

# 金箔の応用研究

—炭酸ガスレーザ加工機による金箔の切断—

小松 唳 一 中川 衛

## はじめに

金沢の金箔は明治以来、長く続いた箔の統制が廃止されると十年たらずで、東京や京都の産地にとって代わり、一手に販路を拡げ生産能力をあげていった。

この間、いつも順調ではなく、幾多の隆盛衰退を繰返しながらも、箔職人達の弛まぬ努力と技術の研鑽、問屋の他県までの販売網拡大などと、金沢の気候が湿気があり、箔打ちに良好であることや箔打ちに必要な紙仕込みのための良質な水が豊富であることなど、箔業界の努力と好条件に恵まれ発展した。今や、我が国の伝統文化、宗教文化と深くかかわり、国内生産高の99%に及ぶ全国唯一の産地となった。昭和52年には「伝統的工芸用具及び伝統的工芸材料」として伝産指定も受けている。

しかし、この業界も十数年前から、長年、西陣織や製本部門に使われていた金箔が変わって、真空蒸着法の新しい技術が開発され、代用箔として進出したことから暫く低迷が続いた。また箔は伝統工芸品の材料として扱われることから、使用業界の好、不況に左右されやすい。

そのため箔業界では素材の供給だけでなく、箔を活用した独自の開発製品が必要であると呼ばれはじめ、ようやく最近、金、銀のテレホンカードや壁紙など、今までと異なった分野への商品が開発され、これが若い人達を中心に金の輝きに魅力を感じ人気を博している。今後も益々この傾向が増し、材料としての供給だけでなく、箔を利用した製品開発がなされていくであろう。

本研究では、このような金箔業界の傾向を

考慮した上、昭和62~63年度の2ヵ年で研究所が行った金箔の特性、耐候性試験、箔の種類別による比較試験(表2~6)結果のデータを生かし、金箔の扱いが容易で、細密な文様が手軽に作れ、量産化を計る新しい技術の導入を試みて、金箔の新しい分野への応用を行った。

## 新しい金箔切断方法の研究

金箔を漆器や金属、プラスチックなどの器物や和紙にはるには、漆やにかわ、洋塗料の接着剤になるようなもので、刷毛塗りをを行い、箔絵の文様を描くときは同様の材料を用いて筆で下絵を描き、半乾きの時に金箔をはる。その後、乾燥してから接着されていない部分の金箔を刷毛などで除き、文様部分を残して描いている。また陶磁器に金箔をはる場合でも接着となるもので文様を描いて金箔をはり、その後、竹材等の先の細い線がき棒で細かな線を描き釉薬をかけて焼きあげる。ガラス器にはガラスを吹く作業時、まだ材料が柔らかいうちに金箔の散りばめた平台の上を転がして付着させる。細かな文様のものや定形のものをはることは困難であり、金箔の破片状のものか単純な形状のものをはっている。

いずれも器物に金箔をはることは、箔の厚さが1/10000mmと極薄であるため箔の移動の時、空気の動きで舞上ったり、直接手で触れば、手の湿気や静電気によって手に付着して金箔を破損させてしまう。竹のピンセットや篋などで扱う必要があるほど非常に難しい。そのため、複雑な形状のものや、細かな文様を作りにくい。

