

サイアノタイプにおける感光剤塗布と露光、及び 処方組み合わせによる画像再現の差異

Differences in image reproduction
by combination of coating, exposure, and formulation of photosensitizers in cyanotypes

大和田 良, 勝倉 峻太

Ryo OHWADA ; Ryota KATSUKURA

Abstract

Cyanotype, a photographic technique invented in 1842 by Sir John Frederick William Herschel (1792–1871), is known for its simplicity and accessibility. It has been widely utilized by researchers and photographers in photographic production up to the present day. Traditional cyanotypes, which use iron ammonium citrate and potassium ferricyanide, are relatively safe and straightforward to prepare, producing vivid Prussian blue images. Due to its ease of use, often used in introductory, beginner or experiential workshops on alternative processes. On the other hand, efforts have been made to enhance the characteristic deep blue tones of cyanotypes, achieving higher image density and smoother gradations. As a result, applied cyanotypes have been published using the new cyanotype formulation practiced in this paper, layering with various processes, application of appropriate base materials, toning, etc. This study builds on previous research by testing various approaches to improve image quality in cyanotype photography. Methods such as multiple exposures, combining different formulations, and applying protective treatments to the print surface were evaluated. The resulting image densities were measured to expand modern options for achieving high-quality photographic expression with cyanotypes.

はじめに

ジョン・ハーシェル (Sir John Frederick William Herschel 1792-1871) によって1842年に発明されたサイアノタイプ¹ (青写真) は、シンプルで扱いやすい写真技法として、現代に至るまで多くの研究者や写真家によって写真制作に応用されてきた²。クエン酸 (III) 鉄アンモニウムとフェリシアン化カリウムを用いる伝統的なサイアノタイプは、比較的安全性が高く簡便な処方によってプルシアンブルー (紺青) で形成される鮮やかな画像が得られる。オルタナティブプロセスの入門書や初心者、あるいは体験型ワークショップなどにも多く利用されているが、一方で、この特徴的な深い青の再現を更に追求し、より高い濃度や滑らかな階調を得ようとする試みが、多くの研究者や写真家によって行われてきた。その結果、本稿でも実践したニューサイアノタイプ処方³や、各種プロセスとの掛け合わせ、適切な支持体の適用、調色等を用いた応用的なサイアノタイプが発表されている⁴。本研究では、これらの先行研究を元に、改めて各種方法を試験すると共に、複数回の露光や塗布、二つの処方の組み合わせ、プリント表面の保護処理などを施して得られた試料の濃度を計測し、サイアノタイプを用いた写真表現における、良好な画像再現のための現代的な選択肢の拡充を試みた。

1. 試料作成に用いたサイアノタイプの各処方と処理

本研究では、伝統的なサイアノタイプの処方と、英国人化学者マイク・ウェア (Mike Ware 1939-) が開発したニューサイアノタイプの処方の二つを用いて主な試料を作成した。現代において用いられているサイアノタイプ処方には、これらの他にそれぞれの処方を独自に改良した処方も見られるが、最も代表的かつ汎用的な処方としてこの二つを中心に実験を行うこととした。

1-1. サイアノタイプ処方

(The Classic Process)⁵

原液 A

クエン酸鉄 (III) アンモニウム (緑色) 20g

純水 100ml

室温で溶解

原液 B

フェリシアン化カリウム 8g

純水 100ml

室温で溶解

支持体に塗布する直前に原液A、Bを同量ずつ混合して使用する。それぞれの原液は、暗室用薬品貯蔵プラスチックボトルか遮光瓶に貯蔵し、暗所で保存する。ただし、クエン酸鉄(III)アンモニウム溶液は多くの環境において数週間程度で表面にカビが発生するため、長期保存には適さない。クエン酸鉄(III)アンモニウム溶液には特記する毒性はなく⁶、フェリシアン化カリウム溶液も強い毒性は示さない⁷。ただし、フェリシアン化カリウム溶液は人体や植物には通常問題にならないものの、水生生物やプランクトンなどでは影響が大きくなる可能性があるため、塩化第一鉄等を加え、プルシアンブルーとして沈殿させる⁸など、廃液の際には適切な処理を行う必要がある。しかしながら、総じて毒性は低いいため、原液の取り扱いに注意を払った上で、子供を含めたワークショップなどにおいても用いることは可能である。

1.2. ニューサイアノタイプ処方

(Mike Ware's The New Cyanotype Process)^{9 10}

感光液の製造作業は、蛍光灯下を避け、タングステン光等の下で行い、作業中は保護ゴーグル、ニトリル手袋、実験衣を着用する。

溶液A

フェリシアン化カリウム 10g

純水 20ml

70℃で溶解し、温度を保つ

溶液B

シュウ酸鉄(III)アンモニウム 30g

純水 30ml

50℃で溶解し、温度を保つ

(この時、二クロム酸アンモニウムまたは二クロム酸カリウム¹¹を0.1g加えることで、更に長期保存が可能になると共に、得られる画像の明暗比を高めることができ、溶液の状態も安定する。ただし、強い毒性を持つ物質であるため、使用には慎重な取り扱いを要する)

溶液Aと溶液Bを混合し、暗所で冷却を行う。1~2時間程度で結晶化するため、濾過して緑色の結晶(シュウ酸第二鉄カリウム¹²)を取り除き、適切に廃棄する。この時点でシュウ酸塩が除去されるため、毒性が低減される。濾液に純水を加え、100ミリリットルの原液として暗室用薬品貯蔵プラスチックボトルか遮光瓶に貯蔵し、暗所で保存する。保存可能期間は、半年から一年程度。上記溶液B溶解時に重クロム酸塩を加えた場合には少なくとも数年以上の保存が可能。伝統的なサイアノタイプ処方に比べて、カビが繁殖せず単一液のストックとして保存が可能である。また、感度が高くトーンも滑らかで細密な画像が得られることを特徴とする。シュウ酸鉄(III)アンモニウムはシュウ酸塩類として医薬用外劇物として指定されており、毒性があるため、取り扱いには注意を要する。特に、子供が含まれたワークショップなどに

おいては、使用を避けるべきである。

1.3. 試料作成時の処理について

試料となる各プリントは、メタルハライドランプを光源とした露光機で露光を行った。これは、238~435nmくらいの波長域に感光域を持つ¹⁴サイアノタイプへの露光に適するものとして挙げられる、日光、UVランプのうち、UVランプに類する露光機器である。紫外線の強度については、トプコン社製の紫外線強度計UVR-300¹⁵を用い、受光器は320~400nmのUV-Aの波長をカバーするUD-360Aを使用し測定した。紫外線照度(UV強度)の測定では、1平方センチメートルあたり毎秒何マイクロワットのエネルギーが照射されているかを $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の単位で示す。紫外線照度測定においては、本試験で用いた露光機中央部分で $1450\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示した。さらに、積算光量(UV露光量)は、紫外線照度($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)と照射時間(秒)の積で計算され、 mJ/cm^2 の単位で示される。例えば、1-4で決定するサイアノタイプ処方(1-1)における適正露光秒数の350秒では、積算光量は $507.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、ニューサイアノタイプ処方(1-2)における適正露光秒数の150秒では、 $217.5\text{mJ}/\text{cm}^2$ を示す。ただし、実際に積算光量を測定器で測ると、計算上の数値に比べてばらつきがあらわれる。これは露光中の紫外線照度が完全に一定ではなく、平均されていないことに原因があると思われる。参考値として、秋季の日中の太陽光(12:00pm, 2024年10月19日測定)の照度は、約 $3500\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を示したが、150秒露光時の実際の積算量は $686.4\text{mJ}/\text{cm}^2$ となった。測定時は快晴であったが、紫外線照度は一定ではないことがわかる。各試料作成の露光時には、露光機のウォーミングアップ時間を一定時間設けるなどして、可能な限り同条件での露光を徹底した。各試料を作成する処理は、感光材の塗布~乾燥~露光~水洗(3分)~酸化処理浴(1分)~流水水洗(10分)とした。このうち、酸化処理浴には、水1Lに対して3%の過酸化水素水を100mL混合した溶液を用いた。

