

平成4年度 農林水産省補助事業

(財)日本住宅・木材技術センター事業

# 技術開発推進事業報告書

## 性能標準

### — 外構木製部品 —

平成5年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



－木製部品の性能標準化－

目 次

1. 性能標準作成委員会の目的と委員構成	1
2. 外構部品の今日的視点	2
3. 外構用フェンス、門扉、門柱	9
3. 1 外構用フェンス、門扉、門柱の性能標準化（案）	9
3. 2 丸太フェンスの耐久性調査	17
4. ベンチの座り心地評価	32
5. 木製カーポート	49
5. 1 木製カーポートの性能標準化（案）	49
5. 2 木製カーポートの設計と試作	52
5. 3 カーポートに係るエネルギー量と炭素量	62
6. 木製ポット内の土壌の温度と水分の測定	65
7. 小さな法面、擁壁への木材利用	83
8. 緑地公園における木製外構部品の使用事例	88
巻末資料	96



# 1. 性能標準作成委員会の目的と委員構成

## 1. 1 主 旨

スギ、カラマツ等の国産材丸太は、足場、電柱、杭、柵などに利用されていたが、その需要は低減傾向にあり、最近では植栽用、アスレチック用具、遊具、ベンチ等へ利用が試みられるが、安全性や耐候性を考慮した規格が特に作成されているようにもみられない。

また、実際に使用されている遊具やベンチ等の中には、地面と接する部分で腐朽や腐食を生じているのをしばしば確認できる。このような状況は、木材の問題点を逆にアピールすることにもなる。最近では、世界的な環境や省エネルギー問題に対応して木材、特に再生可能な針葉樹の利用が重要である。このような、状況に置いて、国産材の利用、特に間伐小径材の利用に関して行政側から大きな要望が出されているが、十分な需要拡大には結び付いてはいないようである。

本委員会は、本来建築で使用する木材製品の性能を標準化するためにつくられた委員会であるが、本年度は丸太等を利用した部品、部材、特に都市近郊で利用可能な木製部品を規格し、その必要性能を標準化すると共に、使い方や、補修方法等についても言及し、実際使用に支障が無いような性能標準マニュアルを部品ごとに作成する。本年度は、外構用フェンス、法面防御策、外構用ベンチ、カーポートについてのマニュアル原案に基づき、性能の確認や調査を行った。

## 1. 2 委員会の構成

委員長	有馬 孝禮	東京大学農学部林産学科助教授
委員	三城 昭義	新潟大学農学部林学科助教授
〃	千葉 保人	森林総合研究所木材化工部長
〃	山畑 信博	建設省建築研究所第四研究部研究員
〃	島崎 和美	全国ログハウス振興協会（井関銘木）
〃	上原 隆	全国ログハウス振興協会（ろぐはうすマルタ）
協力委員	塚田 市朗	林野庁林政部林産課課長補佐
〃	中島 史郎	建設省建築研究所第二研究部研究員
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

## 2. 外構部品の今日的視点

近年、都市周辺の無機質の空間に木材を外構材として用い、柔らかい潤いをもたそうという試みや、各地域活性や街作りとしての木材の外構がみられるようになってきた。しかしながら、それが曝される環境を考慮せずに木材を外部に使用するのは乱暴であり、また、「木材は腐って無公害的にリサイクルするのだから良い」というのも供給者側の無責任な発言である。したがって、薬剤による処理にしろ、無処理にしろ、なんらかの使用安全上のチェックやリサイクルするための維持管理の要領を使用者に理解して貰うことが必要である。新しい素材や工法が出現すると、その採用に当って「耐久性はどうか」、「何年もちますか」と必ず問われる。そのとき実験データやごく限られた実績から推定されるなんらかの結論を出さないと先に進まないことも事実である。とくに木製品の場合は腐る、食われる、変退色するというように目につきやすいためにそのような問いができるのである。一方、アスファルトやコンクリートの歩道がどれぐらいの周期でどのような理由で補修され、あるいは取り替えられているかを同じような尺度でみることは少ない。それはメンテナンスが当然のこととして捕えられているからか、場当たりの要素が強いのか重要な論点であろうが、いかなる材料にしてもメンテナンスフリー（維持管理不要）なものはない。まずこの原則を認識しておく必要がある。したがって、問題はメンテナンスの頻度、難易度、そして廃棄後の処理である。もちろん、メンテナンスフリーは技術に携わるものの基本的な志向でなければならないかもしれないが、材料や構造物が機能を果さなくなるという物理的耐久年数と陳腐化するというような耐用年数は異なるのが一般的であるからである。さらに、高耐久性を賦与するほど、廃棄後の処理問題は重要になることを留意しておかねばならない。これらは基本は地球環境の保全、資源エネルギーの維持の今日的な課題であり、単純な経済的合理性で割りきることが今後許されない問題でもあることを認識しておかねばならないであろう。そのような中で外構部品は作用する条件が厳しいだけに製作や設計行為の中で耐久計画と維持管理計画、そして廃棄処理を総合的にとらえておくことが要求されよう。

### 1. 外構部品における使用環境の評価と耐久設計

木材、木製品が野外に設置されたとき、その劣化に関連するものは温度、湿度、水分、日射などの物理的因子と腐朽菌、しろありやかびなど生物的因子がある。前者は設置される地域の気象条件が基本となるが、個々の部材をとりまく環境、すなわち微気象との対応をみておく必要がある。木製品の構成や仕様の詳細に関連する劣化については後述することにして、木材や塗装の劣化に関連するであろう微気象の例を示すことにする。

木製デッキやアスファルト路面の表面温度変化を計測すると、図1に示すように表面温度は晴天時には日射の影響を強く受け、両者に違いが認められたが<sup>1)</sup>、日射のない曇りや夜は気温変動に呼応しており差異はない。木製デッキは温度の立ち上がりが速く、日没

による温度の低下が速く、夏の夕刻のほてりの少なさを示している。また最高温度は夏はアスファルトの方が高く、冬は木製デッキが高い傾向にあった。

図2 は東京都内の住宅展示場のデッキと木製外壁の晴天時における表面温度の外気温との関係を示したものである<sup>2)</sup>。デッキは防腐処理されたベイツガ204材がすのこ状に配置され、水平に位置しており、外壁は展示住宅のほぼ南面で、グレーのペイマツ合板サイディングと白の隅角部カバーの垂直表面である。

以上のような実測結果から劣化条件の評価の上で主要な点は次のとおりである。

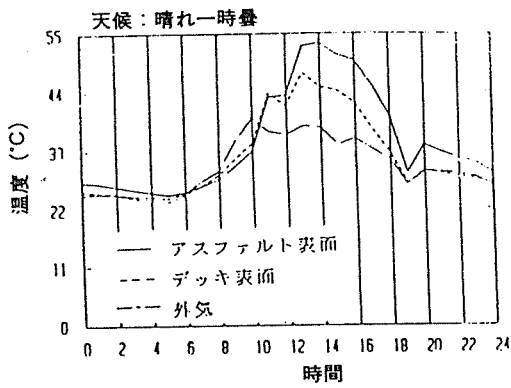
- 1) デッキ、外壁の表面温度は晴天時は外気温よりかなり高く、日没後は外気温と一致する。
- 2) デッキの表面最高温度は70℃近くなることもあり、外壁は50℃ぐらいで、両者の差は平均で15℃ぐらいで、デッキのような水平面の劣化条件が壁のような垂直面に比べかなり厳しい。
- 3) 夏季の晴天時のデッキでは日較差は平均で35℃で、日によっては50℃近くなることもある。外壁では日較差は平均で20℃になる。冬季の方が日較差はいずれも10℃程度大きくなる。すなわち、冬季のような弱い日射によっても表面温度が上昇しやすいこと示している。
- 4) 外気温が同じであっても日射時の表面温度はかなり変動があり、雨水などの停滞や木材含水率、風速などによって水分の蒸散が影響しているとおもわれる。これらは舗装に用いた木レンガとコンクリート、アスファルトの夏に行われた実態調査と類似の傾向である<sup>3)</sup>。
- 5) 合板サイディングの外壁では色による差はさほど大きくなかった。

さて、図2 の表面温度と外気温との関係によると、気温30℃で晴天ならばデッキの表面温度はほぼ60℃であり、15℃で50℃をこえることになる。この結果をもとに東京、札幌、鹿児島でのデッキや外壁の表面温度と日数の頻度分布を大凡予想してみる<sup>4)</sup>。気象庁から発表される各地の最高温度と晴天の組み合わせから、日数を算出すると図3 のようになる。すなわち、1989年の東京ではデッキの表面温度が60℃を超えた可能性のある日数は約30日、50℃を超えたのは約140日になる。外壁では50℃を超えたのは数日であったと推測できる。

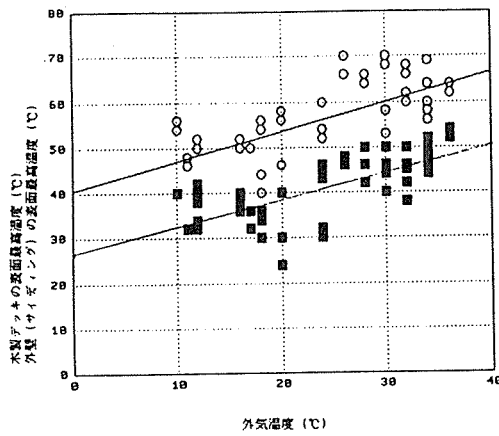
図4 は雨天後晴天になった場合の外気温と日数を同じく算出したものである。とくに、外構材は雨水によって膨張し、乾燥によって収縮するきわめて厳しい条件となる。また、日射によって温度が急上昇するので、乾燥収縮が急激に生じることになる。図4 は乾湿繰り返しなどの促進試験の目安を与えるものである。

## 2. 木部の局部劣化と部材設計

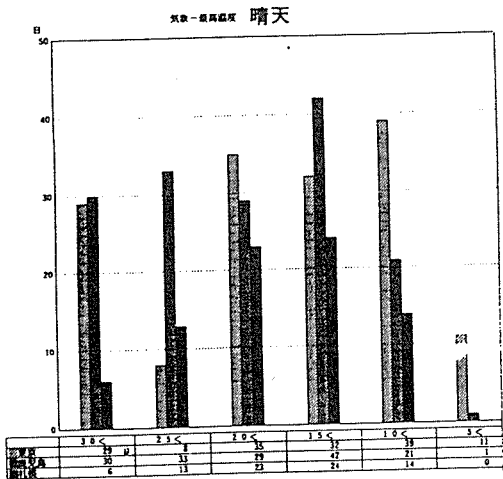
木材、木製品が野外に設置されたとき、その劣化に関連する温度、湿度、水分、日射などの物理的因子の他に腐朽、しろありやかびといった生物的因子がある。むしろ生物的因



第1図 晴天のデッキ、アスファルト表面温度と外気温度

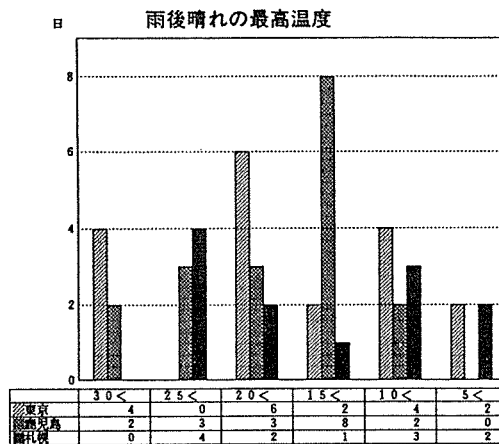


第2図 日射時(晴天)の表面最高温度と外気温度の関係



25<は25°C以上30°C未満を表わす

第3図 晴天の日の最高温度と日数分布



第4図 雨後晴れの日の最高温度と日数分布



子の方が支配しているともいえよう。温湿度、水分はこれらの生物の生育に関係しているともいえる。全体的な押さえとしての評価には、腐朽に関しては CLIMATE INDEX が、しろありについてはその分布などが運用されている。しかしながら、個々の部品として評価するならばと局部的な劣化が大半であり、水分の侵入や停滞が要因となるので、設計や施工に関連するところが多い。たとえば、木材の形状や配置に関連するものは以下のようなものが挙げられる。

#### 1) 木口処理

木口から水分が入らないように金属カバーや塗装をする。あるいは水分の吸収や停滞を少なくするために木口面に勾配をもたせる。これらは水分の浸入し水分の停滞によって腐朽することを防ぐことと、乾湿繰り返しによる木口の亀裂を防ぐ目的でなされている。しかしながら、それによる水分の浸入防止が不完全であると、かえって水分の停滞によって腐朽が早まることが多い。

#### 2) 水平部材

窓枠やドア框などでは下部の水平材が水分が停滞しやすいためもっとも劣化しやすい。水分の停滞しにくい、乾燥し易い形状をとる必要がある。また、木口の接合端部からの吸水、停滞も生じやすいので防水、組手の勝ち負け、形状を工夫する。

#### 3) 垂直部材

下部の接合部あるいは接触部の木口からの吸水に注意し、形状、金物との取合いに注意する。上面木口からの水分の吸収を防ぐ必要があり、木口の処理、形状に留意する。

#### 4) 金属との接触部分

水が停滞しやすく、腐朽しやすいので薬剤処理が必要なことが多い。とくに防腐処理材であっても切削加工後処理を行うことが良い場合が多い。接合部は隙間があるため毛管現象で水分が浸入しやすい。したがって雨水の回らないようなカバーや納まりが必要である。

#### 5) 補修または交換しやすい構造

点検、補修、交換はメンテナンスの基本骨格<sup>5)</sup>をなすものであるから、表 2 のような評価を行い、設計、施工、維持管理での配慮を怠らないようにしておく。

### 3. 維持管理システムとレンタルシステム

維持管理あるいは維持保全は長期に使用される製品の場合なんらかの対応が必要である。メンテナンスフリー（手入れ不要）は技術に携わるものの基本的な志向態度であるが、ある使用条件、期間でしか成り立たないし、使用される場は技術者の領域以外である。したがって多彩な自然と、まして人間との接点がある以上予想を超える状況はきわめて起こり易いので、理論的にメンテナンスフリーが存在したとしても、実際はそのまま機能するとはとても考えられない。前述したように、ここに維持管理のシステムとしての重要さがあり、とくに資源の保全、ごみなどの環境問題を考えたときもっとも主要な課題となることは容易に理解できよう。維持管理というとはしばしば商品としての保証をイメージしがちである

第1表 劣化環境条件の区分

劣化因子の分類	作用条件の区分	
湿度 (水分)	H I	水分(液状)満たされ、吸水状態になる(相対湿度90%以上)
	H II	吸水状態と乾燥(80%以上)が繰り返される
	H III	相対湿度: 80~90%
	H IV	相対湿度: 80%以下(通常の大気の状態)
	H V	乾燥状態(40%以下)が繰り返される
温度	T I	65℃以上(乾燥状態)
	T II	40~65℃
	T III	-10~40℃
応力 (荷重)	S I	短期間の荷重が作用する
	S II	一定の荷重が存続して作用する
	S III	一定の荷重が存続して作用し、さらに新たな荷重が加わってある期間存続して作用する
	S IV	繰り返し荷重が作用する

\*: 荷重の大きさは、対象となる材料等の使用条件で異なる

第2表 耐久性判定と維持管理

維持管理	耐久性判定		維持管理 主体者の判定
	設計・施工	材料	
点検	A, B, C	A, B, C	A, B, C
↓	Cがあるとき建設時の管理をとくに重視し、時期を見計らって補修、交換を行う必要があるので、補修、交換はA, Bであることが必要		
補修	A, B, C	A, B, C	A, B, C
↓	Cがあるとき定期点検をとくに重視し、劣化の程度を判定して交換を行う必要がある。交換はA, Bであることが必要		
交換	A, B, C	A, B, C	A, B, C
↓	Cがあるとき設計時において想定した使用環境での耐久年数と照らし、劣化の程度を判定して廃棄を行う必要がある。廃棄はA, Bであることが必要		
廃棄	A, B, C	A, B, C	A, B, C
	A, Bであるとき劣化の程度を判定して再利用、廃棄を行う。 Cであるときは廃棄物による環境汚染を生じないように回収あるいは再資源としての利用を考え、材料、製品の維持管理をクローズドな状態におく必要がある。		

A: 配慮されている(容易), B: 一応配慮されている(可能), C: 配慮されていない(困難)

が、補修、交換、廃棄などの仕組みを有していることであり、次元が異なることを理解しておく必要がある。CHS（センチュリーハウスジングシステム）的な考えをより具体化することが外構材には要求されよう。また、BL製品には木質材料以外を対象にした手摺、太陽熱温水器、屋外収納などの外構部材的なものがあるので比較検討することも有効であろう。

廃棄物の環境汚染問題あるいは再資源としての利用を考えた場合、材料、製品の維持管理をクローズドな状態におくことは対処しやすいことも多い。また、薬剤などの処理を行わずに自然の中での腐朽、劣化によって環境調和を計るという視点もあるが、その場合においても同様である。その場合、レンタルシステムはきわめてクローズな体制をとりやすいし、利用者との相互理解も計り易い。組立て、取りはずしの容易な構造方式になっているならば、回収された部材の補修、交換、再生は現場で行うより安全で、組織化しやすいであろう。

従来より、製造あるいは施工する立場としては製品はなるべく手離れが良いことが好まれた。しかしながら、それは結果的に資源、エネルギーの浪費、廃棄物の処理問題を産み、CO<sub>2</sub>増加による温暖化など地球環境問題やごみ処理問題につながっていることは明らかである。耐久性、耐用年数、メンテナンスをそのような観点から捕えることがきわめて重要であろう。木製品の製造に要するエネルギーはきわめて小さく、それに伴うCO<sub>2</sub>放出が小さいことは明らかになっている<sup>6) 7) 8)</sup>。にもかかわらず耐久性や維持管理で劣っているとすれば地球環境におけるプラスの評価は帳消しになってしまうであろう。そのときメンテナンスのシステムが鍵になるであることは容易に理解できるであろう。

## 参考文献

- 1) 信田聡, 北沢真奈美, 有馬孝礼, 木材の外構材としての利用 (I), 第38回日本木材学会大会研究発表要旨集, p 88, 1988
- 2) 有馬孝礼, 信田聡, 雨宮睦男, 木材の外構材としての利用 (II), 第40回日本木材学会大会研究発表要旨集, p 37, 1990
- 3) 有馬孝礼, 木レンガ歩道の実態調査および性能に関する調査研究, 1983
- 4) 有馬孝礼, エクステリアウッドのメンテナンス, 木材工業, 46,P582~586,1991
- 5) 建設省建築研究所, 昭和58年度総合技術開発プロジェクト 建築物の耐久性向上技術の開発—新設建築物の耐久性向上技術の開発, 1984
- 6) Buchanan A., Timber engineering and the green effect, 1990 ITEC Proceedings, 1990
- 7) 有馬孝礼, 木質構造のライフサイクルエネルギーと環境保全, 日本学術会議木材学研究連絡委員会パネル討論会資料, 1991
- 8) 有馬孝礼, 木造住宅のライフサイクルと環境保全, 木材工業, 46,P635~640,1991

### 3. 外構用フェンス、門扉、門柱

#### 3.1 外構用フェンス、門扉、門柱の性能標準化(案)

1. 定義 外構用フェンス、門扉、門柱とは住宅や公共施設において遮蔽や仕切、境界明示等に使用し、主要部材又は一部が木製のものとする。住宅地においては、公共と個を隔てる境界であると同時に結びつける接点でもあるため、フェンスや門は街並の景観をつくる大きな要素となる。現在多く使われている無機的で冷淡な鋳、鋼鉄製品を木製のものに変えることによって、街並に潤いと温かみを与え、組積造のフェンスのもつ転倒時の事故などの危険も少なくすることが出来る。

2. 区分 用途： 遮蔽用、仕切用  
地域： 都市部、海浜部  
材料： 門柱、フェンス支柱 木材、アルミ又はステンレス製の柱を木材で化粧したもの。  
門扉、フェンス 木材  
接合具 金物、木材仕口加工  
仕上、処理： 木材保護塗料（市販品 ステンブルーフ等）  
油性、水性ペイント  
表面焼上処理  
無処理

\* 海浜部等特別な場合を除き廃材処理に特別な措置を必要とするものは使用しない。

構成： フェンス 支柱の間に、単体部材を取り付けるタイプ  
〃 パネル化したものを 〃  
門扉 門柱に取り付ける  
門柱 一對の柱状タイプ  
鳥居タイプ

#### 3. 必要な性能

- ① 門柱とフェンス支柱の水平力に対する安全性  
→ 風、地震、人の衝撃などの外力に対して転倒又は崩壊しないこと
- ② フェンス（手摺、下弦材、手摺子）の水平荷重に対する安全性  
→ 風、人の衝撃などの外力に対して崩壊や歪の小さいこと
- ③ フェンス（手摺、下弦材）の鉛直荷重に対する安全性  
→ 子供が乗ったとき程度の荷重に耐えられること

- ④ 金物の耐久性
  - 錆び、変色（色だれ）、変形、崩壊
- ⑤ 部材の耐久性
  - 腐朽、防虫防蟻、対候性（変色）、水捌の良さ（形状及表面処理）
- ⑥ 人体や環境に対する安全性
  - 刺、ささくれ、防腐剤

#### 4. 各性能に対する試験方法

- ① 門柱とフェンス支柱の水平力に対する安全性
  - 門柱、支柱の頂部に水平荷重を加える。
- ② フェンス（手摺、下弦材、手摺子）の水平荷重に対する安全性
  - フェンスの各部に水平荷重を加える。
- ③ フェンス（手摺、下弦材）の鉛直荷重に対する安全性
  - フェンスの各部に鉛直荷重を加える。
- ④ 金物の耐久性
  - 変形、崩壊については上記の荷重試験をもって金物の耐久性の試験に代える。錆び、変色（色だれ）については暴露試験等を行なう。
- ⑤ 部材の耐久性
  - 暴露試験等を行なう。
- ⑥ 人体や環境に対する安全性
  - 暴露試験等を行なう。

#### 5. 施工方法

- ① パネル等のユニット化による工場組立
- ② 単体部材による現場組立

※上記のいずれの方法もいちばん腐食の激しい柱脚部分の埋設は現場でとなるので埋設前に複数回の防腐剤の塗布や、水捌が良くなるよう盛土や根巻コンクリートの立ち上げ等の注意が必要である。

#### 6. 保守管理

- ① 部材交換の容易性
- ② 各塗料別の再塗装の時期

## 7. 使用上の注意

### ① 木材の性質（自然の素材である）の説明

→反り、干割れ、収縮、等が発生することがある。

### ② 日常の手入れ方法の説明

→地面に近い部分や水捌の悪い接合部分は特に痛みが激しいので念入りな手入れが必要である。（防腐剤をひんばんに塗る等）

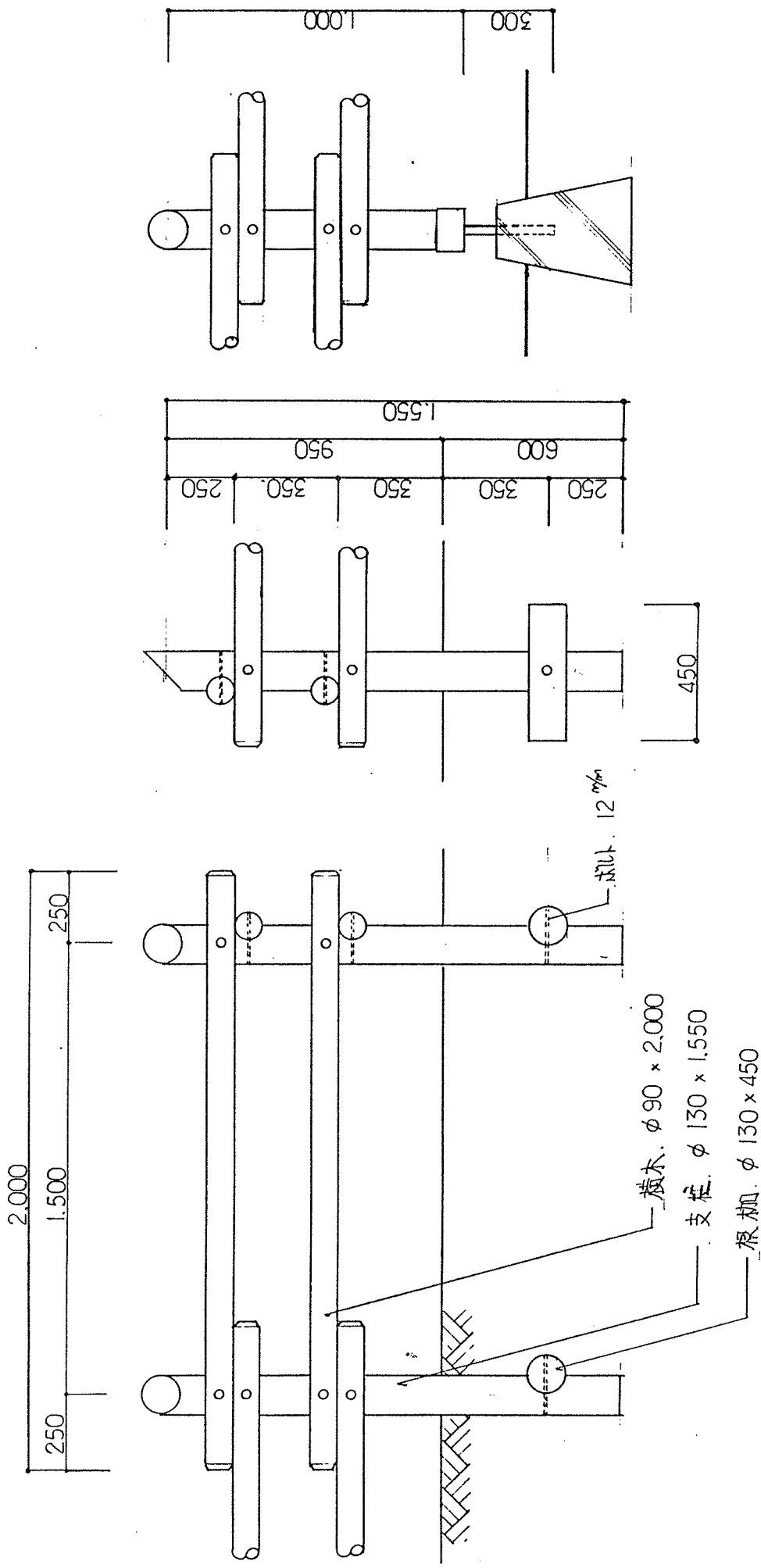
## 8. 提言

定義でも述べたとうり、木製品の長所は見る人に安らぎを与えるあたたかさにあります。また各種建材を製造するとき放出する炭素量が人工乾燥木材1立方メートル当り28kg/m<sup>3</sup>に対しアルミは22,000kg/m<sup>3</sup>といわれているように、地球の温暖化等環境問題が世界共通のテーマである現在、木材は地球にやさしい素材であります。又、各都道府県においても、公共施設は地場の木材での動きもあり地域波及係数においても見逃せません。

しかし、欠点として屋外に放置したときの腐朽の激しさは、他の工業製品と比べて否定のしようがありませんが、日常の手入れや施行方法により十分長持させることも可能であります。

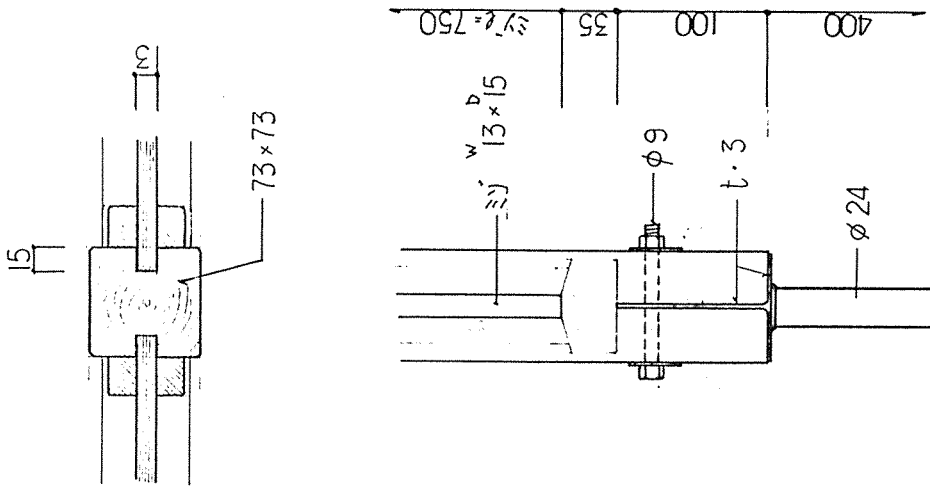
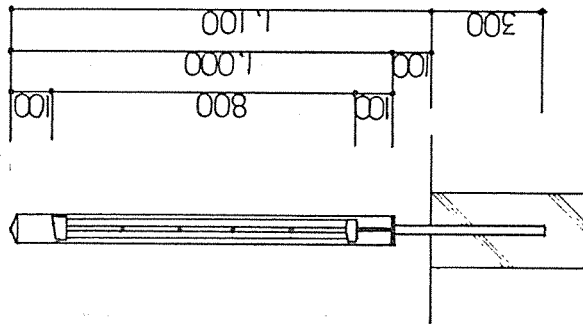
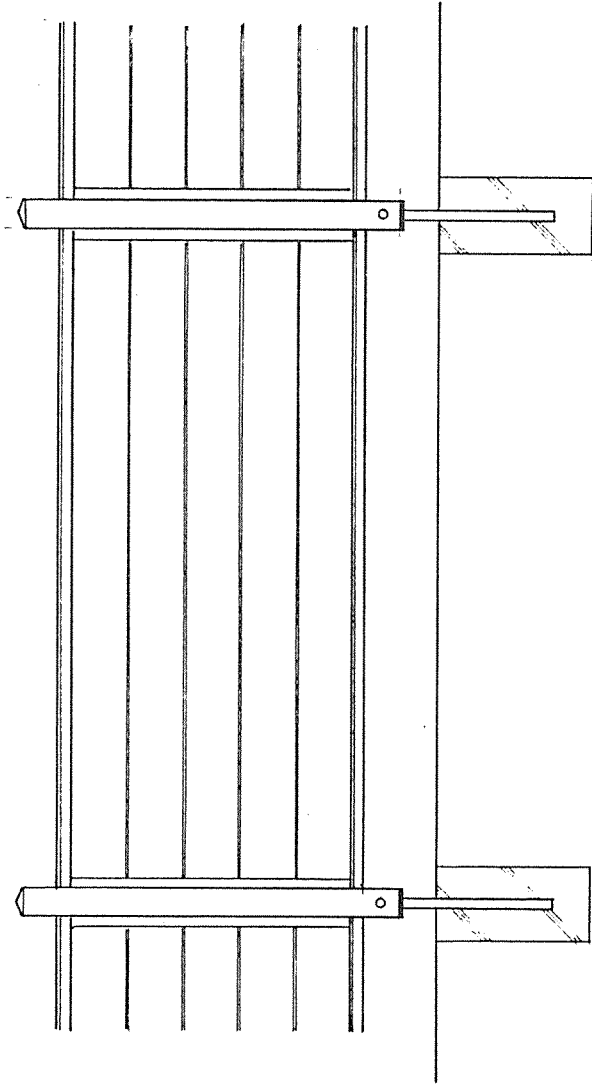
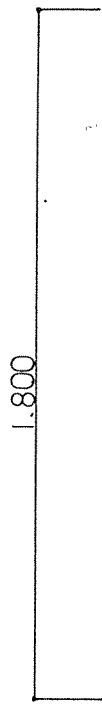
住む人が外部との接点であり、街の景観の一部であるフェンスや門扉を木製にし、日常の手入れを行なうことは、地域周辺とのつながりを意味し、意識を向上させることでもあるので、これからの街造り欠かせぬものとなってくるでしょう。

支柱の間に、単体部材を取り付けたい

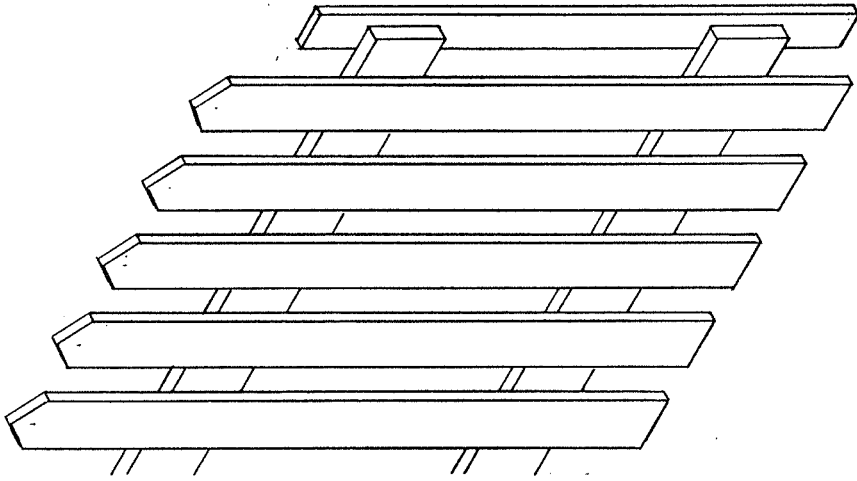




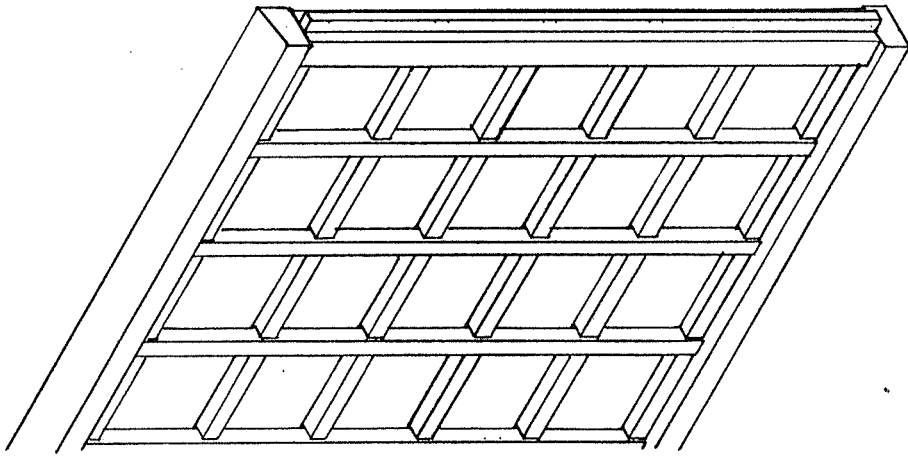
支柱の固にパネル化したものを取り付けたタイプ



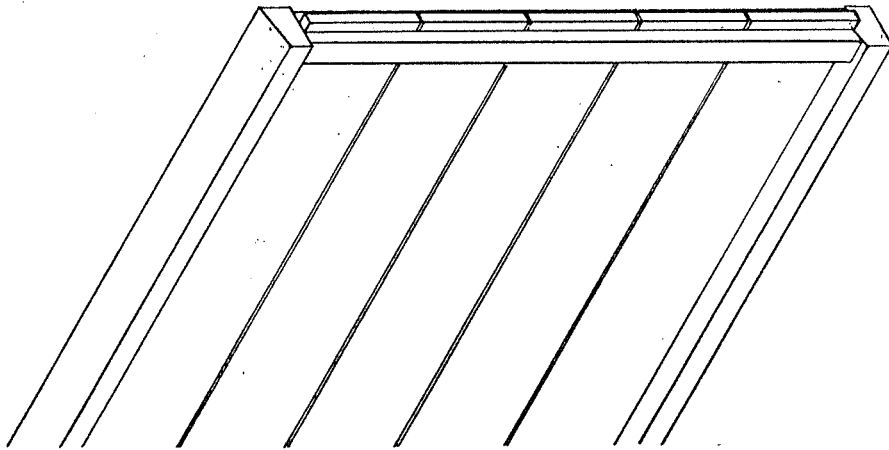
＜アメリカンタイプ＞



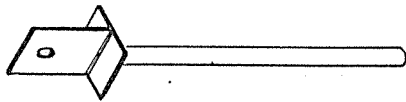
＜格子タイプ＞



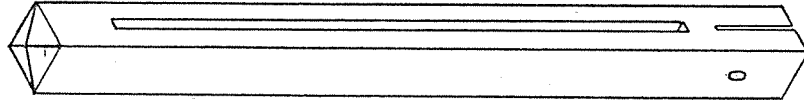
＜標準型パネル＞



< 支柱金物 >



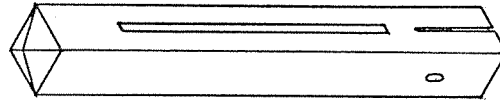
< 椽形型柱 >



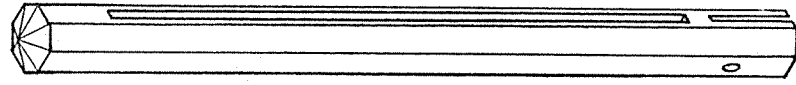
< コーナー用 >



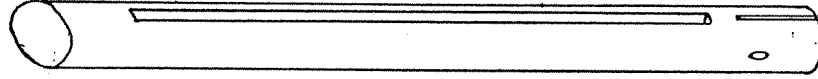
< エボトタイプ >



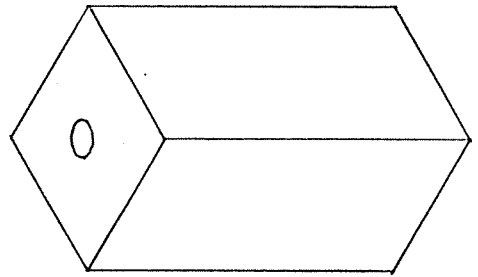
< ハ角型タイプ >

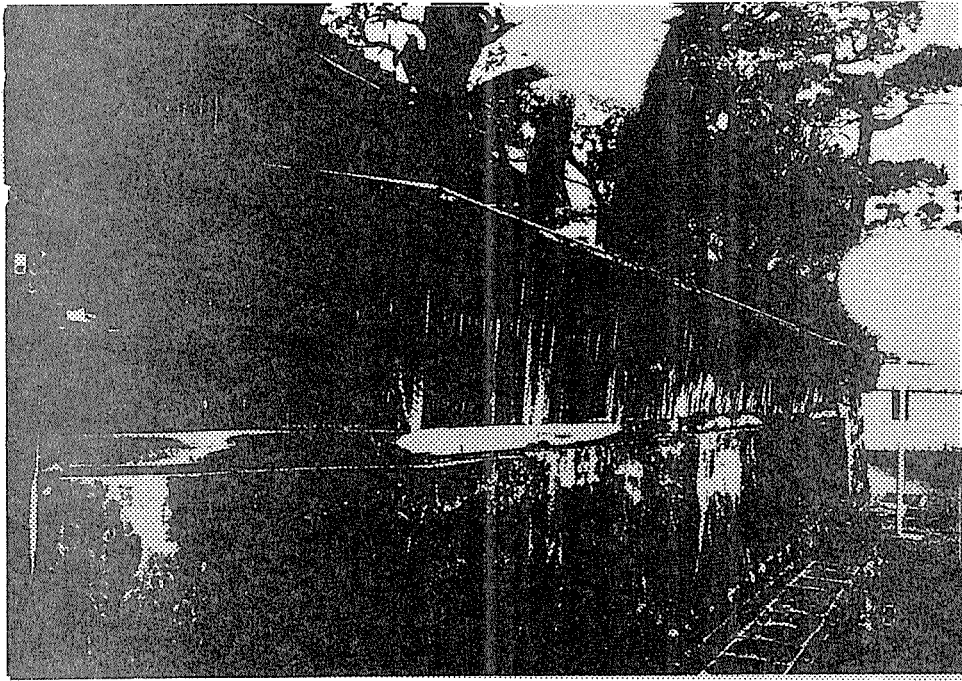


< 円柱タイプ >

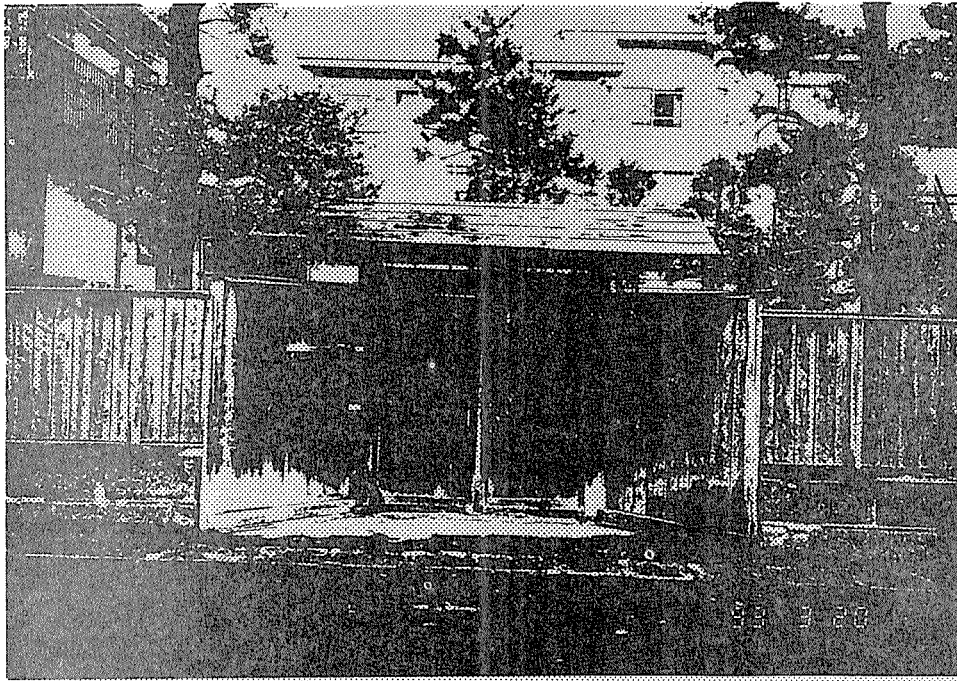


< 基礎ブロック >

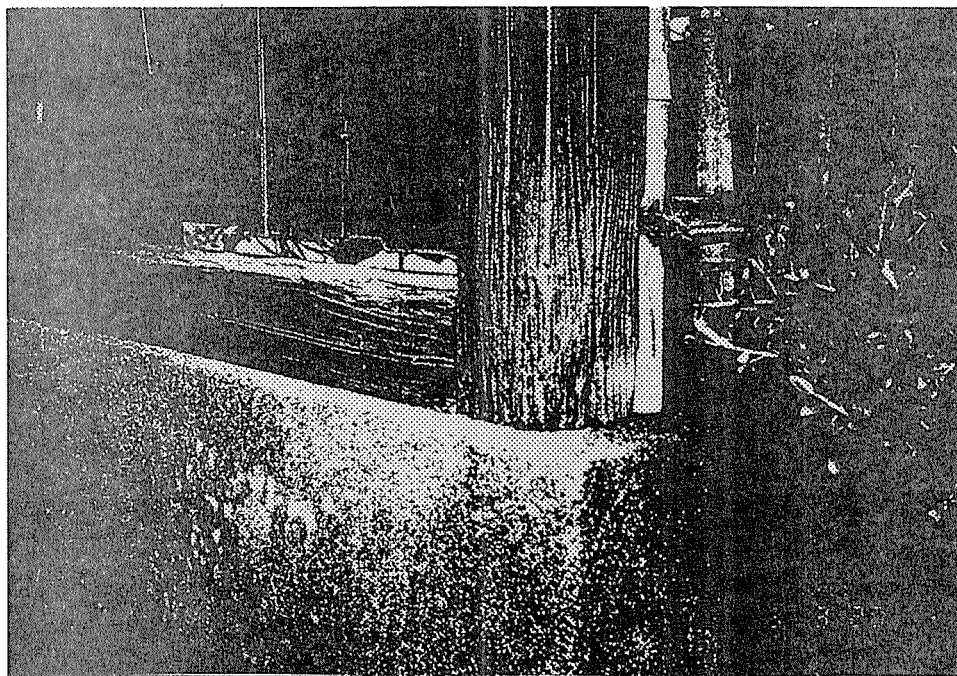




傾子



爰色



腐食

## 3-2 丸太フェンスの耐久性調査

江東区の試験研究所（東京都江東区新砂3-3-1）の入り口に設置されている丸太のフェンスは、昭和57年度の間伐材需要開発事業で設置したもので、平成5年3月で設置後10年目を迎える。設置後、特にメンテナンスや補修を行ったことはなく、設置時のまま10年が経過している。そこで、この丸太フェンスの丸太部材や金物等の経年変化による傷み具合について調査を行った。

