

## 〔報告〕 巖島神社大鳥居の生物劣化調査

藤井 義久<sup>\*1</sup>・藤原 裕子<sup>\*1</sup>・木川 りか・原島 誠<sup>\*2</sup>・  
喜友名 朝彦<sup>\*3</sup>・杉山 純多<sup>\*4</sup>・早川 典子・川野邊 渉

### 1. はじめに

巖島神社（広島県）の大鳥居の主柱、袖柱および貫について、木部の腐朽など劣化調査を実施した（図1）。この報告では、大鳥居の過去の修理の履歴を踏まえ、今後の調査や保存修復のための基礎的知見を得るため、本調査の結果を総括する。

大鳥居の構造形式は、四脚造、木造、丹塗、屋根桧皮葺で、基礎部は、土壤に杭打ちを行った上にコンクリートで地業を施し、基礎石の上に柱を据えつけとなっている。主柱2本はクスノキの自然木で、袖柱4本も杉の自然木を使用している（但し脚部はクスノキの自然木で根継されている）。主柱と袖柱は上下2ヵ所で差貫を差通してあり、楔締（雨覆付）で固定されている。また笠木、鳥木とも箱形に造り、内部を砂利詰めとしてある。両者は反り付きで、上棟部は、屋根通し板を打ち付け、桧皮葺とし、雨仕舞の工夫として軒付に水切り銅板を付け、棟銅板包置渡しおよび螻羽破風付きとなっている。総体は丹塗であるが、木口は黄土塗で、鳥木の木口には月日紋飾金具を付け、この月日紋飾金具は漆箔押しで仕上げられている。

規模は桁行として主柱真々（地盤面）間隔が10.939m、梁間として袖柱真々の間隔が9.394m、棟高は16.591m、上棟長さは24.242mである。軒の出としては、主柱真より軒付上角までの距離が1.97m、軒面積としては、茅負で規定される角の内側面積で98.794m<sup>2</sup>、屋根面積として平葺面積が111.153m<sup>2</sup>となっている。現在の鳥居は、明治8年に創建された8代目の鳥居とされるが（履歴は後述）、昭和25年5月30日法律第214号で制定され重要文化財となっている。



図1 巖島神社大鳥居と調査対象となった部材

### 2. 大鳥居とその保存修復の履歴

大鳥居（現存の8代目）の創建明治8年（1875年）からの修理などの履歴を表1に示す。創建から台風などによる損傷とその補修以外に、主柱や袖柱の下部および基礎部については、木部の腐朽による劣化を補修するための大掛かりな修理が、明治42年（1909年）、大正14年（1925年）、昭和25年（1950年）および昭和40年（1965年）に実施されている。いずれも柱基礎部の

