<総 説>

(受理:平成21年1月26日)

金 銀 糸
Metallic Yarns東 泰 雄*
Yasuo AZUMA

1. はじめに

古来、金銀はあらゆる装飾の中でも、最高のものとされてきた。人類にとって金は太陽の落し子、銀は月の落し子であり、その輝きに対する憧憬は、数千年を経た今日でもなお不変である。

衣服の加飾としての金銀は、まずは板状のものを縫いつけることから始まった。

金銀の輝きを身に纏いたいという願望は、やがて金銀を繊細な糸にして、織物のうちそとに自在に展開させる金銀糸の創始へとつながるのである。

しかし金銀糸がいつごろから使われだしたのかは、明確ではないが、日本における金銀の地位は、6世紀後半の仏教伝来によって高められることとなった。

奈良時代の東大寺法華堂や唐招提寺金堂諸仏などの漆箔像から漆と箔との結びつき、それによって一段と発達した箔押しの技法を知ることができる。文武朝(697年~707年)には鍛冶司とともに典鑄司が設けられ、金銀銅を鑄し、塗鏤、瑠璃、玉作りなどを司っていた。

また、東大寺の造物所には漆工・紙工など多くの工人の中に、熨金工・打金薄工が加わっていた。

7世紀の半ばに、法隆寺縁起 資材帳(739年)の上宮王等身観世音菩薩像一体の註記に“金薄押”とあり、箔打ち・箔押しが日本においても技法として成立していたものと考えられる。

箔押しとは、金箔を漆によって接着させる技法である。漆の持つ粘着力を使い、箔を木像に着けていくこの技術がやがて紙につけることに応用され、金銀箔糸の生産へと繋

がっていった。

箔糸がいつ頃から、日本で作られるようになったかは定かではない。西陣で金欄が織りだされた永禄年間には、すでに箔糸が作られていたと考えるのが普通だが、江戸初期の天和二年(1682年)まで金糸を輸入していた形跡がある。しかし、金欄帯の流行や金紗、金銀糸多用の縫いまで輸入品でまかないきれたとは考えにくく、国産金銀糸との併用があったと思われる。

元禄初年(1687年頃)に金紙屋というのがあり、漆を引いて箔を押す方法が行われ、この頃から漆で箔を押すことが盛んに行われたと考えられる。また、この後には漆の中に硫黄を入れて箔と漆との接着面を硫化させることにより、密着度を高めることが考案された。

2. 当時の金糸製造法

箔打ち技術が高度に発達し、1万分の1ミリメートルにまで打ち延ばせるようになると、箔の間にはさむ紙に金箔が付着してしまうため、銀や銅を混ぜて強度をもたすようになった。本金箔の最高とされている金沢の“金箔五毛”も純金と若干の純銀・純銅の金合金である。

金糸製法は、鳥子紙の四方の耳へふのりを漉いて二度引き、乾かした後に板からはずし、へらで磨く。その上へ漆を引き金箔を置いて真綿で押さえ、また箔の上へ漆を引き、その上を刻む、これが平金糸である。また、その後に木綿

東 泰 雄

略歴: 1978年 京都外国語大学外国語学部卒業、同年尾池通産株式会社(尾池テック株式会社の前身)入社、現在に至る。
役職: 取締役 テキスタイル マテリアル部門 部門長
仕事の概要: 金銀糸の国内/海外営業及びその総括管理
趣味: スポーツ観戦、ゴルフ

* 尾池テック株式会社

京都市上京区室町通今出川下ル
北小路室町 413 錦松ビル 〒602-0901

OIKE TEC Co., Ltd.

