

〈一般研究課題〉 JAPAN BLUE「藍」
有機天然顔料の精製技術に関する研究
助成研究者 愛知県立芸術大学 岩間 賢



JAPAN BLUE「藍」
有機天然顔料の精製技術に関する研究
岩間 賢
(愛知県立芸術大学)

JAPAN BLUE
SATOSHI IWAMA
(Aichi University of the Arts)

Abstract :

The purpose of this study was to develop a refining technology of natural organic pigments and make paint using JAPAN BLUE "indigo" pigment.

In a previous study, it was possible to make pigments from plant pigments using sedimentation and heat extraction of plants such as Akane, Kihada, and Yashabushi. However, given that it was not possible to convert "indigo" into a pigment using this method, further studies were conducted to extract "indigo" pigment using "accumulation extraction," "over-reduction re-extraction," and "precipitation extraction". Indeed, we succeeded in extracting it, although the amount was extremely small.

In this study, we developed a refining method for this natural organic pigment having high dispersibility, fine particles, and transparency, and we worked on its practical use as a paint.

We clarified the transition of natural organic pigments in the history of Japanese painting through natural scientific investigation, sensory evaluation application test, and careful inspection. We aim to achieve ideal paints that would enable the conservation and restoration of ukiyoe and wall paintings before applying chemical pigments, and to develop restoration technology of damaged cultural properties such as paper eagles.

■研究目的と概要

本研究の目的は、有機天然顔料の精製技術を導き出し、JAPAN BLUE「藍」を顔料化させた絵具をつくることである。

これまでの研究で、茜・黄檗・矢車附子などの植物を、加熱抽出と水簸によって植物色素の顔料化を可能とした。しかし、この手法では「藍」の顔料化ができなかったため「集積抽出」「過還元再抽出」「沈殿抽出」による「藍」の色素を抽出する研究をおこない、極少量ながらも抽出に成功した。

本研究では、この顔料の分散性が高く粒子が微細かつ透明性のある有機天然顔料の精製方法を導き出し、絵具としての実用化に取り組む。

日本の絵画史における有機天然顔料の変遷を自然科学的調査・官能評価塗布試験・熟覧鑑査によって明らかにする。さらに化学顔料が使用される以前の浮世絵や障壁画の保存修復、紙鷲など被災した文化財の復元技術を飛躍させる理想的な絵具の開発を目指す。

■研究計画の概要

「研究の学術的背景」

プルシアンブルーは1747年に初めて日本へ輸入され、絵画への導入は1770年代前半に平賀源内が描いた「西洋婦人図」とされていた。

東京文化財研究所の調査『伊藤若冲「動植綵絵」に見られる青色材料』（2001）において、伊藤若冲が1757年から1766年に描いた全三十幅の「動植綵絵」の第28作「群魚図」からプルシアンブルーが検出された。これは日本の絵画史においてプルシアンブルーが最も早く使用されたことを示している。

この調査の過程で「動植綵絵」では、これまで藍銅鉱を原料とする群青のみが使われていたと推察されていた。しかし、可視反射分光分析をおこなった際に第3作「雪中鴛鴦図」第27作「諸魚図」第29作「菊花流水図」における青色と緑色の箇所から、「藍」の標準スペクトルに類似するスペクトルが検出された。これは有機天然顔料が東洋絵画の伝統技法として用いられ、「藍」がJAPAN BLUEと称されることを示すものである。

このことにより1704年にハインリッヒ・ディースバッハがドイツ・ベルリンにて世界最初の化学顔料を発見したことによって途絶えた有機天然顔料が絵具として浮世絵や絵画などで使用されていたことが推察でき、本研究を着想した。

「研究期間内に明らかにしようとした内容」

このような背景のもと、これまでに茜・黄金花・コチニール・檳榔樹・矢車附子・黄檗・胡桃などを加熱抽出とアルカリ抽出の方法で色素の抽出を試みた。

植物の色素性質がそれぞれ異なるため4つの助剤(酢酸アルミ・ミョウバン・炭酸ナトリウム・炭酸カリウム)の組み合わせと数値を変えて、レーキ化による最適な色量と発色を得るための研究をおこない、色素の顔料化を可能とした。

加熱抽出とアルカリ抽出では「藍」の顔料化はできなかったが、「集積抽出」「過還元再抽出」「沈殿抽出」の3種類の還元抽出方法によって、極少量ではあるが「藍」の顔料化に成功した。

本研究では「藍」をはじめとする色の三原色となりえる紅・茜・福木・黄檗などのレーキ化の構築と構造決定、水簸方法を比較検証した。

これらの方法により、顔料の分散性が高く粒子が微細かつ透明性のある有機天然顔料の精製方法を導き出し、絵具としての実用化に取り組んだ。

■研究項目

JAPAN BLUE「藍」の解明されていないレーキ化による顔料づくりを明らかにし、絵具にするまでの過程を実現するために、本研究計画では以下の研究項目を実施した。

研究計画(1)「①集積抽出」「②過還元再抽出」「③沈殿抽出」

茜・黄檗・矢車附子・福木などの植物は、加熱抽出と水簸による精製方法で顔料化を可能にした。しかし、この手法では「藍」の顔料を精製することはできなかった。そこで、「①集積抽出」「②過還元再抽出」「③沈殿抽出」の抽出方法によって「藍」の顔料を精製する方法を研究した。

①集積抽出

「藍」の葉を発酵させ堆肥状にした糞(すくも)1俵(60kg)を使用し、化学薬品を使わず「藍」が保留する菌の働きによって液中を還元状態にする灰汁発酵建てによる藍液をつくる。この藍液を攪拌し液表面の色素が酸化してできた藍華を集積した。

②過還元再抽出

「藍」で染めた古繊維や古布を集め自然科学的手法と熟覧鑑査によって分類する。同時に①の藍液で新品の糸の束(1kg)を染める。これらを水飴と石灰を入れ過還元状態にした液体に漬け込み、色素だけを再抽出した。

③沈殿抽出

新鮮な生葉が必要なため、春先から夏にタデ科の蓼藍を500平米ほど栽培する。自然発酵によって色素を抽出するために生葉を収穫直後に水に漬け込む。この色素が溶け出した液体に空気を送り込むことで酸化させ、顔料化した色素を沈殿させて抽出した。

研究計画(2) 絵具の材料に最適な有機天然顔料の精製技術を導く

「藍」には多様な複合成分が含まれていることで天然の美しさが現れる。他の有機天然顔料も発色が美しいが耐光性や耐溶剤性が低い。色の発色に関わるPH数値を計測し、加熱抽出と水簸の方法を変え、顔料の粒子径や表面形状を自然科学的手法で調べ精製方法を比較した。

①自然科学的調査

顔料の粒子径や表面形状によって、耐光性堅牢度・分散性の精度・着色力の強度・透明性の確保が異なる。

本研究による精製方法で抽出した顔料を比較するために耐光試験、分光分析機、電子・実体顕微鏡などを用いて分析した。

②「藍」以外の有機天然顔料の精製

植物によって色素量が異なるため、これまでの研究をふまえた実験の基本数値をもとに、植物を加熱し発色剤として酢酸アルミ又は明礬、アルカリ剤として炭酸ナトリウム又は炭酸カリウムを加えて精製した。色の発色にも関わるPH数値を調べ、加熱抽出と水簾による有機天然顔料の精製技術を確立するために比較検証した。

研究計画(3)官能評価塗布試験や熟覧鑑査を実施する

ヒト(パネリスト)の感覚を測定機として、触覚性・視覚性・物語性についての官能評価塗布試験をおこなった。精製した顔料の性質に影響を与える粒子径や表面形状の特徴を比較した。

①官能評価塗布試験

「藍」の顔料と茜・黄檗・矢車附子・福木などの植物染料の顔料を、水性・油性の展色剤で絵具をつくり、紙やキャンバスなどの支持体に筆を使って、外観試験・グラデーション試験・描画性能試験・混色性能試験・表現性能試験をおこなった。

