

熱帯化していく日本における建材と建築様式の研究

静岡県立浜松工業高等学校 システム科学科 2年 1名
建築科 2年 2名

1 研究背景

日本では、昔から建材として木材が利用されている。そんな中、現在、地球温暖化の影響から、水害による家屋の浸水や、熱帯化による高温多湿な環境などによって建物が腐敗する被害が深刻化している。この気候は、熱帯気候であるマレーシアと似ていることから、日本の将来に近い気候であると推測することができる。日本の気候が熱帯化することを見据え、高温多湿な環境に耐えうる木材の特性を明らかにすることは、持続可能な住まいづくりにおいて重要な課題であると考えられる。

2 研究目的

一般的な日本の建築物（主に住宅）には、木構造が用いられ、木材は重要な材料といえる。しかし、木材には耐久性の限界があり、それを超えると倒壊の恐れがある。丸太から建材用に形状を加工した場合、さらに状態を保つことが難しくなる。また、長期的な使用を続けることで、環境条件によって強度が下がってしまう場合がある。特に近年、我が国では地球温暖化が進行しており、水害が頻発したり、湿度が上がったりしている。建材の腐朽や劣化は、建築物全体の耐久性にも大きく関係するため、環境変化による影響を理解し、対策を練っていくことが求められている。本研究では、地球温暖化からの被害を見立てた状況を再現し、実験を行う。その後、圧縮試験によって、強度を算出し、使用例の分析を行うことで、さらなる建築物使用の長期化を図っていきたい。また今後、日本が亜熱帯化すると予測されることから、マレーシアではどんな木材がどこに使用されているのかを確かめ、建築文化を参考にすることも目的とする。

3 仮説

既存の文献および教科書に記載された理論的背景を踏まえ、以下2つの仮説を設定した。

仮説1. 辺材より心材の方が強度は高くなる。

仮説2. 含水率が低いほど強度は高くなる。

4 使用機器・実験材料

プランター、園芸用土、350ml ペットボトル、校舎内の池の水、食卓カバー、ビニールシート、馬鈴薯 40g、ヒラタケ、寒天 4g、スクロース 4g、ピーカー、ガーゼ、実験用ホットプレート

5 実験方法

<実験1>高温多湿処理

1つ目は、高温多湿環境を想定し、実験を行った。まず、建材を湿らせた状態にして建築工場棟内で約1か月間放置した。実験では、プランターに園芸用土を入れ、食卓カバーで軸を作ったドーム状の屋根にビニールシートをかぶせて密閉したビニールハウス装置(図1)を工場棟内に設置し、週1回水を差し替えながら管理した。

ビニールハウス内は日中、35°Cの高温となり、湿度は約60%であった。ビニールハウス内は日中35°Cの高温となり、湿度は約60%であった。マレーシア



図1 装置内の様子

の平均気温は30°C、湿度は約80%とされており、完全に同一の気候条件を再現することは難しいものの、できるだけ高温多湿に近い、過酷な状態を再現することを目的として設定した。さらに、週1回気温、湿度を計測し、最終的に建材の外観の変化や劣化の進行状況を観察した。

<実験2>腐朽処理

次に、腐朽菌による木材劣化の過程を再現することを目的として、菌糸を人工的に培養し建材に付着させることで劣化環境を再現した。まず、木材を効率的に劣化させるためには、十分に成長した菌糸を準備する必要があると考えた。そのため、菌糸の培養には栄養価が高く、多くの菌類培養を用いられるPDA(Potato Dextrose Agar)培地が適していることを文献調査により確認し、PDA培地を自作した。作成手順は以下の通りである。はじめに馬鈴薯を約1cm角に切断し、水中で加熱・沸騰させて成分を抽出した。次に得られた煮汁をガーゼで濾過し固形物を除去して濾液を得た。その後、濾液にスクロースおよび粉末寒天を加えて加熱し、完全に溶解させた後、培地溶液(図2)をシャーレに分注して恒温槽の中で固化させ、培養用培地を作成した。菌種には、菌糸の成長速度



