

北米の木造住宅*

満久 崇磨**

Wood Homes in Canada and U.S.A.

Takamaro MAKU**

北米の木造住宅では Platform Construction が圧倒的なシェアを占めているが、この工法は数年前から建設省によって日本への導入が企画され、枠組壁工法（通称ツーバイフォー工法）と名づけられ、すでにその技術基準案が作製発表されている。アメリカ合衆国の木造住宅で今1つ注目すべきものに Mobile Home がある。この軽便な住宅は1962年には約11万戸にすぎなかったが、1971年には50万戸に達し、この戸数は同年度の全米の1戸建住宅の約半分、全建築戸数の21~25%に相当すると推定されている。Mobile Home System 自体は必しも日本の現状にそわないが、その構造や使用材料については参考になる点が少なくない。

1 Platform Construction

この工法の紹介やこれを日本に導入した場合に考えられるいろいろの問題点については、すでに多くの専門家によって各種の専門雑誌やシンポジウムなどでいやというほど取上げられ、その概要についても出るべきものはほぼ出つくしたという感がするので、いまさら筆者が蛇足を加える必要もないが、建物の耐力上重要でありかつ本文の内容や後述の Low-Cost House Construction と関連の深い下地板について概略を紹介すると

(1) 外壁下地板

同じ Platform Construction でもカナダとアメリカ合衆国では細かい諸規定には違った点もあるし、またカナダでは壁枠組のユニットに下地板をはった後に順次立て起しを行い（写真1）、アメリカ合衆国では建物全体の枠組が完成した後に下地板をはる（写真2）といったような施工上の手順などにも若干の相違があるが、基本的には全く同じと考えて差支えない。

さてこの工法の下地板には次の種類がある。

(a) 素材下地板

普通の住宅用は厚さが1"、幅が6"または8"で Douglas fir, southern pine, hemlock などの3等材が標準である。水平または斜め張りで、後者の場合一般に筋かい不要である。

(b) 合板下地板

厚さ3/8"~1/2"の sheathing grade が標準であるが、高湿度の地区では exterior grade を用いる。縦張りの場合は原則として隅筋かい不要である。1950年代の後半から従来の素材にかわって合板の下地板が急速にのび、現在は圧倒的に多くなっている。

(c) 構造用インシュレーションボード下地板

このインシュレーションボードは文字通り構造用に開発されたもので、アメリカ合衆国では大量に利用されている。カナダとアメリカ合衆国では若干の相違はあるが、たとえば Minimum Property Standard

* 本文は第25回木研公開講演（1973.5.24）の講演に一部加筆したもの。

** 木質材料科学研究部門(Division of Composite Wood)

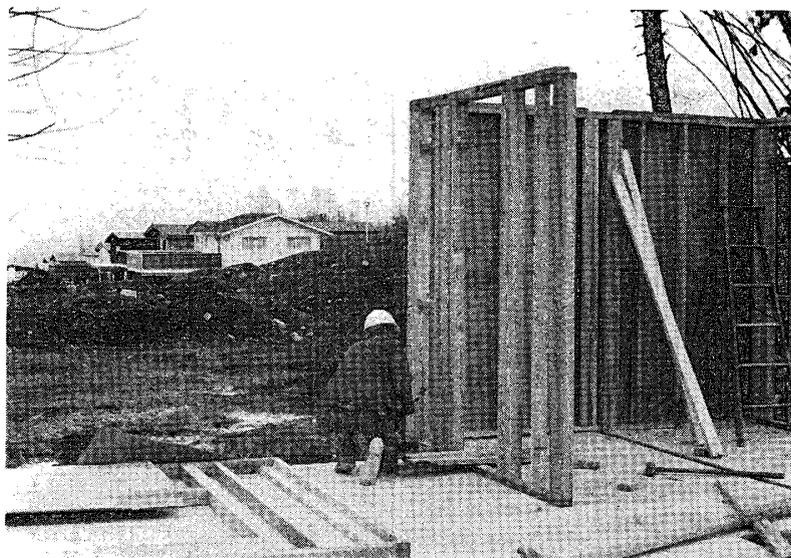


写真1 壁枠組パネルのたて起し (Canada Vancouver, 1973)

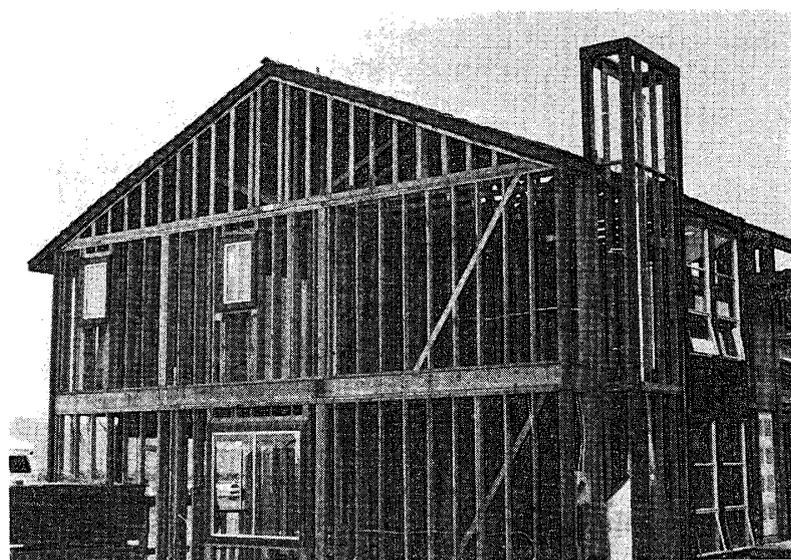


写真2 建物全体の枠組を完成した後、シーリングを張り、セントラルヒーティングを動かし、5、6日かけてゆっくり枠組を乾燥する (U.S.A. Forster City, 1973)

for One and Two Living Units の規定によると、

(i) 隅筋かいを必要とするもの

大きさ $4' \times 8'$ 以上、厚さ $1/2''$ で、アスファルト含浸率 7~12% が標準

(ii) 隅筋かいを省略できるもの 次の3種類がある。

Regular density sheathing: 比重約 0.3, 大きさ $2' \times 8'$, $4' \times 8'$, $4' \times 9'$, 厚さ $1/2'' \sim 25/32''$, アスファルト含浸率 7~11% が標準であるが、厚さ $1/2''$ のものは隅筋かいを必要とする。

