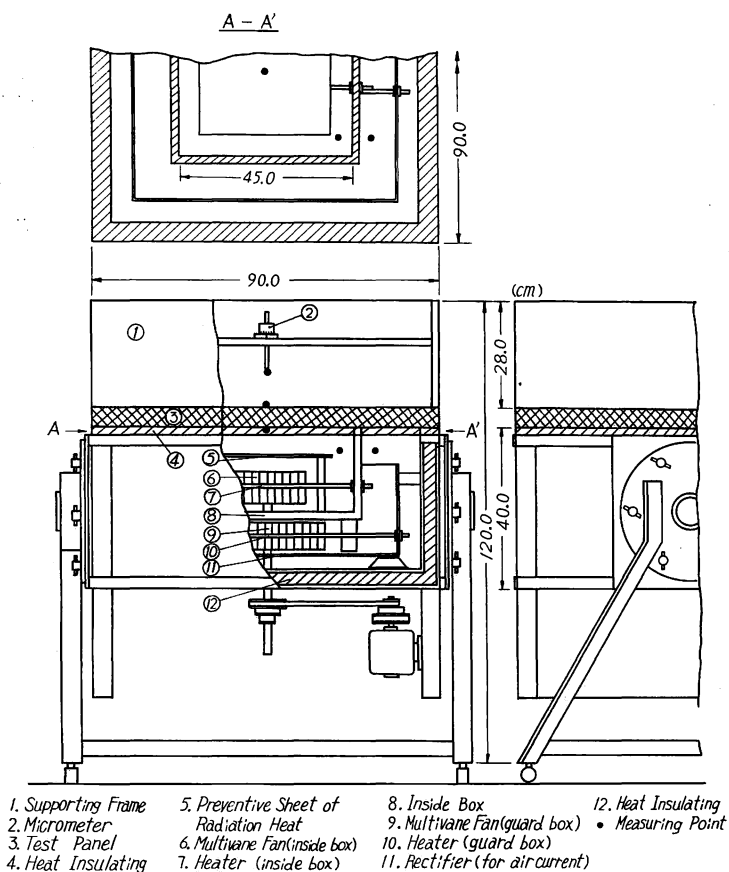
Fig. 10 試験用パネル
Test panels.

これらの構成および寸法を Table 8 および Fig. 10 に示した。使用した合板はラワン 5ply 等厚物であり、木枠はソミ材である。

試験体は 20°C, 75% の恒温恒湿室で約 1 か月放置したのち実験に供した。

3-2-2. 測定装置

測定装置は Fig. 11 にその概要を示すように、いわゆる、Guarded hot box 式のものである。すなわち、ふたなしの二重箱構造から成る本体に 90cm×90cm の大きさの試験体をふた代わりに置き、本体内箱より発生する熱流がこれを貫流する際に生ずる試験体表裏間の温度差を



- | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 1. Supporting Frame | 5. Preventive Sheet of Radiation Heat | 8. Inside Box | 12. Heat Insulating |
| 2. Micrometer | 6. Multi-vane Fan (inside box) | 9. Multi-vane Fan (guard box) | • Measuring Point |
| 3. Test Panel | 7. Heater (inside box) | 10. Heater (guard box) | |
| 4. Heat Insulating | | 11. Rectifier (for air current) | |

Fig. 11 熱貫流率測定装置

Measuring apparatus of thermal transmittance.

測定して貫流率を求めるものであるが、その際に、Guarded box にあたる外箱の温度は常に内箱の温度変化に追従するように調節され、内外両箱の温度差が無くなるようにすることによって試験体を貫流する熱流が側面に拡散していくのを防ぎ、熱流が常に試験体面に直角な方向に流れるようにしている。このような構造であるため、試験体の外側表面が外気に接触するので、装置は温度 20°C、関係湿度 75% の恒温恒湿室内に置いて外側の雰囲気を一一定にして実験を行なった。

試験体における測温点は図中にも示しておいたが、その表裏平面の中心位置として直接熱電対接点をセロテープで固定した。外気温は試験体測温点の真上 10cm の位置で測定し、装置内温度は装置の構造上、外気温測温点と対称の位置で測温点を固定するのが困難であったため、内箱においては、なるべく中心に近く固定可能な位置とした。その中心からの距離は約 10cm であり、試験体からは約 3cm 離れた点とした。外箱の測温点は内箱測温点と境界壁に対して対称の位置に定めて固定した。これらの測温点に固定した感温体は、いずれも直径 0.25 mm の銅-コンスタンタン熱電対を 2 対直列接続して使用した。

測定に關与する内箱ヒーターから発生する熱量の測定については、熱電対型〔電流-熱起電力〕変換器を用い熱起電力として、各測温点に接続してある熱電対の起電力とともに 6 打点式自動温度記録計に接続し、各測温点の温度とともに一括して記録紙上に記録させた。したがって、熱量は各測点の温度とともに定常状態に至る経過を監視することができた。

装置内空間における温度むらについては、内外両箱にあるシュロッコ型ファンで空気を攪拌して均一化を図ったが、これは試験体内側表面における熱伝達率をかなり大きな値にする結果となった。測定位置は上向熱流水平位置と垂直位置の 2 とおりについて実験を行なった。

3-2-3. 測定結果

測定は低温側の温度を室温のほぼ 20°C としたこと、および温度差を十分にとるため、発生熱量を 67.2 kcal/m²h (これは前述の変換器の起電力を 3.0 mV にした値) とかなり大きくしたため、高温側の温度がものによっては 100°C 近くまで上がり、全体としてかなり高い温度での測定結果となった。Table 9 および Fig. 12 は、A~D の各パネルの測定結果である。図中、鎖線で示した値は、伝熱機構が伝導熱のみで行なわれているものとした場合、各パネルの構成要素に適當と思われる λ を用い、伝達率 α は実験値の平均を用いて、計算で K 値を求めた結果であるが、厚さが大きくなるにしたがい実測値よりかなり小さい値となった。

試験体の表裏界面における熱伝達率 α_i , α_o については、全試験体の表裏板に、すべて 5 ply のラワン合板を、なんら表面加工を施さずに用いたのであるが、Table 9 にみられるように、ややその値が変動した。表界面、すなわち、室内空気と接する側の値 α_o は、水平位置で最大が 12.67 kcal/m²h°C、最小 8.30 kcal/m²h°C、平均 10.31 kcal/m²h°C となり、垂直位置では、最大 12.61 kcal/m²h°C、最小 8.61 kcal/m²h°C、平均 9.37 kcal/m²h°C となって、室内における α 値としてはやや大きい値となったが、これは空調による室内空気流の影響を受けたものと考えられる。裏界面、すなわち、装置内空気と接する側の値 α_i は、前節でも述べたように、装置内空気をファンで攪拌したため、かなり大きな値となり、水平、垂直位置を通じて最大 27.5 kcal/m²h°C、最小 18.65 kcal/m²h°C、平均 23.72 kcal/m²h°C となった。これは風速約 5 m/sec における室外 α 値に相当する値である。一般に壁体の位置が水平と垂直の場合では、後者における α 値が小さい値を示すのであるが⁵⁾、この場合、逆の現象を呈したことは、装置内気流がきわめて乱れていることによるものと考えられる。

Table 9. 試験パネルの熱貫流率
Thermal transmittance of test panels.

