

接着剤の強度比較

— 紙用接着剤の実験 —

千代田区立九段中等教育学校
2年1組 32番

村岡健太

目 次

1. 研究の動機
2. 研究の目的
3. 研究の内容
 - 3-1. 試験紙
 - 3-2. 接着剤の種類
 - 3-3. 被着体の種類
 - 3-4. 実験の方法
 - a. 試験紙の準備
 - b. 接着剤の塗布
 - c. 貼り付けと乾燥
 - d. 紙の剥がし方
 - e. 実験後の試料
 - f. 測定の方法
 - 3-5. 測定結果
 - 3-6. 実験結果の集計
 - 3-7. 予備実験で検討したその他の接着剤
4. 研究のまとめ
 - 4-1. 考察
 - 4-2. 結論
5. これからの課題
6. 参考資料

接着剤の強度比較 — 紙用接着剤の実験 —

千代田区立九段中等教育学校

2年1組 32番

村岡健太

1. 研究の動機

昨年の研究では粘着テープの強度を比較し、ダンボール箱の組み立てなどに使われる布粘着テープだけでなく、意外にも紙の接着に使われるセロハンテープが紙以外のさまざまなもの（被着体）に強い接着力を持つことが分かった。そこで、テープと同じく生活の中で頻繁に使用する糊やボンドなどの接着剤についても強度を調べてみたいと思った。

2. 研究の目的

市販されている接着剤には「強力」、「速乾」や「多用途」、逆に「・・・用」と用途を限定しているものなどさまざまなものがあるが、今回の実験ではもっとも身近な紙用の接着剤の強度を調べ、剥がれやすさを比較する。

接着剤の強度を調べるために、あらかじめ準備した紙を、数種類の接着剤で被着体（紙を貼り付けるもの）に貼って、乾燥後に剥がし、剥がれ残った部分の面積を測って強度を比較する。予備実験の結果、剥がれ残った試験紙の形が複雑で面積を測ることが難しかったため、自分で作成した測定用のマス目フィルムを使って面積の比較をおこなうことにする。

3. 研究の内容

3-1. 試験紙

実験で被着体に貼り付ける紙には、一般的なものが良いと考えて身近にあったコピー用紙を用いた。

コピー用紙： ペーパーワンコピー用紙（無塩素パルプ中性紙）

APRIL.Ltd

3-2. 接着剤の種類

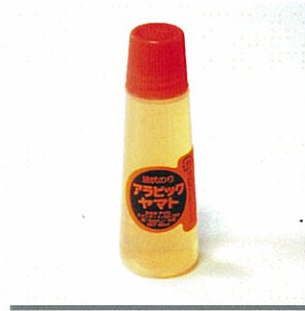
接着剤にはさまざまな種類と用途がある。この実験では紙の接着に使用される接着剤の強度を調べる。代表的な5種類を用意した。

実験に使用した接着剤：5種

接着剤	製品名称	接着の用途	接着剤の状態
ヤマト糊：	ヤマト糊	紙	ペースト状
アラビック：	アラビックヤマト	紙	液体状
スティック糊：	P i TハイパワーS	紙	固形状
木工用ボンド：	ボンド木工用	木板，紙	とろみの強い液体状
写真用接着剤：	セメダイン写真用	写真，紙	とろみの強い液体状



ヤマト糊：ヤマト糊/T-NO3
ヤマト株式会社
主成分：デンプン（タピオカ）



アラビック：アラビックヤマト
ヤマト株式会社
主成分：PVAL
ポリビニルアルコール



スティック糊：P i TハイパワーS
株式会社トンボ鉛筆
主成分：PVP
ポリビニルピロリドン



木工用ボンド：ボンド木工用
コニシ株式会社
主成分：酢酸ビニル



写真用接着剤：セメダイン写真用
セメダイン株式会社
主成分：スチレンブタジエンゴム

3-3. 被着体の種類

紙を貼り付ける接着剤の接着力が貼り付ける対象によってどのように異なるかを調べるため5種類の被着体（貼り付けるもの）を用意した。

実験に使用した被着体：5種

ステンレス

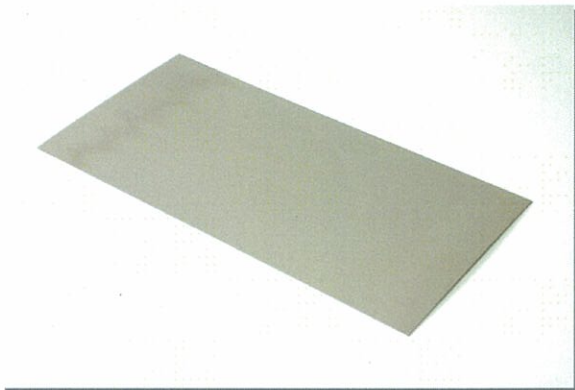
ガラス

アクリル

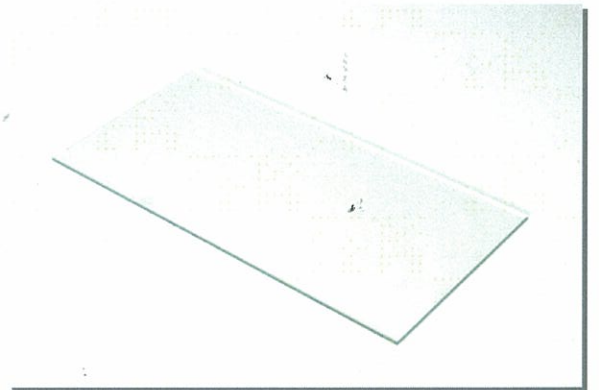
木板（ラワン合板）

画用紙（マーメイド紙イラストボード，1.5mm厚，株式会社オリオン）

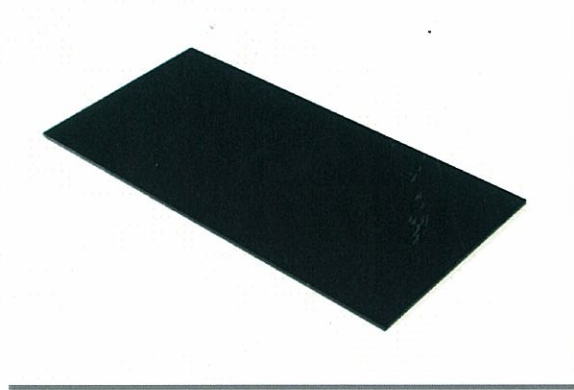
試験紙と同じ薄い紙を被着体として予備実験をおこなったところ，当然の結果として強く接着し，剥がす際にお互いが破れることが多く判定が難しかった．そこであえて表面に凹凸がある画用紙（画用紙が台紙に張られている市販の絵画用イラストボード）を用いた．



ステンレス



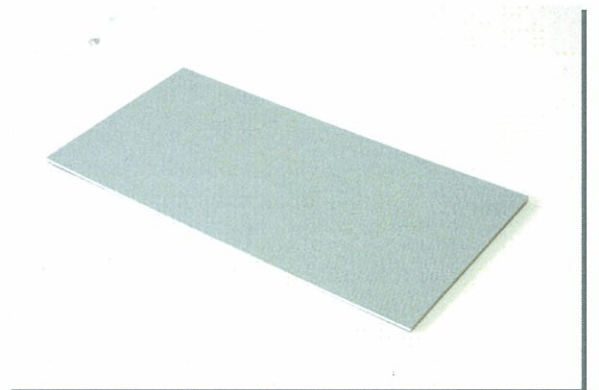
ガラス



アクリル



木板（ラワン合板）



画用紙（マーメイド紙イラストボード）

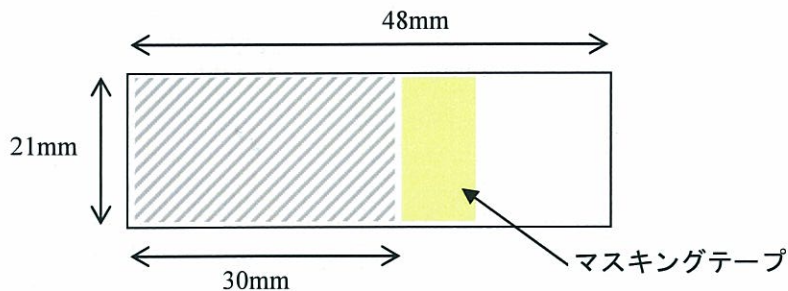
3-4. 実験の方法

a. 試験紙の準備

実験に使用する接着剤と被着体の組み合わせごとに 10 枚の試験紙を用意して実験をおこなう。5 種類の接着剤と 4 種類の被着体のために 200 枚の試験紙を準備した。