Intermediate density sheathing: 比重約 0.35, 大きさ $4' \times 8'$ 以上、厚さ $1/2''$, アスファルト含浸率 10~15% が標準

Nail base sheathing: 比重 0.42~0.45, 大きさ $4' \times 8'$ 以上、厚さ $1/2''$, アスファルト含浸率 20~

30%が標準、その名の示す通りこの上から各種サイディングを釘打しても十分耐えるだけの保持力をもっている。

以上はいずれも縦張りの場合で横張りの場合は原則として隅筋かいを必要とする。

これらのインシュレーションボードにはそれぞれ強度、耐湿、耐水性、膨張率はもちろん保温性についても一定の基準がもうけられ、釘打についても合板と同様 Nail Schedule が定められている。なおわが国でも最近構造用インシュレーションボードの JIS が定められている。

(d) 石膏ボード下地板

大きさ2'×8'、厚さ1/2"、両面耐水紙張りで原則として横張り、隅筋かいを必要とする。

(e) そ の 他

パーティクルボード、ハードボードなども用いられ、とくに前者は使用量はまだ少ないが急速に需要がましている。Stucco はポルトランドセメントを基材にした外装仕上げ用プラスターで、大平洋岸の南部でとくに好まれ、普通は適当なシージングの上に塗られるが、一部地区では筋かい入り枠組に耐水性のよいシージングペーパー、メタルラスを張った上に、シージングを兼ねて直接使用することも認められている。もちろん一定の規定、たとえば 3 coating, 仕上り厚さ3/4"以上といったような規定がもうけられ、last coating が仕上げになる(写真3)。

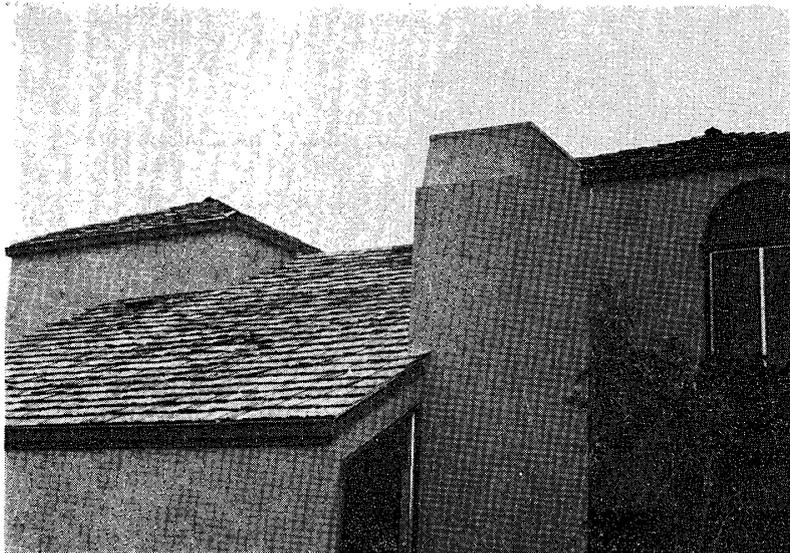


写真3 Stucco 仕上げ (U.S.A. Forster City, 1973)

(2) 屋根下地板

(a) 素材下地板

厚さ3/4"、幅6"または8"が標準である。高湿度の地域では1"×3"、1"×4"の透かせ張りもよく行われる。

(b) 合板下地板

たる木間隔や屋根材料によってちがうが普通厚さ5/16"~3/8"、とくに大きな racking resistance を期待する場合は3/8"~1/2"を用い、原則としてたる木に直交させる。一般に standard grade を用いるが、湿度の高い地区では exterior grade を用いる。ウォールシージング同様最近需要が急速にましている。

(c) Roof deck

屋根の racking resistance や作業者の荷重に耐えるもので、大きさ 2'×8', 厚さはたる木間隔に応じて 1½''~3''. とくに open beam ceiling roof construction 用に片面をプレフィニッシュしたものが多。

(3) 床下張り

(a) 素材下張り

厚さ 3/8'' 以上, 幅 8'' 以下。根太に直角または斜め張り。後者は当然のことながら火打梁は不要である。

(b) 合板下張り

Standard sheathing grade で十分であるが, 湿度の高い場所には exterior grade を用いる。

合板の床下張りは underlayment と兼用される場合が多く, この場合は T & G 接合として, 次の厚さが最小寸法の標準値となっている。

樹 種	根太間隔	厚 さ
Douglas fir	16''	1/2''
Southern pine	21	5/8
	24	3/4
Western hemlock	16	5/8
Western white pine	20	3/4
Ponderosa pine	24	7/8

Platform construction では床が作業場となるから十分堅固に作る必要がある。

2 枠組壁の耐候性

木造住宅では風圧力や地震力などの水平力に対抗する壁体の水平せん断耐力が構造上最も重要なファクターの1つであり, 筆者はかつて, いろいろのシージングを張った枠組壁体の水分平衡状態における水平せん断耐力についてアメリカ合衆国の資料を紹介したが¹⁾, これらの枠組壁体は水分非平衡状態の下では伸縮の繰返しによって剛性と耐力を劣化させることは当然予想されることで, たとえば米国林産研究所の調査による次のような資料がある。

未乾燥材枠組に未乾燥下地板を釘打した壁体を1カ月間乾燥した室内においた場合の剛性, せん断耐力は

下地板水平張りの時……………剛性50%低下

〃 傾斜張 〃 …………… 〃 40% 〃

乾燥材枠組パネルを戸外に暴露した場合

下地材水平張りの時……………剛性30%, 強度20%低下

下地材水平張り

プラスターラス, プラスター仕上げ……………剛性20%, 強度10%低下

パネルが長期間戸外にばく露された場合の耐力の劣化に関する資料はほとんど公表されていない。筆者はさきにわれわれの研究室で行った木質系模形耐力パネル(合板およびハードボードシージング張り)の水平せん断耐力について2年間の戸外ばく露試験の結果を報告²⁾したが, その後の3年間のばく露結果を示すと第1, 2表のごとくなる。

まずパネルのせん断耐力について枠材と合板下地板(表面無処理)の接合方法の影響をみると数字的には釘打パネルAの耐候性が最もよく, 釘打接着パネルCが最も悪い。また釘打接着パネルのうち合板表面にレ

