

## 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 (東大院農)・山本博一 (東大院新領域)・巽登志夫 (巽商店)

要旨: 木造建造物文化財は日本の文化のシンボルであり、これを維持していくためには補修が必須である。例えば柱や梁、扉などの主要構造部位には、大径長大材で高品位な天然生資源、樹種では特にヒノキが要求される。高品位な資材とは、曲がりやねじれがなく通直で、傷や腐りなどの欠点がない木を指す。しかし欠点に関しては、どのくらいの割合で発生するのか定かではない。木造建造物文化財に適用できる資材量を質的面も含めて評価するためには、どの程度の品質条件を備えている林分なのか評価する必要がある。そこで本研究では、天然ヒノキ有数の生産地である木曽地域に生育する 100 本のヒノキ天然木を対象とし、視覚的に判断することのできる立木の幹の形質、節、傷に関して調査を行い、主要構造部位に適用できる立木の品質評価を行った。この結果、大径材基準である長さ 6m 以上、直径 45cm 以上の製材品を得ることのできる立木は全体の 52%であった。さらに高品位材の基準である幹の形質がよく、欠点のない木、角材にしたとき節のない面が二面までの材を得ることのできる立木は全体の 19%であった。本研究により、補修の現場での要求を満たす立木を探す手法を表現することができた。

キーワード: 文化財, 木造建造物, 補修用資材, 立木評価, 高品位大径材

### I はじめに

木造建造物文化財は日本の文化のシンボルである。現在、我が国の文化財建造物は 2008 年 12 月現在で 4,303 棟あり (1)、そのうち約 90%は木造であることから、将来的に木造建造物文化財 (以下、「木造建造物」とする) を維持していくためにも、資材の確保について考えていく必要がある。木造建造物の建築規模はさまざまであるが、中でも大規模な建築の柱や梁、扉などの主要構造部位のその一部に大径材が使われている。このような資材は、普段市場では流通していない規格のものであり、確保がしづらい状況である。

木造建造物の特徴として、長い年月を経ると腐朽する植物性の材料を使用していること、またその材料は持続的な再生産が可能であることが挙げられる。したがって木造建造物を保存していくためには補修が必須であり、補修のためには将来を見据えて資材を確保していかなければならない。木造建造物の補修用資材の中で最も需要の高い樹種はヒノキであり、節や傷などの欠点の少ない見た目のきれいなものが要求される。また節や傷などの欠点については、1976 年 (昭和 51 年) から 2000 年 (平成 12 年) の国宝・重要文化財建造物保存修理における品等別消費実績によると、無節 8%、上小節 19%、小節 30%、一等 19%、丸太 23%と大径木のなかでも特に高品

質なものが要求されていることが報告されている (7)。このような資材を得るまでには、まず立木から原木が切り出され、その原木が製材品へと加工される段階を経ている。この時、流通の段階で扱われる規格が異なり、またそれぞれを扱う分野が分断されているため、森林管理者側は立木を見て補修用資材に適しているかどうか判断ができず、本当に必要な資源を準備することが難しい状況である。木造建造物の特徴の一つとして、一般建築では隠される構造部材を、化粧材として見えるように利用することが挙げられる。したがって木造建造物は構造材にも美しさが要求されることから、文化財修理の現場では独自の選別基準を設けている状況であり、大径材の調達を円滑にするためには、その選別基準の要求を満たすことのできる資材を探すための情報や手段を提示していく必要がある。そこで本研究では、補修用資材として需要の高い木曽ヒノキ天然林を対象に、どのような品質の立木であれば補修用資材に適用できるか、そしてその条件を満たす立木が森林の中にどれ位存在するのか明らかにすることを目的とする。

### II 調査対象と方法

大径材と高品位材について、本研究では次のように基準を設けた。大径材については、一般的な市場では取り

Juri SATO (Grad.Sch.of Agric.and Life Sci.,The Univ. of Tokyo 113-8657)and Hirokazu YAMAMOTO (Grad.Sch.of Frontier Sci.,The Univ. of Tokyo 277-8561)and Toshio TATSUMI (TATSUMIYA, 5-8-3 Kiba, Koutou-ku, Tokyo, Japan, 135-0042)  
Study on evaluating a standing tree used for wooden cultural buildings—A case study of natural Japanese Cypress forest—

扱われない規格、長さ 6m 以上、末口直径 45cm 以上（辺材除く）を用いた。また高品位材については、補修現場で使用されている検査目安を参考にした（表-1）（3）。