試験体 Test panel	測定位置 Measuring position	No.	D ($\times 10^{-2}m$)	q ($kcal/m^2$)	θ_1 ($^{\circ}C$)	θ_2 ($^{\circ}C$)	θ_3 ($^{\circ}C$)	θ_4 ($^{\circ}C$)	α_0 ($kcal/m^2h^{\circ}C$)	α_i ($kcal/m^2h^{\circ}C$)	K ($kcal/m^2h^{\circ}C$)
A	水平 Horizontal	I	2.85	66.2	22.4	28.8	58.9	62.0	10.35	21.35	1.67
		II	4.80	67.2	22.3	29.9	61.0	64.5	8.84	19.20	1.59
		III	6.80	67.2	22.3	29.2	61.8	65.1	9.74	20.35	1.57
	垂直 Vertical	I	2.85	67.2	20.0	26.7	57.2	60.0	10.02	24.0	1.68
		II	4.80	67.2	20.1	26.8	63.3	66.2	10.03	23.18	1.46
		III	6.80	67.2	19.4	25.3	62.3	65.2	11.39	20.37	1.45
B	水平 Horizontal	I	2.80	66.6	22.5	30.0	48.1	51.3	8.87	20.78	2.31
		II	4.80	66.2	19.8	25.7	45.0	48.0	11.22	22.05	2.35
		III	6.90	67.2	22.5	30.6	49.9	53.1	8.30	21.0	2.19
	垂直 Vertical	I	2.80	67.2	19.8	28.6	47.8	50.7	7.64	23.2	2.18
		II	4.80	67.15	19.5	27.3	48.0	51.4	8.61	19.74	2.10
		III	6.90	67.2	19.8	27.0	47.5	50.9	9.34	19.76	2.16
C	水平 Horizontal	I	2.80	67.15	19.5	25.3	44.8	48.0	11.57	20.98	2.36
		II	4.85	67.15	21.1	26.4	57.5	61.0	12.67	19.19	1.68
		III	6.90	67.2	22.5	30.0	63.3	66.2	8.96	23.2	1.54
	垂直 Vertical	I	2.80	67.15	19.8	28.3	48.0	51.1	7.90	21.65	2.14
		II	4.85	67.65	20.2	27.7	55.6	58.9	9.02	20.51	1.75
		III	6.90	67.2	20.2	27.9	62.2	64.9	8.73	24.9	1.50
D	水平 Horizontal	I	2.90	67.15	20.0	26.2	56.5	59.8	10.83	20.35	1.69
		II	4.95	67.2	19.8	27.1	79.8	82.6	9.21	24.0	1.07
		III	6.95	68.15	19.6	25.0	95.7	98.2	12.61	27.25	0.87
	垂直 Vertical	I	2.90	67.15	19.6	26.5	55.7	59.3	9.74	18.65	1.69
		II	4.95	67.2	20.1	27.6	78.4	81.3	8.96	23.18	1.10
		III	6.95	66.2	20.5	26.5	94.8	97.2	11.03	27.57	0.86

D : パネル厚 Thickness of test panel.

q : 貫流熱量 Quantity of transmissible heat.

θ_1 : 装置外気温 Outside air temperature of apparatus.

θ_2 : パネルの外側表面温度 Outside face temperature of test panel.

θ_3 : パネルの内側表面温度 Inside face temperature of test panel.

θ_4 : 装置内気温 Inside air temperature of apparatus.

α_0 : 外側熱伝達率 Coefficient of heat transfer of the outside.

α_i : 内側熱伝達率 Coefficient of heat transfer of the inside.

K : 熱貫流率 Thermal transmittance.

4種のパネルの熱貫流率 K の比較では、おおむねスチロフォームを充填した D パネルが最小で、6.80 cm 厚のものでは 0.87 $kcal/m^2h^{\circ}C$ となった。ついで中空で表板裏面にアルミ箔を貼付した A、ハニカムコア充填の C、中空のみの B パネルの順位を示した。ここで、C パネルが意外に大きい値を示したのに反し、A パネルがかなりすぐれた結果を得た。パネル構造と厚さの変化による K 値の推移間で特徴的なこととしては、従来より認められているように、A および B パネルのように中空型のパネルは、中空層がある程度厚くなると、厚さにほとんど関係なくほぼ一定の K 値を示し、充填型のパネル、

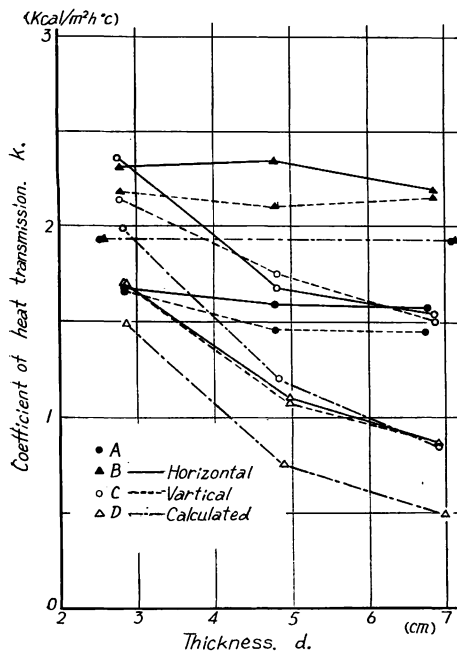


Fig. 12 試験用パネルの熱貫流率
Thermal transmittances of test panels.

C および D は厚さが増すにしたがい、 K 値は小さくなくなることである。このことは K 値が、 $K = \frac{\lambda}{d} + \alpha$ (λ : 熱伝導率, d : 厚さ, α : 熱伝達率) として求められることから、充填型の傾向が当然の結果となるのであるが、中空型のパネルでは中空層における空気対流のため空気層が断熱効果を示さず、ここで使用したパネルのように空気層の厚さが 2 cm 以上になるとほぼ一定の K 値を示すようになる。計算にのらないアルミ箔の効果があらわれた A パネルのほかは、いずれも計算値の方が下まわっているのは、計算に用いた材料別の公示 λ の値が正確でないことによるものか、または測定温度が比較的高かったためと考えられるが、前者の方が大きく影響しているものと考えられる。

Table 10 は、輻射熱の影響を考慮して、中空パネルの内面にアルミ箔を貼付した A パネルの効果をみるために、中空のみの B パネルと K 値の比較をしたものであるが、これによると、測定位置が水平と垂直にかかわりなく、平均約 70 : 100 つまり 3 割近く

の熱断絶効果がアルミ箔を貼付することによってあげられることを示している。

その効果は、水平位置の場合、あまり厚さに関係ないようであるが、垂直位置の場合では厚さが増加するにともない、その効果も大きくなるようである。このことはさらに空気層における空気対流の起こり方、程度との関連で複雑に変化するものとおもわれるが、なお今後の検討を要する。

Table 10. A・B 両パネルの K 値の比較

Comparison of K on the A and B panel.

位置 Measuring position	水 平 Horizontal			垂 直 Vertical		
パネル厚 Thickness of panel	cm	2.8	4.8	2.8	4.8	6.8
A	1.67	1.59	1.57	1.68	1.46	1.45
B	2.31	2.35	2.19	2.18	2.10	2.16
A/B	0.723	0.677	0.717	0.770	0.695	0.671
A/B 平均 Average	0.706			0.709		

3-3. 家屋の総合断熱特性

家屋全体の断熱特性は建物各部の熱貫流率および各接合部で生ずる隙間を通して行なわれる、換気による熱損失の両者を検討することによって判断されうるといえよう。しかしながら、これらの事がら実際の家屋とそれを囲む気候条件のもとで厳密に測定することは、はなはだ複雑な影響因子をとまなうので至

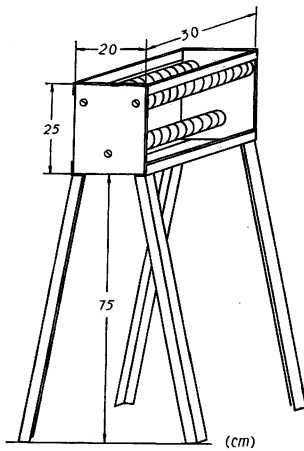


Fig. 13 屋内加熱用ヒーター
Heater for heating the
inside of house.

