

ミッション5：「高品位生存圏」

5-4) 木づかいの科学による社会貢献

(木造建築、木質住環境、木質資源・データベース、木づかいの変遷)

五十田博、田鶴寿弥子、中川 貴文、梅村研二

京都大学 生存圏研究所

我が国の適所適材の用材観や、建造物の仕口をはじめとした伝統構法は、アジア域の相互的文化交流の歴史によって培われた賜物である。木材はこれらの文化的情報を今に伝える媒体であるのみならず、年輪には古環境・気候の情報を記録している。これら木材から抽出・保存できる情報を社会に還元することで新しい持続的社会的構築の糧とする必要がある。一方、アジア域における伝統的な木造建築から、最新の中層木造建築までの種々の住環境的特徴や構造的性能を評価することにより「木づかい」の理解を深化させるとともに、その知見に立脚した新しい高性能木質素材を開発・利用することにより、安心安全な未来型木質住空間の創成に貢献できる。このような立場から、本ミッションにおいては、A：木材情報の調査と保存、B：安心安全な未来型木造住空間の創成、の2つのテーマを大きな柱とし、各々に関連する以下の4つのサブテーマに沿って学際・国際・文理融合的研究を推進している。

5-4-1 木の文化の調査と保存

1. 研究組織

代表者氏名：田鶴寿弥子（京都大学 生存圏研究所）

共同研究者：今井友也（京都大学 生存圏研究所）

2. 研究概要

我が国の適所適材の用材観や伝統的木製品の数々は、国を超えた相互的文化交流の歴史によって培われた賜物であり、それらの知識なしに、我が国特有の木の文化を理解することは不可能である。本研究では、国内外の美術館などとともに東アジアの木彫像をはじめとした文物の樹種識別や学術的研究を行い、学際的な知見の拡充を目的としてきた。今年度は、国内はもとより、海外の美術館・博物館との所蔵品の樹種調査に関する共同研究・人文学的研究を進めたほか、DNAを用いた歴史的木材における樹種識別手法の基礎的研究について研究を進めてきた。

3. 研究成果

各地の美術館・博物館などと密接にコンタクトをとりながら、継続して所蔵品の調査を進めることができた。今年度は特に、材鑑調査室の今後の在り方を考えるためイギリスキュー植物園やオックスフォード大学の材鑑調査室への訪問と現地スタッフとの情報交換を行うなどし、材鑑調査室における研究の在り方や今後の課題について検討を重ねた。

歴史的文物の調査では、特に 10 世紀から 12 世紀ころの和様化が進んだ時期の日本で制作された木彫像の樹種調査に集中し、用材観と当時の神仏習合の変容、あるいは民俗、絵画などとの関連を追う研究に注力した。現在、10 世紀から 12 世紀における日本人と樹木との関係について、木彫像の用材と絡めた人文系の研究について、論文を執筆中である。

また今年度も国内の建造物調査において当時の木材利用や木材流通を知る上で大きなヒントをもたらすと期待されている歴史的な古材を用いた DNA による樹種識別への応用を目指した研究を継続した。まだまだ更なる実験が必要ではあるが、解剖学的特徴が酷似しており樹種判別が難しい樹種について、DNA による樹種同定を可能とすべく、今井を中心に研究が進められている。

文化財から得られる科学的情報は、言うまでもなく日本の歴史ならびに東アジア地域の文化を知る上で重要である。今後もデータベースの拡充にむけて尽力したい。

4. 付記（関連の業績）

論文

松本康隆，中山利恵，田鶴寿弥子，笛吹嘉一郎による伊賀上野愛染院芭蕉翁故郷塚「瓢竹庵」の調査研究（その 1）：大正期の地方における公共的な茶室建設の一背景，日本建築学会計画系論文集 第 88 巻 第 807 号，1758-1766，2023 年

<https://doi.org/10.3130/aija.88.1758>

招待講演

田鶴寿弥子，茶室の用材観から紐解く人と木とのあわい 木材解剖学×茶の湯,茶の湯と茶文化に関する国際会議（第 9 回）（茶の湯文化学会）にて招待講演，2023 年 7 月 15 日

5-4-2 年輪年代学ならびに年輪気候学

1. 研究組織

代表者氏名：今井友也（京都大学 生存圏研究所）

共同研究者：田上高広（京都大学 理学研究科）

渡邊裕美子（京都大学 理学研究科）

田鶴寿弥子（京都大学 生存圏研究所）

杉山淳司（京都大学 農学研究科）

2. 研究概要

アジアモンスーン地域における過去の水文気候を詳細に理解するため樹木の成長輪に着目し、成長輪の幅やセルロース同位体比による年輪気候学の基礎研究を推進した。本年度は、これまでに取得していた京都府北東部の芦生産スギのセルロース同位体比データを論文として公表することができた。さらに、芦生での先行研究結果の再現性や、スギの肥大成長における時空間特性を把握するため、芦生スギと秋田スギの年輪試料に関して情報収集を行い、セルロース同位体比分析のための試料の収集に努めた。