### 1) 丸太フェンスの設置時の状況

丸太フェンスは、試験研究所の入り口の両側に設置されているが、もともとここには鋼製角パイプのフェンスが設置されており、それを取り除いて丸太フェンスを据え付けた。以下に設置時の丸太フェンスの状況を示す。

#### ①丸太の樹種

ヒノキの皮剥き丸太（末口径7cm、元口径9～10cm、長さ2.2m）

#### ②防腐処理

丸太の加工後に加圧注入によるCCA処理を行う。

#### ③丸太の積み方

横積みでの16段で末口と元口を交互に積む。丸太と直交して丸太の間に6cm角のジョイント材を入れ、空間をとる。

#### ④丸太の接合

16段の丸太は間隔180cmで、基礎から立ち上がった直径9mmの全ネジボルトで貫通し、固定している。最下段の丸太は、基礎に設置された直交するジョイント材の上に乗っているため直接基礎と接触していない。最上段の丸太は丸座金でナット締めしている。ジョイント材も、もちろん全ネジボルトで留め付けられており、ジョイント材が直交する部分で丸太は加工されている。

#### ⑤フェンスの構成方法

長さ2.2m、16段積みのフェンスを1組とし、正面入り口を境にして、左側（北側）に6.5組、右側（南側）に11.5組のフェンスが設置されている。

フェンスの組み方は、既設の鋼製フェンスの角パイプ支柱をそのまま支柱として利用している。支柱間隔が180cmで、支柱の両側に全ネジボルトを基礎から立ち上げ、その通しボルトで丸太を固定している。丸太フェンスは支柱の両側に配置され、支柱を境に10.5cm前後し、丸太フェンスが重なっているのは、約40cmである。詳細は図を参照されたい。

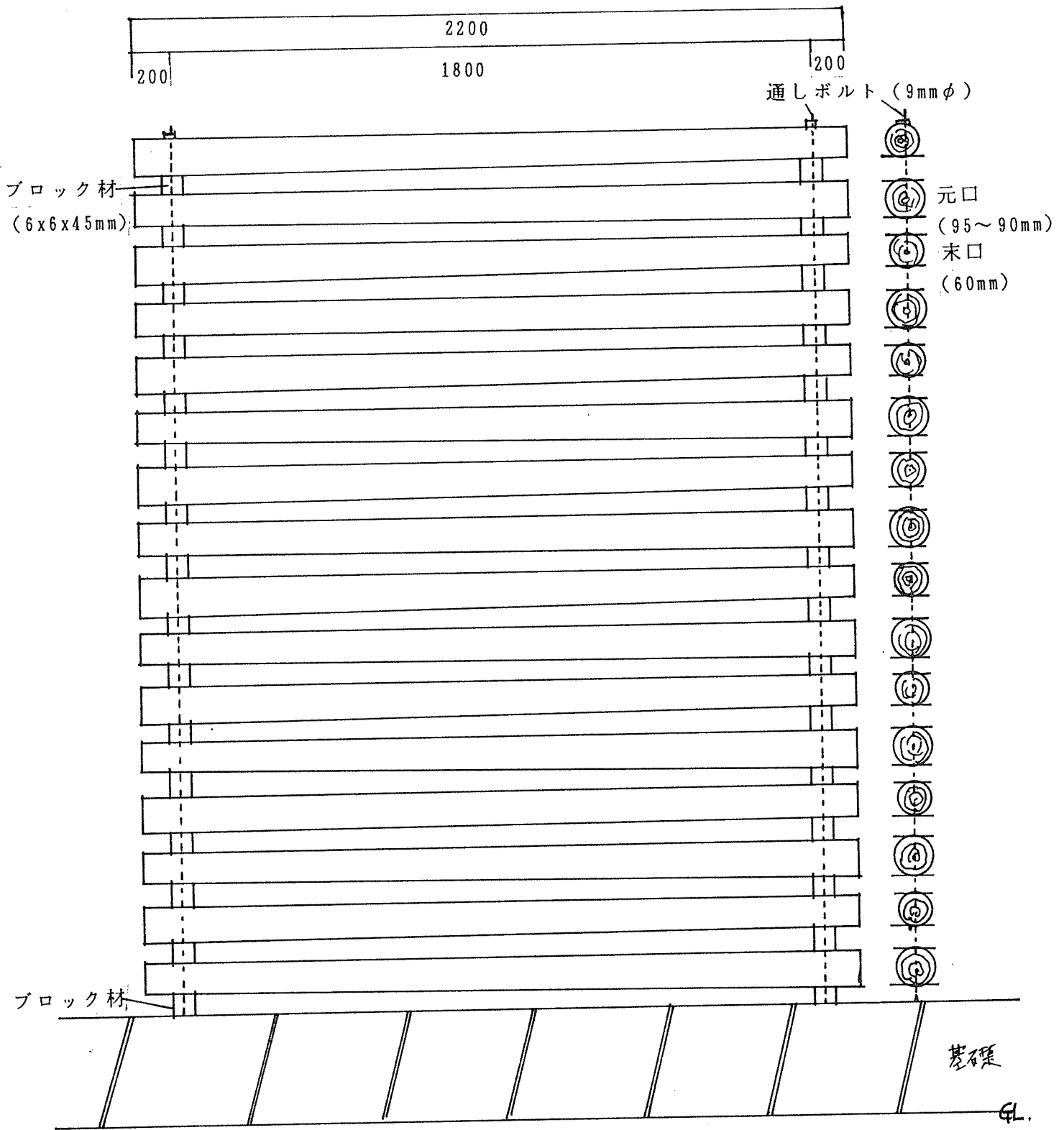


図-1 丸太フェンスの詳細図

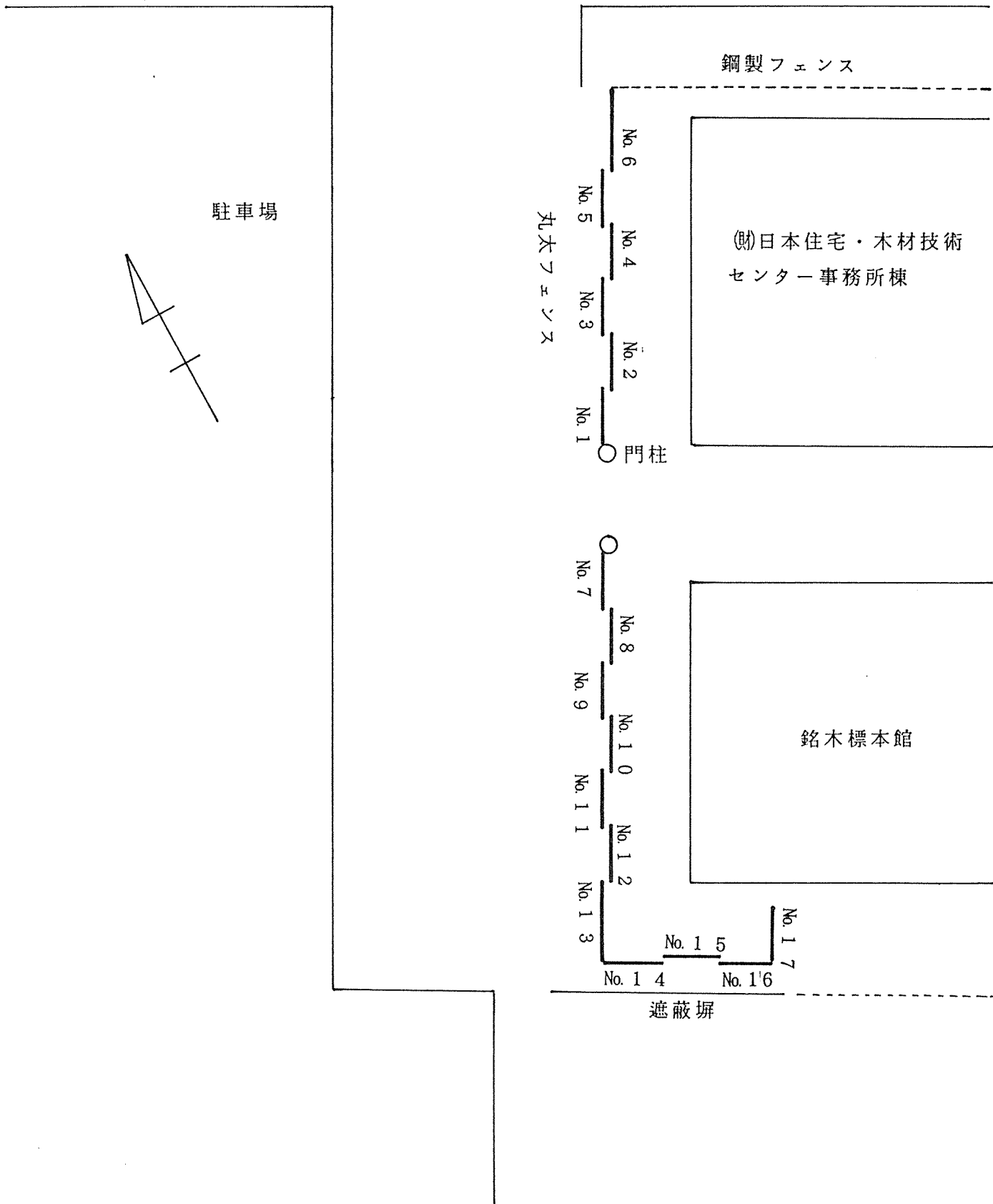


図-2 フェンス設置状況

また、留め付けの通しボルトやナットは上部に飛び出しているが特に覆いなどの処理はしていない。

#### ⑥フェンスの方角

フェンスは概ね南北に長い方向で設置されており、丸太のフェンス面は東西方向を向いており、東側は建物で塞がれているが、西側は駐車場で遮蔽物がなく西日がよくあたる。

#### ⑦フェンスの高さ

フェンスの高さは、最下段のジョイント材から計って175cmである。

### 2) 設置後10年を経過した丸太フェンスの現状

#### 2-1) 目視観察

目視観察で確認できた事項を以下に示す。

##### ①丸太の色

多くの丸太は表面が緑色に見え、一見CCAのようであるが苔の地衣類繁茂して緑色になっている。ただし、木口にはCCAの青緑色が確認できる。

##### ②丸太の割れ

丸太の乾燥に伴う割れが非常に目につく。丸太は背割りを入れていない。丸太に生じている乾燥割れは、深さが深いものはほとんど中心近くまで割れ、長さ方向ではつながって全長に割れ、個数も木口で確認すると多いのは5本程度確認できる。割れの方向も上下左右様々である。

##### ③最上段の丸太

最上段の丸太の最上部では、腐朽や表面は残っているが下が腐朽しているための落ち込みが目視で確認できた。目視で腐朽していると確認できた丸太は4/17本（長さ1/2は含まない。）である。また、打音により健全性を確認した結果、腐朽丸太は8/17本で半数以上に達していた。

##### ④支柱、ボルト

支柱の頭やボルトの頭、ナットは非常に錆が激しい。ボルト頭が30mm程度飛び出しているが、すべてのボルト頭、ナットが赤く錆びている。支柱は角パイプであるため腐朽しはじめている部分も確認できる。

##### ⑤丸太とジョイント材の隙間

丸太とジョイント材は通しボルトにより接合されていたが、その接合部に隙間が観察された。大きいのは10mmを超え、20mmに達するものもある。しかし、その箇所はそんなに多くない。この隙間は、丸太とジョイント材の乾燥によるものと思われる。



## ⑥ C C A 処理

丸太表面では C C A の青緑色を確認するのは難しいが、木口では十分確認できる。すなわち、木口では C C A の浸透度が深いと思われる。

### 2 - 2 ) 物理的観察

#### A. 最上段丸太の調査

最上段の丸太のうち、入り口正面の左側の丸太 6 本 (No. 1 ~ 6) と右側の中で打音により腐朽が生じていると推測される No. 8、11、14、15 の 4 本の合計 10 本をフェンスから取り外し、観察するとともに、丸太のほぼ中央で切断し、断面の腐朽状況を調べた。

#### B. 調査結果

目視や打音の結果も含めて調査結果の一覧を表-1 に示す。調査より明らかになったことはつぎのとおりである。

- ① 10 本の丸太のうち、ボルトのナットが回らないの 1 箇所だけで、19 / 20 はナットをはずすことが出来た。しかし、丸太の中に入っているネジ部はザビ、腐朽が激しいものもあり、ネジ部がボロボロになっていた。
- ② 丸太の裏側 (下側) は、緑色で地衣類が繁茂している。
- ③ 中央で切断した丸太で全く健全であったのは、No. 4 の 1 本だけである。他の 9 本はかなりの腐朽が確認できた。
- ④ 断面の腐朽割合は、全断面腐朽を " 1.0 " とすると 0.42 ~ 0.89 で、No. 8 では中央部に心材部が 30 mm φ で残っているだけである。
- ⑤ 大きく腐朽している 8 本のうち、7 本に辺材の残存が確認できたが、そのうち 5 本は丸太の下側が残存していた。
- ⑥ 切断部での健全部を観察すると辺材部に C C A の青緑色を確認でき、辺材部にはかなり C C A が浸透している。しかし、腐朽している部分を観察すると C C A が浸透している部分も腐朽が進行していることが確認できる。丸太の心材割合は小さい。大きいのは No. 3 で赤身部分は残存している。
- ⑦ 腐朽が激しくても丸太の最外層が数 mm 残存しているが、これは C C A 処理の影響と思われる。

表-1 フェンス最上段丸太の腐朽度調査結果

No.		目視	打音	切断	丸太径(mm)	心材残存径(mm)	辺材部の残存割合	断面腐朽割合(断面積比)
1	入り口正面左側	×	×	×	95	50	1/4 下側	0.54
2		×	×	×	90	40	1/4 下側	0.60
3		×	×	×	90	55	1/4 下側	0.47
4			○	○				
5			○	×				小さい腐朽有
6		×	×	×	95	55	3/8 下側	0.42
7	入り口正面右側		○					
8			×	×	90	30	なし	0.89
9			○					
10			○					
11			×	×	90	50	1/4 下側	0.52
12			○					
13			○					
14	右の奥側		×	×	95	40	1/8 横側	0.72
15		×	×	×	95	45	3/8 横側	0.48
16			○					
17			○					

## C. 考察と問題点

調査よりフェンスの丸太の腐朽が確認できたが、腐朽の原因とそれを防ぐ対策について考察した。

### ①丸太の腐朽

10年経過した木製フェンスの腐朽は、最上段の丸太だけで、フェンス全体として比較的軽症といえる。最上段の丸太が腐朽する原因とし、紫外線や雨水が一番当たるため、最上段の丸太に割れが生じ、それに雨水が進入すると丸太の上側では水が抜けるところがないため、その累積効果で腐朽が発生したと推測される。

そのため、打音による調査では2段目以降で腐朽は確認していない。2段目以降では丸太の上下の間隔が4cm程度であり、丸太の上部に雨水が当たる確立は小さく、たとえ割れが生じていても腐朽にまで進行しにくい。

### ②CCAの効果

健全部分の観察から辺材部にはかなりCCAが浸透していることが確認でき、その効果は大きい。とくに丸太の端部には腐朽が確認できず、これは丸太木口よりのCCAの浸透性が良いためと推測される。しかし、中央部の腐朽の激しいものでは処理された部分も腐朽していた。

### ③部材の交換

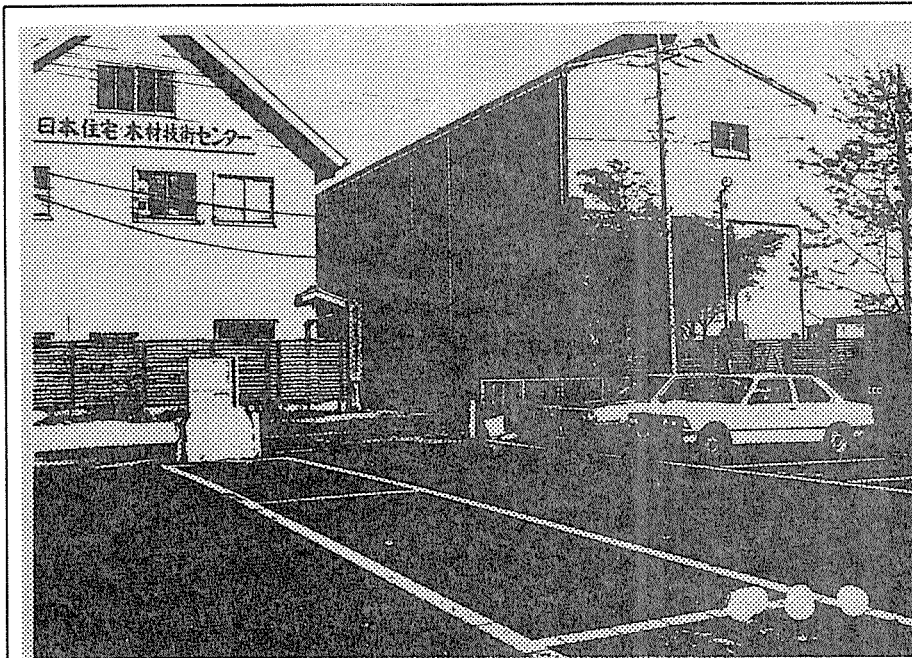
腐朽した部材は交換することにより、更に木製フェンスの寿命をのばすことができるが、今回の場合は通しボルトが錆びていたがナットをはずすことができるものと、ナットが錆びて交換不可能のものがあつた。また、材中に隠れているボルトはかなり錆や腐朽が激しい。以上のようなことから、このような通しボルトを用いる工法では、ボルトは錆や腐朽を考慮して比較的太いものとし、出来れば錆ないステンレスのような非鉄金属がよい。また、全ネジにするより留める部分だけをネジにしたほうがよい。また、ネジのナットの締め付け部は何か覆いをして雨水に直接あたらないような配慮が必要である。

### ④部材の割れ

心持ち部材ではどのような乾燥をしようと雨水の直接かかる外部で使用するのであれば、割れの防止はかなり困難である。そのため、柱等に入れる背割りを最初から入れておき、できるだけ二次的な割れを防止したほうがよい。しかし、その場合背割り部分に水分がたまらないような使い方をしないと、逆に背割り部分よりの腐朽の進入を許すことになるの十分な配慮が必要である。

### ⑤最上段部材

最上段部材の腐朽を防ぐ方法として、部材に雨水や紫外線があたらないよう覆いをすることがよい。例えば簡単な屋根をかけるなどが考えられるが、その場合に風通しに十分配慮しないと湿気をこもらせると逆に腐朽の促進を促す結果となる。



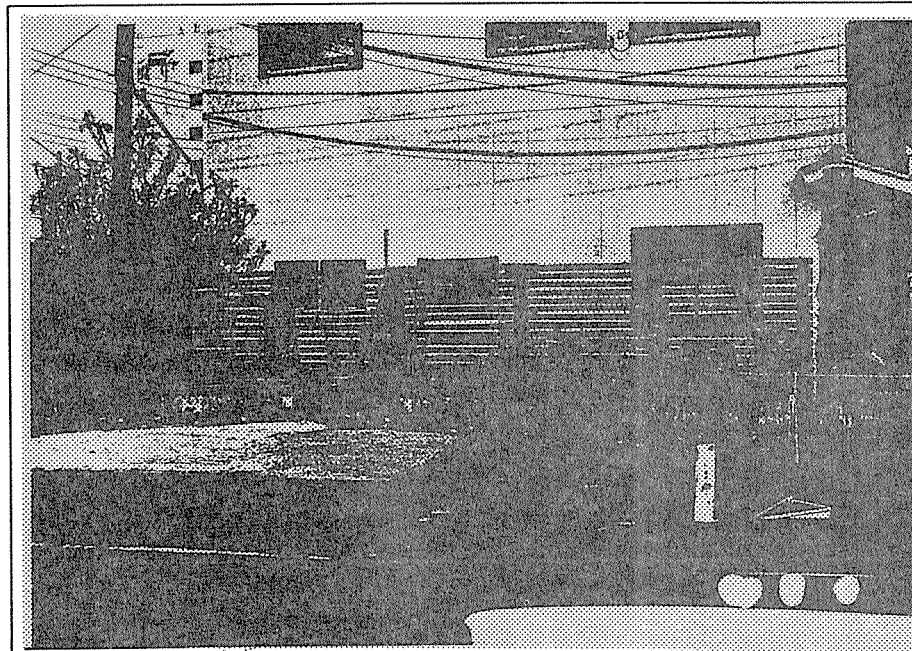
写 真 No. 2 - 1

供試体記号

撮影年月日 '93/3

概 要 説 明

丸太フェンスの設置状況全景  
正面入り口、フェンスの後には  
建物がある。



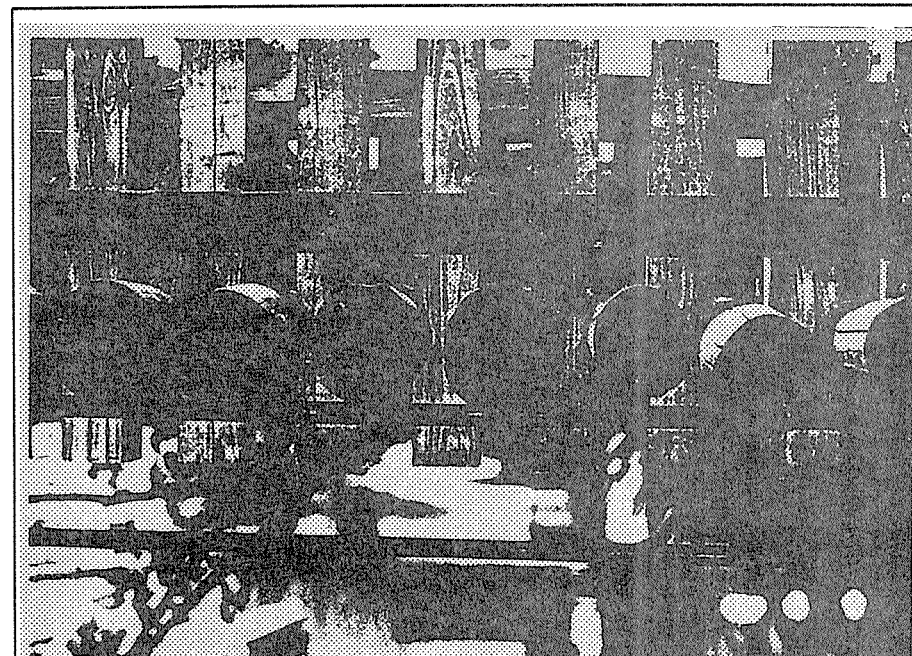
写 真 No. 2 - 2

供試体記号

撮影年月日 '93/3

概 要 説 明

正面左側の丸太フェンス



写 真 No. 2 - 3

供試体記号

撮影年月日 '93/3

概 要 説 明

北側より丸太の木口  
乾燥にともなう割れが多く見  
られる。割れの深さは芯近く  
まで入っている。

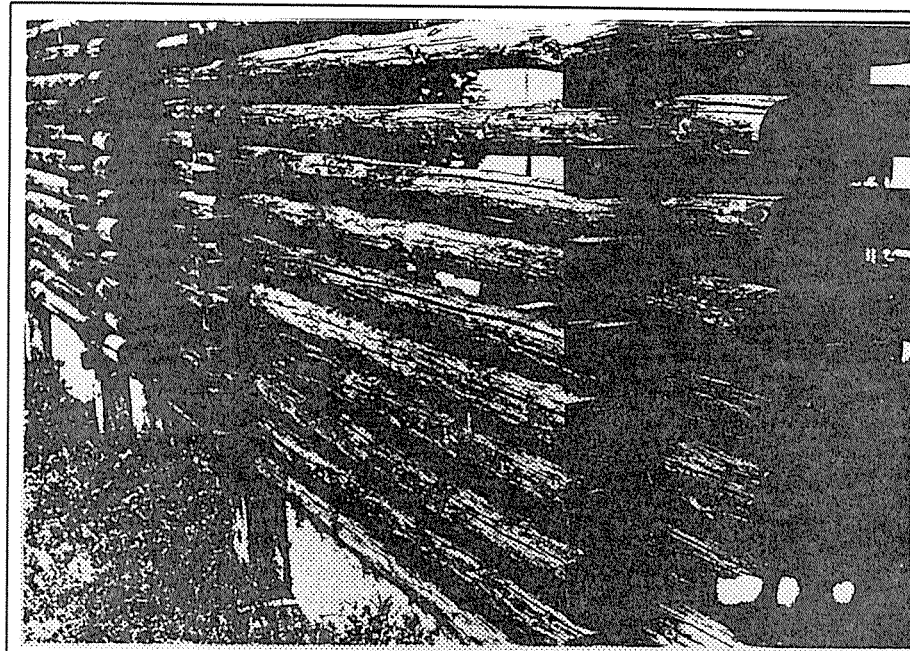


写真 No.	2 - 4
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
丸太の割れ 長さ方向につながっている。	

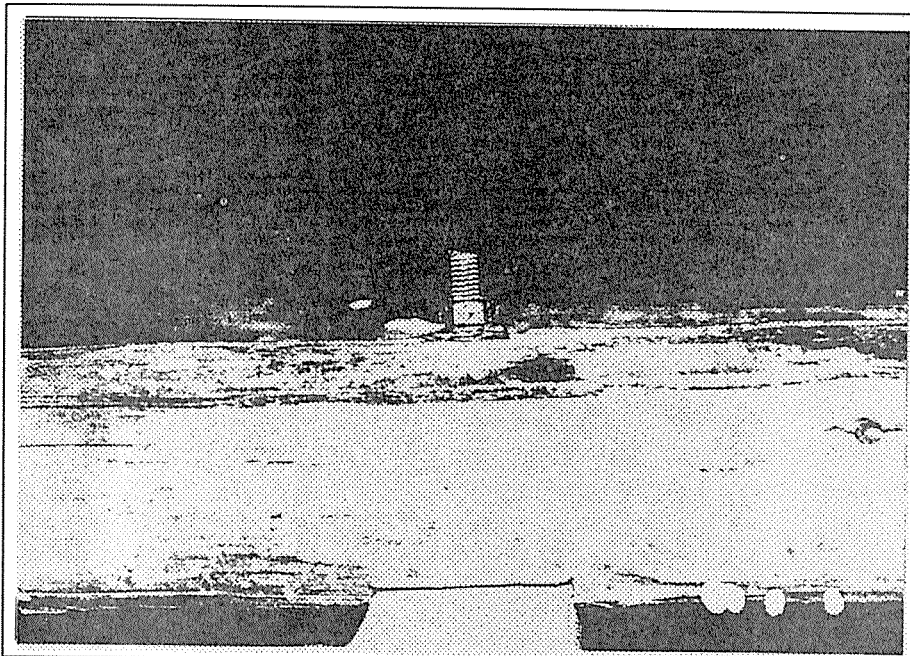


写真 No.	2 - 5
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
通しボルトの上部とナット 錆が激しい。	

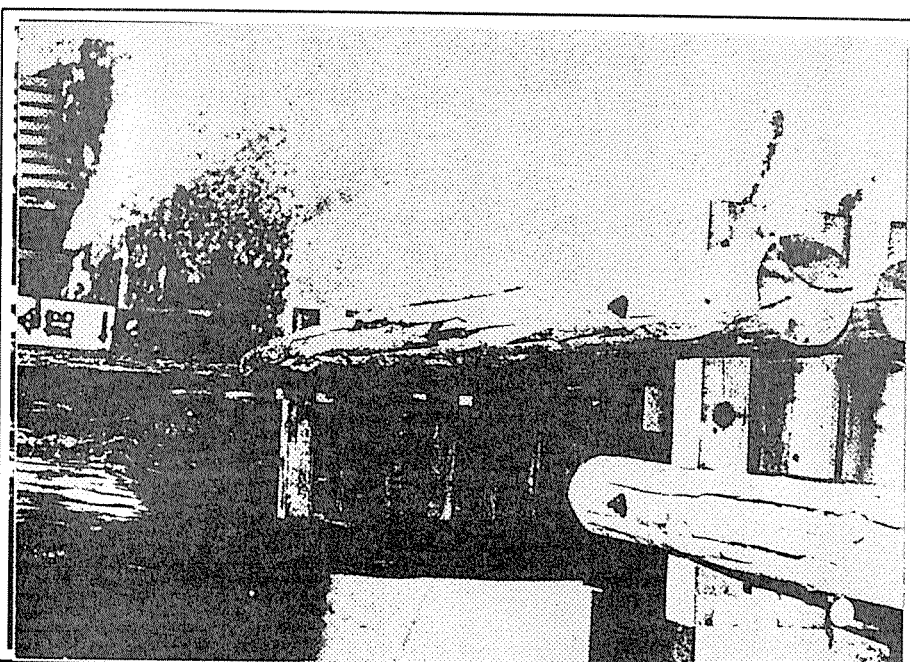
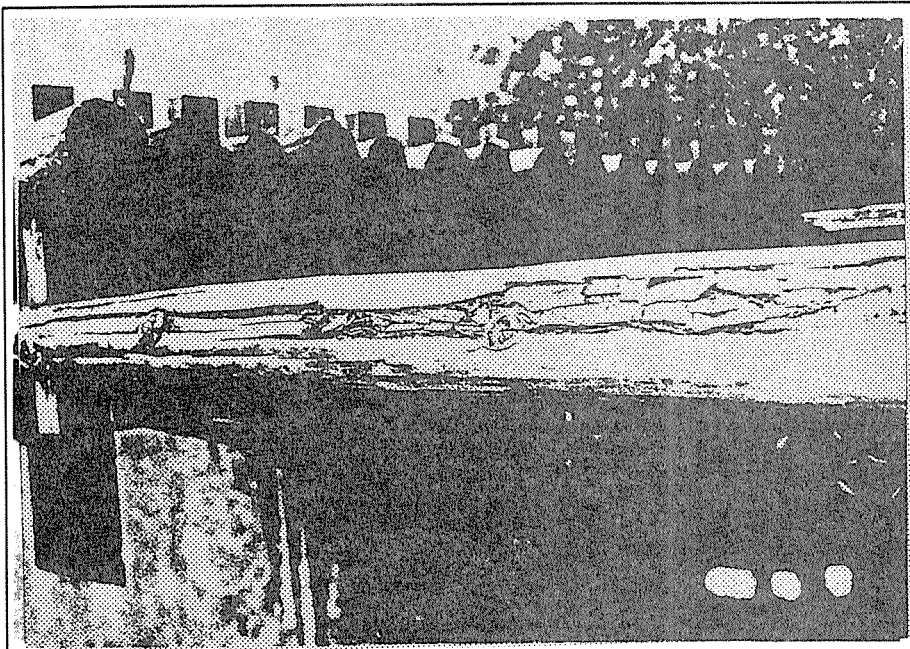
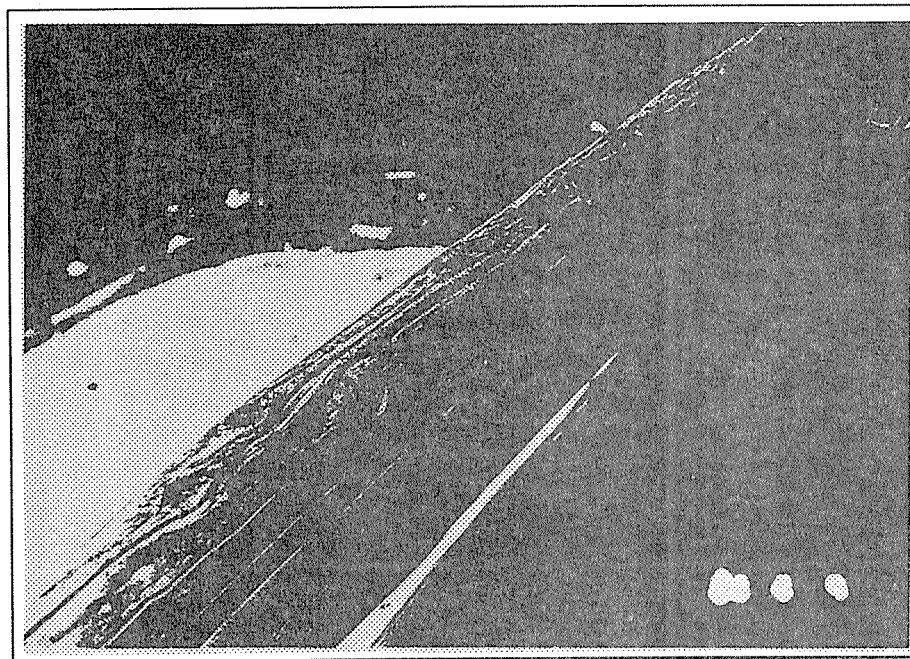


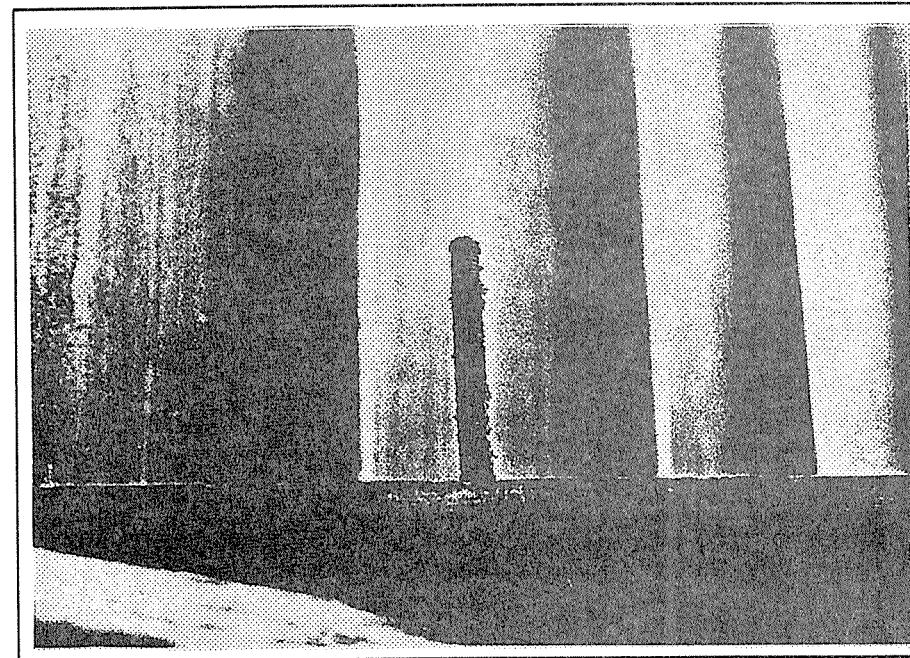
写真 No.	2 - 6
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
No.1 の最上段丸太 割れたところから腐朽が確認 できる。	



