

脱炭素社会における木質ボードの役割

技術部 製品開発グループ 須賀 雅人

■はじめに

「脱炭素」が当たり前のキーワードになった現在、建築や家具の分野でも「CO₂排出の少ない材料選び」が求められています。木材は、立木のときに大気中のCO₂を吸収し、炭素として樹体内にため込んでいた素材です。その木を製品として長く使い続けることは、炭素を社会の中に一時的に「貯蔵」しておくことと同じ意味を持ちます。木材製品というと、柱などの無垢材(一本の木から切り出した材料)を思い浮かべることが多いと思いますが、実は「木質ボード」と呼ばれる材料も重要な役割を担っています。木質ボードは家具や内装材の芯材、下地材や建物の床下地材等として幅広く使われています。

本稿では、最初に木質ボード全体の姿を整理し、その後で「なぜ木質ボードを作るのか」、「脱炭素社会にどう貢献しうるのか」を紹介します。さらに、現在林産試験場で進めている木質ボードの開発効率化の研究についてご紹介します。

■木質ボードとは?——全体像と位置づけ

木質ボードとは、木材を小片や繊維状に細かくして接着剤を加え、熱と圧力で押し固めて(熱圧プレス)，板状にした材料の総称です。ひとくちに木質ボードといつても様々な種類があり、例えば繊維状の原料を使うファイバーボード(FB)や、木片(パーティクル)を使うパーティクルボード(PB)があります。どちらも家具や室内建具の芯材・下地材等として広く使われていますが、原料の形や製造条件の違いから、表面のなめらかさや重き、強さなどに特徴の違いがあります。

こうした木質ボードの原材料になる繊維や木片には、丸太から柱や板を取るときに出る端材や、おが粉・削りくずといった製材工場の副産物、間伐材や小径木、建築物の解体で発生した廃木材など、これまで十分に使われてこなかった木材資源を広く利用できます。詳しい資源循環の考え方は後述しますが、木質ボードは「そのままでは使いにくい木材を受け止めて面材に変えるプラットフォーム」として、木材利用の中で重要な位置づけにあります。

■ファイバーボードのしくみと特長

ファイバーボード(FB)(写真1)は、その名の通り、木材を繊維(ファイバー)のレベルまで細かくほぐして作るボードです。木材チップに蒸気を当ててすりつぶすことで繊維にほぐし、接着剤を混ぜ、マット状に広げてから熱圧プレスで板状に成形します。

FBは密度によって主にIB(インシュレーションボード:Insulation board), MDF(中密度繊維板:Medium density fiberboard), HB(ハードボード:Hardboard)の3種類に分類されます。

IBは密度がおよそ0.35 g/cm³未満のFBであり、低密度で軽く、断熱性や吸音性が比較的高いことが特徴です。これらを活かし、壁や床の下地材や畳の芯材などで利用されています。

MDFは密度がおよそ0.35から0.80 g/cm³で、表面や木口が緻密で滑らかに仕上げられるのが特徴です。

これにより塗装や化粧紙の貼り付けもきれいに仕上がるため、室内用家具や建具の化粧下地材の定番となっています。近年は、構造用途として耐力壁への利用も期待されています。

HBは密度がおよそ0.80 g/cm³以上と高密度で、表面は平滑で固く曲げ強度も高いことが特徴です。このため、梱包保護材や自動車内装部品など、薄くて固い板がほしい場面で使われています。



写真1 ファイバーボードの例:MDF
(左:原料、右:ボード)

■パーティクルボードのしくみと特長

パーティクルボード(PB)(写真2)は、木材を小片(パーティクル)に砕き、それを乾燥させて接着剤と混ぜ、マット状に広げたものを熱圧プレスして作るボードです。PBの多くは三層構造になっており、表面の層には細かいパーティクルを用いて平滑な面をつくり、内部の層にはやや大きなパーティクルを用

