

## 目次

第1章	はじめに-----	3
第2章	実験方法-----	4
第3章	金沢箔の特徴-----	6
3.1	純金箔および純銀箔	
3.2	縁付箔 1号色、3号色および4号色 断切箔 1号色、3号色、4号色および3歩色	
3.3	昭和時代初期の縁付箔	
第4章	中国箔の特徴-----	19
第5章	ドイツ箔の特徴-----	22
第6章	平成24年度まとめ-----	25
第7章	平成22,23,24年度総括-----	26
7.1	反射スペクトル、吸収スペクトル	
7.2	表面画像、透過画像	
7.3	穴の分布	
7.4	膜厚の測定	
7.5	金箔の欠陥部	

## 第1章 はじめに

本報告は22年度、23年度に引き続き、金沢箔技術振興研究所より依頼を受け24年度受託研究として実施された金箔の形態的特徴の標準化を目指して行われた実験結果をまとめ、22年度から3年間の研究結果を総括したものである。

金箔は0.1 $\mu\text{m}$ 以下というごく薄い膜であり、建築物や工芸品に張り付けて、主に装飾として用いられるものである。そのためには、以下のことが考えられる。

まず、金箔をはったものが反射光によって黄金色に輝いて見えることである。これは金箔の反射スペクトルを測定することによって、その反射光の色の評価ができる。このことは、22年度の研究成果報告書[1]で、1号色、4号色、3歩色の縁付箔および断切箔について、接着の影響、コーティングの影響も含めてまとめられている。さらに、表面の反射の仕方や反射によってみられる表面の模様である。この模様が金箔のツヤ、風合いや上品さと結びついているのではないかと考えられる。とりわけ、金箔は槌打ちによって打ち延ばしていくことによる中央部から周辺部への放射状模様は避けがたい。このことがどのように反射模様等に影響があるかということは重要なことである。

つぎに、コワ、ミミズといった欠陥がないことが要求される。また、対象物に緩みなく綺麗に貼ることが必要である。そのためには、金箔の膜厚は均一で薄い方がよいとされ、穴が程よく開いている方がよいとされる。膜厚は均一で薄い場合には、複雑な形状をした表面でも金箔は表面に素直に張り付くとされている。穴が程よく開いている場合には、金箔をはるときに金箔と対象物との間にある空気がスムーズに抜け膨らむことなく貼れるとされている。したがって、金箔の膜厚およびその分布、穴の大きさ分布および総面積を求めておくことは、金箔の標準化のためには是非とも必要である。23年度の研究成果報告書[2]には、これらの欠陥、膜厚、穴の分布について3号色の縁付箔、断切箔を用いた結果がまとめられている。

本年度においては、1号色、4号色の縁付箔および1号色、4号色、3歩色の断切箔、外国箔（中国箔、ドイツ箔）、昭和時代初期の製箔と思われる金箔（三浦箔と呼ぶ）について、膜厚、穴の分布について測定を行い比較する。それゆえ、今回の研究の目的はそのような比較を通して、金沢箔と製法が異なるとされる外国箔の製法による相違を調査することであり、昭和時代初期の縁付箔と現在の縁付箔との違いを調査することである。

## 第2章 実験方法

金箔の化学組成には表 2.1 のように数種類ある。また、金箔には箔打ち紙として和紙を使った昔ながらの製箔による縁付箔とグラシン紙を箔打ち紙として用いる断切箔という、2 種類の製法による金箔がある。

表 2.1 金箔の種類と化学組成 (質量%)

種類	金	銀	銅
純金 5 毛色	98.91	0.50	0.59
同 1 号色	97.67	1.36	0.98
同 2 号色	96.72	2.41	0.87
<b>同 3 号色</b>	<b>95.8</b>	<b>3.34</b>	<b>0.86</b>
純金 4 号色	94.44	4.9	0.66
中色	90.91	9.09	0
3 歩色	75.59	24.41	0

今回、実験に用いた試料は次の通りである。

### 金沢箔

縁付箔	1 号色	6 枚
縁付箔	3 号色	6 枚
縁付箔	4 号色	6 枚
断切箔	1 号色	6 枚
断切箔	3 号色	6 枚
断切箔	4 号色	6 枚
断切箔	3 歩色	6 枚
純金箔		6 枚
純銀箔		6 枚

### 三浦箔

縁付箔	大焼	6 枚
縁付箔	3 歩色	6 枚
縁付箔	本焼 3 号	5 枚
縁付箔	本焼 4 号	4 枚
縁付箔	不明	6 枚

#### 中国箔

断切箔	1号色	5枚
断切箔	4号色	5枚

#### ドイツ箔

23.75カラット箔	6枚
23カラット箔	5枚

上にあげた純金箔は24Kで、純銀箔は銀99.6%以上の銀箔であり、三浦箔は正確な組成は分からないがその反射光から3号、4号、3歩色は現在のものと同じものと考えられる。中国箔も同様と思われる。ドイツ箔は23.75Kと23Kのものである。

金沢箔の大きさは109x109mm<sup>2</sup>、中国箔の大きさは109x109mm<sup>2</sup>、ドイツ箔の大きさは80x80mm<sup>2</sup>である。これらの箔を150x150mm<sup>2</sup>、厚さ2mmのガラス板にウレタン系接着剤で接着したものをを用いた。

金箔の膜厚測定には石川県工業試験場において蛍光X線微小部膜厚計(HORIBA XGT-5000)を用いて行った。図2.1に示すように1枚の金箔について①から⑨まで計9か所を測定し、それらを平均した。膜厚のばらつきについては同種の金箔の全データの標準偏差として求めた。これらのデータは金の標準薄膜を用いて測定を行っているので、銀や銅が混じっている金箔にはそれらの比率に基づいて補正を行った。

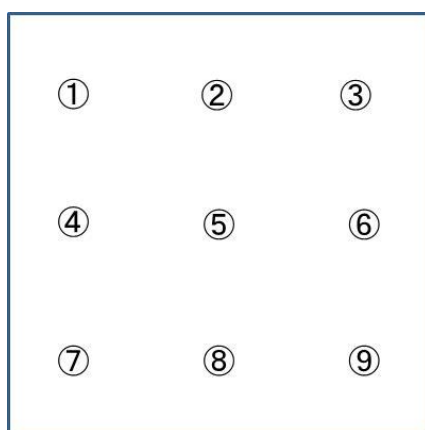


図 2.1

穴の測定は、昨年度の報告書[2]と同様にトレース台(インテリムジャパン社製A4サイズ)の上に試料の金箔を貼ったガラス板を乗せ、デジタルカメラ(ニコンD5000)を用いて透過画像を撮影した。撮影条件は試料から約16cm離れ

たところにカメラを設置し、明度測定するとき感度は ISO1600、シャッタースピードは 0.02s、絞りは F3.8 に固定して行った。撮影された画像は画像解析ソフト (WinROOF) によって解析した。詳細は昨年度の報告書の通りである。なお、三浦箔を撮影するときには、明るすぎるためシャッタースピードを 0.004s に落として撮影した。

## 第 3 章 金沢箔の特徴

### 3.1 純金箔および純銀箔

製箔は何万回という槌打ち作業によって行われ、槌打ちによって局所的に塑性変形を起こし広がっていく。この局所的な変形は不均一なために、箔打ちの過程が変形として残ることがある。それが箔の模様として観察される場合がある。こういった特徴はただ眺めるだけでは見つけることは難しい。しかし、光を透過させることで観察することができる。

図 3.1 および 3.2 に純金箔と純銀箔の透過画像を示す。純金箔、純銀箔において透過する光の色、強さが異なることがわかる。これは箔の膜厚および透過スペクトルに大きく依存しているからと考えられる。また、純金箔の透過画像には中央からの放射状の模様が確認できる。これは箔打ちが中央から金を打ち延ばしていき製箔したからと考える事が出来る。したがって、純銀箔には放射状の模様は確認できないが同じ製法で作られたものということから、同じような放射状の模様が存在していると考えられる。

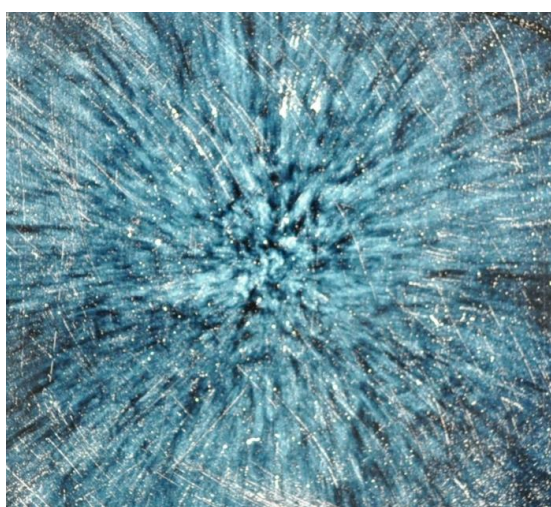


図 3.1 純金箔の透過画像



図 3.2 純銀箔の透過画像

膜厚について、純金箔と純銀箔で明確な違いが確認できた。まず、純金箔において測定か所ごとに大きな違いはなかった。また、純金箔は試料が異なっても平均膜厚もほぼ同じような値になっていた。それに対し、純銀箔は測定か所ごとに大きい差があり、その傾向がすべての純銀箔の試料にみられた。