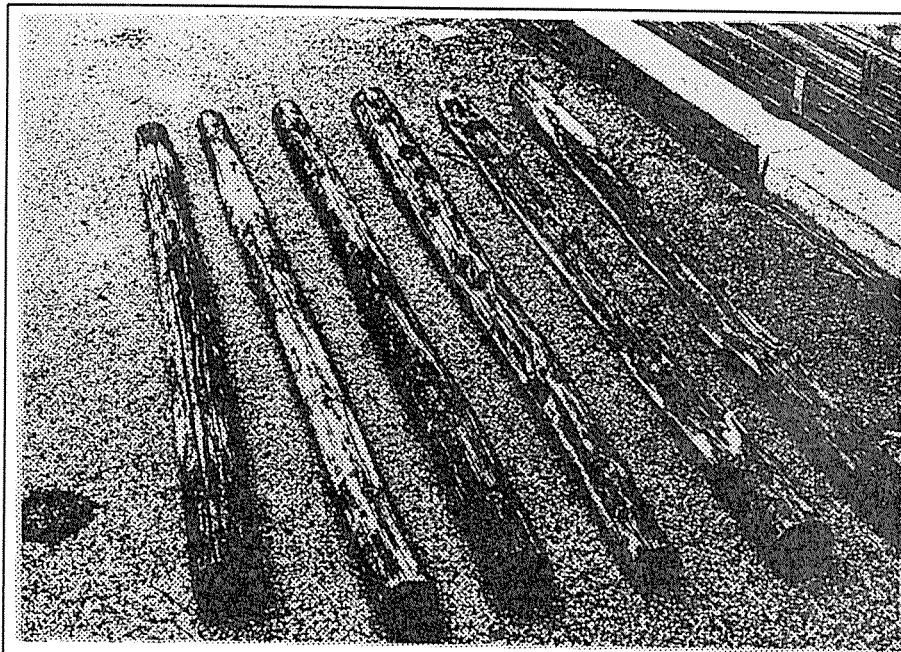
写 真 No.	2 - 7
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 2 最上段丸太 表面が剥がれ、腐朽部が露出している	



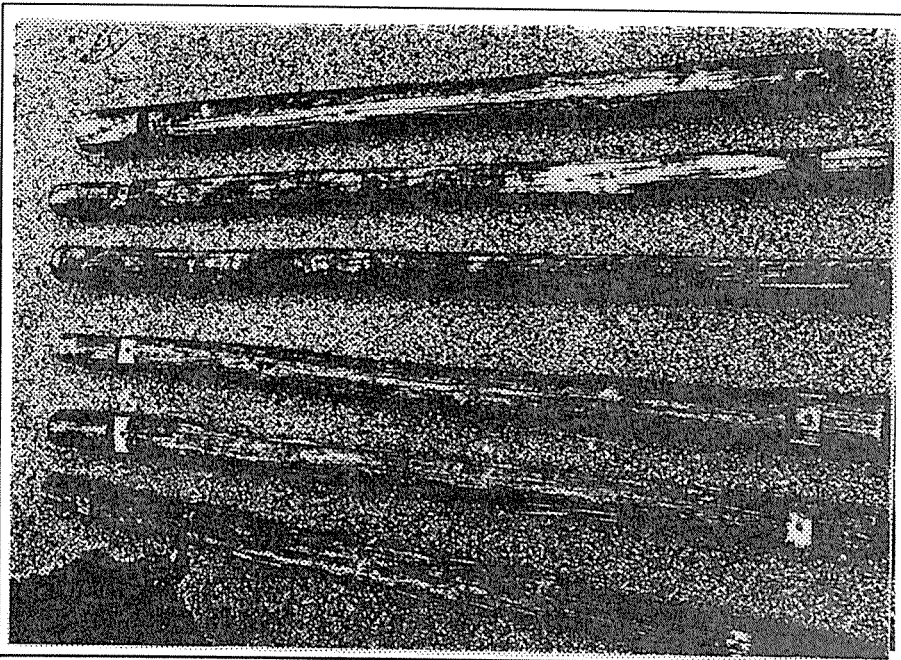
写 真 No.	2 - 8
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 3 最上段丸太 表面上は割れだけであるが打音では健全な音がしない。	



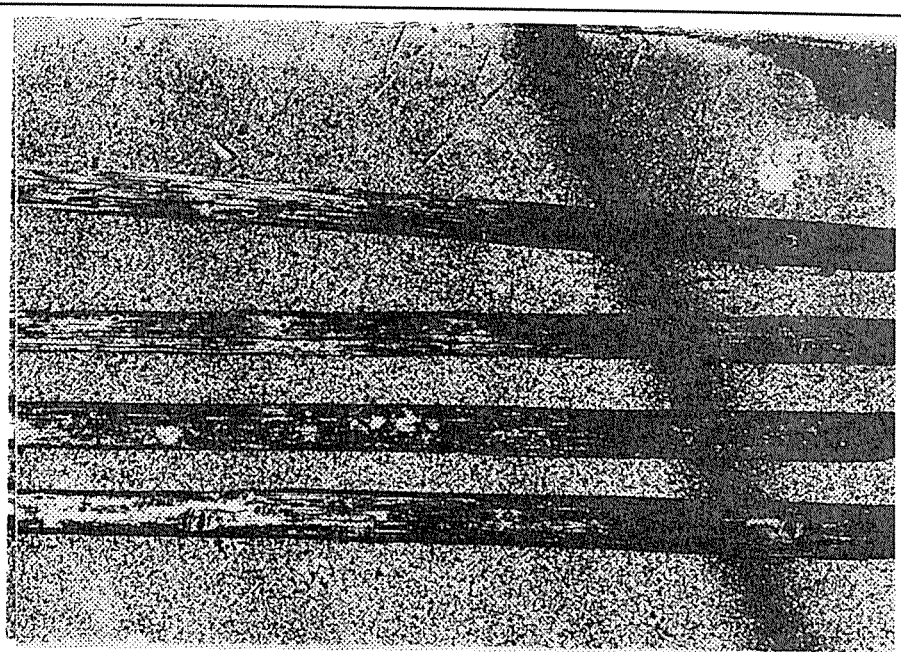
写 真 No.	2 - 9
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 1 5 の通しボルト 丸太が入っていた部分は錆、腐朽が激しい。	



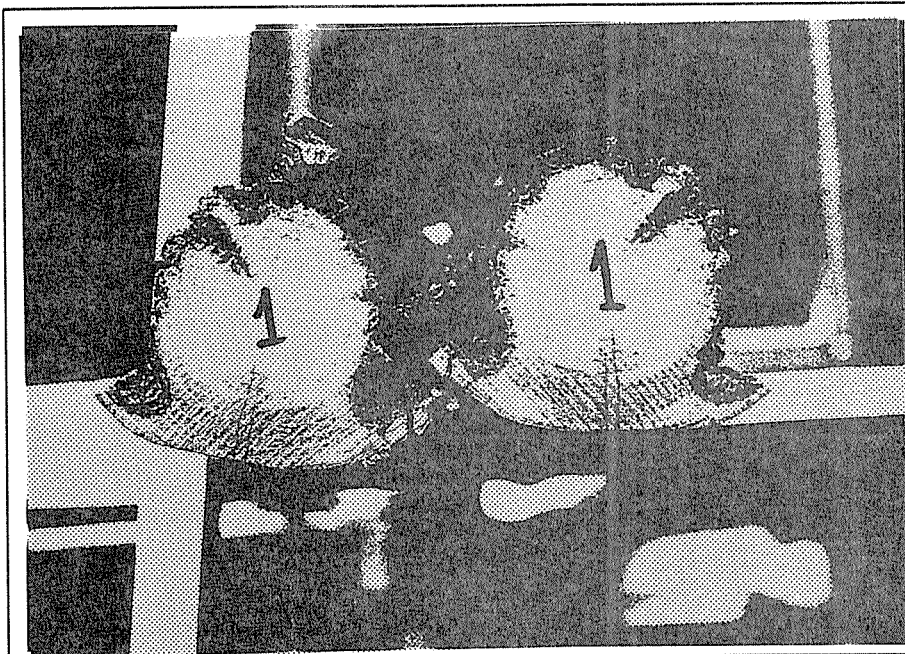
写 真 No.	2 - 1 0
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
<p>最上段丸太No.1～6（右から）雨水が直接あたる表側 右から2本は腐朽部を露出させた。</p>	



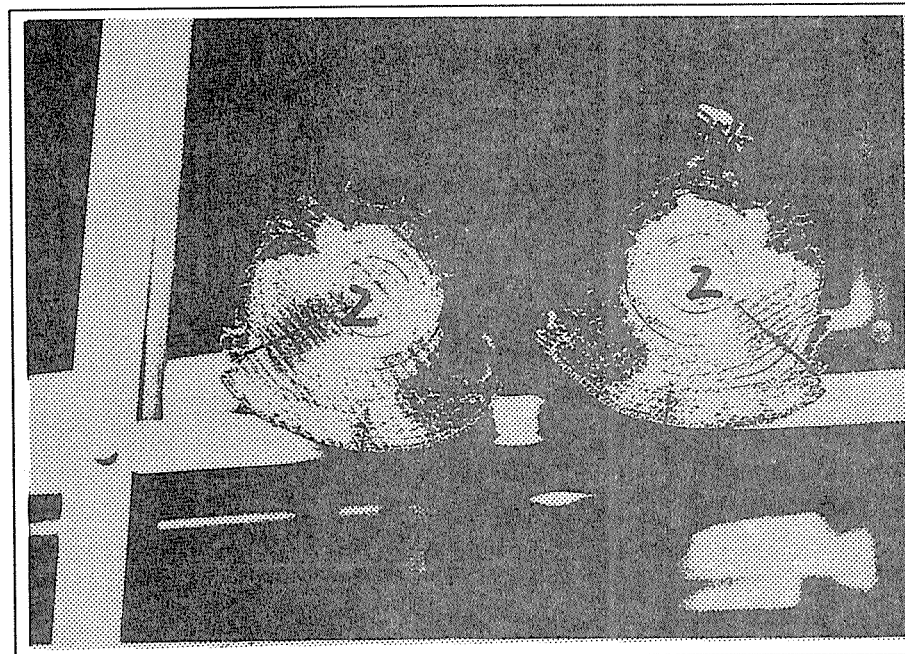
写 真 No.	2 - 1 1
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
<p>最上段丸太No.1～6 丸太の裏側。緑色に地衣類が繁茂している。</p>	



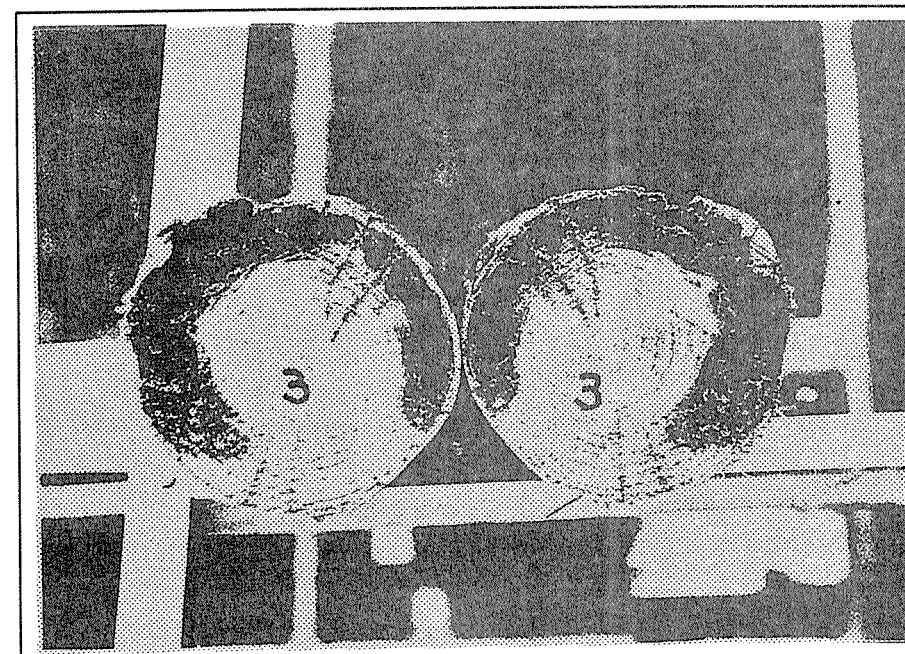
写 真 No.	2 - 1 2
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
<p>正面右側の最上段丸太 No.8、11、14、15</p>	



写 真 No.	2 - 1 3
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 1 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合 5 4 %	

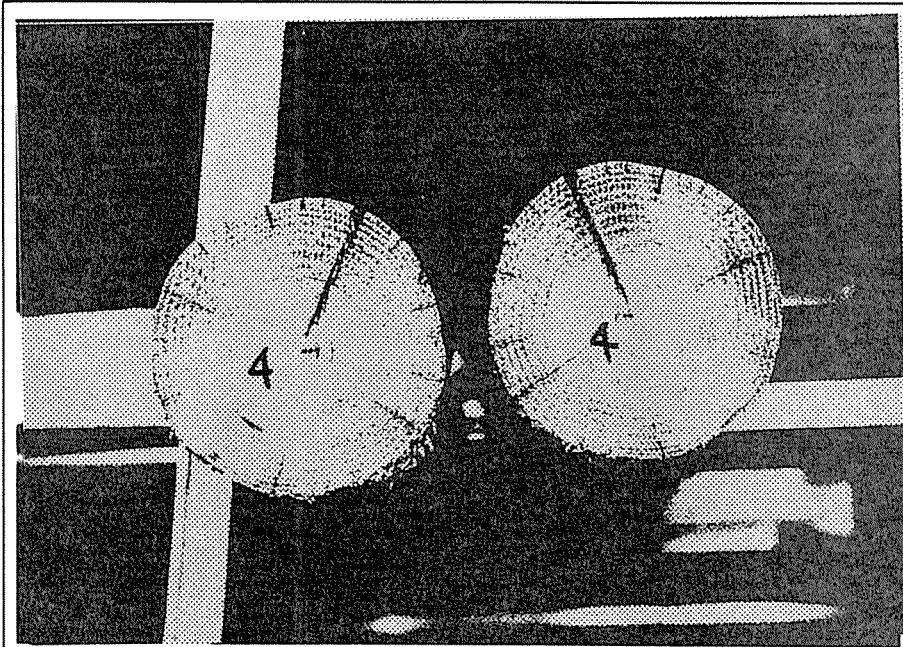


写 真 No.	2 - 1 4
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 2 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合 6 0 %	

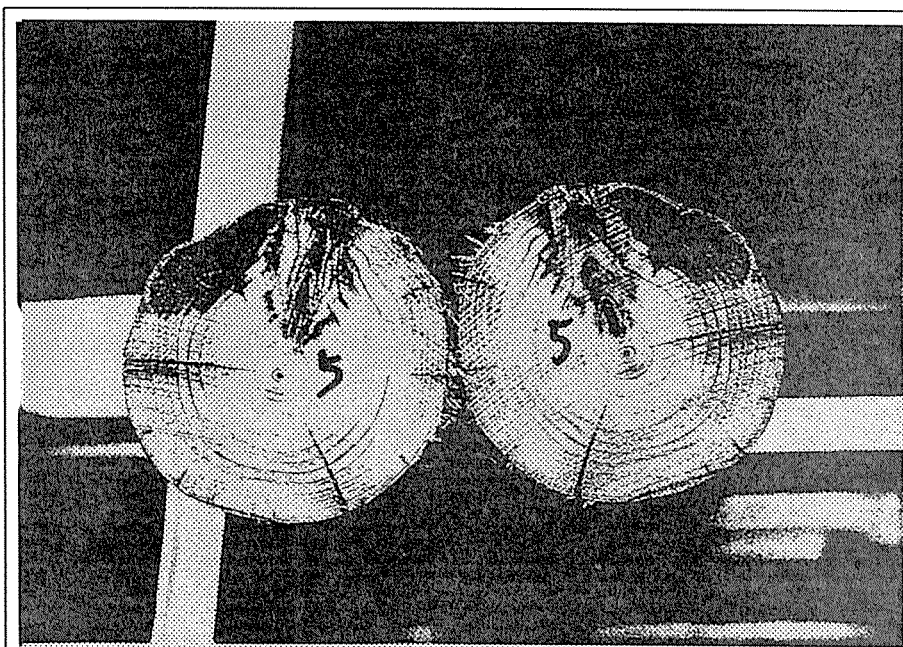


写 真 No.	2 - 1 5
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 3 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合 4 7 %	

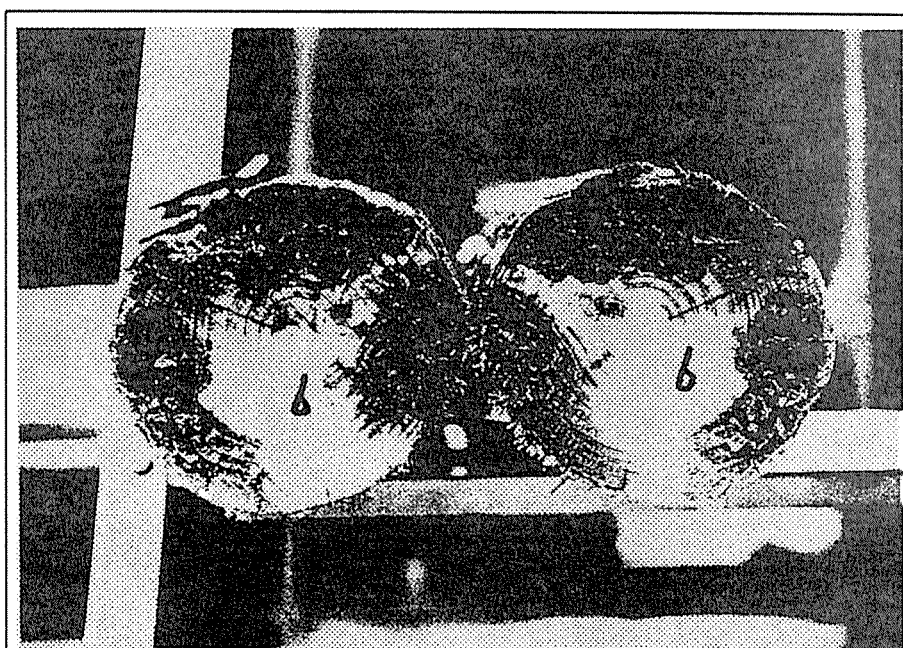




写 真 No.	2 - 1 6
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 4 最上段丸太の中央木口面 腐朽が発生していない。	



写 真 No.	2 - 1 7
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 5 最上段丸太の中央木口面 断面の上部に小さい腐朽	



写 真 No.	2 - 1 8
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 6 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合42%	

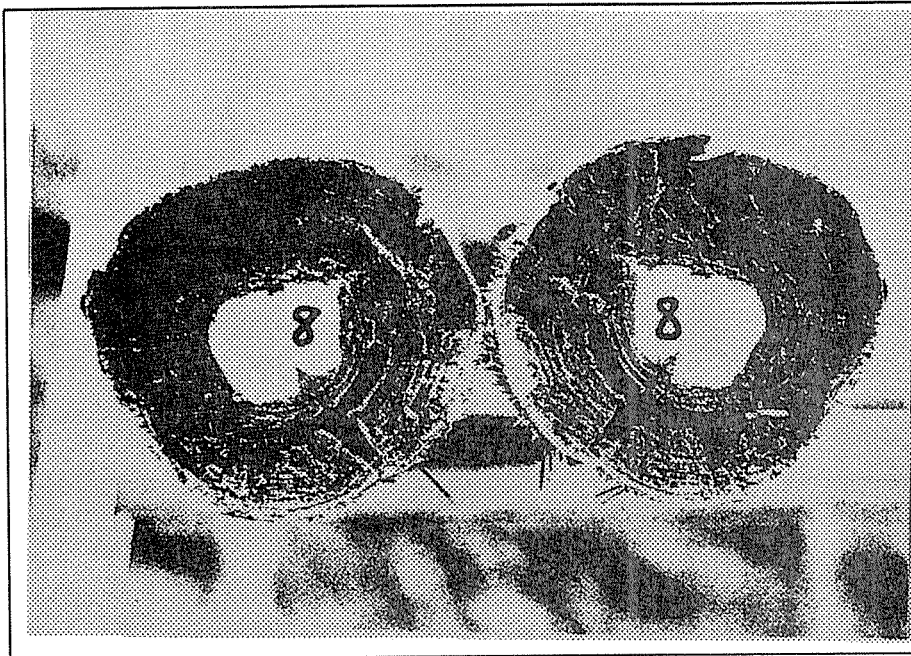


写真 No.	2-19
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
No. 8 最上段丸太の中央木口面 腐朽が最も激しい。腐朽割合は、89%。芯部を残して全部腐朽。	

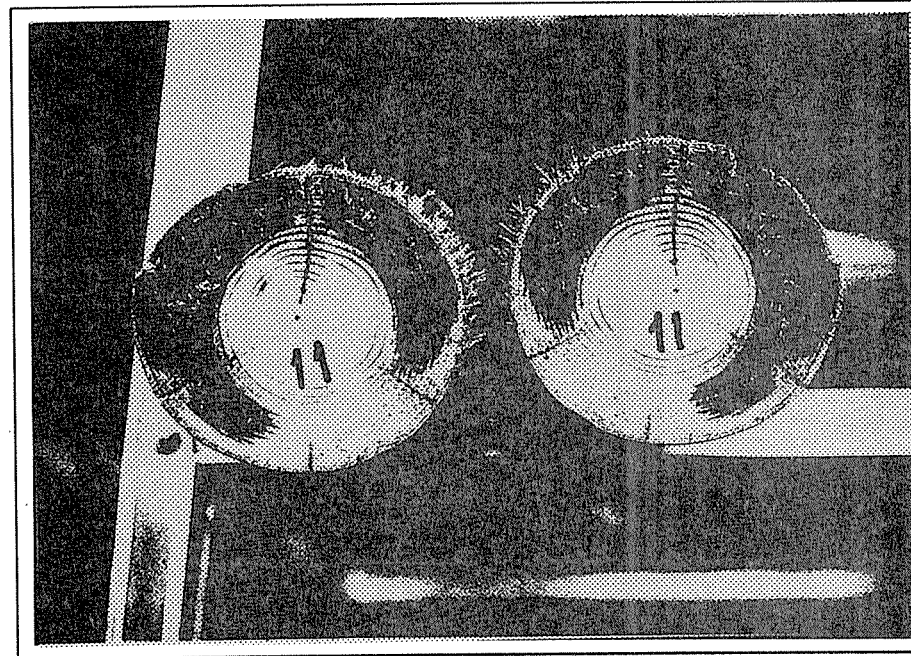


写真 No.	2-20
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
No. 11 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合52%	

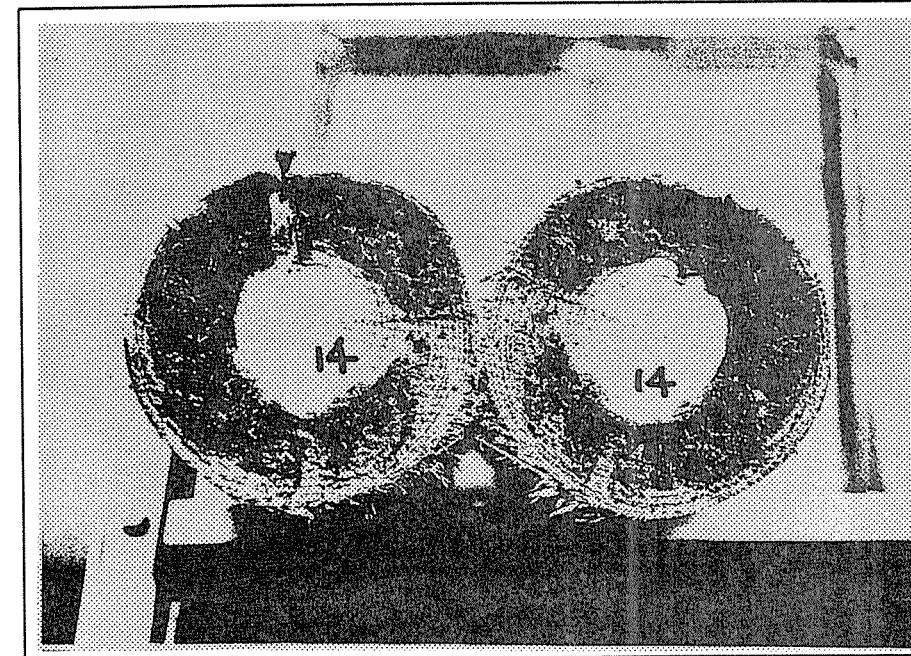
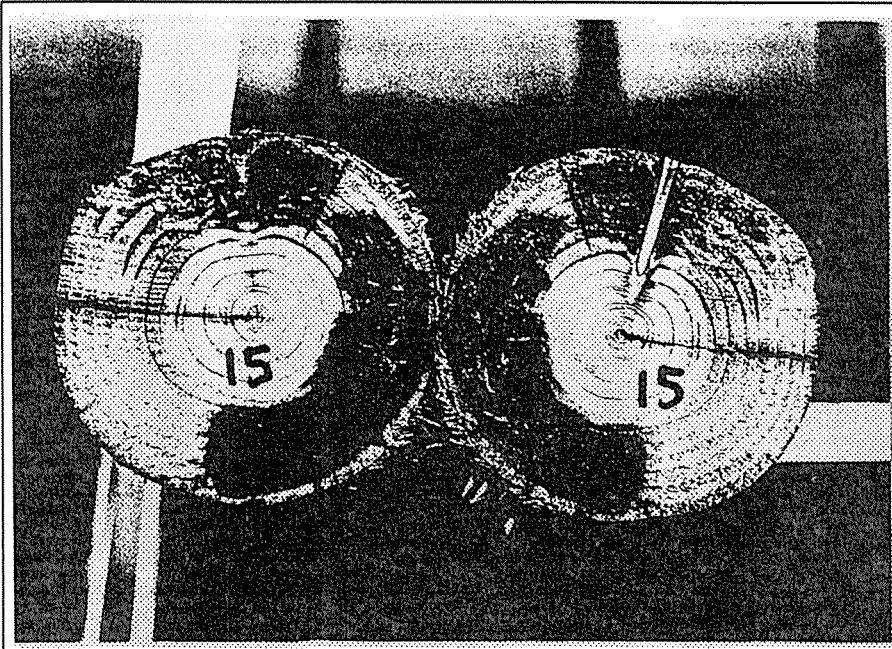
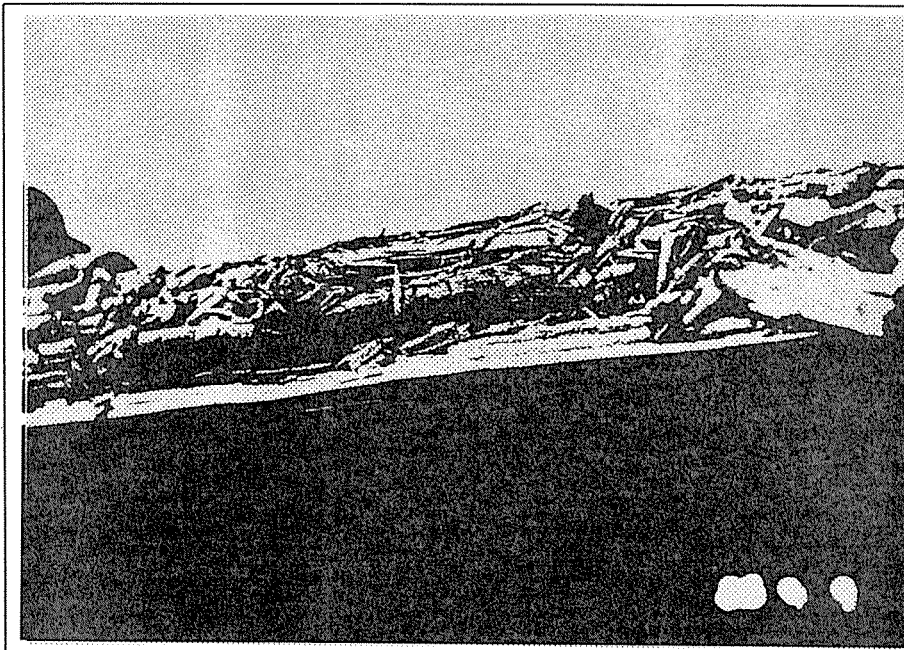


写真 No.	2-21
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概要説明	
No. 14 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合72% 辺材は大部分腐朽している	



写 真 No.	2 - 2 2
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 1 5 最上段丸太の中央木口面 断面の腐朽割合 4 8 % 腐朽は下側におよび横側が健全である	



写 真 No.	2 - 2 3
供試体記号	
撮影年月日	'93/3
概 要 説 明	
No. 1 最上段丸太の腐朽	

## 4. ベンチの座り心地評価

### 4. 1 サークルベンチの作製

図2-1、図2-2に示す構造のサークルベンチを製作して、東京大学農学部3号館前の銀杏の木の根元に設置した(図1)。

#### 1) 作製手順

- a. ベンチ設置面の水平を取り、鋼製フレームを木の回りに置き、2つのフレームをボルトで緊結し、さらに杭で地面に固定する。
- b. 座面に4種類の異なる座板を皿ビス締めする。4種類の座板は、木材、石材、金属(木材の上にオーバーレイ)、合成樹脂。配置は図3に示す。

表1 ベンチ座板

No	分類	種類
1	合成樹脂	硬質塩ビ発泡材
2	木材	レッドウッド
3	金属	ステンレス(SUS304)
4	石材	白御影石

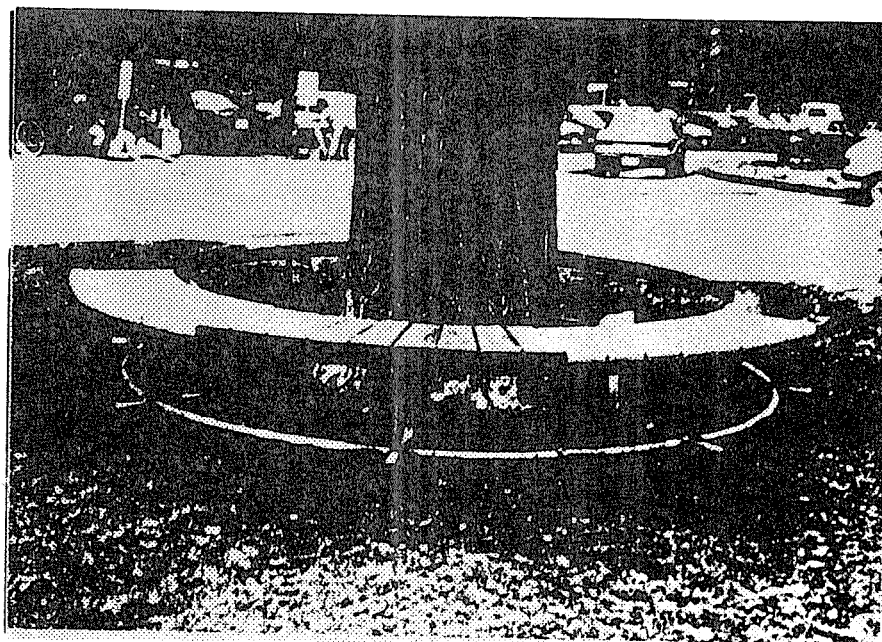


図2 サークルベンチ外観

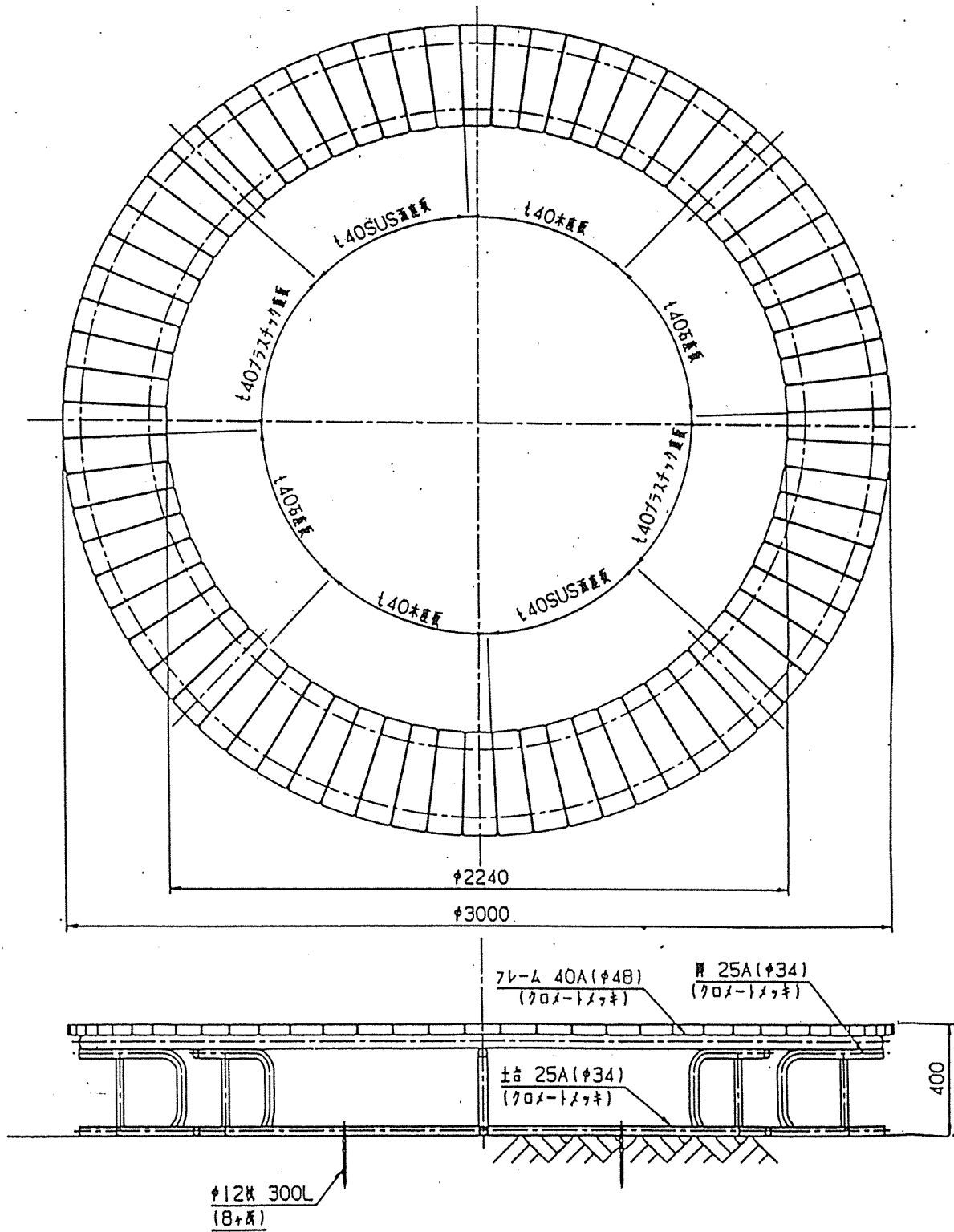


図 2-1 ベンチ見取り図

- 1) 各座板に仕様は以下の通りにする。  
 使用する木材はレッドウッド材とし、木材保護塗料(マロンブラウン)塗布仕上げとする。  
 使用する石材は白御影石(自然石)とし、表面は本磨き仕上げとする。  
 使用するプラスチックはケマセル(商品名 塩ビ硬質発泡材)積層材とし、  
 レッドブラウン(日塗工91年版 R20-144近似色)塗布仕上げとする。  
 使用する鋼材はステンレス(SUS304 NO. 1仕上げ)材とする。  
 (ただし、ステンレスは表面部のみ使用、芯材は木材を使用する。)
- 2) その他使用する鋼管、鋼材は全てクロメートメッキ処理材とする。
- 3) メッキ見え掛かり部はエッチングプライマー塗布後、合成樹脂塗装塗布仕上げとする。
- 4) 使用するボルト、ナットは全てステンレス(SUS304)製とする。

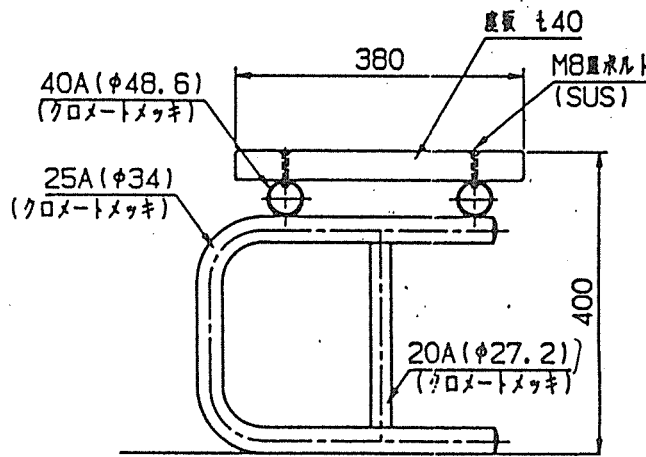


図 2-2 座板取付詳細図 S=1/5

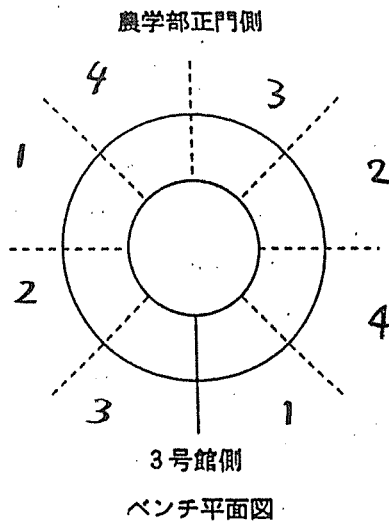


図 3

#### 4.2 座板の熱伝導率

##### 1) 測定方法

座板の熱伝導率測定は、平板比較法（JIS A 1412）によった。試験材サイズは、ベンチ座板に用いた材と同種の材で、200mm×200mm×各々の厚さ（10-30mm）。

##### 2) 結果

熱伝導率測定結果を表2に示す。値が大きい材料ほど熱を通しやすい。

各材料の熱伝導率はその値の小さいものから順に、合成樹脂、木材、石材、金属となっている。その値よりこの4種を大きく熱伝導率の小さいものと大きいものの2グループに分けることができる。合成樹脂と木材は、その前者であり、そのグループ名をA、石材、金属はその後者であり、そのグループ名をBとする。