難なことであるといわざるを得ない。そこで、一般的には不完全ではあるが、気温、風速の変化する過程でのある時点を取り、その時の家屋内外の温度差、風速等を測定し、それが定常状態におけるものとの仮定のもとに断熱特性の推定が行なわれることになる。この場合もこのような方法によって、A, B 両家屋の総合断熱特性の判定を試みることにした。

3-3-1. 測定方法

測定は日照による気温変動のはげしい昼間時を避け、家屋内外の気温が最も安定する夜間を選んで行なった。昼間より家屋内4か所と家屋外1か所に測温点を設け、自動温度記録計に接続して家屋内外の気温を測定した (Fig. 14)。日没時に至り、各所の気温が降下して各所間の温度差が僅少になった時点で、あらかじめ家屋内に配置しておいた Fig. 13 に示すような特製の容量一定のヒーターに電流を通じ、屋内温度を上昇させた。屋内温度が外気温と平衡してほぼ一定の温度に達した時点で、風向、風速、家屋内外の温度差を測定し、計算によって総合熱貫流率を求めた。

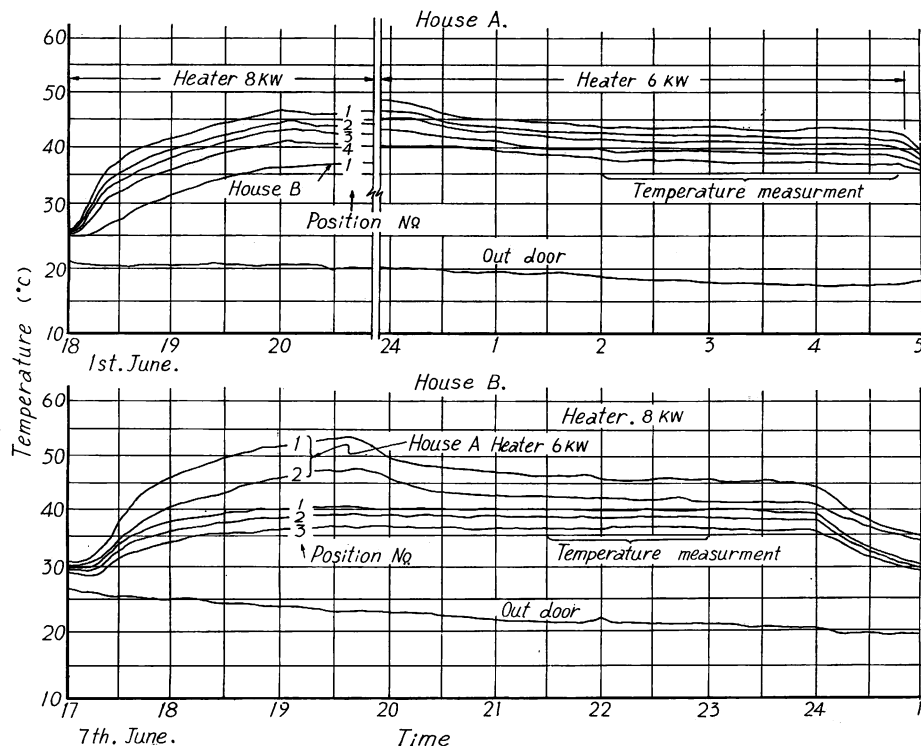


Fig. 14 総合熱貫流率測定時の屋内外の気温変化
Temperature changes of indoor and outdoor at measuring
the thermal transmittance.

3-3-2. 測定結果および考察

風が物体に当たれば、必ず風圧が生じ、その値 P_w は

$$P_w = C \frac{\rho}{2g} v^2 \text{ (kg/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 ρ : 空気の比重 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/sec²)

v : 物体の影響を受けない風速 (m/sec)

C : 風圧係数

として表わされる。

いま、Fig. 15 のように風が建物に向かって吹いているとき、建物の前後の風圧差 ΔP_w は

$$\Delta P_w = P_f - P_b = (C_f - C_b) \frac{\rho}{2g} v^2 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 P_f : 風上側の風圧、 P_b : 風下側の風圧

C_f : 風上側の風圧係数、 C_b : 風下側の風圧係数

となり、したがって建物内外の圧力差 ΔP は

$$\Delta P = \frac{1}{2} (C_f - C_b) \frac{\rho}{2g} v^2 \dots\dots\dots (3)$$

として表わすことができる。

建物の f , b 両側における風力係数については、これを $C_f=0.8$, $C_b=-0.4$ として、実測した風速を (3) 式に代入すれば、家屋内外の圧力差 ΔP を求めることができる。

A, B 両室における温度測定時の風向、風速は Table 11 のとおりであった。

家屋内外の圧力差 ΔP が求まると、その ΔP に対する通気量を Fig. 2, 3, から求め、隙間を通して行なわれる自然換気による熱損失が、その時の家屋内外の温度差 $\Delta \theta$ を用いて算出する。

i) A家屋における損失熱量

(3) 式より

Table 11. 温度測定時の風向と風速
Direction and velocity of wind at temperature measuring.

家 屋 House	測 定 日 Date	時 刻 Time	風 向 Direction of the wind	風 速 Wind velocity	平均風速 Average value of wind velocity
A	6月2日 2th June	2時00分 2 o'clock	NW	2.06m/sec	2.07m/sec
		3時00分 3 o'clock	E	2.60	
		4時00分 4 o'clock	N	1.54	
B	6月7日 7th June	21時30分 30 post 21	S	3.09	3.09m/sec
		22時15分 quarter post 22	S	3.60	
		23時00分 23 o'clock	S	2.57	

$$\Delta P = \frac{1}{2} (0.8 + 0.4) \times 2.07^2 \times 1.213 / (2 \times 9.8) = 0.1591 (\text{mm 水柱})$$

この時の風量 Q_0 は Fig. 2 から

$$Q_0 = 0.046 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \therefore Q = 165.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

隙間から家屋内外の空気が出入することによって生ずる損失熱量を算出する場合、家屋内での内外空気の置換量を $Q/2$ とすれば、家屋内外の温度差がほぼ一定となって、定常状態とみなされる場合に家屋内で発生させた熱量 q は

$$q = q_1 + q_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 q_1 : 壁体を貫流する熱量

q_2 : 隙間による損失熱量

として表わしうるので、ヒーターの発熱量は既知であるから、 q_2 を知ることにによって、家屋の全壁体を貫流する熱量 q_1 も知ることができる。損失熱量 q_2 は、

$$q_2 = (q_i - q_0) Q/2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

ただし、 q_i : 屋内空気の単位容積当たりの熱量

q_0 : 屋外空気の単位容積当たりの熱量

であると考えれば、

$$\left. \begin{aligned} q_i &= C_A \theta_i + (C_L + C_W \theta_i) x_i \\ q_0 &= C_A \theta_0 + (C_L + C_W \theta_0) x_0 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\begin{aligned} \therefore q_2 &= [C_A \theta_i + (C_L + C_W \theta_i) x_i] - [C_A \theta_0 + (C_L + C_W \theta_0) x_0] Q/2 \\ &= \{C_A (\theta_i - \theta_0) + C_L (x_i - x_0) + C_W (\theta_i x_i - \theta_0 x_0)\} Q/2 \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

ただし、

C_A : 乾燥空気の容積比熱 (kcal/m³)

θ_i, θ_0 : 家屋内外の気温 (°C)

C_L : 水蒸気の潜熱 (標準状態) (kcal/kg)

x_i, x_0 : 家屋内外の絶対湿度 (kg/kg)

C_W : 水蒸気の比熱 (kcal/kg)

Q : 風量 (m³/hr)

となる。 C_A, C_L, C_W のそれぞれに実用的な値、0.28, 597, 0.46, を入れて、 q_2 を算出すると、

A 家屋においては、

Fig. 14 から $\theta_i = 41.0^\circ\text{C}$, $\theta_0 = 18.0^\circ\text{C}$, 測定時の関係湿度が 50.0%, よって $x_i = 0.0255$ (kg/kg)
 $x_0 = 0.0065$ (kg/kg) となるので、

$$\begin{aligned} q_2 &= \{0.28(41.0 - 18.0) + 597(0.0255 - 0.0065) \\ &\quad + 0.46(41.0 \times 0.0255 - 18.0 \times 0.0065)\} 82.8 \\ &= (0.28 \times 23.0 + 597 \times 0.019 + 0.46 \times 0.929) 82.8 \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