\*1 京都大学大学院農学研究科

\*2 巖島神社工務所

\*3 (株)テクノスルガ・ラボ

\*4 (株)テクノスルガ・ラボ千葉分室

表1 大鳥居（8代目）の履歴

元号	年	西暦年	月日	事象（●破損など）	内容（▲は柱および基礎に関する項目）
明治	8	1875	7月17日	上棟（棟札）	東主柱は一本ものだが、西主柱は根元に継木があり、継手は上の貫下から下の貫下に来る長さ約11尺5寸にわたる金輪軸とした。各控柱は杉材で、基礎は千本杭としている。 日向国児湯郡高野村（宮崎県高野郡）、讃岐国丸亀の木に島内亀居山の西麓の根を継材にし、柱柱の杉4本は島内御山（敦山）の戒院寺地下と奥院、屋根板と上棟の軸は宇品島（広島市南区）、大貫・笠木・島木は求聞持室下と奥院、額短柱は滝宮、腰貫は求聞持室、納内持室木・千本杭は多々良高からと島内各所から用材を調達（明治八年大鳥居重造記）。
	11	1878	4月28日	大鳥居御願版下が落成（宮島町史）	
	15	1882	6月26日		▲袖柱4本の根継が許可（宮籍記録）。
	37	1884	8月23日		▲根継用の桐木の検査（宮籍記録）。工事の実施は不明。
	17	1884	8月26日	●嵐で巻金（綱）が壊く（宮島町史）	
	19	1886	9月24日	●大嵐で福柱根継部分が破損（宮籍記録）	
			11月18日	●嵐波により大鳥居が破損（宮籍記録）	
			12月14日		修繕が許可（宮籍記録）。破損・修理箇所や方法の詳細は不明。
	24	1891	9月14日	●大嵐雨で屋根が破損（宮籍記録）。	
	25	1892	3月		屋根の修繕が落成（宮籍記録）。
	26	1893	5月19日		袖柱ほかの修繕が許可（宮島町史）。工事の実施は不明。
	26	1893	9月3日	●強風により屋根が破損（宮島町史）。	
	26	1893	10月12日		屋根の修繕が許可（宮籍記録）。
	26	1893	10月14日	●暴風雨により破損（宮籍記録）	
	28	1895	1月31日		修繕が許可。西主柱に巻金を行う（宮島町史）。
	29	1896	10月29日		修繕が許可。（屋根何？）（宮島町史）
	30	1897	12月20日		修繕が許可。南側袖柱の根継（宮島町史）。
	32	1899	4月5日	特別保護建造物に認定	
			7月6日		修繕許可。
			7月10日	●大嵐で西側袖柱の根継が離脱	
			8月27日	●落雷で西側主柱が火災（宮島町史）	▲西側袖柱2本の修理完了（宮籍記録）。
	37	1909	8月27日		破損状況と修理内容は不明。
	41	1908	1月		特別保護建造物修繕第四区工事で修理が行われることになる。
	42	1909	11月17日		大鳥居の修繕工事し、屋根の葺替と塗装が行われる。この塗装で丹塗となる。▲基部は木材の外周下端の腐朽部分を掻き取り、その補いとしてコンクリート基礎を打ち上げたものらしい（昭和25年報告書）。恐らくこの時に底部腐朽部を切り取り、基礎コンクリートを打ったと考えられる（現状で基礎が高いことの根拠）。
大正	14	1925	8月27日		屋根の葺替と塗装工事が竣工（宮島町史）。
					各柱脚部に、鉄筋コンクリートで根巻補強（宮籍記録）。●結果として、コンクリートが変形、接している木部が腐食。
昭和	4	1929	3月28日	国宝保存法の公布により、国宝に認定	
	6	1931	8月10日		▲大鳥居柱根コンクリート巻補修（宮籍記録）。
	9	1934	7月13日		▲大鳥居柱根コンクリート修理（宮籍記録）。
			7月16日		大鳥居袖柱（内側東・西）屋根修理。
	12	1937	5月12日		▲大鳥居柱根コンクリート補修（宮籍記録）。
	25	1950	5月30日	文化財保護法の公布により、重要文化財に認定	
			10月14日		大鳥居修理工事が紀工し、根継（6本）・屋根葺替・塗装工事が行われる（報告書）。▲西主柱（佐賀県佐賀郡錦島村ノ上、高岸邸より）は根元に継木。継手は上の貫下から下の貫下に来る長さ約11尺5寸にわたる金輪軸、東主柱（福岡県久留米市）は一本ものとした。▲各控柱は根継方式で上部を杉材、下部を桐材とし、継手は梁行方向に目建てで、これに直角方向に表面だけ目建てとし、基礎は千本杭とした。
	35	1951	5月26日	●柱脚部に海草が繁茂	トータラックで処理。
	38	1963	12月26日	権札2枚が重要文化財に認定	大鳥居修理工事が竣工。
	40				▲柱脚部にモルタル・樹脂で補強。屋根工事後として軒付飛散防止。 塗装工事後として全体丹塗塗替、額塗装、金具溶押し。丹は高長吉丹の粉末の微細な選良材とし、アクリル樹脂も良質のものとした。塗装する面全体を水洗いして脆弱化した部分を洗い落とし、全体に補強を行い、次にアクリル樹脂の溶液で止塗を行なった。仕上塗はアクリル樹脂溶液に丹顔料を適度に混入し、充分練り合わせた材料で乾かす塗り上げ、剥離防止としてアクリル樹脂溶液で乾かす塗上げ。 ▲虫害駆除および補修として、虫害部を削り取り、モルタル補強用の釘打鉄線張りを行いモルタル吹き付け、虫害欠損部にモルタルを充填し、キャスター防水剤吹き付け。設計書仕様では、フナクイムシの虫害部分を削り取り、キシラモンを吹き付け、乾燥後コンプレッサーでその面及び虫穴深部にモルタルが入る様に吹き付け、取り取った木部の腐食にモルタルをつけ、モルタルは板棒を拵えて打ち込み、又は塗付け、木部との繋結は真鍮釘を打ち込み、この釘に鉄線をかみつけモルタルの中に埋め込み、モルタル表面は自然木形に拵合せ、その上にキャスター防水塗料を厚さ2mm程度に塗り付け、としいる。
	47	1972			屋根工事後として軒付、平葺の破損部補修。塗装工事後として全面に丹塗塗装。虫害補修工事後として樹脂修理、防腐剤塗布、一部埋木補修。
	56	1981			調査。
	58	1983			屋根補修、袖柱屋根全葺替、塗替。
	3	1991			脚部腐食調査、樹脂加工テスト。
	5	1993			樹脂で補修 現地調査、超高压淡水噴出機にてフジツボや胞菌部を除去、淡水洗浄しジェットヒーターで水分除去。平成元年から現地調査、3年にテスト施工、途中台風19号のため中断、4年から軌道にのり、補助事業が完了後の5年8月から工事着手し12月10日に工事が完了している。プライマー塗布の後、木とパテの付着を良くするためにエポキシ樹脂SPボンドTW-2000を刷毛、噴霧器で塗布。
平成	6	1994	2月		工務は、パテ付け（モルタル）（赤色）をゴムヘラで塗り付け、繊維補強（ガラスクロスを手で浮きがないよう貼り付け）パテ付け（ガラスクロスの上にさらにさらに貼り付け）（赤色）を厚10mmになるように塗付け、硬化養生（PEシートを貼り付けで一晩以上放置）、プライマー塗布（底材を取り付け、刷毛および噴霧器で塗布）、漆木止め（在来の大きき形状の漆木を仮止め、再度パテ塗して硬化する直前に釘止め）、仕上パテ（漆木隙間にパテを充填し、ガラスクロスを併用しながら塗厚10mm以内に塗り整形）、硬化養生（PEシートを貼り付け）とした。各工程毎に中高圧淡水洗浄と乾燥を行なった。●施工後数日目で色調が白色化したため、丹塗を行った。
	7	1995			副止め工事、部分補修。
	15	2003			塗装。

／補強や、木部腐朽部の除去と根継ぎなどの修理であるが、柱脚部の腐朽部を除去し、そこをコンクリート基礎に据え替えたり、柱の根元を鉄筋コンクリートで根巻状に補強したり、表層をモルタルで補強するなどの補修が行なわれてきたが、その効果が十分でない場合もあったようである。この間、柱の表層部分については、傷んだ部分を除去し矧ぎ木で埋め、防水塗装で仕上げるといった小規模の修理が繰り返されてきたようである。

### 3. 調査の目的と方法の概要

今回の調査では上述の大鳥居の保存修復の履歴を踏まえて、主柱や袖柱および差貫について、その基部や接合部分を中心に、腐朽などの生物劣化の現状を把握することを目的とした。またこの調査は、西主柱とその周囲部材を対象とする限定的なものであるが、その成果は今後