このうち割れ、目まわり、白太（辺材）については、実際に木を伐ってみなければ判断することのできない項目である。しかし、節やその他の項目については、立木の外観から判断することのできる基準である。したがって高品位木を評価するための基準には、高品位材基準の節の項目にある、角材にしたとき、節のない面が二面以上であるもの、そしてその他の項目の欠点がないものを高品位木の基準とした。

表-1. 補修の現場における高品位材検査目安

種類	検査目安
節	角材にしたとき、節のない面が二面以上
割れ	切削加工によって消滅する程度
目まわり	切削加工によって消滅する程度
白太(辺材)	断面積に対する割合が30%以下
その他	抜節、死節、丸身、傷、虫食、入り皮、脂壺、反り、曲がり、ねじれ、アテ、変色などが無いもの

窪寺 2008「建造物修理用資材（木材）の安定的な供給方法に関する考察-文化財修理の実際から-」（本研究では、節とその他の項目を高品位木の基準として用いた）

調査地は、長野県木曾郡赤沢天然ヒノキ林（小川入国有林）内の一林分である、100林班は2小班の3.61ha(118本/ha)を対象とし、2008年7月に調査を行った。この地域は江戸時代の強度伐採の後、一斉に再生した森林であり樹齢300年以上である。100林班は学術参考林に指定され、ヒノキ稚樹の更新促進を目的とした施業実験林となっている。これにより、1983年より長野営林局によって下層ヒバの処理とヒノキ上木の択伐が行われた林分である（4）。調査対象木は524個体の上木に樹木番号を付け、それらに乱数を発生させて、無作為に100個体を選んだ。調査木のうち、胸高直径50cm以下のものは大径材生産が望めないため、品質評価の対象外とした。この結果、ヒノキ天然木90個体がサンプルとして得られた。ヒノキ天然木90個体について樹高（H）、胸高直径（DBH）、枝下高、枝下直径（枝下高の直径）、樹高の1/10の高さの直径、上部直径を測定した。上部直径の測定は、2mおきを原則とし、梢端に近い部分については目視可能な部分を測定した。これらをもとに幹曲線（吉田式）（5）を作成した。

1. 規格評価 木造建造物の主要構造部位には、耐久性

を高め、材のくるいを少なくするために、辺材を除いた心材のみが使われる。したがって、大径材基準である末口直径45cmの製材品を得るために必要な原木規格は、心材+辺材幅となる。辺材幅については、筆者が2007年12月に愛知県丹羽郡大口町で開催された東海木材相互市場にて行った調査結果を用いた（6）。ヒノキの原木89本を対象に末口と元口の2方向について、原木の直径と辺材幅を測定した。直径と辺材幅との間に相関が認められなかったため、辺材幅の分布確率を求めた。正規分布であることを確認し、辺材幅は平均値+2\*標準偏差より小さいものとした。これより、辺材幅を4.4cmとして必要樹幹直径を推定する。この結果、心材（45cm）+辺材（4.4cm）×2=必要樹幹直径（53.8cm）となる。

木造建造物の特徴より、見た目の美しさが要求されることから、原則として節の少ない枝下高までを評価の対象とした。ただし枝下直径が必要樹幹直径を満たさないとき、樹幹直径が53.8cmになる高さを推定した。個々の調査木の測定値から得られた幹曲線より、必要樹幹直径53.8cmを満たす高さを算出し、地際から算出した高さまでを品質評価の対象とした。

2. 品質評価 品質調査については、通直な資材を評価するために、立木の根張り部分を除いた細りの安定した部分を評価する必要がある。そこで地上高1mから樹幹直径が53.8cmとなる高さより下部を評価の対象とした。調査項目は、①幹の形質（通直、ねじれ、曲り）、②傷（立木の根本部分にしばしば現れる皮の巻き込み、石や落枝による側面の損傷、クマやキツツキなど動物による損傷、雷や風による損傷）、③節の種類（生節、死節、こもり節）や出現位置、について樹幹周りを四方向から目視で評価した。

### III 結果

1. 規格評価 調査木90本中、胸高直径53.8cm未満の立木5本は必要樹幹直径を満たさない立木と判断し、この時点で規格評価の対象から除外した。よって85本について規格評価をおこなった。必要樹幹直径が53.8cm以上であり、なお且つ枝のかかっている原木が採れる長さを算出した（図-1）。これについて長さ6m以上を採るためには、地上高7m（=6m+1m（根張り部分））が必要である。結果地上高7mの資材は、52本が供給可

