

## 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

今年度も国内外の美術館・博物館などと密接にコンタクトをとりながら、継続して

木製文化財の調査を進めることができた。特に、日本から世界に散逸したとされる約 20 体程度の神像群の研究においては、同グループに属することが示唆される像 3 体を本年度フランスなどで新たに発見し、調査を進めてきた。樹種や年代など、美術史や神像群の背景を知るための貴重な知見を得ることができた。これらの神像群が制作されたとされる 10 世紀から 12 世紀ころの和様化が進んだ時期の日本では、どのような木の文化が存在していたのか。国内の当該時期の木彫像の樹種調査はもちろんであるが、絵画や古典から抽出した木の文化、民俗学的な木の利用、なども多角的に見つめることで、神仏習合がすすむ当時の日本における木の文化の新たな側面の解明に注力した。

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。まだまだ基礎的な段階ではあるが、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るべく、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（関連の業績など）

- 1)濱田恒志, 田鶴寿弥子, 杉山淳司, 島根県内に所在する木彫仏像・神像の樹種調査(2) 一附・放射性炭素による年代測定結果一, 古代文化研究, 2025 年 3 月出版予定
- 2)田鶴寿弥子, 文化財の樹種調査結果からみつめる人と木の歩み, 保存科学研究集会 2024・日本木材学会木質文化財研究会 2024 年度例会, 2024 年 12 月 14 日
- 3)田鶴寿弥子, ひとかけらの木片がおしえてくれること, 日本林業同友会会合, 2024 年 12 月 2 日
- 4)田鶴寿弥子, 人と木の歩んできた道, 令和 6 年度文化財保存修復を目指す人のための実践コース 自然と文化財一循環型の保護継承を目指してー 2024 年 オンライン
- 5)田鶴寿弥子, 茶室の樹種から紐解く人と木のあわい, 表千家群馬県青年部 令和 6 年度総会・講演会, 2024 年 6 月 30 日
- 6)田鶴寿弥子, 文化財修理における樹種調査の今と課題, 講堂修復工事完了による披露公開講演会(京都府松殿山荘), 2024 年 6 月 16 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）

羅 銘浩（京都大学 理学研究科） M1

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酸素同位体比による年輪気候学の基礎研究を推進した。これまでに京都府北東部の芦生産スギの年輪セルロース同位体比から、肥大成長の季節特性の知見が得られることを明らかにしてきた。本年度からこれまでの研究を発展させて季節成長の時空間変化を捉えることを目的として、秋田スギの年輪試料を収集し、年々スケールで同位体比を分析することを試みた。これにより年輪の形成期間や気候への応答特性における基礎的知見を得ることができた。

## 3. 研究成果

これまでに京都府北東部の芦生産スギのセルロース酸素同位体比を分析し、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できることを明らかにしてきた（Watanabe et al., 2023）。さらに、1990年以降の芦生スギの年輪形成時期が、それ以前に比較して早期化している傾向が認められた。本年度からはこれらの研究成果を発展させ、近年の急速な温暖化に伴うスギの肥大成長の変化を実証する研究を展開する。芦生スギの先行研究と同様の手法を用いて、スギの生育北限に位置する秋田スギの過去 100 年にわたる季節成長の変化を捉えることを目指す。本年度はこの研究に適した年輪試料の要件を検討するため、秋田スギの年同位体比の分析を試み、年輪の形成期間や気候への応答特性に関する基礎的知見を得た。分析に用いた秋田スギ試料は、秋田県立大学木材高度加工研究所の高田教授、沈助教から提供して頂いた。樹皮直下から 224 年輪について分析した結果、セルロース酸素同位体比は 27~31 パーミルの範囲で変動した。秋田スギのマスタークロノロジーと比較することにより、最外年輪の形成時期を 2005 年と特定することができた。一方で、1960 年頃から秋田マスタークロノロジーとの相関が著しく低下することから、周囲の樹木の伐採あるいは枝打ち等による局所的な環境変化による影響を受けていることが示唆された。そこで、年輪同位体比の気候応答を評価するため、1960 年以降のデータを除外し気象データとの相関解析を行った。結果として夏期降水量と負相関があることを確認でき、秋田スギの年輪同位体比の古気候指標としての有用性を明示することができた。現在、過去 224 年間の年輪同位体比から降水履歴を再構築し、その変動要因の検討を進めている。さらに、今後も年輪試料の収集に努め、スギの肥大成長の時空間的な変遷にむけて分析を進める予定である。

