塗 装 欄

静電塗装の新しい傾向 ^{UDC} 667.644.3.087.065

Current trend of Electrostatic Coating Apparatus in the world

渡 辺 保* 西 川 卓 逸*
WATANABE Tamotu NISIKAWA Takuitu

1. 緒 言

最近、各国の塗装技術雑誌を見ていると、手持式の静電塗装機の登場が特に目立って多くなっている、いわゆるブームの様相を呈している。

従来静電塗装といえば、流れ作業コンベアー・ラインと直ぐ結びつけて考えられたものであったが、一面、数量の少ないもの、形状が大きくコンベアーに乗らないもの、数量的にコンベアーで流すほどでないもの、品種が変わりやすく多量生産性でないもの、たとえば、自動車工業、工作機械、スチール家具、椅子、船舶、車輛等、意外に多くの分野が、静電塗装の恩恵を受けていないのに着目して、いわゆる手持式静電塗装機（以下 Hand gun と

略記）が登場し脚光をあびている訳である。

普通のスプレー・ガンで塗装すると、図-1 のように、塗料がぶつかって前面のみは塗れるが、側面および裏面は全然塗れない。ところが静電 Hand gun で塗装すれば、前面のみならず、側面並びに裏面まで一度に塗れてしまうという。効果を持つので、当然塗料の節約と塗装能率で、非常な違いができて来る。この大きな特長は、当然注目されることとなり、各国において、相次いで新製品の発表を見るに至ったのである。

アメリカでは、Ransburg 社の Belltype Hand gun, Rea-gun, つい最近 Airless Hand gun 等三種類も発表しているのを筆頭に、Ionic 社の Ionic gun, Eclipse 社の Hand gun, Gyromat 社の Gyromat, Nordson 社の Airless Hand gun, Ashdee 社, Fischer 社等といったように多くのものが発表され宣伝している。欧州では、イギリスの Aerostyle 社、フランスの Sames 社、スイスの Nesag 社等がそれぞれの製品を発表し、わが国においても、筆者らや、中矢式、ランスバーク社等が発表し、最近ではアメリカの Ionic 社、フランスの Sames 社（これは粉末塗装 Hand gun）も仲間入りして来ている。

2. Hand gun に関する一般的考察

一般に静電塗装を能率良くするためのコツは、静電力の効力を良くすることである。静電力の効力を良くするには、

1. 強い静電界を作ること
2. 他のエネルギーはなるべく与えないこと
3. 塗料が静電塗装用として適正であること

である。しかし(1)の静電界の強度には事実上限界があり、必ずしもこれで解決出来るものでもない。実用上(2)および(3)が重要な鍵となる。他のエネルギーをなるべく与えないようにすること、たとえば室内を流れる気流が静電力による吸引力以上にならないよう注意すること（風速 2 m/sec 以上の状態に置かないこと）、あるいは、塗料が静電塗装に向かない、いわゆるチャージの

スプレーガン、エアレスガンの場合

静電ハンドガンの場合

図-1

昭 38. 9. 11 受理

* 日本工芸工業株式会社

少ない塗料を使用しないこと（最近、この方の研究も進み、静電塗装に適した塗料が、数多く出回っているの
で便利である）などが重要である。

一般に手吹き静電塗装の場合は、相当早い速度で手を振り回して塗装するし、吐出量も 100~200 cc と多く、従来の固定式静電塗装とは随分違った状態に置かれている。

しかし手吹きの場合は、主として跳返りを抑えさえすれば被塗装物までは、噴霧力で飛着できるという利点もある。しかしまた、手で塗装機を持って作業する関係上、高圧の安全性は完璧を期する必要があるがまた電氣的スパークによる引火の危険性も絶対抑えなければならない。

これらの諸条件を考え合わせると、手吹き静電塗装における一般的要求特性として、

1. 吐出量は 100~200 cc/min 位を処理できること
2. 静電気の効力はなるべく強く
3. 高圧の危険性は絶対になく
4. スパークは絶対に出ぬ構造であること

