

地域の森林資源を使って架ける私たちの橋

渡辺 浩氏

(福岡大学工学部社会デザイン工学科教授)



ご紹介ありがとうございます。福岡大学の渡辺と申します。宮崎「橋の日」活動 30 周年記念のイベントで、貴重な時間を頂戴いたしますことを大変ありがたく思っております。

今日は、土木分野の木材利用と木の橋として「地域の森林資源を使って架ける私たちの橋」というタイトルでお話をしたいと思います。普段聞きなれない話かと思いますが、一番ユーザーフレンドリーな建設材料の話です。橋の日の記念ということで、少し参考になればと思っています。よろしくお願いいたします。

まず、これは宮崎県庁の 2016 年 4 月 19 日のプレスリリースの記事です。お手元のパワーポイントのコピーを参考にご覧ください。

この写真にありますように、宮崎県はスギ素材生産量 25 年連続日本一ということで、25 年間トップの座を守り続けているということをご存知でしたか。お国自慢はいろいろあるかと思うのですが、宮崎県は土木建築材で一番多く使われている、スギ素材に関して、一大生産基地になっているところなんです。

木の橋から新しい構造物へ

橋の話に話題を移しますと、この写真のような橋はたぶん昔はどこにでもあったと思います。橋という漢字は、木へんですね。ですから木材で橋を架けるということは、かつては誰も何も疑わなかったのだと思います。ただし今日お話ししたいのは、そういう古い橋を磨こうという話ではなくて、それが今、こんなことが起こっている、こんなものができている、そういう話です。

写真は、ご存知かと思いますが木の花ドーム。木花にある運動公園の中の屋内野球場で、100m 四方を覆う屋根が全部木材でできています。

真ん中の写真が西米良村、国道を走っていきますと必ず見える大きい橋です。長さは 140 m 程あります。

右上の写真は、小林のひなもり台のキャンプ場の入り口の所に 1997 年に架けられていますのでかれこれ 20 年程前に架かった木の橋です。

これを見られてもかつての古い橋とはもうイメージが全く違うなあと、新しい概念を持っていただければと思います。



「スギ素材生産 25 周年連続日本一」(宮崎県庁 HP より)



新しい概念と技術による木橋・木製構造物

とはいえ、木の橋というのは、かつてのものという認識が多いと思います。私もそりゃそうかなと思います。そのあたりの話を解きほぐしていきたいと思います。

日本は豊かな森林資源をたくさんもっています。宮崎県も森林が多いですね。それを暮らしに活かして、たくさん木の構造物を造ってきたわけなんです。資源が手に入りやすかったからそういうことができたのです。

これは伊勢神宮の宇治橋ですが、20年に一度本殿を建て替えるんですね。その前にこの橋もまるごと20年ごとに造り替えることになっています。それを可能にしてきたのは、そのための木材資源が手に入ってきたということなんです。このことは大変重要な意味を持っています。



伊勢神宮の宇治橋 (右上)

木橋の盛衰

ところが木橋は近代化と共に鋼材やコンクリートの橋に置き換えられていきました。過去においてその理由は、次の4つぐらいがあるかと思っています。

1、長支間化が難しかったこと

河川管理の面からは橋脚がたくさん立っているのは困りますので、これは理由とひとつしてあろうと思います。

2、重交通化が難しかったこと

車の交通量が多くなったので重い荷重を持たせなくてはいけなくなった。しかしこの点は、私は今となっては違うかなと思います。昔の技術だとそうだったかもしれませんが、今の技術では大型車対応の木橋も問題なく造れます。

3、木材資源不足

意外に知られていないのが、木材の資源不足です。要は、大きな橋を架けるためには大きな断面の木材が要りますが、ある時期、決定的に足りなかったということなのです。のちほど詳しく話したいと思います。

4、耐久性がなかったこと

そして耐久性ということで、やはり、木材は長持ちしない。これは今なお難しい課題かと思っています。橋の耐用年数を50年とすると、その橋の材料は50年以上はもつ材料であってほしいところです。もたないかもしれない材料で造るとメンテナンスが非常に煩雑になるからです。最近、橋梁点検

が多くされるようになっていますが、鋼材、コンクリートは、材料的には50年以上もつと思って点検なさっていますよね。ですから、見るべきポイントが絞られてくるわけです。ですが素材そのものがダメかもしれないとすると橋全部を見なければいけなくなる。ということでものすごく面倒になります。だから木の橋の点検は難しいのです。

ということで理想の材料とは、当然、自分の寿命より長いものであってほしいということで、それが鋼材やコンクリートであったことは理にかなってはいらぬと思います。

木製土木構造物の復活

土木の文字は、「土」と「木」です。語源は「築土構木」という四文字の熟語だそうです。土を築いて、木を構える、古い中国の古文書に国づくりを表す様をこの四文字で書いてあり、その土と木と取って土木と言われるようになったとされています。もともと木材を大量に使っていたことは間違いなくいえることです。それが鋼材やコンクリートに取って替わられたわけですが、最近再び木材もいけるんじゃないかという感じで事例が増えてきています。

左側の写真は流路工をスギ材で固めてあります。こんな使い方するとすごく傷みやすく長持ちしないのですが、ポイントはこの木材が朽ちてきた頃には土が固まっているので、一緒に土に還ってくれば結構と、そういう考え方なんです。こういう森林土木の考え方は、公共土木の人々にはピンとこないのですが、なかなかリーズナブルだなと思っています。



