

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23240113

研究課題名(和文) 文化的価値のある伝統的木造建造物を維持するための植物性資材確保の基礎的要件の解明

研究課題名(英文) Study on basic factors for security of botanic materials on cultural historical buildings

研究代表者

山本 博一 (Yamamoto, Hirokazu)

東京大学・新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70174810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,500,000円

研究成果の概要(和文)：日本文化を象徴する木造建造物とその技術を未来に継承するために、文化財建造物の修理に必要な木材や茅などの植物性資材を安定的に確保するための基礎的な要件を明らかにした。本研究では資材を使用する修理技術者と供給する森林管理者との間のギャップを埋めるために多様な視点から調査・実験を行った。1)使用部材樹種判定,2)代替材による修理技術の評価,3)修理用資材の供給可能性に関する調査,4)檜皮剥皮実験,5)ホームページの機能向上,6)キャンパスプラザ京都において本研究の成果報告会を開催した。

研究成果の概要(英文)：This research project is an interdisciplinary study between forest science and preservation science for cultural properties. Our researches are conducted from demand side of wooden cultural buildings and supply side of forest resources management. These study objectives are to support described maintenance of the wooden structures.1)Material investigations of wooden cultural buildings are conducted at fundamental repairing sites.2)Research on literature of wooden cultural buildings and demonstrated that large scaled high quality timbers are used in many buildings.3)Research on possibility of large-sized timber from long term growing plantations.4)Analyze about forest resources management for the maintenance of wooden cultural buildings.5)Felled 24 trees in order to investigate damage of bark gathering for *Camaecyparis obtus*.6)Held a symposium on "Forests support wooden culture" at Kyoto and reported the outcome of this Scientific Research

研究分野：森林資源管理学

キーワード：木造建造物文化財 森林資源管理 樹種判定 檜皮 天然ヒノキ林

1. 研究開始当初の背景

国指定の文化財建造物は平成 22 年 10 月現在で 4,363 棟あり、その約 90% が木造である。また、そのうちの約半数は、檜皮、こけら、茅等の植物性材料で屋根が葺かれている。こうした文化財建造物の修理には良質の木材や屋根に使用する植物性資材の確保が必要である。しかし、近年、社会情勢の変化や経済状況の著しい変化にとともに、文化財建造物の修理に不可欠の木材のうち、大径長大材や高品位材の天然生資源や屋根等に使用する植物性資材が極端に減少し、今後の文化財建造物の修理用資材の安定的確保が緊急課題となっている。こうした修理用資材の不足によってあるべき文化財建造物の維持が困難になっており、文化財建造物の価値を最も理解する修理技術者を始めとする国民がその将来に不安を抱いている。これらの状況は、極めて慎重かつ学術的に行われてきた文化財修理事業の姿勢を崩壊させることにもつながり、文化財保護制度の根幹を揺るがす事態である。これまでの研究により、文化財建造物を維持する為の資材の数量および品質が次第に明らかになっており、これらの資材を供給する森林資源の解析から天然生資源の限界と長期的な視点に立った森林造成の必要性が明らかにされてきた。さらに、木材をはじめとする多様な植物性資材の高度な利用技術を維持するための要件として、森林資源を健全に育成するための山村地域のコミュニティの維持、一般住宅の長寿命化、建造物修理技術の継承などが必要であることが明らかになった。今後この研究を発展させるためには文化財科学のみならず建築学、森林計画学、林業経済学、造林学、木材組織学、木質材料学、山村社会学など広範な学問分野を融合して情報を交換し学際的考究を進める必要がある。

2. 研究の目的

日本文化を象徴する伝統的木造建造物とその技術を未来に継承するために、伝統的木造建造物の維持修復に必要な木材や茅などの植物性資材を安定的に確保するための基礎的な要件を明らかにする。これまで資材を使用する修理技術者と供給する森林管理者との間の情報交換が十分でないために、どのような樹木を育てればよいか森林側に伝えられていなかった。本研究ではその間のギャップを埋めるために多様な視点から調査・実験を行う。具体的には、建造物資材の樹種別数量・品質を明らかにすること。森林資源から見た植物性資材の供給可能性を明らかにすること。森林育成のあり方、資材流通システム、木材消費構造について解析すること。伝統的木造建造物用資材の使い方について文化財維持の立場から実験と検討を行うことを研究の課題とする。

