

## 地球環境保全時代における木材利用

東京大学農学部助教授 有馬孝禮

### はじめに

ただ今ご紹介いただきました有馬です。今日は「地球環境保全時代における木材利用」という演題でお話させていただきますが、私が関わってきたのは木造建築、木材利用です。したがって、主に木造住宅、木造建築と地球環境の関わりのお話を中心にありますが、お許しください。

### お伊勢さま - 再利用と技術の継承

昨年、お伊勢さまの式年遷宮が行われました。昭和48年から平成5年（昭和にすると68年）までは東側にありましたが、昨年それを取り壊して西側に新しく建て直しました。20年に一度建て替えるわけです。

この20年には重要な意味があります。その一つは、取り壊したものがほとんどすべて再利用されていることです。心柱などは新しい神宮でもう一度新しい命に変わって使われていますし、垂木など小さな物は御札などにもなっています。

もう一つは、仕事のつながりです。48年頃にこの仕事をされた大工さんたちは、5～6人が次の式年遷宮に備えて雇われます。その間に修業されて次の事業に備えられる。そうした仕事のつながりには、20年という期間が非常に重要な意味をもつということです。こうして既に61回1200年以上がつながっているわけです。

片や、法隆寺のように1300年このかた、メンテナンスをしながら継承する流れと、お伊勢さまのように建て替えながら技術をつないでいくという二つの流れが日本にはあるわけですが、これは大いに誇るべきことと思います。

### 木造建築の範囲が広がったこの20年

昭和48年から昨年までの20年間は「動」の時代、「活動」の時代といわれますが、木造住宅あるいは木材にとってどういう時代であったでしょうか。

図1は木造住宅に対する金融公庫の融資体系を示したのですが、まず最も大きな変化は準耐火構造が木造住宅にも通用できるようになったことです。それに伴って、融資の金額が違ってくる。さらに償還年数が長くなり、25年だったものが最大50年になっている。したがって、償還の月々の負担が軽くて済むわけです。

もう一つは、火災保険が3種類に増えたことです。同じ木造でも造り方が違うと、年間に払う保険料まで違ってくるわけです。

これに伴って、木質材料の内装制限など、木造住宅に対する規制が大きく緩和されています。したがって、木の壁材などもほとんどフリーパスで使われるところも多くなってきています。

このように、この20年間は規制が緩和され 木造建築の幅が非常に広く変化した時代といえましょう。

今年からの20年間は「静」の時代、俗に「心」の時代ともいわれます。それでは、これからの20年をどのような視点で木材を扱うべきか、これが我々の課題ではないかと思えます。

### オリンピックの合い言葉「環境との調和」

写真1はリレハンメルのホテルで行われたスピードスケートの会場です。このリレハンメルオリンピックは「環境との調和」が合い言葉でした。湖を守るために建物の位置を若干後ろに下げたそ

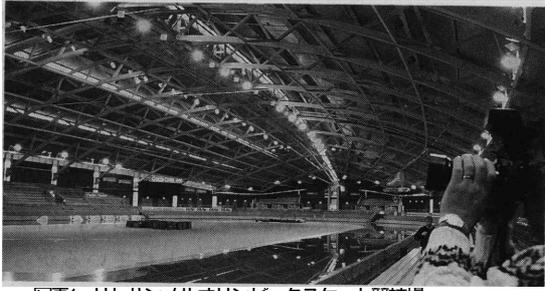


写真1 リレバンメルオリンピックスケート競技場

うです。この建物は木造で、しかも地元のモミなどで造られた集成材でできています。地元の木で造ることが環境に一番やさしいため、鉄骨ではなく木造になったということです。地元の活性化にもなり、これからお話しする地球温暖化の原因となる空気中の炭酸ガス対策にもなるためです。木材を使うほうがむしろ環境にはやさしいと考えているわけです。