そこで金箔を手作業によらず、炭酸ガスレー

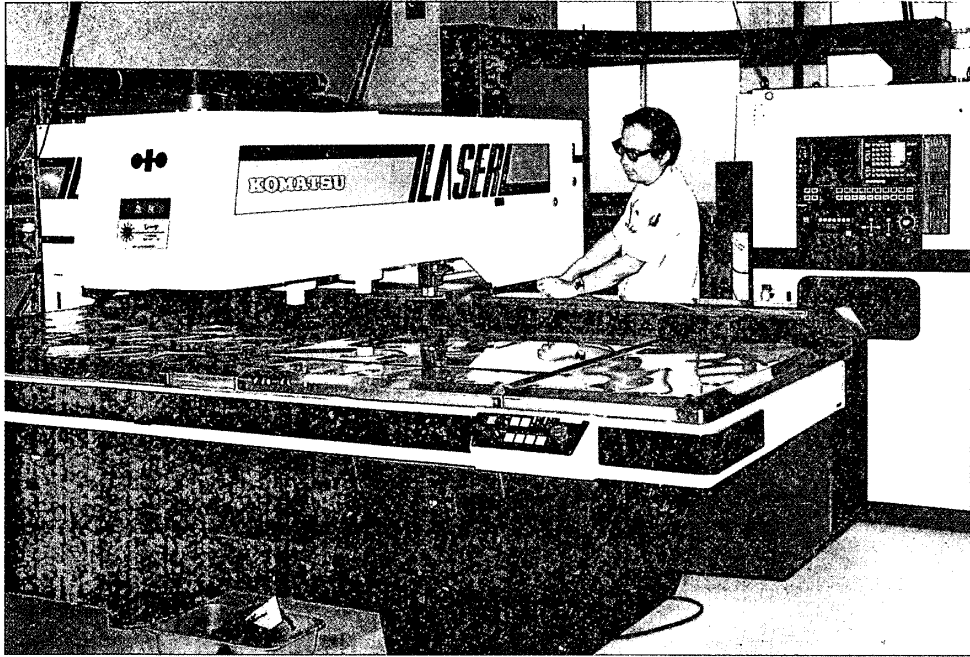


写真1 炭酸ガスレーザー加工機による切断作業

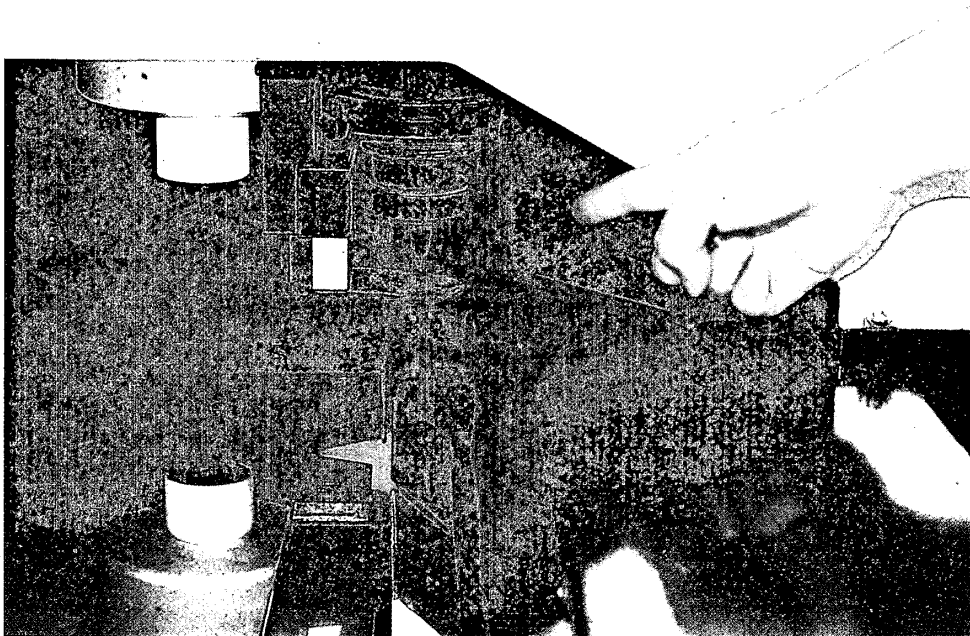


写真2 レーザ光照射ノズル

ザ加工機を用いて、販売されているままの状態、金箔と金箔の間にはさまれた切紙（和紙の合紙）の束を一度に切断加工し、多量の同一文様や形状を先に作り、その後器物にはる方法の作業工程について研究した。

### レーザ加工機

1960年にメイマン（米国）により発明されたレーザは、近年光産業の中核を成す装置として広く産業界に行き渡りつつある。このレーザは、LASER（Light Amplification Stimulated Emission Radiation）を略したもので、古くは MASER と呼ばれていたこともある。その応用面を観ると、最近では非常に多岐に渡っている。例えば加工面を中心に見ると、レーザ加工機とか、マーキング装置であるとか、半田付装置であるとかが挙げられる。あるいは医療分野に於いてもレーザメスとか、眼科に於ける止血装置とかがある。

