

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20240074

研究課題名（和文） 文化財建造物の保存に必要な木材及び植物性資材の安定確保の  
基礎的要件に関する研究研究課題名（英文） Requirements of stable acquisition of timber and botanical material  
for maintenance of wooden cultural buildings

研究代表者

山本 博一（Hirokazu Yamamoto）

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

研究成果の概要（和文）：日本文化を象徴する伝統的木造建造物とその技術を継承するために、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確保するための要件を明らかにした。資材を使用する修理技術者と供給する森林管理者との情報ギャップを埋めるために、資材の樹種別数量・品質や供給可能量を明らかにし、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した。伝統的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った。

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, to provide information on forest resources as well as to propose management solutions in order to continuously maintain important cultural property.

- 1) Material investigations of wooden cultural buildings are conducted at fundamental repairing sites. We demonstrated that those historical buildings are constructed using high aged wooden materials.
- 2) We investigated strength of old lumber of wooden cultural buildings and obtained quantitative data.
- 3) We researched on literature of wooden cultural buildings and demonstrated that large scaled high quality timbers are used in many buildings
- 4) We analyzed about forest resources management of temples' forests for the maintenance of wooden cultural buildings.
- 5) We held a symposium on "Forests support wooden culture" at Nara and reported the outcome of this Scientific Research

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	16,100,000	4,830,000	20,930,000
2009年度	10,400,000	3,120,000	13,520,000
2010年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
年度			
年度			
総計	37,600,000	11,280,000	48,880,000

研究分野：森林科学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：文化財政策、植物性資材確保、森林資源管理

### 1. 研究開始当初の背景

国指定の文化財建造物は平成 19 時点で 4,435 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、社会情勢の変化や経済状況の著しい変化にともない、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。

### 2. 研究の目的

- 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、規格、品質に関する情報を収集する。また、修理に伴う取替材を使用して劣化の程度とそ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。
- 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す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今後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、剥皮木と対照木を伐採し、檜皮採取が処理後 10 年間に形成された木部および師部へおよび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。

### 3. 研究の方法

本研究は文化財建造物の修理に必要な木材及び植物性資材を確保するための要件を明らかにするため、8つのパートに分けて研究を行う。資材を使用する立場から1)使用資材の内容解析と修理用資材の需要予測、2)使用部材の樹種判定システム開発、3)代替材による修理技術の評価、4)伝統的建造物の重要性の評価、の各課題について、文化財保存学の観点からアプローチを図る。資材を供給する立場からは5)修理用資材の流通体制と供給力の予測、6)檜皮剥皮実験、7)社寺有林と山村地

域のコミュニティ調査、の各課題について森林科学および山村社会学の観点から調査をおこなう。さらに、これらの知見を統合して、新たな情報を形成し社会に発信するため8)ホームページを立ち上げてWEB上での情報収集、意見交換をおこない、文化財修理資材の安定的確保のための施策を提言する。研究組織は文化財保存および景観評価分野の研究者と森林資源管理、森林造成、山村社会学分野の研究者がそれぞれ分担して行い、ホームページの構築を通じて意見を交換しつつ、学融合を図り新たな知識を創造する。

#### 4. 研究成果

(1) 植物性資材を使った文化財建造物の屋根に、茅葺、こけら葺、檜皮葺等がある。それらの屋根について、安定的な資材供給や技術・技能を持った後継者を確保していくためには、社会にその需要が一定量存在することが必要である。本研究では、需要の増加という点から、庶民の住宅建築にも使われている茅葺とこけら葺に注目した。欧州の各国では、環境保全やSustainabilityといった観点から茅葺が注目を集め、多くの新築の住宅に茅が使われている。また、アメリカでは、こけら葺と類似した板葺 (Wood Single) が、住宅を建設する際の一般的な工法として用いられている。茅葺とこけら葺の需要増を図る際の課題の克服や技術的な改良を行うことを目的に、茅葺については、防火性能の向上や海外での需要の実態等について、こけら葺については、人工林で育成した杉材の利用や屋根寿命の長期化等を念頭におき、こけら材を用いた基礎物性の評価をはじめ、力学的特性、雨水流下特性、熱的抵抗性、屋外暴露性状等について調査研究と実験研究を行った。

