

萱葺屋根の耐久性向上技術に関する研究

辻 博和 喜田 大三

A Study on Improving Durability of Thatched Roof by Chemicals

Hirokazu Tsuji Daizo Kita

Abstract

As cultural assets there are many erections the roofs of which are thatched by miscanthus. The thatched roofs in the shade or the north side of roofs tends to rot and must be repaired at frequent intervals. Therefore, laboratory tests were performed to find a method of preventing rotting of the grass by controlling activity of micro-organisms contributing to rotting by suitable chemicals to improve durability.

The following results were obtained: ① Regarding the comparatively early stage of rot, certain chemicals using organic solvents can penetrate into the grass by capillary action to restrain the activity of the micro-organisms. ② With regard to the later stage when rotting has increased to an extent, certain aluminum compounds can degenerate the humic acid produced by rotting so that further progress of rotting is suppressed.

概要

我が国には、文化財などの建築物として萱葺屋根の建物が多。これらの屋根で、木陰あるいは北向きの屋根では腐朽の進行が早く、修理を頻繁に行なわねばならないことも多い。折から、萱の入手が難しくなるとともに、萱職人も少なくなりつつある。このため、萱の腐朽を長期にわたって防止する技術が望まれている。そこで、萱の腐朽過程に関与する各種微生物の活性を、適切な薬剤を使用して制御し、萱の腐朽を防止する工法を提案すべく、室内試験を実施した。

その結果、下記の結果が得られた。①萱の腐朽の比較的初期の段階については、有機溶剤を溶媒とした木材保存剤系の薬剤を萱に毛管湿潤法で含浸し、薬剤によって腐朽微生物の活性を抑制する方法を検討し、その効果を室内腐朽促進試験で確認した。②ある程度萱の腐朽が進行した比較的後期の段階については、腐朽によって生成した腐植酸をAL系の薬剤によって微生物が吸収しにくい形態に変化させて腐朽を抑制する方法を検討し、その効果を確認した。

1. はじめに

我が国には、文化財などの建築物として萱葺屋根の建物が多。これらの屋根で、木陰あるいは北向きの屋根では腐朽の進行が早く、その修理を頻繁に行なわねばならないことも多い。折から、萱の入手が難しくなるとともに、萱職人も少なくなりつつある。

このため、萱葺屋根の萱葺材の腐朽を長期に渡って防止する技術が望まれており、この萱葺屋根の耐久性を向上させる技術の研究開発が、(社)建築研究振興協会が進められている。

本研究は、その研究開発の一部として、当該協会からの委託によって実施したものである。実施に当たっての基本方針は、萱の腐朽過程に関与する各種微生物の活性を、適切な薬剤を使用して制御し、萱葺屋根の腐朽を防止する工法を提案することにある。

まず、萱葺屋根の腐朽に関する実態調査などを行ない、

薬剤処理の可能性について机上検討した。そして、萱の腐朽の比較的初期段階を防止する目的で、腐朽防止薬剤の検索・薬剤処理方法の検討を行なった。これらの成果を踏まえて、薬剤処理萱を作成し、この処理萱における薬剤の腐朽防止効果を室内腐朽促進試験で確認した。さらに、萱の腐朽の後期段階を抑制する目的で、腐朽抑制薬剤の種類の検討・薬剤の効果確認試験も行なった。

2. 萱の腐朽進行過程と腐朽防止対策の位置付け

2.1 萱葺屋根の腐朽状況に関する現地調査結果

某神宮内にある二、三の殿舎で萱葺屋根の腐朽状況を現地調査した。その結果を下記に示す。

2.1.1 腐朽の著しい屋根の位置 萱葺屋根の腐朽程度の進行度合においては、下記の傾向が顕著であり、萱の腐朽進行に乾燥程度・日照の大小が大きく影響していた。

木陰の屋根 > 開放状態の屋根
北側の屋根 > 南側の屋根

萱葺屋根の一部葺き替えあるいは修繕が実施されたいずれの屋根も木陰に位置するものであり、かつ多くのものは北側に存在していた。これらの屋根では、葺上げ当初60～70 cm厚さの屋根が、腐朽が進行して4～6年で、30～40 cmになっている。

2.1.2 屋根における腐朽の状況 某殿舎の萱葺屋根の内部の状況を写真-1に示し、その観察結果を下記に示す。

- ・表層の0～15 cm程度の範囲では、萱は既に原形をとどめておらず完全に腐朽している。当然湿潤状態にあり、色調は暗黒色を呈している。
- ・これに対して、その直下部約5 cm程度の範囲では、湿潤状態にはあるが、萱は暗褐色を呈し、まだ原形をとどめているものの非常に軟らかいか、もしくはもろい状態になっている。しかも萱の茎の部分では、髓の部分がほとんど欠落している。
- ・上記2層より以深すなわち表層から20 cm以深では、外見上萱はほとんど変化していない。



写真-1 某殿舎の腐朽した萱葺屋根の内部の状況

上記の萱葺屋根の内部の観察結果から、萱葺屋根の腐朽は表層部から内部へと進行していることが確認できた。さらに、萱葺屋根は表面に萱の切口すなわち木口が出る形で葺き上げられているので、萱自身における腐朽の方向は木口から内部へ、内部においては髓部から皮層繊維部へ、と進行していると推察した。

2.2 萱の腐朽の進行過程

先の2.1に示した調査から総合すると、萱葺屋根の腐朽の進行は、高温多湿の条件下、特に木陰あるいは北向きの屋根では顕著に、萱の腐朽に関与する各種生物の活性が増長された結果であると判断できる。