それぞれの試験紙は幅を 21mm、長さ 48mm に揃えた。

接着剤は試験紙の片方の端から 30mm の部分にマスキングテープを仮止めして塗布の範囲を決めた。



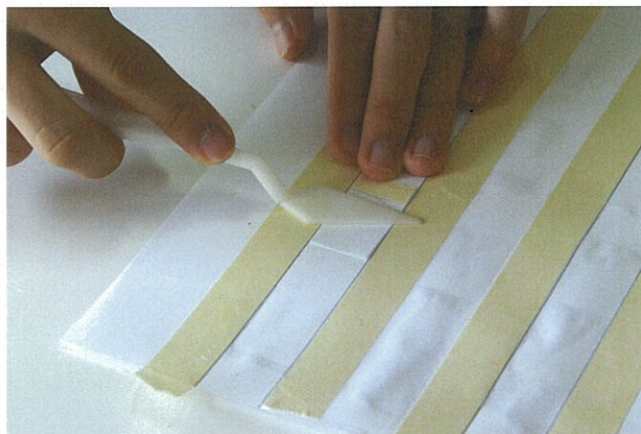
b. 接着剤の塗布

塗布する接着剤の量を一定にする工夫が必要だと考えた。

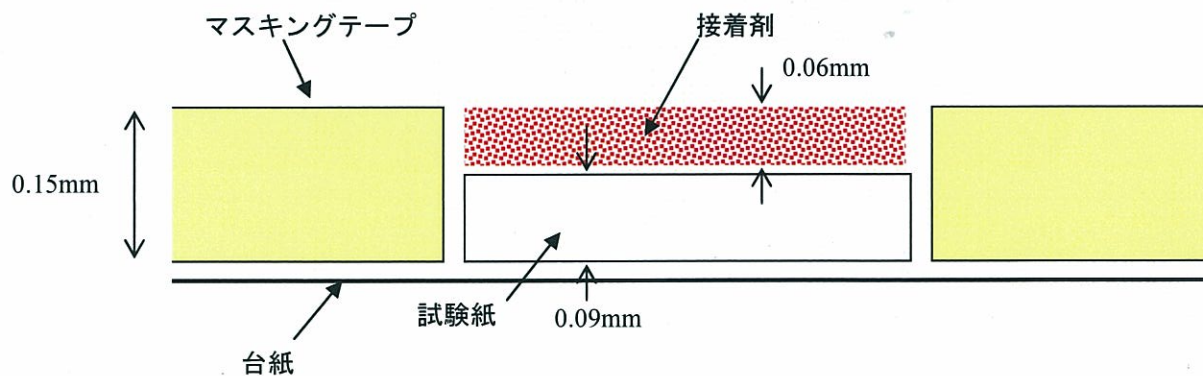
台紙に試験紙の幅に合わせてマスキングテープを貼り、このあいだに試験紙を置き、ナイフで接着剤を塗布する。

