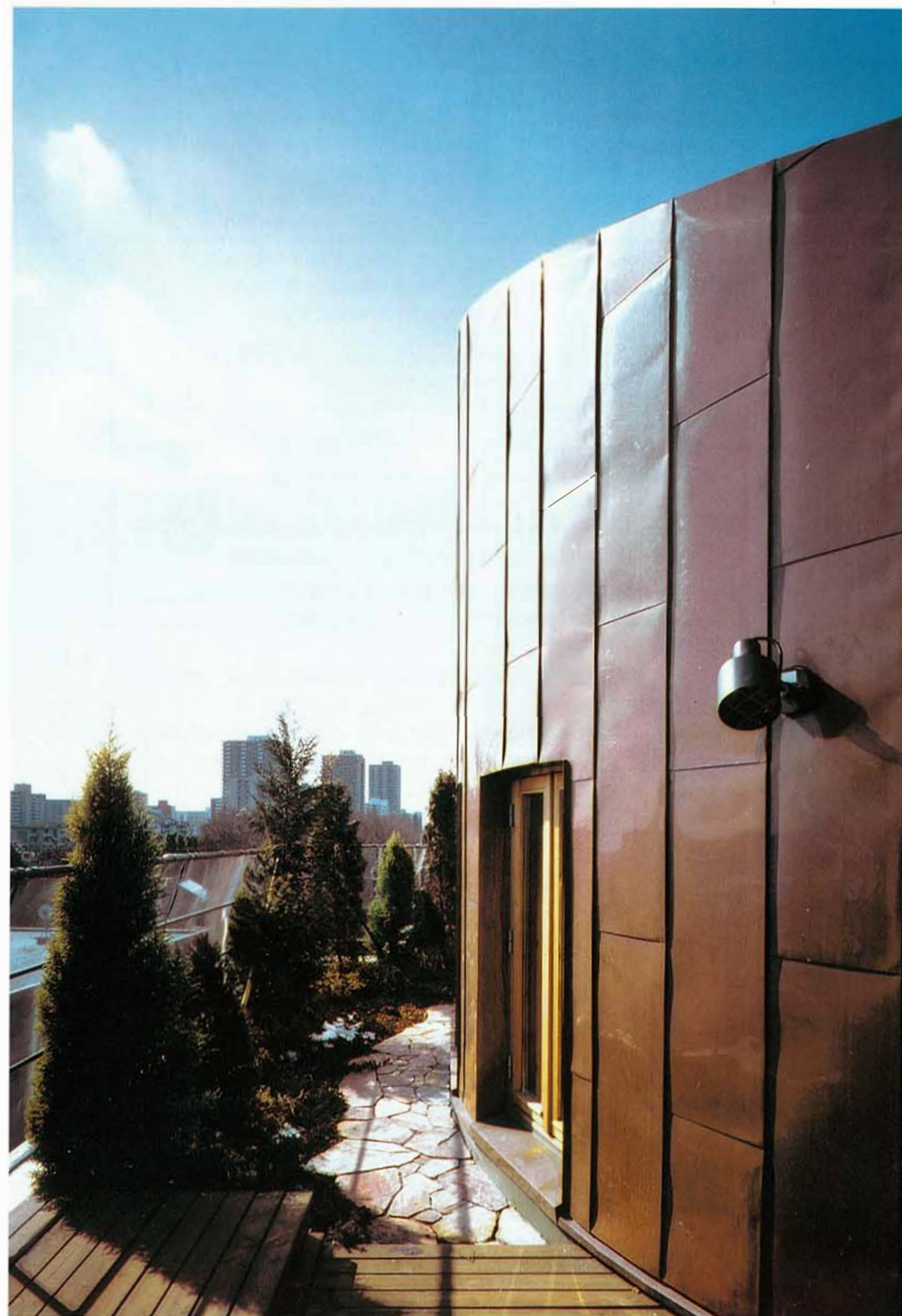




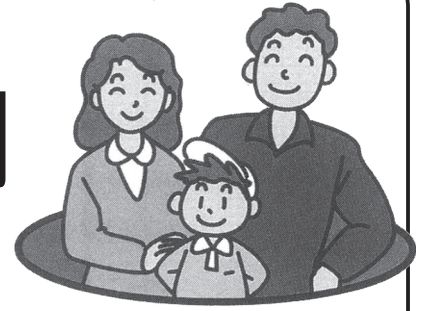
との上手な つきあい方

銅は古来から屋根材として用いられてきた優れた金属素材です。銅の持つ様々な特性が日本の気候風土に適していることを、われわれの祖先は十分に熟知していました。

一般社団法人日本銅センターでは、この銅屋根材をもっと多くの方々にご理解いただくため、これまでによせられた様々なご質問の中から、酸性雨をはじめとする代表的な質問をいくつか取り上げ、Q&Aにまとめました。銅を上手にご利用いただく際、このパンフレットがご参考の一助になれば幸いです。



