

平成6年度 農林水産省補助事業
利用技術推進事業間伐材需要開発事業

学校内装木質パネル化の調査研究報告書

平成7年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



目 次

はじめに

調査研究要綱	1
第1章 木質パネル内装化による居住環境の改善	4
1 目的および実験方法	5
(1) 温熱環境に関する評価	6
(2) 音響環境に関する評価	6
2 実験結果	10
(1) 木質内装化による温熱環境の改善	10
(2) 木質内装化による音響環境の改善	15
第2章 パネル化工法の実現化	17
1 パネル化とモデル施工図の提案	18
2 施工における設計予想見積りについて	25
3 デモモデル施工写真	26
むすび	28

はじめに

1985年8月に文部省文教施設部長名をもって、学校の空間と施設を、ゆとりと潤いのある環境に転換するために、積極的に木材を使用するよう通知が出され、併せ、学校施設に対して、木材を使用した場合には国の補助率が引き上げられた。

このことにより、従来ごく一分の分野に限られていた木質環境と、児童や生徒の心まで踏み込んだ環境と心理の論議が高まり、改めて学校施設の内装や設備等に、若干ながら木質化が普及つつある。

学校施設等の木質環境による教育的効果については、体験的評価による価値基準での求評データが中心とはなっているが、木材の優れた特性がそこに現われている。

木材の特性が人間の五感にとっての価値評価が高いということは、教育現場が情緒安定を前提とした教育環境を求めているだけに、非常に重要な位置づけであり、我々木材に関係する者としては、この体験的価値評価を、より科学的に解明することで、さらなる普及促進がされることを望むところである

そこで、この研究委員会としては、第一に、聴覚としての音響効果と、触覚としての温熱効果について、木材の優れた特性分析を、科学的に出来る限り解明することとした。

さらに、第二としては学校施設内の木質化について、従来の工法である現地加工による現場施工方式に対して、工場生産によるパネル化工法についての実現化の研究である。

パネル化の検討についての狙いは、前年度の研究委員会で述べたところであるが、その主要項目を以下に改めて申し上げますと、

- ①工場生産によるパネル化とそのキット化で生産効率を高める。
- ②キット化の計画生産によるコストダウンの追求。
- ③現地組み立ての単純化で作業効率の向上と、単純施工は専門施工者や熟練作業員による施工を単純作業員等による組み替え施工となる。
- ④均質均一施工と工期の短縮。
- ⑤素材加工の歩留まり向上。等々

であるが、在来木造住宅にあっては、今日、プレカット工法が取り入れられて、軸組については目覚ましい合理化と、単純施工が可能となっている。しかし、造作については、従来の施工方式が主流である。

その、なぜかについて検討を試みるのが、とりもおさず学校施設内の木質内装パネル化の研究である。

複雑の単純化の研究が、副次的に他方面についての知識習得ともなり、委員会の成果は価値の高いものであった事を申し上げ巻頭の挨拶とする。

平成7年3月

学校内装木質パネル化研究委員会

要 綱

1 趣 旨

生徒・児童に、暖かみのある教育環境を提供する一つ的手段として、教育施設の木造化の有効性がかなり広く認識されるようになってきており、新改築に当たっては、木造、あるいは内装に木質建材を採用する校舎等がかなり増えつつある。

一方、RC構造主流の時代に建築された校舎の中には、生徒数の大幅減少や教育カリキュラムの改定、設備の拡充に対応するため、リフォームの必要性に迫られているものが増えつつある。教育環境の改善はもちろん、地域林業・林産業の振興を図るためにも、こうしたリホームに対しても、木質化に積極的に取り組むことが重要と考えられる。

しかし、木質化による学校リホームについては経験が少なく、しかも、工期に制約あることから、パネル化等施工技術の工夫・改善・標準化について検討が必要と考えられる。

2 事業の内容

- (1) 校舎等の木質パネル化によるリホームの検討
- (2) 木質内装化による温熱等の環境改善に関する研究

3 事業期間

平成5、6年度

4 パネル化の狙いと問題点

パネル化の狙い

- ①工場でのキット化（ノックダウンによる部品化）で生産効率の向上
- ②キットの計画生産によるコストダウンの促進
- ③工場生産と現地組み立てにより、指揮監督者を除き単純作業員による施工の可能性の追求
- ④工期の短縮化
- ⑤現場作業員の削減によるコストの削減
- ⑥キット化による素材加工の歩留まり向上
- ⑦現場作業の安全性の向上
- ⑧キット化による組み立て・取り付け工の養成の容易化
- ⑨均質均一な仕上がりを求めたキット化

パネル化の問題点

- ①部品化による均質均一施工のために施工校舎にたいする正確図面の調達
- ②工場生産は受注量によってはコストアップ
- ③部品の精度やコストダウンのために複合部品化の研究が必要
- ④コストダウンのためには下地外材、表面内地材の検討も必要
- ⑤パネルの重量削減の検討
- ⑥スパンの幅を狭くすることにより残材の削減と汎用性の向上
- ⑦既存建築の精度が設置時の施工にひと工夫を要する点の技術の開発

5 委員会構成

氏 名	所 属
遠 藤 恭 延	静岡県・静岡工業技術センター
池 上 元 一	同 上
小 川 省 一	静岡市・静岡市商工部産業振興センター
磯 谷 育 男	富士木工株式会社
山 崎 善 利	企業組合針谷建築事務所
高 塚 篤	静岡県中小企業団体中央会
南 条 至 朗	協業組合ジャパンウッド
滝 浪 龍 司	株式会社タキナミコーポレーション
影 山 善 二 郎	株式会社ヤマカ
影 山 弥 太 郎	木質内装材研究会

委員会において、静岡県工業技術センター櫻川智史氏、静岡県中小企業団体中央会木村通利氏より専門指導を得た

6 要約・キーワード

国産針葉樹小径木等を構成部材として、校舎などの床や壁面等を施工にも適用できるようなパネル化技術や施工技術を校舎のリホームを前提として開発するとともに、木質内装の持つ温湿度の調節機能・音響的特性の調査研究を行っている。

木質環境は、非木質環境に比較し暖房時の温度上昇が高く、暖房中止後の温度降下も緩やかであること、床面の温度上昇大きく温熱居住環境の改善効果が認められた。また、木質環境は、残響時間は最適値の0.5秒に近く、周波数特性も平坦で非木質に対し優位性が認められた。

パネル化については、施工設計の提案(例)を行うとともに、実行に移す場合の費用等の問題点・課題について報告されている。

<キーワード>

木質内装、国産針葉樹、学校、校舎、パネル、リホーム、温熱環境、音響環境、温度、湿度、残響時間、周波数、キット、熱流速、サーモグラフィ、エコータイムパターン、指数減衰波形、

第 1 章 木質パネル内装化による 居住環境の改善

1 目的および実験方法

【目的】

鉄筋コンクリート造建造物は、オフィスや集合住宅はもとより学校建築の主流を占めている。住宅は「量から質」の時代に大きく変わりつつあり、オフィスや学校では長時間のストレスを、その環境下でどのように対処していくかが重要な課題となる。その中で、比較的受け入れられやすい木質空間への要求が強くなってきているが、木質材料がコンクリートと接触したときの基礎的研究は極めて不足しており、木質材料独自の性質とコンクリート躯体とは分離した状態にある。ここでは、コンクリート躯体において木質材料の特性を生かすことによって、居住空間の改善をはかることを目的とし、特にその温熱環境および音響環境について検討した。

【実験方法】

静岡県静岡工業技術センター内の1室に木質パネルによる内装を施し、施工前後において比較した(写真1、写真2)。試験室は2階(木質パネルにより内装化した部屋)および3階の西寄りに位置し、アルミサッシの開口部は西側に面する。なお、木質の床は、ウレタン樹脂塗料による塗装を施した。

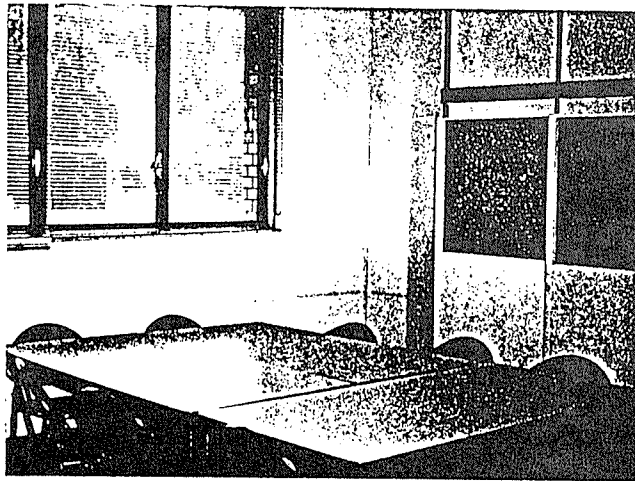


写真1. 静岡工業技術センター3階相談室

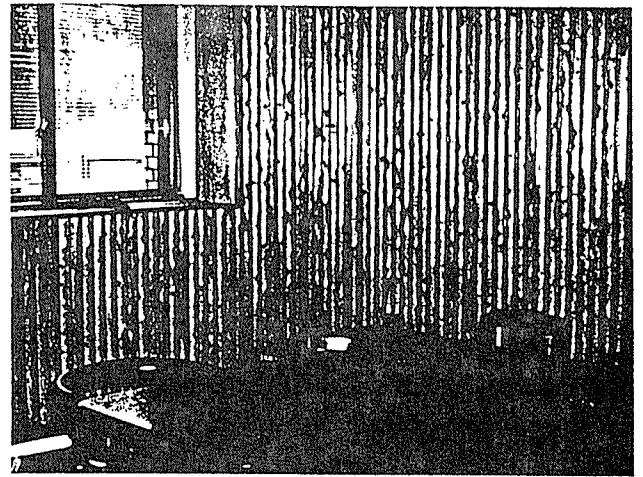


写真2. 静岡工業技術センター2階相談室
(木質パネルにより内装化した部屋)

(1) 温熱環境に関する評価

開口部、中央部、壁、床、天井など計25か所に熱電対(銅-コンスタンタン熱電対)、中央部にはWBGT計(京都電子工業㈱ WBGT-101)、床には熱流センサー(京都電子工業(株) Kemtherm HFM EMセンサー)を取り付け、温度、湿度、熱流速度等の測定を行った。測定は、外気温の変動が少なくなった夕夜半から10分間隔で4時間行い、測定開始時には、石油ストーブ(松下電器産業(株) OS-51C対流型0.55l/h)を熱源として2時間暖房した(図1)。また、温度分布の比較については、サーモグラフィ装置(JOEL社製 JTG-4200)を使用した。

(2) 音響環境に関する評価

音源として競技用のピストルを使用し、廊下側1.5mからのピストル音を窓側1.5mの位置においてマイクロホン(SONY EMC-959A)により集音し、DAT(SONY TCD-D7)に録音した(図2)。その後、エコータイムパターン、残響時間等について解析を行った。また、音響試験については、木造(静岡市立峰山小学校)および非木造(静岡市立籠上中学校)の体育館についても同様に測定した(図3、図4)。