### 人工林は優れた炭酸ガスの貯蔵庫

地球上の炭酸ガス濃度はどんどん増えています。この調子で進むと、21世紀には海面が65cm上昇してパングラディッシュ近辺は沈んでしまう、オラン

ダも危ないといわれています。この原因はエネルギーの使い過ぎや、森林をむやみに伐ってきたことにあり、これに対する警告にもなっています。

森林の役割はご承知のように、温暖化の原因になる大気中の炭酸ガスを吸うことです。大気中の炭酸ガスを吸って、形を変えて太ってきたのが木材です。したがって、人工造林木がどんどん太るといことは、大気中の炭酸ガスを固定化し、減らしていることとなります。図2に示すように、一般に天然林の固定能力は非常に少ないが、スギやカラマツなどの人工造林木は固定能力が非常に優れています。それでは天然林を伐って、すべて

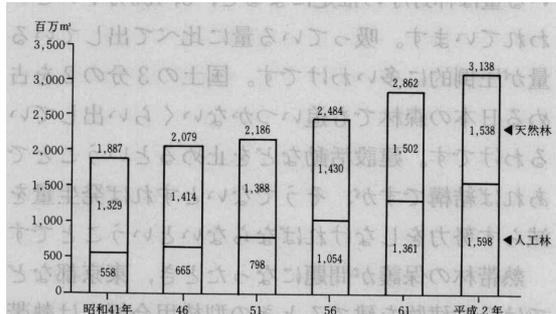


図2 日本の森林蓄積量の推移

		融資額 (万円)	償還期間 (年)	特約火災 保険料率	
木造住宅	在来木造等	普通の在来木造	780	25	C 0.76
		耐火性を高めた在来木造	860	35 (50)	A 0.23
	2×4	普通の2×4	780	25	C 0.76
		耐火性を高めた2×4	860	35 (50)	A 0.23
	高耐久木造	高性能準耐火	860	30 (40)	B 0.41
		一般準耐火	860	30 (40)	B 0.41
		省令準耐火	860	30 (40)	C (B) 0.41
		本格的な在来木造 (地域優良木造住宅)	*980	25	C 0.76
	モデル団地内の在来木造 (ウッドタウン住宅)	860	25	C 0.76	

\*都道府県による利子補給(当初5年間0.5%)

※融資額、特約火災保険の利率は3大都市圏(特別地域)の場合である。  
 ※償還期間の( )内は、二世帯承継償還の場合に適用される。  
 ※特約火災保険の利率は、保険金額1,000円当たりの年間保険利率(単位:円)である。  
 ※C(B)は、構造区分はCであるが、利率はB構造区分の利率が適用される。

人工林に変えればよいではないかという詰も出てくるわけですが、それはちょっと違います。天然林は炭酸ガスの固定は少ないのですが、ほかに多くの役割もあるからで、論議を分けておかなければならないと思います。

**炭酸ガスの放出量と森林の吸収量**

図3は、日本では1年間にどれくらい大気中に炭酸ガスを炭素量として吐き出しているかを示したものです。産業部門と我々が使う電気、ガスなどの民生部門合わせて3億2千万トン出しているといわれています。一方、我が国の森林が吸っている量は林野庁の推定によると、5,400万トンといわれています。吸っている量に比べて出している量が圧倒的に多いわけです。国土の3分の2を占める日本の森林でも追いつかないくらい出しているわけです。建設活動などを止めるということであれば結構ですが、そうでないとすれば発生量を減らす努力をしなければならないということです。熱帯林の保護が問題になったとき、東京都などでは公的建物を建てる時の型枠用合板には熱帯材材でできている合板は使わないということになりました。それは、合板の代替に鉄板などにしようという動きをあおる結果を生んでいます。そこに、木を伐った途端に炭酸ガスを吸う能力がなくなってしまう、最後には燃やしてまた炭酸ガスを出してしまうではないか、だから木材は使うなという発言が出てくるわけです。

