

社寺建築に見られる生物劣化と維持管理

京都大学大学院農学研究科准教授 藤井 義久

はじめに

私たち日本人は身近にある材料である木材を使って社寺や住宅などの建築物を造り、そこに集い、また住まう生活習慣や伝統文化を築き、またそのための技術や人材を育ててきました。その技術レベルは非常に高く、日本は世界最古の木造建築の文化を有しているといえます。

しかし気温の高い春から秋にかけて湿気の多い日本では木造建築物は劣化しやすく、劣化による強度的弱点によって地震の際に倒壊しやすくなることが昨今の調査で明らかになりつつあります。

本稿では、社寺建築物にみられる木材の劣化とその対策の基本となる維持管理について解説します。

木造の弱点

材料の性能を評価する指標には強度、加工のし易さ、断熱性などの熱的性質、調湿性、音響性能や耐久性などがあります。強度では鉄鋼やコンクリート、断熱性では発泡スチロール、透明性ではガラスという風に指標別にみれば木材よりも優れた材料が種々あり、これらを人間は長年の努力によって創り出して来ました。

一方、樹木から比較的簡単な加工によって得られる木材は、すべての性能についてバランスよくほどほどの性能を持っているのが特徴と言えます。特に木材には軽くて強い、木目など独特の質感を持っている、熱的にも感覚的にも暖かい感じがする、身近にあり加工し易いといった特徴があります。さらに環境や人体に有害な物質が含まれておらず、製造や加工時に必要なエネルギーが少なく、地球規模のレベルで永続的に循環使用できるという特徴もっています。これらの特徴の故に木材は「天然が人間に授けた至高の材料」と呼ばれることがあります。

一方よく言われる木材の欠点は、「狂う、燃える、腐る」となります。「狂う」に対しては、大工棟梁の木使いの技に見られるように木材の性質を見極めながら使う技術が育まれてきました。また「燃える」に対しては、材料、設計や施工において不燃や難燃化の努力が払われてきました。

「腐る」については、これと同時に問題となる「虫に食われる」と同様に、木材や木造

建築の宿命的な劣化の主原因と理解されています。木材が天然の有機体（炭素・酸素・水素からなる結晶性の多糖類）である以上、それを栄養として生きていく菌類や昆虫が隙あればこれに集って来ることに対して注意や対策が必要となります。

木材の生物劣化の本質

虫害や腐朽（腐る）のように生物によって起こる木材の劣化を生物劣化と呼んでいます。

虫害の代表はシロアリによる木材の食害です。シロアリは通常土の中に巣を構えて数万から数十万といった集団で生活しています。集団の大多数は職蟻とよばれる体長が数mmの働き蟻です。職蟻は餌となる樹木や木材を求め、土中に蟻道と呼ばれるトンネルを掘りながら生活領域を広げて行き

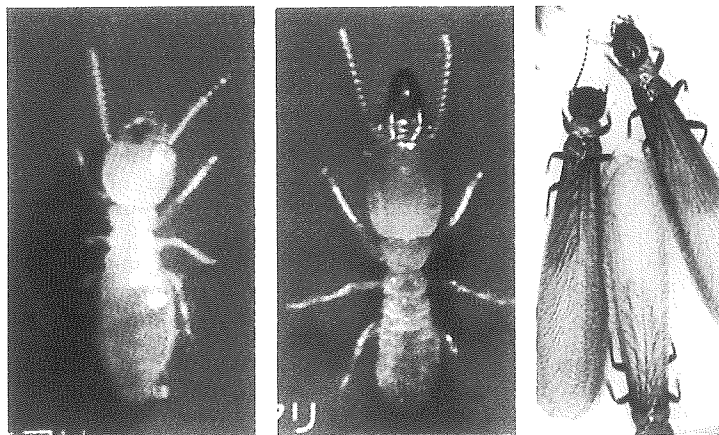


図1 ヤマトシロアリ 左から職蟻・兵蟻・羽蟻
((社)日本しろあり対策協会資料から)