この方法により、マスキングテープと試験紙の厚さの差の厚みで接着剤を塗布できる。

マイクロメーターで測定した結果、マスキングテープ：0.15mm、試験紙：0.09mm だった。接着剤はおよそ 0.06mm の厚さで均一に塗布したことになる。



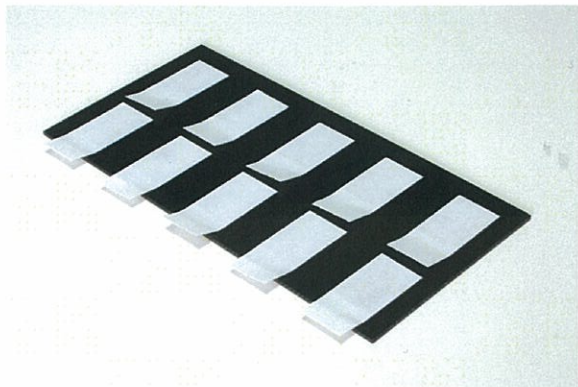
接着剤塗布



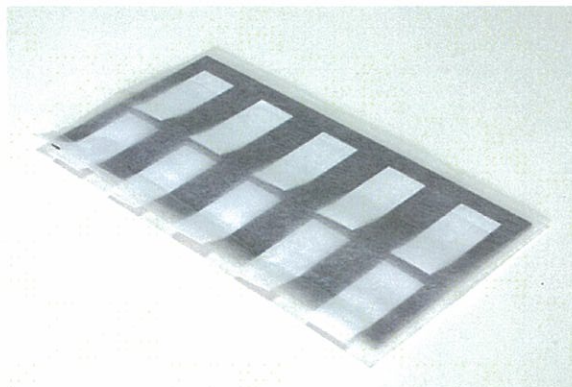
c. 貼り付けと乾燥

貼り付けの力を一定にするために重りを乗せて乾燥させた。

被着体に 10 枚の試験紙を均等な間隔で貼り付ける。ポリエステルシートと吸取紙（スイトリガミ）を被せて板を乗せ、その上に重りを置いて 1 日間乾燥させた。

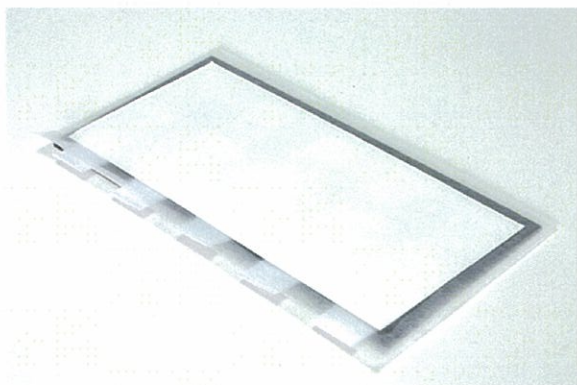


①被着体に試験紙を貼る。



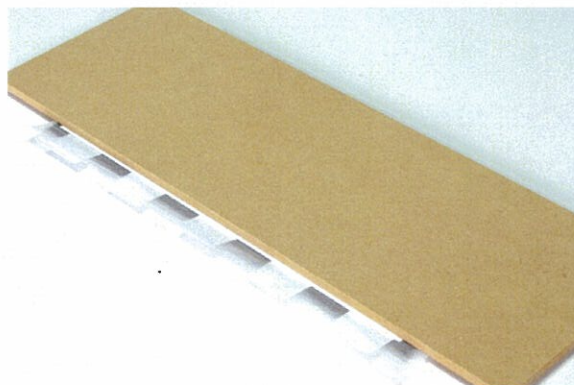
②ポリエステルシートを被せる。

ポリエステルシートは接着剤が付着しにくい性質があるため、接着剤はみ出して試験紙に吸取紙が接着することを防ぐことができる。



③吸取紙を被せる。

水性の接着剤の水分を吸収して乾燥を助ける。実験の条件を一定にするため、非水性の接着剤の場合にも使用した。



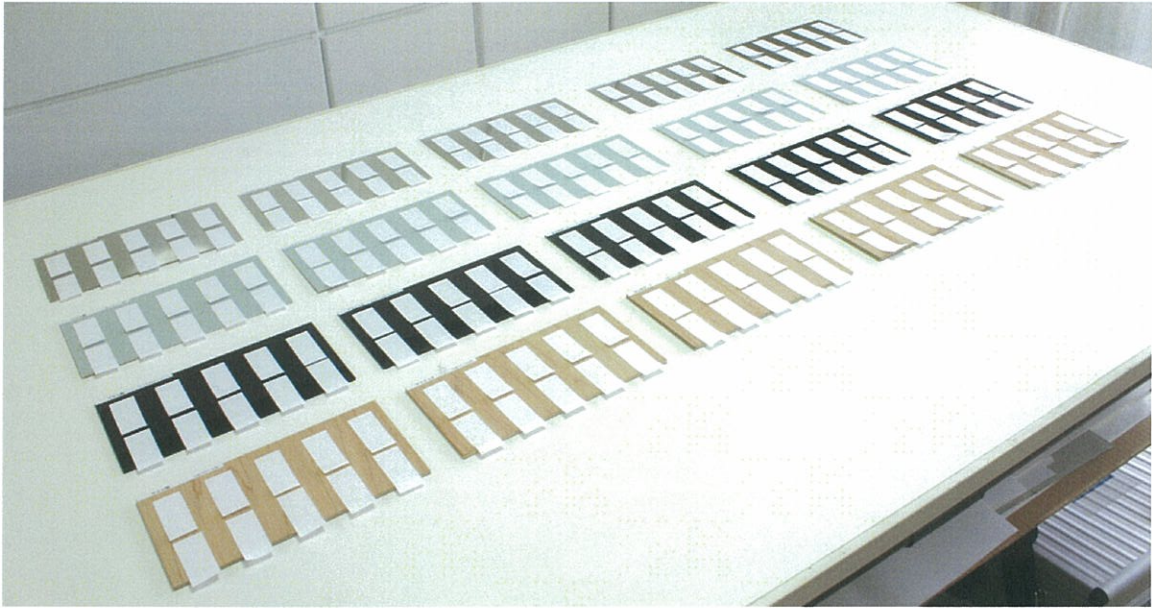
④板を置く。

均一に重りを掛けるために試料全体に平滑な板を乗せた。



⑤重りを置く。

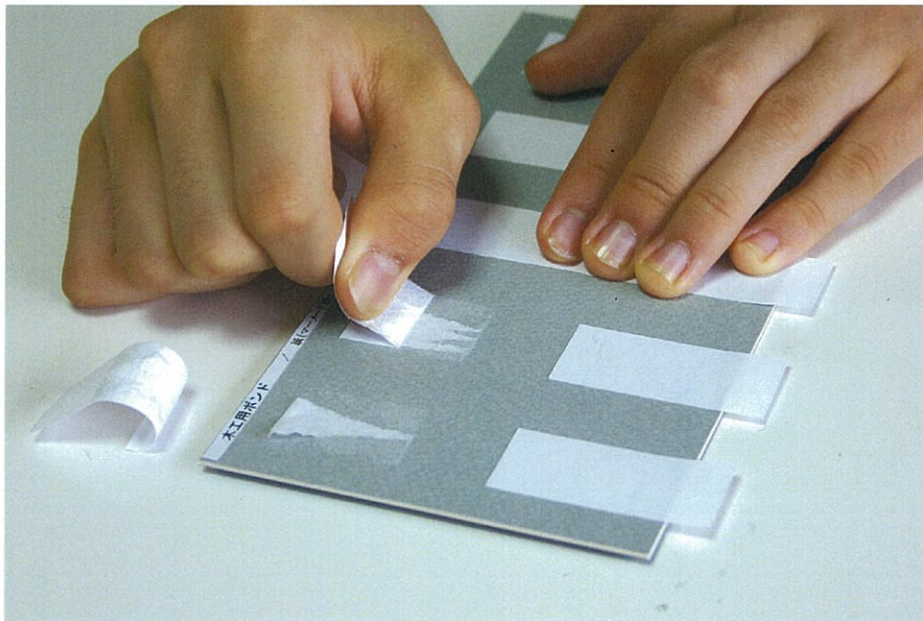
試験紙を被着体に圧着させるために鉛の重り（900g）を置いた。



完成した試料

d. 紙の剥がし方

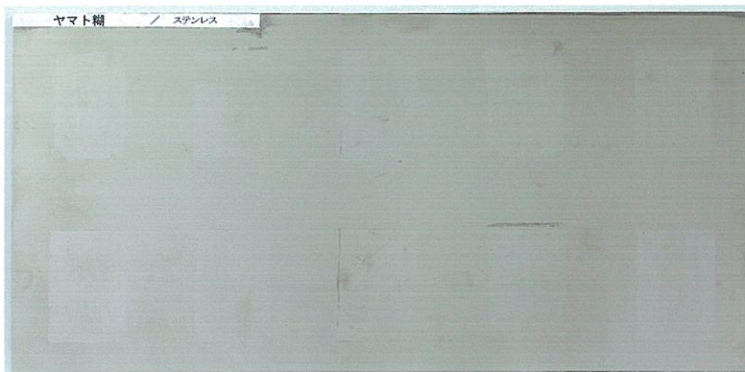
それぞれの試験紙は手で剥がした。接着した試験紙は接着剤や被着体ごとに剥がすのに必要な力が同じではない。この実験では剥がしたあとで紙が被着体に残る様子を調べるのが目的であったため、剥がず力の測定はおこなわなかったが、できるだけ一定の剥がし方になるように注意した。