ここで、絶対湿度を重量単位で求めたため、これを容積単位に変える必要があるが、その係数として、ここではごく実用的な値として、1.175 を用いたので (8) 式は

$$q_2 = \{0.28 \times 23.0 + 1.175(597 \times 0.019 + 0.46 \times 0.929)\} 82.8$$

$$= \{6.44 + 1.175 (11.343 + 0.427)\} 82.8 = 1,678.36 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(9)$$

となる。

ii) B 家屋における損失熱量

家屋内外の圧力差 ΔP は、

$$\Delta P = \frac{1}{2} (0.8 + 0.4) \times 3.09^2 \times 1.199 / (2 \times 9.8) = 0.351 (\text{mm 水柱})$$

この時の風量 Q_0 は Fig. 3 より

$$Q_0 = 0.13 \text{ m}^3/\text{sec} \quad \therefore Q = 468.0 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Fig. 14 より, $\theta_i = 39.0^\circ\text{C}$, $\theta_0 = 21.5^\circ\text{C}$, 測定時の関係湿度 52.5%, よって $x_i = 0.023$, $x_0 = 0.0082$,

ゆえに, $q_2 = \{0.28(39.0 - 21.5) + 597(0.023 - 0.0082) + 0.46(39.0 \times 0.023 - 21.5 \times 0.0082)\} 234$

整理して, 容積単位に変えて,

$$q_2 = \{4.6 + 1.175(8.835 + 0.332)\} 234 = 2,520.2 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(10)$$

をえる。

このようにして求めた隙間を通して流入する空気による損失熱量の値を用いて, 式(4)から家屋の壁体を貫流する熱量 q_1 を求め,

$$q_1 = K \times \Delta\theta = S \dots\dots\dots(11)$$

ただし, K : 熱貫流率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)

$\Delta\theta$: 家屋内外の温度差 ($^\circ\text{C}$)

S : 家屋の総面積

とおけば, 家屋の総熱貫流率ともいうべき K 値を求めることができる。

iii) A 家屋の

温度測定時において, A 家屋内で発熱していたヒーターの容量は 6.0 kw であった。したがって, その発熱量 q は

$$q = 860 \times 6 = 5,160 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(12)$$

式(4), (9) から

$$q_1 = 5,160 - 1,678.4 = 3,481.6 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(13)$$

家屋の総面積は 144.3 m^2 であった。 $\Delta\theta$ は 23.0°C であるから, 式(11) より,

$$K = \frac{3,481.6}{23.0 \times 144.3} = 1.049 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} \dots\dots\dots(14)$$

iv) B 家屋の K

A 家屋の場合と同様の手続きで,

ヒーターの容量は $8\frac{2}{3} \text{ kw}$, したがって, 発熱 q は,

$$q = 860 \times 26/3 = 7,453.3 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(15)$$

式(4), (10) から,

$$q_1 = 7,453.3 - 2,520.2 = 4,933.1 \text{ kcal/hr} \dots\dots\dots(16)$$

家屋の総面積は A 家屋よりやや大きく, 172.3 であった。 $\Delta\theta$ は 17.5°C , よって式(11) より,

$$K = \frac{4,933.1}{17.5 \times 172.3} = 1.636 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C} \dots\dots\dots(17)$$

風速、気温等の実測値をもとにして、目張りを施こした状態で、隙間を通して行なわれる自然換気による損失熱量を計算し、さらにそれを用いることによって壁体を貫流する熱量を求めて、家屋の総合熱貫流率 K を算出した。

その結果は、Fig. 8, 9 で示したように、B 家屋においては、その主要部材にハードボードハニカムを主体とした材料を用いて、熱絶縁性に留意したにもかかわらず、A 家屋より、かなり劣る値となった。これは Fig. 12 から明らかなようにハニカムの断熱効果は厚い場合にはかなり見込むことができるが、20mm 程度の場合にはその効果があまり期待できないものであったこと、前にのべたような理由から B 家屋の方に隙間がかえって多かったことなどによるものとおもわれる。また、隙間から逃げる熱量は A, B とともに総損失熱量の 32~34% にも達し、きわめて大きいものであり、断熱設計に際して気密性と換気のバランスに大きい注意が払われねばならぬことを物語っている。

A および B 家屋の (14), (17) 式により計算した全パネル面の平均的な熱貫流率の値は、Fig. 8, 9 の部材の熱貫流率の荷重平均値と比較すると A は小さく、B はむしろ大きい。これは、さきにのべたとおり、A ではアルミ箔の効果が著しく大きかったこと、B ではハニカムの効果が予想以上に少なかった結果と考えられ、断熱効果を検討するには、カタログ数値などによる単純計算では率し得ない点が多いと考えざるを得ない。

4. 屋内の温度分布

供試家屋 A, B はいずれも中通り式の作業員宿舎として設計されている関係上、暖房方式は中央集中式が取り入れられるものと仮定し、中通り土間中央に暖房具（実際には薪式のダルマストーブが最も多く用いられる）があって、家屋内を暖房した場合、屋内の温度分布がどのようなようになるかを検討した。実験では、熱量計測、取扱い等に便利のため、前章で述べた特製の電熱器 (Fig. 13) をストーブがわりに用いた。

4-1. 測定方法

測定は前章と同様に日照等の影響で気温変化の激しい日中を避け、日没時より電熱器に通電し、夜間室内温度が比較的安定した時点を選んで実施した。

測定用装置としては、その概要を Fig. 16 に示すとおり、電位差計式温度計を備えた測定台を中通り土間中央に置き、台に適当なタルキ材を床から 0.3m の高さになるように水平に取り付け、そのタルキ材に熱電対 6 点を所定の間隔をおいて固定した。このような測定台を中通り中央で前後に移動することによって、Fig. 16 に示す 48 の測定点を床 0.3m の位置で温度を測定した。B 家屋は入口が家屋内に入り込んでいるため、測点 4 点を省いた。

垂直分布は Fig. 16 に示す H_1 , H_2 の 2 か所で測定し、この場合も適当なタルキ材を垂直に立てて、それに熱電対を所定の間隔で固定した。垂直方向の測定点は、天井高の 2 等分点、4 等分点の 3 点と、天井および床からの距離が、それぞれ 0.05m, 0.1m, 0.5m, の 3 点ずつ計 9 点とした。天井高は A 家屋が 2.375m, B 家屋が 2.880m で、A 家屋がかなり低めであった。

4-2. 測定結果

a. 水平分布

居住域床 0.3m における水平温度分布は、各測点を結ぶ等温線式で、Fig. 17 に A, Fig. 18 に、

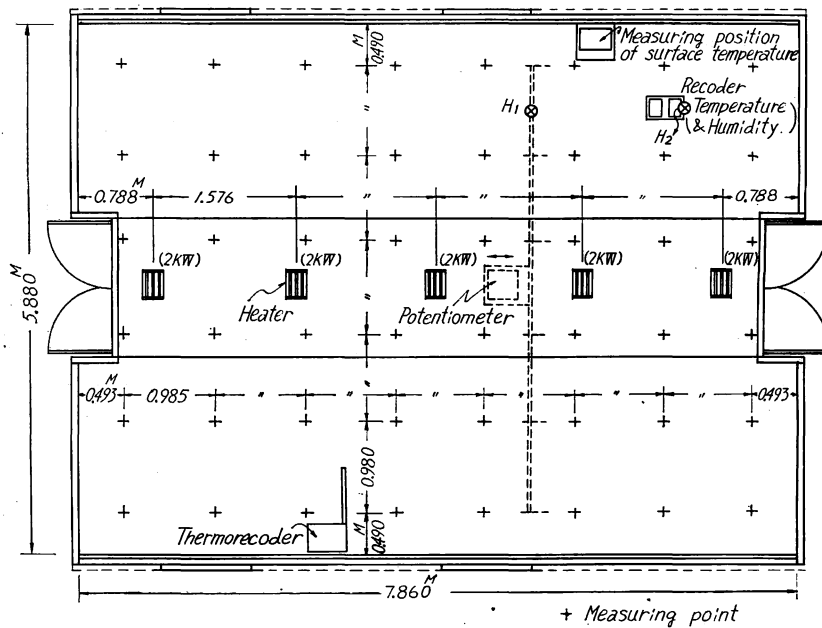


Fig. 16 屋内温度分布測定用器具の配置と測定点

Measuring points and apparatus arrangement for measurement of indoor temperature distribution.