#### 4. 付記（関連の業績、発表など）

- 1) 渡邊裕美子，李貞，中塚武，2024. 樹木年輪の年層内セルロース酸素同位体比による高時間分解能水文プロキシの構築. 日本地球惑星科学連合 2024 年大会，2024 年 5 月 30 日.
- 2) 渡邊裕美子，片山喜登，李貞，中塚武，2024. 京都府芦生研究林の広葉樹サワグルミの年層内同位体比変動による高分解能古気候復元の可能性. 日本地球化学会 2024 年大会，金沢大学，2024 年 9 月 20 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）  
富田 愛（京都大学 生存圏研究所）  
平野陽子（北海道大学 大学院工学研究院）  
荒木康弘（国土技術政策総合研究所）

#### 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。コロナ感染症拡大の余波を受け、海外事例調査から国内調査へ移行したが、その継続的活動となった。具体には、各地域や大工により時代とともに変化しつつも伝承され、今後も建設されていくことが想定されている伝統的構法を分類・検討し、その構造的特徴を整理するための第一段階の調査を実施した。

#### 3. 調査方法

全国各地の伝統的構法に関わる実務者に呼びかけ、図1に示すモデル建物を対象に、構造材料、各部構法、接合部等に関するアンケート調査を実施した。アンケート調査は、伝統的構法で住宅を建設している実務者を対象とし、2024年6月に京都大学で実施した伝統木造建築の講演会で協力を依頼した。参加者数は67人、回答を得たのは27人であった。アンケートの項目の概要は以下の通りである。

- 各大工・工務店の経歴・建設実績
- 構造材料の選択・調達先
- 各部の構法・仕様
- 接合部の構造方法等

## 4. 研究成果

結果の詳細は付記に記した要旨を参照願いたい。ここでは結果の一部について報告する。はりのかけ方を質問としたが、回答された8件で同じものではなく、大工・設計者が独自で判断をしており、この段階で技術の継承などは確認できなかった。架構仕様は、石場立てとしたケースが74%を占め、その中7割が部材の上端高さを揃える組み方をしていった。2階床については、6割が天端高さを変える（渡り顎）組み方としていたことがわかった。各部材の樹種や寸法に関しては基準といえる数値が存在した。柱について、通し柱を使用するという回答が8割近くを占める結果であった。通し柱及び管柱の断面寸法と樹種については図2に示す。通し柱の寸法については、大工では150角及び180角との回答が多かったが、設計者では140角や165角といった寸法を回答していた。また、大工、設計者ともにモデル建物の中央に配置した柱の断面寸法を他の通し柱より大きくする例も見られ、管柱と比較して、バリエーションが大きい結果であった。管柱の断面寸法は、設計者、大工問わず120角が最も多く約8割を占める結果であった。柱の樹種は、ヒノキが最も多く、スギはその次に多い結果となった。

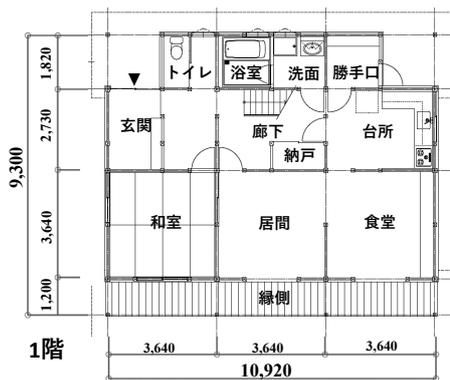
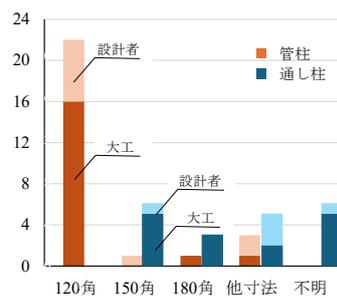
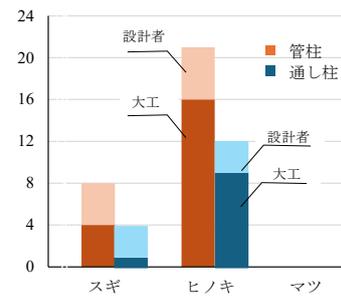


図1 提示した平面



(a) 柱 寸法



(b) 柱 樹種

図2 柱 仕様

## 5. 付記（関連の業績、発表など）

- 1) 陳放、平野陽子、五十田博、中川貴文：伝統的構法による新築2階建てモデル住宅を対象とした架構仕様および接合部調査；日本建築学会学術講演梗概集、構造Ⅲ、657-658、2024