1.4. 支持体と適正露光量の決定、及び濃度測定

本研究では、各種オルタナティブプリントにおける汎用性が高く、国内外の写真家や研究者の実践制作において選択される機会が多く見られるBERGGER COT 320¹⁶とARCHES Platine (310gsm)¹⁷の二種類のコットン紙を試料の支持体とした。

適正露光量の決定においては、露光秒数を変えてテストを行った。RGB値0~255までを14段階に分けた各部分のシアノ濃度を測定してハイライト、中間濃度、シャドウの再現を評価すると共に、目視による官能評価において最も画像再現が適正に近いと判断される露光秒数を適正露光量として決定した。試料作成の際に密着焼きで用いるステップタブレット及びネガ画像は、全てインクジェットプリントによるデジタルネガフィルムを用いた。デジタルネガフィルムはピクトリコプロ・デジタルネガフィルムTPS100¹⁸を使い、印刷にはエプソンの顔料インクジェットプリンタSC-PX1VL¹⁹を使用した。通常、特性曲線の作図では、炭素または銀の光学楔が

用いられるが、本試験では実際の作品制作に基づき、色素による誤差拡散法で濃度形成されるインクジェットプリントによって、14のステップに分けたステップタブレットを作成した。各ステップの濃度測定には白黒透過濃度計 T5 plus²⁰ を使用し、得られた ISO 視感濃度²¹ を特性曲線の横軸とした。写真1に、試料作成に用いたネガ画像と各ステップの濃度を示す。試料の反射濃度測定には、エックスライト社の eXact Basic を用い、測定アパーチャーは 2mm、色濃度用のフィルターはステータス A で測定を行った。通常白黒画像を測定する場合に用いる ISO 視感濃度に比べ、測色濃度に相当するステータス A²² において得られるシアン濃度は、官能評価に基づく結果とより近く、本試験ではステータス A の値を作図に用いることが妥当であると考えた。図1は、BERGGER COT 320 に1-1で指定したサイアノタイプ処方（1-1）を塗布し、300秒、350秒、400秒、500秒の露光時間を与えた画像の濃度を測定し、サイアノタイプを構成する青色に最も近いシアン濃度を反映した結果である。図内では300秒を3000と表記。例えば、187.5秒の場合は1875と表記した。図の特性曲線では、縦軸に濃度（Density）、横軸は相対露光量（Rel.log.H）とした。



各ステップの透過濃度
1/0.08 2/0.18 3/0.24 4/0.31 5/0.42 6/0.53 7/0.63 8/0.71
9/0.82 10/0.93 11/1.13 12/1.30 13/1.46 14/1.58

写真1 試料作成に用いたネガ画像及び各ステップの透過濃度

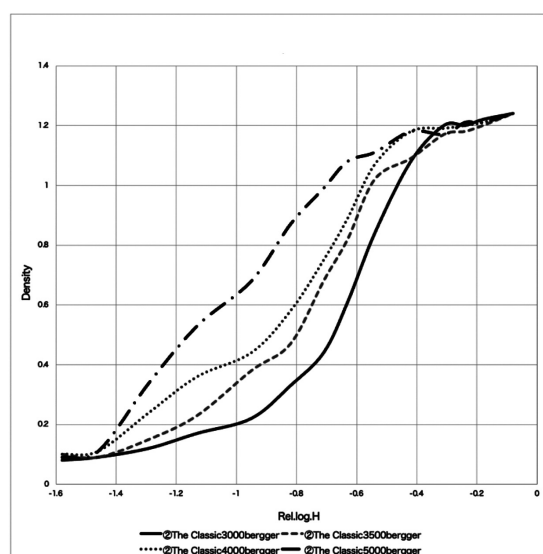


図1 BERGGER COT320(The Classic Process) Test exposure

この図1からは、約0.1の最小濃度から、約1.24の最大濃度までのシアンの濃度変化が読み取れる。実際の画像とも比較しながら検討すると、露光秒数を300秒に設定したものでは全体の濃度が薄く、露光不足の画像になり、500秒に設定したものでは画像全体の濃度が濃く、露光過多であると判断される。また、400秒に設定した画像は、ステップ4からステップ1ではほぼ最大濃度に達しており、シャドウ部の階調が潰れ気味になってしまう。以上のことから、サイアノタイプ処方（1-1）における適正露光量は350秒と判断して試料作成を行うこととした。同じようにニューサイアノタイプ処方（1-2）についてもテストを行い、150秒を適正露光量とした。図2は、二つの処方における再現の違いを示した結果である。また、図3、図4は、ハイライト部、ハーフトーン部、シャドウ部の三点の各CMY値を測り、三角レーダーチャートで示した図であり、二つの処方における画像再現の色の傾向や明るさが比較できる。図2を見ると、サイアノタイプ処方（1-1）に比べ、ニューサイアノタイプ処方（1-2）は最大濃度が高く、全体の階調は軟調になっていることが分かる。図3と4では、特に最大濃度に違いが見られるものの、表される色については、いずれもプルシアンブルーの色合いで構成されていることがわかる。写真2、写真3が、実際に焼き付けた試料の全体図である。