Kinsho BLDG. 413, kitakojimuromachi, Imadegawa,
Muromachi-Dori, Kamigyo-Ku, Kyoto, 602-0901, Japan

写真1 裁断し平糸にしている様子

糸・麻糸に平金糸を撚りつけるものは丸金糸と言われた。

平金糸の切り方は、今日で言うギロチン式裁断機であり、本金・銀糸の箔押しや裁断など、基本的な作業工程は今日でもほとんど同様の手順で行われている。(写真1)

3. 金銀糸における漆接着の流れ

当時、金銀糸の製造における工程では、金箔と紙を接着させることの重要性は大きかったと推察される。

漆は、いつの頃からかは不明だが“JAPAN”と呼ばれていたようで、多くを日本国内で摂取することができた。

漆の摂取方法は、“漆かき”と呼ばれる職人が木に螺旋状に傷をつけ金属製のへらを用いて樹液をかき取る方法であった。

漆は、木から出てきた樹液を素早くとることで粘りのある高品質の漆が得られる。しかしながら列島改造論が打ち出された頃から、高速道路の建設・レジャー施設建設などにより、山が切り拓かれたり、触れると“かぶれる”特性のある漆の木の伐採が進み、日本における漆の摂取高が減少し、需要と供給のバランスが崩れた。現在では、そのため中国から輸入をしている。中国における、漆栽培は一般的には7ブロックに分けて栽培されている。その理由は漆の木が生長するのに7年かかるためである。

また中国では日本と違い“漆かき”と呼ばれる職人がおらず、漆の木に傷をつけた後、切り口に缶をぶら下げ、その缶に自然に樹液が溜まるようにしている。

漆の樹液は空気に触れると皮膜をつくり、その皮膜が不純物となって漆本来の粘りが損なってしまうという性質がある。

そこで現在は中国産の漆と希少な日本製漆を混ぜたものが使われている。

現在の漆を使った本金糸などの製造工程は、紙に漆を引きその漆を鯨の骨で作られたへらで延ばし（現在は、鯨の骨自体が入手困難なため、プラスチックで代用されている）、その後、塗った漆の半分以上を拭き取っている。

写真2 上は金箔押し、下は綿かけ工程を行っている。

拭き取った漆の表面は酸化し粘りが出てくるため、金箔が貼りやすくなるとも言われている。貼った金箔を、布で拭き取り、ムロに入れて湿気を与える。ムロに入れる理由は、漆の接着特性として湿気を与えることにより乾燥する特性があるからである。ムロに入れて湿気を与えないと完全に接着しないのである。(写真2)

漆を接着剤として使うのは、化学的な接着剤と異なり柔らかさが出せることや金箔との相性が良く、くらくつきが良いことにある。くらくつきを良くすることで、耐久性が良くなり、半永久的に接着力が維持できる。

しかし、一方では環境条件が接着に大きく影響する。湿気により、乾燥する性質があるために気候により漆の表面が変化し易く、6月から9月ぐらいの湿度の高い時期や夕立などで急に湿度が上がった場合は、金箔を貼る前に漆が乾燥して接着力がなくなるといことも出てくる。一般的には湿度が80%を超えると箔押しは難しいとされている。

金銀糸の生産において、現在も漆を使った高級金銀糸はあるが、一方では機械生産による金銀糸もあり、接着技法も変化してきている。

4. 金銀糸の機械生産における移り変わり

手作業により和紙に漆を塗って、金銀箔を貼りそれをギロチン式裁断機で切断し金銀糸として織物に使う高級品に

については、その技法は昔と大きくは変化していない。

しかし一方で生産効率を高めたり、金銀糸の品質を向上させるために色々な技術革新が進められていった。また価格面においても廉価で供給ができるように原材料や製造方法についてもさまざまな改良が行われていった。

昭和初期には、生産効率を高めるために、手作業で和紙に一枚一枚金銀箔を漆で貼り合わせていた手法から、ロール状に巻き取り、機械的に貼り合することが検討された。

検討を進める上で、原材料である和紙や金属箔をロール状で供給する必要があった。

和紙のロール状での供給については、大正8年頃から機械生産が進められていたため当時でも容易に調達することは可能であったが、金属箔のロール状での供給が可能になったのは金属の圧延技術が確立された昭和初期以降になってからのことである。