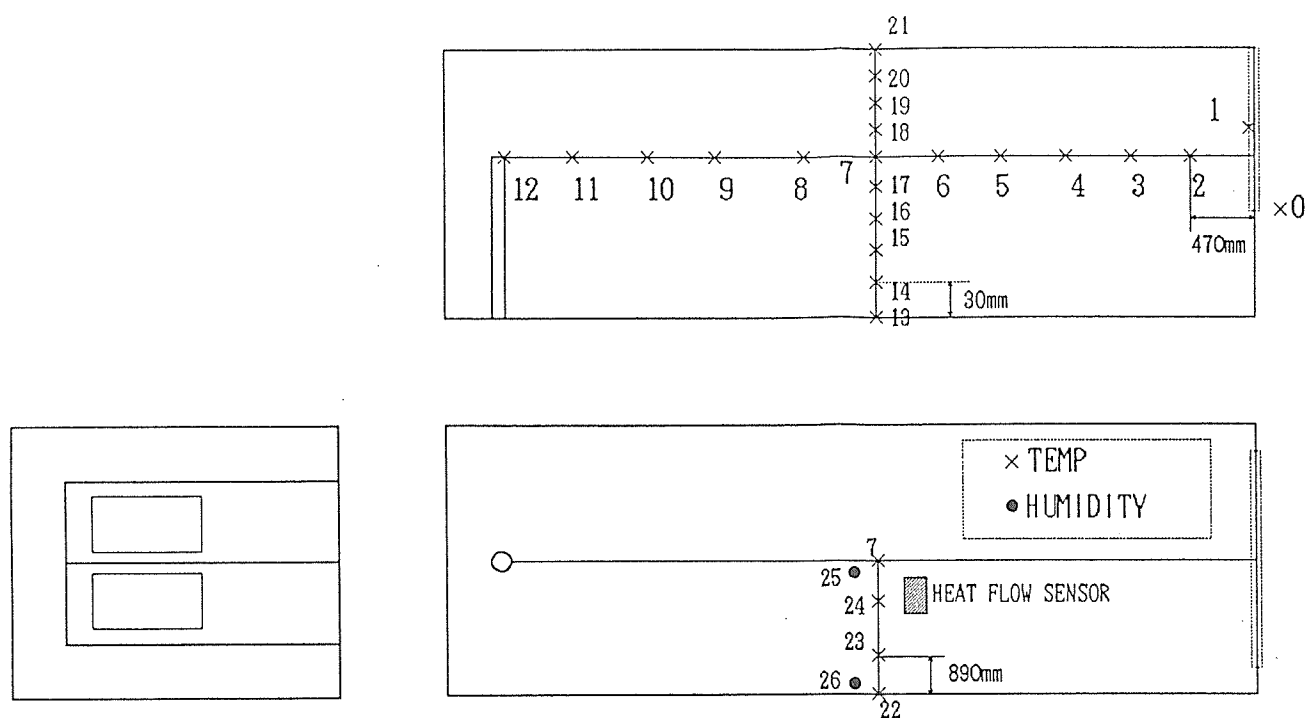


図1. 静岡工業技術センター相談室内の温湿度データ測定位置

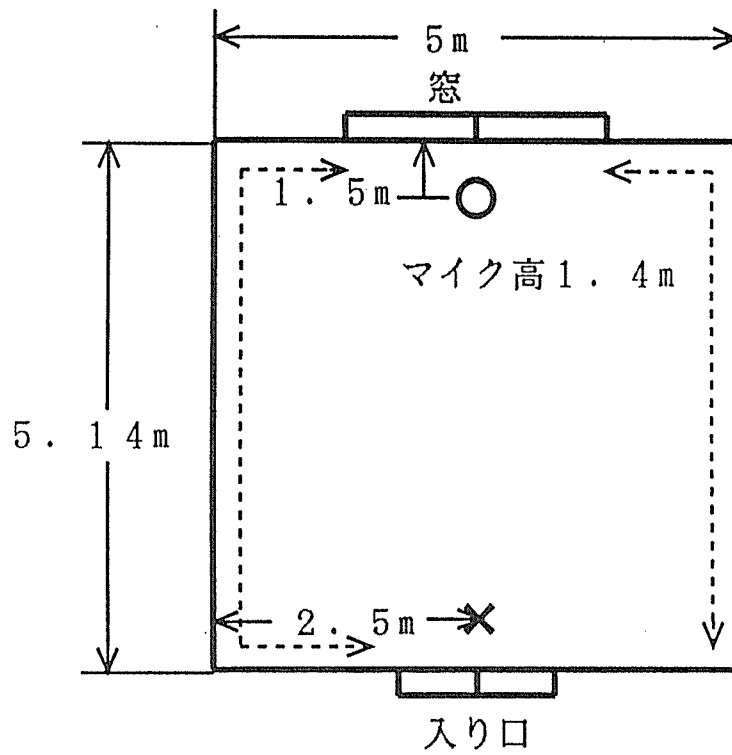


図 2. 静岡工業技術センター相談室内の音響特性試験

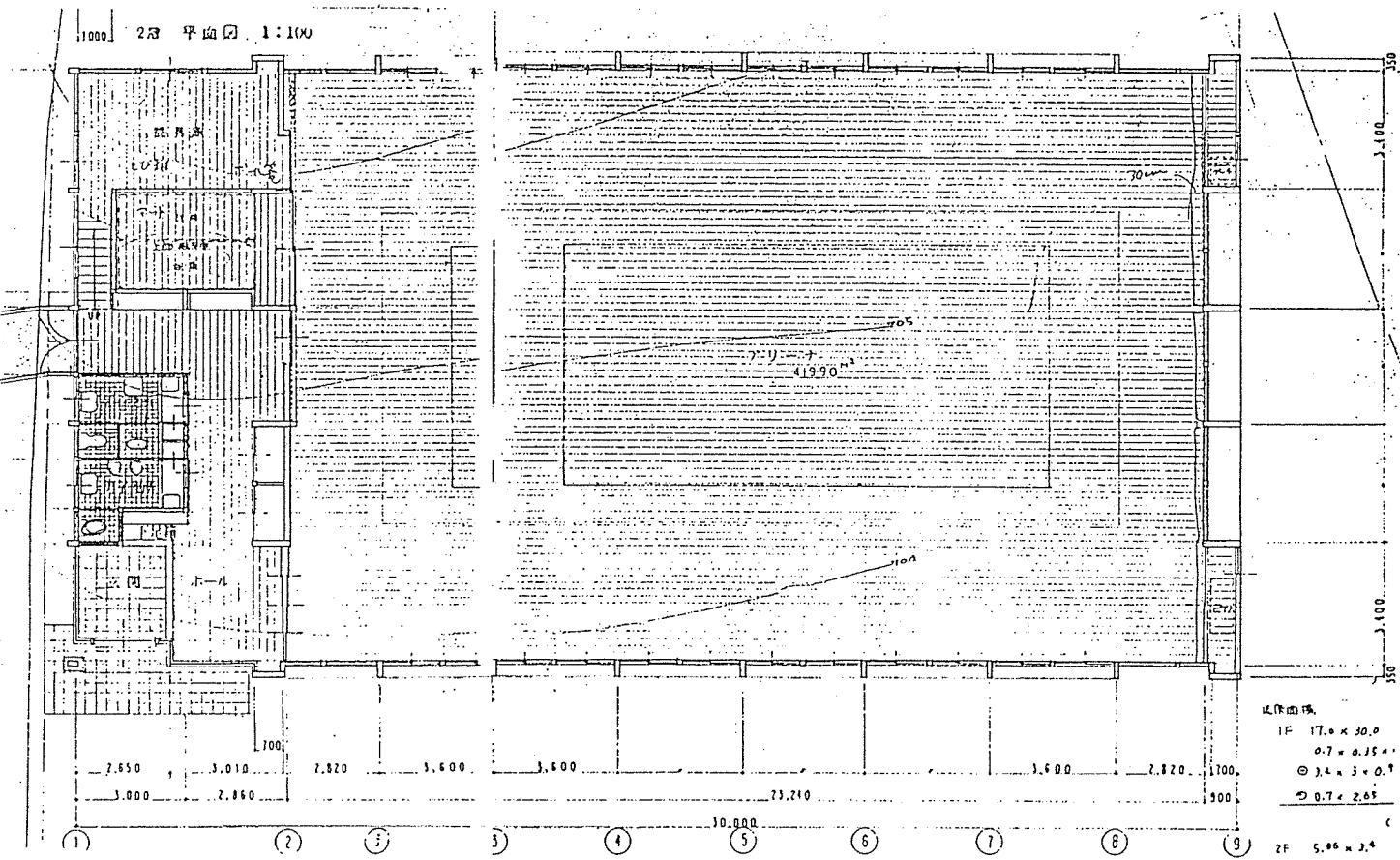
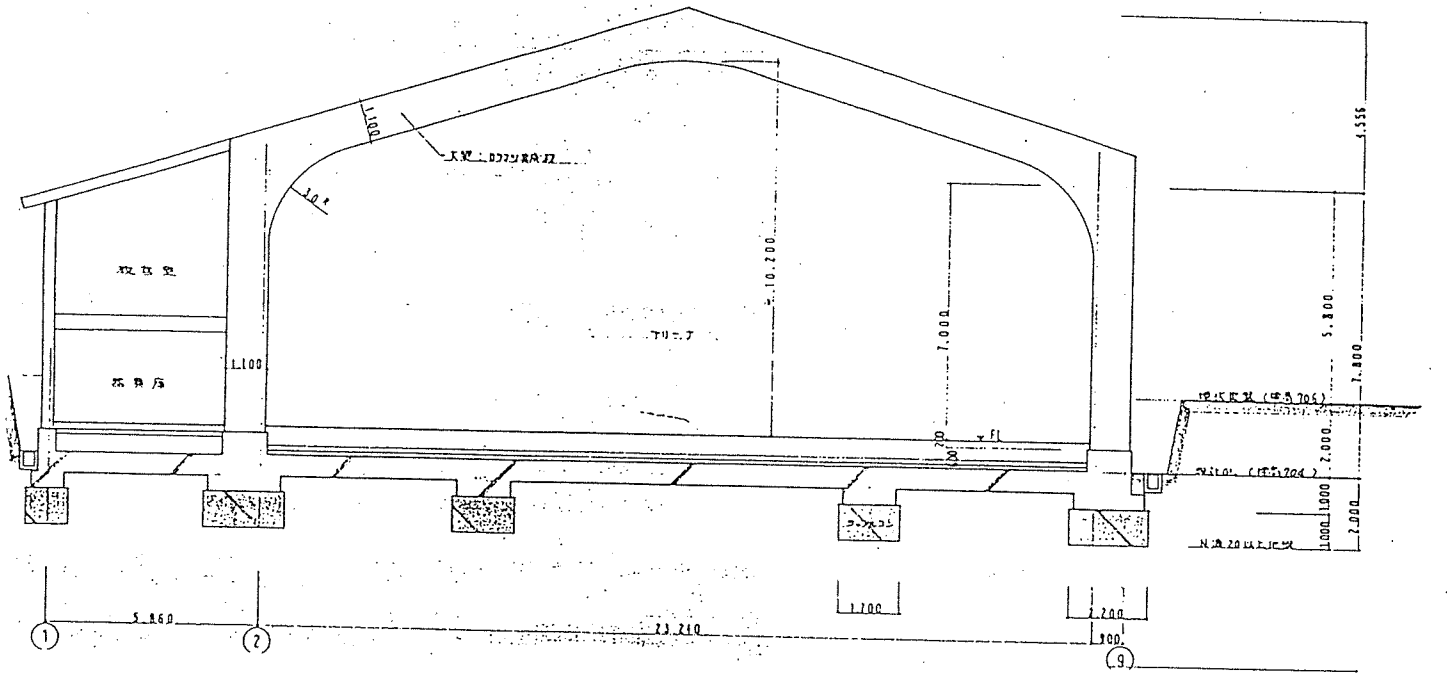