いて軽さと経済性を両立させています。

PBは家具や建具の芯材等として広く用いられており、MDFと同様に、近年は構造用途として耐力壁への利用も期待されています。



**写真2 パーティクルボードの例
(左:原料, 右:表面に化粧シートを貼ったボード)**

■なぜ木質ボードを作るのか——資源循環と設計自由度

木質ボードを作る理由は、大きく三つに整理できます。一つ目は、限りある木材資源を有効に使うためです。丸太から柱や板を切り出すと、どうしても端材が残ります。また、建築物の解体時には廃木材も大量に発生します。こうした「そのままでは使いにくい」木材を細かくしてボードの原料にすれば、木材全体としての歩留まり（どれだけ無駄なく使えたか）を高めることができます。日本では、FBの原材料の約44%（R6年度）が製材工場等の残材、約15%（R6年度）が間伐材や林地残材から作られています¹⁾。また、FBおよびPBの原材料のそれぞれ約32%、92%（R6年度）が建築物の解体で出る廃木材から作られています¹⁾。つまり、いったん建物として使われた木材が、再び板材としてよみがえるわけです。このような「段階を追って繰り返し利用する」考え方をカスケード利用と呼びます。木質ボードは木材のこうしたカスケード利用の大変な受け皿となっています。

二つ目は、丸太からは直接得られない、大判で均質な面材が作れるためです。家具や内装材メーカーでは、一定の幅、長さ、厚さを持つ板を毎日たくさん使います。無垢材だけでそれをまかなうのは、節や反り、乾燥ムラなどのばらつきがあるため簡単ではありません。木質ボードは、原料を混ぜ合わせて均一にしてから板にするため、同じ性能の板を大量に生産しやすく、量産に向いた材料だと言えます。

三つ目は、用途に応じて性質を設計しやすいためです。例えば、棚板のようにたわみにくさが重要なら密度を高くし、芯を軽くして表面だけ硬くする三層構造にする、といった設計が可能です。水回りで使う場合は、耐水性の高い接着剤を選び、密度や板厚を調

整することもできます。こうした「設計自由度の高さ」は、後述する開発の大変さと表裏一体ですが、うまく活かせば、性能とコスト、環境性のバランスをとった材料設計が可能になります。

■無垢材、合板との比較

ここで、木質ボードと無垢材・合板との関係を整理しておきます。無垢材は木目の美しさや触り心地、構造材としての強さなど、木ならではの魅力があります。一方で、節や割れ、反りなど、自然由来のばらつきは避けられません。

合板は、丸太を薄くむいた单板を纖維方向が直交するように何枚も重ね、接着剤で貼り合わせた板です。纖維方向を組み合わせることで、強度や寸法安定性に優れた面材になりますが、節等によって表面性に影響が出る場合もあります。これに対してPBやMDFに代表される木質ボードは、「必要な性能を必要な形で均質に作る」ことを得意とする材料です。表面は塗装や化粧シートで覆うことを前提とし、芯材としての強さや重さ、ビスの利きなどを設計によって調整します。一方で木質ボードにも、湿気の多い環境での耐久設計が必要といった課題があります。

大切なのは、これらの材料が互いに競合するのではなく、役割を分担している補完の関係であるという視点です。構造の軸材料や木目を見せたい部分には無垢材や集成材、床や壁の下地には合板や構造用木質ボード、家具や室内建具の芯材や内装のフラットな面には従来の木質ボード、といった「適材適所」の組み合わせによって、木材利用の量と質の両方を高めていくことができます。

■安心して使うために——安全性、耐水性

木質ボードに限らず、集成材や合板なども含めた木質材料全般において、安全性の観点でよく話題に上がるのが接着剤から放散するホルムアルデヒドです。ホルムアルデヒドはシックハウス症候群の原因物質のひとつとされていますが、日本ではJASやJIS規格によって、材料から出てよい量が厳しく定められています。集成材や合板などと同様に、PBやMDFなどの木質ボードにおいてもホルムアルデヒドの放散が抑えられた、使用面積に制限のない区分(F☆☆☆☆)の材料が開発・生産されております。