3. 研究の方法

本研究ではこれまでの研究成果を踏まえて研究期間の 3 年間に於いて、以下の項目について明らかにする。

- 1) 今後見込まれる文化財修理用資材の樹種別の需要量および規格、品等、数量をより精度を向上させて予測する。具体的には標準的な建造物文化財の解体修理の現場から資料を収集するとともに過去の修理実績報告書から、修理用資材の樹種別の数量、規の要因について解析を行う。
- 2) 建造物に使用されている部材の樹種をより精度高く判定するための技術を開発する。具体的にはより微細な木片から細胞構造にもとづく信頼度の高い樹種判定システムを構築する。さらに、文化財への影響を配慮した赤外線による非接触型の樹種判定システムを開発する。
- 3) 天然資材の枯渇に備えて、文化的な価値を損なわない範囲で使用できる資材の材種や規格を他の天然性資材に置き換えて、外観の変化や劣化の程度について評価する。具体的には、長伐期人工林間伐を用いた補修用資材使用やサワラに代わるスギ人工林材の屋根葺きを実験評価する。
- 4) 文化財建造物の維持を図る観点を点から面へと拡大するために、文化的景観および伝統的建造物群の保存・修理を視野に入れ、資材確保の立場から検討を加える。具体的には、伝統的建造物による景観維持の重要性について明らかにするとともに、大径材を使用した長寿命住宅の普及による森林管理体制への影響、すなわち木材使用法の変化が人工林の長伐期化に繋がる可能性について事例調査により明らかにする。
- 5) 天然林の更新状況、樹幹形、木材流通および長伐期人工林の施業方法について現地調査を行い修理用資材の長期的な供給可能性を明らかにする。具体的には建造物文化財で最も使用量の多いヒノキ天然林の後継樹の確保について検討するとともに、安定供給に限界がある天然木の代替材となる人工林についても調査を行い、施業上の問題点及び生産される木材の品質、強度、劣化についての評価を行う。さらに、資源の枯渇が懸念されているヒノキ、アカマツ、サワラ、ケヤキを対象に高品位材の流通調査を実施する。
- 6) 1998 年からの檜皮剥皮実験を継続し、剥皮木と対照木の成長経過を毎年測定するとともに、実験開始後 15 年経過する 2013 年に剥皮木と対照木を伐採し、

檜皮採取が処理後 15 年間に形成された木部および師部へおよぼす影響について細胞レベルでの解析により明らかにする。

- 7) 木材及び植物性資材を生産する森林の立場からより広く問題を捕らえるために、社寺の所有する森林や山村地域のコミュニティを対象として資材確保と技術伝承の観点から事例研究を行い、地域の伝統的文化財建造物を維持するための仕組みを明らかにする。
- 8) 文化財建造物の維持のために健全な森林の維持と大径材を使用する社会システム構築が必要であることを明らかにし、社会に情報を発信するため前述のホームページの内容を充実し、一般社会からの情報収集装置として機能の向上を図る。

4. 研究成果

研究全体としての成果報告

1. 代替材による修理技術の評価：こけら葺きの屋根用資材として資材の枯渇が懸念されているサワラを対象として、天然木と人工林材を使用した屋根との比較実験を行った。劣化防止剤・暴露実験棟を行い長期的な劣化に関するデータを収集した。
2. 修理用資材の供給可能量に関する調査：天然木の供給量の多い長野県上松町の木曾ヒノキ天然林において天然更新状況のサンプリング調査と天然木の上部直径測定による樹幹形評価を行い長伐期施業による供給可能量を推定した。
3. 檜皮剥皮実験：平成10年2月に開始した檜皮剥皮実験を継続し、4地域のヒノキ剥皮実験林の経過観察と伐倒実験により得られた資料から剥日の影響について分析を行った。さらに、京都市における檜皮採取済み丸太の流通実態調査を行った。
4. 使用部材樹種判定の実施：文化財建造物の使用樹種をより正確に判定するために、木片の細胞構造に基づく樹種判定技術の開発を進め、微量の試料からの精度向上を図った。
5. 海外における植物性資材のふそん状況調査：中国において伝統的建造物の資材となり得る天然生大径木の調査を行った。
6. 木材の劣化に関する実験：和歌山県の文化財建造物の補修現場において、取り替えられた古材を用いて木材の経年変化に関する細胞レベルでの木材物理学的視点からの解析を行った。
7. 文化財建造物の修理用資材の需要量および品質に関する調査：埼玉県において行われている民家の解体修理および愛媛県における城郭の復元を対象に現地調査を