図3. 木造体育館（峰山小学校）の平面図および立面図

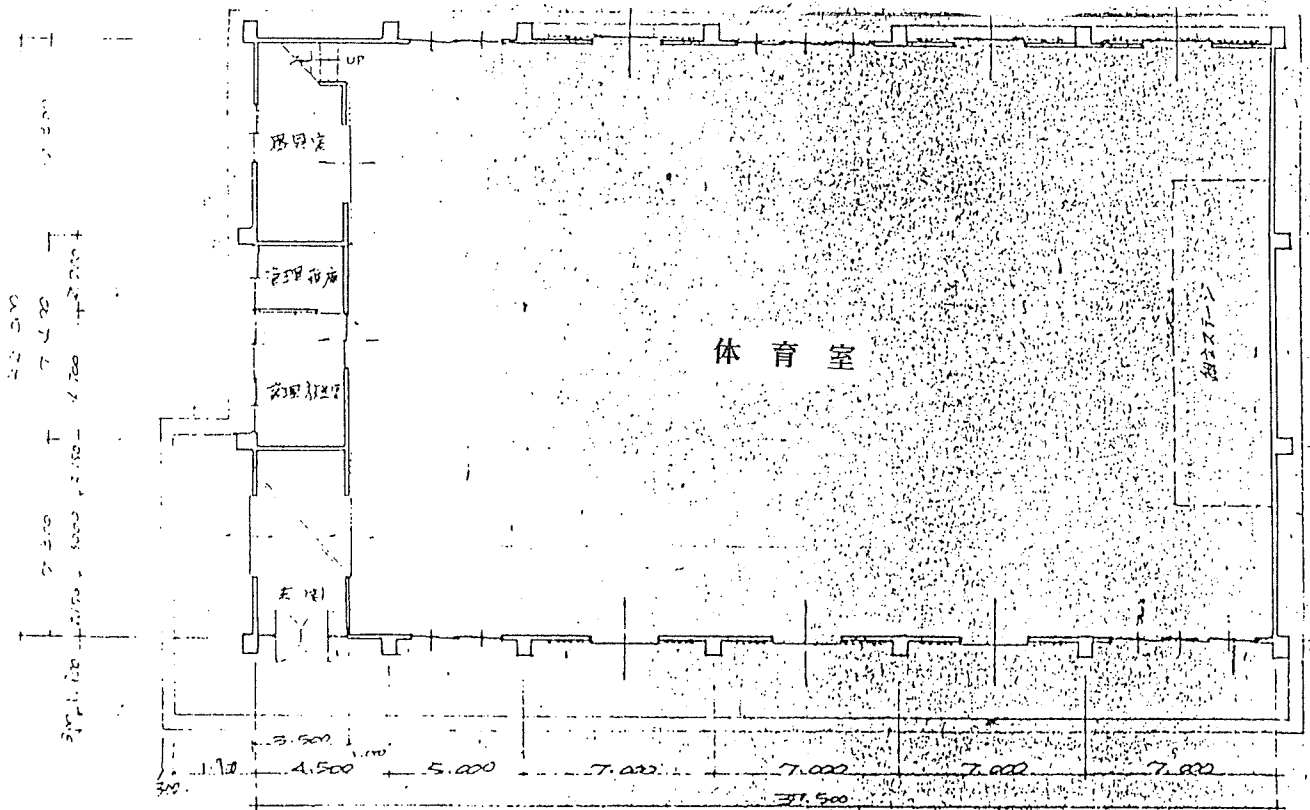
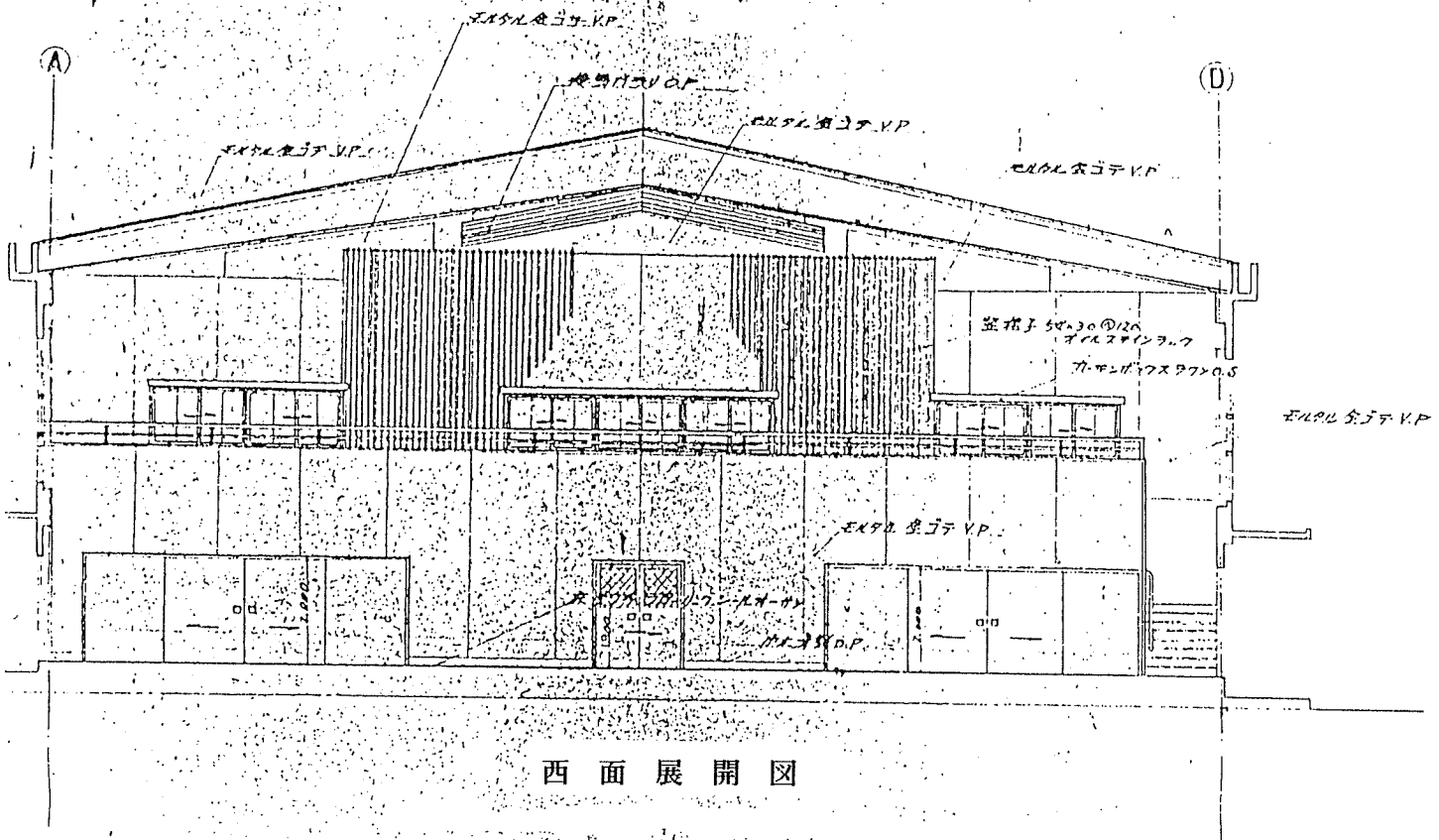


図4. 非木造体育館（箆上中学校）の平面図および立面図

2 実験結果

(1) 木質内装化による温熱環境の改善

図5に木質パネル内装化前（以後非木質という。）と木質パネル内装化後（以後木質という。）の室内中央部における温度および湿度変化について示す。いずれにおいてもその躯体の熱容量の高さから室温変化についてあまり差異が認められないが、湿度変化については、非木質の方が大きく変動し、木質内装化による室内の調湿性能の向上が認められた。

図6、7にサーモグラフィ装置による温度分布の比較について示す。木質内装化により、隅角部の温度が均一化される。これは、木質内装化により、内側断熱されコンクリート躯体へのヒートブリッジが遮断されたためであると考えられる。

