

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K01089

研究課題名（和文）こけら葺屋根における最適な葺込銅板の配置を考えるための手法

研究課題名（英文）Investigation on the optimum copper plate placement for traditional Japanese-style Shake roof

研究代表者

藤原 裕子（Fujiwara, Yuko）

京都大学・農学研究科・研究員

研究者番号：60506088

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：こけら葺屋根に防腐効果を期待して配置される葺込銅板から溶出し板に付着する銅元素量を調べるため、屋根勾配と葺込銅板の配置が異なる屋根モデル葺足と施工後5年および45年の屋根の各段の葺足付近の銅元素量を調べた。銅元素は屋根勾配が緩く銅板が葺足に近いモデルほどより早い時期に確認され蓄積量も多かった。銅元素量は施工後5年で市販防腐処理木材の1/3～1/2、45年で同等以上であった。これらの結果を利用して銅付着量の予測式を導出できれば葺込銅板の最適配置を決める一助となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

こけら葺屋根が次の葺替えまで健全な状態を保つための工夫の一つとして葺込銅板が設置されているがその最適な配置は建物の立地や屋根の方位・形状等によって異なり、現場では試行錯誤が続いている。本研究では屋根勾配および銅板の配置の異なる屋根モデルについて銅元素付着量の経時変化を調べた他、施工年数の異なる実際の屋根の銅元素分布を明らかにした。これらの結果を利用して銅付着量の予測式を導出すれば葺込銅板の最適配置を決める一助となる。

研究成果の概要（英文）：The present research investigated the effect of roof slope and setback distance for inserted copper plates on the distribution of copper elements on traditional Japanese-style shake roof models exposed to the outdoors for about 2 years. Copper elements were detected earlier and accumulated in greater amounts in models with gentle roof slopes and copper plates set closer to the eave-side edge. And this research also investigated the amount of copper elements on the exposed part of shakes in the shake roof 5 and 45 years after construction. The amount of copper elements was 1/3 to 1/2 of commercial preservative-treated wood in roofs 5 years old and equal or higher in roofs 45 years old. These results can be used to derive a predictive equation for copper distribution on the roof, which can then be used to determine the optimal placement of the copper plates.

研究分野：木材加工

キーワード：こけら葺屋根 葺込銅板 銅元素量

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

こけら葺きは、厚さ約 3mm に薄く剥いた木材(こけら板)を 30mm ほどずらして重ね、竹釘で留めながら葺きあげてゆく伝統的な屋根工法の一つである。薄いこけら板にとって屋根は日射と降雨による乾湿の繰り返しがある過酷な環境であり、施工後 20-25 年で物理劣化(損耗・割れ)や生物劣化(腐朽・虫害)のため葺替えが必要になる。屋根を長持ちさせるための工夫の一つに腐朽の抑制を期待した「葺込銅板」がある。これは板を葺く際一定の段数(一般的には 10 段)毎に葺込まれる薄い幅細の銅板で、この銅板から雨水や結露水に溶出する銅成分がこけら板表面や内部に付着し、腐朽抑制効果を発揮すると推定される。葺込銅板がある屋根の方が葺替え時の傷みがましであるというのは一般的な認識であるが、どのように配置するのが最適なのかは明らかになっていない。実際の屋根において葺足 30mm(主に南面)は 10 年で損耗して無くなってしまいうため、銅板を葺足から出すと 10 年後には銅板がめくれ上がる恐れがある。しかし葺足より奥に入れると雨水に触れる機会が減り銅成分が溶出してこないことも考えられる。現場では葺足より 10mm 出したり 5 分~2 寸下げたりと試行錯誤が続いているが、その効果が明らかになるのは 20 年ほど先である。

