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

ESTIMATION OF JAPANESE CYPRESS FOREST RESOURCE OF LARGE DIAMETER
AND LONG MATERIALS USED FOR WOODEN HERITAGE BUILDINGS

The case study in Donjon of Ozu castle in Ehime prefecture

佐藤 樹里*, 山本 博一**, 後藤 治***

Juri SATO, Hirokazu YAMAMOTO and Osamu GOTO

This study aims to obtain information of the potential supply of natural forest resources of Japanese cypress required to maintain the wooden heritage buildings. Prescribed conditions to maintain important cultural buildings are strict and require using the same building technique as well as using the same tree species of the same quality. To investigate the potential to ensure sustainable materials, it is necessary to estimate the forest resources that reflect the information on demand-side. A case study of Donjon of Ozu castle in Ehime prefecture, we calculated the necessary forest resources to build a Donjon based on height-diameter curve equation and taper curve equation of methodology technique of forest measurement. As a result, it is estimated that the construction of Donjon requires about 53.6ha forest resources. In addition, the required area could be 5 times larger than the estimation if we took account of the cutting ratio in forestry management.

Keywords : *Timber flamed building, Cultural property, Restoration, Structural member, Japanese cypress*
(*Chamaecyparis obtusa*)

木造建物, 文化財, 修復, 主要構造部材, ヒノキ

1. はじめに

文化財建造物（以下「木造建造物」とする）の修復は、ユネスコ傘下のイコモスによる「歴史的木造建造物保存のための原則」の中で定められた真正性の追及により、原則「同樹種」「同品質」「同技術」が要件である。100年から200年間隔でおこなわれる根本的な修復の場合、解体して初めて修理の必要な箇所が明らかとなり、腐朽箇所の取り替えや繕いによる加工が施され、再構築される。要求される資材は多様であるが、たとえば柱や梁などの構造部材は、普段市場には出回らない大径材や長大材といった特殊材が必要とされる。さらに品質は、木目の幅が狭く均一であるといった高い化粧性が要求されることから天然木が好まれる。また樹種別需要量は、ヒノキ、スギ、マツの順に多い。こうした需要の要求を満たす資材は、いざ発注されてからでは入手が難しく、結果的に樹種や規格を変更せざるを得ない状況である。

需要量の最も多いヒノキ森林資源に関して、全国の国有林に存在する天然ヒノキ蓄積量は、長野県が約341万m³と最も保有量が多く、次いで岐阜県が約82万m³と報告され、この2つの県で全国の

約88%を保有しており、資材調達には十分な資源量が存在するように考えられる。しかしながら実際の木材生産の対象となる森林は限られており、また大径材や長大材に見合う立木は天然林内に多量に存在するものではなく、さらに樹木の成長には長期間を要する。それゆえ修復用資材を計画的に供給するには、単木単位での森林資源の把握と樹木の成長を考慮した長期的な見通しが必要である。

需要側における先行研究では、年間保存修理数量の予測^①や修復用資材の年間需要量に基づいた森林資源量の推定（著①pp. 4 - 6）など量的な議論が報告されている。需要側と供給側の関係性を議論するにあたり、木造建造物の修復の際作成される修理工事報告書の中では、構成部材全ての規格や品質を把握することはできない。この問題に関して、「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」（著②pp. 775 - 778）では、具体的な需要情報を客観的に提示するため、既存の構成部材調書に節の有無、辺材の有無、年輪数など品質項目を加えた新たな調書の提案を報告している。少なくとも構成部材の樹種、規格、採材方法、大径長大材の特徴を考慮しなければ、実際に修復用資材に適用できる森林資源を評価する

* 東京大学新領域創成科学研究科自然環境学専攻
特任研究員・環博** 東京大学新領域創成科学研究科自然環境学専攻
教授・農博

*** 工学院大学建築学部建築デザイン学科 教授・工博

Project Researcher, Dept. of Natural Environmental Studies, Faculty of Frontier Sciences, Tokyo University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Natural Environmental Studies, Faculty of Frontier Sciences, Tokyo University, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architectural Design, Faculty of Architecture, Kogakuin University, Dr. Eng.