原材料の入手が可能になり初めて金銀糸のロール状での開発が始まった。

開発当初は、貼り合わせ機械の設計については金銀糸の製造メーカーが中心となり開発が進められた。

当時の機械はひとりの社員が機械を人力で回し、厚み $7\mu\text{m}$ のアルミホイルと和紙を糊で貼り合わせた後、プレスローラーの出口から貼り合わされて出てきた製品を竹竿に干して天日干しで乾かすといった方法であり、機械化されたと言っても、まだまだ人海戦術で行われる工程が数多く残されていた。

その後、さらなる技術革新が進み動力を備えた機械が開発されると同時に乾燥装置についても検討が進められた。特に乾燥装置が備え付けられたことにより、今まで天候によって製品の品質が大きくばらついていた問題が改善された。何よりも、それまでは天日干しで乾燥していた時間と手間を大幅に軽減することが可能になり、生産効率が著しく向上した。

当時の貼り合わせの機械は、現在のラミネート装置の原型となっている。ラミネート装置について簡略化したものを図1に示す。

当時、機械化し生産された金銀糸は、和紙とアルミホイルを貼り合わせ、その後ギロチン式裁断機で切断し金銀糸

にしたもので、「新銀糸」と名付け、一方、セロハンとアルミホイルを貼り合わせしたものをギロチン式裁断機で切断し金銀糸にしたものを「光耀糸」と名付けられて発売された。

製品は発売されると瞬く間に飛ぶように売れ、在庫になる暇もなく売れたと言われ、当時の生産はフル稼働の状態であったとも言われている。

5. 金銀糸の接着剤の移り変わり

手作業から機械化が進み接着剤も変遷していった。手作業で貼り合わせていた当時の接着剤は、箔押し職人が当日の天候に合わせ、条件を変え作業を行なったが、機械化が進み、機械で貼り合わせる場合、天候に合わせて条件を変えて作業をすることができず、漆を接着剤として使用することを断念せざるを得なかった。そこで、機械貼り用の接着剤の選定が必要であった。

最初に検討された接着剤は、当時、紙器や製袋、製本などに使用されていた米粉糊、海苔糊、デンプン糊、こんにゃく糊など天然系接着剤の中から選定された。中でもこんにゃく糊が金銀糸に一番適することが判り使用されることになった。その際、ただ単にこんにゃく糊だけを接着剤に使うのではなく金銀糸用ならではの工夫が施された。その工夫は、漆の接着剤に硫黄を混ぜることで銀箔を腐食させ密着力を向上させた知見を利用し、こんにゃく糊の中に微量の苛性ソーダを混ぜ合わせ、同じ原理でアルミホイル表面を腐食させることにより密着力を向上させるというものであった。

その後、こんにゃく糊から、より耐水性に優れている動物性タンパク質から作られた膠が金銀糸用の接着剤として用いられるようになった。その際にも、ただ単に膠だけを接着剤に用いるのではなく、耐水性を向上させるためにホルマリンを添加するという工夫がなされた。

そのため当時貼り合わせ作業に従事していた労働者の作業環境は劣悪なものであったと聞く。

しかし、この膠の接着剤も天然の接着剤であったためカビが生え易く、また耐温水性に対しても十分なものではなかった。ちょうど当時、合成高分子接着剤が発売され始め、金銀糸の分野においても検討が進められ、天然系接着剤から、より高性能な合成高分子系接着剤が使われるようになっていった。

その後も、顧客の要求品質は次第に厳しいものになり、それまで求められてきた密着力や耐水性だけでは満足されなくなっていくため、金銀糸用の接着剤の開発もさらに進められた。

現在では柔軟性、耐熱性、耐熱水性、耐精練性、耐ソーピング性、耐ドライクリーニング性、耐染色性などの耐性が求められ、顧客の要求特性に応じた合成高分子系接着剤が適宜選定され使用されている。現在、金銀糸に要求されている堅牢度基準の一例について表1に示す。