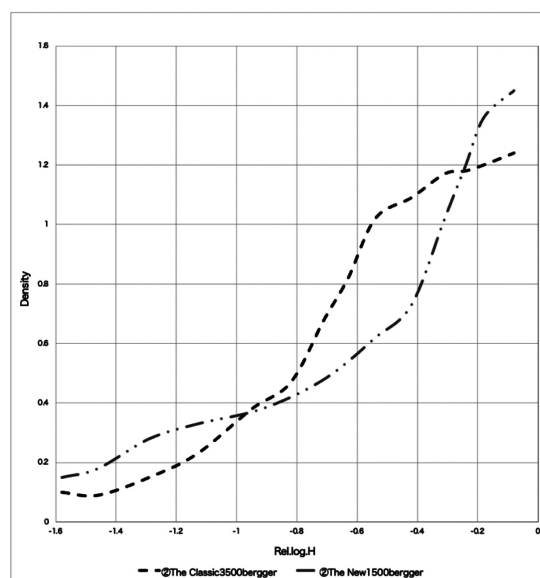


図2 The Classic x The NEW

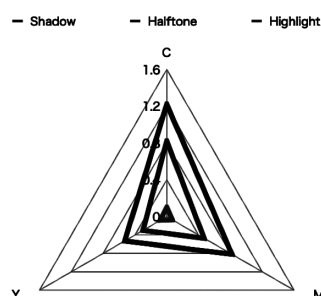


図3 The Classic, BERGGER, 3500

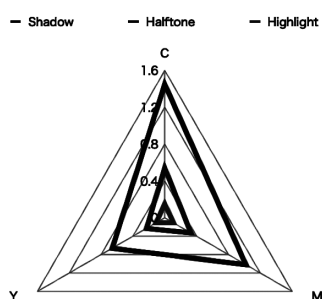


図4 The New, BERGGER, 1500

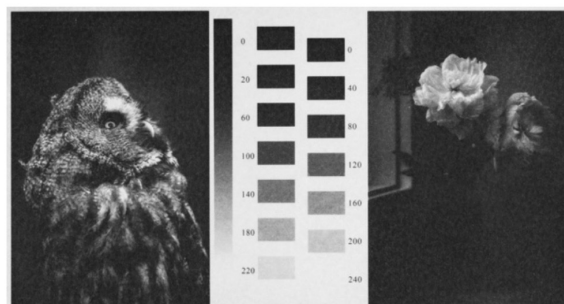


写真2 BERGGER COT 320 The Classic Process 3500



写真3 BERGGER COT 320 The New Cyanotype Process 1500

1-5. 官能評価時の観察環境

試料を視覚的に判断する官能評価時には、山田照明株式会社のZ-208PRO (5000K、Ra97・R9・R15)を観察用照明として用い、観察時は環境光を遮光。約50cm離れた位置から評価面を均一に照明し、約510Lxの明るさの下で目視による観察を行った。評価は、本稿の著者である二名で行った。

2. 複数回の塗布による画像再現の差異

本項目では、それぞれの支持体に1回から5回まで感光剤の塗布を繰り返した後、露光を行い、それぞれの再現結果を比較した。複数回の塗布においては、塗布後にその都度完全乾燥し、さらに塗布を重ねた。

2-1. サイアノタイプ処方 BERGGER COT 320 における結果

サイアノタイプ処方 (1-1) による塗布を、BERGGER COT 320 に対して1回から5回までの複数回行ったそれぞれの結果を表したのが図5である。一つの傾向として、複数回塗布を行った後に露光を行うことで、最大濃度の値が高くなっていることが分かる。2回目の塗布の時点で最大に近い濃度を再現

しており、3回目以降の塗布では最大濃度に大きな変化が見られない。階調再現に注目すると、1回目及び2回目の塗布においては各ステップにおいて各階調が段階的に滑らかな再現を行うのに対して、3回目以降の塗布では、シャドウ部およびハイライト部の階調の変化が乏しくなり、画像の見た目の明暗比が非常に大きくなることで、いわゆる硬調の傾向が認められる。この結果、本組み合わせにおける条件としては、2回の塗布の場合に最大濃度が高くなり、かつ階調再現においても良好な結果が得られた。

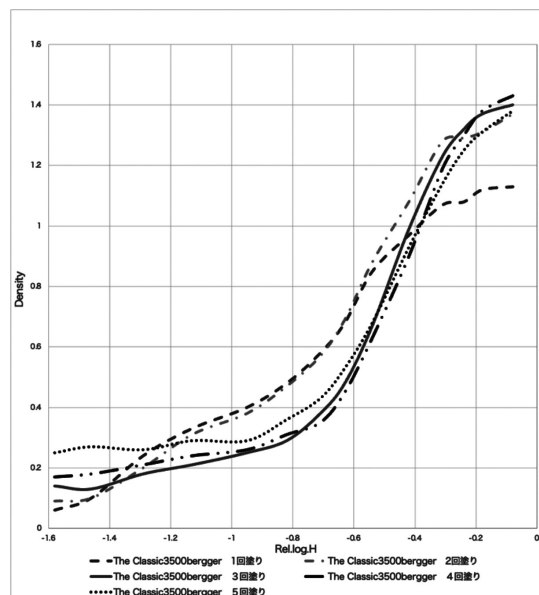


図5 Multiple coatings / BERGGER, The Classic

2-2. サイアノタイプ処方 ARCHES Platine における結果

サイアノタイプ処方 (1-1) による塗布を、ARCHES Platine に対して1回から5回までの複数回行ったそれぞれの結果を図6に示した。2-1の結果と同じく、複数回の塗布を繰り返すことで最大濃度が高くなる傾向があるが、BERGGER COT 320と比較すると、2回目よりも3回目においてさらに濃度が高まった。ただし、塗布回数を増やす度に明暗比が増す点は同様であり、階調再現を画像と図から判断すると、1回または2回の塗布が最も良好である。また、特性曲線のカーブを見ると、特にシャドウにおける階調再現は、BERGGER COT 320に比べてARCHES Platineのほうが滑らかに再現されている。

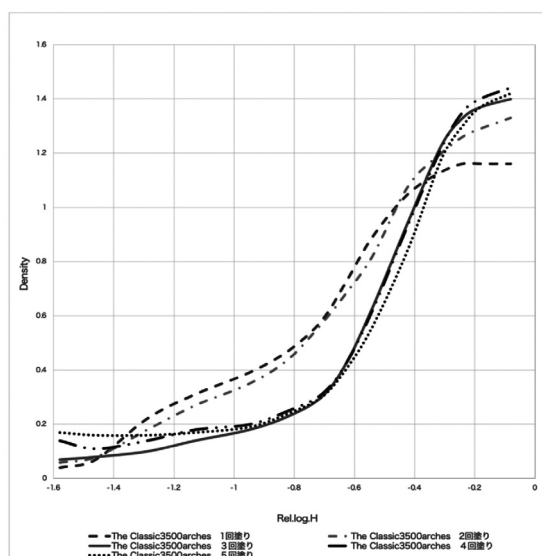


図6 Multiple coatings / ARCHES, The Classic

2.3. ニューサイアノタイプ処方 BERGGER COT 320における結果

ニューサイアノタイプ処方 (1-2) による塗布を、BERGGER COT 320に対して1回から5回までの複数回行ったそれぞれの結果を図7に示した。サイアノタイプ処方 (1-1) との結果の違いが顕著に表れている。2回目の塗布の結果は、1回目の結果に比べて最大濃度が高くなっており、これは2-1、2-2の結果同様だが、それ以降3、4、5回目では濃度が下がり、5回目では0.8まで最大濃度が下がっている。3回目まではある程度の濃度域を保っているが、4、5回目では、約0.2から0.8程度までの濃度域に限られ、画像が薄く感じられる再現となった。また、2回目以降は最小濃度が徐々に高くなり、見た目にも薄く青色が乗っている状態で、いわゆるカブリの現象が認められる。これらの結果から、ニューサイアノタイプ処方 (1-2) を用いる場合には、通常は1回の塗布において最も適切な画像再現が期待できる。