木製土木構造物の復活

木材利用復活の背景

このような形で木材利用をもうちょっと広げていこうという雰囲気になってきた理由には、大きく分けると、「環境問題」、「技術革新」、「要求の変化」の3つがあります。

「環境問題」とは、さらに分けると2つあります。ひとつは地球的な話です。地球温暖化対策です。

森林は二酸化炭素（CO₂）を吸収しています。樹木がなぜ成長するかというと、光合成してCO₂を吸収してそれを自分のエネルギーに作り変える能力が植物にはあるからです。ですから、森林を保護して、そこでしっかりとCO₂を吸収してもらおうと。大変ムシのいい話ですが、実はこれは日本の国策としての地球温暖化対策の柱のひとつなのです。CO₂の排出量を抑えるためには化石燃料の使用を抑制をすればいいのですが、これは経済発展を止めろと言っているようなものですからなかなか上手くいきません。一方で自然界でのCO₂の吸収が同じ効果を生み出すのであれば、それはぜひ森林に頼もうということで、この20年ほど森林の位置づけが大きく変わってきているのです。そのためには、森林を活性化させる必要があるわけで、活性化するためにはそこに資金を還元しなければいけない。資源を利用するということが森林を保護してやろう、だから木材を利用していこうということなんですね。

もうひとつは地域的な話です。このような山もちょっとした大雨で崩れてきます。最近では、スギの人工林も成長してきていますが、そうすると混雑して苦しいらしいのです。花粉が急増しているのも同じ理由で。ですからすぐ崩れてしまうのは、かつてたくさん植えたのに間伐をしないで放ったらかしたため森林荒廃が進んでいることが大きな原因と言われています。

写真右下のダムのように、台風ひとつですぐこんな状況になってしまいます。そのため、今や山の保水力が弱まっているんですね。ではどうしたらいいのかと言うと、適切に間伐をして山の体力を戻してあげればいい。かつて自分たちが植えた樹木ですから、それを適切に管理するのは、我々の責任だろうと思います。



木材利用復活の背景

2つ目の「技術革新」ですが、言うときりがないので、この2つの写真を見比べてください。左が古くて、右が新しい橋です。どちらがノスタルジーを感じるかと言うとやっぱりそれは左でしょうが。右の橋は、T型橋脚の上に木桁がポンと載っています。普通であればPC桁が載るところでしょうが、これが今風の木の橋です。

かつては大きな橋を架けるには大径の丸太が必要でした

が、今は集成材という木材を貼り合わせる技術を使って任意の大きさの断面が作れますから、こういう木桁を造ることが20年前には当たり前できています。これは広島のアジア大会のサイクリングコースに架けられた橋です。

で、両者はほぼ同じ支間10mの道路橋ですが、技術革新が加わればこのような橋も作れるようになります。これが良いか悪いかは別として、今の技術でもってきちんと設計されて安全性も担保されています。

3つ目の理由は、「アメニティ」です。かつて私が入学した小学校は木造校舎でした。転校しても木造校舎で3つ目の学校でようやく鉄筋コンクリートになりました。小学校2年生の時、2つ目の学校の先生が言いました。「もう



新旧の木橋の比較



近代的な木橋と木製ドーム

ちょっとの我慢よ。3年生になったら鉄筋の校舎に行けるからね」って。あの当時木造の校舎ってやっぱり嫌でした。というか、先生が嫌だって言っていましたから。

ところが今、新しくできたこのような木造校舎を見て嫌だと言う人はいないと思います。実際に保護者には大人気。今のものを、今の技術で、今の人たちが満足するように造れば、木材でもよいものができるというのが表れています。

遊具も一時期全く木材なんて使うことがなかったのですが、最近の公園には結構木製があります。あれは管理が大変なのですが、それでも子どもたちによいものを使って遊んでもらおうと思ってのことです。やはり時代が変わってきたということなのです。

3. 木材利用復活の背景

12

③ 木を使いたくなってきたこと・・・アメニティ

- かつては厄介者の木造校舎
- いいものを作れば大人気



木造校舎(岡山県)



木造校舎の教室(秋田県)



木造体育館(大分県)

木造校舎の事例

CO₂ 削減と森林の役割

先ほどから CO₂ の話をしておりますが、左側の写真のスギの木、彼はここから一度も動いたことがありません。一度芽生えたらそこで生きていかなきゃいけないのが樹木です。ですから彼は、どういうふうになるかという、ただひたすら光合成をするしかないわけです。そうすると真ん中の写真のような森というのは、間違いなく大量の CO₂ がストックされています。ここまではご理解いただけますよね。問題はここです。

大量の CO₂ が詰まっているから、この森を伐って使っただけではいけないという人がいます。ここからおかしいのです。もし、この樹木一本一本が永久に成長し続けるのであれば、その議論は正しいと思います。でもそうなのであれば、山のスギの木は、すでに高さが何 km とかなっていてもおかしくない。しかし、そうなる前に自分自身を支えきれなくなって倒れてしまいます。

加えて、樹木も歳をとると成長速度は落ちます。CO₂ は貯めているけど、新たな貯金はできなくなります。さらに言ってしまうと、枯れたらこのように土に還って、多くの CO₂ は大気に戻ります。そしてその隙間を縫って、若い樹木が育っていきます。なので、成熟した森林では CO₂ の吸収は平衡状態、つまり天然林は CO₂ を吸収しないのです。

4. CO₂削減と森林の役割

13



樹木はCO₂の缶詰



森林には大量のCO₂がストックされている



枯れたらCO₂は大気に戻る

- つまり
- 成熟した森林はCO₂を吸収しない
 - 日本の森林は成熟している
 - 森林面積を増やすこともできない
- ※単に待っているだけでは効果は得られない