2. 研究の目的

本研究の最終目標は、こけら葺屋根を健全な状態で長持ちさせることのできる葺き方を明らかにすることであるが、ここでは特に腐朽の抑制を期待して用いられている葺込銅板に着目し、その効果的な配置を検討するために、銅板から銅成分が屋根全体へ広がる様子を予測する式を考案することを目的とした。この予測式は、屋根の施工年数、銅板からの距離を主な変数として用い、屋根施工後の任意の年数における、屋根の任意の位置の銅成分の量を予測するものである。この式が得られれば、防腐効果のある銅成分が効果的に屋根全体に分布するための銅板の最適配置を見出すことが可能になる。

3. 研究の方法

葺込銅板からどの程度の期間でどの程度の量の銅成分が屋根にどう広がるのかを予測するため、研究期間では屋根モデルを使った実験と実際のこけら葺屋根の調査を行い、予測式を立てるのに必要な銅成分の溶出・蓄積速度に関する値を得た。屋根モデル(図 1 右)の寸法は勾配方向約 1 m、幅 600mm で 20 段とし、葺き込み銅板は 10 段目の上に葺いた。葺込銅板の葺足からの距離を 5 分、1 寸、2 寸の 3 種類(図 2)、屋根勾配(図 1 左)を約 3 寸(緩やか)と約 8 寸(急)とした 6 体のモデルは、軒先側が地上より約 1 m の高さとなるように作成した屋外の架台に設置した。葺足に存在する銅元素量はハンドヘルド型蛍光 X 線分析装置(MESA-630、堀場製作所)で、葺足の色に関する値は色差計(RM200QC、X-rite)で約 3 か月ごとに測定した。実際の屋根の調査では、施工後 6 年の屋根葺足の銅元素量を測定した他、施工後 8 年の屋根の葺足の劣化状態を観察した。また施工後 5 年の屋根モデルと施工後約 45 年の屋根の一部を 1 段ずつ解体し、劣化状態を観察するとともに X 線顕微鏡(XGT7200V、堀場製作所)で銅元素量を測定した。これらの結果と既往の知見をもとに銅元素分布の予測式を導き出す作業を行う。

4. 研究成果

屋根モデルの約 2 年間の屋外暴露実験に関しては、屋根勾配が緩く銅板を下げる距離が短いほど葺足の銅元素量が多く、屋根勾配が急で葺込銅板が葺足先端から 2 寸奥にある屋根モデルの葺足では銅元素がほとんど認められなかった(図 3)。

実際のこけら葺屋根の調査では葺き替えから約 6 年の屋根の葺足部分について銅元素量の測定を行い、葺込銅板を設置した段から離れるほど葺足の銅元素量が少ないことや最大で市販防腐処理木材の約 20% 程度の銅元素量であることが確認された。同屋根の葺き替え 8 年後の葺足の劣化状態は、所々で損耗が激しく葺足がなくなっている部分があり、10 年で 1 足が飛ぶという現場の認識と一致することを確認した。別途設置していた施工後 5 年の屋根モデルを解体し、劣化状態や葺足の損耗、水のしみ上がり、銅元素分布の測定も行った。葺いてから 10 年以内で屋根の調査を行うことはほとんどなく、大変貴重なデータを取ることができた。

さらに前回の葺き替えから 45 年経過した屋根の東西南北 4 方位の平葺面について軒先から棟までの銅元素分布を測定した。その結果、方位によらず軒先側の銅元素量が棟側よりも多く、軒先側から棟に向かって 3 分の 2 程度の高さまではほとんどの測定箇所ですべて市販防腐処理木材と

