

巖島神社丹塗柱の退色と柱内水分量の相関

森井 順之

1. はじめに

巖島神社の国宝・重要文化財建造物の多くは、柱や高覧に丹塗りが施されている。丹塗りとは顔料に鉛丹 (Pb_3O_4)、膠着剤に膠を使用した伝統的な塗装である。しかし、鉛丹は白色あるいは黒色に変色しやすいという問題があり、巖島神社においても同様の現象が確認されている。その変色には水が関与し、赤橙色の鉛丹が白色の水白鉛鉱 ($Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$) に、白色のラウリオナイト ($PbCl(OH)$) が埃を吸着して黒色になることが知られている^{1,2)}。

近年、巖島神社の鉛丹塗装の退色が短期間で生じることが問題となっている。鉛丹の劣化機構から考えると、海浜立地であるがゆえに床下からの海水浸入、海塩の付着が退色に大きな影響を与えている。また、近年では異常潮位が頻発に起き、鉛丹塗装が施されている床上の部分まで直接海水が上昇することが観測されていることから、そのことが退色現象を加速させているのではないかと考えられる。

神社の美観や建材保護の観点から、退色した柱は再塗装が必要となる。しかし現在、短期間で退色が生じるため塗装頻度が上昇することは避けられず、人員・予算上の負担が大きくなっている。そこで我々は、そのような問題を解決すべく、耐侯性のある塗料の開発や周辺環境調査などの調査研究を進めている。本報では、鉛丹塗装退色要因の解明のため現地観測を行ったが、その結果について報告を行う。

2. 観測概要

2004年8月8日～13日の1週間、社殿・回廊の丹塗柱を対象に、退色状況の観察および木材水分計による木材水分量（木材の絶乾重量に対する水分量の割合）計測を行った。退色状況の観察にはデジタルカメラを用い、変色の目立つ部分（丹塗柱の下半分）を中心に、東西南北から詳細を撮影した。また、木材水分量計測には木材水分計（測定機器：木材水分計タークH（（株）ケット科学研究所、樹種選択スイッチ：ヒノキ類））を用いた。この木材水分計は、木材水分量が低い場合（4～35%）と高い場合（30～120%）でスイッチを切り替え測定し、低水分レンジでは、25%未満：±0.5%、25%以上：±2.0%、高水分レンジでは、60%未満：±3.0%、60%以上：±5.0%の測定精度をもつ。なお計測箇所は、山側（南側）・海側（北側）において天井部（床面より1800mm高）、中間部（同1000mm高）、床上部（同100mm高）の各3点をである（図1）。



図1 丹塗柱の水分量計測

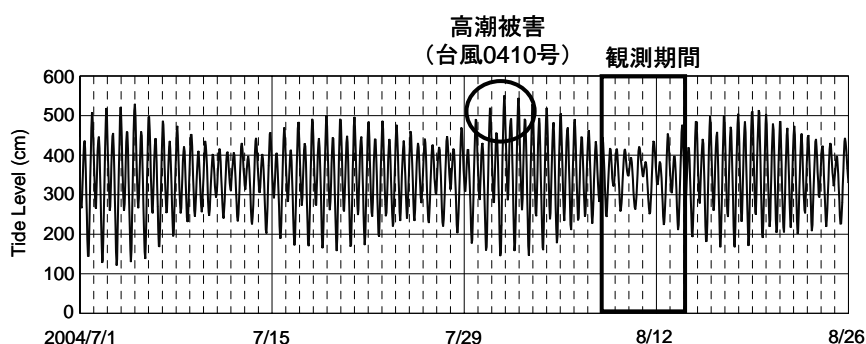


図2 観測期間中の潮位（海上保安庁広島験潮所）*

*資料：日本海洋データセンター

観測時の気候は概ね晴れで、期間中の降水はほとんど観測されなかった。またこの時期は小潮～中潮期にあたり、木材水分量の潮位変動成分は小さかったものと考えられる。しかしながら、観測期間前（7/31）に台風0410号が広島を通過し、宮島町沿岸部では7/31 22:00に最大潮位550cmを記録する高潮被害が生じた。そのため床板の一部が濡れ色を呈すなど、平常時に比べ木材水分量は全体的に高かったものと推定される（図2）。