では、どうするか？

CO₂ 削減と森林の役割

日本の森林は、そんなに小さい樹木がたくさん生えているところなんてないですよ。じゃあ空いた土地に植えるか。しかしそんな土地もありません。

こう考えてみると、日本ではただ現状のまま待っていても CO₂ 削減の効果は得られないということがわかります。

そこで、これを伐って丸太にしてあげます。丸太も丸太である限りは、CO₂ を貯めたままです。丸太をさまざまなものに加工して長く使っていくことで、樹木と同様に CO₂ を貯め続けることができます。木製品を長く身の回りで使っただけで、CO₂ を減らすという効果をどんどんつけていくことができるのです。

だから伐ってはいかんという話はありません。かつて自分たちが植えたわけですしね。

4. CO₂削減と森林の役割

14



これもCO₂の缶詰



身近な構造物に木が増えれば森林が増えたのと同じ効果



身近な構造物に木を増やす

木材利用の現状～木材の自給率

その木材の自給率ですが、山にはこれだけ樹木があるんだからさぞかし自給率も高かろうと思っただけでいいですか？ このグラフを見てビックリしてください。

我が国の木材自給率は、昭和 30 年にはほぼ 100% だったのですが、それから 15 年の間に一気に転がり落ちて 50% を割り込みます。それからさらに落ちて最も低い時は 20% を割り込みました。山にはこれだけ樹木があるのに今なお 4 分の 3 を輸入しているのです。

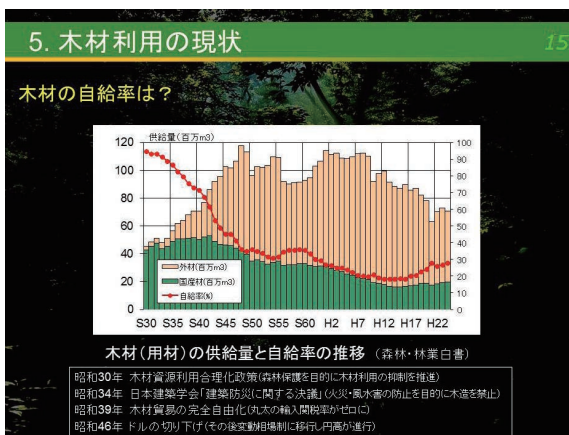
緑色が国産材、オレンジ色が輸入材です。転がり落ちたあたりを見ていただきますと、輸入材が猛烈に増えています。なぜ増えたかという、この頃は高度経済成長期です。要は経済発展で大量の木材が求められた時期に肝心の木材資源が日本になかったのです。

その前の頃、日本は戦争をしていました。戦争というのは、急激な消耗行為ですから、資源を次世代に残すなんて考えはありません。結果的にほぼ資源が奪われ、経済発展のチャンスに振り向いてみると山に樹木はなかった。さあどうする、買ってくるしかないだろうと、そういうことなのです。

昭和 30 年に木材資源利用合理化政策が閣議決定されましたが、その目的は森林保護を目的に木材利用を抑制すること、つまりこのままでは木材不足が間違いなく経済的に足を引っ

張るから、木材を前提としたまちづくりはやめとこうということでした。これが木材から他の建設材料へシフトするひとつのきっかけとなりました。ただ、その一方で将来のためにもっと山に樹を植えようよとも言っているのです。ですからこの政策は、木材がダメだと言った訳ではないのです。

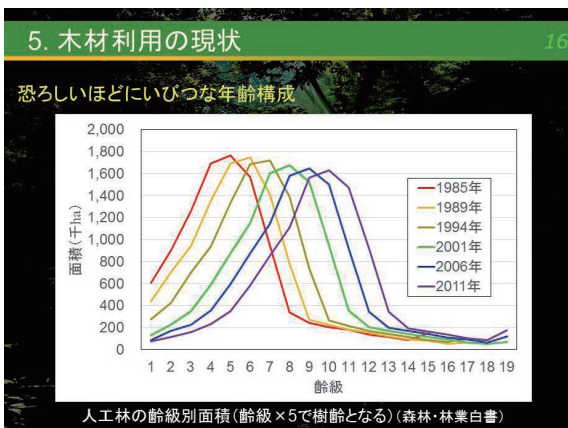
ところがその後、すごい勢いで木材の輸入量が増え、その分自給率がどんどん落ちていきました。昭和39年には木材の輸入が自由化されました。以降は円高の影響も加わり、海外の木材の方が日本の木材よりも安い状況にもなりました。これでボロボロになったのが林業です。最近少し持ち直して30%台に回復していますが、これは経済が停滞して全体の使用量が減ったから割合が増えている面もあります。国産材の使用量も増えてはいますが、手を叩いて喜ぶ状態とは言えません。



木材の自給率

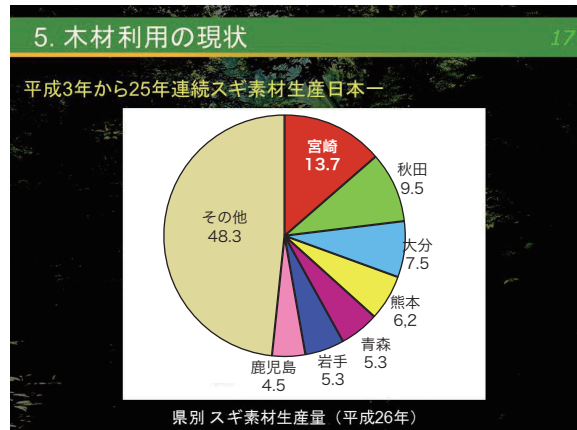
木材利用の現状～人工林の年齢別面積

これは人工林の年齢構成の図だと思ってください。2011年は、11×5の55歳の樹木が一番たくさん植わってましたという図です。今では径が40ぐらいの使い頃のよい丸太がたくさん手に入りますが、例えば1985年は5歳級の25歳がメインで、木橋はおろか住宅用の柱すら得られないほど細いものしかありませんでした。さきほども言いましたが、資源がなかったから橋が架けられなかったというのは、こういうことなのです。