一般の 方々からの質問



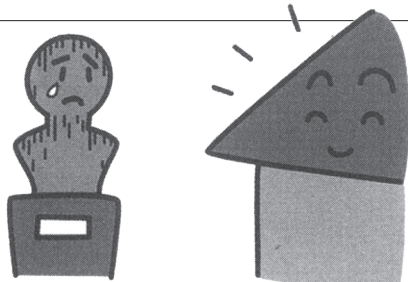
Q 酸性雨の話を聞きますが、日本ではどうでしょうか？

A 一般的に空気のきれいな地域に降る雨は、空気中の二酸化炭素が溶けてできた炭酸を含んでいるため、酸性度「pH（ペーハー）水素イオン濃度」は、5.6程度になるといわれています。この数値より低い値を示す雨を国際的に酸性雨と呼んでおります。

これまで環境庁（現、環境省）が行った国内調査では、第1次調査（昭和58年度～昭和62年度）でpH4.4～5.5、第2次調査（昭和63年度～平成4年度）ではpH4.5～5.8と、ほぼ同じ結果でした。（直近の2015年度～2019年度ではpH4.63～5.19です。）

Q 銅像や文化財に酸性雨による被害があると聞きますが、銅板屋根に対する被害の実例はありますか？

A 銅像などの美術品は形が複雑であったり、特殊な合金や表面処理を用いて様々な着色をしているため、雨が均一に流れ去らずに滞留した場合など、変色の様子が極めて過敏に現れているようです。すべてが銅板で葺かれた屋根の場合は、同一素材の純銅であるため、このようなことはありません。文化庁が重要文化財建造物800件を対象に（対象物件の80%が銅屋根）行った調査では、屋根材で問題提起されたのはわずか数例でした。それも、瓦屋根との併用構造を持つ銅屋根と雨樋で、構造上の問題から発生したものでした。現在では施工マニュアルも完備しており、技術的に問題はありません。



? 「pH（ペーハー）とは」

pH（ペーハー）は水溶液の酸性度合いや、アルカリ性の度合いをあらわすものです。

7を中性とし、7を超える場合はアルカリ性、7未満は酸性となり、この数値が小さいほど酸性が強いことを示します。たとえば、身近なものでいえばオレンジ果汁はpH4、調理用酢はpH3となっています。

Q 酸性雨に対する銅屋根の耐久性はどうでしょうか？

A 先にも述べたように、日本の酸性雨はpH4.4～5.8と、銅屋根の耐久性に対して問題になるほどではありません。国際標準化機構腐食分科会がおこなった世界48ヶ所の銅減耗調査では、東京より強い酸性雨が降る地域（＝ヨーロッパの工業地帯）でも、銅に対する酸性雨の顕著な影響は認められませんでした。このように日本国内での通常の使用であれば、銅板屋根に対する酸性雨の影響は問題ありません。

銅の減耗量調査／（世界48ヶ所：86年～89年の4年間平均）

東京	0.0006mm/年
硫酸濃度の高い場所（東京の3～14倍）	0.0014～0.0033mm/年
沖縄	0.0023mm/年
塩分濃度の高い場所（沖縄の2～6倍）	0.0017～0.0031mm/年

国際標準化機構腐食分科会

この調査結果からも分かるように、仮に最大0.0033mm／年の減耗が起こったとしても、0.35mm厚以上の銅板であれば、60～100年以上の耐用年数があることがわかります。



葺いたばかりの銅板屋根が、一雨で黒く変色する事があると聞きました、問題はありますか？



通常の場合はこのようなことはないのですが、希に大気中に含まれた化学成分などが雨に溶け込んで、銅板と接触することで急速に初期酸化を促します。この結果が黒く見えるのです。