表2 熱伝導率測定結果

No	材 料	$\lambda$ (W/m $^{\circ}$ C)
1	合成樹脂	0.07
2	木 材	0.08
3	金 属	1.67
4	石 材	1.50

#### 4.3 ベンチに座るときの熱流量測定及び接触温冷感評価

4種類の座板に座った時の、人体からの熱流量の測定、温冷感の官能試験を行い、物理量と心理量の関係を知る。

##### 1) 手順

- 座板に接触する人体部分に、熱流素子を付けた状態で、ベンチに座る。
- 座った時点から、熱流量、表面温度の観測を行い、計測を5分間継続する。
- 座った直後の温冷感、および5分後の温冷感を評価する。評価は5段階評価を用いる。すなわち、以下の数直線上の任意位置にレ印をする
- 同時に外気温度、湿度を携帯用温湿度計で測定する。

	非常に 冷たい	やや 冷たい	どちら でもない	やや 暖かい	暖かい
	-2	-1	0	+1	+2
木材					
石材					
金属					
合成樹脂					

## 2) 結果と考察

表3に、ベンチ座板に座った場合の接触温冷感評価の結果を示す。“+”記号は暖かい方向を示し、“-”記号は冷たい方向を表す。木材と合成樹脂は金属、石材に比較して相対的に暖かい材料であることが官能試験結果に表れた。

接触直後、1分後、5分後ともに、快適さ（平均値）は上位より木材、合成樹脂、金属、石材の順となった。（ただし1分後は、木材、合成樹脂の2材料は同値であった。）これらの値も、上位2材料のグループと下位2材料のグループとに大まかにわけられ、それぞれグループA、グループBに対応している。この結果は、熱伝導率の値の順位と比較して以下の考察ができる。

グループとしての傾向をみると、熱伝導率の値の小さいグループAは、接触温冷感評価が高く、熱伝導率の値の大きいグループBは、接触温冷感評価が低いといえる。しかし、そのグループ内の順位は、一致せず、それぞれ逆転している。

表3 座板種類別接触温冷感評価結果（平均値）

材 料	直 後	1 分 後	5 分 後
合成樹脂	-0.33	0.33	0.33
木 材	0.0	0.33	1.0
金 属	-1.0	-1.0	-1.0
石 材	-1.7	-1.3	-1.7

座板への人体からの熱流量の傾向としてその1例を図4に示す。実験は冬期晴天の日の日中に行い、気温は約11℃であった。

熱流量は、図4にあげたように、接触直後に急激な立ち上がりがあり、その後次第に減少していく。この減少曲線は、熱流量の大きさ（5分後）の順位は、すべての被検者において、小さい方から、合成樹脂、木材、金属、石材の順となった。立ち上がり部や、その直後において、順位が交錯する部分もあるが、1分以内にその順位は上に述べたように安定する。この値もおおまかに、下位グループと上位グループにわけられ、それぞれ、グループA、グループBに対応している。グループA内では、熱伝導率の順位とは一致し、接触温冷感での順位とは逆になっている。

グループB内の材料、接触温冷感評価のよさと順位の一一致をみせた。以上を表にまとめると表4のようになる。



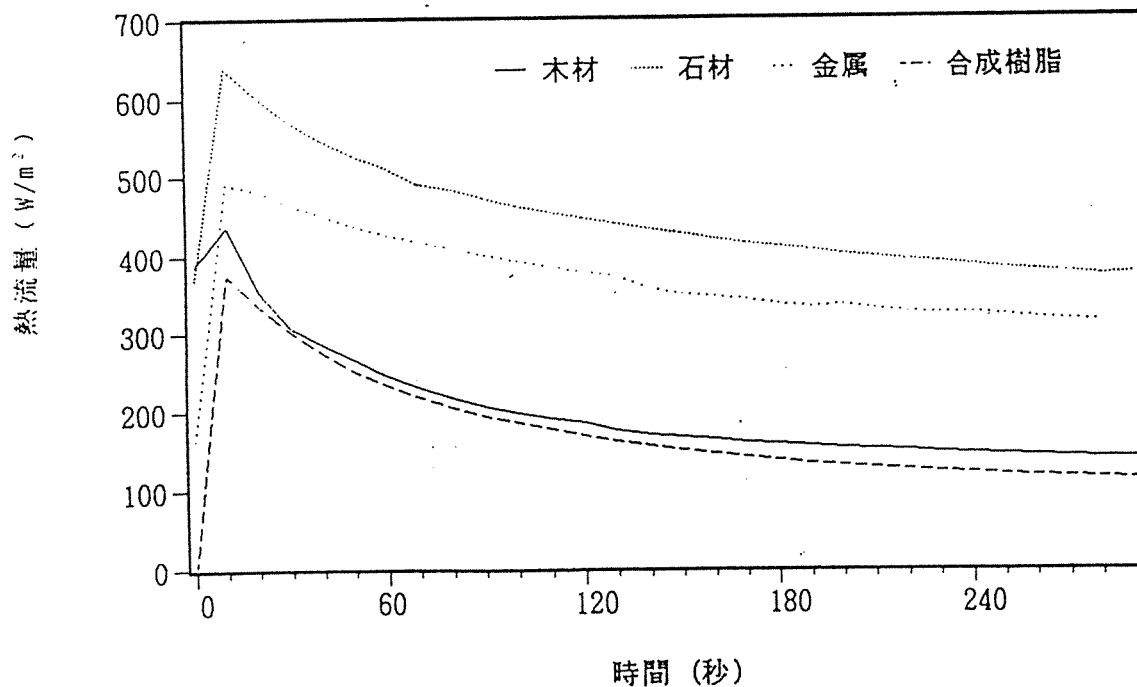


図4 ベンチ着座時の熱流量の経時変化

表4 各項目別にみた材料の順位

順位	1	2	3	4
1 熱伝導率の小ささ	A		B	
	合	木	石	金
2 接触温冷感評価のよさ	A		B	
	木	合	金	石
3 熱流量の小ささ	A		B	
	合	木	金	石

合：合成樹脂 木：木材 金：金属 石：石材

また、1分後、5分後のそれぞれについて、熱流量と温冷感評価についての関係を表したのか、図5、図6である。

1分後、5分後ともに明かな負の相関がみられる。表4でいう2と3の関係での違い、つまり木材と合成樹脂の順位が逆転しているのが、5分後のグラフ（グラフ）の方には表れている。実際の熱流量はやや、木材の方が、合成樹脂よりも大きいにもかかわらず、温冷感評価は木材が上まわっている。実験を行う前の予想でも、木材が一番暖かいであろうとする人が多く、先入観の影響があるかも知れない。

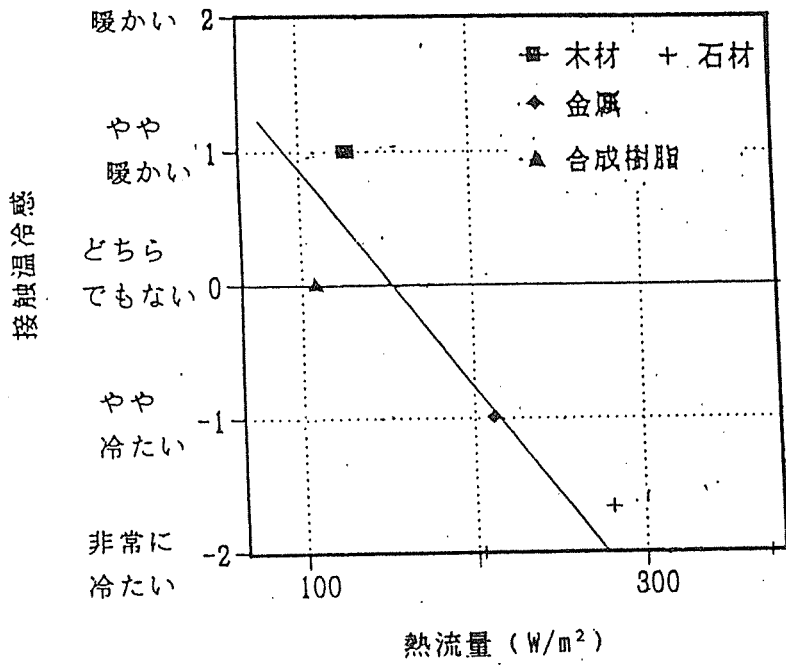


図 5 ベンチ着座時 (5 分後) の熱流量と接触温冷感

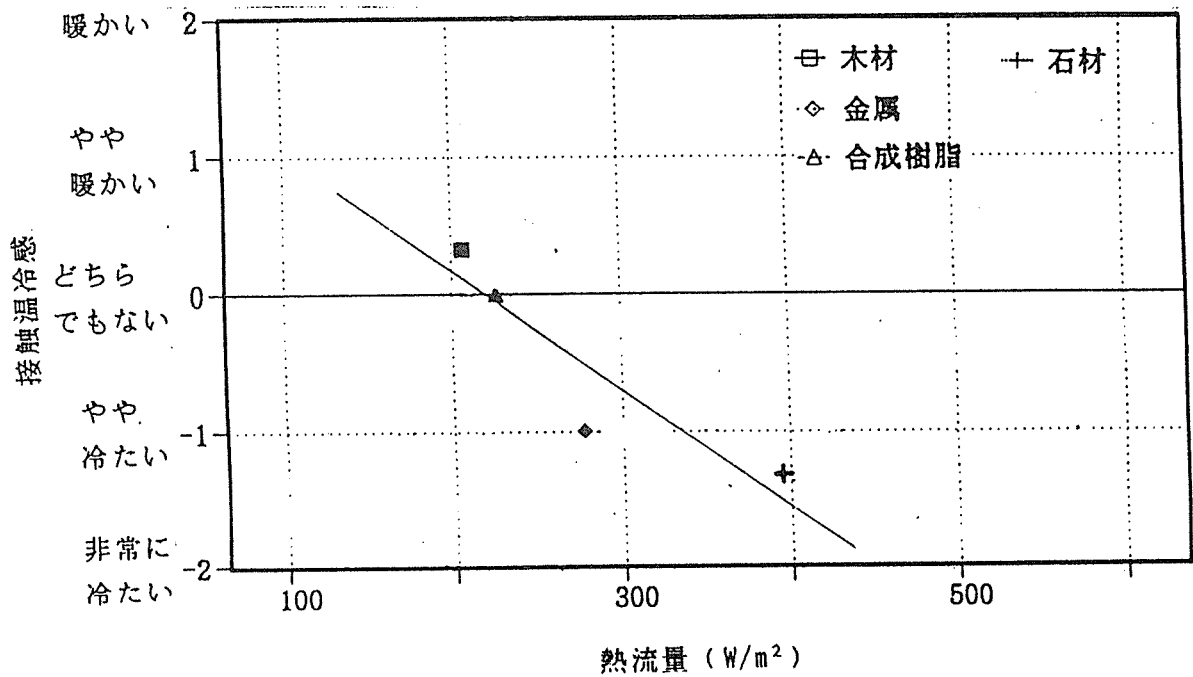


図 6 ベンチ着座時 (1 分後) の熱流量と接触温冷感

#### 4.4 サークルベンチ利用状況観察

設置したサークルベンチについて、座板ごとの使用頻度、使用時間などの利用状況調査を行い、座板の違いが「座る行動」に影響するかを確かめる。

##### 1) 手順

ベンチ利用状況調査表に従い、以下の項目について調査を行う。調査は観察により行う。ベンチからある程度距離を置いた地点にて行う。冬期（1993年1月～2月）の晴れた日、11:00～14:30の時間帯での観察、調査を行った。

- 調査日
- 天候
- 気温、湿度
- 使用座板種類ごとの使用頻度と一回の使用時間
- 使用者の属性（男女、年齢）
- 座板の日当たりの有無
- 衣服の量
- 明らかにわかる目的

##### 2) 結果

設置場所が学内ということによる、属性のかたよりを緩和するため、日曜日の観察も行った。天候はほとんど晴で、わずかにうすく雲のかかる時はあったが、データ上の「日照がない」場合のものは、座板がサークルベンチの中心にある木の陰になった場合であった。気温は10℃～15℃の間であった。板の種類別の総使用頻度、総使用時間、1回あたりの平均使用時間をまとめると表5のようになる。

表5 座板の種類別使用頻度と使用時間

座板No.	種類	総使用頻度 (回)	総使用時間 (分)	1回あたりの平均 使用時間(分)
1	合成樹脂	31 (2)	179 (2)	5.7 (3)
2	木材	42 (1)	252 (1)	6.0 (2)
3	金属	17 (4)	106 (3)	6.2 (1)
4	石材	19 (3)	74 (4)	3.9 (4)

括弧内は順位を表す

総使用頻度、総使用時間ともに、木材が1位、次いで合成樹脂が2位と上位を占めた。4.3においてグループAとなった2つの材料である。一回あたりの平均使用時間で金属が1位になったのはその総使用頻度の少なさのためである。

観察中、気づいた点を列挙すると、

○日当たりの無い座板に座る場合は、その近くに話す相手がいたりするためであった。

○座時間の長い人は、食事、読書といった明かな目的が有る場合が多く、その場合は、着座の前に慎重にどの座板に座るかを選んでいるようだった。

○着衣の量（上半身）は冬期ということもあって、評価としては4、または3がほとんどであった。

○休日に遊びにきている子供達は、ベンチに座ってゆっくりすることが目的ではないので、短時間座ってはまた立ち上がるという状態で、材も意識的に選択している様子うかがえなかった。

#### 4.5 ベンチに「座る」行動の因子分析

今回調査したデータをもとに、材の種類の違いが「座る」という行動にどのような影響を与えるか、また「座る」という行動の原動力は何かを考察するために、因子分析を行った。

##### 1) 方法

因子分析の方法は、データ行列から変量間の相関行列を求め相関行列を用いて主因子法により、因子負荷量をもとめ、さらにダイレクト・バリマックス法によって回転させ、単純構造を求めた。変量の固有値から判断して因子を3因子に定めて解析した。プログラムはパソコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編（共立出版）を用いた。以下の変量をとった。

- X(1) 座板の種類 1 合成樹脂 2 木材 3 金属 4 石材
- X(2) 座時間 継続して座っていた時間（単位は分）
- X(3) 日照の有無 0：日照無し 1：日照有り
- X(4) 着衣の量（着座部分）（1、2）  
1：ズボンまたはスカート  
2：ズボンまたはスカートの上にコート類をはおっている
- X(5) 着衣の量（上半身）（1、2、3、4）  
1：半袖 2：長袖シャツ  
3：長袖、トレーナー、セーター、ジャケット類  
4：上着（コート、ジャンパー）を着ている場合
- X(6) 年齢 （1、2、3、4）  
1：子供 2：若い人 3：中年 4：老人
- X(7) 性別 （0、1）  
0：M（男性） 1：W（女性）

## 2) 結果・考察

調査により得られたサンプル数は108(人)であった。各変量間の相関行列は表6の右上半分に示すが、これより各変量間の相関を見してみる。

表6 各変量間の相関行列(右上)および共分散行列(左下)

	X(1)	X(2)	X(3)	X(4)	X(5)	X(6)	X(7)
X(1)	1.109	-0.08093	-0.03196	-0.08959	-0.02078	-0.14888	0.15747
X(2)	-0.607	50.804	0.18888	0.08736	-0.00645	0.26397	-0.10033
X(3)	-0.009	0.374	0.077	-0.15289	-0.14774	0.11945	-0.05599
X(4)	-0.016	0.103	-0.007	0.027	0.28161	0.12784	0.06905
X(5)	-0.010	-0.022	-0.019	0.022	0.225	0.06988	-0.06479
X(6)	-0.121	1.458	0.026	0.016	0.026	0.600	-0.10834
X(7)	0.083	-0.358	-0.008	0.006	-0.015	-0.042	0.251

2つの変量	相関の正負	解 釈
X(5) - X(4)	+	上半身が厚着であると着座部も厚着である
X(6) - X(2)	+	年齢が高くなると長時間座る
X(3) - X(2)	+	日照があると長時間座る
X(7) - X(1)	+	女性であると、冷たい感じのする材に座る
X(8) - X(3)	-	着座部が厚着であると、日照がなくても座る
X(5) - X(3)	-	上半身が厚着であると、日照がなくても座る
X(6) - X(1)	+	年齢が高いと、あたたかい感じのする材に座る

また表7に各変量の因子負荷量をしめす。因子負荷量と変量の間係を分かりやすくするために、図7、図8、図9に3因子別に因子負荷量と変量の間係を図に示した。これらの図を見ると以下のことが読み取れる。

表7 3因子f(1), f(2), f(3)に対する因子負荷量(バリマックス回転後)

		f(1)	f(2)	f(3)
1	I	-0.1902	-0.0853	0.1856
2	I	0.5327	-0.0197	-0.0563
3	I	0.3276	-0.3314	-0.0174
4	I	0.1799	0.6418	0.0851
5	I	-0.0018	0.4481	-0.0967
6	I	0.4849	0.1042	-0.1041
7	I	-0.0935	0.0313	0.7413

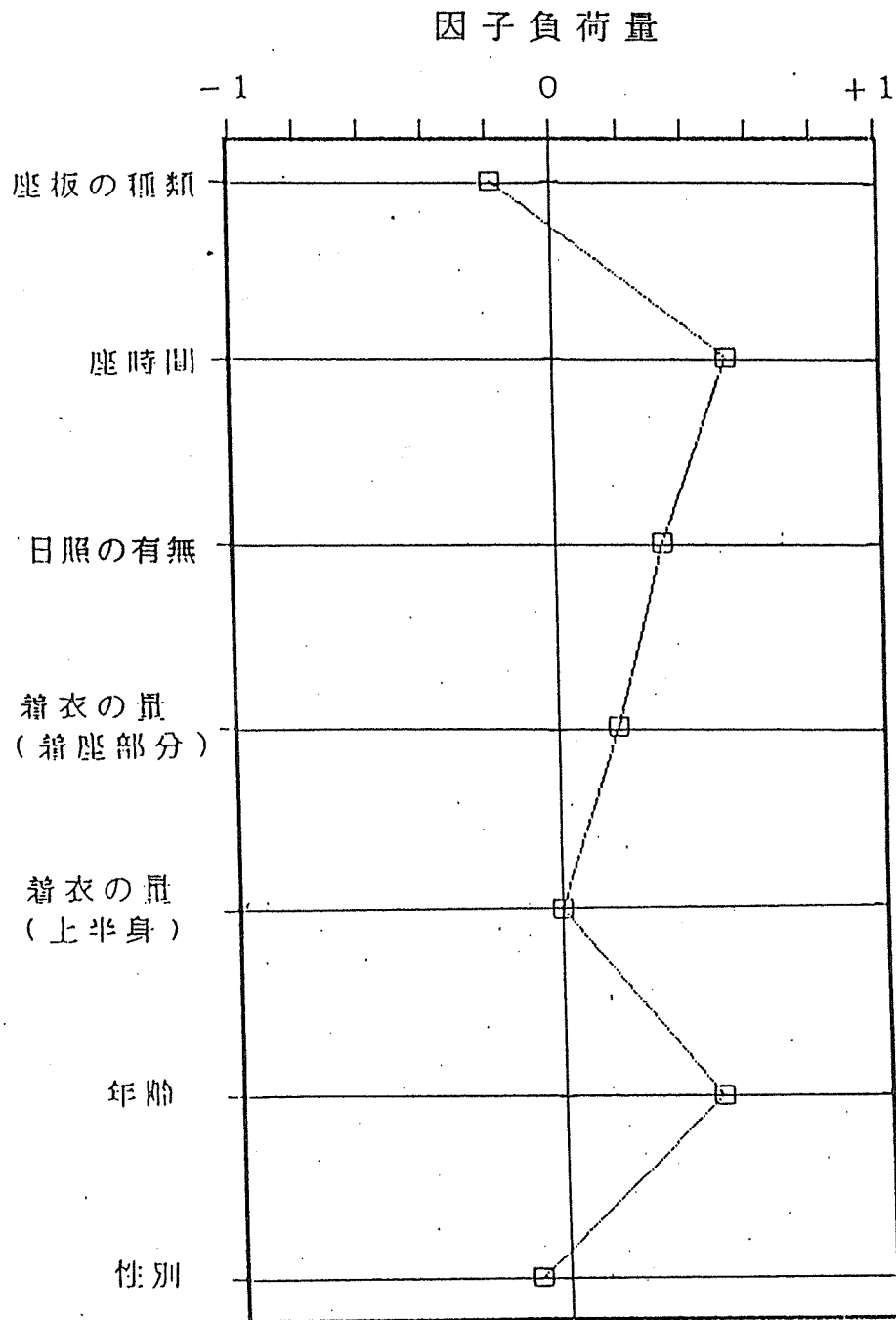


図 7 観察項目の因子  $f(1)$  との相関

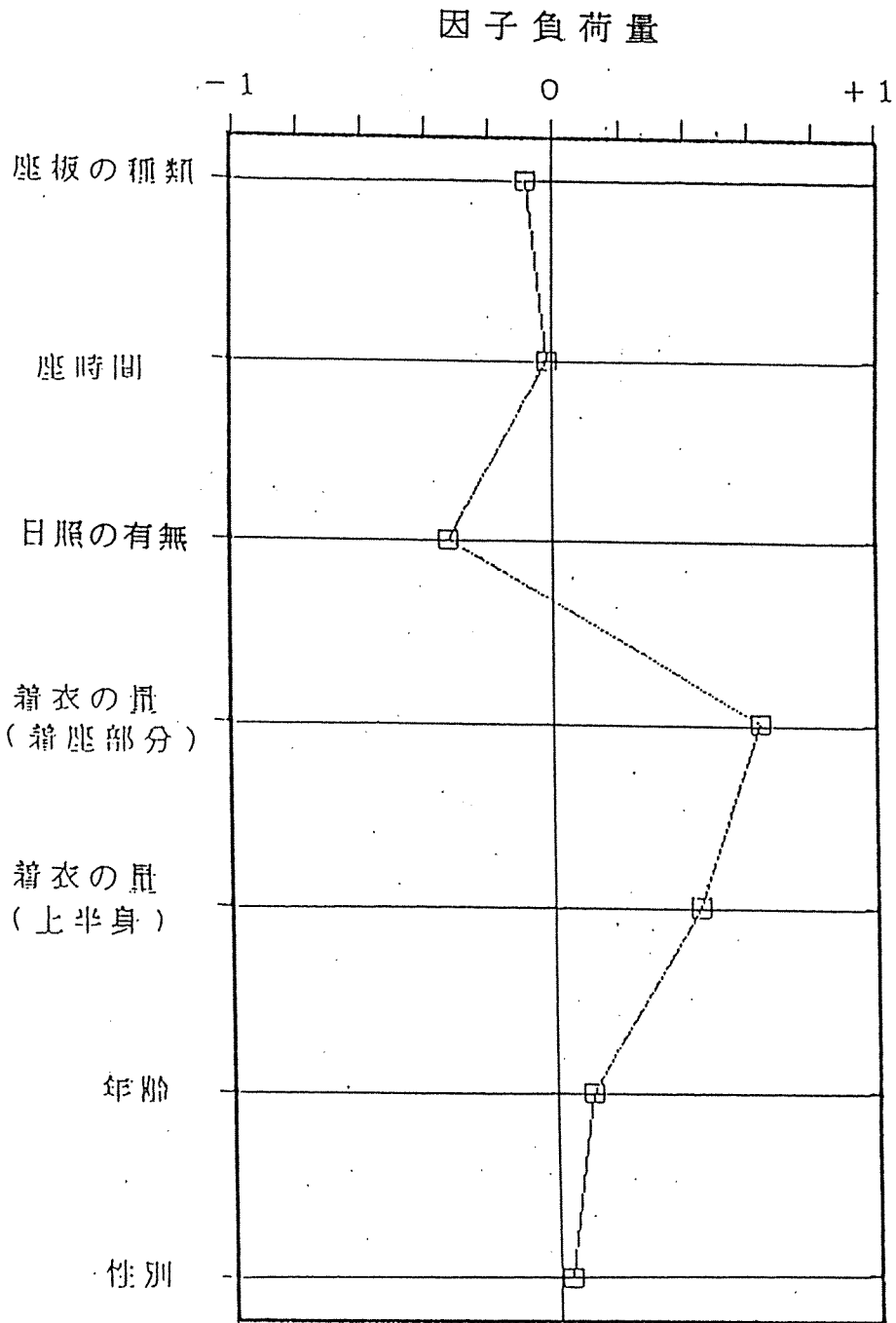


図 8 観察項目の因子  $f(2)$  との相関

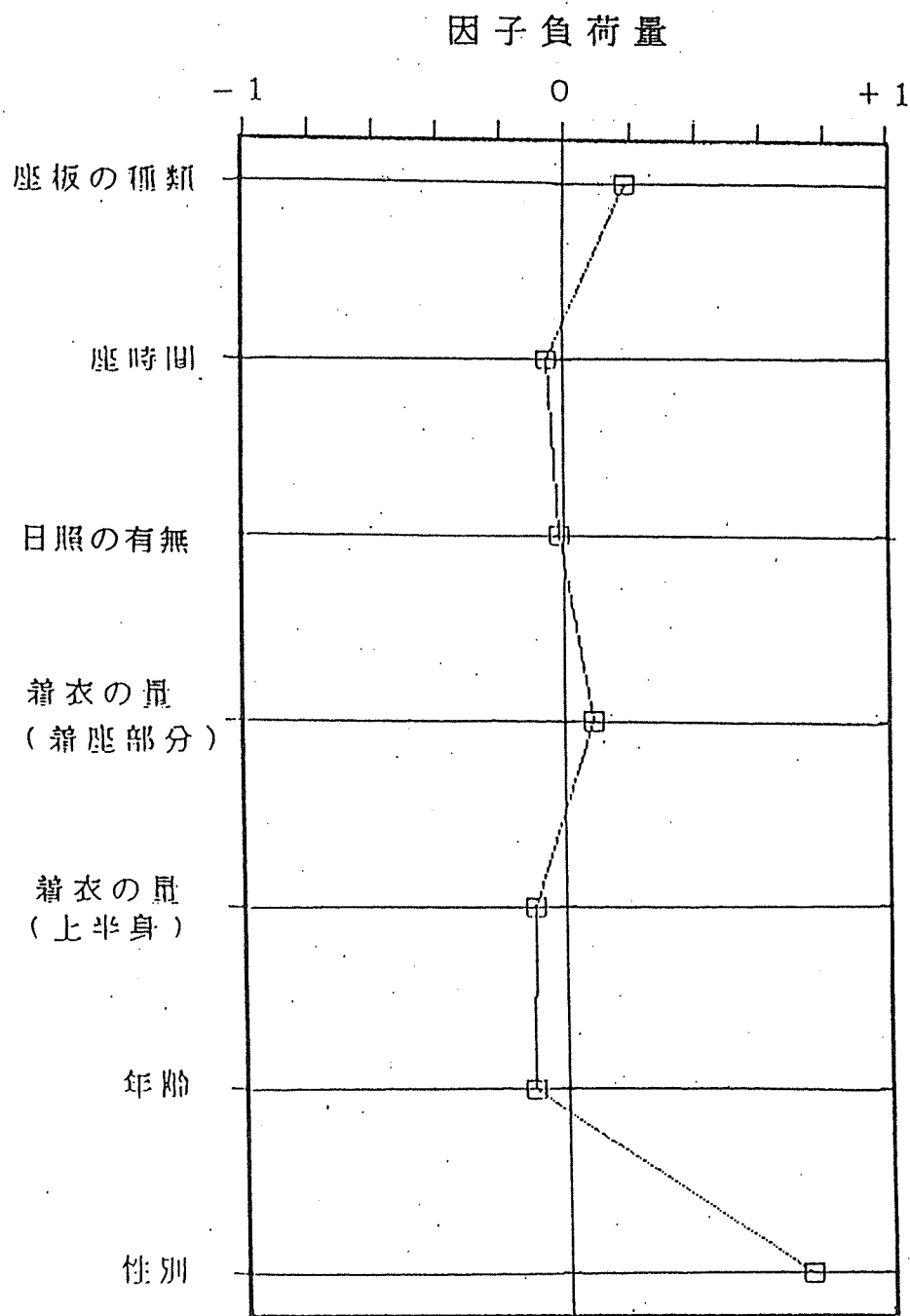


図 9 観察項目の因子  $f(3)$  との相関



○ 因子f(1)は軸 2（長く座ること）に対して正の相関  
軸 6（年齢が高いこと）に対して正の相関  
軸 3（日照があること）に対して正の相関  
軸 1（つめたそうな感じのする座板をえらぶこと）に負の相関  
があること。

○ 因子f(2)は軸 4（着座部が厚着であること）に対して正の相関  
軸 5（上半身が厚着であること）に対して正の相関  
軸 3（日照があること）に対して負の相関  
があること。

○ 因子f(3)は軸 7（女性であること）に対して正の相関  
軸 1（あたたかそうな感じのする座板を選ぶこと）に正の相関  
軸 6（年齢が高いこと）に対して負の相関  
があること。

さらに因子の代表する意味をさぐるために因子得点を見ることにする。表 8 に各因子に対する、個人（サンプルデータ）の因子得点を示す。これより因子別に因子得点の特に高い人と、特に低い人を選び出してみると表 9 のようになる。表 9 をみながら考えると、

因子f(1)は、“積極的に休みたい、ゆくっりくつろぎたいというベンチに座る目的意識があること”が因子の内容に含まれると思われる。

因子f(2)は “今、寒いと感じているか”、という被験者の条件、状態が浮き彫りにされているように思われる。

因子f(3)は、“性別がはっきり分かれており”女性が比較的冷たい座板に座る時間が長いことを表していることから“寒さに対する耐力がある”という意味を持つ因子とした。

以上が、冬期の晴れた日中の状況のもとでのベンチに「座る」という行動を左右する 3 つの因子であるとすると、

因子f(1)、因子f(2)によって、座板の種類が暖かいと感じられるものを指向するようにさせるといえるだろう。

表 8 因子得点の推定

NO.	f( 1)	f( 2)	f( 3)	NO.	f(1)	f(2)	f(3)
1	0.474	-0.283	-0.653	56	-0.773	0.202	-0.633
2	0.474	-0.283	-0.653	57	-0.598	0.534	0.778
3	-0.063	-0.228	-0.679	58	0.295	0.392	-0.842
4	-0.485	-0.291	-0.644	59	-0.773	0.202	-0.633
5	0.259	-0.261	-0.664	60	-0.601	0.271	-0.775
6	0.259	-0.261	-0.664	61	0.510	0.370	-0.832
7	0.076	-0.199	-0.747	62	-0.462	0.300	-0.844
8	0.474	-0.283	-0.653	63	-0.301	0.283	-0.836
9	0.280	-0.307	-0.587	64	-1.345	1.064	-0.940
10	-0.571	-0.326	-0.573	65	-1.548	0.419	0.842
11	0.076	-0.199	-0.747	66	-0.440	0.254	-0.767
12	-0.096	-0.268	-0.605	67	-0.493	-0.277	0.796
13	0.874	-0.175	-0.764	68	-0.665	-0.346	0.938
14	-0.010	-0.233	-0.676	69	-0.493	-0.277	0.796
15	-0.010	-0.233	-0.676	70	-0.485	-0.291	-0.644
16	0.272	-0.199	-0.642	71	-0.461	-0.237	0.722
17	0.130	-0.205	-0.745	72	-1.441	0.407	0.847
18	0.044	-0.239	-0.674	73	-0.493	-0.277	0.796
19	-0.128	-0.308	-0.532	74	-0.547	-0.272	0.793
20	0.925	-0.373	-0.557	75	-0.504	-0.362	0.946
21	1.011	-0.339	-0.628	76	0.350	-0.150	0.727
22	0.635	-0.300	-0.646	77	-0.674	0.205	0.812
23	0.635	-0.300	-0.646	78	-0.332	-0.294	0.804
24	0.605	-0.240	0.718	79	-0.461	-0.237	0.722
25	0.613	-0.255	-0.722	80	-0.461	-0.237	0.722
26	-0.199	0.263	0.780	81	-0.579	-0.311	0.867
27	0.660	0.174	0.821	82	-0.493	-0.277	0.796
28	-0.125	-0.208	0.759	83	2.435	0.184	0.701
29	0.613	-0.255	-0.722	84	-0.612	-0.351	0.941
30	0.184	-0.210	-0.742	85	-1.183	0.510	0.634
31	0.882	-0.282	-0.709	86	-0.493	-0.277	0.796
32	0.710	-0.351	-0.567	87	-0.526	-0.317	0.869
33	0.444	-0.130	-0.785	88	-0.246	-0.259	0.732
34	0.474	-0.283	-0.653	89	-0.031	-0.282	0.743
35	0.350	-0.150	0.727	90	-0.579	-0.311	0.867
36	0.382	-0.110	0.653	91	-1.290	0.522	0.628
37	-0.298	-0.277	0.901	92	0.902	0.493	0.498
38	0.457	-0.161	0.732	93	-0.579	-0.311	0.867
39	0.916	-0.359	0.883	94	-0.579	-0.311	0.867
40	0.916	-0.359	0.883	95	0.264	-0.184	0.798
41	0.464	0.268	-0.779	96	-0.633	-0.306	0.864
42	-0.601	0.271	-0.775	97	-0.579	-0.311	0.867
43	1.729	3.547	1.020	98	0.237	-0.309	0.755
44	0.886	3.420	1.089	99	0.237	-0.309	0.755
45	0.506	-0.244	-0.727	100	-0.021	-0.412	0.969
46	0.506	-0.244	-0.727	101	-0.539	-0.286	-0.647
47	0.248	-0.347	-0.514	102	0.555	0.379	0.611
48	-0.226	-0.848	-0.411	103	1.181	-0.907	-0.494
49	0.023	-0.194	-0.750	104	1.141	0.241	-0.822
50	-0.105	0.283	-0.731	105	-0.539	-0.286	-0.647
51	1.030	0.437	0.579	106	0.418	-0.914	-0.380
52	-0.720	0.197	-0.630	107	0.506	-0.244	-0.727
53	-1.603	0.961	-0.727	108	0.564	4.371	-0.606
54	-1.291	1.058	-0.937				
55	0.296	-0.145	0.724				

表 9

因子得点から抽出したサンプル

サンプル No.	座板の 種類	座時間 (min)	日照の 有無	着衣の 量(着 座部)	着衣の 量(上 半身)	年齢	性別	目的	
f(1) の 高い サン プル	83	2	41	1	4	3	2	食事 食事 食事 食事 食事	
	73	2	12	1	4	3	2		
	103	2	23	1	2	2	1		
	104	1	23	1	1	2→4	2		1
	21	2	21	1	1	3	2		1
	所見	暖かい材	長時間	日照あり					
f(1) の 低い サン プル	53	4	0	1	4	1	1		
	65	4	0	1	3	1	2		
	72	4	2	1	3	1	2		
	64	1	0	1	4	1	1		
	54	1	1	0	1	4	1		1
	所見	冷たい材も可	短時間	日照無し			子供		
f(2) の 高い サン プル	108	1	4	0	2	4	3	会話 食事 食事	
	43	2	12	1	2	4	1		2
	44	2	12	1	2	4	1		2
	64	1	0	0	1	4	1		1
	54	1	1	0	1	4	1		1
	所見	暖かい材				厚着			
f(2) の 低い サン プル	106	4	12	1	1	2	2	読書 食事 会話 人を見ていた 会話	
	103	2	23	1	1	2	2		1
	48	4	0	1	1	2	2		1
	75	4	4	1	1	3	1		2
	100	4	13	1	1	3	1		2
	所見	冷たい材多		日照あり		比較的薄着			
f(3) の 高い サン プル	44	2	12	1	2	4	1	食事 食事 食事 人を見ていた	
	43	2	12	1	2	4	3		2
	100	4	13	1	1	3	1		2
	25	4	4	1	1	3	1		2
	37	4	0	1	1	3	3		2
	所見		比較的長時間			厚着			女
f(3) の 低い サン プル	64	1	0	0	1	4	1		
	54	1	1	0	1	4	1		1
	62	1	1	1	1	4	1		1
	58	2	1	1	1	4	3		1
	63	1	4	1	1	4	1		1
	所見	暖かい材	短時間			厚着			男

#### 4. 6 i 結論

- 1) ベンチの4種の座板材料、合成樹脂、木材、金属、石材は、熱伝導率が小さく、かつ座ったときの熱流量も小さく、接触温冷感評価では暖かい方の材料とされた合成樹脂・木材のグループと、熱伝導率が大きく、座ったときの熱流量も大きくて接触温冷感では冷たい方の材料とされた金属・石材のグループとにその性質が大別される。
- 2) 冬期、晴天・日中(11時~14時30分)での実際のベンチ利用調査からは、材料別にみると、合成樹脂、木材が総使用頻度、総使用時間ともに他の2材を大きく上回った。
- 3) このような結果となった「ベンチに座る」という行動について因子分析を行い、“積極的に休みたい、ゆっくりとくつろぎたいという意識がある”、“今寒いと感じている”という人の意識がある場合、4つの座板の種類のうち、接触温冷感について「暖かい」とされる2つの材料、つまり合成樹脂、木材を指向させるものであると考えられる。また、女性は男性に比較して寒さに耐えられるという傾向が多少うかがえ、結果的に女性の方が冷たい座板にも座るという性別の影響があるようにも思われた。

## 5. 木製カーポート

### 5.1 木製カーポートの性能標準化(案)

最近、住宅地の環境に高級感と同時に親しみやすさを与えるために、鋼製のフェンスや石造の塀に替わって、生け垣や木製のフェンスで住宅のまわりを囲む光景が見られるようになってきた。しかしながら、このような住宅でもカーポートはアルミ製が多く、それに替わる木製のカーポートは、製品としてようやく市場に出てきたところである。

木製カーポートは、接触した場合でも木材の持つ適度な柔らかさが自動車を傷つけることもなく、また、製造の過程で消費されるエネルギー量や炭素放出量が他の材料の製品と比較して少なく、地球環境保全の観点からも、今後設置の増加が見込まれる。

しかしながら、木製品ならではの設計・施工や維持管理を怠ると、製品の耐久性を著しく損ねる結果となる。木製カーポートの耐久性を確保するためには、適切な設計・施工・維持管理が不可欠である。

#### □耐久性を確保するための設計のポイント

##### 基礎

- ・柱の引き抜きが起こらないように、アンカーを取り付ける。

##### 柱・梁

- ・柱・梁などの木材には、木材保護防腐塗料を塗布したものを使用することが望ましい。
- ・柱下端（木部）は、地面に直接接しないほうが望ましいが、掘立柱とする場合には、適切な防腐処理を施す必要がある。
- ・柱の上端部（木口）に雨水などが入り込まないように設計する。また、上端部を外部に露出させる場合は、金属製のキャップをかぶせて保護する。
- ・接合部は、雨水が浸入しないように適切な処置を施す。また、雨水が浸入したときに備えて、水分が滞留せずに速やかに排出できるような接合形態が望ましい。

接合金物を用いる場合にも、接合部や金物内部に雨水が滞留しないように設計する。

- ・部材の一部が劣化した場合に備えて、部材（特に柱）交換の容易な部材構成・接合形態とすることが望ましい。

#### 屋根

- ・屋根材は、天日のもとで変形、劣化の無く、また、不燃材・準不燃材等を使用し、火災時の延焼の恐れのない材を選定する。
- ・屋根は、柱材や梁材を十分に覆うことができるような寸法が望ましい。
- ・排水を考慮して、適度な屋根勾配を取る。
- ・屋根材を固定する釘等には、ステンレス等の耐水性のある材料を使用することが望ましい。