B 家屋の測定結果を示した。

A 家屋は建物全体が1部屋型に造られているので、電熱器3台(6kw)を中通り土間に集めて使用した。そのため等温線の形は電熱器を中心にして、おおむね建物の形状に沿ったものとなった。温度の分布は、居住域床上が細長い形になっているにもかかわらず、中央部で窓側と土間側の差が1.5°C、中央と妻側の隅との差で3.5°C程度の温度差にとどまり、土間を含めても4.0~5.0°C程度となって、土間、床上の区別なくほぼ一様な分布を示した。等温線の疏密さから、温度傾斜も、中央部と辺部で勾配の差があまりなく、全

体に一様な傾斜となった。このように、かなり一様な温度分配を示したことは、建物が1部屋型であり、比較的天井高が低く、屋内空気の対流が円滑に行なわれたためと考えられる。しかしながら、一部、等温線の曲がり方にやや極端な箇所があって、パネル接合部、窓等の隙間風の影響が認められた。

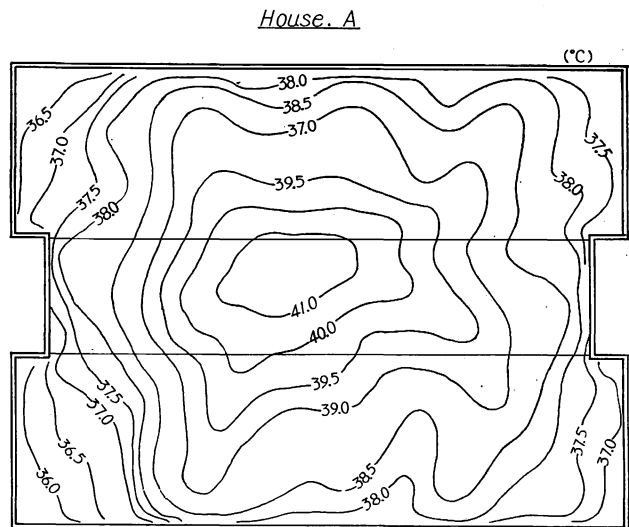


Fig. 17 水平温度分布 (A 家屋)
Horizontal distribution of temperature
(A type house).

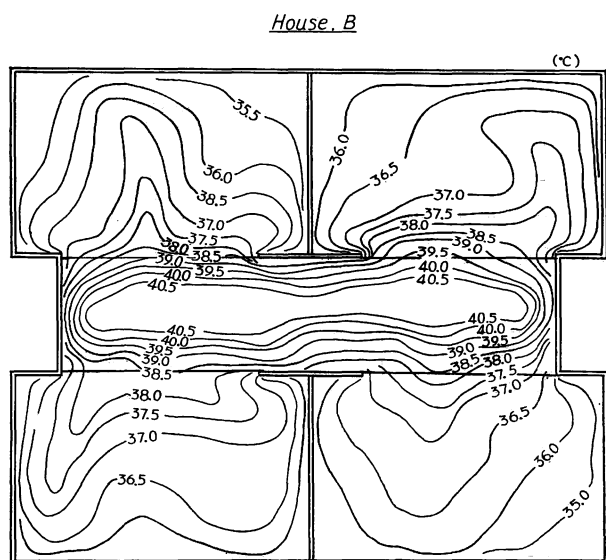


Fig. 18 水平温度分布 (B 家屋)
Horizontal distribution of temperature
(B type house).

B 家屋は図に示すように、居住域長手方向中央に間切りがあって、一応 4 部屋型式に造られているので、中通り土間に電熱器を Fig. 12 に示すようにあん分して配置して、中央の 1 台は 1 kw として用い、左右の 2 台ずつは 2 kw として、合計 9 kw で暖房した。そのため、高温部（中央部）の等温線は長楕円形に分布し、左右の兩入口際にまで及ぶ形となった。低温部の等温線の形は 4 つの部屋にそれぞれ独立した形で分布し、パネルの間切りによる部屋の区画が温度分布上、独立した部屋としての状態をかなり明確に保っていることを示した。

各部屋床上での最高温度と最低温度

度との差は、 $2.5^{\circ}\text{C} \sim 3.0^{\circ}\text{C}$ 程度にとどまり、温度傾斜もゆるやかで、かなり一様な分布を示したが、中央部の最高温度と各部屋辺部の最低温度との差は A 家屋よりやや高く $4.5^{\circ} \sim 5.5^{\circ}\text{C}$ 程度となり、かつ、土間と床との境界部付近の等温線が非常に密になり、その部分の温度傾斜の激しさが認められた。このことは、暖房器を土間に配置したのでは、土間の部分のみが暖かく、床上部分を十分に暖房し得ないことを示すことになり、寒冷地向として設計された家屋としては、やや適性を欠くものと考えられる。

このような分布を示した理由としては、B 家屋の屋根傾勾が積雪を考慮して、A 家屋に比べかなり急であり、したがって、中央部（土間部分）の天井高が辺部のそれより相対的にかなり高くなっているためと、間切側壁の影響で屋内空気の対流がおもに土間部分で行なわれるためと考えられる。なお、B 家屋においても、A 家屋同様等温線の一部に曲がり方の急な部分がみられ、パネル接合部、窓等の隙間の影響が認められた。いずれにしろ、B 家屋は寒冷地向きのものであるゆえ、温度分布上の性能として、設計上一考を要するものと思われる。

b. 垂直分布

ストーブで暖房した屋内空間の温度分布は、前節の水平分布でも、中央ストーブ周辺部分と辺部とで、ある程度の温度差が認められたのであった。一般に、垂直分布では、空気の対流の影響で上下の温度差はそれ以上になるものと考えられる。Fig. 19 は A, B 両家屋の測定結果であるが、水平分布に比べかなり大きな上下の温度差が認められた。一方、水平分布は隙間の影響で、等温曲線がかなり不規則な型になるのに反し、垂直分布では、分布曲線の上部で若干の乱れがみられる程度でかなり規則的であるといえる。

A 家屋においては、 H_1 , H_2 の両測定位置での分布状態は最上部でやや不規則な型を示したが、測定位置間の差異はあまりなく、2 等分点では両者が全く一致し、最上部の最も差の大きいところでも約 1°C

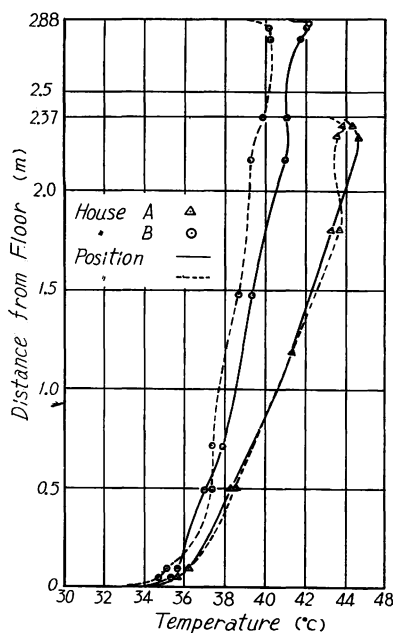


Fig. 19 垂直温度分布
Vertical distribution of
temperature.