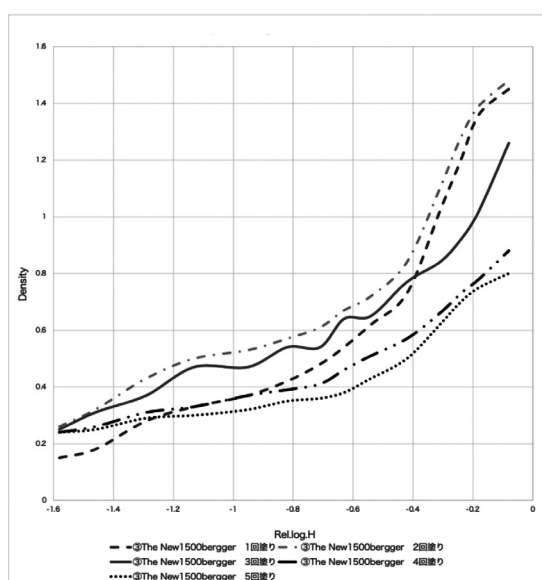


図7 Multiple coatings / BERGGER, The New

3. 複数回の露光による画像再現の差異

本項目では、それぞれの支持体に1回塗布することに露光を行い、最大5回の塗布と露光を繰り返し、それぞれの再現結果を比較した。露光後は予備水洗と酸化処理、本水洗後、完全乾燥した後に再度感光剤の塗布を行い、露光を行った。

3-1. サイアノタイプ処方 BERGGER COT 320における結果

サイアノタイプ処方 (1-1) による塗布を、BERGGER COT 320を支持体として行い、露光と処理、再度塗布を最大5回繰り返した。図8は、それぞれの試料の濃度を計測した図である。複数回露光を行った画像の最大の特徴は、最大濃度の変化である。一度の塗布と露光では1.22であった最大濃度は5回目で1.54まで上昇しており、見た目の色の濃さにもその変化が顕著に表れる。また、今回用いた図表や数値としては表すことができないが、露光を重ねることで不規則な模様や濃淡が改善され、非常に滑らかで細密な画像が形成される。今回の試験結果では、4回目、5回目では更に高い最大濃度と細密な再現が確認できたが、階調再現や十分な最大濃度のある程度実用的かつ効率的に活用するためには、2回または3回程度において良好な結果が期待できる。

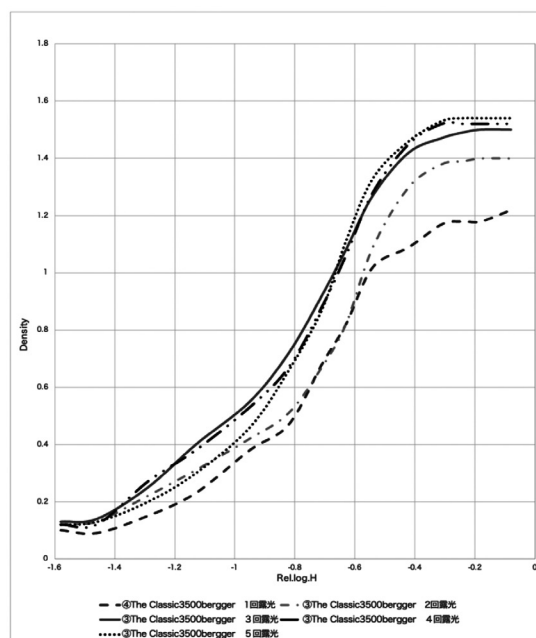


図8 Multiple exposures / BERGGER, The Classic

3-2. サイアノタイプ処方 ARCHES Platineにおける結果

サイアノタイプ処方 (1-1) による塗布を、ARCHES Platineを支持体として行い、露光と処理、再度塗布を最大5回繰り返した結果を図9に示した。露光を重ねるごとに最大濃度が高まる傾向は同様であり、本支持体においては5回目の露光時には最大濃度において1.55を示した。3-1の結果と同じく、露光回数としては2回、あるいは3回で良好な再現が得られる。二つの支持体の違いには、表面のテクスチャーなどが挙げられるが、色の傾向や得られる最大濃度、各ステップにおける段階的な階調の再現性についてはいずれも良好である。

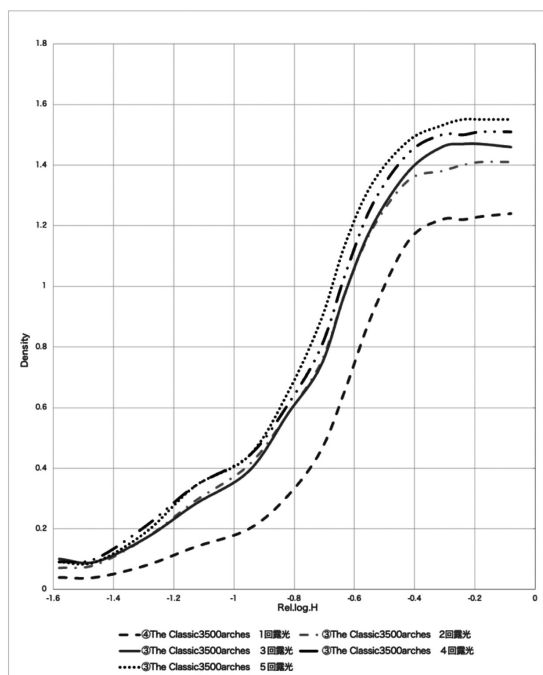


図9 Multiple exposures / ARCHES, The Classic

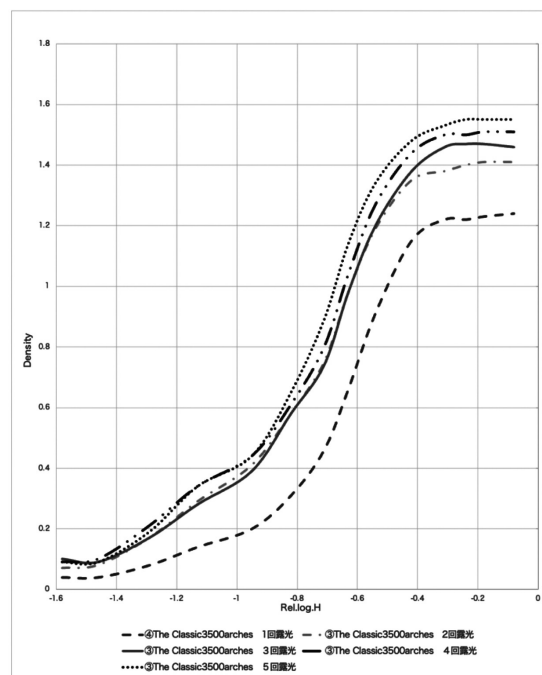


図10 Multiple exposures / ARCHES, The New

3-3. ニューサイアノタイプ処方 BERGGER COT 320 における結果

ニューサイアノタイプ処方 (1-2) による塗布を、BERGGER COT 320 を支持体として行い、露光と処理、再度塗布を最大 5 回繰り返した結果を、図 10 に示した。最大濃度は露光を繰り返すごとに上昇し、1 回目では 1.45、5 回目では 1.67 を示している。従来のサイアノタイプ処方 (1-1) と比較して最も異なる点は、塗布と露光を重ねるごとに最小濃度が上がり、画像全体としては濃度域が狭まることで徐々に軟調に変化する点である。視覚的な評価では、2 回目以降は最小濃度部分に青色が乗り始め、4 回目、5 回目では極端に濃度域が狭まる。このことから、抜けの良い紙白を得るためには、露光は 1 回に留めることが望ましい。ただし、紙の白地に若干青カブリが生じることを了承するのであれば、シャドウ側でより深い青色の再現が期待できる 2 回の露光も、表現的には常用可能な範囲であろう。カブリを防ぐために、二クロム酸アンモニウムや二クロム酸カリウムを加えて明暗比を調整する方法やクリアリングバス処理、あるいは処方そのものの調整を今後検討したい。