両方とも延性、展性に富む元素として知られているがこういった膜状態においては同じ製法だとしても膜厚の値、測定か所の標準偏差に数倍もの顕著な差が見られた。表 3.1 に、純金箔、純銀箔の試料ごとの膜厚の平均値および標準偏差を示す。純金箔、純銀箔それぞれ 6 枚の試料に番号をつけてある。この表の数値を見ると、試料ごとの膜厚のばらつきは純金箔よりも純銀箔のほうがかなり大きいことが分かる。また、全体を通した平均膜厚は純金箔では  $0.101\mu\text{m}$  であり、純銀箔のそれは  $0.274\mu\text{m}$  である。標準偏差はそれぞれ  $0.017\mu\text{m}$ 、 $0.057\mu\text{m}$  である。また、ばらつきを膜厚に対する標準偏差の割合として右端の欄に載せてある。

純金箔、純銀箔には無数の穴が表面に存在する。この穴の面積、個数および分布を測定し比較を行う。画像解析ソフト (WinROOF) を使用して、透過画像の解析を行う。この際、透過画像にモノクロ処理を施し、輝度ヒストグラムを閾値 200~255 で設定し該当する箇所を穴とみなした。そうして測定した穴の総面積と個数、金箔の全面積に対する穴の総面積の比率を表 3.2 に示す。

表 3.1 試料ごとの平均膜厚および標準偏差

試料	膜厚平均( $\mu\text{m}$ )	標準偏差( $\mu\text{m}$ )	偏差/膜厚
純金箔1	0.103	0.013	0.13
純金箔2	0.103	0.014	0.13
純金箔3	0.107	0.013	0.13
純金箔4	0.090	0.027	0.30
純金箔5	0.098	0.013	0.14
純金箔6	0.104	0.014	0.14
純金箔平均	0.101	0.017	0.17
純銀箔1	0.313	0.073	0.23
純銀箔2	0.265	0.038	0.14
純銀箔3	0.311	0.072	0.23
純銀箔4	0.250	0.032	0.13
純銀箔5	0.245	0.031	0.12
純銀箔6	0.262	0.051	0.19
純銀箔平均	0.274	0.057	0.21

この表からわかるように純金箔 1 がすべてにおいて値が大きくなっている。これは純金箔 1 の表面に多量の傷がついていたことによるものである。したがって、純金箔 1 を今回の穴分布のデータからは取り除くものとする。純金箔 1

のデータを取り除き純金箔および純銀箔それぞれの平均をまとめたものを表 3.3 に示す。

表 3.2 穴分布

試料	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	穴の個数	面積比率(%)
純金箔1	1895.73	7666	15.67
純金箔2	140.20	1244	1.16
純金箔3	93.07	1485	0.77
純金箔4	343.60	3720	2.84
純金箔5	467.79	4555	3.87
純金箔6	238.94	2951	1.97
純銀箔1	47.33	1867	0.28
純銀箔2	30.57	1156	0.18
純銀箔3	18.65	1244	0.11
純銀箔4	19.14	911	0.11
純銀箔5	25.34	1593	0.15
純銀箔5	34.69	1572	0.21

この表から純金箔の方が穴の総面積、個数、面積比率すべてにおいて大きいことがわかる。試料ごとにそういった傾向が見られることから、これは製造過程よりも純金箔、純銀箔それぞれの素材の性質の違いからきていると考えられる。

表 3.3 穴分布の各平均まとめ

試料	穴の総面積(mm <sup>2</sup> )	穴の個数	面積比率(%)
純金箔	256.72	2791	2.12
純銀箔	29.29	1391	0.17

こうした穴のデータは穴の大きさ分布を考慮せずにただ測定したものであるために穴の実態についてはよく分からない。そこで穴の大きさ分布を図 3.3～3.4 に示す。

横軸は穴の面積を表し、縦軸は穴数の面積密度(1/mm<sup>2</sup>)を表す。すなわち、穴の面積がある面積から単位面積増加する間にある穴の数を表したものである。端的に言えば、その大きさの面積を持つ穴がどれだけあるかを表している。両対数グラフに表わすことで、穴の個数と面積とが直線関係になっているのがわかる。すなわち、個数と面積が冪関数の関係になっている。つまり、穴の面積を  $S$ 、その大きさの面積を持つ穴の個数を  $n$  とすると、 $n = S^\alpha$  の関係が成り立っている。 $\alpha$  は両対数グラフにおける傾きである。このグラフの傾きを比較し、純金箔、純銀箔の穴分布の評価を行う。各傾きまとめを表 3.4 に示す。

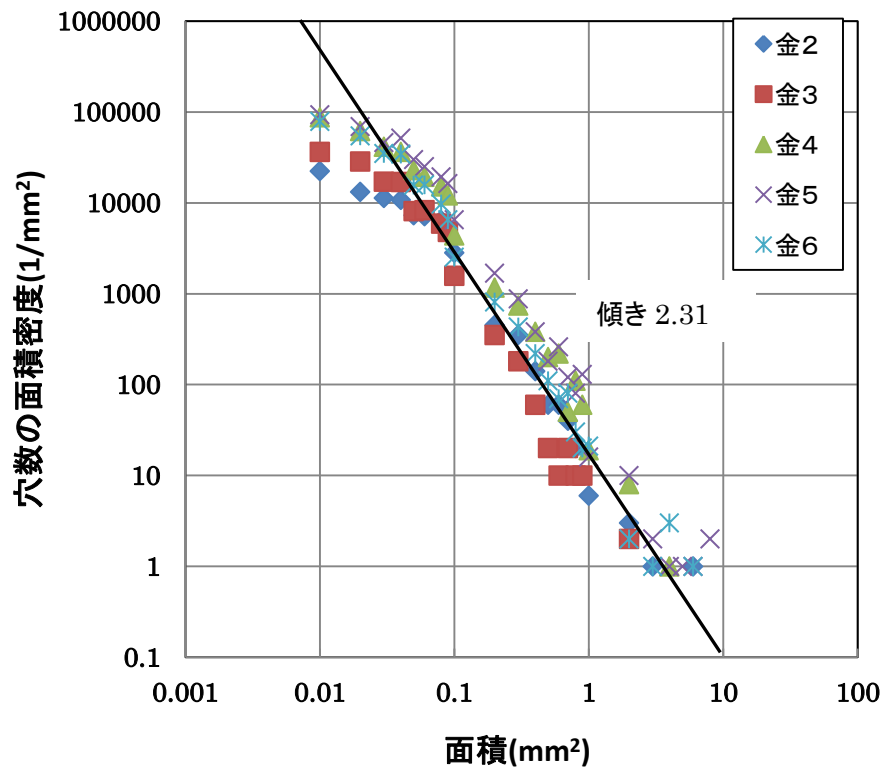


図 3.3 純金箔の穴の大きさ分布

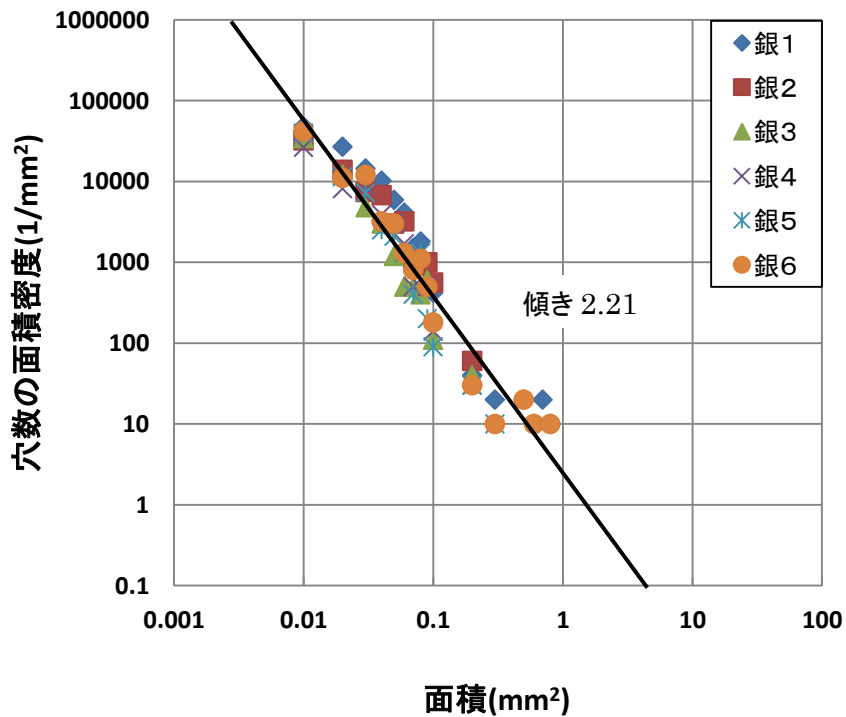


図 3.4 純銀箔の穴の大きさ分布

表 3.4 各試料の穴分布傾き

試料	傾き	試料	傾き
純金箔2	2.28	純銀箔1	2.23
純金箔3	2.37	純銀箔2	2.03
純金箔4	2.31	純銀箔3	2.36
純金箔5	2.27	純銀箔4	2.31
純金箔6	2.33	純銀箔5	2.24
純金箔平均	2.31	純銀箔6	2.12
		純銀箔平均	2.22