ます（図1）。たまたま彼らが建築物の基礎などに遭遇すると、この表面を這い上がり、床下の木部を食害しながら建物部材の内部に入り込んでいきます。職蟻はその顎で木材を少しずつ食いちぎりながら木材中に蟻道のネットワークを構築してゆきます。シロアリの被害は職蟻の食害によって木材内部に欠損が生じ、強度が低下してゆくことです（図2、3）。

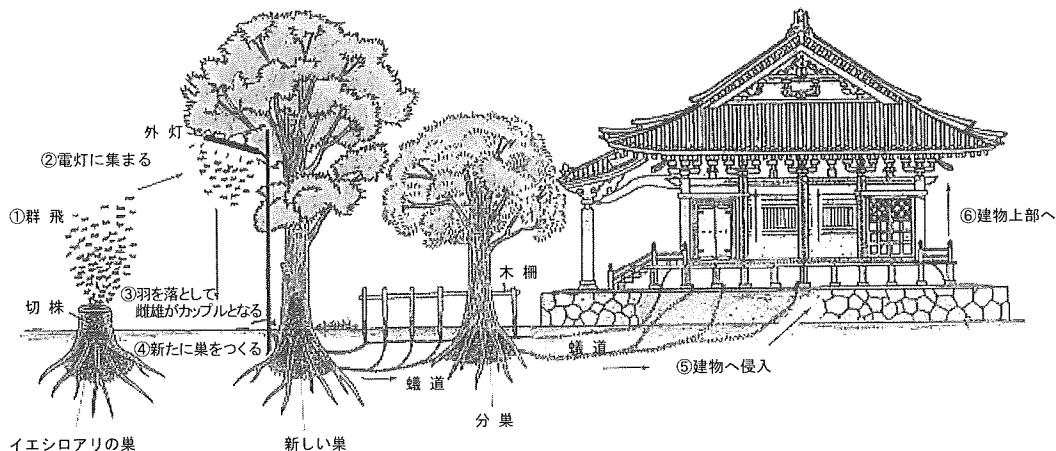


図2 建物へのシロアリの侵入経路 ((社)日本しろあり対策協会資料から)



図3 イエシロアリによって食害された
ベイツガ柱材の断面

シロアリは光や空気の流れを嫌いますので床下や壁の中、木材の内部を密やかに食い進んでゆきます。また集団は水分の供給源となりうる領域を中心に広がりやすいため、風呂、台所、トイレなどの水周りや雨漏り部など湿った部分の近くをよく食害します。コンクリート製の基礎でもわずかな亀裂を利用して侵入してきます。その際には強力な顎を利用して少しずつコンクリートを噛み砕きながら食害してゆきます。蟻道を構築する上で障害となれば栄養にならなくてもコンクリート、プラスチックや金属も噛み砕いていきます。

職蟻は飲み込んだ木片を腸内の微生物に分解させて栄養源として吸収するとともに、集団の5%ほどを占める被扶養階級である兵蟻に与えます。またシロアリの巣の中心には1対の王と女王蟻がおり、女王蟻は生涯卵を産み続け、卵から孵った幼虫は職蟻から栄養をもらい成長してゆきます。

集団内で生殖機能を有しているのは王と女王蟻ですが、潜在的な生殖機能をもつニンフとよばれるごく少数の階級がいます。ニンフは年に1度羽が生える時期が春先から夏にかけてあり、羽蟻として巣から一斉に飛び立ちます。飛び立った羽蟻の雌雄は地上に降りたのちペアとなり、土にもぐって新しい集団の王と女王になります。このようにしてシロアリの集団は広がっていきます。シロアリは普段人前に姿を現すことはありませんが、年に一度の羽蟻発生の際には巣の周辺に姿を現します。京都あたりではゴールデンウィークの前後の晴れた日の午前中あたりに羽蟻（ヤマトシロアリ）が発生することが多く、この時期に建物の内外で黒っぽい羽蟻を見かけることがあれば要注意です。

木材に発生する虫害にはシロアリのほかに、シバンムシ、カミキリ、キクイムシの類など主に甲虫類による被害があります。これらはいずれも成虫や幼虫がシロアリと同じように木材内を食い進んで穿孔し、その強度や美観を損ねるために問題となります。これらの虫はシロアリよりは大きく、短時間で多くの量の木材を食い荒らすのですが、シロアリのように集団で生活することはなく、被害の進行は緩慢です。