実施し、使用部材の規格、品等、数量について調査を行った。文献調査により、過去の修理実績報告書から単位軒面積当たりの樹種別資材量を建造物の種類ごとに算出した。

8. 伝統的な木材搬出方法としての馬搬に関する基礎的調査を宮城県石巻市において実施し、搬出能力・搬出効率等に関する基礎的情報を収集した。

研究者ごとの成果報告

1. 檜皮採取がヒノキの材質に及ぼす影響（古賀信也 九州大学大学院農学研究院）
近年、樹齢70年以上の高樹齢ヒノキ立木の減少や原皮師の高齢化と後継者不足に加え、檜皮採取による樹木の成長阻害や材質低下を危惧し檜皮採取への協力を拒むヒノキ林所有者が増加しており、わが国の檜皮葺き伝統建築物の維持が危ぶまれている。報告者らは、1997年の冬に檜皮剥皮実証試験を実施し、15年が経過した試験木の成長と材質について調査した。その結果、これまでの報告と同様、剥皮による成長、材の密度、材色への影響は認められず、また木部に“やにすじ”などの傷害組織の形成も認められなかった。したがって、熟練原皮師による冬場の檜皮採取であれば、樹木の生育阻害や品質低下等を危惧する必要はないと考えられた。
2. 檜皮採取前後のヒノキ木部の物性比較（斎藤幸恵 東京大学大学院農学生命科学研究科）

形成層を傷つけずにおこなわれた檜皮採取が、その後の材質に影響を与えるか否かを検討するために、檜皮採取前後の各年輪5～10年分からサンプルを取り出し、引張強度試験や、細胞壁中のセルロースミクロフィブリルの配向の測定に供し、結果を解析した。

3. 檜皮剥皮がヒノキの年輪成長に及ぼす影響について（門松昌彦 北海道大学北方生物フィールド科学センター）

剥皮後15年経過の剥皮木の胸高部位（地上高1.2m）と非剥皮部位（地上高9.2m）での剥皮後の年輪成長や、対照木を含めた両地上高での剥皮前後の年輪成長を比較し、剥皮がヒノキの年輪成長に及ぼす影響について検討した。

4. 檜皮を採取したヒノキ材の原木市場における評価（坂野上なお 京都大学フィールド科学教育研究センター助教）

檜皮採取木が伐採され、丸太として木材市場に出荷された場合の評価について、京都府における出材事例を対象に分析を行った。檜皮採取木は高齢かつ大径であり、

市場では通常優良丸太として扱われる。とくに末口直径30cmを超える丸太は、神社仏閣用材としての需要がある。材質の評価は、節や曲りの有無といった基本的な基準が重視されているものの、不適切な採取により生じるヤニツボなどは重大な欠点と考えられていることなどがわかった。

5. 社寺建築に利用された木材からみる近世の森林資源利用(能城修一 森林総合研究所木材特性研究領域)

江戸時代には、社会が安定するとともに伐木・運材技術が進歩したことによって、全国の森林が大規模に開発された。その状況はこれまで林業史の文献や東京都内の遺跡出土木材などから検討されてきた。江戸時代に構築された社寺建築に使われた樹種を調べた結果、江戸だけでなく全国レベルで大きく木材が流通しており、施主や棟梁の判断によって、様々な樹種が選択されて利用されていたことが明らかとなった。

6. 茅葺屋根の保存と普及に向けた取り組み(後藤治 工学院大学建築学部建築デザイン学科)