試験紙の剥がし作業

e. 実験後の試料
e 1. ステンレス

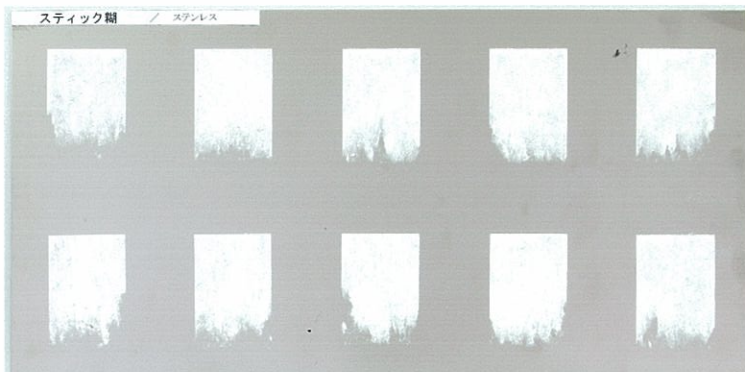
ヤマト糊



アラビック



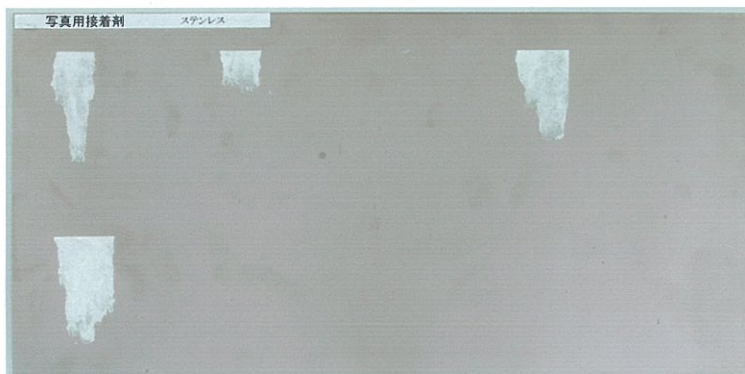
スティック糊



木工用ボンド



写真用接着剤

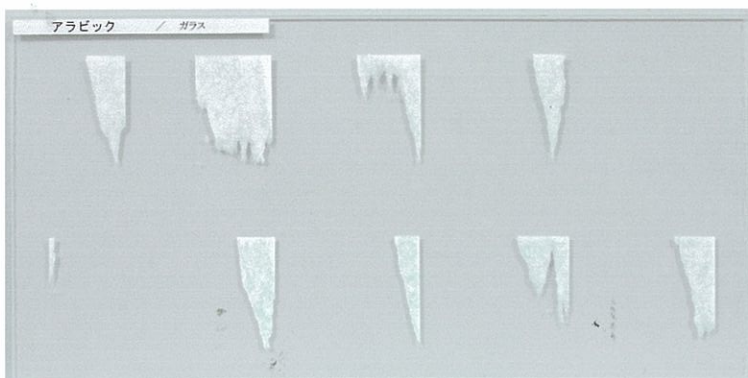


e 2. ガラス

ヤマト糊



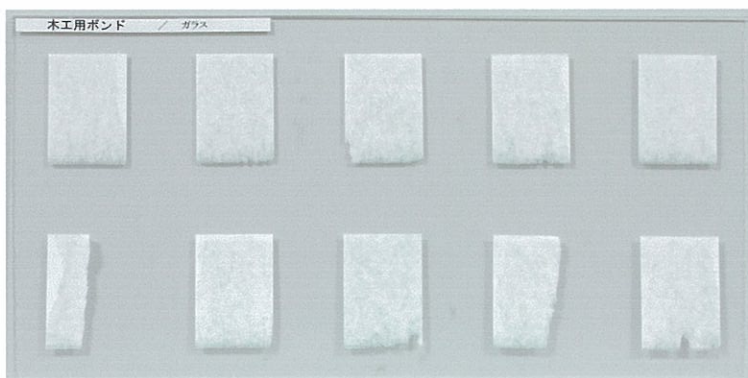
アラビック



スティック糊



木工用ボンド

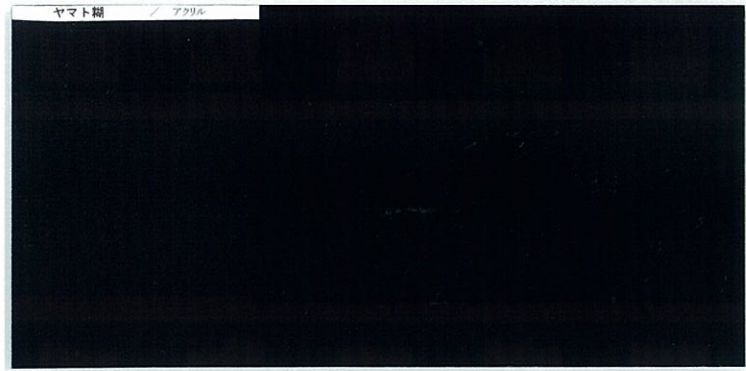


写真用接着剤



e 3. アクリル

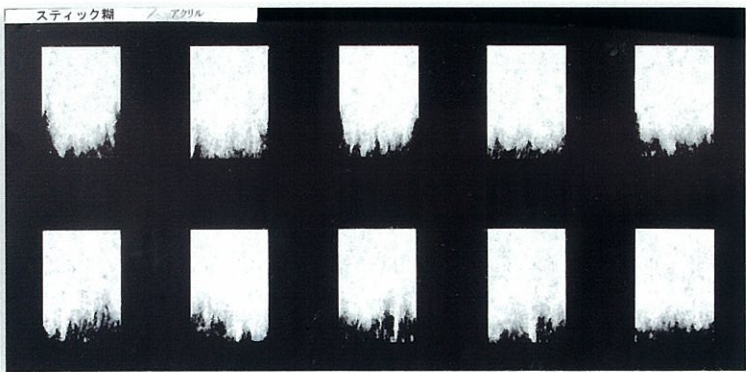
ヤマト糊



アラビック



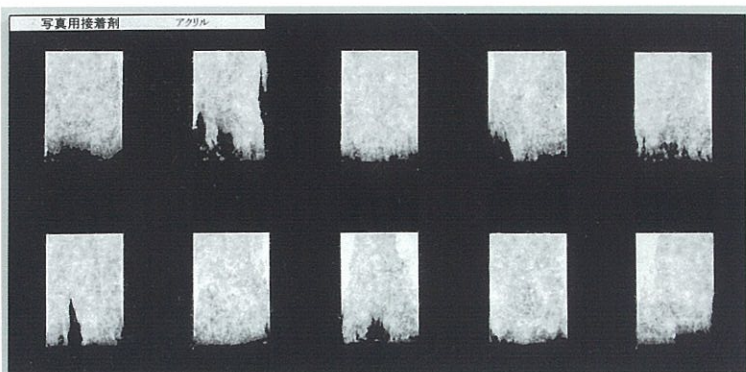
スティック糊



木工用ボンド

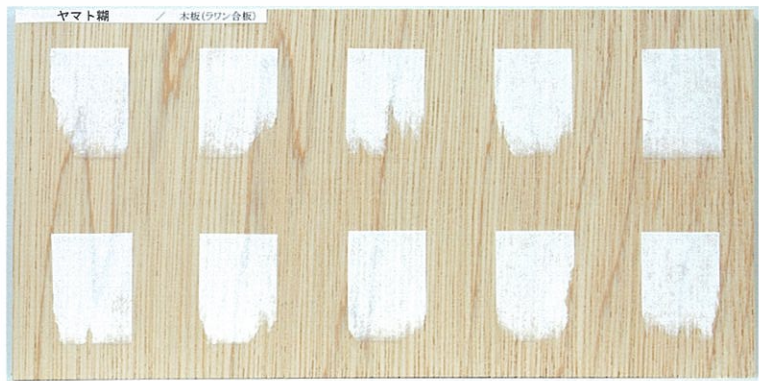


写真用接着剤

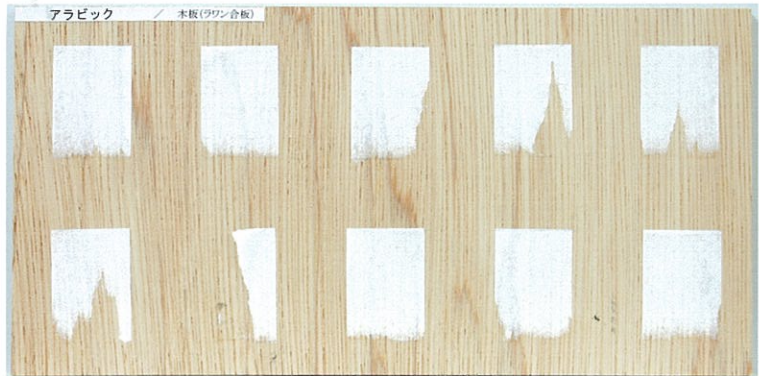


e 4. 木板

ヤマト糊



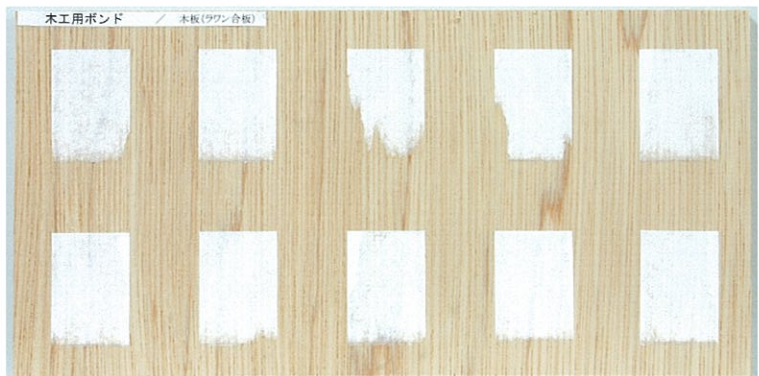
アラビック



スティック糊



