

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：16401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24652035

研究課題名(和文) 日本風土の没食子インクの開発製造と美術教育への貢献

研究課題名(英文) Iron Gall Inks Produced by Japanese Original Resources and their Contribution to Art Education

研究代表者

土井原 崇浩 (DOIHARA, Takahiro)

高知大学・教育研究部人文社会科学系・教授

研究者番号：00331067

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、これまで製造は不可能と思われた、日本風土における西洋古典インク(没食子インク)の製造開発をし、それを完成させた。この独自のインクは、西洋インクの問題点(インクの固着力不足等)をも補ったものである。また、西洋古典インクの経年劣化等を50種の紙で比較し、この特性により適合する紙を選定した。さらに、羽根ペンによるインク線には、美を感じさせる周波数(1/fゆらぎ)が存在したことを発見した。これらの研究を踏まえ、自然由来の古典インクと羽根ペンによる素描授業を实践し、美術教育へ貢献した。

研究成果の概要(英文)：Japanese university art students have been taught traditional Western oil paintings using classic western inks and quill pens for over fifteen years. More attention has been paid to the properties of iron gall inks and their affinity to paper. In this study, we have described the details of the production of our Japanese original iron gall inks and their properties of improved adhesion to paper. The flaws in the classic Western inks, which have weak adhesive properties, were resolved by the production of our Japanese original inks. Fifty varieties of paper were compared in order to observe the aged deterioration of the classic Western inks to enable the selection of suitable paper for the inks. Furthermore, we observed that the ink lines, which were drawn by feather pens, have a frequency, 1/f fluctuation, which let us express a kind of beauty. Our research achievements will be contributed to art education in the near future.

研究分野：洋画

キーワード：没食子インク 羽根ペン 紙 タンパク質限定分解 1/fのゆらぎ

1. 研究開始当初の背景

(1)本研究は、土井原の論文(2005年)¹⁾で述べた日本風土の没食子インクと羽根ペンに関する研究の再考に単を発する。西洋古典インクでは、主に没食子インクが使用され、数百年以上も人の筆跡等を残すことができる。西洋古典インク(没食子インク)をもとに、日本風土における没食子インクを開発し、美術教育への貢献をするものである。日本のデッサン(素描)は明治以降、木炭や鉛筆等によるデッサンが主流である。インクと羽根ペンによる素描は近代の大学教育では忘れられかけている。

(2)輸入没食子インクは大変高価である。日本国内でのインク製造を試みれば、教育の場に安価で高品質なインクを大量に供給できると着想し、西洋没食子インクの欠点を克服した和製没食子インクを独自に製造開発する事にした。

2. 研究の目的

(1)日本では明治以降に金属ペンとインクによる素描(デッサン)²⁾は西洋から導入されたが、羽根ペンによる素描が美術教育に活用された実例が殆どない。

(2)このインクと羽根ペンのデッサン授業は大学において長年継続してきた。その中で、この没食子インクの特性を最大限に生かす上で、以下の問題点が明らかになった。1)紙とインクの相性によりブルーブラック色の濃さ等が安定しない、2)紙上でのブルーブラック色が年月と共に変色しビスタ色になる、3)インクの展色材の強度不足。これらを克服し、日本風土の没食子を活用した没食子インクを製造開発する。日本風土を生かした独自のインクは、芸術へ深く貢献することのできるものであろうと考えた。

3. 研究の方法

没食子インクの特性を最大限に生かす上で、以下の問題点が明らかになった。

1. 紙とインクの相性により、紙上でのインクの濃さや色味が変化する。
2. 紙上インクの経年劣化による色の変化が様々である。
3. インクに使用する展色材(アラビアゴム)の強度が不足している。
4. 日本風土に適した活用度の高い没食子³⁾を選定できないか。
5. 羽根ペン⁴⁾は金属ペンや鉛筆よりも美しい線が表現できるのは何故か。