もう一つの木材の生物劣化は菌類による腐朽です。菌類は俗にカビとして認識されている微生物です。食べ物などに発生するカビは真菌と呼ばれる菌類に属しますが、この真菌

には木材を栄養源とする担子菌と呼ばれる菌類がいます。菌類発生の素になる孢子（種）は微小で、生活圏の空气中を浮遊しています。これが湿った木材などに付着すると、孢子から芽がでて白い綿状の菌糸を伸ばし始めます。菌糸は成長の段階で体外に酵素を出し周囲の木材を分解し、養分として取り込んで行きます。これによって木材の密度が低下し、強度も低下してゆきます。

菌の種類によって松や杉などの針葉樹を好むものと楷や樺のような広葉樹を好むものがあり、前者は食害が進むと消し炭のような割れが発生するため褐色腐朽と呼ばれ、後者はささくれ白っぽくなるため白色腐朽と呼ばれます。いずれも腐朽の初期段階から著しい強度低下が見られることが多いのが特徴です(図4)。腐朽がかなり進むと腐朽菌はキノコ(子実体)を生やすようになります。キノコの笠の裏には孢子がたくさんついていてこれが空气中に飛散し、新たに別の木材を腐らせるようになります。腐朽もシロアリと同様、湿気の多いところに多発します。