この萱の腐朽の各段階に関与している生物群については現段階では図-1のように遷移すると考えられる。

2.3 腐朽防止対策としての薬剤処理の考え方

以上のような萱の腐朽を防止する対策として、可能性のあるものを列挙すると、図-2のように整理できる。

第1に、萱自身を腐朽しにくい萱にする対策が、第2に、腐朽しにくい環境を現出するための対策が、第3に、腐朽に関与する生物群の活性を薬剤で抑制する対策が挙げられ

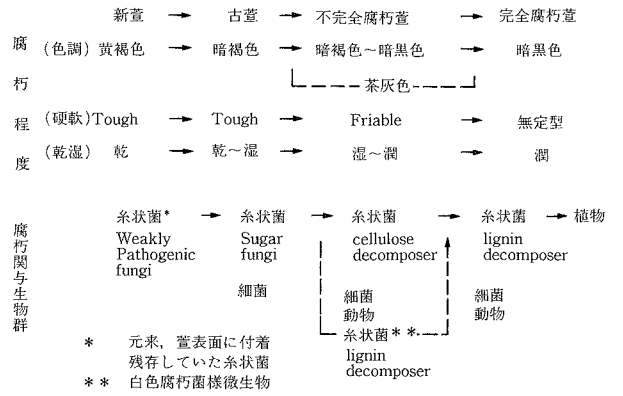


図-1 萱の腐朽過程の模式図

る。本研究では、腐朽に関与する生物群の活性を薬剤で制御する対策を基本に検討した。

先の図-1に示したような萱の腐朽の進行を薬剤で防止する場合、先ず第1に初期の段階で発生する微生物の活性を抑制することが必要であろう。腐朽の比較的初期における微生物の生育を抑制することで後続の微生物相の出現が遅延され、その結果、萱の完全腐朽萱に至るまでの期間を現状以上に伸ばすことが可能になると考えるからである。

この薬剤の処理方法として、噴霧・塗布・含浸などの方法が挙げられるが、先の2.1で述べた内容から萱の内部まで薬剤処理する必要があると考えられ、加圧注入などによる注入処理、あるいは毛管湿潤処理などが候補に挙げられる。

さて、上述の薬剤の腐朽防止能力にも限界があるため、一度腐朽が進行してしまうと微生物の活性を抑制するのは難しくなるだろう。この段階では、微生物の栄養源を絶つことによって間接的に菌の生育を抑制することが有効と思われる。そのためには、腐朽の進行とともに生成される腐植を薬剤によって、吸収しにくい形態に変化させる方法が考えられる。

そこで、腐朽の比較的初期段階を抑制する方法と、ある程度腐朽が進行した比較的後期段階を抑制する方法の2つの方法について、それぞれに有効な薬剤処理を提案すべく、検討を進めることとした。

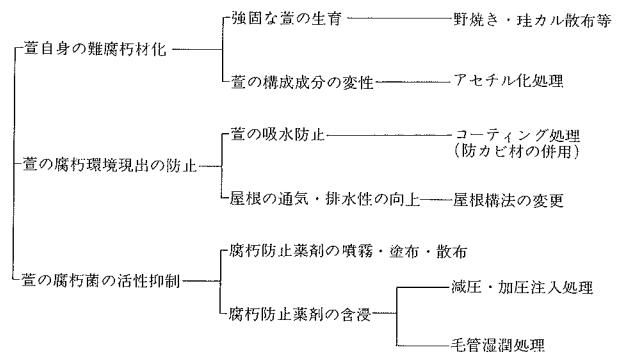


図-2 萱の腐朽防止対策の分類

3. 初期腐朽に対する腐朽防止方法の検討

3.1 目的

ここでは、先の2.2で示した萱の腐朽過程で、比較的初期の腐朽を防止する目的で、その腐朽防止方法の検討を行った。まず、腐朽防止薬剤の検索さらには薬剤の処理方法を検討し、これらの結果を踏まえて、薬剤処理萱を作成し、薬剤の腐朽防止効果を室内腐朽促進試験で確認した。

3.2 萱の腐朽防止薬剤の検索

3.2.1 試験方法 粉末にした萱をシャーレに取り、これに農薬系薬剤あるいは木材保存剤などを所定濃度添加し、腐朽萱の抽出液を添加後、写真-2に示す養生槽内で27°C・湿度90%以上で養生し、6か月間にわたり、菌体(主にカビ)の発生状況を追跡した。

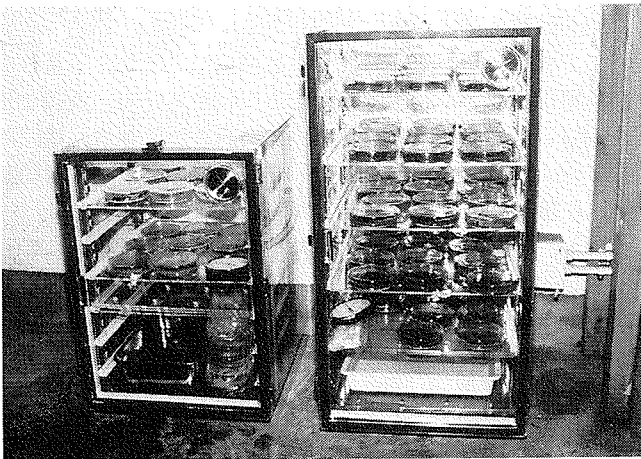


写真-2 温度27°C・湿度90%以上の養生槽

3.2.2 試験結果 農薬系薬剤18種類および木材保存材5種類のうち、代表的なものについての結果を図-3、図-4に示す。なお、結果は下記のように表示している。

- (-) : 菌体の発生が全く認められない
- (±) : // わずかに認められる
- (+) : // 全面積の1/3程度に認められる
- (++) : // 全面積に及ぶ
- (+++): // 全面積に、密に及ぶ