満久：北米の木造住宅

第1表 合板耐力壁パネルの耐候性（水平せん断力）

パネルの種 類	接 合 方 法	初 期 せん断耐力 P_0 kg/m	1年ばく露		2年ばく露		3年ばく露	
			せん断耐力 P_1	$P_1/P_0\%$	P_2	$P_2/P_0\%$	P_3	$P_3/P_0\%$
A	釘 面 無 処 打 表 面 無 処 理	628	606	96.5	632	101.0	594	94.7
B	プ レ ス 接 着 表 面 無 処 理	2740	2535	92.5			2464	89.9
C	釘 打 接 着 表 面 無 処 理	2960	2580	87.1			2533	85.6
D	釘 打 接 着 表 面 塗 装	3120	2830	90.7			2914 (1501)*	93.4 (48.1)
E	釘 打 接 着 オ ー バ レ イ	3200	3085	96.5			3187	99.6
G	釘 打 接 着 塗 打 装	2895	2925	101.1			2705	93.4
K	U グ ル ー プ 釘 打 接 着 ハ ー ド ボ ー ド	3320	2518	75.8			2370	71.4

* 枠組と合板接合部腐朽，腐朽部の破壊

第2表 合板耐力パネルの耐候性（剛性率）

パネルの種 類	接 合 方 法	初 期 剛 性 率 $G_0 \times 10^3$ kg/cm ²	1年ばく露 G_1/G_0 %	2年ばく露 G_2/G_0^* %	3年ばく露 G_3/G_0^* %
A	釘 面 無 処 打 表 面 無 処 理	0.498	22.8	39.9	34.1
B	プ レ ス 接 着 表 面 無 処 理	0.712	74.6	—	62.1
C	釘 打 接 着 表 面 無 処 理	0.883	69.5	—	66.1
D	釘 打 接 着 表 面 塗 装	0.713	80.4	—	75.8
E	釘 打 接 着 オ ー バ レ イ	0.876	81.5	—	67.7
G	釘 打 接 着 塗 打 装	0.747	88.1	—	81.4
K	U グ ル ー プ 釘 打 接 着 ハ ー ド ボ ー ド	2.910	66.0	—	76.6

* それぞれの初期剛性率に対する割合

ジンペーパーをオーバーレイしたパネルEの耐候性は抜群で，塗装合板 D, G がこれに次ぎ，表面無処理Cの場合が最も悪い。さきに述べたごとく²⁾，釘打パネルは耐力はそう大きくないがばく露劣化がきわめて低いのは，パネルの耐力を支配する釘の保持力の劣化が少ないことに基因すると考えられる。また釘打接着，プレス接着パネルでは2年ばく露の場合に比較して合板シーリングの rolling shear による破壊が多くなっているのは rolling shear strength の劣化が先行することを示すものであろう。これらの合板パネルに比較してハードボードパネルKの耐力の劣化は第1年目でかなり大きくあらわれるがその後の劣化の進行は比較的緩慢であるといえよう。表には示してないが，合板パネルでは南面と北面の差はあまりないが，ハードボードパネルでは明かに南面の劣化が北面より大きい。なお表中のパネルDの括弧内の数字は枠材と合板シーリングの接合部が腐朽菌に犯されこの部分から破壊したもので，腐朽のおそろしさを示す好資料といえよう。次にパネルの剛性についてみると，釘打パネルAは他のパネルに比較してばく露第1年目で急速に劣化す

るがその後の劣化はあまり認められない。釘打接着パネル間にはとくに顕著な差はみとめられないが、表面塗装パネルGの劣化が少く、表面無処理のCの劣化がやや大きいようである。

ハードボードパネルKは第1年目で急速に劣化するが、その後はあまり変化していない。これも図表には示していないが、南面と北面では前者の劣化が明かに大きい。これに対して合板パネルでは南面と北面の差はあまりみとめられないといえる。

これらのパネルの耐候性についてはさらに長期的な立場から改めて眺めてみたいと思っている。筆者の知る範囲ではこの種の資料で公表されているものがないため比較検討することが出来ないのは残念であるが、前述のアメリカ合衆国の資料と比較してみると大体的見当がつきそうである。

3 Platform Construction に関連した問題点

Platform Construction を日本に導入した場合に考えられる問題点については、すでに多くの方々がそれぞれ専門的な立場から有益な意見をのべられているが、筆者も筆者なりに、なるべくこれらと重複しない範囲で、感ずることを2、3のべてみたい。

(1) Dimension lumber の応力等級について

構造部材に応力等級をつけることの必要性については Platform Construction が日本に紹介される一昔前、まだ軸組構造一辺倒の時代に林産関係の有志が2、3度関係官庁をつついた事があったが、いずれも不発に終わっている。不発に終わったことについてはいろいろ理由があった事も大体察しはついているが、Platform Construction の導入と共に今後は逆に関係官庁当局が応力等級の問題についてきわめて積極的であることをきいて、いささかならず遅きに失したきらいはあるが大変結構なことと思っている。

御承知のごとく、カナダやアメリカ合衆国には構造用材について立派な Stress Grades が作られ、樹種、等級に応じて allowable unit stress と modulus of elasticity が規定されている。しかし、これについては当のカナダ、アメリカ合衆国あるいはイギリスなどでも現在なお Commercial Grading 支持説と Stress Grading 支持説が、また同じ Stress Grading でも visual grading 支持説と machine grading 支持説など賛否両論が入り乱れている³⁾。それぞれ理由があり、いずれを是とするか簡単には決定できそうもないが、アメリカ林産研究所長の FLEISCHER 氏の visual grading は設計方法と関連して作られたものであるから、これを切離して単に精度が高く、便利であるということだけで machine grading を採用することは問題であるという意見は傾聴すべきであろう。しかしながら、木造住宅が現在おかれている立場を考える時、日本ではやはり何等かの形で stress grading を規定しておく必要があると筆者は思う。筆者がカナダおよびアメリカ合衆国における Platform Construction に関連して現地でも見た見聞はごく限られた範囲であり、あるいはその全容を掴んでいないかもしれないが、両国共 machine grading はまだそれほど普及していない。大部分は visual grading である。これでは grader がいかに熟達していても、あの立派な Grading Rule 通りの精密な等級分けが出来るかどうか甚だ疑問であり、またかりにそれが出来たとしても末端で現実にそれがどの程度利用されているか疑問に思われる点が少ない。これでは、visual grading にしろ、machine grading にしろいかに grading を正確にしても単に設計者の自己満足に終わってしまう恐れが多分にある。