微小な穴について調査するために、デジタルマイクロスコープを用いて試料を撮影し、規定の範囲内にある穴の個数や分布、面積比率を出し純金箔、純銀箔について比較を行う。全体図では計測出来なかった詳細部でも全体図と同じような傾向があるかを調べる。

撮影条件として測定面積  $680 \mu\text{m} \times 510 \mu\text{m} = 346800 \mu\text{m}^2$ 、試料一枚につき図 2.1 の 9 か所、輝度ヒストグラムの閾値を 100~255 とし該当する箇所を穴とみなした。全体図と輝度ヒストグラムの閾値が異なるのは顕微鏡で確認できる穴を認識する閾値が 100~255 であったためである。そうして測定したものを表 3.5 に示す。なお今回も傷の関係上、純金箔 1 を測定対象から省く。

全体図と同様に純金箔、純銀箔について、穴の個数、総面積、割合において差が見られた。全体図に比べ純金箔、純銀箔共に面積割合が低い値を示している。

次に、全体図と同様に分布の傾きを算出し、比較を行う。拡大図は全体図にくらべ穴数が少ないために純金箔、純銀箔の各試料の各測定箇所をそれぞれ足したもので算出を行う。理由として今回試料の中心部と周辺部で拡大画像から大きな違いが見られなかったためである。(図 3.5~3.6)

上記の条件のもとに穴として該当したものの大きさ分布のグラフを図 3.7~3.8 に示す。

傾きは、全体図に比べ純金、純銀箔ともに小さい値を示し、両者を比較すると純金箔が純銀箔より約 0.1 大きい値を示した。

以上より、穴の分布において純金箔、純銀箔を比較した場合、全体と拡大ともに分布割合の傾きに約 0.1 の差が生じる傾向があると考えられる。

表 3.5 試料の拡大部における穴分布

試料	穴総面積( $\mu\text{ m}^2$ )	穴の個数	穴面積比率(%)
純金箔2	2228.07	364	0.64
純金箔3	1299.34	288	0.37
純金箔4	2764.26	377	0.80
純金箔5	1797.80	250	0.52
純金箔6	1546.69	285	0.45
純金箔平均	1927.23	313	0.56
純銀箔1	200.47	35	0.06
純銀箔2	119.69	61	0.04
純銀箔3	54.89	28	0.02
純銀箔4	106.21	43	0.03
純銀箔5	292.27	31	0.08
純銀箔6	188.13	36	0.05
純銀箔平均	160.28	39	0.05

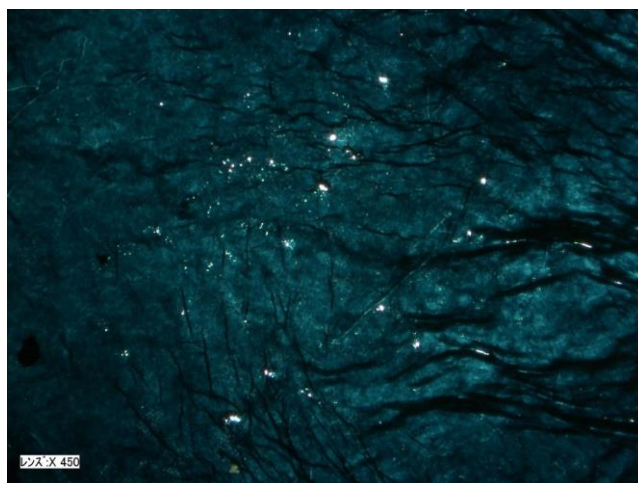


図 3.5 試料の中心部の拡大画像

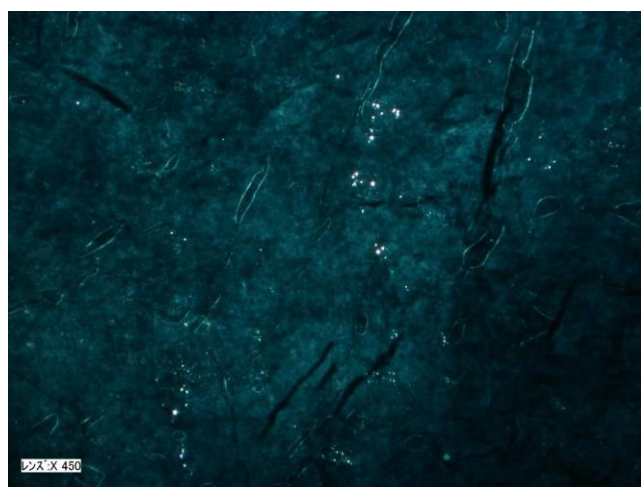


図 3.6 試料の端部の拡大画像

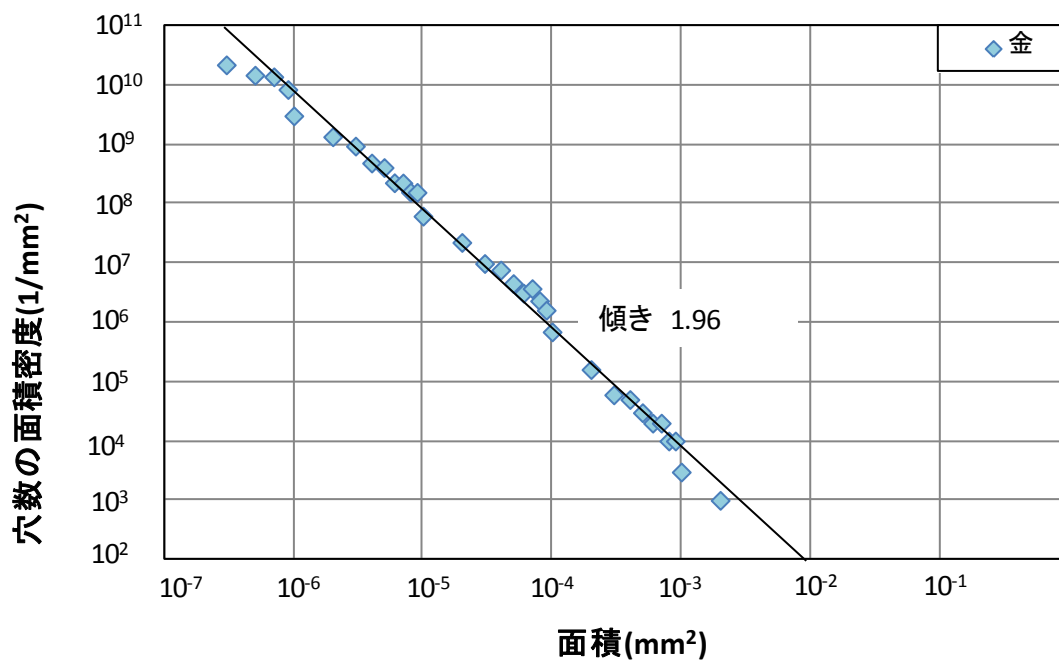


図 3.7 拡大部における金の穴の大きさ分布

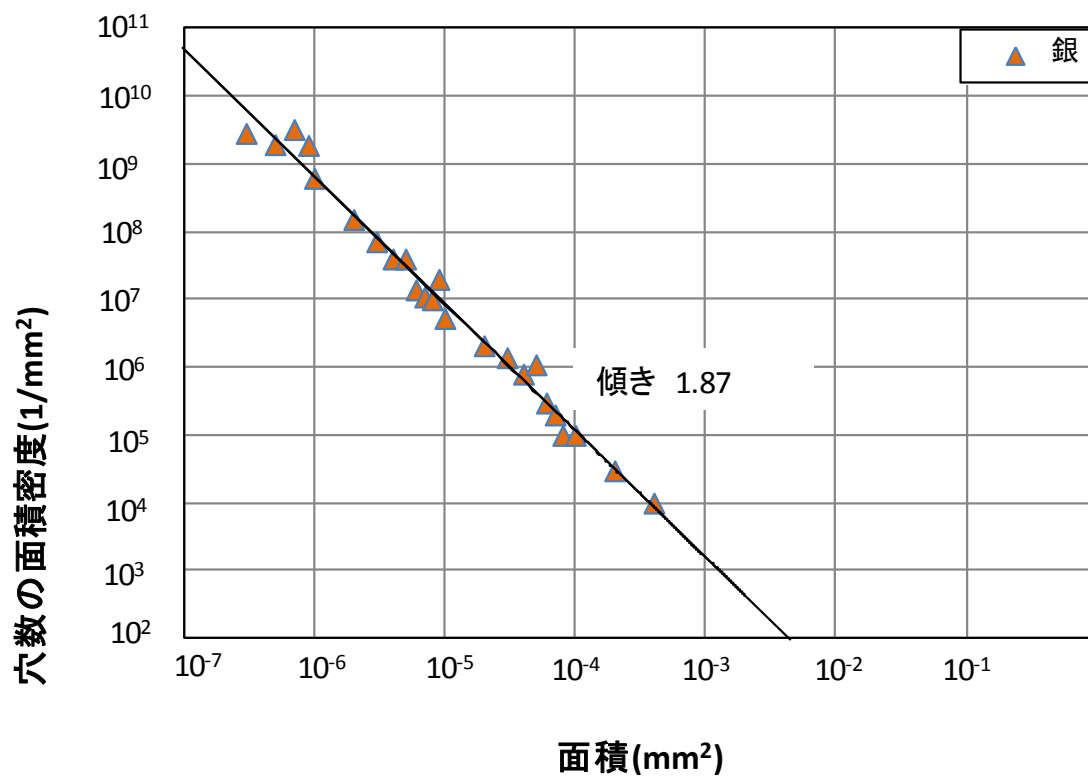


図 3.8 拡大部における銀の穴の大きさ分布

### 3.2 縁付箔 1号色、3号色および4号色

#### 断切箔 1号色、3号色、4号色および3歩色

図 3.9～3.15 に縁付箔の1号色、3号色、4号色および断切箔の1号色、3号色、4号色、3歩色の透過画像を示す。縁付箔のどの透過画像にも縁付箔特有の紗の目模様が打ちこまれている。また、1号色、3号色、4号色、3歩色と銀が多くなるにしたがって青みが強くなっているのが分かる。黒っぽい領域は厚く白っぽい領域は薄いので、膜厚の分布が分かる。また、周辺部には放射状の模様がある。箔が延びていくことを示している。これらの模様は箔打ちの仕方によるものと考えられる。

