

平成4年度農林水産省補助事業

# 木質資源利用分野開発促進事業 プレハブ工法住宅部材開発事業報告書

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

プレハブ工法住宅部材開発事業 部品化委員会 委員名簿

委員長	大野 勝彦	大野建築アトリエ所長
委員	八木 幸二	東京工業大学工学部建築学科助教授
	安藤 正雄	千葉大学工学部建築学科講師
	有馬 孝禮	東京大学農学部林産学科助教授
協力委員	河野 元信	建設省住宅局木造住宅振興室課長補佐
	塚田 市朗	林野庁林産課課長補佐
	飯塚 睦樹	東京工業大学工学部建築学科
	佐藤 考一	東京大学工学部建築学科
事務局	牧 勉	(財)日本住宅・木材技術センター試験研究部長
	鴛海 四郎	(財)日本住宅・木材技術センター主任研究員

# 第1章 部品化木造住宅の基本的考え方

## 目 次

1. 木造戸建住宅の位置づけ	2
2. 地域型、省資源型、省エネ型の木造住宅	4
3. 21世紀型の木造住宅、空間構法モデルスケッチ	6
4. 地域型住宅（東海の家、茨城の家）	8
5. ホープ計画（結城市）	10
6. 蔵づくり工法（喜多方）	12
7. 木骨レンガ造（喜多方）	14
8. ヘビーティンバー二階建住宅	16
9. ヘビーティンバー三階建住宅	18
10. 木造住宅の平面構成と構造	20

文責 大野勝彦、腰原幹雄

# 1 木造戸建住宅の位置づけ

戦後48年を経て日本の木造住宅の位置づけも大きく変わり始めた。

48年というと結婚・子づくりの早い人では戦後第3世代が生まれ始めている頃になる。

住居についても6坪、12坪といった公庫付き、平屋バラック住宅からスタートし、第2世代の2階建LDK住宅もそろそろ建て替え時期をむかえはじめている。

その間に日本経済は、高度成長、オイルショック、バブル崩壊と高度化プロセスをたどり、ようやく安定段階に入り始めている。

ただし、高度化に伴う急速な地価高騰のツケを残した事から新築住宅の40%が木造住宅とプレハブ住宅の戸建て住宅である「戸建て住宅貴重品時代」を迎え始めている。また時の経過が戦後植林の杉・檜の出荷期を迎えはじめる事になり、国産材シェアが50%位に復元し始め、住宅サイクルと木材サイクルとをうまくやればマッチングしうる可能性がではじめてきている。

住まい手の生活パターンや家族型も大きく変化し始めている。都市郊外住宅の核家族型、リビング型の家族像は大きく変わり始め、単身者家族(?)の一方で二世帯家族など多様化するとともに「べったり家族」から「ネットワーク家族」へと意味も形態も新たな段階に入り始め、いわゆるLDK型のプランニングでは対応しきれなくなり始めている。いわば自閉型の住居から、「コミュニティに開いた型」をもった住居が求められはじめている。

90年代にはいると、21世紀を見据えた新たなコンセプトが考慮される事になり始めている。第一には地球環境の保護と自然共生の考え方の波及であり、グローバルな視野での「省資源・省エネ」対応に地域毎に取り組んでいこうという視点である。

第2には21世紀にはピークを迎え始める高齢者社会へのキメの細かい対応とコミュニティの再形成の機運である。

以上のような社会的変革期への突入を機に、建替えを主体とした木造戸建て住宅には、新たな要求が突きつけられている。

まず50年ないしは60年の耐久に耐え得る躯体・シェルター工法を実現し、地域の資源・エネルギー・職人をうまくリサイクルし得る仕組みを確立していく事が求められる。

その結果、長期間にわたって良好なる町並み環境を担保しうる外構・庭・ファサードの「地域らしさの表現の工夫」に本格的に取り組む姿勢が必要である。また長期耐用性を確保し得る十分な広さとともに高齢者対応や世代の交替にスムーズに対応し得る可能性とデザインの質を保った内部造作部品の地域ぐるみの職人・部品システムの再構築が、求められる事になろう。

大工を中心とした職人不足問題も「数の問題」よりも「地域毎の職人の質とネットワークの形成」こそが問題となり始めている。

21世紀へ向けた「新しい地域型住宅」の実現と、「新たな部品化木造住宅工法」の確立のためには、まずキーパーソンとしての設計者、大工、職人、地域型部品メーカー、等の人材を発見、育成し、「ネットワーク化」する事から始めなければならない。

ネットワークの型と年間供給戸数のレベルによって、1、棟梁型ビルダー、2、地域住宅工房、3、企業化された、「地域ビルダー」を必要戸数に応じて作り上げていく事、が大切である。

地域ニーズやビルダーの型によって、いかなる部品化工法や部品を使いこなしていくかが決まるのであって、プレカットにしる、パネル化にしる先行的に技術が存在しているわけではないのである。

## 2 地域型・省資源型・省エネ型の木造住宅

このところ各地でプレカット工場が一斉に造られ普及率も次第に増大し始めている。工場の中ではプレカットだけでは付加価値が低いとばかり、パネル化に踏み切ったり、自らがビルダーとして住宅供給に乗り出す会社もあるそうである。

確かにプレカットにしろパネル化にしろ、木材の欠点をカバーして、精度や品質確保のためには好ましい側面を持つてはいるが、300戸とか600戸レベルの供給能力を持たないとうまく使いこなせない。また、躯体・シェルター工法としては合理化されたとしても全体工法システムとしては欠点となる事も多い。

そして何よりも前項で述べたごとき地域毎のニーズにうまく対応しえないと、導入してもなんら意味を持たない事になる。

大切な事は、「地域型・省資源型・省エネ型」の表現力豊かな高品質・高耐用性の住宅構法システム総体をいかにして実現していくかが大切である。

構造用集成材、木製サッシ造作部品など中ロットの地域型部品などをうまく使いこなしながら、職人育成をはかりうる「部品化工法」の開発こそが大切な事である。そのためにも「町並みづくり、住宅づくり」の設計システムの提案がまずあって、それを地域毎に、業態毎に実現するために使い得る要素部品化技術の1つとして捉えるべきものである。新しい住宅の質的、デザイン的な変革があって始めて、部品化住宅工法のリアリティが高まるのである。新たな要素技術があって住宅の質が変革するのではないのである。

資料編として私のアトリエでここ10年ぐらいの間に試みた「地域型・部品化住宅」の試作や開発事例を示したのは、地域により、ビルダーのタイプにより、設計コンセプトにより、伝統的技術・部品からハイテックな部品までオリジナルに組み合わせる事で独自の部品化工法を実現しうるか示したかったからである。

日本の木造住宅はようやく戦後バラック状況を脱して本格的な木造戸建て住宅の工法開発に取り組み始めたばかりである。地域型、省資源型、省エネ型の部品工法の要請も高まり始めたばかりであって、今後一段とニーズは具体化していくものと思われる。

部分的な部品化技術導入によって全体のフレキシビリティをなくしてしまう恐れもあるのである。

まず大切な事は設計システムに対応し得る部品分割ルールを構成し、スタート時には伝統的技術やクラフト的技術をも使いこなしながら、条件の変化や建設量の増大にともない順次より高度な地域型部品に置き換えて行く手法も有効であろう。

本年度の研究開発は、森-製材-プレカット-現場のプロセスのヒアリングや基礎的調査、いわゆるP・P工法などの新構法分析、イギリスにおける木造から煉瓦造りへの変化プロセス、木造住宅を取りまく状況分析など基礎的な分析と総合化と、「開発すべき木造住宅構法システム」のイメージ記述を主に行った。

来年度は3地域ほど具体的な地域のサーベイと想定されるビルダーと年間建設戸数を想定した上で、3人の設計者による「モデル住宅・モデル構法システムの提案」に取り組むたいと考えている。

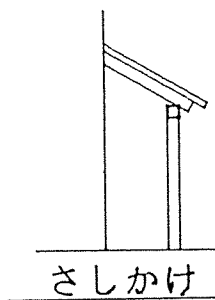
### 3. 21世紀の木造住宅・空間構法モデルスケッチ

1. 21世紀の日本の軸組・パネル構法の方向づけを地域・デザインタイプ・生産システム・供給ロット別にイメージし、いくつかの〈木造住宅・空間構法モデル〉を提案する。

2. 〈木造住宅・空間構法モデル〉とは

□	柱
■	耐力壁・筋違構面
▭	非耐力外壁パネル
----	非耐力間仕切パネルなど

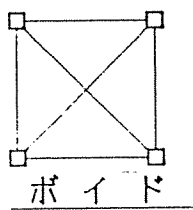
の組み合わせにより、2階建・150㎡の戸建て住宅の空間構成をモデル化したものである。



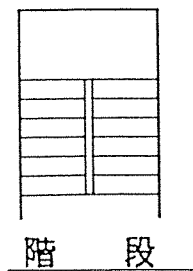
3. モデル例と空間イメージの記述

36タイプ位をイメージ × 地域別

(次ページ図参照)



4. 古今の名作といわれる住宅・各国の民家の定型など実例を36タイプ別に収集しながら欠落がないかどうかチェックする。

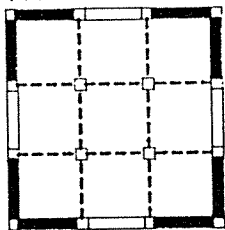


5. 北海道・東北・北関東・北陸・東海・紀伊・山陰・中国・九州の9地区別に「地域型・部品化型モデル住宅」を9タイプにスケッチする。

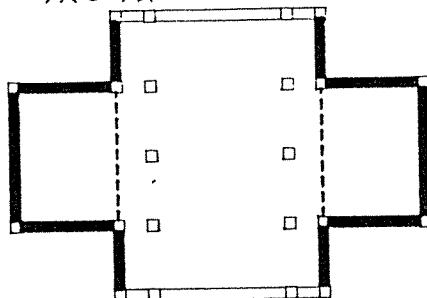
6. 9タイプから3地区を選んで基本設計を行うとともに、来年度から3地区の業界ネットワークを巻き込んで実現のための作業を2ヶ年で行う。



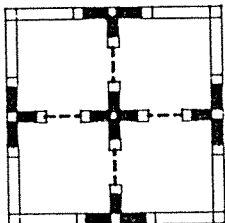
葺



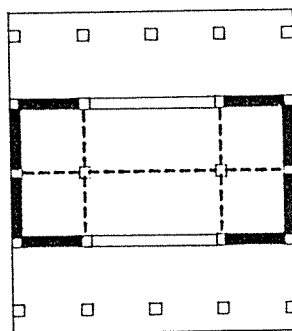
双び葺



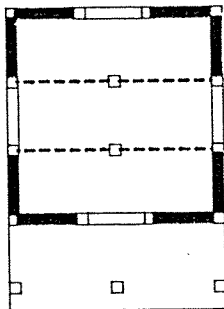
中国風



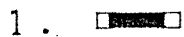
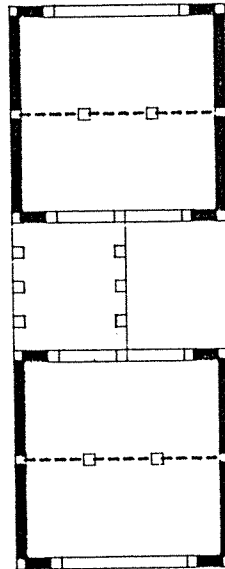
民家風 1



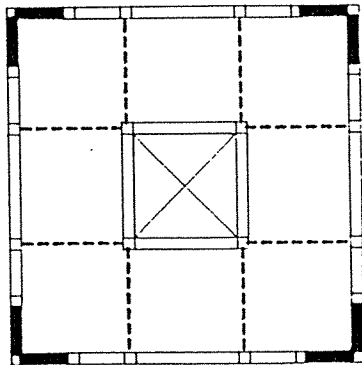
インドネシア風



民家風 2



枠の内風



## 4. 地域型住宅

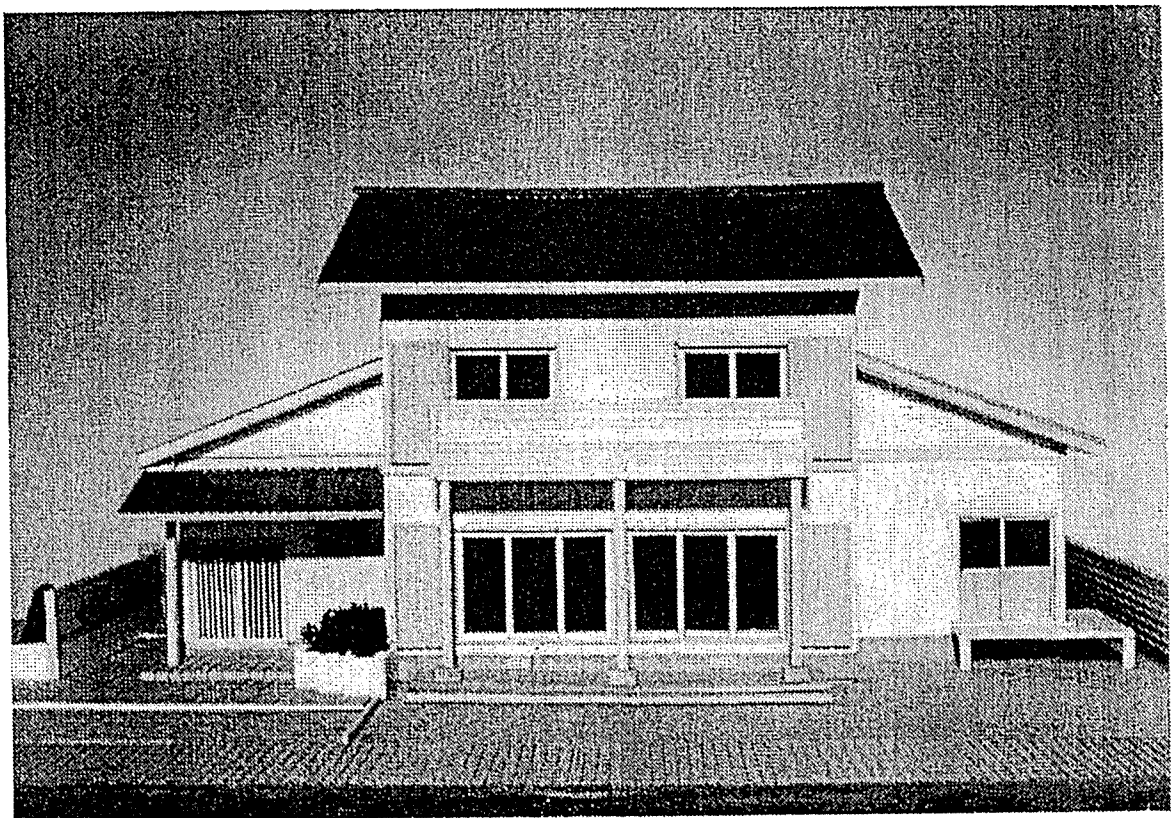
日本の木造住宅も近年は質の向上が著しく進み始めている。性能的には高断熱、高气密、エアサイクルなどが始まっている。

また地域の街並み景観や地域らしさの表現として「地域型住宅」という考え方が各地で試みられている。

北関東地区でも、地域によりかなり寒かったり、歴史や文化の差異はさまざまであったり、首都圏の住宅とは異なる独自の住宅供給が求められている。

特に木造住宅の生産システムは地域の大工、職人、設計者のネットワークで実現されており、「地域ビルダー」を育成する為にも公共や大手メーカーの応援を求めている。

ここでの地域ビルダーとは地域密着型で設計能力をもった年間30戸程度の建設能力をもったビルダーをイメージしている。



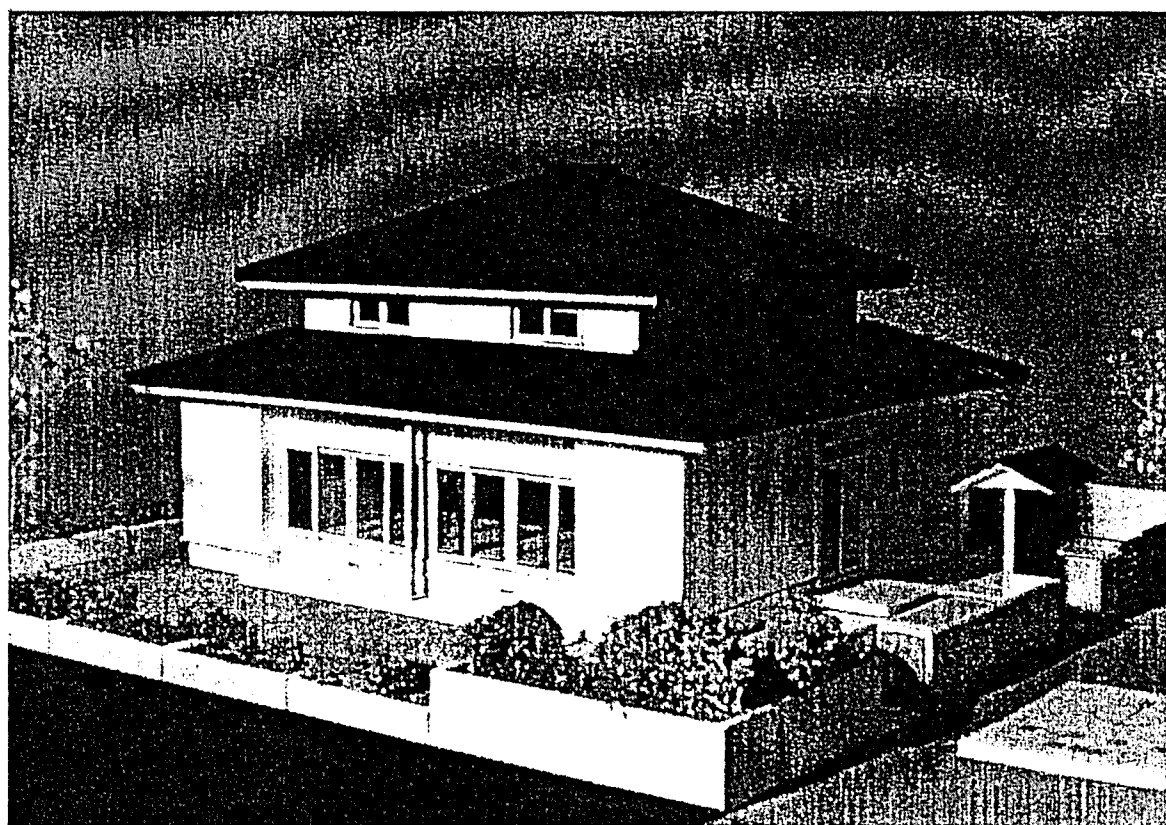
地域的な独自の表現を確立するためには、設計能力も大切であるが、地域産材や地域型部品をうまく使ったり、開発したりしていくとおもしろい。

省資源的にも大切であるが、無駄な流通マージンをカットして、なるべく地域産業の活性化につないでいった方がメリットが大きい。

例えば、地元の瓦、煉瓦、石、木製サッシ漆喰など古くて新しい材料をうまく使いこなすことで安定した表現を確保していきたいも

のである。

基本的な設計が決まってきたら、地域の環境ともフィットした設備方法などを組み込んだモデル住宅を建設する事で、地域型住宅の提案型建設をすすめていきたいものである。



## 5. ホープ計画 (茨城県結城市)

全国各地でホープ計画（地域住宅計画）が進められている。現在大野建築アトリエでは茨城県結城市でホープ計画に取り組んでいる。

ホープ計画の特徴は自治体のスタッフ及び住民代表による委員会をつくり、自分達の町や住居の独自性を議論しながら、「まちづくり運動」として4年間の時間をかけて実施していくところにある。

古い城下町である旧市街地の見世蔵の保存活用によるま街並づくり、ポケットパークの

建設などを通じて自分達たちの町の特性を強化しながら住民達の合意形成をめざしていく事などがすすめられている。

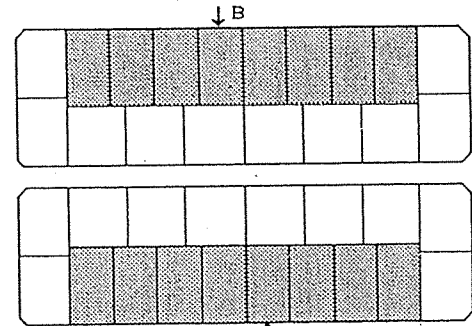
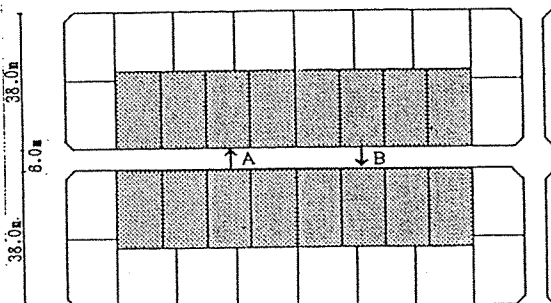
地域の表現と同時に、省資源、省エネ工法の導入などをめざした一般住宅のホープ仕様の作成やモデル設計、試作なども進み始めている。

又、まちづくりの拠点として、公営住宅団地の建替えなどを行う場合にも、ホープ計画の活動成果を十分活かして、結城らしいデザ



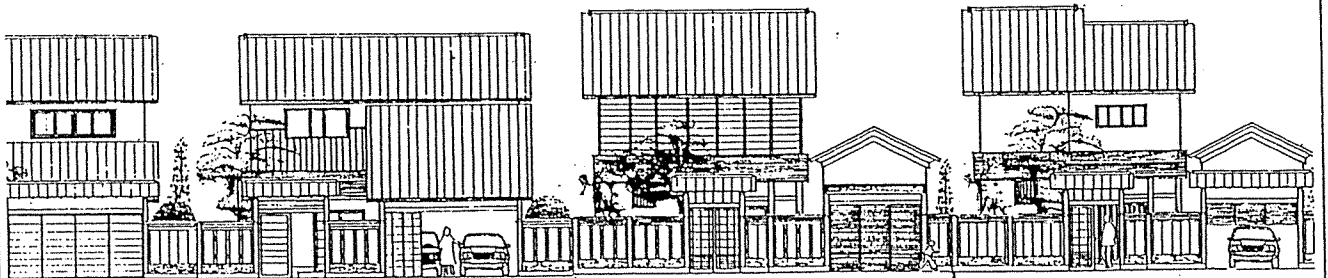
14.56m b b 14.56m

14.56m a a 14.56m



14.56m b b 14.56m  
127.4m

14.56m a a 14.56m  
127.4m



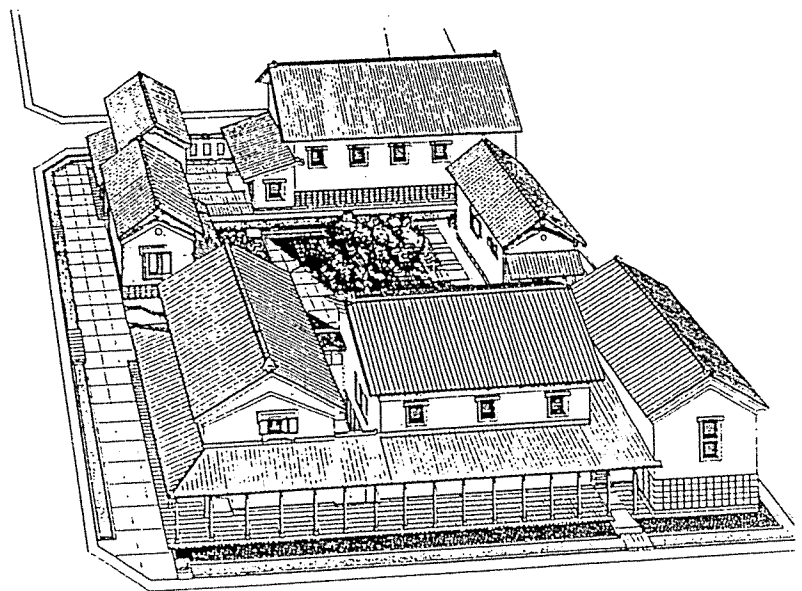
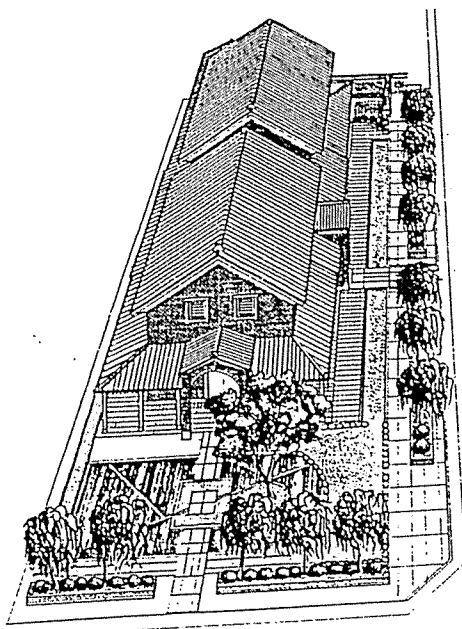
インやグレード設定などを行っている。

特に公営団地については、全体計画の中でも、配置計画や電気、水、エネルギー計画などの先行的な試みなどもやり易い。

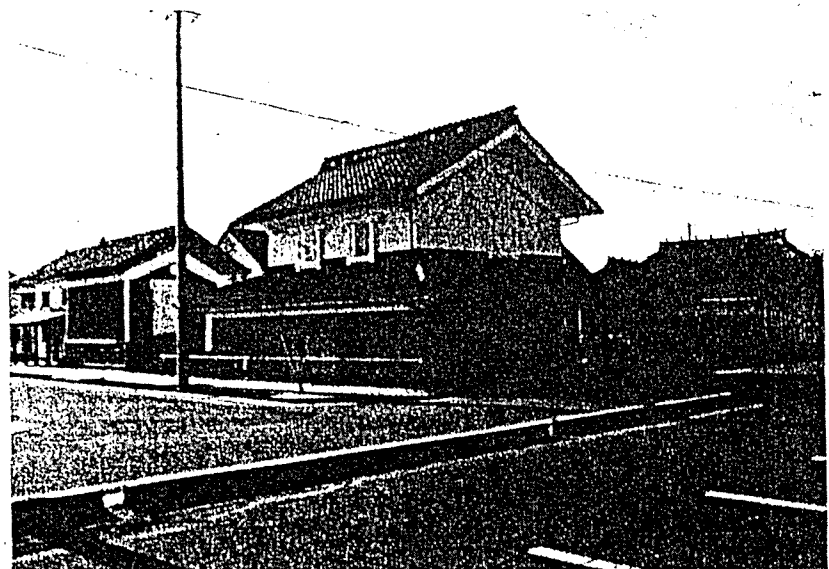
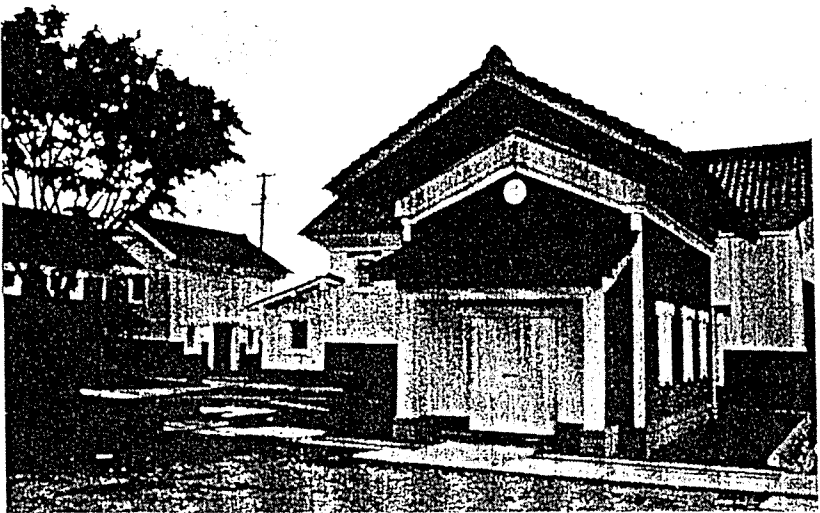


## 6. 蔵づくり構法(喜多方)

福島県喜多方市で蔵づくり構法の移築再生ならびに「これからの住宅構法としての普及」の試みをすすめている。



蔵づくり構法は日本型のパッシブ住宅としての意味が大きく、現在の設備システム等の技術と組み合わせると、より完成度の高いシステムとして生きかえるのではないかと考えている。



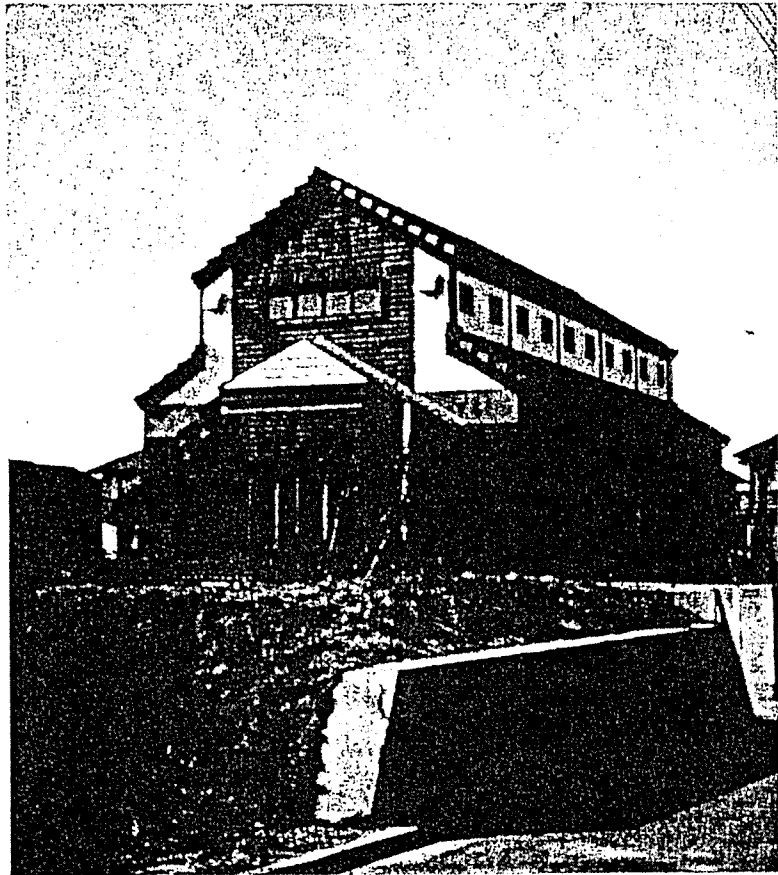
ディテールや左官の技術仕掛け、扉などの工夫を学びながら、一般住宅への導入を地元の設計者や職人達とチームをつかって作業をすすめている。



## 7. 木骨レンガ造

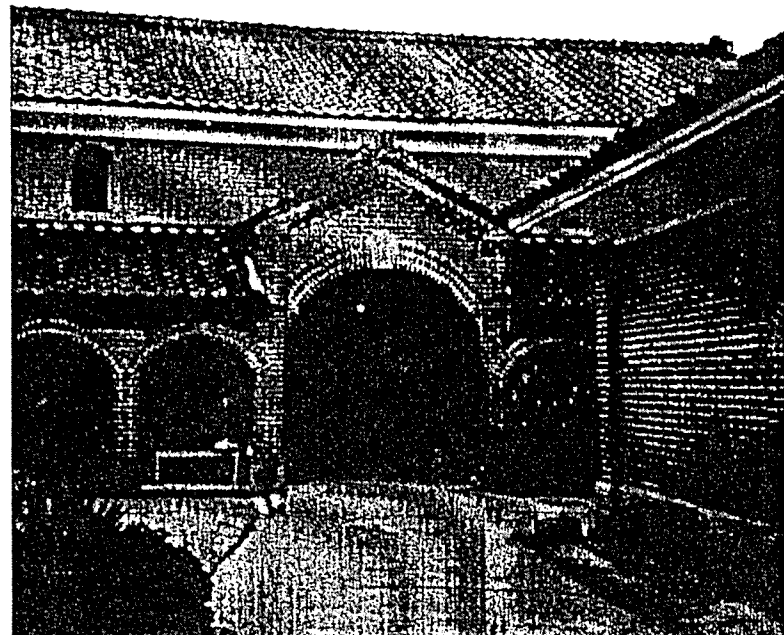
横浜の山手台団地の集  
会場は、1階は型枠セラ  
ミックブロックレンガ造  
で2階及び小屋組は木造  
である。

レンガは性能のよさも  
あるが、直接仕上に使え  
る事からなかなか良い材  
料であり、一般住宅にも  
使いこなすものと考え  
ている。省資源・省エ  
ネ構法として波及させて  
みたい。



喜多方市の三津谷の木  
骨レンガ造はなかなかの  
名作である。

蔵づくりというと土蔵  
が主力であるが、喜多方  
では地元産レンガを使っ  
た木骨レンガ蔵が多数つ  
くられ、町の景観として  
もユニークなスタイルを  
示している。





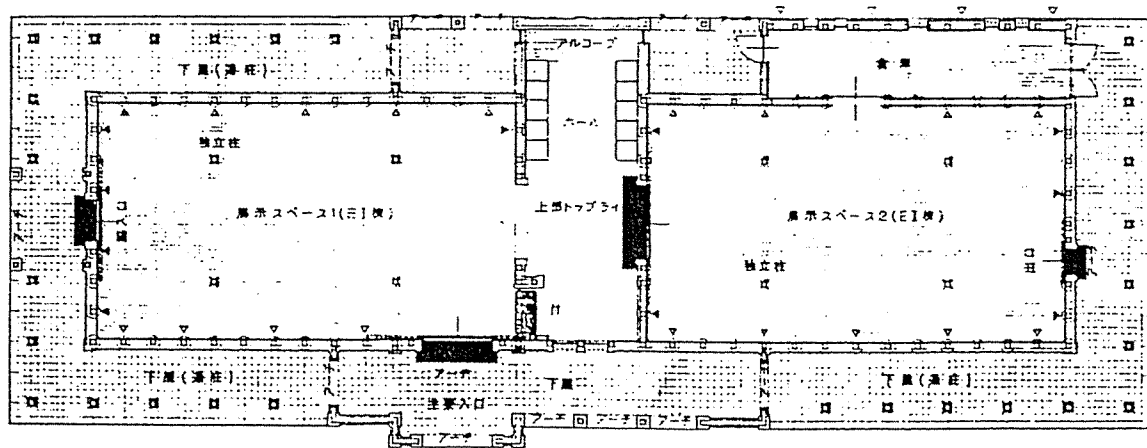
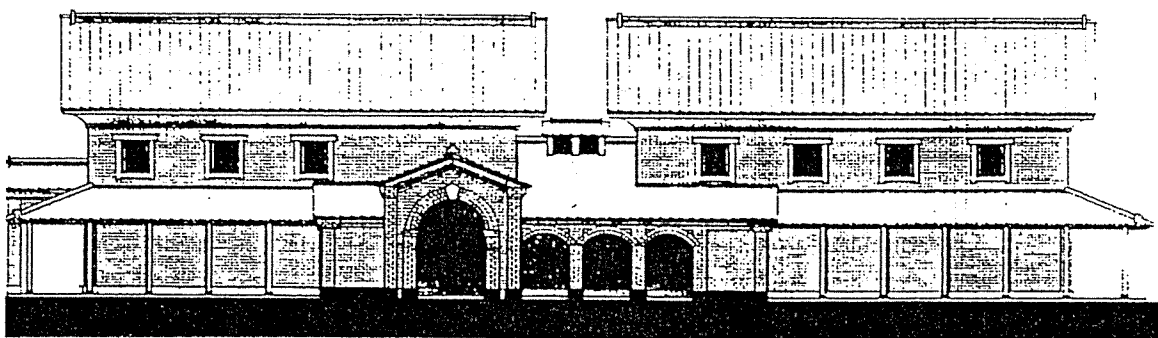
喜多方市の美術館計画が工事中である。高機能で安定した居室環境である事を生かして木骨レンガ造を採用した。設備的にも開口部が少ない事も生かしてかなり省エネとなる。

本屋の1階はセラミックレンガ、下屋は三津谷レンガ、2階はALC下地のハンギングタイルと使い分けている。

この工法もまた喜多方の住宅として近々試みてみたいと考えている。

断熱材やペアガラスなどに頼るだけではなくて、構法そのものをハイグレード長耐久化、そして地域オリジナルなデザインにする事で、結果として省資源・省エネになるアプローチをとるべきである。