日本が Platform Construction を導入した場合、輸入製材に対して先方の検査結果をそのままのみにするのかどうか、輸入丸太や国産材に対してどう対処するのかいろいろ問題はあるにせよ、いずれ遠からず日本においても応力等級に関する規定が設けられるであろうが、この場合あまり規格の形や細かいことにこだわらないで、末端でもそれがフルに活用出来るような、いわば名よりも実をとった内容にすることが必要であろう。

(2) 部材の乾燥度について

カナダやアメリカ合衆国における建築用材はかつてはほとんど製材所で天然乾燥をした後、建材問屋に送

られていたが、現在は需要が強くなり、ドア、窓枠など建具用材類をのぞいて、ほとんどが生材のまま間屋やビルダーに送られている場合が多いようである。したがって lumber yard にはこれらの生材が solid piling されたままおかれていて、中には外観的にかなり乾いていて、割れや菌害もあまりみられないものも少くない。しかしこれらのいわば未乾燥材を使った枠組はシーリングを張り終った段階で、これと併行して設置されたセントラルヒーティングを動かして、必ず建物ぐるみ数日間乾燥した後内装工事にとりかかっている。内装にプラスター仕上げの多いアメリカ合衆国では耐力的な問題以外に、木材の乾燥収縮によるプラスター壁のクラックを非常にきらっており、これを防止するため壁面仕上げに着手する時の枠組壁の含水率とそれが雰囲気と平衡する時の含水率差を多くとも5%以内に止めるように努力しており、これを厳重に守っているようである。またわずか数か所の建築現場をみたにすぎないが、確かに釘打の乱暴さなども目につくこともあるが、防水紙の張り方、水返しのとりつけ方、排水管の敷設など目立たないあるいは目にふれない肝心の場所の施工が良心的であること、防腐防虫処理も必要に応じて徹底的に行われていることに強い印象をうけた(写真4)。こういった点も Platform Construction の導入と共に学ぶべき技術以外に大切な事柄で

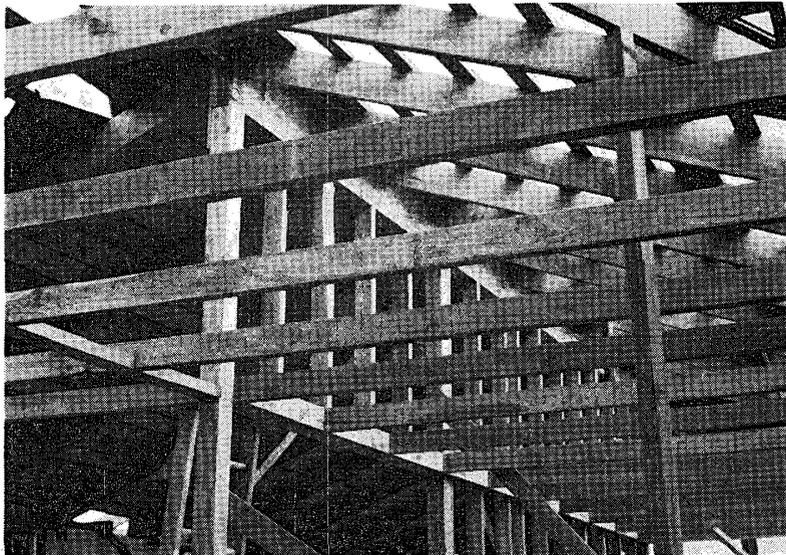


写真4 白黒ではわからないが、白蟻の害の多いホノルルでは土台や根太はもちろん、柱たる木まで防虫処理材を用いている (U.S.A. Honolulu, 1973)

あろう。

日本でも最近ではセントラルヒーティングシステムがましているが、一般住宅での普及率はまだまだ低いから、当分カナダやアメリカ合衆国のような建物ぐるみの器用な乾燥法は期待できそうもないし、仮に普及率が上っても実行されるかどうか甚だ疑問である。したがって枠組材料やたる木、根太などの重要な部材はある程度乾燥したものを使用すべきで、その意味で何等かの形で適正含水率の目安をはっきりしておく必要がある。

(3) 釘打について

Platform Construction では枠組やシーリングの釘打についてはその材料に応じて、どこに、どんな釘を、どの間隔で、どんな打方をするかといういわゆる nail schedule が与えられている。

日米では当然釘の規格が違っており、たとえば同じ長さの丸釘と common nail を比較した場合日本の丸釘の方が一廻り細い。したがって同じ樹種に対する釘の保持力(引抜抵抗)やせん断力は当然低くなり、もし釘の材質が違っておればこの問題はさらに面倒になる。

しかし、きくところによるとアメリカ合衆国の common nail はほとんど日本から輸出されているそうである。たまたま Seattle の日曜大工用品専門店で common nail 中最も長い 60 ペニイ (釘身約 15 cm) よりもさらに長い約 20 cm の日本製ジャンボネールを見て驚いたが、そういう訳で釘の材質の点では融通がききそうである。また Platform Construction では建物の耐力上重要な部分たとえば floor joist, header joist などと sill, girder あるいは wall framing の top plate 間, rafter と top plate 間などの接合部には日本であまり行なわない斜め打が規定されている。

御承知のごとく接着接合部の破壊理論や応力解析に関してはかなり研究資料が出ているが、いずれも一長一短があり、まだ一般に納得される段階には達していないし、これらの資料と設計との直接的な結びつきは未だ遠しの感がある。まして釘打とくに斜め釘打や釘打接着接合においておやで、もっぱら実験的資料にたよらざるをえないが、その実験的資料もとくにわが国では数が少ないのが現状である。釘打接着は釘打によって接着に必要な圧縮力を与える、工場にも現場にもむく便利な方法で、上手に行えば少ない釘でしかもプレス接着に劣らない耐力がえられるが、下手をすると釘打よりも悪い結果を招くおそれが多分にある。この方法も理論はともかくとしてそう遠くない将来現場にもちこまれる可能性が十分ある。これらの現場的技術についてはカナダのように適当な専門養成機関を設けてもらえば安心だが、これも急場の間には合わない。差当ってどうするのか?問題はそう簡単ではなさそうである。

(4) 耐力壁下地板について

Platform Construction では先に紹介したように枠組下地板には素材、合板、インシュレーションボード、石膏ボードなどが用いられ、いわゆる耐力壁には必要に応じて筋かいの併用を規定して、かなりフレキシブルな形になっている。もちろんこれについては次に紹介するように、現在なお論議があり問題がすべて解決されている訳ではないが、要するに基礎資料に裏打ちされた貴重な経験が物をいっているのであろう。最近素材が減少して合板の利用が圧倒的に多くなっているが、インシュレーションボードの使用も構造、非構造用を含めて1970年度には約9億平方呎に達しており、地域によっては屋根下張りとしての使用も認められている。