インクの特性をより高度にする上で、それぞれの問題点について実験的に検証し、1つずつ改善することとした。

4. 研究成果

(1)紙による没食子インク色の変化
問題の所在

今日まで、15年を費やして紙とインクの授業を行ってきた。画材としての紙はデッサン用

紙、水彩用紙、クロッキー用紙等と幅があり、濃さの調整は中々難しい。また、長年の作品保管によっても経年劣化し難い紙を選定することを実験目的とする。

紙と没食子インクの実験

紙とインクの実験には、その殆どを2014年、日本国内最大手の画材店(新宿世界堂)で各紙購入し、使用した。製紙会社により紙のサイジング(にじみ防止)等は年度によって異なることがある。画材としてのデッサン紙、水彩紙、クロッキー紙は、画用具(鉛筆、色鉛筆、木炭、コンテ、パステル、水彩絵具等⁵⁾による人の表現をそのまま維持し、良好に保つように工夫された専門の紙である。紙の厚さは、超厚口、厚口、中目、細目がある。それら様々な50枚の紙からインクによるデッサン紙として相応しい紙を選定するため、実験を行う。

没食子インクの処方例として以下の例が挙げられる。⁶⁾硫酸第二鉄 15g、タンニン酸 15g、濃硫酸 3g、インクブルー(色素) 3g、アラビアゴム 5g、グリセリン 3g、サリチル酸 1g、精製水 1000ml。今回の実験では、インク色の主成分と紙の相性を正確に判断するため、あえてその他の薬品や展色材を入れず、その効果を確かめた。まず9cm×2cmの各紙(50種)を準備し、その各紙にインク 1mlを塗布した。官能評価(東京芸術大学油画技法材料研究室が油絵具(油一)の開発時に使用した評価方法⁷⁾)を参考に、ここでは新たに評価基準を設けて、没食子インク塗布後の50種の紙を目視により現物比較することによって、優劣評価を行った。

紙とインクの実験結果

紙への没食子インク塗布により、様々な表情が現われた。インク色の変化に大小の影響を与えた紙を比較・官能評価した。紙と没食子インクの実験結果となる評価コメント、点数による評価を行った。以下が結果である。

- ・インク色の色味や濃さを優位に保つ紙：クラシコ5(イタリア製)等 17種類
- ・インク色が生かし難い紙：スーパー中性 PPC 紙等 3種類
- ・その他(インク色が玉虫色になる紙)：KMK ケント#200

考察と今後の課題

総じて、没食子インク本来の色や濃さを十分に表現できている紙は、発色が美しく艶がある。対してインクの濃さや色味、輝きが低減している紙がある。実験結果からインクの使用それぞれに、インクに何を求めるかを目的に紙を選ぶこともできる。例えばインクの濃淡を水墨画で例えると、濃密な黒なのか、それとも薄い黒を好むのか等により、使用者が自らの官能に基づき、紙を選ぶことができるようになったと考える。今後は、研究から得られた成果を踏まえ、満足の行く紙を選び、

デッサンとクロッキー等の質の向上に役立つと感じる。他の実験補足として、不燃紙(紙不燃液を塗布)の実験では、インクを不燃紙に付着させるとインク色に赤みが生じた。

(2)紙と没食子インクの経年劣化の影響

問題の所在

没食子インクは、紙に使用した最初に空気と光に触れることでブルーブラック色が定まる⁸⁾。その後、経年劣化によりピスタ色(茶系)に徐々に変化して行くことがある。インクと紙の相性、紙の厚さ、インク紙の保管場所等で、インクの変色具合は変わってくる。ここでは、インクと紙の相性に絞り、実験を行う⁹⁾。

紙とインクの経年劣化実験

実験サンプルは、前述の研究結果(1)紙による没食子インク色の变化で使用した同じもの(50種の紙)をそのまま活用する。(インク色に赤みが生じた不燃紙は実験から除外した。)その選定は長年の著者の経験等(油画制作やデッサン制作等)から、官能評価も取り入れ判断する。紙とインクの劣化には数年、数十年が必要である。その時間短縮を図るため、機器(耐光試験機 Q-SUN Xe-1 キセノンアーク)を使用し、紙とインクの加速劣化試験を行った。実験はサンプルに対して実験温度 28、照射照度 550W/m² で 150 時間照射した。昼夜の時間分を考慮して 3 年間分の太陽光を照射した換算になる。