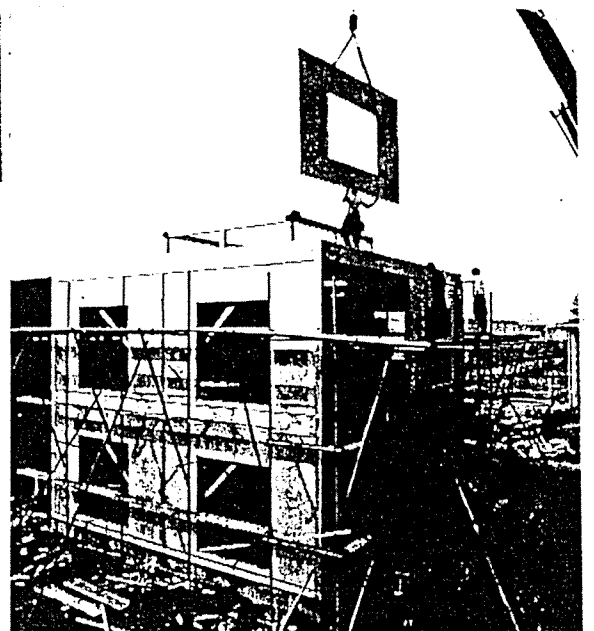
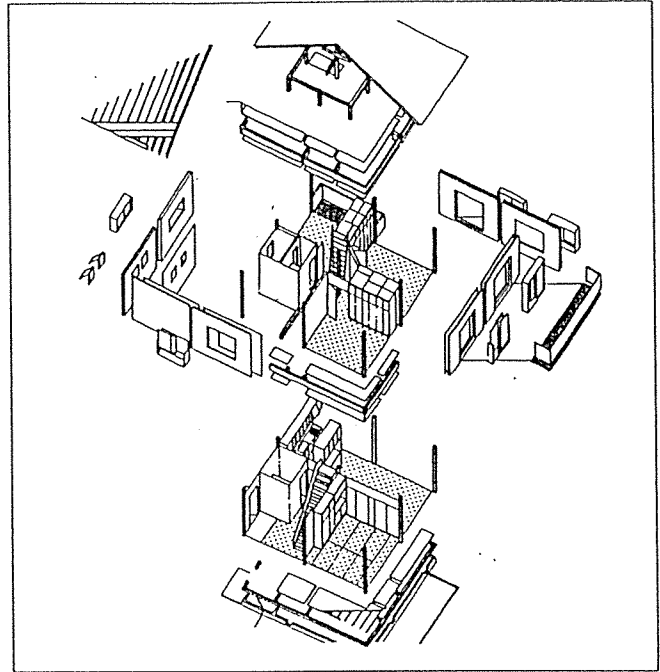
150年か200年ぐらいはもつだろうと考えている。



## 8. ヘビーティンバー2階建工法

日本の木材も戦後植林が育ちはじめ、使いこなせるようになりつつある。但し、梁材などの松の大断面材は不足であるので、50%位は輸入にたよわざるをえない。

軸組工法の歴史を伝承しながら部品化工法を確立し、同時に木材の省資源システムを実現するには、構造用集成材による大スパン方式にする事がリアリティが高い。

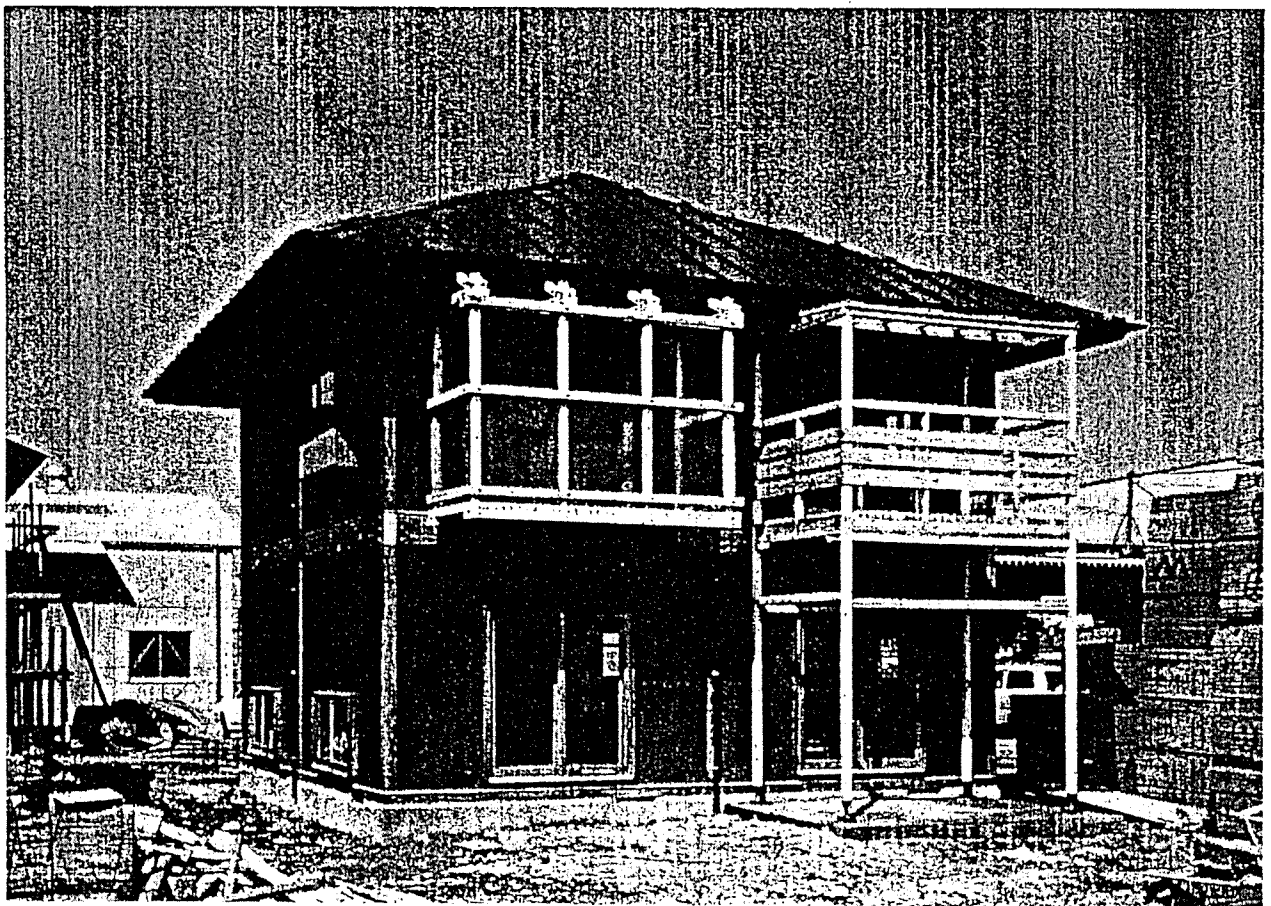


ヘビーティンバーのメリットは高強度である事、ジョイントをうまく工夫すれば建方精度が高くなること。

その結果、外壁、床などのパネル化が実現しやすく、部品化工法システムを安心して導入しやすい。さらに同じ理由から、内装や設備の部品の組み込みをスムーズに行いやすいし、可変による間取り変更などにもなじみやすい。その結果、住宅の寿命も50年から100年ぐらいには想定できよう。

パネル化のメリットの1つには、断熱材やサッシを工場で組み込める事から、高断熱・高気密性能を確実にキープすることができ、現場での職人の腕や設計施工のミスで左右されずコントロールしやすい事である。

つまり職人問題と同時に性能の確保がしやすい工法である。



## 9. ヘビーティンバー3階建工法

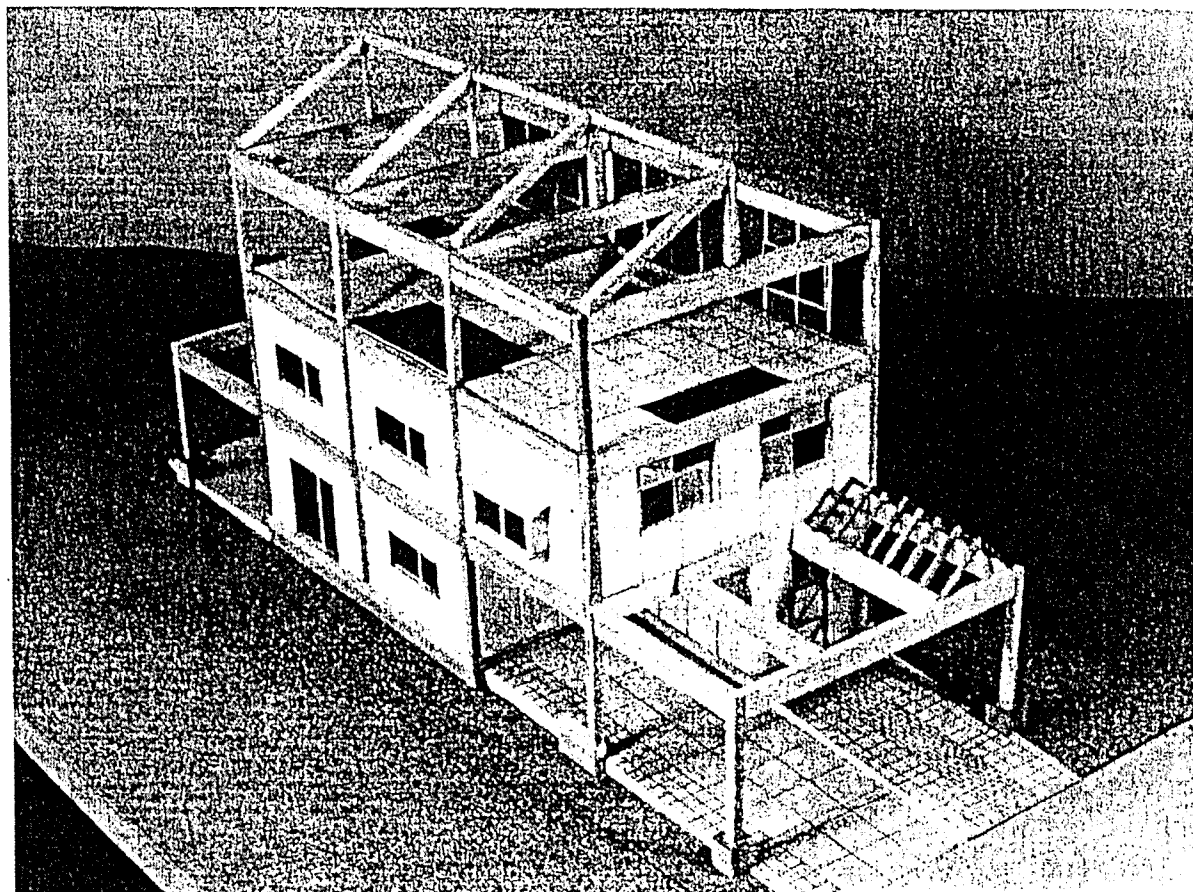
ヘビーティンバー工法は、都市型・町屋型の住宅システムにとっても、メリットが大きい。

強度的なメリットはもちろん、例えば3階建分の長さ9Mの柱や、鉄骨造的にキノ字の梁付き部材などにより、レッカー組立を容易にしえる事もできる。

もちろん、外壁耐火パネル、ALCパネルなどパネル化もやりやすい。

大断面材を使えば仮に火が廻ってもある程度炭化してしまうと燃えなくなる事も知られており、ある意味では鉄骨造より安全である事も考えられる。

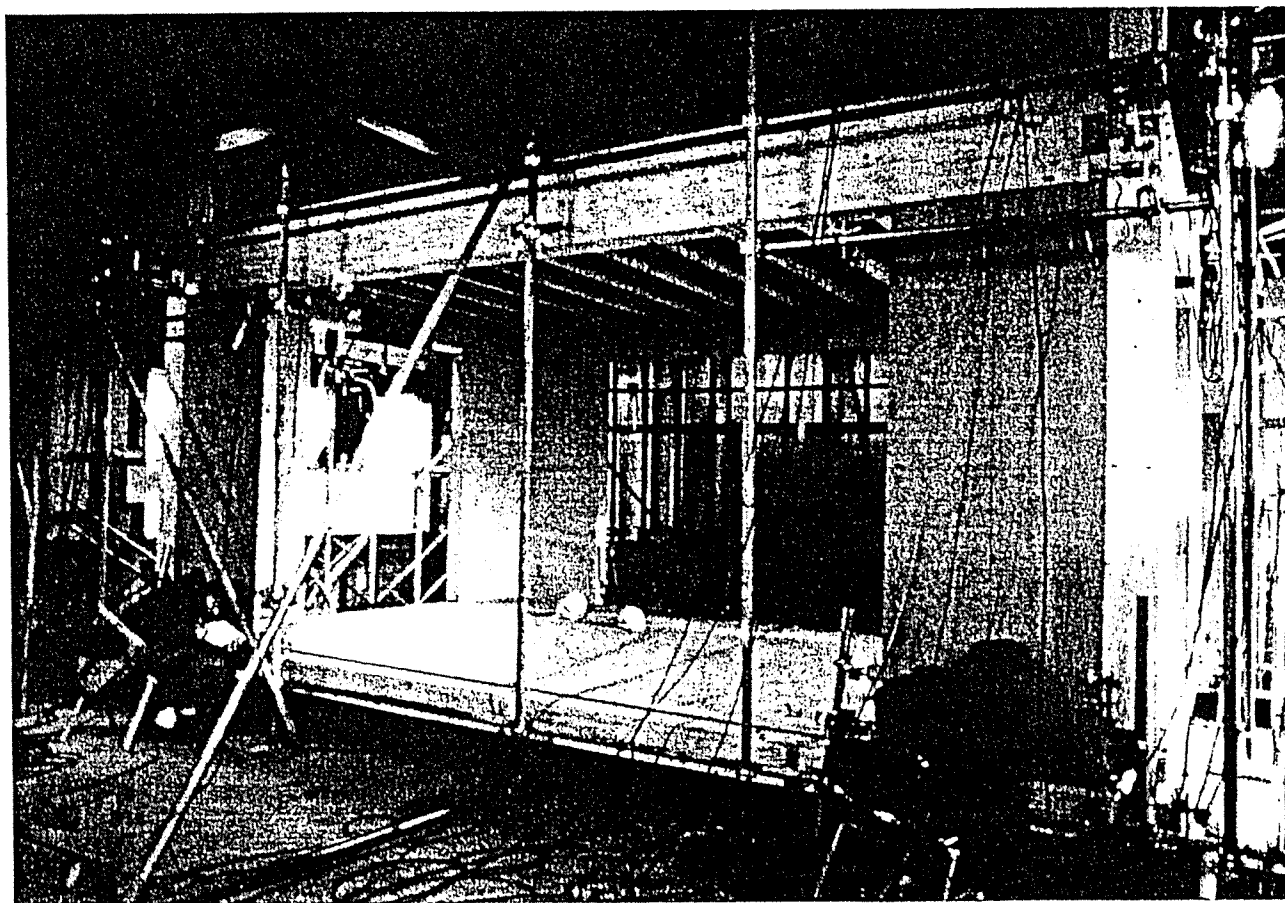
また大断面通直材は量産もきくメリットもあり、システム化された工法として、事業化しやすいし、精度も高い事から他部位の部品化が進めやすい工法である。



だいぶ前になるがワンSPAN分の実大試験  
体を作り有馬先生の指導で住木センターで構  
造実験を行った。

耐力壁との取り合いに工夫がいろいろであ  
るが技術的には面白い実感を得た。

もちろん柱梁ジョイントについては様々な  
工夫が必要となろうが、省資源、長耐久性の  
中SPAN工法として面白そうである。



# 10. 木造住宅の平面構成と構造

木造戸建て住宅について、平面構成、構造を分類整理する。

対象として、民家、現在の木造住宅を取り上げる。

## 1. 平面構成

民家については、居間、広間、客間、寝室土間に分類する。

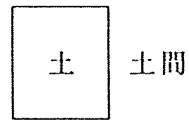
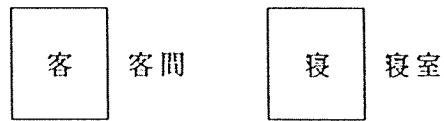
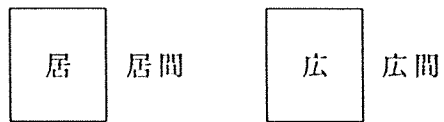
「広間」とは、居間と客間の中間的な性格の部屋で、「おえい」「ちゃのま」などと呼ばれる部屋である。

現在の住宅については、居間、食堂、台所、客間、寝室、動線空間に分類する。

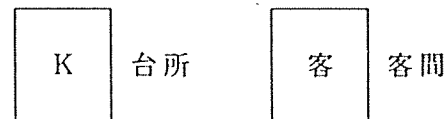
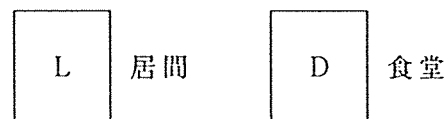
## 2. 構造

柱、梁、基本構造壁をモデル化する。

### 民家



### 現在の住宅



### 構造モデル

■ 柱

— 構造壁

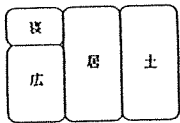
--- 梁

民家の平面では下のような間取りがみられ、Aは青森県に多く、B、Cは中国、四国と九州の一部でみられる。DはAからの発展型とみられ、Eは四国と九州の一部に多くみられる。Fは東北の一部にみられる地方性の強い間取りである。添え字の番号は小さいほど古い間取りであることを表している。

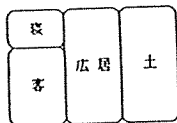
これらの間取りの変化には次のような傾向がみられる。

- 1) 建物の規模が大きくなる。
- 2) 客間のない間取りからある間取りへ。
- 3) 1室の客間が2室以上に増える。
- 4) 広間居間兼用から広間、居間の分化、さらに広間の消失。
- 5) 居間が土間へ押し出され、土間が狭くなる。

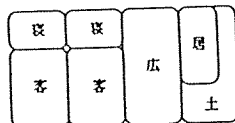
A1



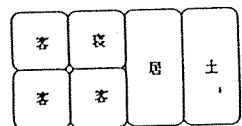
A2



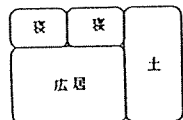
A3



A4



B1



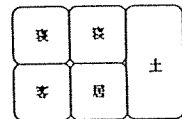
B2



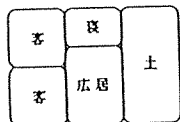
B3



B4



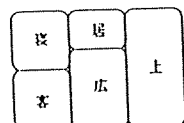
C1



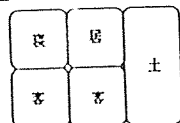
C2



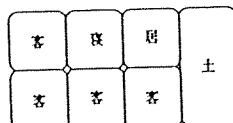
D1



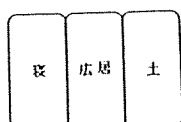
D2



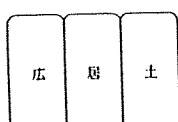
D3



E1



E2



F



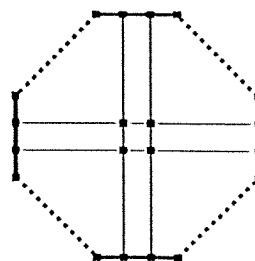
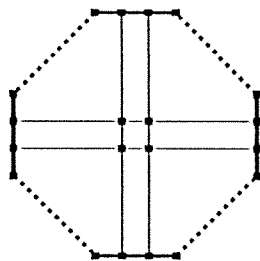
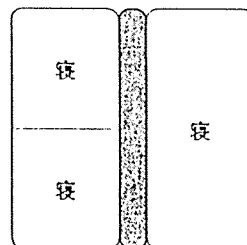
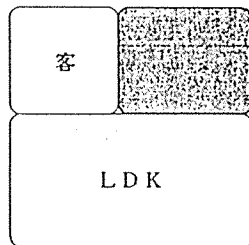
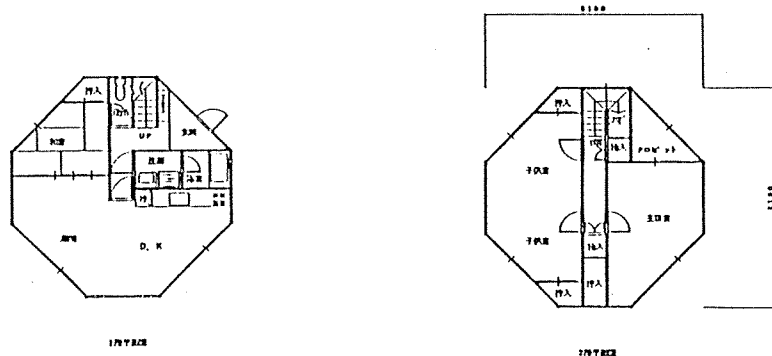
八角形住宅HLCシステム

平面

1Fは、田の字型プランの一角を動線空間とし、LDK、客間を配置、2Fは、中央に動線空間を配置し寝室をその両側に配置する。

構造

耐力壁を均等につりあいよく外周の短辺に配置し、軸組はその短辺に対して水平または直角を、X軸、Y軸とする。





富士ハウス建築VANシステム

平面

1Fは中央に動線空間、その両側にLDK、客間を配置し、2Fも同様に両側に寝室を配置する。

構造

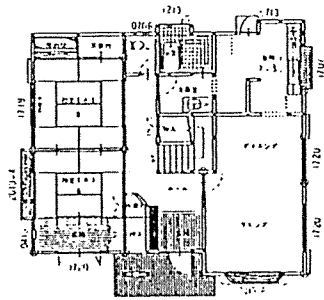


図-1 1F平面図

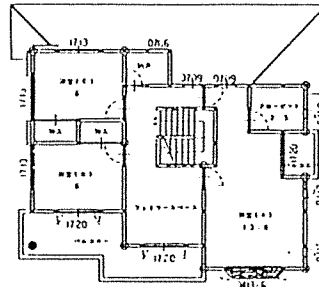
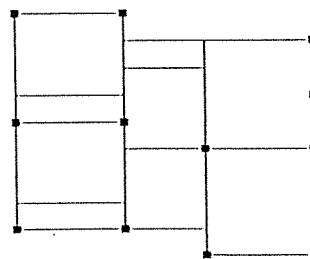
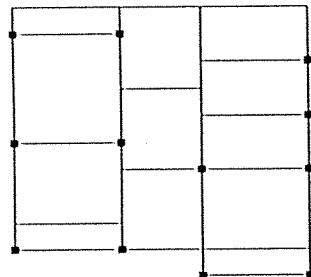
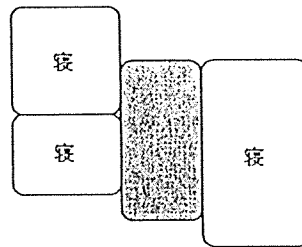
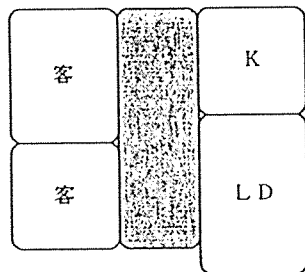


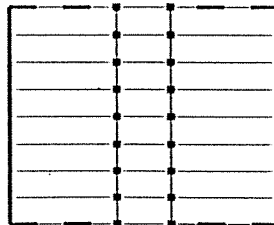
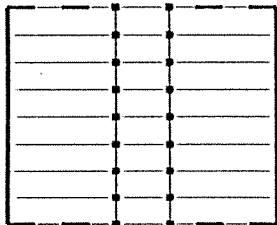
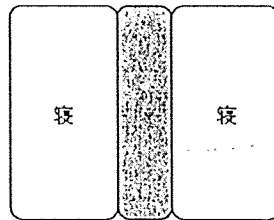
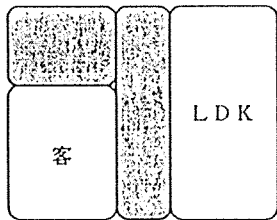
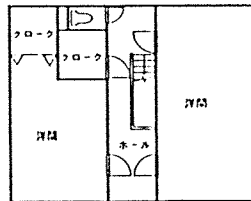
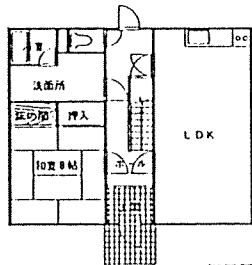
図-2 2F平面図



CKSネットワーク

平面  
 1Fは中央に動線空間、その両側にLDK、客間を配置し、2Fも同様に両側に寝室を配置する。

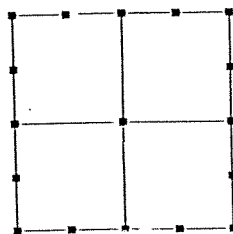
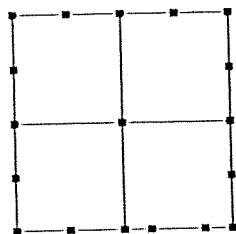
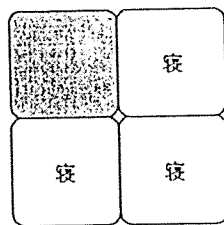
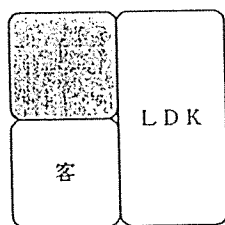
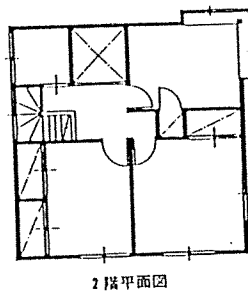
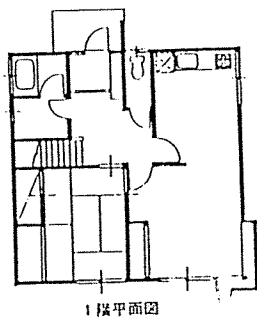
構造  
 外周に構造壁を配置し、内部は柱のみの空間になり、平面の自由度をましている。



コア工法

平面  
田の字型プランの一角を動線空間とし1FにLDK、客間、2Fに寝室を配置する。

構造  
柱間隔を1間で配置し、外部に面する軸組を基本耐力壁としてバランスよく配置する。



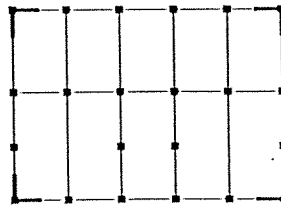
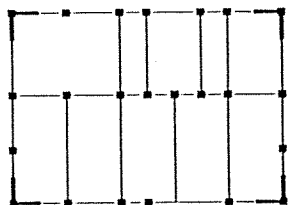
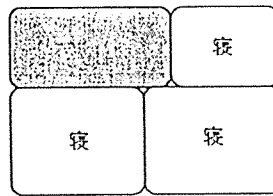
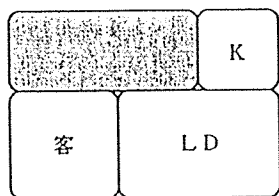
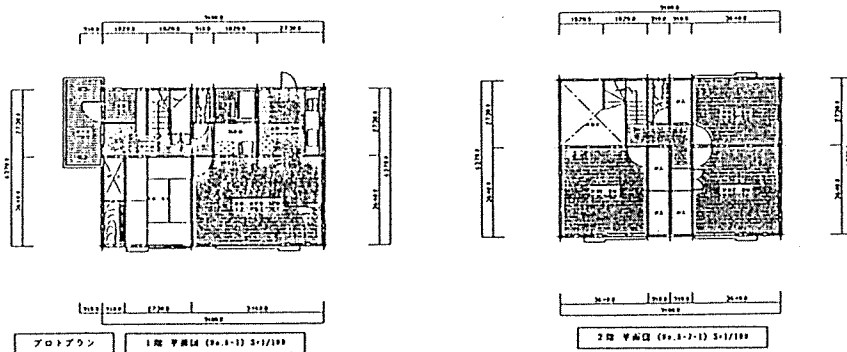
悠々の家 90

平面

田の字型プランの一角を動線空間とし1FにLDK、客間、2Fに寝室を配置する。

構造

1間間隔で柱を設け、梁も同一方向に1間間隔で使用できる。耐力壁は外周に均等よく配置。



近鉄SYSTEM HOUSE K-'90

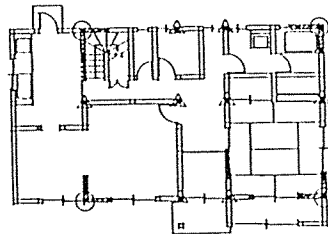
平面

1Fは、6分割の中央を動線空間とし、L、客間を配置、その外にDKを配置する。2Fは、6分割の構造体を4分割し動線空間、寝室を配置する。

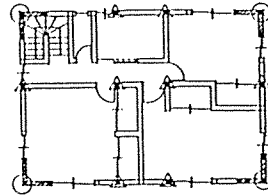
構造

構造コアの4隅に柱をたてその隅角部に耐力壁をもうける。

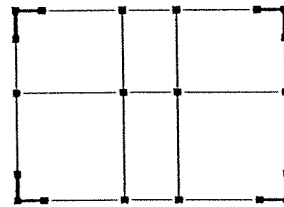
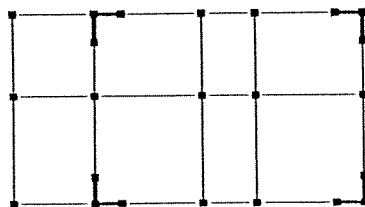
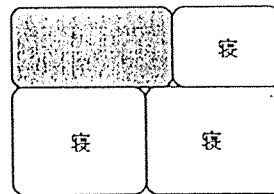
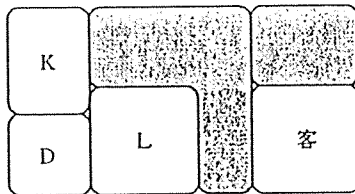
2F間仕切壁を非構造体とし自由配置を可能にしている。



1階平面図



2階平面図



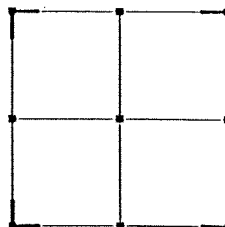
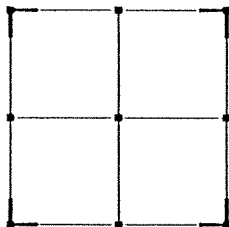
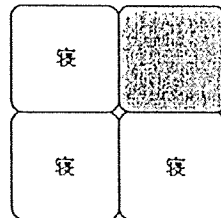
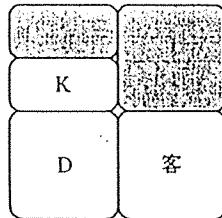
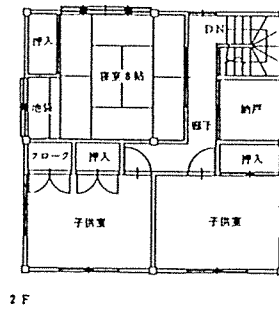
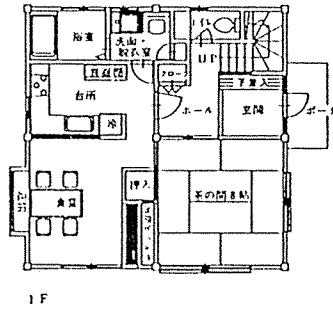
C-WOOD HOUSE システム

平面

田の字型プランの一角を動線空間とし、  
1FにDK、客間、2Fに寝室を配置する。

構造

2間×2間のグリッド上に主要フレームの  
通し柱を配置、面材の耐力壁はその高  
倍率を利用して開口部を最大限に確保し  
ている。



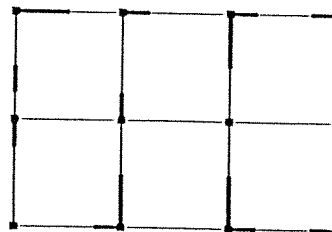
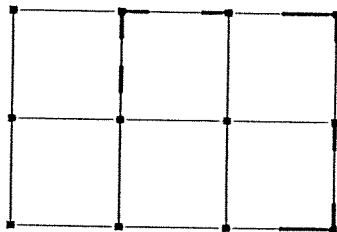
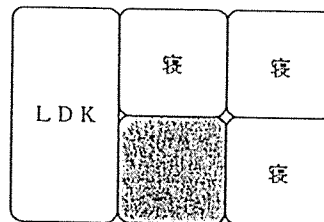
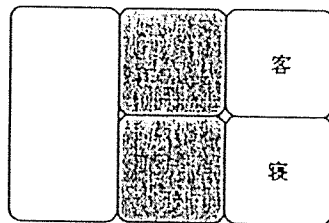
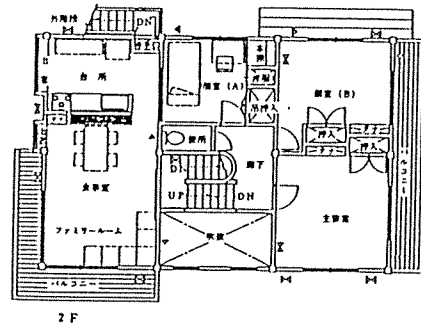
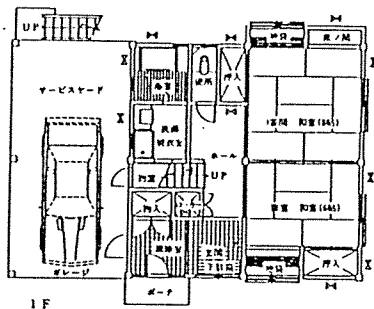
C-WOOD HOUSE システム

平面

6分割型プランの中央に動線空間を配置し1Fに客間、寝室、2FにLDK、寝室を配置している。

構造

2間×2間のグリッド上に主要フレームの通し柱を配置、面材の耐力壁はその高倍率を利用して開口部を最大限に確保している。



## 第2章 木造戸建て住宅の新たな視点

### 目次

1. 木造戸建て住宅の新たな視点	3 1
2. 建築資材生産の環境負荷と再生資源の持つ意味	3 2
3. 住宅の耐用年数とストック	3 5
4. 解体・廃棄による環境負荷とカスケード型利用法	3 7
5. 住宅部品による地域活性と環境保全	4 0

文責：有馬 孝禮



## 1. 木造戸建住宅における新たな視点

都市の発展、人間の豊かさ追求、経済活動は基本的に資源およびエネルギーの消費そして生態系の破壊の側面をもっている。大量生産コストダウン、効率主義、人件費軽減のための設備とエネルギーの投入は経済的あるいは効率的であった反面、それを支えるために化石燃料から発生したCO<sub>2</sub>などによって、温暖化問題など地球規模の環境保全に危機的な状況が生じてきているといわれている。また、従来より進められてきた我が国のスクラップ・アンド・ビルト方式は建設、解体に伴う多量の排出物を生じ、ゴミ処理、あるいはその安全性やリサイクルなどの課題を投げかけている。

一方、熱帯雨林などの森林の減少も生態系の変化や樹木のCO<sub>2</sub>の吸収能力の減少で地球上のCO<sub>2</sub>の増加に少なからぬ影響をもっているといわれている。とくに樹木、森林の伐採を伴う木材資源の利用は、伐採現場が目立ち、また型枠用合板や割りばし、さらに紙などが無造作に捨てられているのが目に見えるだけに、地球環境破壊の元凶と捉えられることも少なくない。しかし、森林保護を言い訳にして木材を使わず、他に代替すれば免罪符が与えられるような考えが横行するのは甚だ問題である。都市の発展、人間の豊かさ追求のための生産活動を停止あるいは抑制しようというのならばともかく、代替に要する資源、エネルギー量、そしてそれに伴うCO<sub>2</sub>発生量などを考えずに安直な代替論が生ずるこそ問題である。誤解のないように付加えるが、我が国の今までの大量消費を前提とした木材利用は、南洋材に限らず他の外国産材についても国際的な環境保全に関する立場から考えねばならない状況にあることはいうまでもない。ただ、単純に生態系保護の見方から森林伐採、木材利用がすべて悪のようにとらえられ、地球環境破壊問題の本質であるエネルギー浪費型の都市化や経済優先の活動の隠れ蓑にされているとしたら由々しき問題と言わざるをえないのである。地球環境問題の大半は人間の豊かさ追求や都市化の経済活動が基本的に資源およびエネルギー消費そして生態系の破壊の側面をもっているが故に生じた問題である。したがって、人類の地球環境保全のための本質はいずれにしても共存のための「簡素」、「自己抑制」、「自然への敬意」でなければならないはずであり、経済的価値や効率とは異なる評価尺度をどれぐらい重視するかの問題なのである。