の保存修復の計画立案とそのための調査手法を検討するための基礎的資料となりうる。

劣化調査として一次診断として、調査範囲の現況を視診、触診および打診によって把握した。一部柱の表層の矧ぎ木を取り外し、内部の柱本体の表面を診断した。また木材腐朽菌の生育環境を評価するため、木部の含水率測定も行った。二次診断として、穿孔抵抗による柱内部の強度や欠損の評価を実施した。さらに三次診断として、劣化症状を示している部位から少量のサンプルを採取し、菌類の同定を実施した。

## 4. 調査と結果の概要

### 4-1. 一次診断と含水率測定の結果

主柱はクスノキの自然木をそのまま利用しており、今回調査した西主柱の下側差貫下303mm付近での直径は差貫方向1911mm、鳥居方向1662mmである(図2)。今回は西主柱の根継ぎの高さから下側差貫までの範囲を調査した。この部分の柱外周は矧ぎ木による修理の部分が多く、今回の調査では一部の矧ぎ木を取り外して実施した(図3~7)。矧ぎ木と主柱との間には数cm程度の隙間があり、主柱の表層は概ね褐色に変色しており、表層は湿って軟化していた。しかし、軟化部分は概ね表層に留まっているようであった(図4, 5)。矧ぎ木下の主柱の表面の含水率は数十%以上におよび非常に高いが、矧ぎ木表面の含水率は20%前後であった。ただし根継ぎ部に近い部位では、矧ぎ木表面の含水率も数十%に及ぶ場合があった(表2)。矧ぎ木と主柱の間隙には、上部の矧ぎ木や割れなどからの雨水が浸潤および滞留しているものと考えられ、これが主柱表層の劣化の一因となっていると推察された。さらに根継ぎ部分は徳利型の主柱の最も太い部分に相当し、この部分での矧ぎ木の内部には上部からの水分が集まりやすくなっているものと考えられる。また矧ぎ木の表面には所々褐色化した水しみがみられ(図5, 6)、その付近は含水率が高くなる傾向がみられた。これは矧ぎ木の内部に滞留した水分が外部に滲み出して発生したものと思われる。また矧ぎ木をはずしたところ、内部に主柱を巻くように接地された帯鉄が現れ、また垂直方向の接合面が確認できた(図4)。これらのことから主柱の根継ぎ部の構造の一部を理解することができた。さらに帯鉄の上部で主柱表面が褐色化している領域が認められたが、その様相は焦げたような状態であった。

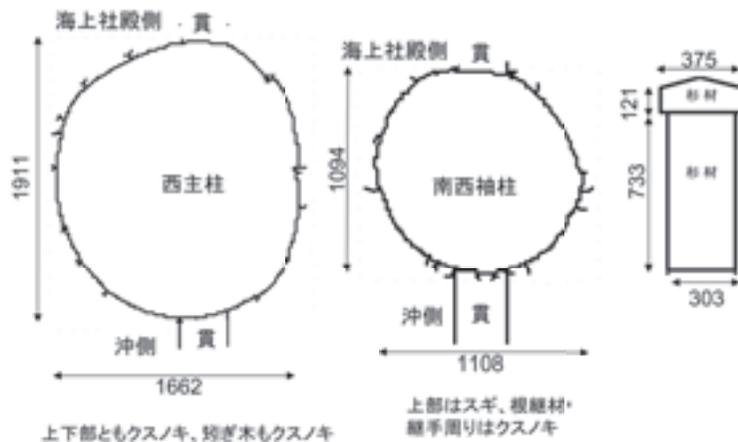


図2 西主柱断面(左)と南西袖柱断面(中)と貫断面(右)