4. 各種オルタナティブ写真技法との組み合わせによる画像再現

サイアノタイプの応用的な写真技法のひとつとして挙げられる、他のオルタナティブ写真技法との組み合わせによる利用は、多くの研究者や写真家に試みられてきた方法のひとつである。2006 年のオークションで約 300 万ドルの値を付けた、エドワード・スタイケン (Edward Steichen 1879-1973) による、プラチナタイプとサイアノタイプを組み合わせた「Moonrise-Mamaroneck, New York, 1904(platinum and cyanotype)」はそのひとつの例²³として知られる。また、日本では 2023 年に PGI で展示された、井津建郎 (Kenro Izu 1949-) によるプラチナプリントに感光剤塗布と露光を複数回繰り返すことによって制作された作品「BLUE」²⁴が記憶に新しい。また、THE-BLUE-VAN-DYKE (B-V-D)²⁵と呼ばれる、ヴァンダイクプリントにサイアノタイプの処方を用いた調色を施すことで、ヴァンダイクブラウンとプルシアンブルーによるスプリットカラーを再現する方法なども応用的な写真技法のひとつとして挙げられ、その他にも多くの試みが各種専門書籍やウェブ上で見られる。本項目では、これらの先行研究を元に、カリタイプとヴァンダイクプリントの二つのオルタナティブ技法でプリントした画像に、それぞれサイアノタイプを重ねて露光し、得られた濃度の測定と評価を行った。

4-1. カリタイプと組み合わせた結果

カリタイプは、Pt/Pd (プラチナパラジウム) プリントやヴァンダイクプリントと近い鉄塩の感光性を利用したオルタナティブ技法²⁶である。豊かな階調性が得られ、現在特に資材が高騰している Pt/Pd プリントの代替としても利用される機

会が多く見られる。処方には様々な組み合わせがあるが、今回は現代において比較的使われる機会が多い、硝酸銀溶液とシュウ酸第二鉄溶液を混合する処方²⁷を用いた。現像液は、黒褐色からブラウン傾向の画像が得られる処方を本試験では用いている。図11は、カリタイプを用いて得られた画像にサイアノタイプ処方（1-1）を重ねて露光した画像の濃度を計測して得られた結果である。サイアノタイプを測定した方法と同様にステータス A のシアン濃度で測定したカリタイプの画像における最大濃度は1.15であり、シャドウからハイライトまで非常に豊かな階調が形成された。サイアノタイプを重ねた画像では、最大濃度は1.25に上昇し、その濃度差が影響して明暗比が高くなっていることが、図の結果と試料の官能評価から判断される。最大濃度では、サイアノタイプ処方（1-1）を2回露光した場合に示される1.4と比較すると低い値になった。図12、図13は、それぞれのCMY値を三角レーダーチャートで表しており、色の傾向が読み取れる。図12のカリタイプ単体でのプリントを測定した結果を見ると、若干赤みのある褐色を示していることがわかる。一方、サイアノタイプを重ねた図13ではシアンが強く青みが多い画像となっているが、図3および図4で示したサイアノタイプで形成されたチャートと比較すると、YとMの数値が高くなっており、色合いとしてはブルシアンプル色よりも緑色が強いターコイズブルーに近い色合いが感じられる。

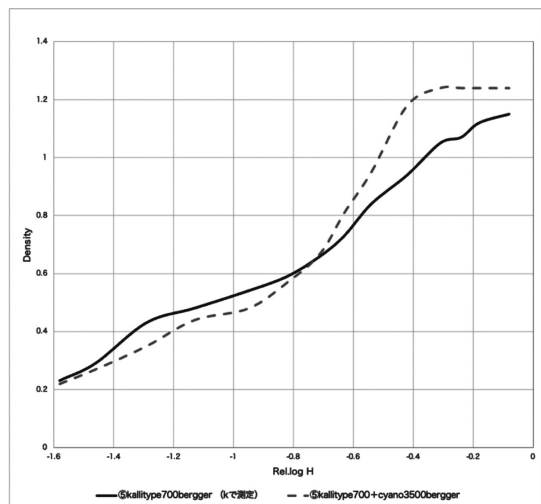


図 11 Multiple exposures / Kallitype x Cyanotype(The Classic)

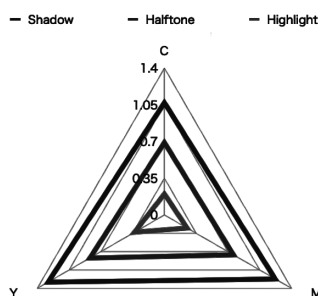


図 12 Kallitype

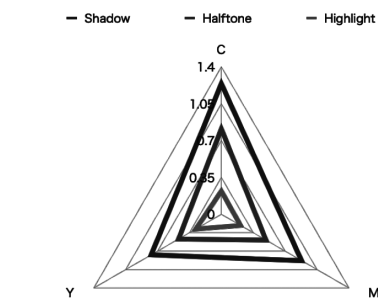


図 13 Kallitype x Cyanotype (The Classic)

4-2. ヴァンダイクプリントと組み合わせた結果

ヴァンダイクプリント²⁸は、カリタイプと同じく鉄塩の感光性を利用したオルタナティブ技法のひとつである。カリタイプと同じく、処方としては様々な組み合わせが開発されているが、今回はヴァンダイクプリントによる制作実績を多く残しているウィン・ホワイト（Wynn White）²⁹の推奨する手順³⁰に沿って試料作成を行った。図14は、ヴァンダイクプリントを用いて得られた画像と、ヴァンダイクプリントで焼いた画像にサイアノタイプを重ねて露光した画像の濃度を測定した結果である。ヴァンダイクプリントで得られた最大濃度は1.15となり、これは4-1で得られたカリタイプの最大濃度と同等である。サイアノタイプを重ねた場合、最大濃度は1.25に上昇し、この値もカリタイプの場合と近い数値となった。全体の階調としては、ヴァンダイクプリントはカリタイプに比べて若干硬調で、ベース・カブリの白の抜けが良い。今回得た試料では、中間調からシャドウ部ではシアンが強く、ハイライト部ではヴァンダイクブラウンから由来するイエローが強めに再現される傾向となった。図15はヴァンダイクプリントのCMY値を表しており、カリタイプに比べて若干Mが高く、赤みがあることが分かる。図16は、サイアノタイプを重ねた画像のCMY値を示している。見た目の色としては、カリタイプに重ねた画像に比べると、中間調からシャドウ部にかけては若干緑色が少なく、青色傾向が強くなった。