このような中で木材資源という人間が作り、管理できる資源としての位置が重要になってきている。我が国のスギを中心とした造林木の蓄積は大きく増してきており、大量伐期は近い。にもかかわらず輸入材との価格格差や林業労働者の高齢化、人手不足は単に伐採、運搬など経営的な問題だけでなく、造林木の枝打ち、除草、間伐ができないことによって、森林そのものの活性に影響を及ぼしつつあるともいわれている。自国の資源に対する評価が価格という経営的な観点のみでなされているとしたら地球規模での環境保全の合言葉である「Thinking globally, acting locally」に程遠いといわざるをえない。

このように林業、木材工業、住宅建設や居住者の国際的な環境保全における自国の資源に対する理解度の不十分さ、とくに住宅に係わる行動の視点がもの中心、経済性、価格のみにあるとしたならば、バブル以上の厳しいつけが世紀末にこないとはいえない。すなわち、今後の国産材を用いた住宅や住宅資材の生産について、国産材が外材に比べ単に価格が高い、量がまとまるという市場原理だけでなく、林業地域の活性化や地球規模のエコロジカルな視点に立った利用協力、展開が必要である。本プロジェクトの基本となる視点ここにあるといえよう。具体的な扱いについての詳細は今後の検討課題としても以下の視点

を有していることである。

- (1) 環境負荷係数（資材エネルギー係数）
- (2) 維持管理係数（耐用年数、ストック係数）
- (3) カスケード利用係数（リサイクル係数）
- (4) 地域波及係数

それらの背景と考え方を以下に述べたい。

## 2. 建築資材生産の環境負荷と再生資源のもつ意味（環境負荷係数）

以下の簡単な例を見てもらいたい。一般的な建築資材生産に要したエネルギーを大気中に放出するCO<sub>2</sub>（Cに換算）で表示すると表1、2のようになる。とくに注目すべき点は、木材生産に伴うCO<sub>2</sub>放出量の少なさである（この数値の細部には不明な点や不十分な点もあるが、負荷のレベルの比較推定は十分できよう。表2が表1より低めになっているのは日本に入ってからエネルギー換算になっているためと考えられる）。これをみると現在の材料選択が化石燃料の大量消費に支えられた機能性、効率、経済性の評価によって流されてきたことが理解できるであろう。このようにその負荷の大きさを認識して、それに応じた使い方をすべきであって、木材利用が短絡的な森林破壊（＝地球環境破壊）に結びつけられているのが問題なのである。

我が国における全建築物の構造別に床面積当たりのCO<sub>2</sub>発生量を産業連関表をもとに算出し、比較すると図1、2になる。図1は建築物に木材がCの形でストックされているとして評価した場合のCO<sub>2</sub>発生量であり、図2は資材の製造に要したエネルギーからのみ算出したCO<sub>2</sub>発生量である。木造建築物が主として居住用であり、非木造建築物には業務用が多いことを考慮しても、資材の製造エネルギーから予想されるように木造建築物のCO<sub>2</sub>発生量はかなり少ない。また木造にあっても躯体である木材からのCO<sub>2</sub>発生量はきわめて小さいことが認められる。後述するように、木造住宅では木材の形で、Cストック量約50kg/m<sup>2</sup>（床面積当たり木材使用量0.2m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>で、木材比重0.5としCはその1/2）を貯蔵している。それに比較すると、ここで算出されているCストック量はやや大きい。それは算出方法が投入量からなされているためで、実際に建築物にストックされる量に歩留りなどを考慮すればほぼ妥当な数字といえよう。

これと別に、住宅建設に係わるエネルギーがCO<sub>2</sub>の発生にどのように寄与しているのか、概算を試みた例が図3である。年間150万戸の住宅生産を想定し、表3に示すような現状の構造種別の構成比率、床面積とした上で、生産から解体にいたるエネルギーをライフサイクルエネルギー調査から求めて、CO<sub>2</sub>の発生量（C換算）に変換したものである。また、年間新設の住宅に蓄えられる木材量と全住宅の木材量をストック量（C換算）として求めた。我が国の森林に年間蓄積される材積と全材積も同じくストック量（C換算）として求めてある（森林の葉などを含めた純生産の炭素固定量は年間5400万tonといわれている）。運用に伴うCO<sub>2</sub>の発生量は暖冷房、給湯、家電などの家庭用の供給エネルギーから換算したものである。

ここで主要な点は以下の通りである。

- 1) 我が国の住宅生産を年間150万戸と想定したとき、建築資材の製造エネルギーに関係するCO<sub>2</sub>の発生量は年間C換算で約1000万tonになる。木造によるCO<sub>2</sub>発生量の割合は約40%弱であり、全住宅床面積に占める木造の比率は50%であるので木造の

優位が認められよう。

また、木材を使用した（主として木工事）ことによるCO<sub>2</sub>発生量は極めて少なく、木造住宅では用いた資材の製造エネルギーによるCO<sub>2</sub>発生量の7%程度である。すなわち木造といえども他の材料の投入が大きなウエイトを占めていることになる。

2) 施工に要するCO<sub>2</sub>発生量は投入資材に比較すると少なく、その10%以下である。これに対して全世帯が年間で使用した家電、給湯、冷暖房に要したエネルギーをC換算すると約3000万t o nである。我が国の化石燃料の消費による年間CO<sub>2</sub>発生量は約2億5000万t o nであるから、日常的な生活の場におけるエネルギー浪費への配慮がいかに重要であるか理解できよう。

3) 木材として住宅にストックされるCの量は木造住宅では大きく、投入資材の製造エネルギーによるCO<sub>2</sub>発生量のほぼ70%み相当する。なお、木造が燃焼したときにはストックされていたCがCO<sub>2</sub>として放出されることになるが、そのときに他種の構造とCO<sub>2</sub>発生量がほぼ同じになる。

4) 全住宅にストックされたCはきわめて大きく、日本の森林の材積（蓄積）の約22%、人工林のその48%に相当する。重要な資源が蓄積されていることになり、このことから耐用年数の延伸、再資源としてのリサイクル利用（カスケード型利用）の重要性が理解される。

5) CO<sub>2</sub>放出型の建築材料、部材を木材をベースにしたものに代替すること、そしてその方法を十分検討する必要がある。たとえば、窓のアルミサッシ使用によるCO<sub>2</sub>放出は木製サッシに比較すると表4に示すようにきわめて大きく、木製サッシが燃焼したときですら1/10以下である。したがって、断熱性など性能的に同等の木製サッシに置きかえられたとしたら大きい効果があり、現在の技術でそれが決して実現不可能ではないのである。ここに地域に立脚した木製品の部品化の意義がある。

さて、よく木材は再生可能な資源であるとか、持続的供給の可能な資源といわれる点を若干説明しておく必要がある。樹木は、大気中からCO<sub>2</sub>として吸収された炭素Cが、太陽エネルギーの力で樹幹内に主成分のセルロース、リグニンなどの形で固定されたものである。したがって、伐採された後も木造住宅のような形で都市に移動してストックされている。CO<sub>2</sub>を吸収して生長することはないが、保管されており、極相林のような状態にあることの認識が必要である。一方、伐採された地に「伐ったら植える」という森林管理の基本、つまり正しい林業が行われていれば、新たな樹木としてCO<sub>2</sub>の固定が再開されることになる。最終的に焼却または腐朽などで大気中にCO<sub>2</sub>として戻ることになるが、伐採から焼却までの時間が長ければ（すなわち耐用年数が高い、あるいは解体材をCの保存された状態で再資源として利用される）、森林の樹木に生長する時間を与えることになり、木材を焼却する量が生長量を上回らないならば大気中のCO<sub>2</sub>は木材の利用によって減少の方向に向かうことになる。木材資源が真の再生可能な資源で、環境保全に対して極めてエコロジカルな資源であるといわれる所以はここにある。他の建築資材は使用すれば確実にCO<sub>2</sub>を増加させるのに木材資源は使用しながらCO<sub>2</sub>を減少させる可能性があることはもっと認識されるべきであろう。

また、資源確保のための人工造林の森林は使用、更新することで活性化しているので、砂漠化や野性動植物の種の保存や地元民の生活の場の確保といった熱帯林保護の問題とは全く意味が違うことを理解しておく必要がある。すなわち、資源の更新やCO<sub>2</sub>の吸収固定

能力といった人工造林木の積極的な役割への評価が極めて重要になってくる。そのように考えたときに国産材の利用は外国産材との価格競争といった経済評価とは異なった重要な意味をもつし、林業振興、木材利用と都市の関係を明確にすべき時期にきているといえよう。すなわち、住宅の設計、生産に携わる人々の専門的な知識と判断が、資源、エネルギー、環境保全といった視点にかなり大きな期待がなされていることを認識されねばならないであろう。と同時に施主がどのように住宅、住宅資材、住宅部品を選択し、管理維持していくかへの原点がそこにあるといえよう。

表4 アルミサッシと木製サッシの製造エネルギーと炭素放出量の比較(1 m平方の窓枠について)<sup>1)</sup>

項目	アルミサッシ	木製サッシ
サッシの全重量 (kg)	11.2	11.2
単位製造エネルギー (MJ/kg)	435	3.1
全製造エネルギー (MJ)	4,832	35.7
炭素放出量 (kg)	97	2.8
炭素貯蔵量 (kg)	0	5.6
放出量－貯蔵量 (kg)	97	-2.8
アルミと木材の炭素放出量の差 (kg)	99.8	
アルミサッシを木製サッシに代替することによる炭素放出量の軽減量 (kg/kg)	8.9	

注：木製サッシは人工乾燥材を防腐処理したものを使用。

### 3. 住宅の耐用年数とストック（維持管理係数）

今までみてきたように、木造建築物を建設するということは、樹木で炭素固定した大気中の炭酸ガスを炭素資源（有機資源）として保存するという意味をもっている。言葉を替えば、都市にもう一つの森林を形成することになる。すなわち、燃えたり、腐ったりしない（大気中にCO<sub>2</sub>として放出しない）木造建築物や木製品は、樹木のように大気中のCO<sub>2</sub>を吸収することはしないが、山にあった木材を都市に移動した炭素の固定保存庫の役を担っている。同時に林業の基本である「伐ったら植える」ことさえ確立されているならば、伐採された森林には再び樹木が植えられ、新たな生命活動によってCO<sub>2</sub>の固定が進められることになる。さらにその建築物が解体されたときには、排出された木材はリサイクルによる再資源として生かされることになる。こうしてCO<sub>2</sub>に戻るまでの期間を長くすること、すなわち耐用年数の増加や再利用は、森林での生産に時間的なゆとりを与えることを意味する。また、木材は基本的に生態系のサイクルにあるため、エネルギー消費型、環境負荷型の他材料、他構造に比較して著しく不利になることは考えられない。

耐用年数や解体廃材の再資源化について我が国の住宅の新設着工、ストックと除却に関する係わり合いについて、現在の一般的な傾向をみてみたい。

1) 戦後の住宅生産はスクラップアンドビルトを繰り返しながらストックしてきた。しかしながら、すでに、総住宅数が世帯数を上回っていることから、今後その速度が鈍ることは十分予想される。

2) 図4 に示すように、新設住宅着工は除却による建てかえ需要との関連が考えられるが、過去25年間（新設着工/除却）の比率は概ね低下しつつあり、したがって除却は増加の傾向にあって、それだけ解体材の処理、利用が大きな問題となっている。

3) 1980年代までの除却は木造住宅がその大半を占めていたが、近年他の構造の除却の比率が増加しつつある。我が国の総住宅数増加の経緯は図5 のようであるが、新設住宅着工の木造率の低下が今後の木材資源ストックや建設に伴うエネルギーやCO<sub>2</sub>の放出量などに変化をもたらす可能性がある。

4) 取り壊された住宅の築後の経過年数について行った住宅金融公庫の調査によると、図6 のように、木造住宅の耐用年数は他構造より長く、しかも50年以上のものが20%以上もある。50年以上のものを除いたとき、木造住宅は平均で約25年で、他構造住宅が約20年になっている。

5) 5年毎に実施される住宅調査資料から、図7 のように総住宅数と建設年次毎の構成分布が求められる。着工後T年経過したときの残存数Yを次式（除却数をロジスティック曲線）で表示できる。

$$Y = G * \text{EXP}(-r(T-a)) / (1 + \text{EXP}(-r(T-a))) \dots \dots \dots (1)$$

Gは着工数、aは着工数の半分が除却される年数、すなわち耐用年数の平均に相当する。

(1)式 で1945～1960年の間に建設された住宅の残存数の経緯をみると、耐用年数はほぼ25年となっており、住宅金融公庫で調査された結果とかなり良い一致をみている。

6) 年次着工数と除却などの変動から耐用年数とストックとの関連を知ることが可能で、シミュレーションした結果から以下のようなことが看取される。

耐用年数を25年として、1990年以降の年間新設着工戸数を150万戸とした場合と120万戸にした場合の全住宅戸数の経過をみると、世帯数から考慮すると必要とされ

る住宅総数は4000万戸位であろうから年間新設着工数150万戸では2000年を待たずに明らかに過剰になり、除却の数も著しくなる。

年間新設着工数を120万戸として耐用年数を25年としたときには、ほぼ4000万戸の現状を維持することになるが、同時に除却も120万戸に達し、解体処理の負担が大きくなることになる。耐用年数を35年としたときにはストック量が増加するので、新設着工数を抑えることになりストックとしての全戸数を維持しながら新設着工戸数の段階的な減少が可能になる。当然のことながら除却量も減少に向かう。したがって、従来のスクラップ・アンド・ビルトの量を求める体制を改め、ストック型の耐用年数増加や維持管理充実への方向を求めるべきである。

このように建築物が安定化した社会における資産（ストック）という情勢になってきつつあり、CHS（センチュリーハウジングシステム）や住宅金融公庫「高規格化住宅」などにその動きをみることが出来る。その中では耐用性の高い住宅を生産、供給するシステムを要件としているが、維持管理が重要な位置にある。住宅およびそれを構成する各種住宅部品も維持管理に関して「住いの手引き」などで供給者はもちろん住まい手もその役割の一端を担ってきていることが具体化してきている。とくにCHSが提案している基本的要件は次のようになる。（（財）住宅部品開発センター：センチュリーハウジングシステムI～V（1984））

- 1）物理的耐久性と機能的耐久性の両者が調和がとれかつ優れていること、
- 2）家族変化に伴うニーズの変化に対応するための住宅計画上の可変性が適切に組み込まれていること。

そして、躯体や各部位ごとに耐用年数に相当する年数型設定モデルが提案されているが、この年数のもつ意味で重要な点は、「何年もつ」という耐久性を保証するものではないということである。それは「何年もたすための仕組み（システム）を有している」ということを意味する。すなわち、維持管理はどのような役割分担になっているか、補修交換ができるようになっているのかなどである。MC（モジュラーコーディネーション）は補修や交換するとき不便が生じないように寸法をルール化しておくことで、IF（インターフェイス）は耐用年数の短い部材や部品を取り替える時に耐用年数の長い方を損傷しないですむように取合いのルール化を前もって取り決めているのである。維持管理におけるオープン性、すなわち将来に向けての約束事を取り決めているのである。現在、このCHSは主として集合住宅の部品や設備を対象になされてきているが、戸建住宅にも適用されてきている。

#### 4. 解体・廃棄による環境負荷とカスケード型利用（リサイクル係数）

木材は古くよりリサイクルが抵抗もなく行われてきた。現在でも発展途上国のごみ処理場では木材はもちろん、木屑ですら見出すことはきわめて困難である。すなわち、木材は大事な生活資源として生き続けていることを認めることができる。建築物に使用された材は、取り壊されると大きな材は小割りされて、再び建築材に用いられ、損傷した材は薪になっていた。このように木材のリサイクルは基本的に多段階（カスケード）型であり、最後には燃やして燃料になるのが一般的であった。近年、我が国では建築解体現場や建築土木現場で発生した木材、あるいは不用になった家具などのように都市から排出される木材が、廃棄物になる状況が生じつつある。

表4 除却された建築物と解体工事によって排出された木材の推定量を示したものである。この排出された木材を環境保全の面からみるとゴミ処理問題と焼却によるCO<sub>2</sub>の放出に大きく区分することができる。この多量の廃木材をゴミとしてみるか、再生資源としてみるのかによって評価も大きく異なってくる。建築物にストックされていた木材がボードなどの原料としてあるいは燃料として利用されるならば廃棄物ではなく資源であり、投棄もしくは焼却されるとゴミであり、CO<sub>2</sub>の放出源になる。

木造建築物などに固定保存されていた木材は除却、解体されたときに排出され、異物を除去して再資源として、すなわち木質廃棄物のカスケード型利用として生かされるか、投棄、焼却されることになる。木材工業での廃材や建築解体材の木材は補填エネルギー源として、あるいは焼却によって処理されてきた。かつての「オイルショック」によるエネルギー危機は建築資材についても製造、施工、運用、解体などが有限な化石燃料に頼り過ぎることへの警鐘と同時に資源の浪費に対する反省に論点の中心があったので、木材は化石燃料に代替しうる木質燃料としてあるいは補填しうるエネルギー源として検討されてきた。ところでそれを地球温暖化に関係するCO<sub>2</sub>発生という点からみると、投入されたエネルギーはそれを得るために化石燃料を燃焼させたときに生じたCO<sub>2</sub>量に置きかえて評価される。したがって、同じエネルギーを得るために木質燃料を用いたとしたならば、化石燃料よりも熱効率が劣るのでCO<sub>2</sub>を多く発生することになる。すなわち、木質燃料の化石燃料への代替は可能としても、CO<sub>2</sub>発生の評価としては劣ることになる。しかしながら、CO<sub>2</sub>発生量による環境税が木質燃料では0であるスウェーデンのように「伐ったら植える」が確立しているならば評価は大きく異なる。とはいうものの木質燃料は木材資源のリサイクルのカスケード利用の最終段階であり、家屋の解体廃棄木材からの木質燃料ならば発生する廃棄物の安全性、ごみの処理の有効利用といった側面で評価する必要がある。

木質資源は素材－製材－板－削片－繊維－燃料といったカスケード型の原料形態を有しているのでリサイクルは基本的に可能である。このように他の材料と異なり再資源化、再生利用への道がともあれ用意されていること、そして廃棄物の生態系への影響が少ないという事実は、将来に亘って生活資源としての共存ができるという意味をもっている。しかしながら、木質材料の大半が建築物、家具あるいは紙といった木材工業の範囲外に出ていくので、利用された後で解体、集荷、再生という流れの中には個々の採算といった議論の面で困難が多い。以下にその背景と課題を示しておきたい。

(1) 排出される木くずの質的な変化、すなわち形状が小さく、異物の混入が多く、

かつ多種類になっている。釘のように磁石による選別除去が行えるならば問題は少ないが、非金属、プラスチック、セメント、石膏などは選別が困難で技術的に解決すべき点が多い。したがって、解体材の質による区分を設け、適正利用をはかる必要がある。

(2) 時間に追われたり、あるいは人手不足で手壊しや選別の時間がとれないで、機械解体に頼るため、損傷や異物の混入を招き、同時にトラックの積載がかさむことになる。建設解体の手順、とくに予算執行（年度内決済）、労働力不足がリサイクルをしにくくしている。表5 に示すように機械解体と手解体では木くずの形態、すなわち製紙用、ボード、燃料チップ、あるいは単なるゴミのように価格、量までも大きく異なってくる。

(3) 発生、集荷が個別散在的で、安定した量と質が得にくい。したがって、個々の企業としては採算上、新しい原料が豊富にある中では、安価で量が確保されない限り解体材利用には消極的で、あえてリスクを冒したくないという傾向にある。現在、燃料、ボード、製紙用によって質の差異があり、再生チップの価格を形成している。しかしながら、市場の価格形成に再利用を期待してはごみの負担は軽減されない。

(4) 居住区の都市化によって木くずの再生処理業の立地条件、処理時間や騒音対策に困難な状況を生じている。とくに、近年建設される焼却処理施設によって木くずの集荷が量的に不安定になっている。縦割り行政や個々の事業者の都合で対策がなされているために、リサイクルとごみ処理の有機的なつながりが十分でない。

(5) 解体材の再利用の実績はいくつかみられているが、木質材料を製造する企業として現状で解体材を使う必然性は原料の確保、原料価格としての評価しかなく、技術的なリスクと新しい原料とのバランスで決定される。したがって新しい原料が価格や量的に安定していれば、都市が排出した木くずはごみとなる危惧を常に有しているので、単純な原料の価格競争におくことは環境保全の本質を避けていることになりかねない。

以上のような問題はあるにしても、木材資源が製造に要するエネルギーが少なく、そして廃棄物としての影響が少ないことは地球環境保全にとって代えがたい長所であることは明らかである。最近ごみ処理問題が顕在化してきており、すべての材料について再生利用が一段と考慮されねばならない状況にある。その再生利用にあってもエネルギーを要することになる。ここでも木質資源は再生に要するエネルギーは他資源に比較して少ないばかりでなく、最終的に埋めたとすときも焼却によってほとんど無害な灰分の量に縮小され、しかも排出されるガスとしてはCO<sub>2</sub>が主であり、SO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>といった酸性雨などに関係するものはほとんどない。

このように、木材は基本的に生態系のサイクルにあるため、今後エネルギー消費型、環境負荷型他材料、他構造に代わって使用されることが十分考えられるが、それが著しく不利になることは考えづらい。とはいうものの「伐ったら植える」という大原則と森林で生長するに要する時間にゆとりをもたらすだけの耐用年数の確保、それを可能にする維持管理、さらに木質資源としてのカスケード利用を心しておくべきことはいままでもない。そこには、従来の空間形成のための効率や経済主義のみでは済まない、真の豊かさとは何かという課題を、設計者、建築技術者そして一般の居住者に投げかけている。すなわち、一般の居住者にとって、最も身近な地球環境保全や自然保護のための行動(acting locally)は省エネルギー的な素材を選ぶこと、省エネルギー的な生活を心掛けること、住宅を大切にすること、そしてリサイクルに協力することに他ならない。

設計など生産する側はリサイクルがし易い形態の資材や構法の選択(プレサイクル)、



たとえば大きな断面や解体を考慮した接合などが評価されることになる。

## 5. 住宅部品による地域活性と環境保全（地域波及係数）

住宅部品という言葉はプレハブすなわち工業化住宅につながるイメージがあり、在来構法住宅に関係する人はアレルギー的な反応を示すことも少なくない。かつては建具、収納、厨房部品など大部分の住宅部品が地元の材料で地元の大工、専門職人によって作られてきた。ところが住宅部品メーカーから供給されるようになり、住宅部品は地元とは縁のないもの、職人と関係ないものとしてとらえられることも少なくなく、プレハブ的なイメージが作られたことも否定できない。

木製窓などの開口部は水密、気密や耐久性など性能的に問題があり、アルミサッシに取って替わられたが、それらの性能は技術的に十分担保できるようになった。これは構成原料である木材やその加工過程でのエコロジカルな評価が重要な意味をもつことになる。資材としてみたときアルミサッシの製造エネルギーは桁違いに大きく、それで放出されるCO<sub>2</sub>は木材サッシに比較すると35倍にも達する。たとえば火災で燃えたとしてもCO<sub>2</sub>の発生量はアルミサッシの10%以下である。このように一般に木材を原料とした製品の加工過程におけるエネルギー消費が他の材料に比較するときわめて少ない。

CO<sub>2</sub>の発生による地球規模の温暖化現象は人間の豊かさや利便性の追求を化石燃料によるエネルギーおよび森林破壊などに依存してきた結果生じたものであることは容易に推測できる。従来住宅部品とて、その例外ではなく効率、機能性追求が地球環境へのストレスを与えていたといえるであろう。

さらに重要な点は木材の生育段階で大気中のCO<sub>2</sub>と水を原料に太陽エネルギーで炭素Cを蓄積して環境保全に寄与していることである。木材利用は樹木伐採を意味するので、短絡的には地球環境保全に問題がある恐れがちである。しかしながら、人口造林木のように「伐ったら植える」という林業の基本がある限り木材利用が真の再生可能資源で環境保全に対してもっともエコロジカルであることはもっと認識されるべきである。いずれにしてもエネルギー抑制による地球環境の保全そして生態系の破壊を防ぐための本質は「簡素」、「自己抑制」、「自然への敬意」であり、その行動基本は地域の取組と個人の「エネルギーを節約する、ものを大切にする」といったエコロジカルな生活姿勢にある。幸いにして耐久性に関しても木製品は生活の歴史の中で価値と愛着を産むという人間に訴えるものを供えている。また、近年の生活空間における自然への回帰は緑や花と木材の調和が自然であり、エコロジカルな生活を期待させるものがある。

地域に立脚した材料、加工や運搬はもっとも省資源、省エネルギー的であり、地球環境にもストレスが少ないだけでなく、地域の就労の機会を大きくし、森林に活力を与え、公益的な環境保全に寄与することになる。人工造林の国産材がその中心的な対象として考慮されことは、地球環境保全という状況の中では当然ともいえる。地元の伝統に基礎をおいた住宅部品はその波及効果とも大きい。したがって、住宅生産の地域波及を示す評価が必要である。材料、そして施工の地元依存を経費だけでなく就労、環境保全からも係数化することが好ましい。

表1 各種材料製造における消費エネルギーと炭素放出量<sup>1)</sup>

材 料	化石燃料エネルギー		製造時炭素放出量		製品中の炭素貯蔵量 kg/m <sup>3</sup>	±炭素量 kg/m <sup>3</sup>
	MJ/kg	MJ/m <sup>3</sup>	kg/ton	kg/m <sup>3</sup>		
天然乾燥製材 (比重: 0.50)	1.5	750	30 (32)	15 (16)	250 <sup>*1</sup>	-235 -234
人工乾燥製材 (比重: 0.50)	2.8	1,390	56 (201)	28 (100)	250 <sup>*1</sup>	-222 -150
合 板 (比重: 0.55)	12	6,000	218 (283)	120 (156)	248 <sup>*1</sup>	-128 -92
パーティクルボード (比重: 0.65)	20	10,000	308 (345)	200 (224)	260 <sup>**</sup>	-60 -36
鋼 材	35	266,000	700	5,320	0	5,320
アルミニウム	435	1,100,000	8,700	22,000	0	22,000
コンクリート	2.0	4,800	50	120	0	120
紙	26	18,000		360		

( ) 内は廃材燃焼による熱エネルギーの利用を考慮した場合。

廃材からの調達エネルギーを天乾材20MJ, 人乾材1820MJ, また合板は人乾材の1/2, パーティクルボードは1/3とした。

\*1, \*\*, \*\*: 炭素含有率をそれぞれ50, 45, 40%とした。

±炭素量: 製造時に放出された炭素量-製品中に蓄えられた炭素量(木材が生育時に大気中から吸収して固定した炭素量)

BUCHANAN, A. 1990. Timber engineering and the greenhouse effect. 1990 ITEC Proceedings. 931~937 (中島・大熊, 1991. 木材工業 46: 127~131 参照)

表2 建設資材製造におけるエネルギー消費量と炭素放出量

建設資材	エネルギー消費量と炭素放出量 (輸送エネルギーを考慮せず)		
	エネルギー消費量 (kcal/kg)	炭素放出量 (kg-C/kg)	
砂利石材	砂 採	4	0.00028
	利 石	5	0.00032
繊維製品	綿	831(kcal/m <sup>2</sup> )	0.054
	絹	1,565(kcal/m <sup>2</sup> )	0.091
	毛織物	2,470(kcal/m <sup>2</sup> )	0.169
	その他	1,519(kcal/m <sup>2</sup> )	0.093
木 材	製 材	68,623(kcal/m <sup>2</sup> )	0.0078 -0.5 (炭素固定量)
	合 板	433,794(kcal/m <sup>2</sup> )	0.0487 -0.496 (炭素固定量)
紙	板 紙	2,546	0.184
	洋和紙	2,931	0.217
塗 料		2,381	0.179
合成樹脂製品		3,067	0.176
ガラス	板ガラス	5,410	0.389 +0.0252
	繊維	7,970	0.554 +0.0252
	その他	10,594	0.743 +0.0252
セメント		908	0.081 +0.144
陶磁器	建設用	1,681	0.114
	耐火物	2,357	0.168
	その他	387	0.028
鉄(粗 鋼)		5,657	0.515
銅		3,742	0.280
アルミニウム		10,528	0.616
その他	鉛	5,920	0.525
	亜鉛	7,588	0.502
	その他	25,645	1.672

日本建築学会編, 1992. 建築が地球環境に与える影響. 21~22. 日本建築学会

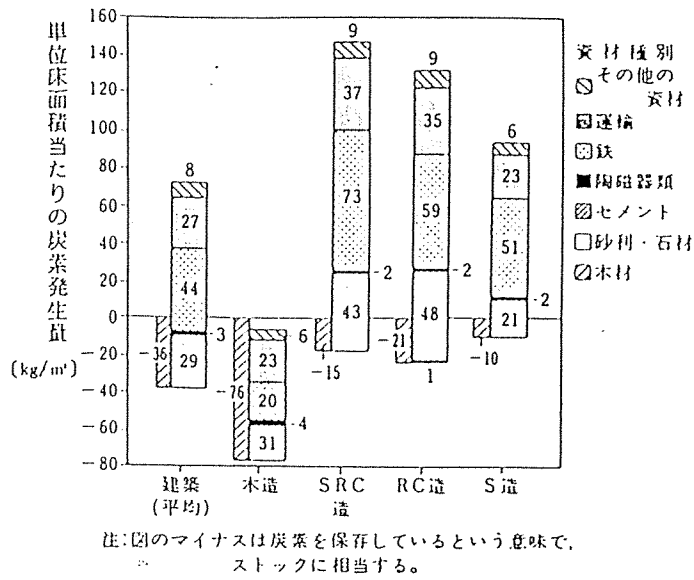


図 1-2 炭素固定量をマイナスの排出量とした場合

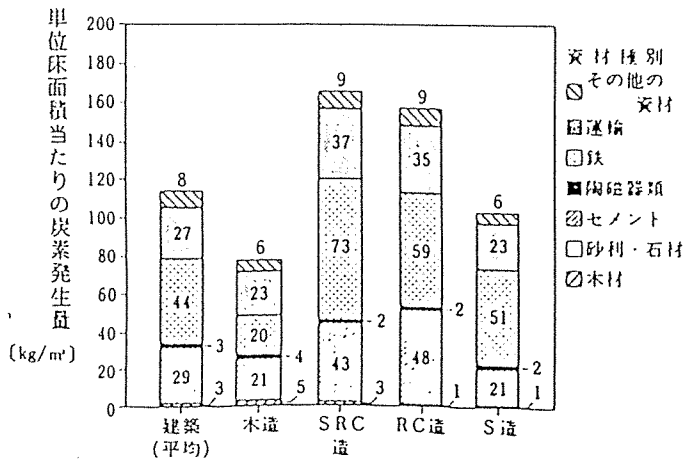


図 2-2 炭素固定量を 0 とした場合

( 前出表 2 )

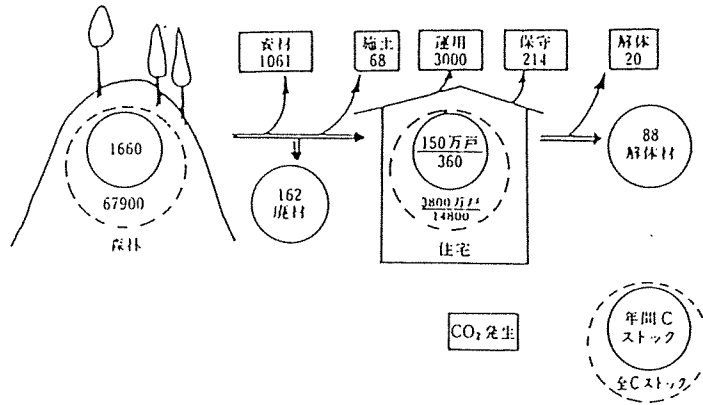


図3 我が国の住宅ライフサイクルにおける年間 CO<sub>2</sub> 発生量 (C換算 万ton/年) と年間木材ストック量 (C換算 万ton/年) および全ストック量 (C換算 万ton)<sup>3)</sup>

表3 我が国の住宅資材投入による CO<sub>2</sub> 発生量とストック量 (いずれも C換算)<sup>3)</sup>

●年間新設住宅着工数	150万戸/年	(想定)		
戸建住宅 (40%)	60	木造 (80%)	48万戸	
		非木造 (20%)	12	
共同住宅 (60%)	90	木造 (20%)	18万戸	
		非木造 (80%)	72	
●平均床面積 (m <sup>2</sup> )				
戸建住宅	100m <sup>2</sup>			
共同住宅	67m <sup>2</sup>			
		●床面積あたり CO <sub>2</sub> 発生量 (kg/m <sup>2</sup> )	年間 CO <sub>2</sub> 発生量 (万ton/年)	
戸建住宅		木造	70	336
		非木造 (S造)	60	72
共同住宅		木造	70	84
		非木造 (SRC造)	118	569
全住宅				653
				1061
		●年間木材でストックされる CO <sub>2</sub> (C換算) (万ton/年)	(木材比重0.5で炭素Cはそれの0.5)	
戸建住宅	252	木造	240 (0.2m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> 木材使用量を想定)	
		非木造	12 (0.04m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> " )	
共同住宅	108	木造	60 (0.2m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> " )	
		非木造	48 (0.04m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> " )	
全住宅	360			
●現在住宅 (3800万戸) に木材でストックされている CO <sub>2</sub> (C換算) (億 ton)				
木造	1.425 (48年分)	非木造	0.06 (10年分)	
全住宅	1.48 (約1.5億 ton, 40年分)			
		人工林蓄積の48%に相当		
		全森林蓄積の22%に相当		
●日本の森林の年間ストック量 (1976 - 1984年の平均) と全ストック CO <sub>2</sub> (C換算)				
	年間ストック量	全ストック量		
全森林	1660万 ton	6.79億 ton		
人工林	1360	3.08		
天然林	300	3.71		

(有馬孝禮, 1991. 木造住宅のライフサイクルと環境保全. 木材工業 46: 635~640)

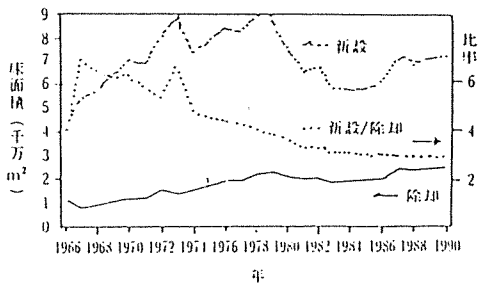


図4 新設着工と除却床面積および(新設着工/除却)の比

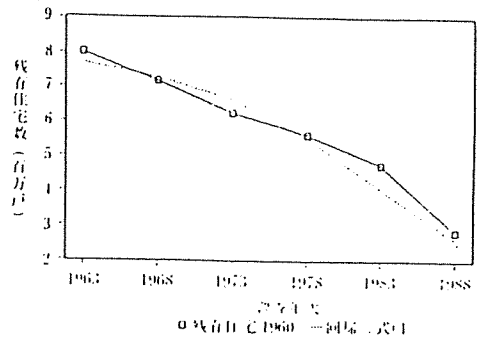


図8 残存住宅の経年の例

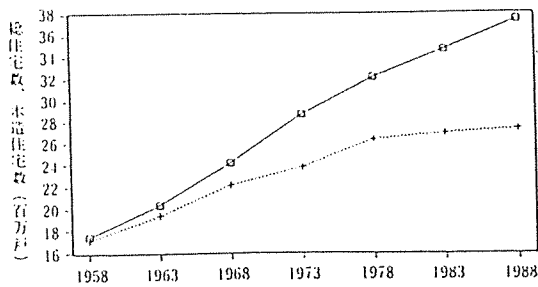


図5 我が国の総住宅数の経年変化

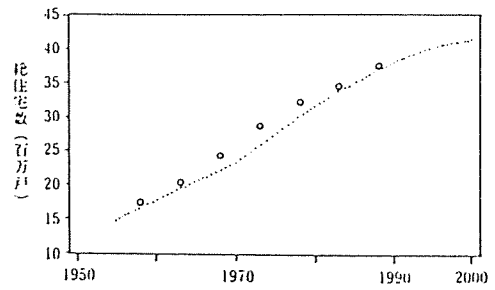


図9 住宅調査による総住宅戸数と式(1)を用いたときの総残存住宅数

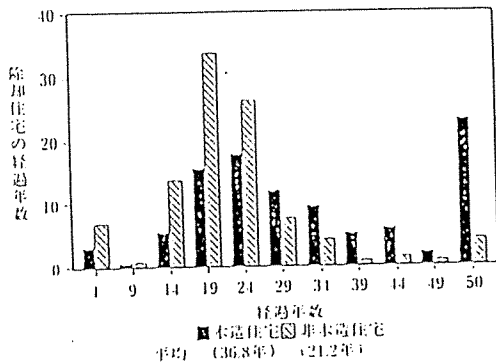


図6 除却住宅の経過年数の分布

(住宅金融公庫建設サービス部, 1989, 住宅はなぜ、いつ壊されるのか, Better Living 102: 6~13)