3. 観測結果

3-1. 木材水分量測定

本観測では、社殿・回廊の全ての丹塗柱を対象に木材水分量の測定を行った。代表例として、西回廊内の柱について、各地点の水分量を示す（表1）。この柱では、海側・山側ともに天井部および中間部の計測値が10%前後と低水分であった。対比して、床上部はほぼ100%と飽和状態であった。

対象を全ての柱に向けて、天井部および中間部においてはどの地点でも、計測値は5～20%と低水分であった。しかしながら床上部では、低いものでは10%以下、高いものでは100%以上の飽和状態と、計測値に大きなばらつきが生じた。

そこで、丹塗柱床上部の木材水分量に着目し解析を進めることとした（図3）。その結果、本社拝殿・祓殿では木材水分量の低い柱（図中○印）が多く、朝座屋・西回廊・東回廊で木材水分量の高い柱（●印）が多いことが確認できた。

表1 丹塗柱の木材水分量（西回廊、柱番号B14）

	山（南）側	海（北）側
天井部（h=1800mm）	10.8	9.6
中間部（h=1000mm）	8.4	12.7
床上部（h=100mm）	98.3	11.4

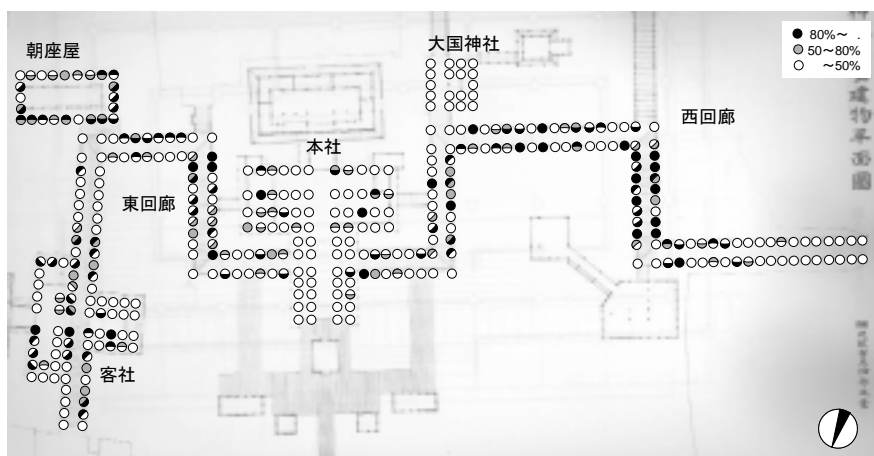


図3 丹塗柱の木材水分量分布（床上面）

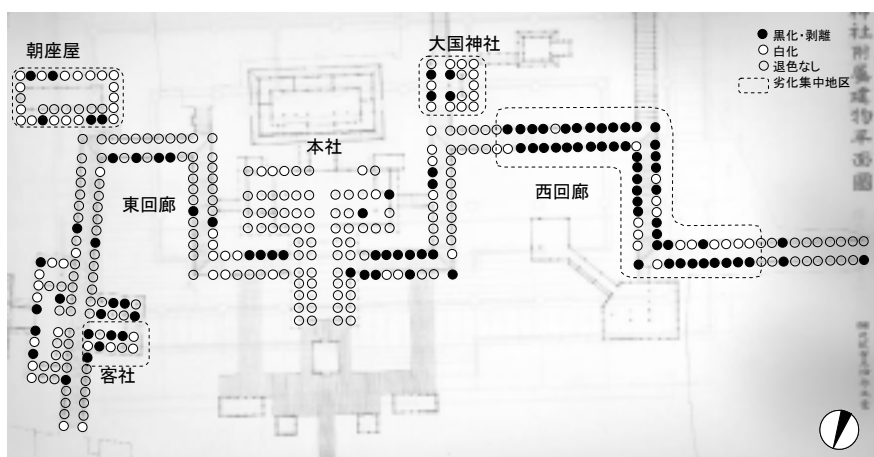


図4 退色現象（白化・黒化）が顕著な柱の分布

3-2. 丹塗柱退色状況の観察

丹塗柱の退色状況観察は、目視およびデジタル写真撮影により行った。撮影は、退色が目立つ床部周辺をクローズアップし、東西南北それぞれの面から撮影することで、柱の周囲全てを把握できるようにした。その後、撮影画像のデータベース化を行った。