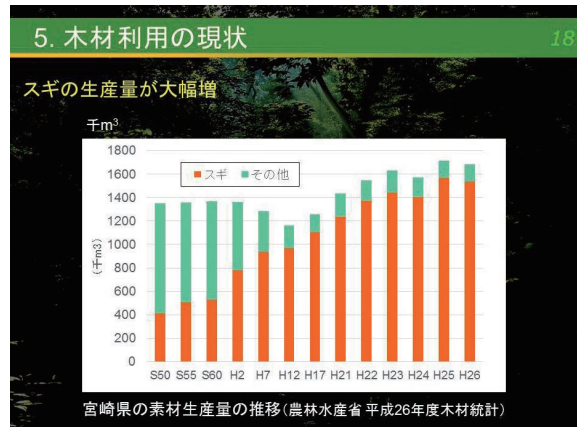
人工林の年齢別面積

県別のスギ生産量をみてみると、宮崎県は13.7%で、スギの生産量はダントツの日本一です。他にはだいたい東北と九州の各県が並んでいます。次の図は宮崎で年度毎にどれほどスギの原木が出たかということで、どんどんスギの割合が増えていることがわかります。これは宮崎県がかつてコツコツとスギを植えて、それが今、旬を迎えていることを表しています。

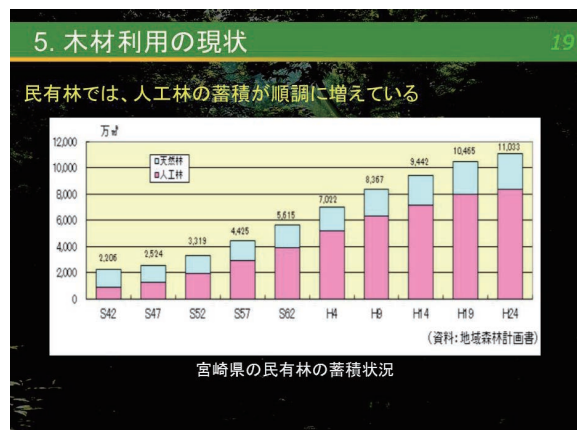


県別スギ素材生産量の比較

次の図では資源の蓄積量の話をしてしていますが、どんどん量が増えていることがわかります。ありがたいことに毎年勝手に増えますから、増えた分を伐っても全然資源は減りません。減らない資源、こんな夢のような話は、他の資源ではあり得ません。つまり、大いに使える状況だということです。



宮崎県の素材生産量の推移



宮崎県の民有林の蓄積状況

こんな状況ですので、2010年に国は、公共建築物にもっと木材を使いましょうという法律まで作りました。これ国土交通省も関わった法律ですので、今や公共の建物の建て替えにあたっては木造の是非の検討をすることになっています。

前後して2011年には、森林・林業基本計画が改定されて2020年に自給率を50%に上げるという計画も立られています。そのあかつきには土木分野の利用は300万立方メートルにすることになっています。現状が100立方メートルですから何と3倍にせよと。それでも建築分野から見たら大した量ではないのですが、3倍にするのは結構大変です。ただ一番の問題は、このことを当事者である土木サイドがほとんど知らないということです。

5. 木材利用の現状 21

公共建築物等木材利用促進法 (2010年制定・施行)

直接効果 木造率が低く、需要拡大が期待できる公共建築物において、可能な限り木材利用を促進

波及効果 住宅、工作物、木質バイオマス、**土木構造物への利用拡大**
・ガードレール ・高速道路の遮音壁 ・公園の柵 等

森林・林業基本計画 (2011年閣議決定)

2020年に木材自給率50%

製材用: 1900万m³ パルプ用: 1500万m³ 合板用: 500万m³

※ 土木分野における利用: 300万m³

木材利用に関する法律等

ここまでの復習をしておきます。

木材はかつて、建設材料の第一線を退きました。ところが木材利用が復活しつつあります。それは、地球温暖化防止のためのCO₂削減策でもあり、社会の風潮もあってもっと木材利用を推進すべきとなっているからです。

かつて木材資源は、枯渇していました。使うにも使えなかった時代がありました。ところが今は資源の蓄積量も復活しています。ですからもう遠慮はいりません。ただ、一度衰退した木材利用はなかなか元に戻りません。そこが一番の今の課題です。

宮崎県は、日本のスギの一大生産拠点です。ただこれは

5. 木材利用の現状 20

- 木材はかつて建設材料の第一線を退いた
- 木材利用が復活しつつある
- CO₂対策のためにも、もっと木材利用を
- かつて木材資源は枯渇していた
- 資源の蓄積量も復活している
- 宮崎県は日本一のスギ生産拠点
- これは一朝一夕になし得たものではない
- 一度衰退した木材利用は手尽くしてもなかなか元にはもどらない