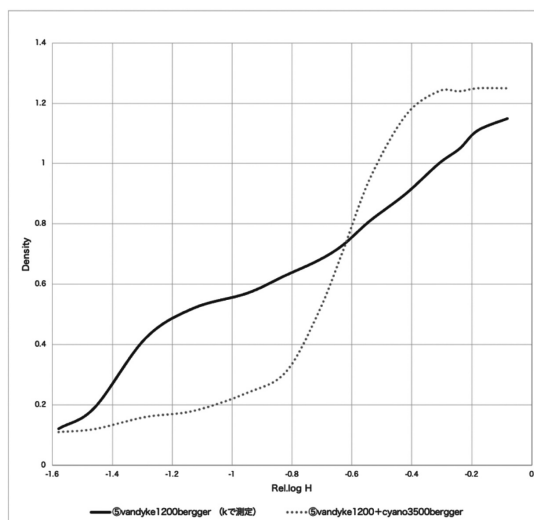


図 14 Multiple exposures / Vandyke x Cyanotype (The Classic)

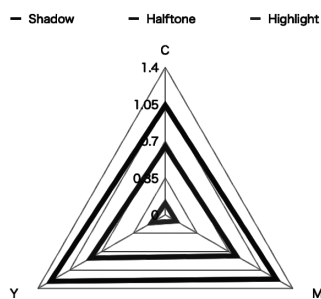


図 15 Vandyke

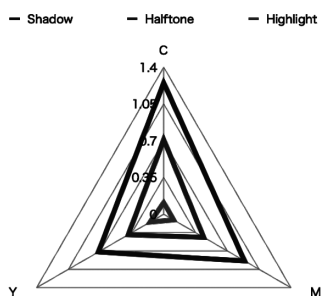


図 16 Vandyke x Cyanotype (The Classic)

5. サイアノタイプ処方 (1-1) とニューサイアノタイプ処方 (1-2) を混合した場合における画像再現の差異

前項までの各結果を元に、本項目では、主に画像全体の明暗比や明瞭感に優れたサイアノタイプ処方 (1-1) と、最大濃度や階調性と細密性に優れたニューサイアノタイプ処方 (1-2) を混合した画像再現を試みた。

5-1. 各混合比率による画像再現の結果

各試料の作成条件は以下の通りである。適正露光時間については、混合比率に沿って、それぞれの露光秒数を適宜調整した。

サイアノタイプ (A) とニューサイアノタイプ (B) の比率露光秒数 (T)

A3 : B1 T 262.5s

A2 : B1 T 250s

A1 : B1 T 225s

A1 : B2 T 200s

A1 : B3 T 187.5s

図 17 は、上記 5 つの混合比率によって得られた画像に加え、混合なしのサイアノタイプとニューサイアノタイプの画像から得られた濃度の結果である。ニューサイアノタイプを混合すると、比率に関わらず高い最大濃度が得られることが分かる。また、サイアノタイプの比率を高めると徐々に硬調になる結果が見られた。写真 4 は A3 : B1 T 262.5s で得られた画像の拡大図であり、写真 6 は A1 : B3 T 187.5s で得られた画像の拡大図である。この二点を比較すると分かるように、ニューサイアノタイプの比率を高めた場合、その比率が高いほど画像の不規則なざらつきが抑えられ、細密な画像が形成されることが確認された。以上の結果から、サイアノタイプ

処方 (1-1) とニューサイアノタイプ処方 (1-2) の混合比率の組み合わせによって、多様な画像再現が得られることが分かる。

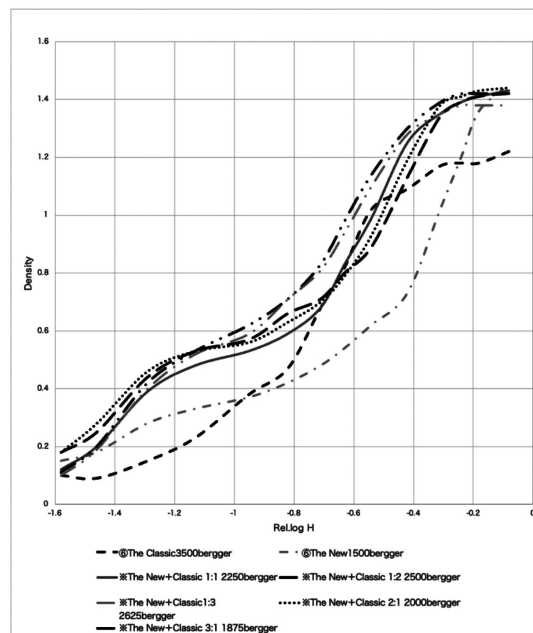


図 17 Mixing ratio combinations



写真 4 (A3 : B1 T 262.5s) で得られた画像の拡大図



写真 5 写真 4 の全体図



写真6 (A1:B3 T 187.5s) で得られた画像の拡大図



写真7 写真6の全体図

5-2. サイアノタイプ処方 (1-1) 1:ニューサイアノタイプ処方 (1-2) 3の比率における、2回露光の結果

5-1の結果から、高い最大濃度と適度な明暗比、段階的に滑らかな階調再現が得られる良好な画像再現のひとつであると判断した試料 (A1:B3 T 187.5s) の比率を用いて、さらに塗布と露光を重ねた試料を測定した結果を図18に示す。2回露光の画像では、最大濃度が1.59となり、シャドウからハイライトまでの滑らかな階調再現と濃度域が得られた。課題としては、2回露光した場合に生じるハイライトへのカブリが挙げられ、今後さらに水洗方法や処方の再検討が必要となるが、サイアノタイプの鮮やかな青色と豊かな階調性を両立させる点においては、汎用性の高い手法であると考えられる。ハイライトのカブリに関しては、処方の更なる見直し、あるいはクリアリングパス処理を試みるなど、今後改善方法を検討したい。写真8および写真9は、本稿の著者2名による本手法を用いた参考作品である。

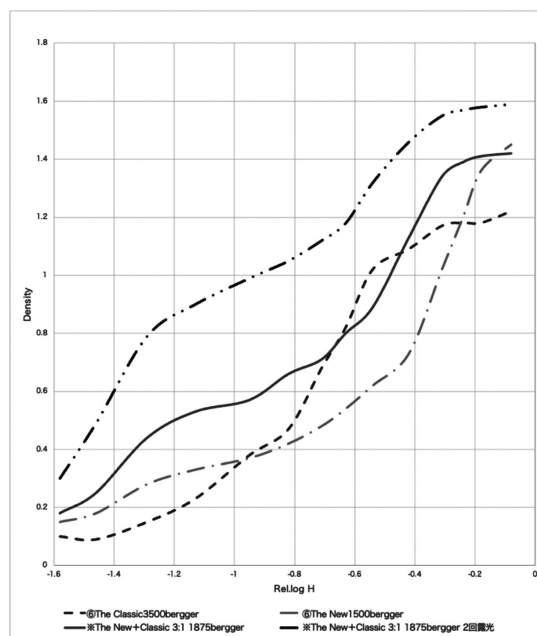


図18 Mixing ratio combinations



写真8 大和田 (5-2.) 参考作品



写真9 勝倉 (5-2.) 参考作品

6. プリント表面の各種保護処理による階調再現への影響

サイアノタイプによるプリントでは、特にサイアノタイプ処方（1-1）において形成された画像は非常に繊細で、傷や圧力の影響を受けやすいため画像の保護が推奨される。本項では、各種表面保護処理を行なった場合の階調再現への影響について調査した。