また、JIS規格によって耐水性能を高めたグレード(耐水2)も用意されており、撥水性のある添加物を加えたり、耐水性の高い接着剤を用いたりすることで、

床や壁などの建築下地や、洗面化粧台やキッチンなどの水回りの造作部材でも使いやすく設計されたボードもあります。さらに、表面や端面を塗装や樹脂シートでコーティングして水の侵入を防ぐ仕様も一般的です。

■脱炭素への貢献

木質ボードの環境価値は大きく二つあります(図1)。一つ目は「炭素の貯蔵」です。木は成長過程で大気中のCO₂を吸収し、炭素として体内に固定します。伐採後も、その炭素は木材製品の中にとどまり、製品として使われている間は大気に戻りません。ボードであっても同じで、家具や内装材として長く使われるほど、炭素を貯めておく期間を延ばすことができます。

二つ目は「廃棄を遅らせる資源循環」です。間伐材や林地残材、製材工場で発生した端材や建物として役目を終えた木材である建築解体材をそのまま廃棄(焼却)すると、その時点で一気にCO₂が大気に戻ってしまいます。これをいったんチップやパーティクルにし、PBやMDFの原料として再利用すれば、木材としての第二の人生を与えることができます。最終的に焼却するにしても、そのタイミングを何十年も先送りできるわけです。

もちろん、木質ボードの製造には、乾燥や熱圧プレス、接着剤の製造や使用などでエネルギーが必要です。そのため、ボード工場では省エネ設備の導入や、工場内で出る樹皮、端材を燃料としたバイオマスボイラーの活用、低炭素・低ホルムアルデヒドの接着剤への転換などが進められています。設計から製造、使

用後の回収・再利用までを一つの循環としてデザインすることが、木質ボードの脱炭素ポテンシャルを十分に引き出す鍵になります。

■実は「開発が大変」——試作・試験の現実

ここまで見ると、木質ボードは良いことづくめに見えるかもしれません。しかし、実際に新しいボードを開発しようとすると、開発の現場ではかなりの試行錯誤が必要になります。ボードの性能は、大きく「原料」「接着」「成形」の三つの要素が組み合わさって決まります。原料については、樹種や含水率、小片や纖維の大きさ(粒度)、再生材の割合などが変わると性質も変わります。接着については、樹脂の種類や添加量、硬化の条件(温度や時間)が効いてきます。成形については、マット形成のしかた、熱圧プレスの温度、圧力、時間など多くのパラメータがあります。さらに、できあがったボードは、JIS規格などにもとづいて性能試験を行う必要があります。試験で測る性能には曲げ強度(MOR:板をたわませたときにどれだけ耐えられるか)、剥離強度(IB:板の内部がどれだけしっかりと接着されているか)、吸水厚さ膨張率(TS:水に浸したときにどれだけ厚さが増えるか)などがあります。多くの条件を試すほど板の枚数も試験にかかる時間も増えていき、目標とする性能にたどり着くまでに非常に多くの労力が必要となります。「いかに少ない試作で、材料のふるまいを効率よく把握するか」が、大きな課題となっています。