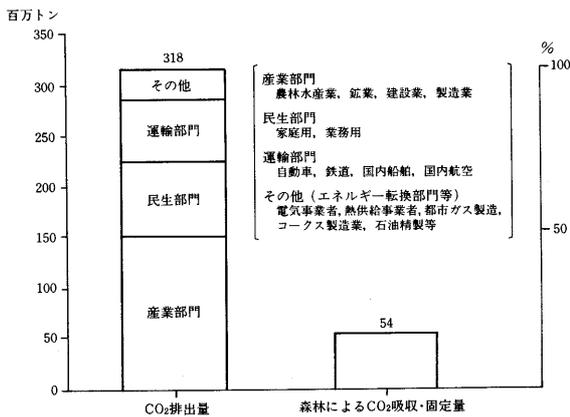


図3 我が国の炭酸ガス排出量と森林による吸収量

林産式だより 1994年11月号

ところが、スウェーデンでは、燃料に対する環境税は石炭が最も高く、石油、天然ガスの順となっていますが、木質燃料だけはゼロです。その理由は燃やせば炭酸ガスは出ますが、木材を伐るとその後にもう一度木を植える原則が確立しているため、そこでまた炭酸ガスを吸うので、出すのと吸うのがちょうどバランスとれているからゼロだという説明です。

建物はまだ森林の状態と同じで、炭素を固定した状態になっています。燃やさない限り固定しているわけです。したがって、木質材料や住宅も山にあったものをただ移してきただけだということに考えてもらったほうがよいわけです。炭素を固定したまま維持しているということです。

**各種資材の炭酸ガス発生量**

表1はいろいろな資材を作るとき、必ず電気を使ったり石油を使うわけですが、その時放出される炭酸ガスを炭素量に換算したものです。例えば天然乾燥した木材は1m<sup>3</sup>生産するのに、炭素に換算して15kg出しています。人工乾燥すると約2倍、合板はもっとエネルギーを使いますので8倍くらいになります。したがって、先ほどの型枠用合板の代わりにスギの製材を使ってくれば、それだけでも8分の1に減るわけです。

ほかの材料がどのくらいになるかといえば、鉄で5.320、アルミになると22.000kgもなります。

表1 各種材料製造時における炭素放出量

材 料	製造時炭素放出量		製造中の炭素貯蔵量 kg/m <sup>3</sup>	炭素量 kg/m <sup>3</sup>
	kg/ton	kg/m <sup>3</sup>		
天然乾燥製材 (比重: 0.50)	30 (32)	15 (16)	250	-235 -234
人工乾燥製材 (比重: 0.50)	56 (201)	28 (100)	250	-222 -150
合 板 (比重: 0.55)	218 (283)	120 (156)	248	-128 -92
パーティクルボード (比重: 0.65)	308 (345)	200 (224)	260	-60 -36
鋼 材	700	5,320	0	5,320
アルミニウム	8,700	22,000	0	22,000
コンクリート	50	120	0	120
紙		360		

( )内は廃材燃焼による熱エネルギーの利用を考慮した場合

炭酸ガス対策、性能ともに優れる木製サッシ  
 具体的な例として、木製サッシとアルミサッシ  
 で比較したものが表2です。1m<sup>2</sup>のサッシを造る  
 場合、11kgのアルミが必要になる。それに要する  
 エネルギーから放出される炭素量は97kgになりま  
 す。同じ大きさの木製サッシを造る場合、使う木  
 材の量はアルミとほぼ同じですが、このとき放出  
 される炭素量は2.8kg、すなわち、アルミサッシに  
 するか木製サッシにするかで、地球環境に対する  
 炭酸ガス放出の負荷は30倍も違ってきます。

もう一つ大事なことは、木材は炭素を固定して  
 いますが、その量は5.6kgです。吸った量が5.6、  
 出した量が2.8kgということは、木製サッシがその  
 まま使われている限りは地球環境に対して悪いこ  
 とをするのではなく、炭酸ガスを減らしているこ  
 とになります。燃やすとこの5.6kgは出ますが、最  
 最終的に燃やしたとしても合計8.4kgにしかなりませ  
 せん。アルミは燃えなくても97kg、10倍にもなりま  
 す。このくらい地球環境に対する影響が違ってくる  
 わけです。

木製サッシは性能的に劣っているかといえば、  
 そんなことはありません。火に対して、アルミで  
 は枠は溶けてしましますが、木の場合は燃えはし  
 ますが溶けることはないの、ガラスが落ちること  
 はありません。火災に対しては、むしろ優れて

表2 アルミサッシと木製サッシの製造エネルギーと炭素放出量(1m<sup>2</sup>の窓枠当たり)