ということが考えられる。

今高圧を印加したノズルから噴出する塗料粒子の運動について考えて見ると、まず、(1)スプレー・ガンから噴出することによって得た速度。(2)誘電作用による力とクーロン力、(3)重力、(4)空気の粘性抵抗、などが塗料粒子の運動に関して考えられる主要素である。この内(2)の誘電作用による力とクーロン力は前記のように非常に弱いものであるから、当然(1)のスプレー・ガン・ノズルから噴出するエネルギーには、かなわない。すなわち速い初速度で飛行する方向づけられた多量の塗料粒子を、途中で弱い静電吸引力でその飛行方向を変えたり、粒子の跳返りを防いだりすることは不可能である。そこで各社それぞれの方法で、如何にしてこれを解決して行くか、大いに苦心が払われている訳で、この点の問題と、高圧に対する安全性の問題を如何に解決するかが、その製品の価値を決定づけるものである。以下各国の製品について、これらの観点から論じて見たいと思う。

2.1 筆者らの方法による原理と性能について

1. 原 理

前にも述べたとおり、噴射ノズルから噴出する、方向づけられた塗料粒子の飛行エネルギーをなるべく小さくして、すなわち、初速度の低い特殊な噴霧ノズルを作ることが、静電の効力を良くする鍵という考え方から研究を進め、考えついた方法に P/N というものがある。

従来スプレー・ガンのノズルは、一般に断面円形のノズルを使用して来た。0.8~1.5 mm 口径位の丸ノズルから塗料を噴出させ、それを外周より圧縮空気によって

吹き飛ばして、(通俗的な表現であるが)微粒化したものである。この塗料ノズルの口径を小さくすればするほど、これを霧化する圧縮空気のエネルギー(P)は小さくて済むし、初速は小さくなる。但し、そうすれば単位時間当たりの吐出量が減少するので実用には困る。そこで小さい口径の噴霧ノズルを数個(N)並列にならべれば、(N)倍の吐出量が得られるから、実用性が出て来る。そうすれば初速の低い塗料粒子が得られることとなり、これを P/N すなわち、噴霧空気圧(P)をノズルの数(N)で割った数値として表現している図-2 のような塗装法

図-2

を案出した。この P/N の理論に基づいた塗装ノズルを使用するとノズル口径 0.7~1.2 ϕ 程度の場合、空気圧力(P)は 0.5~0.8 kg/cm² 程度で大体こまかい塗料粒子が得られる。もちろん塗料粘度によっても違うし、また塗料の種類によっても、また吐出量によっても多少の違いはあるが、通常使用する塗料ではほぼ塗装の実用目的には十分の微粒子を得ることができる。空気圧 0.5~0.8 kg/cm² 程度の噴霧初速度では空気中で約 30 cm も飛行すれば速度はなくなり、0 に近くなるので静電塗装にはきわめて有利となる。ノズルの個数 N の数を増せば増すほど圧力(P)は小さくて済み、これを無限に大きくした場合を考えて見ると、結局、連続した細長形スリットのノズルを考えることができる。

このスリット状の塗料ノズルの外周を囲繞する空気噴射口より空気を噴射して塗料を霧化する場合、きわめ

て低圧で所望の塗料微粒子を得ることができる。我々の実験によれば、吐出量 100 cc/min 程度、粘度はフォードカップ #4 を使用して 18~24 sec 程度の塗料の場合、 $0.5 \sim 0.7 \text{ kg/cm}^3$ で平均粒径 150μ 程度の微粒子を得ることができ、その場合の飛行距離は約 20 cm~25 cm 程度である。以上の論点からスリット状のノズルを使用すれば、一応初速の小さい静電力の効果が得られる塗装ノズルは得られるが、これに実際静電高圧を加えた場合、

図-3

ノズルから放射される全塗料に均一に荷電できるかという、これは大いに問題がある。図-3 のような細長状スリットノズルを一極として、静電場を構成する場合、ノズルの先端から出るコロナの状況は図示するように実に不均一で、その終端（エッジ）のみにコロナは集中し重要であるべき中央付近はほとんど有効なコロナは発生しない。その結果、ノズルから噴射された塗料粒子には荷電された粒子と、あまり荷電されない粒子とが混合して存在することとなり、塗着能率が悪い結果となる。そこでノズルの噴射全面に均一なコロナを分布させるため図-4 に示すような半円形のノズルを作った訳であ

図-4 (A)

図-4 (B)

る。このような形状にすれば、噴射面全体にわたって均一なコロナを発生させることができ塗料の荷電は各部分が平均しており、強い荷電量が得られるため、塗着能率はきわめて良好となる。

