

瓦葺き屋根の銅製樋に穴があきました

Q: 瓦葺き屋根の銅製樋に穴があきました。このような事例は、どんな場所に生ずるのですか。

A: 日本建築には燻し瓦と銅の建材を組み合わせて屋根を作る工法が取られてきました。京都や奈良などに行くと、神社・仏閣などにこの工法が多く見られます。また、近年建築された茶室や個人住宅などにも、このような屋根が採用されることがあります。銅は大気中に暴露されると塩基性炭酸銅のさび皮膜が形成し、いわゆる緑青色になって大変美しい景観効果が期待され、好まれて使われているようです。しかしながら最近になって銅製の樋、谷樋などで図1に示すように、雨だれが落下するような部位に大きな穴があくといった問題がよく聞かれるようになりました。また、緑青色にならないといった苦情も耳にします。

Q: なんでそのようなことが起こるのですか？

A: 昔はこのような現象がなく、最近になって顕著になってきたことから、大気環境の変化が影響していることは間違いなさそうです。材料自体の成分や組織が大きく変化していることはないのに、材料にその原因を求めることは困難でしょう。酸性雨だとか汚染雨といった言葉を耳にしますが、どうもそれが影響しているようです。私たちが実降雨を採取して分析してみました¹⁾、よく言われるように降雨初期において汚染度の高い雨が降っていることが確認されました。実際に、あるお寺の屋根を調査したところ燻し瓦の凹部に集められた雨水が、雨だれとなって落下する部位で銅に大きな穴があいていました。そこで、模擬酸性雨を実験室で調整し、銅の試験片の上に滴下しつづけたところ、その部分で減肉が起こることも確認されました。水滴の落下ではエロージョンを起こすほどの力学的エネルギーはないでしょう。つまり、雨だれが原因の腐食というわけです。

Q: どのくらいの期間で穴が開くのでしょうか。

A: 日本家屋の銅屋根材は、職人さんの手作業で加工がなされることもあって、板厚は0.4~0.6 mm程度のもが使われています。日本家屋を作っている棟梁にお聞きしたところ最短で7年位で穴があいた事例もあるとおっしゃっていました。私たちが入手した事例は16年で穴が開いています。腐食速度に直すと0.02~0.06 mm/yearということになります。最近建てられた建築物の場合、屋根の補修期間が予期していたより短く経済的負担が大きいことが問題となります。古来からの文化

財級建築物となりますと、補修時に人間が屋根の上に登ることによって木造構造体の劣化も促進してしまうことが懸念されます。また、谷樋に穴があくと家屋内への雨漏りを起こすため、建物内の貴重な内装品や芸術品などを汚損することも大きな問題です。何にも増して住人が雨漏りで嫌な思いをすることも無視できません。

Q: 高校時代の化学の授業で、銅はイオン化傾向が水素より小さいから酸では腐食しないと習ったのですが？

A: 酸性雨という名前から、酸であることが腐食の原因のように捕らえられがちです。しかし高校の教科書が教える通り、酸のみで銅が腐食することはありません。電気化学的に考えると、やはり溶存酸素の酸化力が銅の腐食の駆動力になっていると解釈するのが適切でしょう。

Q: では、雨だれ落下部分は溶存酸素濃度が高いのですか？

A: 溶存酸素は雨だれ落下部でなくても、雨に当たっている銅屋根全体どこでも存在しているはずですが、無論濡れてできた水膜の厚さや流動条件によって部位ごとに濃度のばらつきはあるでしょう。しかし、雨だれ落下部だけ非常に高濃度の溶存酸素が存在するとは考えにくいわけで、溶存酸素の存在だけではあのような局部腐食を説明することはできないのです。

Q: それではなぜ雨だれ部に異常腐食が起きるのですか？

A: 流速が影響しているのだらうと考えています。銅は溶存酸素を含む水溶液中で腐食を起しますが、表面に塩基性炭酸銅、塩基性硫酸銅、酸化銅などの皮膜が形成されると腐食速度は大幅に抑制されます。ところがこの皮膜は沈殿型であり、コロイド状の腐食生成物が凝集・沈着したものです。つまり、雨だれ程度の流速であっても、ミクロンオーダーの腐食生成物粒子を流してしまう力を持っており、雨だれ落下部の皮膜形成を阻止するのです。また、初期降雨中に含まれる酸性物質(硫酸、

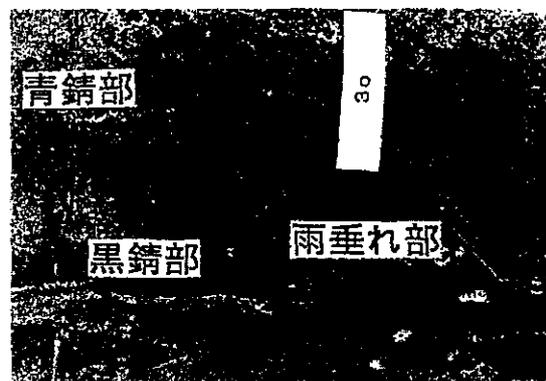


図1 銅製谷樋の雨だれ落下部に生じた腐食孔

硝酸、有機酸など)が沈殿型の腐食生成物質皮膜を化学的に溶解する作用も無視できません。さらには、三元触媒を搭載した自動車の排気ガスには多量のアンモニアが含まれているため、それが雨水に捕獲されて銅の腐食に影響を与えている²⁾という考え方も成立しうると考えています。つまり、流速による腐食生成物皮膜の除去効果、雨水中の汚染物質による銅の溶解度の上昇(酸、アンモニアイオンなど)効果、雨水中の溶存酸素による金属銅のイオン化効果という3条件が組み合わさったことにより雨だれ落下部のみで特異的な異常腐食が起きたと考えるのが妥当でしょう。

Q： 防止する方法はあるのでしょうか？

A： 銅面に雨だれが直撃しないよう工夫することでこの現象は回避できるでしょう。例えば、雨だれ落下部に樹脂を塗っておけば穴があくことは防げると思います。樹脂は、はがれることもあるので時々メンテナンスをする必要があるでしょう。

Q： 樹脂塗りは、美観上好ましくない場合もあります。銅が腐食した結果、庭の苔が枯れるなどの問題も起きています。日本家屋に景観的にマッチし、かつ腐食が

起きない銅代替材料はないのですか？

A： 最近ではアルミナプラストをかけたチタンを用いることが増えています。この材料は、見た感じがちょうど燻し瓦のような色調であること、職人さんには銅と同じような加工ができること、酸性雨・汚染雨程度の腐食環境なら完全な耐食性を示すこと、などにより価値の高い日本家屋を超長期にわたり安心して使う上でのひとつの知恵として採用されています。有害な銅イオンの流出もないため、苔庭が美しく育つなど好評であり、数寄屋建築の茶室などで実績が増えています。

文 献

- 1) 田籠, 紀平, 木下, 中村, 添田: 腐食防食'94 講演集, p.201 (1994)
- 2) 紀平, 松橋, 添田, 田籠, 木下, 中村: 第42回腐食防食討論会講演集, p.23 (1995). (紀平 寛*)

* 新日本製鐵株式会社鉄鋼研究所 (〒293-0011 富津市新富 20-1)