図2 培地溶液

が早く比較的容易であるヒラタケを使用した。菌糸が多く存在すると考えられる子実体の軸部から、ピンセットを用いて菌糸を採取した。採取した菌糸は短期間で増殖させることを目的として、1枚の培地につき五箇所に分散して接種した(図3)。



図3 菌糸の設置

培養環境の構築においては、高温多湿条件が菌の成長及び木材腐朽に促進すると考え、コットンに水を含ませて培養容器内の湿度を維持した。また、完全密閉状態では酸素不足により菌の生育が阻害させる可能性があるため、密閉を避けて通気性を確保し、腐朽が進行しやすい環境条件を整えた。しかし、培養開始から約1か月後、



図4 ヒラタケ設置

培地設置個所に目的外のカビが発生した。このままではカビの繁殖が優先し、ヒラタケの菌糸による劣化過程を正確に観察できないと判断した。そのため実験方法を変更し、培地を介さずヒラタケの菌糸を直接建材へ設置する方法へ移行した(図4)。その後、建材を同様の環境条件下に置き、合計3か月間にわたり菌による劣化の進行を観察した。

<実験3> 圧縮試験機による測定

最後に実験1、2で劣化させた建材と未処理の建材の強度を比較するため、圧縮試験機で最大荷重を、含水率計で含水率を計測した(図5、6)。



図5 圧縮試験機



図6 含水率計

6 結果

<仮説1>

図7は最大荷重をグラフ化し、木材の種類ごとに最大荷重の測定結果を表したものである。図8は、最大荷重の辺材と心材との強度差を表したもので、心材から辺材を引いた数値をグラフ化したものとなっている。この2つのグラフより、最大荷重のみでみた時、多くの材は心材の方が高い強度となった。しかし、すべての条件下の