ことは難しい。そこで本研究では、全構成部材の情報を包括的に把握することのできる愛媛県に所在する大洲城天守の復元工事を事例とし、需要と供給のバランスを考えるために必要な情報を提示することを目的とする。具体的には構成部材規格に基づき要求されている原木規格を推定し、次いで原木規格から立木規格を推定した。さらに天守を造営するのに必要な森林面積を算出した。

本研究で扱う城郭建築は、「建造物文化財に使用されている木材量の推定」(著①pp. 4 - 6) による社寺、民家、城郭の材積の比較から、社寺に次いで資材量が多い大規模木造建造物である。ただし城郭は修復の機会が社寺や民家と比べ少ないことから、情報の蓄積量が不足している。本事例を扱うことで、解体修理の機会の少ない大規模木造建造物に使用されている大径材や長大材の規格や数量を森林管理者側に提示することが可能になる。これは国内に存在する多くの文化財建造物の維持に必要な資材の中で、本当に確保の難しいもの、また現在は供給できなくても将来的に供給していくための計画的な森林管理体制を検討するために有用な知見となりうる。

使用する用語について、「構成部材」とは製材され建築に使用されている状態、「原木」とは丸太の状態、「立木」とは森林に生育している状態とする。また立木規格は樹高 (m) と胸高直径 (cm) で表す。胸高直径とは森林測樹学の分野において、樹木の成長を測る基準であり、立木の地上高 1.3m の位置の直径を指す。

2. 構成部材特性の把握

2.1 対象建造物と資料

愛媛県に所在する大洲城天守は、築城時期は明らかではないが、おおよそ慶長年間 (1596~1614 年) に創建され、その後 1888 年に解体されるまで当時の姿を保持していた城郭建築である。大洲城天守の復元事業報告書によると、大洲市の城下町としての修景整備がおこなわれ、「史実を重視した整備を図り、後世にむけて伝承しかつ活用することにより、歴史と文化のかおり高い地域社会を形成していくこと」を基本理念とし、2004 年に天守復元に至ったという。天守復元に際して、必要な資材のうち柱材には募木が募られており、提供元が記録に残されていることや他の資材に関しても可能な限り大洲内で調達するという方針のもと収集されているといった特徴がある。

天守の構造は木造本瓦葺四階建てであり、最高高さ 19.15m である。復元には、江戸時代の古絵図や江戸時代に作られたと思われる天守雛型、明治時代に撮られた古写真などの資料が検討され、解体以前の天守の状態が再現されている。大洲城天守は、法律で定められている文化財ではないが、既存の歴史資料に基づき忠実に再現されていること、また使用された資材の情報を記録に残していることなど復元における厳密性が確認できる事例である。構成部材に関する資料は、2004 年に発行された「大洲城天守復元事業報告書」⁴⁾と復元工事の際に作成された納入木材に関する業務資料^{注 1)}を使用し、構成部材ごとの仕上がり寸法、部材材積、品等を把握した。

2.2 方法

納入木材の情報に基づき、構成部材の総材積、品等割合、単位面積あたりの必要資材量を明らかにした。さらに全部材の内、市場で入手することの難しい長大材や大径材の使用量を把握した。次に樹

種別内訳と産地内訳の情報に基づいて、資材調達に関する変更点と代替材の調達経緯を整理した。なお本研究では、長大材を材長 6m 以上、大径材を巾 45cm 以上とし、大径長大材を材長 6m 以上かつ大径材を巾 45cm 以上とする。