茅葺屋根の建造物は、我が国では文化財建造物を除くと減少傾向が著しい。これに対して、イギリス、オランダ、南アフリカ等においては、茅葺が文化財建造物の保存だけでなく、新築の建造物にも利用されている。我が国において茅葺屋根が減少している理由のひとつに、火災に対する危険性がある。茅葺屋根を保存、普及していくためには、火災への対策が必要である。本研究では、各国の茅葺屋根の防火対策を学ぶと同時に、日本で火災対策を実現するための実験研究を行った。

7. 植物系屋根資材の屋根暴露に伴う劣化性状と改質処理(田村雅紀 工学院大学建築学部環境材料学研究室)

植物系屋根資材として、伝統的に用いられてきたこけら葺き屋根と茅葺き屋根を対象に、屋外暴露した際の外部環境負荷(湿気、乾燥、熱ほか)に伴う物理的変状の評価をした後に、長期的な維持保全を実現するために植物系素材の改質処理を施し、平常・災害時を含めた物理的耐久性の改善効果を検証した。

8. 木曾ヒノキ天然林の成長量評価(山本博一 東京大学大学院新領域創成科学研究科)

ヒノキ大径材の持続的供給を図るため、赤沢ヒノキ天然林で択伐後約30年経過した本数密度の異なる3つの試験地において直径成長を比較した結果、300年を超える天然木が年平均で2mm以上の肥大成長を果たしていることが明らかになった。

9. 近世後期から近代における寺院本堂屋根構造の変化と使用大径材の材種等について(江面嗣人 岡山理科大学工学部建築学科)

近世後期から近代にかけての木造建造物の屋根構造について、大径材となる梁の使用がどのような形式で変化し、どのような大径材が使用されてきたかについて、登録有形文化財に登録またはその候補となってきた寺院本堂の屋根構造を例に解析した。

10. 植物性資材屋根の景観特性について(斎藤馨 東京大学大学院新領域創成科学研究科)

国指定の木造文化財建造物の屋根の約半数が、こけら、桧皮など植物性材料で葺かれ、近年その修理用資材は、文化財たる質と量ともに確保が難しくなっている。植物材料は風雨にさらされるため構造木材に比べ経年劣化が早く修理頻度も高いが、一方で葺き替え毎に、直後の清々しさから、年を経るとともに落ち着きと風格を増し、葺き替えを重ねることに文化財としての掛け替えないことを明らかにした。また自然資源である屋根用資材の調達サイクルにも文化的景観としての価値があることが解った。 以上

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 16 件)

1. Standing tree assessment for the maintenance of historic wooden buildings: a case study of a World Heritage site in China, Weida Yin, Hirokazu Yamamoto, iForest 査読有, 6, 169-174, 2013
2. 式年遷宮から見た用材の確保と育林のあり方、山本博一、木の建築、査読無、37、10 - 13、2013
3. 原木市場における檜皮剥皮木の評価、坂野上なお、山本博一、日本森林学会大会学術講演集、査読無、124, 164, 2013
4. Estimating the Volume of Large-Size Wooden Parts in Historical Timber-Frame Buildings of China: Case Study of the Imperial Palaces of the Qing Dynasty in Shenyang, Weida Yin, Hirokazu Yamamoto, Mingfang Yin, Jie Gao and Stanko Trifkovic. Journal of Asian Architecture and Building Engineering 査読有, 11, 321-326, 2012
5. 文化財建造物を構成する大径長大材に適用できるヒノキ天然林の森林資源評価 愛媛県大洲城天守の事例、