### 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：陳 碩也（京都大学 生存圏研究所）

安藤大将（秋田県立大学 木材高度加工研究所）

山内秀文（秋田県立大学 木材高度加工研究所）

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）

Lilik Astari（オーストラリア メルボルン大学）

## 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原料として利用し、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による木質材料の開発が重要である。昨年度は、スクロースを接着剤の主成分として着目し、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。今年度は、トウモロコシの茎を原料とし、クエン酸やリン酸二水素アンモニウムを接着剤としたパーティクルボードを製造し、その材料物性および耐火性能について検討した。また、バイオ接着剤の研究として、ジカルボン酸であるグルタル酸による接着性能をトリカルボン酸のクエン酸と比較して、その有効性を明らかにした。

## 3. 研究成果

トウモロコシの茎から製造したパーティクルボードの物性や難燃性に及ぼすクエン酸の効果を評価した。難燃性を向上させるために、炭酸カルシウムやリン酸二水素アンモニウムの添加を試みた。また、原料パーティクルを塩化ナトリウムで前処理する方法も検討した。パーティクルボードのプレス条件は 200℃、10 分とし、目標密度を 0.7g/cm<sup>3</sup> とした。クエン酸を 25wt% 添加すると、JIS13 タイプの力学性能を示すボードが得られた。塩化ナトリウムで前処理したパーティクルボードは低い力学物性を示したが、クエン酸 25wt% と炭酸カルシウムの添加により寸法安定性が良好であった。難燃性は、前処理パーティクルボードに炭酸カルシウムを添加すると熱分解時間が遅くなり、難燃性が向上することが示された。しかし、リン酸二水素アンモニウムを添加すると難燃性が低下する傾向が見られた。

グルタル酸の接着性能を調べた研究では、木質成形体を作製し、クエン酸を用いた成形体と比較した。その結果、曲げ性能は同程度であったが、耐水性に優れていることが見出された。2D-NMR を用いて接着メカニズムを検討した結果、グルタル酸接着は

クエン酸接着よりも反応性が高く、副反応がないことが明らかになった（図1）。

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。

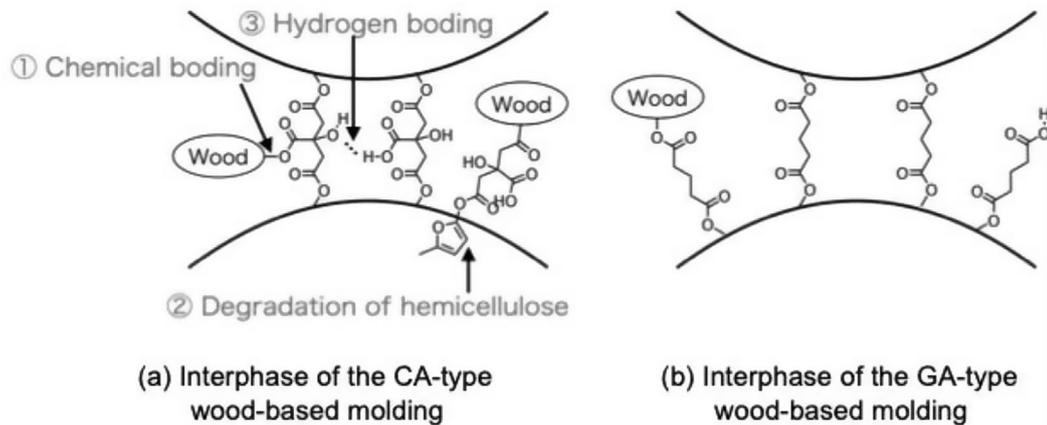


図1. クエン酸およびグルタル酸の接着機構<sup>2)</sup>

#### 4. 付記（関連の業績、発表など）

1. Lilik Astari, Benoit Belleville, Kenji Umemura, Alex Filkov, Barbara Ozarska, Robert H. Crawford: Determination of Physical, Mechanical and Fire Retardancy Properties of Innovative Particleboard Made from Corn Stalk (*Zea mays* L.) Particles, *Journal of Renewable Materials*, Vol.12(10), 1729-1756 (2025) <https://doi.org/10.32604/jrm.2024.054786>
2. Daisuke Ando, Kenji Umemura, Hidefumi Yamauchi: New ester-type chemical bonding wood adhesion with a dicarboxylic acid compound, *Wood Science and Technology*, Vol.59, 14 (2025) <https://doi.org/10.1007/s00226-024-01621-7>.