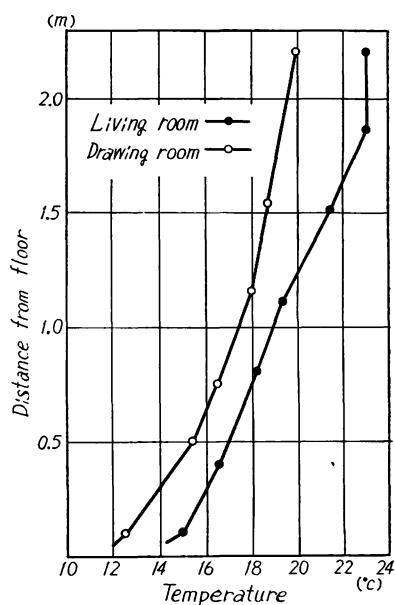


Fig. 20 在来家屋における垂直温度分布
の一例⁵⁾
An example of vertical temperature
distribution of usual house.

にとどまり、かなり様な分布が認められた。上下差は天井高が低いこともあって、最大 10°C 程度に及んだ。

B 家屋では、測定位置での分布状態にかなり差異が認められ、床に近い部分では比較的その差が小さいが、床上 2 m から最上部にかけて大きくなり、最大約 2°C 程度の差が認められた。床上から天井に至る過程でも、やや不規則な分布がみられ、垂直分布においても、A 家屋に比べ一様性では劣っているものと推定しうる。上下差は最大約 7.0°C 程度で小さな値となった。

Fig. 20⁵⁾ は在来一般住宅における垂直温度分布の一例であるが、今回の測定もほぼ同様の結果を示しており、格別特性的な傾向は見られないものと考えられる。

A, B 両家屋の温度傾斜をみると、A 家屋は天井高が低いにもかかわらず上下差が 10°C となって、天井高の高い B 家屋の 7°C より 3°C も大きく急な温度傾斜を示している。このことは、A 家屋の気密性を含み熱絶縁性がすぐれており、保温性が良好であることを示し、B 家屋では、隙間からの自然換気による熱量損失が、かなり大きいことを示すものと考えられ、前章の測定結果を実証するものであるといえる。また A 家屋における、測定位置間の差異の小さなことは、前節の水平分布の結果と合わせ考え、屋内空間の温度分布は、かなり様な状態に保たれていることが認められる。

Fig. 21 は、冬期暖房した場合の温度変化の状態を測定したものである。測定日が異なるので戸外気温は両家屋同一ではなく、温度の絶対値もことなるが、上下位置による温度差が B 家屋の方が小さいことはさきのべた傾向と同様な傾向を示しており、また、断熱的には比較的性能の高い家屋であるにもかかわらず、室内温度変化はかなり敏感に外気温の変化を反映していることがうかがわれる。B 家屋で天井と床

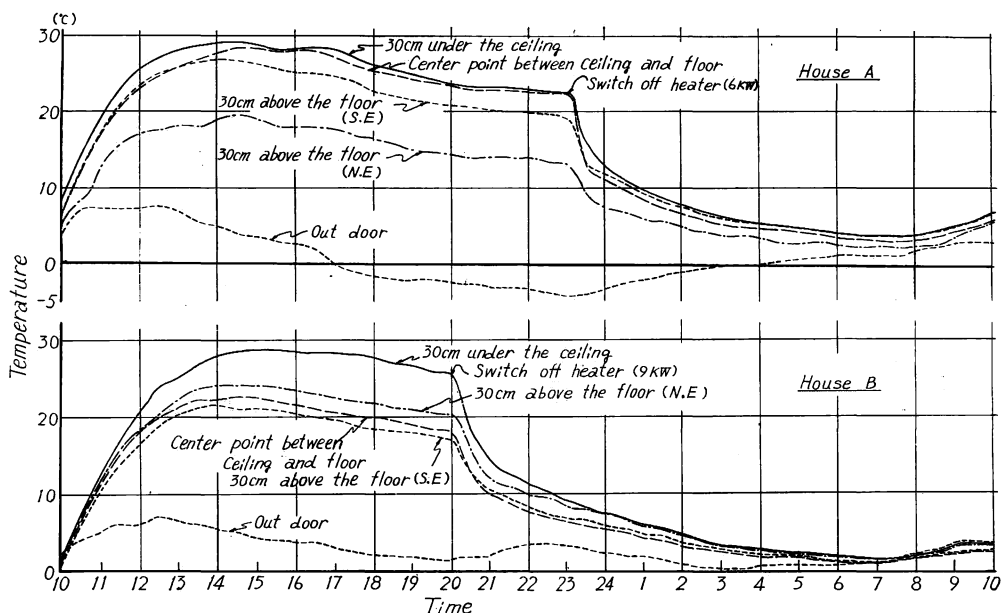


Fig. 21 屋内気温変化の一例

An example of changes of indoor temperature.

の中央位置が、天井下 30 cm の点と著しく離れているのは、構造上乱流部分があるためとおもわれ、興味があるが、その原因については、床上 30 cm の場合北よりの部分がむしろ高温度であったことの原因とともに、残念ながら追求できなかった。

5. 採 光 性

室内の明るさは、内装状態とともに直感的に居住者の感覚に反映するものであり、居住性能上、かなり重要な問題であるといえよう。

採光といった場合、太陽光を光源とする照明のことで、人工光源による照明を含まないのが普通である。したがって、この場合も、昼間時窓開口部から入射してきた光によって、室内の明るさがどの程度になり、どのように分布するかを検討した。

供試家屋 A, B の床面積に対する窓の面積率はともに 0.37 程度で、一般家屋のそれよりやや大きい値であるが、両妻部分に窓がなく、室内の壁面が材料の素地のままなので、逆に一般家屋よりやや暗い感じであった。

5-1. 測 定 方 法

測定方法は、Fig. 22 に示すような測定台を作って、その上に床上 50cm の位置で水平上向きに置いた反射率 18%の基準板から反射してくる光のうち、基準板上で垂直上方に 20cm 離れた位置の光量を入射光式の写真用露出計を用いて測定し、その値によって屋内各所の明るさの比較を行なった。写真用露出計は SEKONIC MICROLITE METER で、フィルム感度を ASA 100 にしたときの Light value 値と光量の関係は Fig. 23 のとおりである。なお、測定は 3 月におこなったが直射日光を避けて薄曇りの日を選び、測定台を 2 台使用して、日光が窓開口部に真直ぐにはいつてくる時刻を選んで、両家屋で同時に

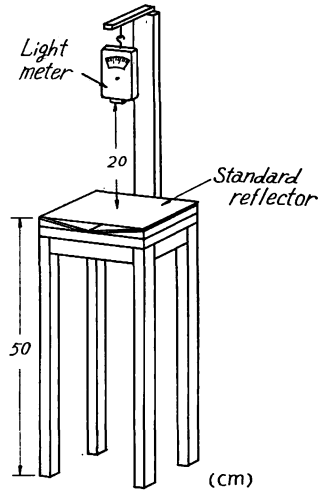


Fig. 22 明るさの測定装置
Measuring apparatus of lightness.

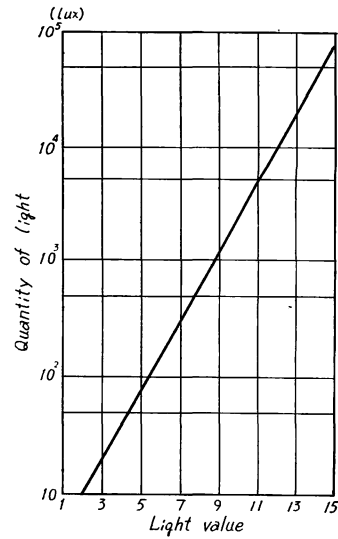


Fig. 23 露出計の目盛と光量の関係
Relation between light value and
quantity of light.

