

紙の基礎と 防錆包装に使われる加工紙

防錆材技研 清水良直 | (株)イーパック 會田敬三

Vol.2

第2章 防錆紙

2-1 防錆紙の概要

ほぼ80年前の戦時のアメリカでDICHAN（ジシクロヘキシルアミンの亜硝酸塩）に鉄鋼に対する気化性防錆性能のあることが見出され、そのDICHANを紙に応用して米軍で武器などの包装に使われていた。VPI紙と命名されたこの防錆紙は戦後民間でも使われるようになってわが国にも技術導入された。これらの技術は廃ることなく生きていているが、いまではDICHAN以外の気化性防錆剤を用いた防錆紙が圧倒的に多くなっている。

防錆紙は、クラフト紙などの紙に、金属の錆（腐食）を防ぐ性能のある化学物質（防錆剤または気化性防錆剤という）を含浸または塗布した紙である。金属製品の短期間の保護から長期保管までいろいろな場面で使用されている。防錆紙から気化した防錆剤が金属表面に吸着することによってその金属を腐食から防いでいる。

金属製品、とりわけ鉄鋼製品を錆から防ぐためには防錆油が広く使われているが、防錆紙を用いて包装すれば防錆油を使わずに済ませることができる。包装された製品の受け取り先では脱脂作業が不要となり、工数の削減ができるというメリットがある。防錆紙が金属の腐食を防止する作用機構は、使用されている防錆剤の化学的な働きである。しかし、作用が化学的であるがために、防錆剤はどのような金属に対しても同じように性能を発揮するといった機能はない。言い換えれば、すべての金属に性能を発揮する防錆剤は存在しない。そのために、防錆紙は対象となる金属製品の化学的組成に応じて異なるものが必要となる。

2-2 防錆紙の JIS

防錆紙の製品規格は防錆対象金属によって別々に制定されていて、鉄鋼用防錆紙の JIS Z 1535と銅用防錆紙の JIS Z 0321の2つである。

鉄鋼用防錆紙の規格は1959年に気化性防錆剤と一緒に規格として JIS Z 1519「気化性サビ止め材」が誕生した。気化性防錆剤としてはDICHANしかなかった時代である。その後DICHAN以外の気化性防錆剤を利用した防錆紙が知られるようになって1973年にJIS Z 1535「気化性さび止め紙」として分離独立し、防錆性能を調べる試験方法も整備された。ちなみにJIS Z 1519は「気化性さび止め剤」に引き継がれている。JIS Z 1535はその後数回の改正を経て2014年に大改正し、表題を「鉄鋼用防せい（錆）紙」と変更し、規定する種類も優れた気化性防錆性能のある「標準形（S形）」と「速効形（H形）」だけでなく、緩やかに性能を発揮する「緩効形（EL形）」と気化性防錆性能が微弱な「接触式」を追加してそれらの性能評価方法を定め、市場にある鉄鋼用防錆紙がどこかに分類できるようにした。一方のJIS Z 0321は表題を「銅及び銅合金用気化性腐食抑制紙」として1997年に制定され、試験方法をはじめ一度も改正されずに現在にいたっている。

2つのJISの最新版の内容を整理して表6に示した。鉄鋼用防錆紙のJIS Z 1535は、改正によってそれまでL形（改正によって呼び名をS形に変更）とH形の2種類だった気化性防錆紙にEL形の気化性防錆紙が加わり、接触式防錆紙が追加された。さらにそれぞれがバリア性の有無でさらに分けられている。

表6 防錆紙の JIS

JIS	種 類			対象金属	気化性 防錆性能	接触 防錆性能	PEへの影 響	バリア性 (透湿度)
Z 1535:2014	気化性	標準形 S形	基本形	鉄鋼	標準の性能	有	なし	—
			バリア形				—	50 g/(m ² ・d)未満
		速効形 H形	基本形		速効性		なし	—
			バリア形				—	50 g/(m ² ・d)未満
		緩効形 EL形	基本形		緩効性		なし	—
			バリア形				—	50 g/(m ² ・d)未満
	接触式	基本形	なし	—	—			
		バリア形			50 g/(m ² ・d)未満			
Z 0321-1997	1種			銅	有	有	なし	—
	2種			銅	有	有	なし	—
				黄銅	有	有	なし	
				りん青銅	有	有	なし	