木材利用の現状

50年間コツコツと植えて育ててきたからこれだけ使い頃の樹木があるのです。さらには、宮崎県は林道の整備水準が高く、当分は敵なしとも言われています。

木材は意外に使い勝手がいい

では、その木材はいったいどれほどのものかということ、少し話をしたいと思います。

ご存知のように樹木を伐って、丸太にして、それをノコギリで挽いて四角くします。丸いままでも使えなくはないのですが。なので木材は、樹木の頃の性質をそのまま引き継いでいます。

鋼材やコンクリートと比べてみると、木材は昔は非常に身近な存在でした。鋼材やコンクリートもあるにはあったでしょうが、ちょっとお高かった。だからここぞの箇所では使っても、通常は木材でいいやということだったわけです。他にライバルがない時代はこれでよかったのですが、今となっては真逆の様相です。それはなぜか。根っこの所を手繰ってみると、それは木材ならではの特性にたどり着きます。

鋼材やコンクリートは自分たちが作り出す材料なので、性能は自由に設定できますし、供給も容易なはず。これに対して木材は、もともと生えている樹木を利用しているわけですから強いものや弱いものがあります。弱いものはいらなくなると資源が無駄に、コストアップにもなります。供給体制も資源があるかないかということで先ほど申し上げたようなことが起こります。ばらつきについては近年の選別技術により課題とはならなくなってきてきましたが。

6. 木材は意外にいいかも 22

樹木をわずかな加工により素材として利用するもの

鋼材・コンクリートと木材の比較

	鋼材 コンクリート	木材
昔は	高嶺の花	身近な存在
今では	使いやすい	使いにくい
根本は	工業材料	天然材料
性能	自由に設定可	素材に依存
供給体制	好きなだけ	資源による
ばらつき	ない・・・?	個性による

わずかな加工で素材として使える木材

こんな木材ではありますが、たぶん強度も大したことないと思われていると思います。そこで比べてみました。

鋼材もコンクリートもいろいろあると思いますが、木材もいろいろありますので、ここでは我々がよく使う材料の中で最も弱いスギの一般的なもので比べてみます。

表の赤い所をご覧ください。圧縮許容応力度は、木材が7.8、コンクリートが6.5です。多くの人に木材って弱いんだろうと言われるのですが、実は弱くない。むしろ逆なのです。

ちなみにこれは許容応力度でコンクリートでも実強度の何分の1にしているかと思いますが、木材では10分の1などと大幅に低く見積もっていますので、普通に圧縮試験をやったらほぼスギがコンクリートに勝ちます。加えて木材は引っ張りにも抵抗できます。なので12センチ角の柱で2階建ての家ができるわけです。

ついでに、木材はものすごく軽いのが利点です。なので自分の圧縮強度を自分の重さで割り算すると、鋼材と数字があまり変わらないことにもなります。ですから、柱で考えると、鋼の柱と木の柱では断面は鋼柱の方が小さくなるものの、重さはどちらも変わらないことになります。すごく軽く強いところを押さえていただきたいと思えます。

ただ悪いことも言うておきます。ヤング係数がかなり低い、つまり柔らかいのです。ですから木材はすごくたわみます。足場板はたわみますよね。だから怖い、立ってられないとなりますが、逆に考えてみたらあれだけたわんでも壊れないのはすごいと言えます。もし、鋼材やコンクリートがあれば強さと柔らかさのバランスが他の材料と比べると大きく異なり、強いのに柔らかいことがわかります。ですから、設計ではここを押さえてあげるとよいものができます。

は大きく変化します。その結果、例えば外周部に近い部分で採取した板材ほど大きく反ります。どうしても反らせたくなかったら、反りたいただけ反るまで乾かして、もう一度カンナをかけ直すとよいです。ずいぶん木屑が増えますが、そこまでやらないと狂わない木材は得られません。

6. 木材は意外にいいかも 23

木材の強さは？

各構造材料の材料特性の一例

	木材(スギ)*		鋼材**		コンクリート***	
	比強度	比強度	比強度	比強度	比強度	比強度
単位重量 (kN/m ³)	4	—	77	—	23	—
圧縮許容応力度 (N/mm ²)	7.8	2.0	140	1.8	6.5	0.3
引張許容応力度 (N/mm ²)	5.8	1.5	140	1.8	0.7	0.03
曲げ許容応力度 (N/mm ²)	9.8	2.5	140	1.8	8	0.4
せん断許容応力度 (N/mm ²)	0.6	0.2	80	1.0	1.0	0.04
ヤング係数 (kN/mm ²)	6.8	—	200	—	25	—

- コンクリート並に強くて引張もOK
- 抜群に軽い
- △ 柔らかいのでたわみやすい

各構造材料の材料特性の一例

なぜ木材は、そんなに強くて軽いのかというところは、ミクロの話をするとうわかりやすいです。顕微鏡写真で見ると、木材はこんな感じのストローの束ですが、さらにそのストローの束では縦方向ばかりに向いてセルロースが束になっています。ですから縦方向には強い反面横方向には弱いのです。どのくらい違うのかというと、倍半分どころか10倍くらい違います。

ですから木材は、縦方向には強いものの横方向にはあまり使うものではないということです。ただ実際は長い方向に強いわけですから、使うのにそう困難な話にはなりません。

よく木は割れるとか反るとか言われますが、これも同じ理屈で説明できます。乾湿によりセルロースの断面方向、つまり外周方向に膨らんだり縮んだりするのです。なので長手方向には長さの変化はほぼありませんが、外周方向に

6. 木材は意外にいいかも 24

木材が軽く強い理由

木材の構造の模式図
(林知行:ここまで変わった木材・木造建築より)