丹塗柱の退色状況観察を行った結果、どの柱においても退色は床上～中間部、床面から約1m以内の範囲で生じていることが確認できた。また、退色の目立つ柱は大国神社・朝座屋の周辺、西回廊、客社祓殿の順番で多く確認された。それに対し、本社拝殿・祓殿や客社拝殿、東回廊では退色が目立たなかった（図4）。ここで、退色の目立つ領域として、西回廊・朝座屋・大国神社（図中点線内領域）を選び、退色・剥離状況について比較を行った（写真1）。朝座屋・大国神社では白化現象が顕著に現れていたのに対し、西回廊では、天神社から反橋、能舞台までの図中点線内の領域において黒化および剥離現象が顕著であった。

ここで、退色が顕著に現れた朝座屋・大国神社・西回廊について、退色状況と木材水分量について比較を行った。まずは朝座屋・西回廊において、丹塗柱の木材水分量が50%以上の領域

と、退色・剥離が顕著に見られる領域がほぼ一致した。このことから、朝座屋・西回廊においては、鉛丹塗装の退色・剥離などの劣化現象と丹塗柱の木材水分量には強い相関があると考えられる。また、東回廊や客社祓殿でも西回廊と同様に塗装劣化と丹塗柱の木材水分量に強い相関が見られた(表2)。

しかしながら大国神社では、特に外壁において白化等の退色現象が顕著であるにもかかわらず、その柱の木材水分量は高くても40%程度と西回廊などに比べ低かった。このことについては次章にて検証する。



(a) 朝座屋

(b) 大国神社

(c) 西回廊

写真1 丹塗柱の退色・剥離状況

表2 丹塗柱の木材水分量と表面状態

エリア	柱番号	木材水分量 (床上部、%)		劣化状態	
		山側	海側	山側	海側
西回廊	B7	24.2	17.3	—	—
	F8	59.5	63.2	—	×
	F24	15.6	85.7	×	×
	K40	18.5	10.1	—	—
東回廊	B5	102	13.6	●	—
	E2	14.8	16.9	—	—
	K11	99.6	102	○	×
客社祓殿	A1	8.5	9.1	—	—
	C3	84.9	103	●	●

(—: 変化なし、○: 白化、●: 黒化、×: 剥離)

4. 考察

今回の現地観測では、巖島神社の丹塗柱の退色について次のことが確認できた。

- 1) 白化・黒化・剥離等鉛丹塗装の退色現象は、床上から1m以内の領域で確認できる。
- 2) それらの劣化現象は西回廊(天神社-反橋-能舞台)に最も集中しており、また柱の木材水分量が非常に高い領域でもある。
- 3) 退色現象と丹塗柱の木材水分量、特に床上部10cmの計測値には強い相関がある。

4) 大国神社外壁部においても白化等の退色現象が見られるが、この領域のみ木材水分量との相関が低い。

以上の結果について、鉛丹の退色、剥離などの劣化機構に着目した上で考察を行う。

4-1. 海水の影響

鉛丹の変色には水が関与し、赤橙色の鉛丹が白色の水白鉛鉱 ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) に、白色のラウリオナイト ($\text{PbCl}(\text{OH})$) が埃を吸着して黒色になることが知られている^{1,2)}。ここで、厳島神社の立地条件を鑑みると、床下からの海水浸入、海塩粒子の飛散、台風・低気圧による波浪・高潮、近年問題になっている異常潮位が原因として挙げられる。