#### □耐久性を確保するための施工のポイント

#### 基礎

- ・割栗石を十分に敷き詰め、その上端の水平レベルが各所で等しくなるように注意する。
- ・基礎コンクリートの上端を柱脚部分から外に向けて勾配を付け、柱脚付近に雨水が滞留しないようにする。

#### 柱・梁

- ・木材保護防腐塗料を塗布した木材を現場で切断等の加工を行う場合には、保護防腐塗料が塗布されていない面が雨水に直接接触れることのないように処置するか、あるいは保護防腐塗料をその場で塗布することが望ましい。

#### □耐久性を維持するための維持管理のポイント

#### 基礎

- ・基礎の柱付近に水が滞留するようであれば、周囲に堆積した土を排除するなど、適切な処置を施す。

#### 柱・梁

- ・木材保護塗料を塗布されている木材を使用している場合には、3～5年に一度、塗り替えることが必要である。塗り替える前には、水洗いをしてよく乾かす。

- ・潮風等により点状のサビが付着した場合には、布・スポンジ・ステンレスたわし等に中性洗剤をつけて拭き取る。
- ・黄褐色のサビが固着している場合には、ステンレス用清掃薬液等で拭き取る。

#### 屋根

- ・屋根を支える梁材の長いキャンティレバータイプの場合は、台風などの強風時には補強用の支持材を取り付けて吹き上げ荷重に対処する。
- ・設計強度によって想定される積雪荷重を越えた時には、雪下ろしを行う。
- ・雨樋が設置されている場合には、雨水が溢れたり逆流して、予期しない水の滞留や浸入を防ぐために、樋内部の清掃を定期的に行う。

#### 接合金物

- ・接合金物（釘等を除く）を使用している場合には、年に数回水洗いをして、空拭きする。
- ・ボルト類がしっかり締められているかを確認し、緩んでいた場合には締め直す。

## 5.2 木製カーポートの設計と試作

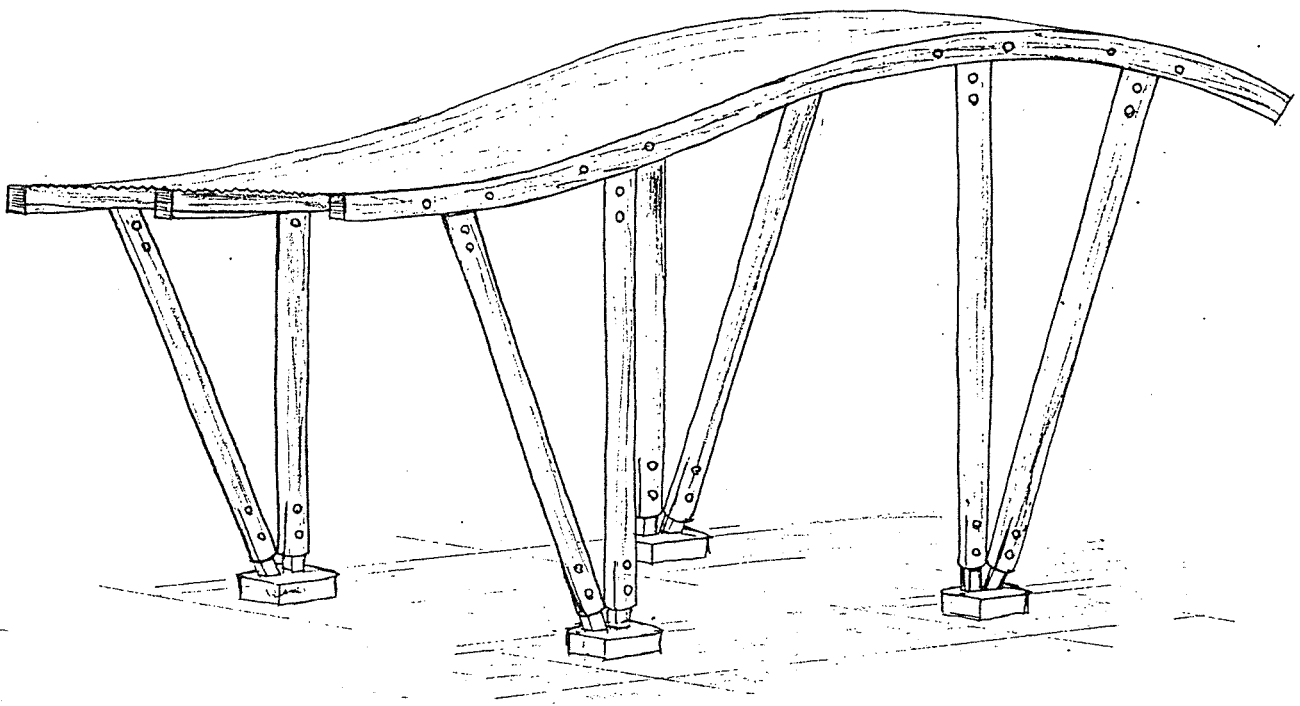
### 1) 集成材と丸太によるカーポートの設計

#### □設計のポイント

集成材は他の木質材料と比較して、曲線を得ることが容易であるため、本設計案では、集成材によって得られる曲線と丸太材のもつ固有な曲面とを融合させて、従来の木製カーポートに無い軽快さを表現することを目的にデザイン設計を行った。都市型住宅のエクステリアに対しても違和感を与えず、風によって浮遊した軽快な屋根を表現したデザインとなっている。

柱脚は耐久性を考慮して、金物を使用して基礎コンクリートから浮かせた。

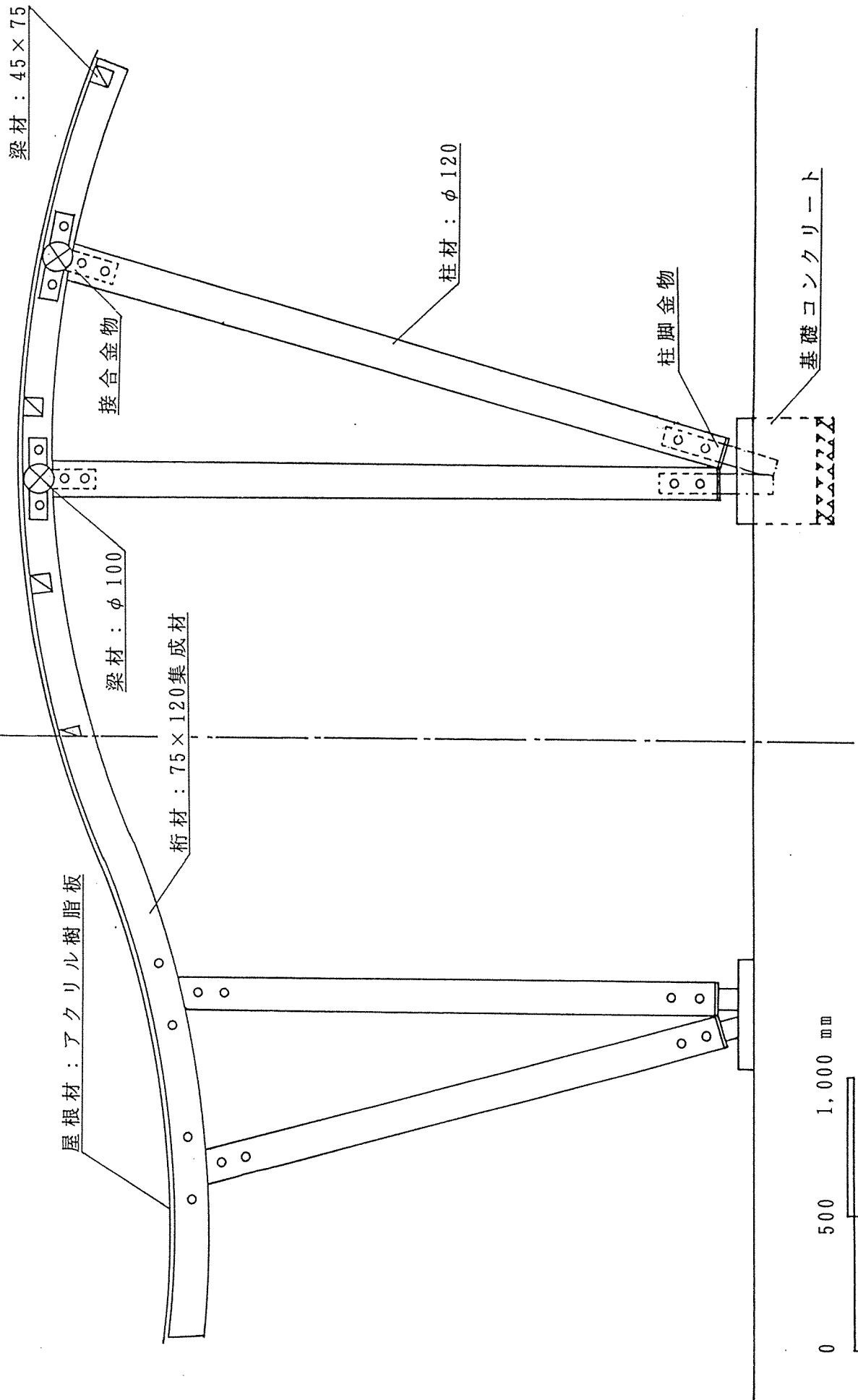
#### □パースペクティブ

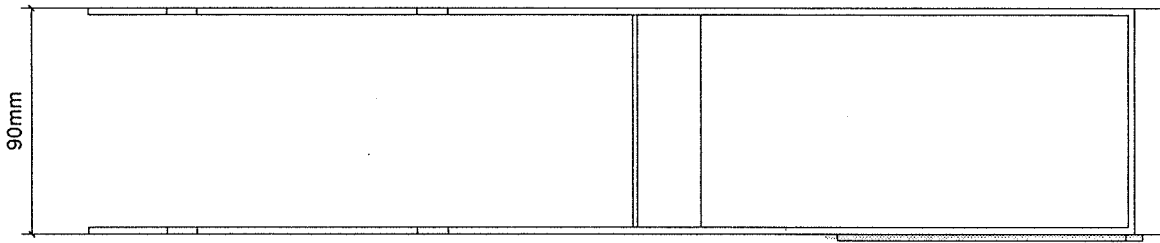




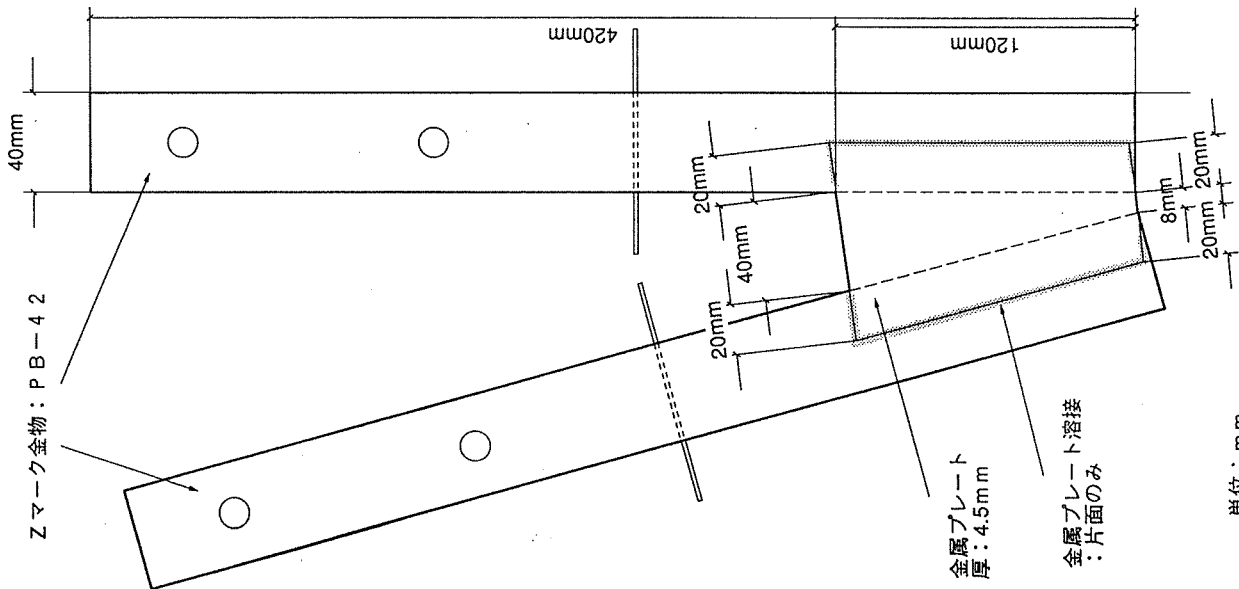
立面図

断面図

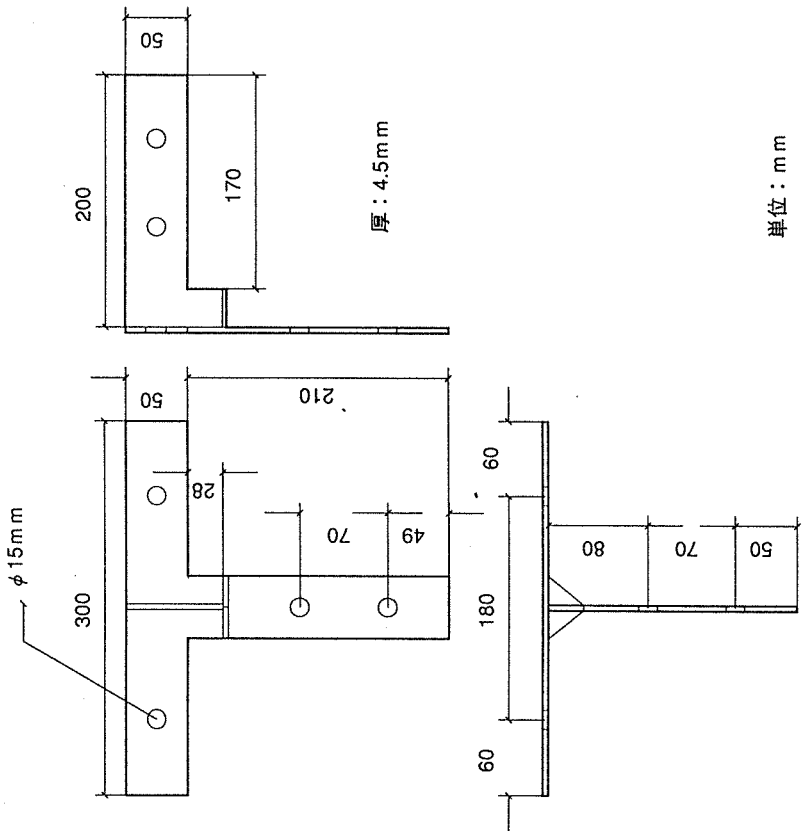




柱脚金物



単位: mm



単位: mm

柱・梁・桁: 接合金物

## 2) LVLによるカーポートの設計試作と性能評価

### 1. 概要

LVLは乾燥単板を同方向に積層しているためソリやネジレ等による狂いが、製材品に比べ少なく、風雨に曝される屋外環境下で長期間使用するのに適した材料であると言える。そこで、本委員会では、厚さ50(mm)のLVL材を構造材として用いた車庫を3種類考案し、その試作品について性能評価試験を行い、LVL材の外向材として用いることによる有益性について検討した。以下、その詳細について記述する。

### 2. 試作品の形状寸法並びに部材設計

LVLを用いた車庫として、①門型車庫、②ヤジロベイ型車庫、③片持ち梁型車庫の3種類のことを考案した。構造材として用いるLVL材の形状および寸法を決定するのに際しては、図1に示すように長方形のLVL単板を単純切削することにより部材が得られるよう配慮した。また、構造材がある程度の大きさの断面形状を

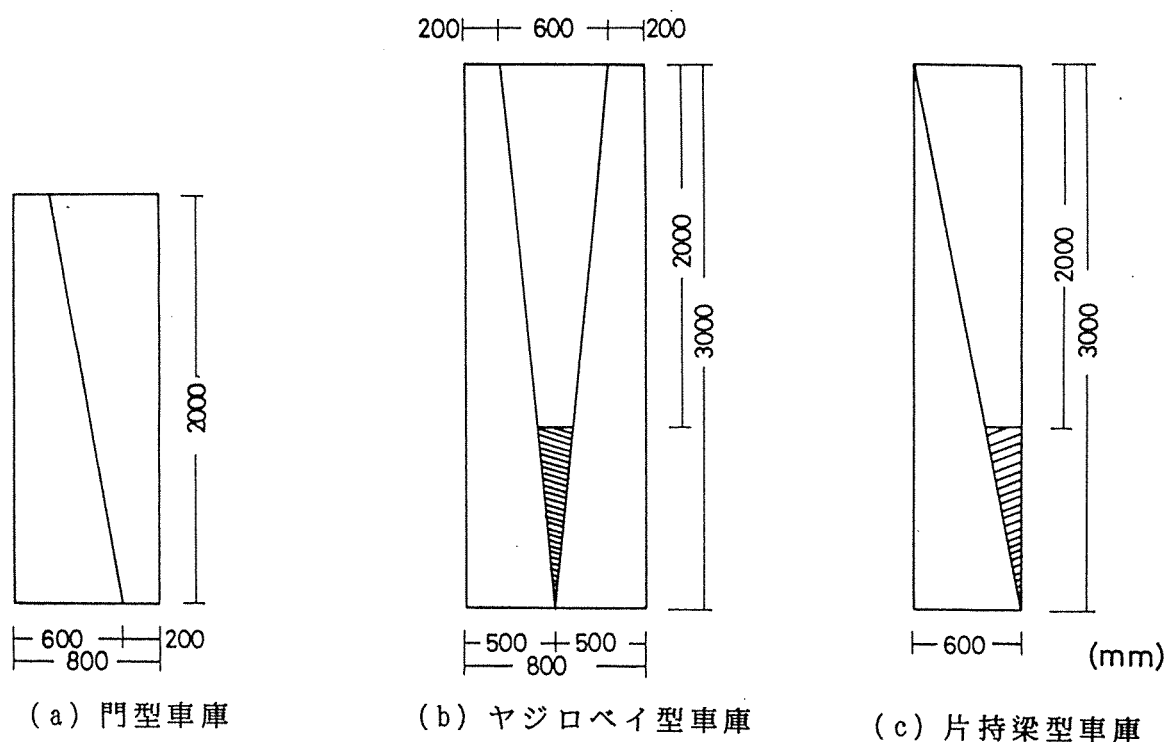
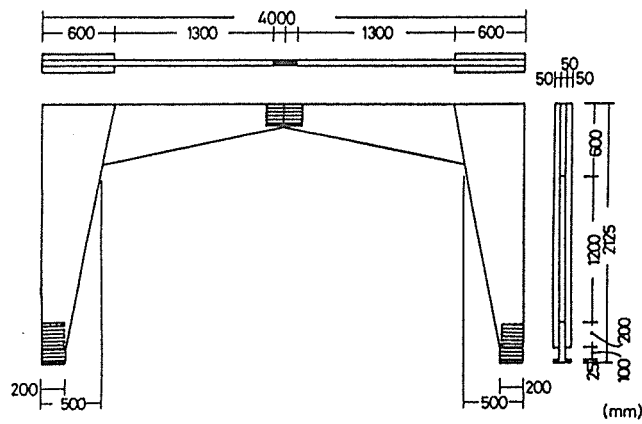


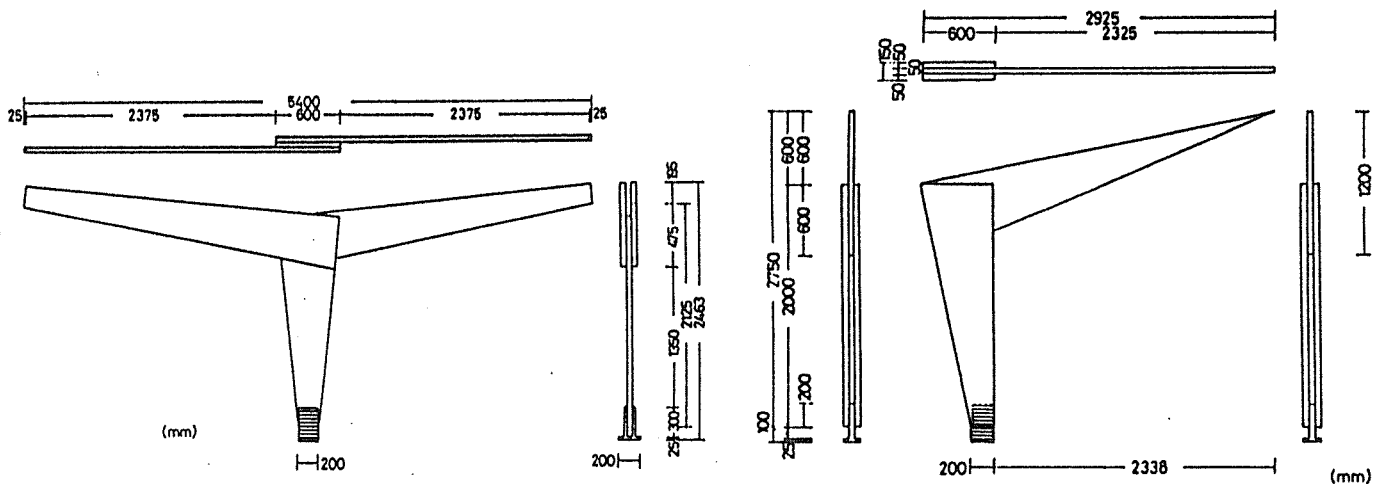
図1 構造材(LVL)の切り出し

有し、視覚的に重厚感のあるものとなるよう部材の断面寸法を決定した。以上のような観点に立ち設計を行った結果、各々の車庫の骨組みの形状は図2のように決定された。

各車庫とも鉛直部材と基礎との接合には金物による接合を用い、鉛直部材と水平



(a) 門型車庫



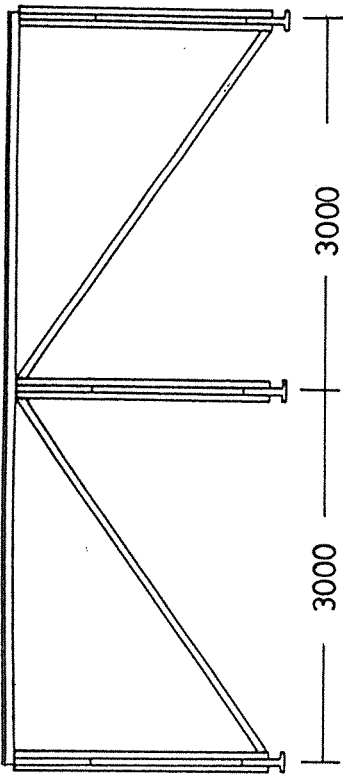
(b) ヤジロベイ型車庫

(c) 片持梁型車庫

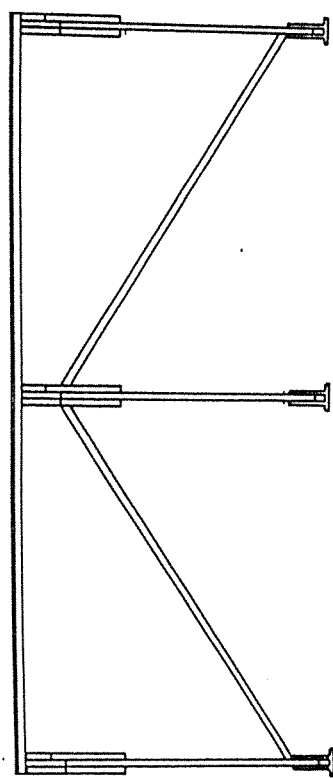
図2 車庫骨組の形状及び寸法

部材の接合には木製ダボによる接合形態を採用した。また、門型車庫については水平部材同志の接合に金物による接合を用いた。各接合部の形状を決定するに当たっては、予測される長期並びに短期荷重に対し、構造材が十分な耐力を保有するよう配慮し、設計を行った。詳細については後に記述する。

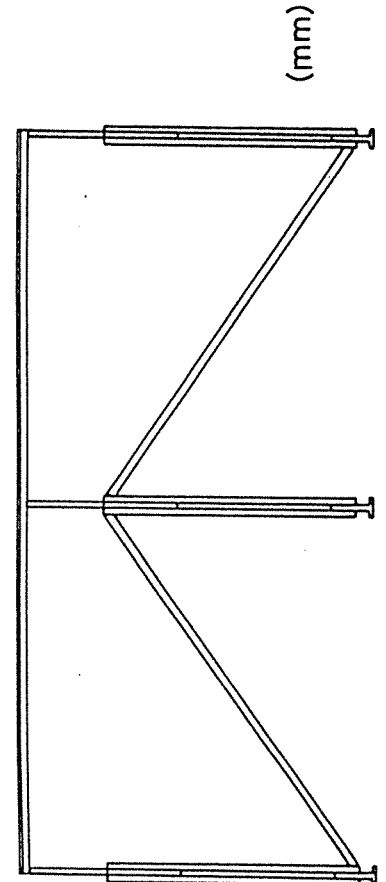
図2に示すLVL材を用いた骨組みを3000mmピッチで3体設置し、骨組みの面外方向からの外力に対し、筋違いをを用いて抵抗するようにした。図3に各車庫の形状の概要を示す。なお、車庫の屋根面には筋違い設置方向と同方向に根太を渡し、同根太上に屋根面材を留め付けるようにした。



(a) 門型車庫



(b) ヤジロベイ型車庫



(c) 片持梁型車庫

図3 車庫の形状及び寸法

### 3. 接合金物の設計

#### 3. 1 概要

長期荷重（固定荷重と積雪荷重）及び短期荷重（風荷重）を考慮し、各々の車庫について接合部の設計を行った。なお、桁行方向については筋違いが荷重に対して抵抗するので、同方向に関しては接合部の強度に関する検定は特に行なわなかった。

#### 3. 2 固定荷重

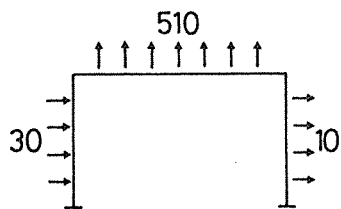
骨組材（LVL）と屋根面材による自重を固定荷重とした。LVLの重量は材の比重を0.6として求めた。また、屋根面材の重量は、単位面積当たり15(kg/m<sup>2</sup>)として計算した。

#### 3. 3 雪荷重

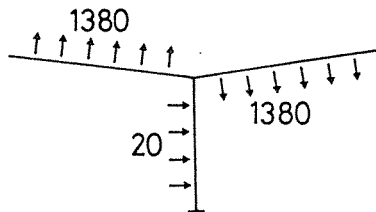
雪が屋根面上に1(m)積もった場合を想定し雪荷重を算出した。単位面積（1m<sup>2</sup>）に1(cm)積雪したときの雪の重量を2(kg)として雪荷重の計算を行った。

#### 3. 4 風荷重

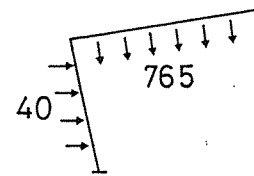
各々の車庫に生じる風荷重は計算により図4のようになる。



(a) 門型車庫

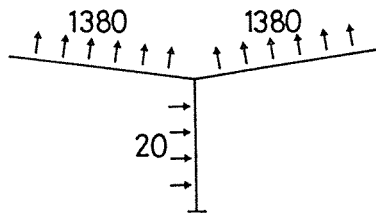


(b) ヤジロベイ型車庫 - 1

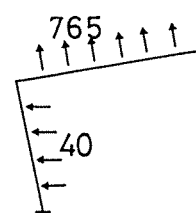


(d) 片持梁型車庫 - 1

(kgf)



(c) ヤジロベイ型車庫 - 2



(e) 片持梁型車庫 - 2

図4 風力荷重

#### 4. 接合金物の形状

##### 4. 1 門型車庫の金物形状

第3章に基づいて接合部の設計を行った結果、門型車庫の脚部接合金物並びに梁間接合金物の形状は図5及び図6のようになった。脚部接合金物に関しては金物自体の重量を低減させるため、金物の鉛直部分を空洞構造とした。以下に述べる他の2タイプの車庫の金物に関しても同様である。

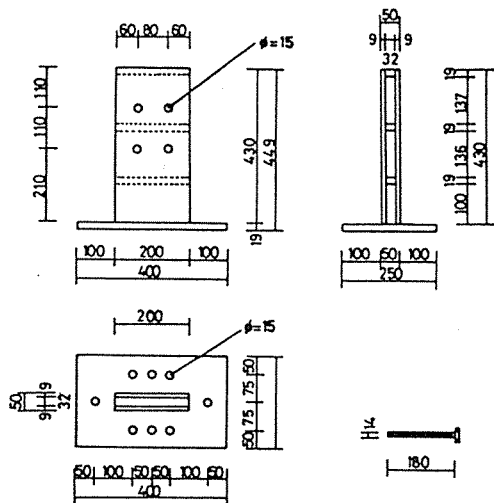


図5 門型車庫の脚部接合金物

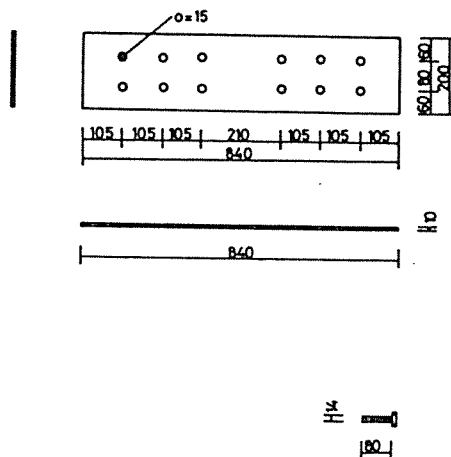


図6 門型車庫の梁間接合金物

##### 4. 2 ヤジロベイ型車庫の金物形状

ヤジロベイ型車庫の脚部接合金物の形状を図7に示す。

##### 4. 3 片持梁型車庫の金物形状

片持梁型車庫の脚部接合金物の形状を図8に示す。

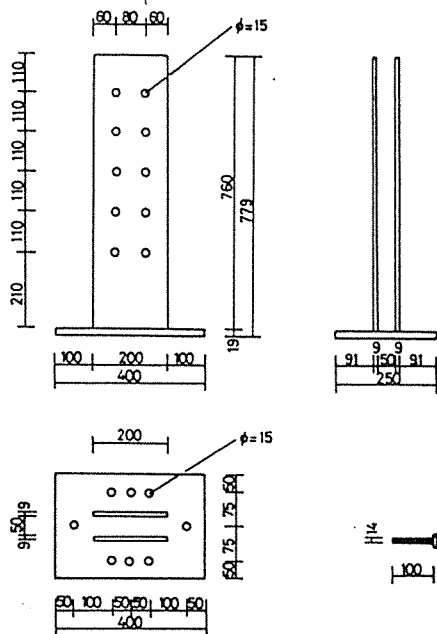


図7 ヤジロベイ型車庫の脚部接合金物

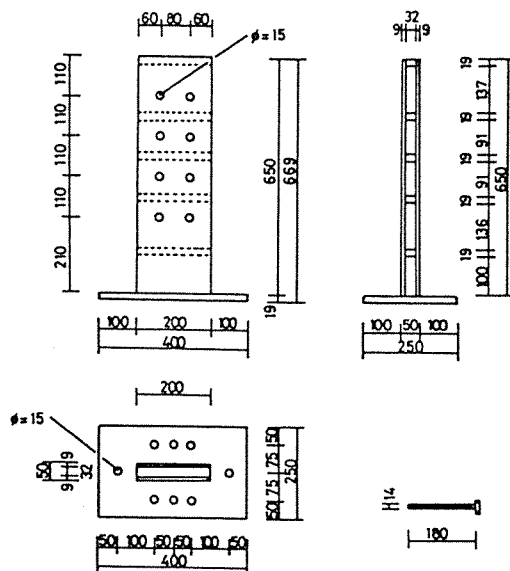


図8 片持梁型車庫の脚部接合金物

## 5. 実験

### 5. 1 実験概要

車庫を構成する骨組構造の脚部接合部の力学的性状を実験的に明らかにした。骨組構造の脚部は各車庫に1種類ずつ計3種類存在する。各々の脚部構造について静的加力試験と自由振動試験を行い、車庫の脚部の剛性と固有振動数を測定した。図9に実験に供した3種類の脚部構造の形状を、また、図10に各試験方法の概要を示す。静的加力試験では脚部構造の最上部に水平方向の荷重を加え、脚部材(LV L材)の水平変位と鉛直変位をそれぞれ2カ所ずつと脚部接合金物の水平変位並びに鉛直変位を同様に各々の2カ所ずつ測定した。また、自由振動試験では脚部構造の最上部に加速度計を設置し、加速度計と同方向に振動を与えたときの脚部構造の応答波をFFTアナライザにより分析し、その卓越周波数を求めた。

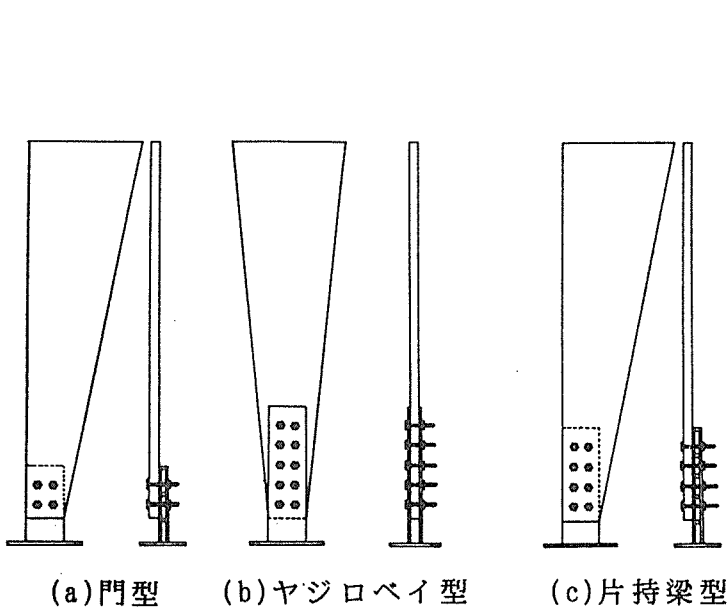


図9 試験体図(脚部構造)

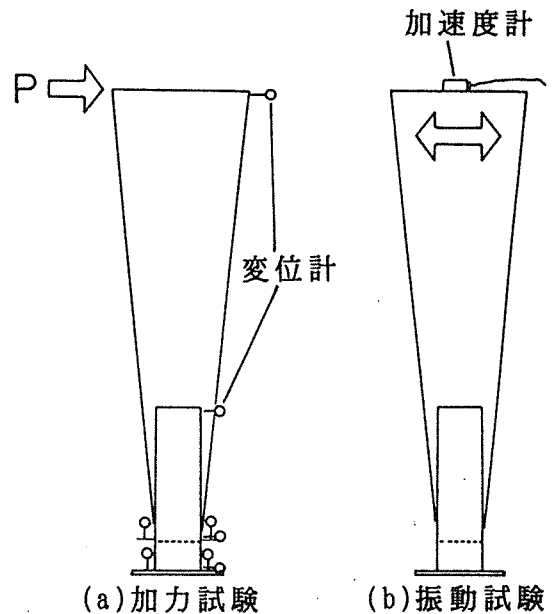


図10 試験方法の概要

### 5. 2 実験結果及び考察

表1に各脚部構造について測定した見掛けの剛性と固有振動数を示す。なお、同表中に記載した見掛けの剛性値は試験体頂部に100(kgf)の荷重を加えたときの頂部の変位を用いて算出した。どの車庫の脚部構造ともその見掛けの剛性は150(kgf/cm)前後であり、脚部形状の違いによる剛性の著しい差は認められなかった。しかしながら、細部についてみると脚部金物の形状が最も大きく、ボルト穴数も最も多かったヤジロベイ型車庫の脚部構造の剛性が最も高い値を示していた。他の2つの車庫の脚部構造の剛性はほぼ等しくヤジロベイ型車庫の脚部構造よりもおよそ1割剛性が低下していた。



表1 車庫脚部構造の力学的特性

車庫種類	剛性値(kgf/cm)	固有振動数(Hz)
門型	142	15.3
ヤジロベイ型	159	16.2
片持梁型	146	15.5

振動試験結果からも同様の結果が得られている。ヤジロベイ型車庫の固有振動数が最も高く、門型車庫と片持梁型車庫の固有振動数はともにヤジロベイ型車庫よりも1(Hz)低い値となっていた。

### 5.3 今後の実験計画

- (1) 柱（鉛直部材）と梁（水平部材）の接合部（ダボ接合を予定）について接合試験を行い、その力学的性状について明らかにする。また、門型車庫については梁－梁接合部についても接合試験を行い同接合部の力学的性状についても検討する。
- (2) 門型・ヤジロベイ型・片持梁型のそれぞれの骨組構造（LVL構造）に対し加力試験と振動試験を行いその力学的性状について実験的に明らかにする。
- (3) 3次元的に組んだ車庫に対し、水平・鉛直両方向に加力試験と振動試験を行う。
- (4) 車庫を構成する部材並びに接合部の耐久性能を明らかにする目的で、実験に供した試験体を暴露試験に供する。

## 5.3 カーポートに係るエネルギー量と炭素量

4本の柱により屋根を支える標準的なタイプの木製カーポート及びアルミ製カーポートを対象に、それらを構成している資材量を推定して総重量を得る。さらに、それらを製造するときに消費されるエネルギー量（以下：消費エネルギー量）及び、そのとき放出される炭素量（以下：炭素放出量）を試算する。

ここでは資材そのものが成分として保有している炭素量（以下：炭素固定量）から、炭素放出量を差し引いた値を炭素ストック量とする。

消費エネルギー量、炭素放出量の算定は、既往の研究により様々な値が提出されているが、概ねオーダーは一致している。しかし、アルミニウムのように、国外で発生する消費エネルギー量・炭素放出量を考慮する場合としない場合とで大きく値の異なる材料や、木材でも人工乾燥材と天然乾燥材とでは値が異なるため、それぞれの値を使用して試算を行った。下表に参考値を示す。

参考表 消費エネルギー量・炭素放出量の原単位

素材区分	資材種類 (比重)	消費エネルギー 原単位 Kcal/kg	炭素放出量 原単位 kg-C/kg	炭素固定量 原単位 kg-C/kg
木材	天然乾燥材Ⅰ	137 *2'	0.0078 *2'	0.5 *2'
	天然乾燥材Ⅱ	358 *3	0.03 *3'	0.5 *3'
	人工乾燥材Ⅲ	689 *3	0.056 *3'	0.5 *3'
アルミニウム	Ⅰ	10528 *2	0.616 *2	0 *3
	Ⅱ	103899 *3	8.7 *3	0 *3
セメント		908 *2	0.225 *2	0
	モルタル(1.9)	353 *2'	0.0287 *2'	0
	コンクリート(2.3)	478 *2'	0.0522 *2'	0
鉄	粗鋼	5657 *2	0.515 *2	
		8360 *3	0.7 *3	0.0019 *3'
	金具・金物	7400 *1	2.2100	0と仮定
プラスチック	塩化ビニル	9810 *1	2.9298	

\* 1 「ライフサイクルエネルギーに関する調査研究」 科学技術庁 1979.4

\* 2 「建設業の資源消費量解析と環境負荷の推定」 大林組地球環境部 1991.1

\* 2' 上記資料の値より算定

\* 4 「地球温暖化防止と木材利用」 住宅と木材 大熊幹章 1991.4

\* 4' 上記資料の値より算定

□カーポートを構成する部材に係るエネルギー量

○木製カーポート：

基礎コンクリート  $0.5\text{m} \times (0.4\text{m} \times 0.4\text{m} - 0.12\text{m} \times 0.12\text{m}) \times 4\text{=} = 0.2912\text{m}^3$