スギと高温多湿処理のケヤキの強度は、辺材の方が高くなった。

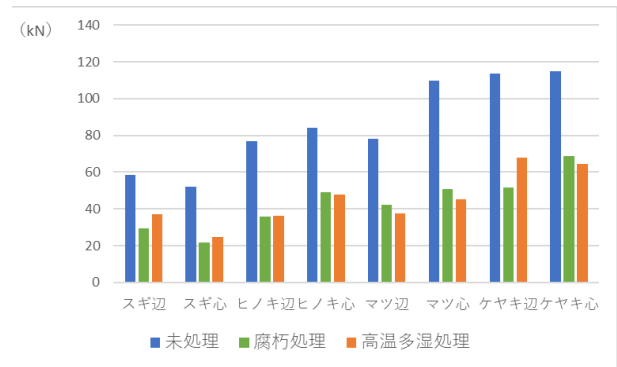


図7 木材の種類による最大荷重の結果

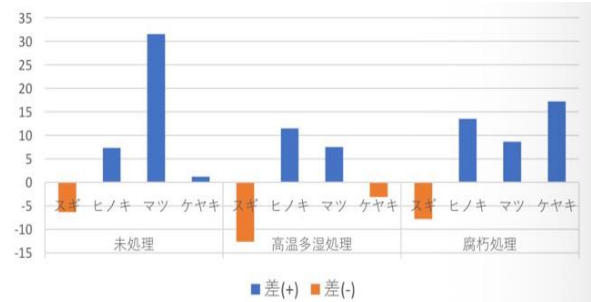


図8 心材と辺材の強度差

<仮説2>

含水率と強度の関係については、縦軸を含水率、横軸を最大荷重とした図9から、右下がりのグラフとなり、含水率が低いほど強度は高くなるということが分かる。

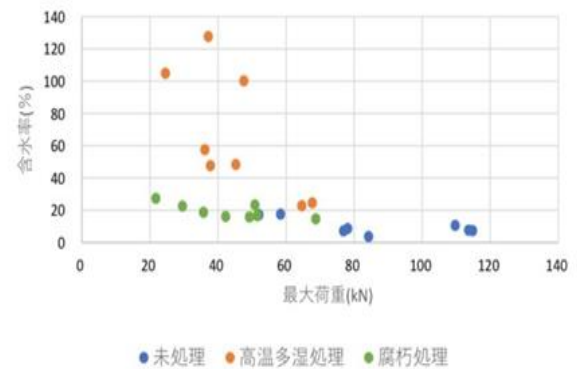


図9 最大荷重と含水率の負の相関

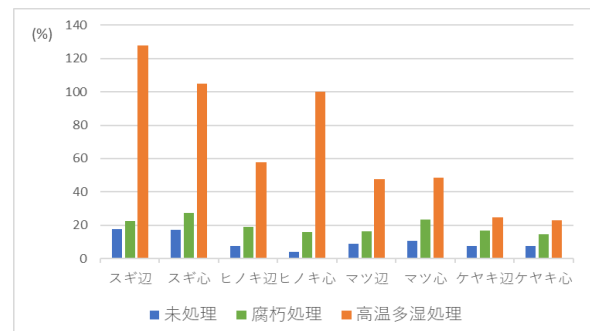


図10 木材の種類による含水率の結果

図 10 は、含水率をグラフ化したものである。どの木材も含水率は高温多湿処理、腐朽処理、未処理の順で低くなっていったため、最大荷重は高温多湿、高温多湿、腐朽処理、未処理の順で高くなると予測していた。しかし、細かく見ていくと、スギの心材と辺材、およびケヤキの辺材は腐朽処理より高温多湿処理の方が高い強度を表し、仮説と異なる結果となった(図 7')。

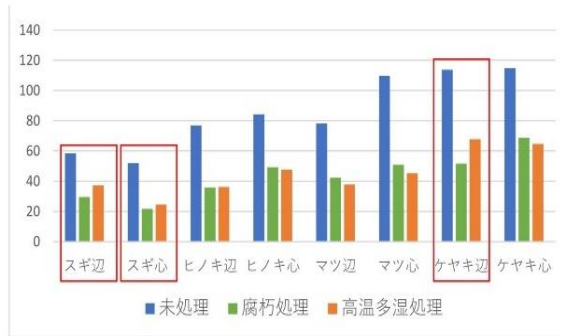


図 7' 最大荷重の強度順

7 考察

ほとんどの材は心材の強度の方が辺材の強度より高くなったため仮説 1 についてはほぼ実証されたと考えた。しかし、すべての条件下のスギと高温多湿処理のケヤキは仮説通りの結果とならなかった。

スギの強度がすべての条件下で辺材の方が高くなった原因として、スギは成長が早いため、スギの心材は未成熟材で構成されている場合が多い。未成熟材は細胞壁の構造が成熟材と異なり、柔軟性が高く強度が低いという性質があるため、それが大きく影響したと考える。また、中心に割れ目が多く見られたので、それらが強度に大きく影響していると考えられる(図 11)。



図 11 スギ心材

しかし、高温多湿処理、腐朽処理と未処理の変化量の絶対値をグラフ化した図 12 をみると、変化量が一番小さいのはスギであることがわかった。そのため、この材の中ではスギが一番耐朽性、耐水性があると考えられる。

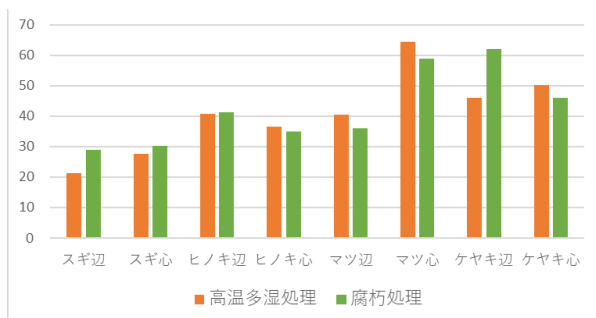


図 12 変化量の絶対値

ケヤキの高温多湿処理での強度が、心材より辺材の方が高いことについては、未処理や腐朽処理は強度が心材の方がより高いことと、元々の差があまりないことから、実験の誤差によるものではないかと考えた。