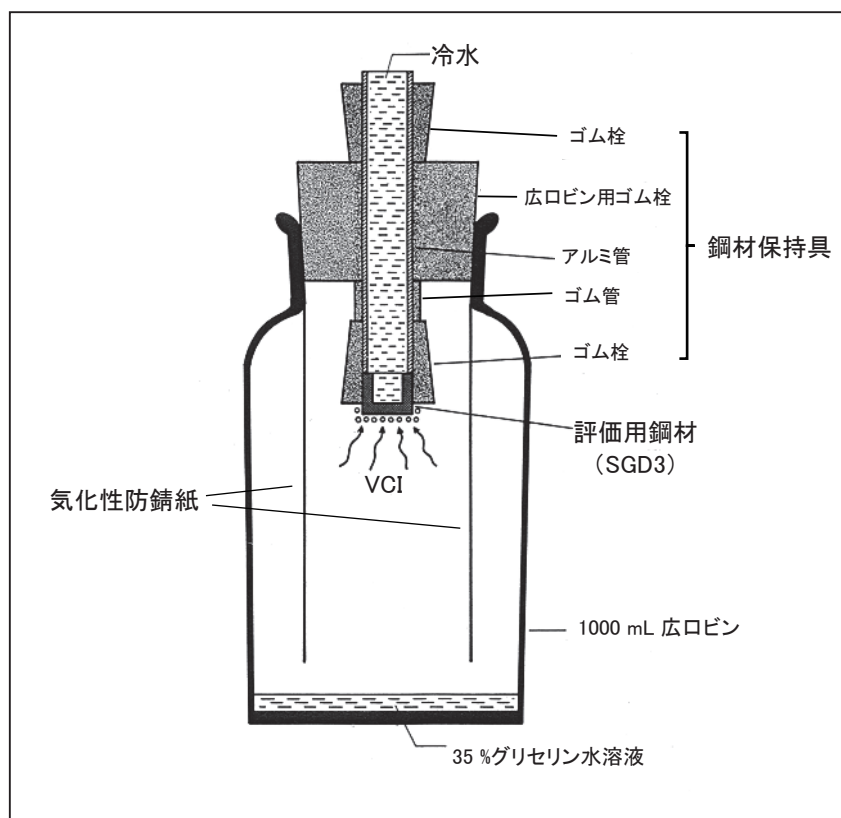


図9 VIA 試験の模式図

気化性防錆性能を評価する試験法については包装技術に連載中のコラム第8話で紹介したが、あらためて原理を説明する。図9に示した模式図のように内部を高湿度にした広口ビンの中に鋼材と気化性防錆紙をお互いに接触しないように保持し、所定の時間が過ぎたら鋼材を強制的に結露させる。結露させることで生じる錆の発生を完ぺきに抑えることができるか調べる試験である。S形の試験手順のポイントを表7に示したが、強制結露までの時間は20時間となっている。S形よりも短時間で気化性防錆性能を示すH形ではこの時間が1時間に短縮されるが、ビン内部を事前に高湿度に調整する手順が追加される。また緩やかに性能を発揮するEL形はS形と同じ手順で試験して鋼材の錆の発生状況を調べ、防錆率が50%以上であれば合格である。

もう1つの防錆性能である接触防錆性能はビンではなくデシケーターを使って試験する。図10のように鋼板を防錆紙で折り畳み包装（キャラメル包装）し、これを水を張ったデシケーターの中に平置きして50℃の恒温槽に規定の日数静置した後、

表7 気化性防錆性能試験の手順（S 形の場合）

手 順	内 容
1. 評価用鋼材の準備	評価用鋼材(SGD3)の評価面を#400の研磨布紙で研磨し、アセトンで清浄にする。
2. 調湿	ビン内部を高湿度にするため広口ビンに35%グリセリン水溶液を入れる。
3. 試験体の組み立て	広口ビン用ゴム栓の側面に防錆紙を2枚を取り付け、評価用鋼材を鋼材保持具に取り付ける。
4. 試験開始	試験体を20℃の環境下に静置する。
5. 強制結露	試験開始から20時間が経過したら評価用鋼材を結露させるために冷水をアルミニウム管に満たす。
6. 判定	強制結露から3時間後に評価用鋼材を取外し評価面を拡大鏡で観察し錆の有無を調べる。