6-1. 刷毛塗りグロスメディウムを用いた結果

図19に光沢のあるアクリルメディウム³¹を刷毛で塗布した場合の濃度の違いを示した。表面に光沢が加わる上、シャドウ部の最大濃度が高まり、ニューサイアノタイプでは塗布前の1.46から、2.14へ数値が上昇した。見た目の色合いにはわずかにマゼンタが強くなる傾向が見られた。

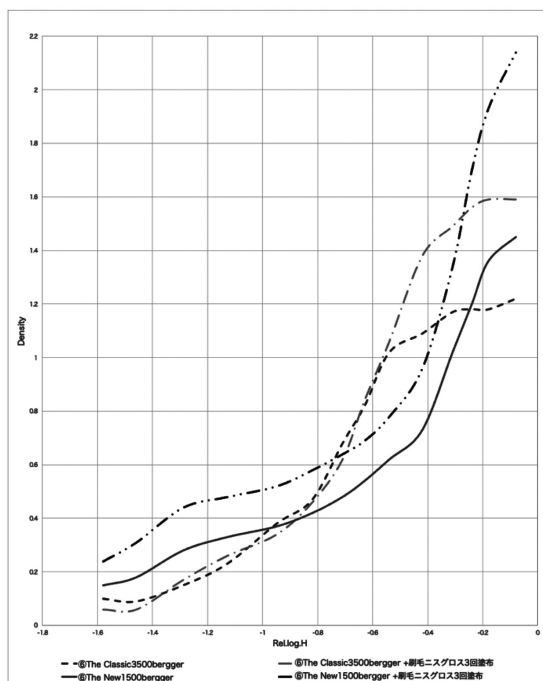


図19 Surface Protection 刷毛塗りグロスメディウム使用

6-2. 刷毛塗りマットメディウムを用いた結果

図20に光沢なしのマットアクリルメディウム³²を刷毛で塗布した場合の濃度の違いを示した。塗布前に比べてハイライト側で濃度が下がり、画像が明るく見える傾向が確認される。一方シャドウ部では濃度が上がり、最大濃度は高くなる。

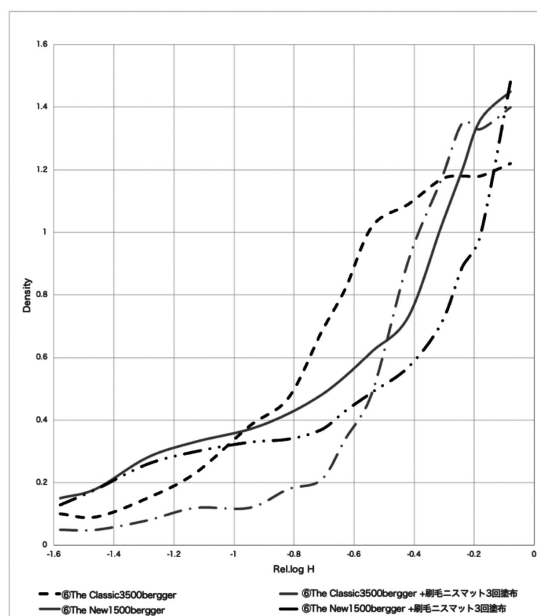


図20 Surface Protection 刷毛塗りマットメディウム使用

6-3. スプレーグロスニスを用いた結果

図21に光沢が加わるスプレーグロスニス³³を塗布した場合の濃度の違いを示した。ニューサイアノタイプ処方（1-2）に塗布した画像は、見た目が大きく変わることなく、プリント全体にヴェルヴェットのような光沢感が加わったように感じられる。一方、サイアノタイプ処方（1-1）に塗布した画像は、濃度が変化し、明暗比にも違いが表れた。この結果から、今回の各種条件においてニューサイアノタイプ処方（1-2）に対し画面保護処理をする場合、スプレーグロスニスを用いた時、最も元の階調再現に影響が少なく、良好な再現が得られることがわかった。

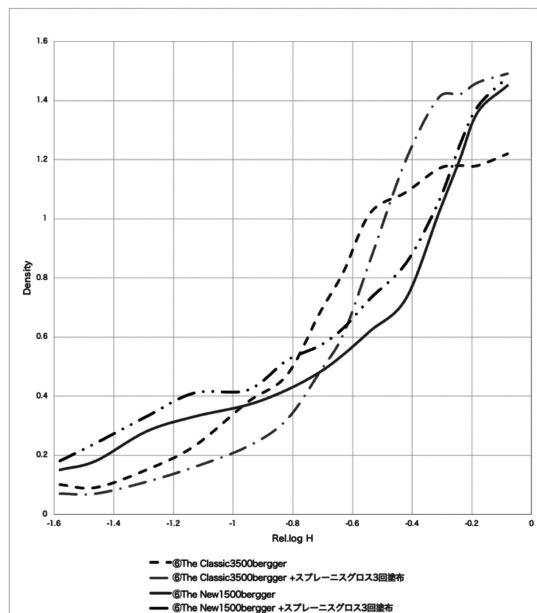


図21 Surface Protection スプレーグロスニス使用

6-4. スプレーマットニスを用いた結果

図22に光沢なしのスプレーマットニス³⁴を塗布した場合の濃度の違いを示した。ニューサイアノタイプ処方（1-2）に塗布した場合、シャドウ部で濃度が下がるものの、中間調までの階調は保持された。サイアノタイプ処方（1-1）に塗布した画像は、特にハイライト部で濃度が下がり、全体の階調に影響が表れる。

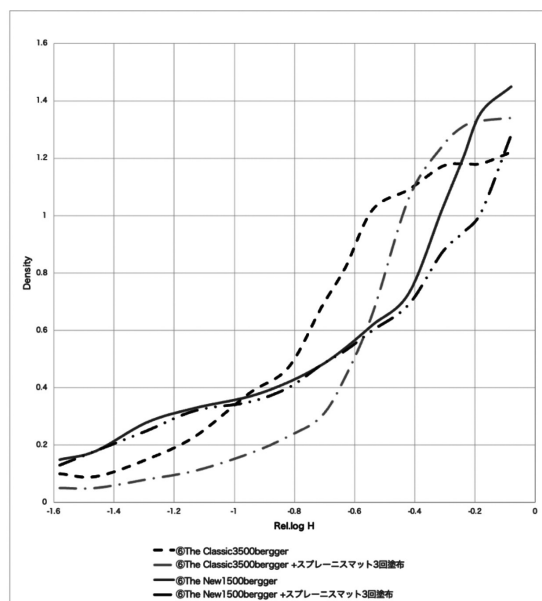


図22 Surface Protection スプレーマットニス

6-5. インクジェットペーパー用表面保護スプレーを用いた結果

図23にインクジェットペーパー用に開発された表面保護スプレー³⁵を塗布した場合の濃度の違いを示した。ニューサイアノタイプ処方（1-2）に塗布した場合、中間調を中心に濃度が上がる傾向が見られた。サイアノタイプ処方（1-1）に塗布した画像は、シャドウ部で濃度が上がるものの、中間調やハイライトでは保護処理前の階調が保持された。この結果から、今回の各種条件においてサイアノタイプ処方（1-1）に対して画面保護処理をする場合、インクジェットペーパー用表面保護スプレーを用いることで、シャドウ部の濃度を高めつつ、中間調やハイライトには大きな影響を与えずに階調を保った、良好な再現が得られることがわかった。