また一方、半円形ノズルから扇状に空気を噴射させた時のノズル前面の空気の流れは、図-5 に示すようにノズ

図-5

ル中央部分の前面では、側面よりわずかに気圧が低くなるためここには迎え風が起り、塗料粒子の飛行能力を

空気力学的に減削する結果となり、塗料粒子をほぼ中央付近から噴射し、外側には空気のみを噴出させれば、塗料粒子はノズル前方、きわめて短い距離で事実上速度を失い静電界の影響を強く受けることとなる。

実際にこのノズルを用いて塗料を噴射して見ると、空気圧力は 1.5 kg 程度に強くしても、塗料粒子は 25~30 cm も飛行すると、それより先は滝のような状態を示し、落下する。決して普通のスプレーガンのように 1~2 m も遠く迄塗料は飛ばない。ノズルは側面から見ると半円形状となり、細長スリット (0.2~0.4 mm) の塗料孔の周囲に空気噴射孔が取巻き広角度 (120°) の噴射ができるようになっている。普通のスプレーガンの丸穴ノズルと比較して線状 (25 mm) に長いため、塗装パターンは細長い形を示す。なおこのノズルには補助用の空気噴射孔は必要としない。この形式のノズルに実際電圧を印加した時のイオンの発生状況をダストフィギュア法によって、撮影して見ると、図-6 のようになり、均一にノズ

図-6 A. 平間

図-6 B. 側面

ル全面にわたって(一)の電荷をもった空気イオンが放射されていることが実証される。このようなノズルを利用すれば、前に述べた目的は十分達せられ、吐出量の問題も 250 cc までは十分の荷電量が得られ、且つ初速度が低いいわゆる低圧ガンが考えられ十分実用に供せられる。この構想に基づいて設計を行なった。

次の問題は、高電圧の安全性である。電位差のある処、火花がある。まして静電塗装においては、80 kv という

高電圧が一般に使用されている。これをショートさせてスパークを起こさせてはならない。ということは難問である。特に静電気の場合には、物体の表面にチャージした残留電荷はショートした瞬間、一時に放電し、スパークとなる。

筆者らは、これにコロナ分散作用を利用してスパークエネルギーを減衰させ、目的を達した。これは、筆者らの独特の方法で、一般に行なわれている抵抗による電圧降下法を採用していない。また高圧ケーブルもノンショック・ケーブルを使用し、高圧発生器も無電撃性高周波発振方式を採用して、あらゆる点（すなわち発生器、ケーブル、Hand gun 全体）で、高圧の安全を期すようにした。したがって一切の安全装置を利用しないで、それ自体が、すべて安全であるといえる点に特長がある。

2.2 構造について

筆者らの方法による場合の構造はガン、コントロールスタンドおよびポータブル静電高圧発生器の三つからなっている。図-7 は筆者らの方法によるものの外観図で、図-8 はコントロール・スタンドの外観図、図-9 はエアフロースイッチの構造図を示す。

図-7 筆者らの方法による装置の外観図

ガンは、図-7 に示すとおり、グリップと引金の他は、ポリアセタール樹脂を用い、その内部構造は、普通のスプレーガンとほぼ同じで、バルブのニードル部分を除いて絶縁材料で作られているのが変わっているのみで、原理は同じ形式のものである。前にも詳述したとおり、先端のノズル構造が従来のスプレーガンと大いに異なり、全く独特の理論と構造とを持っているものである。コントロール・スタンドは図-8 に示す。コントロール・スタンドの内部には図-9 に示すエアフロースイッチが設けられており、ガンの引金を引いた時のみにガンに高圧発生器からの電圧が供給されるよう、空気流の変化によって動作するものである。すなわちガンの引金を引か

図-8 コントロール・スタンド外観図

図-9 エアフロースイッチの構造図

フロートを通じて流れ、筒の中央部に設けられた出力端子を経てガンのノズルに供給される。

空気が停止した時、すなわちガンの引き金を戻した時は、フロートはその自重によって下にさがり、接地端子に接触してガン→ケーブル→フロートを通じて全電荷は放電される。フロートスイッチの作動する空気圧は $0.5 \sim 2.0 \text{ kg/cm}^2$ である。