能であった。

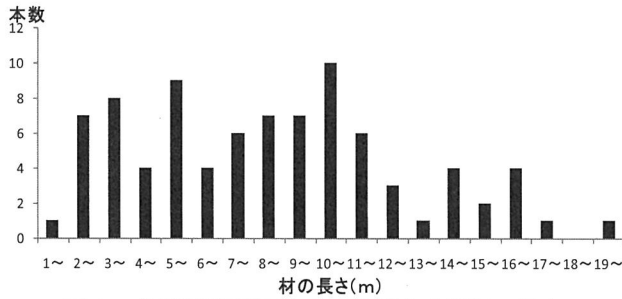


図-1. 必要樹幹直径53.8cmを満たす資材の長さ

2. 品質評価 規格評価で得られた大径材基準(長さ6m以上・直径45cm以上)を満たした調査木52本について、品質評価を行った。

表-2. 欠点の種類と数

種類	計(52本)
曲がり・ねじれ	11
入皮	8
側傷	9
動物による傷	1
雷・風による傷	5
なし	22

(重複しているものを含める)  
重複・・・入皮と側傷、入皮と雷・風による傷

幹の形質と欠点について、調査した結果を示した(表-2)。この結果、外観から判断して、半数以上の立木には欠点が見られていることがわかった。また幹が通直で、欠点がない立木は22本であった。22本について、それぞれどれだけの長さの材がとれるかを調べた(表-3)。この段階では、節については考慮していないが、長さ10m以上の大径材は11本とれることがわかった。

表-3. 長さ6m以上の資材の採材可能量

材の長さ(m)	計(22本)
6	3
7	3
8	4
9	4
10	2
11	1
12	1
13	2
14	0
15	1
16	0
17	0
18	1

表-4. 節の出現面数

節面数	計(22本)
無節	17
一面節	1
二面節	1
三面節	0
四面節	0
死節	3

次に欠点のない立木22本について、1本の立木からそれぞれ6m材を採ると仮定する。最もよい部分を切り出

した時の、節の出現面数を評価した(表-4)。節の種類には生節、こもり節、死節とある。生節とこもり節は、「相互の木材組織がほとんど一体化した材」(2)であるのに対し、死節は「枯死した枝が樹皮を付けたまま樹幹内に取り込まれ、周囲の組織とは密着していない」(2)ため、材にしたとき抜節になる。これを考慮し、生節・こもり節は出現面数を評価した。死節については、死節を避けて6mの採材が行えるか否かを検討した。この結果、4本が死節によって6m材を採ることができなかった。残りの22本中、高品位材として定義されている角材にしたとき、節のない面が二面以上に現れる立木は19本であった。

調査木を選定し、規格と品質の評価を経て、最終的に高品位大径木までの一連の流れを示した(図-2)。これより調査木100本を選定した中で、規格の評価をおこなった結果、52本が要求を満たした。さらに幹の形質や傷などの品質評価をおこなった結果、52本中22本が要求を満たした。最終的に高品位大径木としては19本が供給可能であることがわかった。

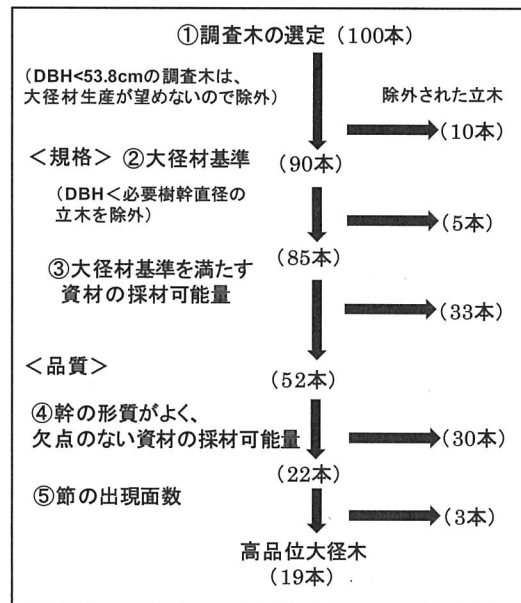


図-2. 高品位大径木を評価するまでの流れ

評価対象の立木90本を地形別に分類すると、尾根が67本、谷が23本であった。このうち、高品位大径木は尾根地形15本、谷地形8本であった。

#### IV 考察

規格について、大径材基準の要件を満たす立木は、全

体の52%であった。さらに幹の形質や傷、節などの欠点について品質評価をおこなったところ、補修用資材として適用できる高品位大径木は全体の19%であることがわかった。また欠点が多かったのは、曲がりやねじれなど幹の形質によるものであった。本調査地の場合、81%の資源は、高品位大径木からはずれた。しかしヒノキは用途が幅広いので、構造材や建具材として使うなど有効に活用することができる。