木造建築物に見られる主たる劣化はこのような生物劣化で、これらは湿った環境にある木材に多発します。後述しますが、このことは雨仕舞や排水のほか、結露や湿気を管理し

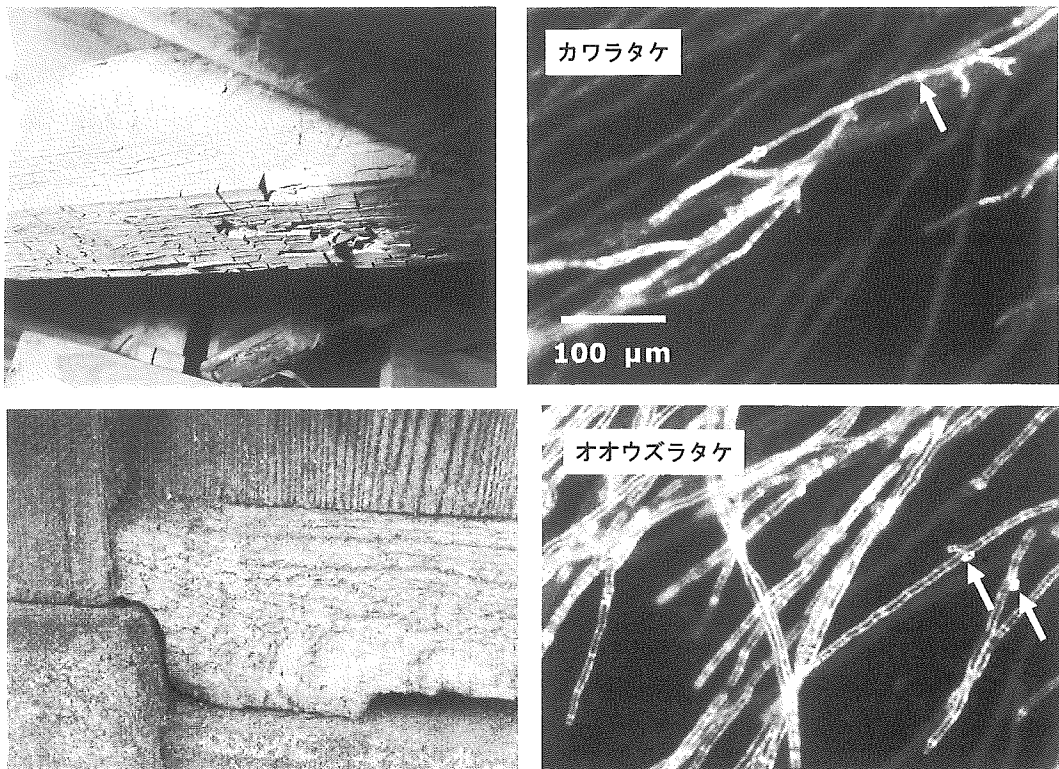


図4 木材の腐朽の様相
褐色腐朽した火打ち材（左上）と褐色腐朽菌の菌糸（右上）、
白色腐朽した土台材（左下）と白色腐朽菌の菌糸（右下）

てやることによってこれらの劣化が相当防げることを意味しています。木材は生物以外の原因、例えば紫外線などによっても劣化しますが、乾燥状態にある木材は生物劣化が起きにくく、極めて長い寿命を持つといえます。

社寺建築の生物劣化の特徴

伝統的な手法によって構築された社寺建築は、一般の住宅などに比べて、高品質の材料を用いて手間隙かけて造られている上、普段の手入れも十分なので劣化しにくいとされています。確かにこのような傾向は認められますが、社寺建築も生物劣化に悩まされることが多く、個別にみると社寺建築ならではの劣化の特性が認められます。筆者は、過去10年ほどの間に、国宝や重要文化財を含めて約45件、述べ約140棟の社寺建築物の劣化調査を行ない、劣化の発生状況を分析してきました。それらの劣化の特性を以下に簡単にまとめてみます。

- ① 長期間放置されていたために被害が甚大化している（図5）

被害に気がつかない、気がついていても正しく認識できない、諸般の事情で対策できない、などが原因として挙げられます。また保存修復の周期に比べて、劣化が短期間で頻繁に発生するために被害が甚大化している場合もあります。



図5 長年放置された柱下部の腐朽（京都市内の寺院）

- ② 大規模建築であるために被害が甚大化している（図6）

床下も小屋（天井）裏も広すぎて十分な点検ができないことがよくあります。結果として被害が建物の中や敷地の中で飛び火的に広がっている場合があります。



図6 建物内でヤマトシロアリの被害が飛び火的に拡大し、来迎壁にまで被害が及んだ例（富山県の寺院）

③ 建物の様式や構造、環境、建築や材料事情による被害の発生（図7）

長年の歴史をもつ社寺建築は劣化に対しても色々な対策を取り込みながら発達し、引き継がれてきました。しかし、建物が置かれている環境、建築や材料事情、使用方法などの間で整合性がとれず劣化が生じている場合があります。また意匠を凝らした複雑な構造、擁壁や土蔵などでは劣化が避けられないような木材の使い方をせざるを得ない場合もあります。

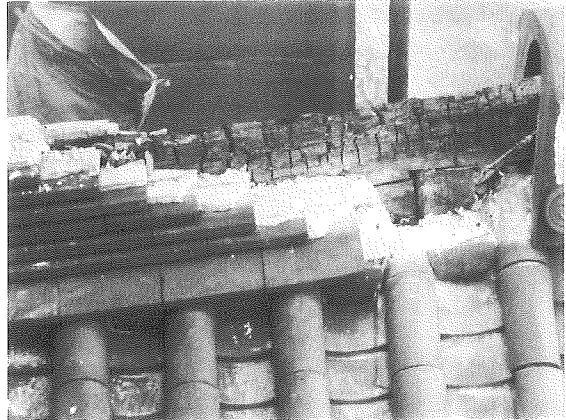


図7 瓦と漆喰に包まれた棟木の腐朽
(京都市内の神社)

④ 伝統的な建築技術を取りまく環境の変化によって生じる劣化

産業技術の発展に伴い、昔ながらの家造りがし難くなった、技術の伝承が難しくなった、良質の木材が得られなくなった、などの事情は少なからず劣化の発生と関連しているといえます。

⑤ 維持管理に対するある種の過信による被害の甚大化

「うちは大丈夫」と思っている、実はそれほどの確かな根拠があるわけでもなく、所有者や管理者が本当に確かな維持管理のデータをもっておられるケースは皆無といってもいい状況です。