「含水率が低いと強度が高くなる」という仮説 2 についても、実証されたと考えた。しかし、スギとケヤキの辺材は、他と違い、強度が腐朽処理より高温多湿処理の方が高くなったため、耐朽性より耐水性に秀でているのかもしれないと考えた。

8 まとめ

実験結果より、各木材に適した利用方法を考えた。スギはとても軽く、辺材は耐水性が高いため外装材として、心材は耐水性・耐朽性ともに低いため、建具として利用するのが適していると考えた。

ヒノキの場合は、辺材は耐水性・耐久性ともに低いため建具として、心材は耐朽性に特に優れていると考えられるので外装材として利用し、スギの補えないところやヒノキの香りを生かしたいところに使用すると良いと考える。

マツの辺材は、耐朽性は高いが、耐水性が低いため、水回りを避けた内装材としての利用、心材は耐水性・耐朽性ともに低い、他の木材と比較して強度が高いため、間柱としての利用が適していると考えた。

ケヤキは、質量が大きく、強度がとても高いという特徴が目立った。辺材の耐朽性は低く、耐水性も普通だったため、水回りを避けた主要構造材としての利用が適していると考えた。しかし、心材の耐水性は辺材と同じだが、耐朽性が高かったため、外装や主要構造材として利用できると考えた。表 1 は現状の使用例と、実験から考えた使用例をまとめたものである。

表 1 現状の使用例と実験から考えた使用例

種類	実験より	日本の現状
スギ辺材	外装材	建築用材、建具
スギ心材	建具	
ヒノキ辺材	建具	寺社建築、高級建築材、建具、家具用材
ヒノキ心材	外装材	
マツ辺材	水回りを避けた内装材	梁、各種板、合板、集成材
マツ心材	間柱	
ケヤキ辺材	水回りを避けた主要構造材	高級建築材、家具、化粧材、目に見えるところ
ケヤキ心材	外装材 主要構造材	

9 今後の課題

まず、今回の実験はそれぞれ 1 ピースずつしか行っていないため、何が誤差であるか分からず、実際仮説通りにならないものも現れたため、確定的な性質とはいえない。そのため、もっと数を増やした実験をすることでより確定的な傾向を見つけることができると考える。

また、含水率の測定を学校にある含水率計を使用した
が、高温多湿な環境に置いた建材の多くは含水率がとて
も高いため、エラーが出てしまった。今回は計算で含水
率を出したが、より精度の高い含水率計での測定をする
必要があると考えた。

今回の実験では、実験に時間がかかる方法であったた
め、複数回実験することができなかった。また、均等に
湿らせたり、腐朽させたりすることがうまくできなかつ
たため、そういった面からも、試験体を増やし、実験デ
ータを増やすことができる実験方法を考えていきたい。

さらに、今回の実験は木材の圧縮強度のみに焦点を当
て、そこから木の性質を考えていったが、実際は生育状
況、コストなども使用状況に大きく影響する。そのため
、それらについての調査もしていく必要がある。

また、圧縮強度以外にも、引張強度の実験や延焼実験
など様々な実験を行うことで、より幅広くそれぞれの木
の性質を知ることができると思った。

10 参考文献、謝辞

木材の心材・辺材、芯持ち材、未成熟材の理解

[https://kinomemocho.com/zatu_shinzai_shinmochizai.h
tml](https://kinomemocho.com/zatu_shinzai_shinmochizai.html)