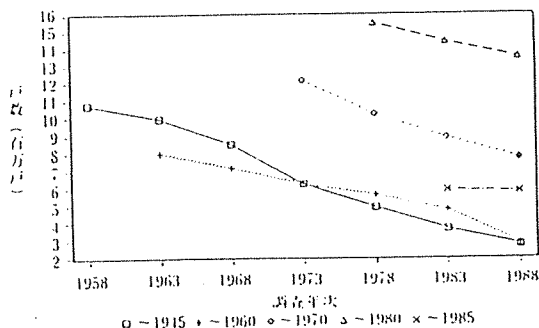


図7 建設年次別の戸数推移

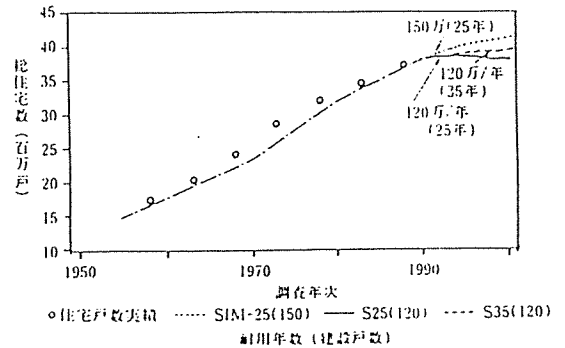


図10 耐用年数と建設戸数を組み合わせたときの総住宅数の推移  
耐用年数が増すと、同じ着工戸数であっても総戸数が増加する。

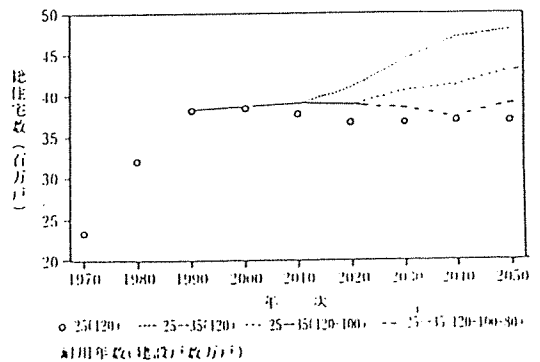


図11 耐用年数と建設戸数を変化させたときの総住宅数の推移予測

表4 建築物の解体に伴って発生する廃木材推定量の推移  
 (「木材工業」Vol.45 No.3より)

年次	除去建築物						廃木材発生推定量			
	総数		木造		非木造		木造			非木造
	床面積 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	増減率 %	床面積 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	増減率 %	床面積 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	増減率 %	機械解体 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	機械・手解体 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	手解体 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup>	
1975	25,938	100.0	23,081	100.0	2,857	100.0	2,354	2,885	4,131	109
76	30,255	116.6	26,622	115.3	3,633	127.2	2,715	3,328	4,765	138
77	29,281	112.9	25,745	111.5	3,533	123.7	2,626	3,218	4,608	134
78	33,534	129.3	28,878	125.1	4,656	163.0	2,946	3,610	5,169	177
79	35,461	136.7	30,158	130.7	5,303	185.6	3,076	3,770	5,398	202
80	33,019	127.3	27,601	119.6	5,418	189.4	2,815	3,450	4,941	206
81	32,561	125.5	26,550	115.0	6,011	210.4	2,708	3,319	4,752	228
82	31,912	123.0	26,395	114.4	5,517	193.1	2,692	3,299	4,725	210
83	30,437	117.3	24,234	105.0	6,203	217.1	2,472	3,029	4,338	236
84	31,545	121.6	24,393	105.7	7,153	250.4	2,488	3,049	4,366	272
85	32,433	125.0	24,663	106.9	7,767	271.9	2,516	3,083	4,415	295
86	33,229	128.1	25,357	110.0	7,871	275.5	2,586	3,170	4,539	299
87	38,340	147.8	29,657	128.5	8,682	303.9	3,025	3,707	5,309	330
88	38,864	149.8	28,455	123.3	10,409	364.3	2,902	3,557	5,093	396
89	39,864	153.7	28,856	125.0	11,007	385.3	2,943	3,607	5,165	418

注. ○除去建築物は「建築統計年報」建設省各年版より。

廃木材発生推定量は、日本住宅・木材技術センター「在来工法木造住宅の木材使用量調査」1986年3月の原単位を基準とし、解体方法別発生量は大阪産廃事業協同組合「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査・研究」1988年3月の原単位によって作成。

表5-(1) 主な解体法と作業上の問題及び解体木材の品質

(「建設事業への廃棄物利用技術の開発報告書」1976建設省総合技術開発プロジェクト)

解体方法	作業上の問題	解体木材の品質	処理・用途
(1) 全根解体 (一部根の少ないものを手ごわし することもある。)	騒音、振動、ほこり 運搬時の取扱いがさばる 端材処理に手間がかかる	全異物混入、破損大 多量の水分含む	投棄、焼却 チップ
(2) 内部造作建具、配線除去→外壁モルタル カワラ 除去→根解体	騒音、振動、ほこり 釘等による取扱いのさばり	破損大、金属類混入	チップ、焼却
(3) (2)→手ごわし (釘めき、採ね)	騒音、振動、ほこり	破損材と健全材の区分 ができる(健全材のグ レード量が少ない)	角材、板材 チップ
(4) 内部造作建具、配線除去→外壁モルタル カワラ 除去→手ごわし→根ごとわし	主要な部材のみをとり出 すとき作業上の問題は (1)(2)に近い	主要材は健全、他は(2) に同じ	角材、板材 チップ
(5) 内部造作建具、配線除去→外壁モルタル カワラ 除去→手ごわし	手間がかかる	破損の少ない材がほと んどとれる釘をめぐ場 合とぬかない場合があ る	角材、板材 チップ

表5-(2) 工事種別木くず発生現単位

「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査研究」大阪産廃事業協同組合1988年3月

工事種別		廃コンパネ	混合木くず	単独木くず	木くず合計	
家屋 新築	木造	—	0.032	—	0.032	
	非木造	0.018	0.006	—	0.024	
家屋 解体	木 造	機械解体	—	0.038	0.070	0.108
		機械・手 解体	—	0.033	0.100	0.133
		手解体	—	0.071	0.120	0.191
	非木造	—	0.015	0.023	0.038	
改 装		—	0.017	0.023	0.040	
土 木		0.040	—	—	0.040	

(注1) 混合木くずとは、他の廃棄物と混合した状態の木くずをいう。

(注2) 単独木くずとは、他の廃棄物と混合していない木くずをいう。

(注3) 単位は土木工事に関するものがm<sup>3</sup>/百万円、それ以外がm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>とする。



## 第3章 在来木造住宅における部品化

### 目次

1. 在来木造住宅における部品化	4 8
2. 軸組パネル構法について	4 9
3. 軸組パネル構法におけるパネル類型	5 0
4. 建方手順による軸組パネル構法の類型	5 8
5. 軸組パネル構法におけるパネルの納まり	6 3
6. 軸組新構法について	6 7
7. 軸組新構法における接合手順	6 8
8. 資料	7 1

文責：八木 幸二

### 第3章 在来木造住宅における部品化

在来木造はもともと部品化された土台、柱、梁などの軸組部材を現場で組み立てる構法であり、継手・仕口のプレカット化も進んでいる。しかし、熟練職人の不足、木造3階建ての増加、高気密・高断熱などの性能要求などに対処すべく、新たな部品化が進んでいる。

こうした状況の中で、最近目立つのが在来の軸組に壁・床・屋根パネルを取り付ける方法である。材積が多くなるという欠点にもかかわらず、未熟練労働者でも可能な、工場でのパネル生産や、そのロボット化により、都市の施工現場での手間を削減し、静かできれいな現場にできるという利点が評価されている。また、工場生産の正確さや断熱材や窓などと一体化したパネルの製作が、木材供給側の付加価値となるので、木材産地に近い所で経済効果が期待できる。

しかし、パネル化といっても現状は各社が独自に詳細を決め、モジュール寸法との微調節方法もさまざまであるため、土台、柱、梁とのとり合いも異なり、互換性がない。即ち、軸組材とパネルは同一業者のクローズドなシステムとして存在し、部品化の利点である量産効果を生むに至っていないと思われる。

こうした点を改良できるのか、現在パネル化を行っている企業を対象として、資料の収集、アンケート、ヒアリングを行い、軸組パネル構法におけるパネルの類型化を試みた。

また、パネル化により、2階床パネルが足場床として建方に寄与する一方、床・壁パネ

ルを取り付けることにより屋根の完成が遅れるという欠点があると考えられる。そこで、パネルの納まりや建方手順についても分析し、構法開発の傾向を見た。

パネル化とは異なった動きとして、軸組の仕口部分に新しいタイプの金物を使用する試みがなされている。プレカット化がなされてきているにもかかわらず、在来タイプの継手・仕口では断面欠損の分だけ弱くなるため、金物によって材端を結合することによって、接合部を構造的に強くすることができる。また、材端の形状を単純化できるので、材の規格化がしやすくなり、材の使い廻しが可能となる。従って、建方時における材の取り付け手順がより自由となり、施工、管理がしやすいと考えられる。

こうした金物は、パネル化にくらべるとオープンに流通しやすいので、一部には既に相当使われているものもある。今回は、開発段階のものも含めて調査し、部材の取り付け手順という観点から分類を試みた。

下地材、仕上げ材、階段などの造作材や家具、建具などの内部装置については、部品化販売の歴史が長いですが、構法にからむ部品化としては、2×4構法やユニット構法などに対抗して、在来軸組の範囲での新展開が現在進行中であり、その評価はまだ定まっていない。

確認申請において、在来構法の自由度が一番高いことを考えると、今後は、地域、地方、都市、特定の敷地形態などに対応した部品化をモデル住宅などによって示すべきであろう。

# 1 軸組パネル構法について

近年、現場作業の省力化のため、CAD/CAMによる軸組材のプレカットが普及しつつある。その中で、建設省の「新世代木造住宅開発事業」におけるシステム提案でも多くみられるように、在来構法の枠内でのパネル化（以下、軸組パネル構法）による合理化が進むものと思われる。また、前段階としてのプレカット材の使用、乾燥材の使用が、軸組材の精度を上げ、軸組間を埋める面のパネル化を可能にしている。

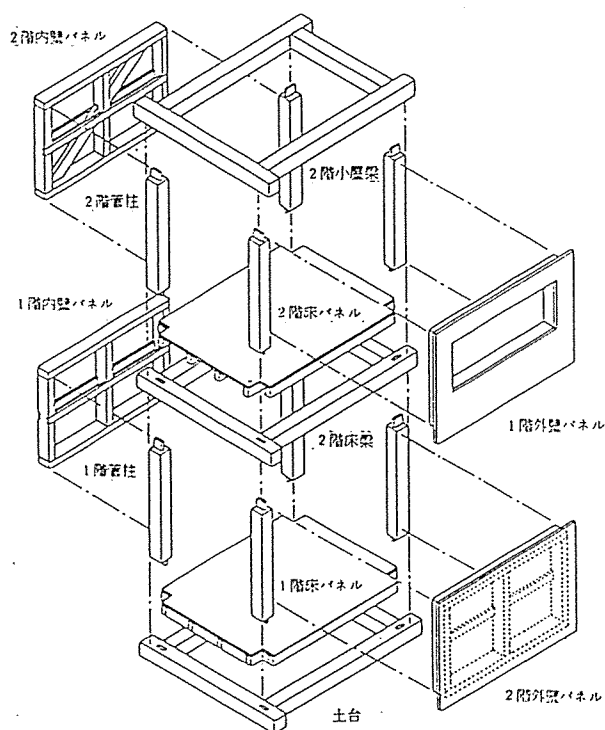
しかし、軸組パネル構法は普及を始めたばかりであり、いまだ各社とも開発の途上にある。そのため、一口に軸組パネル構法と呼んでも、パネルの性状、建方の方法、ディテールなどは様々である。そこで、各軸組パネル構法の類型化を行い、併せて他の木造構法と比較し、構法としての位置づけを行うことで、今後の軸組パネル構法の開発のための有効な示唆を与えることができると思われる。

以下2～4章では、今後軸組パネル構法の主導的役割を担うと思われる上記システム提案における入選案を対象に、既存のパネル構法（木質パネル構法、ツーバイフォー構法＜2×4構法＞）との比較を含めて、建方手順とパネルの納まりを分析することにより、軸組パネル構法の基本となるパネル及び接合部の類型から構法的な位置付けを見いだすことを目的としている。

調査対象とした構法は、建設省の「新世代木造住宅開発事業」におけるシステム提案の

うち軸組パネル構法を扱っている16社、および早期から軸組パネル構法の開発を手掛けている3社のものであり、アンケート調査を行った結果、回答のあった13社14構法（A～N）について、さらに詳しくヒアリングを行い調査対象とした。さらに、他の木造構法との比較を行うために、在来構法1社、2×4のパネル化構法1社、木質パネル構法1社についてもそれぞれ資料を得て、調査対象とした。

なお、軸組パネル構法は、システム提案を行った会社の中でも開発が始まったばかりであり、一部、早期から開発の始まったところもあるものの、新建材の出現などで改良が続いている。実際に建てられた棟数が少ないところが多く、接合部のディテールと施工の関係など、現場における作業性が十分に検討されていないと思われるものも幾つかあった。



軸組パネル構法（事例II）

## 2 軸組パネル構法におけるパネルの種類

### パネルの基本的な機能と種類

軸組パネル構法は、建築基準法施行令における木造建造物の範囲内で建設される構法であり、構造材の構成は在来構法に準拠している。すなわち、鉄筋コンクリートの布基礎、土台、柱、梁、小屋組、筋違、間柱、根太など基本的な構成材を変えることなしに合理化を進めている。そのため床パネル・壁パネルなども、各部位に存在する構成材は従来の部材をそのまま使用していることが多い。

このような制約の中で、軸組パネル構法を開発している各メーカーが、どのような部位をパネル化しているのかを示すものが表2-1である。最も多くパネル化されている部位は外壁であり、屋根は半数にとどまっている。内壁も半数弱のメーカーがパネル化を行っていない。このように軸組パネル構法といっても、各メーカーごとにパネル化の状況は異なり、また、そのパネルの中身も異なっている。

対象となった各メーカーのパネル（類似しているものは代表的な1社）、木質パネル構法、2×4構法の各パネルの概要を、床パネル・外壁パネル・内壁パネルに対してそれぞれ、図2-1、図2-2、図2-3に示す。

床パネルは、基本的に根太と合板からなり、それらは釘打ちされて一体となる。根太は合板の長手方向に入っているものと、短手方向に入っているものがある。また、柱が通る

部分では合板を柱型に欠き込んであるものもある。

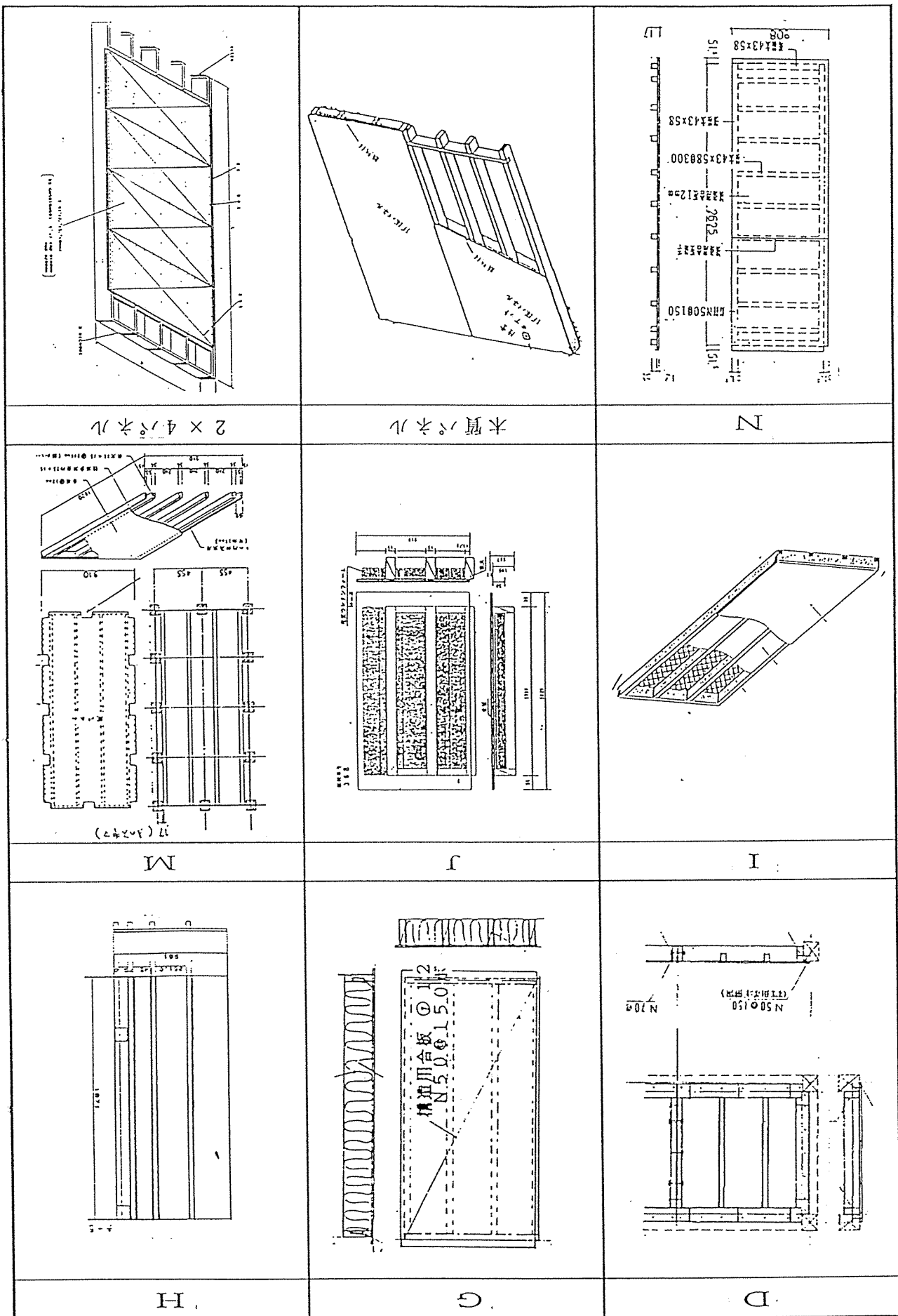
外壁パネルは、構造的に耐力を持たせる場合には、間柱だけでなく、在来構法と同様に筋違を入れるものもある。現行の基準法では筋違は土台と柱に直接緊結しなければならないため、合板と枠材で構成されるパネルから、筋違部分がはみ出しているものもある。

内壁パネルは、基本的に構造的な耐力を有しているものは少なく、間柱と枠材から成り立っているものが多いが、さらに合板が張られているものもある。また、仕上げのための胴縁が付いているものもある。ここで使用される枠材には、間柱と同じ材が使用されており、構造的には不要な部材である。

表2-1 各メーカーのパネル化の状況

パネル メーカー	1F床	2F床	外壁	内壁	屋根
A	×	×	×	×	○
B	×	×	○	○	×
C	○	×	○	×	×
D	×	○	○	○	×
E	×	○	○	○	○
F	○	○	○	×	×
G	○	○	○	○	×
H	○	○	○	○	×
I	○	○	○	○	×
J	○	○	○	×	○
K	○	○	○	×	○
L	○	○	○	×	○
M	○	○	○	○	○
N		○	○	○	○

○：パネル有り    ×：パネルなし



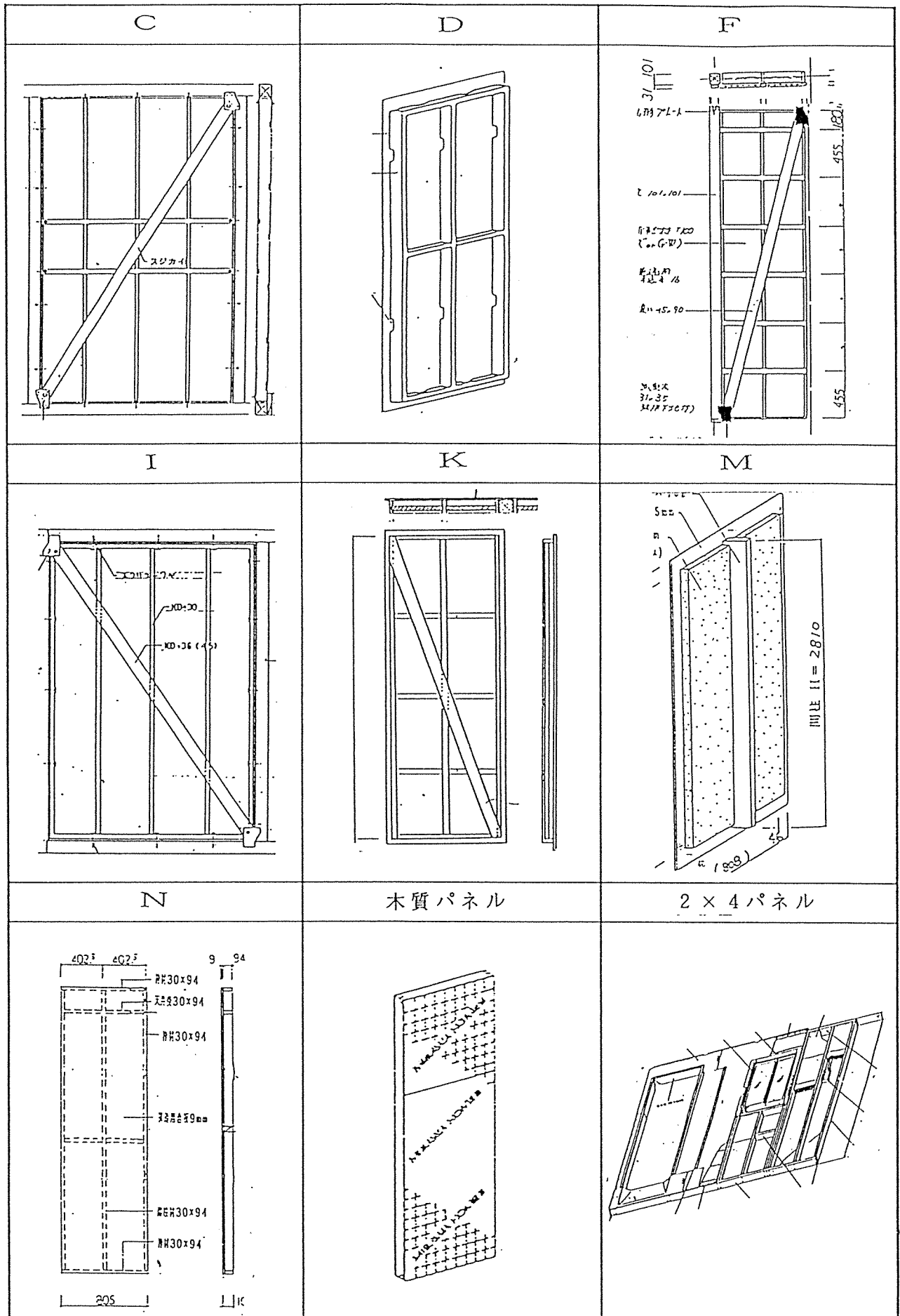


図 2 - 2 外壁パネル

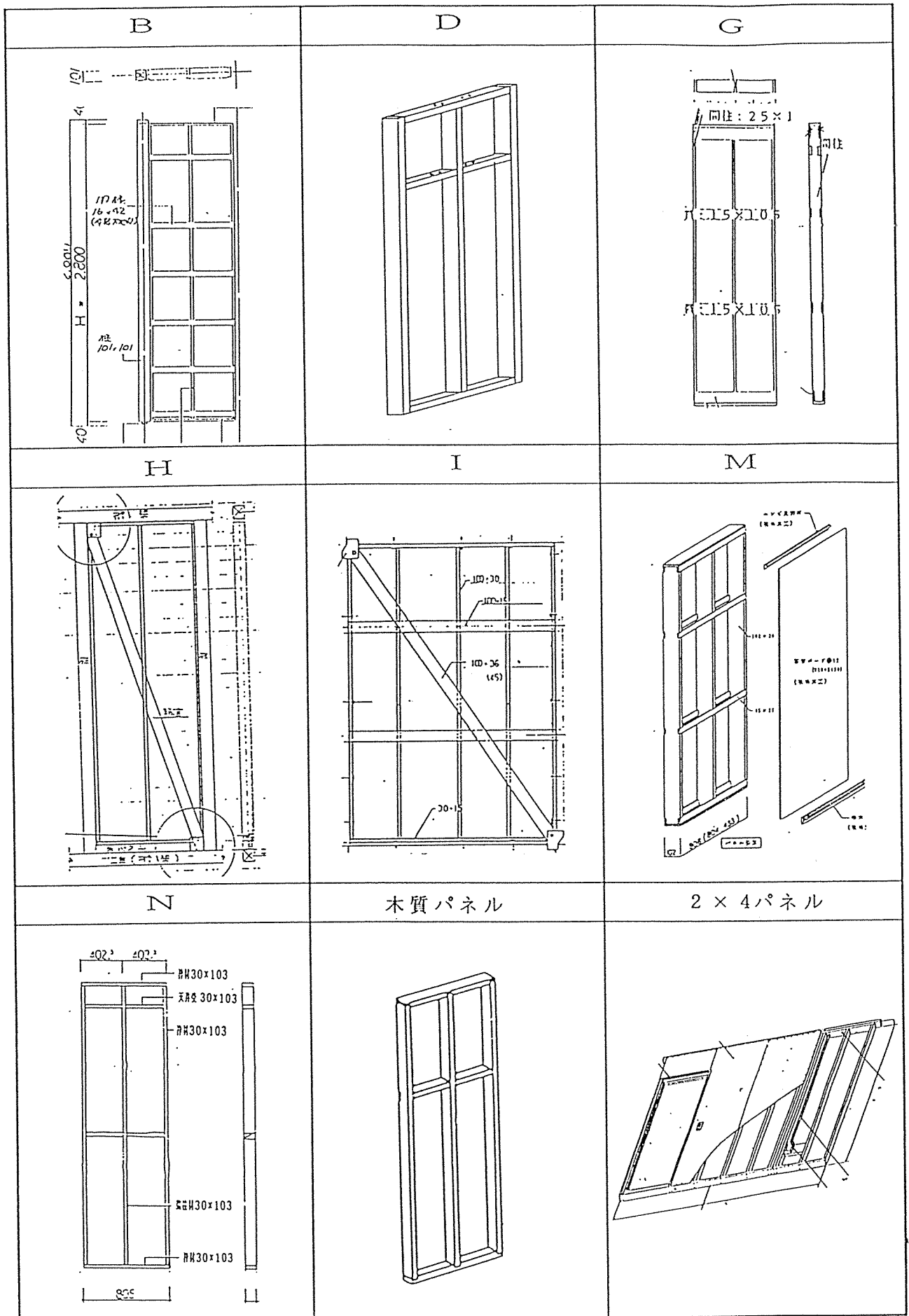


図 2 - 3 内壁パネル

## 床パネル

床パネルは、基本的には在来構法の床と同じように、根太とその上端の合板によって構成されている。それに、1階床には断熱材、2階床には防震用のゴムなどが取り付いてパネルの付加価値を高めているものもある。さらに、特殊な床パネルには、根太を使用せずに、厚手の合板だけで床パネルとしての強度を得ているものや、根太の上端だけでなく、下端にも合板を張る床パネルもある。

ここで、構造的な耐力を得るために必要な耐力材とパネルに特異な部材である柾材に注目して各メーカーの床パネルを類型化すると、図2-4のようになる。耐力材は、1)「根太のみ」、2)「根太+合板片面」、3)「根太+合板両面」、4)「合板のみ」の4種類に分類され、それらに1)「柾なし」、2)「柾あり」の区別による分類を加えることにより、類型を得る。「根太のみ」と「柾なし」の組み合わせ及び「合板のみ」と「柾あり」の組み合わせは存在しない。

床パネルの多くは、根太と上端に張られる合板および根太をつなぐ柾材から構成されていることがわかる。

根太に合板を両面に張ったものは、下端の合板がそのまま天井として利用されるのであれば、作業の合理化に貢献するが、一般にはこのような「太鼓張り」は、上階の音をそのまま下階に伝えてしまうため、遮音を重視す

る最近の住宅では避けるべき構法である。

また、構造的に不要な柾材が使用されているパネルが多いのは、パネルの敷き込み時の作業性の確保や輸送時に必要な強度を得るためと考えられるが、使用木材の削減という観点からは好ましいものではない。

## 壁パネル

軸組パネル構法では、鉛直方向の荷重は在来構法と同様に柱によって支えるため、必要とする構造的な耐力は、水平方向の荷重に耐えるものである。そのような状況のもとで壁パネルは、耐力の取り方により大きく2種類に分けられる。1つは、在来構法同様に、筋違で耐力を取る方法であり、もう1つは、2×4構法と同様に構造用合板で耐力を取る方法である。筋違で耐力を取るものでは、筋違と、柱・梁(土台)を緊結しなければならぬため、接合時の納まりが難しい。このため、筋違をパネルには組み込まず、後付けとする場合もある。

また壁パネルが、木質パネル構法や2×4構法のように、鉛直荷重に対しても耐力を有するようにするには、柱をもパネルに組み込む方法によってのみ実現する。このような柱付きパネルは、一見壁構造のように見えるが、パネル化が進めば、在来構法の柾の中での合理化の一手法として存在することになる。

壁パネルも、床パネルと同様に、耐力材と



枠材による分類を行い、図2-5に類型化したものを示す。図中のo.w.は外壁パネルを、i.w.は内壁パネルを示す。耐力材は、1)「間柱のみ」、2)「筋違一方向」、3)「筋違二方向」、4)「合板片面」、5)「合板両面」、6)「筋違一方向+合板片面」の6種類に分類される。また、枠材の有無は、1)「枠なし」、2)「枠あり」に大きく分類され、さらにそれぞれ、a)「柱なし」、b)「柱付き」に細分される。これらの組み合わせにより壁パネルの類型を得る。ただし、「枠なし」と「間柱のみ」、「枠なし」と「筋違一方向」、「枠なし」と「筋違二方向」の組み合わせは存在しない。

最も多いのは、「枠あり」と「間柱のみ」との組み合わせであるが、その内訳は内壁パネルがほとんどである。これは、内壁パネルはその表面に様々な仕上げが施されるために、柔軟に対応できるように合板を張らずにいるものと思われる。また、外壁では、断熱材をいれて合板には蓋をするという機能を加えてパネルの付加価値を高めることにより工場生産のメリットを享受することが可能であるが、内壁ではそのような材は過剰であるために、現状では枠だけにとどまっているものと思われる。

外壁パネルでは、合板を張って構造的な耐力を得ているものよりも、筋違により耐力を得ているものの方が多い。これは、軸組パネル構法を開発しているメーカーが、既存の工

務店の技術をベースにして開発を行っているために、在来構法で習熟している筋違をそのままパネルに利用したためであると思われる。

また、柱付きパネルでは、現状では「枠あり」のみが提案されており、その耐力は筋違により得ている。今後、合板を張った「柱付き」パネルが出現するとすれば、構造的には不要な枠材を取り去ったパネルが考案されることも考えられる。

耐力材 枠	根太のみ	根太 + 合板片面	根太 + 合板両面	合板のみ
枠なし		 F H	 O	 L
枠あり	 (P)	 C D E G I	 J K M N P	

図2-4 床パネルの類型

耐力材 枠	間柱のみ	筋違一方向	筋違二方向	合板片面	合板両面	筋違一方向 + 合板片面
枠なし				 E o.w. M o.w. L o.w.		
枠付き						
枠あり	 B o.w.1 I o.w.1 Lw.1 C o.w. J o.w. D Lw. M Lw. E Lw. N Lw. G Lw. 2x4 H Lw.	 B o.w.2 Lw.2 C o.w. I o.w.2 Lw.2 J o.w.	 B o.w.3 Lw.3 F o.w. G o.w. Lw.	 D o.w. N o.w. L o.w. 2x4 o.w.1	 O o.w. Lw.	 K o.w. H o.w. 2x4 o.w.2
枠付き	 B o.w.4 Lw.4	 B o.w.5 Lw.5	 B o.w.6 Lw.6			

o.w. 外壁パネル  
Lw. 内壁パネル

図2-5 壁パネルの類型

図中の記号で、Oは木質パネル、Pあるいは2x4は2x4パネルを表す。

## その他の部位のパネル化

床・壁の他にパネル化が行われている部位は、屋根、妻壁、天井、軒裏などである（図2-6）。

屋根に関しては、壁パネル・床パネルと同様に、躯体の一部としてパネル化を進めているメーカーも少なくない。屋根パネルは、基本的には在来構法の屋根廻りに必要な構造材、すなわち垂木・母屋などの機能を含んでパネル化されていることが多い。

典型的な屋根パネルは、桁の上に棟から軒先まで一枚のパネルで葺き降ろす形式であり、パネルには枋材と垂木を兼ねた部材が含まれている。このような屋根パネルは、壁パネルや床パネルと同様に、枋材に合板を張ったものが多く、その隙間に断熱材を充填したものもある。

また、登り梁と登り梁の間を、母屋方向に長いパネルで屋根を覆う形式の屋根パネルもある。このような形式のパネルでは、軒先に懸かる荷重は、登り梁のみで受けることとなり、独立した「軒先パネル」が登り梁の間に懸かることになる。

いずれの形式でも、屋根パネルは、面的な剛性を持っているので、火打ち梁などの斜材を必要としないことが、作業性の合理化につながる。

天井パネルは、各メーカーともに、枋材とその間に野縁となる部材を入れて矩形に構成

したものであり、合板などの面剛性を確保する部材は張らない。これは、天井は下部の居室の使われ方により、様々な天井仕上げが施されるからであり、これ以上のパネル化は、現状では不必要であるからと考えられる。さらに仕上げを施した部材は輸送途中に傷が付いたり、輸送に掛かる経費が増大することが、これ以上のパネル化が進まない理由であると思われる。

妻壁パネルは、他のパネルと異なり三角形状をしており、現状では個別生産となっているため、全体のパネル生産の中では合理化が進んでいるとはいえない。逆にこのような半端なパネルを生産しなくてはならないことは、現場での作業が飛躍的に向上しない限り、パネル生産の合理化を阻害するものとなっている。

## まとめ

軸組パネル構法におけるパネルは、現場作業の省力化、作業性の向上のためになされるものである。パネル化されたことによる特殊性は、「枋」にあり、パネルの安定を保つ役割を持つほか、パネルと軸材の精度の向上によって、軸組の矩を出す役割をも持つ。一方、枋をつけることにより、材積が増えるため、それを嫌うメーカーでは、合板に根太や間柱、垂木などをつけただけのパネルを製作している場合もある。

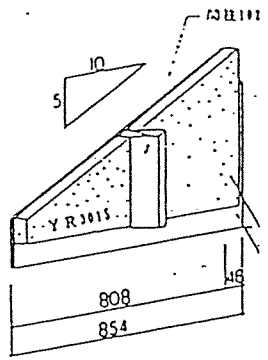
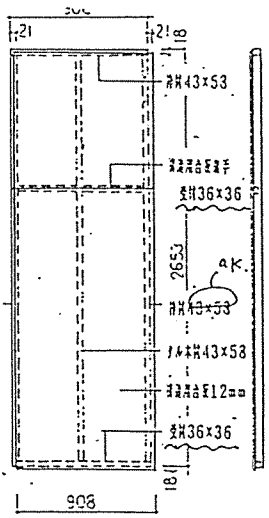
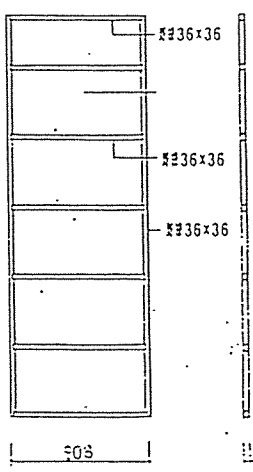
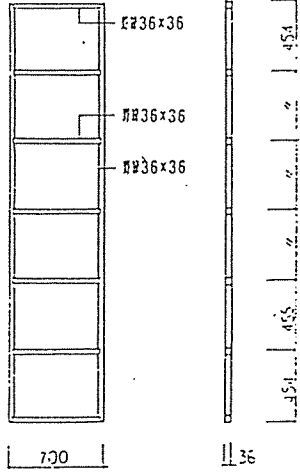
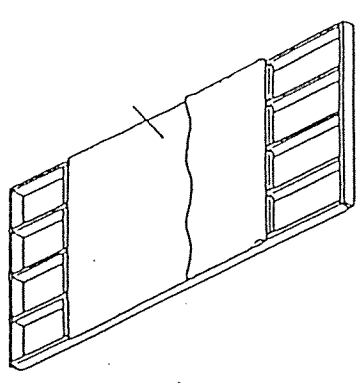
<p>妻壁 M</p> 		
<p>屋根 N</p> 	<p>天井 N</p> 	<p>軒天 N</p> 
<p>屋根 2 x 4</p> 		