(2) 江戸時代の文化財建造物の解体修理にともなうて、福岡県久留米市善導寺の書院と、富山県高岡市勝興寺の式台等、千葉県我取市東漸寺の観音堂、大分県日田市長福寺の本堂、和歌山県海南市の福勝寺の本堂と求聞持堂において、建築材の樹種の調査を行った。その結果、近世中・後期の社寺建築には、善導寺のスギとツガ属や勝興寺のアスナロにみられるように、地域の伝統にしたがった樹種選択が基本にあり、最初はそうした樹種を中心に素材を集めて主要な部材に使用していた。こうした樹種に加えて補助的に、その地域で生産されていて手にはいりやすい素材を選択し、さらに勝興寺のトガサワラに見られるように、全国レベルで流通していた市場材をも用いていた。

(3) 日射・風雨・生物による攻撃など外界の影響がない場合、木材の材質はエイジングによってどのように変わっていくのか、福勝寺本堂 (文化

財) 保存修理工事に伴って得た部材について調査をおこなった。試験体は、木材の古さのみが異なり (施工年代が1500、1662、1836、2007年)、似通った品等・使用箇所・使用状態のアカマツ化粧垂木部材である。

ケブカシバンムシによる食害を受けている部位を避けて、注意深く切り出した微小試験体 (厚さ0.17 mm、幅3 mm、長さ30 mm) について、繊維方向の引張ヤング率を測定したところ、エイジングによる低下を示すような傾向は見られなかった。

一方で、木材からリグニンを除去して得られるホロセルロースといわれる成分の含有割合は、古い材ほど低くなっていたことから、エイジングにより何らかの成分変化が起こったことが明らかとなった。ところで木材成分は水酸基を持ち、接近した水酸基どうし互いに引き合っ「水素結合」し、この結合が木材構成成分どうしを繋ぐ役割の一端を担うと考えられている。ある一定湿度の大気中から木材が吸着した水分量は古い材ほど多かった。これはエイジングによる水素結合の緩みを意味するかもしれない。また、140℃で重水蒸気処理した試料の赤外分光スペクトルは、水素結合の仕方がエイジングによって変化を受けたことを示唆していた。

(4) わが国の伝統的木造建築物の屋根修理用材として欠くことのできない檜皮の安定確保が求められている。檜皮採取が成長と材質に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、1997年に檜皮剥皮試験林を北海道大学 (和歌山県)、東京大学 (千葉県)、京都大学 (山口県)、九州大学 (福岡県) の各大学演習林内に設定し、その後の成長と木材性質について調査を行っている。剥皮処理後10年が経過した試験木では剥皮による成長、材の密度、材色に及ぼす影響は認められず、また、「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、熟練の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る。

立木状態で測った剥皮木の胸高直径は、剥皮しなかった対照木の胸高直径を概ね下回るが、剥皮後6年で剥皮前に回復する傾向にあった。北海道大学和歌山研究林の伐採木の年輪幅を測定し、剥皮木の胸高直径の回復に樹皮の回復が大きく影響したかどうかを検討した。対にした剥皮木・対照木間で直径成長を比べると、試験開始前後の成長量の増減パターンは概ね似通っていた。また、剥皮木の試験開始後の直径成長は対照木に対し特に劣ってはいなかった。一方、胸高部位の剥皮木の

樹皮は対照木に比べ薄い傾向にあった。また、剥皮後 10 年でも、剥皮部位(胸高)の樹皮の厚さは、同じ個体の非剥皮部位(高さ 9.2m)の厚さまでには回復していなかった。以上から、立木でみられた剥皮木の胸高直径の増加に、樹皮の回復が大きく影響しているわけではないことが分かった。

檜皮の安定的な確保のために原皮師の継続的な育成は不可欠である。現在は公益社団法人全国社寺等屋根工事技術保存会において毎年定期的に原皮師育成のための研修会が行われているが、これまでに様々な課題があった。その主たる課題は、原皮師育成を行う安定したシステムを築くことであり、もう一つは採取の技術研修を行うための檜山の安定的な確保であった。育成システムの安定性については、葺師が採取の技術の修得をすることを保存会、文化庁が決断をし、葺師同様に会社組織の中で原皮師を育成できる体制ができ、採取のための檜山の確保も、屋根保存会の役員が檜山の提供を調節することで前進し、国有林等の提供もあり、最初に採取した木も 10 年を迎えようとし、当初の課題は徐々に解消されつつある。しかし、現在新たな課題が認められ、原皮師の技術の低下、研修者の技術修得の意識のあり方が問題となってきた。