中でも、レーザ加工機に関しては、金属を切断したり、金属の表面を硬化させるアニーリングの用途として、或は溶接する手段として使用されている。この種の目的に使われるレーザは、炭酸ガスレーザか YAG レーザが使われている。いずれも、熱エネルギーを利用したものでレーザビームの持つ指向性が高くコヒーレントで単一波長の特徴を生かしている。

レーザ加工機は、通常その光源であるレーザ本体と被加工材料を載せて動かす X-Y テーブルと、それらを制御する CNC 装置から構成されている。（写真 1、2）（図 1）

### 内容

1、レーザ加工機では、通電性の良いもの、反射率の高い材料のものは切断が難しいと言われていることから、まず金箔が切断できるか、或は切断面が何のようになるか、Cutting 条件に関係なく試みた。

金箔と切紙が交互にサンドイッチされた販売されているままの状態のもの20枚を厚手台紙で上下に挟み、セロテープで全体を固定さ

せることと、金箔と切紙の間に隙間があかないようにして一つの塊とする。（図 2）

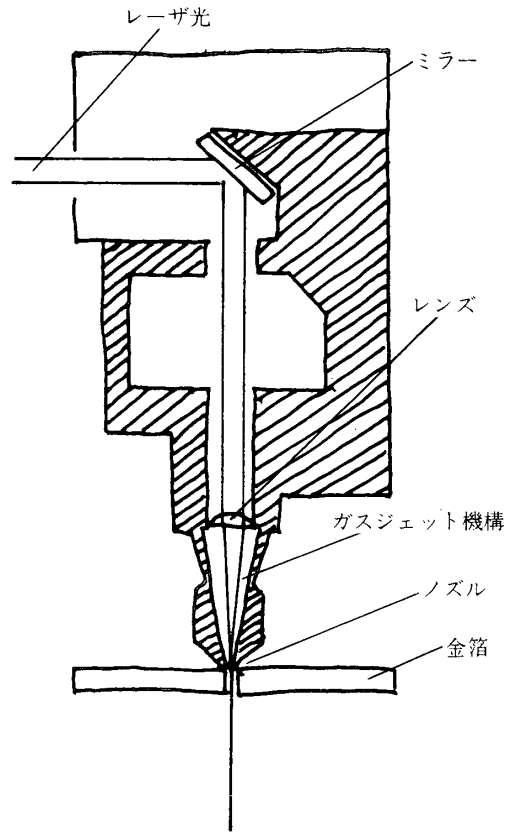


図 1 レーザ加工機のフォーカスヘッド

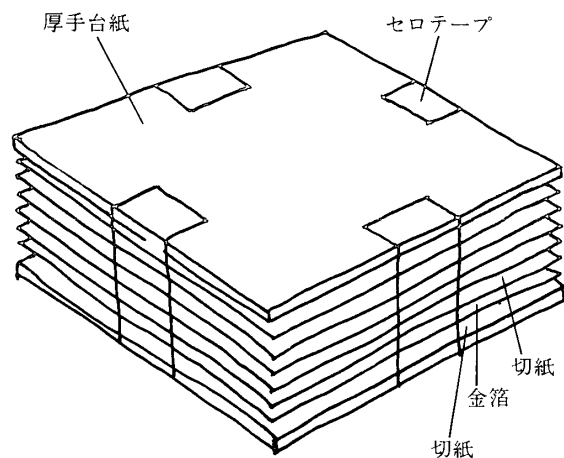


図 2 金箔を厚手台紙で固定させる

2、X-Yテーブルに固定して載せ、 $\phi 50\text{mm}$ 、 $\phi 30\text{mm}$ 、 $\phi 10\text{mm}$ の正円切断プログラムによって数ヶ所切断加工してみる。

切断加工が不可能とされていたが、厚さが極薄(表2)のため、金箔よりも切紙や台紙を切断するようなもので、上から下まで20枚が正確な切口をもって切断された。(写真3)