図 2 - 6 その他のパネル

### 3 建方手順による軸組パネル構法の類型

各構法の建方手順に表れる構法的特性

基礎工事に後続する土台・柱・梁などの軸組作業と床・壁・屋根の各面が施工されるまでの範囲を建方作業として、その手順について、調査対象であるAからNまでの各メーカーと在来構法、2×4構法、木質パネル構法の合計17種類の構法について比較分析する。図3-1に軸組パネル構法の建方作業の概況を示す。

建方手順の分析に際して、1階部分の建方作業と2階部分の建方作業がほぼ同様に進行していることから、1階部分の建方作業だけに注目し、まず、躯体の構成を軸組材（土台、柱、梁）と面材（壁、床、屋根）に大きく分けて考える。なお、梁および胴差については、横架材の一部であることから、以下では、これらをまとめて梁と表記する。

軸組の施工手順は全ての場合において「土台→1階柱→1階梁→2階柱→2階梁→小屋組」の順であり、また屋根は必ず小屋組の後に設置される。つまり、軸組材の建方手順はパネルの設置による影響を受けない。

#### 1) 面相互の順序

面材の建方手順は、床、壁、屋根の3つの組み合わせと考えると、図3-2に示すように6通りが考えられるが、分析対象としたメーカーでは、屋根が先にかかる2タイプ（屋根→壁→床、屋根→床→壁）と、床を先に張

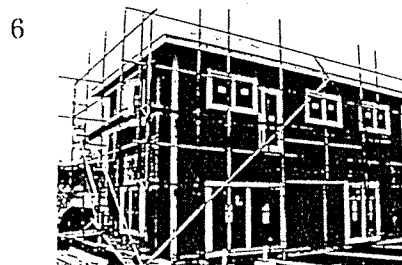
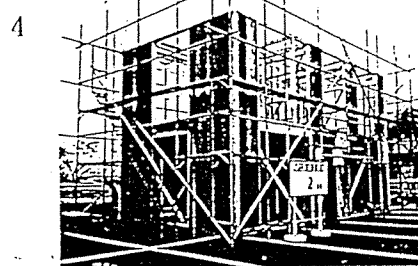
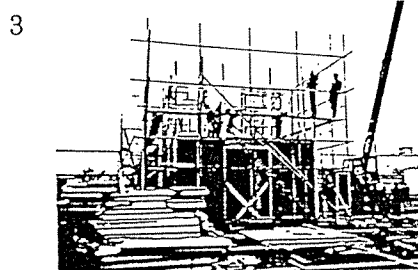
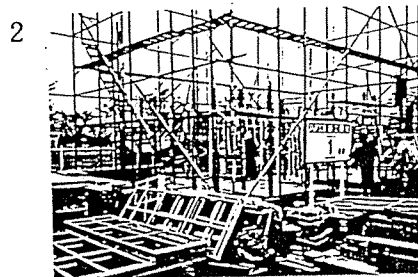


図3-1 建方作業（事例II）

る2タイプ（床→屋根→壁、床→壁→屋根）の4通りが採用されている。これらは、建方時にどういう条件を重視するかで決まってくるものと考えられる。

すなわち、屋根が初めにかかるタイプは、在来構法と同様、日本の風土を考え、天候、特に雨によって作業が遅延しないようにすることが意図されている。これに対し、床を初めに張るタイプは、2×4構法のプラットフォーム工法の影響を受け、足場の確保と作業性を重視したものであり、熟練大工不足の中で、誰でもできる構法という条件に合致するものである。なお、壁を初めに張るタイプは、調査対象の中ではみられなかったが、これは、雨への配慮と作業性等の有利な条件を持たないためである。

## 2) 軸材と面材の順序

軸材と面材の施工の前後関係を見ていくと、

- ・床と柱のどちらが先に建て込まれるか
- ・壁と梁のどちらが先に建て込まれるか

により、次の4タイプに分けられる。

- (1) 柱・梁 先行型 (柱→(床)→梁→壁)
  - (2) 床・梁 先行型 (床→柱→梁→壁)
  - (3) 床・壁 先行型 (床→柱→壁→梁)
  - (4) 柱・壁 先行型 (柱→(床)→壁→梁)
- ((床)は、梁の後、壁の後の場合もある。)

調査対象の中では(4)の方法は取られていなかった。

上記のように、面材相互の順序と、面材と軸組材の順序をみることにより様々な手順が考えられるが、実際にあるものを分類してみると6タイプになった。

図3-3は、調査対象となったAからNまでの各メーカーの建方手順を、軸組材を先に建て込むものほど在来構法的、面材を先に建て込むものほど2×4構法的とみなして序列化したものである。6タイプは次の通りである。( )は、1、2階を建てるのに繰り返す単位を表す。

- a : (柱・梁) → (床・壁)
- b : (柱・梁→床・壁)
- c : (床→柱→梁) → (壁)
- d : (床→柱→梁→壁)
- e : (床→柱→壁→梁)
- f : (床→柱・壁→梁)

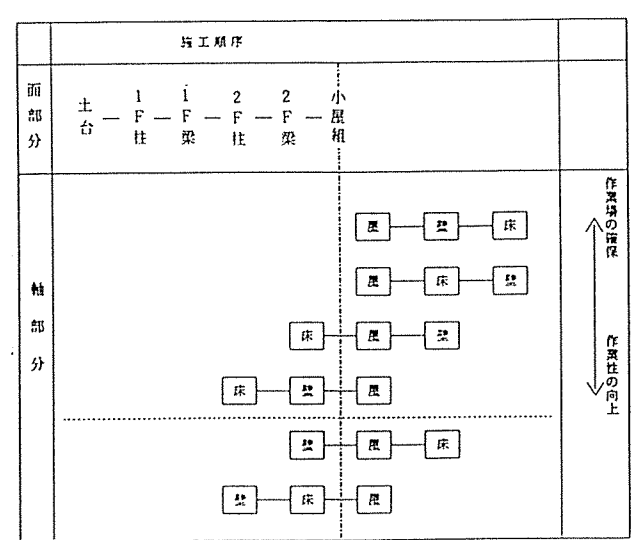


図3-2 床・壁・屋根の施工順序

構法	手順	実際の工程						業者 (開発年)
		0	1	2	3	4	5 ~ 15(日)	
在来	柱↓梁	屋根 2F天井 2F床 1F床						
軸組 パネル	柱先行型	a (柱梁↓床壁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					A(91) E(90) I(90)
		b (柱梁↓床壁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					K(90)
		c (床↓柱梁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					J(87) L(87) M(91)
	床先行型	d (床↓柱梁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					D(80) F(91) G(90) H(87)
		e (床↓柱梁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					C(84) N(88)
		f (床↓柱梁)	屋根 2F天井 2F床 1F床					B(87)
木質 パネル	床↓壁	屋根 2F天井 2F床 1F床					O(62)	
2×4	床↓壁	屋根 2F天井 2F床 1F床						

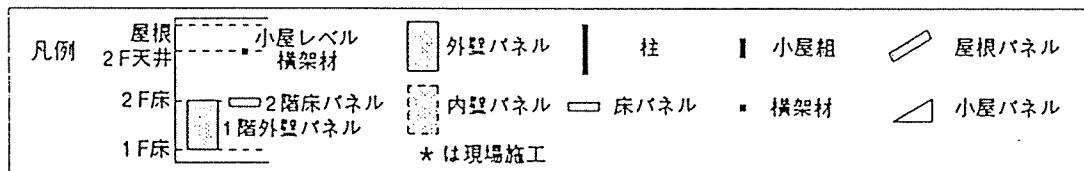


図 3 - 3 建方手順の類型

## パネル構法の開発時期と建方手順との関係

各社のパネル化およびプレカットの開発時期を検討開始、試験開始、実施開始の3期に分け、図3-4に示す。軸組構法のパネル化は、1985年頃から実施され始めているが、検討開始時期についてみると、3群に大別できる。第I群は1986年までにパネル化が実現されたメーカー、第II群は1987年頃にパネル化の検討を始めたメーカー、第III群は1990年頃パネル化の検討を始めたメーカーである。これらを施工手順と照らしあわせてみると、

第I群：d、e型

第II群：d、e型の他、c、f型

第III群：c、d、e、f型の他、a、b型

つまり第I群では、1階部分の面（床・壁）を納めてから2階に移行する、壁構法的な手順で施工されているが、第II群では作業性を考慮して床を柱の前に建て込み、壁を納めず先に屋根を設置する手順がみられる。さらに第III群では面部分を後に回して軸組をあげ、早く屋根をかけて雨天でも施工できる状態にする、在来構法とほぼ同じ手順のものがみられる。

こうした背景には軸組パネル構法を、先に存在したパネル構法である2×4構法等の延長上に位置づけるメーカーの他に、軸組の間の面をパネル化した構法とみなすメーカーが

増加してきているものと思われる。すなわち、90年代以降にパネル化開発に着手したメーカーの狙いとしては、地方の工務店レベルが活用できる技術の開発と普及を目指しているため、軸組の扱いが重視されるようになってきたと思われる。

## まとめ

軸組パネル構法の建方手順には様々な形がみられるが、面相互の順序と、面と軸との順序により、

a：（柱・梁）→（床・壁）

b：（柱・梁→床・壁）

c：（床→柱→梁）→（壁）

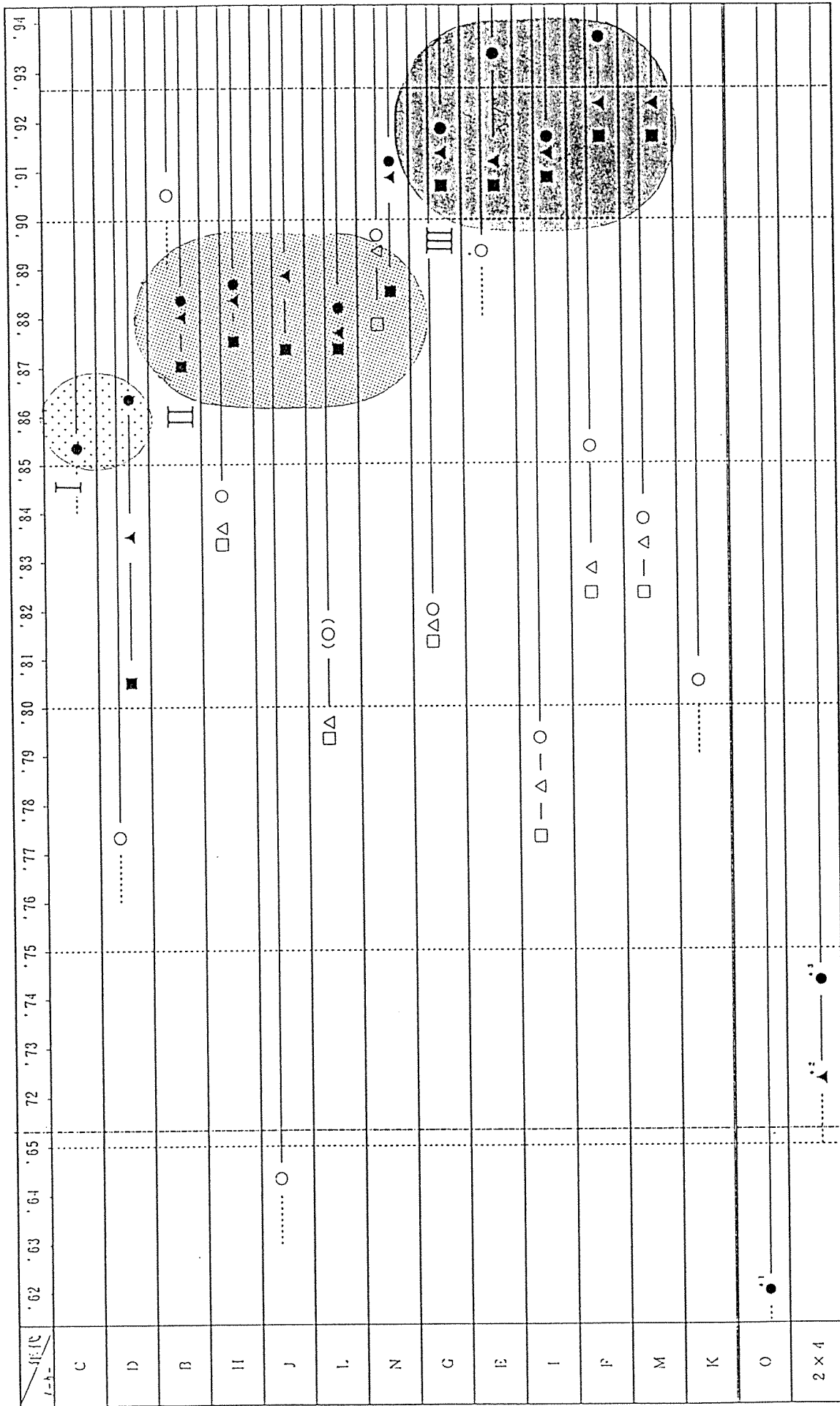
d：（床→柱→梁→壁）

e：（床→柱→壁→梁）

f：（床→柱・壁→梁）

の6タイプが存在する。また軸組の建方手順は、面のパネル化に影響を受けていないと考えられる。

また建方手順と開発年代を比較することにより、軸組パネル構法に対し、2×4のような壁や床などの面を意識した考え方の他に、軸組に面を納める、といった軸組を意識した考え方が新たにでてきていると思われる。これは、地方工務店でも取り入れやすいシステムをつくるために在来構法に近づけ、上棟までの日数を短くしようとしていることが読み取れる。



\*1: 販売開始  
 \*2: 日本で構造耐力実験と生涯性実験を行った。  
 \*3: 一般化された。

図 3 - 4 軸組パネル構法の開発時期

開発 合理化	検討開始	試験開始	実施開始
アレカット	□	△	○
パネル化	■	▲	●



## 4 軸組パネル構法におけるパネルの納まり

軸組の中でのパネルの納まり方を、寸法、割付、接合の観点から分析を行う。

パネルの寸法については、軸組の架構、柱との取り合い、柱の巾が決定要因となり、2×4パネルと違って、基準モジュールだけでなく、軸組材についても考慮しなければならないといえる。すなわち、

モジュール	標準化型
	大型パネル型
軸との取り合い	基準線納まり
	内納まり
	外納まり

モジュールと軸との取り合いの2項目の組みあわせで決まる。

パネルの寸法と軸組の架構の関係をみると軸組パネル構法におけるパネルは割付が難しく、パネル種類は2×4パネル構法に比べて多いが、在来構法における軸組のモジュールの影響を大きく受けているため標準化がしやすく、パネル生産に有利にはたらいっていると思われる。

パネル接合部の納まりは、パネルと軸との接合部と、パネル相互の接合部とがあるが、両者の取り合いがみられ、しかもパネル相互が、2方向で取り合う、床パネルについてみることにする。

床パネルと軸組との接合部は、のせ型と、

落とし込み型がある。のせ型は、梁の上に床パネルの根太がのるもので、床パネル受けを必要としない。落とし込み型は、梁の間に床パネルがはまるもの、床パネルの合板だけ、梁にかかるものがある。このタイプは、床パネル受けを梁に取り付ける場合がある。

パネル相互の接合部においては、根太方向は、突きつけて梁の上ののせるか、直接接合せず、梁にそれぞれ固定されるかである。根太と直角方向では、パネル相互の結合を高めるために、パネルを合板と根太の端をずらした形にし、となりに来るパネルの合板を根太に釘打ちすることで接合するものが多い。

次に床パネルと軸組との接合をみる。図4-1では、柱の半分の巾を1として、各メーカーのパネルの納まり方を表した。パネルが梁との取り合いで、基準線納まりか、内納まりか、外納まりかを表すのに、内納まりを-、外納まりを+、基準線通りを0とする。

建方手順との対応をみてみると、柱・梁先行型は-の側にでてきているのがわかる。つまり、軸組が先に建て込まれてしまうと、基準線納まりでは、パネルが建て込みにくく、内納まりの方が施工しやすいことの表れである。逆に、基準線納まりにするためには、柱を床の後に建て込むような手順にするべきであろう。軸組とパネルの取り合いと、建方手順を比較すると、柱先行型では内納まりが、床先行型では基準線納まりが多く、建方のしやすさを示していると思われる。

まとめ

パネルは在来構法における軸組のモジュールに大きく影響を受けているため標準化がしやすく、パネル生産に有利にはたらいっていると思われる。また、パネルの納まりでは様々なタイプがみられたが、それぞれが、長所と短所を持つために、軸組パネル構法としてはどの構法がいいとは決定できない。各工務店にとって、有利な構法をとっていくことが、さらに軸組パネル構法を発展させ、方向性を見つける手段であると思われる。

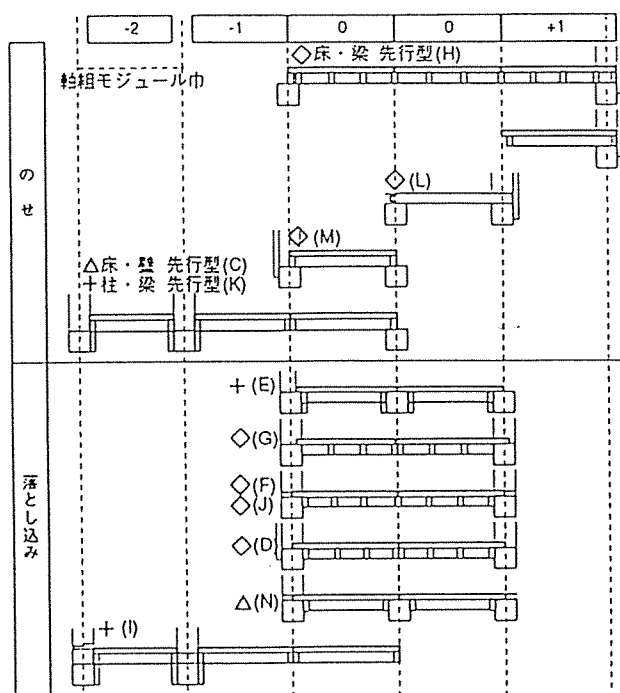


図4-1 パネル接合部の納まり

参考文献

- ◇平井信二・堀岡邦典：新版 合板：日本合板工業組合連合会1967
- ◇戸谷英世：日本・米国・カナダの建築法規の比較研究 - 国際化時代に対応した建築法規のあり方に対する考察 -：霞が関出版社 1992
- ◇杉山英男・山井良三郎・今泉勝吉：枠組壁構法入門：工業調査会
- ◇プレハブ建築協会二十年史編纂委員会：プレハブ建築協会二十年史：プレハブ建築協会
- ◇新建築：新建築1984 4月臨時増刊 住宅の工業化は今：新建築社 1984
- ◇松村秀一：工業化住宅・考 これからのプレハブ住宅：学芸出版社 1987
- ◇成澤潔水：木材 - 生きている資源：パワー社 1982
- ◇日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 J A S S 1 1 木工事：日本建築学会

## 5 軸組新構法について

在来構法は部材端部が継手・仕口のような複雑な形状をしているため、軸組部材の種類も多くなりがちである。そのため、荷積み、荷下ろしの段取りが十分に考慮されていないと、軸組部材を探すのに無駄な時間を費やすことになる。従来、このような作業は経験を積んだ熟練工に依存してきたが、熟練工の不足が深刻な問題である現在、建方の簡便化を考慮した新たな軸組構法が求められている。

こうした背景のもとに、木造軸組構法において各方面<sup>1)</sup>で柱、胴差し、梁などの主要軸組部材の接合部について、新たな提案がなされている。提案の主旨のひとつには、部材端部の形状の種類を少なくし、部材相互の互換性<sup>2)</sup>を高めることがある。以下では、これらの新構法<sup>3)</sup> 9種を対象とし、各構法の接合手順に着目している。

対象とする構法は、(財)日本住宅・木材技術センター<sup>4)</sup>主催の「木造住宅合理化認定システム」などの各方面で主要軸組の接合部において新たな提案がなされている新構法9種 (no. 1~9) と、木造軸組在来構法 (以下、在来構法) 1種 (no. 0) を選定した。在来構法は、積極的に合理化 (プレカット化、施工体制の整備) を進めているメーカーである。資料は、アンケート調査によって得た各構法の施工マニュアル、実施図面等である。さらにヒアリング調査を行い、建方作業の際の軸組部材の仕口形状の詳細を補足した。

註

1)(財)日本住宅・木材技術センターによる「木造住宅合理化システム認定事業」

建設省による「新世代木造木造住宅供給システム提案競技」、「いえづくり'85プロジェクト提案競技」

2)軸組部材どうしの取り替えがきくことを意味し、軸組部材の種類が少ないほど互換性が高いことを定義する。

3)松留直一郎：木造新構法における生産供給システムに関する研究、1992年度日本建築学会大会学術講演梗概集において「金融公庫と異なる仕様を持つ新しく改良開発された構法」を新構法と定義している。

4)(財)日本住宅・木材技術センターは、農林水産省と建設省の共管で設立された試験研究法人で、木材と木造住宅の需要拡大のための企画・調査研究等を行っている。



## 6 軸組新構法における接合手順

在来構法では木部材どうしを継手・仕口によって接合し、補強的に金物が用いられている。一方、新構法の接合方法にみられる特徴として、①木部材どうしは、胴付、突きつけの関係のものが多い、②金物は補強でなく、接合部の主要を占め、金物無しでは軸組が自立することが出来ないものが多い、③接合金物は建方作業の前に木部材に先付けられる場合が多い、などが挙げられる。

このように新構法の接合方法は、在来構法とは一線を画するものが多い。そこで、各種新構法の接合形態を、接合部中心を占める部位によって分類すると、軒桁レベルにおいて、図6-1に示すように、①柱勝ちであるもの、②横架材勝ちで柱際で継手するもの、③横架材勝ちで材を持ち出して継ぐもの、の3つに分類できる。そして、胴差しレベルにおいて、図6-2に示すように、①柱勝ちで通柱であるもの、②柱勝ちの管柱であるもの、③横架材勝ちで柱際で継手するもの、④横架材勝ちで材を持ち出して継手するもの、の4つに分類できる。

接合部において、接合手順に従って軸組部材を納める際、勝ち負け関係がない軸組部材は1度に納められるとしたときの接合手順の勝ち負けの数、すなわち軸組部材相互の接合手順の勝ち負け関係から、い〜にまで段階分けしたものを接合段階とし、各構法の接合部に接合段階を記入すると、図6-3、6-4のようになる。

在来構法では、継手・仕口の男木・女木関係が接合手順の勝ち負け関係を決定していた。つまり、女木が勝ちで男木が負けというように決まっていた。しかし新構法では、在来構法と異なり、①横架材の形状は女木的なものであるが、接合手順は負け、すなわち男木的なものであること (no. 2, 3, 5, 8, 9) ②横架材の形状に際だった欠き込みや突起がなく、男木とも女木とも言い難いこと (no. 1, 6) などの特徴がある。また、no. 6, no. 7のような柱勝ちの場合には、軸組部材相互に勝ち負け関係がなくても、横架材において木部材相互に勝ち負け関係がなくても、接合金物を使用するとその取付手順のために横架材の勝ち負けが生ずる場合もある。

さらに、図6-5において、接合部中心を占める部位による分類との関係を見る。これによると、横架材勝ちであるものは接合の段階数が多くなる傾向があり、一方、通柱および、管柱で柱勝ちであるものは接合の段階数が少なくなる傾向があることが分かる。

### まとめ

横架材勝ちであるものは接合の段階数が多く、柱勝ちであるものは通柱管柱を問わず、接合段階数が少なくなる傾向がある。しかし軸組部材相互には勝ち負け関係がなくても、接合金物を使用することにより軸組部材の勝ち負け関係が生ずる場合もある。

通し柱	管柱		
	柱勝ち	横架材勝ち	横架材勝ち・持ち出し
平断面	平断面	平断面	平断面
立断面	立断面	立断面	立断面

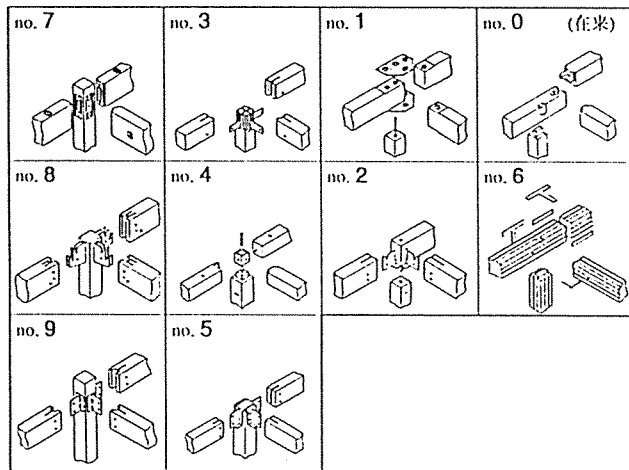


図 6 - 1 新構法の接合形態（軒桁レベル）

通し柱	管柱		
	柱勝ち	横架材勝ち	横架材勝ち・持ち出し
平断面	平断面	平断面	平断面
立断面	立断面	立断面	立断面

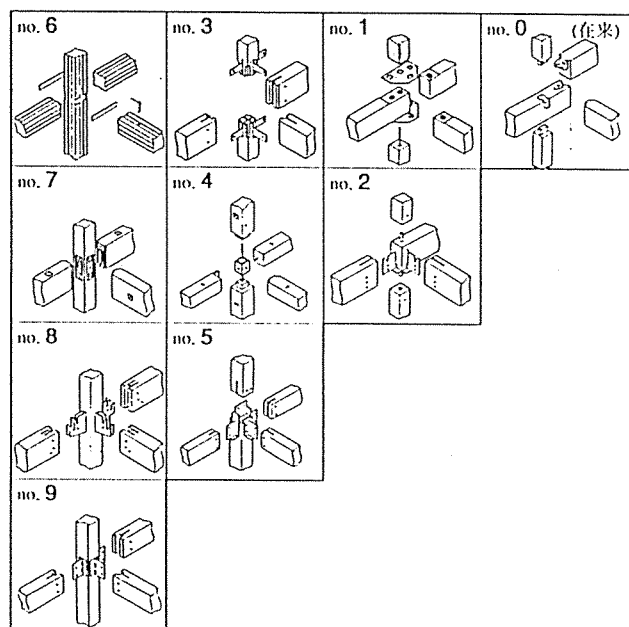


図 6 - 2 新構法の接合形態（胴差レベル）

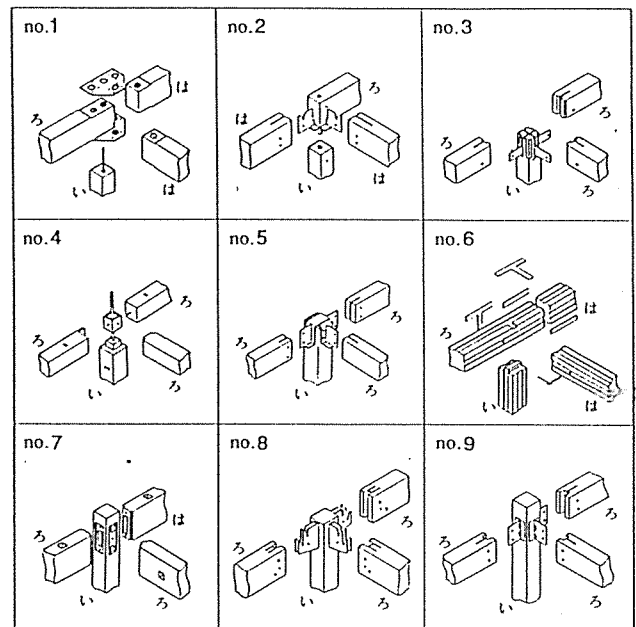


図 6 - 3 新構法の接合段階（軒桁レベル）

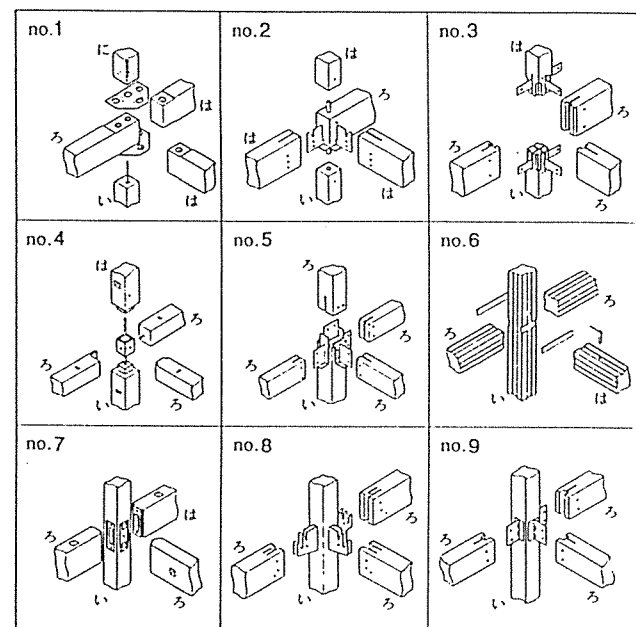


図 6 - 4 新構法の接合段階（胴差レベル）

接合部	通し柱	管柱		
		柱勝ち	横架材勝ち	横架材勝ち・持ち出し
段階				
	平断面	平断面	平断面	平断面
	立断面	立断面	立断面	立断面

軒桁	ろ	no. 8,9	no. 3,4,5	
	は	no. 7		no. 1,2 no. 6,0 (在来)

胴差し	ろ	no. 8,9	no. 5	
	は	no. 6,7	no. 3,4	no. 2
	に			no. 1 no. 0 (在来)

図 6 - 5 接合形態と接合段階の関係

参考文献

- ◇日本建築学会編：「JASS11 木工事 図解」
- ◇清家 清：「日本の木組」
- ◇清家 清：「日本の造形1 木組」
- ◇日本建築学会編：「建築雑誌 1981/11（木造在来構法）」
- ◇在来構法研究懇談会編：「日本の伝統的構法の再評価とこれからの木造建築」
- ◇住宅金融公庫編：「木造住宅用金物の使い方」
- ◇内田祥哉監修：建築構法，市ヶ谷出版社
- ◇彰国社編：建築大辞典，彰国社
- ◇日本建築学会：構造用教材Ⅰ，日本建築学会
- ◇日本建築学会：構造用教材Ⅱ，日本建築学会
- ◇建築学大系編集委員会編：新訂建築学大系 15 木構造，彰国社
- ◇後藤一雄：木構造の計算，鹿島出版会
- ◇武 基雄監修：現代木造住宅のディテール（基本と応用），彰国社
- ◇彰国社編：木造の詳細1（構造編），彰国社
- ◇彰国社編：木造の詳細2（仕上編），彰国社
- ◇（財）日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法の改良と合理化，オーム社
- ◇SD8701木造建築の現在（黒川哲郎：木造

のドミノ)システムへ)，鹿島出版会

- ◇SD8901続・木造建築の現在，鹿島出版会
- ◇住宅特集8801（後藤一雄：木造仕口の緊結法と新しい「鉄筋ボルト」）
- ◇住宅特集8806（KESシステム：新しい木造住宅の可能性を求めて）
- ◇住宅特集8809（後藤一雄：鉄筋ボルトが生まれた背景）
- ◇住吉寅七、松井源吾：木造の継手と仕口，鹿島出版会
- ◇（財）日本住宅・木材技術センター編：大スパン木構造の今
- ◇今川憲英、岡田 章：木による空間構造へのアプローチ，建築技術

## 7 資料

軸組パネル構法のパネルの種類

軸組パネル構法のパネルの納まり

軸組新構法の金物仕様その他

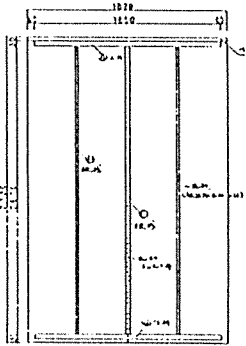
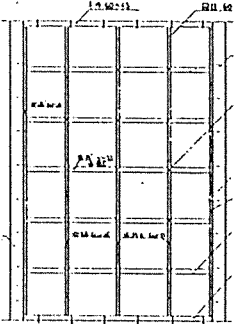
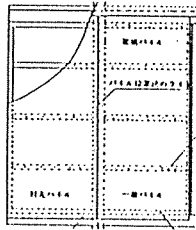
タイプ	A		外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル

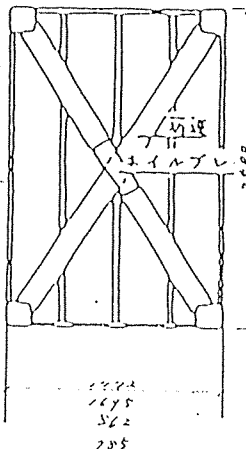
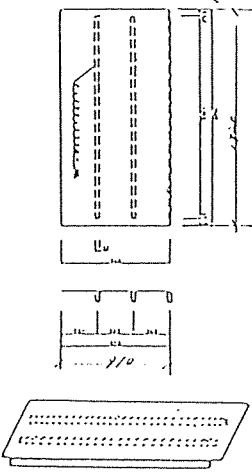
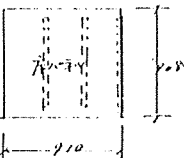
タイプ	B		外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル		
		$W = 2.910 \times 101 (132) \text{ K4}$ $910 (709) \times 2.750 \times 67 (11) \text{ K8-1}$ $1.365 (1261) \times 74 (105) \text{ K12-2}$ $1.720 (1713) \times 33 \text{ K-1}$							
		$W = 2.854 \times 280 \times 101 \text{ K-1}$ $910 (709) \times 2.610 \times 67 \text{ K-1}$ $1.365 (1261) \times 74 \text{ K-1}$ $1.720 (1713) \times 33 \text{ K-1}$							



タイプ	C			
外壁パネル	間仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
<p>スチールプレート (40×1000×3000) :</p>				
2700 x 100 2700		2700 x 100		

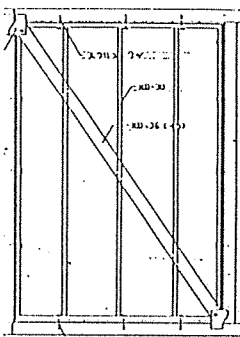
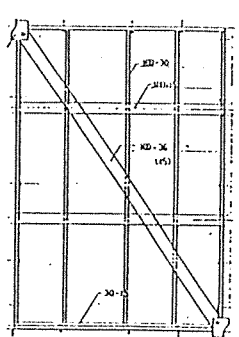
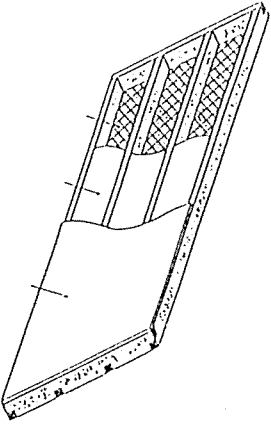
タイプ	D			
外壁パネル	間仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
4125 x 2150		2700 x 100 1F 12.6 x 2.01 / 22.85 x 5.11 m 使用計画 予定		

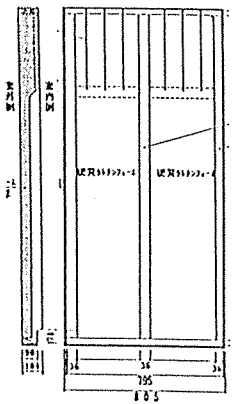
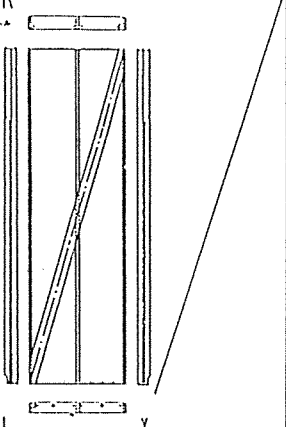
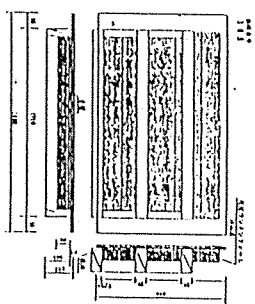
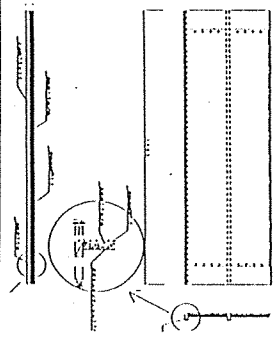
タイプ	E			
	外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル
				