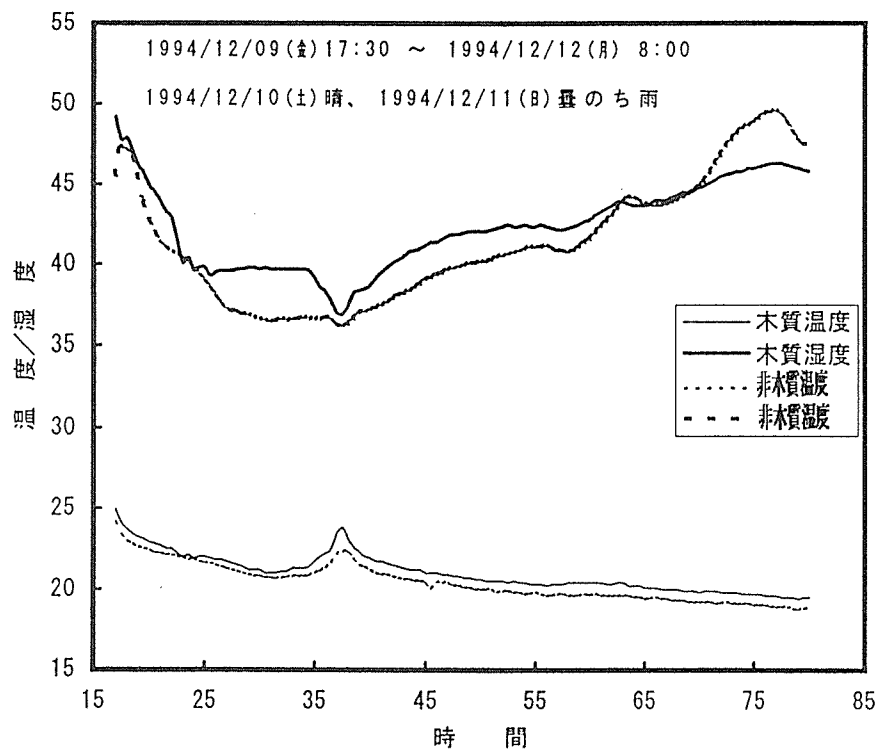


図5. コンクリート建築物における木質および非木質内装材の温湿度変化

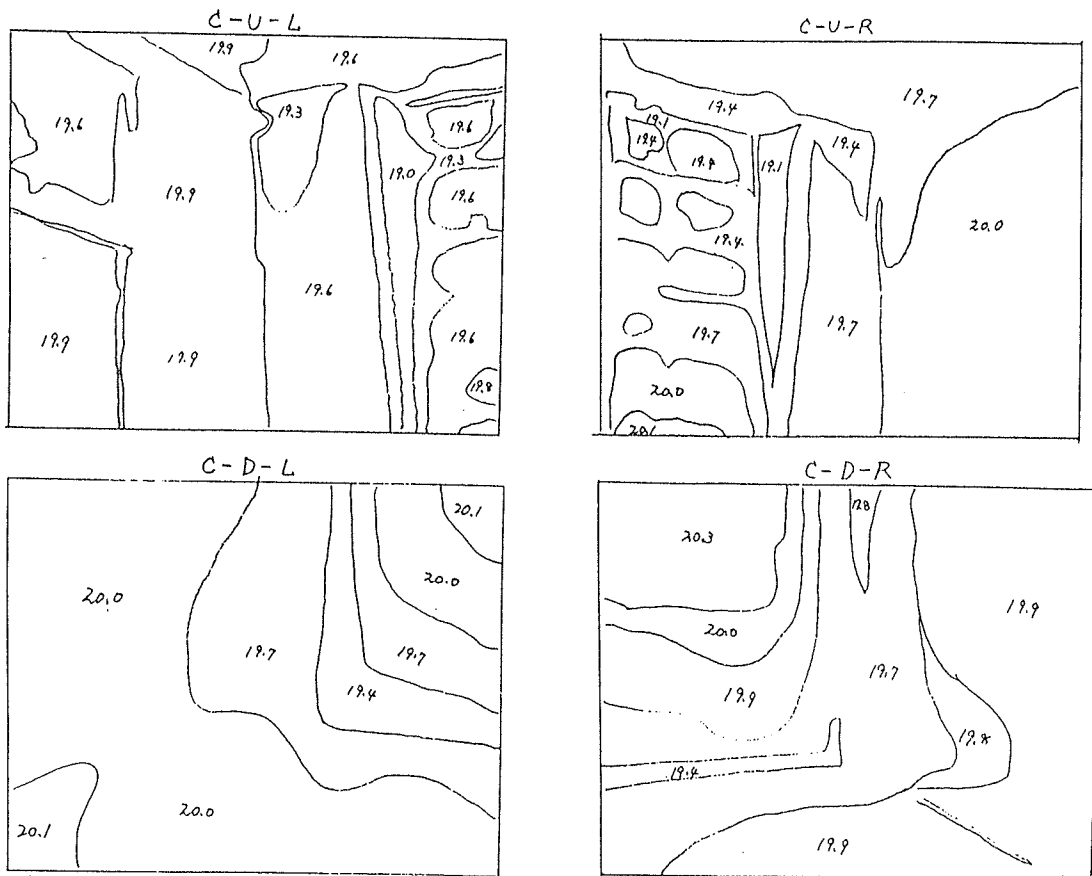


図6. コンクリート建築物における非木質内装材の温度分布

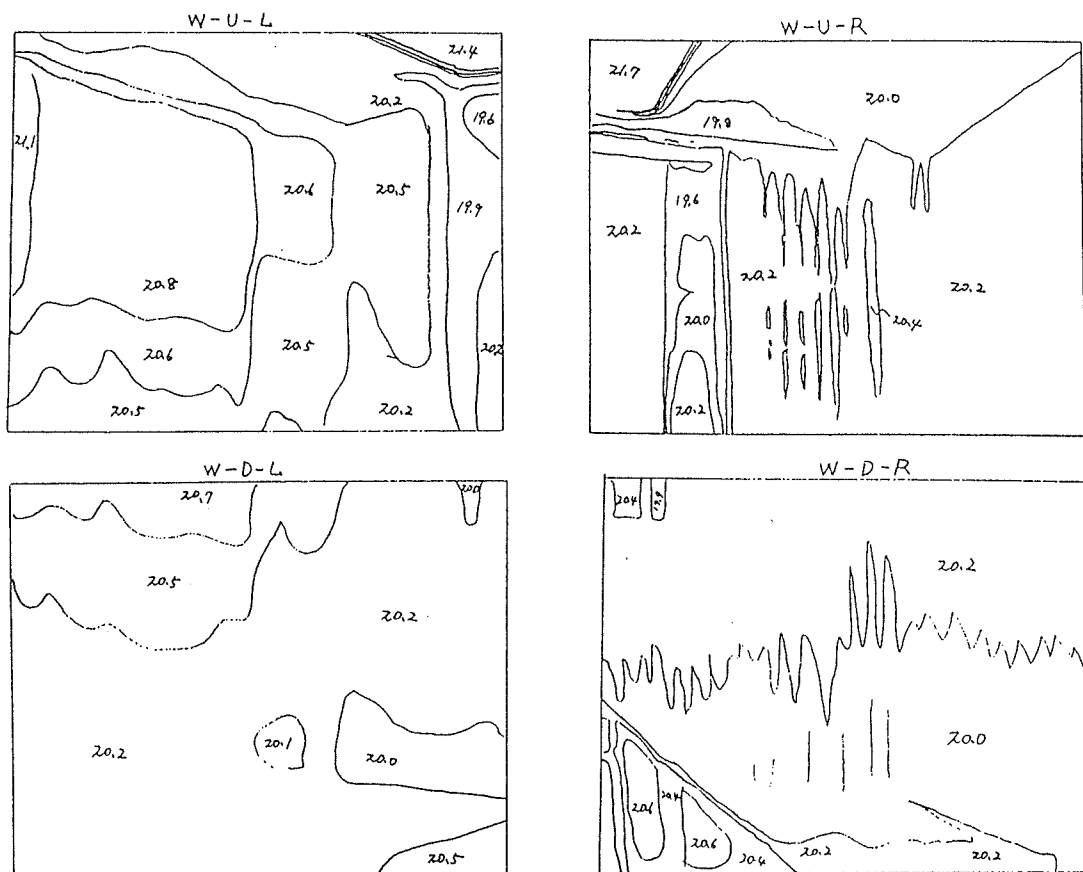


図7. コンクリート建築物における木質内装材の温度分布

図8に非木質および木質環境における暖房時の温度変化を示す。木質は非木質に比べ温度上昇が高く、また暖房中止後の温度降下も緩やかであることから、暖まりやすく、冷めにくい環境に改善されたことがわかる。このことから、コンクリート躯体の木質内装化は、コンクリートの蓄熱性に木質の断熱性が付与され、エネルギー的に有効な構造であると思われる。

図9に垂直方向温度分布を示す。非木質および木質とも暖房により空気が暖められ、暖気が上昇し、室内上部の温度が上昇する。しかし、床面温度は木質の方が温度上昇が大きく、人体が接する床面において暖房効率の良いことがわかる。

図10に暖房試験における水平方向温度分布を示す。非木質、木質のいずれも窓からの熱損失が大きく、窓等の開口部の断熱性の向上が望まれる。

図11に床面／室内界面における熱流速度について示す。暖房開始後室温が上昇するに伴って床面から損失する熱流速度も増加し、暖房中止後、室温低下に伴って熱流速度も低下する。木質は非木質に比べ、床に流れる熱流が少なく、断熱性の向上が認められた。また、暖房時および非暖房時において床面に失われる熱流が少ないことは、暖房効率が高く、底冷えしないことにつながり、鉄筋コンクリート造の木質フローアー化により、温熱居住環境は大幅に改善されると考えられる。

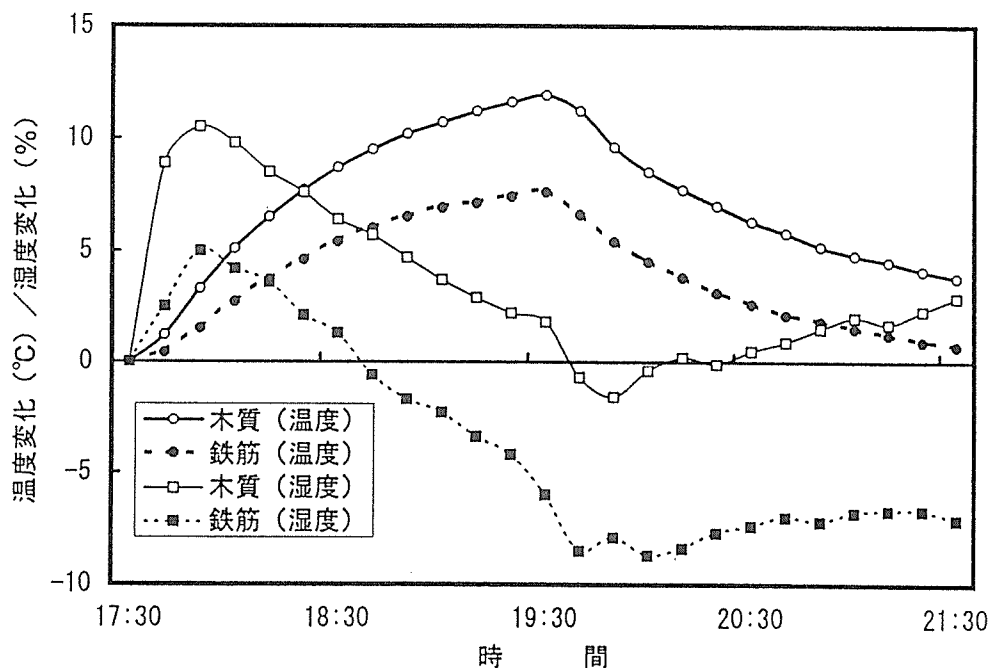


図8. 非木質および木質環境における暖房時の温度変化

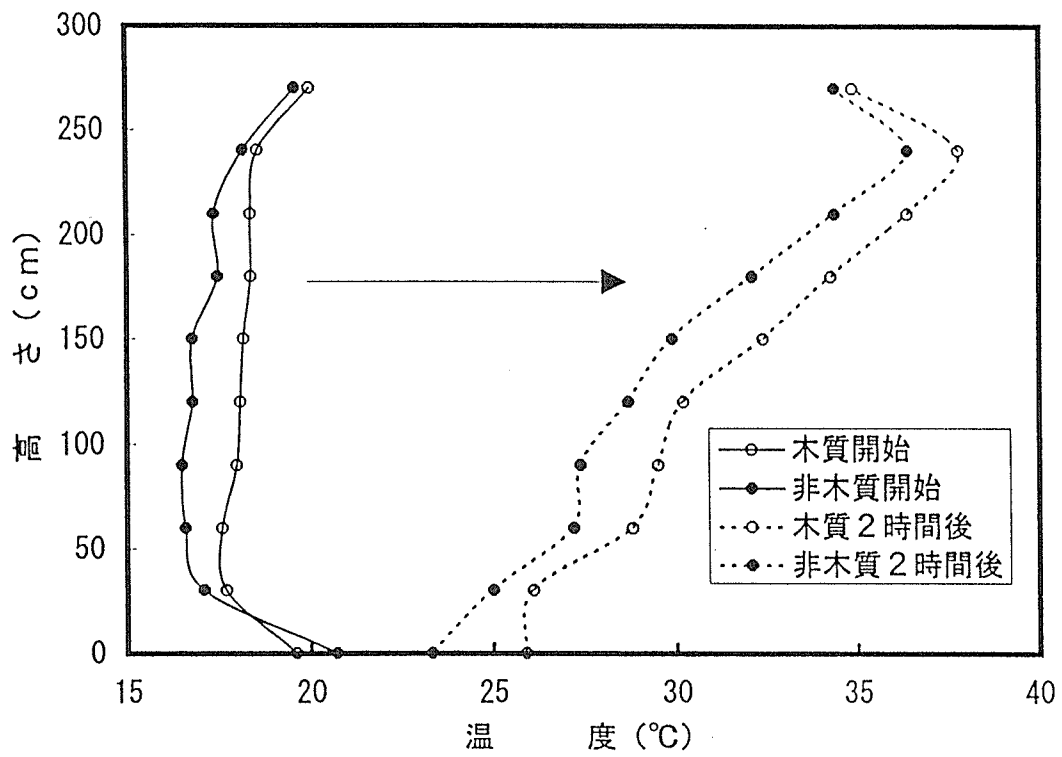


図 9. 暖房時における垂直方向温度分布の比較

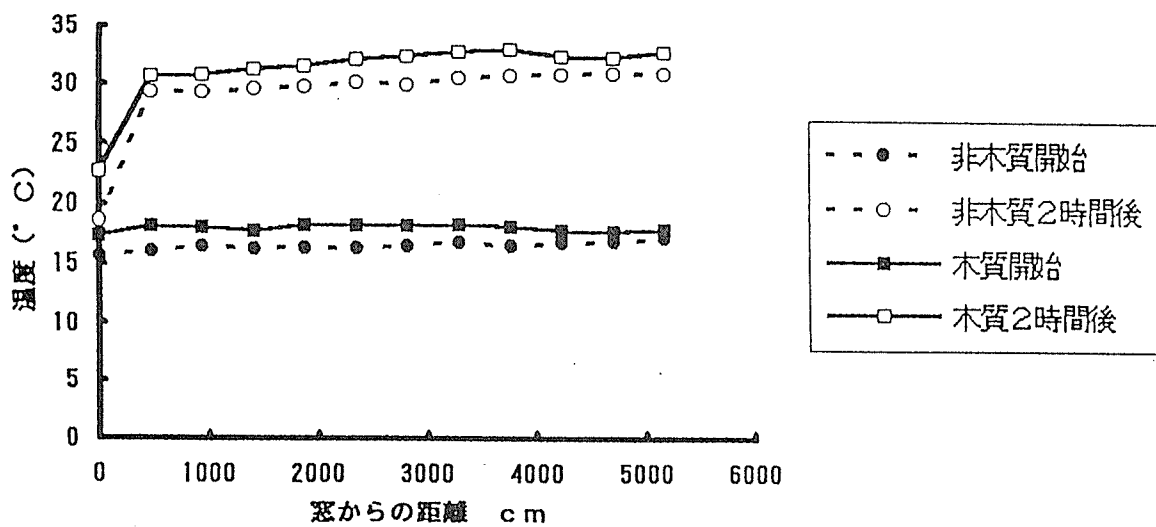


図 10. 暖房時における水平方向温度分布の比較

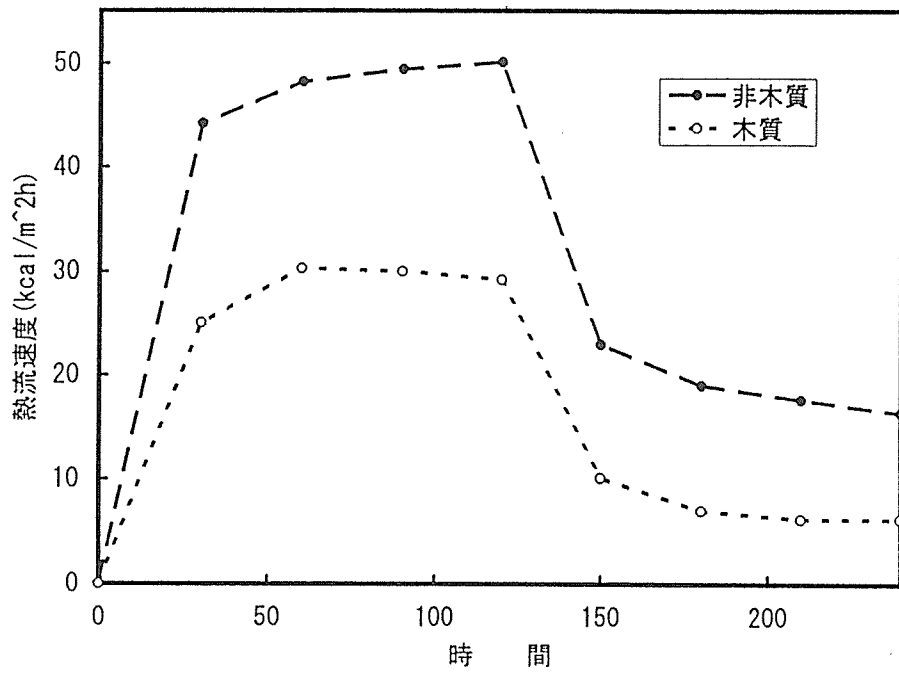


図 1 1 . 暖房時の床面 / 室内界面における熱流速度の比較

(2) 木質内装化による音響環境の改善

図12に残響時間について示す。内装を木質化することにより、残響時間は短くなった。残響時間の最適値は、室内の規模・使用目的などによって異なるが、小規模な会議室では0.5秒程度とされており、木質内装化の優位性が認められた。また、残響時間の周波数特性は、なるべく平坦であることが望ましく、木質内装化により平坦化したことから、室内の音響環境が改善されたと考えられる。