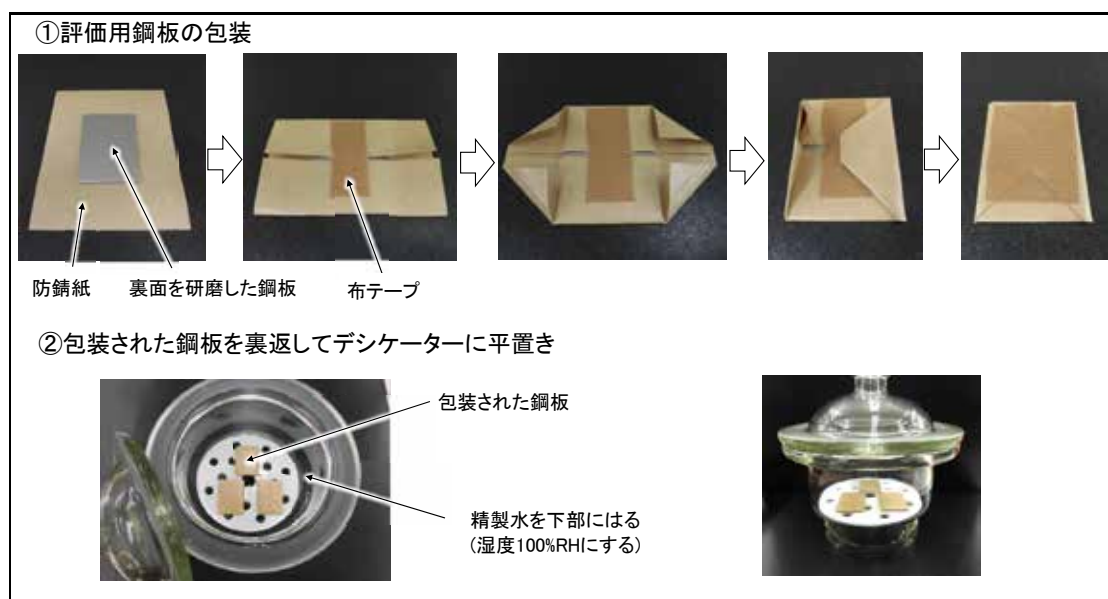


図10 接触防錆性能の試験方法

鋼板に錆の発生がないか調べる。試験期間は基本形（バリア性がない）の防錆紙の場合は2日間、バリア形では7日間となっている。バリア形の要件は透湿度（JIS Z 0208）で評価することになっていて $50\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 未満であればバリア形となる。この値は防錆包装の規格 JIS Z 0303で規定された一般の防湿材料の透湿度（ $15\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 以下）よりも大きい。防錆紙の場合バリア性の基準が甘くなっているのは、包装の内部に水分が侵入してきても防錆剤がそこに溶け込むことで防錆性能を発揮できるからである。

さらに JIS Z 1535：2014には基本形の気化性防錆紙に対してポリエチレン（PE）フィルムとの共存性の規定がある。気化性防錆性能を評価する試験で用いるのと同じ広口ビンの中にPEフィルムと気化性防錆紙を共存させ、65℃で湿度100% RHの環境に5日間保持した後に引張試験によってPEフィルムの強度が低下しないことを確認する試験である。

一方、銅用防錆紙（JIS Z 0321）には銅のみを対象にしている1種と銅のほかに黄銅とリン青銅の包装にも使える2種が定められている。品質の規定は気化性防錆性能・接触防錆性能・PE加工紙との共存性の3つである。気化性防錆性能は鉄鋼への気化性防錆性能を評価する試験と同じ広口ビンを使うが、試験の手順は異なっており表8のようになる。評価用の金属は入手しやすい板状とし、金属を結露させるための操作は広口ビンに2つの恒温槽間を行き来させる方法としている。接触防錆性能については鉄鋼用防錆紙の場合と同様であるが、湿度を95% RHとして50℃で数日間置いて錆や変色の発生がないか調べる方法としている。銅と黄銅は7日間試験することになっているが腐食しやすいリン青銅の試験期間は3日間である。PE加工紙との共存性については複雑な操作によってPE加工紙のPE面にヒビやクラックといった異常が見られないことを目視で判断することになっているが、市販の防錆紙でこのような異常が見られることはない。

表8 JIS Z 0321における気化性防錆性能試験の手順

手 順	内 容
1. 評価用金属板の準備	金属板*の評価面を#400の耐水研磨紙で流水研磨し、アセトンで清浄にする。
2. VCIの気化促進	広口ビンの内壁に気化性防錆紙を貼り付け、評価用金属板をゴム栓から吊るし30℃に18時間保持する。
3. 試験体の作成	2の広口ビンの底に水を入れて試験体とする。
4. 試験体の保持	試験体を5℃の環境下に2時間静置する。
5. 試験体の移動と保持	試験体を50℃の環境下に3時間静置する。
6. 試験体の移動と保持	試験体を5℃の環境下に16時間静置する。
7. 試験体の移動と保持	試験体を50℃の環境下に3時間静置する。
8. 判定	評価用金属板を外し目視で錆や変色の有無を調べる。

* 40×60×3.0 mm の銅板(C1100P)、黄銅板(C3713P)、リン青銅板(C5191P)

表9 防錆紙の種類（対象金属による）

種 類	使用される主な防錆剤	対 象 金 属 ^(注)				JISでの区分		
		鉄鋼	銅/ 銅合金	亜鉛	ぶりき	JIS Z 1535		JIS Z 0321
						最新版	改正前	
鉄鋼専用 気化性防錆紙	DICHAN	◎	×	×	○	S形	L形	—
	亜硝酸ナトリウム・尿素・ アミンのカルボン酸塩・ 安息香酸ナトリウム	◎	×	×	○	H形	H形	—
銅/銅合金共用 気化性防錆紙	BTA・TTA	×	◎	○	×	—	—	2種
鉄/非鉄金属共用 防錆紙	BTA・安息香酸ナトリウム・ (アミンのカルボン酸塩)	○	◎	○	○	EL形か 接触式	—	2種
ぶりき用防錆紙	安息香酸ナトリウム・ (アミンのカルボン酸塩)	○	×	×	◎	接触式	—	—