日本の枠組壁工法の技術基準案をみると、耐力壁の下張りには構造用合板だけが指定され、他の材料は一応見送りの形になっている。

たしかに合板の乾湿状態やその繰返しにおける力学的諸性質は他の下地材料に比較してはるかに秀れており、風雨の強い日本でも最も信頼できる下地材の1つであり、本場のアメリカ合衆国では合板下張りにも隅筋かいを併用すべきであるという声さえないでもないことを考えれば当然の事かもしれない。

しかし、「枠組の筋かい」に一抹の不安が残るとすれば当然枠組自体にも不安が残るはずで、その点筋かいを木造住宅の耐力壁の基準にしている日本建築界ともなれば、本場でみとめている筋かいと他材料の併用に対してもっと積極的な形が基準の上に示されるであろうことを期待したのはおそらく筆者1人ではないであらう。

(5) その他

数年前アメリカ合衆国の National Association of Home Builders が行なった調査結果⁴⁾を参考までに紹介すると次の点が強調されている。

- (a) 非耐力壁の 2'×4' 間柱の間隔を 24' (恣恣) にすることに対して 62% が反対
- (b) 24' の間柱間隔に対して石膏ボード内装仕上げをすることは 60% が反対
- (c) 屋根トラス間隔を 24' にすることには 15% が禁止に賛成
- (d) 合板またはファイバーボードシーリングを使用した場合でも隅筋かいをつけることに 27% が賛成
- (e) Red cedar のシングルまたはシェークによる屋根仕上げに対しては 26% が禁止に賛成

4 Mobile Home

広い意味の Mobile Home には Single wide mobile home, Double wide mobile home, Expandable mobile home など数種類あるが、いわゆる住宅としては妻側の幅 12' の single wide が現在圧倒的に多くあとは 14' の single wide と 2 section からなり現場で接合して妻側幅 20~24' になる double wide で占められているが、最近 double wide が次第に多くなってきている。写真 5 がその 1 例で、縦半分をそれぞれ

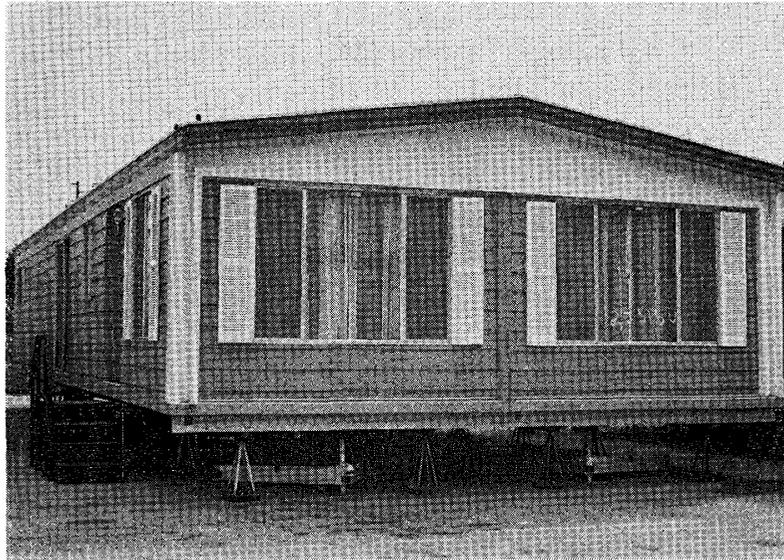


写真 5 ダブルワイド・モービルホーム外観 (U.S.A. Los Angeles, 1973)

れ工場でプレファブし専用トラックで現場に運んで接合するだけであるからきわめて簡単であるが、この辺になると建物内部の居住感覚は在来法のそれと全く変わらない。価格が安いだけに材料がかなり切詰められているので耐用年数は十数年だろうとみられているが、それにしても建坪 70~80m² で 7000~8000ドル、これは技術系大学新卒の初任給(年額)に相当する額であるから全くうらやましい話である。

Mobile Home の主要構造の 1 例を簡単に説明すると

(1) シャーシ

高さ約 10'' の steel I-beam

(2) 床 組

2''×6'' の枠組床に double wide では主として厚さ 5/8'' の針葉樹合板の下地板, single wide では従来の針葉樹合板から最近ほとんど 5/8'' 厚のパーティクルボード下地板へと移行している。

(3) 外 壁

2''×4'' ディメンジョンを主材にした枠組で、外部仕上げは主としてアルミ板が使われているが、最近ユニットの大形化と共に合板サイジングの使用が増すであろうと推定されている。

(4) 内 装

プレフィニッシュ広葉樹合板が多く、その約半分は木目印刷(写真 6)、1/4 が天然木目、1/8 がビニールオーバーレイである。バスルームその他一部にはプリントまたはプラスチックオーバーレイハードボードも使用されている。石膏ボードは安くて加工容易であるが、輸送中破損のおそれがあるためあまり利用されていない。

(5) 屋 根 組

Double wide では 2''×4'' ディメンジョンと合板ガセットを用いたトラス屋根が多いが、single wide で

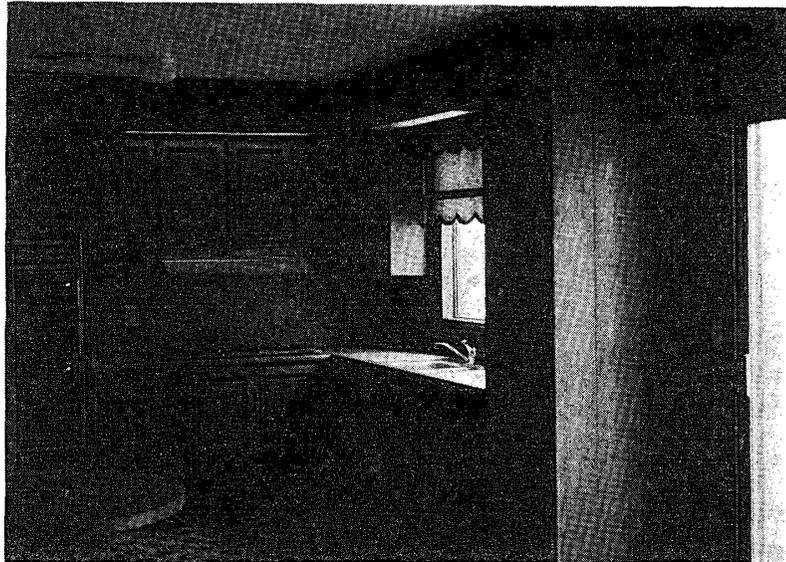


写真6 モービルホームのキッチン，プリント合板が用いられている（同上）

はラフトまたはドーム形がよく用いられる。

(6) その他

輸送中の破損を防止するために壁体や床の枠組には stiffener を欠き打したり壁枠と床枠，屋根トラスと壁枠間には適宜ストラップが使用されている。しかしここでも木材価格の変動のはげしい事も原因となって間柱や根太，たる木などの金属化，プラスチック化が検討されている。