しかし、スピードやパワーの条件を決めずに切断したので、間に挟まれた切紙が多少燃え、切口がススで黒くなった。次の段階として、カッティング条件設定や燃えにくい切紙について研究する必要がでた。

3、切紙が燃えたり、ススで黒くなったことから、熱の使わない方法として、超高压で噴射される水で物体を切断するウォータージェット加工機でも試みた。(写真4)

・ウォータージェット切断加工機

カッティング条件

ノズル径： 0.23mm

送り速度： 1000mm/mm

吐出圧力： 3600kg F/cm<sup>2</sup>

金箔はレーザ加工機の時と同様に20枚の束のものを用いて、 $\phi 60\text{mm}$ の正円切断加工プログラムで行った。レーザ加工機よりも切口が美しく切断されたが、金箔は湿気に弱く金箔と切紙の間に加工のときの水分が滲透して、金箔と切紙が密着したり、切紙の皺で金箔が表面変化して、切断後使用することが不可能となった。ウォータージェットでの切断は湿気に弱い点から条件をかえても無理なようである。以後、レーザ加工切断についてのみ研究を行った。

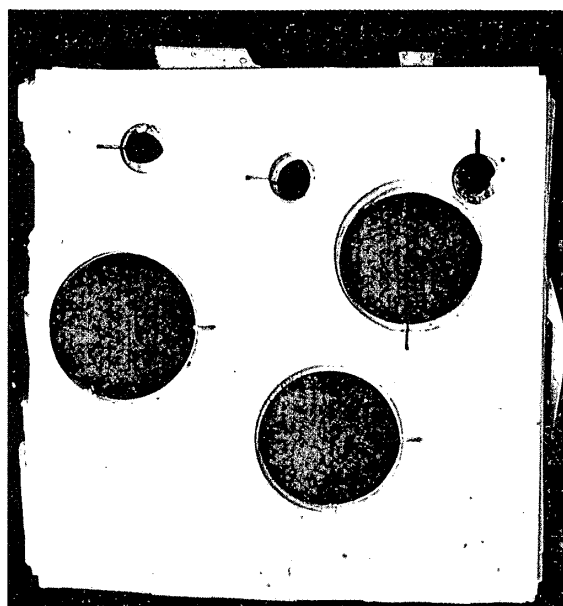


写真3 レーザ加工機による切断

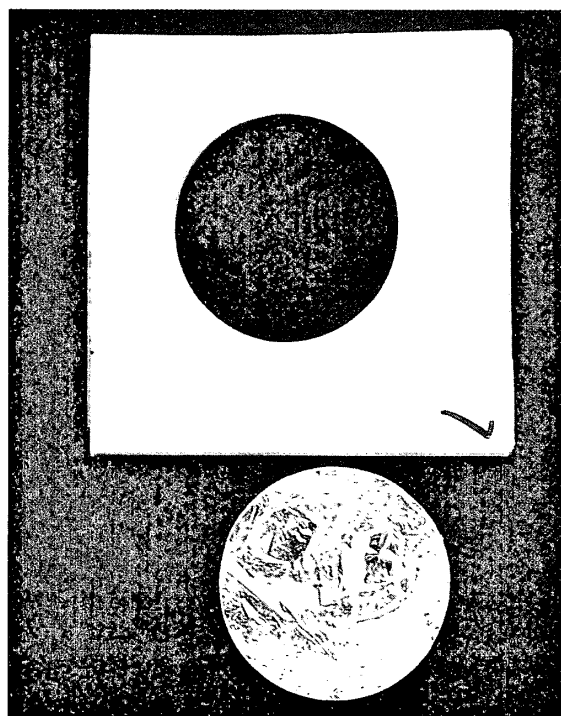


写真4 ウォータージェットによる切断

4、レーザ加工機による切断が可能となったが、まだまだ不十分な点が多く、方法や加工条件をかえて実験を繰返し、適性なものを求めた。

(表1)のようにレーザの光線を連続波かパルス波、電流を15mA、20mA、30mA、50mAに分け、切断スピードを変化させて6種類の方法で切断した。

その結果、パルス波の場合連続波より熱影響が大きい。連続波で15mA、F 6000mm/min (表1, NO4) が熱影響を受けにくく、切口も他のものより黒く焼け焦げない。切断後、金箔を切紙から剥す時も熱によって切紙と切紙が焼けて溶着することも少なく、スムーズに剥がれた。弱い電流で速く連続的に切断することが好条件のようだ。