供試した農薬系薬剤18種類の中には、菌体の発生を全く抑制できないものも存在したが、高濃度ではもちろん低濃

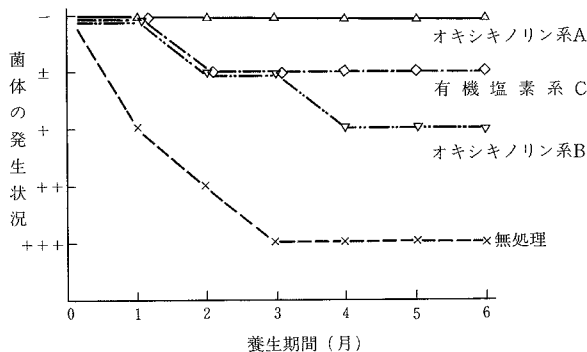


図-3 農薬系薬剤の腐朽抑制効果例 (0.4 g/100 g-萱)

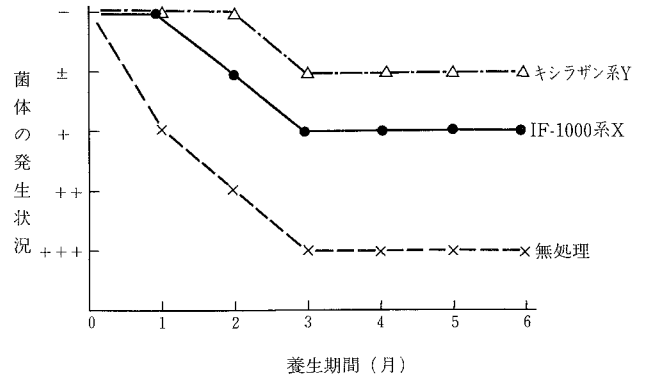


図-4 木材保存剤の腐朽抑制効果例 (10 g/100 g-萱)

度でも長期にわたって菌体の発生を抑制でき、萱の腐朽に対して抑制効果の期待できるものとして、オキシキノロン系の金属塩A・オキシキノロン系の金属塩Bあるいは有機塩素系のCを選定できた。

また、木材保存剤では、供試した5種類とも菌体の発生を抑制できたが、なかでも、キシラザン系のXとIF-1000系のYの有効性が特に認められた。

3.3 薬剤の処理方法の検討

3.3.1 試験方法 農薬や木材保存剤は、噴霧、塗布、浸漬、注入などの方法で使用されているが、長期にわたって腐朽抑制を可能にするには、萱表面だけでなく萱内部まで含浸させる必要があるだろう。そこで、経済性やその他の条件を考慮して、萱の一部を薬剤に浸漬し、上部へは毛管現象を利用して薬剤を含浸させる毛管湿潤法を用いて処理することを検討した。

水および木材保存剤に染料を溶解したのち、これに萱の茎の最下部5cmを浸漬し、所定日数経過後、萱を半分縦割りにし、薬剤の含浸している高さを測定した。

3.3.2 試験結果 試験結果の一部を図-5に例示する。

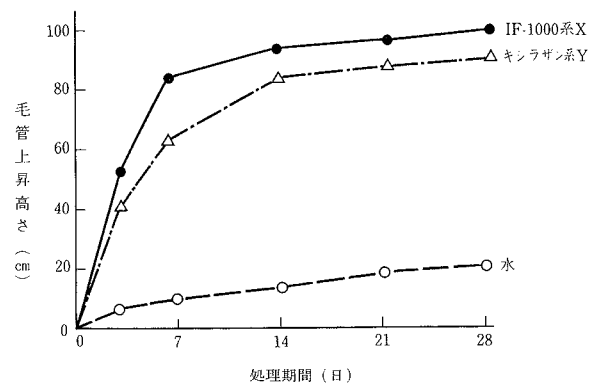


図-5 各種薬剤の毛管上昇高さ例

図から明らかなように、水は短期間ではほとんど萱に吸収されず、1か月でも約20cm程度しか吸収されない。これに対して、溶剤として有機溶媒を使用している木材保存剤では、1か月間で約1mの高さまで吸収された。これは、処理前の萱が十分乾燥されており、その含水比が5~8%であり、萱の内部表面が疎水性になっているためであると考えられる。

木材保存剤の中でも、吸収高さが高く、かつ髄部などの各組織に均等に吸収されるものは、キシラザン系の X と IF-1000 系の Y であった。

両薬剤の 1 か月における吸収量は、萱 1 本当たり 1.6~2.0 ml であり、萱の重量当たりに換算すると、15~30 g/100 g-萱と計算され、先の 3.2 の検索試験において効果が確認できた薬剤量は十分含浸していると考えられた。

3.4 薬剤処理萱における薬剤の腐朽防止効果の確認

3.4.1 試験方法

(1) 供試薬剤

先の 3.2, 3.3 の結果から、木材保存剤単独による処理薬剤としてはキシラザン系の X と IF-1000 系の Y を、木材保存剤と農薬系薬剤を併用する処理薬剤としてはキシラザン系の X に農薬系薬剤のオキシキノリン系の A (750 mg/l) あるいは B (5000 mg/l) を溶解したものを使用した。