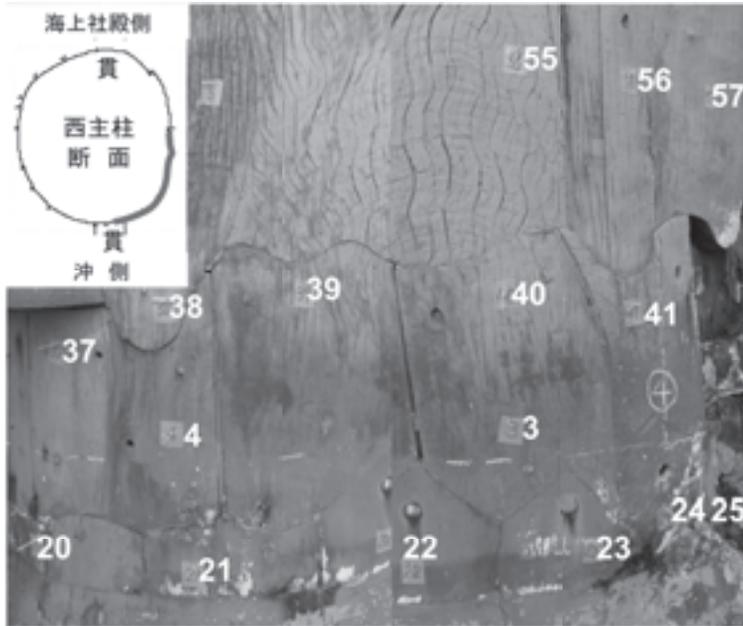


図3 西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置-1

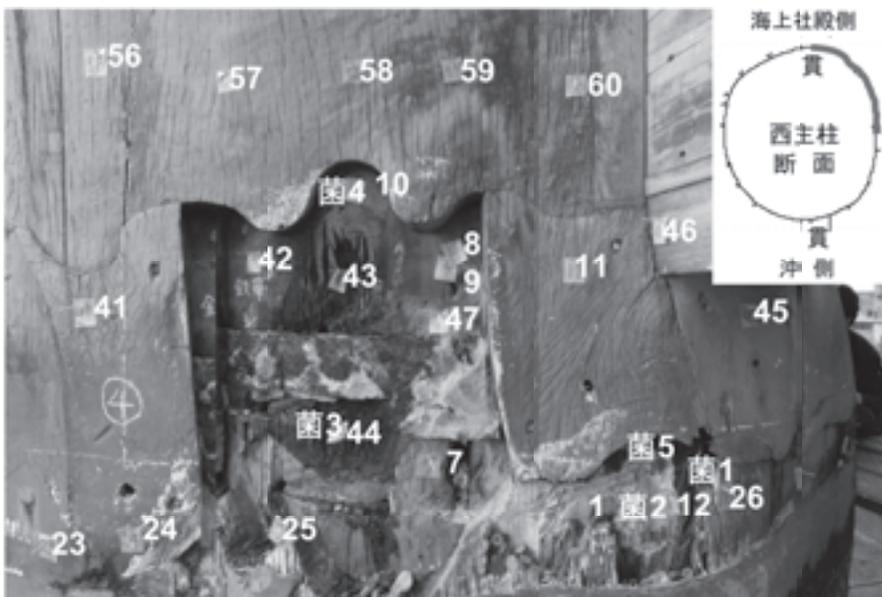


図4 西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置-2

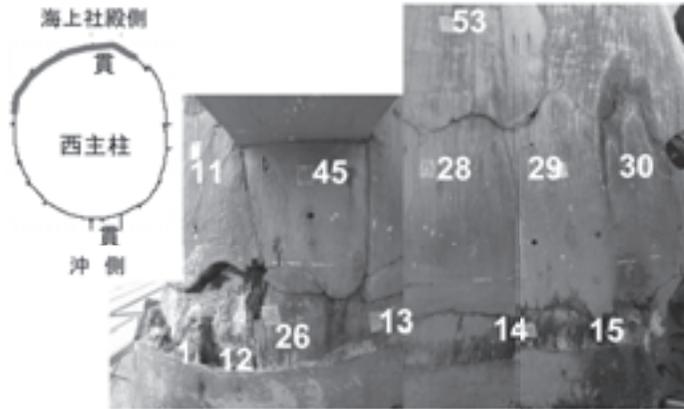


図5 西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置- 3



図6 西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置- 4

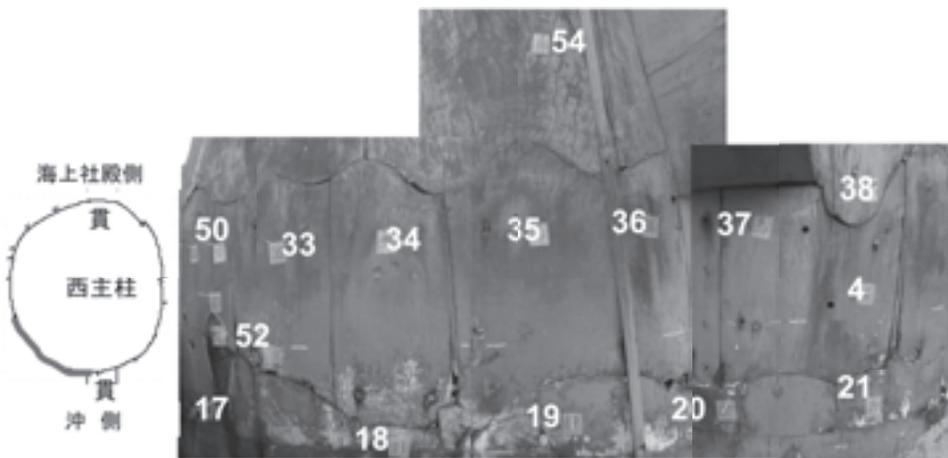


図7 西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置- 5

表2 根継ぎ部上端から測定した各測定位置の高さと含水率

測定位置	根継上端からの距離 (cm)	含水率 (%)	測定位置	根継上端からの距離 (cm)	含水率 (%)
1	14		31	53	27.0
2			32	50	34.5
3	34	12.0	33	47	21.5
4	32	19.0	34	50	22.0
5	95	15.5	35	50	18.0
6			36	52	29.0
7	24		37	49	54.5
8	64		38	58	14.5
9	60		39	58	10.0
10	80	80.0	40	58	
11	60	16.0	41	54	17.0
12	15		42	64	102.5
13	11	45.5	43	62	
14	8	24.5	44	30	85.5
15	4	36.0	45	48	87.0
16	9	55.5	46	65	20.5
17	8	37.0	47	50	82.0
18	4	36.0	48	42	27.0
19	8	40.5	49	53	
20	7	61.5	50	48	21.0
21	6	61.5	51	36	37.5
22	7	56.0	52	28	37.5
23	10	46.0	53	98	
24	12	21.0	54	97	9.5
25	6		55	98	11.5
26	15	36.0	56	97	10.0
27	27		57	102	10.5
28	60	18.0	58	103	
29	55	16.5	59	100	
30	49	20.5	60	97	

含水率は高周波式含水率計を使用。木材の比重を0.5として計測

南西袖柱の直径は、根継ぎ部分において差貫方向1094mm、鳥木方向1108mmで、この部分にも多くの矧ぎ木による修理部分が見られ、矧ぎ木と袖柱表面との間には間隙が認められた(図8～11)。また取り外した矧ぎ木の下から、根継ぎ部のホゾと袖柱下端の切り欠きとそれらの間の間隙の状態が確認できた。矧ぎ木内部の袖柱の表層の状態は、主柱と同様、表層が湿って、軟化および変色していたが、軟化部位は表層に留まるようであった。

差貫は、笠木の下部分のせいが733mmで、幅が303mmであるが、上下2枚合わせとなっている(図12)。この部分の表面には際立った変色や水しみなどの症状は認められない。しかし、合わせ材の間隙や、差貫と主柱の接合部分の内部は劣化が起きやすいと思われる。