しかし、この酸化膜はごく薄いため、雨や砂塵などによって減耗し、その後は通常の酸化被膜が形成され、3～6ヶ月後には茶色に変色します。



(施行時)



(6ヶ月後)



緑青は必ず出来るものなのでしょうか？



建物の立地条件・屋根の形状によっては、銅板の表面が黒褐色のまま、緑青が生じないことがあります。また、雪国では生成が遅れがちです。



塩害によって銅が傷むと聞いたことがあります…？



海岸地帯では塩分が屋根に付着しますが、通常は雨水で流され、銅に対する影響は特に問題ありません。しかし、雨水で塩分が流されにくい軒天などでは塩分が堆積しやすいため、銅の酸化が急激に進むことがあります。こうした現象は銅に限らず他の金属材料などにもみられます。

いずれにしろ、こうした場所にご使用される場合は、定期的な散水なども有効な方法です。



緑青・銅イオンの、生物に対する影響はないのでしょうか？



以前は緑青は猛毒といった誤った認識がありましたが、厚生省（現厚生労働省）が「緑青は無害に等しい」との見解をだし日常生活にはまったく影響がないことが認められました。

銅は血液を作り出す時の重要な体内元素であり、人間にとっては欠かすことのできない物質です。但し、微生物、水中生物、特に淡水魚の中には、他の金属イオンと同様に、微量でも影響を受けるものもいます。池の構造にもよりますが、銅板屋根から直接雨水を流し込むようなことは避けた方が無難です。また、銅イオンには白蟻の発生を防ぐほか、銅板屋根を流れた雨水を受ける天水桶等のボウフラの発生を防ぐ性質があります。

Q 銅は熱伝導が良いので、銅板屋根にした場合、夏は暑いのではないかと思いますが、実際のところどうなんでしょうか？

A 銅屋根の表面温度は、夏場の直射日光の下では80℃位の高温になりますが、一般的な建物に施される断熱材や小屋裏換気などにより、必要な断熱性は確保されています。したがって、銅板屋根だから、特に家の中が暑くなるということはありません。

Q 銅板屋根は台風などの強風に、どの程度耐えられますか？

A 銅屋根の耐風性は屋根の構法によって多少異なりますが、特に心配はありません。「銅板屋根構法マニュアル（本誌）」に紹介された施工法は、40～50年間に一度吹く強い風をも考慮して設計されたものです。実際、台風の影響を最も受ける沖縄では基準風速46m/secと設定されていますが、これまで銅屋根が飛んだ例はほとんどありません。各地域に基準風速が決められていますので、建物設計時に事前に設計者と相談してください。

Q 銅板屋根は雨が降ると、雨音がうるさいことはありませんか？

A 水滴が物体にぶつかれば、必ず音が発生します。一般に金属板で葺いた屋根は、他の屋根材で葺いた屋根より多少音が大きいようです。銅板屋根では施工の際、特に音に敏感な方は、防音効果のある下地材を使用することをおすすめします。銅板は他の金属に比べ、柔らかなため、「雨音がうるさくて夜も眠れない…」などといったことはありません。



Q 銅板屋根からのしずくで、壁や石畳が汚れるようなことはないでしょうか？

A 銅板屋根からは、微量ですが銅イオンが溶出します。これが石・コンクリートや壁材に付着・乾燥し、濃縮・蓄積されると銅イオン特有の青色や茶黒色を呈します。一度石材やコンクリートについた青色や茶黒色は消すことは難しいため、「軒先を深くする」「樋を設置する」など、設計段階からの対応が必要です。

Q 銅板屋根の施工費用（材料・工事共）はどの位かかりますか？

A 施工費用は、建物の規模・形状・構法・原材料の価格変動など、さまざまな条件により異なります。また、銅板屋根の施工に伴う仮設工事費用などもかかります。したがって、建設会社・屋根工事会社等にご相談され、お見積りしてもらおうことをお勧めします。

Q 銅板屋根を施工したい時は、どこへ相談したらよいのでしょうか？

A 銅板屋根を葺くのは建築板金業者ですが、屋根を銅板で葺くには三寸勾配以上の屋根が必要となるので、銅屋根にするときは、まず工務店か設計者に相談してください。また、自分で施工依頼をする場合は、銅板屋根施工の技術を持った板金店に依頼することをお勧めします。工務店や設計者に相談してもよくわからない時は、日本銅センターが各都道府県にある板金工業組合にお問い合わせください。安心して施工を任せられる業者をご紹介します。