木工用ボンド

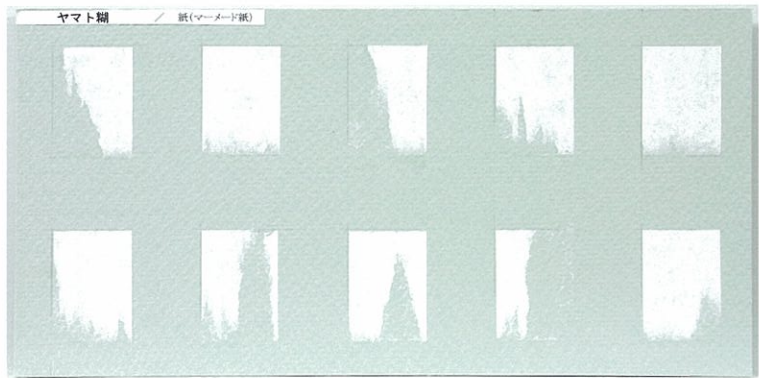


写真用接着剤

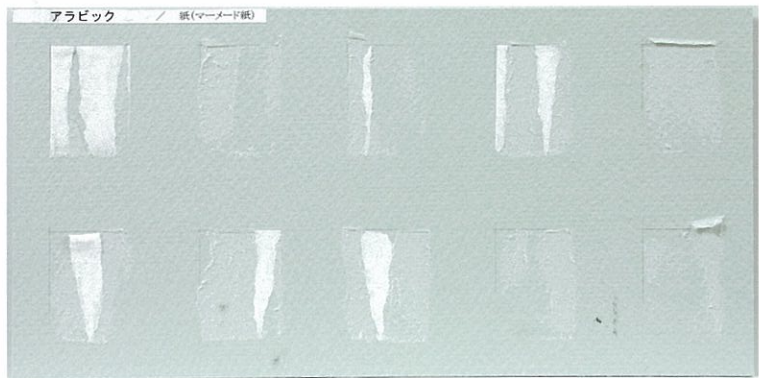


e 5. 画用紙 (マーメイド紙イラストボード)

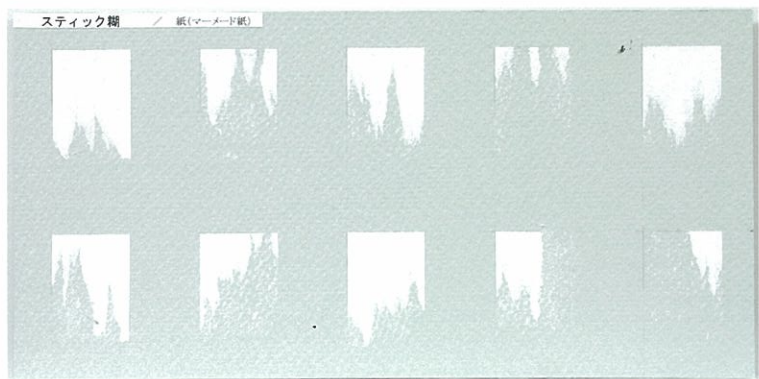
ヤマト糊



アラビック



スティック糊



木工用ボンド



写真用接着剤



f. 測定の方法

試験紙を剥がしたあとの、被着体に剥がれ残った試験紙の面積を測定して被着体ごとの接着剤の強度を測定する。

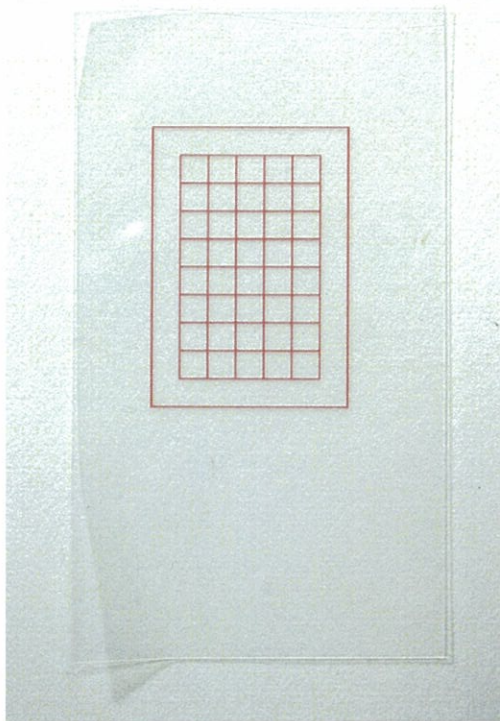
測定用フィルムの作成

試験紙の面積は正確に測定することが難しかった。そこで透明フィルムにマス目を描いて独自に測定用のフィルムを作成した。剥がしたあとの試験紙にこのフィルムをかぶせ、試験紙が残っているマス目を数えてその数を比較した。

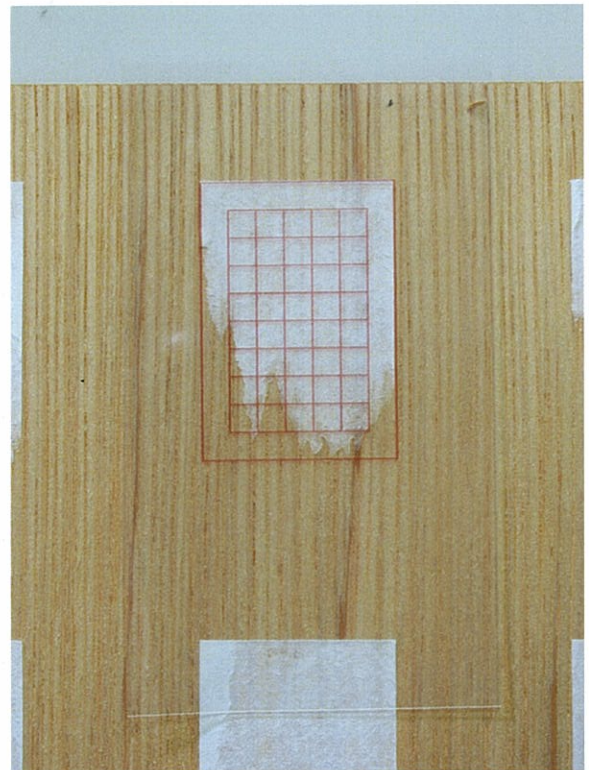
試験紙に接着剤を塗布した $21 \times 30\text{mm}$ の枠の中に縦横 3mm の正方形のマス目を描く。外周部分は接着剤がはみ出して強く接着しているなどの影響があると考えて、その部分は始めから測定しないことにして、内側の $15 \times 24\text{mm}$ の範囲の 40 マスで測定することにした。