②熟覧鑑査

プルシアンブルーが発明された1704年を境に木版画錦絵や肉筆浮世絵を中心に、露草青・藍・プルシアンブルーが使用されていた事例を調査し、自然科学的調査を実施した。

- ・三代歌川豊国「白波五人男之内 南郷力丸」
- ・初代歌川豊国「富士築浪」
- ・歌川国芳「破軍七蔵実八山田三郎 中村芝翫」

■研究に至った背景と経緯

JAPAN BLUE「藍」— 有機天然顔料の精製技術に関する研究に至った背景には、研究代表者である岩間賢が2006年から2009年まで文化庁新進芸術家在外派遣員として、「物語性からはじまる色」の研究について中国で現地調査をおこなったことから始まっている。

この調査では、「藍の来た道」は「稲の来た道」と伝わるように、中国揚子江下流の江南地方から朝鮮半島、日本海を経て日本へ渡来したとされる「藍の道」を辿り、「藍」に関する資料収集をおこなった。

敦煌莫高窟の現地調査では、「礦物顔料與現代重彩」(著：高永隆, 中国, 2009.)に記述されていた「藍」の絵具を使用していた石窟を熟覧鑑査した。また、オランダ船載のプルシアンブルーが中国で安価に生産され、江戸時代に日本に急速に広まった史実を検証するために、中国貴州省・雲南省・福建省・浙江省などに点在する少数民族の集落を巡った。関係者に聞き取り調査をおこなうなどフィールドワークの実績を積み重ねて導き出した研究題目である。

2010年からはユニオン造形文化財団や吉野石膏美術振興財団から研究助成金を獲得し、中国以

外にも韓国を巡り、建築・庭園などで使われている「藍」についても調査をおこなった。

本研究は、絵画や版画、壁画などの保存修復の領域だけでなく、建築や環境との融合性をもった長期的視野に立った革新的な研究である。



■革新的な研究としての意義

2006年からの中国における調査の過程で、有機天然顔料によって彩色されていた絵画や石窟画などの保存修復をおこなう研究機関、模写や再現などをする教育現場では、有機天然顔料の精製方法が確立されていなかったために、主に合成無機顔料・合成有機顔料・天然鉱物顔料が日常的に使用されていたことが、これまでの調査を通じて判明している。特に被災した文化財や建築の修復と復元においては性急に解決すべき課題である。

本研究では、この現状を転換させるために有機天然顔料の必要性を提唱し、「藍」を中心に色の三原色として成り得る紅・茜・福木・黄檗などの植物色素を顔料化するために、レーキ化の構築や構造決定法、解析手法を取り入れ、染色技術と水簾を応用した新しい顔料抽出方法を試みた。

官能評価塗布試験・熟覧鑑査を通じて、有機天然顔料による絵具をつくることができれば、上記にあるような研究機関や教育現場をはじめ、経年劣化によって損傷が生じている国内外の木版画錦絵や肉筆浮世絵、障壁画などの保存修復や模写などの分野、被災した文化財復元などの技術を飛躍させる最適な絵具を提案することが可能となる。

「藍」には色としての不明な構造要素がいくつか存在しているが、「集積抽出」「過還元再抽出」「沈殿抽出」の抽出方法によって「藍」の顔料を精製する方法を確立することで、プルシアンブルーが発明された1704年を境とする日本の絵画史における露草青から「藍」、プルシアンブルーへと青色絵具の変遷が解明され、非常に特色のある研究となる。

■芸術系大学としての学術研究の取り組みに関する変革

芸術系大学における学術研究は、大学内の研究所や研究室にて取り組まれてきた事象が数多くある。本研究ではこれまでの研究体制を変革させるために、地域との協働活動の要素を加えたかたちで取り組んでいる点が特徴である。

沈殿精製法で必要となる「藍」の生葉栽培は、2015年に総務省のオープンリノベーション事業に採択され、千葉県市原市旧月出小学校に芸術と社会をつなげる「アーツセンター月出工舎」を研究代表者である岩間賢が設立し、地域住民や学生とともに里山環境や耕作放棄地を整備しながら取り組んでいる。

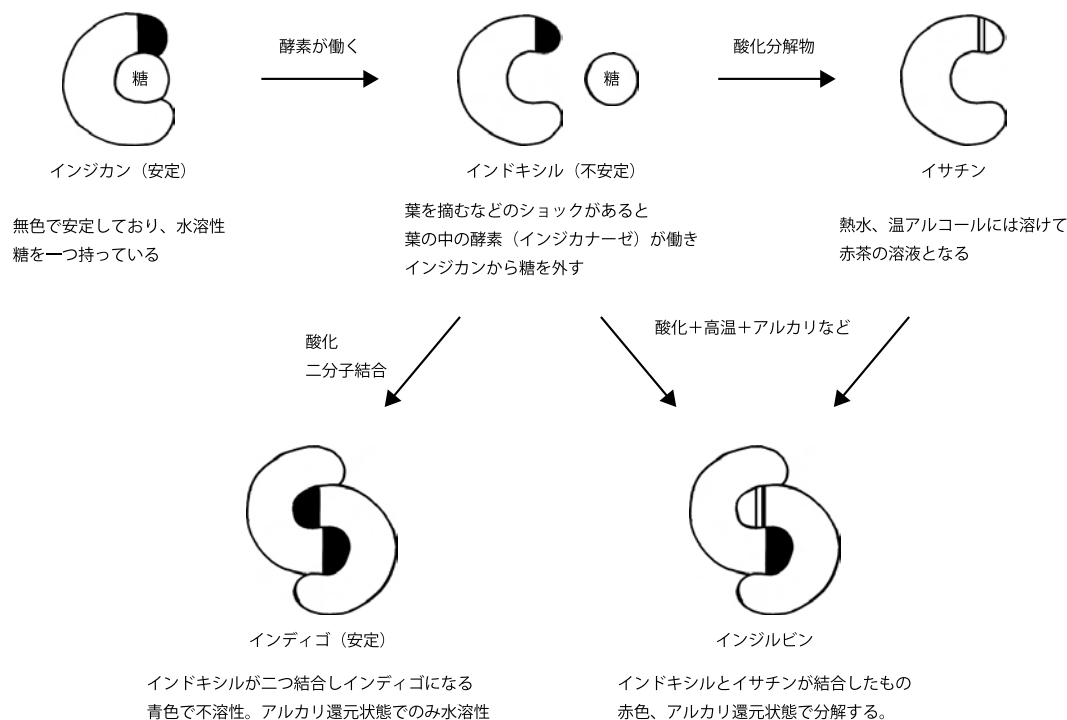
過還元による精製を検証するために「藍」で染めた繊維の収集は、サントリー文化財団や福武財

団の助成を得て地域調査(全国154箇所)をおこなった際のご縁を「結」としての考え方で紡ぎ、新潟県十日町市松之山地域、広島県尾道市山手地域、福島県喜多方市関柴地域で草の根活動として実施した。

「藍」とは

「構造」・「藍染め」

■藍の構想(イメージ図)



■藍染とは

●薬(すくも)について

日本(沖縄以外)で主に使われている藍草は蓼科の1年草で、蓼によく似た植物である。藍草(タデ藍)は自生しておらず、毎年種を撒いて育て、その藍の葉を乾燥させた後、発酵させて堆肥状にしたものを薬と呼ぶ。日本酒の杜氏のように、薬づくりを専門にする「藍師」が長年の経験と勘でつくる。薬の中では、すでにインディゴの状態になっている。

●藍建てについて

甕に、薬と灰汁、石灰、日本酒、ふすま(麦の皮)などを入れ、1週間ほどかけて発酵させて染まる状態にすることを「藍を建てる」と言う。藍を仕込むのは全て灰汁を使用し、水などは入れない。一石半(約280ℓ)の甕を使用して仕込むのに260ℓぐらいの灰汁が必要となる。