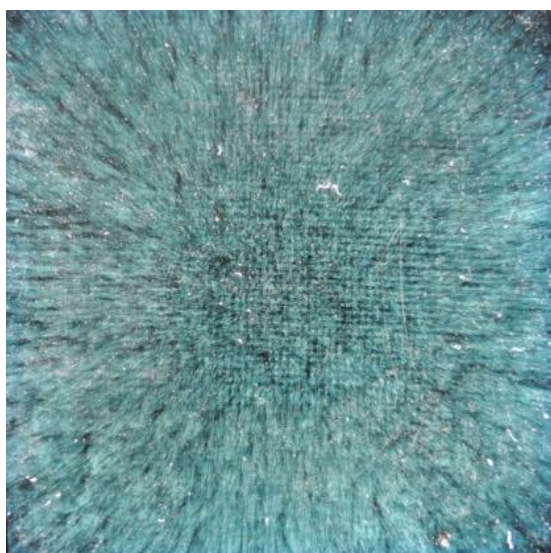


図 3.9 縁付箔 1号色

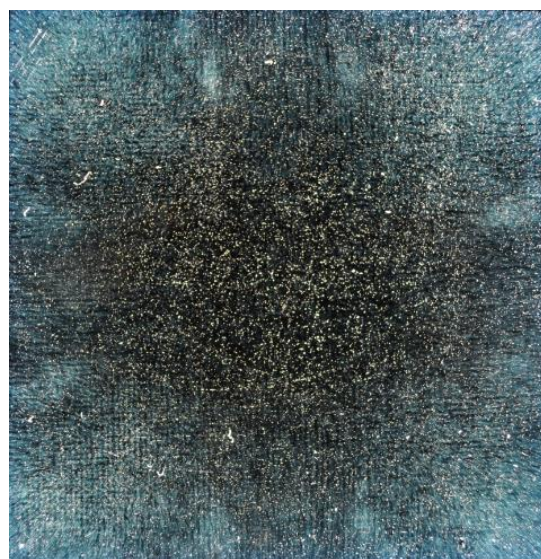


図 3.10 縁付箔 3号色

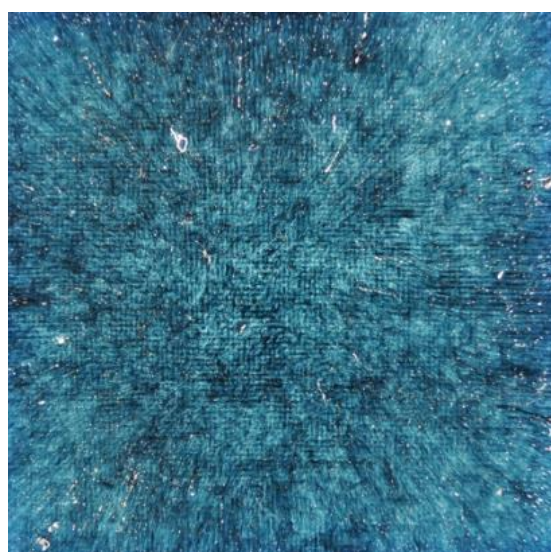


図 3.11 縁付箔 4号色

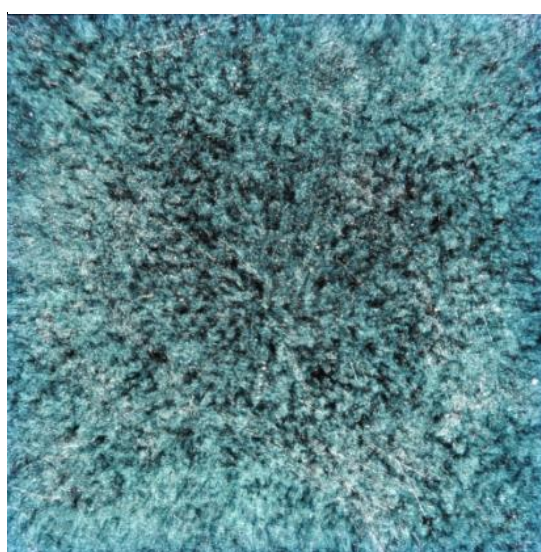


図 3.12 断切箔 1号色

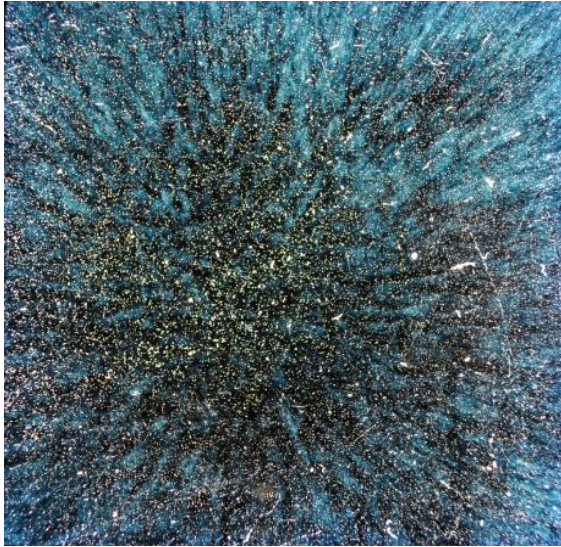


図 3.13 断切箔 3号色

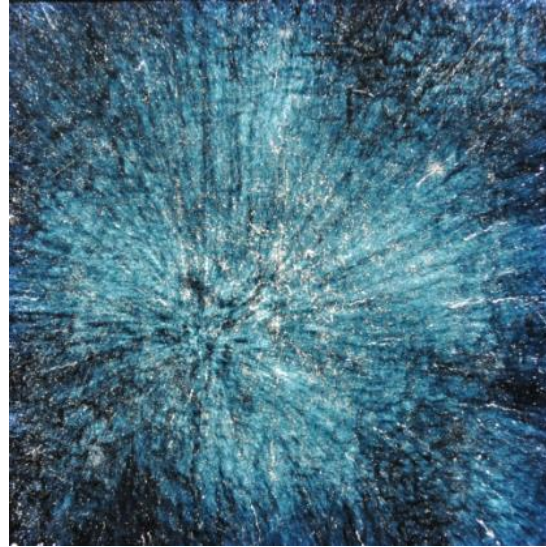


図 3.14 断切箔 4号色

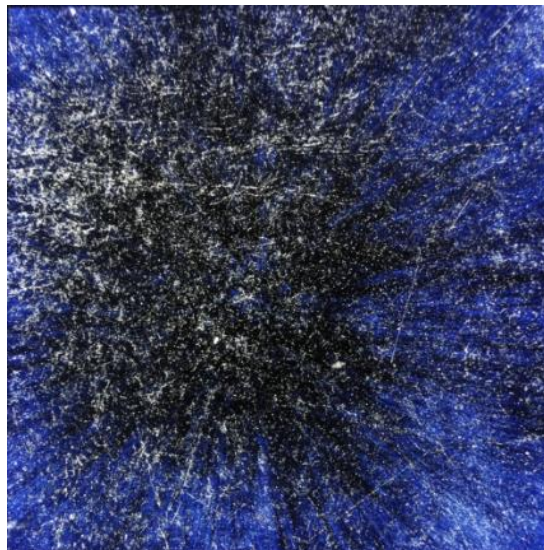


図 3.15 断切箔 3歩色

つぎに、膜厚を表 3.6 に示す。どの金箔も膜厚は  $0.1\mu\text{m}$  の程度である。たまたま入手した金箔がこのような膜厚であったということであり、金沢箔のすべてがこのような膜厚であるとは限らない。用途や様々な条件によっても膜厚が決まるといわれている。膜厚のばらつきの度合いを表すために、右端の欄に標準偏差を平均膜厚で割った値を載せてある。金沢箔の膜厚には 10 数%のばらつきがあると思われる。

金箔がきれいに貼れるためには程よく穴が開いていなければならない。透過画像を用いてその穴の個数や面積を求め表にしたのが表 3.7 である。それぞれ 6 枚の試料に番号をつけて区別している。1 枚 1 枚の箔の穴の面積や数はかなり

のばらつきがある。金箔の穴の総面積の比率は 2、3%から 5%まで及ぶ。数値を見ると縁付箔の方が断切箔よりも穴の総面積の比率は小さいように見える。これらの箔をまとめて金沢箔の穴の面積比率を求めると、2.78%となる。また、同様にして画像に写っている穴の平均面積を求めると、0.0484mm<sup>2</sup>となる。