2.3 結果

天守を構成する部材数は約 9700 点であり、総部材材積は約 447 m³ である。品等割合は、化粧材 64%、野物材 36% と化粧材が多い。単位面積あたりの材積は約 1.2m³ と算出された。建築種類別部材材積 (著①pp. 4 - 6) は、社寺や民家と比較すると使用されている資材量が多い傾向であった。次に部材約 9700 点の内、端材より採材可能な規格の細かい部材を除いた 6068 点について整理した。これより長大材 191 部材、大径材 136 部材、大径および長大材は 2 部材であった。さらに部材材積では、長大材は約 50.2 m³、大径材は約 53.8 m³ であり、総材積に対するそれぞれの割合は長大材が約 10%、大径材が約 11% であった。

具体的な樹種割合は、ヒノキ 76%、スギ 11.2%、クリ 6.6%、サワラ 5.0%、マツ 1.1%、クス 0.2% の順である。ヒノキが最も多く使用されているが、これは一般的に梁に使用されるマツ資材が入手できず、ヒノキが代替材として利用されたためである。大洲市内では梁の代替として使用可能なヒノキ資材の調達が難しかったため、有数のヒノキ生産地である木曾産ヒノキが選定された。納入されたヒノキの産地内訳は、大洲産が 147.9 m³ (43%)、木曾産が 139.6 m³ (41%)、その他の地域産が 53.6 m³ (16%) であった。

3. 構成部材規格に基づいた立木規格の算出

3.1 手法

構成部材規格から立木規格の算出は、流通過程で扱われる規格の違いに着目した。まず手順 1 で構成部材の規格 (材長・巾) の情報から原木規格 (材長・末口直径) の推定をおこない、次に手順 2 で原木規格から立木規格 (樹高・胸高直径) の順に推定する。なお立木規格までの推定は、1 つの構成部材を 1 本の立木から採材した場合と仮定する。

手順 1. 構成部材規格から原木規格の推定

木造建造物の主要構造部材には、耐久性を高め、材の狂いを少なくするため、辺材を除いた心材のみが使われる。辺材幅は樹種や産地によって異なるため一定の値を決めることはできないが、本研究では 2007 年に原木市場においてヒノキ天然木の原木 89 本について実測調査をおこない辺材幅の加算値を 4.4cm とした (著③pp. 1 - 12)。次に心材部分の推定は、部材が丸材と角材のどちらであるか、芯去り材が芯持ち材か、さらに辺材を含んでいるか否かの採材方法に関する項目を検討する必要がある。本研究で定義している材長 6m 以上、巾 45cm 以上の大径長大材を得るには、原木規格では材長 6m 以上、末口直径 53.8 cm (=巾 45.0cm + 辺材部分 4.4cm × 2) 以上が必要である。末口直径の単位は 2cm 括弧で表しているため、末口直径 54cm 以上を把握する。なお大洲城天守の事例では、納入木材に関する資料に構成部材が得られる原木規格が記載されている。そこで原木規格 (材長・末口直径) 5846 本について評価した。

手順 2. 原木規格から立木規格の推定

原木規格から立木規格の推定は、樹高曲線式 (Henricksen 式)⁵⁾

と相対幹曲線式（吉田式）⁵⁾を用いた。2式を用いて、原木規格が得られる立木の胸高直径を立木規格の必要条件として推定することができる。

樹高曲線式 $H = a \times \log(\text{DBH}) \cdot b$ (1)
(H ; 樹高 (m), DBH (cm) ; 胸高直径, a と b は定数)

相対幹曲線式 $y = cx^3 + dx^2 + ex$ (2)
(x ; 相対高 (樹高を 1 とした時の梢端からの距離の相対値), y ; 相対径 (相対高 0.9 の位置の直径を 1 とした時の直径の相対値), c, d, e ; 実数)

式のパラメータは、対象地の地域や地形、樹種や植生など多様な環境要因によって変化する。本研究では 2007 年に長野県木曽地域赤沢天然林内において、ランダムサンプリングにより選定したヒノキ 100 本の実測調査をおこなった結果、以下のパラメータが得られた（著③pp. 1 - 12）。