●灰汁について

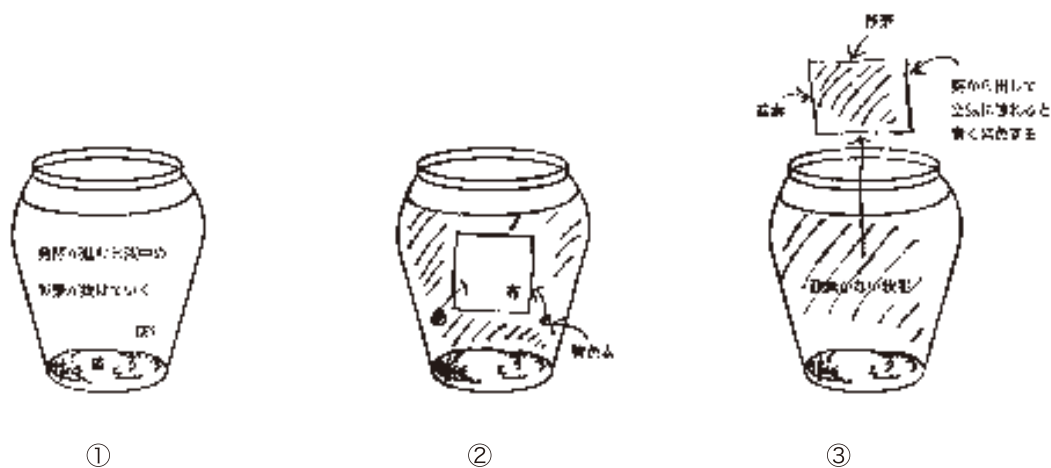
木灰を入れたタンクにお湯を入れて混ぜ、木灰が沈むまで一昼夜置く。木灰が混ざらないように

タンクの下から、ゆっくり濾過させながら灰汁を取る。取り終わったら再度お湯を入れ、6回ぐらい繰り返し灰汁を取る。

1番目にとった灰汁がPH12以上の強アルカリ水で、6番目ぐらいになると、PH10ぐらいになる。そのアルカリ度数の違いを仕込む段階によって使い分けていく。



■藍が染まる仕組み



①発酵がはじまり菌の活動が活発になると液は還元しはじめ、酸素が抜けた状態になる。

②藍の色素はアルカリ水(灰汁)+酸素の無い状態で初めて液中に溶け出す。色素が溶け出した液中に布を入れて、色素を含ませる。

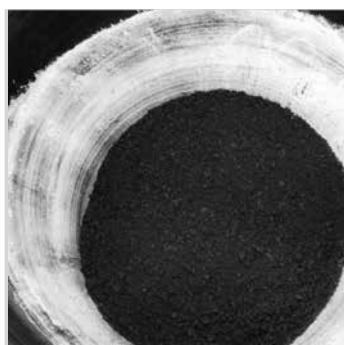
③色素を含ませた布が酸素に触れると青く発色し、布に定着する。繰り返し染め重ねる事で濃い色なる。

「藍」の顔料精製

「研究で試みた3つの藍の抽出方法」

■藍の抽出方法

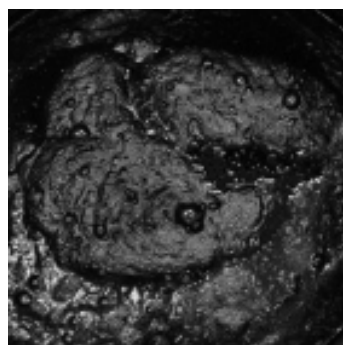
藍は複雑な構造をしており、他の植物と同様の方法では、インディゴ色素を抽出できない。インディゴ色素を含む植物は世界各地にあり、インド藍と呼ばれるナンバンコマツナギでは、インディゴ色素をブロック状態にして輸出もされている。本研究では、日本のタデ科の藍(品種名：小上粉)からインディゴ色素の抽出を試みた。



01. 薬を使って藍を建てる



02. 灰汁を入れる



03. 藍が建ったところ



04. 藍華をすくう



05. すくった藍華を乾燥させる



06. 乾燥した藍華

■①集積抽出

藍液を混ぜる時に酸化し顔料化したインディゴ色素(=藍華)を集積する方法。

■①集積抽出の調査と考察

藍錠(藍錠とも言われる)という藍の顔料があり、藍華を精製して固めたものや沈殿藍を乾燥し固めたものと言われている。京都の神護寺に伝来する平安時代の紺紙金泥経は、藍錠を膠と礬水で溶いたものを塗った和紙に金泥で経が書かれている。(*1)しかし、藍華から顔料をつくる生成方法は今もって解明されていない。

(*1: 吉岡幸雄,「日本の色辞典」紫紅社, 2000.)

■①集積抽出の実験内容

①集積抽出-1

薬を使って藍を建て、藍華をすくい溜め乾燥させた後に、ふるいがけし不純物を取り除いて顔料化を試みた。

→分析の結果では、インディゴ濃度13wt%しかなく、藍を建てる時に使用する石灰をはじめ、薬の残骸などさまざまな種類の化合物が検出された。

→藍華が乾燥する前に不純物の除去を試みたが、除去する方法について検討が必要である。

①集積抽出-2

藍華をアルカリ還元しインディゴ色素の再抽出を試みたが、不純物が多く顔料として使用できる

レベルにはいたらなかった。今後、精製方法を検討していく必要がある。

■②過還元再抽出

藍で染めた糸を過還元状態にした液につけ、インディゴ色素を再度抽出する方法



01. 色素を抽出する前の糸の様子



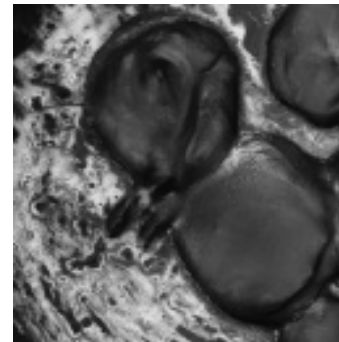
02. 水飴と石灰を入れている様子



03. 過還元再抽出が始まった様子



04. 糸からインディゴ色素が離れた様子



05. 抽出されたインディゴ色素の様子

■②過還元再抽出の調査と考察

文献調査(*2)より過還元再抽出方は、水飴と石灰を使用してアルカリ還元状態にした液に、藍で染めた糸(布)を入れてインディゴ色素の再抽出をすとある。この方法では、藍液中にあるインディゴ色素を糸に移す(染める)ことで、糸に染まったインディゴ色素を保持したまま、余分な雑味や汚れを十分に洗うことができ、結果純度の高いインディゴ色素を再抽出できると考えられる。

(*2: 図録「色の博物誌」目黒市美術館, 2016.、葛飾北斎「画本彩色通 初編」, 1848.)