しかし、切られた金箔を切紙から剥して器物にはる時、剥す時の空気の動きで切紙と切紙の間で金箔が浮き動き、形状が破損する。また、切断口まで金箔もきていることから、手にも付着してはれない。

5、そこで、器物にはる時の扱い易さを考慮して、県箔商工業協同組合が販売しているセロハン紙と切紙の間に金箔を入れた商品名、兼六箔(金箔を誰でも簡単に扱えるように静電気でセロハン紙に付着させたものを、はりたい所にそのままの状態ではり、その後セロハン紙のみを取り除く方法の便利な金箔セット)でも同様にレーザ加工機で切断してみた。

この場合、切口がセロハン紙と切紙が溶着せず、切紙の分離もしやすい。また、はる時は直接金箔に触れず、セロハン紙側を持って扱えば皺になったり、手への付着がなく容易な作業ができる。(写真5)

しかし、多少セロハン紙と金箔が溶着することから、セロハン紙から金箔を分離させる時、切口の輪郭が欠けたり、凹凸になったりすることがある。今後は溶着しない材料の選択や切断条件や方法についての実験を重ねる必要がある。

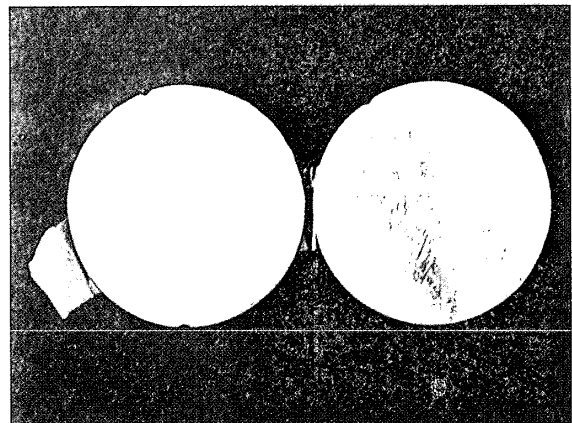


写真5 切断された金箔の状態

表1 条件を変えて切断する

| No.          | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
|--------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| モード          | パルス | パルス   | パルス   | CW    | CW    | CW    |
| パワー(W)       | 110 | 110   | 110   | 210   | 320   | 450   |
| 設定電流(mA)     | 50  | 50    | 50    | 15    | 20    | 30    |
| スピード(mm/min) | 500 | 1,000 | 1,500 | 6,000 | 6,000 | 6,000 |

### これからの用途

凹凸の激しい複雑なもの、極少の形状、形状内側の切り抜きなどの切断の形の研究や、切断できる限界枚数や多量の重ね切りしたときの上下の寸法誤差、レーザ加工機の金箔切断専用X-Yテーブル開発、文様切断加工仕様プログラムの開発など、未解決の点も多い。しかし、レーザ加工機によって切断可能のことと、扱い方について今回の研究で確認できたことで、更に研究を続けて上記の点を解決させ実用化に向けていきたい。

この方法により、

- 金箔絵が、容易に数多くできる量産化が可能。
- 手加工では困難な文様も簡単にできる。
- 先に金箔を切断加工してから器物にはることから、はる位置を自由に検討や変更できる。
- 加工後の扱いが手軽で熟練者でなくても金箔ばりができる。

以上のことが可能であり、今後は伝統工芸品だけでなく、新しい分野の広い範囲で使用されるでしょう。

例えば、桐工芸品のような白木材の上にツヤ消しのクリアラッカを塗布し、或いは堅木材としてよく利用される樺材の上に擻り漆をかけて半乾きの時に、文様に切断された金箔をセロハン紙共にはり、後から完全に接着剤としているものが乾燥してからセロハン紙を剥す。(写真6)この方法で行うと、白木や木目のある材料の上に細かな箔絵を描くことは困難であっても、金箔に手を触れず、自由な位置に短時間のうちに数多くの箔絵を作れる。これを利用して素材を生かした桐、樺材の壁面や銘々皿、茶道具などに使い新製品開発に役立たせる。今回の研究では、正円プログラムのみで切断実験を行ったことから、右記のような円を利用したデザイン展開をして、実際に木材で壁面を構成することを考慮し、はってみた。(図2、3、4)