$a = 11.49, b = 19.21, c = 2.2892, d = -4.0936, e = 2.9394$

表 1 樹高曲線式と相対幹曲線式より推定した上部直径

胸高直径 (cm)	地上高h(m)における上部直径(cm)				
	h=6	h=7	h=8	h=9	h=10
40	32.8	31.8	30.9	30.0	29.2
42	34.5	33.5	32.5	31.7	30.8
44	36.2	35.2	34.2	33.3	32.4
46	38.0	36.9	35.9	34.9	34.0
48	39.7	38.6	37.5	36.6	35.7
50	41.5	40.3	39.2	38.2	37.3
52	43.2	42.0	40.9	39.8	38.9
54	45.0	43.7	42.5	41.5	40.5
56	46.7	45.4	44.2	43.1	42.1
58	48.5	47.1	45.9	44.8	43.7
60	50.2	48.8	47.6	46.4	45.3
62	52.0	50.5	49.2	48.1	47.0
64	53.8	52.3	50.9	49.7	48.6
66	55.5	54.0	52.6	51.3	50.2
68	57.3	55.7	54.3	53.0	51.8
70	59.0	57.4	56.0	54.7	53.4
72	60.8	59.1	57.7	56.3	55.1
74	62.6	60.9	59.3	58.0	56.7
76	64.3	62.6	61.0	59.6	58.3
78	66.1	64.3	62.7	61.3	59.9
80	67.9	66.0	64.4	62.9	61.6

引用：著③pp. 1 - 12

(1) 式と (2) 式より表 1 を作成した。表 1 は立木の胸高直径を基準とし、地上高別に推定した上部直径を示している。このとき立木が森林に生育している状態では、立木の地際の根に近い部分の樹形には根張りがある点に留意する。例えば根張り部分を 1m と仮定す

ると、原木規格で材長 6m 以上が必要な場合、地上高 7m (=材長 6m+根張り部分 1m) となる。したがって大径長大材が得られる原木規格、材長 6m 以上、末口直径 54cm を得るには、立木規格では胸高直径 66cm 以上が必要である。この値は大径長大材の目安として以下の文中で用いる。

3.2 結果

大洲城天守に使用されている原木 5846 本について、材長と末口直径別本数内訳を表 2 に示した。

表 3 天守造営に必要な立木規格

胸高直径階(cm)	立木本数	胸高直径階(cm)	立木本数
20(19.0cm～20.9)	88	60(59.0cm～60.9)	27
22(21.0cm～22.9)	198	62(61.0cm～62.9)	40
24(23.0cm～24.9)	453	64(63.0cm～64.9)	45
26(25.0cm～26.9)	283	66(65.0cm～66.9)	11
28(27.0cm～28.9)	502	68(67.0cm～68.9)	12
30(29.0cm～30.9)	264	70(69.0cm～70.9)	0
32(31.0cm～32.9)	538	72(71.0cm～72.9)	53
34(33.0cm～34.9)	437	74(73.0cm～74.9)	0
36(35.0cm～36.9)	236	76(75.0cm～76.9)	18
38(37.0cm～38.9)	446	78(77.0cm～78.9)	8
40(39.0cm～40.9)	386	80(79.0cm～80.9)	12
42(41.0cm～42.9)	575	82(81.0cm～82.9)	0
44(43.0cm～44.9)	556	84(83.0cm～84.9)	0
46(45.0cm～46.9)	303	86(85.0cm～86.9)	0
48(47.0cm～48.9)	110	88(87.0cm～88.9)	0
50(49.0cm～50.9)	73	90(89.0cm～90.9)	4
52(51.0cm～52.9)	24	92(91.0cm～92.9)	0
54(53.0cm～54.9)	76	94(93.0cm～94.9)	0
56(55.0cm～56.9)	45	96(95.0cm～96.9)	0
58(57.0cm～58.9)	19	98(97.0cm～98.9)	4