心材と辺材に違いはある？

https://www.okajimawood.co.jp/column/202303_03/

有益菌の簡易分離実験

<https://apec.aichi->

[c.ed.jp/kyouka/nousui/jikkenn/2018/yyuekikin/yyuek
ikinn.html](https://apec.aichi-ed.jp/kyouka/nousui/jikkenn/2018/yyuekikin/yyuek
ikinn.html)

本実験でご協力くださった都田製材株式会社様、
建築科の先生方、システム化学科の先生方、理科の先生
方に感謝申し上げます。

11 マレーシア研修を終えて

今まで建築に触れずに過ごしてきたが、約一年間の研
究を通して新しいものの見方ができた。実際に海外に行
って様々な建物が目に留まったが、普段の生活でここま
で建築物に注目したことはなかった。マレーシアでは農
村部と都市部でかなり家の構造に格差が出ていたので日
本の建築物の安全性の高さやクオリティの高さに気づく
ことができた。菌については去年も寒天培地を用いて研
究をしたが、培地を一から作成するのは初めてだった。
実際に材料の準備から行うことで、培地作成の手間や条
件管理の重要性を実感した。また、実験方法を検討する
ために文献を調査する過程では、多くの情報の中からど
れを参考にすべきか判断することが難しく適切な資料を
選択することの大変さを学んだ。さらに、実験時間の制
約により菌の培養を十分な回数行うことができず多くの
培地にカビが発生してしまった点は反省点である。再現

性のある実験方法を工夫し条件設定や管理をより慎重に
行うことで、信頼性の高いデータを取得できるように改
善していきたい。他学科と共同で研究することによって
今回のように視野が広がるのが分かったのでこれからも
様々な分野について学びを深めていきたいと思った。

最初は研究の過程の1つとして訪れたマレーシアの旅
だったが、マレー文化・建築を実際に見て、触れたこと
で日本との違いの大きさにさらに興味を持つことが出来
た。特に印象に残ったのは、街中に複数存在するモスク
である。そこでは色使いや形状、装飾の数々、空間・空
気感の作り方が全体の一体感を出していた。場所によ
ってそのイメージも大きく異なっており、それぞれに
人々の考え方が表れているように感じた。中でもピンク
モスクの景観が印象的で、建物全体が淡いピンク色で統
一されていた。それが周囲の水辺や空の景色と釣り合っ
ていることでより美しく感じた。大規模な施設でありな
がら自然に溶け込み、環境との調和がとれていて感銘を
受けた。今回の経験を通し、建築は単なる建物の形では
なく、その土地の文化や環境、人々の生活や考え方と深
く関わっているものだと痛感した。今後の研究では、こ
の体験を活かして自分の目的をより明確にしなが、他
の人の違いが伝わるようにしていきたい。

マレーシアに行ってみて、日本との共通点と相違点を
たくさん見つけることができた。まず、気候の面で、マ
レーシアは年中夏で高温多湿だが、日本の夏ほど暑くな
く、建築の面でたくさんの工夫がされていた。例えば、
ショップハウスは2階が歩道まで突き出していたため、
日陰が生まれ、下を歩いていてとても涼しかった。モス
クは、礼拝するところ以外は外との仕切りがほぼなく、
風がとても心地が良かった。このように、マレーシアの
建築はパッシブデザインの観点でとても優れていると実
感することができ、日本の建築にも取り入れたいと思う
ことが多くあった。建物も近代化が進んでいたが、昔な
がらの高床の建築物や水上家屋も保存されており、とて
も興味深く街をみることもできた。会話はほとんどが英
語で、わからないこともたくさんあったが、他の言い方
やジェスチャーなどを通して会話することで、なんとか
伝えてみる大切さと伝わったことの嬉しさを実感する
ことができた。生活した中で、文化の違いで混乱する
ことや慣れないこともたくさんあり、改めて日本の良
さに気づき、そういう考え方もあるのかと考え直すこと
もあった。この経験から、今後また海外に行く機会があ
れば行きたいと思うことができた。