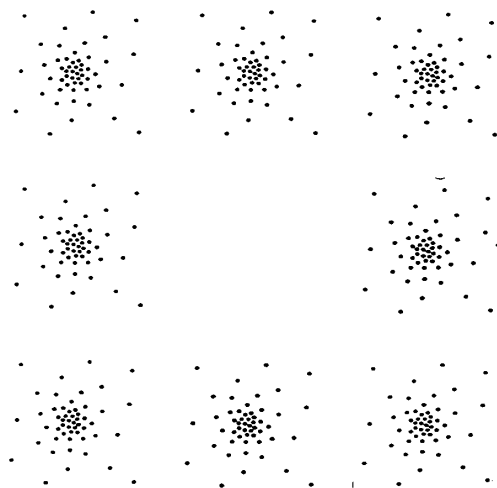


図2 デザイン1

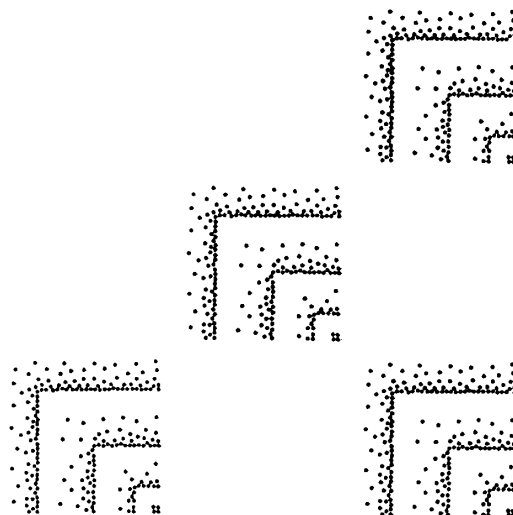


図3 デザイン2

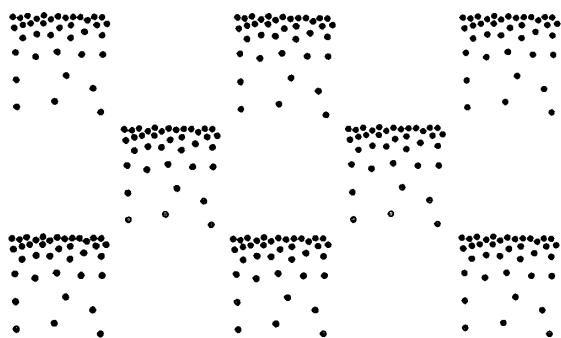


図4 デザイン3



写真6 白木材にはられた金箔

表2 箔の厚さ (単位 $\mu\text{m}$ )

| No. | 箔名      | 平均値  | 測定値       |
|-----|---------|------|-----------|
| 1   | 五毛金箔    | 0.13 | 0.12~0.18 |
| 2   | 一号色金箔   | 0.13 | 0.10~0.18 |
| 3   | 二号色金箔   | 0.13 | 0.10~0.18 |
| 4   | 三号色断切金箔 | 0.15 | 0.13~0.18 |
| 5   | 三号色縁付   | 0.15 | 0.13~0.18 |
| 6   | 四号色断切金箔 | 0.15 | 0.15~0.18 |
| 7   | 四号色縁付   | 0.13 | 0.10~0.18 |
| 8   | 三步色金箔   | 0.15 | 0.13~0.18 |
| 9   | プラチナ箔   | 0.20 | 0.18~0.25 |
| 10  | 銀箔      | 0.27 | 0.25~0.30 |
| 11  | 真鍮箔     | 0.25 | 0.25~0.35 |
| 12  | アルミ箔    | 0.45 | 0.40~0.60 |
| 13  | 銅箔      | 0.45 | 0.40~0.60 |
| 14  | ドイツ箔    | 0.20 | 0.15~0.22 |