(2) 薬剤処理萱の作成

薬剤を 30 cm×50 cm×15 cm のプラスチック製コンテナに取り、写真-3 に示すように、各コンテナに 1 束ずつ作り萱を垂直に入れ、作り萱の茎元を薬剤液に浸して養生し、薬剤を萱に毛管浸潤させる。1 か月後、薬剤液から萱を出し、約 1 週間空气中で水切り・静置して、表面等に付着した過剰の薬剤を除去し、薬剤処理萱とした。

この薬剤処理萱を茎元部から 0 cm~10 cm, 10 cm~30 cm, 30 cm~50 cm, 50 cm~70 cm, 70 cm~100 cm, 100 cm~130 cm の 6 つに切断し、葉鞘を付けたまま、供試した。

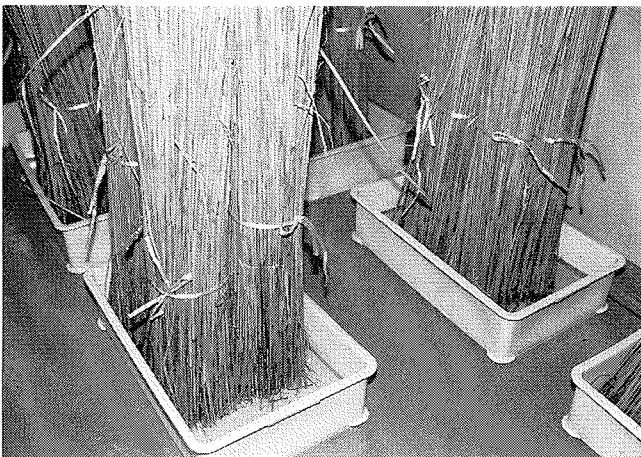


写真-3 腐朽防止薬剤の毛管湿潤法による含浸状況

(3) 腐朽促進の方法

薬剤処理萱における腐朽防止薬剤の有効性を室内で確認するために、その効果を比較的短期間に確認できる室内腐朽促進試験法を採用する必要がある。そこで、JIS あるいは(株)日本木材保存協会にて規格化されている木材防腐剤の効力試験法などを参考にしつつ、萱の腐朽が単一の菌ではなく、各種の腐朽菌の遷移によって進行していると考えて、下記の方法で実施した。

萱の腐朽菌が多量に存在する腐朽萱上に無処理萱あるいは薬剤処理萱を乗せ(写真-4 参照)、温度 27°C、湿度 90% 以上のアクリル槽内で養生した。

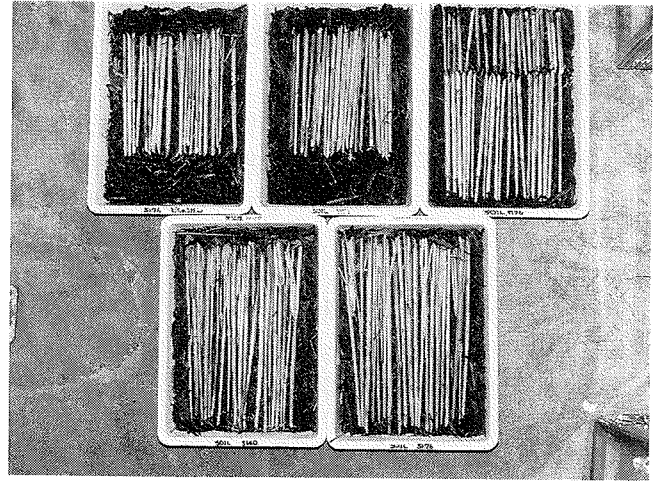


写真-4 腐朽促進試験の開始時の状況

(4) 観察・測定方法

1 か月毎にサンプリングし、葉鞘が付いたままの萱さらに葉鞘を取り除いた萱についてカビの発生状況、色調などを観察した。そのうち、色調の代表的な部位から、節間部分 2~4 箇所を、カッターナイフで、2.5 cm の長さに切断し、圧縮強度、含水比、および強熱減量を測定した。

なお、圧縮強度は、萱を一軸圧縮試験装置に横にしてセットし、1/100 mm/sec の速さで圧縮して、力計の読みから最大荷重をもって圧縮強度とした。

3.4.2 試験結果および考察

(1) 観察結果

① 無処理萱について

葉鞘表面には、養生開始から白色の綿状カビ、緑色土壌粒子状カビが増加し始め、2 週間後から 3 週間後がピークとなる。その後、量・種類共に減少してゆき、6 か月後にはわずかに白色の綿状カビだけが残り、7 か月後以降には表面に観察できるカビは無くなった。その色調は表面に観察できるカビの減少が始まる頃から少しずつ褐変化が起こり始め、9 週間後では部分的に黒色に変色した部分も現れ始めた。その後、少しずつ黒色部分が増加してきて、カビが観察できなくなった 7 か月以降は、写真-5 に示すよう



写真-5 無処理萱の腐朽促進12か月後の状況

に、すべて黒色に変色した。

葉鞘を取り除いたサンプルについての色調の変化はほぼ葉鞘と同じである。4か月後から軟化が激しくなっていて、7か月以降は、幹部は腐朽してなくなり、表皮だけしか残っていないものがほとんどである。