第3表に MHMA (Mobile Homes Manufacturers Association) の調査⁵⁾によるモービルホーム一戸当

第3表 モービルホーム1戸当りの木質材料消費量

ホームの平均床面積	762 sf	(71 m ²)
素 材	1680 bf	(3.9)
針 葉 樹 合 板 (3/8")	364 sf	(33.8)
広 葉 樹 合 板 (")	936 "	(87.1)
パーティクルボード (5/8)	668 "	(62.1)
ハ ード ボ ー ド (1/8)	168 "	(15.6)

りの木質材料の使用量を示す (1971年調査)。

5 Low cost house construction の開発研究

低価格木造住宅構造の研究はここ数年間関係国際会議の重要課題の一つとして取扱われ，各国共強い関心を払っているが，最も積極的な努力を払っているのはアメリカ合衆国で，1968年林産研究所から "Nu-Frame Research House" という名でその構造の詳細が発表され⁶⁾，モデルハウスも作られている。

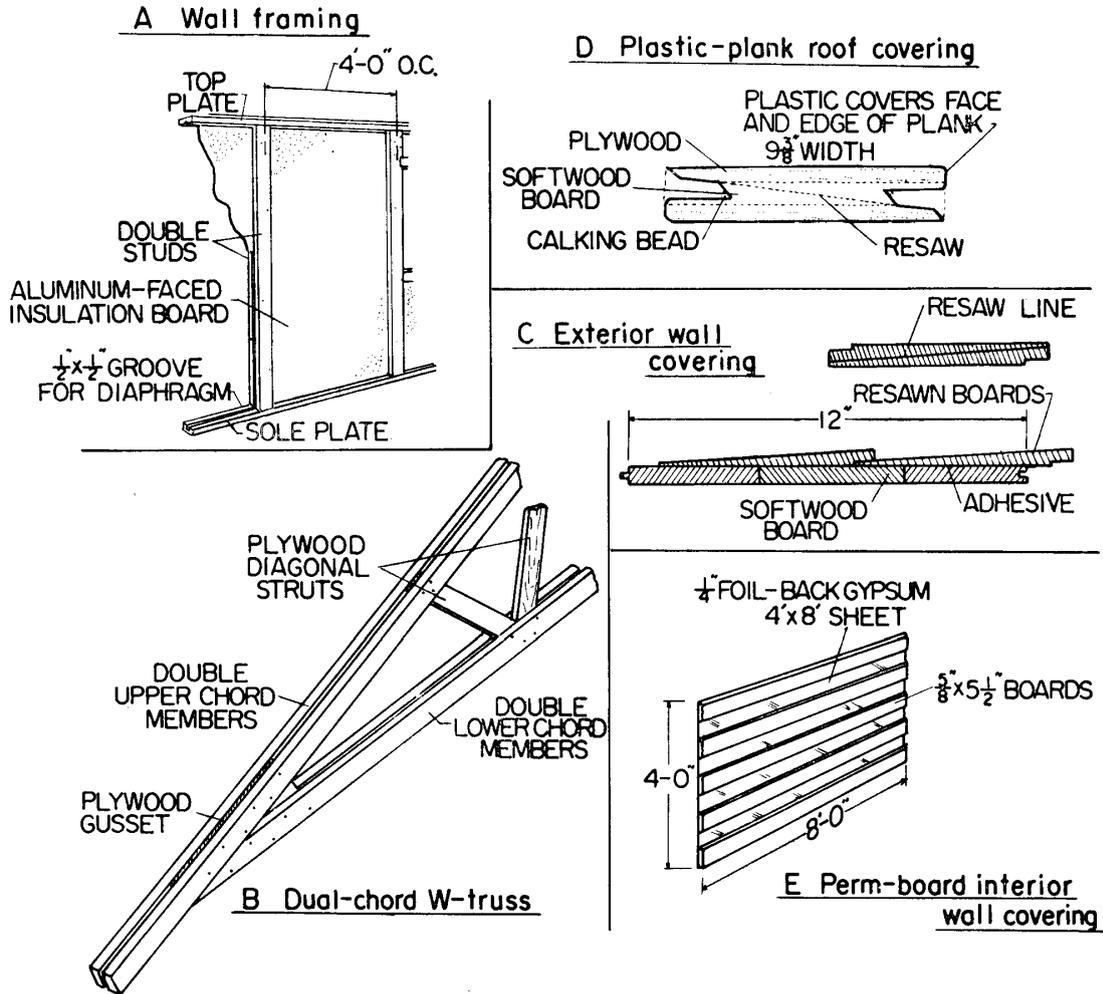
この開発研究の目的は居住性，建物の強度，耐久性を犠牲にしないで建築費を下げることで，そのため設計を単純化して虚飾を省き，現在利用度の低い低級材を使用してプレハブ部材を作り，できるだけ釘打接着を行って，釘打や金物取付の手間を省き，現場労務費を下げ，工期を短縮するように工夫している。

1例をあげると Platform Construction やその他のアメリカ合衆国の在来法では壁枠組や屋根部材には3等材を用いているのをこの工法では4等材にし，在来法の door head, window head あるいはたる木の

2等材を3等材または4等材に、内装、外装材にも低級材を用いて、木材材料費を引下げている。そのため Nu-Frame System は次の5種類のプレハブ部材で構成されている。

(1) Wall frame

第1図Aに示すように2"×4" (4等材) の間柱を2枚ずつ重ね合わせて4呎間隔に配置し、その間に厚さ1/2"の regular insulation board または nail base insulation board をはさんで釘打接着を行う。ポー



第 1 図

ドの両面にはアルミ箔を張り、室内側表面にはピンホールを沢山あけて若干の通気性を与え、外壁側の表面には直径3/16", 深さ1/4"の孔を2"間隔にあけて、このアルミ表面と外壁までの空間とによって防音性を与え、いわば保温と防音を兼ねそなえて、しかも後述するように耐力的にもすぐれた壁体を構成している。