塩水による光沢劣化試験

表3 金箔・プラチナ箔の光沢度

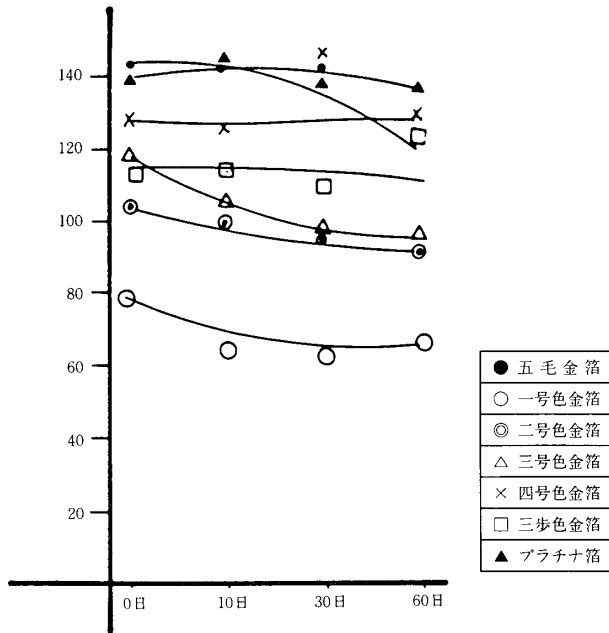
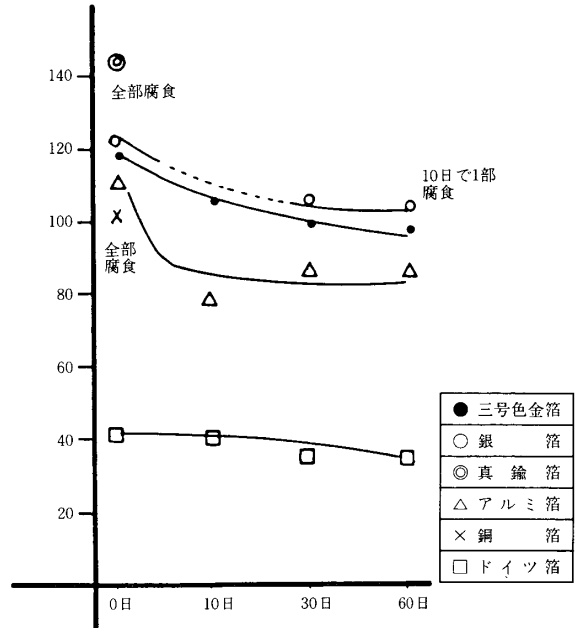


表4 箔の光沢度



耐候試験器による変色試験

表5 変色試験

|       | 1    | 2    | 3    | 3ヶ所の平均 |
|-------|------|------|------|--------|
| 三号色金箔 | 2.00 | 0.47 | 0.95 | 1.14   |
| 四号色金箔 | 0.69 | 3.27 | 1.29 | 1.75   |
| 三歩色金箔 | 1.16 | 0.74 | 1.33 | 1.08   |
| プラチナ箔 | 1.94 | 1.55 | 1.81 | 1.77   |
| 銀箔    | 4.06 | 3.10 | 4.54 | 3.90   |
| 真鍮箔   | 4.26 | 7.68 | 2.70 | 4.88   |
| アルミ箔  | 3.33 | 2.25 | 0.32 | 1.97   |
| 銅箔    | 4.64 | 8.27 | 6.91 | 6.61   |

表6 変色試験(表5)の色差単位

| 範囲       |             |      |
|----------|-------------|------|
| 0.0~0.5  | Trace       | 微量   |
| 0.5~1.5  | Slight      | わずかな |
| 1.5~3.0  | Noticeable  | 目につく |
| 3.0~6.0  | Appreciable | 多少   |
| 6.0~12.0 | Much        | 多く   |
| 12.0以上   | Very Much   | 大変多く |

スペクトルカラーメーカーの色差単位 NBS  
(National Bureau of Standard)