図13、14に木造および非木造体育館における中央部での短音応答波形を示す。このような短音応答波形はエコータイムパターンと呼ばれており、これから直接音、初期反射音、残響音の音圧振幅および到達時間の相対的な関係を読みとることができる。一般に直接音から約0.05秒以内に到達する初期反射音は直接音を補強する効果があるが、それ以上遅れて独立した反射音があるとエコー障害になるとされている。木造体育館の初期反射音は、非木造の体育館に比べ初期反射音の比率が大きく、音の明瞭さが良いと考えられる。また、自然な残響感が得られる音場では、モミの木を横にしたような指数減衰波形が観測されることから、木造の音響特性の優位性が伺える。

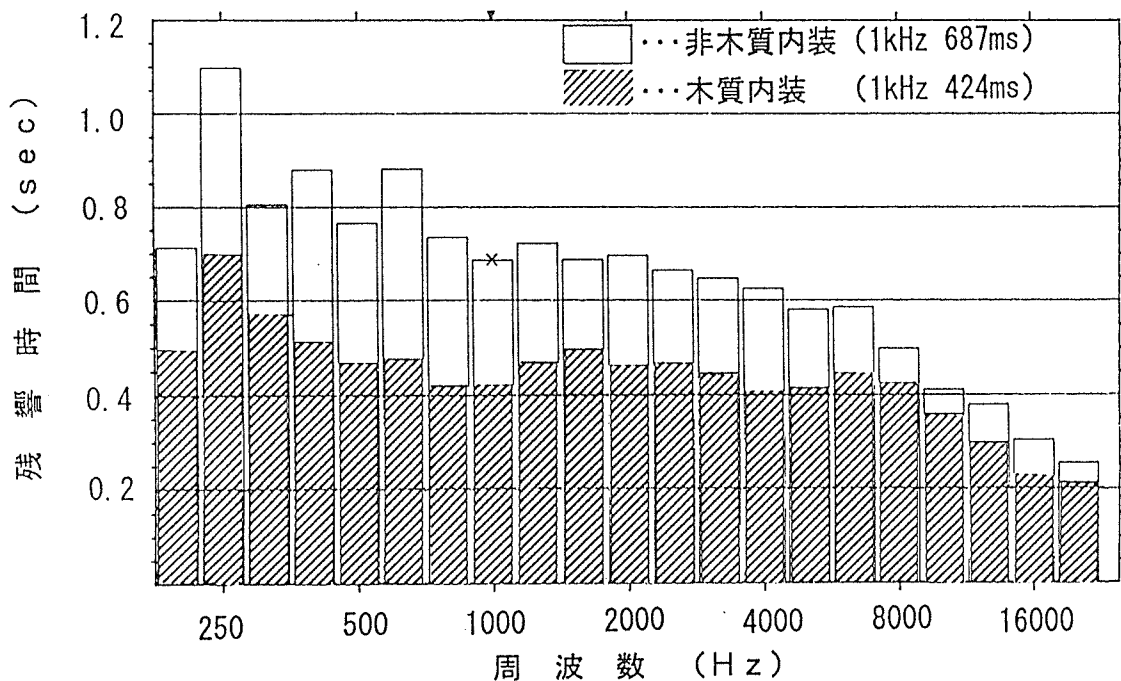


図12. 非木質および木質環境における残響時間の比較

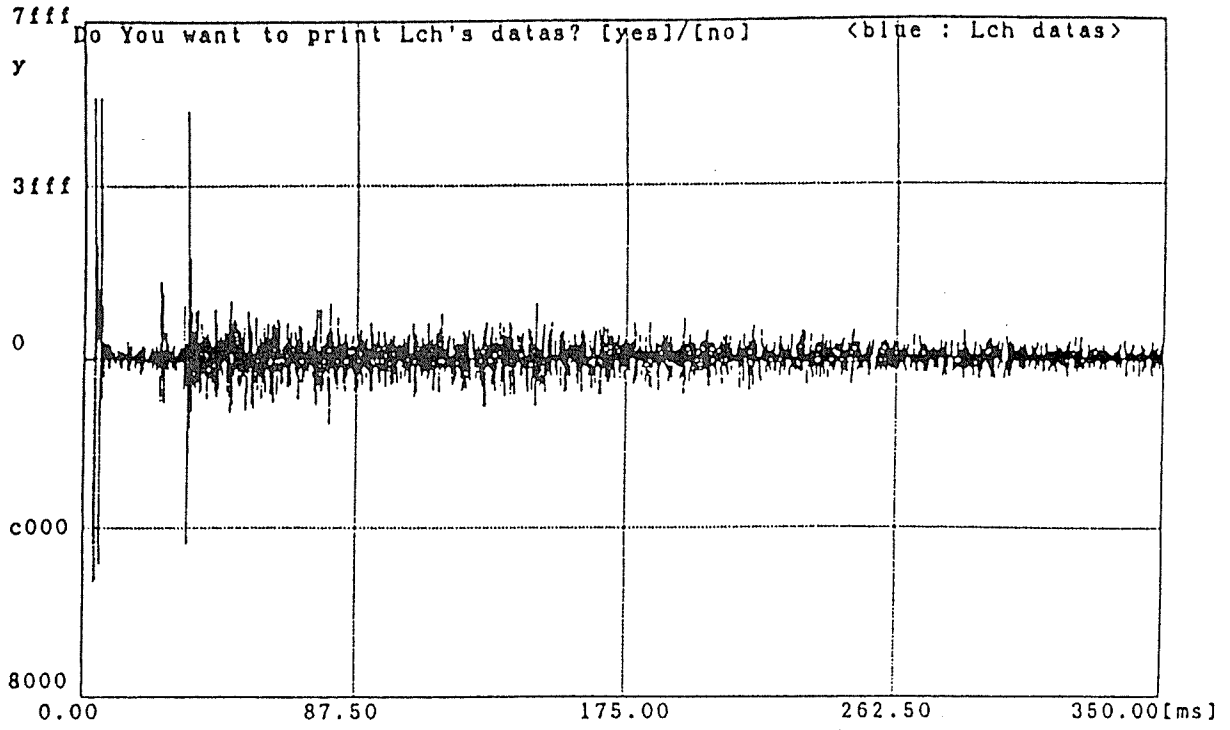


図 1 3 . 木造体育館における短音応答波形

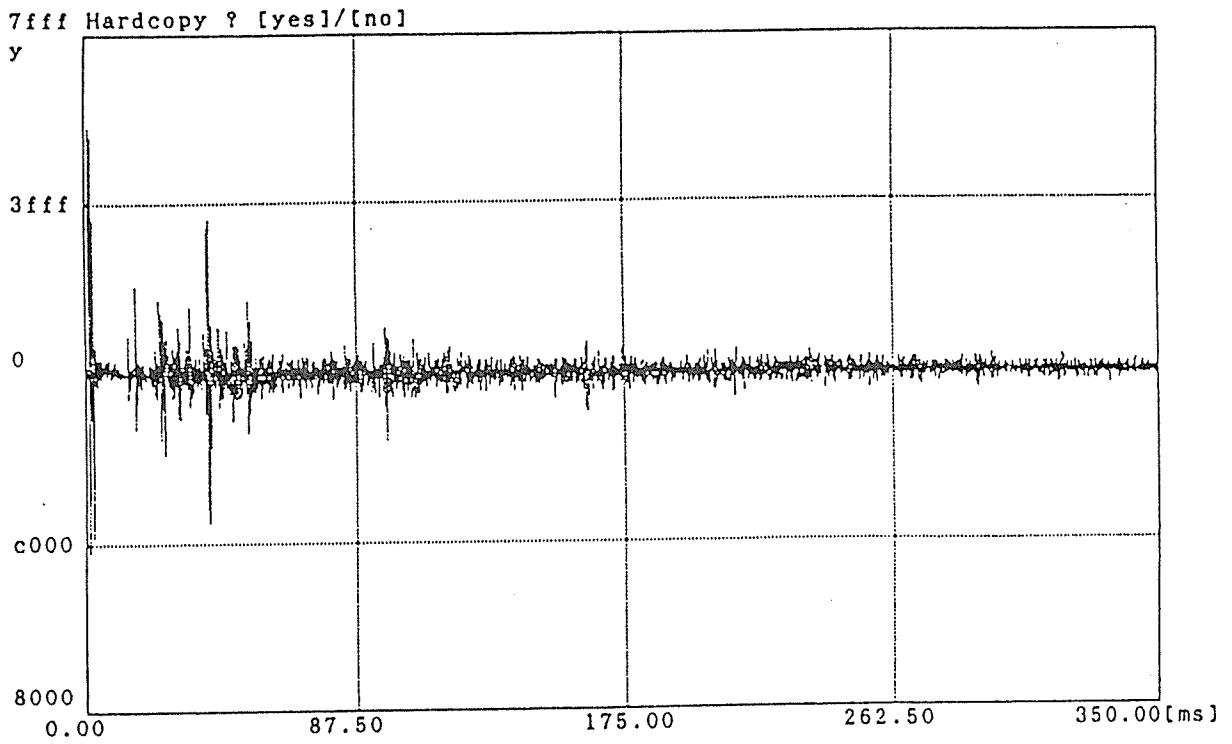


図 1 4 . 非木造体育館における短音応答波形

第 2 章 パネル化工法の実現化

1. パネル化とモデル施工図の提案

学校内木質内装化を勧める場合に、その木質材料が五感に与える特性に対して、教師や生徒等を対象としたの体感調査による求評が行われ、その効果が認められる中で、文部省の普及促進と補助率の引き上げの決定もあつて、内装や施設設備に木材が取り上げられるようになったがその普及度はまだまだ低いと言わざるを得ない。

普及が低いのはなぜか。根底には経済的要素が強い。量産効果が得られ難い為に官公需注における最低価格による入札方式が障壁となってしまっているといえよう。

木質施工や設備工作が、熟練技術を前提とした在来の工法・工作が主流となっていることに起因し、新素材による新技術と対比した場合に、にすでに価格競争入札の前の技術段階で負けているのが実情である。

そこで、在来工法を否定した場合に、新技術は木の持つ本来の癖に対して、新たな工法や均質キット化に対応できるかが重要な課題となる。その実証実績の積重ねが公共への導入の糸口となって行く。

委員会として、今回提案するパネル化は、その導入口にしかすぎないが、否定することから発明や発見があることを考えると、提案の内容に対しての未熟さは、さきがけの第一歩として理解を願いたい。

— パネル化の課程で考察された事項 —

①従来工法のムダの考察

- ・とりおきのムダ
- ・手持ちのムダ
- ・手直し、不良のムダ
- ・加工方法のムダ
- ・運搬のムダ
- ・材料、副資材のムダ
- ・見込みによる作りすぎのムダ