② 薬剤処理萱について

葉鞘表面には、養生開始から1か月後に、白色綿状カビや緑、黒色の土壌粒子状カビが徐々に繁殖し始めた。無処理萱では7か月後にカビは無くなったが、薬剤処理萱では12か月後でもまだ、カビの発生が見られる。しかし、その量はあまり多くはない。その色調は4か月後まではほとんど変化はないが、7か月後に、70 cm～100 cmの部位で黒色に変色した部分が多少現れ始め、12か月後では0 cm～70 cmの部位がやや黒みを帯びた濃褐色に、70 cm～130 cmの部位はほぼ完全に黒色に変色している。

葉鞘を取り除いたサンプルを見ると、その色調の変化は薬剤処理の効果が反映して無処理の萱のそれと大きく異なった。

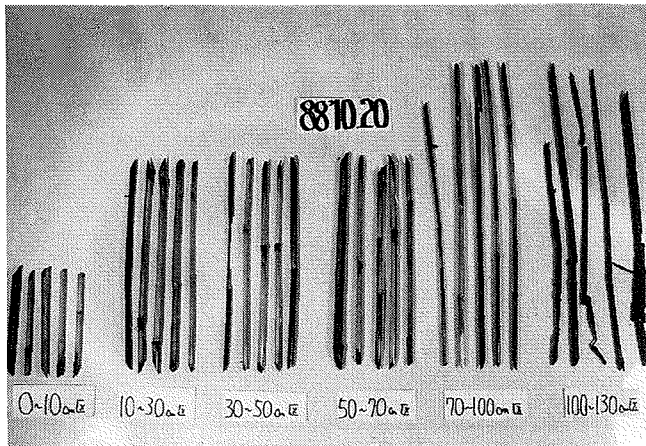


写真-6 薬剤処理萱の腐朽促進12か月後の状況

(葉鞘を取り除いたサンプルで、各部位とも左から、無処理、IF-1000系X、キシラザン系Y、キシラザン系Y+キノリン系A、キシラザン系Y+キノリン系B)

すなわち、写真-6に示すように、12か月後でも、黒色に変色している部位はIF-1000系の処理萱で100 cm以上の部位であり、その他のキシラザン系の処理萱では、70 cm以上の部位である。このことから、薬剤の含浸処理によって、IF-1000系の薬剤は0～100 cmまで、その他の薬剤は0～70 cmまで含浸し薬剤の効果が現れていると考えられる。

ところで、各薬剤処理萱では黒色に変化しなかった部位の色調に違いが認められた。IF-1000系の処理萱の色調は腐朽促進のスタート時のそれからほとんど変化していないが、キシラザン系のその他の薬剤で処理した萱は腐朽促進の養生とともに、褐色が強くなってきている。この色調の変化が実際の屋根において、許容できる範囲内のものか今後十分検討する必要がある。

(2) 圧縮強度の経時変化

① 無処理萱について

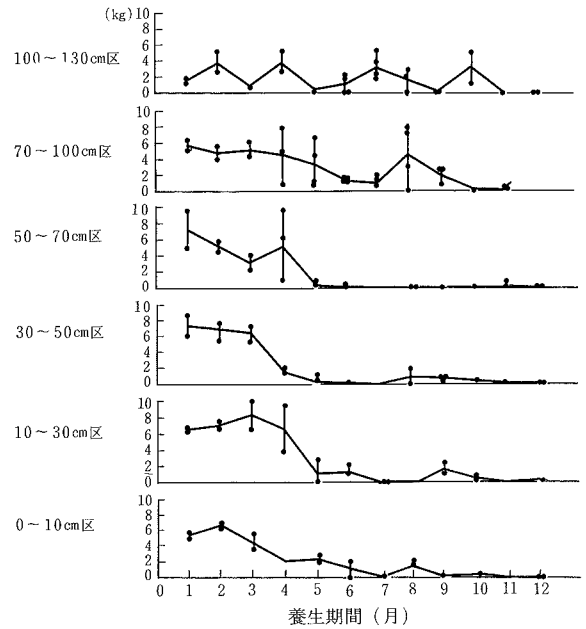


図-6 無処理萱における圧縮強度の経時変化

養生開始から12か月後までの、各部位別の圧縮強度の経時変化を図-6に示す。

図から明らかなように、茎元から70 cmまでの各部位の腐朽の進行に伴う圧縮荷重の経時変化は各部位とも類似している。すなわち、供試萱の圧縮強度は約10～13 kgであったが、腐朽促進養生の開始とともに吸水による軟化が起これ、1～3か月間は6～8 kgを示す。そして、3～4か月経過後から急激に強度低下が進み、5～6か月後には、圧縮強度は0になっている。この時期には、萱の内部組織はほとんど腐朽して欠落し、表皮の組織が残存するのみである。

これに対して、70 cmより上部の部位の圧縮荷重の経時変化は画一的ではなく、5～6か月以降、圧縮荷重が0になるところもあるものの、部位によっては低荷重ながらも強度が残存する場合もある。このことから、この部位は70 cmまでの部位にくらべて腐朽しにくい部分が存在するものと予想される。