専門家の 方々からの質問



Q

酸性濃度と銅の溶出度についておしえてください。

A

銅の溶出量はpH4付近から急に多くなり、pH3.5でほぼピークに達します。しかし、pH5近辺ではほとんど溶出しません。SO_xやNO_xのような酸性ガスは、雨に溶けて酸性雨の原因になりますが、雨がpH4になるのは降り始めのごく短時間だけです。

通常、定常的な雨のpHはこれより高く、たとえば東京では2015年度～2019年度のpHの平均値は4.91となっています。こうしたことからお分かりのように、酸性雨のみによって金属の皮膜が溶け出し、どんどん減耗していくということは現実にはありません。



Q

軒樋に穴があいたのを見たことがありますが、酸性雨との関係は？

A

前述のように、雨にぬれた状態での銅の減耗速度は、酸性がかなり強くなってもあまり加速することもなく問題はありません。

しかし、雨水が強い流れになり、銅板屋根もしくは銅製の軒樋のある箇所に集中的にあたると、その部分の銅は減耗しやすくなります（雨垂れ石を穿つ）。これは銅板の表面に出来る酸化物からなる保護被膜が、雨水の強い流れのために取れ易くなるためです。さらに、この現象は屋根面に堆積した砂塵が雨水によって流されたり、瓦の釉薬に含まれる化学成分の溶出するなどの複合的な要因も考えられます。

つまり、この現象が起こる背景には、雨水の流れが一ヶ所に集中しやすい瓦屋根で、雨水が銅板表面にあたるまでに落差があるといった、建物自体の構造的な原因が考えられます。

この対策としては厚手の銅材を用いるか、フッ素系又はコールタール系などの信頼のおける塗料を、厚く内面に塗布するなどの被覆対策をおすすめします。また、同様の現象は流れを受ける「あんこう」にも起こることがありますが、対策は同じです。

なお、銅板屋根は瓦屋根よりも雨水の流れが緩やかであるため、雨水を受ける銅製軒樋に、穴あきなどが起こった例はありません。

Q

腰葺（額縁葺）の瓦の水落ち部に、穴あきが出来ると聞きましたが？

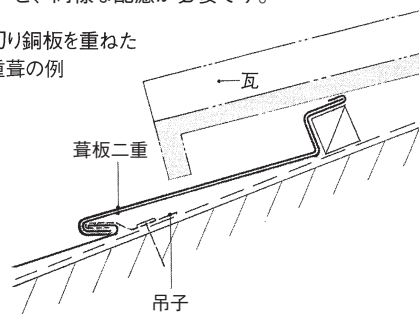
A

前述の瓦屋根の軒樋とも関連しますが、瓦で雨水が集中することは同じです。ただ、落差が一文字瓦・唐草瓦の厚みだけなので、軒樋の場合に比べ小さいという違いがあります。

このため、銅の減耗代は軒樋より大幅に少ないのですが、やはり銅板だけで葺いた屋根に比べ減耗は多くなります。これを放っておくと酸化物が黄色に変色し、ひどい場合は穴あきにまで至ることがあります。この対策として、瓦と接する部分（雨切れ部分を含む）だけは、銅板を二重葺にするか、銅の板厚を上げて使用する（例えば、0.5mm以上）にするようおすすめします。

なお、瓦屋根の下り谷についても捨板を使用するなど、同様な配慮が必要です。

水切り銅板を重ねた二重葺の例



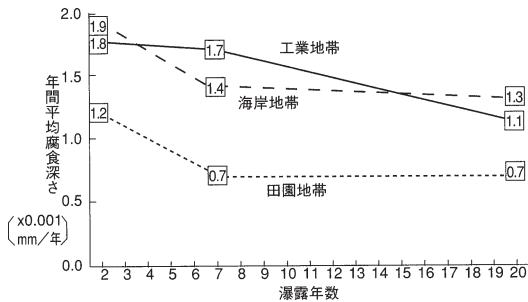


銅は経時的にそれを覆う皮膜が変化し減耗量も少なくなると聞きましたが…？



アメリカの規格協会が行った2年、7年、20年の銅の年間平均減耗量に関する研究結果があります。

これによると、皮膜が安定するまでの初期には銅の溶出量が比較的多く、その後は安定することが分かります。安定した緑青が生じた後も、銅の溶出が全く進行しないわけではないのですが、その量は極めて少なく問題はありません。