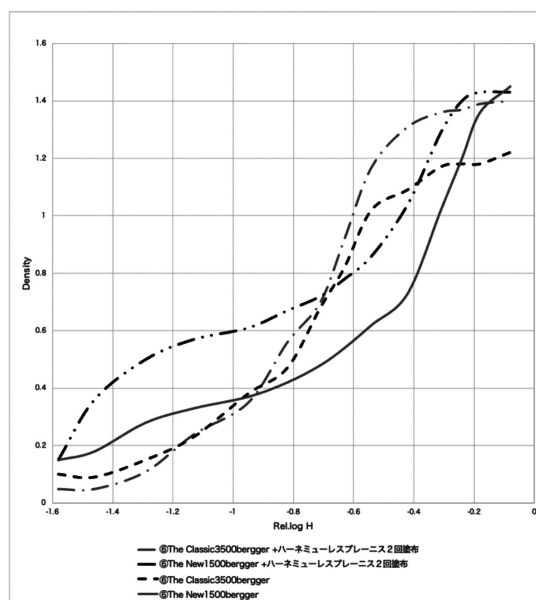


図23 Surface Protection インクジェットペーパー用表面保護スプレー使用

7. まとめ

はじめに述べたように、サイアノタイプには多様な応用技法が存在し、現在も研究者や写真家によって新たな手法が日々模索されている。ウェットプロセスやガラスサイアノタイプ、各種調色技術など、支持体と感光剤の処方との組み合わせも含め、各手法の広がりにはまだ多くの可能性が残されている。本研究の成果のひとつとして、伝統的なサイアノタイプと、ニューサイアノタイプの混合比率の最適化を試みることで、画像再現の向上が期待できる処理条件がいくつか確認された。この結果は、今後の写真表現において、意図に応じた適切なサイアノタイプ制作を実践するための応用的な手段のひとつとして活用可能である。今後の課題として、最大濃度や階調の再現に関して良好な結果が得られたいくつかの条件に対し、デジタルネガのグレードマッチングなどを試み、更に再現性の高い制作システムの構築を目指したい。これらの研究成果が、今後のサイアノタイプ活用の一助となれば幸いである。

8. 謝辞

本研究における露光時の紫外線強度測定にあたっては、株式会社トプコンテクノハウスにご協力いただきました。また、本研究は2024年度東京工芸大学重点教育事業助成費からの助成を受けて遂行されたものになります。この場を借りて深く御礼申し上げます。

（東京工芸大学芸術学部）

参考文献

- ¹ 岩波 理化学辞典 第5版 -p.5
- ² Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -pp.162-199
- ³ Mike Ware “The New Cyanotype Process”
https://www.mikeware.co.uk/mikeware/New_Cyanotype_Process.html
- ⁴ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -pp.200-230
- ⁵ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -p.206
- ⁶ くえん酸鉄 (III) アンモニウム, 緑色 安全データシート (SDS)
<http://www.st.rim.or.jp/~shw/MSDS/01355350.pdf>
- ⁷ ヘキサシアノ鉄 (III) カリウム [赤血塩; フェリシアン化カリウム] 安全データシート (SDS)
<http://www.st.rim.or.jp/~shw/MSDS/16344250.pdf>
- ⁸ 菊池眞一「写真化学」(共立出版) 第4版 -p.309
- ⁹ Mike Ware “The New Cyanotype Process”
https://www.mikeware.co.uk/mikeware/New_Cyanotype_Process.html
- ¹⁰ The New Cyanotype process (Ware), Dr. Mike J. Ware
<https://www.alternativephotography.com/new-cyanotype-process/>
- ¹¹ ニクロム酸カリウム [重クロム酸カリウム] 安全データシート (SDS)
<http://www.st.rim.or.jp/~shw/MSDS/16334350.pdf>
- ¹² しゅう酸カリウム一水和物 安全データシート (SDS) (シュウ酸第二鉄カリウムの具体的な SDS が提供されていないため、類似化合物であるシュウ酸カリウムの SDS を参照)
<http://www.st.rim.or.jp/~shw/MSDS/16430250.pdf>
- ¹³ しゅう酸鉄 (III) アンモニウム三水和物 安全データシート (SDS)
<http://www.st.rim.or.jp/~shw/MSDS/09088350.pdf>
- ¹⁴ 菊池眞一「写真化学」(共立出版) 第4版 -p.245
- ¹⁵ 紫外線強度計 UVR-300
https://www.topcon-techno.co.jp/products/uvr-300_1/
- ¹⁶ Bergger COT 320
<https://bergger.com/en/accueil/31-papier-cot-320-100-coton-320-gm2.html>
- ¹⁷ Arches Platine
<https://arches-papers.com/arches-range-of-papers/art-photography-publishing-2/alternative-processes/arches-platine/>
- ¹⁸ ピクトリコプロ・デジタルネガフィルム TPS100
<https://www.pictorico.co.jp/system/contents/1374/>
- ¹⁹ EPSON SC-PX1VL
<https://www.epson.jp/products/pro/scpx1vl/spec.htm>
- ²⁰ 白黒透過濃度・透過率 T5 plus
[https://www.ihara-group.com/color_products/ 白黒透過濃度計 -t5-plus/](https://www.ihara-group.com/color_products/白黒透過濃度計-t5-plus/)
対応規格「ISO 5-2:2009 写真及びグラフィック技術 —濃度測定— 第2部：透過濃度の幾何条件」に準拠
- ²¹ 日本写真学会「写真用語辞典」(写真工業出版社) -p.170
- ²² 田中益男「写真の科学」(共立出版) -pp.39-41
- ²³ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -p.226
- ²⁴ 井津建郎「BLUE」
<https://www.pgi.ac/exhibitions/9043>
- ²⁵ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -pp.616-618
- ²⁶ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -pp.272-281
- ²⁷ The Kallitype Process, Sandy King
<https://www.alternativephotography.com/the-kallitype-process/>
- ²⁸ Christopher James “The Book of Alternative Photographic Processes, Third Edition” 2019 -pp.600-609
- ²⁹ Wynn White
<https://www.wynnwhitephoto.com/>
- ³⁰ Vandyke notes, Wynn White
<https://www.alternativephotography.com/vandyke-notes/>
- ³¹ アクリリックメディウム 200ml AM573 クリスタル バーニッシュ
<https://holbein-shop.com/?pid=105212254>
- ³² アクリリックメディウム 200ml AM577 マット バーニッシュ
<https://holbein-shop.com/?pid=105212258>
- ³³ アクリリックメディウム 220ml AM591 グロス バーニッシュ
<https://holbein-shop.com/?pid=105212262>
- ³⁴ アクリリックメディウム 220ml AM592 マット バーニッシュ
<https://holbein-shop.com/?pid=105212263>
- ³⁵ HAHNEMÜHLE Protective Spray
<https://www.hahnemuehle.store/us/protective-spray/1000ml-ps>