生物としての合理性→強度の異方性
長手方向:放射方向:接線方向=10:1:0.5

木材が軽く強い理由

6. 木材は意外にいいかも 25

乾くと縮む・・・これが割れや反りの原因

半径方向:5
接線方向:10
繊維方向:0.5~1

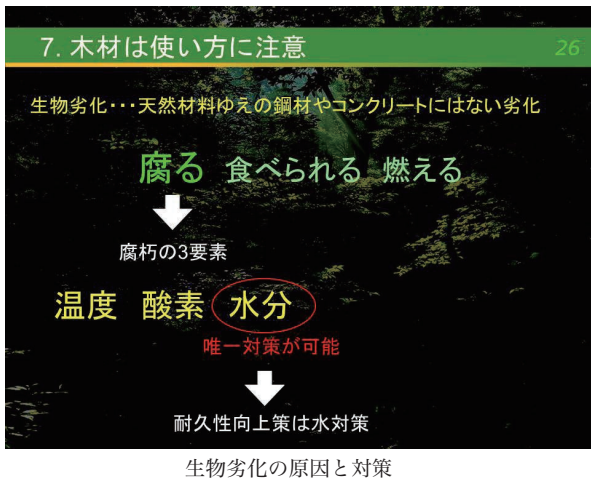
木取りにより変形の仕方が異なる
含水率が28%以下になると寸法変化が始まる

木材は乾くと縮む

使い方には注意が必要

耐久性の面で木材が鋼材やコンクリートと大きく違う点ですが、元生き物ゆえに生き物としての劣化をしてしまうことです。それは、腐ったり、食べられたり、燃えたりと、どれも聞きたくない話ですが、土木構造物で一番問題になるのが腐ることです。これは微生物に分解されてしまうことです。

原因が生き物ですので、適切な環境に置かれれば劣化速度は増します。そのための要件が適度な温度、酸素、水分です。例えば、余ったご飯を冷蔵庫に入れたと次の日も食べられます。酸素はというと、レトルト食品や缶詰とってください。水分については、素麺を一度茹でるとすぐに腐ります。ということで理解しやすいと思います。ただし、逆にこれらのどれかひとつでも条件を外してあげると微生物は活動できません。とはいえ実際の土木構造物では温度と酸素のコントロールはできません。唯一考えられるのが水分ということで、いかに雨水対策をするかが長持ちの秘訣になります。



中央の写真は 1300 年前の建立とされる法隆寺の五重塔です。実際にはかなり改修されていますが、重要な部材は本当に千年以上使われています。ただこの千年のもたせ方が特筆ものです。屋根の庇が異様に大きく、建物の床面積はかなり小さい、さらに部屋の中央に太い柱が通っていますから、建物としての機能性もほとんどありません。つまりシンボルとしていかに長持ちさせるかにかけた建物なのです。技術は中国から伝わったはずですが、こんなに庇の深い建物は中国にはありません。雨水に悩んできた日本人の知恵と言えます。橋の場合、全体に屋根を架ける方法もありますが、コストパフォーマンスの面で優れているとは言えません。そこで、水が掛かりそうな所には小屋根を架ける等により長持ちをさせる工夫をしています。



木材の断面を見ると中央部は赤く、外は白っぽい色をしています。これはスギで明瞭ですが、ヒノキはほとんど違いがありません。この赤い部分は、心材と呼ばれる腐りににくい部分です。一方の外側は辺材と呼ばれ、伐られる直前まで生き物として活動していた部分で栄養分が豊富です。なので丸太は例外なく辺材部、つまり周りの部分から腐ります。

それではそれぞれの樹種の心材部がどれほど耐久性があるかという実験の結果がこの表です。これは細い3のスティックにして実験していますから実際にはもっと長持ち

しますが、これらのうち長持ちするとされているのは広葉樹系と針葉樹で言えばヒノキです。

気にしておいていただきたいのがこの表の「マツ」です。恐らく土木のみなさんはマツ杭が使われることがあると思います。マツは耐久性があるが、スギはないと思われていますよね。これは専門的に見ると全くの嘘なんです。実はマツは耐久性の面でかなり劣ります。ですから、木杭を使用される場合には、県外から高いマツの丸太を持ち込むのではなくて、地元のスギを使っていただきたいと思います。その方が安くて長持ちです。

ではなぜ、マツ杭神話が生まれたかということ、水に沈めておくところの樹種でも腐りません。さきほどの三要素という所の酸素がないからです。で、そういう所で昔のマツ杭が出てくるから、マツ杭神話になったというのがひとつ。もうひとつは、かつてスギの資源がなかった時代には、土木でも普通にマツを使っていました、資源があったからです。ですから土木はマツだと言われるようになったと、この両方だろうなと思っています。

実際のところ、事業費を上げてわざわざ寿命が下がるような木材の使い方が当たり前のようになされています。是非覚えて帰っていただきたいと思います。

7. 木材は使い方に注意 28

丸太には腐りやすい部分と腐りにくい部分がある

主な国産材の心材耐朽性

耐朽性	樹種
大 (野外で7~8.5年)	ヒノキ クリ ケヤキ
中 (野外で5~6.5年)	スギ カラマツ
小 (野外で3~4.5年)	アカマツ クロマツ

スギ丸太の断面

スギ丸太の断面

話は元に戻って丸太の赤い部分と白い部分の話ですが、丸太の製品を見てもみますと、これはベンチとイスですが、周囲の部分だけ腐っていて、ここが辺材だったというのわかります。右の写真の橋脚の地際部分をご覧ください。ボロボロになっていてこりゃ駄目だとも思えるんですが、中の芯の部分はしっかりしていました。ですから点検で見抜いていただければと思います。