表 3.6 金沢箔の膜厚

金沢箔	平均膜厚(μm)	標準偏差(mm)	偏差/膜厚
縁付箔1号色	0.100	0.014	0.138
縁付箔3号色	0.119	0.022	0.183
縁付箔4号色	0.094	0.012	0.125
断切1号色	0.101	0.016	0.159
断切3号色	0.130	0.017	0.131
断切4号色	0.098	0.019	0.189
断切3歩色	0.102	0.021	0.201

表 3.7 金沢箔の穴の総面積、個数、面積比率

金沢箔	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均
縁付1号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	379	145	58	141	139	471	222
	穴の個数	5364	3140	1282	3128	2866	6743	3754
	穴面積比率(%)	3.5	1.34	0.54	1.3	1.29	4.354	2.05
縁付3号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	347	382	267	423	410	443	379
	穴の個数	10139	10018	8316	9965	11907	12360	10451
	穴面積比率	2.92	3.22	2.25	3.56	3.45	3.73	3.19
縁付4号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	110	71	110	106	90	88	96
	穴の個数	2229	1419	2472	2265	1933	2244	2094
	穴面積比率(%)	1.01	0.65	1.01	0.96	0.83	0.81	0.89
断切1号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	183	374	214	288	310	83	242
	穴の個数	3792	4834	4192	4358	4968	2192	4056
	穴面積比率(%)	1.69	3.45	1.97	2.66	2.86	0.77	2.23
断切3号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	603	205	708	588	582	907	599
	穴の個数	14557	6808	19102	16048	14721	18746	14997
	穴面積比率(%)	5.08	1.73	5.96	4.95	4.9	7.63	5.04
断切4号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	220	1232	147	443	124	207	396
	穴の個数	4784	10235	3506	5446	3049	3348	5061
	穴面積比率(%)	2.03	11.4	1.36	4.09	1.15	1.91	3.65
断切3歩色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	414	258	85	172	297	304	255
	穴の個数	6172	5163	2151	3712	4350	4052	4267
	穴面積比率(%)	3.82	2.39	0.789	1.59	2.74	2.81	2.36

用いたすべての金箔について、穴の面積と穴の数を図 3.3 および 3.4 と同様に両対数グラフにするとどの試料についてもデータは直線上に並び、その傾きは 2.3~2.6 の範囲に入っている。平均すると 2.38 である。

### 3.3 昭和時代初期の縁付箔

断切の技法は昭和 40 年代に始まったと言われているため、三浦箔はすべて縁付箔である。縁付箔は箔打ち紙に和紙を使っているために表面に紗の目模様が打ち込まれる。なお、箔の呼び名は包装紙に書かれていたものであり、現代のものとは異なるものもある。図 3.18 は大焼と呼ばれる金箔であるが、紗の目模様が全面にきれいに打ち込まれている。全体として平らな面をしているように見える。また、数か所にアテが見られる。アテにも向きの異なる紗の目模様がついている。図 3.17～図 3.20 には大焼、本焼 3 号色、本焼 4 号色、3 歩色の三浦箔の透過画像を示す。三浦箔はかなり薄いため、現代箔と同じ条件では明るすぎるためにシャッタースピードを 1/5 に落として撮影してある。そのために、色が少し薄いように思える。表面の画像と同様にどの金箔にもはっきりと紗の目模様が見て取れる。明るさに斑な濃淡模様があまり見られないために、膜厚は比較的均一と思われる。周辺部に放射状の模様が見えるが、かなり細かい。大焼の表面画像と同様に、図 3.20 にはかなり大きなアテも見え、紗の目模様の向きが異なっていることも分かる。

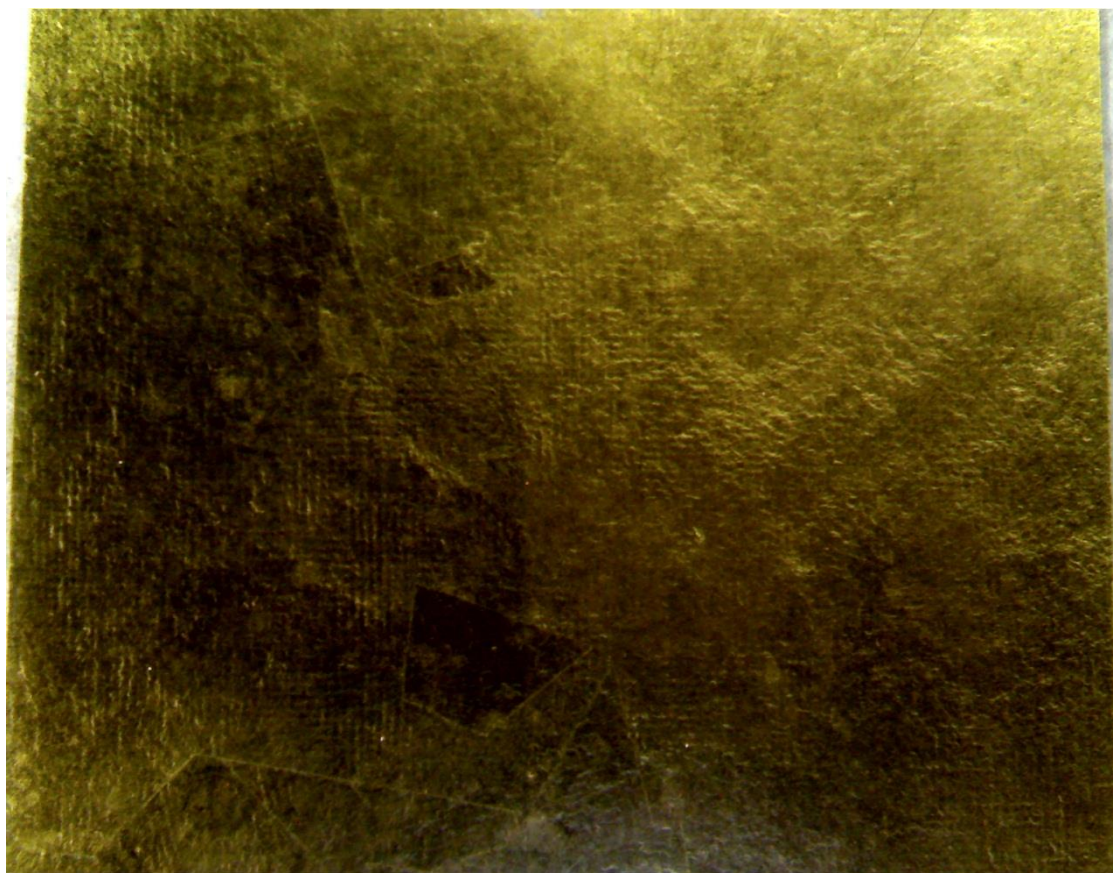


図 3.16 大焼

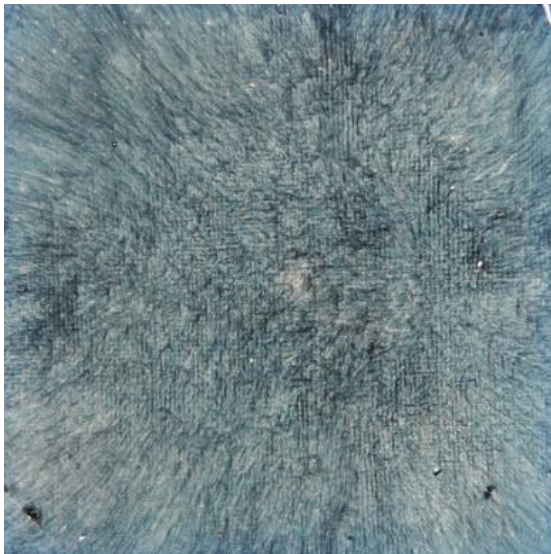


図 3.17 大焼



図 3.18 本焼 3号色



図 3.19 本焼 4号色



図 3.20 3歩色

表 3.8 に三浦箔の膜厚が示されている。なお、3号色、4号色、3歩色については現在のもと同じと考えて補正を行った。本焼については合金比率が分からないので補正しない値が書かれている。補正は大きくて 3%膜厚が増える程度である。それでも前節に述べた現代箔と比べると、かなり薄いことが分かる。表 3.9 は穴の総面積、穴の個数、穴面積比率であるが、それぞれは現代金沢箔よりも小さいように見える。これらのデータから全体として、三浦箔の穴の平均面積比率を求めると 1.25%となり、穴の平均面積は  $0.0607\text{mm}^2$  となる。穴の平均面積は現代の金沢箔よりも大きい。しかし、画像の撮影条件が異なるので評価には注意を要する。

表 3.8 三浦箔の膜厚

三浦箔	平均膜厚(μm)	標準偏差(μm)	偏差/膜厚
大焼	0.054	0.007	0.130
本焼3号色	0.055	0.006	0.111
本焼4号色	0.071	0.009	0.129
3歩色	0.045	0.013	0.295