				

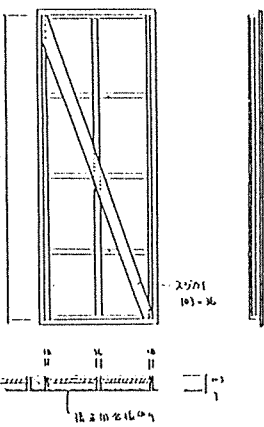
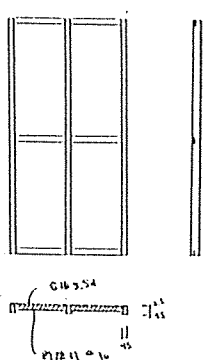
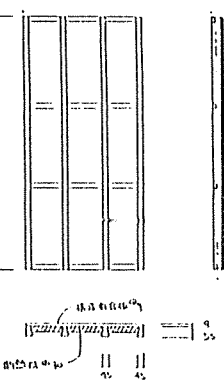
タイプ	F			
	外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル
	 <p>2,590 スライズ</p>			
	この向切部は... ... ... ...		図面 検討中	

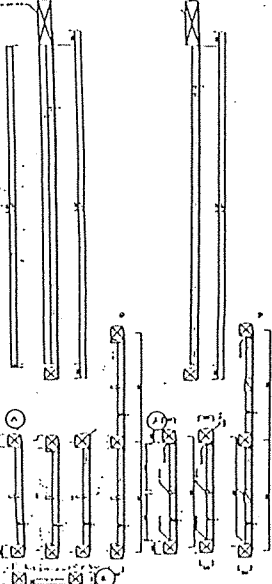
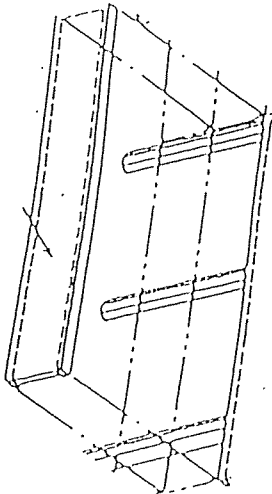
タイプ	G			
	外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル
<p>W 794 x 117 x 115 794 x 240 x 115 794 x 240 x 117 1403 x 240 x 115</p>	<p>W 794 x 117 x 115 794 x 2650 x 115 1498 x 2650 x 117 1403 x 2650 x 115</p>	<p>W 900 x 240 x 117 910 x 169 x 117</p>	<p>W 2400 x 2400 x 50</p>	
<p>柱間隔、半成柱の間隔 合計で11.7m</p>	<p>同左 中央受、天井受り、床受</p>	<p>2R x 2R の柱間隔 工場の床に降下して 5.5m R. 2R x 2R の柱の間 R. 降下してコストに削減</p>		

タイプ	H			
	外壁パネル	間仕切りパネル	床パネル	天井パネル

タイプ	I				
	外壁パネル	間仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
					
W	2770	4250			
	2670	4100			
		710			
		1000			
		950			
		910			
		1365			
		1510			

タイプ	J				
	外壁パネル	間仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
					
W	805		910		910
	2750		1820		3000
	104		117		87

タイプ	K	同仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
	外壁パネル 				
	203 x 11		203 x 1120 110 x 1120 256 x 1120		110 x 1

タイプ	L	同仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル
	外壁パネル 				
	A 105 105 x 211 175 x 105 x 1110 x 1450 x φ 105				B 105 105 x 211 175 x 105 x 1110 x 1450 x φ 105

タイプ	M	同仕切パネル	床パネル	天井パネル	屋根パネル																
	$455 \times 2.907 \quad \phi 75$ $450 \times 2.907$ $900 \times 2.907$ $905 \times 2.907$	$906 \times 2.907 \quad \phi 102$ $904 \times 2.907$ $543 \times 2.907$	$910 \times 1.120 \quad \phi 57$ $455 \times 1.120$ $910 \times 1.365$ $455 \times 1.365$ $910 \times 910$ $455 \times 910$		<table border="1"> <tr> <td>標準</td> <td>標準下底 W</td> </tr> <tr> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}</math></td> <td><math>831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}</math></td> </tr> <tr> <td>標準軒元</td> <td>標準軒元下底 L</td> </tr> <tr> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}</math></td> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}</math></td> </tr> <tr> <td>軒元下底 W</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\phi 77</math></td> </tr> </table>	標準	標準下底 W	$910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	$831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	標準軒元	標準軒元下底 L	$910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}$	$910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}$	軒元下底 W		$831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}$			$\phi 77$		
標準	標準下底 W																				
$910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	$831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$																				
標準軒元	標準軒元下底 L																				
$910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}$	$910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}$																				
軒元下底 W																					
$831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}$																					
	$\phi 77$																				
	<table border="1"> <tr> <td>H</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>1335</td> <td>1335</td> </tr> <tr> <td>1710</td> <td>1710</td> </tr> <tr> <td></td> <td>770</td> </tr> <tr> <td></td> <td>570</td> </tr> <tr> <td>2720</td> <td>307</td> </tr> <tr> <td></td> <td>307</td> </tr> </table>	H	41	400	400	1335	1335	1710	1710		770		570	2720	307		307				
H	41																				
400	400																				
1335	1335																				
1710	1710																				
	770																				
	570																				
2720	307																				
	307																				

タイプ	N	同仕切パネル	床パネル	天井パネル (射入パネル)	屋根パネル																
	$4025 \times 2.907 \quad \phi 75$ $4020 \times 2.907$ $910 \times 2.907$ $915 \times 2.907$	$906 \times 2.907 \quad \phi 102$ $904 \times 2.907$ $543 \times 2.907$	$910 \times 1.170 \quad \phi 57$ $455 \times 1.170$ $910 \times 1.365$ $455 \times 1.365$ $910 \times 910$ $455 \times 910$		<table border="1"> <tr> <td>標準</td> <td>標準下底 W</td> </tr> <tr> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}</math></td> <td><math>831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}</math></td> </tr> <tr> <td>標準軒元</td> <td>標準軒元下底 L</td> </tr> <tr> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}</math></td> <td><math>910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}</math></td> </tr> <tr> <td>軒元下底 W</td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}</math></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\phi 77</math></td> </tr> </table>	標準	標準下底 W	$910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	$831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	標準軒元	標準軒元下底 L	$910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}$	$910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}$	軒元下底 W		$831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}$			$\phi 77$		
標準	標準下底 W																				
$910 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$	$831 \times \begin{pmatrix} 1034 \\ 1326 \\ 1017 \end{pmatrix}$																				
標準軒元	標準軒元下底 L																				
$910 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2273 \\ 2364 \end{pmatrix}$	$910 \times \begin{pmatrix} 2107 \\ 2273 \\ 2730 \\ 1231 \end{pmatrix}$																				
軒元下底 W																					
$831 \times \begin{pmatrix} 3372 \\ 2373 \\ 2364 \end{pmatrix}$																					
	$\phi 77$																				
	<p>* 1080mm 桁法に適合 (全2足流)</p> <p>{ 原形に170, 200mm 桁法に適合 (全2足流) }          { 270, 280mm 桁法に適合 }          { 270, 280mm 桁法に適合 (全2足流) }          { 270, 280mm 桁法に適合 (全2足流) }          { 270, 280mm 桁法に適合 (全2足流) }</p>																				
	<table border="1"> <tr> <td>H</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>1335</td> <td>1335</td> </tr> <tr> <td>1710</td> <td>1710</td> </tr> <tr> <td></td> <td>770</td> </tr> <tr> <td></td> <td>570</td> </tr> <tr> <td>2720</td> <td>307</td> </tr> <tr> <td></td> <td>307</td> </tr> </table>	H	41	400	400	1335	1335	1710	1710		770		570	2720	307		307				
H	41																				
400	400																				
1335	1335																				
1710	1710																				
	770																				
	570																				
2720	307																				
	307																				

**A**

立面図

U-1 U-2 U-3 U-4 U-5 U-6  
U-1 U-2 U-3 U-4 U-5 U-6  
L-1 L-2 L-3 L-4 L-5 L-6

1-2, L-2では、図太と真鍮方向同士の接合部。  
1-3, L-3では、図太方向同士の接合部と考えて下さい。

U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6

立面図

I-1 I-2 I-3 I-4 I-5 I-6  
O-1 O-2 O-3 O-4 O-5 O-6

別紙

I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6
O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6

**B**

立面図

U-1 U-2 U-3 U-4 U-5 U-6  
U-1 U-2 U-3 U-4 U-5 U-6  
L-1 L-2 L-3 L-4 L-5 L-6

1-2, L-2では、図太と真鍮方向同士の接合部。  
1-3, L-3では、図太方向同士の接合部と考えて下さい。

U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6
		U-1と同じ	X	X	X
M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
	X	X		M-5	M-6
L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6
	X	X	L-4		L-6

立面図

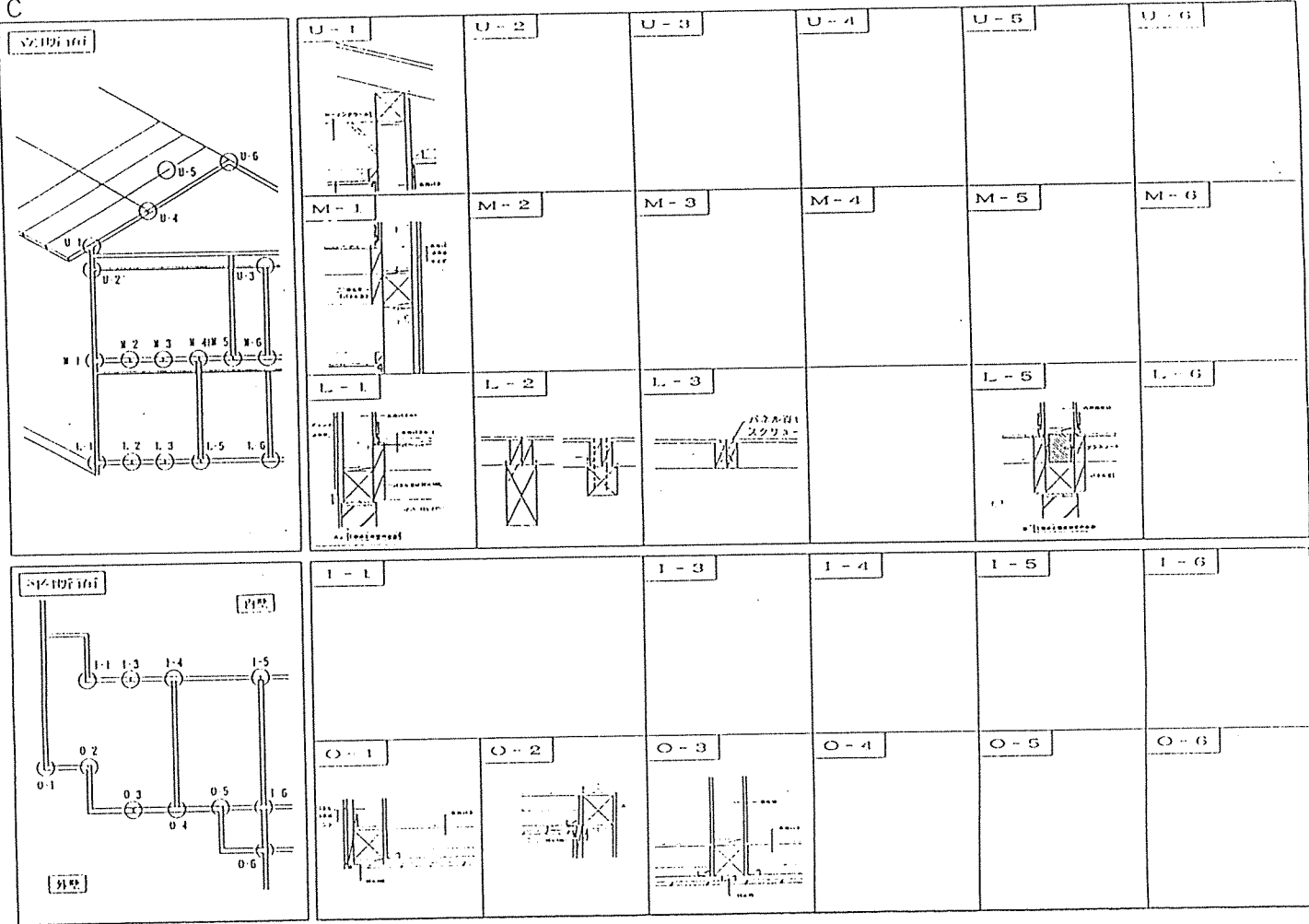
I-1 I-2 I-3 I-4 I-5 I-6  
O-1 O-2 O-3 O-4 O-5 O-6

別紙

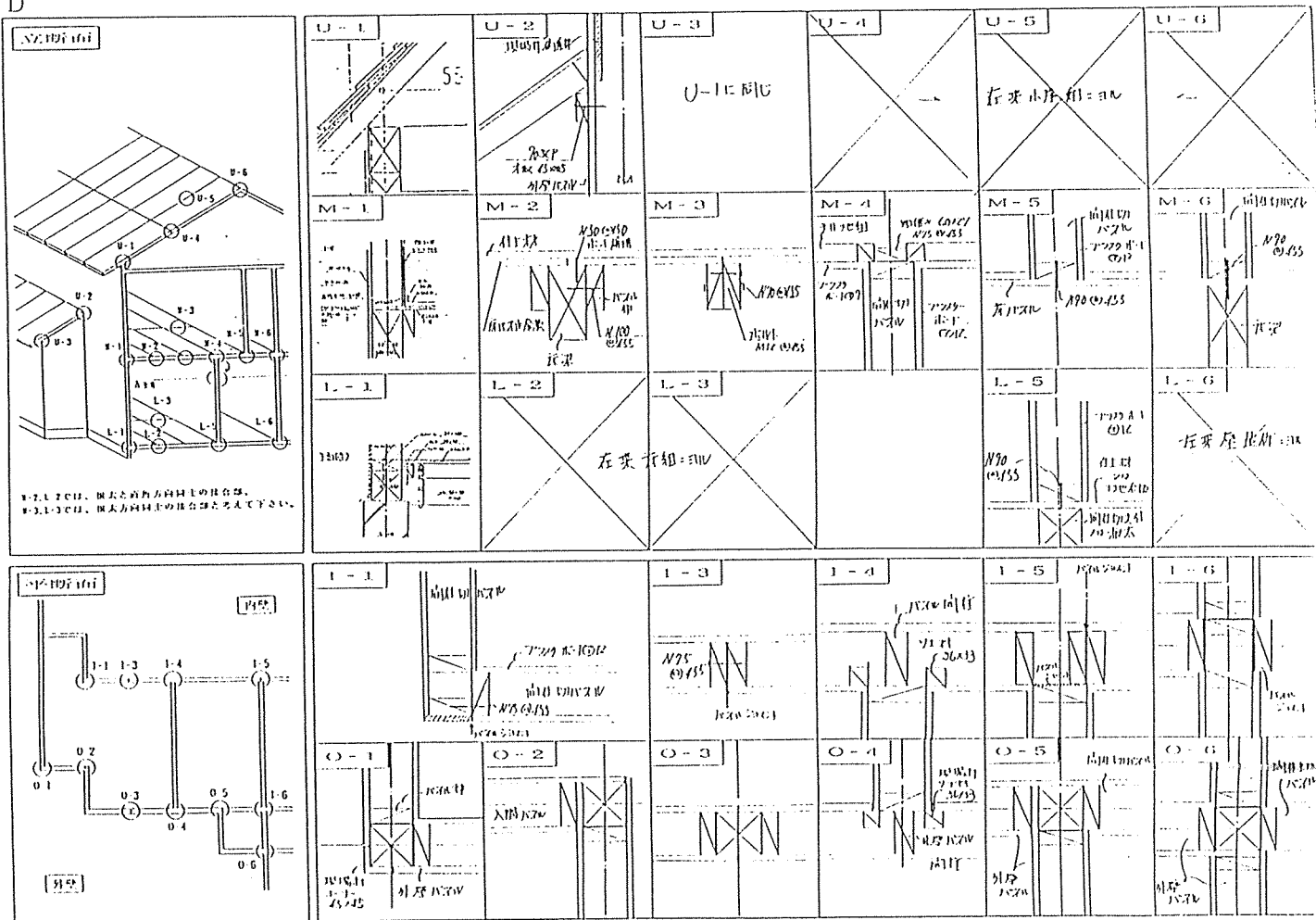
I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6
特別な加工が必要 -低く	特別加工なし		特別加工	特別加工	特別加工
O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6
				O-2と同じ	X