②在来工法の弱点

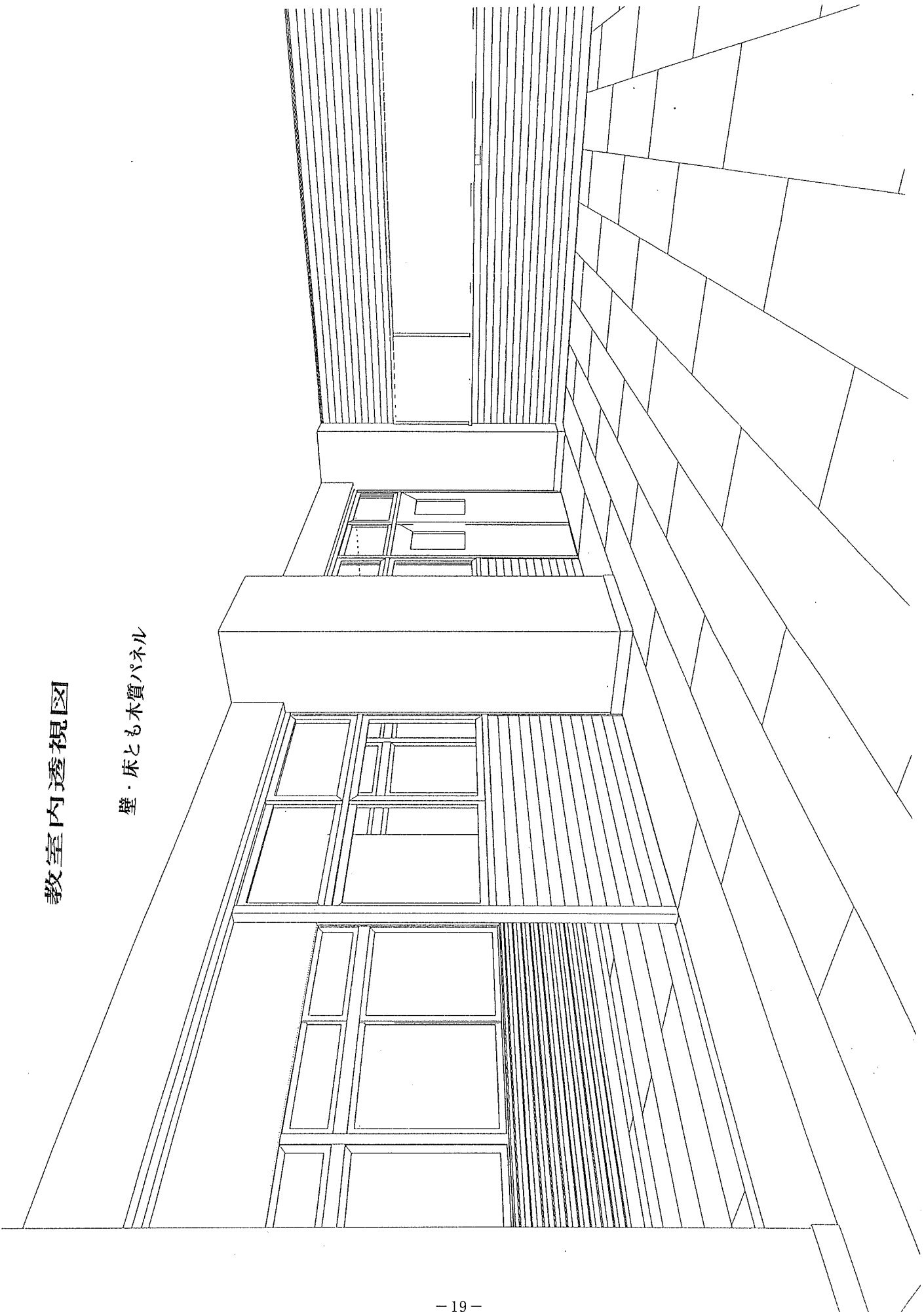
- ・現地生産、現地組み立てによる工期の長期化
- ・売価＝原価＋利益の発想が主流
- ・熟練作業を必要とする
- ・木材が相場変動原価コントロールが難しい
- ・労働集約生産型の産業
- ・技術開発の立ち後れ
- ・補助資材が限られている
- ・徒弟制による技術教育で広がりがない

— パネル化による施工設計の提案 —

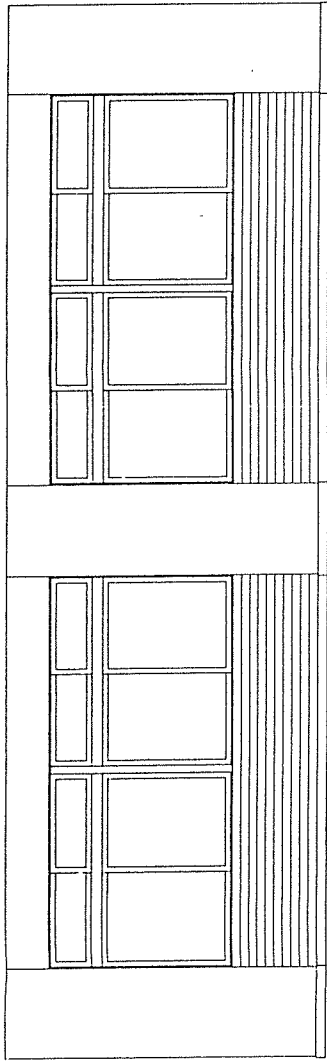
- ・①平面図、平面展開図、縦断面図、透視図の提案
- ・②コンピューターグラフィックによる展開図の提案