表 3.9 三浦箔の穴の総面積、個数、面積比率

三浦箔	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均
大焼	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	356	82	186	40	74	52	132
	穴の個数	3765	1270	2888	1029	1058	753	1794
	穴面積比率(%)	3.29	0.76	1.72	0.37	0.68	0.48	1.22
本焼3号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	132	194	116	86	67		119
	穴の個数	2196	3191	2474	1486	1355		2140
	穴面積比率(%)	1.22	1.79	1.08	0.80	0.62		1.10
本焼4号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	42	35	32	16			31
	穴の個数	836	629	600	438			626
	穴面積比率(%)	0.39	0.32	0.29	0.15			0.29
3歩色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	310	527	244	170	48	252	258
	穴の個数	2705	5375	4333	2910	1094	4122	3423
	穴面積比率(%)	2.86	4.87	2.25	1.57	0.45	2.33	2.39

用いたすべての三浦箔について、図 3.3、3.4 と同様に穴の面積と穴の数を両対数グラフにすると、どの試料についてもデータは直線上に並ぶ。その直線の傾きは 2.2~2.4 の範囲に入っており、平均すると 2.29 であった。

## 第4章 中国箔の特徴

海外の金箔も国内で用いられていると言われている。特に、中国箔は金沢箔に匹敵すると言われており、その特徴を調べることは重要である。そこで、中国箔の1号色と4号色のものを入手し調査を行った。図4.1、4.2は中国箔の表面の反射画像である。図の色は撮影条件によって変化するために、実際に見える色とは異なっている。その色よりも表面の模様注目する。1号色では写真では見難いが、実際には放射状の模様が見え、凹凸の斑模様がある。4号色のものは表面にはっきりと凹凸の斑模様が見える。こうした模様は不規則なようでまた放射状にも見えるので目に障る。この点図3.16の縁付箔の表面は穏やかに見える。

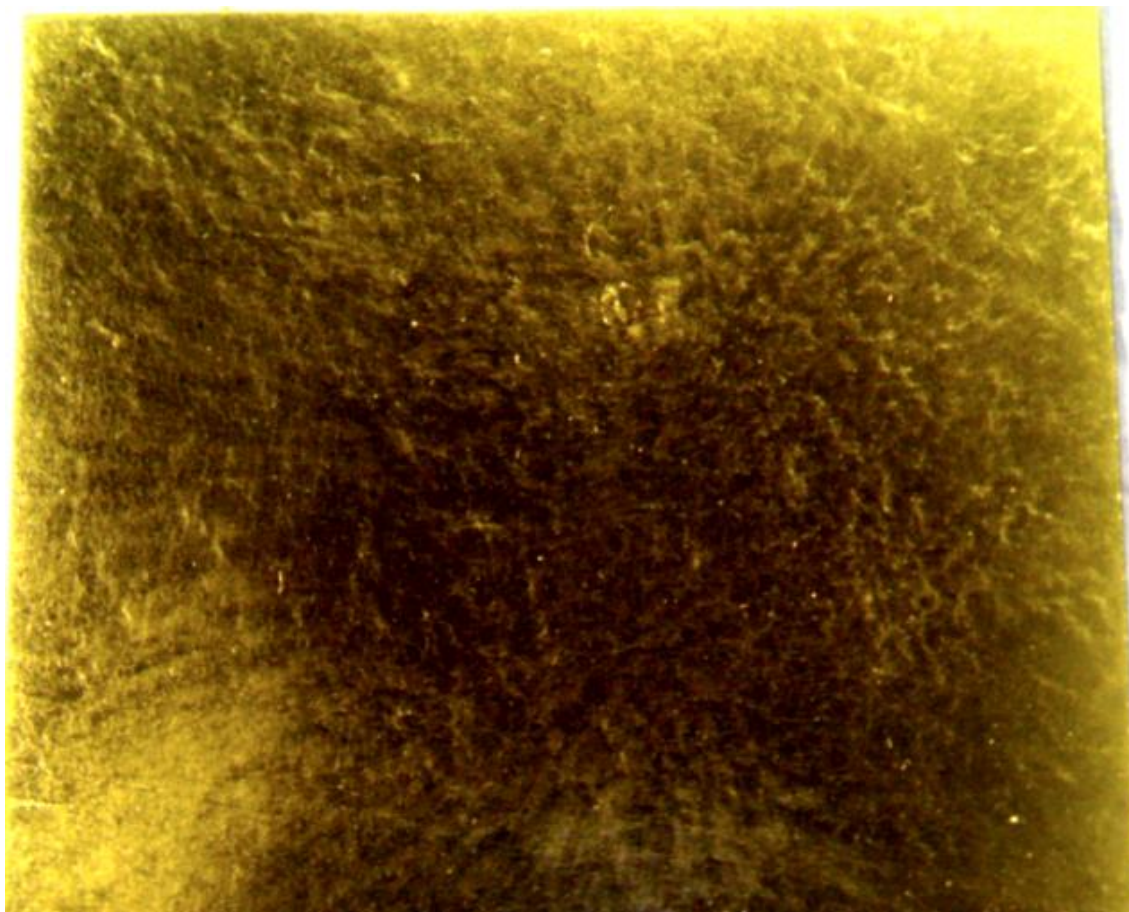


図 4.1 中国箔 1号色表面

図4.3、4.4に示す透過画像は金沢箔の図3.12～3.15の断切箔のそれによく似ている。色は図3.12および3.14の色に近いので、中国箔の1号色と4号色のものの合金組成は金沢箔の1号色と4号色に近いものと思われる。箔打ちが進むにつれて金箔が中央付近から放射状に伸びていく様子が放射状の模様として

はっきりと現れている。これらの図からは金沢箔の断切箔との差異は認めることは出来ない。放射の線が途切れて青黒の斑模様になっているが、表面画像の凹凸斑模様と関係があるようにも見える。



図 4.2 中国箔 4 号色表面

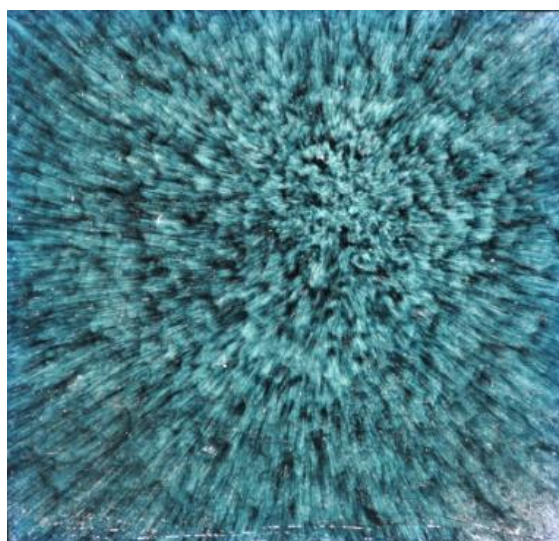


図 4.3 中国箔 1 号色透過

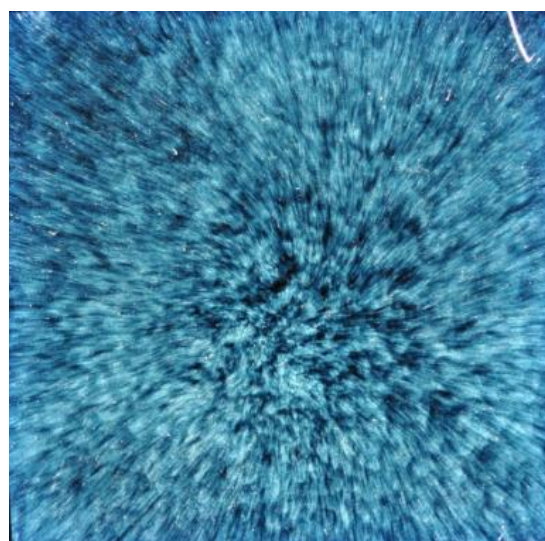


図 4.4 中国箔 4 号色透過

なお、1号色の5枚の試料の内、1枚の透過画像の色が緑っぽく異なったものがあつた。

中国箔の膜厚については表4.1に示してある。表3.5の金沢箔と比較してみても膜厚にはほとんど差が無いと考えられる。今回調べた箔に限ってみると、膜厚のばらつきは中国箔の方が小さいと思われる。このことは透過画像の明暗の斑が比較的少ないことにも示されている。

表4.2には穴の総面積、穴の個数、穴面積比率が載せてある。穴面積比率はかなりばらついてはいるが、すべてを平均すると、4.0%となる。金沢箔、三浦箔よりも少し大きい。同様に平均面積を求めると、0.0971mm<sup>2</sup>となる。これも金沢箔、三浦箔よりも少し大きい。

表 4.1 中国箔の膜厚

中国箔	平均膜厚(μm)	標準偏差(mm)	偏差/膜厚
中国1号	0.103	0.008	0.082
中国4号	0.089	0.008	0.087

表 4.2 中国箔の穴の総面積、個数、面積比率

中国箔	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	平均
1号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	156	186	97	319	183	188
	穴の個数	2345	1946	1245	3104	1964	2121
	穴面積比率(%)	1.44	1.72	0.89	2.94	1.69	1.74
4号色	穴総面積(mm <sup>2</sup> )	80	106	1061	1137	974	672
	穴の個数	1328	1722	6478	8814	8056	5280
	穴面積比率(%)	0.74	0.98	9.80	10.50	9.00	6.20

用いたすべての中国箔について、穴の面積と穴の数を両対数グラフにすると、どの試料についてもデータは直線上に並ぶ。その傾きは2.0~2.6の範囲に入っており、平均すると2.17であつた。