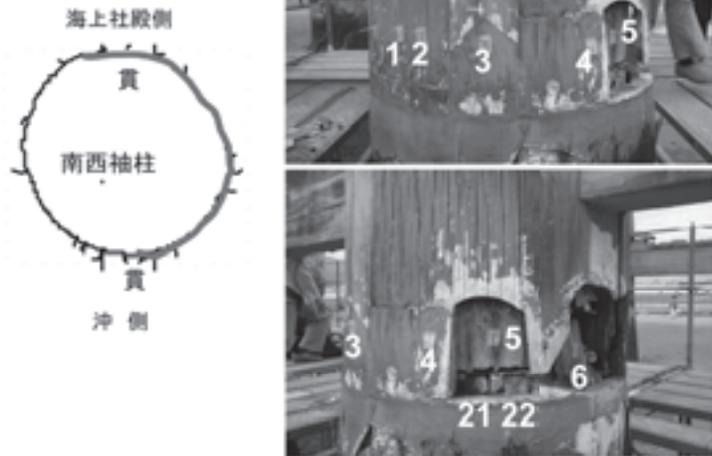


図8 南西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置 - 1

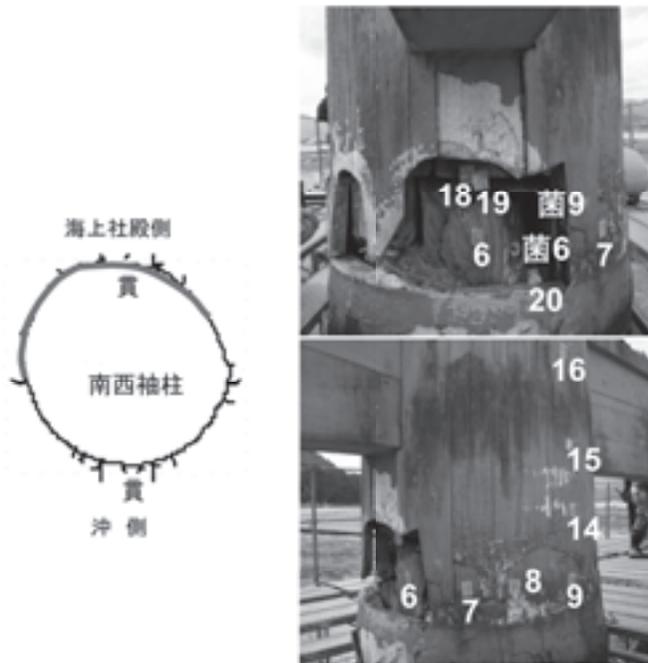


図9 南西主柱根継ぎ部付近の外観と測定位置 - 2

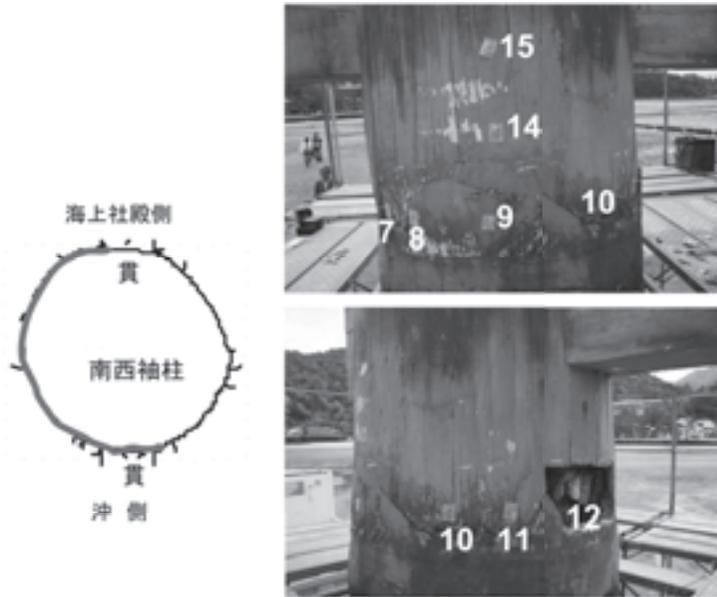


図10 南西支柱根継ぎ部付近の外観と測定位置 - 3

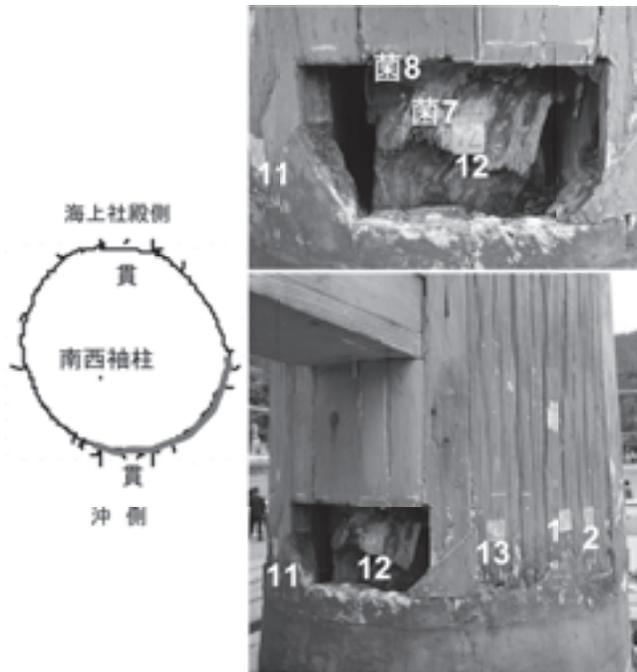


図11 南西支柱根継ぎ部付近の外観と測定位置 - 4

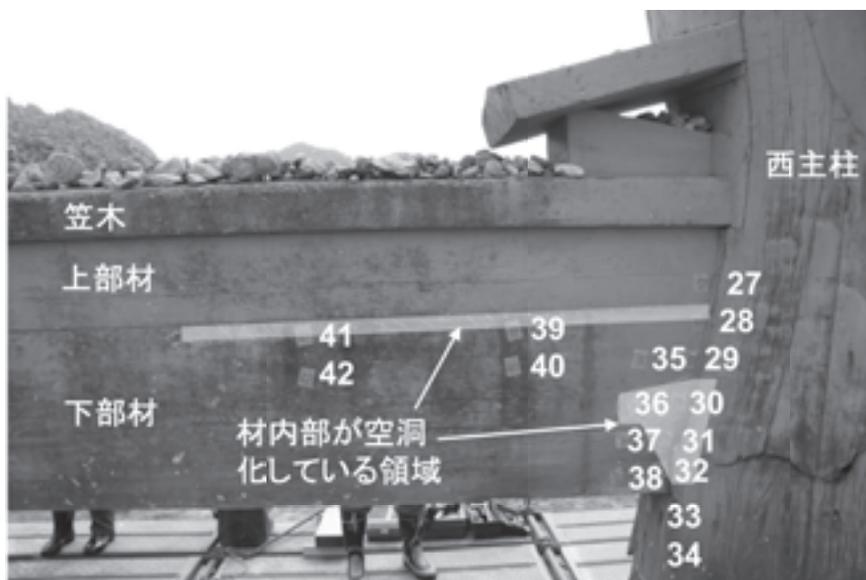


図12 貫の外観と測定位置-1

#### 4-2. 穿孔抵抗測定

主柱、袖柱および貫きについて、腐朽症状のみられた部位を中心に、細いドリルを用いた穿孔抵抗測定を行い、内部の中実の程度を評価した。測定位置を図3～13中の番号として示す。穿孔抵抗測定の装置は先端径3mmのネズミ歯錐を回転させながら一定の送り速度で前進させ、これによって木材を穿孔した時の穿孔抵抗（トルク）を測定する装置である。部材の密度や強度変化および空洞の存在によって変動するトルクを穿孔深さ300mmまで測定できる。穿孔抵抗の測定結果を示すチャートにおいて、穿孔抵抗値の低い領域（深さ）は腐朽によって強度低下がみられたり、空洞化している領域として認識される（図14）。各測定点において、穿孔抵抗値から材内部の状態を評価し、それを総括した結果を図15～17に示す。これらの図では、材の内部が空洞化している領域を白抜きで示している。穿孔抵抗の値は、実物の観察結果と照合し、チャート上でホゾ部などの内部の空隙によって穿孔抵抗が発生していない領域を識別