(5) 森林を所有する社寺のなかでも、屈指の規模の森林を保有する比叡山延暦寺と高野山金剛峯寺。それぞれ天台宗、真言宗の総本山としての奥深い歴史とともに森林は受け継がれてきた。明治初期には上知令の下に領地を奪われ、下戻し運動、保管林時代を経て戦後の譲与を迎え、現在ではそれぞれ約 1600ha の森林を所有している。宗教上の荘厳さを維持する目的の境内林では、あえて手が加えられることはないが、境外林では人工林経営が積極的に行われてきており、両者はこの点で共通している。したがって、森林経営において民有林全体に共通する課題も多く抱えている一方で、寺院ならではの課題にも直面している。たとえば多数の文化財建造物を保持し、維持管理や補修をしていかなければならないが、保有山林を建造物の維持管理のための資材供給として位置づけるまでには至っていない。

(6) 長野県木曾赤沢ヒノキ林は 17 世紀中頃に、築城や江戸大火の復興用資材供給のために強度の伐採が行われた結果、林冠が開け、林内が明るくなり、残された母樹からの種子が発芽し、ヒノキの稚樹が大量に発生した。現在の赤沢ヒノキ林では上木にヒノキ、下木にアスナロの二段林が形成されている。このままの状態が続くとヒノキが老

衰して枯損した後にはアスナロの森林に移行し、ヒノキ天然林は消滅するおそれがある。赤沢ヒノキ林を後世に残すためには、上木のヒノキに活力のあるうちに後継樹を育てておく必要がある。そのためには、ヒノキ林を残しつつ択伐を行い、上木の本数を調整して、林内を明るくすることによってヒノキ稚樹の生育を助長することが適当である。赤沢ヒノキ林では 1983 年から林内照度向上による後継樹の発生を期待した択伐実験が行われている。天然ヒノキの更新状況を評価するために後継樹の情報を解析し、ヒノキ林の存続に必要な光条件を明らかにした。

#### 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 25 件)

- 1) 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, 査読有, 68, 39-46, 2012
- 2) Forest Resources Management to Support the Japan's "Culture of wood", Hirokazu Yamamoto, Journal of Forest Planning, 査読有, 16, 99-106, 2011
- 3) 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
- 4) A Robust Estimator of the Density of Trees Exhibiting Regular Spatial Patterns,, Stanko Trifkovic, Hirokazu Yamamoto, Journal of Forest Planning, 査読有, 15(2), 121-126, 2010
- 5) ヒノキ天然林の板材加工における歩留まりを考慮した製材過程の検証, 佐藤樹里, 山本博一, 巽登志夫, 日本森林学会関東森林研究, 査読有, 61, 49-52, 2010
- 6) 文化財建造物の修理時に作成する構成部材調書に関する提案, 大塚哲也, 後藤治, 二村悟, 日本建築学会技術報告集, 査読有, 33, 775-778, 2010
- 7) 南アフリカ共和国における茅葺き建築の生産体制について, 田揚裕子, 後藤治, 熊谷秋雄, 神邊和夫, 日本建築仕上学会大会学術講演会研究発表論文集, 査読無, 2010, 155-158, 2010
- 8) 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久性評価と持続的保全技法の開発 - 各種こけら台の屋外暴露試験, 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 高塚里美, 日本建築学会