コントロールスタンドには、操作盤があり、空気圧調節装置、高圧操作盤、および高圧を分配するディストリビューター並びにエアロ過器などが設けられている。

2.3 性能について

この装置による、基本的な諸条件を測定した結果を図-10～13 までに示す。図-10 は、この装置を使用した

図-10 空気圧力と粒径の関係

図-11 空気圧力と空気消費量

図-12 塗料の粘度と粒径の関係

図-13 吐出量と粒径の関係

場合の空気圧と粒径との関係を示している。これは塗料の種類、吐出量、粘度によって相当変って来るが、この実験ではメラミン樹脂塗料（吐出量 60 cc/min）の粘度を 18, 23, 28 sec の三通りについて測定したものである。この表からわかるとおり、実用上、 200μ 以下の塗料を得るためには、空気圧力は、 1 kg/cm^2 あれば十分ということになる。もちろん、空気圧力をより高くすれば塗料の粒径は小さくなるが、粒子の跳返りが多くなり品物への塗着効率が悪くなる。このため空気圧はなるべく低くして使用することが大切である。普通、 $0.6 \sim 1.0 \text{ kg}$ あれば大抵の場合、良好な塗料粒子が得られる。この場合の空気消費量はどうか。これを測定した結果は図-11 に示す。これはノズルの口径によって当然変って来るが、図には上塗り用ノズルでは大体 150 l/min 、下塗り用で 180 l/min 前後である。普通のスプレーガンの消費する空気量より $10 \sim 20\%$ 位は多いようである。図-12 は塗料の粘度と粒径との比較で、測定条件はメラミン樹脂塗料、吐出量 60 cc/min、空気圧 1.5 kg/cm^2 である。もちろん、空気圧を強くすると塗料の微粒化はよくなって来る。30 sec/F.C. #4 以上の粘度

になると微粒化は多少悪くなるのが一般的傾向であるが、中には、その位の粘度でもすばらしく微粒化の良いものもあり、一概にはいえない。図-13 は吐出量と粒径との関係図である。実験する場合、先端にテストカップをつけても 30~50 cc は出せるが、それ以上の吐出量を必要とする場合は、装置と塗料タンクとの間に 1~2 m、の落差をつけるとか、あるいは圧送タンクで塗料に圧力をかけて供給する。この装置の吐出量の限界は、自動塗装は別として人間の手で作業する時は、作業者の能力から自から制限があり、一般に 200 cc 以下である。普通のガンで吹いていた時の、 $2/3 \sim 1/2$ 吐出量で同じ塗膜を得ることができる。普通 150 cc あれば十分と考えられる。しかし、この塗装機を自動塗装に応用する時は、200~400 cc/min、という大量の吐出量でも塗装は可能である。たとえば、普通のスプレーガンでは 800~1000 cc/min を必要とする場合もある。このような時 400~600 cc/min 位は吐出量を要求されるから目下、試作研究中である。図を見るとこの装置での 150 cc/min の場合塗料の粒径は 150~200 μ 程度であるが、空気圧を上げれば、さらに粒径は小さくなる。

2.4 中矢式 Hand gun (1)

図-14 は中矢式 Hand gun を示す。この hand gun は、通常コンベア・ラインに用いられている固定式静電

図-14 中矢式ハンドガン

塗装機を手持式に改良したものであって、そのノズル構造は、固定式のものと同じで、ロート状の塗料噴射細隙とその後方に同形の空気噴出細隙が設けられている。ガンの大きさは全長 504 mm、ガンボディに付属のスイッチを引金の操作で動作させさらに高圧切換器を働かせ、高圧印加の制御を行なっている。説明書によると固定式のノズルの最大径のもの (30 mm ϕ) で空気圧力 1.5~2.3 kg/cm² 最大吐出量 70 cc/min であることから、hand gun の場合はこれを下まわるものと思われる。

1. 米国製のものについて

図-15 は米の Ransburg 社の Hand gun で²⁾ Bell-type といわれている。わが国では、一般にカップ式といっている。これもまたコンベアラインに用いられている静電塗装機を手持式に改良したものであって、わが国には数年前に紹介されたが、大きさが余りに大きく、全長

図-15 Ransburg 社のハンドガン (Bell type)

約 500 mm、重量約 1.8 kg と大変に重く、また作業性が悪いので、日本人の体格からして長い時間の作業には一寸向かぬようである。またカップの径がかなり大きく、たとえば 100 mm ϕ であるため、利用範囲が限定される恐れがある。