図1 ラミネート装置の簡略図

表1 金銀糸の堅牢度基準

試験項目	試験方法
摩 擦	JIS L-0849 学振型 100 回
耐 光	JIS L-0842 フェードメーター
熱 湯	JIS L-0845 65℃×30 分
乾 熱	160℃×60 分
スチーム	100℃×10 分
洗 濯	JIS L-0844 石鹼 0.5% 60℃×20 分
汗	JIS L-0848
アイロン昇華	アイロン自重 2kg 135℃×15 秒
ドライクリーニング	JIS L-0860 石油ベンジン 21℃×30 分
精 練	石鹼 2g/L, ソーダ灰 0.5g/L 70℃×60 分
漂 白	ハイドロサルファイト 2g/L, ソーダ灰 0.5g/L 70℃×60 分 30%過酸化水素 20g/L 70℃×60 分
レーヨン染色耐性	無水芒硝 15g/L モノゲン 170T 1g/L 95℃×60 分 直接染料 X%
ナイロン染色耐性	酢酸 1g/L アミラジン D 0.5g/L 90℃×60 分 酸性染料 X%
アクリル染色耐性	無水芒硝 2.5g/L 酢酸 0.5g/L 90℃×60 分 酢酸ナトリウム 0.5g/L カチオン染料 X%
反応染色耐性	無水芒硝 40g/L ソーダ灰 15g/L 60℃×60 分 反応染料 X%

このように接着剤についても時代と共に要求される品質が変遷し、それに適応した接着剤が開発、採用されてきたと言える。

6. 現在の金銀糸へ向けての変革

6.1 真空蒸着機の導入

昭和 30 年, これまでの金銀糸の流れを大きく変えたのがアルミニウムがきれいに直接メッキされたポリエステルフィルムであった。これに使われた技術が真空蒸着であり, 真空蒸着によりメッキされた面は鏡のようで従来の金銀糸とは比較にならないほどの良い仕上がりであった。

この真空蒸着技術を金銀糸に採り入れたいと考えたものの, その頃実用化されていた真空蒸着機はバッチ式の装置であり, 主にレンズの反射防止膜, 第 2 次世界大戦後は光学機器の製造に利用されていた装置であった。よって, 金銀糸のような大量消費の必要な製品の生産には極めて不向きな装置であった。

そこで真空蒸着を金銀糸の生産に利用するために, ロール状でフィルムを巻き取る方式が考えられた。それまで金

銀糸の製造をロール状で行っていたため, この発想を活かし連続式の蒸着機の開発検討が行われた。しかし, その当時, 連続式真空蒸着機は日本にはなく, 一から開発に取り組まなければならなかった。

検討の結果, 昭和 31 年に国産第 1 号の半連続式の真空蒸着機が開発, 導入された。初めはセロファンにアルミニウムを蒸着することが試みられたが, セロファンは大量の水分を含有しているため, 真空中で水分が抜け, きれいなアルミニウムの蒸着膜ができなかった。その後, ポリエステルフィルムにアルミニウムを蒸着したところ, きれいなアルミニウムの蒸着膜をつけることができた。アルミニウム層保護のために樹脂をコーティングし, 裁断した金銀糸は“ソフト”の名称で販売されることになった。そして昭和 37 年にはさらに銀の真空蒸着が, 昭和 45 年には金の真空蒸着も行われるようになった。

これが金銀糸業界に飛躍的な発展をもたらした。これまでの金銀糸は薄いアルミニウム箔でも厚みが $7\mu\text{m}$ あったが, 真空蒸着の導入で, 金属層の厚みが格段に薄くなった (アルミニウム蒸着層は約 $0.05\mu\text{m}$)。これにより非常に柔らかく, 軽く, また洗濯耐性までも備えていたことから, さまざまな用途に幅広く使用されることとなっていった。

当時としては非常に画期的な製品として注文が殺到したのがポリエステルフィルムが外国にしかなく, 非常に希少であったため, 金銀糸の供給ができないということもあった。