3. 研究成果

これまでに取得していた京都府北東部の芦生産スギのセルロース同位体比データを論文として公表した。アジアモンスーン地域において樹木年輪のセルロース酸素同位体比を降水プロキシとして用いる古気候学的研究は盛んに行われているが、それらのほとんどは年々の同位体比データに基づいている。本研究では、京都・芦生産のスギにおいて年層を6分割して同位体比を分析することで、従来の年々データより高分解能な古気候プロキシとなりえるかを詳細に検討した。その結果、年層6分割の内側（早材）から外側（晩材）に向かって、降水量と最も強い逆相関を示す時期が春季から夏季の後半へと少しずつ推移していることが明らかになった。これは、年層内を細分割することにより、より高い時間分解能による古気候復元を行える可能性があることを示唆している。さらに、年層内同位体比と降水量との相関解析から年層内の形成時期を推定することができ、1990年以降に年輪の形成時期がそれ以前に比較して早期化している傾向が認められた。

本年度は上記の研究成果を発展させ、近年の温暖化に伴うスギの肥大成長の時空間特性の把握をするための研究を始動させた。芦生スギと秋田スギの年輪試料に関して情報収集し、セルロース同位体比分析のための試料の収集に努めた。芦生スギについては、京大生存圏研究所の材鑑調査室が保有する試料を使用することし、同位体比測定のための試料調整を進めている。秋田スギについては、秋田県立大学木材高度加工研究所の高田教授、沈助教から試料を提供して頂き、同位体比測定のための試料を確保することができた。今後、年層内同位体比データを拡充し、スギの肥大成長の時空間的な変遷について知見を深めたい。

4. 付記（関連の業績、発表など）

1) Watanabe, Y., Katayama, Y., Li, Z., Nakatsuka, T. and Tazuru, S, 2023. Assessments of

tree-ring intra-annual $\delta^{18}\text{O}$ record for reconstructing hydroclimate with high temporal resolution. *Geoscience Letters*, 10, 28. <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00282-x>.

2) 渡邊裕美子, 2023. 芦生研究林のスギの年層内同位体比について—高時間分解水文プロキシとしての評価および肥大生長フェノロジーの変化. 年層内変動シンポジウム, 名古屋大学, 2023年5月19日.

5-4-3 伝統構造・未来住空間

1. 研究組織

代表者氏名：五十田博（京都大学 生存圏研究所）

共同研究者：中川貴文（京都大学 生存圏研究所）

小松幸平（京都大学 生存圏研究所）

荒木康弘（国土技術政策総合研究所）

Shiling Pei（コロラド鉱山大学）

Que Zeli（中国 南京林業大学 材料科学与工程学院）

Yu-Lin Chung（台湾国立成功大学 建築学部）

2. 研究概要

東アジア地域に共通する伝統的木造建築物の材料活用・構法・構造上の特徴に関し、その技術背景と性能への影響を科学的手法によって探求することで、木づかいに対する先人の知恵を理解し、今後の木材活用に向けた応用を検討する。今年度はコロナ感染拡大防止活動により、台湾や中国などとの活動はEメールを利用した情報共有にとどめ、国内で伝統的な構法に対する調査を実施した。また、木造建築物の実使用環境における種々の性能をセンシング技術を用いて調査する検討の一つとして、米国で実施された10階建て木造建築物に加速度センサーを取り付け、損傷検知技術の適用例を作成した。

3. 研究成果

① 伝統的木造架構の仕様の調査

これまで東アジアの伝統木造建築に対してその仕様の違いや伝来などを調査してきたところであるが、日本においても多種多様な接合形式が用いられていることは広く知られている。そこで、本年度以降、数年にわたって国内の調査を実施することとして、その助走段階として、京都、高知、徳島といった地域を対象に伝統構法を建築している実務者を対象にヒアリング、さらには図面提供をいただいた。平面図、立面図などを参考にスパンや断面、さらには接合仕様の整理を今後実施する予定である。

② 高層木造に対する加速度センサーによる損傷検知技術の適用

木材を用いて 10 階建てを超えるような高層建築物が海外で建て始められている。日本でも 10 階建て程度の建築物を木材を構造材料として用いた建築物が実現している。日本やイタリア、米国、NZ などでは、極大地震が発生する国で、かつ日本は高温多湿と気候条件も異なる。また、地震後には火災が発生することがあるが、建物の倒壊によって主要道路はもとより、路地等も通行不能となり、消防活動に支障をきたすことも想定され、耐火性についても厳しい規制がある。そのようななか、米国では 10 階建ての木造建築物を対象に、耐震安全性を確認するとともに、損傷のない木造目指した建物の設計法の確認のための振動台実験を実施した。日本と米国は耐震基準が異なり単純に米国の建物を日本に建てることは難しいが、本ミッションで実施予定の損傷検知技術の適用事例を作成することを目的にセンサーを設置した。試験体の写真を図 1 に示した。100 を超えるような地震波が入力され、センサーのトラブルなどもあってすべてのデータを得てはいないが、即時レポートが作成されることは確認ができた。図 2 は即時レポートの結果の一部である。今後、米国研究者が実施したセンサー類による値と比較し、損傷建築技術の高度化に資する予定である。