図-16 は同様 Ransburg³⁾ 社で最近発売されている Rea-gun で重量も軽く (675 g)、小形化 (全長 240 mm)

図-16 Ransburg 社のハンドガン (Bea-gun)

し前記欠点は大幅に改良されている。この Hand gun は空気霧化方式を採用しているもので、そのノズル構造は、一般の Spray gun と同様であるが、その塗料孔の中心に高圧印加される針状電極が突出しているものである。この gun の動作空気圧力は 3 kg/cm² 程度で使用されているため、噴出する塗料の速度は当然大きく、また高電圧に対する安全性はガン・ボディに内蔵された抵抗体によってなされている。吐出量は、静電気力の効果の有効性から 100 cc/min 以下が良いようであるが 100 cc/min 以上多くなるにつれ、塗着効果は悪くなる。また導電性塗料 (金属性塗料、水溶性塗料など) に対する処置がなされていないので、それらの塗料を用うことは不

可能である。その他、塗料のバルブが比較的后方に設けられているため、塗料の噴出を瞬時的に止めにくい。

また同社がごく最近宣伝しているものに Electro-Hydraulic gun (図-17)⁴⁾ がある、これは Airless に静電気力を併用したもので、アイデアとしては新しいものではない。

図-18 は、Ionic 社の hand gun⁵⁾ でガードを塗装し

図-17 Ransburg 社のハンドガン (Airless)

図-18 Ionic 社のハンドガン

ている例であるが、この gun はきわめて大形で恰も消防手が、ホースを持つように両手で操作する形式のものである。これはまたゆっくり塗らぬと能率が良くないと、利用範囲に制限があるのが欠点である。

図-19 は Eclipse 社の Hand gun⁶⁾ で、通例のスプレーガンのノズルを絶縁して高圧印加し静電塗装を行なっているものである。

図-20 は、Nordson 社の Hand gun⁷⁾ で Airless に静電気を用いたもので普通のスプレーガンに比べて 54% の塗料節約が可能であると称している。

図-21 は Fischer 社の Hand gun⁸⁾ で空気霧化方式で塗料孔の中央に針状電極を設けてあるものである。塗料節約が 50% 以上できるといっている。

図-22 は Static-Spray Systems⁹⁾ (Connecticut) の Hand gun で同様空気霧化方式で、低い圧力で霧化ができ水溶性塗料や金属性塗料などの導電性塗料の使用が可

図-19 Eclipse 社のハンドガン

図-20 Nordson 社のハンドガン (Airless)

図-21 Fischer 社のハンドガン

能で、且つ軽量のガンといわれている。

2. 英国製のものについて

図-23 は英国の Aerostyle 社の Hand gun¹⁰⁾ で Airless 方式によるものであるが形状が大きく、片手操作はむずかしい。

図-24 Hursant 社の Hand gun¹¹⁾ で Aerostyle 社と同様可成り大きく、長時間の操作は不可能である。このガンの霧化方式は遠心力霧化で、エアーモーターで、7.6 cm φ の霧化頭を 6000~18000 (rpm) 1 回転させる。吐出量は 100~200 cc/min、粘度は 20~80 sec/# 4 F. C の範囲で使用される。gun に供給される電圧は最大 140 kV で、高周波方式を採用し、ハイインピーダンスで安全性を得ている。

3. スイス製のものについて

図-25 はスイスの Nesag 社の Spraytron¹²⁾ でアメリ

図-22 Static-Spray Systems のハンドガン (Connecticut)

図-23 英国 Aerostyle 社のハンドガン (Airless)

図-24 英国 Hursant 社ハンドガン

図-25

カ, Ransbnrg 社の Belltype のものと同じである。重量は 1.8 kg, これは形状からしても片手操作は短時間以外向かず重量も大きいので長時間塗装作業には不向きである。

4. フランス製のものについて

図-26 および図-27 は Sames 社の hand gun¹³⁾ で、

図-26 フランス Sames 社のハンドガン (Bell type)

図-27 フランス Sames 社のハンドガン (粉末用)