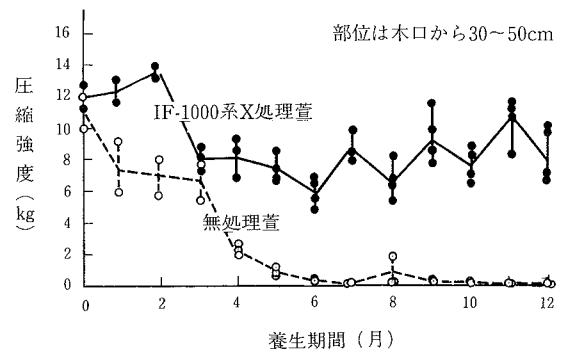


図-7 無処理萱とIF-1000系X処理萱の強度変化

② 薬剤処理萱について

4種類の薬剤処理萱について、茎元から70 cmまでの各部位の圧縮荷重の経時変化は、各部位とも数値に多少の大小はあるが、総じて同じ挙動を示していた。図-7に、IF

-1000系の薬剤処理萱の30~50cmの部位の圧縮強度の経時変化を例示する。すなわち、供し萱の圧縮荷重は約10~20kgであり、薬剤処理萱では吸水による初期軟化が遅く、しばらくこの強度を維持し、5~7か月経過後に大略6~8kgに至っている。そして、それ以後は、一部2~4kgと低い値を示すことはあるが、大部分は6~8kgを維持している。先の観察事項のところで述べたように、薬剤処理萱のこの部位は養生当初から褐色を維持しており、薬剤によって茎元から70cmまでの部位は腐朽が十分抑制されていると判断できよう。

(3) 各処理萱における腐朽防止可能部位

上述したように、薬剤処理萱の茎元から70cmまでの部位については薬剤の腐朽防止効果は薬剤の種類による違いはなかった。しかし、70cmから上部では薬剤の違いによって、その効果が異なった。そこで、腐朽促進12か月における萱の部位別強度を図-8に示す。

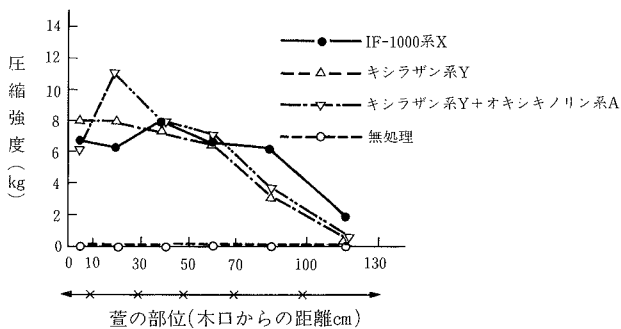


図-8 薬剤処理萱の部位別強度 (養生12か月)

12か月後では無処理萱はすべての部位において圧縮荷重は0kgであり、完全に腐朽している。IF-1000系処理萱は茎元から70cmまでの部位はもちろん、70cm~100cmの部位においても、約6kgと高い値を示している。それに対して、キシラザン系の処理萱は茎元から70cmまでの部位は6kgと高い値を示しているが、70cm~100cmの部位においては、2~4kgと低い値を示している。

以上のことから、約12か月の腐朽促進試験において、IF-1000系処理萱では茎元から100cmまでの部位で腐朽が防止されており、キシラザン系の薬剤処理萱では茎元から70cmまでの部位で腐朽が防止されていることが明らかとなった。

4. 後期腐朽における腐朽抑制方法の検討

4.1 目的

先の第3章において、萱の腐朽の比較的初期段階における微生物の活性を抑制する薬剤処理法を提案し、その効果を室内促進試験で確認した。

この薬剤処理にしても、その効果は永続するものではなく、一度腐朽が進行してしまうと、その段階で微生物の活性を抑制することは難しいと考えられる。その様な段階では薬剤により微生物の活性を直接抑制するよりも、むしろ

それらの栄養源を絶つことによって、間接的に菌の生育を抑制する方が手段として有効と思われる。

ところで、久保田らは堆肥にヒドロキシアルミニウム処理を行なうと、 Al^{3+} が腐植酸と結合して複合体を作り、腐朽の中間産物を難分解性にすると報告している。そこで、本章では、この現象を活用して、腐朽した萱にアルミ系薬剤を散布することによって、萱の腐朽をその段階で停止あるいは進行を遅くさせる方法を検討した。

なお、腐朽萱に対する薬剤の腐朽抑制効果の判定には、微生物の呼吸によって発生する炭酸ガスの量を測定し、その大小をもって行なった。

4.2 実験方法

(1) 供試腐朽萱：先の現地調査で、萱葺屋根から採取した含水率75~80%の腐朽した萱。

(2) 供試薬剤：アルミニウム系薬剤として、ポリ塩化アルミニウム・硫酸アルミニウム・塩化アルミニウムの3種類の薬剤を用いた。

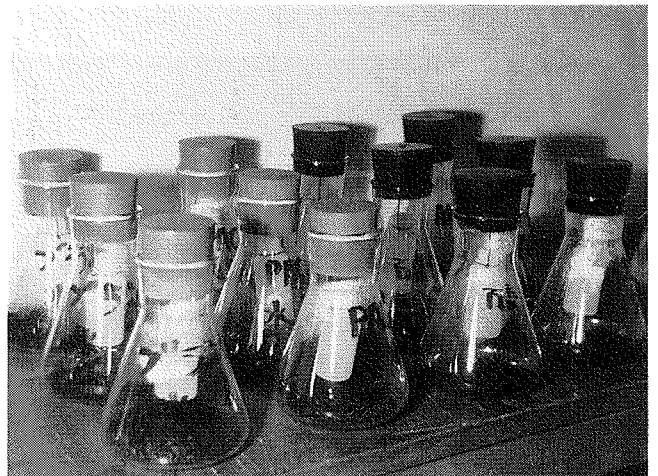


写真-7 萱の腐朽に伴う炭酸ガスの吸収装置

(3) 試験方法：写真-7に示すように、500ml 広口三角フラスコに腐朽萱20gを入れ、薬剤溶解液5mlを添加し、よく攪拌する。つぎに、フラスコ内の上部の空間に5N-NaOH 30mlをいれたポリビンをセットした後、ゴム栓で密閉し27°Cで養生し、発生する炭酸ガスをNaOH溶液に吸収させる。1週間後、NaOH溶液に吸収した炭酸ガス量を炭酸ガスアナライザーで測定する。炭酸ガス測定後、フラスコ内の空気およびNaOH溶液を交換して、上記の試験を繰り返した。