(注) ◎: 対象金属に対してよく使われる

○: 対象金属に対して使われることがある

×: 対象金属に対して使うべきでない

2-3 防錆紙の種類（対象金属による）

防錆紙の種類を説明するとき、防錆対象金属によって分類する方法と、防錆紙の使用方法、すなわち包装形態によって区分する方法の2通りの考え方がある。防錆対象金属による分類で防錆紙を整理し、JISでの区分を含めて表9に示した。前節で述べたように、防錆紙には対象とする金属ごとに異なった内容とする必要があり、1種類の防錆紙ですべての金属に対応することはできない。たとえば鉄鋼専用の気化性防錆紙は前出のDICHANを防錆剤として用いた塗布タイプと亜硝酸ナトリウムなど数種類の化学物質を混合使用して紙に含浸させた含浸タイプがあるが、いずれも銅や銅合金には性能を発揮しない。一方、銅/銅合金用の気化性防錆紙は、鉄鋼用とはまったく異なる化学構造の防錆剤BTA（ベンゾトリアゾール）などを用いており、鉄鋼に対する性能は微弱であって実用性はない。そのために、鉄鋼と銅が共存する場合にはいずれの防錆紙も使えない。そこで鉄鋼と銅が共存しているときにも使えるように、鉄/非鉄金属共用の防錆紙が開発されている。鉄/非鉄金属共用の防錆紙は亜鉛めっきやぶりきに対してもそこそこの性能を示すためにオールマイティーのように捉えがちであるが、表9に示したように鉄鋼に対する性能は鉄鋼専用の防錆紙には及ばない。この防錆紙はJIS Z 0321に合格するとともにJIS Z 1535のEL形か接触式に分類される。また表9にはぶりき用に特化した防錆紙も載せたが、この防錆紙は気化性防錆性能が微弱でありJIS Z 1535では接触式となる。

この節については包装技術に連載中のコラム第11話も参考となるであろう。

表10 包装形態に応じて選択される防錆紙の種類

包 装 形 態			用 途 例	防錆紙の種類	備 考
ラッピング	軽包装	折り畳み包装 など	小物製品	基本形	
			機械部品・工具・ 刃物・自動車部品	ポリラミタイプ	
	重包装	コイル包装	鉄鋼コイル	クロス貼合タイプ・ フィルム貼合タイプ	
		平板包装	鉄鋼切板	ポリラミタイプ・ クロス貼合タイプ・ フィルム貼合タイプ	
		折り畳み包装 など	ロール・シャフト・ 大型歯車	ポリラミタイプ・ クロス貼合タイプ・ フィルム貼合タイプ	
		スパイラル包装	スリッターコイル・線材	クレープタイプ	
製 袋	防錆紙を袋状に して使用	機械部品・工具・ 刃物・自動車部品	ポリラミタイプ		
		小物製品	基本形		
密封空間 内で金属と 共存	PEやPPの袋入り	機械部品・工具・ 刃物・自動車部品・ 小物製品	基本形		
	ブリスター包装	小物製品	基本形		
	スキンバック包装	小物製品	基本形		
ノックダウン包装			自動車部品	基本形・ ポリラミタイプ	高酸化性のVCI
合 紙			板状製品	基本形	防錆剤に酸化性は不要

2-4 防錆紙の種類（包装形態による）

防錆紙の種類を包装形態の観点からまとめると表10のようになる。ラッピング材料として防錆紙を使用するときには、包装作業に耐え、包装した製品のハンドリングに支障のない強度が必要である。とくに鉄鋼コイルや大型の鉄鋼製品を包装するときには高い強度が必要となり、クロスを貼合したタイプなどが使われる。このように強靱化された加工紙については第3章の3-3と3-4で詳しく説明する。またスリッターコイルなどを包装対象とするスパイラル包装用に、強度と共に柔軟性をもったクレープ紙が使われるが、その特徴については第3章の3-5で詳しく説明する。

鉄鋼製品が小さければ防錆紙でラッピングしたり防錆紙で作った袋に入れるのが一般的である。このとき密封が可能ならば紙単体（JIS Z 1535でいう基本形）ではなく、紙の片面に溶融したPEをTダイからフィルム状に押し出してラミネート（押し出しコーティング）して防湿性を付与したタイプ（JIS Z 1535でいうバリア形）が優れている。包装の外からの水分の浸入を抑えるとともに、防錆剤の気化喪失を抑制することもできるので、防錆性能の持続性を向上させることができる。防湿性は透湿度によって評価するが、前述のように50g/(m²・d)未満のものをバリア形としている。PEラミの厚さが15μm以上であれば透湿度はこのレベルになる（後述する図14（p.21）を参照）。一方で防錆紙を密封空間内に挿入して使用するのであれば、防錆紙には防錆剤の担体としての機能があればよいわけで、とりたてて強度を必要とすることもなく防湿性も不要なので、厚さの薄い紙で支障ない。