海浜立地の厳島神社では、床下からの海水浸入や海塩粒子の飛散の影響を定常的に受けている。もしも鉛丹の退色現象がこれらの効果のみで説明できたとすれば、海塩粒子の飛散は沖合方向のほうが卓越しているため、退色は海側の面に多く観察されるはずである。また床下からの海水浸入の場合、海水が浸入している床下面からの海水の吸い上げが考えられるが、木材の劣化状況を考えて毛管現象による内部水の溯上はあまり期待できないため、退色現象は床面近くのみより狭い領域で確認できるはずである。しかしながら、今回の調査では床面から1mの高さまで退色した柱も多く見られたこと、退色が生じる柱の多くは海側・山側を問わず確認できたことから、別の要因も考えられる。そこで波浪・高潮・異常潮位現象に着目すると、床上浸水により鉛丹塗装部に海水が直接かかることにより、退色が今回観察された高さまで生じることが推察できる。そのため、台風による波浪や高潮、異常潮位現象が丹塗柱の退色に大きな影響を持っているのではないかと考えられる。

4-2. 木材劣化の影響

朝座屋や大国神社において退色が進行した柱 (写真1(a), (b)) を観察すると、床上部を中心に表面の凹凸、ひび割れや欠損が確認できる。同じように退色している朝座屋と大国神社ではあるが、木材水分量との相関に類似性が見られないことから、この2箇所で見られる木材の劣化現象の違いが、鉛丹塗装の退色に影響を与えていると推察できる。

ここで、西回廊の床下部 (写真2) を観察したところ、礎石から高さ30, 60cmの2箇所にて後補材による接木が行われ、接合部にエポキシ樹脂による防水加工が行われていることが確認できた。海浜立地という苛酷な環境下に長年置かれたことで木材が腐朽し、補強工事が行われた際の腐朽部の切り取り、代替が行われたと推測できる。このように、厳島神社では木材劣化の進行速度が大きく、鉛丹塗装で保護されている面も少なからず影響を受けることが考えられる。以上のことから、厳島神社における丹塗柱の退色には、海水の影響だけではなく木材の劣化も影響しているのではないかと考えられる。



写真2 西回廊床下部分

5. おわりに

本報では、厳島神社における丹塗柱の退色要因を解明するため、神社内全ての丹塗柱を対象に退色状況の観察を行った。また、丹塗柱の木材水分量を測定し、退色状況との比較を行った。測定および解析結果から、全ての柱において鉛丹の退色は床上から1m以内と限られた領域に

て観測されること、また退色が目立つ柱は西回廊に集中していること、さらに退色した柱の木材水分量は高く、丹塗柱の退色と木材水分量が強い相関を示すことが確認できた。これらの結果から、丹塗柱の退色には海水浸入等の外的要因のみならず、木材内部の劣化状況も大きく寄与していると考えた。

海に面した環境にある巖島神社は、これまでも長期にわたり床下からの海水浸入、飛塩など海水の影響を強く受けてきた。さらに近年顕発化している異常潮位は、丹塗退色の要因である海水がより付着し易い状況をつくっている。異常潮位に関しては、浸水や床材流失などの構造被害はもちろん、塗装退色の面からも今後抜本的な対策を講ずる必要がある。また、丹塗柱退色の要因として木材内部の劣化状況も影響することを示唆したが、現在は目視および木材水分量の測定結果からその劣化を推定しているのみであり、今後詳細な調査を行い、木材劣化と塗装退色の関係について深く追求してゆきたい。

参考文献

- 1) 朽津信明：鉛丹の変色に関する鉱物学的考察，保存科学，36，58-63(1997)
- 2) 島津美子，森井順之，川野邊渉：臨海環境における丹塗りの変色に関する研究，保存科学，41，113-120(2002)

キーワード：鉛丹(red-lead)；退色(discolouring)；木材水分量(moisture content)

The Relationship between Discolouring of Red-lead and Moisture Contents of Columns at Itsukushima Shrine

Masayuki MORII

A field observation was made at Itsukushima Shrine to confirm the cause for the discolouring of red-lead (*tan nuri*) on the wooden columns. In detail, pictures were taken and the moisture contents were measured for all painted columns. As a result, it was confirmed that the discolouring area of columns was seen within 1m from the floor at limited areas (Nishi-kairou, Okuni Shrine, Asazaya and so on) where the moisture content was high. Discolouring is significant at Itsukushima Shrine, which is along the coast, and is due to extra-high tide that causes sea water to rise above the floor level. It was also found that the differences in the quality of wood itself contribute to the discolouring.