- 佐藤樹里・山本博一・後藤治, 日本建築学会計画系論文集 査読有,77,2911-2916,2012
6. 檜皮採取がヒノキの直径成長に与える影響,門松昌彦,山本博一,坂野上なお,古賀信也、北大演研報 68, 査読有,39-46,2012
 7. 弥生時代から古墳時代の関東地方におけるイチイガシの木材資源利用、能城修一・佐々木由香・鈴木三男・村上由美子, 植生史研究, 査読有 21, 29-40,2012 .
 8. Forest Resources Management to Support the Japan's "Culture of wood", Hirokazu Yamamoto, Journal of Forest Planning 査読有, 16, 99-106,2011
 9. Estimating of Timber resources from Large Diameter and Long Materials Used for Wooden Cultural Buildings ,Juri Sato , Satoshi Unno, Naoko Yumoto, Hirokazu Yamamoto,Toshio Tatsumi, Journal of Forest Planning 査読有, 16, 309-314, 2011
 10. Identification of Japanese species of evergreen Quercus and Lithocarpus (Fagaceae), Shuich Noshiro ,Yuka Sasaki, IAWA Journal 査読有 32, 383-393,2011
 11. Identification of Japanese species of Cupressaceae from wood structure . Shuich Noshiro , Japanese Journal of Historical Botany, 査読有 19,125-132,2011 .
 12. Unambiguous determination of full bloom date in Prunus verecunda and bud flush date in Fagus japonica based on video recording archives,Kazuhiko Nakamura, Noriko Yoneya, Kaoru Saito, Akio Fujiwara,The Bulletin of the Tokyo University Forests:査読有,125,1-10,2011

〔学会発表〕(計 25 件)

1. Policy of Wood Supply for Cultural Heritage Building and Refurbishment, Hirokazu Yamamoto, Symposium on Big-Diameter Pines for Cultural Heritage Wooden Buildings, Seoul(Korea) , Oct.23,2013
2. Global environmental sense: Environmental profiling through real-time live monitoring and archiving experiences on internet, Kaoru SAITO, Geoscience Union Meeting, Makuhar i messe(Chiba,Chiba),May.19, 2013
3. Hydrogen bondings of aged wood analyzed by infrared spectroscopy under tension, Yukie SAITO , Hanae

- MORINOBU, Masatoshi SATO, Hirokazu YAMAMOTO, Tadatsugu TAI, Annual Meeting of The Korean Society of Wood Science & Technology, Daejeon(Korea), Apr. 12,2013
4. Timber materials for cultural wooden buildings and “Forests for Cultural Properties” in Japan, Hirokazu Yamamoto, ChangBai Mountain Wood Culture Symposium, Fusong, Jilin, (China), Mar. 3,2012
 5. Sustainable natural forest management system compatible with timber production and conservation of forest ecology, Hirokazu Yamamoto, Chinese Society of Forestry the 2nd Forest Science Forum, Beijing(China), Oct. 14,2012
 6. Stability of Hydrogen Bondings of Aged Woods after Steam Modification ; Detection by Infrared Spectroscopy , Saito Y., Morinobu H., Tai H., Yamamoto H.,Abstract of IUFRO Division 5,Lisbon (Portugal) ,Jul.10,2012
 7. Forests for Cultural Properties and Traditional Events in Japan, Hirokazu Yamamoto, The 4th International Symposium on Forest Culture, Kunming, Yunnan (China), Dec.3,2011

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

「木造文化財補修用材の確保に向けて」
(<http://bg66.soc.i.kyoto-u.ac.jp/wood/>)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山本 博一 (YAMAMOTO, Hirokazu)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授
研究者番号：70174810

(2)研究分担者

酒井 徹朗 (SAKAI, Testrou)
京都大学・情報学研究科・教授
研究者番号：10101247

後藤 治 (Goto, Odsmu)
工学院大学・建築学部・教授
研究者番号：50317343

江面 嗣人 (EDURA, Tsuguto)
岡山理科大学・工学部・教授
研究者番号：00461210

齋藤 馨 (SAITO, Kaoru)
東京大学・大学院新領域創成科学研究
科・教授
研究者番号：70215531

古賀 信也 (KOGA, Shinya)
九州大学・農学研究科・准教授
研究者番号：20215213

門松 昌彦 (KADOMATSU, Masahiko)
北海道大学・北方生物フィールド科学セ
ンター・准教授
研究者番号：60158847

坂野上 なお (SAKANOUE, Nao)
京都大学・フィールド科学教育研究セン
ター・助教
研究者番号：70273498

齋藤 幸恵 (SAITO, Yukie)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
准教授
研究者番号：30301120

田村 雅紀 (TAMURA, Masaki)
工学院大学・建築学部・准教授
研究者番号：80315754

能城 修一 (NOSHIRO, Shuich)
森林総合研究所・木材特性研究領域・
チーム長
研究者番号：30343792