以上、表面画像の斑な凹凸模様、透過画像に見られる放射状の模様、膜厚などを考えると、中国箔は金沢箔の断切箔と同じような技法で作られたのであろう。

## 第5章 ドイツ箔の特徴

図 5.1～5.2 はドイツ箔の表面の反射画像である。23.75K のものは周辺に放射状の模様がかすかに見える。23K の表面画像には亀甲状の模様が見える。中央付近では細かな少し規則的な点状模様が並んでいるように見える。図 5.3～5.4 は透過画像であるが、金沢箔の断切箔や中国箔にみられた放射状の模様が見られない。金沢箔や中国箔と同じ条件で撮影しているが、23.75K の箔は少し青色が透けて見えるが、全体的にグレーである。しかし、明るさは全体的に均一で膜厚のばらつきが小さいことを示している。

マイクロスコープで 450 倍に拡大した表面の画像 (図 5.5) および撮影感度を最大にした透過画像 (図 5.6) から分かるように金沢箔や中国箔と異なって大きな曲線模様が見える。図の格子は 100 $\mu\text{m}$  の大きさであり、曲線の幅は 300～400 $\mu\text{m}$  程度である。これらの曲線模様は表面画像のものと透過画像のものとは対応している。また、その曲線の明るく膜厚の薄い領域に沿って小さな穴が並んでいるのが分かる。

膜厚は表 5.1 に示されているように 23.75K、23K の箔に対してそれぞれ 0.15、0.137 $\mu\text{m}$  であり、金沢箔や中国箔よりもかなり厚い。23K の箔は白っぽく見えるが、これは表 5.2 から分かるように穴の面積比率が比較的大きいからである。中国箔と同様に穴の面積比率はかなりばらついている。平均すると穴の面積比率は 6.54% となる。平均面積は 0.0546 $\text{mm}^2$  である。この値は中国箔よりも小さい。

用いたすべてのドイツ箔について、穴の面積と穴の数を両対数グラフにするとどの試料についてもデータは直線上に並ぶ。その傾きは 2.0～2.7 の範囲に入っており、平均すると 2.36 であった。

表 5.1 ドイツ箔の膜厚

ドイツ箔	平均膜厚( $\mu\text{m}$ )	標準偏差(mm)	偏差/膜厚
ドイツ23.75K	0.150	0.015	0.099
ドイツ23K	0.137	0.014	0.099

表 5.2 ドイツ箔の穴の総面積、個数、面積比率

ドイツ箔	試料	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	平均
23.75K	穴総面積( $\text{mm}^2$ )	52	18	109	103	71	22	62
	穴の個数	1177	608	2423	2024	1944	685	1477
	穴面積比率(%)	1.21	0.43	2.56	2.43	1.66	0.52	1.47
23K	穴総面積( $\text{mm}^2$ )	406	542	721	705	96		494
	穴の個数	7257	6808	8318	8197	2454		6607
	穴面積比率(%)	9.53	12.74	16.95	16.58	2.27		11.6

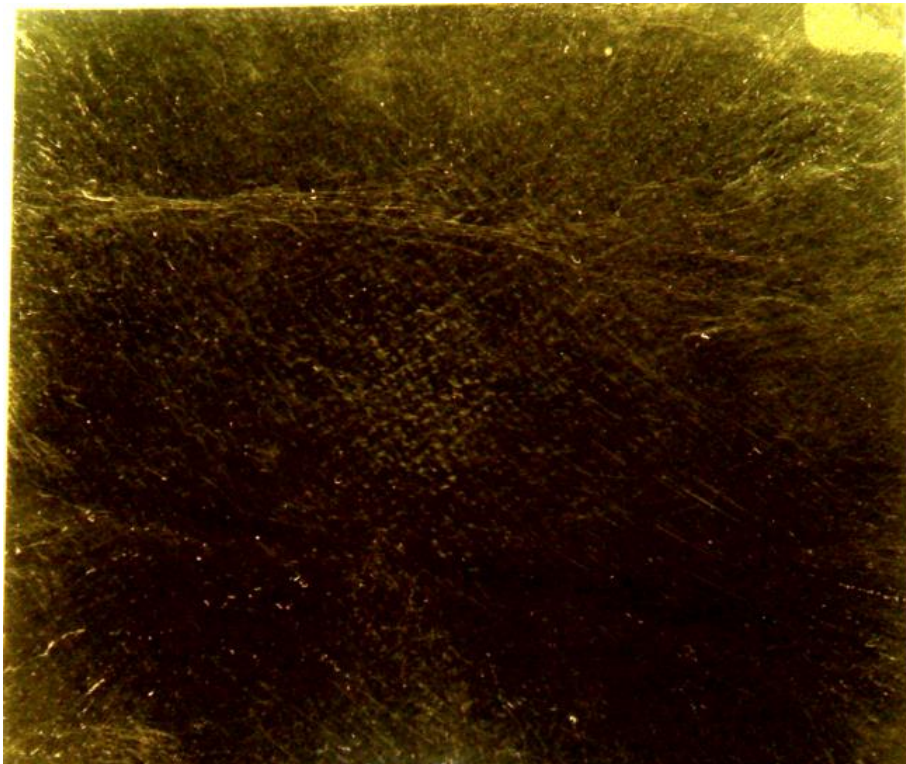


図 5.1 ドイツ箱 23.75K 表面

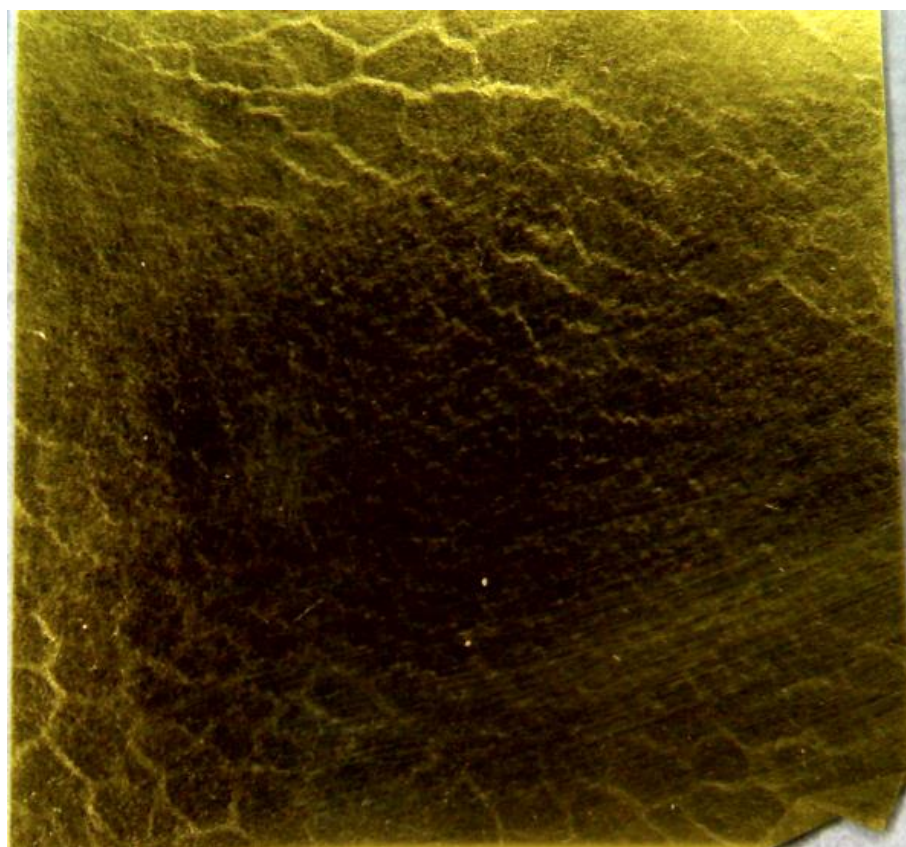


図 5.2 ドイツ箱 23K 表面



図 5.3 ドイツ箔 23.75K 透過



図 5.4 ドイツ箔 23K 透過

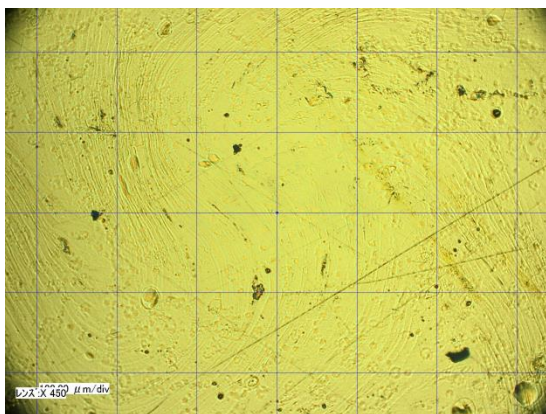


図 5.5 23.75K 顕微鏡表面

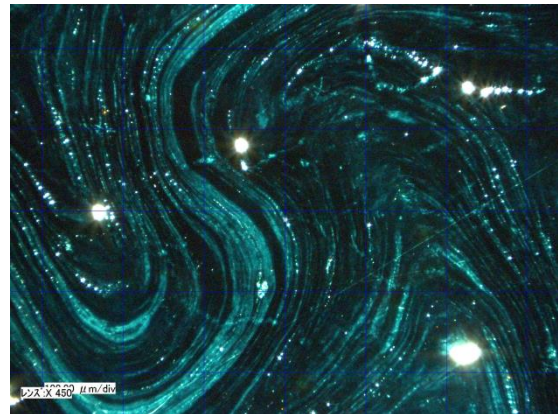


図 5.6 23.75K 顕微鏡透過

以上のドイツ箔の特徴から考えると、ドイツ箔の製箔に用いられる箔打ち紙はよく分からないが、金沢箔に用いられる和紙やグラシン紙とはかなり異なったものであると推測される。ドイツ箔は縁付箔、断切箔および中国箔の透過画像に見られる格子状や放射状の濃淡のある模様が見られないため、かなりの一様な膜厚であることが推測され、表面画像の亀甲模様は紗の目模様のような膜厚の違いによる模様ではないことが分かる。打ち始め、打ち終わりの点が並んで出来たものではないかと思われる。しかもそれがきれいな規則的な亀甲模様をしている事を考えると、箔打ち過程での箔の動かし方がかなり機械的に規則的に動かすことによって行われているのではないかと考えられる。ドイツではコンピュータ制御によって箔打ちが行われているとの報告がある[3]。こうしたことを考えると、このような模様は人ではなくコンピュータなどのプログラムによって制御された動作によって生じたのではないかと考えられる。