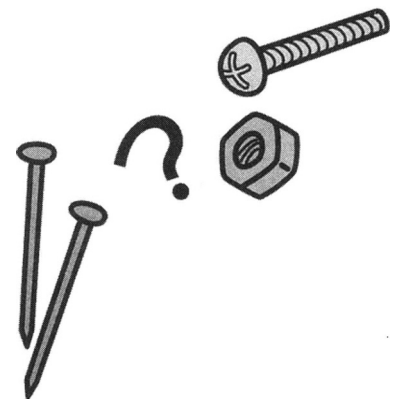


銅と異種金属の電食の注意点は？



電食については、以下の点に注意してください。

1. 銅を異種金属と接触させると、電食がおこります。釘や取付金物には同種金属である銅や黄銅、あるいは耐食性に優れたステンレス (SUS304) をご使用ください。
2. 釘や取付金物に鉄などを用いた場合には、銅との間に電食が起こるので、その間に電食防止塗料や絶縁材料を入れるように設計してください。もし絶縁されていないと、鉄製の釘や取付金物の腐食が進行する場合があります。
3. 銅板屋根の上に鉄製の工作物を設置する場合にも、その接触部に絶縁材料を入れられるように設計してください。



煙突や排気口がつく場合の注意点は？



設置の際は、以下の事項に注意してください。

1. 燃料が重油の場合、排気の亜硫酸ガス濃度が高くなり、銅板を傷めやすくなりますので、暖房にはガス、灯油または特A重油をご使用ください。
2. 煙突の高さは屋根面より高くしてください。煙突が低いと排気中の有害物質が屋根面に残りやすくなり、銅を傷めたり変色の原因となります。
3. 煙突や煙道の材料には鉄が用いられるケースが多く見られますが、鉄粉や鉄錆が屋根面を汚しますので、設置については工夫をお願いします。



海外での銅板屋根事情はどうなっていますか？



最近、海外の関係機関に確認したところ、通常、屋根材の板厚は0.6mm～0.7mm、ドレンまわりは1mm以上が使用されていることが分かりました。日本でも、銅板の使用板厚を上げることや、そのための構法や工具の開発・研究が一部で始まっています。



その他、銅板屋根の施工上の注意点、守るべき事柄があれば教えてください。



1. 長時間に亘り、釘の保持力を確保できる野地板を使用してください。(木板または構造用合板15mm以上、硬質木片セメント板18mm以上など)
2. 銅製吊子は適切な間隔で使用してください。
定尺十字四つ切り (約W130×約L560) の場合は560mmに対し2ヶ所以上、できるだけ等間隔に吊り子を取り付けてください。



クーリングタワー周辺での、銅板屋根の変色はありますか？



クーリングタワーの冷却水には、メンテナンス用の薬剤が入れてあります。これが、使用中に濃縮されて、吹出し口から排出してくるため、銅をはじめ、様々な金属材料を傷めますので注意してください。もちろん、クーリングタワーの囲いなどにも、銅などの金属材料を使用することは避けてください。



銅板を部分補修した場合、新品と既存品の色違いを直す方法がありますか？



経年により変化した銅板屋根の色は、建設地の自然環境により生じた銅化合物の集合体である為、染料や化学薬品による色付けでは再現できません。
新品も経年により既存品に近い色に変化していきます。時間がかかりますが、このことを考慮して補修を行ってください。



緑青の種類によって、耐食性に差がありますか？



緑青はブロッカタイト〔 $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ 〕アントレライト〔 $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$ 〕、アタカマイト〔 $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ 〕、マラカイト〔 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ 〕など様々な銅塩の混合物です。この中で炭酸塩であるマラカイト（塩基性炭酸銅）は最も安定しており、銅の溶出減耗はほとんどありませんが、世界的な硫酸雰囲気のため、現在ではほとんど生じません。
ブロッカタイトとアントレライトは共に塩基性硫酸銅ですが、より酸性側で生じるものがアントレライトです。ブロッカタイトは世界中のほとんどの緑青の主成分であり、水にはほとんど溶けません。これが生じた場合の減耗量は0.0006mm/年程度と、非常に少なくなります。一方、硫酸酸性が強いとアントレライトの比率が増加し、減耗量も0.0014～0.0033mm/年程度となり、その分緑青皮膜も薄くなりますが、減耗は微量であり実用上の問題はありません。
また塩分が高い場合、塩基性塩化銅であるアタカマイトが関係すると思われませんが、減耗量は0.0017～0.0031mm/年で減耗は微量であり実用上の問題はありません。