測定の基準

測定の基準として、マス目の中に完全に紙が残っている場合のみを 1 マスと数えて、少しでも欠けている部分がある場合は数えないこととした。



測定用フィルム



実験試料に測定用フィルムを被せた状態

被着体が剥がれた画用紙（マーメイド紙イラストボード）の測定

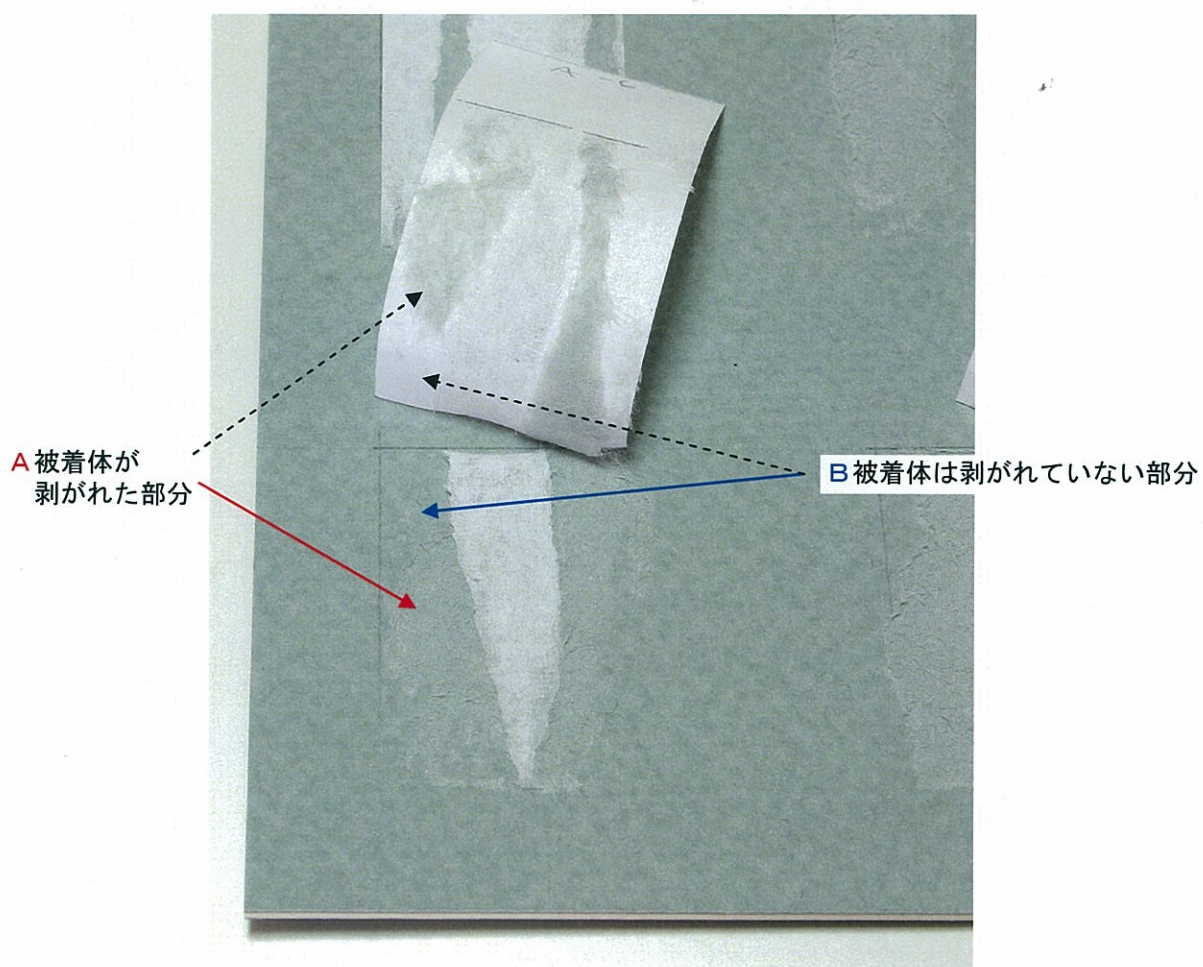
実験に使用した被着体のうち画用紙で実験したアラビック、スティック糊、木工用ボンドの3種類では試験紙が画用紙に剥がれ残るだけでなく、被着体の画用紙の表面が剥がれて試験紙の裏面に付着してしまった試料が多くあった。

強く接着しているのに、被着体に白い試験紙が残っていないため、今までの方法では測定ができない。剥がした試験紙の裏面に付着した被着体のグレーの画用紙の部分と、今までどおり被着体に残った白

い試験紙の部分を別々に測定して合わせようと考えたが、たとえば画用紙は剥がれた部分と剥がれていない部分の色が同じグレーのために測定が難しい。



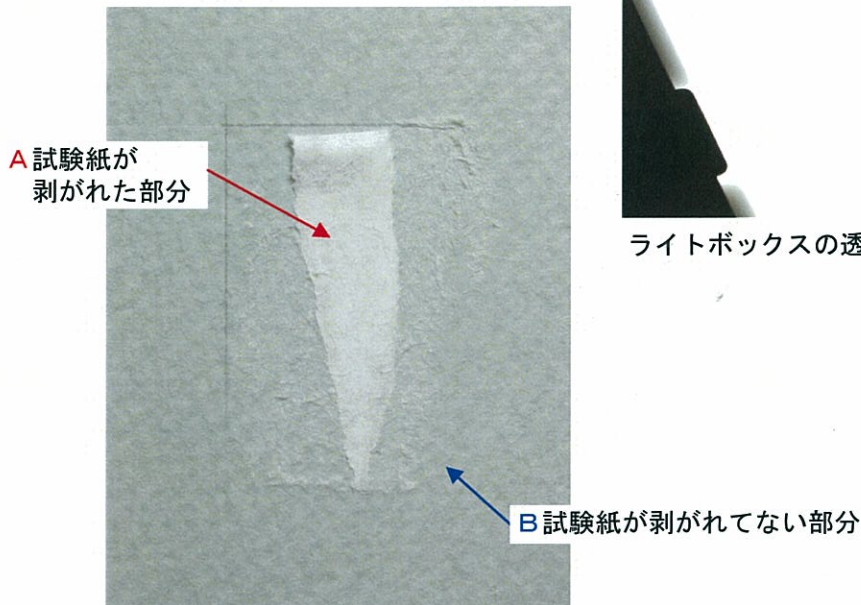
「木工用ボンド／画用紙」の試料



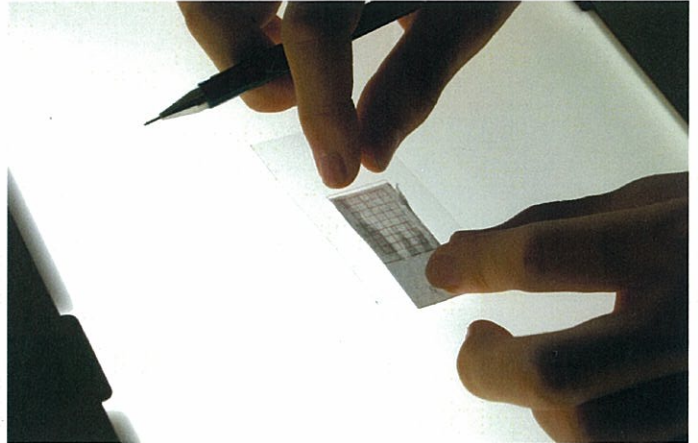
今までの測定では被着体が剥がれた部分（A）と剥がれていない部分（B）の判断が難しい。

同様に、白い試験紙も剥がれた部分と剥がれていない部分の色は同じ白だが、こちらは紙の厚さに差があった。これをライトボックスの上に置いて透過光で観察したところ、試験紙が剥がれた部分は明るく見え、逆に被着体の画用紙が付着した部分は濃く見えることが分かった。

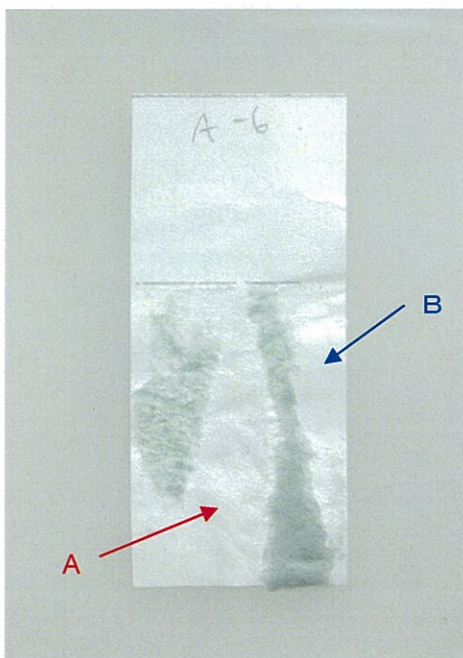
そこで被着体の紙で実験したアラビック、スティック糊、木工用ボンドの3種類については、被着体を観察するのではなく、剥がした試験紙を透過光で測定することにした。