## 第6章 平成24年度まとめ

表面画像および透過画像から金箔、三浦箔、中国箔およびドイツ箔について次のことが分かる。縁付箔には表面画像および透過画像に紗の目模様が認められる。特に、三浦箔でははっきりしており、膜厚は薄く比較的均一である。断切箔と中国箔は非常に似ており、表面に不規則な凹凸模様が見え、透過画像では放射状の模様がはっきりしている。ドイツ箔の表面画像ではかすかな放射状模様が認められるが、透過画像ではほとんど認められない。また、表面画像に亀甲状の模様が見られる。マイクロスコープによる450倍の透過画像では曲線状の模様が見え、穴はその曲線に沿っていることが多い。この模様の原因もよく分からない。

蛍光X線微小部膜厚計による縁付箔、断切箔、三浦箔、中国箔、ドイツ箔の膜厚測定の結果がそれぞれでまとめて表6.1に示されている。金箔よりも中国箔がわずかに薄い。三浦箔はそれらよりかなり薄い。ドイツ箔は金箔、中国箔の1.5倍程度厚い。中国箔、ドイツ箔の方が金箔よりも厚さは均一である。

金箔の穴について、中国箔、ドイツ箔は穴の面積比率にはかなりのばらつきがあり、金箔よりも面積比率は大きい。穴の平均面積は中国箔が大きい。穴の面積と穴数を両対数グラフにプロットするとどの金箔も直線に乗り、冪関数になっていることが分かる。その傾きをまとめて表にすると表6.3のようになる。

表 6.1 縁付箔、断切箔、三浦箔、中国箔、ドイツ箔の膜厚

試料	平均膜厚(μm)	標準偏差(μm)	偏差/膜厚
純金箔	0.101	0.017	0.166
純銀箔	0.274	0.057	0.208
縁付箔	0.104	0.016	0.149
断切箔	0.108	0.018	0.170
三浦箔	0.056	0.009	0.178
中国箔	0.096	0.008	0.085
ドイツ箔	0.144	0.014	0.099

表 6.2 穴の面積

試料	平均面積(mm <sup>2</sup> )	穴面積比率(%)
純金箔	0.0920	2.12
純銀箔	0.0211	0.17
縁付箔	0.0455	2.04
断切箔	0.0548	3.32
三浦箔	0.0607	1.25
中国箔	0.0971	4.00
ドイツ箔	0.0546	6.54

表 6.3 両対数グラフの傾き

試料	傾き平均
純金箔	2.31
純銀箔	2.22
縁付箔	2.43
断切箔	2.44
三浦箔	2.29
中国箔	2.17
ドイツ箔	2.36

## 第7章 平成 22、23、24 年度総括

平成 22 年度から 3 年間にわたって金沢箔を中心に調査してきた目的は金箔を標準化することである。それは金箔をその用途に応じて使用する際に標準化しておくことが必要であると考えられるからである。したがって、ここで総括的に述べることは金箔の良し悪しを判断することではなく、どのような評価項目があるかを挙げ、その項目ごとに金沢箔（縁付箔、断切箔）、三浦箔、中国箔、ドイツ箔の特徴を示すことである。しかし、限定された試料と限定された期間の中で行わざるを得なかったことから十分な調査ができたとは考えられない。特に数値がばらつく項目に関しては十分ではない。

また、ここに掲げた項目も十分ではない。さらに検討すべき項目としては、打ち上がった金箔そのものの合金組成や強さ、硬さといった機械的性質、金箔が延びていくことによる結晶方位や熱伝導、電気伝導などの項目は上げることが出来るであろう。今後の調査に期待したい。

以下、限られた調査による結果であることを踏まえて、項目ごとに各金箔の特徴付けおよび比較を行う。

### 7.1 反射スペクトル、吸収スペクトル

#### (1) 種類による違い

吸収に関して、1 号色から 4 号色、3 歩色へと銀の割合が増えると吸収スペクトルが短波長側へ移行する。銀の配合割合が多いほど、吸光度の極小値が短波長側へ移行し、吸収スペクトル自体も短波長側へ移行する。

反射に関して、吸収と同様に銀の配合割合が多いほど、反射スペクトルも短波長側へ移行する。

これらの吸収、反射スペクトルの傾向は縁付、断切という製法の違いによらない。

## (2) 接着剤・コーティングの光学的性質への影響

吸収に関しては、接着剤の塗布により紫外域で吸光度が上昇すること、またコーティングを施すことにより紫外域で吸光度が更に大きく上昇する。

また、紫外域以外においては、接着剤の塗布により吸光度が一様に減少すること、接着剤塗布に加えてコーティングすることにより更に吸光度が減少する。

反射に関しては、接着剤を塗布した際の反射スペクトルの変化はほとんど見られない。そこからコーティングを施すと一様に反射率が減少する。

## 7.2 表面画像、透過画像

金箔の表面画像について、縁付箔では紗の目模様ははっきり見える。断切箔や中国箔では放射状の模様が見えることもあり、斑に光ったところが放射に従っているように見えることもある。ドイツ箔では中央付近は点状模様が規則的に並んでいるように見えるが、23Kの箔では周辺部に亀甲模様が光って見える。

金箔の透過画像から一般的には中央部から周辺部に向かう放射状の模様が合金比率に従った色付きで見られる。縁付箔では箔打ち紙の格子状の紗の目の模様がはっきりと映る。これらの模様は縁付箔ではこまやかだが、断切箔では荒々しい。こうした縁付箔と断切り箔との模様の違いは箔打ち工程の違いによるものと思われる。中国箔は断切箔と同様な模様が見られる。しかし、ドイツ箔では厚いためほとんど色が付いておらず、模様らしきものも見られない。

## 7.3 穴の分布

箔には大小さまざまな穴が数えきれないほどにある。穴の個数、穴の総面積、穴の面積比率は1枚1枚の箔によって1桁も違うほどかなりのばらつきがある。特に、中国箔とドイツ箔のばらつきは大きい。ばらつきを無視して平均した結果が表 6.2 に書いてある。それによると、金沢箔の方が中国箔、ドイツ箔より穴の平均面積、面積比率は小さい。

どの金箔についても、穴の面積とその面積を持つ穴の数をグラフに表わすと冪関数の関係になっている。両対数グラフの傾きは2.2~2.4程度である。表 6.3 から中国箔のそれは2.17と小さいが、穴の平均面積が大きく比較的大きな穴が多いからかもしれない。

## 7.4 膜厚の測定

蛍光 X 線微小部膜厚計による金箔の測定では、今回測った金箔についてまとめた表 6.1 から分かるように、縁付箔は断切箔よりも若干薄い。中国箔はさらに若干薄い。ドイツ箔はそれらよりも約1.4倍厚い。三浦箔はどの箔よりもかなり薄い。膜厚のばらつきは中国箔、ドイツ箔のほうが小さい。

金の蒸着膜の透過画像の明るさとその膜厚とは一定に関係がある。それと金箔の透過画像とを比較することにより、金箔の全面の厚さの分布が分かる。それらは透過画像の模様として表れている。

## 7.5 金箔の欠陥部

金箔にコワまたはミミズと呼ばれる帯状の欠陥部がある場合がある。そのような一部の欠陥には銀の固まったものと思われる微粒子状のものがある。また、透過画像の観察によると、帯状の欠陥部分は幅が数十から数百 $\mu\text{m}$ の固い帯状の異質なものであるように思われる。

## 謝辞

本報告書作成に当たっては、石川県箔商工業協同組合および金沢箔技術振興研究所の皆様のご協力、ご助言を賜りました。ここに厚くお礼申し上げます。また、試料の撮影や測定に当たって本学修士1年金森賢悟氏の協力を得ました。厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 平成 22 年度受託研究報告書 「金箔の物性に関する基礎的研究—金箔の光学的研究—」
- [2] 平成 23 年度受託研究報告書 「金箔の物性に関する基礎的研究—光学的手法を用いた金箔の形状計測と品質評価基準の策定—」
- [3] 「世界の金箔総合調査」 金沢美術工芸大学美術工芸研究所 2001 年