$0.2912\text{m}^3 \times 2.3\text{t}/\text{m}^3 \times 10^3 = \underline{669.76\text{kg}}$

$669.76\text{kg} \times 478\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{320145.3\text{Kcal}}$

木材（一式）  $214\text{kg} - 14\text{kg}$ （梱包材等） $- 6\text{kg}$ （金物） $= \underline{194\text{kg}}$

$194\text{kg} \times 137\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{26578 \text{ Kcal}}$  - (I)

$194\text{kg} \times 689\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{133666 \text{ Kcal}}$  - (III)

塩ビ板（屋根）  $5.09\text{m} \times 2.7\text{m} \times 0.001\text{m} = 0.013743\text{m}^3$

$0.013743\text{m}^3 \times 1.4\text{t}/\text{m}^3 \times 10^3 = \underline{19.24\text{kg}}$

$19.24\text{kg} \times 9810\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{188744.4\text{Kcal}}$

接合金物（一式） 6.00kg

$6\text{kg} \times 7400\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{44400 \text{ Kcal}}$

消費エネルギー量  $0.5799 \times 10^6\text{Kcal} \sim 0.687 \times 10^6\text{Kcal}$

○アルミ製カーポート：

基礎コンクリート  $0.45\text{m} \times (0.4\text{m} \times 0.4\text{m} - 0.1\text{m} \times 0.1\text{m}) \times 4\text{=} = 0.27\text{m}^3$

$0.27\text{m}^3 \times 2.3\text{t}/\text{m}^3 \times 10^3 = \underline{621\text{kg}}$

$621\text{kg} \times 478\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{296838 \text{ Kcal}}$

アルミ材（一式）  $141.9\text{kg} - 10\text{kg}$ （梱包材等） $- 3\text{kg}$ （金物） $= \underline{128.9\text{kg}}$

$128.9\text{kg} \times 10528\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{1357059.2\text{Kcal}}$  - (I)

$128.9\text{kg} \times 103899\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{13392581.1\text{Kcal}}$  - (II)

塩ビ板（屋根）  $5.09\text{m} \times 2.7\text{m} \times 0.001\text{m} = 0.013743\text{m}^3$

$0.013743\text{m}^3 \times 1.4\text{t}/\text{m}^3 \times 10^3 = \underline{19.24\text{kg}}$

$19.24\text{kg} \times 9810\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{188744.4\text{Kcal}}$

接合金物（一式） 3.00kg

$3\text{kg} \times 7400\text{Kcal}/\text{kg} = \underline{22200 \text{ Kcal}}$

消費エネルギー量  $1.865 \times 10^6\text{Kcal} \sim 13.900 \times 10^6\text{Kcal}$

□カーポートを構成する部材に係る炭素量

cf. 炭素ストック量 = 炭素固定量 - 炭素放出量

○木製カーポート：

基礎コンクリート	$669.76\text{kg} \times 0.0522\text{kg-C/kg} =$	<u>34.96kg-C</u>
木材（Ⅰ）	$194\text{kg} \times 0.0078\text{kg-C/kg} =$	<u>1.51kg-C</u>
木材（Ⅲ）	$194\text{kg} \times 0.056\text{kg-C/kg} =$	<u>10.86kg-C</u>
木材（炭素固定量）	$194\text{kg} \times 0.5\text{kg-C/kg} =$	<u>97.00kg-C</u>
塩ビ板	$19.24\text{kg} \times 2.9298\text{kg-C/kg} =$	<u>56.37kg-C</u>
接合金物（一式）	$6\text{kg} \times 2.2100\text{kg-C/kg} =$	<u>13.26kg-C</u>

炭素放出量	<u>106.10kg-C ~ 115.45kg-C</u>
炭素固定量	<u>97.00kg-C</u>
炭素ストック量	<u>-9.10kg-C ~ -18.45kg-C</u>

○アルミ製カーポート：

基礎コンクリート	$621\text{kg} \times 0.0522\text{kg-C/kg} =$	<u>32.29kg-C</u>
アルミ材（Ⅰ）	$128.9\text{kg} \times 0.616\text{kg-C/kg} =$	<u>78.11kg-C</u>
アルミ材（Ⅱ）	$128.9\text{kg} \times 8.7\text{kg-C/kg} =$	<u>1121.43kg-C</u>
塩ビ板	$19.24\text{kg} \times 2.9298\text{kg-C/kg} =$	<u>56.37kg-C</u>
接合金物（一式）	$3\text{kg} \times 2.2100\text{kg-C/kg} =$	<u>6.63kg-C</u>

炭素放出量	<u>173.40kg-C ~ 1216.72kg-C</u>
炭素固定量	<u>0kg-C</u>
炭素ストック量	<u>-173.40kg-C ~ -1216.72kg-C</u>

## 6. 木製ポット内の土壌の温度と水分の測定

### 1. はじめに

園芸用の鉢は素焼きの陶器が、ポットはプラスチック製のものが多いが、最近は木製やコンクリート製のプランタンやポットも見られるようになったきた。こうした材料の異なるポットやプランタンの土壌中の温度や水分特性についてはほとんど知られていない。そこで、ここでは木製のポットとコンクリート製ポット中の土壌温度と含水率について測定した。

### 2. 実験材料及び方法

実験に用いたポットは木製（スギ）とコンクリート製で、ともに一辺が36 cm（外径）、高さが42.5 cm（外径）の四角い箱で、板の厚さは3 cmである（図1）。底部の中央に排水用の穴が1コ開いている。

実験に用いた土は市販の園芸用のもので純粋に土だけではなく、いろんなものが混入していた。含水率は100%前後であった。

実験は図1に示すように、箱の表面から約10 cmのところまで土を入れ、箱の中央部分の土の表面、表面から約10 cm及び約20 cm中に入った所の温度を銅-コンスタントンの熱電対を用いて測定した。測定はポットを屋内に置いた場合と屋外に置いた場合についてそれぞれ約1週間（屋内：1993.1.26～2.2，屋外：1993.2.24～3.3）行なった。屋外では、芝生の上に木柱を置きその上にポットを並べて置いた。

### 3. 結果

#### 3.1 ポットを屋外に置いた場合

図2，3に木製ポットの場合の、図4，5にコンクリート製ポットの場合の各部位における土壌温度の変化を示す。図中の丸印は土壌表面、四角は表面から10 cm，三角は表面から20 cm中に入った所の温度を表わしている。図6，7は外気温の変化を示したものである。図の横軸は1日の24時間サイクルになっている。縦軸の温度スケールは $-2^{\circ}\text{C}$ から $12^{\circ}\text{C}$ の範囲であるので、表面温度がオーバースケールしている場合がある。

1993年2月25日の最高温度、最低温度およびその時刻、位相差、日較差を表1に、図2～5に示した土壌中の5つの最高温度および最低温度から求めた土壌中の温度較差を表2に示す。表1と表2の温度較差に若干違いがあるが、これは表1が測定チャートから求めに対し、表2は図2～5から求めたためである。

図2～7（1週間の測定）、表1，2から次のことが認められる。

- 1) 表面温度について：コンクリート製の場合が木製の場合より最低温度が低い。  
木製の場合には $0^{\circ}\text{C}$ 以下になることがなかったが、コンクリート製の場合には3回（2/24～2/25，2/27，3/1～3/2） $0^{\circ}\text{C}$ 以下を記録した。
- 2) コンクリート製の土壤中の温度（表面から10 cmと20 cmの所（□，△）とも）は表面温度から約12時間遅れで，比較的規則的な変化をしている。すなわち，両者は位相のずれ，最高最低温度もほとんど近い値を示し，部位の違いがあまり見られない。  
木製の場合は部位による違いが表われている。
- 3) 土壤中の最高温度と最低温度の差は木製の場合がコンクリート製の場合より若干小さい。それは表面から20 cmのところの方が10 cmの所より顕著である（表1,2）。

### 3.2 ポットを屋内に置いた場合

図8，9に木製ポットの場合の，図9，10にコンクリート製ポットの場合の各部位における土壤温度の変化を示す。記号は屋外の場合と同様である。図8，9の太い実線は室内の温度変化である。

屋外の場合ほど外気温の変化がないので，木製ポットとコンクリート製ポットとの違いはあまり見られないが，コンクリート製の場合が木製の場合より部位による温度差〔土壤表面（○），表面から10 cmのところ（□），20 cmのところ（△）〕が明らかである。木製の場合は土壤中の部位による温度差はほとんど見られない。

表3に木製とコンクリート製ポット中の土壤の表面含水率の経時変化を示す。含水率はそれぞれのポットから数グラムの試料を3個ずつ採取し，全乾法で測定した。以下，含水率の測定はこの手順，方法によった。

表から見られるように，コンクリート製ポットの土壤の含水率は木製の場合より時間の経過による含水率の低下が大きい。

表4に実験開始23日後のポット内の土壤の含水率分布を示す。表から見られるように，コンクリート製ポットと木製ポットで含水率が異なるのは表面から4～5 cmのところまでで，それ以下では両者に違いは見られない。

表3，4に見られるように，木製ポットとコンクリート製ポットで土壤の含水率（表面部分）に違いが見られたが，これが何に起因しているのかを調べるために，次の2つの実験（図12）を行なった。実験①：各ポットの内側にビニールシートを張り，ポットの上端から10 cmのところまで土を入れ屋内に静置し，土壤含水率の経時変化を測定した。②：ポット一杯に土を入れて①の場合と同じように屋内に静置し，土壤含水率の経時変化を測定した。この場合，箱に接する部分と箱の中央

部分から試料を採取した。それぞれの場合の結果を表5, 6に示す。箱の内側にビニールシートを張た場合には木製とコンクリート製ポットで含水率の変化に差異はほとんど見られなかった。また、ポットに土を一杯入れた場合、それぞれの箱の壁に接する所ではコンクリート製の場合が低い値を示した。箱の中央部の値では13日後ではコンクリート製と木製で違いはないが、22日後では若干差異が見られた。これについては更に検討を要する。

表3, 4で示したコンクリート製ポットの土壌含水率が木製ポットのそれより低いのはポットの上端から土までの10 c mの空間が何等らかの影響を与えているように思われる。

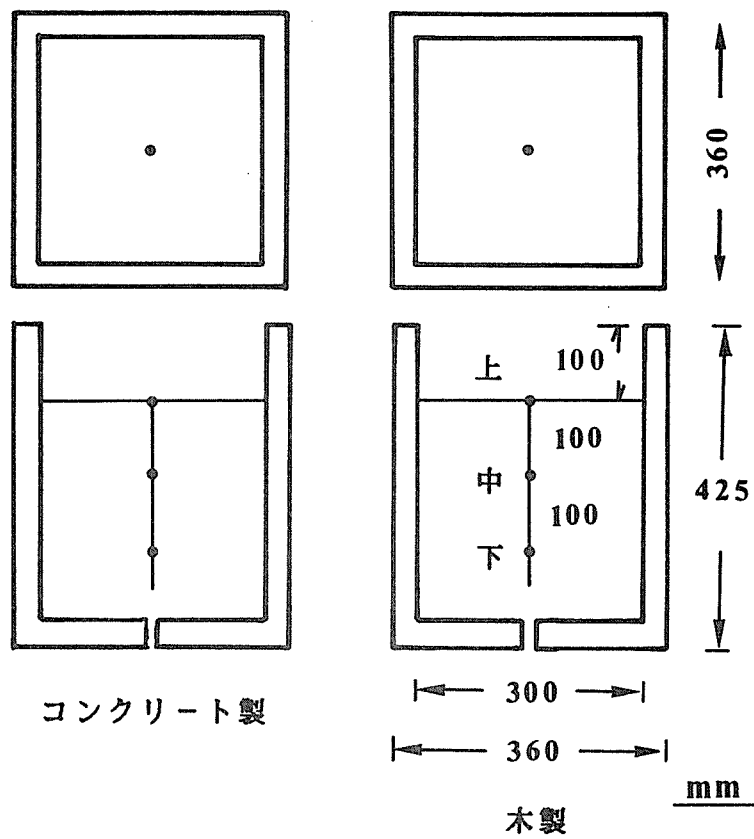


図1 実験に用いたポットの形状寸法  
 と土壌温度の測定位置



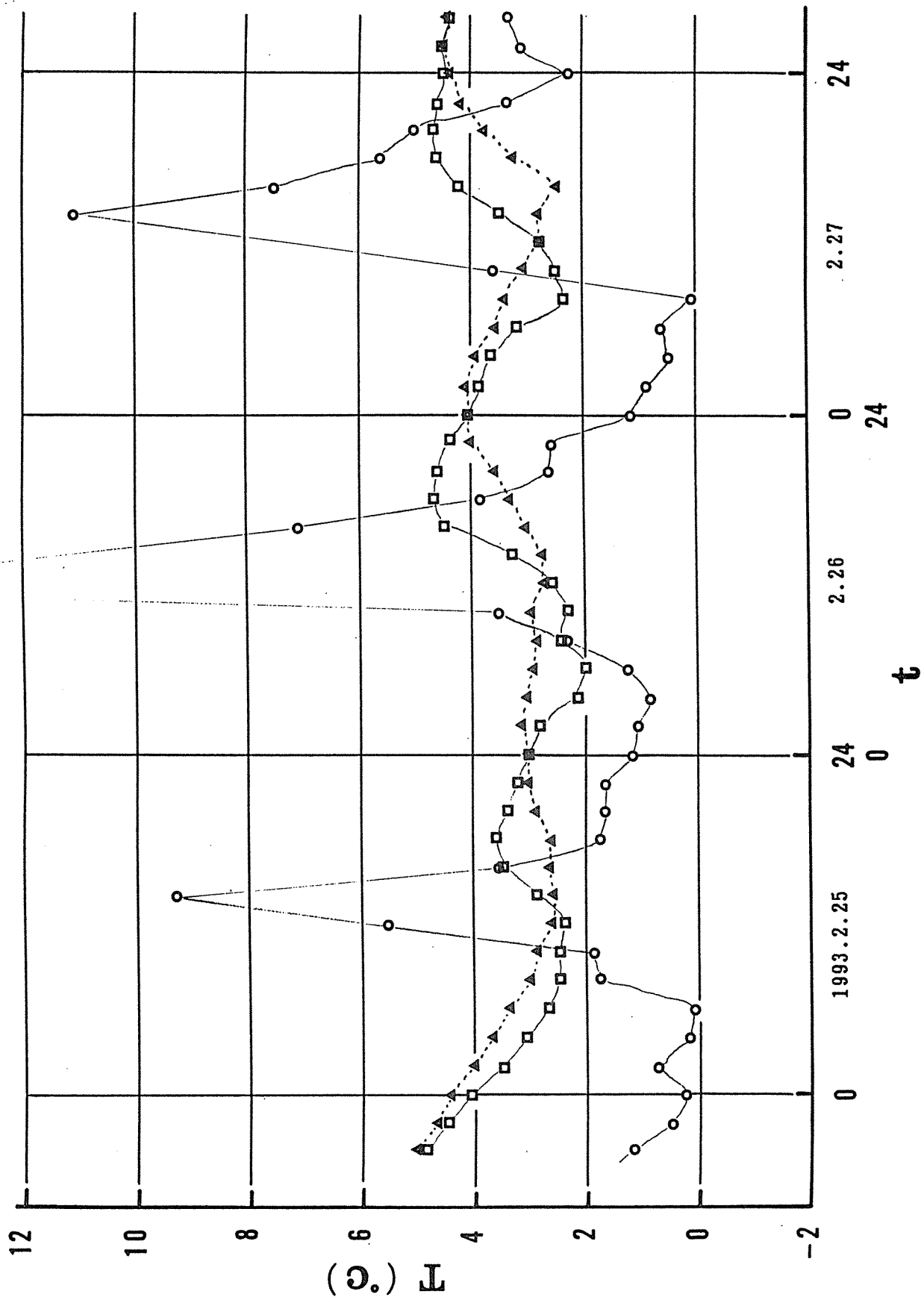


図2 木製ポット内の土壌温度の変化(屋外)

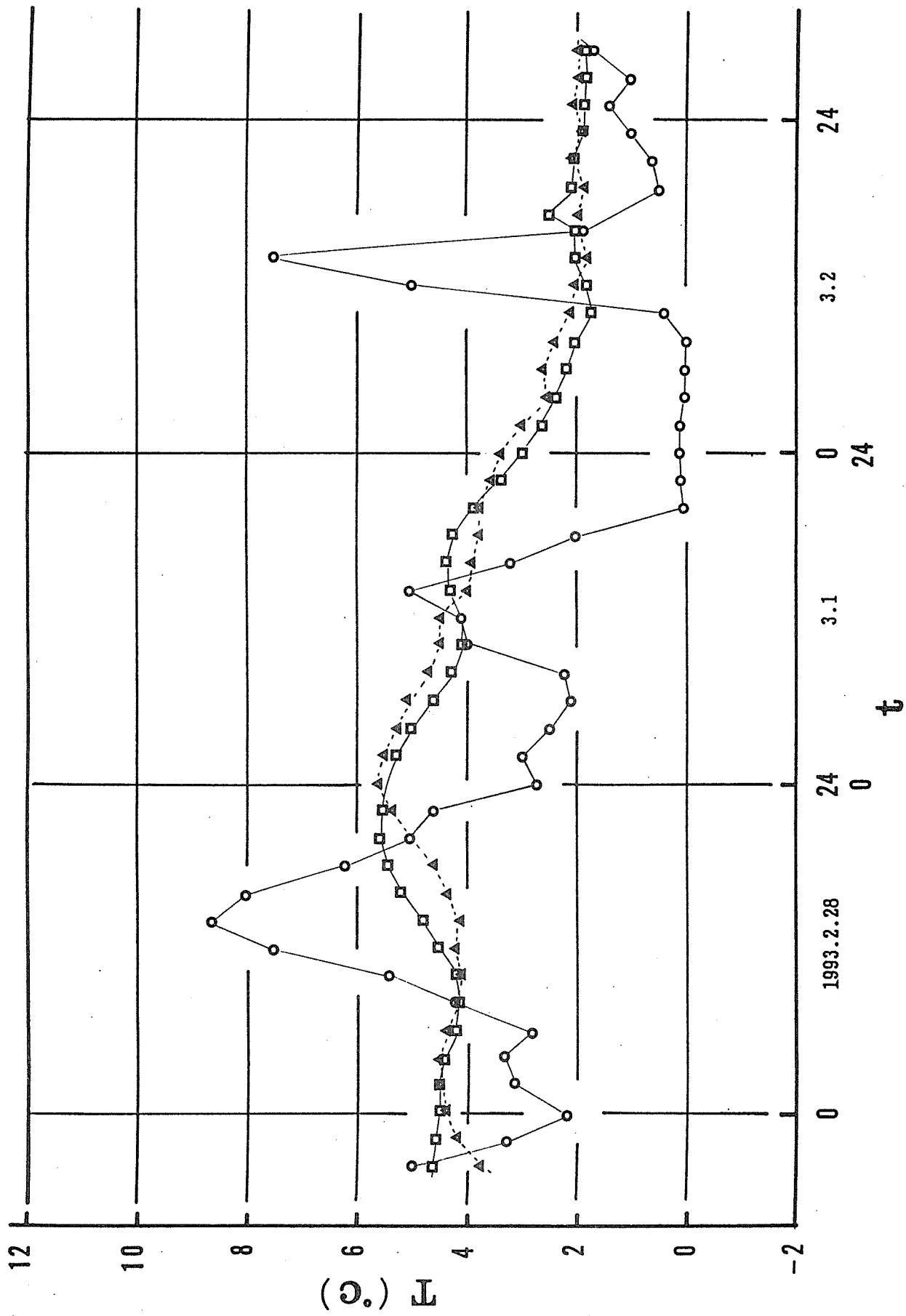


図3 木製ポット内の土壌温度の変化(屋外)(図2の続き)

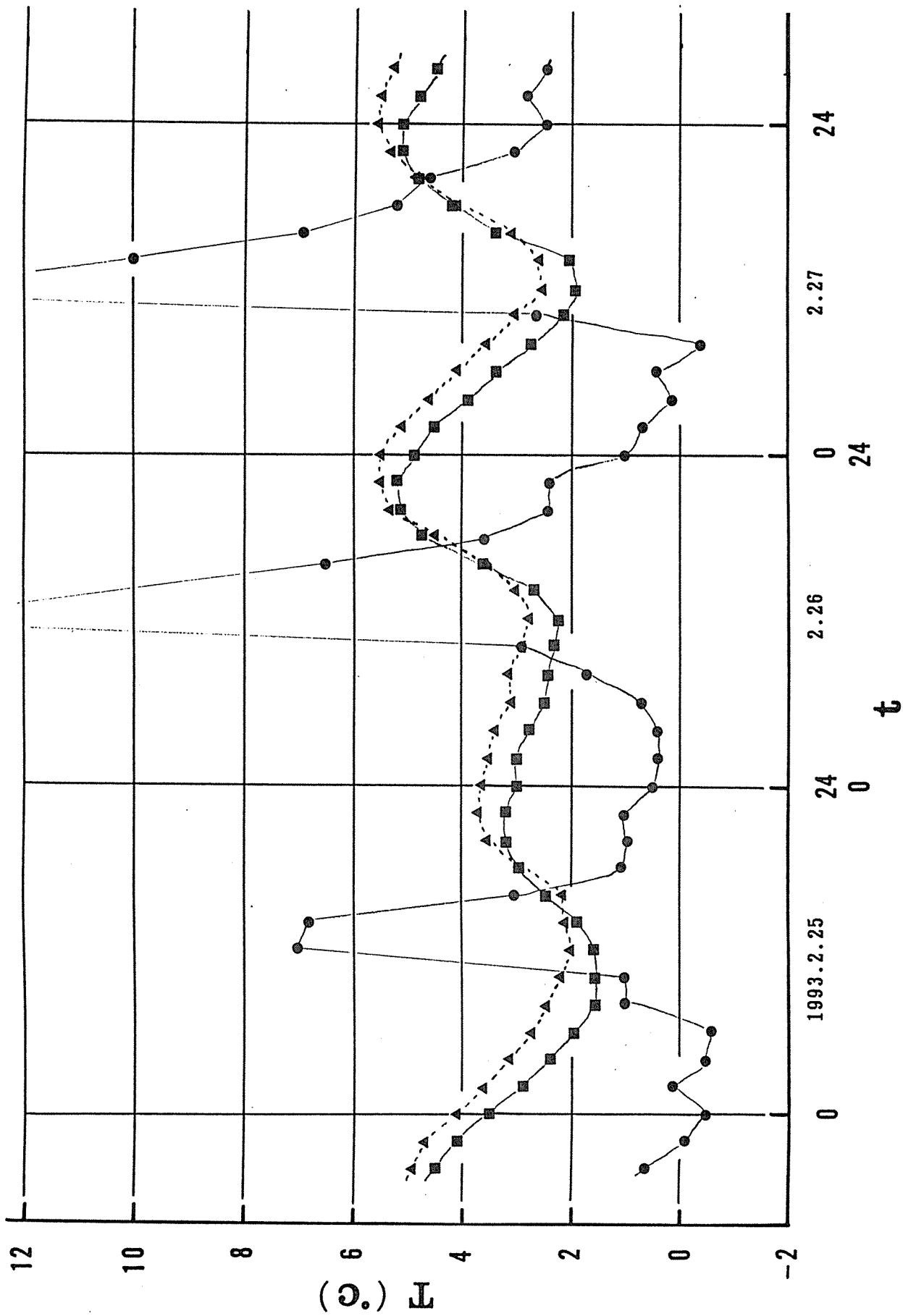


図4 コンクリート製ポット内の土壌温度の変化(屋外)

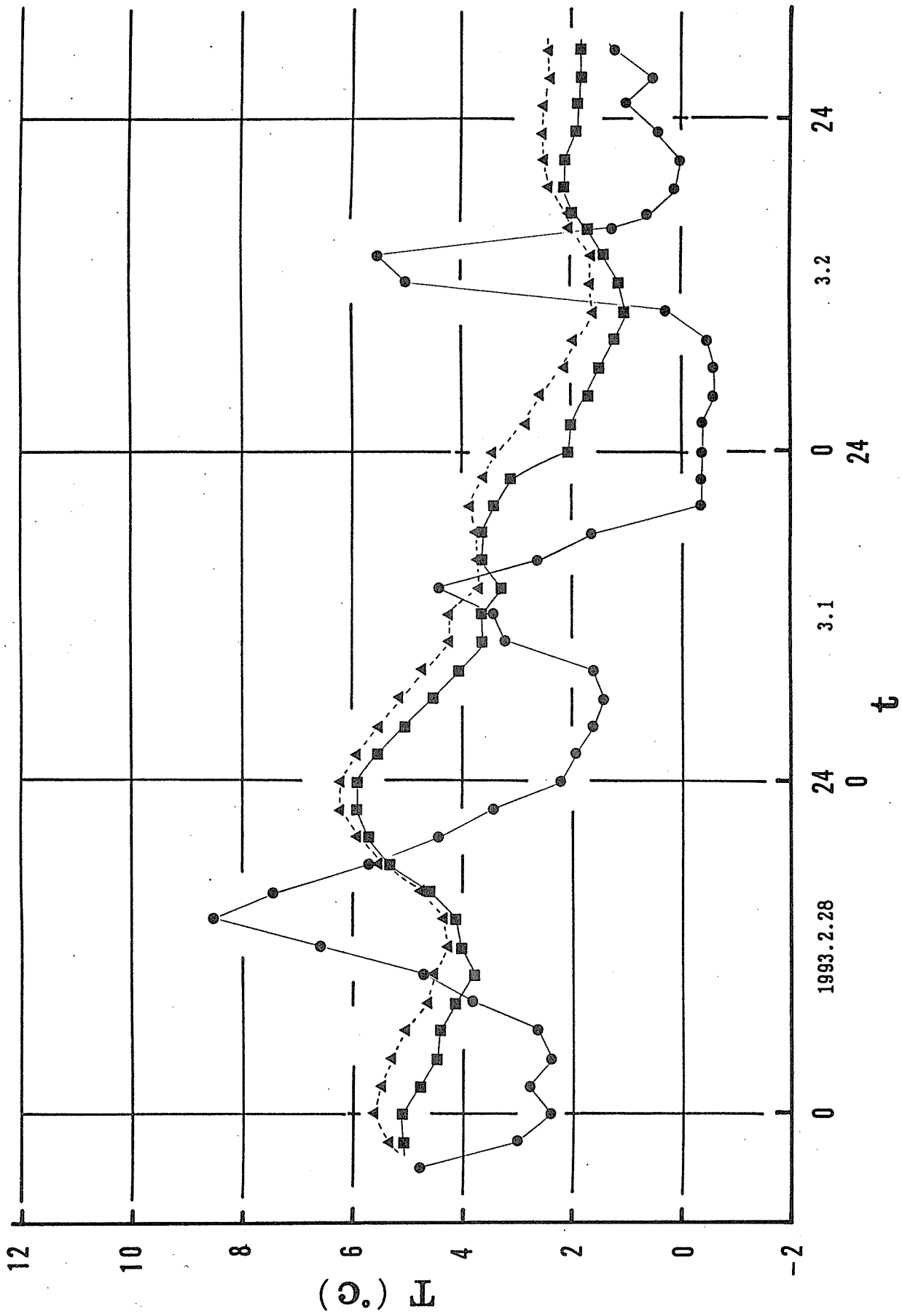


図5 コンクリート製ポット内の土壌温度の変化(屋外) (図3の続き)

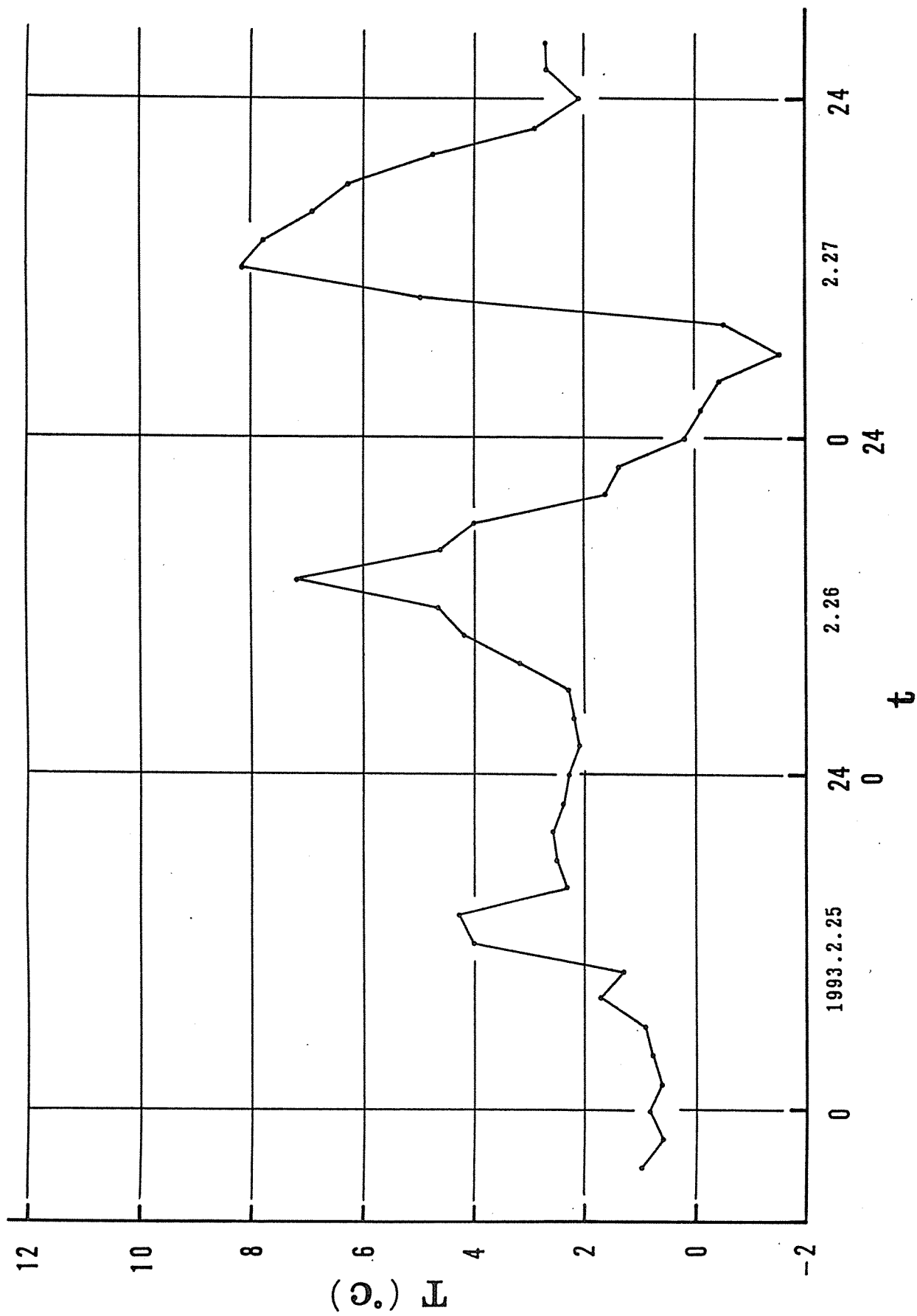


図6 外気温の変化

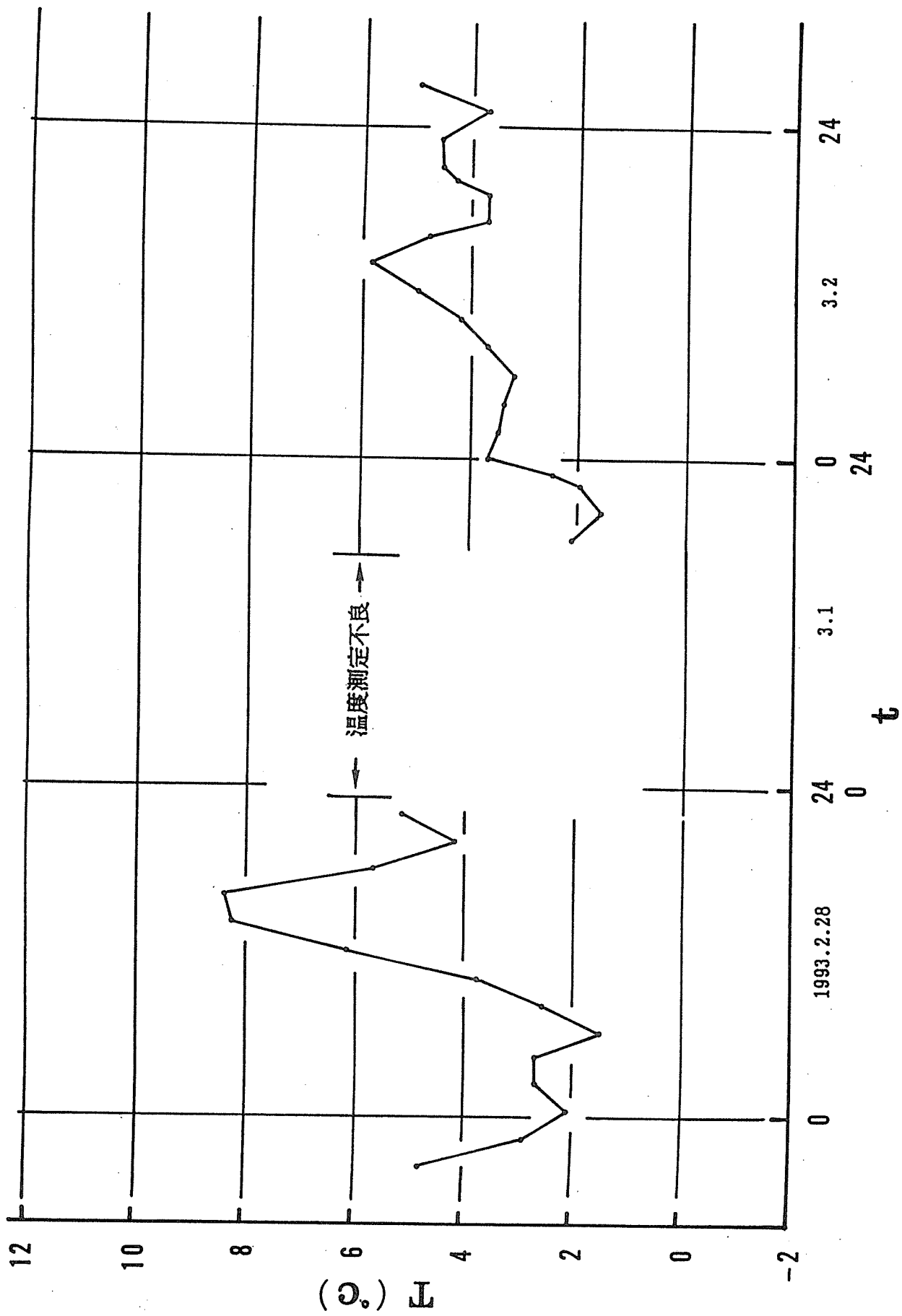


図7 外気温の変化 (図4の続き)

表1 木製ポットとコンクリート製ポットの最高・最低温度とその時刻, 位相差, 日較差 (1993.2.25) (屋外)

		最高温度				最低温度				日較差
		温度(°C)	時刻	位相差(時間)		温度(°C)	時刻	位相差(時間)		
				1	2			1	2	
木製	上	18.5	13:54	0;48	-	-0.2	5:35	0;11	-	18.7
	中	3.7	17:24	4;18	3;30	2.4	11:58	6;34	6;23	1.3
	下	3.2	26:02	12;56	12;08	2.5	13:48	8;24	8;24	0.7
コンクリート製	上	12.0	12:54	-0;12	-	-0.5	6:36	1;12	-	12.5
	中	3.4	19:56	6;50	7;02	1.5	9:40	4;16	3;04	1.9
	下	3.8	22:48	9;42	9;52	1.9	13:24	8;00	6;48	1.9

註) 外気温: 最高; 6.4°C (13:06), 最低; (5:24)  
 上, 中, 下はそれぞれ土壌表面, 表面から10cm及び20cmのところ  
 位相差: 1は外気温の最高または最低温度を示す時刻との差, 2は土壌表面の最高または最低温度を示す時刻との差を示す。

表2 木製ポットとコンクリート製ポット  
土壌中の温度較差

ポットの部位 <sup>1)</sup>	ポット種類	2/25	2/26	2/27	2/28	3/1	平均値
中	木製	1.6	2.4	0.4	1.5	2.7	1.72
	コン <sup>2)</sup>	1.0	3.3	1.3	2.7	2.6	2.18
下	木製	0.4	1.7	0.4	0.9	2.0	1.08
	コン <sup>2)</sup>	0.9	2.9	1.3	2.5	2.2	1.96

註: <sup>1)</sup>; 図1参照, <sup>2)</sup>; コンクリート製ポット  
 この表の値は図2, 3, 5, 6から求めたものである  
 ので測定チャートから求めた表1の値とは若干異なる  
 ところがある。







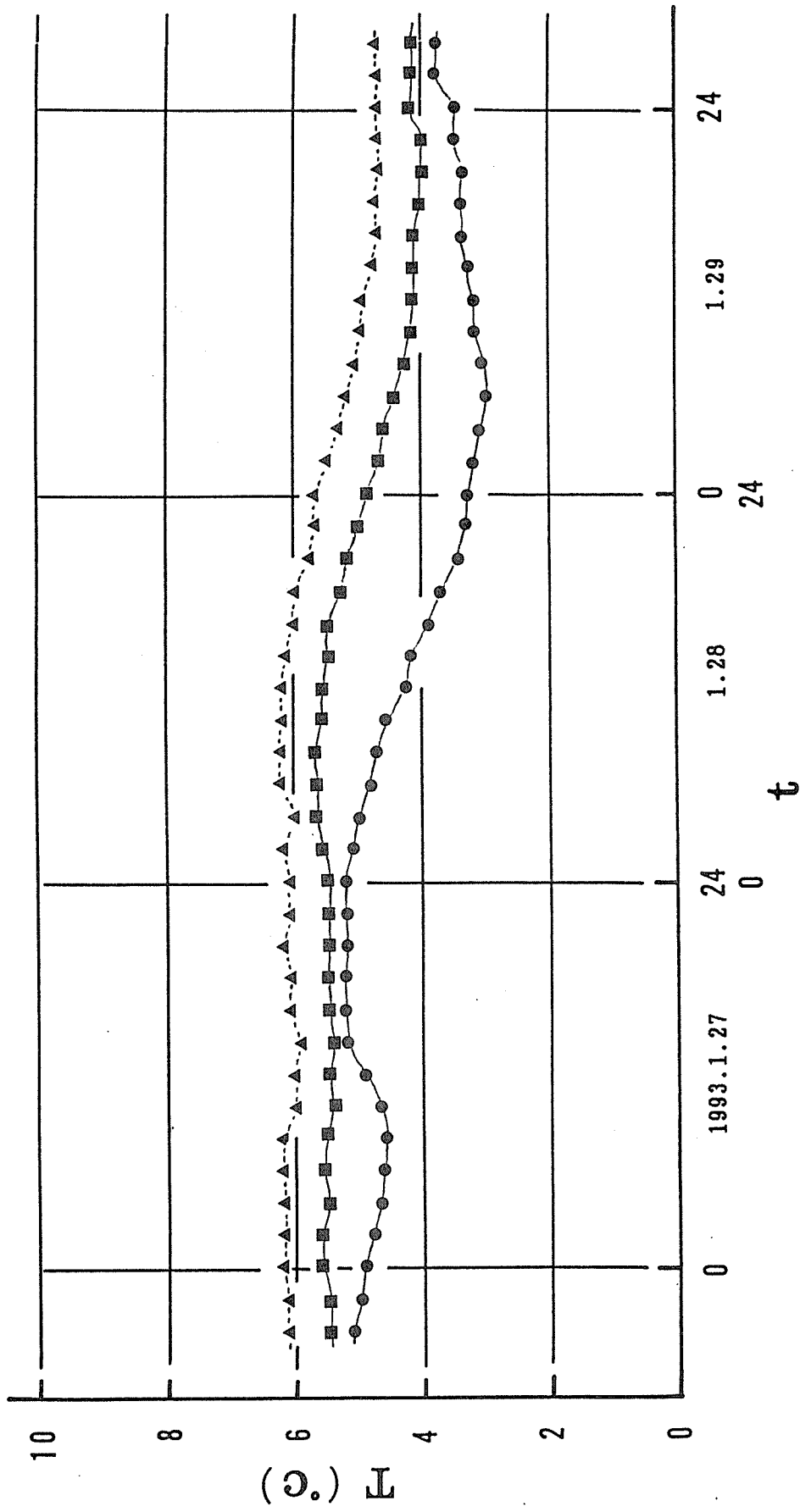


図10 コンクリート製ポット内の土壌温度の変化(屋内)