被着体の画用紙の表面が剥がれた試料の例（木工用ボンド／画用紙）

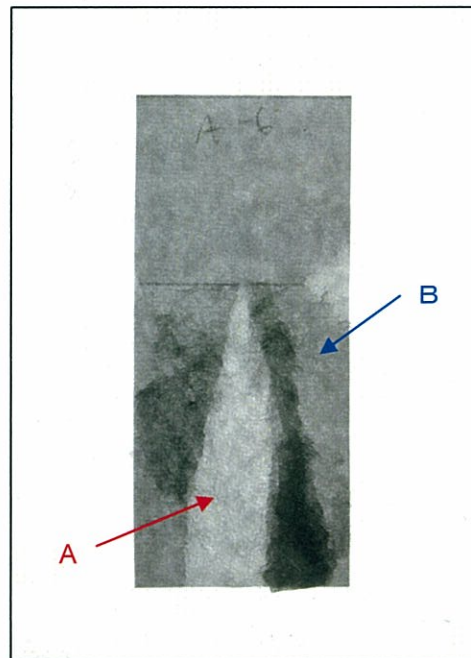


ライトボックスの透過光による観察



同部分の試験紙の裏面

剥がれた被着体のグレーの画用紙は見えるが試験紙の剥がれの状態（AとB）は判別が難しい。



同部分の試験紙を透過光で観察した状態

試験紙が剥がれた部分（A）は明るく見えて、剥がれていない部分（B）と差が分かる。被着体の画用紙が付着した部分も濃く見える。

3-5. 測定結果

各試料の40マス中に試験紙が剥がれ残った部分の数を測定して、それぞれ10試料の測定結果の平均値を求めてその割合を比較した。

表1. 測定値

a. ステンレス

接着剤:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	マス目数平均	[%]
ヤマト糊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
アラビック	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
スティック糊	35	38	38	40	37	34	35	34	39	38	36.80	92
木工用ボンド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
写真用接着剤	14	4	0	15	0	29	0	0	0	0	6.20	16

b. ガラス

接着剤:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	マス目数平均	[%]
ヤマト糊	40	34	40	40	40	40	40	40	40	40	39.40	99
アラビック	8	31	3	4	0	0	4	1	4	7	6.20	16
スティック糊	40	39	40	40	37	40	40	38	40	40	39.40	99
木工用ボンド	40	40	40	40	40	17	40	40	35	39	37.10	93
写真用接着剤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0

c. アクリル

接着剤:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	マス目数平均	[%]
ヤマト糊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
アラビック	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
スティック糊	38	40	36	38	35	32	35	35	38	36	36.30	91
木工用ボンド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0
写真用接着剤	37	34	40	38	37	36	40	36	40	39	37.70	94

d. 木板 (ラワン合板)

接着剤:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	マス目数平均	[%]
ヤマト糊	38	38	30	39	40	39	38	40	40	35	37.70	94
アラビック	40	40	38	27	35	27	11	40	40	40	33.80	85
スティック糊	24	5	26	15	9	33	33	32	28	36	24.10	60
木工用ボンド	40	40	33	38	40	40	40	40	40	40	39.10	98
写真用接着剤	22	31	33	40	20	40	22	39	40	35	32.20	81

e. 画用紙 (マーメイド紙)

接着剤:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	マス目数平均	[%]
ヤマト糊	25	40	19	28	40	35	14	26	11	37	27.50	69
アラビック	26	10	9	20	22	11	20	29	11	2	16.00	40
スティック糊	24	5	15	0	16	12	5	24	10	3	11.40	29
木工用ボンド	14	25	11	40	36	32	21	14	26	15	23.40	59
写真用接着剤	37	8	35	40	35	27	40	26	6	6	26.00	65

3-6. 実験結果の集計

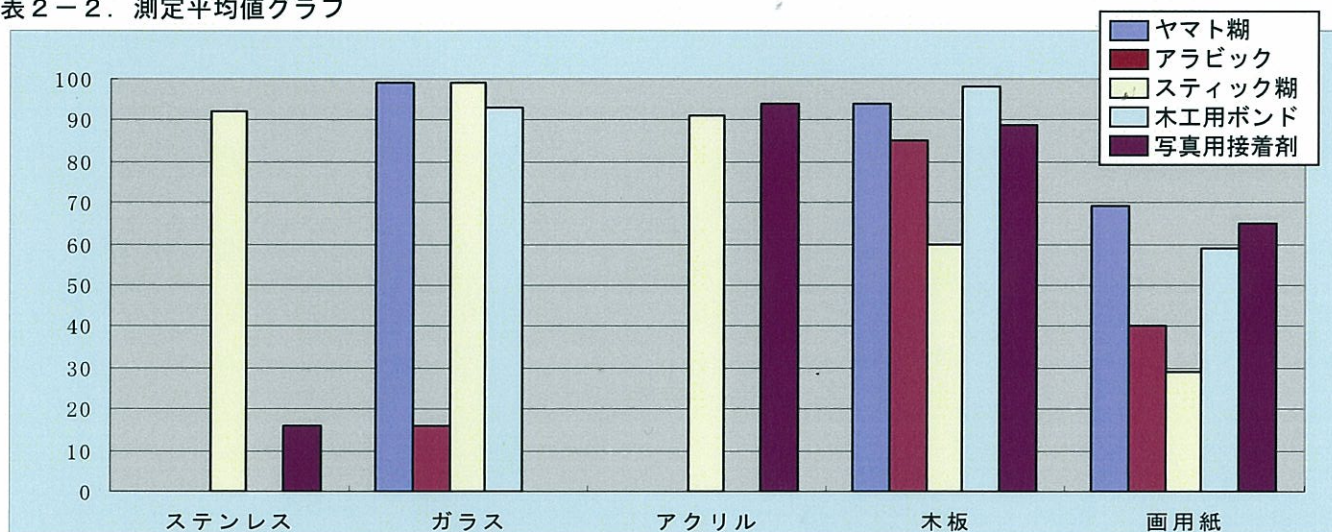
「表1」で得た試験紙が剥がれ残ったマス目数平均値の割合(%)を「表2-1」に、そのグラフを「表2-2」に示す。

表2-1. 被着体ごとの測定平均値(試験紙が剥がれた割合) [%]

	ヤマト糊	アラビック	スティック糊	木工用ボンド	写真用接着剤
ステンレス	0	0	92	0	16
ガラス	99	16	99	93	0
アクリル	0	0	91	0	94
木板	94	85	60	98	89
画用紙	69	40	29	59	65

* 赤色の塗りつぶしは被着体ごとの最大値, 黄色は最大値に近い数値.

表2-2. 測定平均値グラフ



3-7. 予備実験で検討したその他の接着剤

今回の実験は、紙を貼るための実験なので、ステンレスやアクリルなどを被着体を選んで、あえてさまざまなものの接着に使われる「多用途」の接着剤は使用せず、紙用、写真用の接着剤に限って実験をおこなった。本実験の前の予備実験では、今回使用した5種類の接着剤のほかに、福岡工業株式会社の「ペーパーセメント S-COAT」を試したが、これは貼って剥がすことが可能な接着剤だった。そのためすべての被着体で試験紙が完全に剥がれてしまったため本実験では採用しなかった。

紙の接着にはエアゾルタイプの住友スリーエム株式会社「スプレーのり77」、「同88」、「同99」も使われることが多い。しかし今回の実験では、スプレーによる塗布では接着剤の分量を均一に揃えることが難しいと考えて採用しなかった。「スプレーのり」の接着剤成分はスチレンブタジエンゴムと表記があった。実験で使用したセメダイン工業株式会社「セメダイン写真用」の接着剤成分は同じスチレンブタジエンゴムであり、「スプレーのり」と同様の接着効果があると考えて実験に加えた。