本研究より、補修の現場で使われている基準に沿って、必要な規格と品質条件を把握し、その要求を満たすことのできる立木を探すための手法を表現することができた。資源量についてはあくまでも赤沢天然ヒノキ林の中の一林分の事例であり、他の林分に適用することはできない。他の林分についても、規格と品質の目安を設け整理していけば、現場で必要だとされる高品位大径材を選ぶことができると考えられる。また、資材を集めるための選木技術について、熟練した経験者の判断基準によって行われてきたため、選木の基準が明確に示されていないことが課題であった。しかしこの手法を用いれば、森林管理の現場においても、実際に補修に適用することのできる資材を選ぶことができる。このように森林側から補修に適用できる資源量の情報を提示していくことは、文化財修理側において、現時点でどのくらいの資材が森林にあるのかがわかり、補修の優先順位や着工時期など補修計画を立てる目安となりうる。また森林管理者側では、補修に適用できる資源の供給量の予測やよりよい立木を選択的に残していくなどの森林管理の指標を得る上でも活用できる可能性がある。これは、森林管理者と文化財の補修の立場を繋ぎ、補修に必要な大径材の調達を円滑にするための基礎研究である。

## V 今後の課題

高品位大径木の位置する場所を地形別にみると、比較的尾根地形の場所に多く存在している傾向が見られた。これについては、林内環境や地形などを含めたより詳しい解析が必要だと考えられるので今後の検討課題とする。

資源量に関して、林分構成によってばらつきがあるため、一般化できるものではない。赤沢で得られた高品位大径木の資源量はあくまでも個別の林分における一つの事例である。今後、本研究を補修に適用できる資源量の

予測に役立てるには、赤沢地域における、特に大径木の多い林分についての事例研究を重ね、その傾向を探ることが課題である。

木造建造物の補修用資材に関して、一般建築材のように画一的な基準を示すことは困難である。したがって現段階では、個々の木造建造物の資源量を提示していくことが有用である。今後、本研究の手法を現場で役立てるには、木造建造物の補修の際、工事の概要や経過、修理に伴う調査について記録される修理工事報告書の中に、使用した立木に関する情報を盛り込めるシステムを作ることが必要である。

## 謝辞

本研究に樹木位置図を提供してくださった、Dr. Stanko Trifkovićに感謝の意を表します。

## 引用文献

- (1) 文化庁：  
<http://www.bunka.go.jp/bunkazai/shoukai/pdf/kokuho0812.pdf>(2008年12月20日取得)
- (2) 小林一元・高橋昌巳・宮越喜彦・宮坂公啓(2007) 木材建築用語辞典 pp.16, pp.177, 井上書院, 東京.
- (3) 窪寺茂(2008), 「木造建造物文化財の為の木材及び植物性資材確保に関する研究」平成17年度～平成19年度科学研究費補助金研究成果報告書243pp, 東京. 208-214.
- (4) 三村晴彦・壁谷大介・大澤猛(2004) 木曾ヒノキの天然更新法(Ⅱ) - 小川入国有林100林班の事例 -, 中部森林研究 No.52. 31-32.
- (5) 南雲秀次郎・箕輪光博(1990) 「現代林学講義10 側樹学」 pp.15, pp.74, 地球社, 東京.
- (6) 佐藤樹里・山本博一・巽登志夫(2008) 木造建造物文化財に使用する立木の評価に関する研究 - 製材品の規格および材質を推定する手法について -, 「森林資源管理と数理モデル-FORMATH TOHOKU 2008-」(印刷中)
- (7) 清水真一(2005) 文化財建造物修理事業で消費された木材の樹種と材積, 「木造建造物文化財の修理用資材確保に関する研究」平成14年度～平成16年度科学研究費補助金研究成果報告書258pp, 東京. 2-33.