表 4 柱と梁に使用されている立木規格

胸高直径階(cm)	立木本数(本)	
	柱	梁
20(19.0cm～28.9)	14	0
30(29.0cm～38.9)	70	16
40(39.0cm～48.9)	119	25
50(49.0cm～58.9)	43	21
60(59.0cm～68.9)	2	34
70(69.0cm～78.9)	0	3
80(79.0cm～88.9)	0	0
90(89.0cm～98.9)	0	0
100(99.0cm～108.9)	0	0
total	248	99

大径長大材が得られる原木規格、材長 6m 以上、末口直径 54cm 以上について把握したところ、材長 6m 以上の原木は 191 本、末口直径 54cm 以上の原木は 207 本であった。次に原木規格の情報より算出された立木規格を表 3 に示した。表 3 より大径長大材が得られる立木規格、胸高直径 66cm 以上は 122 本であり全体の約 2%であった。次に大洲城天守の構造材の内、柱と梁に使われている立木規格を把握した（表 4）。

表 4 より柱には 248 本の立木が必要であり、胸高直径階 30cm 以上 50cm 未満の立木が多く使われていることがわかった。また最も大きな立木は、胸高直径階 60cm であった。梁は 99 本の立木が使用され、規格は胸高直径階 40cm 以上 60cm 未満と柱より規格の大きな立木が使われていた。最大では胸高直径階 70cm であった。

4. 天守造営に必要な森林資源

4.1 対象林分と資料

大洲城天守には、構造材の梁に使用されるマツ資材の代替材としてヒノキ天然木を木曽から入手していた。木曽ヒノキ林は、長野県の木曽谷に生育しており、江戸時代に寺院造営や築城資材として強度伐採がおこなわれ、その跡地にヒノキ稚樹が更新し成立した森林である。そのため木曽ヒノキは賦存量が多く、樹齢 300 年以上⁶⁾の優良大径木がまとも存在している。本研究では木曽ヒノキ天然林の標準的な現存量を把握するために、長野県木曽郡上松町に位置する赤沢自然休養林天然ヒノキ林内に 3.61ha の調査地を設定した。調査地は標高 1200m～1300m、北東向き斜面である。2011 年に毎木調査をおこない、ヒノキ立木の胸高直径を測定し、単位面積 (ha) あたりの立木本数を導いた。

4.2 方法

森林資源の評価では天守を造営するのに必要なヒノキ天然林の森林面積を求めた。森林面積を求める手法は、南雲ら（著④ pp. 259 - 303）による「木曽ヒノキ天然林の保続計画に関する研究」で採用された手法を用いる。具体的には、大洲城天守の事例より算出された森林資源と対象林分より得られた結果について、それぞれ直径の太い方から積算していき、積算立木本を導いた。このとき天守の事例より算出された積算立木本数は必要積算立木本数とし、木曽の天然林より得られた積算立木本数は基準積算立木本数とする。次に基準積算立木本数に基づき、必要積算立木本数を包含するために必要な森林面積を直径階別に求めた。

4.3 結果

調査林分はヒノキ上層木が 406 本存在し、単位面積 (ha) あたりの立木本数が 112 本、平均胸高直径は 60.6cm であった。各直径階別割合は、40cm から 48cm が全体の 6.7%、50cm から 58cm が 22.2%、60cm から 68cm が 34.7%、70cm から 78cm が 20.9%、80cm から 88cm が 6.7%、90cm から 98cm が 0.2%、最大径級である 100cm が 0.2%であった。この現況から基準積算立木本数を算出した。次に大洲城天守の事例より算出された森林資源より、必要積算立木本数を算出した。表 5 より天守を造営するために必要な森林面積を算出した結果、各直径階を包含する森林面積は 53.6ha であると見積もられた。ただし多様な規格の立木すべてをヒノキ天然