4. 研究のまとめ

4-1. 考察

実験前には、本来の用途が異なる木工用ボンドや写真用接着剤が強い接着力を示し、紙専用の接着剤であるヤマト糊、アラビック、スティック糊が弱いと予想していた。

被着体のうちステンレス、ガラス、アクリルは表面が平滑で水などの吸収性もない素材のため、紙用の接着剤では試験紙を接着できないのではないかと考えていた。

しかし実験の結果は予想と異なる点が見られた。「表2-1, 2」のとおり、ステンレスに対してはスティック糊、ガラスに対してはヤマト糊とスティック糊と木工用ボンド、アクリルに対してはスティック糊と写真用接着剤、木板に対しては木工用ボンドとヤマト糊、画用紙に対してはヤマト糊と写真用接着剤が試験紙を強く接着した。予想とは異なり、単に接着剤の用途から推測できる強さと、被着体の平滑さや吸収力のとおりにはならず、結果として接着剤と被着体ごとに相性があることが分かった。

とくにスティック糊は、吸収性がなくても表面が平滑な被着体であるステンレス、ガラス、アクリルにはすべて強く接着した。吸収性があっても表面が粗い被着体である木板、画用紙にはほかの4種の接着剤に比べて弱い接着力を示した。

ヤマト糊とアラビックは紙の接着剤として同様の使われ方をすることが多いが、木板、画用紙で比較するとヤマト糊のほうが強いことが分かる。またガラスに対する接着を比べると大きな違いが現れている。

また、吸収性のない印画紙を接着するための写真用接着剤が吸収性のない被着体のステンレスとガラスに対して弱かったことが意外だった。

表面が平滑で吸収性がないステンレス、ガラス、アクリルは、予想に反して接着できる接着剤があり、接着する場合はすべて90%を超える接着率を示した。その一方、相性が悪い接着剤に対しては接着率が0%に近いものが多く、着くか着かないかという極端な結果が出た。

木板と画用紙については接着剤の接着力はそれぞれで、ヤマト糊、木工用ボンドがほかに比べて強く、スティック糊が弱い結果が出た。スティック糊は表面が平滑なものには非常に強いにも関わらず、表面が粗い被着体では接着が弱いのは、この接着剤が固形であることにも関係しているかもしれない。

紙用の接着剤を実験したにもかかわらず画用紙であまり高い強度が現れないのは、あえて表面に凹凸があるものを実験した結果だと考える。マーメイド紙の凹凸の起伏はラワン材の木板より大きい。実際には、試験紙と同じ紙同士を接着した予備実験では、5種類の接着剤すべて一様に測定できないくらい強く接着した。

画用紙での実験のうち、画用紙自体が剥がれるものがあった。「3-4, e. 試験後の試料」の写真で分かるように、アラビック、木工用ボンド、写真用接着剤で大きく画用紙が剥がれた。これはこの3つの接着剤の接着力だけでなく、これらの接着剤が液体状であり、被着体の内部へ浸透したことも原因ではないかと思う。そのため、ペースト状のヤマト糊は紙に対する接着力がもっとも強い（試験紙が広い面積で付着した）にも関わらず、画用紙の表面はまったく剥がれなかった。

4-2. 結論

以上の結果から、接着剤の強度は、単に接着剤の本来の用途とは別に、接着剤と被着体の相性によっても左右されると考えることができる。

「表3」には、「表2-1」の被着体ごとの最大値を1とした場合の各接着剤の強度の割合を求めて、その数値結果から接着剤と被着体の適性を示した。実際に使用できるくらい強いと判断したものに◎と○、接着するが使用するには注意が必要だと思われるものに△、適さないと判断したものに×を付した。

表3. 接着剤と被着体の適性

	ヤマト糊	アラビック	スティック糊	木工用ボンド	写真用接着剤
ステンレス	× 0.00	× 0.00	◎ 1.00	× 0.00	× 0.17
ガラス	◎ 1.00	× 0.16	◎ 1.00	◎ 0.94	× 0.00
アクリル	× 0.00	× 0.00	◎ 0.97	× 0.00	◎ 1.00
木板	◎ 0.96	○ 0.87	△ 0.61	◎ 1.00	○ 0.91
画用紙	◎ 1.00	△ 0.58	△ 0.42	○ 0.86	◎ 0.94

* 記号◎, ○, △, ×は筆者が判断した接着力の強弱の順。
数字は「表2-1」の被着体ごとの最大値を1とした場合の書く接着剤の強度の割合。

前回の「粘着テープの強度比較」でも粘着テープと被着体には予想を超える相性を示すものがあった。たとえば、今回の実験で調べたスティック糊がステンレス、ガラス、アクリルに良く接着したことは、前回の研究でセロハンテープがこの3種類の被着体に強い接着力を見せたことと大変似ている結果になった。接着剤の成分はスティック糊がPVP（ポリビニルピロリドン）、セロハンテープがゴム系粘着剤（これ以上の詳細は不明）と異なるが、この2つには表面が平滑で吸収性がなくても接着できる何かの共通点があるのだと思う。

接着剤にはそれぞれの用途があり、接着剤の製造業者が指定する適性（相性）の表示や使用条件の注意書きがある。日常の生活で接着剤を使用する場合は、当然その指示に従って接着剤を選ぶべきだと考えるが、たとえばガラスのビンに紙を貼りたいと思ったとき、これができると書いてある接着剤はなかなか見つからない。しかし今回の実験の結果では、製造業者からの指示はないもののヤマト糊などが使えることが分かるし、ステンレスに紙を貼る場合は多用途の強力なボンドに頼らなくてもスティック糊が使えるなど、新しい組み合わせを発見することができた。

今後は、紙用以外でもほかの接着剤についても相性を調べれば、意外な組み合わせがまだまだ見つかると思う。



5. これからの課題

飲料や調味料などには紙のラベルが貼ってあるものがある。冷蔵庫に入れてあったものを外に出して置いておくと、容器が結露してラベルが剥がれることがある。

今回の実験では自分の家の一般的な部屋での実験なので、室温や湿度が大きく異なるような環境で実験した場合に同じ結果が出るかどうかは分からない。もし今回の実験で発見した相性が良い組み合わせを実際に使用する場合は、温度や湿度を変えて同様の実験をする必要があると思う。

ゴミを捨てる場合、ビンやプラスチック容器から紙のラベルを剥がす必要があるが、実際には剥がすことが難しいラベルもある。これは今回の実験で分かった相性が良い場合であるとも言える。

接着剤の成分を分析することは難しいと思うが、今後は「剥がしやすさ」を調べられればおもしろいと思う。

6. 参考資料

参考 URL

ヤマト株式会社

トップページ	http://www.yamato.co.jp/index.html
商品紹介	http://www.yamato.co.jp/item/index.html
ヤマト糊	http://www.yamato.co.jp/item/yamatonori/index.html
アラビックヤマト	http://www.yamato.co.jp/item/arabicyamato/index.html

株式会社トンボ鉛筆

トップページ	http://www.tombow.com/
商品情報	http://www.tombow.com/products/index.html
商品データベース	http://www.tombow.com/products/database.html

* 実験に使用したスティック糊について成分の情報がないためメールで問い合わせて回答を得た。

コニシ株式会社

トップページ	http://www.bond.co.jp/
製品情報	http://www.bond.co.jp/product/index.html
家庭用接着剤	http://www.bond.co.jp/product/diy/index.html

セメダイン株式会社

トップページ	http://www.cemedine.co.jp/
製品情報	http://www.cemedine.co.jp/product/index.html
家庭用セメダイン	http://www.cemedine.co.jp/product/domestic/index.html

「セメダイン写真用」の製品情報は一覧にはないが「サイト内検索」で MSDS（製品安全データシート）の閲覧が可能。

住友スリーエム株式会社

トップページ	http://solutions.3m.com/ja_JP/WW/Country/
製品とサービス	http://solutions.3m.com/ja_JP/Products/ProdServ/
エアゾール接着剤	http://www.mmm.co.jp/tape-adh/adh/airsol/index.html

「スプレーのり 77」, 「同 88」, 「同 99」の成分表記はない。

福岡工業株式会社

トップページ	http://www.fukuoka-ind.com/
製品紹介	http://www.fukuoka-ind.com/products/products.html
ペーパーセメント	http://www.fukuoka-ind.com/products/paper_cement/paper_cement.html

以上