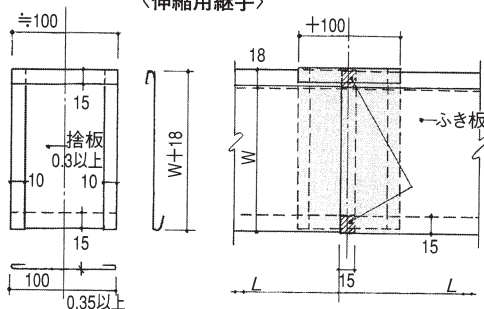
銅板屋根は意匠性、耐震性に優れていることは分かりますが、時として銅板屋根に雨漏りが生ずることがあると聞きますが、どのような点に注意したらよいのですか？



銅板屋根の雨漏りは、ほとんどが施工上の問題に起因しています。次の注意点を守ってください。
〈雨漏り対策とはげ部の設計〉

- 雨漏りを起こさないためには、はげ部からの雨漏りを避けるための屋根勾配3/10以上（段葺きでは、格段3.5/10以上）、望ましくは4/10以上の鉄則を守ることが必要です。
- はげ代も15mm以上（下はげは16mm～18mm以上）を確保しないと、はげ部に水が回りやすくなり、漏水を招く原因となります。また、風圧や膨張・収縮によっても同様の現象が起きることがあります。
- はげ部をつぶすと毛細管現象ではげに水が回り、漏水事故を招く原因になります。
- はげが重なる二重曲げ部は最も拘束が強いので、長期間経過後、銅の膨張・収縮のために割れを生じ、漏水を起こすことがあります。こうした熱膨張・収縮対策には、エキスパンションジョイント工法の採用をおすすめします。このように、はげに関する万一の事故を避けるためには、エキスパンションジョイント工法や十分なはげ取りのほか、銅の板厚を上げて（例えば、0.4mm以上）使用することも大切です。はげ代の確保と板厚を増すことではげの強度が増し、膨張・収縮にも強くなります。

エキスパンションジョイント
〈伸縮用継手〉



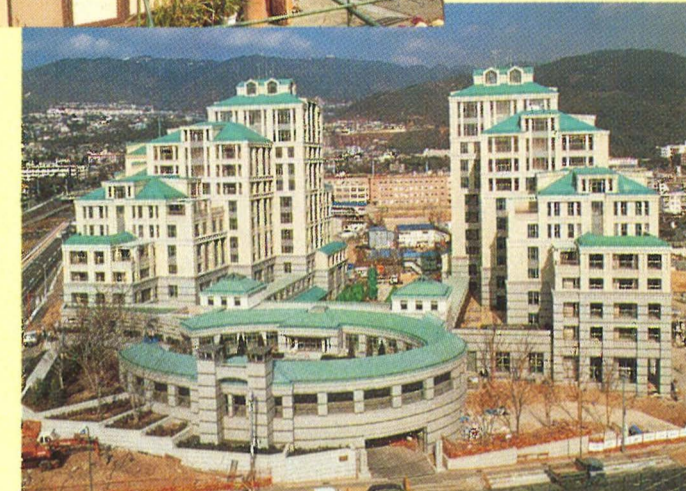
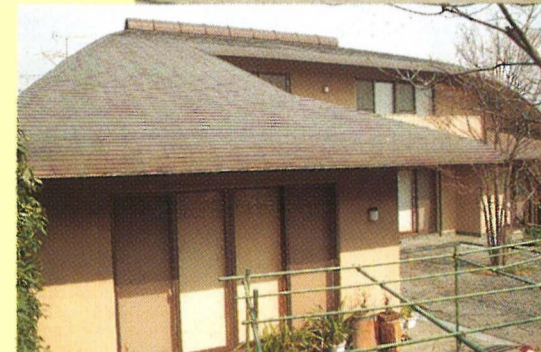
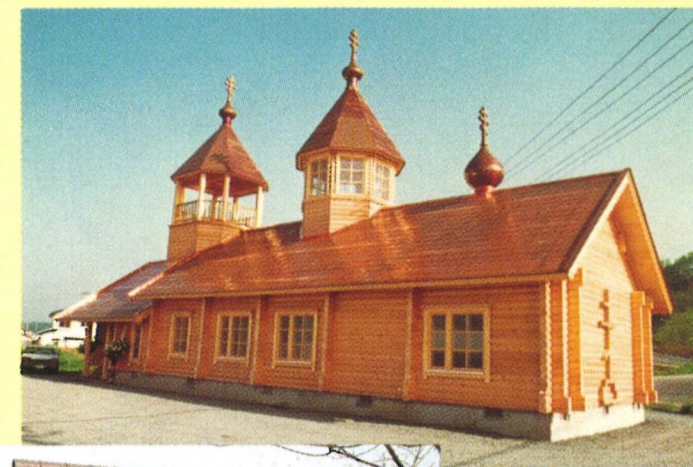
6m以内ごとに伸縮用の継手（捨て板）を入れる。入れ方は、縦はげの上下の一部を切り落とし、葺き板が自由に動けるようにする。
捨て板はこの部分に入れ、葺き板の伸縮を吸収すると共に、漏水を防ぐ。