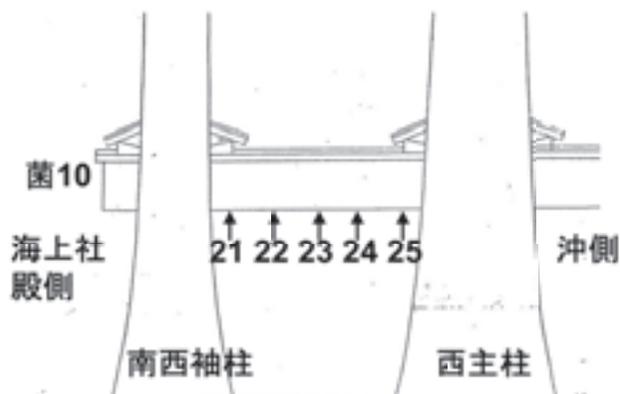


図13 貫の外観と測定位置-2

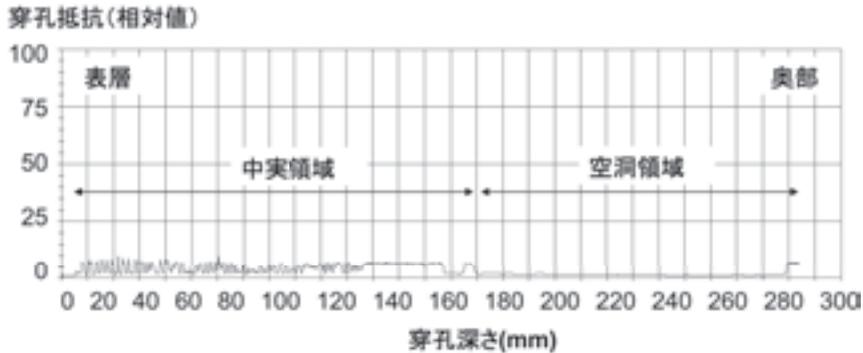


図14 穿孔抵抗の計測結果の例

し、図15～17はこの領域を斜線で示している。またデータが得られていない部分は黒で示した。さらに内部に空洞がなく、中実な領域は灰色で示している。

図15に見られるように主柱の穿孔抵抗の結果については、表層部分に10～15mm程度の軟化あるいは脆弱化した部分があり穿孔抵抗の値は小さくなっているが、それより奥の部分については、内部の接合面付近の間隙を通過した際の穿孔抵抗の低下を除けば、劣化によって空洞化した部分が内在することを示唆するような結果はほとんどなかった。なお図17は剥ぎ木の無い位置やはずした位置では柱本体での測定結果を示し、剥ぎ木の位置では、剥ぎ木の表面からの測定結果を示す。例外的に表層部分から50程度まで穿孔抵抗が低かった測定点26や奥部で穿孔抵抗の低かった測定点10、22および43については、より詳細な調査が必要である。もっとも空洞化していない部位でも木部実質の強度が健全材より低下している可能性があり、これについては、今後校正実験などを行って、穿孔抵抗と材の強度値との関係を把握した上で、柱の健全度を評価する必要がある。また今回測定された穿孔抵抗の値は、総じて実質部分の穿孔抵抗