なお、降雨などに対する耐候性の評価に当たっては、諸外国における防腐効力試験規格などを参考にして、上記の試験を繰り返すに際して、つぎの耐候操作を行なった。すなわち、腐朽萱を取り出し1lの水に入れスターラーで1時間攪拌後、No. 5Aのろ紙でろ過し、回収した腐朽萱を再度フラスコにもどした。

4.3 試験結果と考察

4.3.1 腐朽抑制薬剤の種類の検討 各薬剤処理における腐朽抑制効果の経時変化を図-9に示す。なお、各薬剤の添加量はアルミニウムとして腐朽萱の陽イオン交換容量

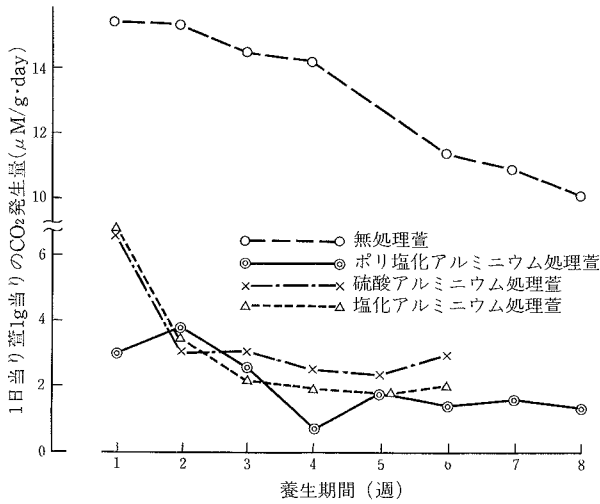


図-9 Al系薬剤散布萱における炭酸ガス発生量

(CEC) の約2倍量とした。

無処理萱に比べて、薬剤処理萱では明らかに炭酸ガスの発生量が少なくなっており、薬剤の処理によって腐朽が抑制されていることが分かる。薬剤の種類の違いによっては、大きな違いはないが、ポリ塩化アルミニウム散布萱が他の2種類の薬剤散布萱よりもやや抑制効果が高いということができよう。

4.3.2 腐朽抑制薬剤の散布量の検討 ポリ塩化アルミニウム散布量ごとの炭酸ガス発生量を図-10に示す。なお、ポリ塩化アルミニウム散布量の腐朽萱 20g 当たり 0.25 ml ~ 5.0 ml は、アルミニウム換算で腐朽萱の CEC 相当量の約1/2倍~10倍の量である。

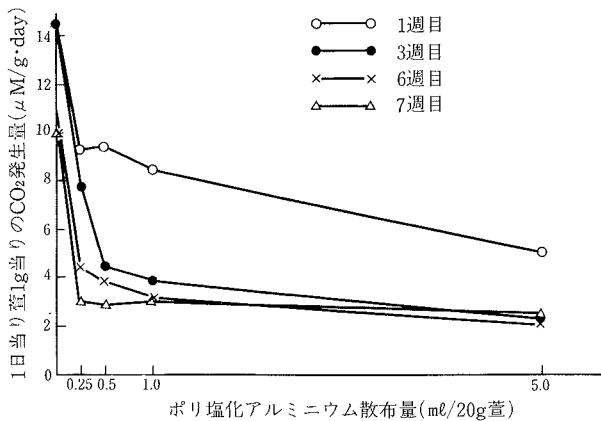


図-10 ポリ塩化アルミニウム散布量と炭酸ガス発生量

図から明らかなように、ポリ塩化アルミニウム散布量が多くなるにしたがって、炭酸ガス発生量は減少している。14週まで行なった実験の平均をとると、ポリ塩化アルミニウムを 0.25 ml 散布すると無処理萱の約45%の炭酸ガス発生量となり、0.5 ml 散布すると約35%、1.0 ml 散布すると約30%、5.0 ml 散布すると約20%の炭酸ガス発生量となっている。

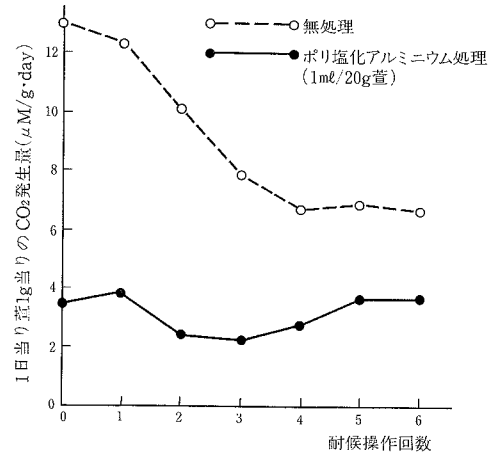


図-11 耐候操作の炭酸ガス発生量への影響

4.3.3 薬剤効果の耐候性 自然環境では、降雨により散布した薬剤が洗い流され、腐朽抑制効果が低下するおそれがある。そこで、水洗による耐候操作を行ない、その影響を確認した。耐候操作を行なった際の炭酸ガス発生量を図-11に示す。