特殊な使用方法としてはノックダウン包装用と合紙として用いる方法が挙げられ、両者に求められる防錆剤の気化性の大きさが両極端に違っているのが特徴的である。すなわちノックダウン包装用は大きな空間に対して使われることから、防錆紙からかなり離れたところまで防錆剤を到達させる必要があり、気化性の高い防錆剤が使用される。これに対して合紙としての用途では、基本的に金属製品に密着させて使うことから、防錆剤に気化性はなくて良い。平滑性などベースとなる紙にかかわる品質が重要となるので、金属合紙という特殊な紙をベースとすることがある。

2-5 防錆紙の防錆性能発現の特徴

防錆紙を用いたとき金属製品はどのようなメカニズムで錆から守られるのか、防錆油と対比させて説明する。防錆紙から

気化して金属表面に到達した防錆剤分子は金属表面に吸着して性能を発揮する。分子の大きさ（ 10^{-9}m ）での作用であり、まさにナノスケールの世界である。もちろん目には見えないし触っても分からない。一方、防錆油の油膜は一般的には数 μm （ $10^{-5}\text{m}\sim 10^{-6}\text{m}$ ）と防錆剤分子の千倍の厚さがある。目に見え触ればわかる。このように防錆紙の場合は金属表面で作用している防錆剤は極めて微量であるから、防錆油に代って防錆紙を使うことにより省資源、省エネルギーになる。

また、気化性防錆紙に使われている防錆剤の多くにはわずかなりとも気化性がある。水などのポピュラーな物質とともに防錆剤の蒸気圧を文献^{5~10)}から調べて図11に示した。DICHANとBTAは気化すると言っても水銀よりも気化しにくく、水の1万分の1から10万分の1の蒸気圧しかない。表9に示したアミンのカルボン酸塩の蒸気圧は知られていないが、DICHANやBTAよりも桁違いに大きいということはないであろう。また図11のbとdは結合して塩をつくり気化性防錆剤となる。その蒸気圧は感覚的にはDICHANよりも大きいと考えているが知られていない。一般的に防錆剤の蒸気圧は非常に小さなものであり、蒸気圧の測定は容易ではない。「気化性防錆剤」という名称から気化しやすい物質であるとの印象を与えやすいが、水にくらべれば比較にならないほどにわずかなレベルであることを強調したい。2-7の使用上の注意につながる重要なポイントである。

この節については包装技術のコラム第10話も参考となるであろう。

2-6 防錆包装における防錆紙の位置づけ

防錆紙は包装材料であり、JIS Z 0303：2009「さび止め包装方法通則」でどのように使用するか定められている。この規格は鉄鋼の錆を防ぐための包装方法について定めたものであり、すべての金属を対象としているものではないが鉄鋼以外の金属についても参考になる。表11に示したようにJISは防錆包装を防湿包装などの5つに大別し、さらにどのような防錆処理材料を用いるかによって細分し、必要な外装について規定している。5つの大分類のうち防湿包装・防水包装・一般包装の3つは、水分の浸入がどれだけ抑制されるかの度合いによる区分であり、防湿包装が水分の浸入がもっとも少なく、防水包装は水の浸入は防がが水蒸気の浸入については無抵抗の包装方法、一般包装は水分の浸入防止策がまったくない包装である。防錆紙はこれら3つの大分類のいずれにも使用でき、防錆油を必要としない防錆包装方法である。詳しくは筆者（清水）の解説¹¹⁾を参照されたい。

2-7 使用上の注意

表12に防錆紙と防錆油の特徴を比較して示した。防錆油は、防錆添加剤による作用はあるものの、主に水や酸素が油膜を通過して金属表面に到達するのを邪魔することによって錆を防いでいる。つまり、油膜による物理的なバリア作用である。それに対して防錆紙は防錆剤という化学物質による化学的作用である。そのために防錆紙を使うに際して注意すべきことがあり、表13に手順ごとにまとめて示す。