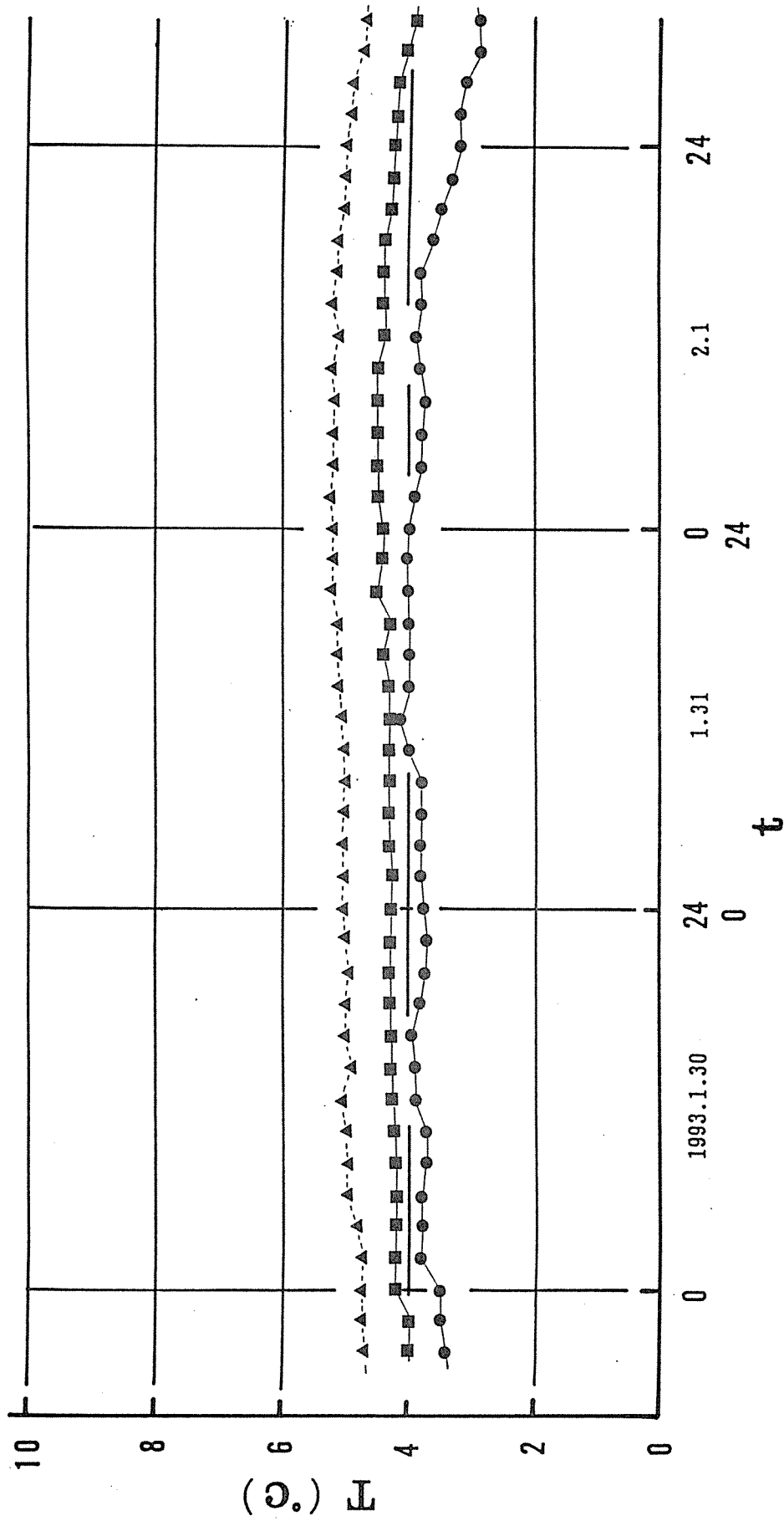


図11 コンクリート製ポット内の土壌温度の変化(屋内)(図10の続き)

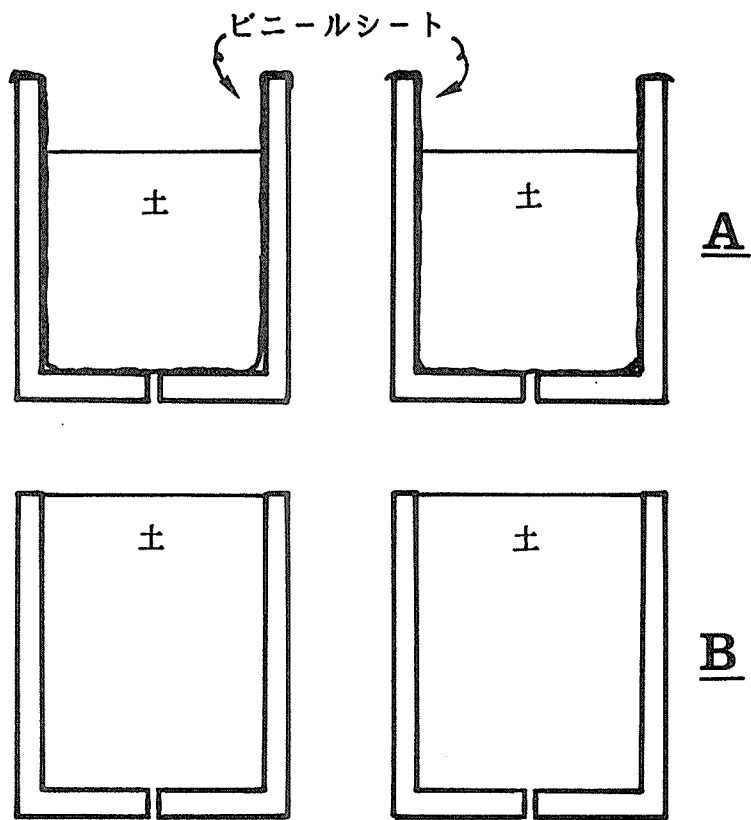


図12 ポットの内側にビニールシートを張った場合(A)  
とポット一杯に土を入れた場合(B)

表3 土壌の表面含水率の変化（屋内）

月 日	経過日数（日）	木製	コンクリート製
1月25日	0	95.8	93.5
1月27日	2	72.8	62.3
1月29日	4	71.3	44.9
2月09日	15	65.3	24.2
2月17日	23	58.8	21.5

註）単位：（％）

表4 ポット中の土壌の含水率分布（屋内）

表面からの深さ（cm）	木製	コンクリート製
0	58.8	21.5
2	75.1	80.4
4	80.6	86.9
10	94.5	89.2
15	87.6	90.5
20	94.9	95.2

註）単位：（％），実験開始23日後の値

表5 ポットの内側にビニールシートを張った  
場合の土壌の表面含水率の変化（屋内）

経過日数（日）	木製	コンクリート製
0	105.5	107.1
6	95.6	105.8
13	88.3	74.4
22	60.8	68.5

註）単位：（％）

表6 ポットの口まで土を入れた場合の  
土壌表面含水率の変化（屋内）

経過日数（日）	木製		コンクリート製	
	側面 <sup>1)</sup>	中央 <sup>2)</sup>	側面	中央
0	103.7	103.7	111.1	111.1
6	108.2	105.5	81.4	79.2
13	87.8	85.8	70.4	81.0
22	52.2	72.3	47.8	61.1

註）単位：（％）

<sup>1)</sup>：ポットの壁面に接するところ、

<sup>2)</sup>：ポットの中央部分

## 7. 小さな法面、擁壁への木材利用

近年、都市周辺の無機質の空間に木材を外構材として用い、柔らかい潤いをもたそうという試みや、各地域活性や街作りとしての木材の外構がみられるようになってきた。しかしながら、それが曝される環境によって木材の薬剤処理のレベルを判断することはきわめて重要な要素になってくると思われる。何でもかんでも薬剤処理刷ればよいというのも問題であるし、全く考慮せずに木材を外部に使用するのも乱暴である。また「木材は腐って無公害的にリサイクルするのだから良い」というのも供給者側の無責任な発言である。したがって、薬剤による処理にしる、無処理にしる、なんらかの使用安全上のチェックやリサイクルするための維持管理の要領を使用者に理解して貰うことが必要である。

ここで取り上げた比較的小規模の擁壁は以下のような点を考慮した外構木材部材を意図している。

(1) 心豊かな環境作りのために、従来のアスファルトやコンクリートといった無機材料で固めた腐朽などのないメンテナンスフリー（維持管理不要）の反対をいこうというものもある。

(2) 植物などとの共生を考慮した比較的軽微な土止めである。すなわち、花壇を併用したようなものであり、土があり、雨水が地中に浸透することを基本としている。いわゆる、エコロジカルな側面を意識すると共に潤いある風景を期待している。

(3) 薬剤処理をする場合とそうでない場合がある。後者は解体除去後の処理のし易さ、いわゆる木製品の場合は腐る、食われる、変退色することが必ずしも問題ではない。メンテナンスの頻度、難易度、そして廃棄後の処理を考慮した選択を可能にしている。

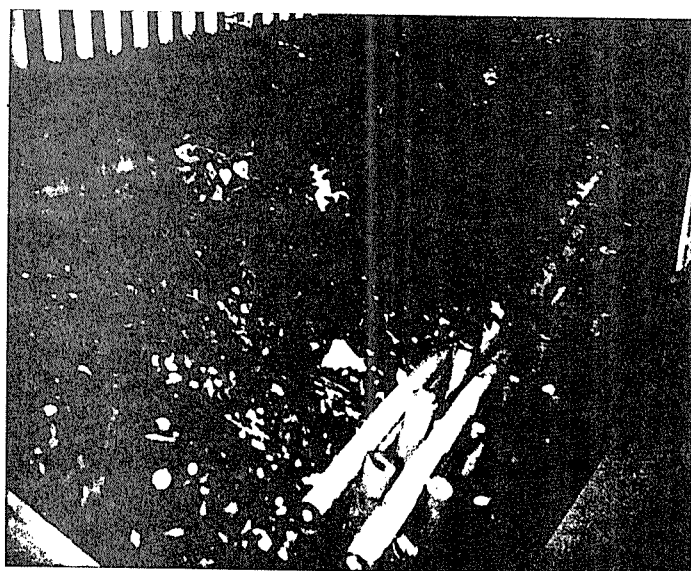
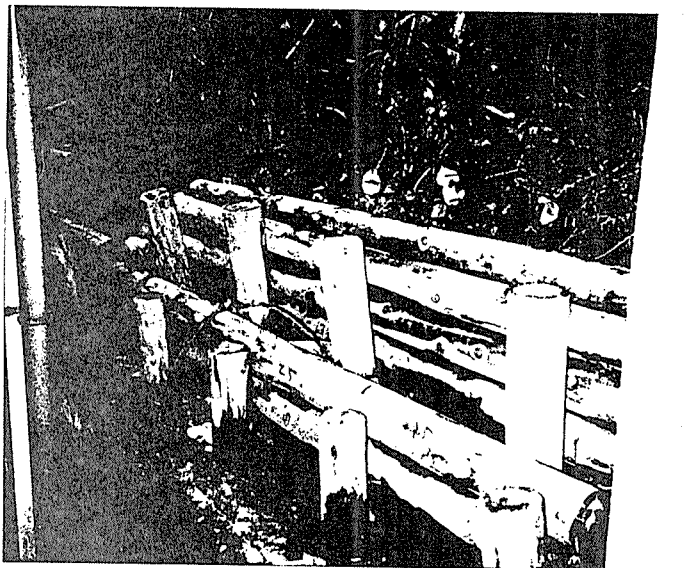
これらのは基本は地球環境の保全、資源エネルギーの維持の今日的な課題であり、単純な経済的合理性で割りきることが今後許されない問題でもあることを認識しておかねばならないであろう。そのような中で外構部材は作用する条件が厳しいだけに製作や設計行為の中で耐久計画と維持管理計画、そして廃棄処理を総合的にとらえておくことが要求されよう。

### 2. 施工例と使用環境下での劣化判定

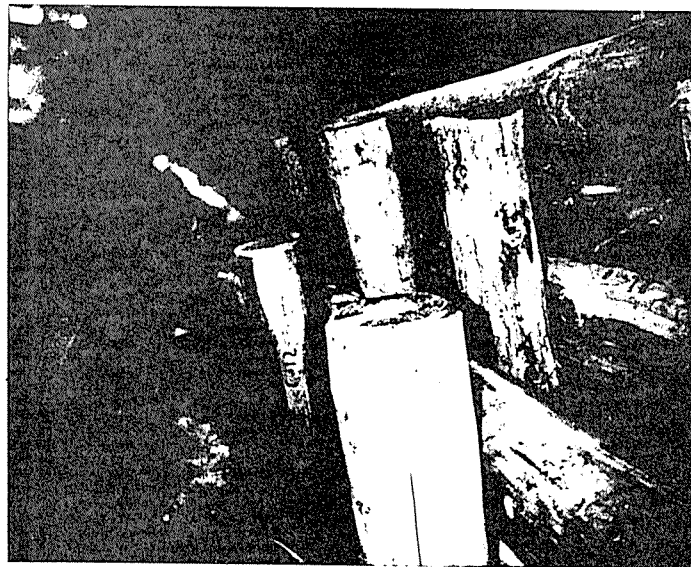
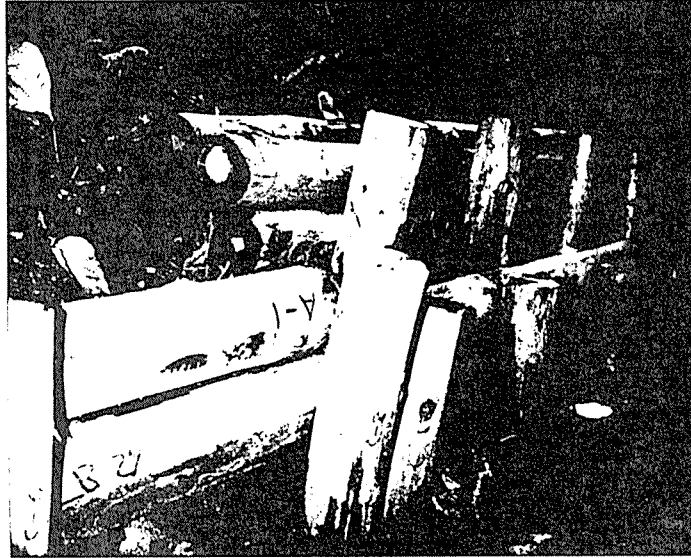
木材、木製品が野外に設置されたとき、その劣化に関連するものは温度、湿度、水分、日射などの物理的因子と腐朽菌、しろありやかびなど生物的因子がある。前者は設置される地域の気象条件が基本となるが、個々の部材をとりまく環境、すなわち微気象との対応をみておく必要がある。木製品の構成や仕様の詳細に関連する劣化についてみようと思図されたものである。個々の部品として評価するならばと局部的な劣化が大半であり、水分の侵入や停滞が要因となるので、設計や施工に関連するところが多い。打撃音などによる判定を随時試みようを開始されたものである。

表は供試された丸太の性状を示したものである。ここに上げたのはヤング係数が妥当な数値がえられている長さ1.8 m程度のものである。

写真がその施工例である。比較的簡易な土止めとなっている。







【丸太腐朽試験】

～試験体寸法等～

Date:

93/12/19

No.	重量 (kg)	直径 (MM)		長さ (cm)	形	M.C (%)	固有F(Hz) 上から1 2,3次	比重	縦弾性率 kgf/cm <sup>2</sup>
		末口	元口						
A- 1	7.20	80.45 84.00	78.35 96.45	183.2	○やや良	25	1175 2450 3600	0.696	1.316E+05 1.430E+05 1.372E+05
A- 2	8.15	93.00 95.60	75.75 78.20	182.3	△先細り	36	975 1900 2980	0.776	1.001E+05 9.502E+04 1.039E+05
A- 3	8.50	76.25 80.25	99.30 100.03	183.5	○	78	925 1850 2750	0.745	8.764E+04 8.764E+04 8.607E+04
A- 4	6.60	90.30 95.00	78.00 82.05	184.3	×偏平	26	1200 2275 3500	0.612	1.221E+05 1.097E+05 1.154E+05
A- 5	6.90	92.00 94.15	82.50 84.00	183.0	○	24	1075 2100 3175	0.618	9.756E+04 9.308E+04 9.456E+04
A- 6	8.45	85.80 76.50	96.75 89.70	182.8	△偏平	56	1025 2150 3300	0.774	1.109E+05 1.220E+05 1.278E+05
A- 7	8.45	88.10 97.40	84.00 78.32	182.5	○	65	950 1850 2775	0.780	9.566E+04 9.069E+04 9.069E+04
A- 8	7.35	93.10 96.70	79.95 76.80	182.7	×節偏平	36	975 1950 2975	0.682	8.838E+04 8.838E+04 9.143E+04
A- 9	6.55	86.00 73.15	86.30 92.90	180.1	○	27	1075 2050 3100	0.647	9.902E+04 9.002E+04 9.149E+04
A-10	9.30	79.50 76.08	99.20 98.20	183.7	○	81	975 1925 2875	0.828	1.084E+05 1.056E+05 1.047E+05
A-11	7.45	85.35 92.50	84.80 85.10	180.9	△節	45	1000 1950 2950	0.694	9.267E+04 8.809E+04 8.960E+04
A-12	7.95	73.00 72.00	93.80 96.05	180.7	○	68	1125 2250 3350	0.799	1.348E+05 1.348E+05 1.328E+05
A-13	8.30	83.90 86.20	95.65 90.25	180.3	○	60	1175 2000 3000	0.740	1.356E+05 9.818E+04 9.818E+04

A-14	8.65	78.50 82.50	99.30 94.25	181.8	○	85	1050 2075 2950	0.771	1.147E+05 1.120E+05 1.006E+05
A-15	6.40	82.00 81.35	95.45 95.45	182.0	○	21	1200 2400 3375	0.571	1.111E+05 1.111E+05 9.768E+04
A-16	6.45	86.00 85.65	100.60 90.85	183.1	◎良好	25	1125 2400 3600	0.544	9.427E+04 1.073E+05 1.073E+05
A-17	8.35	79.50 84.50	92.85 90.35	183.0	△節	58	875 1700 2575	0.771	8.070E+04 7.615E+04 7.765E+04
A-18	6.30	76.15 72.30	101.90 94.20	181.3	○	54	1000 1975 2975	0.596	8.000E+04 7.801E+04 7.867E+04
A-19	6.40	81.80 86.20	95.25 95.50	183.3	○	18	975 1975 2900	0.553	7.205E+04 7.391E+04 7.082E+04
A-20	7.40	77.65 86.25	91.40 92.80	181.3	○	37	1075 2100 3175	0.686	1.064E+05 1.015E+05 1.031E+05
A-21	6.30	86.25 81.70	86.45 95.20	181.8	○やや良	17	1250 2450 3700	0.578	1.218E+05 1.169E+05 1.185E+05
A-22	7.70	80.20 77.35	91.00 89.20	181.8	△曲がり	70	1075 2175 3250	0.756	1.179E+05 1.207E+05 1.198E+05
A-23	9.45	88.65 97.65	84.80 87.8	184.4	△曲がり	59	1100 2125 3150	0.811	1.361E+05 1.270E+05 1.240E+05
A-24	6.75	83.75 79.80	86.80 93.75	182.7	○やや良	50	1150 2275 3375	0.636	1.145E+05 1.121E+05 1.096E+05
A-25	7.15	91.00 74.50	96.30 95.90	183.9	△偏平	19	1125 2225 3375	0.619	1.081E+05 1.058E+05 1.081E+05
A-26	6.90	82.40 79.80	85.00 83.75	183.7	△曲がり	22	900 1850 2825	0.699	7.794E+04 8.233E+04 8.533E+04

## 8. 緑地公園における木製外構部品の使用事例

－ 神奈川県大和市泉の森公園の場合－

### 8. 1 大和市の概要

大和市は、神奈川県のほぼ中央に位置し、都心から40kmの圏内に位置している。人口は約20万人で昭和34年に県下14番目の市として誕生している。市域は南北に細長く丘陵起伏がほとんどない地域である。

鉄道は市の中央部を東西に相模鉄道線、南北に小田急江ノ島線が走り、北部には東急田園都市線が乗り入れ、狭い市域に8駅がある。また、道路網も国道246号線や主要地方道路藤沢－町田線、丸子中山－茅ヶ崎線などが走り、東名高速道路横浜インターチェンジにも近く、交通の利便に恵まれた都市である。

### 8. 2 泉の森公園の概要

泉の森公園は、名神高速道路と国道246号に挟まれた市の西部に位置し、引地川水系の源になり、隣接の秦野市につながる葛葉緑地である。面積は約42ヘクタールでかながわトラスト緑地に指定されており、神奈川県、大和市、かながわ県民会議の3者で緑地の保全を行っている。市街地に近いわりには樹林地と水辺空間が一体化しており、特色ある生態系を創り出しているため、さまざまな植物、昆虫類、野鳥を観察することができる。市ではこのような緑豊かな環境を生かした市民の憩いの場である公園は、柵がなく24時間使用可能な公園として市民に解放している。この良い環境や憩いの場としての雰囲気を変えないために、公園内に設置する建物や外構部品のできるだけ木製部品を採用する事とした。その目玉として集成材による木製斜張橋の建設がなされた。市側の公園に対する基本的な考え方は、①利便性、②安全性、③快適性の3つが揃っていることである。

### 8. 3 木製外構部品に対するメンテナンス

#### 1) 木製斜張橋

木橋に使用している集成材は防腐処理を施しているが、耐久性のチェックは年に一度行い、防腐剤の塗り換えは3年から5年に一度実施する予定にしている。現在のところ設置されてまだ2年目であるため特に処理を行っていない。木橋としての瑕疵担保は1年であるが施工者との間の特記により主要部材は10年、床材は5年の保証を得ている。

#### 2) 一般的な木製遊具や木製部品

市内には約190箇所の児童公園があり、そこで使用されている木製や丸太の遊具は、月に一回の点検日を設けて点検しており、緊急性の高いものから業者に委託して補修交換を行っている。遊具の交換インターバルは12～13年を目安としている。また、公園管理も行政指導型から地域に管理を任せる住民活性化型に替える方向で検討されている。

#### 8.4 泉の森公園で見られた木製外構部品

##### 1) 木製斜張橋

ベイマツ集成材でつくられた全長53mの木橋である。設計はアメリカのウェスタンウッドストラクチャー(WWS)で施工は三井木材工業㈱が実施している。公園内に設置された橋であるため、車が通れるような公的な橋ではなく人だけがわたれる橋である。ただし、この橋をモデルとして広島県で1994年に開催されるアジア大会の会場内に車の通過も可能な約140mの橋が建設されており、わが国の新しい集成材を利用した木橋の先駆けといえる。建設されて2年目であるが高欄の桁材は雨と紫外線に始終曝されているためクリアな塗装剤の剥げ落ちが目についた。

##### 2) ふれあいステージ

しらかしの池の上に設置された水上ステージ(面積153m<sup>2</sup>)で水鳥観察や薪能などの催しに利用される。このステージの高欄のはしらは集成材であるが木口があらわしであるため、かなり大きな割れが生じておりこのまま放置して於くと腐朽へと進むであろう。このように木口はそのままにせず、簡単な覆いをすることにより、割れを生じても腐朽は防ぐことができるであろう。

##### 3) 展望デッキ

しらかしの池のそばにつくられた展望デッキで休み所が丸太で、階段が集成材でつくられている。

##### 4) 水車小屋

直径3.64mの水車をもつ水車小屋は米つき臼が2基設置されており、子供達の学習体験の場となっている。今では水車をつくる職人が限られており、この水車も県外の職人が作成した。

##### 5) 公園内で見られたベンチとステージ

公園内には種々の木製ベンチが設置されているが、使用されている材料は丸太が

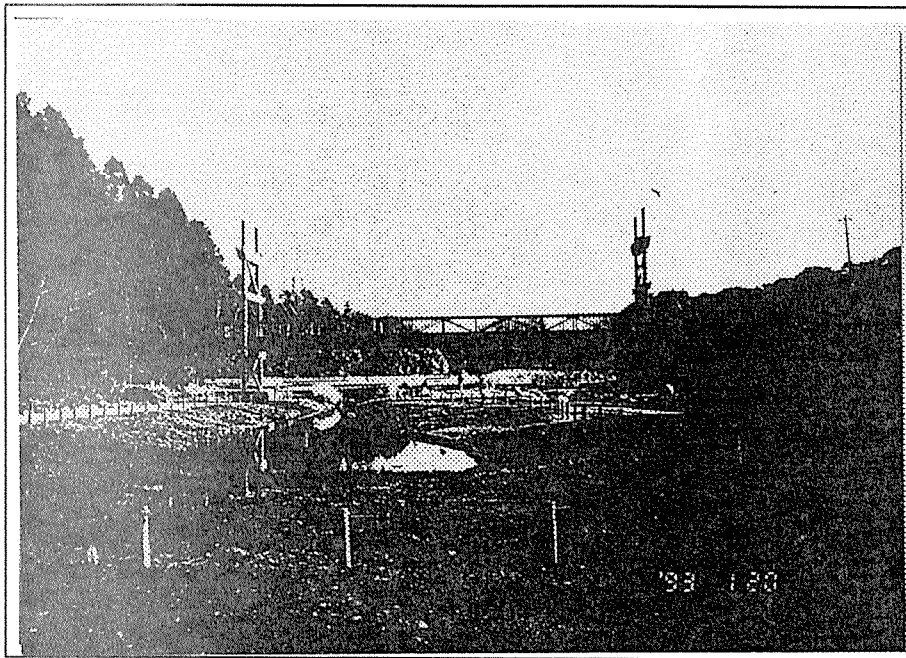
主であり、丸いまま、半割、タイコ落とし等で使われている。大部分はCCAと思われる防腐処理を施している。

#### 6) 木製遊具

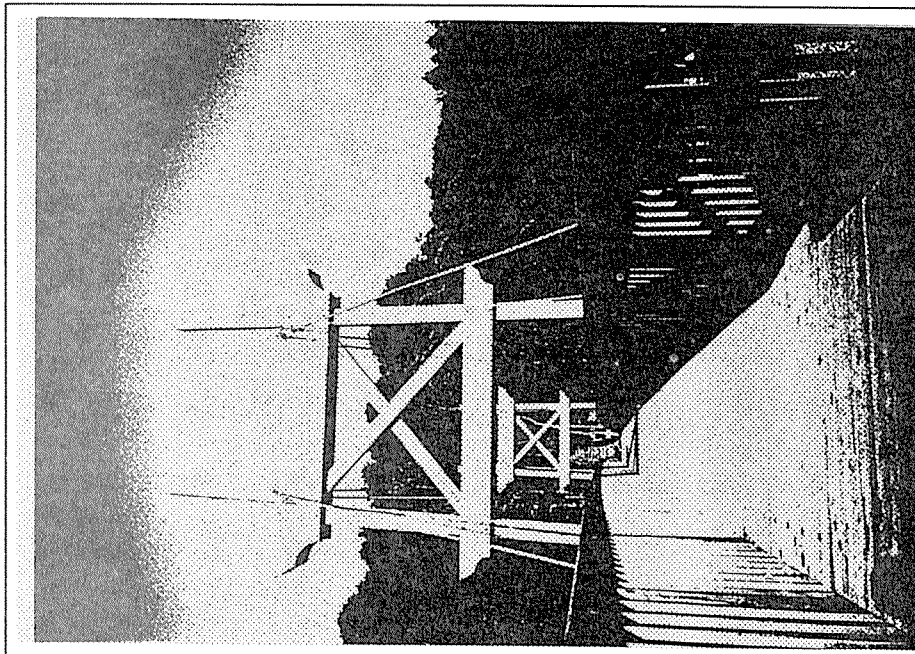
各地の公園で見られる各種の遊具が設置されており、子供の王国になっている。

#### 6) その他

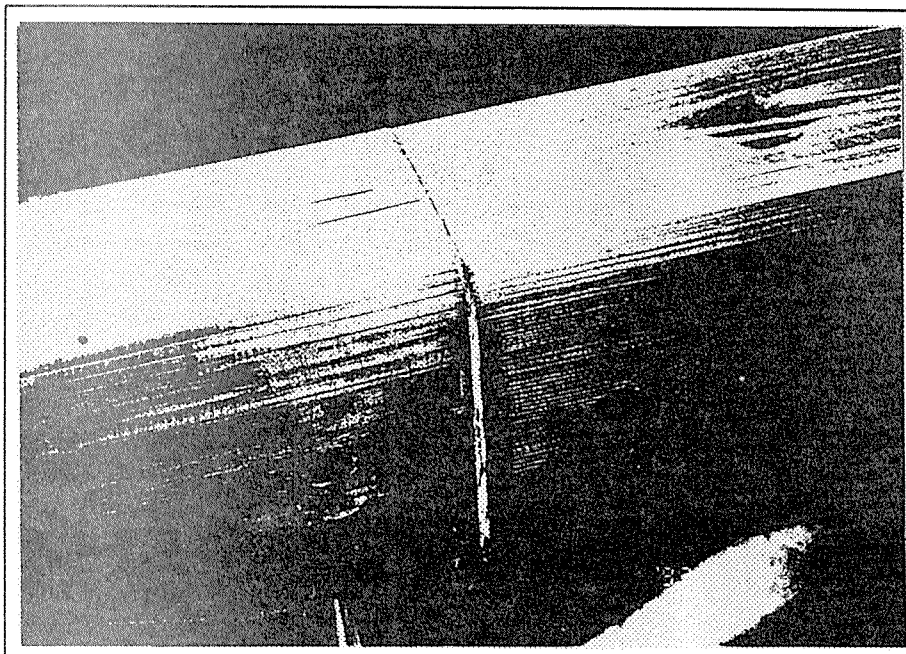
- ① ログでつくられた物置小屋
- ② キャンプ場の炊事場の丸太建物
- ③ 池の上に設置された木製通路
- ④ 掲示板



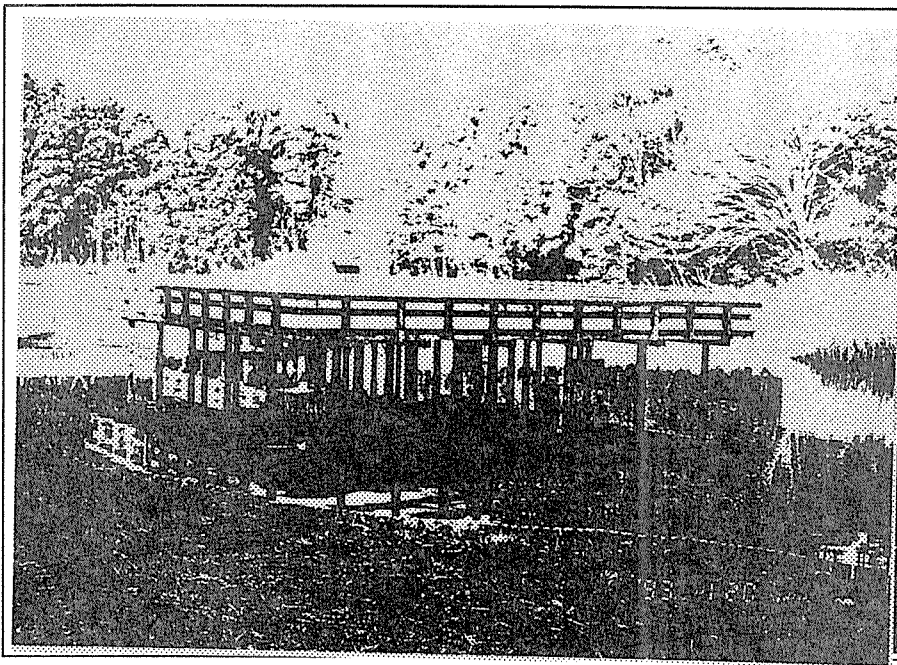
写 真 No.	5 - 1
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
泉の森公園木製斜張橋の全景	



写 真 No.	5 - 2
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
木製斜張橋	



写 真 No.	5 - 3
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
橋の高欄の桁材 雨水や紫外線にあたる上面は 塗装がはげている（約2年）	