開始した。

5-2. 測定結果

Fig. 24 は A, B 両家屋における測定結果である。日光が家屋の窓壁の横方向に対し、ほぼ直角に入射する時刻 (a. m. 11.50) を選んで測定したので、家屋の長手方向の中心に対して、左右がほぼ対称的な

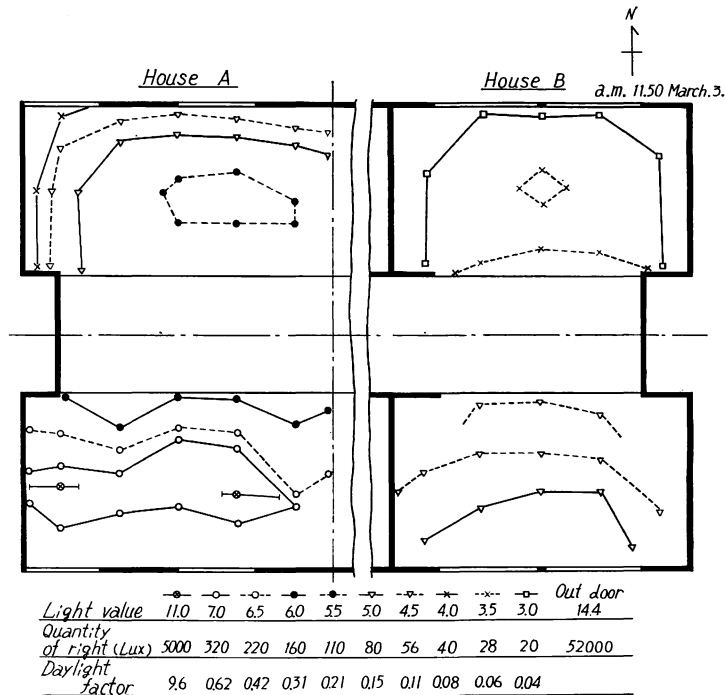


Fig. 24 明るさの水平分布
Horizontal distribution of lightness.

分布をしたので、両家屋の半分ずつを対照して図に示した。

A 型家屋の窓は、両側壁に床より 0.9 m の高さにあり、その大きさは、縦が 0.8 m、横が 1.95 m であるが、横半分は合板張りになっているため、採光上の開口部にはならないものである。このような窓が両妻間に連続して窓部を形成しており、採光に有効な部分は、床上 0.9 m の位置に、縦 0.8 m、横 0.98 m の大きさに、0.98 間隔 4 か所となる。そのほか、両妻上部にらん間窓があり、その大きさは $0.4 \times 1.5 \text{ m}^2$ である。

Fig. 24 の A 家屋の測定結果をみると、当然のことながら、全体的な明るさの分布は、おおむね南側から北側に向かうにしたがって小さな値となっている。南側床上での分布は、窓開口部の影響と考えられる波状形を示し、中心部付近が最も明るく、窓ぎわ部分は腰高の関係で、むしろ若干暗くなっている。北側床上の分布は、ほぼ壁に沿った形となり、やはり中心部が最も明るい値を示した。最も明るい南側床中心部での明るさは、約 220 lx、昼光率は 0.77 となり、これは測定日 3 月 3 日の入射光角高と窓高の関係でこの位置にハイライトができたものとおもわれる。最も暗い北側妻部分の明るさが約 40 lx、昼光率にして 0.08 となった。これらの値が示す明るさは、Table 12 に示す基準昼光率から知れるように、かなり

Table 12.²⁾ 基準 昼 光 率 表
Table of standard daylight factor.

段 階 Grade	作業または室の種別例 Example for room or work	基 準 昼 光 率 Standard daylight factor	左の場合の昼光照度 (lx) Illumination			
			明るい日 Bright	平 生 Normal	暗い日 Dark	非 常 に 日 暗 い Very dark
A	時計修理・星光のみの手術室 Repair of Clock · Operation room	10	3,000	1,500	500	200
B	長時間の裁縫・精密製図・精密工作 Sewing at long time · Precision drawing · Precision work	5	1,500	750	250	100
B'	短時間の裁縫・長時間の読書・製図一般 Sewing at short time · Reading at long time · Drawing	3	900	450	150	60
C	読書・事務・診察一般・普通教室 Reading · Office work · Medical examination · School room	2	600	300	100	40
C'	会議・応接・講堂平均・体育館・病室一般 Board room · Drawing room · Auditorium · Gymnastic hall · Patient's room	1.5	450	225	75	30
D	短時間の読書・美術展示・図書館書庫・自動車々庫 Reading at short time · Art exhibition · Stack room · Garage	1	300	150	50	20
D'	ホテルロビー・住宅食堂・居間一般・映画館休憩室・教会客席 Hotel's lobby · Dining room · Living room · Rest room · Chapel	0.7	210	105	35	14
E	廊下、階段一般・小型貨物倉庫 Corridor, Stair · Stock room	0.5	150	75	25	10
F	大型貨物倉庫・住宅納戸・物置 Warehouse · Back room · Storage	0.2	60	30	10	4

暗い部類に匹敵するのであるが、この場合、休息を主たる目的とする家屋の性格上、むしろ妥当な値であると考えられる。

B型家屋の窓は、白色ビニール板（グラスライト）を木枠の両面に張ったもので、開口部はA家屋同様、家屋の両側壁にある。その大きさは縦が0.54 m、横1.2 mが、上下2段につづいており、天蓋と窓を構成し、全体としては縦が2倍の1.08 mとなり、横はそのまま1.2 mの開口部となる。B家屋は前述のように、屋内中央に間切りがあって、一応、4部屋式になっているため、窓も各部屋の中央に位置するように配置してある。腰高は低く約0.3 mである。

Fig. 19のB型家屋の測定結果をみると、この場合も当然のことながら、大体の傾向はA家屋同様、南明北暗となり、南側床上で、明るさの分布が横に延び、北側床上ではほぼ壁に沿った分布を示した。B家屋は窓のある側壁に面した場合、壁が前傾していることと、窓の腰高が低いので、窓ぎわ部分で明るさが低下するようなことはみられなかった。したがって、最も明るい部分は南側中心部から窓ぎわにいたる部分で、明るさは80 lx、昼光率0.15となり、最も暗い部分は北側部屋壁ぎわ部分で、明るさ20 lx、昼光率0.04、となった。これらの値は基準昼光率表によれば最も暗い部類に匹敵するもので、家屋の性格からしても、やや暗すぎるようである。屋外が約50,000 lxと非常に明るいのかかわらず、このように屋内が暗くなることは、建物の形体が採光性の点でかなり不利な条件を備えているものと考えざるを得ない。

要 約

林野作業員宿舎を対象として設計、製作された、A、B2型式の組立家屋について、断熱性能を中心に、その居住性能を検討した結果、大要、次のような結論を得た。

1) 気密性について：屋外空気を屋内に吸引する際に生ずる家屋内外の圧力差 ΔP から家屋各部の隙間による通気量を求めて、隙間の程度を判定した。その結果、パネル接合部における隙間は、A、B両家屋ともほぼ同程度であると判断されたが、窓の隙間では、B型家屋にかなりな欠点があると考えられ、窓の形式、構造を改善する必要性が認められた。一方、在来の一般家屋との比較では、両家屋ともかなり劣るものと判断され、パネル接合部について、工法上、さらに検討の余地があるものとの結論を得た。

2) おもな部材の熱貫流率：特に実験用として作製したA～Dまでの4種の試験体（Fig. 10）について、その熱貫流率を垂直および水平の両位置で測定した結果（Fig. 12, Table 9）、スチロフォームを充填したDパネルが最も小さく、厚さ約7 cmのもので $0.87 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ となり、ついで、中空で表板裏面にアルミ箔を貼ったAパネル、ハニカムコアを充填したCパネル、中空のみのBパネルの順位となった。ここで、アルミ箔の効果がかなり大きいことが実験的に確認され、A、B両パネルを比較した場合、断熱効果はほぼ70 : 100に相当することが認められた。