林から調達した場合と仮定した推定であり、実際に木曽で要求された立木は調達困難な大径木に限られている。

表 5 大洲城天守に必要な森林面積の算出

胸高直径階 (cm)	必要積算	積算立木本数を包含する森林面積	
	立木本数	基準積算立木本数	面積 (ha)
20 (19.0cm～20.9)	5846	109.14	53.6
22 (21.0cm～22.9)	5758	108.59	53.0
24 (23.0cm～24.9)	5560	107.76	51.6
26 (25.0cm～26.9)	5107	106.37	48.0
28 (27.0cm～28.9)	4824	106.09	45.5
30 (29.0cm～30.9)	4322	105.26	41.1
32 (31.0cm～32.9)	4058	104.71	38.8
34 (33.0cm～34.9)	3520	104.71	33.6
36 (35.0cm～36.9)	3083	104.43	29.5
38 (37.0cm～38.9)	2847	103.6	27.5
40 (39.0cm～40.9)	2401	103.05	23.3
42 (41.0cm～42.9)	2015	102.77	19.6
44 (43.0cm～44.9)	1440	101.94	14.1
46 (45.0cm～46.9)	884	100.28	8.8
48 (47.0cm～48.9)	581	98.61	5.9
50 (49.0cm～50.9)	471	95.57	4.9
52 (51.0cm～52.9)	398	92.52	4.3
54 (53.0cm～54.9)	374	89.47	4.2
56 (55.0cm～56.9)	298	84.76	3.5
58 (57.0cm～58.9)	253	78.67	3.2
60 (59.0cm～60.9)	234	70.64	3.3
62 (61.0cm～62.9)	207	64.82	3.2
64 (63.0cm～64.9)	167	54.02	3.1
66 (65.0cm～66.9)	122	45.98	2.7
68 (67.0cm～68.9)	111	39.61	2.8
70 (69.0cm～70.9)	99	31.58	3.1
72 (71.0cm～72.9)	99	24.38	4.1
74 (73.0cm～74.9)	46	18.56	2.5
76 (75.0cm～76.9)	46	14.96	3.1
78 (77.0cm～78.9)	28	10.8	2.6
80 (79.0cm～80.9)	20	8.03	2.5
82 (81.0cm～82.9)	8	5.26	1.5
84 (83.0cm～84.9)	8	3.88	2.1
86 (85.0cm～86.9)	8	2.22	3.6
88 (87.0cm～88.9)	8	1.66	4.8
90 (89.0cm～90.9)	8	0.55	14.4
92 (91.0cm～92.9)	4	0.55	7.2
94 (93.0cm～94.9)	4	0.55	7.2
96 (95.0cm～96.9)	4	0.28	14.4
98 (97.0cm～98.9)	4	0.28	14.4
100 (99.0cm～100.9)	0	0.28	0

表 2 天守造営に必要な原木の末口別・材長別本数内訳

末口直径階(cm)	材長別本数(本)									total
	1m未満	1m以上 2m未満	2m以上 3m未満	3m以上 4m未満	4m以上 5m未満	5m以上 6m未満	6m以上 7m未満	7m以上 8m未満	8m以上 9m未満	
18(17.0cm～18.9)	8	16	34	44	0	84	0	0	0	186
20(19.0cm～20.9)	80	70	59	6	0	2	0	0	0	217
22(21.0cm～22.9)	0	24	322	0	73	0	0	0	0	419
24(23.0cm～24.9)	0	21	27	68	78	58	42	2	2	298
26(25.0cm～26.9)	140	273	80	64	140	11	1	0	0	709
28(27.0cm～28.9)	0	23	55	112	32	20	6	0	0	248
30(29.0cm～30.9)	36	154	121	13	38	14	27	6	0	409
32(31.0cm～32.9)	16	306	134	242	143	57	21	0	0	919
34(33.0cm～34.9)	0	48	27	6	81	42	2	0	0	206
36(35.0cm～36.9)	80	38	109	8	52	19	19	0	0	325
38(37.0cm～38.9)	0	160	342	102	114	133	2	4	0	857
40(39.0cm～40.9)	0	17	390	8	28	8	7	0	0	458
42(41.0cm～42.9)	0	28	58	24	0	8	0	0	0	118
44(43.0cm～44.9)	0	8	35	4	23	41	6	2	0	119
46(45.0cm～46.9)	14	4	2	11	30	5	5	0	1	72
48(47.0cm～48.9)	0	8	1	12	12	8	10	1	0	52
50(49.0cm～50.9)	0	0	4	0	0	0	4	4	0	12
52(51.0cm～52.9)	0	0	0	0	0	8	6	0	1	15
54(53.0cm～54.9)	0	0	6	31	23	22	0	8	0	90
56(55.0cm～56.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58(57.0cm～58.9)	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
60(59.0cm～60.9)	0	0	0	4	0	5	0	2	0	11
62(61.0cm～62.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64(63.0cm～64.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66(65.0cm～66.9)	0	0	24	0	0	0	0	0	0	24
68(67.0cm～68.9)	0	24	0	16	0	0	0	0	0	40
70(69.0cm～70.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72(71.0cm～72.9)	0	0	8	12	0	0	0	0	0	20
74(73.0cm～74.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76(75.0cm～76.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78(77.0cm～78.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80(79.0cm～80.9)	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
82(81.0cm～82.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84(83.0cm～84.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86(85.0cm～86.9)	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
88(87.0cm～88.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90(89.0cm～90.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92(91.0cm～92.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94(93.0cm～94.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96(95.0cm～96.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98(97.0cm～98.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100(99.0cm～100.9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	388	1222	1838	791	871	545	158	29	4	5846