79

C

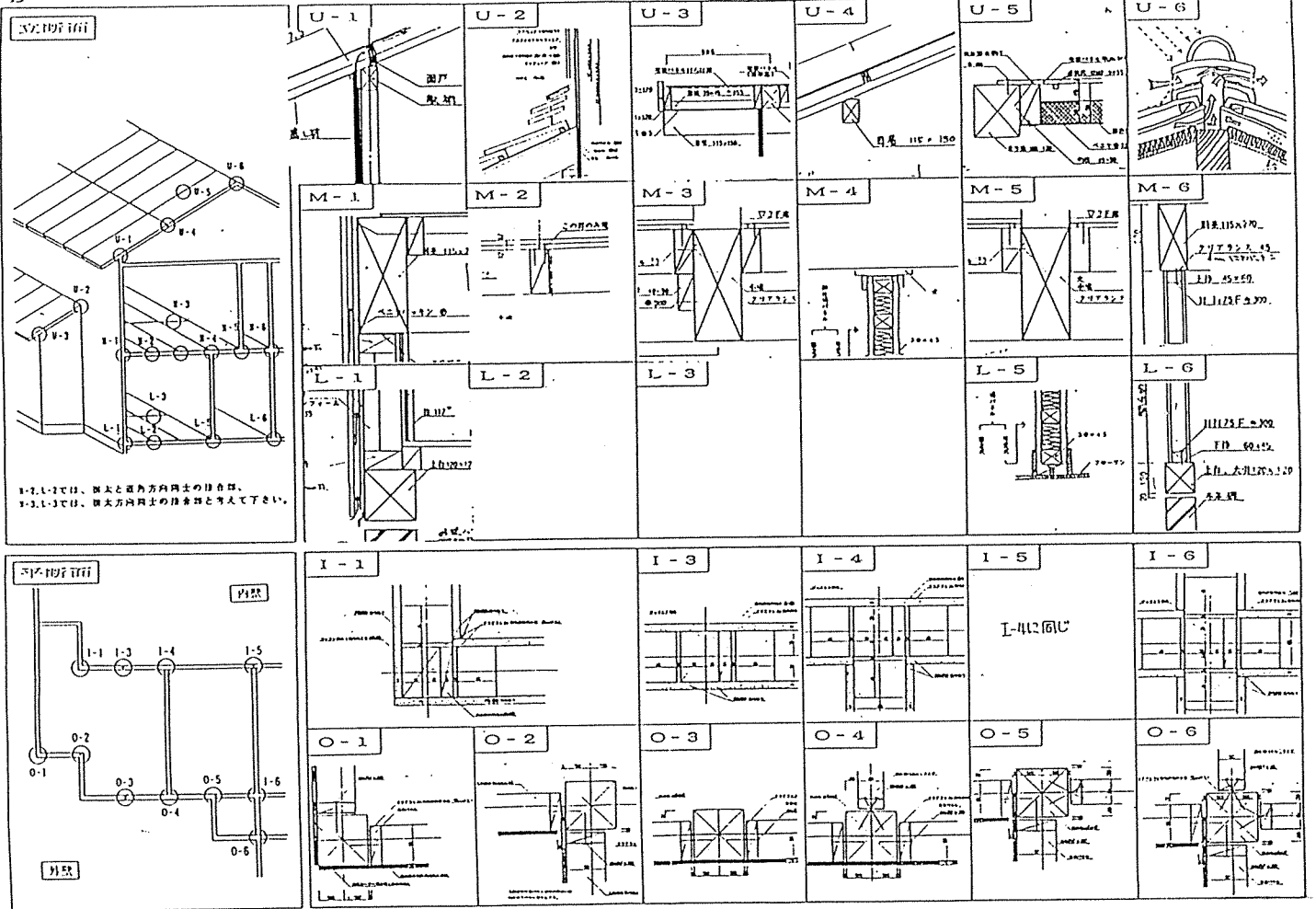


D

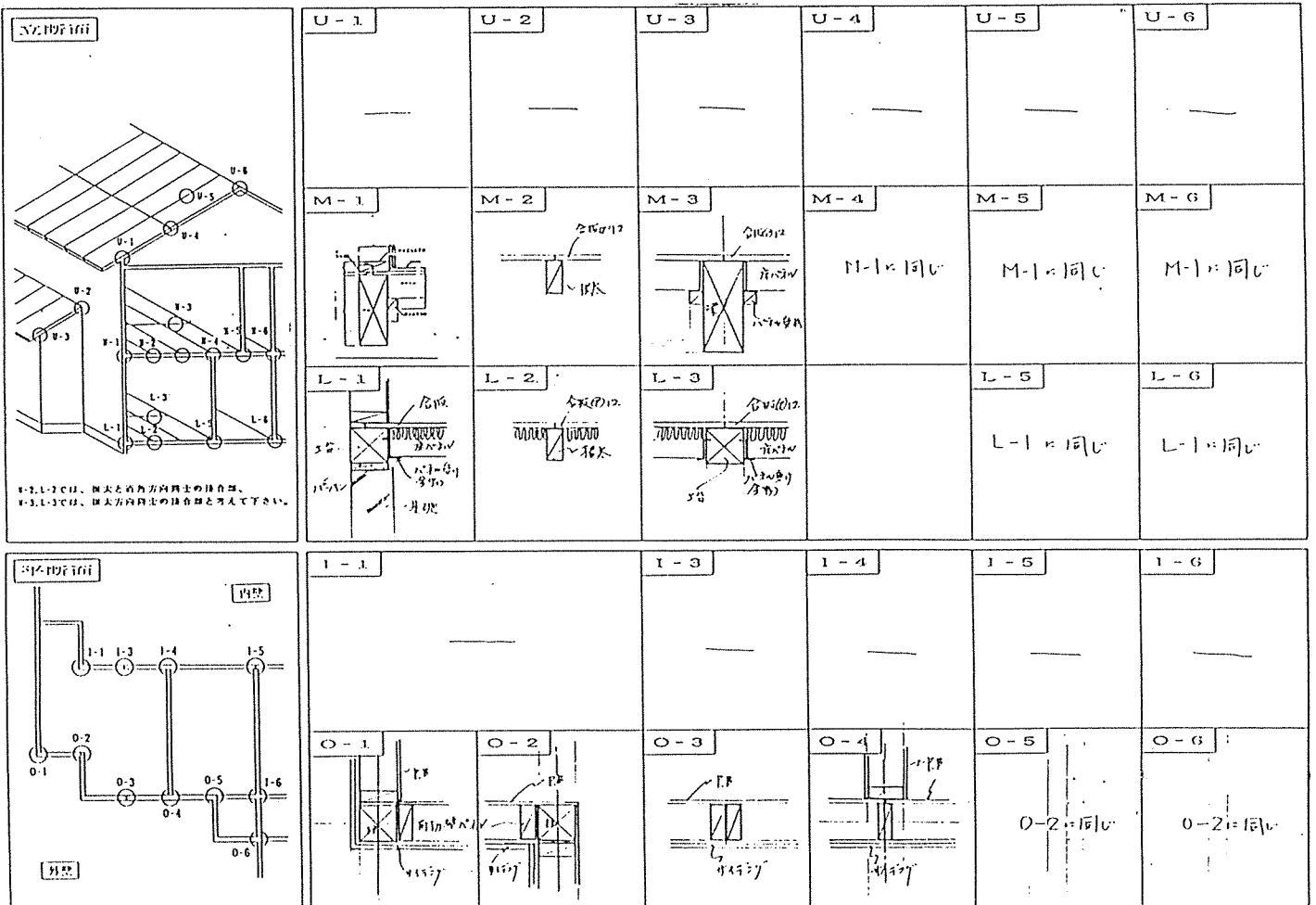




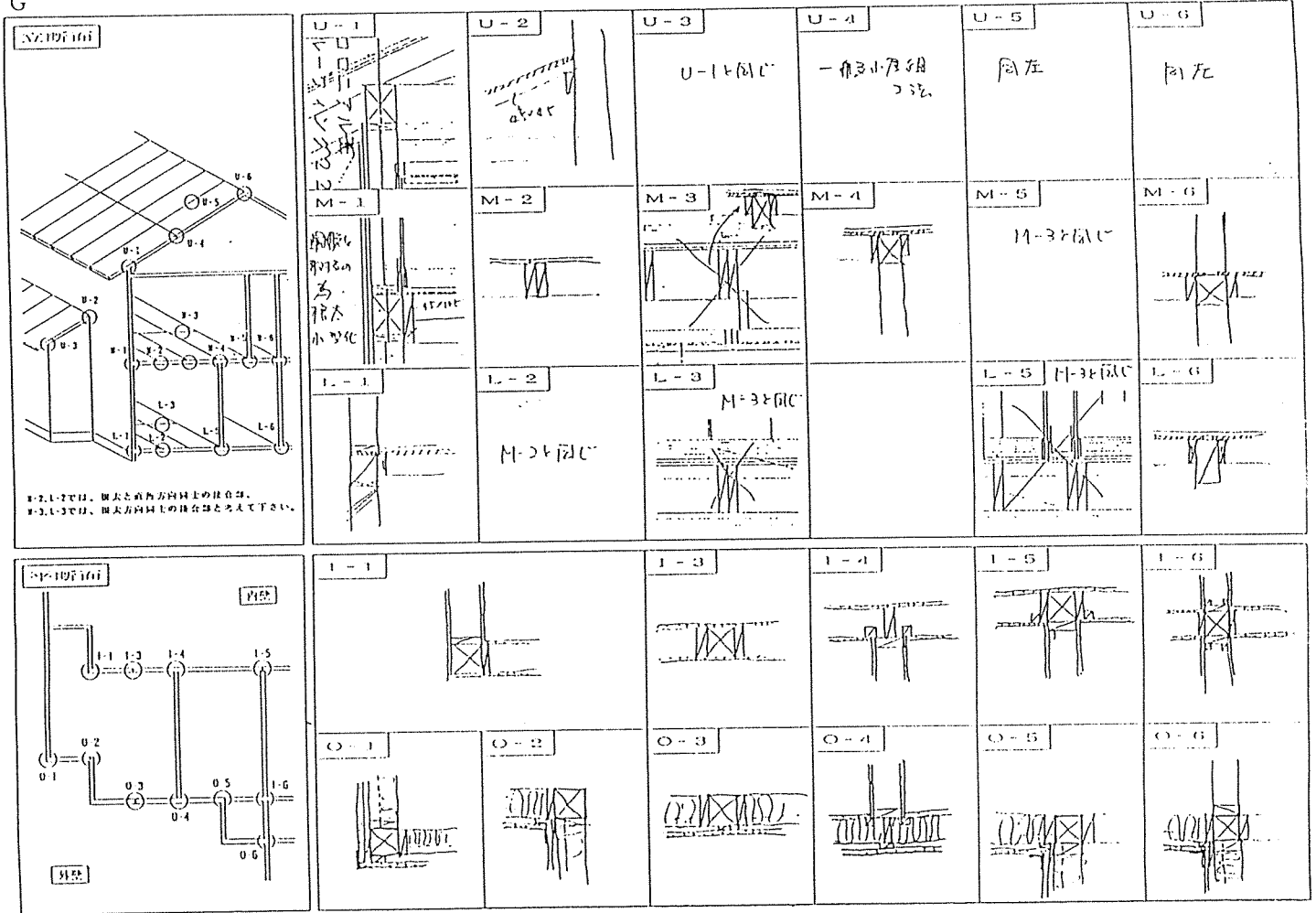
E



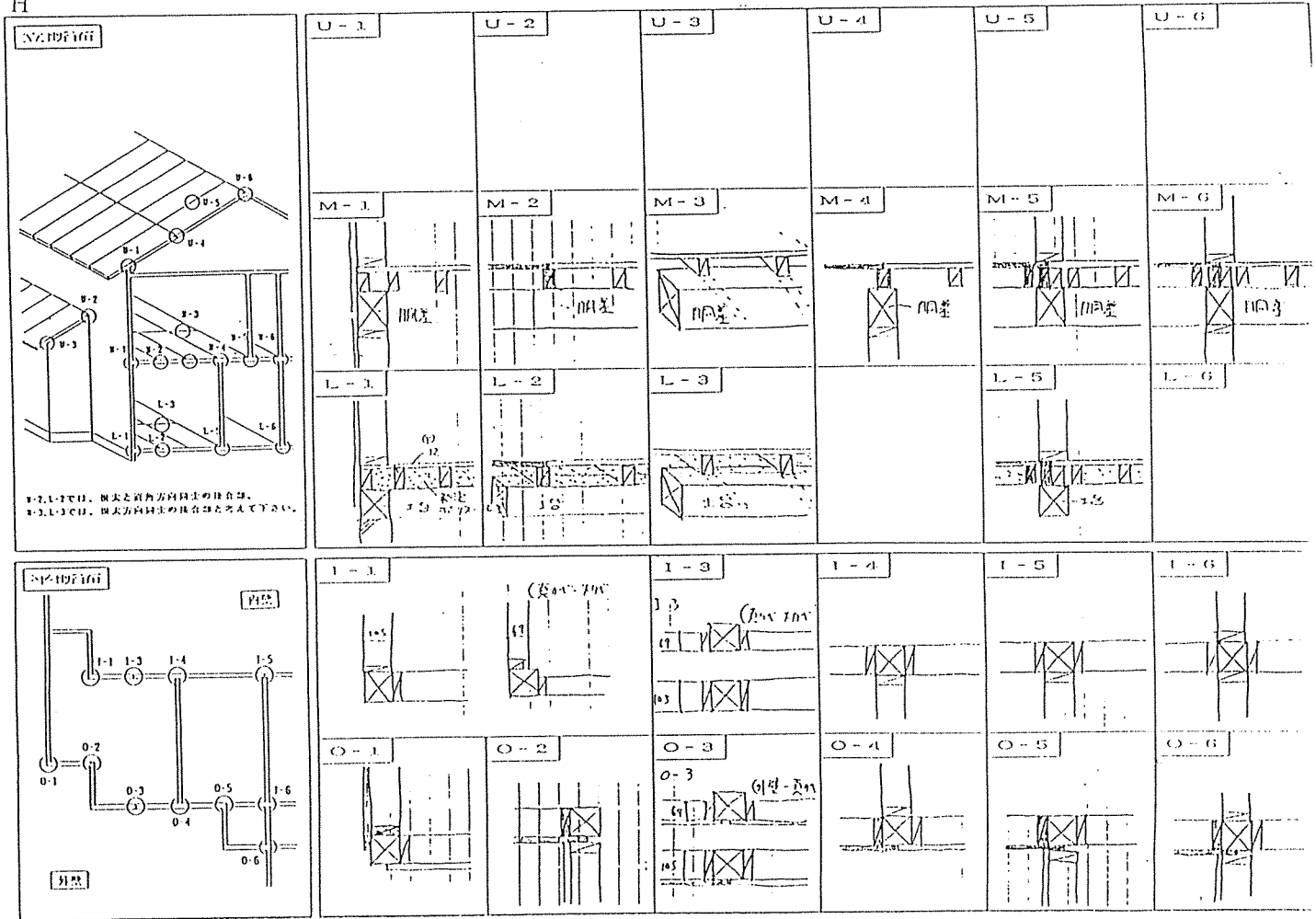
F



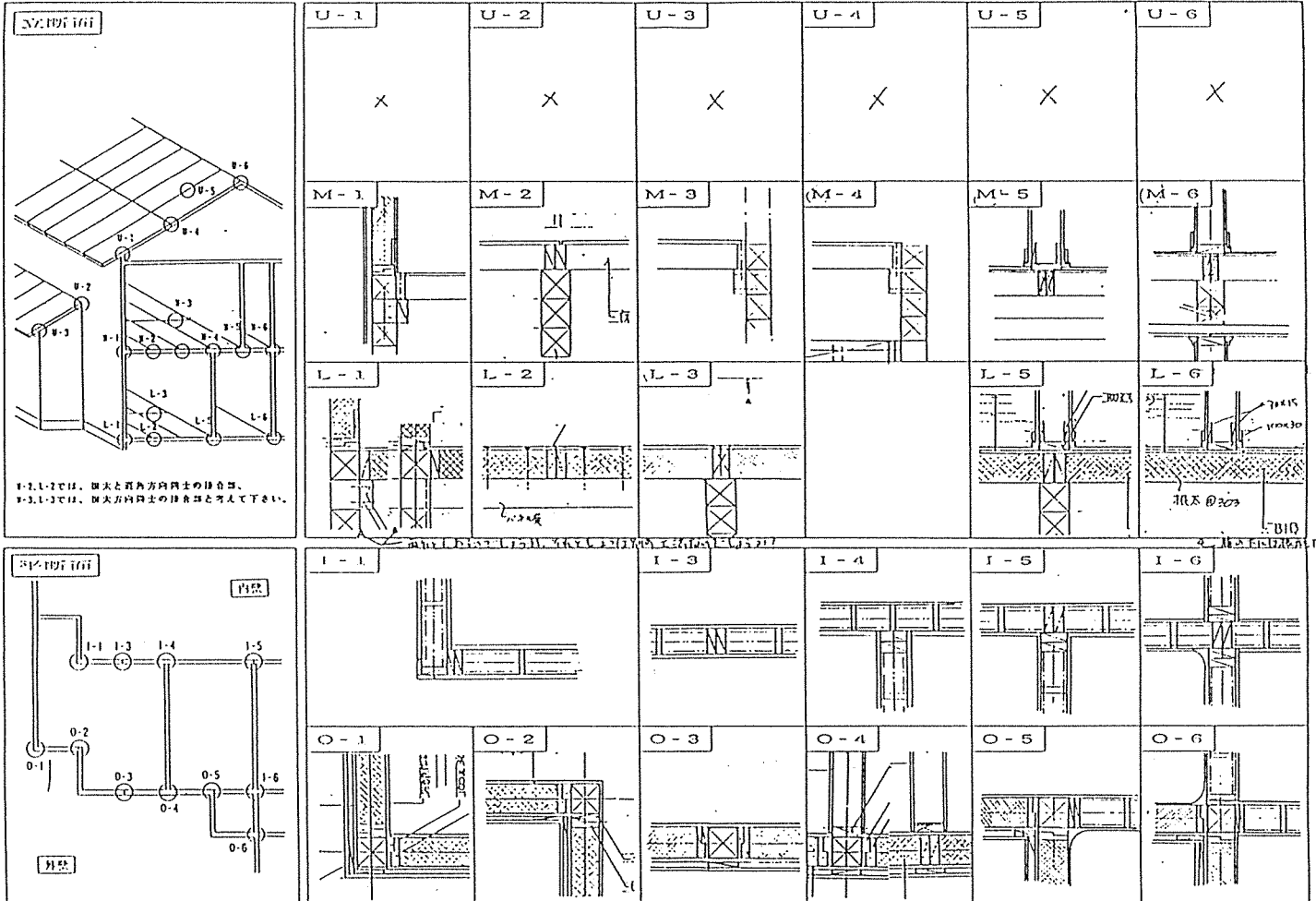
G



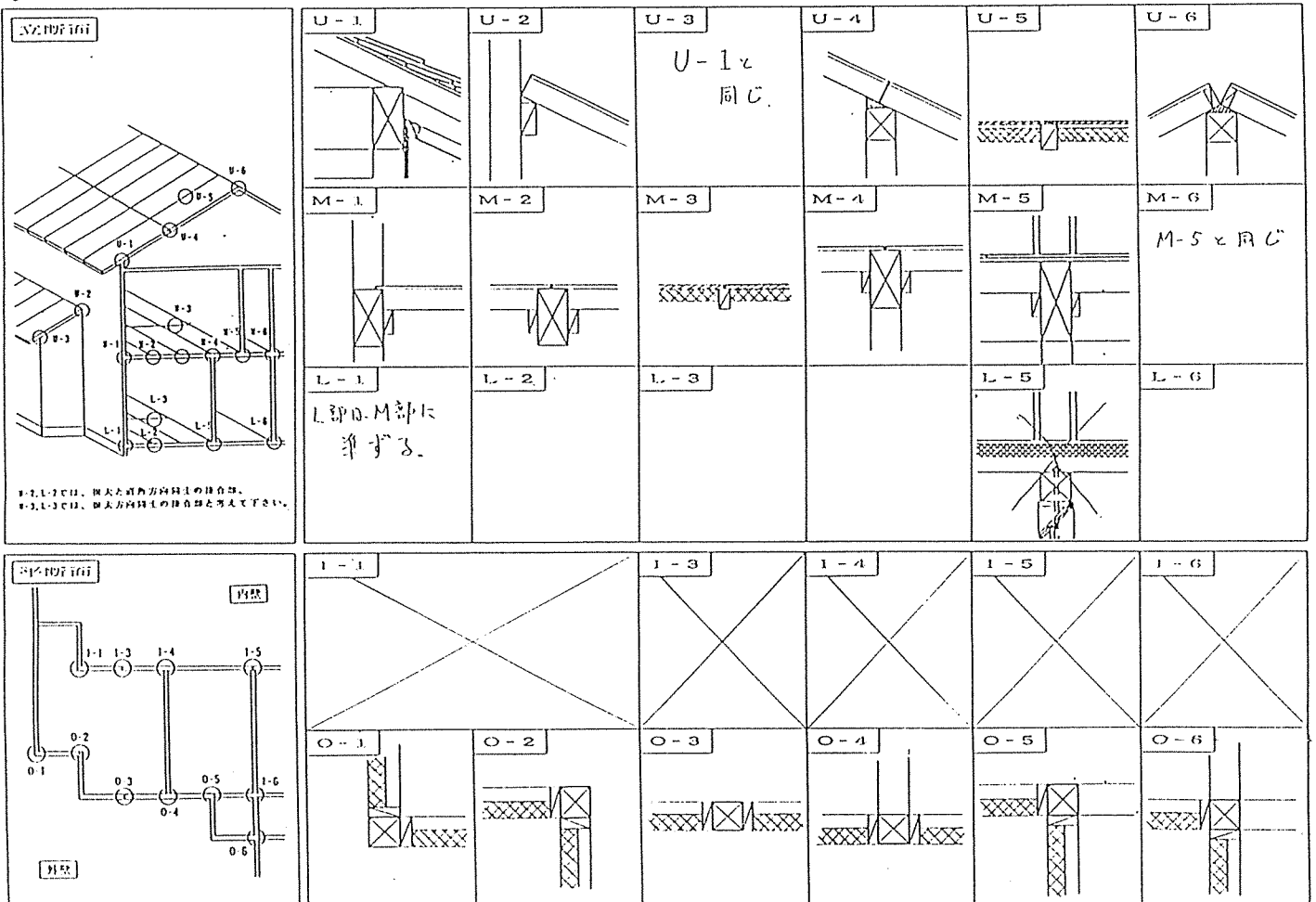
H

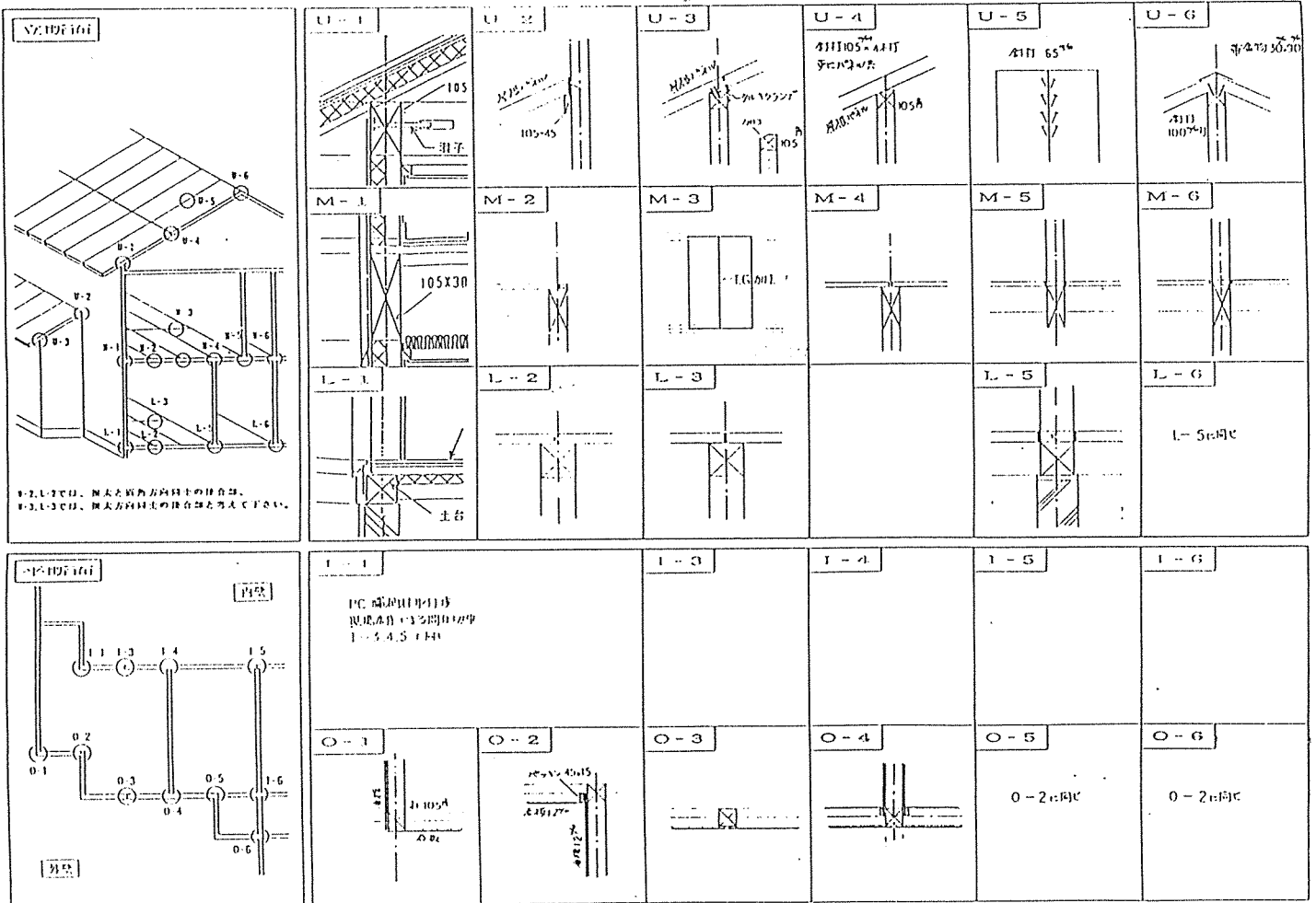
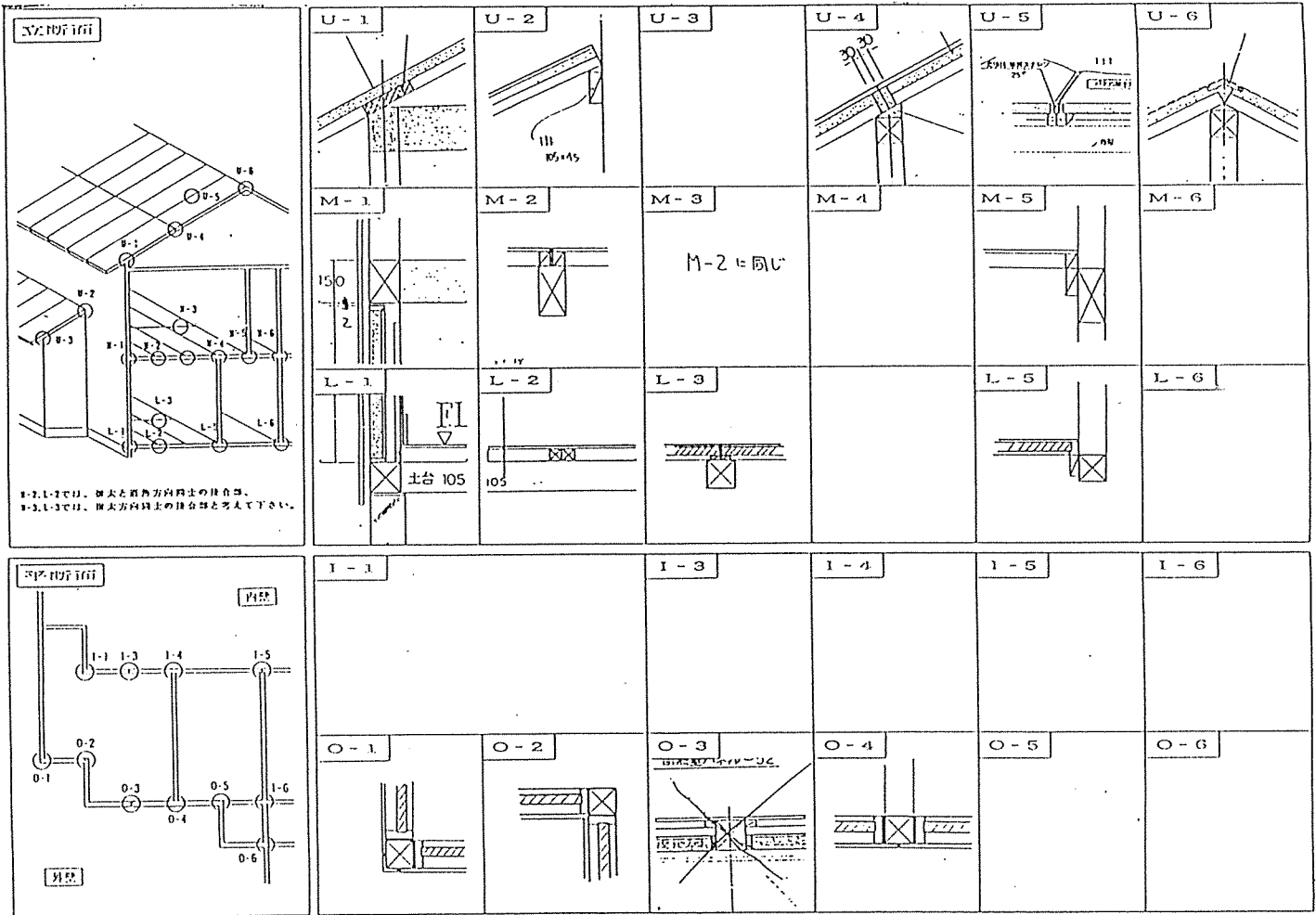


I

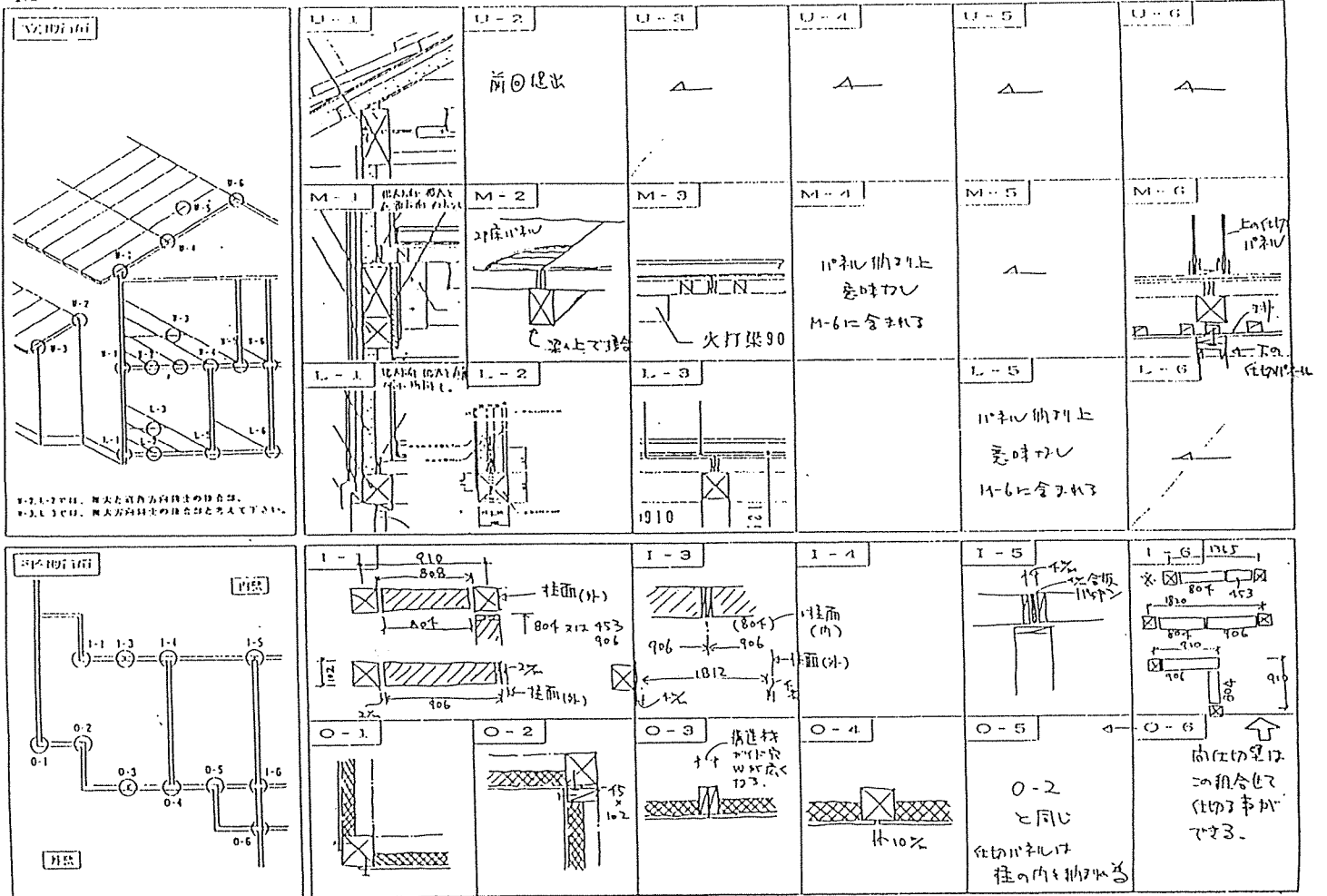


J

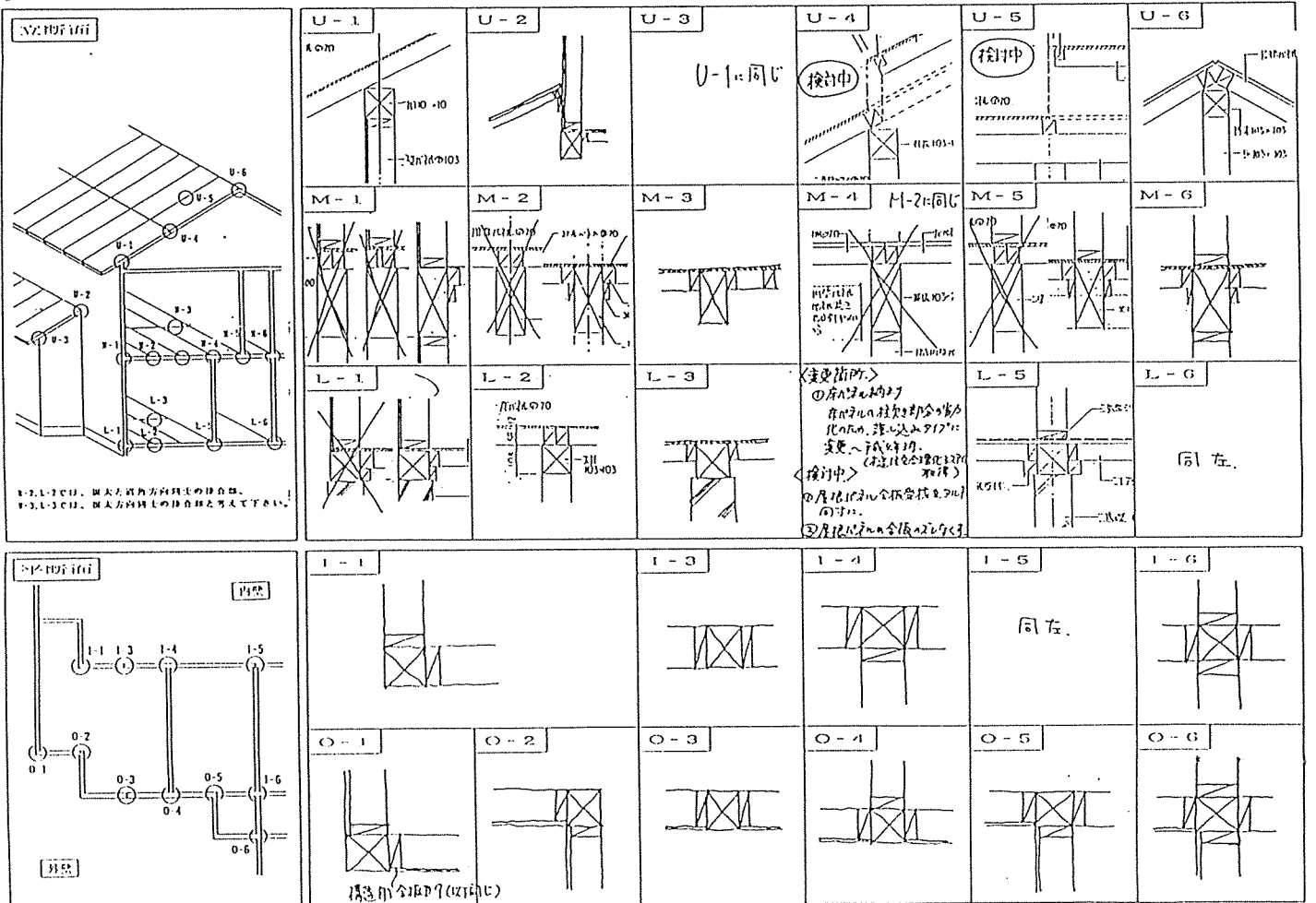




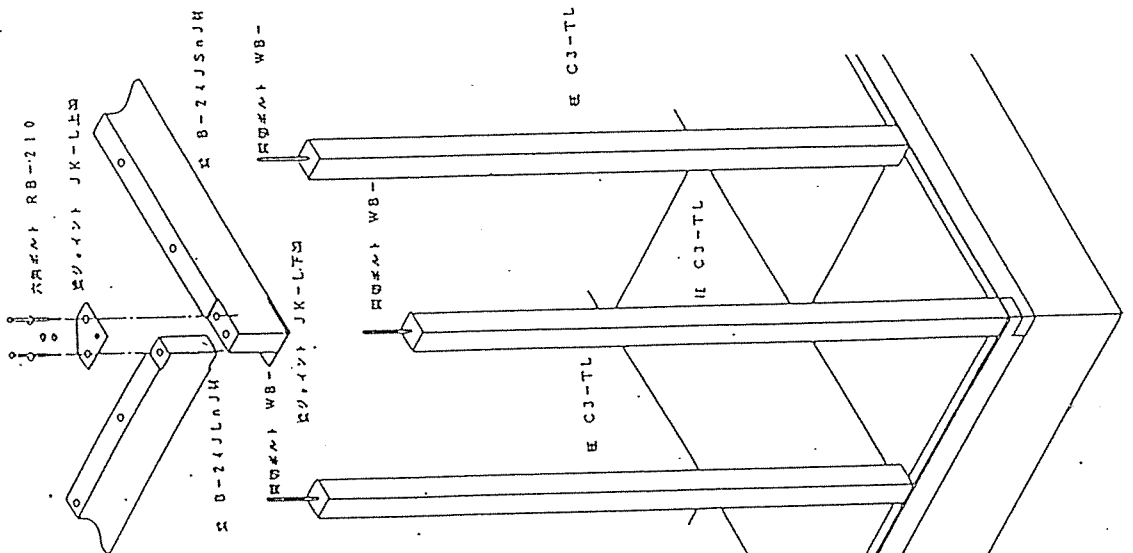
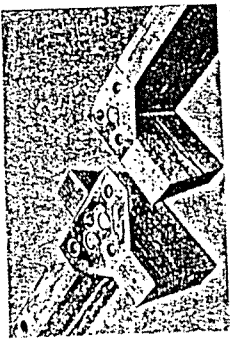
M



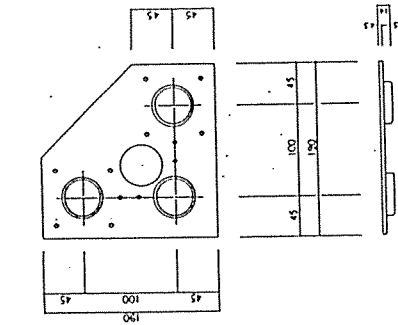
N



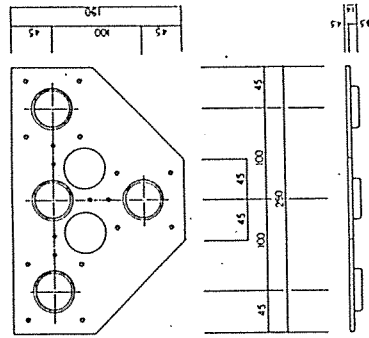
— 陸軍用 —



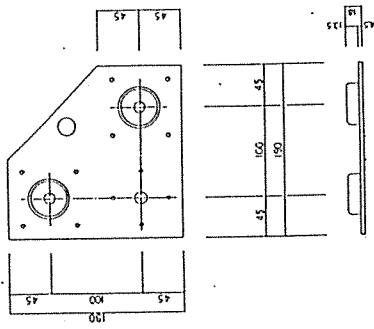
陸軍用 上 下 用



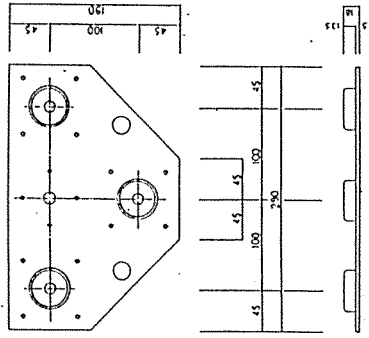
陸軍用 上 用 T 型 上 用 用



陸軍用 上 用 T 型 上 用 用

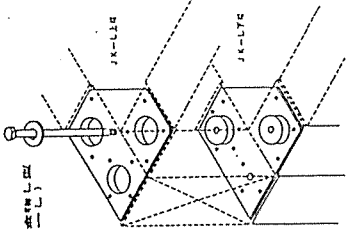


陸軍用 下 用 T 型 下 用 用

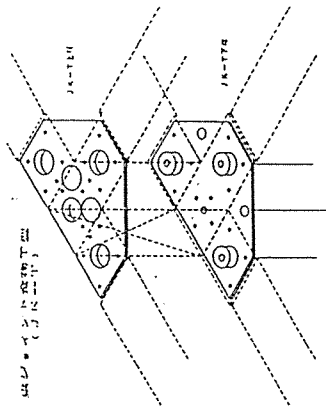


陸軍用 下 用 T 型 下 用 用

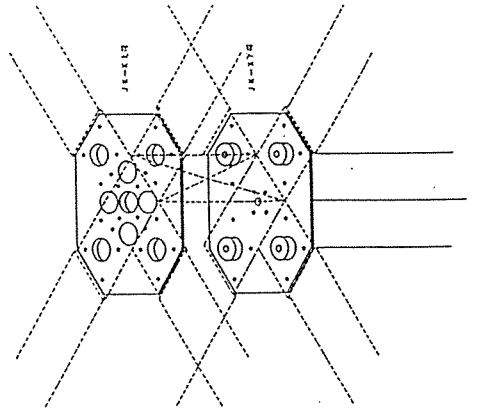
陸軍用 上 用 用

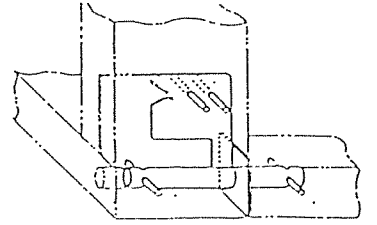
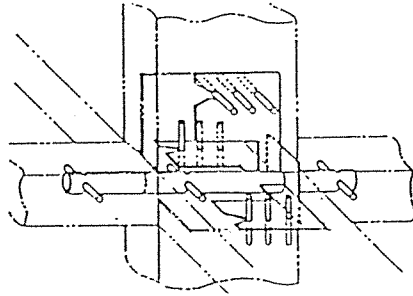
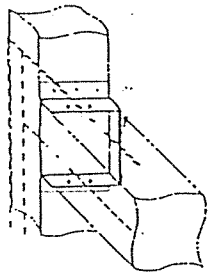
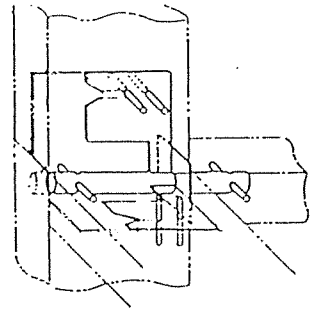
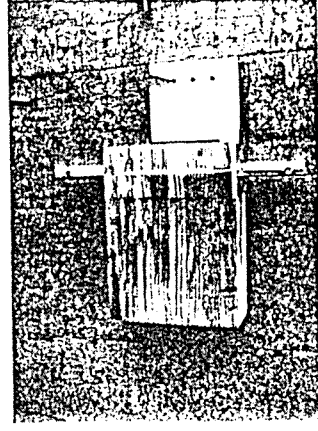
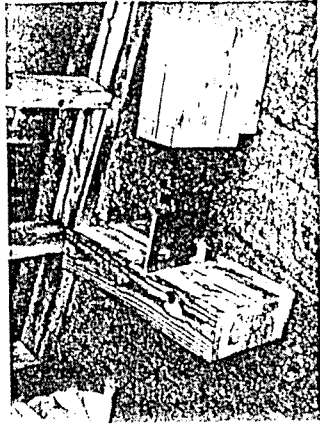
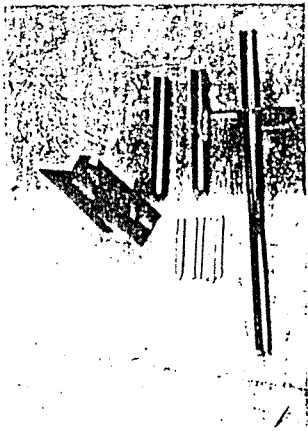


陸軍用 下 用 用

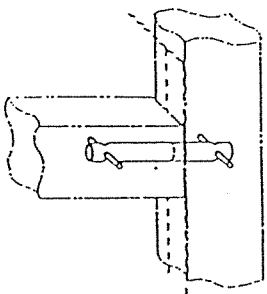
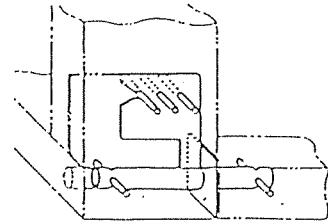
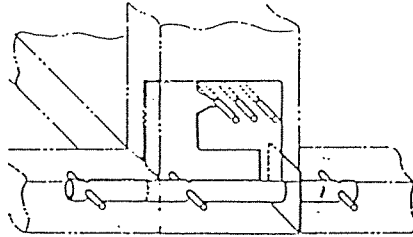
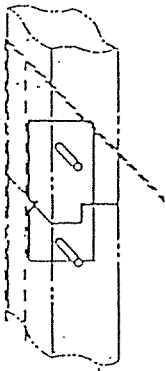


陸軍用 上 用 用

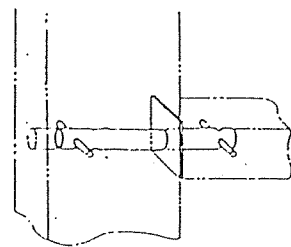
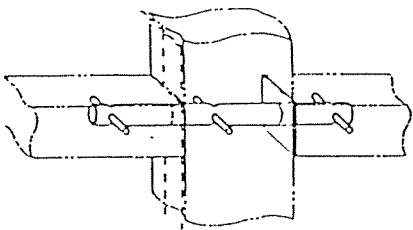
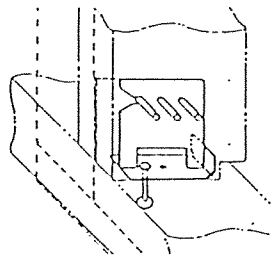
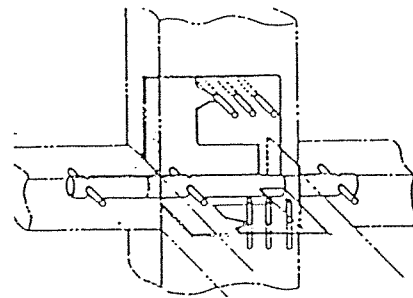




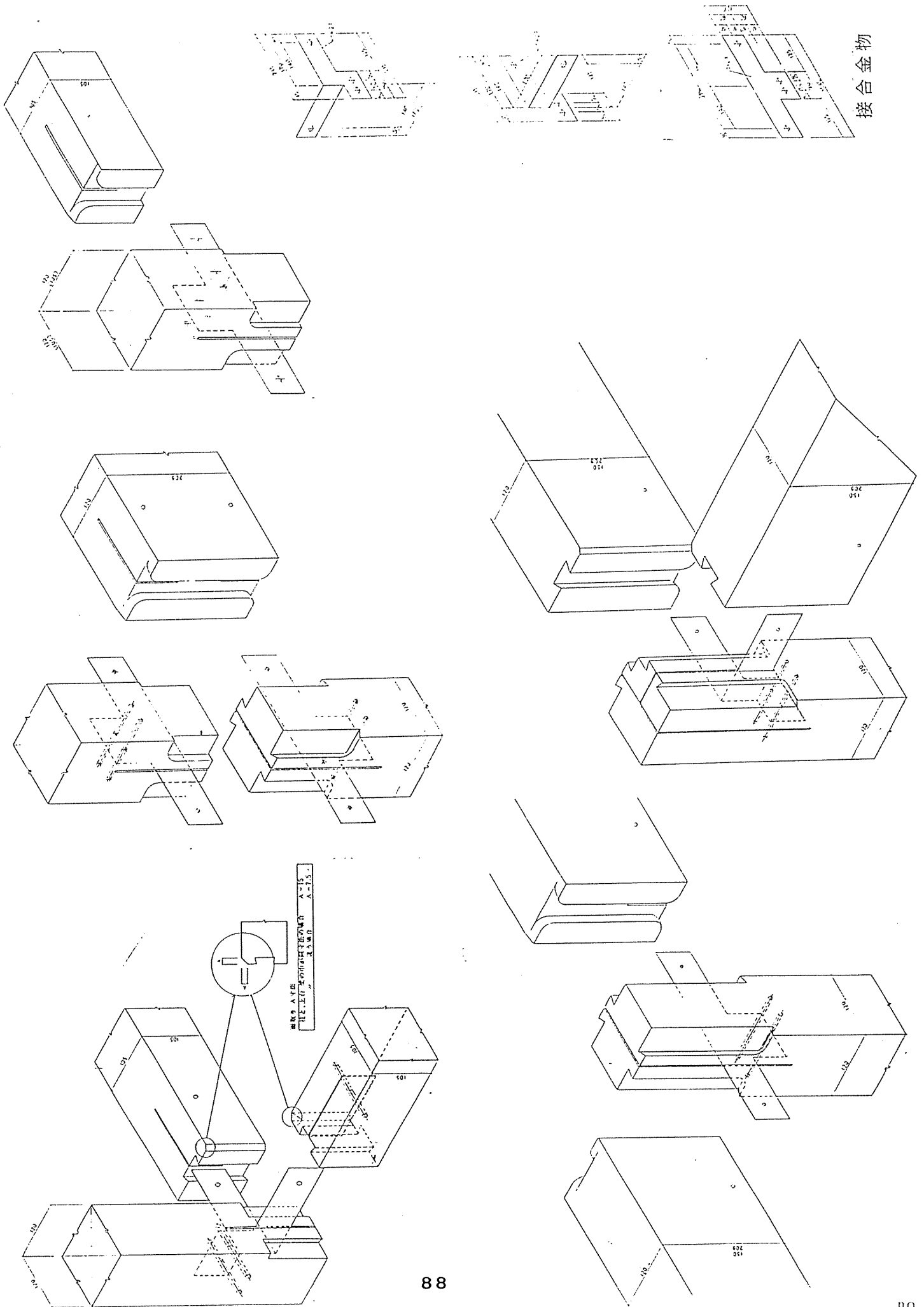
軒桁レベル



土台レベル

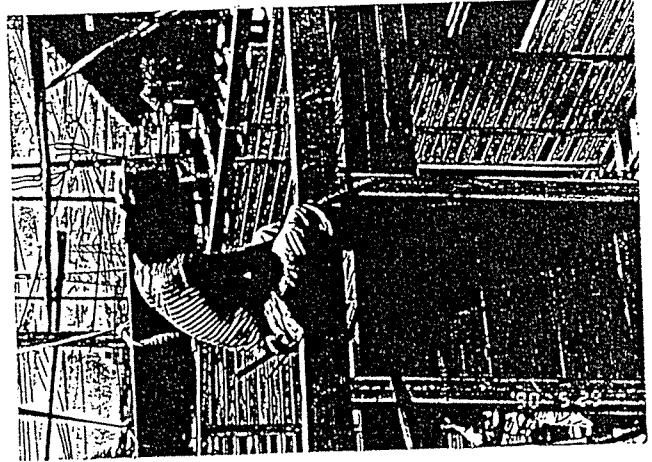
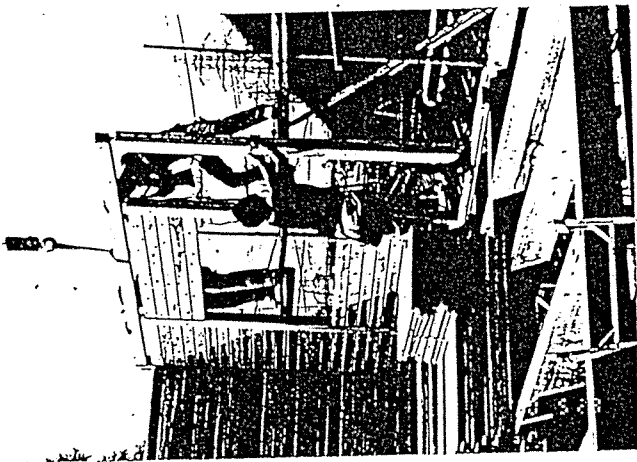
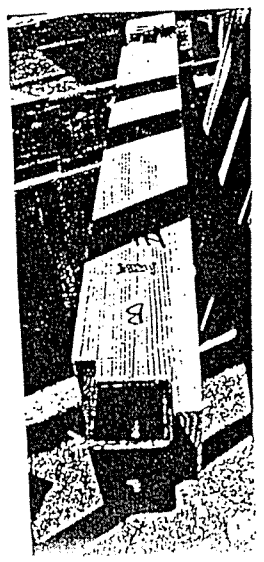
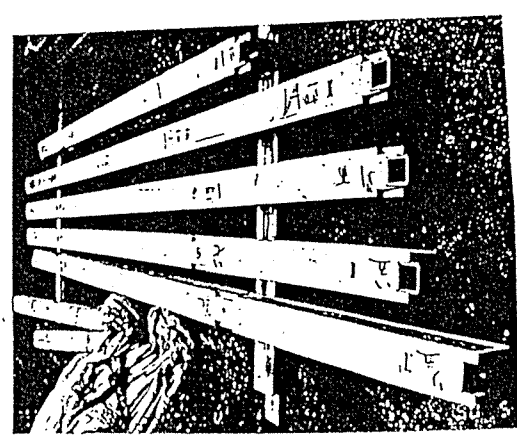
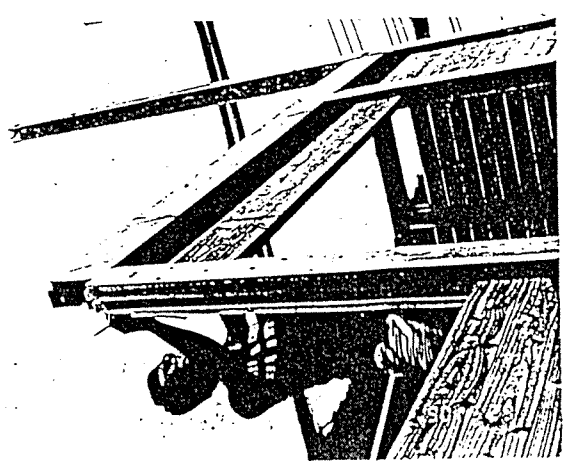