3) 総合断熱特性：日照を避け夜間、屋内に特製の電熱器をストーブのかわりとして配置して暖房し、屋内気温がほぼ定常に達した時点で、屋内外の温度差、外気の風向、風速を同時に測定して隙間による通気量を算出し、それによる損失熱量と電熱器の発生熱量との差が家屋の全壁体を貫流する熱量であると見なし、総合熱貫流率 K を求めた。その結果、A家屋の K は $1.049 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 、B家屋の K が $1.636 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ となって、寒冷地向けとして設計されたB家屋の方が劣る結果となり、部材の選定、構造上の問題等設計上に検討すべき余地が多かったことを示し、特に断熱材の使用について大いに今後検討する必要がある。

4) 屋内の温度分布：水平分布を居住域床上 0.3m の位置で測定した結果 (Fig. 17, 18), A 家屋ではヒーター 3 台 (6 kw) を中央に集めて使用したので、等温線の形はほぼ建物の形状に沿ったものとなり、中心部と床上中央部との温度差は約 2°C, 中心部と隅との差は約 4°C であった。温度傾斜は中心部、辺部とではほとんど差がなく、土間、床の区別なく建物全体に一樣の傾斜が認められた。B 家屋では、一応、4 部屋型に造られているため、ヒーターを中央土間にあん分して配置したので、高温部の等温線が長楕円形となった。床上での最高、最低の温度差は 2.5°C~3.0°C 程度で、かなり一樣な分布を示し、温度傾斜もゆるやかであったが、中央部の最高温度と辺部との差は 5°C 以上にもなって、やや大きいものと思われた。中央部における温度傾斜も急であり、設計上一考を要するものと考える。

垂直分布は図 (Fig. 16) の H₁, H₂ 両位置で測定した結果 (Fig. 19), A 家屋では、測定位置間での分布の差はあまりなく、居住域においてはかなり一樣な分布をしていることが認められたが、上下差は最大 10°C 程度となり、天井高が B 家屋に比べ、かなり低めなので温度傾斜も急なものとなった。B 家屋は測定位置間での分布状態が若干異なっており、垂直分布でも一樣性を欠くきらいがあった。上下差は 7°C 程度で A 家屋より小さかった。また、在来一般住宅における分布例と比較した場合、ほぼ同様の傾向であることが認められた。

5) 採光性：居住域床上 0.5m の位置で基準板から反射してくる光を、基準板上 20cm の位置で測定して、窓開口部より入射してくる日光の明るさの分布状態を求めた結果 (Fig. 24), A 家屋では最も明るい部分が南側床中心部で、明るさ 220 lx, 昼光率 0.77 となり、最も暗い部分は北側妻部分で、明るさ 60 lx, 昼光率 0.2 となった。B 家屋では最も明るい部分が、A 家屋同様、南側床上中心部で、明るさ 80 lx, 昼光率 0.15, 最も暗い部分は北側部屋壁ぎわ部分で、明るさ 20 lx, 昼光率 0.04 となった。これらの値を Table 12 の基準昼光率表に当てはめると、A 家屋がかなり暗い部類となり、B 家屋は最も暗い部類になって、休息を主たる目的とする家屋の性格上、特に不都合がないとはいいいながらやや暗すぎ、とくに B 家屋は顕著であった。

文 献

- 1) 上村 武・梅原 誠：木造組立家屋に関する研究 第 1 報, 林試研報, 152, pp. 1~71, (1963).
- 2) 平山 嵩・前川国男：新制建築計画, オーム社, p. 33 (1958).
- 3) 沢田 稔ほか：木造組立家屋に関する研究 第 2 報, 林試研報, 152, pp. 73~149, (1963).
- 4) 沢田 稔ほか：木造組立家屋に関する研究 第 3 報, 林試研報, 158, pp. 71~135, (1963).
- 5) 渡辺 要編：防寒構造, 理工図書, (1957).
- 6) 日本建築学会：採光設計 (1963), 小木曾定彰：光の調整, 建築士 13, p. 146, (1964).

Studies on Prefabricated Wooden Houses. 4.**On the dwelling availabilities of houses trially built.**

Takeshi UYEMURA, Saburo ISAKA and Hisayoshi SAITO

(Résumé)

The purpose of this research was to obtain designing data on the dwelling availabilities of prefabricated wooden houses for forest workers. Especially in this experiment, the qualities of heat insulation of houses and assembly members were investigated. The data details of the architectural construction of these houses were described in previous papers¹⁾²⁾³⁾.

The main results obtained may be summarized as follows:

1) The airtightness of house: The airtightness of house can be estimated from the difference of atmospheric pressure between inside and outside of the house. The diagram of the apparatus for this experiment is shown in Fig. 5.

The extent of crevice at the jointed parts of panel are the same in both A-type house and B-type, but as to that of the windows, B-type house was inferior to A-type (Table 5). The airtightness of these houses seems to be inferior to that of the ordinary wooden house, that is, the non-prefabricated.

2) The thermal transmittance of the test panel: The architectural construction of the test panel appears in Figure 10, and the apparatus for measurement of the thermal transmittance is shown in Fig. 11.

The thermal transmittance of the test panels was measured at two positions... the horizontal and the vertical. The obtained result of the thermal transmittance was found to be minimum at the D-panel, and to continue in the order of $C < A < B$ panel. Hereupon, the thermal insulation of the aluminium foil that was stuck on the back face of A-panel was more effective as compared with B-panel. The ratio of the insulating effect of A panel to B panel amounts to about 100 : 70 (Table 10).

3) Synthetic thermal insulation of house: We calculated the thermal transmittance of all over the house radiating from electric heaters placed in the house, taking into account the loss of heat caused by the natural ventilation of house.

As a result, we found that the thermal transmittance of A-type house can be calculated as $1,049 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ and that of B-type house, which was designed for cold-weather districts, can be calculated as $1,636 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$. It may be considered that B-type house had much more crevices of wall than A-type house.

4) Temperature distribution inside the house:

i) Horizontal distribution: We measured the horizontal distribution of temperature at 0.3 m above the floor by the potentiometer type thermometer (Fig. 16).

The isothermal lines in A-type house run parallel to the wall, for the reason that three electric heaters were placed at the center of the house as shown in Fig. 17. The difference of the temperature between the floor and the center of the room amounts to about 2°C , and that between center and corner of room 4°C . The observed temperature gradient was nearly equal at all parts of the house. And the isothermal lines of B-type house look like an ellipse at the high temperature part, because the electric heaters were proportionally

placed on central unfloored part (Fig. 18). The temperature distribution of B-type house was fairly uniform and the difference between maximum and minimum was $2.5^{\circ}\text{C}\sim 3.0^{\circ}\text{C}$ above the floor. The temperature gradient went slowly down with approaching the wall. But the difference between center part and corner part amounted to 5°C , and the temperature gradient changed abruptly at center part.

ii) Vertical distribution: We measured the vertical distribution of temperature at point H_1 and H_2 as shown in Fig. 16. The difference between both points was scarcely recognized, and the temperature distribution was uniform above the floor of A-type house. However, the difference between temperature of under the ceiling and above the floor was observed as 9°C . This value was a little larger than that we expected. In the case of B-type house, the state of temperature distribution at measuring position H_1 differed a little from that of H_2 , but the difference of temperature was confined to 7°C (Fig. 19).

5) Natural lighting: We measured the distribution of sun-lightness at 0.5m above the floor of house using the MICROLITE METER (photography exposure meter). The distribution of lightness A-type and B-type is shown in Fig. 24.

These measured values belong to dark group of lightness referring to the table of standard daylight factor (Table 12).