そこで大径長大材が得られる立木規格である胸高直径 66cm 以上の立木のみを調達すると仮定した場合の森林面積を算出した。この結果、胸高直径階 66cm 以上の全ての規格を包含するには少なくとも 14.4ha の森林面積が必要であった。さらに天守を造営するのに必要な森林資源は胸高直径階 98cm まで存在し、具体的に大径木では 90cm, 96cm, 98cm の立木が要求されている。しかしながら実測調査の結果からも確認できたが、胸高直径 90cm 以上の立木は森林内にごくわずかしかな存在しない。ここで必要とされる胸高直径 90cm の資材を、仮に外材や集成材で代替することが可能であれば、資材は 14.4ha の三分の一の 4.8ha で賄うことが可能である。

また森林施業の観点から、算出された 53.6ha の森林に現存する立木を皆伐することは不可能である。木曽谷の択伐施業⁷⁾では、伐採率は 30%が上限とされているが、本研究では 20%を標準的な伐採率とする。この条件を考慮すると天守に必要な森林資源のうち、すべての直径階を包含する森林面積 53.8ha の場合はさらに多くの約 268ha となる。同様の考え方で、大径長大材のみを調達するという条件により算出された森林面積 14.4ha は 72ha となり、大径長大材のうち胸高直径 90cm 未満を調達するときに算出された森林面積 4.8ha は 24ha となる。

5. まとめ

本研究では、木造建造物に使用されるヒノキ天然林資源の供給可能性を検討するための知見を得ることを目的として、大洲城天守を事例とし、必要森林資源量の検討を試みた。この結果、需要側で要求されている多様な規格を包含する森林面積は広大であり、さらに実際の施業と照らし合わせ推定するとさらに多くの森林が必要であることが結果として得られた。

しかしながら資材は森林に生育している段階での枯損や外観から判断できる節や傷などの欠点、そして伐採して初めて明らかになる欠点などのリスクが存在する。著者らがおこなったヒノキ天然木 100 本に関する品質調査（著⑤pp. 55 - 58）では、節や傷などの欠点のない高品質な大径長大材は約 20%であった。以上のような安全率を考慮した場合、さらに 5 倍の森林面積が必要であることが考えられる。また本研究で対象とした大洲城天守にはヒノキ資材が多く使用され、その中にマツの代替材として梁に使用された木曽ヒノキ資材が含まれていた。マツ大径長大材はマツ材線虫病によるマツ枯れによって森林資源からの調達が望めないため、今後も同様のケースが出てくることが予想される。