はじめにしなければならないもっとも大切なことは、包装対象と

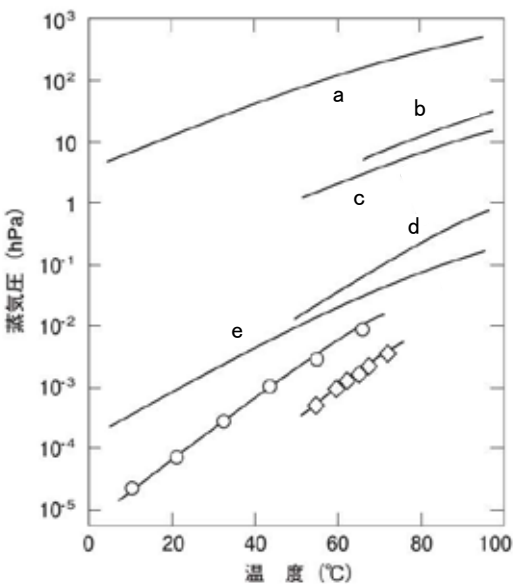


図11 防錆剤の蒸気圧
○ DICHAN⁵⁾ a 水⁷⁾
◇ BTA⁶⁾ b 2-アミノエタノール⁸⁾
c ショウノウ⁹⁾
d 安息香酸⁸⁾
e 水銀¹⁰⁾

表11 JIS Z 0303 の分類の概要

種類	防錆処理材料	外 装
防湿包装	防錆紙(基本形)	防湿包装材料
	気化性防錆剤	
	防錆油	
	水溶性防錆剤	
	防錆紙(バリア形)	不要
	防錆フィルム	
防水包装	可剥性プラスチック	防水包装材料
	防錆紙(基本形)	
	気化性防錆剤	
	防錆油	
一般包装	水溶性防錆剤	非防湿・非防水包装材料
	防錆紙(基本形)	
	気化性防錆剤	
	防錆油	
除湿包装	乾燥剤	防湿包装材料
脱酸素包装	脱酸素剤	ハイバリア材

なる金属の種類に合致した防錆紙を選択することであり、これを怠ると防錆ができないばかりかむしろ錆を助長することにもなりかねない。たとえばめっき製品を防錆包装するときに、めっきの表面の防錆が目的なのか、下地の金属が対象なのか、あるいは両方を保護する必要があるのかを明確にしないと防錆紙の選択を誤ることになる。図12に使用する防錆紙の選択を誤ったために起きた実例を示す。筆者（清水）が以前手伝っていた金属加工会社が発注した研磨治具の変色である。研磨治具はアルミ製の軸に砥石を取り付けた形状であり(a)、防錆紙で包装されていたが砥石の部分が変色していた。研磨治具のメーカーはアルミの変色を抑えるために防錆包装したつもりであつたろうと思われる。メーカーから砥石の製造手順を聞いたところ、砥石の粒を固定するために銅が使われている

とのことだった。変色の原因は鉄鋼専用の防錆紙を使って包装したためであり、防錆剤の影響を受けて銅が変色したのである。この場合は鉄／銅共用の防錆紙で包装すれば砥石にもアルミ部分にも変色は見られない(c)。確認はしなかったが銅用防錆紙を使っても良かったかもしれない。このように防錆性能を必要とする金属が何かを明確にするとともに、共存する金属への影響に注意することが大切である。

また、防錆紙と防錆油とを併用すると、防錆油に含まれている化学物質と防錆紙に含まれている防錆剤とが予期しない化学反応を起こし、お互いの防錆性能を阻害するおそれがある。事前に試験して確認しておくといい。2種類以上の防錆紙を不用意に一緒に使うときも同じリスクが伴う。

使用する防錆紙が決まって納入されたら、直射日光を避け水濡れしないように保管することが肝心である。意外と見落とされがちなのは巻取り状の防錆紙を置く場所であり、屋内でも結露によって床が濡れるような場所は避けなければならない。

使用する防錆紙が決まって納入されたら、直射日光を避け水濡れしないように保管することが肝心である。意外と見落とされがちなのは巻取り状の防錆紙を置く場所であり、屋内でも結露によって床が濡れるような場所は避けなければならない。

表12 防錆紙と防錆油との比較

	防錆紙	防錆油
防錆効果の発現	主に化学物質による化学的作用	主に油膜によるバリア作用
単位面積当たりの防錆剤量	極微	微
包装品の洗浄	必須	不完全でも可
開梱後の包装品の処理	不要	脱脂が必要
複雑な形状物への対応	良	良～可
外装の必要性	場合によっては必要	耐油性バリア材が必須
包装内での結露	紙が吸収するのでリスクは比較的小さい	吸収するものがないのでリスクが大きい

表13 防錆紙の使用上の注意

手 順		ポ イ ント
事前準備	種類の選択	対象物の材質・形状・表面処理の有無を把握し、適切な防錆紙を選択する。また、必要に応じて防錆油との相性を確認しておく。
	防錆紙の保管	納入後は高温や直射日光を回避し、水に濡れないように保管する。
包 装	対象物の洗浄	異物の付着は腐食の原因となるため、十分な清浄状態にする。
	包装	防錆紙を極力対象物に近づける。対象物を素手で触らないように注意する。取り扱い後は手洗い、うがいをする。
	輸送・保管	高温や直射日光を回避し、水に濡れないように保管する。
	開梱	包装の開梱は直前まで実施しない。また取扱い後は手洗い、うがいをする。
使用残の防錆紙の保管		使用後は元の包装状態に戻すか、PE袋などの防湿性、密閉性の高い包材で包装する。