教室内透視図

壁・床とも木質パネル



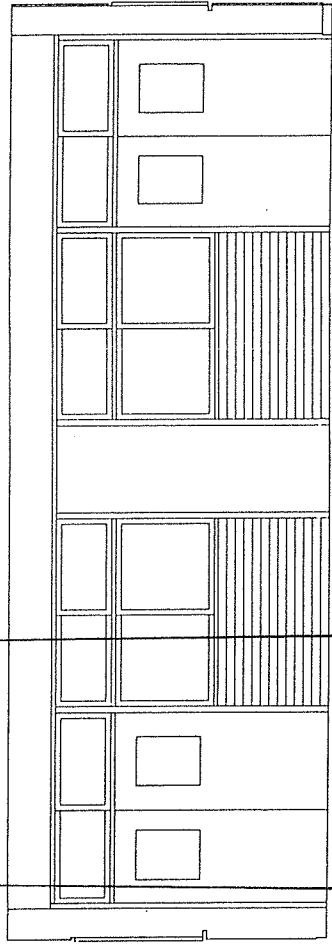
教室展開図



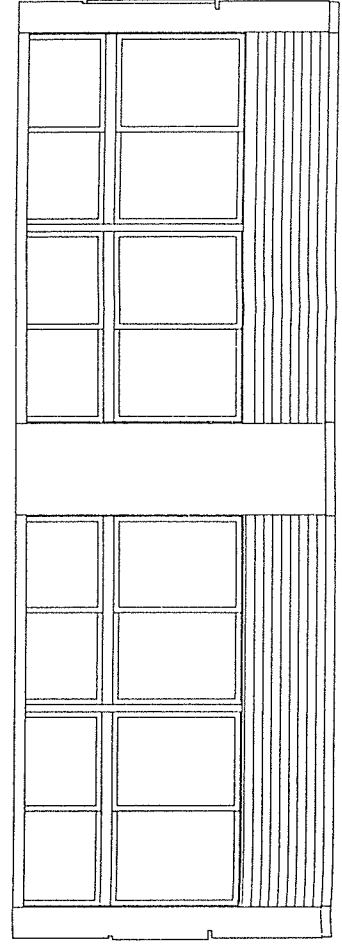
廊下

B断面

C断面

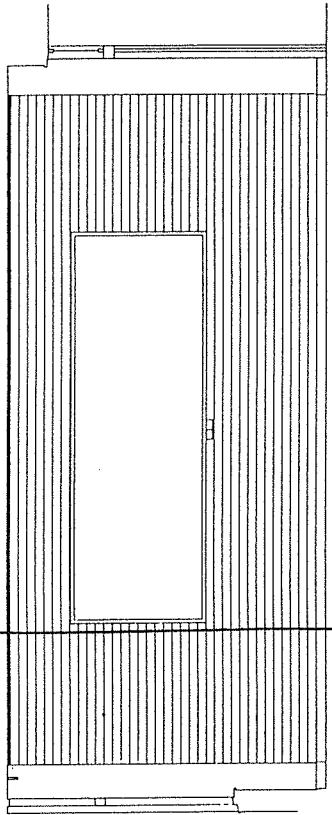


教室廊下側

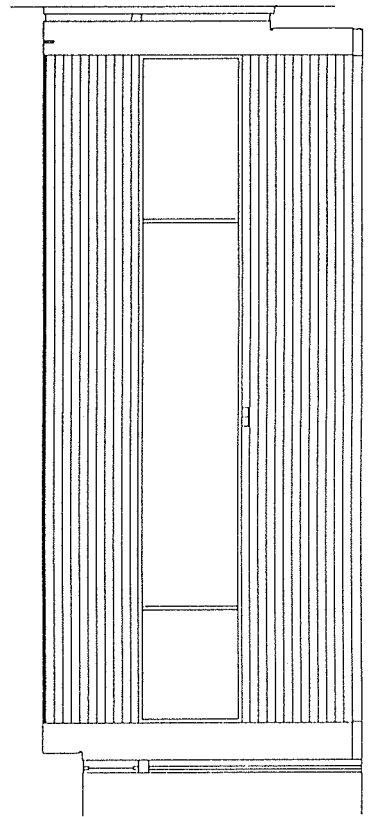


教室グランド側

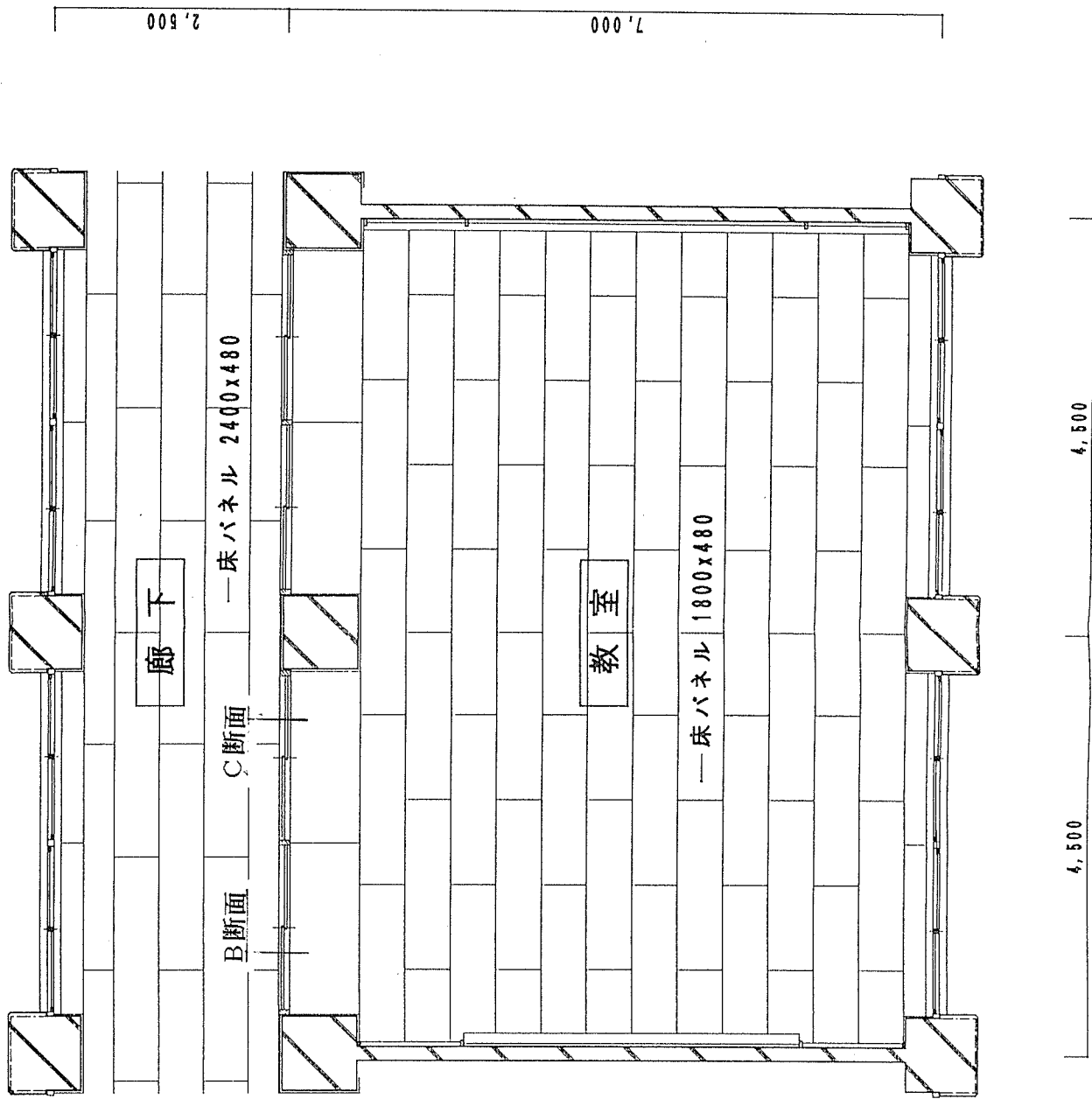
A断面



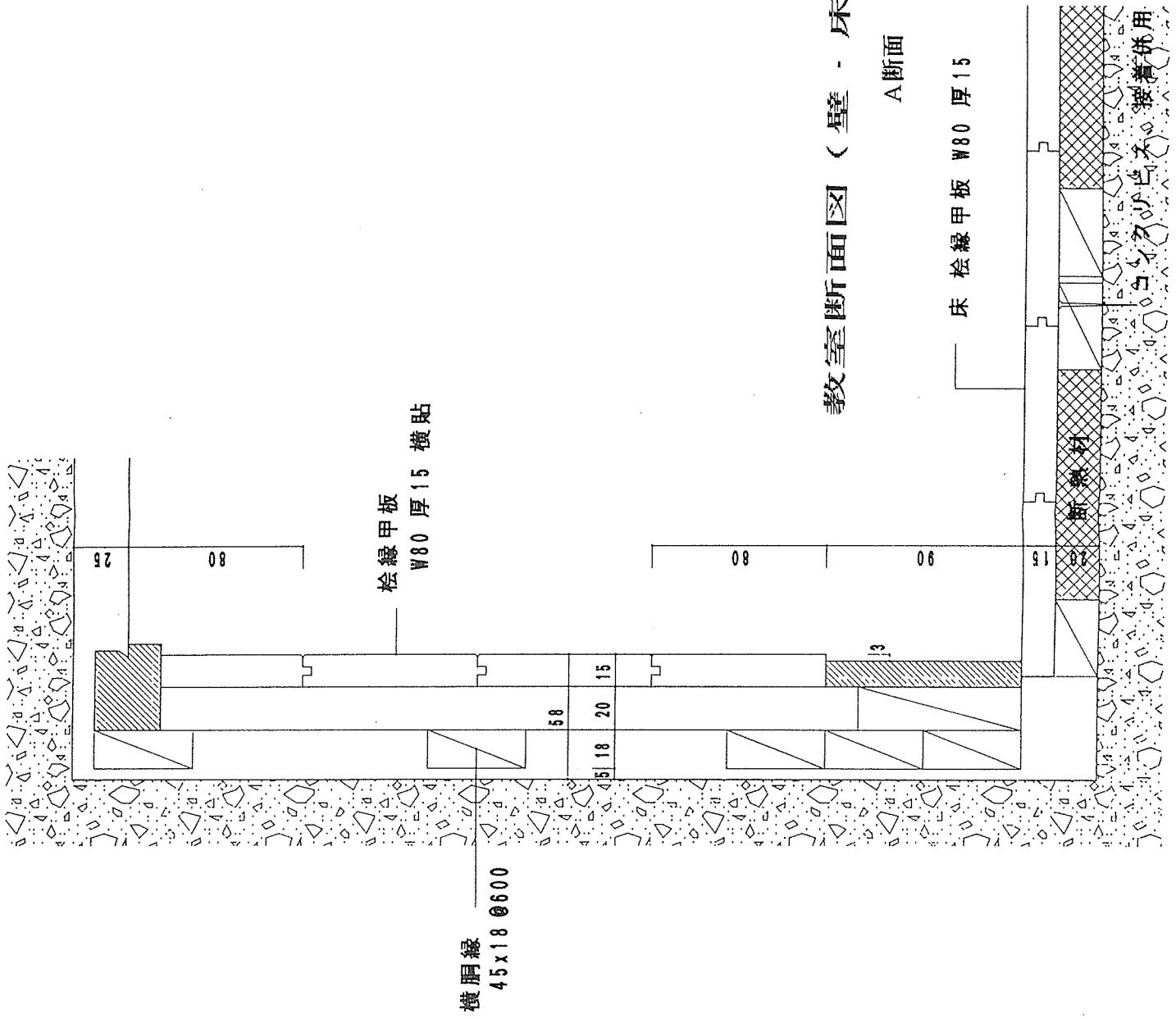
教室正面

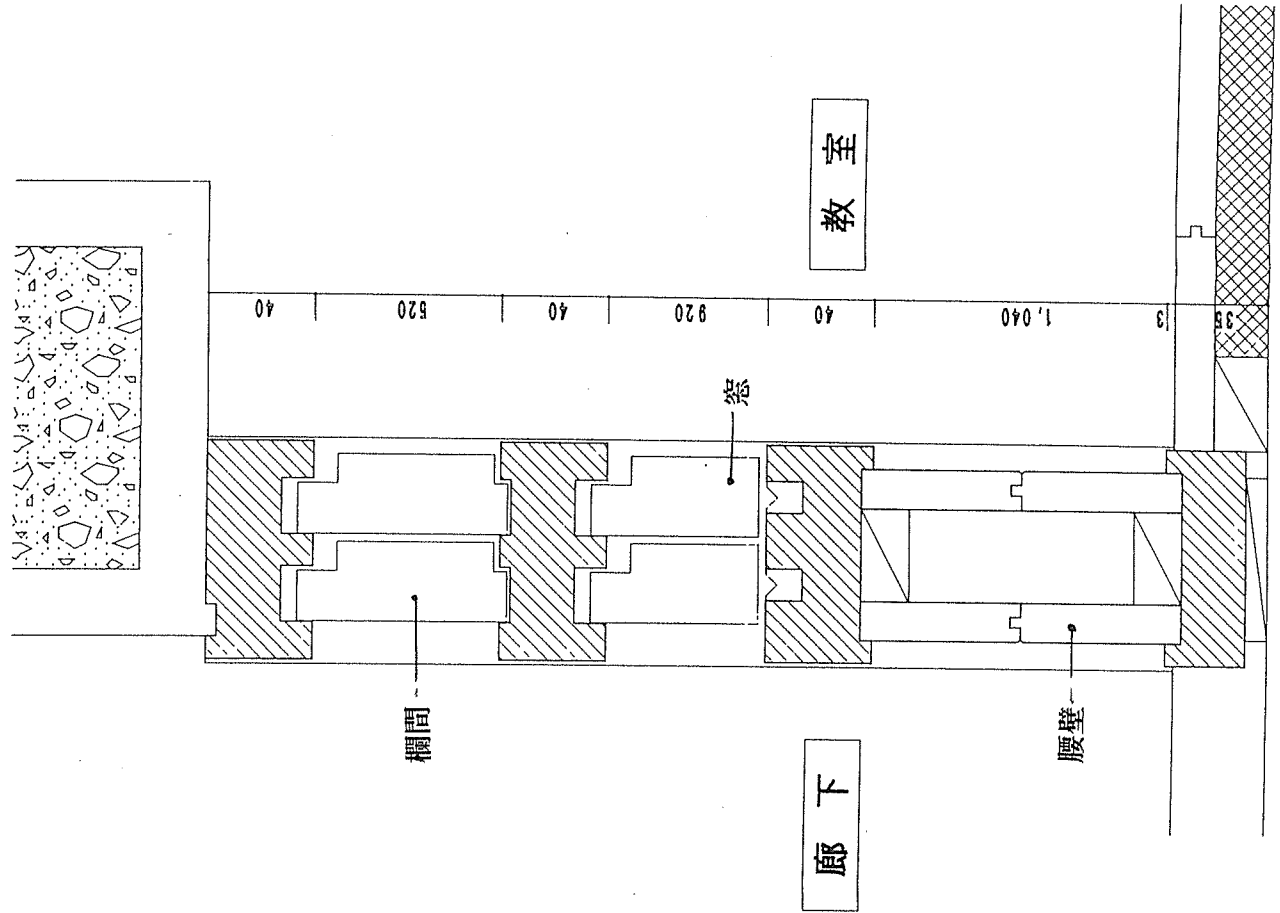


教室背面

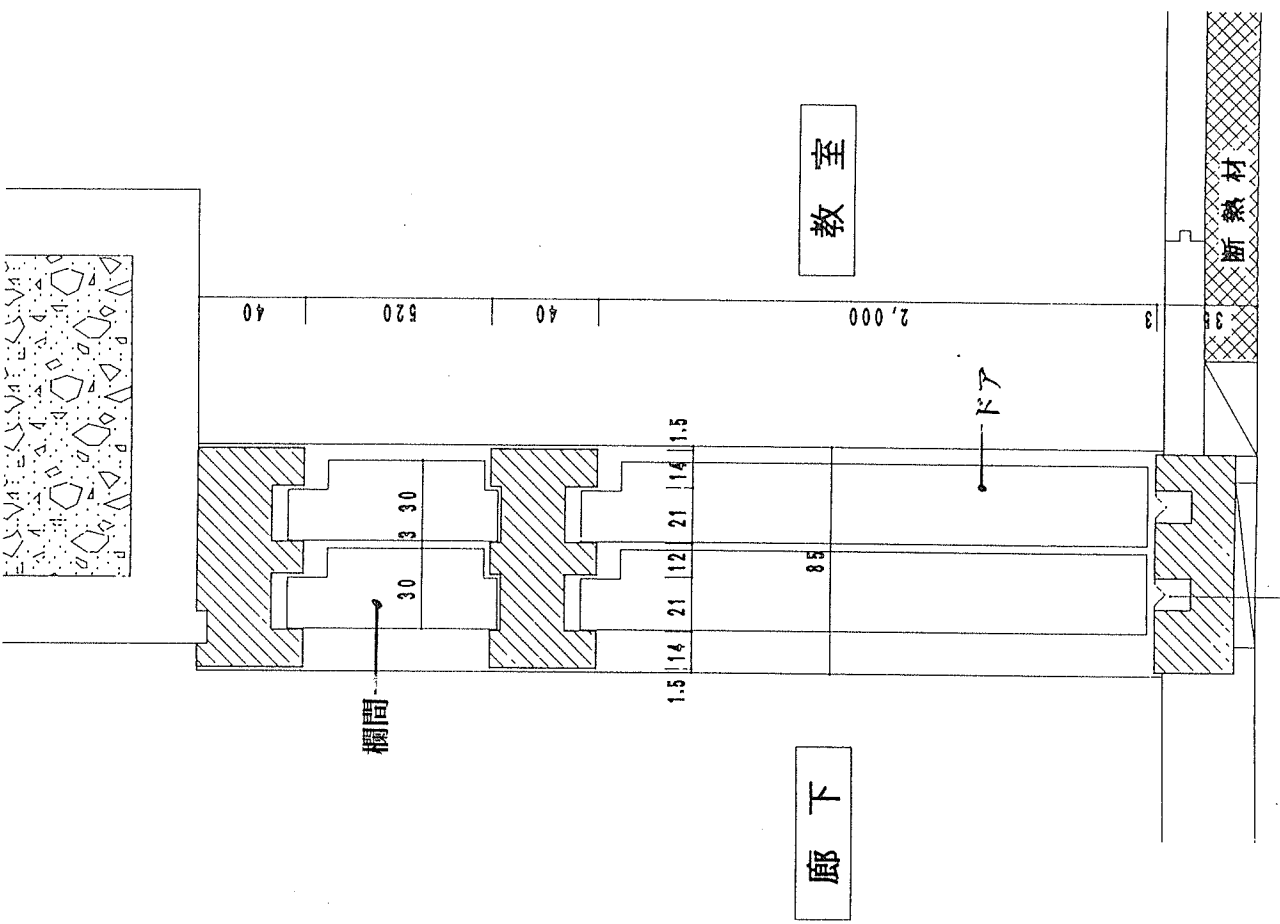


教室平面図

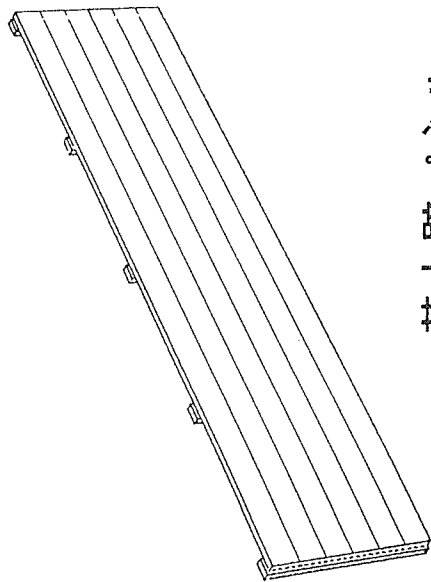




C断面

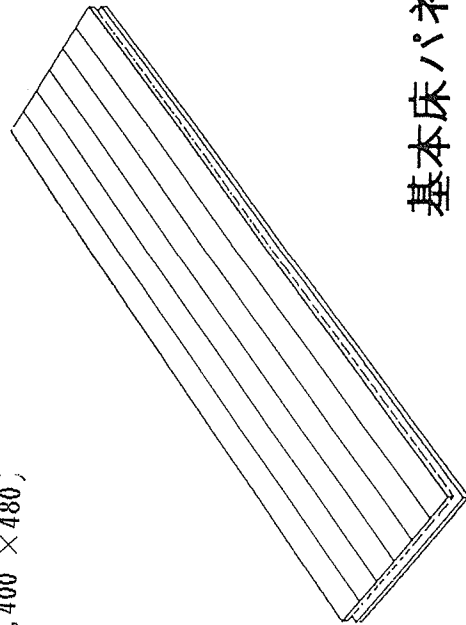


B断面



基本壁パネル

1,800 × 480
(2,400 × 480)