(2) Dual-chord W-truss

第1図Bのごとく2"×4"を2枚ずつ合せ、その間に厚さ3/8"の合板ガセット、合板ストラットなどを溝付釘で釘打接着したWトラス。壁体同様2枚合せすることによって4等材の使用が可能となる。このトラスは壁体にあわせて4呎間隔に配置する。

(3) Exterior Covering

これには3種類が試作されている。第1図Cはそのうちの1つで厚さ1"の針葉樹低級材に2枚1組の

redwood または red cedar siding を接着したもので、T & G 接合をして4呎間隔の間柱に釘打できるだけの剛性をもっている。

(4) Roof Covering

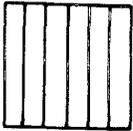
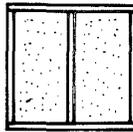
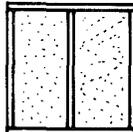
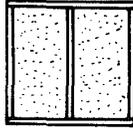
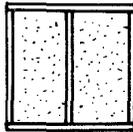
第1図Dのように厚さ1"のマツ板材の両面に5/8"厚の合板を接着した後、2つ割にしてベベル形に加工し、そのエッジおよび外部表面を、アスベストを裏打した耐候、耐熱性 polyvinyl fluoride film でカバーした、いわばシーリングとカバリングを兼ねた屋根材料である。One ring shank nail でトラス上弦材に釘打接着する。

(5) Interior Covering

壁および天井の内装仕上げ材は第1図Eのごとく、箔を裏打した厚さ1/4"、大きさ4'×8'の石膏ボードの裏側に厚さ5/8"、幅約5 1/2"の針葉樹の板を6"間隔に透し張り（接着）したパネルで、間柱に直交して釘打接着し、石膏ボードの接合部はテープと joint cement を用いて普通の方法で仕上げる。

これらの部材は、壁パネルではいろいろの構造のものについて racking test を行い、屋根トラスでは曲げ試験を、また roof panel については耐火試験とジョイントの漏水性に関する1カ年の戸外ばく露試験、内装パネルについては曲げおよび衝撃試験を行っているが、このうち建物の耐力上重要な壁パネルの racking test の結果の一部を示すと第4表のごとくである。表中の括弧内の数字は筆者が推定または換算した値である。

第4表 各種パネルの水平せん断耐力

		せん断変形 1/2" (1/192ラジアン) の荷重 1 b	せん断破壊荷重 1 b
A	 2"×4", 16" 間隔, FHA の規定する最小値	(2000) (370 kg/m)	5200 (970 kg/m)
B	 Nu-Frame パネル 1/2" reg. insul. 上下プレート溝なし	1530 (290)	1845 (340)
1	 同 上 同 上 上下プレート 1/2"×1/2" 溝付	1625 (300)	1860 (345)
2	 同 上 Nail-base insul. 上下プレート 1/2"×1/2" 溝付	2166 (400)	3240 (610)
3	 同 上 同 上 上下プレート 2つ割 釘打接着	5150 (960)	6560 (1220)

満久：北米の木造住宅

アメリカ合衆国のパネルせん断試験法は日本の試験法と違っており、測定結果も高くでるので、日本の資料と直接比較することが出来ないのが残念であるが、パネルAは Platform Construction の標準枠組 (2"×4", 16"間隔) で FHA (Federal Housing Administration) で要求されている最小値を示す。パネルBおよびパネル1～3は Nu-Frame Wall で インシュレーションシーティングの種類およびそのフレームとの接合法を変えたものである。表から明かなようにパネル3が FHA minimum requirement を満たすので、この8'×8'パネルをモデルハウスの corner wall とし、他の壁面にはパネル1を用いている。

1967年、この Nu-Frame House の設計図に基いて、建坪28'×40'の平屋のモデルハウスが建設されたが(写真7)、この設計で注目すべき点は北面に、防腐処理をした2"×4"または2"×6"のディメンションランバーによる2種類の木製の基礎が使われている事である。第2図がその一つで、フレンジに2"×6"、ウェブに厚さ3/4"、高さ24"の防腐合板を釘打したbox beam type の一種の杭打基礎で、脚の下部にはコ

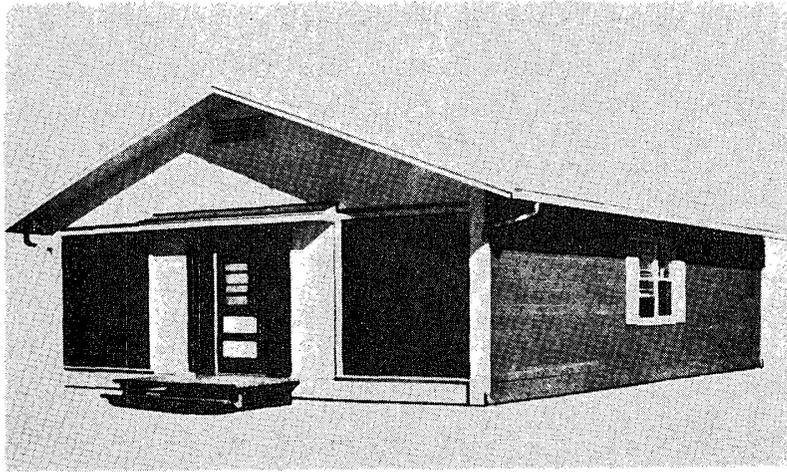
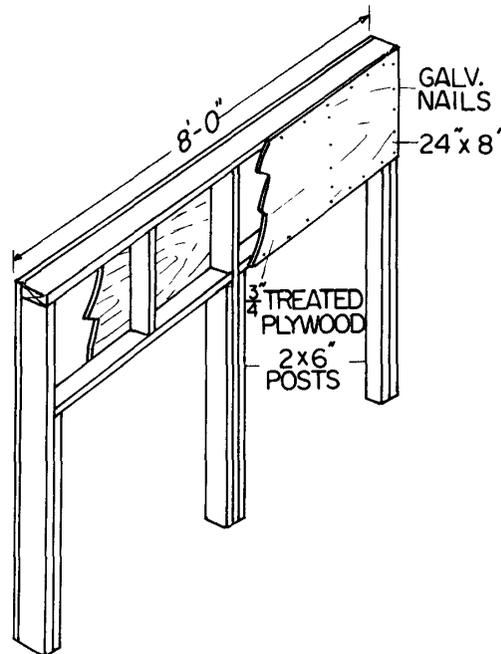