図12 適切な防錆紙を使うことの大切さ

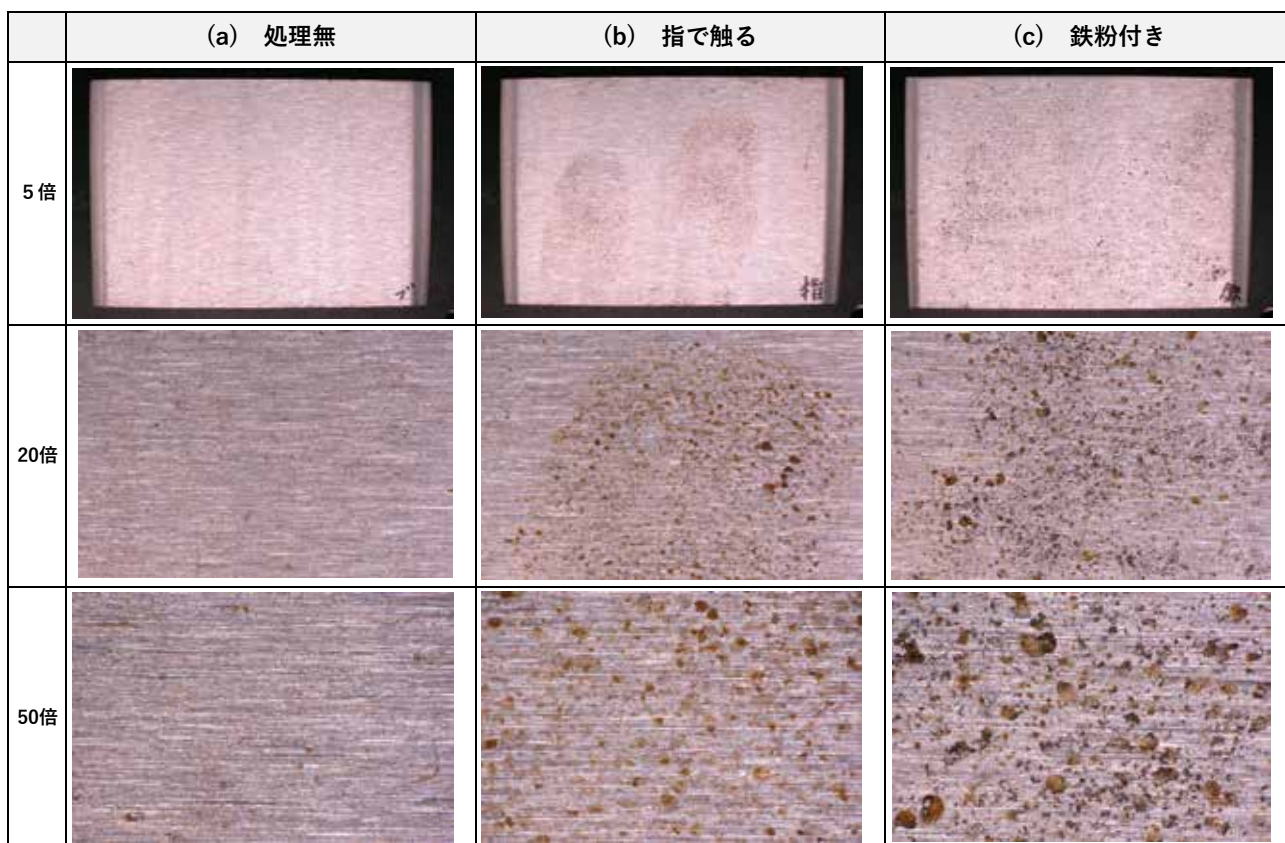


図13 汚れの付着による発錆への影響

防錆紙を使って包装するとき包装に先立つ金属製品の洗浄は疎かにできない。防錆紙には金属製品に付着している汚れなどの腐食性物質を取り除く作用はないため、汚れがあると防錆剤は金属表面に到達できない。汗や汚れが付着した部分の防錆は不完全なものとなる。金属加工の際に使った加工油などが表面に残った状態も同じで、油膜の上から防錆紙で包装しても十分な防錆性能は期待できない。加工油が汚れているならば、洗浄して除去することが必須である。図13に示したのは鉄鋼製品への付着物が発錆に与える影響を筆者（會田）が調査した結果である。240番で研磨、洗浄した鋼板（SPCC）を3枚用意し、(a)そのまま、(b)指で触る、(c)鉄粉を付着、の処理をして40℃、90% RH の環境に30分静置して発錆にどのような違いが生じるかを調べた。当然、すべての鋼板に発錆が確認できたが、(b)と(c)のように異物を付着させると著しい錆が発生した。(b)の結果は鋼板に指で触れたことで汗に含まれる塩類などが鉄鋼に付着し、そこから発錆したものである。また鋼板に鉄粉を付着させた(c)は(b)以上に錆びた。微細な異物が付着するとそこを起点に結露しやすくなって発錆が進み、さらにその錆が起点となって結露を促した結果であると理解される。まさに「錆が錆を呼ぶ」のスパイラルに落ちいつている。