こうした課題に対し、過去の試験データを利用して、新たな製造条件におけるボード性能を事前に予測することで開発を効率化させることを目指し、こ

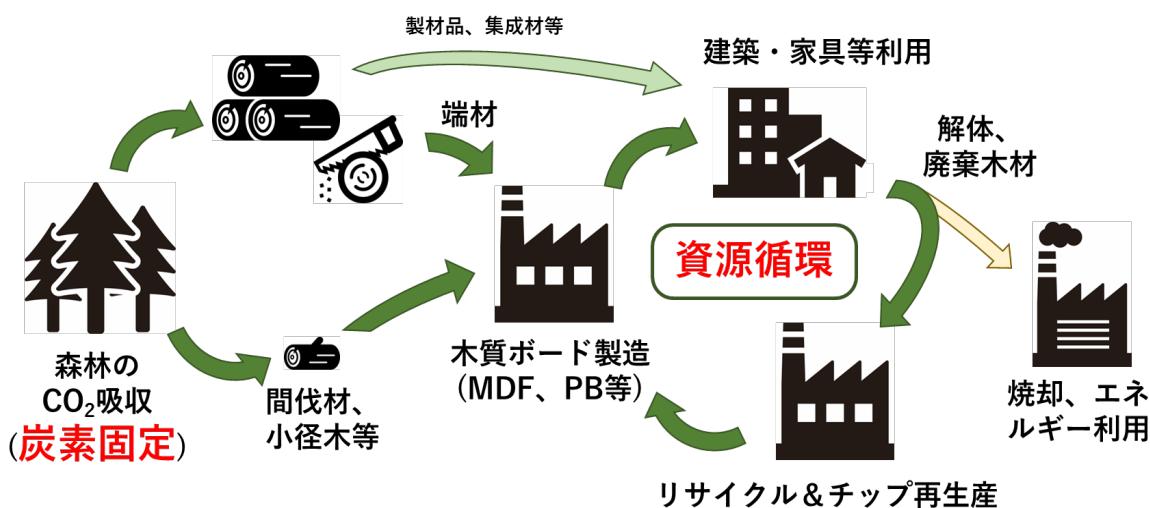


図1 脱炭素社会における木質ボードのライフサイクル概要図

れまでに様々な研究が行われてきました。しかし、性能に影響を与える製造条件は数多いことや開発段階での性能は属人的な試作技術にも左右されることを原因として得られる性能値が大きくばらつく場合がある一方、既往の研究の予測モデルは性能の平均値のみの算出でばらつきを評価できず、適切な製造条件を絞れないという課題がありました。

■林産試験場の「開発効率化」研究

こうした課題に対して、弊場では従来の実験にAI(人工知能)の手法を組み合わせ、主にPBの試作と評価を効率化する研究を進めています。ねらいは、「平均的な性能」を当てるだけでなく、「どのくらいばらつきそうか」まで含めて予測し、安全で無駄の少ない設計につなげることです。

研究(1)：データ駆動の予測モデル構築

これまでにってきた試験のデータ、例えばボード密度、接着剤添加率、粒度分布といった製造条件と、そのときに得られたMOR, IB, TSなどの試験結果をまとめて、コンピュータに学習させます。すると「このような条件で作ると、MORはこれくらい、IBはこれくらいになりそうだ」といった予測モデルを作ることができます。さらに、予測のばらつきも同時に計算することで、「下限値でも規格を満たしそうか」といった安全側の判断に役立てます。筆者らは予測のばらつきも柔軟に算出できる機械学習モデルであるガウス過程回帰(GPR, Gaussian process regression)²⁾を活用した予測モデル(以下、GPR-based)を構築し、既往研究で広く用いられる重回帰モデルと予測精度を検証したところ、PBの性能下限値の予測精度はGPR-

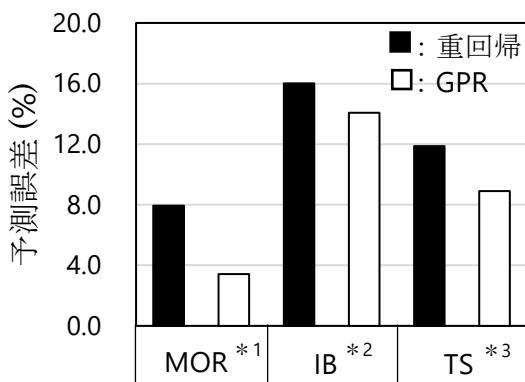


図2 実験値から算出した下限値(信頼水準75%における95%下側許容限界値)に対する重回帰およびGPR-basedモデルから算出した下限値(5パーセンタイル値)の予測誤差
(*1:曲げ強度, *2:剥離強度, *3:吸水厚さ膨張率)