基本床パネル

1,800 × 480
(2,400 × 480)

2. 施工における設計予想見積りについて

木材の材質や樹種によって、原価構成に大幅な開きのある木材での施工は、量産加工される均質製品の工業製品による施工に比較して、条件設定が求められれば求められるだけ、設計見積りが立てにくくなる。

そのために競争入札にそぐわず、随意契約を得意とする分野といえる。その為に、設計仕様に当初より指定記入されての施工実績が多く見受けられる。

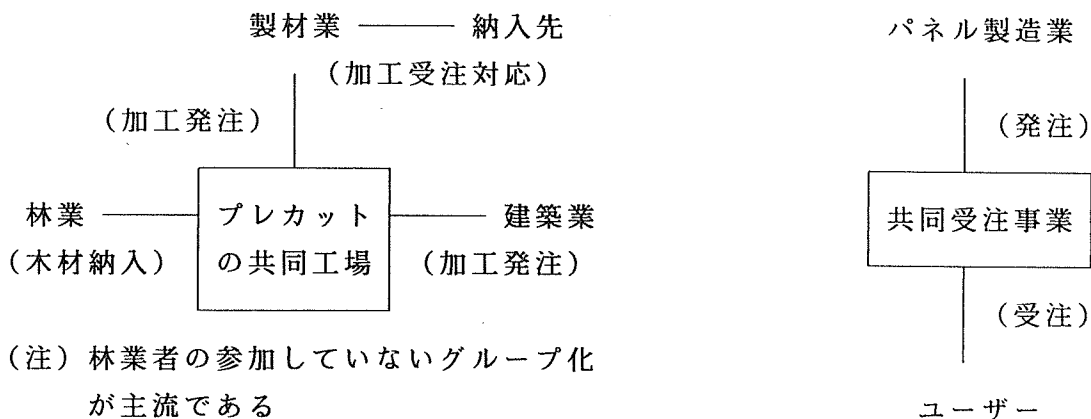
今回の検討課題としてテーマに入れた価格コントロールについても、パネルキット化の生産量によって当然損益が異なってくる。

単位当たりの価格変化を最大限に追求するにしても、まず損益分岐点を上回る生産量が求められ、委託生産をする場合、発注者側が一定量の見込み発注をせざるを得なくなり、逆に、在庫量を増加させて資金コストを高めたり、資金繰りを狂わせる結果を招きかねないといえる。

— 設計見積りの検討の中で考察された事項 —

- ・受注製品から見込み生產品へ発想を切り替えた製品の開発が必要であり、そのためには、木材問屋や商社の扱い可能な汎用性キット商品の開発をする必要がある。
- ・一定量のキット発注の確保維持のためには、ネットワーク化した組織作りの検討が求められる。
- ・木質特性の価値を前面に打ち出した施策誘導を求める運動展開を、さらに業界が一丸となっていく必要がある。
- ・木質特性を生かし化学製品との複合化製品の開発で、コストダウンを追求する。
- ・官公庁が当初の設計見積りの中で仕様指定させる運動展開ができないか。
- ・現場施工時での組み立て方法の簡便化を研究し、学校内装等にあっては、父兄参加の施工や、施設内備品については生徒による木工工作のような組み立て可能の研究を行い、全員参加のムード作りが社会を巻きこんでの普及となる。
- ・ローカル行政内に産学官による木質化の共同研究会議の設置で普及認識の向上。

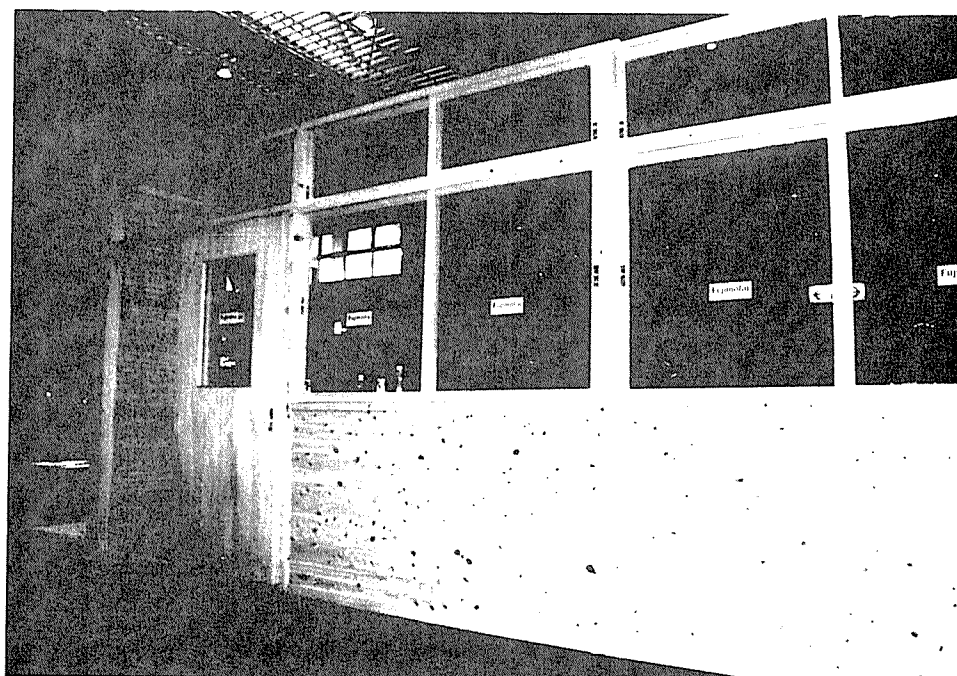
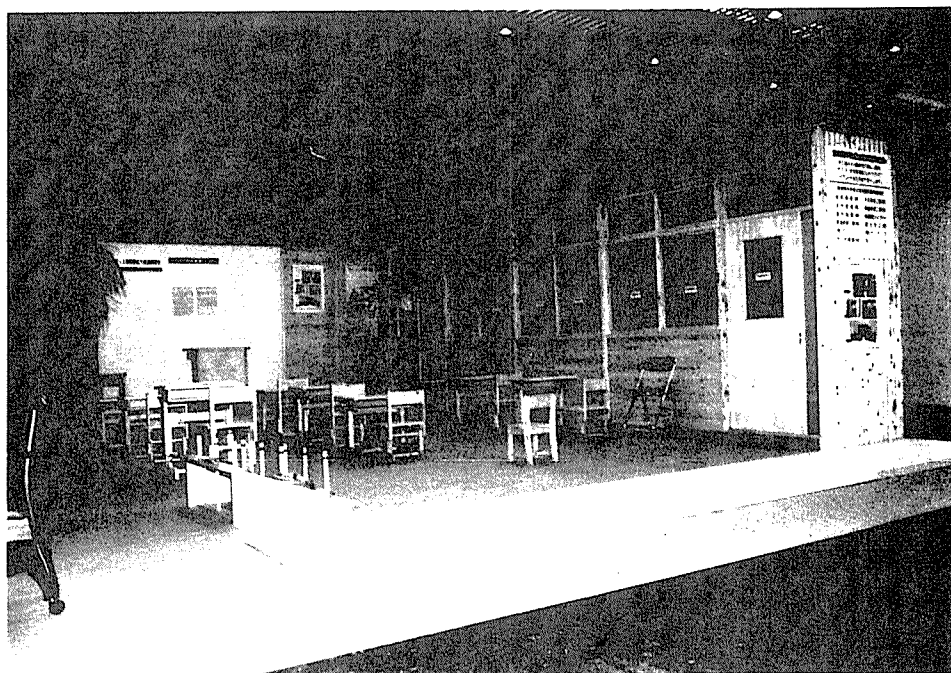
— 受注確保とローコスト化を目的とした協同組合組織の例 —

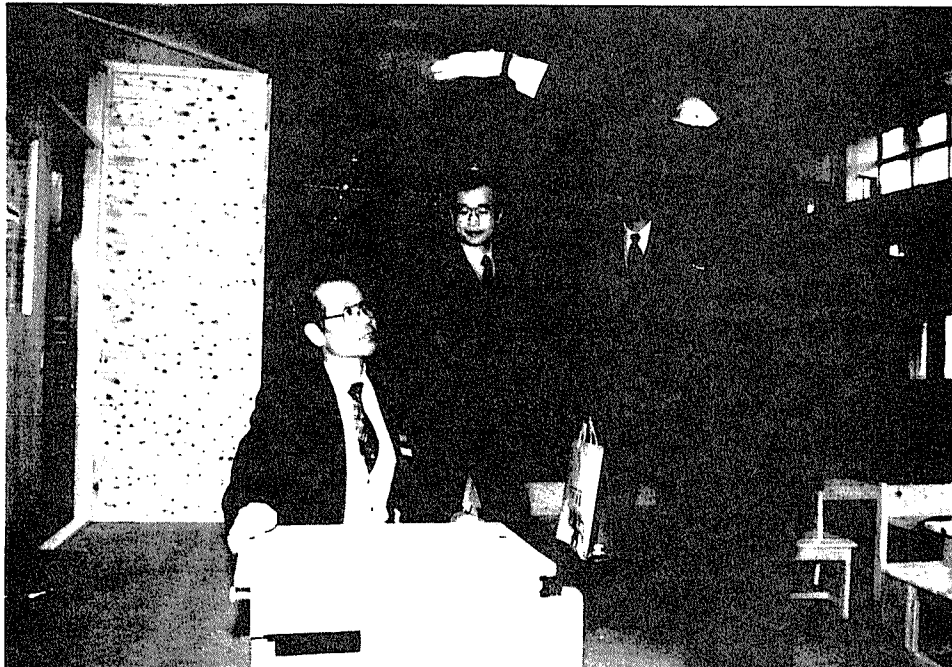


3. デモ・モデル施工による写真集

委員会有志が特別に製作し展示し参観者に求評を求めた。別紙の通りである。

3 デモモデル写真





お わ り に

リフォーム分野のマーケットが注目される中で、内装木質施工は、居住者が求める本物嗜好と木質の持つ特性が、住環境に与える価値効果の相乗性で脚光をあびて来ているのは事実であるが、ユーザーの求める「良い品質イコール値ごろ価格」となっていないところに、普及の立ち後れの問題があることは論を待たない。

この研究会で論議を重ねる中で、一つの共通性があった。それは、在来工法と近代建築工法における発想の違いである。

例えば、在来工法はの補助金具等の部品一つとっても、それは単なる補助的機能しか持っていないが、近代建築にあっては、補助部品でなく、その金具等が接合や強度等の主要使命を保持する。

このことは、近代建築が部材の単純化を極力追求し、そのジョイントはジョイントとしての使命であるとの割り切りにある。即ち、科学的、力学的技術の追求分野に位置し、ローコスト化と施工単純化が追求された価格競争を前提においてものであると言っても過言でないといえる。

今後において、木質内装化のさらなる普及促進をするためには、短サイズのキット商品開発を如何に進めるかが課題といえる。即ち、多目的に利用できる共通部品の開発である。

委員会の構成メンバーとしてはこの研究を通じて、他の分野の方々と交流もでき情報や知識を頂いた。

今後はその輪を広げ、こだわりの世界から、現状を否定し、新たな技術革新への努力に邁進をする事を確認した。