■②過還元再抽出の実験内容

②過還元再抽出-1

過還元再抽出実験では石灰がインディゴ色素に影響することを防ぐために、石灰の代わりに炭酸ナトリウムの使用を試みた。当初、石灰の役割はアルカリ水にするためだけと考えていたが、水飴と炭酸ナトリウムでは、液は還元しているにも関わらず、藍で染めた糸を入れてもインディゴ色素を再抽出することができなかった。そのため、石灰を少し添加したところ、急激に糸からインディゴ色素が離れて採取することが可能となった。

②過還元再抽出-2

文献調査をもとに水飴と石灰のみを使用して過還元再抽出をおこなった。

→官能評価では、②-1と②-2ともに、過還元で再抽出したインディゴ色素を洗い、乾燥させた表面は光沢のある紫色に輝いていることが確認できた。

インディゴ濃度：

②-1 炭酸ナトリウム+石灰で抽出したインディゴ色素104wt%

(注釈：104wt%は100%を超えているが、共存成分の影響によるものである)

②-2 石灰のみで抽出したインディゴ色素98wt%

この他にインディゴ濃度の分析はおこなっていないが、炭酸ナトリウムの代わりに灰汁(アルカリ水)を用いて②-1と同じ工程で過還元再抽出方法をおこなった。官能評価では②-1と同様であった。

「藍」の顔料精製

「沈殿抽出(常温抽出)」

■③沈殿抽出(常温抽出)

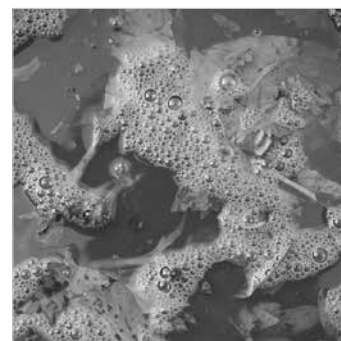
タデ藍を使用した2種類の沈殿方法



01. 藍の生葉と茎を選別。泥や虫などを手洗いで除去する。



02. 藍の生葉(+茎)を水(常温)に入れる。



03. 夏、水(常温)に漬け込む。(1日目)



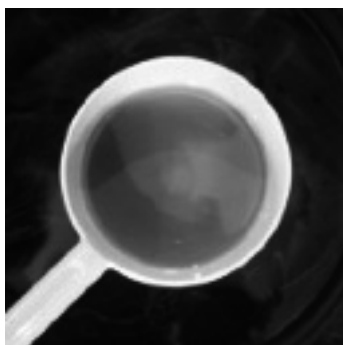
04. 夏、水(常温)に漬け込む。(3日目)



05. 藍の生葉(+茎)などを取り除くために濾し布で濾していく作業。



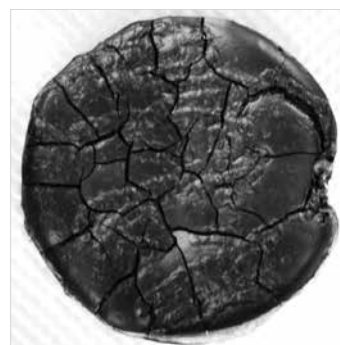
06. 機械と手作業を併用して攪拌を繰り返し静置させる。



07. 静置後、上澄み液をできる限り取り除く作業。



08. 沈殿しているインディゴ色素を濾し布で濾しながら採る。



09. 沈殿抽出されたインディゴ色素の様子。

■③-1「沈殿抽出(常温抽出)」の実験内容

インド藍や琉球藍は、生育している気候や保有しているインディゴ成分の多さなどから、インディゴ色素だけを抽出沈殿させる「沈殿藍」と呼ばれる方法で主に色素を抽出し保存使用している。この実験では、この「沈殿藍」の製法を元にタデ藍を使ってインディゴ色素の沈殿抽出実験をおこなった。

■タデ藍の使用部分を検証

インディゴ成分は、藍の茎や葉脈にはなく葉のみにあるとされている。だが、藍の生葉を水に漬け込む工程や生葉の取り出しにおいて茎がついていると作業効率がよく、水に漬け込んでいる間も茎があることで生葉と生葉の間に空間ができ、インジカンが溶けやすくなるとされている。そこで藍の生葉だけと葉茎両方のものを同時に仕込み検証した。

■③-1「沈殿抽出(常温抽出)」の検証結果

(1-a) 藍の生葉のみと(1-b) 藍の生葉+茎をそれぞれタデ藍2.3kg、水30ℓで仕込む。官能評価でのインディゴ色素の違いは生成工程ではあまり違いは感じられなかったが、乾燥したインディゴ色素は(1-a) 藍の生葉のみが濃い青色をしていた。分析結果では、若干ではあるが(1-a) 藍の生葉のみの方が、インディゴ濃度が高かった。

インディゴ濃度：

(1-a) 藍の生葉のみ 11wt%

(1-b) 藍の生葉+茎 8wt%

■③-1「沈殿抽出(常温抽出)」の検証結果

(1-c) 藍の生葉のみ(タデ藍4.5kg・水30ℓ)、(1-d) 藍の生葉+茎(タデ藍6.8kg・水50ℓ)で仕込む。官能評価では乾燥した色素は(1-c) 藍の生葉が濃い青色をしていた。分析結果では、仕込み量が多かった(1-d) 藍の生葉+茎のインディゴ濃度が(1-a) 藍の生葉のみより高かった。

インディゴ濃度：

(1-c) 藍の生葉のみ 23wt%

(1-d) 藍の生葉+茎 27wt%

また、(1-d) 藍の生葉+茎で仕込んだものの中には、乾燥後に白濁する部分を確認され、植物由来の不純物が混ざっている可能性があった。

藍の生葉だけで仕込む方が、葉茎で仕込んだものより不純物が少ないインディゴ色素を抽出することができる結果となった。



藍の生葉(+茎)などを取り除くために濾し布で濾していく作業

「藍」の顔料精製

「沈殿抽出(常温抽出)」石灰についての検証

■石灰の有無と、石灰を入れる場合の石灰量についての検証

藍の生葉を取り除いた後の液を攪拌し、水中に酸素を入れることによって、インドキシルがインディゴへ変化し、沈殿する。攪拌時に特別な物質を入れなくても沈殿することもあるが、沖縄などでは石灰を入れることが多く、その必要性について検証した。

■実験内容1

インディゴ色素を抽出した液体に何も入れずに攪拌機で攪拌すると青く発色したが、インディゴ色素を沈殿させることは難しかった。インディゴ色素ができていたとしても、色素が微細過ぎるため沈殿する量が少なく、水中を漂う色素が多い。また濾過も困難であった。そこで、以下の量で石灰を入れて検証した。

- ①タデ藍(藍の生葉+茎)6kg・水42ℓで仕込み、葉茎を取り出した抽出液はpH10~11を基準とした。
- ①-1 石灰30g(0.7g/ℓ) (抽出液がpH10~11になり、青く発色、分離をはじめた量)

①-2 石灰+石灰の上澄み(抽出液がph10~11になる量)

①-3 炭酸ナトリウム50g(抽出液がph10~11になる量)

②タデ藍(藍の生葉+莖)5kg・水42ℓで仕込み、葉莖を取り出した抽出液はph10~11を基準とした。

②-1 石灰40g(約1g/ℓ ①-1より多く入れ、違いを検証)

②-2 石灰上澄み(抽出液がph10~11になる量)

②-3 炭酸ナトリウム50g+酢酸アルミ50g(抽出液がph10~11になる量)

■検証結果1

①-1は、目視では綺麗に分離していたが、結果的には②-1が綺麗に分離し沈殿した。①-2、①-3、②-2、②-3の液体は綺麗な青色に発色したが、泡がいつまでもおさまらず、インディゴ色素は沈殿しなかった。また、インディゴ色素が微細のため濾過しようとしても、すぐに詰まってしまう濾過ができなかった。

■実験内容2

②-1の結果を踏まえ、phを基準にせずに1g/ℓの石灰を入れて沈殿させた。

③タデ藍(藍の生葉+莖)2.3kg・30ℓで仕込み、葉莖を取り出した抽出液に1g/ℓの石灰を入れる。

④タデ藍(藍の生葉)2.3kg・30ℓで仕込み、葉莖を取り出した抽出液に1g/ℓの石灰を入れる。

■検証結果2

③、④ともに沈殿に成功し濾過器による濾過も可能となった。しかし、乾燥後のインディゴ色素に多量の石灰が残った。

官能評価では、実験内容1よりもインディゴ色素の白味が石灰の影響で強くなったと感じられた。また、原因のひとつとして攪拌が不十分であったのではないかという推察できた。