これらの被害を放置しておくとうなるでしょうか。昔はシロアリのことを「堂倒し」と呼んでいたことがあり、シロアリによって突然本堂が崩落したという記録もありますが、一般的には生物劣化が建物の全体で起き、結果的にこれによって建物そのものが自ら倒壊することは非常にまれです。しかし社寺建築で見られる生物劣化の特徴を踏まえると、建物には多数の強度的な弱点が発生していることが多く、少し大きな地震がくると簡単に倒壊する可能性があります。最近の地震で倒壊した古い木造の多くに生物劣化が多数見られたことがこれを物語っています。

社寺建築の特徴である大きな重い屋根とその下の広い空間は、構造や材料に劣化がなく健全であればこそ美しく荘厳で、多数の人が集える場となりうるのですが、劣化による弱点があれば危険な空間と化してしまいます。これは塔、鐘楼、燈籠や石碑、神社の鳥居などでも同じことといえます。

劣化対策の昨今の事情と限界

先にも述べましたように伝統的な木造建築には長年の経験に基づき劣化対策が考案され、採り入れられてきました。その原則はいかに木部を濡れにくく保つかというものでした。出の長い庇による雨仕舞、外構など雨水に暴露する部位にはなるべく木材を使わない、使うとしても十分な水はけを確保し、すぐに乾くように保つ、風呂や台所などの水周りを邸内に持ち込まない、床下空間を十分取り、通気を保つなどが基本と言えます。

一方、戦後一般住宅の生産技術が進歩し、伝統的な住宅に比べて快適、利便性が高く、諸性能の高い住宅が生産されるようになりました。生物劣化対策についても、シロアリ駆除剤や防腐剤などの化学薬剤を利用した対策が普及しました。

伝統的な木造建築物のうち、特に文化財建造物の保存修復作業では、伝統的な仕事が重要視されるため化学薬剤を用いた木材の保存処理は基本的に用いられることはありません。また化学薬剤の有効期限が、これらの建築物の修理の周期に比べて非常に短いこと、大規模建物に大量に薬剤を用いた場合の人体や環境へのリスクなどが懸念されることも化学薬剤が用いられない理由といえます。

伝統的な木造建築物を伝統的な手法に従い、建築時の設計や材料に対する工夫だけで長期間にわたって生物劣化から護り続けることには限界があり、現代的な保存手法に依存することもできません。しかし劣化を放置しておけば、甚大化し、建物の危険性が高まるだけでなく、修理や改修の費用も大幅に嵩むようになります。社寺建築の耐久性確保の技術について発想の転換が必要になってきました。

適切な維持管理の勧め

発想の転換といっても特に難しいものではなく、これまでも言われてきた劣化の早期発見と早期処置を実現することが基本で、これを担保するために定期的な点検や診断を実施することがまず必要になります。点検・診断には建築物の所有者や管理者が日常的に頻繁に行う簡単なレベルのものから、3から5年に一度専門家に委ねて詳しく診断してもらうものまで何種類かのものがあり得ます。また台風や地震の後には、不具合が発生していないかを診断してもらうことも必要です。点検や診断にかかる総費用は、大規模修理のそれに比べれば十分低いのではないのでしょうか。いずれの場合でも建造物のカルテのような情報を継続的に残しながら劣化を早期に発見することで、実質的な建造物の安全確保と長寿命化が低コストで達成できることとなります。

これまで点検や診断といった作業については大工さんなどに任せざるを得ない状況がありました。しかし昨今では耐震診断や劣化診断の技術開発や、診断技術を有する人材の育

成も徐々に進みつつあり、今後は維持管理のシステムやサービスも整備されるものと思われます。

劣化情報の設計・施工への還元

木造建築の設計者、施工技術者や管理者は生物劣化に関する知識を深められ、その知見を新築や改修時の設計や施工技術、さらには維持管理に反映されることを望みます。これには例えば小屋裏に足場を常時確保しておく、点検口や点検時に用いる照明や電源を確保しておく、床下を移動しやすい環境に改善する、部材の交換や修理がし易い構造や施工技術を採用するなどがあると思います。

このような考え方は一見、伝統的な構造・施工や Authenticity（真正性）を護るという考え方と対立する場合もあるかもしれませんが、限られた予算と時間で、社寺建築の安全性と長寿命を実質的に確保するための方策として必要ではないでしょうか。