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

いるといえるわけです。ですから、最近防火ドア  
 などにも木が使われるようになりました。

このように、木製サッシはもう少し見直されて  
 もよいと思いますが、残念ながら北海道でも90%  
 がアルミやプラスチックサッシということです。  
 これは値段が高いためといわれていますが、価格  
 だけで評価してよいのかということが問われてい  
 るのが、地球環境の問題だと思えるわけです。

### 炭酸ガス発生量の少ない木造建築物

それでは建築物はどれだけエネルギーを使っ  
 ているのか、1m<sup>2</sup>当たりどのくらい炭素を放出して  
 いるかを比較したものが図4です。木造の80kgに  
 対し、ほかの構造は約2倍、鉄骨は5割増しです。  
 鉄骨が意外に少ないのは、倉庫などが多く、資材  
 を使っていないためです。

100m<sup>2</sup>の家を造る人は8トン放出している。意外  
 に木造の炭素放出量が多いと思うかもしれませんが、  
 この中の木材、軸組は80の内の5に過ぎませ  
 せん。木造といっても、瓦やガラスも使えば、コン  
 クリートも打つので、木材はこの6~7%に過ぎ  
 ません。木材はいかにエネルギーを使わない資材  
 であるかということがいえるわけです。

軸組はもうほとんど減らせませんので、放出量  
 をさらに減らすためには、ほかの材料を木に替  
 えるほかはありません。

いま軸組としてストックした量を差し引くと、  
 木造住宅の場合はマイナスになります。このマイ

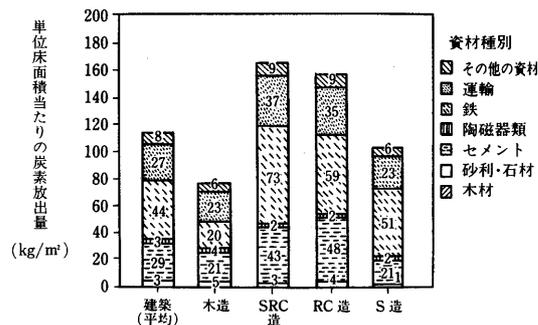


図4 建築物の炭素放出量

ナスにしている貯蔵量（ストック）76kgは少々大きすぎるのですが、一般的には1m<sup>2</sup>当たり50kg蓄えている。したがって、木造住宅は環境の負荷が非常に少ないということが分かってきました。

### 木造住宅の耐用年数を伸ばそう

こう言うと木材は大変結構づくめに聞こえますが、問題がないわけではありません。木造住宅は大気中の炭酸ガスを固定したまま、森林を都市に移してきたものだと言いましたが、それがそのままの形をどのくらい長く保てるかが問題です。

図5は木造住宅は何年くらいで壊されているかを示したものです。約50年以上で壊されているものが30%、これを除くと平均25年くらいで壊されています。先ほどの償還年数と大体一致しています。ほかの構造は20年で壊されています。償還年数が終わらないうちに半分くらい壊されているわけです。これらの現実には少々問題です。山の成長が追いついていかない。もう少し耐用年数を長く保つ方向へ向かっていかなければならない。

日本の全住宅数は既に世帯数より9%多い。新設住宅がどんどんできる時代ではない。したがって、着工数を120万戸に維持するなどということはそう期待しないほうがいい。100万戸あるいは80万戸くらいでちょうど良いくらいだと頭に入れておいた方がよいと思います。それよりどれだけ長く持たすか、そのためには何をすればよいか、あるいは壊した後はどうすればよいかを考える時代に入ったと思います。

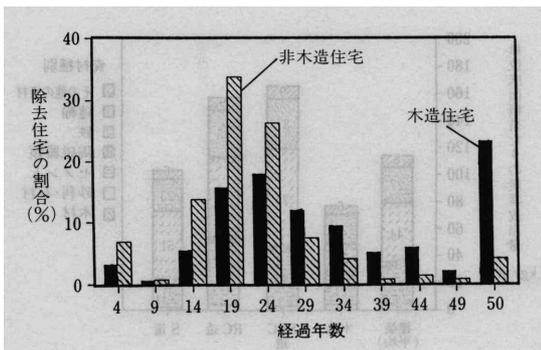


図5 除去住宅の経過年数分布

### 廃棄物処理にも目を向けよう

ゴミ処理が非常に大きな社会問題になっております。何とかリサイクルしてこの量を減らすことが問われていますが、残念ながら家を壊してチップにしても、ご承知のように安いチップが入ってくるなど、経済的論理から使われなくなりました。壊さない、出さない、壊すとしてもほかに転用して使う仕組みを持たないといけません。