その後, 東レ, 帝人, 三菱樹脂などのメーカーによる国産のポリエステルフィルムが開発されるようになり, 続いて塗料メーカーから密着度や堅牢度の高い塗膜を作ることができる塗料や接着剤が開発・生産されるようになり, これらのことが金銀糸蒸着フィルムを安定なものとし, 広範囲の用途展開への助長することとなった。

6.2 真空蒸着とは

真空蒸着技術は, 1890 年にエジソンが真空中で金属を加熱溶解すると蒸散することを発見した技術である。

高性能の排気ポンプによりタンク内を高真空 (10^{-2}Pa 以下) にし, 蒸発材料を高温加熱することで, 蒸気分子として蒸発させる。蒸発した分子を低温の基板表面に凝縮させることで薄膜を成膜することができる。また, 真空蒸着は加熱する方式によって下記 4 種類に分類される。

◎抵抗加熱方式

◎高周波誘導加熱方式

◎電子ビーム (EB) 加熱方式

◎アーク放電加熱方式

下記に半連続式の真空蒸着装置の図 2 を示す。

真空中で成膜する理由は次の通りである。

① 真空中で成膜することによって平均自由行程を大きくすることができ, 蒸発金属粒子どうしの衝突を避け,

図2 半連続式蒸着装置

金属蒸着膜を基板上に効率よく成膜させることができる。

- ② 純度の高い蒸着膜を作るためには、残留ガスを少なくしておく必要がある。金属蒸着膜に不純物として取り込まれる可能性がある気体分子を、できるだけ少なくしておくためである。残留ガスがあると、酸化物や窒化物などの化合物を形成してしまうことがあり、水分や他の不純ガス分子が基板に付着している場合には、金属蒸着膜の膜質や基板との密着が悪くなる。

真空蒸着は物理蒸着（Physical Vapor Deposition = PVD）の中の一つである。

イオンプレーティング法（基板を陰極としてグロー放電を起こさせ、蒸発源から蒸発原子をイオン化または励起し、加速して基板に膜を堆積させる方法）やスパッタリング法（グロー放電によるガスイオンを衝突させ、成膜する材料を物理的に放出させ、基板表面に付着させる方法）と比較すると、蒸着分子の運動エネルギーは、熱エネルギーのため、 $0.1 \sim 0.2 \text{ eV}$ と小さく、基板との付着強度は他の物理蒸着の形成膜と比較すると劣るものの、蒸着速度は他の方式に比べて非常に速いのが特徴である。

真空蒸着は乾式メッキとも呼ばれているが、湿式メッキ法と比較をすると、次のような長所がある。

- ◎ 酸化やガスなどの影響を受けにくく、廃液公害に対しても無害。
- ◎ 紙、プラスチックなどの誘電体材料にもメッキが可能。
- ◎ 非常に均一で薄い成膜が可能。
- ◎ 作業性が良い。

真空蒸着は従来からある湿式メッキに比べ、比較的新しい技術であり、大きな特徴を持っているのでイオンプレーティングやスパッタリングとともにさまざまな分野へ用途展開され包装材料、装飾品、建築材料、電子部材の一部な

写真3 マイクロスリッター機

ど幅広く用いられている。

6.3 マイクロスリッター機の開発

真空蒸着機の導入とほぼ同時期に開発されたのがマイクロスリッター機であった。マイクロスリッター機とは約80ミリメートル～100ミリメートルの幅に切りされたものを必要な幅（切り幅）に裁断し、ポビンに自動的に巻き取る機械である。切り幅とは1寸（=30.3ミリメートル）幅を何本に裁断するかにより決められている。例えば80切りとは、1寸幅を80本に切った幅で0.38ミリメートルの幅に裁断することであり、100切りとは1寸幅を100本に切った幅で0.3ミリメートルの幅に切ることである。