図15 穿孔抵抗値から評価した西主柱の内部状態の分布



図16 穿孔抵抗値から評価した南西袖柱の内部状態の分布



図17 貫の外観と測定位置 - 2

値が通常の健全材のそれより低いように思われるので、この点からも実質部分の強度については今後慎重な検討と評価が求められる。

この校正実験の結果を待たないと確定的なことはいえないが、今回の穿孔抵抗測定から、全てのポイントで表層から10～15mm程度は劣化あるいは軟化しているといえるが、それより奥の部分は概ね中実であると思われる。ただしその部分の強度については今後さらなる検討が必要である。

また矧ぎ木の裏やホゾの隙間は当初より木材の劣化によって大きくなっている可能性がある。これについては今後、空隙部と実質部の抵抗の変化を少し詳しく分析し、再評価する必要がある。当初あるいは過去の修理後の状態よりも材が劣化し、隙間が大きくなってしまったかどうかを検討する必要がある。また現状の部材の収まり具合と、その部分の部材強度の評価が必要と思われる。

南西袖柱についても西主柱と同様の傾向がみられた(図16)。その一方で、貫およびその周辺については、内部の劣化および空洞化を示唆する結果がえられた(図17)。同図は、貫が主柱に貫通している部位や、積層された貫材の境界の領域で、内部に空洞が存在することを示している。これらの領域では部材間に浸潤した水分によって内部に腐朽が発生し、強度低下や空洞が発生していることが示唆される。

### 4-3. 菌類等の調査

#### 4-3-1. サンプルング

サンプルングに先立ち、満潮水位以下の高さにおいて、表層の彩色板(矧ぎ木)を一部取り外し観察を行った。西主柱の西面の観察結果から、主柱のクスノキ材は部分的に表層から約20mmの深さまで柔らかかなスポンジ状になっていた。しかしこれらの部位の奥部は概ね健全と判定された。柔らかくなっていた表層部分を少量採取した(図5, 表3)。

南西袖柱については、満潮水位以下の部位で、彩色版を取り外した部位では、部分的に後補のスギ材が使用されていた。このスギ材も部分的に表層部で柔らかくなっており、また一部、

表3 採取した10試料からの菌類の分離・同定結果

試料採取箇所	西主柱 図5の菌1	西主柱 図5の菌2	西主柱 図5の菌3	西主柱 図5の菌4	西主柱 図5の菌5	南西袖柱 図100の菌6	南西袖柱 図112の菌7	南西袖柱 図12の菌8	南西袖柱 図100の菌9	真の笠木 図116の菌10
試料番号	蔵島100512-(1)	蔵島100512-(2)	蔵島100512-(3)	蔵島100512-(4)	蔵島100512-(5)	蔵島100512-(6)	蔵島100512-(7)	蔵島100512-(8)	蔵島100513-(1)	蔵島100513-(2)
<b>担子菌門 Basidiomycota</b>										
<i>Ceriporia lacerate</i>					M1 <sup>1)</sup>	M1 <sup>1)</sup>	M1 <sup>1)</sup>	M1 <sup>1)</sup>	M3 <sup>1)</sup>	M2 <sup>1)</sup>
<i>Flavodon flavus</i>			M1 <sup>1)</sup>		M5					
<i>Fuscoporia</i> sp.				M3 <sup>1)</sup>						
<i>Trametes hirsuta</i>									M2	M1 <sup>1)</sup>
Unidentified polyporalean species			M3 <sup>2)</sup>	M1 <sup>1)</sup>						
<b>子囊菌門 Ascomycota</b>										
<i>Acremonium</i> sp. 1 (white)	M1									
<i>Acremonium</i> sp. 2 (white-yellow)		M2								
<i>Paecilomyces</i> cf. <i>tilacinus</i>										M6
<i>Penicillium</i> sp. 1 (yellow-green)										M5
<i>Penicillium</i> sp. 2 (white)					M5					
<i>Phoma</i> sp.		M2								
<i>Trichocladium</i> sp. ( <i>T.</i> cf. <i>achrasporum</i> )								M2 <sup>2)</sup>		
<i>Trichoderma</i> sp. 1 ( <i>T.</i> cf. <i>harzianum</i> )		M1 <sup>1)</sup>						M2		M2
<i>Trichoderma</i> sp. 2 ( <i>T.</i> cf. <i>harzianum</i> )										M3 <sup>1)</sup>
<b>アナモルフ菌類 Anamorphic fungi</b>										
未同定菌種										
Unidentified hyphomycete spp.	M3~M6	M2,M6~M9	M4~M7	M3, M4	M3, M4	M3	M3	M4,M7	M4~M6	
分離株数(小計)	6	2	9	7	4	4	3	2	7	6

※ 表中の数字は分離株番号を示す

1) ITS-5.8S rDNA領域塩基配列解析を実施した分離株

2) 28S rDNA-D1/D2領域塩基配列解析を実施した分離株

材の木口が表出している部位では、キクイムシの食痕と思われる症状も見られた。しかし多くの場合は材はごく表層を除いて健全と推定された。また神殿側の表面では、銅板が挿入されていた付近のスギ材の板が焦げたように黒くなっている部位があった。柔らかくなっている部位と、焦げたような黒い部位を中心に少量のサンプリングを実施した(図10左, 図12左, 表3)。

一方、南西袖柱、西面の満潮時水位より高い位置で、上部から流れた落ちた雨水が浸潤および滞留しそうな部位について、木材腐朽菌類によると思われる劣化が認められ、著しい強度低下も認められた(図14, 表3)。これらの部位からも検体を採取した。

#### 4-3-2. 菌類の検出および同定の結果

前述の手続きによって採取した10試料を観察、同定した結果を表3に示す。試料の顕微鏡による直接観察では、菌糸を染色して観察する方法<sup>3, 4)</sup>も試みたが、南西袖柱の木材腐朽箇所を除いて試料中に顕著に菌類の菌糸が伸張しているような様子は観察されなかった。また南西袖柱の社殿側の焦げたような黒い部位からの試料については、とくに菌類特有の構造は認められず、この黒い部分は過去に何らかの原因で木材が焦げた痕であることが推測された。