- 大会学術講演梗概集, 査読無, A-1,277-278,2010
- 9) 伝統的建築に用いられる柿葺き材の物性分析と改質処理による持続的保全技法に関する研究, 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 日本建築学会関東支部研究発表会, 査読無,2009,121-124,2010
  - 10) 文化財指定建造物における用材樹種調査(1)―ヒノキとサワラの識別について, 横山操, 杉山淳司, 藤井智之, 能城修一, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 査読無,106,106-106,2010
  - 11) 高塚里美, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, 伝統技法によるこけら板の製材実態, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 査読無,106, CD-ROM,2010
  - 12) 田揚裕子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, こけら葺き屋根の野外長期暴露材の実施工, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 査読無,106, CD-ROM,2010
  - 13) 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 清永美奈子, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, こけら材の基礎的物性, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 査読無,106, CD-ROM,2010
  - 14) 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 高塚里美, 材料改質を施した伝統的こけら葺き屋根の長期耐久評価と持続的保全技法の開発, こけら台の屋外暴露試験の概要, 日本木材学会大会研究発表要旨集, 査読無,106, CD-ROM,2010
  - 15) 木造建造物文化財に使用する立木の品質評価に関する研究―天然ヒノキ林の事例, 佐藤樹里, 山本博一, 巽登志夫, 日本森林学会関東森林研究, 査読有,60,55-58,2009
  - 16) 木造建造物文化財に使用する立木評価に関する研究―製材品の規格および品質を推定する方法について, 佐藤樹里, 山本博一, 巽登志夫, 森林資源管理と数理モデル, 査読有,8,1-12,2009
  - 17) 近世中・後期の社寺建築にみる樹種選択, 能城修一・藤井智之・山本博一, 日本植生史学会大会講演要旨集, 査読無,24,100-100,2009
  - 18) 檜皮の確保と檜皮採取者の確保, 江面嗣人, 古文化, 査読無,89,36-40,2009
  - 19) 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究 ―各種こけら材の葺替実態とライフサイクラー, 田揚裕子, 後藤治, 山本博一, 田村雅紀, 日本建築仕上学会学術講, 査読無,115-118,2009
  - 20) 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究 ―こけら製材に関する事例報告―, 高塚聡美, 後藤治, 山本博一, 田村雅紀, 日本建築仕上学会学術講, 査読無,115-118,2009
  - 21) 木造建造物文化財に使用する立木の評価に関する研究, 佐藤樹里, 山本博一, 日林学術講, 査読無,119,449-449,2008
  - 22) 木造建造物文化財における台湾檜利用に関する研究, 佐藤樹里, 山本博一, 巽登志夫, 日本森林学会関東森林研究, 査読有,59,89-92,2008
  - 23) 古材の劣化調査 福勝寺本堂(重要文化財)垂木用材の食害と材質, 斎藤幸恵, 信田聡, 太田正光, 山本博一, 多井忠嗣, 大村和香子, 榎原寛, 能城修一, 後藤治, 木材学会誌, 査読有,54,255-262,2008
- [学会発表] (計 20 件)
- 1) Hirokazu, Yamamoto, Timber materials for cultural wooden buildings and “Forests for Cultural Properties” in Japan, ChangBai Mountain Wood Culture Symposium, Mar.2,2012, Fusong, Jilin, China
  - 2) Hirokazu, Yamamoto, Forests for Cultural Properties and Traditional Events in Japan, The 4th International Symposium on Forest Culture, Dec.4, 2011, Kunming, Yunnan, China
  - 3) Hirokazu, Yamamoto, Forest resources management to support the Japan’s “Culture of wood”, International Wood Culture Symposium, Oct.23, 2010, Northwest Agriculture & Forestry University, Shaanxi, China.
  - 4) Yuko Taage, Osamu Goto, Hirokazu Yamamoto, Masaki Tamura, A Study for a High Quality Preservation System of KOKERA Roofing used in Traditional Wooden Architecture, 11<sup>th</sup> World Conference on Timber Engineering Jun.20,2010, Trentino, Italy
  - 5) 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 高塚里美, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, こけら材の屋外暴露試験による初期変化, 日本建築仕上学会, 2010年10月22日, 東京大学
  - 6) Hirokazu, Yamamoto, Forest resources management to support the Japan’s “Culture of wood”, International conference on multipurpose forest management, Sep.21,2009, Toki Messe,

Niigata, Japan

- 7) 田揚裕子, 後藤治, 山本博一, 田村雅紀, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, 各種こけら材の葺替実態とライフサイクルコスト, 日本建築仕上学会, 2009年10月22日, 東京大学
- 8) 高塚里美, 後藤治, 山本博一, 田村雅紀, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, こけら板製材に関する事例報告, 日本建築仕上学会, 2009年10月22日, 東京大学
- 9) 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 清永美奈子, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, こけら材の表層性状分析, 日本建築仕上学会, 2009年10月22日, 東京大学
- 10) 清永美奈子, 田村雅紀, 後藤治, 山本博一, 伝統的木造建築に用いられるこけら材の高度維持・保存技法に関する研究, こけら板の基礎力学特性, 日本建築仕上学会 2009年10月22日, 東京大学

[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 TETSUROU)  
京都大学・大学院情報学研究科・教授  
研究者番号：10101247

後藤 治 (GOTO OSAMU)  
工学院大学・建築学部・教授  
研究者番号：50317343

能城 修一 (NOSHIRO SHUICHI)  
独立行政法人森林総合研究所・チーム長  
研究者番号：30347928

江面 嗣人 (EZURA TSUGUTO)  
岡山理科大学・総合情報学部・教授  
研究者番号：00461210

斎藤 馨 (SAITOU 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・(連合) 農学研究科(研究院)・准教授  
研究者番号：20215213

門松 昌彦 (KADOMATSU MASAHIKO)

北海道大学・学内共同利用施設等・准教授  
研究者番号：60158847

斎藤 幸恵 (SAITOU 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

坂野上 なお (SAKANOUÉ NAO)

京都大学・学内共同利用施設等・助教  
研究者番号：70273498

### (3) 連携研究者

藤井 智之 (FUJII TOMOYUKI)

独立行政法人森林総合研究所・支所長  
研究者番号：60353835