金属製品を清浄して包装するとき防錆紙はできるだけ金属製品に接近させるように使用することが望ましい。前出の図11 (p.15) に示したように、気化性防錆剤といわれている物質は気化するとは言ってもごく小さな蒸気圧しかもっていない。したがって、防錆紙と金属表面が離れていると、必要な量の防錆剤が金属表面に到達しない可能性が高くなる。どれほどまで離れていても大丈夫かという疑問が生じるであろうが、これについては次節で述べる。また金属を素手で扱うのは厳禁である。上述の図13のように手の汗が鉄鋼に付着することで発錆原因となる。

つぎは包装した製品の輸送と保管であるが、防錆紙を使うことによって特別な注意を払う必要はない。一般的な注意を払えばよいが、水濡れを防ぐことが肝心である。防錆紙に使われている防錆剤のほとんどは水溶性の物質であり、水に濡れると容易に紙から流れ出てしまい包装された製品の発錆につながる。また直射日光が当たるような環境では、金属製品の熱容量にもよるがかなりの高温となるから、防錆剤の気化喪失が進む恐れがある。

防錆紙で包装された製品を使う段における注意点は、製品を使う直前まで開梱しないことが大切である。包装を解かれて裸になった金属表面には腐食性物質によるアタックの可能性があるが、もし結露したら金属表面に吸着している防錆剤が洗い流される心配がある。

包装作業を終えて残った防錆紙の保管に際しては、保管期間とともに保管される環境にも留意すべきであり、前段の製品保管と同様に水濡れは厳禁である。雨水がかかるような場所での保管は論外であるが、倉庫などで結露によって天井から水滴が落ちたり、床が濡れるようなところにも保管すべきでない。また化学製品に一般的な注意として、直射日光が当たるところや高温にさらされる場所での保管も避けるべきである。包装作業に際しては当然裸の状態で置かれることになるが、数時間程度の時間であれば防錆剤の気化喪失を心配する必要はない。しかし数日にわたって裸で放置すると、防錆剤の気化喪失が目に見えて大きくなり、防錆紙は実用的な効力を発揮できなくなるという心配が強くなる。作業を終えて残った防錆紙を保管するときには、PE や PP の袋に入れるとか、衣装ケースのようなプラスチック容器に収納して密封すると良い。

最後に防錆紙をハンドリングしたときに安全衛生面から気をつけるべきことがある。防錆紙に使われている化学物質は少量であるから暴露リスクは小さいといえるが、長時間作業であれば素手で扱わないとか作業後には手洗いをを行うといった一般的な注意を払うべきである。

2-8 近年の話題

前節で述べたように、防錆紙と金属表面が離れていると、必要な量の防錆剤が金属表面に到達しない可能性が高くなる。この点については DICHAN が発明された当時から言い伝えられていた指針があり『防錆紙と金属の距離は30cm 以内』と言われてきた。指針によれば『どのような場合でも30cm以内であれば十分な防錆性能を発揮する』と受け取れる。筆者（清水）はその指針が正しいのか疑問をもち、対流がない空間をつくって検証を試みたところ DICHAN はせいぜい5 cm 程度の距離までしか実用的な防錆性能を発揮できなかった^{12), 13)}（包装技術でも連載中のコラム第9話として紹介した）。試験条件によっては30cm まで性能を発揮するとの報告¹⁴⁾はあるものの、『どのような場合でも30cmまでなら防錆性能を保証する』と捉えられる指針は誤りと言える。市販の鉄鋼用防錆紙のほとんどは DICHAN を用いておらず、より気化性の高い防錆剤を使用する H 形であるから、DICHAN で得られた結果をそのまま適用することはできないが、確認は必要であろう。一方で、EL 形の防錆紙は5 cm でも十分な防錆性能はないと確信している。この試験方法を用いれば、防錆紙は当然のこと防錆フィルムなどあらゆる気化性防錆材料の評価が可能である。

2-9 今後の課題

80年も前に開発された製品がいまだ現役でいられることから防錆紙は成熟した商品のように受け止められるが、やらなければならないことはまだたくさん残されている。たとえば気化性防錆性能の試験方法の統一である。現在 JIS においては4種の製品規格がある。すなわち JIS Z 1535「鉄鋼用防せい（錆）紙」、JIS Z 1519「鉄鋼用気化性防せい（錆）剤」、JIS Z 1542「鉄鋼用防せい（錆）フィルム」、JIS K 2246「防せい（錆）油」に規定されているが、試験条件や評価方法に大きな違いがあり横並びで評価することができない。また防錆剤の塗布（含浸）量は過剰になっている可能性がある。現実に見合った品質設計に変えていくことが必要であろう。防錆剤の塗布（含浸）量を減らすことは、化学物質の環境への排出量の低減にもつながる。さらに長期的な課題となるが、防錆紙が機能を発揮する作用機構をはじめとして未解決の問題も多く、技術的課題がなくなったわけではない。関係者の奮起を期待したい。