■実験内容3

実験内容2の③と④の結果を踏まえ、沈殿後の洗い方を検討し石灰の除去を試みた。酢酸水で石灰を溶解し除去できることが判明し、実験内容2より石灰を0.5g多く投入した。

⑤-1 タデ藍(藍の生葉)4.5kg・30ℓ 藍の生葉1%量の石灰を入れて攪拌

⑤-2 タデ藍(藍の生葉)4.0kg・30ℓ 藍の生葉1%量の石灰を入れて攪拌

⑤-3 タデ藍(藍の生葉+莖)15kg・110ℓ →⑤-3-a 50ℓの液体に1.5g/ℓの石灰を入れて攪拌

⑤-3-b 30ℓの液体に1.5g/ℓの石灰を入れて攪拌

⑤-3-c 30ℓの液体に2.0g/ℓの石灰を入れて攪拌

■検証結果3

沈殿させる上でおこなう攪拌は経験観測をもって調整している。これまでの実験の中で分離と沈

殿が安定しておこなえた。また、石灰が十分に入っているため、インディゴ色素の濾過も今まで一番やりやすい結果となった。また、沈殿抽出(常温抽出)で必要となる石灰量は、藍の生葉1%量が1.5g/lが目安となる。

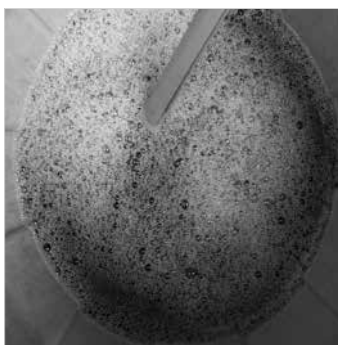
■濾過した沈殿物を酢酸水で洗い石灰分を除去する方法

酢酸水(3%)と反応させるためにミキサーで2分攪拌し静置。その後、沈殿したインディゴ色素を濾過する。これを酢酸水に反応しなくなるまで繰り返す。最後に精製水で洗い、インディゴ色素を濾過して乾燥させた。

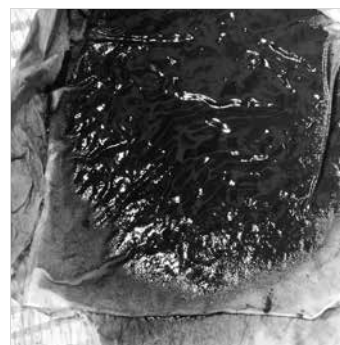
官能評価では、乾燥後の表面は光沢した紫色になっており、過還元再抽出のインディゴ色素と共通していた。石灰は融解され除去できたが、不溶性で植物の茎、根、葉などに多く存在するシュウ酸カルシウムは多く残っていた。



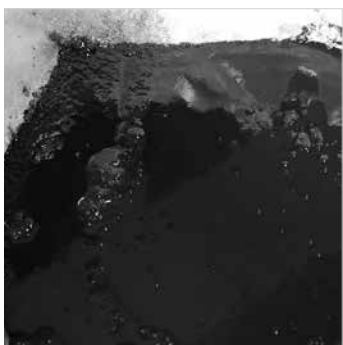
01. 石灰の投入



02. インディゴ色素が微細



03. 濾過ができていない様子



04. 沈殿と濾過に成功したが、石灰の除去が必要



05. 過還元再抽出と同じような色合いの光沢が出ている



06. 酢酸水による石灰の除去を検証

「藍」の顔料精製

「沈殿抽出(加熱抽出)」

■③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」実験内容

藍の生葉を熱湯で煮て、インジカン抽出し、酵素を入れて酸化させ、インディゴ色素を沈殿させる方法。

藍の生葉を水温が70度から80度以上のお湯に入れることで酵素の働きを止め、インジカンのまま水中に溶解させる。その後、新たに酵素を入れてインディゴ色素を生成させる方法である。

■③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の検証事項：

煮出したインジカンに添加する生葉液(酵素)の量

③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の実験において参考にした文献(*3)には藍の生葉液の使用量についての記載がなく、インディゴ生成にかかる時間の長短は、この藍の生葉液(酵素)の量によることのみ記載されている。

(*3：長井長義、「蓼藍ヨリ藍靛ヲ製スル法」阿波藍譜 精藍事業編, 1971.)

■③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の検証結果

煮出した葉茎の重量に対して、以下のように量を変えて検証した。

- (2-a) 葉茎の1/27の重さの生葉の絞り液を入れ、40～50度の水温で攪拌
→静置 インディゴ濃度：52wt%
- (2-b) 葉茎の1/5の重さの生葉の絞り液を入れ、40～50度の水温で攪拌
→静置 インディゴ濃度：42wt%
- (2-c) 葉茎の1/27の重さの生葉の絞り液を入れ、70度の水温で5分煮る
→静置 インディゴ濃度：28wt%

■官能評価による乾燥後の色味

- (2-a) 一番青く感じられる
- (2-b) (2-a)より黒ずんで感じられる
- (2-c) (2-b)よりさらに黒色とグレー色が感じられる

以上の結果から、添加する藍の生葉液の量は、多いと黒ずむことがわかった。また、酵素を止めるために、70度以上まで温度を上げると、見た目は急速に反応が進んでいるように見えるが、黒色とグレー色が強く出る。また、酵素が活動しやすい40度ぐらいの水温の時間が短いため、インディゴ濃度も下がっている。

このことから、酵素として添加する藍の生葉の量は少ないほどよく、40度ぐらいの水温を保ち時間をかけて反応させるのが良い。上記実験中に起きたこととして、藍の生葉の液を多量(煮出した葉茎の1/5量)に入れ、酵素の活動を止めないで静置していた際、酵素が糖に変化した可能性がありドロドロの飴状になった。



01. 常温抽出と同じ手順で準備する



02. 藍の生葉を煮出す



03. 藍の生葉の絞り液をつくる



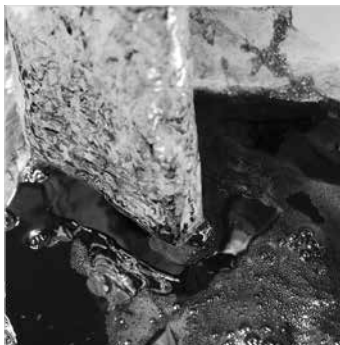
04. インジカンのまま水中に溶け出させて濾過する



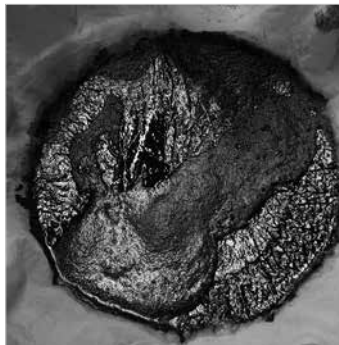
05. 藍の生葉を絞った液を③に入れる



06. 沈殿した色素を濾過する



07. 洗いを複数回繰り返す



08. 濾過を複数回繰り返す



09. 仕上げ(拡大図)

「藍」の顔料精製

「沈殿抽出の比較」

③-1「沈殿抽出(常温抽出)」と③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の比較結果

③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」は、③-1「沈殿抽出(常温抽出)」よりインディゴ濃度は高く、不純物(主にシュウ酸カルシウム、インジルビン)も少ない。ただし、十分な反応時間を設定せずに抽出液水温を70度まで上げて酵素の働きを止めた場合、シュウ酸カルシウムの量が増える。

③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の問題点は、粒子が細か過ぎて効率的に濾過できない。また、少しの温度変化によって、インディゴ色素の色が濁ることがあげられる。