それでも、木材はまだ燃やすことができるだけです。写真2は六ヶ所村の放射性廃棄物処理施設です。廃棄物をドラム缶に詰め、それをコンクリートに詰めてさらにコンクリートの中に入れて、土をかぶせて50年後を待ちましようというのが今の現状なのです。廃棄のために膨大なエネルギーを使っているのです。ですから、その時にエネルギーを使わない木製品の位置づけは大変重要なわけです。

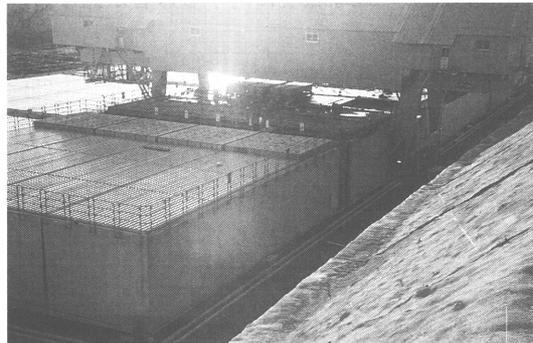


写真2 放射性廃棄物処理施設

### 木材を使うために

木材を使うことがむしろ地球環境保全に必要なことを話してきました。それでは利用するとき、どういう姿勢で取り組むべきかを後半でお話したいと思います。

まず大きく三つのキーワードがあると思います。

一つは木材は強度的問題、火に対する問題など、材料選択の際に信頼に値するかどうか、安心して使ってもらえる状態になっているか、二つ目は良い製品があるとしても、施工しやすく大工さんが選んでくれるか、長持ちさせるための維持管理が

大丈夫か、三つ目は今まで申し上げてきた資源、環境保全について木材はどうなのかということです。

### 木材の信頼性を高めよう

最初の一つ目について申し上げます。強度的なことをいいますと、材木が昔と違ってきたことがあります。人工造林木は昔の天然林木と違うし、ペイマツも昔のペイマツではなくなっており、明らかにスギ以下のペイマツも出てきている。それを受けて日本農林規格（JAS）が改定されました。その背景には寸法精度、乾燥を良くしましょうということもありますが、もう一つは木構造の自由度が広がり、本当に大きな建築物を造るときに大丈夫かということがあります。

写真3は、小国町の木造の体育館です。地元の10cm角のスギで出来ています。節もある並材です。これを造るとき、地元のスギの強度がいくら分からなかった。それで森林総合研究所に依頼して強度が出され、その結果これが出来上がった。地元の木は一体どれくらいの強さか、これがわからないで使うことは許されない構造物です。

奈良のシルクロード博のドームも地元の吉野スギが使われました。このときもどれくらいの強度があるか測られた。部材の断面寸法は4×7cmですが、こんな小さな断面でも強度がわかれば、大規模木構造が可能になるわけです。

写真4は信州の木造ドームですが、高さが40m、直径100m、骨格部分がカラマツの集成材で出来ています。野地角など集成材以外の周辺の資材は

スギの角材です。使用した木材の量は1,000m<sup>3</sup>、大型木造建築物を造るためには大量の木材を使うわけです。しかも1,2か月の間に1,000m<sup>3</sup>集めるといことです。こんなに大量のしかも安心して使える材料を短期間にそろえるためには、強度等級など統一的な規格が決まっていなければだめだということ、JASも構造用の製材規格を作ったわけです。さらに、地域の少なくとも5～6社がこの材料供給に対応できるような体制ができないとなかなかできない。公共建築物はこのように大変重要な意味を持っているわけです。