図 1 対象とした 10 階建て試験体

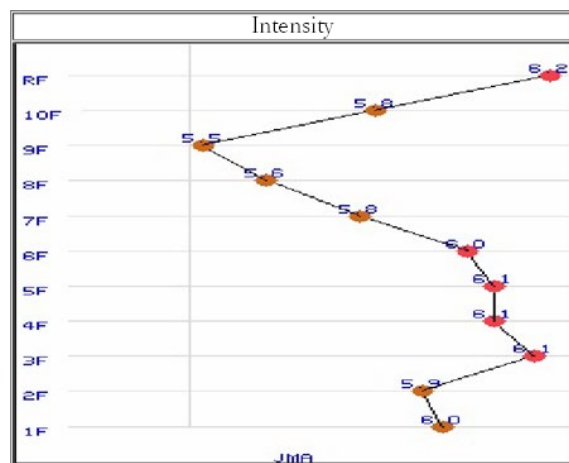


図 2 計測データに基づく最大応答の例

2. 付記（関連の業績、発表など）

1) 米国の実験 <http://nheritallwood.mines.edu/>（2024 年 1 月 23 日現在）

5-4-4 未来型木造建築に資する木質材料の開発

1. 研究組織

代表者氏名：梅村研二（京都大学 生存圏研究所）

共同研究者：松尾美幸（京都大学 生存圏研究所）

陳 碩也（京都大学 生存圏研究所）

趙 中元（中国 南京林業大学）

張 敏（中国 浙江農林大学）

Ragil Widyorini（インドネシア ガジャマダ大学 森林学部）

Sukma Surya Kusumah（インドネシア BRIN 生物材料研究センター）

Rahma Nur Komariah（インドネシア スマトラ工科大学）

2. 研究概要

未来型木造建築では、化石資源への依存を抑えた革新的技術による持続可能な木質材料の開発が求められる。昨今の世界的な森林面積の減少や低炭素化社会へ向けた様々な取り組みを考えると、農産廃棄物などの未利用リグノセルロースを木質材料の原料として積極的に利用するとともに、合成系接着剤をはじめとした化石資源由来の物質を出来る限り使用しない新たな接着技術を開発する必要がある。昨年度は、スクロースとポリリン酸アンモニウム (APP) を原料とした接着剤を用いて合板の製造を試みるとともに、接着剤の反応特性を検討した。今年度は、スクロースに対してパラトルエンスルホン酸 (PTSA) を用いた場合の硬化挙動を検討するとともに、廃糖蜜を接着剤として利用したソルガムバガスパーティクルボードの性能向上についての検討を試みた。

3. 研究成果

近年、スクロースを接着剤として用いた木質材料の研究が進められているが、その硬化挙動に関する報告は少ない。そこで、スクロースに PTSA を添加した際の熱的性質や熱処理物の熱水不溶化率を調べるとともに、硬化反応について検討した。DSC や TGA による熱分析の結果、スクロースのみの熱特性よりも大幅に低下し、120 ~ 130 °C で吸熱ピークと顕著な重量減少を示した。また動的粘弾性測定の結果、PTSA による硬化は、クエン酸やリン酸二水素アンモニウムを添加した従来の研究で検討されてきた場合よりも低温から開始することが認められた。熱水不溶化率の結果、最適なスクロース/PTSA 混合比と加熱条件はそれぞれ 95 : 5 および 180°C、10 分間であり、高い熱水不溶化率を示すことが分かった。硬化反応を FT-IR により検討した結果、スクロースが熱分解によってフラン化合物に変化していることを認め、これが熱水に対して高い耐水性を示したと考えられた。

廃糖蜜を接着剤としたソルガムバガスパーティクルボードの製造では、ボード物性の向上を目指し、廃糖蜜とクエン酸に加え、酸化亜鉛 (ZnO) や酸化グラフェン (GO) などの各ナノ触媒の添加効果を検討した。GO を添加した場合、他の場合と比較して高い曲げ性能と低い吸水厚さ膨潤率が得られ、GO の添加がパーティクルボードの特性を向上させるのに有効であることが分かった。

この他、共同研究者と競争的資金の獲得に向けて協議するとともに、今後の取り組み等について意見交換を行った。

4. 付記（関連の業績、発表など）

1. Yunia Frida Adelka1, Deni Purnomo, Sudarmanto, Narto, Bernadeta Ayu Widyaningrum, Murni Handayani, Jajang Sutiawan, Kenji Umemura, Dede Hermawan, Sukma Surya Kusumah: Effectiveness of Nanocatalyst in the Improvement of Sorghum Bagasse Particleboard Bonded with Bio-Adhesive, Jurnal Sylva Lestari, Vol. 11(3): 382-395 (2023) DOI: <https://doi.org/10.23960/jsl.v11i3.765>.
2. Shunsuke Sakai, Shuoye Chen, Miyuki Matsuo-Ueda, Kenji Umemura: Curing behavior of sucrose with p-toluenesulfonic acid, Polymers, 15(23), 4592 (2023) DOI: <https://doi.org/10.3390/polym15234592>.