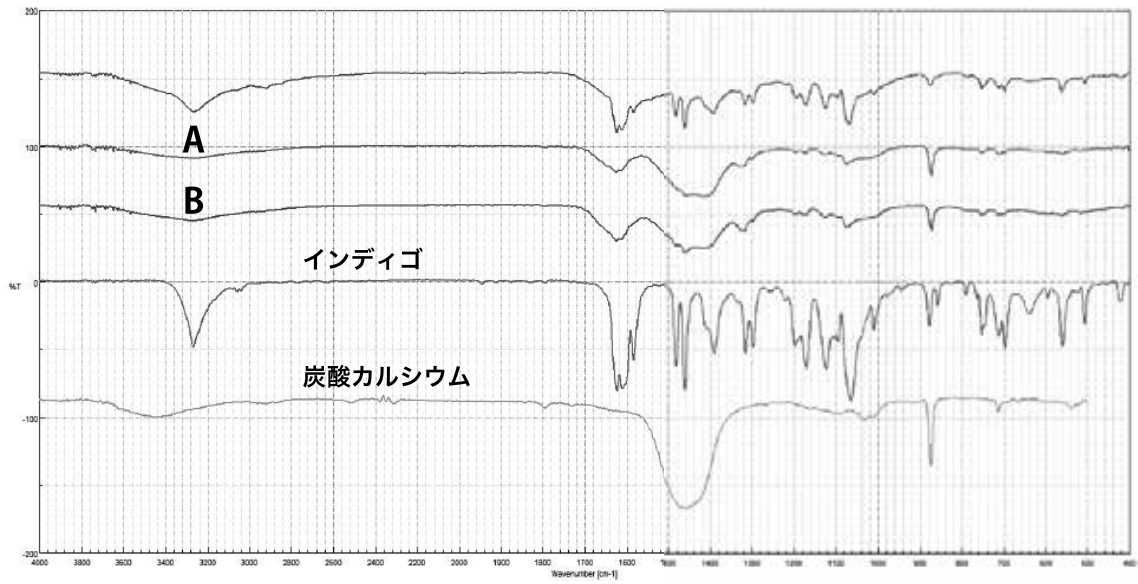
■生成した③-1「沈殿抽出(常温抽出)」と③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」の赤外分光スペクトルの比較

A：③-1「沈殿抽出(常温抽出)」で生成した色

- ・藍の生葉+藍の茎+石灰
- ・インディゴの吸収がほとんど見えない
- ・炭酸カルシウムのスペクトルに似ている

B：③-1「沈殿抽出(常温抽出)」で生成した色

- ・藍の生葉+石灰
- ・インディゴの吸収がほとんど見えない
- ・炭酸カルシウムのスペクトルに似ている

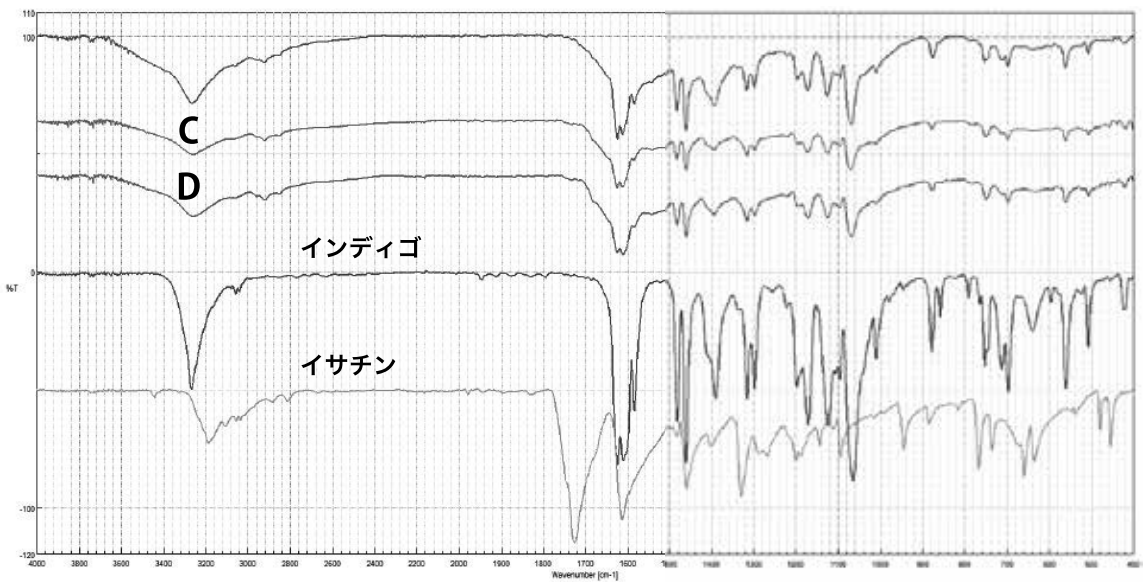


C : ③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」で生成した色素

- ・藍の生葉+藍の茎
- ・インディゴが含まれている
- ・イサチンは含まれていない

D : ③-2「沈殿抽出(加熱抽出)」で生成した色素

- ・藍の生葉
- ・インディゴが含まれている
- ・イサチンは含まれていない



■②非破壊分析：初代歌川豊国「富士築波」

初代歌川豊国「富士築波」

1812年頃初版 浮世絵は印から後擦りの可能性あり

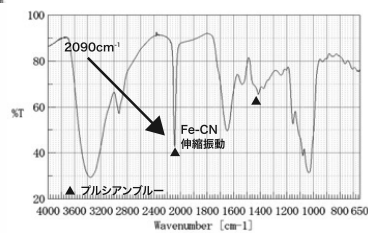
■赤外線分光法(IR:Infrared Spectroscopy)

■走査電子顕微鏡 - エネルギー分散スペクトル分析

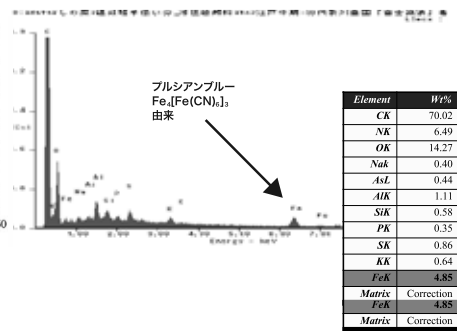
SEM-EDS:Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer



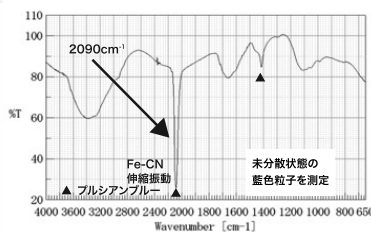
初代歌川豊国「富士築波」①着物部分
顕微FT-IR[透過]



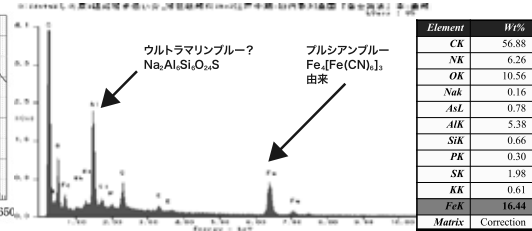
初代歌川豊国「富士築波」①着物部分
SEM-EDX



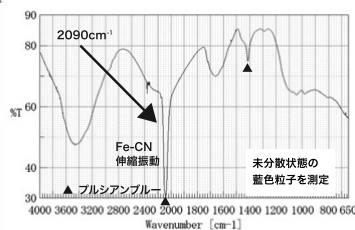
初代歌川豊国「富士築波」②傘部分
顕微FT-IR[透過]



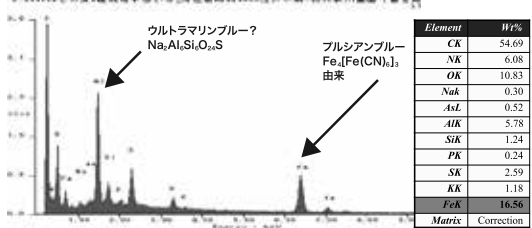
初代歌川豊国「富士築波」②傘部分
SEM-EDX



初代歌川豊国「富士築波」③藍+黒部分
顕微FT-IR[透過]