写真7 Nu-Frame Construction モデルハウス



第 2 図

ンクリートを打っている。いかに平屋とはいえ、日本の4DKの標準の広さより1廻りも2廻りも大きな住宅の基礎に防腐処理木材を使うなどという事は日本ではとても考えられない事であるが、アメリカ合衆国には案外この種の基礎が多い。林産研究所ではこの外、one bed room house から12人の子供達のいるビッグファミリー用まで12種の low cost house construction の設計図を発表しているが⁹⁾、このうちの過半数が全面または一部に杭打基礎を採用しており、また砂地の海岸地帯ではこの方がハリケーンなどに対して威力を発揮している事も実証されている⁹⁾。30年間実際に basement wall に使用した Douglas fir の柱、southern pine の壁体について creosote retention, 腐朽程度、衝撃や曲げ強度の劣化等を調査した結果によると、ごくわずかの腐朽や強度劣化が認められるが全体として健全で今後なお長期の使用にたえることが確認されている⁹⁾。

なお最近の情報によれば APA (American Plywood Association) では基礎に防腐防虫処理をした plywood sheathed stud wall を開発し、All-Weather Wood Foundation System (AWWF) と名付け、すでに3,000戸がこの木製基礎を用いて建築されているそうである。

この木製基礎なども、日本では新しい観点の下にもっと積極的に開発研究を行なってみる必要があろう。このモデルハウスの建築に当って、全材料費、木質系材料費、労務時間等を在来法と比較調査した結果が出されているが、結論を簡単に紹介すると、板材の使用が在来法に比較して多いために木材消費量は増加するが低級材の使用によってコストでは14%節約でき、全建築費は18%のコストダウンとなり、現場労務時間は外壁で43%、天井、屋根で約14%短縮されている。

この工法で注意すべき1つの点は釘打接着である。前述したように釘打接着は接着に必要な圧縮力を釘打によって与えるという極めて現場的な便利な方法で、丁寧にやれば釘の数が少なくてすみ、しかも接合部の剛性、耐力はプレス接着とほとんど変わらないが、下手をすると接着性能ははず、釘打接合にもおよばぬ中途半端なものになりかねないから、釘打接着技術を十分修得してかかることが必要である。今1つ注意すべき点は単位面積当りの木質材料の必要量が Platform Construction のそれよりも多いことである。いろいろの工法の単位面積当りの木材必要量の比較はそう簡単にはできないが、日本の在来工法に比較して Platform Construction の木材消費量が多いことは御承知の通りである。したがってこのままではこのことが日本における枠組壁工法発展の1つの大きな障害になるであろうことは否定できない。Nu-Frame Construction の木質材料消費量はこれより更に多くなる。Research house ではこの不利を木材等級の価格差によってカバーしているが、木材価格をはじめその他の諸条件でアメリカ合衆国よりもはるかに不利な木材事情にある日本では果してどうであろうか。いや、だからこそこの種の研究はもっと押進めるべきであろう。

それはともかく、この Research house は low cost とはいえ、決して安かろう悪かろうではない。諸材料に新しい技術がとり入れられ、保温性と防音性にも十分留意され、その居住性はおそらくわが国の最近の一般木造住宅のそれにまさるとも劣らぬ性能をもっているといえよう。

北米の在来工法たる Platform Construction がわが国の「枠組壁工法」として軌道にのるまでにつぎこまれる頭脳と熱意と予算と時間の総エネルギーはおそらく相当なものになるであろうが、これに劣らぬエネルギーが安くて安全で居住性のよい将来の木造住宅構造の開発研究にも結集されるよう、関係官庁当局が意欲的にリーダーシップをとられんことを期待したい。

そういった意味も含めて1971年カナダのバンクーバーで開催された International Consultation on the Use of Wood in Housing の第3部会から提出された勧告の内容の一部を紹介しておく¹⁰⁾。

- (1) 木材の使用は決して天然資源を涸渇させることはなく、また鉱物や石油のような甚しい環境汚染を引きおこすことはない。
- (2) 森林資源の住宅への効果的利用を計るため工学的品質および寸法の標準化を計ること。
- (3) 開発途上国の工学的レベルの向上のため国際機構が努力すること。
- (4) 先進国の設計者、ビルダーあるいは関係政府機関は住宅用木質材料の正しい使用に協力し、かつ簡単

満久：北米の木造住宅

でしかも必要な剛性と強さをもつ部材の複合方法を考案すること。

(5) 開発途上国の政府は住宅用部材の開発に関して未利用材、工場廃材の利用に努力すること。

(6) 開発途上国はその関係領域内において樹脂や釘類の生産の可能性を考えること。

(7) 住宅用木質材料の発達とそれに関する資料の PR について地区センターの設立に協力すること。

IUFRO (International Union of Forestry Research Organization) は熱帯材関係の資料の収集と PR 活動を促進すること。

(8) 住宅研究機構は劣化因子、工法の種類などの住宅の耐候性に与える影響を予知する方法を開発すること。

(9) 世界各国の大学は設計や構造に木材を利用する適当なトレーニングを工学者や建築設計者に与えるようカリキュラムの編成を促進すること。

参 考 文 献

- 1) 満久崇麿, 木材研究, **38**, (1966).
- 2) 満久崇麿, 木材研究資料, **6**, (1972).
- 3) たとえば, D E. KENNEDY, For. Prod. J., **19**, 6 (1969), W. L. FOSTER, Timber Trade J., May 22nd & 29th (1971), R. L. ETHINGTON and H. O. FLEISCHER, For. Prod. J., **23**, 9 (1973).
- 4) M. APPLEFIELD, For. Prod. J., **22**, 4 (1972).
- 5) C. A. FASICK and H. E. DICKERHOOF, J. D. LAWRENCE, For. Prod. J., **23**, 6 (1973).
- 6) L. O. ANDERSON, U. S. For. Serv. Res. Paper FPL 88 (1968).
- 7) L. O. ANDERSON and H. F. ZORNIG, U. S. For. Serv. (1969).
- 8) L. O. ANDERSON and W. R. SMITH, U. S. For. Serv. Res. Paper FPL 33 (1965).
- 9) B. A. BENDTSEN and W. E. ESLYN, U. S. For. Serv. Res. Paper 98 (1968).
- 10) H. O. FLEISCHER, For. Prod. J., **21**, 12 (1971).