どうするのかということ、尖ったもので突き刺すとよいです。心材部が健全であればどこかで止まりますし、止まらなかったら心材部にも腐朽が及んでいるというのがわかります。これは橋の床版材ですが、ここが辺材部がなくなっているのわかります。これぐらい明瞭な差があります。

このように、木材というのは、いろんな面で使い勝手があるのです。

7. 木材は使い方に注意

29

周辺部から腐った丸太材の例



辺材部のみが腐朽している
それが利用者から見える

心材と辺材の耐久性の事例

木橋の今昔

残りの時間で、木の橋の紹介をしてみたいと思います。

これはかの有名な猿橋です。イメージ的には木橋ですが、現在は桁部材が全部鉄骨に変わっています。兩岸の岩盤に開けた穴に桁材を差し込んで張り出し、中央部に桁を乗せています。材長が長いものが得にくく、また部材を継ぐのが木材の場合難しいので、古い時代にはこういう形で無理やり支間を伸ばして谷を渡っていました。ただ、この形式では差し込んだ根元の部分に一番力がかかる上、そこが一番腐りやすい部分ともなります。なので、決して長持ちしなかったと思います。

8. 木橋今昔物語

32



猿橋 山口県
文庫長23.6m / 中央の桁の文庫長10.9m



藍本橋(模型)
北沢工業大学

猿橋、藍本橋(模型)

こんな感じでカズラを使用した吊り橋もありました。今だとケーブルをしようする吊り材に植物のつるを使用しています。こんな感じの舟橋もありました。これは中でも有名な越中富山の舟橋です。ただし、これはかなりデフォルメしていると思います。洪水になると流され、渇水時には舟底が河床についてと、こんな状況は年に何回あったらと思うかと思えます。ただし舟橋は明治の初め頃までは結構架けられていて、その後急激になくなったようです。

8. 木橋今昔物語

33



西祖谷のかすら橋 (徳島県)



神通川の舟橋 (富山県 / 出典: 津渡)

西祖谷のかすら橋と、
神通川の舟橋

これは大井川に初めて架かった橋で蓬莱橋といいます。明治12年に茶畑の開墾をするために架けられました。現存する橋は長さ900mですが、以前はさらに長かったようです。橋脚は今ではコンクリート製ですが、昔は純の木の橋だったということです。

8. 木橋今昔物語

34



世界一長い木橋 蓬莱橋 橋長897m
静岡県 明治12年(1879年)架設

世界一長い木橋
蓬莱橋

これは岩国市にある錦帯橋です。日本の木橋技術の結晶といえる橋であり、地元では世界遺産を目指した取り組みも進められていますが、今のところ文化財でもありません。2002年から3年をかけて、架け替えられましたが、そのために文化財の要件を満たさないとされてしまっています。この橋は、定期的に架け替えることで技術と精神が伝承されてきました。これは管理の上ではきわめてリーズナブルであり、そこの所は考慮いただきたいなあと思います。

8. 木橋今昔物語

36



錦帯橋 ~日本が誇る木橋技術のたまもの
1673年創建 名勝

名勝 錦帯橋

これはお城の屋根付き橋で復元橋です。屋根と壁により外からは渡っている人が全く見えないのは防衛上の理由ですが、これにより耐久性も向上したものと思います。

8. 木橋今昔物語

37



福井城の御廊下橋
福井県 平成20年(2008年)復元

福井城の御廊下橋

これは、日本に数ある流れ橋の中でもとりわけ大きいものです。素朴な作りが魅力であり、時代を映してもいます。

8. 木橋今昔物語

38



上津屋橋~木津川の流れ橋
京都府 昭和28年(1953年)架設
(今春大改修された)

上津屋橋
~木津川の流れ橋

この橋は小学校の目の前に架かっています。普通の桁橋ですが、見えているのは全て保護材であり、耐久性へのこだわりがうかがえます。



いきいき橋
～通学路の木橋



クルワドウ橋
～RCとのコラボ

長野県内にはこのような橋がいくつも架けられています。材材は木材ですが、床版部はRCです。ですから、上から見ると高欄を見ない限り、これが木の橋だとは気が付かないでしょう。あんまり木材にこだわらずに異種材料と上手に組み合わせてという好例だと思います。

これは冒頭に紹介しました西米良村のかりこぼうず大橋です。長さ140mで車道としては一番長い橋といっていると思います。銅版で屋根を拭いたりして、耐久性にはしっかり配慮されていることもわかってかと思えます。

本当に屋根をかけた橋もあります。これは神社の参道の橋です。これも耐久性アップを図ってのものです。



かりこぼうず大橋



御幸橋～屋根付きの木橋

アーチ橋というと例えばこんな橋もできています。木材は元々、きれいに曲げることは困難でした。ですから昔はアーチ橋というと石橋しか造れなかったのですが、木材もきれいに曲げて貼り合わせる集成材を使うことで、今ではこのようなアーチ橋も造れるようになりました。



金峰2000年橋～上路アーチ橋



百目石橋～下路アーチ橋

これは橋長25mほどで、アーチ橋にするほどの支間ではないのですが、アーチ橋になっています。その理由は、木材は引っ張り継ぎ手が苦手なので、主部材が圧縮材になるアーチ橋になったのです。ただ、ライズを相当大きくしないと橋門構に頭がぶつかってしまうので、独立型のアーチリブになっています。