ポリ塩化アルミニウム処理萱は耐候操作を6回繰り返しても、ほとんど炭酸ガスの発生量に変化は見られず、その値は約 3.5 μM/g·day を維持している。

このことから、ポリ塩化アルミニウム散布萱が降雨にさらされても、ポリ塩化アルミニウムが溶脱されることなく、その効果を持続できることが判明した。

さて、ポリ塩化アルミニウムの散布量については、経済性を考慮すると、散布によって炭酸ガス発生量が無処理時の約3分の1に減少できる量である腐朽萱 20g 当たり 0.5 ml ~ 1.0 ml 程度が妥当であろうと考えられる。この散布量を腐朽した屋根当たりに換算すると、対象厚さを 5 cm・萱の嵩比重を 1.5 と仮定した場合、約 1.8 ~ 3.7 l/m² に相当する。

5. まとめ

萱葺屋根の耐久性を向上させる技術として、萱の腐朽の比較的初期の段階に対しては、薬剤によって腐朽微生物の活性を抑制する方法を検討し、更に、ある程度萱の腐朽が進行した比較的後期の段階に対しては、腐朽によって生成した腐植酸を薬剤によって微生物が吸収しにくい形態に変化させて腐朽を抑制する方法を検討した。

主な成果は下記の通りである。

(1) 初期腐朽に対する腐朽防止方法について

① 粉末にした萱に薬剤を添加し腐朽萱の抽出液を添加後、27°C・湿度90%以上で養生して、菌体の発生状況を追跡した結果、低濃度でも腐朽防止効果の期待できるものとして、農薬系薬剤として3種類、木材保存剤としては2種類が選定できた。

② 薬剤を萱内部まで含浸させる方法として、萱の一部を薬剤に浸漬し、上部へ毛管現象を利用して含浸させ

る毛管湿潤法を検討し、水はほとんど吸収されないが、有機溶媒を溶剤とする木材保存剤の一部は1か月間で約1mの高さまで吸収されることが判明した。

- ③ ①・②の成果を踏まえて、木材保存剤単独による薬剤(キシラザン系 X, IF-1000 系 Y)あるいは木材保存剤と農薬系薬剤の併用した薬剤(キシラザン X+オキシキノリン系 A あるいはオキシキノリン系 B)を含浸した薬剤処理萱を作成した。この処理萱を、腐朽萱上に乗せ、温度27°C・湿度90%以上で養生し、腐朽促進試験を行なった。その結果、無処理の萱は3か月後には表面が暗黒色化しはじめ、強度も極端に低下し、5~6か月後には、萱の内部組織は欠落し、表皮のみが残存する状態に至るのに対して、薬剤が含浸した薬剤処理萱で茎元から約70~100 cm までの部位では、養生12か月後でも、暗黒色化することもなく、圧縮強度も6~8 kg を維持しており、この部位は腐朽が十分に防止されていることを確認した。

(2) 後期腐朽に対する腐朽防止方法について

- ① 腐朽の進行を炭酸ガス発生量で追跡した結果、ポリ塩化アルミニウムを腐朽萱 20 g 当り 0.5~1.0 ml 程度散布することによって(屋根で、対象厚さを5 cm・嵩比重を1.5とすると約1.8~3.7 l/m²に相当)、炭酸ガスの発生量を約10μM/g・day (C換算で約0.1%/dayの分解率に相当)から約3μM/g・dayの3分の1に低減でき、言い換えれば、腐朽の進行速度を約3分の1に減少することができることが判明した。
- ② これは、萱の腐朽の中間生成物である腐植酸とアルミニウムが反応し難分解性の複合体となった結果であり、この抑制効果は降雨などで洗浄されても低下することなく、かつ長く持続することも確認した。

以上の室内試験の成果を踏まえて、現在初期腐朽に対する腐朽防止対策を行なった薬剤処理萱を使用して、某神宮境内において、実物大の屋根を葺き上げて現地暴露試験を

実施中である。なお、この屋根には、本報告で提案した処理のほかに、アセチル化処理・表面コーティング処理・薬剤の加圧注入処理などの萱も供している。この現地暴露試験の結果については追って報告したいと考えている。

謝 辞

本研究を実施するに当たり、(社)建築研究振興協会の委員会(委員長;工学院大学 今泉勝吉教授,分科会主査;東京大学 和田秀徳教授,建設省建築研究所 楡木堯部長ほか委員15名)の方々,および大同工業大学 小幡祥一郎教授はじめ某神宮造営部の皆様方に多大な御指導を受けた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 安藤:萱葺屋根を腐朽から守る,神宮司庁,瑞垣, No. 145, p. 20~23, (1987)
- 2) 和田ら:萱葺屋根の耐久性向上技術に関する研究(第1報・第2報),日本防菌防黴学会第16回年次大会講演集, p. 63~64, (1989)
- 3) 矢頭ら:伊勢神宮の屋根の生き物,科学朝日, p. 111~115, (1975. 6)
- 4) 福田ら:カヤの腐朽と防黴,日本防菌防黴学会第15回年次大会講演集, p. 49, (1988)
- 5) 布施:木材用防黴防微剤の効力試験法,防菌防黴, p. 528~539, (1983)
- 6) 小林ら:室内腐朽槽による木材強制腐朽試験法について,防菌防黴, Vol. 8, p. 9~16, (1980)
- 7) 久保田ら:ヒドロキシャルミニウム処理による堆肥の分解抑制,日本土壌肥科学雑誌, Vol. 57, No. 2, p. 155~160, (1986)
- 8) Klein ら: A simplified unit for evaluation of soil core respirometric activity, Plant and Soil, Vol. 36, p. 177~183, (1972)