次に試料に表面殺菌を施し、試料内部の菌類を分離したところ、主に担子菌類(いわゆる木材腐朽菌類)と子囊菌類が分離された。子囊菌類では、*Trichoderma* spp. が主に分離され、これは木材の軟腐朽(Soft rot)を起こすことが知られている。担子菌類については、子実体をつくらせて同定するのが困難であったため、今回は遺伝子解析により帰属する分類群を決定した(表3)。その結果、5種類の主要な担子菌類が分離同定された。分離された担子菌類は、*Ceriporia lacerate* (Polyporales 目), *Flavodon favus* (Polyporales 目), *Fuscoporia* sp. (サビアナタケ属, Hymenochaetales 目), *Trametes hirsuta* (アラゲカワラタケ, Polyporales 目), そして未同定の polyporalean species であった。一般に海水の影響を受ける環境(例えば、マングローブ域、干潟など)や海水中には多くの菌類が生息していることがよく知られている<sup>5~7)</sup>。これらの担子菌類と軟腐朽を起こす *Trichoderma* spp. が、どの程度、木材表層部の軟化に寄与しているかについては、現段階では明らかではない。今回の調査で分離された菌類が塩分に暴露した状態で生育できるかどうかについては個々の分離株について、生理性状試験等を行う必要があると考える。

海水に浸る部分の材については、少なくとも、表層部を除いて、材に菌類による劣化認められないと思われるが、海水の影響がなく、雨水が浸潤および滞留する部位については明らかに腐朽と強度低下が進んでいた。したがって、むしろ海水に浸る部分よりは、雨水の影響のほう菌類による腐朽にとっては問題になっている可能性がある。

## 5. おわりに

今回の調査で、大鳥居の柱材について、矧ぎ木下の主材部分の内部状態をある程度把握することができた。しかし今回の穿孔抵抗測定装置による内部状態の評価や実質部分の強度評価は表層から300mmの範囲に留まり、その奥部の状態については不明であることや中実部分の絶対的な強度評価のためには校正実験が必要であることを鑑みると、柱材の健全度評価のためには、今後さらに慎重な検討と調査を重ねる必要があると思われる。その際、主柱の根継ぎ部分のホゾ組部に見られる隙間について、そこでの劣化とそれに及ぼす構造強度についても検討が求められる。

一方、今回の調査によって貫材が主柱に貫通している内部に強度低下部位や空洞化している部位が存在することが示唆された。また重ねた形式になっている貫材の隙間とそこからの水分

浸潤に由来すると推定される貫材内部での劣化も示唆された。これらについても今後さらに慎重に検討を重ね、内部状態を明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- 1) 藤井義久, 藤原裕子, 原田正彦, 木川りか, 小峰幸夫, 川野邊渉: 穿孔抵抗測定法を用いた文化財建造物の構造部材の虫害評価に関する一考察 - 日光輪王寺における虫害を事例として -, 保存科学, 48, 215-222 (2009)
- 2) 藤井義久, 藤原裕子, 原田正彦, 木川りか, 小峰幸夫, 川野邊渉: 穿孔抵抗測定法を用いた文化財建造物の構造部材の虫害評価に関する一考察 (第2報) - 日光輪王寺における虫害を事例として -, 保存科学, 48, 183-190 (2010)
- 3) 逸見武雄, 赤井重恭: 『木材腐朽菌学』, 朝倉書店 (1945)
- 4) Wang CJK, Zabel RA (Eds): Identification Manual for Fungi from Utility Poles in the Eastern United States. American Type Culture Collection, Rockville, Md. (1990)
- 5) Kohlmeyer J, Kohlmeyer E: Marine Mycology-The Higher Fungi, Academic Press, New York (1979)
- 6) Gessner MO, Suberkropp K, Chauvet E: Decomposition of plant litter by fungi in marine and freshwater ecosystems. In: The Mycota, Vol. 4 (Environmental and Microbial Relationships), ed. by Wicklow DT and S öederstrom B, Springer-Verlag, Berlin, pp. 303-322 (1997)
- 7) Baltazar, JM, Larissa T-P, Clarice L-L: A checklist of xylophilous basidiomycetes (Basidiomycota) in mangroves. Mycotaxon, 107, 221-224 (2009)

キーワード: 巖島神社 (Itsukushima-Jinja); 鳥居 (Torii-gate); 生物劣化 (bio-degradation); 腐朽 (decay); 穿孔抵抗 (drill resistance)

## Survey of Bio-degradation in the Torii-gate of Itsukushima Jinja

Yoshihisa FUJII<sup>\*1</sup>, Yuko FUJIWARA<sup>\*1</sup>, Rika KIGAWA, Makoto HARASHIMA<sup>\*2</sup>  
Tomohiko KIYUNA<sup>\*3</sup>, Junta SUGIYAMA<sup>\*4</sup>, Noriko HAYAKAWA  
and Wataru KAWANOBE

A survey of bio-degradation in the Torii-gate of Itsukushima Jinja was conducted. The present condition of the gate at the foot of its east main post, southwest sub-post and the connection beam between them was investigated mainly. Visual inspection, measuring of moisture content and drill resistance using Resistograph as well as identification of fungi were executed. The surface layer of the posts has shown physical and biological degradation, but the results of drill resistance up to a depth of 300 mm has shown that there is no serious inner cavity associated to decay. On the other hand, it was found that an area of inner decay exists in the contact zone between the main post and the connection beam.

---

<sup>\*1</sup> Graduate School of Agriculture, Kyoto University

<sup>\*2</sup> Itsukushima Jinja Komusho (Technical Office)

<sup>\*3</sup> TechnoSuruga Laboratory Co., Ltd.

<sup>\*4</sup> TechnoSuruga Laboratory Co., Ltd., Chiba Office