こんな感じで吊り橋に木材を並べると非常に軽い吊り床板橋も架かります。このような橋は熊本県の山の中に結構架かっています。



八丁平つなぎ橋
～鋼床版とのコラボ



火の国橋～吊床版橋

外国の木材を使った橋もあります。上の2つはベイマツというアメリカの木材、下の2つはボンゴシというアフリカの木材を使った橋です。ただ上に関しては、超高耐久といわれたのですが、意外にもそうではなかったという事例でもありました。

そう思って見てみると、今までご紹介した橋は、悪くならどうしようかというのがちゃんと考えて造られています。それが日本の木の橋の作り方でした。そういうところは今の鋼橋やコンクリート橋でも参考にすべき点は多くあります。



輸入材による木橋

外国の話をしてみますとヨーロッパ諸国でも確かにいったん数は減ったのですが、こんな感じで橋が架けられるようになっています。それでも数の上では少数派ですが、重要度の高いものを造っていたりすることにびっくりします。これは高速道路の橋です。



欧州諸国の木橋

アメリカに行きますと合理性の国で、山の中に生コンを使うよりも木材を使った方が安上がりだという理由で、こんな橋がたくさん架けられています。



アメリカの実用的な木橋

特性を生かした木材利用を

最後にまとめたいと思います。木材というのは、樹木を簡単に加工して建設材料にしています。ですから天然材料であるうえ、個性が現れます。個性をなくそうと思うのであれば、一旦フレック状にしてもう一度くっつける木質ポート類とかもあるのですが、やればやるほどお金がかかりますから、なるべく素材のまま使える方法を見出した方がいいと言えます。そうすると個性が出てくるのは当たり前であり、要はそれをどう上手に我々が使っていくかというのが腕の見せ所です。

木材はコンクリート並みに強い上で軽いです。ただし柔らかいです。ですから設計は、そのあたりが考慮されるべきです。ついでにかなり強烈な異方性材料でもあります。

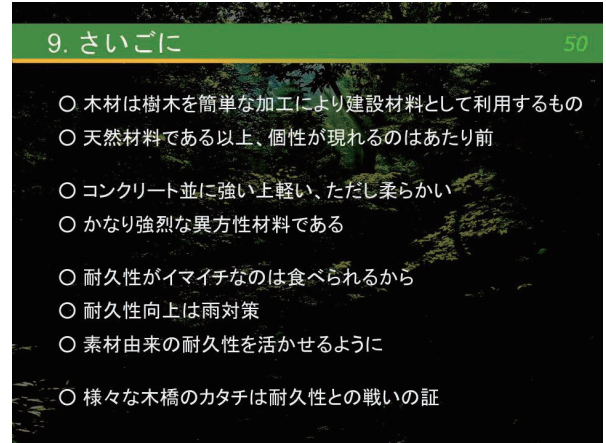
耐久性がイマイチなのは食べられるからです。食べられるというのは他の建設材料ではありえないことですが、生物学的劣化ですからその生き物が生きていけない環境にしてあげると抜群に耐久性が上がりますし、下手であればものすごく耐用年数が短くなります。ということで、雨対策は重要です。実際には、屋根をかけることができない土木構造物ですから、雨が掛かるのは仕方ないとして、雨が溜まらないように設計をすることが耐久設計のポイントです。

加えて、防腐剤を注入して長持ちをさせるというのが今の主流ですが、素材そのものにも耐久性がありますので、それもしっかりと活かせる構造にするのがよいと思います。さまざまな木の橋を紹介してきましたが、全てどう耐久性を持たせるかという戦いの証が表れています。

コンクリートの橋と比べるとやはり木の橋は、耐久性の問題がいわれます。なので、今架けられている木橋では、全て耐久性の議論が一からなされています。1990年代に架けられた橋は、いろいろと問題が生じているものもありま

すが、そういう意味での点検も鋭意なされています。なので木橋の点検や診断技術は、むしろ進んでいると言ってもいいと思っています。

ただ、やっぱり鋼材やコンクリートに比べると素材そのものの耐久性は決して高くはないので、そのあたりをどう上手に付き合っていくかということになるかと思います。



さいごに

最後の最後ですが、これはあるイベントで、私がやっていることを紹介したシートです。

今日のタイトルは、「地域の森林資源を使って架ける私たちの橋」ということで、木材が一番ユーザーフレンドリーな材料だと言いました。例えば、日曜大工がお得意な方がいたとして、鋼材やコンクリートを使って日曜大工はしません。日曜大工って木材ですよ。なぜ木材なんですかっていうと一番自分で触りやすいから、だから現場でいくらでも加工ができます。非常に使いやすい材料なのです。

その一例として、ここでやっているのは、古い橋があって、その橋を学生と一緒に架け替えちゃいました、という話です。種明かしをしますと、実は、桁にはH鋼桁が入ってまして、作ったのは路面と手すりだけなのですが、全く素人の学生数人で2日程度で橋を造りました。こういうことが木材だとできてしまうのです。



地域の森林資源を使って架ける私たちの橋

現在はすごく木材資源が使える状況になっています。特に宮崎県は、トップリーダー的なところで頑張っていると思いますので、木材のよさを活かしてもっともっと使っていただければいいなと思います。

私は大きな橋は大きな橋が必要と思いますが、一方で小さい橋も必要と思います。また、求められる機能もそれぞれです。例えば公園の橋などはコンクリートに木を貼るなんてことをしないで、最初から木で架ければいいと思っています。

ということで今日は、木材と木の橋の話ということで長々お話をさせていただきました。どうもありがとうございました。