それから集成材を造るとき、挽き板になってから等級区分するというのでは、集成材メーカーにとっては非常にうまくない。なぜなら地元の木でドームを造れという話がよく出てきますが、製材から始めると、強度がどのくらいあるかわからないため、集成材のメーカーは必要量の倍以上買わなければならないからです。

ですから、その前の段階で等級区分をしておかなければならないのではないかということが出てきます。それで現実に動いておりますが、丸太の段階でこれは構造用には大丈夫そうだと、荒っぽくても、せめて土場で分けておいてくれると随分リスクが少なくなると思います。いずれにしても、このようなことを行わないと集成材に対する評価が厳しいという気がします。

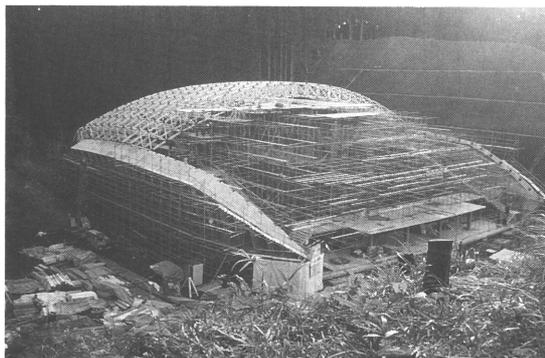


写真3 小国町木造体育館

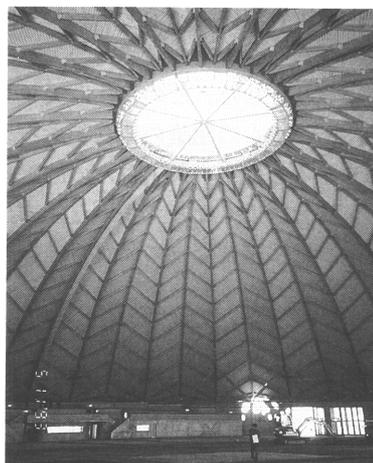


写真4 信州博覧会木造ドーム

火についても触れておきます。準耐火構造に位置付けられるということは、木造3階建てのマンションも造れることとなります。方法としては二つあります。

一つは石膏ボードなどの燃えないもので木を覆う、いわゆる防耐火被覆という考え方です。

もう一つは燃えても断面が残っていればよい、いわゆる燃えしる設計です。木材の断面が大きければ木材は表面からしか燃えません。木材が分解したガスに火がつくわけですから、中から燃えることは絶対にありません。表面から燃えていくと、徐々に断面が減っていきます。30分くらい燃やして表面が炭化しても、中は新品です。通常の火災では燃える速度は1分間に0.7mmくらいです。したがって、30分もたそうとすれば、30分で燃える厚さ21mm（安全をみて25mm）を余分にとっておけばよいということになります。1時間もたそうと思えば45mmプラスして計算しておけばよろしい。30分、45分、60分耐火ができたのは、この0.7mmという数値に時間数を掛けたということです。

木材は燃えるけれども、鉄のように急に軟らかくなったり、アルミのように溶けたりはしない。こういうことで燃えしる設計を考えようというのが準耐火建築物であります。これによって、体育館や公共の大きな建築物が可能になったわけです。

きの重要なポイントになってくることを申し上げたいわけです。

外構部にも木が取り上げられるようになってきました。外構部はこれから大変重要な分野になります。ところが、問題は外構部の場合も施工体系がどうなっているか、ものは確かに出来たけれども、使ってみたら施工に時間がかかりすぎて二度と使いたくない、こんなことがないかということです。

写真5は私の家の塀です。半割りの加工されたスギですが、加工された材料費と大工さんの施工費との比率は、何と材料を1とすると施工が5でした。これではいくら素晴らしいからといっても、奨める気にはなりません。施工がもう少し簡単に