● 銅屋根の歴史

我が国最古の銅屋根を持つ建造物は奈良の西大寺で、天平時代（765年）に建造されたと伝えられています。江戸時代になると銅を大量に加工する技術が進歩し、銅屋根も多く造られるようになりました。

こうした技術・文化を今に伝える建物に、日光東照宮（1636年）、日光二荒山神社（1662年）などが現存しています。叩き出した厚手の銅板を配したこれらの建物は、今でもその美しさを誇っています。

現在と同じ圧延技術で製造された銅板を利用した銅屋根建造物には、東京お茶の水にあるニコライ堂（1891年）や、日本銀行本店（1896年）、赤坂離宮（1909年）などがあげられます。また、こうした特別な建物だけでなく、最近では一般の住宅や店舗にも銅板を利用した建造物が多く見られます。東京の下町地域では、関東大震災を教訓とした地震対策や防火対策として、屋根だけでなく、壁面も銅板で化粧張りした住宅や店舗が、現在でも数多く残っています。これらの建物を見ていると、いかに銅板が耐久性にすぐれ、自然の災害に強いかが改めて認識されます。



● 銅屋根の特性

a. 耐久性に優れています。

■屋根材の材質別耐久性比較表

耐用材料	グレーディング (年)	D													A													∞
		6	10	12	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0	6	10	12	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0	
BC	金																											
	Zn鉄板(現場塗装)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0															
BC	樹脂 Zn鉄板	8	20	40																								
A	ステンレス	8	20	40	?																							
B	アルミ版	10	25	40																								
A+	銅板	20	40	60	100																							
C	セメント瓦	5	15	20																								
B	厚型スレート(石綿入)	10	25	40																								
AB	石綿スレート	5	10	30	50																							
A	瓦(粘土)	10	35	60																								
A+	(うわぐすり)瓦	15	40	∞																								
DC	塩ビ	2	5	8																								
D	F R P	3	8	15																								
C	アクリル	8	15	20																								

- A級 耐久年数40年以上のものはステンレス板、銅板、瓦などがこれに該当する。
- B級 耐久年数25年以上のものはスレート、アルミニウム板、亜鉛板などがこれに該当する。
- C級 耐久年数16年以上のものはアクリル厚板、亜鉛鉄板（厚物）、アスファルト防水層モルタル押え。

東京理科大学／星野昌一研究所

この表はそれぞれの材質の実績に基づいてまとめられています。

屋根の寿命はその素材の劣化・減耗によるだけでなく、雨仕舞い、下地材、建物の構造や工法、立地条件などによっても左右されます。

b. 耐震性、耐火性に優れています。

屋根を軽量化できるので耐震性があり、さらに耐火性にも優れています。これは、金属屋根材に共通する特性とも言えます。

c. 柔軟で施工性に優れています。

- (1) 雨仕舞いが容易で、優れています。
- (2) 複雑な曲面の施工も可能で、造形的な美しい屋根に仕上がります。

d. 経年と共に柔らかい色調を生み出します。

銅の色調の経年変化は、日本人の持つ美的感性に合う外観を造りだします。新しい銅板の光沢は約1ヶ月でなくなり、一般的には下記のような、いくつかの過程を経て緑青色になります。

赤橙色 → 褐色 → 暗褐色 → 黒褐色 → 緑青色



2021.11.30改定