初代歌川豊国「富士築波」③藍+黒部分
SEM-EDX



■③破壊分析：歌川国芳「破軍七蔵実八山田三郎 中村芝翫」

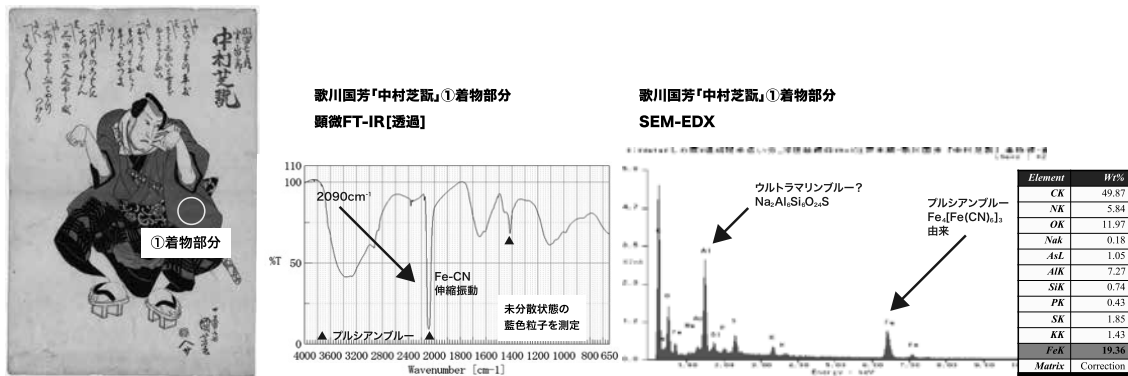
歌川国芳「破軍七蔵実八山田三郎 中村芝翫」

1832年初版 浮世絵は初擦りの可能性あり

■赤外線分光法 (IR:Infrared Spectroscopy)

■走査電子顕微鏡 - エネルギー分散スペクトル分析

SEM-EDS:Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectrometer

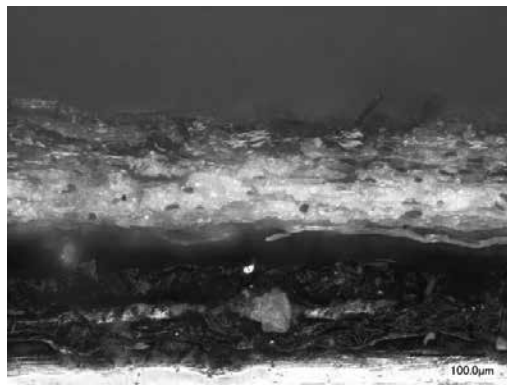


■破壊による抽出分析

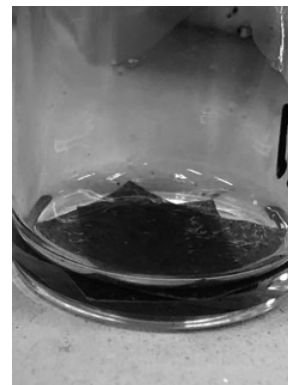
歌川国芳「破軍七蔵実八山田三郎 中村芝翫」



着物の一部切り取り、お湯で洗浄した後にDMFにて抽出した



切り取りした箇所の拡大図



1週間経過後も、紙内部に浸透し、膠などによって固められた顔料は、抽出できなかった

「顔料にした天然色素の絵具化と塗布試験」

顔料を、水性・油性の展色剤とで絵具をつくり、紙やキャンバスなどの支持体に筆を使って塗布実験をおこなった。

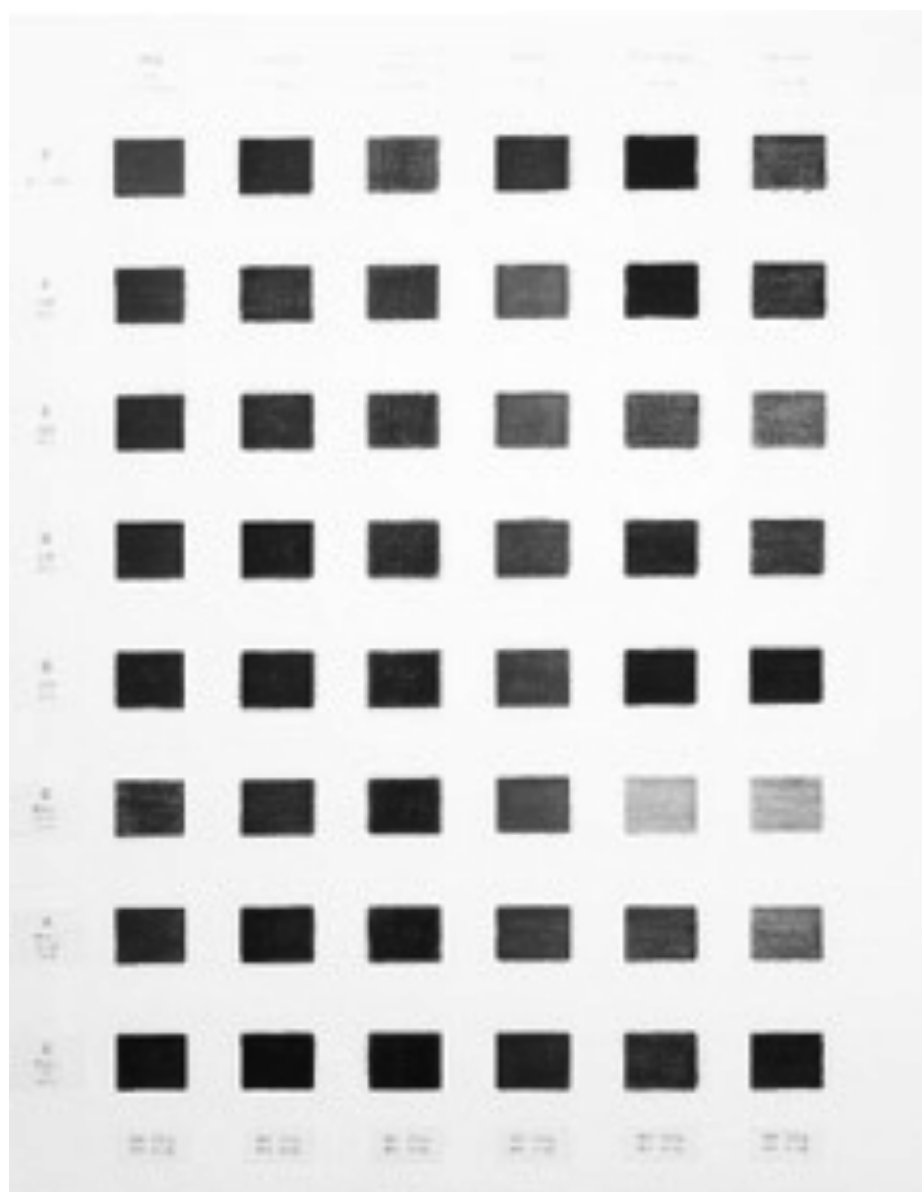
絵具にする上での顔料と展色剤の練り合わせ具合、塗布時での感触と塗布後の状態、展色剤の違いによる色調や色調の変化、耐光性などの性能を調べた。