basedモデルの方が高い結果となりました³⁾(図2)。

研究(2)：実験計画の最適化

こうした性能のばらつきを考慮に入れた予測モデルを使うと、「次にどのような条件で試作すれば、目標性能を達成する確率が高いか」を計算で探すことができます。この考え方をベイズ最適化と呼ばれ、少ない回数の試行で良い条件に近づくための方法です。言い換えると、これまで得られたデータや知見にもとづいて「有望そうな条件を選んで試す」ことができます(図3)。その結果、試作の回数や、原料・エネルギーの消費を抑えることが期待されます。

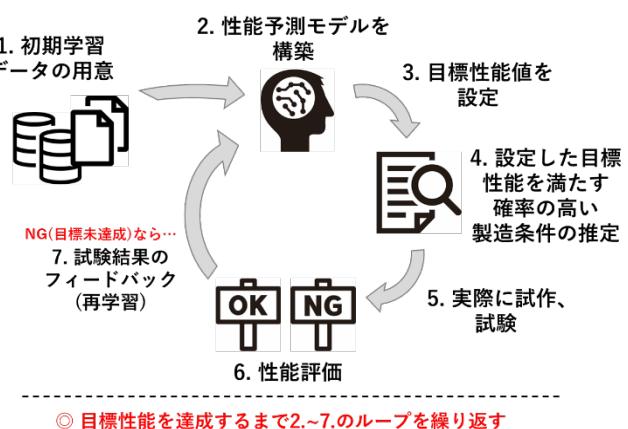


図3 弊場で研究中の「開発効率化」手法の概要

研究(3)：要因の「見える化」

さらに、説明可能なAIの手法^{例えば4)}を用いると、「密度を上げるとどれくらい強度が増えるのか」「樹脂量を増やすと、どの程度TSが改善するのか」といった要因ごとの寄与を数値として可視化できます。ブラックボックスのままではなく、「なぜそうなるのか」を設計者や現場の技術者が理解しながら使えるようにするために重要です。理解しやすいモデルは、再現性の高い設計指針にもつながります。

このように、データを活用して「試作→評価→学習→次の試作」のサイクルを素早く回す枠組みをつくることで、開発期間の短縮、コストの削減、品質の安定化を同時にねらうことができます。また、こうしたデータ駆動型の開発スタイルはPBに限らず他の木質材料にも広げていくことができ、材料の中身とつくり方の両方から、より持続可能な木材利用を支えていく土台になると考えています。

■おわりに

本稿では、木質ボードのしくみと特長、無垢材や合板との関係、脱炭素への貢献、そして林産試で進めている開発効率化の研究について紹介しました。ご紹介した研究におけるPBの製造条件は一部限られた範囲(単一の接着剤、単一のプレス条件等)に留まるため、今後は対象とする製造条件の範囲を広げ、より汎用的な活用を目指す研究へと展開したいと考えています。木質ボードの有効活用が、脱炭素と資源循環の両面から循環型社会の形成に一層貢献していくことを期待しています。

■参考文献

- 1) 日本繊維板工業会:木質ボード用原料種類別使用比率、<https://jfpma.jp/docs/data/6-bord-genryo.pdf> 2026年1月9日参照。
- 2) 赤穂昭太郎:ガウス過程回帰の基礎、システム／制御／情報、62(10), 390-395 (2018).
- 3) Suga, M., Asakura, N.: Estimation of mechanical properties of particleboard based on manufacturing conditions using Heteroscedastic Gaussian Process Regression. Poster presentation at the International Symposium on Wood Science and Technology 2025. Sendai, Japan. 17–19 March 2025.
- 4) Lundberg, S. M., Lee, S. I.: A unified approach to interpreting model predictions. Advances in Neural Information Processing Systems 30, 4765–4774 (2017).