当時は職人がギロチン式裁断機で1本1本裁断しており、また畳み切りをしていたため、折り目の部分で金銀糸の強度が弱くなるという問題があった。マイクロスリッター機の開発は、生産能力のアップや後加工性の大幅改善につながり、真空蒸着法と並んで金銀糸の戦後の技術革新に大きく貢献した。（写真3）

7. 現在の金銀糸

7.1 金銀糸の製造法

金銀糸の製造工程及び構成を下図に示す。（図3、4）

金銀糸の基材であるフィルムに真空蒸着により金属膜を成膜するが、真空蒸着の前に前処理として樹脂コートを行う場合がある。これをアンダーコートといい、高い摩擦堅牢度が必要な場合に施される。蒸着後に蒸着面を保護するための樹脂コートがトップコートである。金銀糸に色をつける場合は、樹脂コート用溶液の中に染料を溶解分散させ、その溶液を用いることで着色する。例えば染料が橙色であれば、外観が金色に見え、赤色や青色等染料を変えることによりそれぞれの色の金属色が得られる。蒸着後に蒸着フィルムの蒸着面同士を貼り合わせる場合があり、蒸着フィルムを貼り合わせない蒸着フィルム1枚の場合を1plyと言い、蒸着フィルムを2枚貼り合わせる場合、これを2plyと呼んでいる。フィルムを貼り合わせる理由としては高い

図3 蒸着金銀糸の製造工程

化性アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、アルキド樹脂などが用いられている。これら樹脂の種類や組み合わせによって堅牢度や密着度が大きく変わる。さらに最近では後加工（染色等）に耐える金銀糸が求められてきており、さまざまな機能性を持つ金銀糸が必要になってきている。

8. おわりに

伝統的な製品である金銀糸についても、改めて接着という観点で見ると、金銀糸は積層化、複合化がされている製品である。そしてそこには必ず接着という技法が必要とされ、接着技術が関与していることがわかる。また先人たちの工夫や技術革新へのチャレンジ精神も伺い知ることがで

1 p l y 構成

2 p l y 構成

図4 金銀糸用蒸着フィルムの構成例

摩擦堅牢度や耐薬品性が必要とされるからである。

製品ロールは通常 50 センチメートル～150 センチメートルの幅で 3000 メートル～12000 メートルの長さで生産される。

スリット工程は大切りとマイクロスリットの工程に分かれる。大切りでは、製品ロールを約 80 ミリメートル～100 ミリメートルの幅に裁断する工程であり、マイクロスリットとは、それをさらに細く裁断する工程である。

現在、マイクロスリットでは 200 切り（0.15 ミリメートル）まで細く切られているものがあり、300 切り（0.10 ミリメートル）も試みられている。そして、綿・絹・ナイロンなどの繊維と撚り合わされたものが金銀糸として市場に出される。

7.2 樹脂の選定

これまで述べてきた通り、金銀糸はいくつかの樹脂でコーティングされている。アンダーコート、トップコート、接着剤に使用される樹脂は、尿素樹脂、メラミン樹脂、熱硬

きる。

さらに大きな技術的変遷の観点で見ると、金属箔を手作業で貼っていたものを機械化生産へシフトさせた流れ、その後、接着剤で貼るのではなくダイレクトに金属層を基材に付着させるという真空蒸着技術の利用がある。

金銀糸も、今後さまざまな機能性の付与や環境に対応した製品作りがさらに求められ、それらのニーズに応える製品作りが課題であり、新たな接着技法、接着技術が求められていくであろう。

最後に、今回は伝統製品である金銀糸を通して、そこに関わる接着技法や接着技術について概説させていただいた。学術的内容としては十分な形に纏められなかった点にご容赦願いたい、参考にしていただければ幸いである。

文 献

- 1) 京都金銀糸工業協同組合, 京都金銀糸平箔史.
- 2) 京都金銀糸振興協同組合, 金銀糸のあゆみ.
- 3) 尾池工業株式会社, 尾池工業 125 年史.
- 4) 尾池工業株式会社, 真空蒸着のはなし.