■藍の塗布試験

抽出方法や生成方法の違いによる8種類の藍の顔料を絵具にして試験をおこなった。

展色剤は膠、アラビアゴム、アクリル樹脂2種類、乾性油2種類を使用し、顔料や展色剤の違いによって性能を比較した。

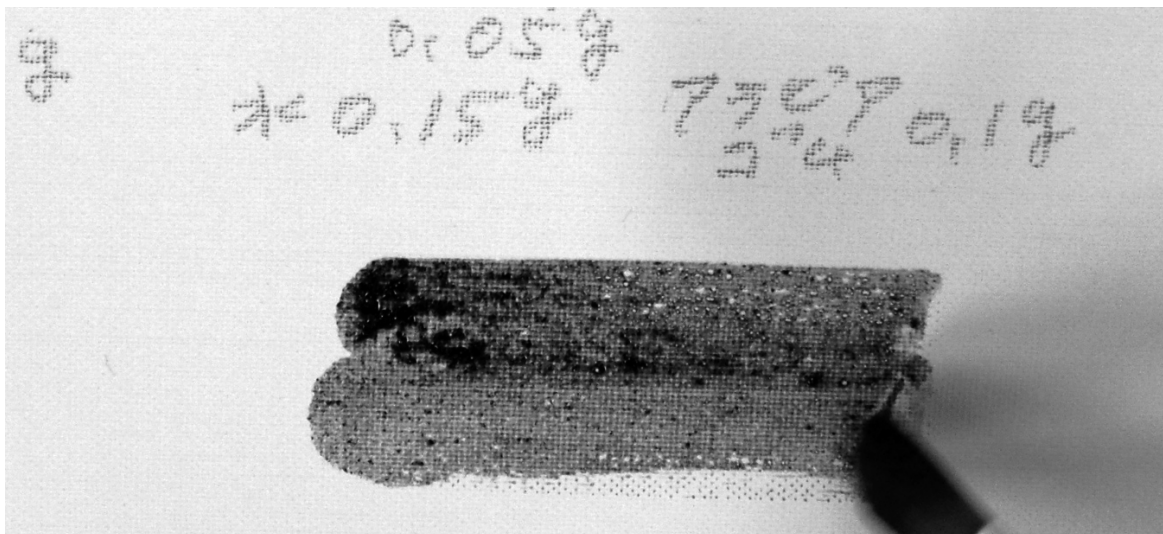
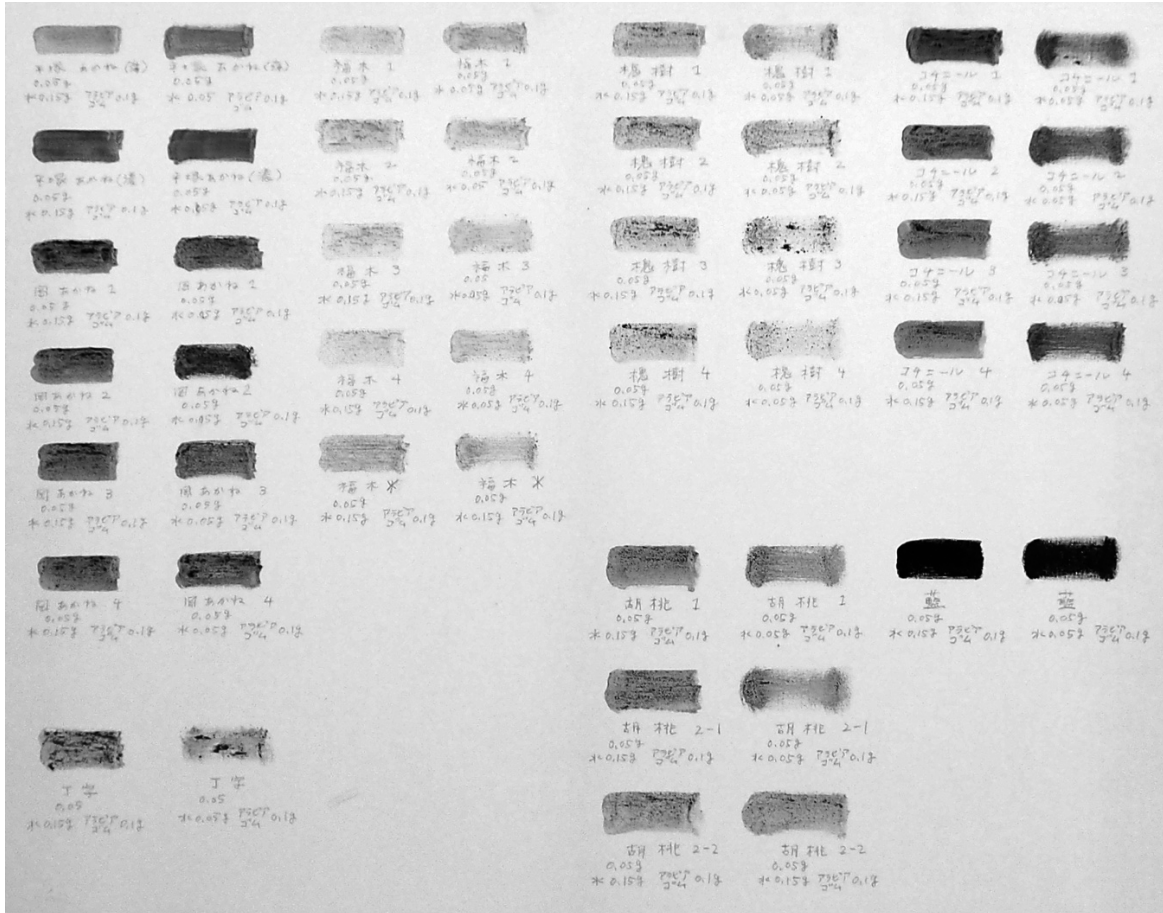
絵具は、同量の顔料と展色剤で練り合わせ、希釈剤は使用せず、支持体の水性キャンバスに塗布している。



■顔料にした天然色素の塗布試験

藍、茜、矢車、黄金花、福木、紫根、檳榔子などの植物染料を顔料化し、膠とアラビアゴムを展色剤として、水性キャンバスの支持体に塗布実験をおこなった。

顔料と展色剤の量は一定ではなく、画家や利用者するものがどのような絵具になるのかを官能的に調べた。



■参考文献など

- ・染太郎 KITAZAWA, "染太郎の口伝帳 天然染料の巻", クラフトふう, 2017.
- ・牛田智+川崎充代, "いつでもできる藍の生葉染め～藍の生葉の保存と染色方法～", 染織 α No.246, 2001.
- ・高橋誠一郎, "インド藍で染める鮮明な赤色", 染織 α No.170, 1995.
- ・牛田智, "教科書から一歩進んだ身近な製品の化学 一匠の化学一", 化学と教育, 2016, vol.64, no.8, p.406-407.
- ・牛田智, 谷上由香, 太田真祈, "藍の生葉染めの過程におけるインジルビン生成の条件", 日本家政学会誌, 1998, vol.49, no.4, p.389-395.
- ・フランソワ・ドラマール&ベルナール・ギノー 『色彩—色材の文化史』, 創文社, 2007.
- ・吉岡幸雄『日本の色辞典』, 紫紅社, 2000.
- ・木村光雄 / 道明美保子『自然を染める 植物染色の基礎と応用』, 木魂社, 2007.
- ・三木興吉郎『阿波藍譜 精藍事業編』, 三木産業株式会社, 1971
- ・高木豊『藍の生葉染め基礎知識入門』, 染色 α No.182, 染色と生活社, 1996.
- ・図録『色の博物誌 江戸の色材を視る・読む』, 目黒区美術館, 2016.
- ・図録『木版画家 立原位貫 江戸の浮世絵に真似ぶ』, 山口県立美術館・浦上記念館, 2015.
- ・吉岡太郎, "藍色を産む植物 - い〜かねっと - site", http://www.blue-edge.jp/03_plant.html (参照 2017-11-30).
- ・岡善子, "タデ科植物アイのインジカン代謝", 化学と生物, 2001. vol.39, no.3, p.202-207.
- ・新谷幸子, "能登草木の染研究室・通信Vol.5 藍の生葉染め", http://notonote.tank.jp/notonote/ai_namaba.html (参照 2017-11-30).
- ・田中ぱるば, "MAKI TEXTILE STUDIO Let's Indigo! 2002年夏・藍建ての記録", <http://www.itoito.jp/zatta/indigo.html> (参照 2017-11-30).