二階床レベル



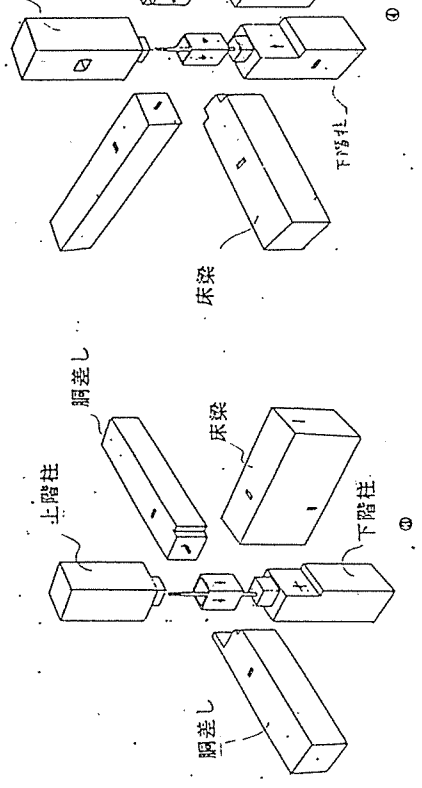
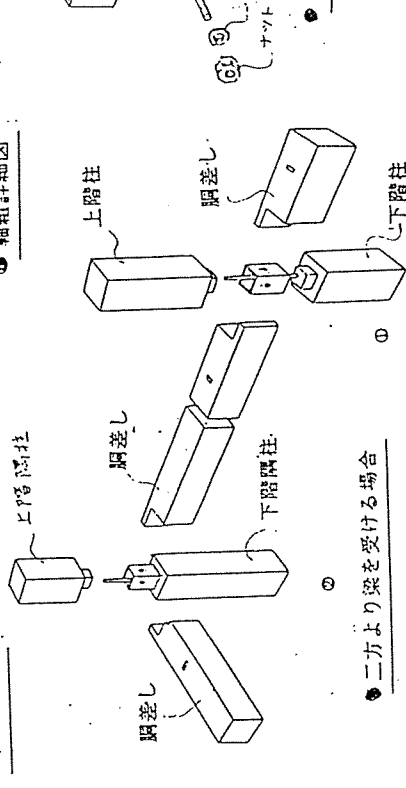
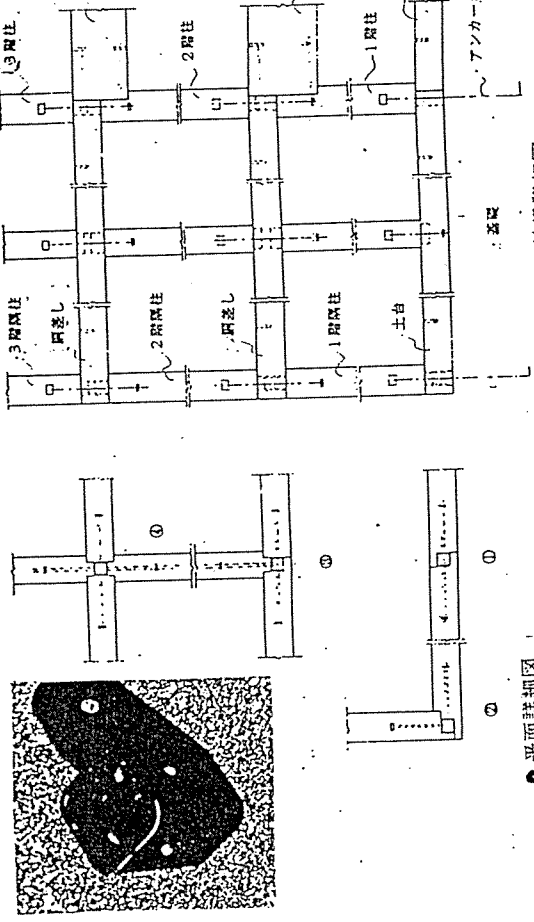


角鋼管金物を工用いた建工た位先り例 (建方中り現場写真)



2階床梁を角鋼管金物へ取付け終了  
(床梁には軸心出しが敷き取付け済)  
1990.5.29

角鋼管金物を工用いた軸組引込工事概要図組立て詳細図



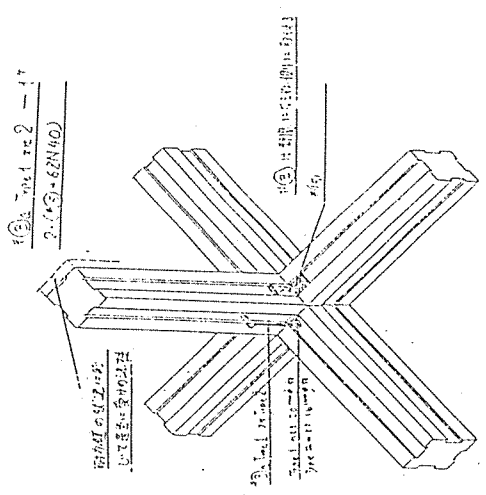
三方より梁を受ける場合

四方より梁を受ける場合



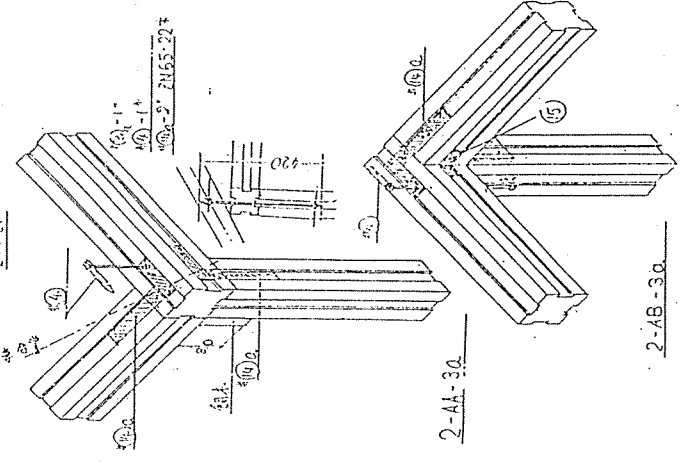
17

鋼柱—鋼桁(α)  
114 耐力型 204 耐力



2-AB-30

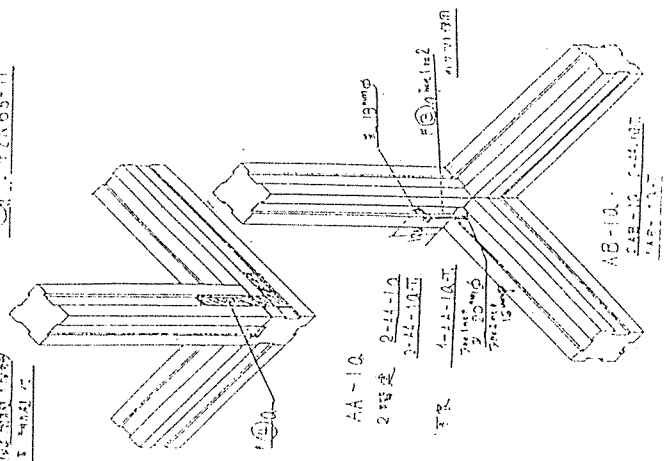
鋼柱—鋼桁(α)  
2 耐力



2-AA-30

18

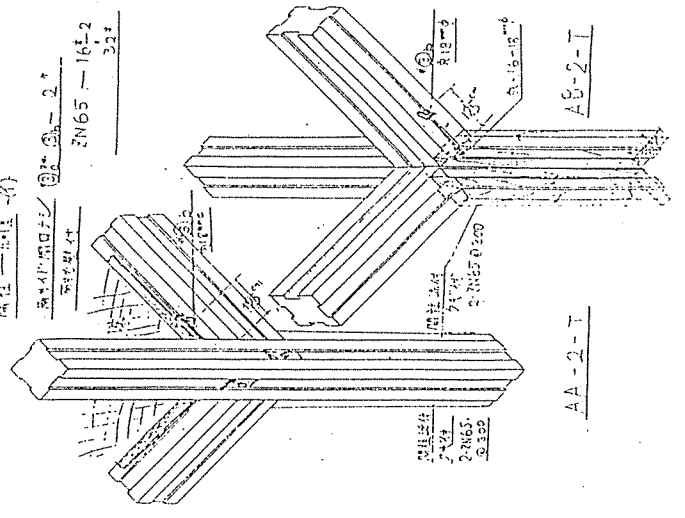
鋼柱—鋼桁(α)  
114 耐力型 204 耐力



2-AB-30

19

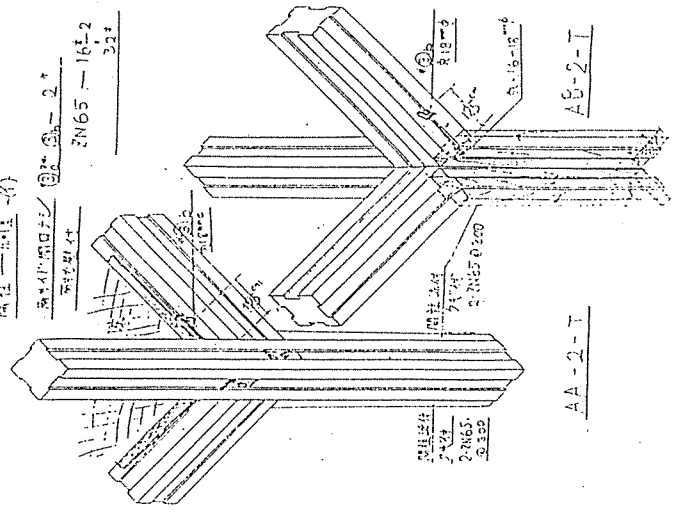
鋼柱—鋼桁(α)  
114 耐力型 204 耐力



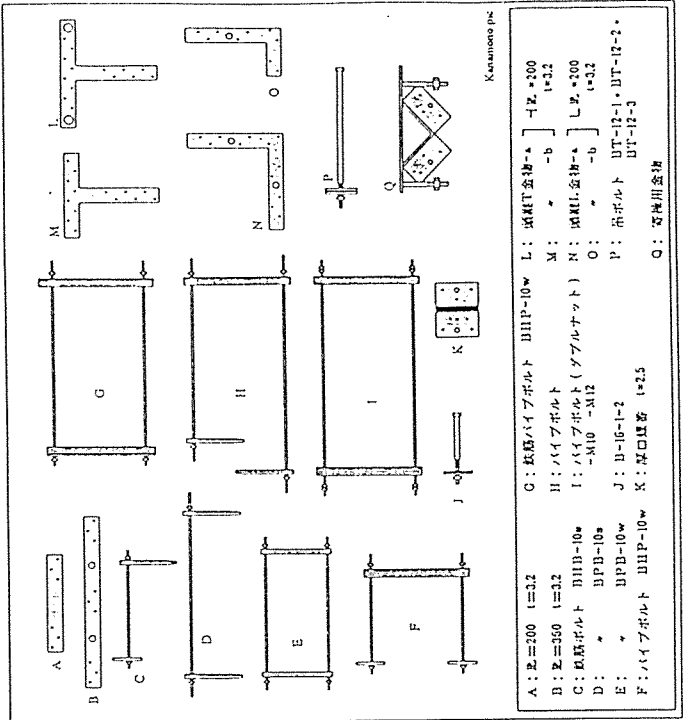
2-AA-30

20

鋼柱—鋼桁(α)  
114 耐力型 204 耐力



2-AB-30



Karamoto Inc.

A: E=200 t=3.2 O: 板鋼ハイボルト UHP-10w L: 板鋼圧接棒-a t=Z=200  
 B: E=300 t=3.2 H: ハイボルト M: \* -b t=3.2  
 C: 板鋼ボルト UHP-10w I: ハイボルト (ダブルナット) N: 板鋼圧接棒-a L: E=200  
 D: \* M10 -M12 O: \* -b t=3.2  
 E: \* UHP-10s P: 高ボルト UT-12-1・UT-12-2  
 F: ハイボルト UHP-10w J: U-16-1-2 UT-12-3  
 K: 開口型番 t=2.5  
 Q: 瓦溝用金物

構造マニユアル

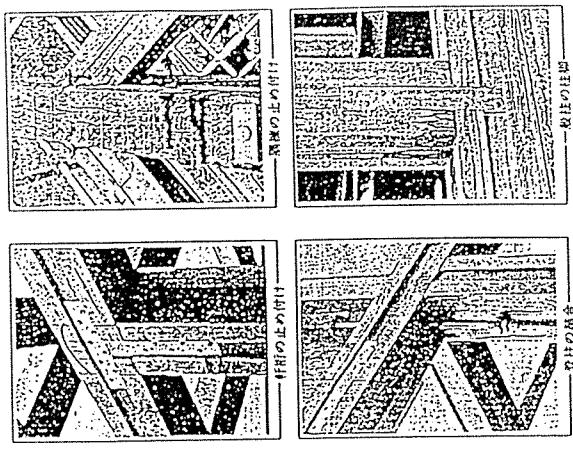
i) 柱 105×105 (紙管乾接接ぎ取りとして102角に置き立てる)

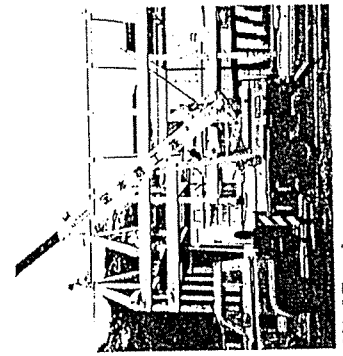
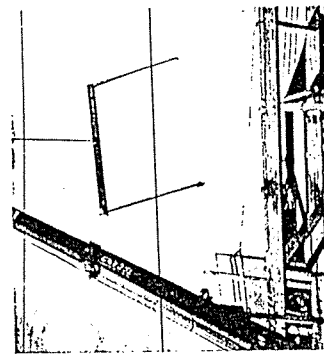
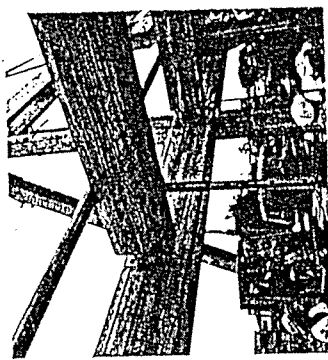
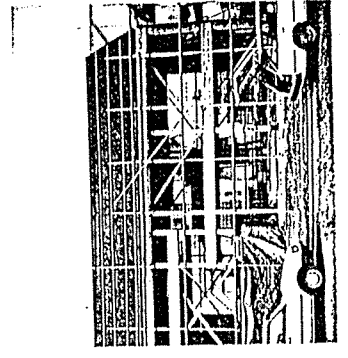
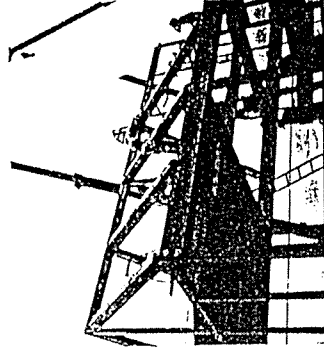
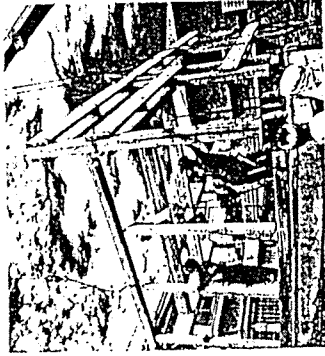
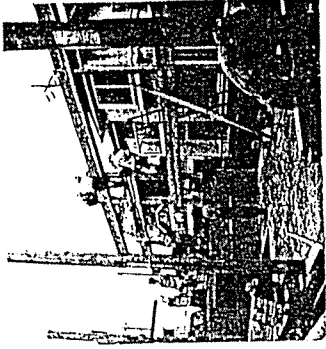
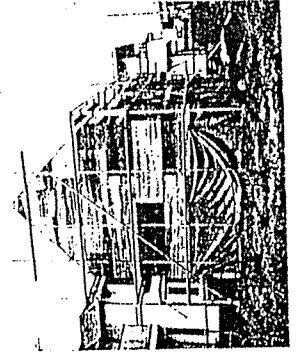
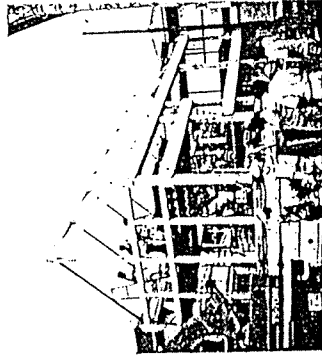
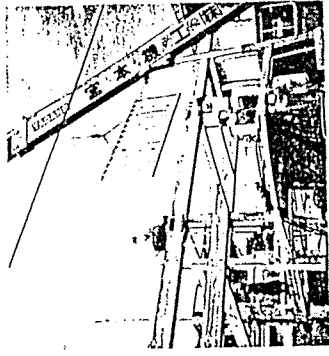
ii) 主要構造材 両端目違いは2倍四方32×8溝彫り注と同じ断面 両端溝なし ① 塗物使用 ② 塗物使用 ③ 塗物使用 ④ 塗物使用 ⑤ 塗物使用 ⑥ 塗物使用 ⑦ 塗物使用 ⑧ 塗物使用 ⑨ 塗物使用 ⑩ 塗物使用 ⑪ 塗物使用 ⑫ 塗物使用 ⑬ 塗物使用 ⑭ 塗物使用 ⑮ 塗物使用 ⑯ 塗物使用 ⑰ 塗物使用 ⑱ 塗物使用 ⑲ 塗物使用 ⑳ 塗物使用 ㉑ 塗物使用 ㉒ 塗物使用 ㉓ 塗物使用 ㉔ 塗物使用 ㉕ 塗物使用 ㉖ 塗物使用 ㉗ 塗物使用 ㉘ 塗物使用 ㉙ 塗物使用 ㉚ 塗物使用 ㉛ 塗物使用 ㉜ 塗物使用 ㉝ 塗物使用 ㉞ 塗物使用 ㉟ 塗物使用 ㊱ 塗物使用 ㊲ 塗物使用 ㊳ 塗物使用 ㊴ 塗物使用 ㊵ 塗物使用 ㊶ 塗物使用 ㊷ 塗物使用 ㊸ 塗物使用 ㊹ 塗物使用 ㊺ 塗物使用 ㊻ 塗物使用 ㊼ 塗物使用 ㊽ 塗物使用 ㊾ 塗物使用 ㊿ 塗物使用

iii) 外壁および耐力壁面

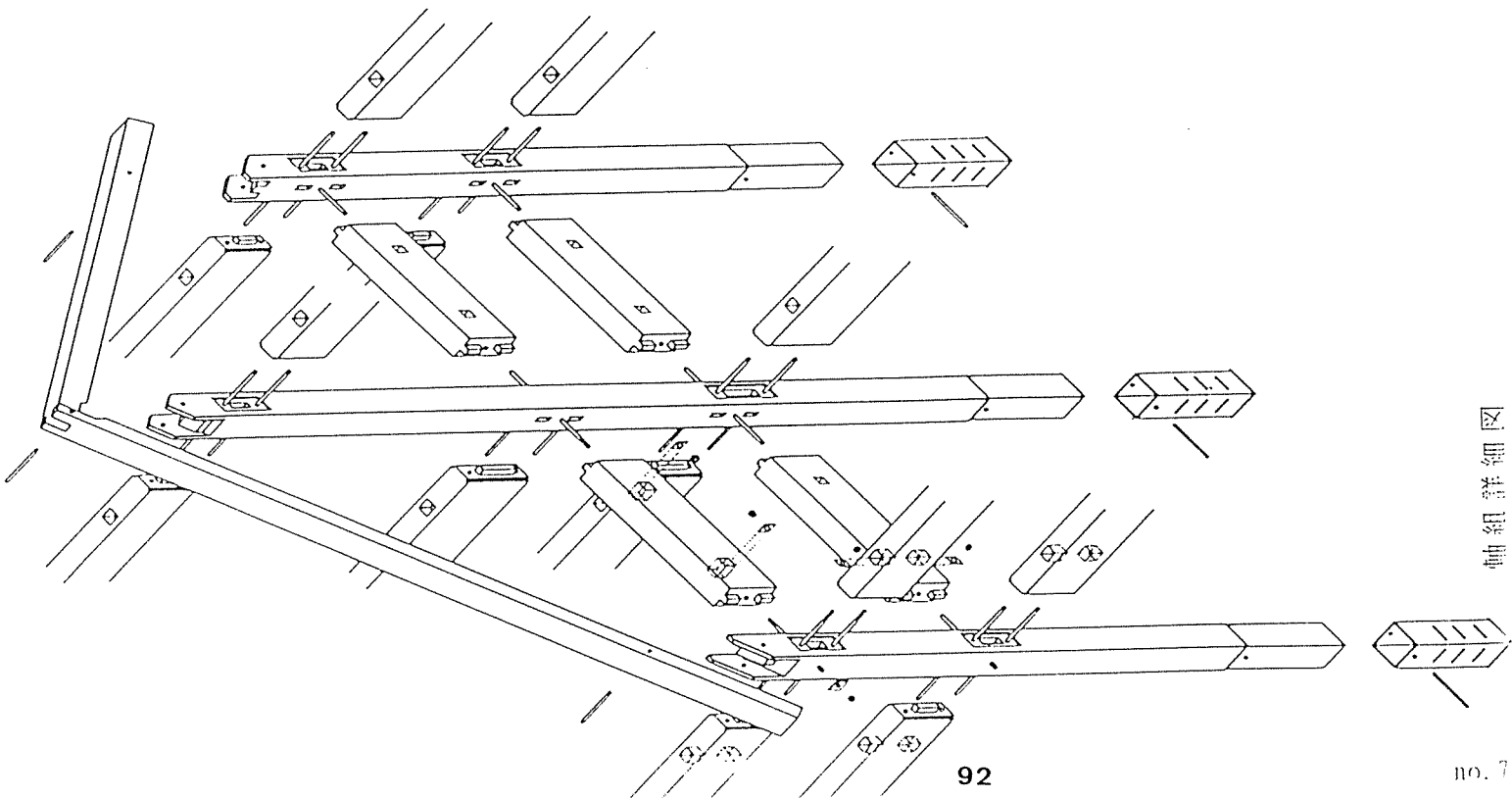
iv) 一段 高さ切面注

注: 端部丸紙の高に2等となったものを丸紙切り落として1等材として使用することは差しつかえない。しかし、他の欠点あるものは不可。



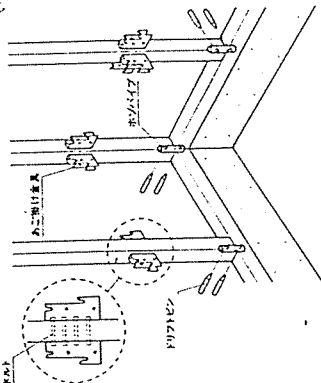


建方工程

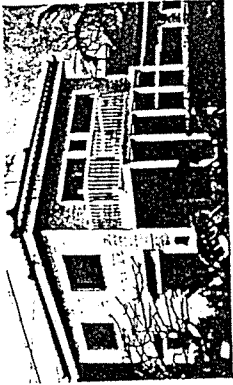


1 本器はあらかじめ工場で組立てられておきます。上記の通り、本器が工場の組み立て場から運ばれます。

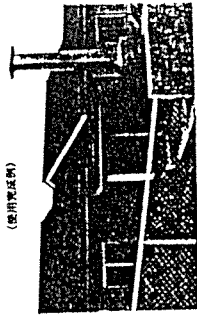
2 本器は、柱と柱の間、柱とパイプを差し込み、ドリフトピンを打込みます。その際、柱にあるパイプの向きに注意してください。また、本器は柱と柱の間で設置します。本器の設置はパイプの向きで異なります。



4 本器にドリフトピンを打込み、完了です。このピンを打込むことで、本器は柱と柱の間でしっかりと固定されます。



(使用実例)



7 クレチックと本器の両方の設置は、現場でも特別に施工が可能です。

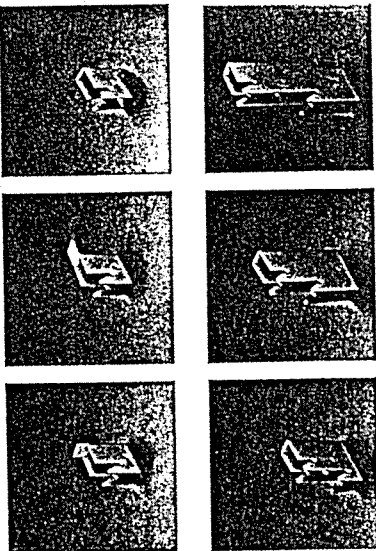
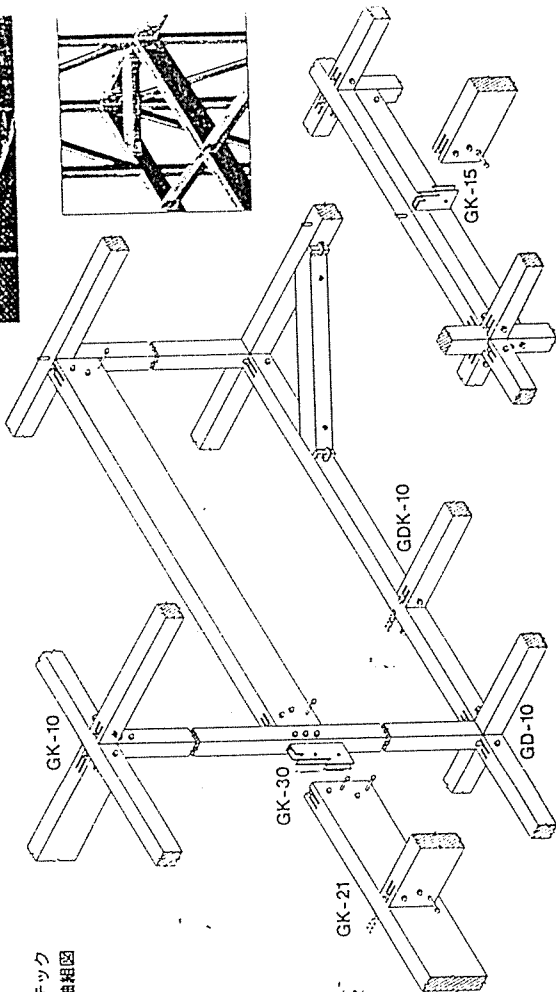
5 ホソパイプによる土台・柱・荷台・階段の設置  
クレチックには、様々な材料を組み合わせることができます。100mmのホソパイプは、そのための加工が容易にできます。また、本器の設置は、パイプの向きによって異なります。

6 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

8 本器の使用で、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

9 本器の使用で、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

クレチック  
使用軸組図



1 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

2 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

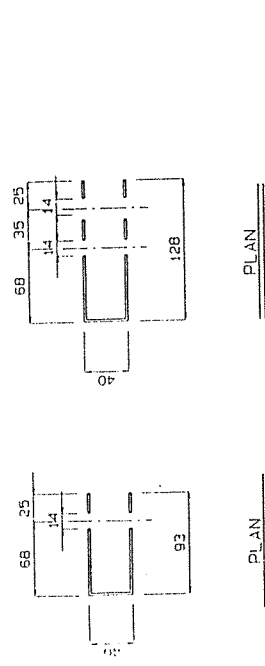
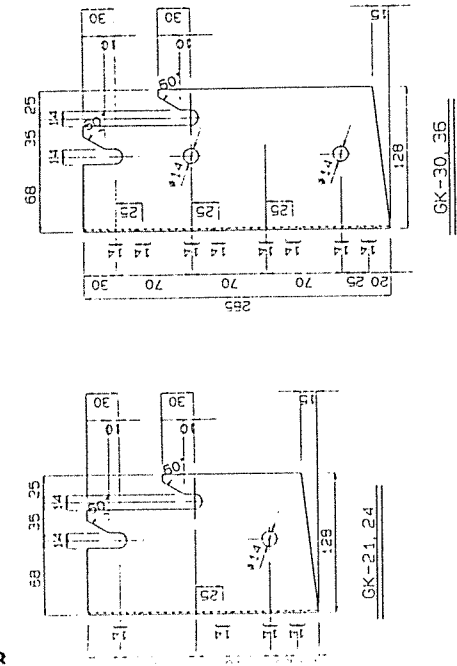
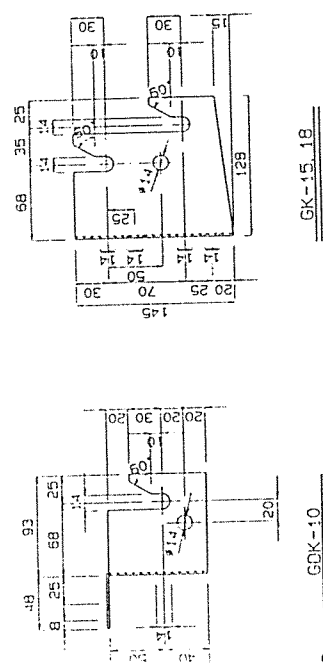
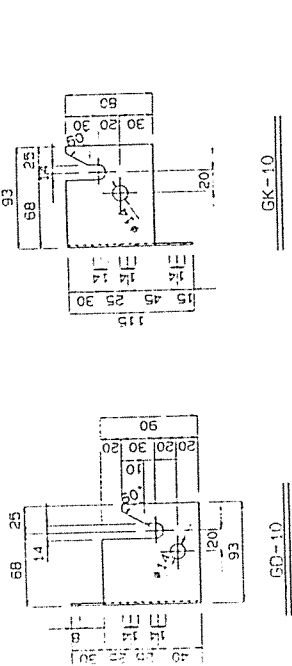
3 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

4 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

5 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

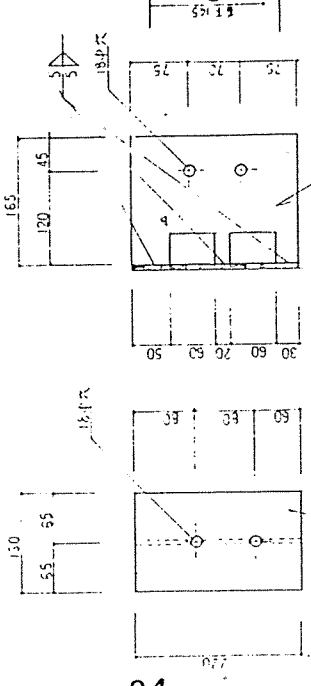
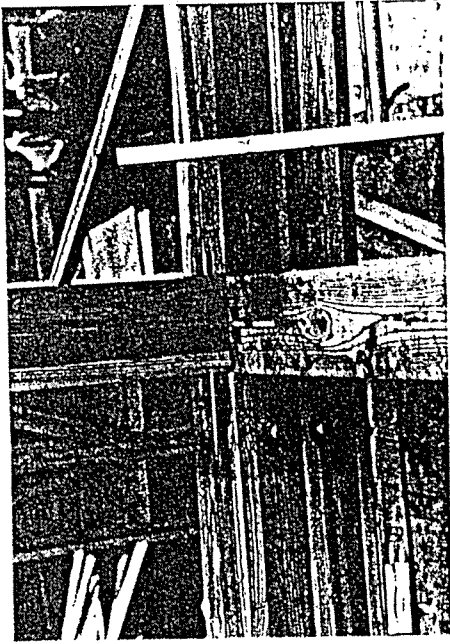
6 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

7 本器は、現場での設置が可能です。現場での設置は、本器の構造と現場の状況によって異なります。

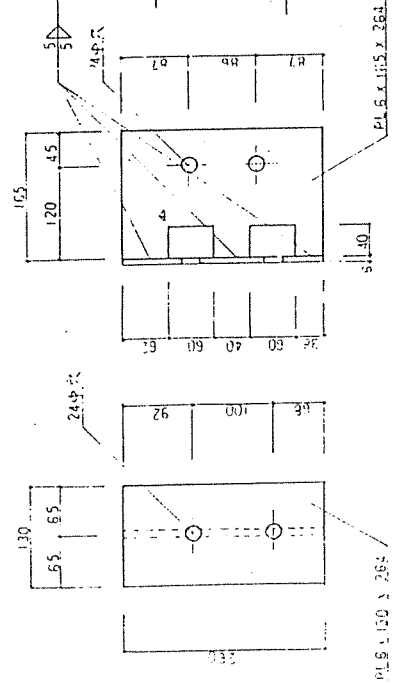
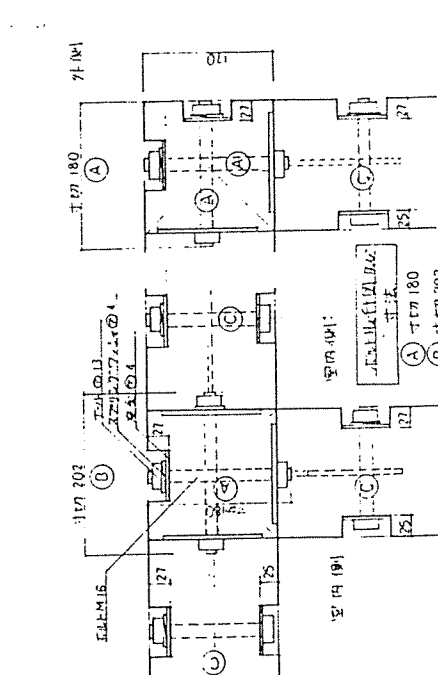


PLAN

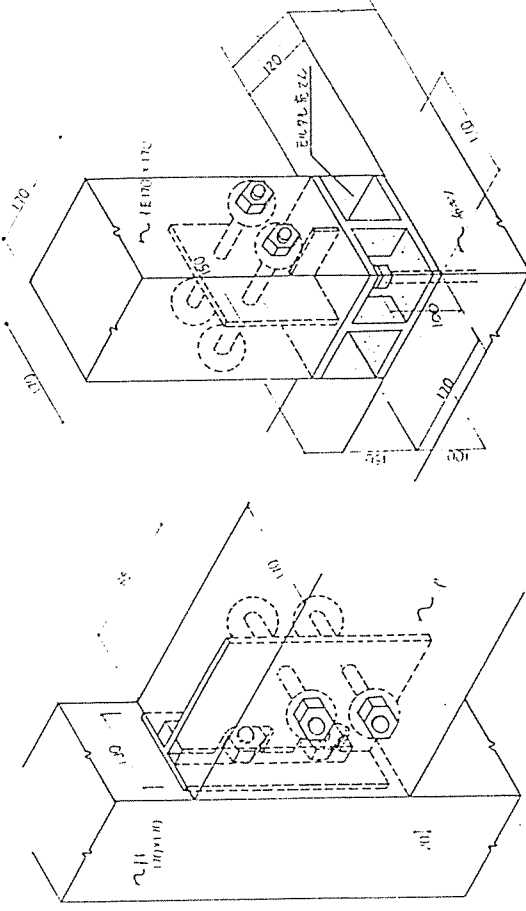
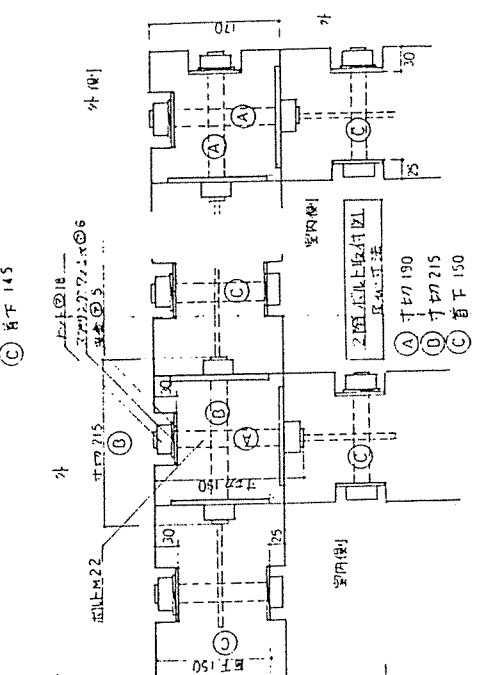
PLAN



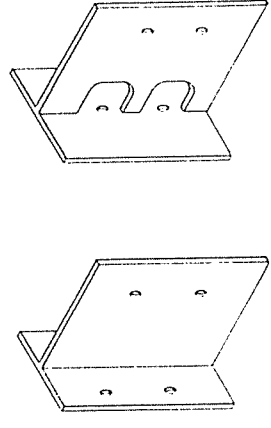
1 成 柱 邊 橫 梁 全 物



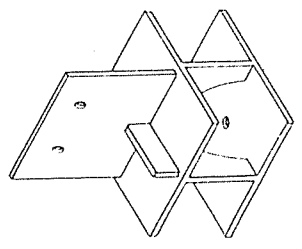
2 成 柱 邊 橫 梁 全 物



11C 工 法 接 合 全 物 作 何 圖



柱 梁 接 合 全 物



柱 梁 接 合 全 物