同程度かそれ以上の銅元素量が確認された。
 今後、得られた結果と既往の知見、降雨量を用いて銅元素分布の予測式を導出する。



図1 こけら葺屋根モデル

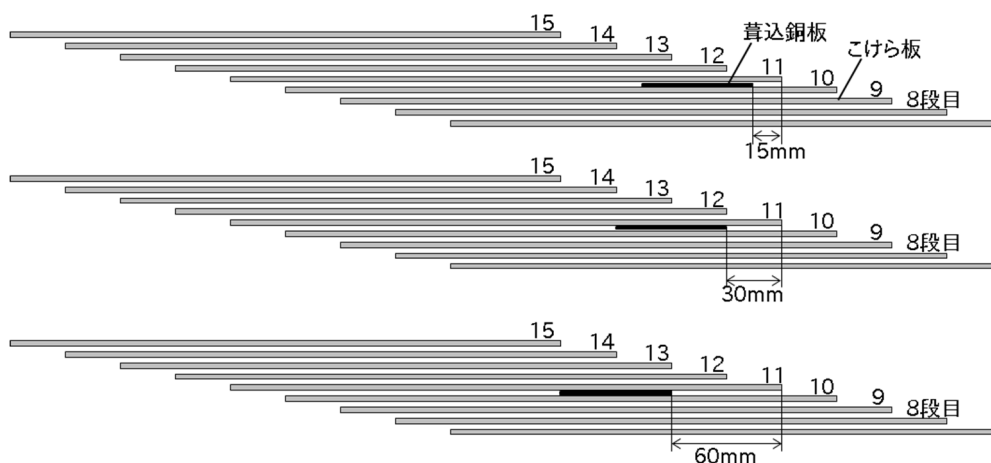


図2 屋根モデル葦込銅板付近の断面模式図

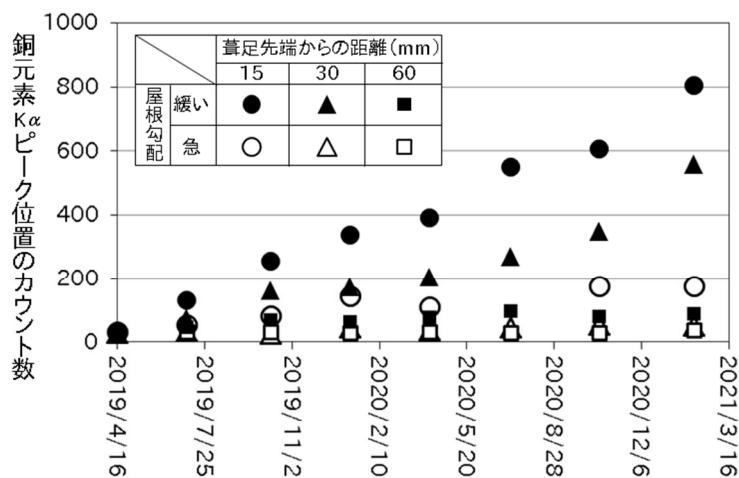


図3 各屋根モデルの10段目葦足の銅元素カウント数の経時変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 藤原裕子, 藤井義久, 小野田麻由, 中野ひとみ
2. 発表標題 約2年屋外暴露したこけら葺屋根モデルの屋根勾配および葺込銅板の葺足からの距離が 葺足部分の銅元素分布に及ぼす影響
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuko Fujiwara, Yousei Kozuma, Hitomi Nakano, Yoshihisa Fujii
2. 発表標題 Biodegradation of traditional Japanese style shake roofs and preservative effect of copper plates on wooden shakes
3. 学会等名 the 4th international conference for Integrated Pest Management (IPM) for Cultural Heritage (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原裕子, 藤井義久, 中野ひとみ
2. 発表標題 葺込銅板のあるこけら葺屋根平葺面の銅元素分布 - 重要文化財 名草神社拝殿の例 -
3. 学会等名 日本文化財科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤原裕子, 藤井義久, 高妻洋成
2. 発表標題 約5年間屋外暴露した葺込銅板のあるこけら葺屋根モデルの 劣化状態と銅元素分布
3. 学会等名 日本文化財科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野ひとみ、駒谷慎太郎、藤原裕子、藤井義久
2. 発表標題 ハンドヘルド型蛍光X線分析装置を用いたこけら葺き屋根の銅元素の現場測定
3. 学会等名 文化財科学会 第35回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------