文化的価値の高い歴史的木造建造物には、修復に関わる職人の材料へのこだわりがある。資材の美しさもこだわりの一つであり、年輪の狭さや均一さは意匠性の面から重要である。しかし森林資源には限りがあり、将来的に木造建造物を維持していくには、需要と供給の兼ね合いを考える必要がある。木曽谷の森林施業において、期待径級 40cm を得るのに要する標準期間は 200 年である⁷⁾。つまり 1 年あたりの年輪幅増加量は 0.1cm と算出できる。単純に考えて胸高直径 60cm の立木を得るには、少なくとも育成期間は 300 年かかり、径級が大きくなればそれだけ膨大な育成期間を要する。木造建造物は我が国の文化の象徴であり、これは木の文化である。したがって修復要件オーセンティシティーの中の同樹種、同品質を考える上で、森林資源の供給可能性を検討していくと同時に、不足してい

く可能性のある森林資源の現状を認識して、代替材の問題や規格の変更などへの対応を議論しておかなければならない。本研究でこになった木造建造物の事例から森林資源を評価することは、上記の問題を解決する上での重要な材料となりうる。

謝辞

本報告に際して、大洲市都市整備課・建築住宅室長 蔵本和孝氏には大洲城天守の構成部材の情報をご提供いただきました。また株式会社 間組・所長 外館寛 氏には復元事業に関してご教示いただきました。木曽地域赤沢天然林の森林調査では、木曽森林管理署・署長 川瀬政輝氏、森林技術専門官 桶直頭氏に多大なご協力をいただきました。心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 村田健一：修理用資材の調査、大径材及び高品位材の供給に関する研究、pp.16 - 23, 2000. 3
- 2) 文化財建造物保存技術協会：ヒノキの資源現況、平成 14 年度ふるさと文化財の森構想調査報告書、pp. 131 - 143, 2003. 3
- 3) 有馬孝禮：文化財修復のための木材需要予測に関する調査、大径材及び高品位材の供給に関する研究、pp. 24 - 50, 2000. 3
- 4) 大洲市商工観光課：大洲城天守復元事業報告書、356pp, 2004. 12
- 5) 南雲秀次郎、箕輪光博：測樹学、p.15, p.74, 地球社、1990
- 6) 中部森林管理局：三浦実験林の概要、三浦実験林 30 年のあゆみ - 木曽ヒノキ更新技術確立への挑戦とその成果 -, pp. 9 - 10, 1999. 3
- 7) 中部森林管理局：木曽谷国有林の地域別の森林計画書(木曽谷森林計画区)、54pp, 2011

著者の関与した既発表論文・報告等

- ①山本博一：建造物文化財に使用されている木材量の推定、木造建造物文化財の修理用資材確保に関する研究、pp. 4 - 6, 2005. 3
- ②大塚哲也、後藤治、二村悟：文化財建造物の修理時に作成する構成部材調査に関する提案、日本建築学会技術報告集, vol. 16, No. 33, 775 - 778, 2010. 6
- ③佐藤樹里、山本博一、巽登志夫：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方法について、森林資源管理と数理モデル Vol.8 - FORMATH TOHOKU 2008 -, pp. 1 - 12, 森林計画学会出版局, 2008
- ④南雲秀次郎、山本博一：木曽ヒノキ天然林の保続計画に関する研究 - 新しい視点からみた神宮備林の法正状態 -, 東大農学部演習林報告, No. 78, 259 - 303, 1988. 2
- ⑤佐藤樹里、山本博一、巽登志夫：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 -, 関東森林研究 60, pp.55 - 58, 2009. 3

注

- 注 1) 復元工事の際に作成された納入木材に関する業務資料は未公表資料である。
- 注 2) 著は、文末に示した著者の関与した既発表論文・報告等のこと
- 注 3) 著者の関与した既発表論文・報告等⑤の品質調査は、外観から判断可能な節、傷等の欠点について、東西南北の 4 方向から立木を調査した。

(2012年3月9日原稿受理, 2012年8月27日採用決定)