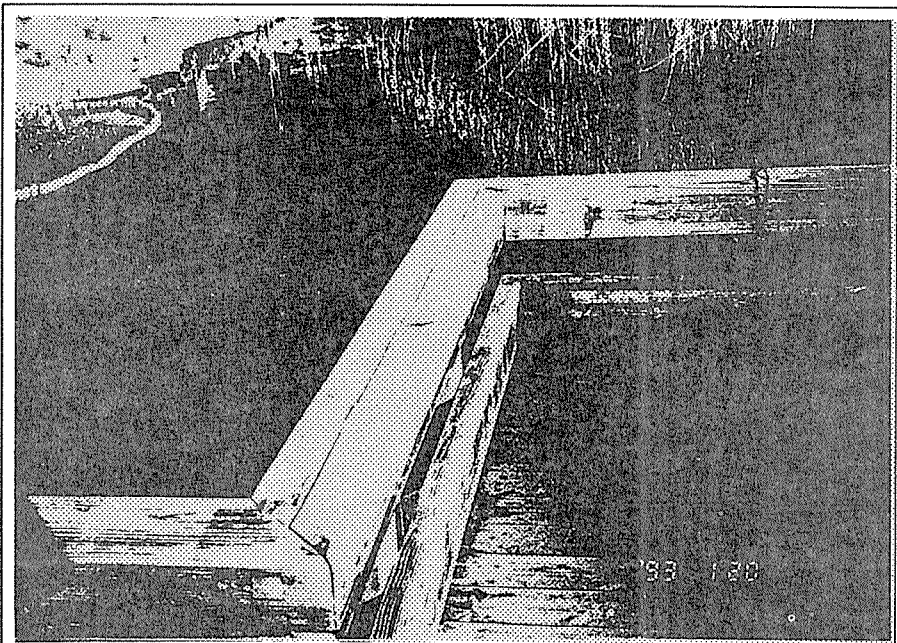
写 真 No. 5 - 4

供試体記号

撮影年月日 '93/1/20

概 要 説 明

ふれあいステージ  
池の上に設置されている



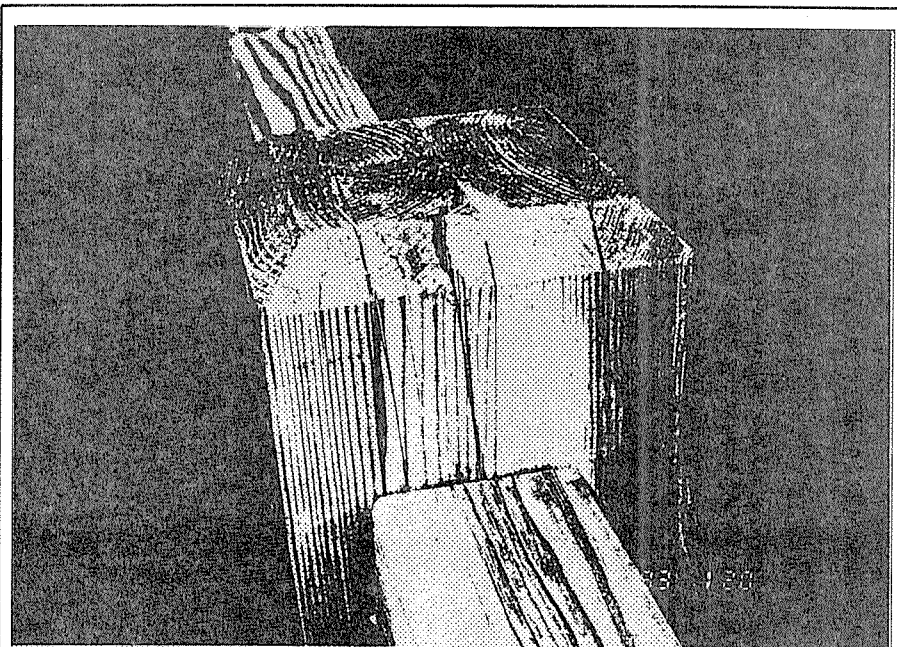
写 真 No. 5 - 5

供試体記号

撮影年月日 '93/1/20

概 要 説 明

ふれあいステージ  
高欄の桁材が塗装がはげ、中央に割れが生じている。



写 真 No. 5 - 6

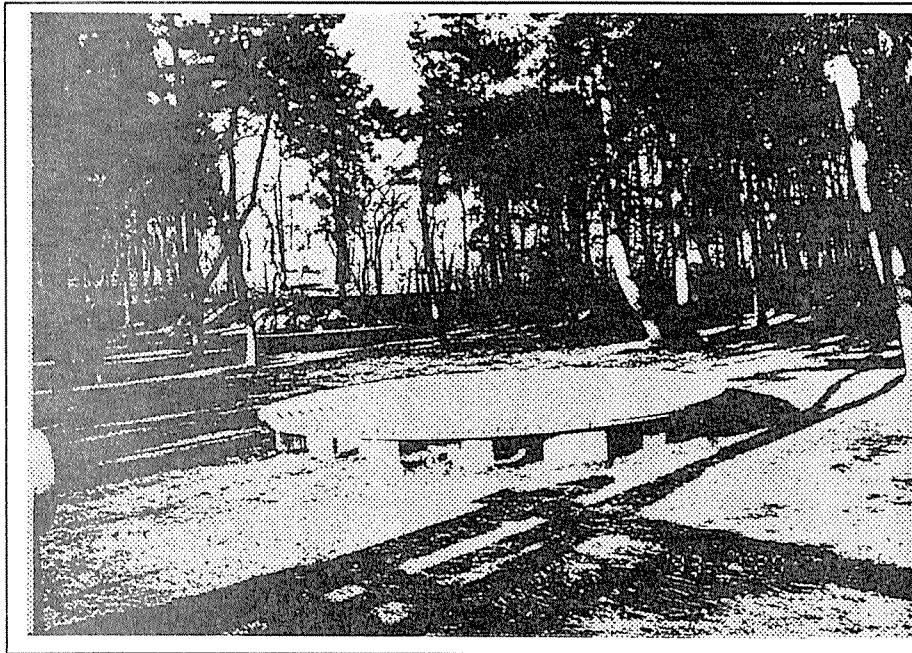
供試体記号

撮影年月日 '93/1/20

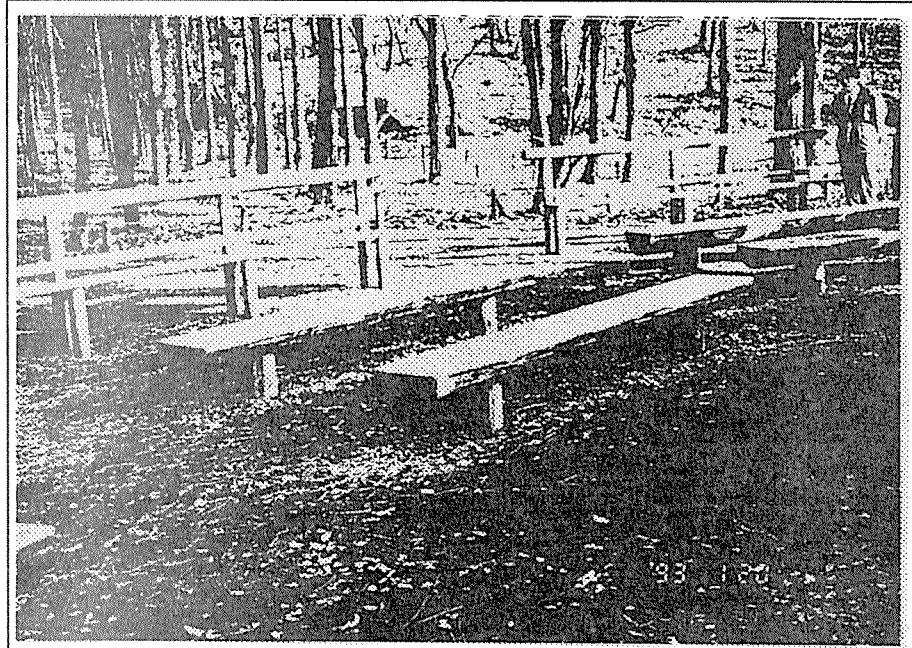
概 要 説 明

ふれあいステージ  
高欄の柱材が木口で割れを生じている。腐朽発生の原因となる。木口には覆いが必要。





写 真 No.	5 - 7
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
円形ステージ又はベンチ	



写 真 No.	5 - 8
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
ステージ前の木製ベンチ	



写 真 No.	5 - 9
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
キャンプ場のベンチと机	

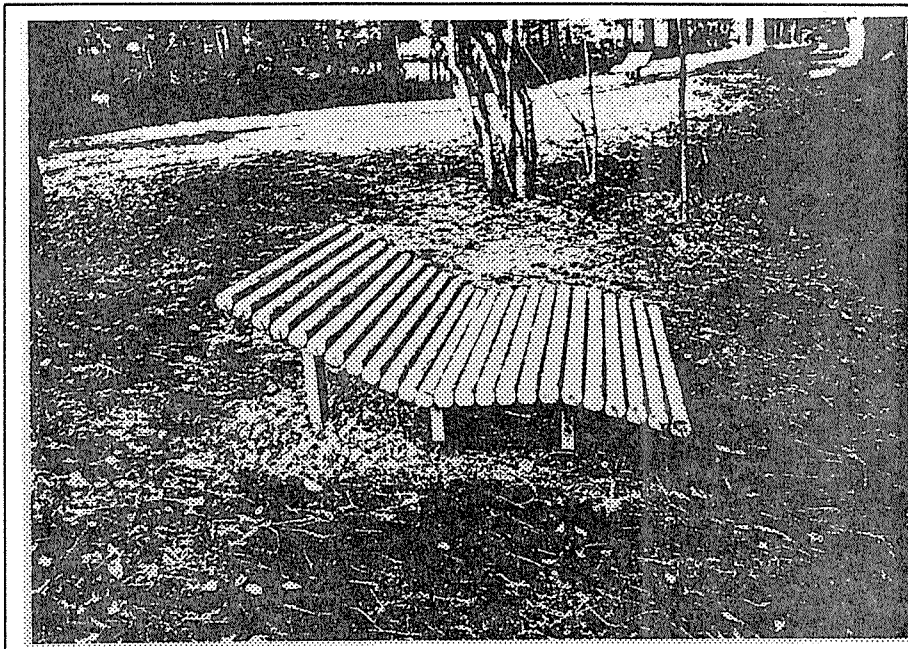


写真 No.	5 - 1 0
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20

概 要 説 明

横になれる安楽椅子

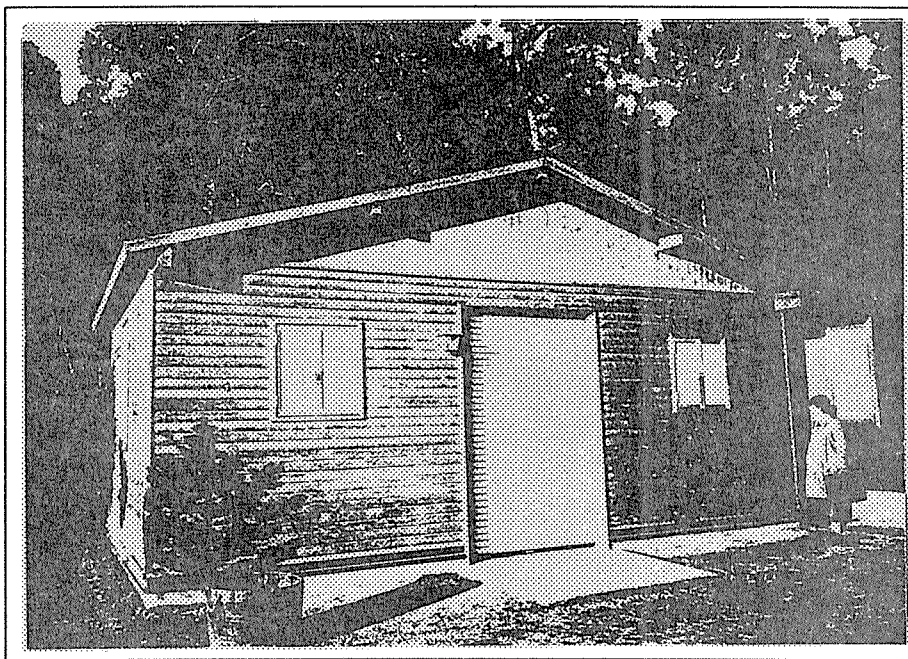


写真 No.	5 - 1 1
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20

概 要 説 明

ログの物置小屋

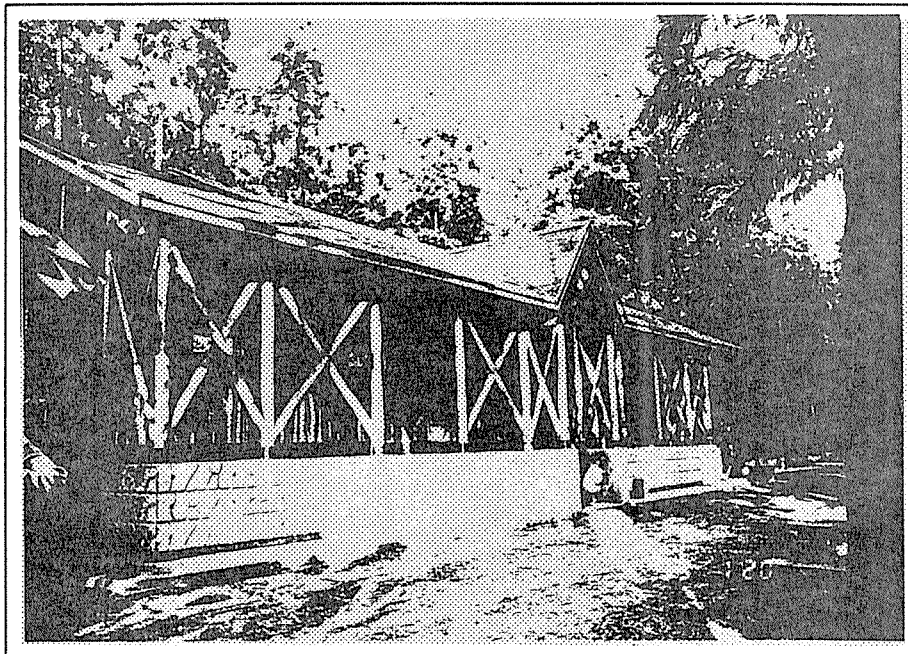


写真 No.	5 - 1 2
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20

概 要 説 明

キャンプ場の炊事場  
丸太組

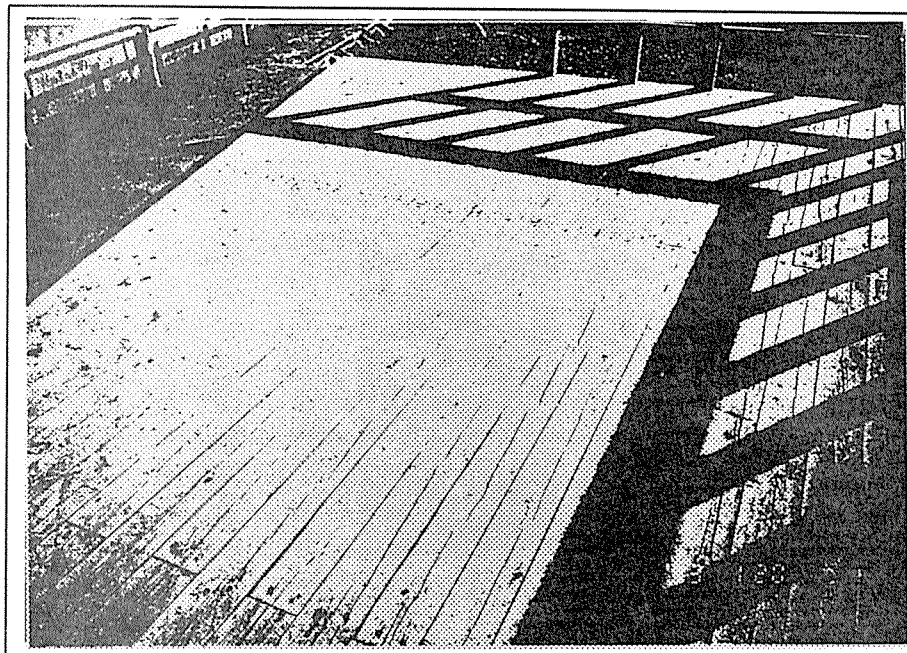


写真 No.	5 - 1 3
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
池の上の通路 C C A 処理の板材をはっている。	

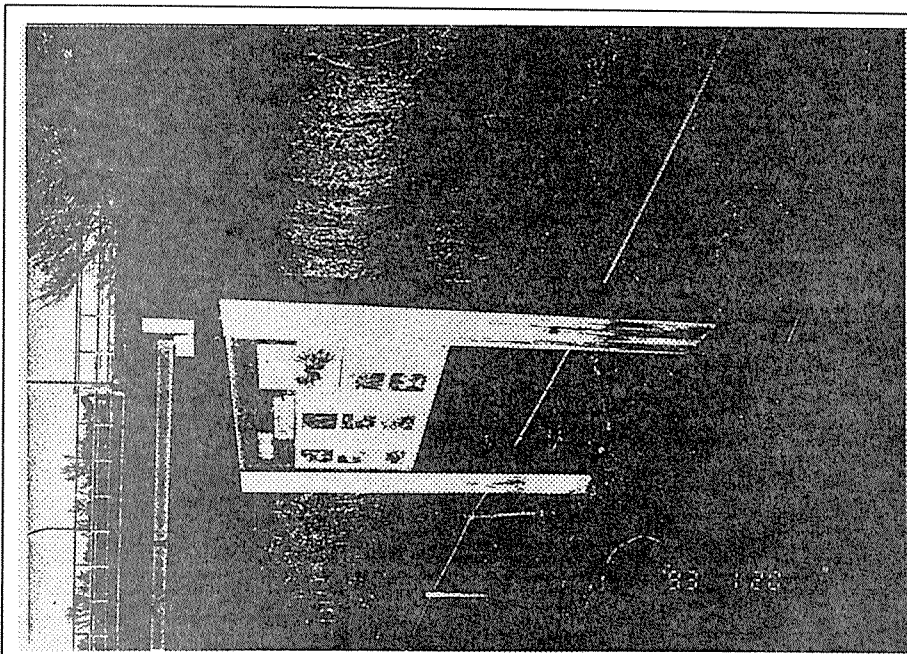


写真 No.	5 - 1 4
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
ガイド用のたて看板	

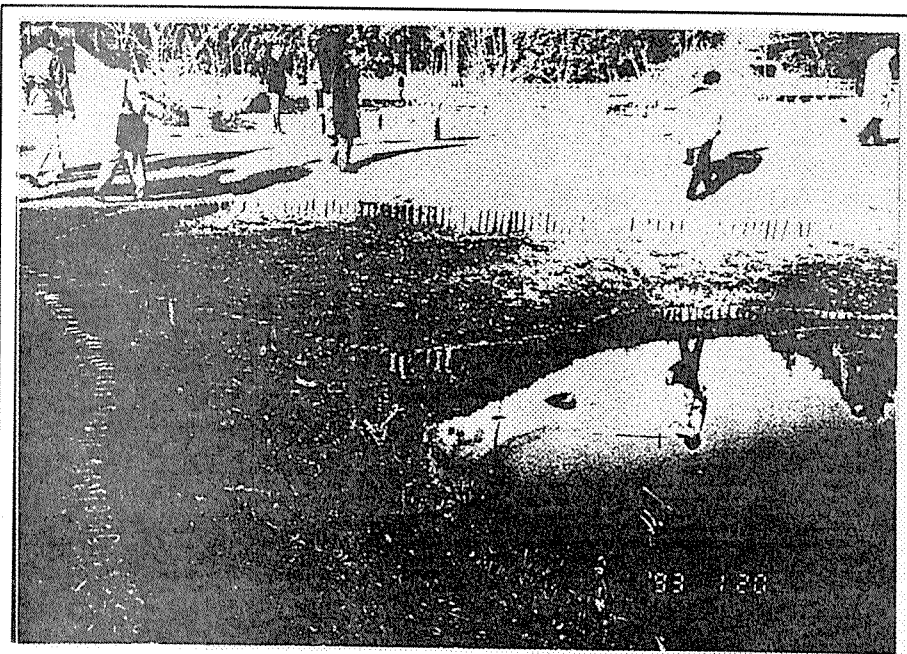


写真 No.	5 - 1 5
供試体記号	
撮影年月日	'93/1/20
概 要 説 明	
丸太打ち込んだ簡単な防御杭	

# スギ構造材の干割れが力学的性質に及ぼす影響 — 曲げ強さと曲げヤング係数について —

荒武志朗\*<sup>1</sup>・有馬孝禮\*<sup>2</sup>・迫田忠芳\*<sup>1</sup>・中村徳孫\*<sup>3</sup>

## Effects of Season Crack on Mechanical Properties of Sugi Structural Lumber

### — Modulus of rupture and modulus of elasticity in bending —

SHIRO ARATAKE\*<sup>1</sup>, TAKANORI ARIMA\*<sup>2</sup>,  
TADAYOSHI SAKODA\*<sup>1</sup>, YASUHIKO NAKAMURA\*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup>Miyazaki Prefectural Industrial Research Institute, Industrial Arts Branch

\*<sup>2</sup>Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

\*<sup>3</sup>The University of Miyazaki

The main purpose of this study was to examine the effects of season crack on modulus of rupture and modulus of elasticity in bending of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) structural lumbers which were sawn into square lumber with pith. In addition, explanatory variables for lumbers which has a tendency to make the season crack were investigated. Lumbers were dried by quite a hard condition. The season crack was evaluated to the full amount of longitudinal sectional area of it and ratio of its length to lumber length. The results are summarized as follows: The positive correlations were observed between season crack and modulus of rupture or modulus of elasticity in bending. That is to say, the lumbers which has marked season crack had higher mechanical properties. As seen from these results, it can be considered that there is no effect of season crack on mechanical properties of Sugi structural lumbers. In regard to explanatory variables for lumbers which has a tendency to make the season crack, compared with average annual ring width, eccentricity of pith, and other visual factors, modulus of elasticity in bending was obtained higher simple correlation coefficient.

### はじめに

スギの生材含水率は一般に高く、しかも心材の水分移動が非常に悪いため、特に心材率の高い心持ち材では表面割れなどの損傷を生じやすい。このため、干割れ防止技術の開発などが技術的課題<sup>1)</sup>とされている。

干割れ(特に表面割れ)は、主として表層部の乾燥による収縮が内層部によって拘束されるため<sup>2)</sup>に生じる。したがって、収縮率などとの関連から、干割れを生じやすい材はむしろ材質的に強度性能が高いと推察されなくもない。「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」(以

下新 JAS と記す)の割れに関する規定も、干割れが強度に影響しないとの考えから貫通割れのみが対象とされ、それ以外はその他の欠点として取り扱うこととされている。しかし、工務店やハウスメーカーなどの干割れに対する評価は厳しく、近年報告された例<sup>3)</sup>でも、干割れは乾燥に関するクレームのうち一位にランクされている。また、干割れに対するクレームには、視覚的に見苦しい、施工上の問題などの他に、強度低下の原因と言われる例も多いことから、前述した新 JAS の考え方などが、必ずしもユーザーに理解されていないのが現状である。この原因には、干割れと強度との関係について、これまでに報告された例がないことから、エンドユーザーの理解を十分に得る機会が設けられなかったことも考えられる。

そこで、本実験では、スギ製材品の干割れと強度性

\*<sup>1</sup>宮崎県工業試験場工芸支場

\*<sup>2</sup>東京大学農学部

\*<sup>3</sup>元宮崎大学

能との関係を明らかにするために、比較的厳しい（干割れを生じやすい）乾燥条件により気乾状態にまで乾燥した心持ち正角材に対して曲げ試験を行い、干割れが曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響を調べた。また、干割れを生じやすい材の予測因子についても併せて検討した。

## 1. 実験

### 1.1 供試体と乾燥方法

宮崎県耳川流域産スギ(*Cryptomeria japonica* D. DON)で、10.5×10.5×300(cm)の心持ち材60体を実験に供した。

乾燥方法は、製材後天然乾燥を2カ月間実施し、その後蒸気式により65~70℃、相対湿度80~95%で、30日間の人工乾燥を行った。なお、天然乾燥は屋内で実施したが、干割れを促進させるために2台の扇風機で常時強制的に対流させた。この場合、供試体の積み位置によって干割れの進行条件が異なるため、一定期間毎に積みをしなおして、全供試体が同程度の期間外側に配列されるように注意した。

ここで、第1表に供試体の物理的性質を示す。なお、同表における乾燥後の含水率は、曲げ試験終了後に破壊試験体の一部から試験片を木取り、全乾法によって測定、算出した。また、生材時の含水率は、以下の要領で算出した。

$$W_o = \frac{100W_d}{mc_d + 100} \quad (1)$$

$$mc_g = \frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100 \quad (2)$$

ここに、  
 $W_o$  : 供試体の全乾重量 (g)  
 $W_d$  : 供試体の乾燥後の重量 (g)  
 $mc_d$  : 供試体の乾燥後の含水率 (%)  
 $mc_g$  : 供試体の生材時の含水率 (%)  
 $W_g$  : 供試体の生材時の重量 (g)

第1表 供試体の物理的性質

	生材時	乾燥後
含水率(%)	63.58(22.20)	13.17 (0.543)
比重	0.530(0.079)	0.384(0.037)
平均年輪幅(mm)	—	5.67 (1.52)

かっこ内の数字は標準偏差

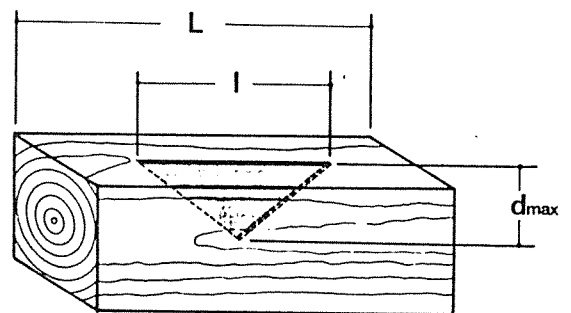
### 1.2 干割れの評価方法

本実験では、先に天然乾燥を実施したことなどから、内部割れは発生していない。したがって、評価の対象は木口部分から発生した表面割れ、並びに材面に独立して発生した表面割れである。

干割れの測定は、乾燥終了後、各供試体の木口面を除く4材面について、それぞれの干割れの長さを1mm単位目盛りのスケールで測定し、さらに、干割れの深さを1mm単位目盛り付きの隙間ケージ(厚さ0.2mm)で測定した。

干割れの評価は次の2通りによることとした。

干割れが強度やヤング係数に及ぼす影響を調べるためには、干割れによって欠損した部分の縦断面積を求めなければならない。しかし、これを厳密に求めることはかなり困難である。そこで、本実験では、便宜上干割れの長さ方向の両端と干割れの最大深さの位置を頂点とする三角形の面積(第1図参照)、すなわち  $ld_{max} / 2$  (cm<sup>2</sup>) を干割れによる縦断面の欠損面積とみなし、供試体4材面におけるこれらの合計(以下干割れ面積と記す)を評価した。一方、現場的には、簡易に干割れ長さのみから強度やヤング係数との関連を評価できることが望ましい。そこで、供試体4材面の長さの合計に対する同材面に生じた干割れ総長さ( $\sum l$ )の割合(以下干割れ率と記す)、すなわち  $(\sum l / 4L) \times 100$  (%) を併せて評価した(第1図参照)。以上の方法でそれぞれ測定、算出した結果、全体に干割れの進行が著しく、干割れ面積は33.6~1420.3cm<sup>2</sup>(平均値は690.9cm<sup>2</sup>)、干割れ率は3.8~83.3%(平均値は46.3%)であった。



第1図 干割れの評価方法

L : 材長 (cm)  
 l : 干割れの長さ (cm)  
 $d_{max}$  : 干割れの最大深さ (cm)

### 1.3 曲げ試験

干割れ長さ、深さ、及び縦振動ヤング係数などを測定した後、全ての供試体(60体)に対し、オルセン式万能試験機(10tf)を用いて3等分点4点荷重方式による曲げ試験を実施した。ここで、干割れは主として水平せん断力との関係が深いと考えられることから、試験の実施に当たっては、4材面のうち干割れ面積が最大となる面が水平(はりせい面)に位置するように供試体をセットした。

ここで、第2表に供試体の機械的性質を示す。

第2表 供試体の機械的性質

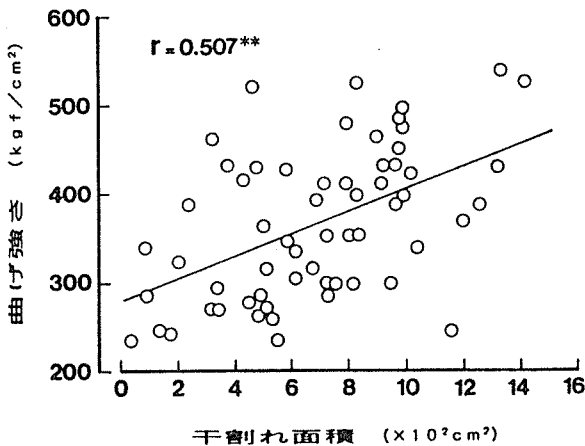
曲げ強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	364.9(84.3)
曲げ比例限度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	276.0(61.5)
曲げヤング係数 (×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	53.3(11.6)
縦振動ヤング係数 (×10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	59.8(12.8)

かっこ内の数字は標準偏差

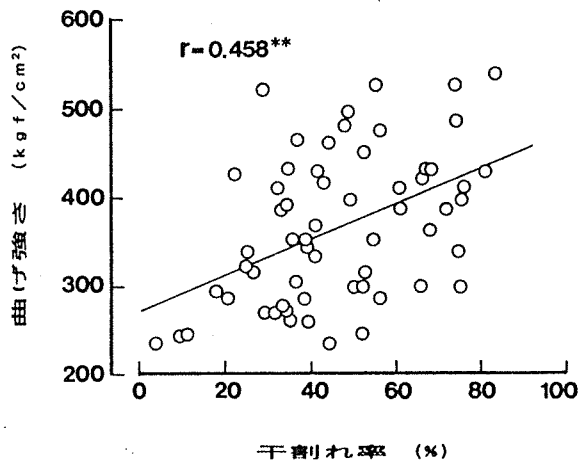
## 2. 結果と考察

### 2.1 干割れの曲げ強さに及ぼす影響

曲げ強さと干割れ面積及び干割れ率との関係を第2, 3図に示す。同図から、両者の関係は、何れも危険率1%で正の相関を得ており、干割れが顕著なほど曲げ強さは高い傾向を示している。また、この傾向は、干割れによる縦断面の欠損面積を対象とした第2図で特に顕著に認められることから、干割れによって縦断面が大きく欠損した材であっても、曲げ強さが低いとは言えず、むしろ干割れを生じやすい材の曲げ強さは、材質的に高いことが示唆されたものと言える。ここで、

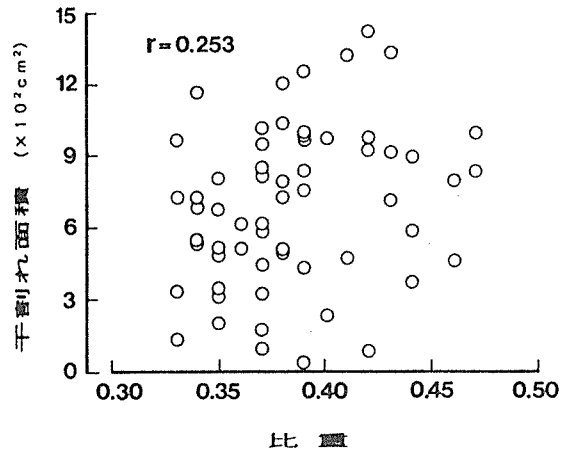


第2図 曲げ強さと干割れ面積との関係



第3図 曲げ強さと干割れ率との関係

木材の収縮率と比重との間には密接な関係があるとされてお<sup>り</sup>、また、収縮率が干割れの発生原因のひとつに挙げられている<sup>2)</sup>。すなわち、一般に言われる強度の比重依存性から、本実験における曲げ強さと干割れとの関係が説明可能と推察した(曲げ強さと比重の関係は  $r = 0.743^{**}$  であった)。しかし、干割れ面積と乾燥後の比重との関連性は第4図に示すように殆ど認められず、本実験結果からは、干割れ材の曲げ強さが高い要因を、比重との関連から説明することは出来ない。なお、曲げヤング係数との関連から次節で考察を加えることとする。

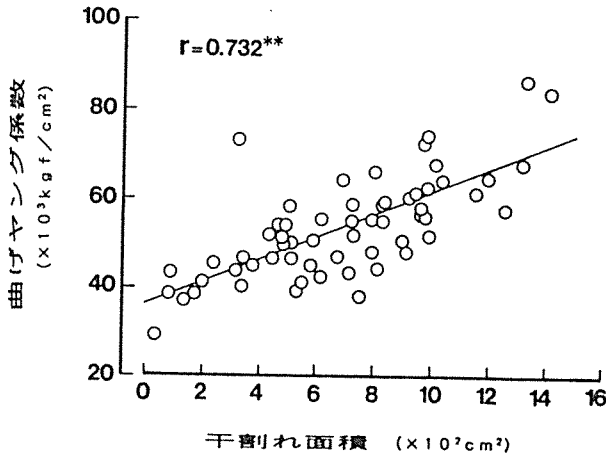


第4図 干割れ面積と比重との関係

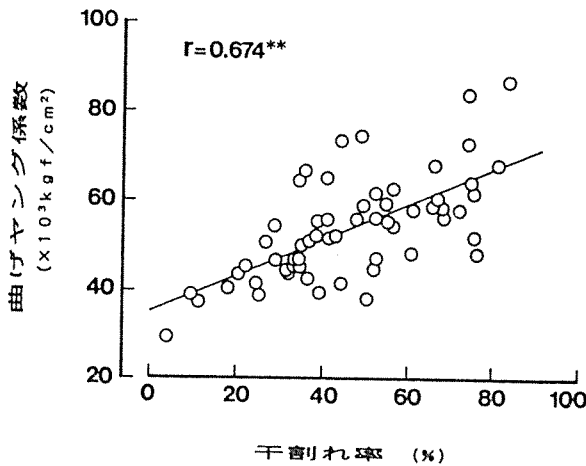
### 2.2 干割れの曲げヤング係数に及ぼす影響

曲げヤング係数と干割れ面積及び干割れ率との関係をそれぞれ第5, 6図に示す。同図から、両者の関係は、何れも危険率1%で正の相関を得ており、しかもこの傾向は、曲げ強さにおけるよりもさらに著しい。また、曲げ強さの場合と同様に、この傾向は、干割れによる縦断面の欠損面積を対象とした第5図において特に顕著であり、曲げヤング係数に対しても干割れを生じやすい材の方が高い値を示すことがかなり明確に示唆されている。このことは、材が変形しやすいほど表面割れが発生しにくいとされていること<sup>2)</sup>、本実験でも、第7図に示すように、干割れ面積と最大縦反り矢高との間に危険率1%で負の相関を得ていること、及び、図には示していないが、最大縦反り矢高と曲げヤング係数との間に危険率5%で負の相関を得ていることなどから理解できる結果と言えよう。

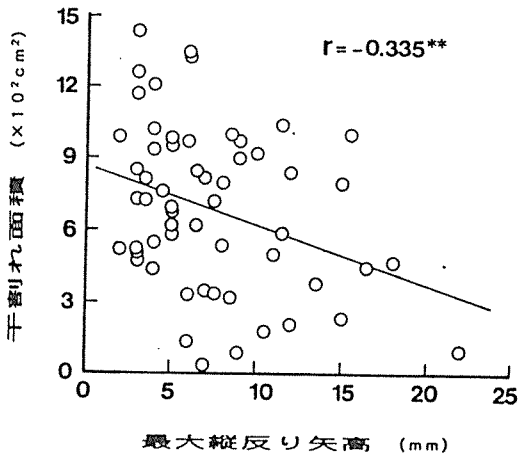
ところで、一般的な傾向と同様に本実験でも曲げ強さと曲げヤング係数の相関は高いこと ( $r = 0.628^{**}$ ) から、干割れを生じやすい材を曲げヤング係数の高い材と考えれば、前節の曲げ強さと干割れとの関係も容易に理解できる。



第5図 曲げヤング係数と干割れ面積との関係



第6図 曲げヤング係数と干割れ率との関係

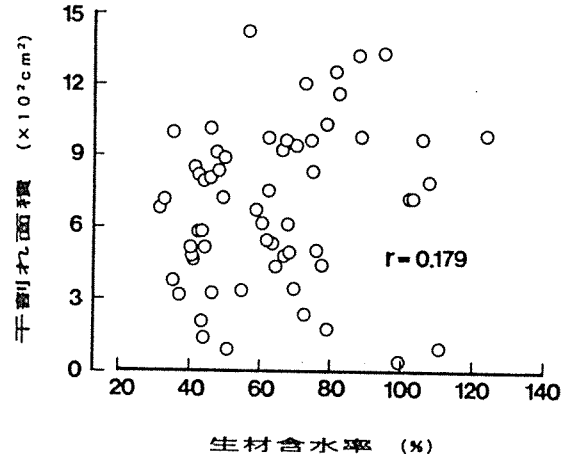


第7図 干割れ面積と最大縦反り矢高との関係

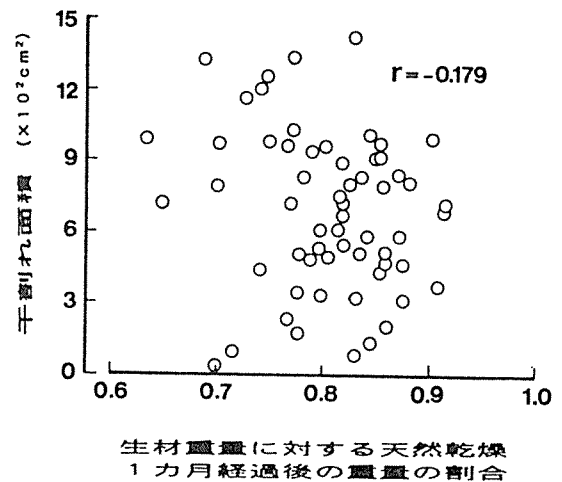
### 2.3 干割れの予測因子

干割れは、材内の水分傾斜及び収縮異方性などが乾燥応力を発生させることによって生じる。特に、スギは心材の水分移動が非常に悪い<sup>5)</sup>ため、必然的に干割れを生じやすい。そこで、ここでは主として乾燥前の段階で干割れを予測するための関連因子を検討する。

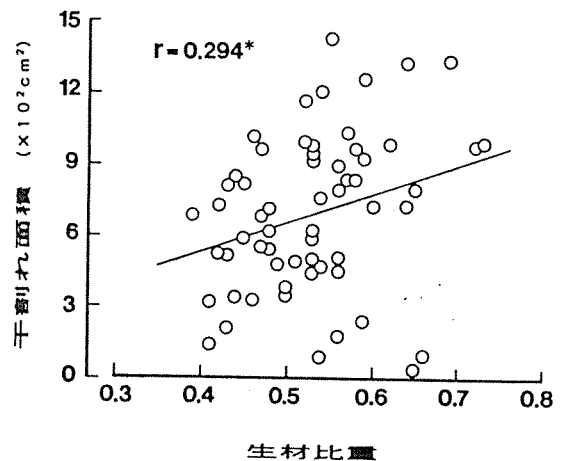
干割れ面積と生材含水率、生材重量(乾燥前の重量)に対する天然乾燥1カ月経過後の重量の割合(以下初期重量比と記す)、及び生材比重(乾燥前の比重)との関係を第8~10図に示す。第8図と第9図では有意な相関が得られておらず、第10図においても危険率5%



第8図 干割れ面積と生材含水率との関係



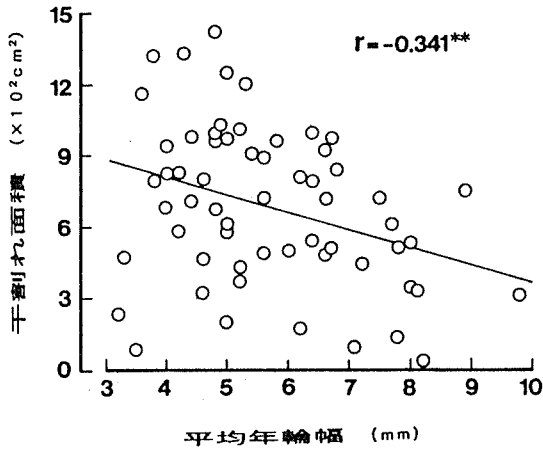
第9図 干割れ面積と生材重量に対する天然乾燥1カ月経過後の重量の割合との関係



第10図 干割れ面積と生材比重との関係

の相関を得ているもののばらつきが大きい。したがって、本実験における干割れは、生材含水率や乾燥初期の含水率変化の程度にはさほど依存していないものと言える。

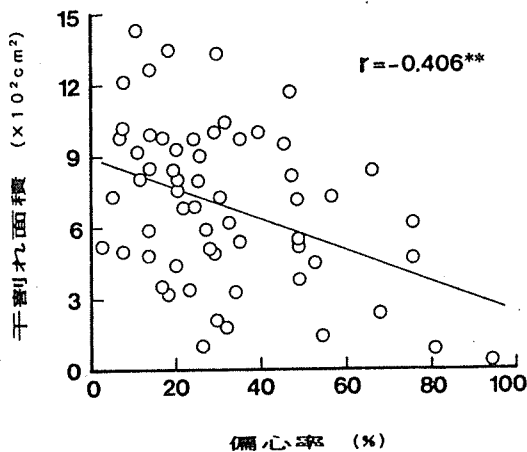
干割れ面積と平均年輪幅との関係を第11図に示す。



第11図 干割れ面積と平均年輪幅との関係

同図において、両者の間には危険率1%で負の相関が得られており、平均年輪幅が小さいほど干割れを生じやすい傾向を示している。ここで、干割れに対しては、収縮率との関連から、外層部の年輪幅が大きく影響するように思われる。そこで、供試体の木口面(元口側)に直径8cmの円を描き、その部分の外側の平均年輪幅を測定したうえ、干割れ面積との関係を検討した結果、相関はさらに高くなり  $r = -0.456^{**}$  を得た。すなわち、干割れに対する平均年輪幅、特に外層部平均年輪幅の関与が認められた。

干割れ面積と偏心率(元口側)との関係を第12図に示す。同図から、偏心している材ほど干割れが少ない傾向を示している。偏心材の繊維走向は、材の軸方向に平行でないために干割れが連続しにくいことが要因と推察される。



第12図 干割れ面積と偏心率との関係

ここで、干割れ面積を目的変数、上述の各因子及び曲げヤング係数を説明変数として重回帰分析を行った結果、最適重回帰モデルは曲げヤング係数、初期重量比、偏心率の組み合わせがベストとなった。ただし、上述の各因子を全て組み合わせても曲げヤング係数単独よりも推定精度は低い。したがって、実際の乾燥に当たって干割れを生じやすい材を予測する場合、材の曲げヤング係数に注意することが適切であろう。しかし、本実験では一般的に言われる干割れの要因とは必ずしも一致しない結果も得られていることから、実際には、干割れは水分傾斜、収縮異方性のみならず、製材方法、乾燥方法なども含めた各因子間の複雑な関連から発生することに注意しなければならない。

### まとめ

スギ心持ち正角材に対して、比較的厳しい乾燥条件により気乾状態まで乾燥した後曲げ試験を行い、干割れが曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響を調べた。また、干割れを生じやすい材の予測因子についても併せて検討した。その結果、干割れは曲げ強さ及び曲げヤング係数には影響せず、むしろ干割れを生じやすい材はそれらの値が高い傾向を示すことが示唆された。また、干割れを生じやすい材の予測指標としては、偏心率などの視覚的因子よりも、曲げヤング係数が高い推定精度を示すことが分かった。

### 謝辞

本研究の取りまとめに当たって、東京大学農学部林産学科信田聡助手より種々のご助言を頂きました。ここに、深く感謝の意を表します。

### 文献

- 1) たとえば日本木材学会木材強度・木質構造研究会：新JASに係わる諸問題と新たな動き，1-8 (1991)
- 2) 寺沢真，筒本卓造：“木材の人工乾燥”，社団法人日本木材加工技術協会，p. 47 (1976)
- 3) 大熊幹章：木造住宅における木材乾燥の実態とその適正化に関する研究，住宅・土地問題研究論文集(15)，271-316，財団法人日本住宅総合センター(1990)
- 4) 伏谷賢美他8名：“木材の物理”，文永堂出版，p. 64 (1989)
- 5) 小林好紀：スギ心材の乾燥特性とその改善の試み，日本木材学会「スギ」分科会，43-44 (1991)

(1992. 9. 24受理)