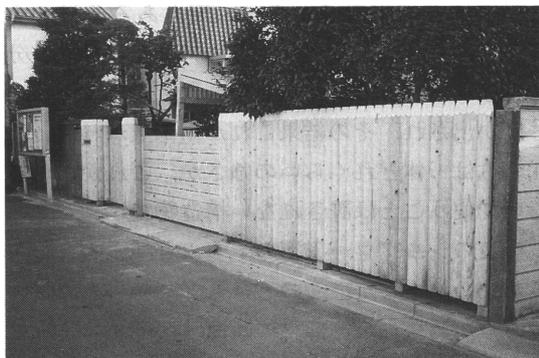


写真5 木材による外構部材

### 施工の簡略化を図ろう

二つ目の施工管理についてですが、集成材とパネルを組み合わせた木造3階建てのアパートも出来るようになりました。このように大きく厚くというのは、これからの建築の流れであろうと思います。こうなると従来の大工さんの施工とはちょっと違う。鉄骨に近くなってまいります。したがって、乾燥、寸法精度などの品質管理をきちんと行わなければならない。

また、労働力の変化に伴って作業性が変わってきた。人手不足のときに、手間隙てまひまのかかることはしたくない、これが施行側の本音です。良い品質の木製品を造っても、木材を使いやすい形、扱いやすい形にすることが、木材を商品として売ると



写真6 鉄製の樹木支柱

できる形にしないとなかなか一般的にはならない。

ほかにも例があります。写真6は街路樹の支柱です。猿ぐつわをはめられているようでかわいそうですが、支柱は昔はほとんど間伐材で造られていました。今や残念ながら鉄製です。なぜか？施工で負けているからです。施工や取りはずしが簡単にできる仕組みができていない。施工との連携を重視する必要があると思います。

### おわりに - 地場産の木材で地域の活性化を

最後に、地球環境の保全についてですが、その原点は地域がどれだけ地元の材を使って活性化するかに尽きると思います。写真7は鹿児島県の例で、町が活性化のためにスギの木立ちの中に造ったソーメン流しの施設です。地元のスギの集成材を使っています。施工の見積り合わせを行ったところ、鉄骨の方が安かったそうですが、木造にしたということです。ところがその建築費の差は、お客がたくさん入って1年で取り戻したそうです。地球環境ということでは話しましたが、心豊かな空間、人を呼び寄せる雰囲気は木材は持っているからです。

公共建築からだんだん民営に入っていきます。そういうときに、建物の目的は何だ、お客が入ればいいじゃないか、だから木造は少々高くてもいい



写真7 集成材構造によるソーメン流しの施設

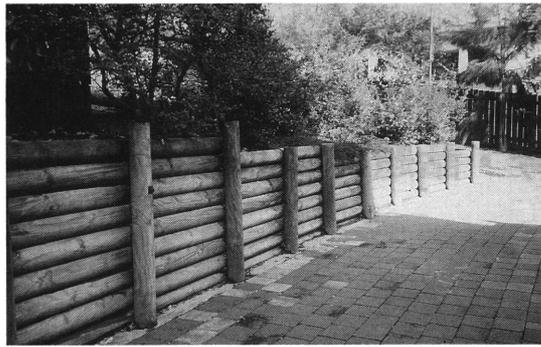


写真8 木材による外構(ニュージージーランド・ロトルア)

いというようになる流れを作ることが必要であろうと思います。

写真8はニュージージーランドのロトルアにある擁壁の例です。木材と緑が大変よく合っています。決して高級住宅街ではありません。比較的新興の普通の住宅街です。随分雰囲気は違うと思います。日本に木の街といわれる街がどれくらいあるか分かりませんが、木の街といわれるからには、せめてこれくらいにはなってほしいと思います。そうなることによって地球環境保全ということ胸を張って言えると思います。

また、フランスのルーアンというところに、関ヶ原時代にできた建物があります。木造で、現在もまだ使われています。外観はいじっていませんが、少なくとも中は入れ替えをしながら現在の生活にマッチしている。そう考えると、耐久性が25年しかないということをもう一度考え直さないといけないう気がいたします。

最後に街路樹も含めて森林をもっと増やす、もっと木造・木製品を増やす、適切な使い方をする、この三つがそろわなければならない。木だけ頑張っても、森林だけが頑張ってもだめだと思います。

地球環境の保全が問われているとき、私たちの努力次第でこの三つを同時に確保できることが、木材の強みだと思います。

取り留めのないことを話してきましたが、もう時間です。これで私の話を終わらせていただきます。ご静聴ありがとうございました。

(文章：林産試験場 普及課)