前者は一般の塗料に、後者は粉末用のものである。塗料用 Hand gun は、アメリカの Ransburg 社の hand gun と全く同じ方式の Belltype である。フランスでは、Ransburg 社の基本特許が認められていない関係上、自由にこの種のものが発売されている。Hand gun は前者、後者共約 500 mm の長さで、重量約 2 kg 前後であるため、これまた片手操作と長時間の塗装作業は困難を伴う。前者の gun は Statron. C-Gun, M-Gun, S-Gun の 4 種、後種は Stajet といわれ用途によって使い分けられるものである。

3. 結 言

以上、主として Hand gun の最新形について概要の説明を試みた。おそらく近い将来、これらのさらに進歩発達したものが現われ、静電塗装の利点を最大限に発揮して、普通のスプレーガンに置き換える時が来るであろう、また一方粉末塗装もさらに進歩して工業界に貢献するであろうと考えられる。表面処理の一方法として静電

塗装の利点を発揮するための一資料として諸兄の御参考になれば幸甚である。

文 献

- 1) 日本塗装機(株)英文カタログ「中矢式静電塗装装置とスプレーガン」
- 2) Ind. Fini. 9, Nov, 1958.
- 3) Ransburg 社カタログ (Ransburg Electro-coating corp. Indiana)
- 4) Metal Fini., 61, (8), 30, 1963
- 5) Ionic 社カタログ (Ionic Electrostatic corp. new jersey)
- 6) Ind. Fini., 150, Sept, 1962
- 7) Ind. Fini., 25, Nov, 1962
- 8) Ind. Fini., 119, April, 1963
- 9) Ind. Fini., 126, April, 1963
- 10) Ind. Fini. 15, 55, Feb, 1963
- 11) The wire Industry 867, Sep., 1962
- 12) Nesag 社カタログ (Switzerland)
- 13) L'industria della vernice (La verniciatura p 3 ~11 (Marzo 1963; Ind Fini. 15, 86, May 1963

(28 頁からつづく)

なお塗膜のレオロジーに関しては本誌にも綜説²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾がのせられている。参考にせられたい。

なお本稿は 1963 年 8 月、色材協会主催 色材工学夏期ゼミナールでの講演を加除訂正したものである。

文 献

- 1) 今井丈夫, 色材協誌, 36, 295 (1938), 他
- 2) 佐藤弘三, 同誌, 36, 184 (1938), 他
- 3) 柴山, 高化, 17, 591 (1960)
- 4) J. J. Bikerman, "The Science of Adhesive Joint" (1961)
- 5) 金丸競, 高分子, 12, No. 133, 294 (1963)
- 6) Hatfield & Rathmann, J. Phys. Chem., 60, 957 (1956)
- 7) 古川淳二, 材料試験, 7, 448 (1958)
- 8) 古川, 日本化学会編 "最新の化学とその応用" 11, 78 (1959)
- 9) Brunt, J. Appl. Polymer Sci., 6, 548 (1962).
- 10) McLaren ら, たとえば "Adhesion & Adhesives" (1954)
- 11) Bruyne ら, たとえば J. Appl. Chem., 6, 303 (1956)

- 12) Jellinek et al, J. Polymer Sci., 11, 356 (1953)
- 13) Alter et al., Ind. Eng. Chem., 50, 922 (1958)
- 14) Ellerstein & Ullman, J. Polymer Sci., 55, 123 (1961)
- 15) S. S. Voyutskii, C. A., 50, 9782 i (1956) その他
- 16) Voyutskii & Vakula, J. Appl. Polymer Sci., 7, 475 (1963)
- 17) Deryagin, [参照, 畑, 高分子, 12, No. 133, 308 (1963)]
- 18) Eley, "Adhesion" (Oxford) (1961)
- 19) Reegen & Ilkka, Weiss 編, "Adhesion & Cohesion" (1962)
- 20) R. R. Myers, 編, "Handbook of Adhesives" (1962) pp 46~60
- 21) Miller & Myers, J. Colloid Sci., 14, 287 (1959)
- 22) Erb & Hansen, Trans. Soc. Rheology, 4, 91 (1960)
- 23) Asbeck, P. Weiss 編, "Adhesion & Cohesion" (1962)
- 24) 井上幸彦, 高分子, 12, 302, (1963)
- 25) 井上幸彦, 色材協誌, 36, 63, 69 (1963)
- 26) 井本立也, 色材協誌, 36, 75 (1963)
- 27) 村上謙吉, 色材協誌, 36, 82 (1963)