紙とインクの経年劣化実験結果

50 種の紙とインクの加速劣化試験を行った。以下にその結果を示す。ブルーブラック色(青紫系)のインクは、黄土色を帯びて鈍い色味に変化した。インク塗布後の 50 種の紙を目視により現物比較し、優劣評価を前出の評価基準に従って評価した。

・インクの色味や濃さ等を最も優位に保つ紙：水彩紙モントール(フランス製)等 2 種類

・インクの色味や濃さ等を優位に保つ紙：ストラスモア水彩紙(アメリカ製)等 10 種類

・インクの色味はピスタ色に傾く紙：クロッキーCA NO.640 等 6 種類

・その他(インク色が玉虫色になる紙): KMK ケント#200

考察と今後の課題

紙とインクの変色は、全てのサンプルに於いて確認された。研究(1)と(2)での実験結果が重なる紙として、優位な紙はクラシコ 5 等 6 種類である。没食子インクの特徴は、数百年も描いた線等が羊皮紙や紙等に残る。永い年月を経たインクはピスタ色に変わるのである。今回の実験は、インクの色を最大限に美しく見せる紙を選ぶことにあった。その選別は十分にできたと考える。また、玉虫色の光沢(銀箔を硫黄で焼いた時の色に類似)が

でる紙を発見できたことも大きな成果である。インクと紙の特性には両極があり、本来のインク色を保つ紙と黄化させる紙に分かれる。耐光実験後に、没食子インク固有の特性が残っている紙は、インク特有の発色や艶を保持している。また、評価数値の低い紙はこのインクの色味や艶が低減し、古色風なピスタ色に近づくものもある。素描制作者が求めるインク色のイメージによって、自由に紙の種類を選択することができるのである。その結果、多様なインク素描作品が生まれてくるのである。益々、インクと紙の可能性が拡充すると考える。

(3) 膠のタンパク質限定分解

問題の所在

没食子インクには、展色材としてアラビアゴムが使用されているが、このインクの量が紙上に多く付着したところは剥がれやすい。そこで、インクの付着力を高めるため、植物性のアラビアゴムに代わり動物性の膠液の使用を考えた。しかし、没食子インクに膠液を混ぜる場合、膠液は 20 以下でゼリー化し、年間四季を通して利用するには不向きとなる。そこで、低温でも使用できる膠液を開発するため、膠液のタンパク質限定分解実験¹⁰⁾を行った。

タンパク質限定分解の実験

3 種類の膠液(HM 膠、つぶ膠、三千本)の酵素(コラゲナーゼ)によるタンパク質限定分解を行う。まず初めに HM 膠の分解実験を行い、その酵素反応を時間ごとに温度と粘度を計測する。粘度の計測は粘度計を使用。酵素は pH6.5~7.0 で活性が良いので、分解促進するため HM 膠液を pH7 に調整する。酵素はいつまでも働き続ける可能性があるため、100 に近い温度で、その活性を止める必要がある。そこで、試験管に仕分けした酵素入り HM 膠液を 100 の熱湯に入れ煮沸し、酵素を殺活させた。この膠液を冷やししながら粘度計測。-3,3 の温度でもゼリー化しない HM 膠液となることが分かった。前出の実験手順(HM 膠の場合)に従い、つぶ膠と三千本膠の実験も行った。

タンパク質限定分解の実験結果

それぞれのタンパク質限定分解の結果、0 以下でもゼリー化しない膠液ができた。

考察と今後の課題

3 種の膠液(HM 膠、つぶ膠、三千本膠)のタンパク質限定分解を成功させ、0 以下でもゼリー化しない膠液を製造した。それから、酵素反応の時間経過と膠の粘度値から、粘度は自由に操作できることが確認された。

(4) アラビアゴムとタンパク質限定分解膠液(3 種)の付着力の比較

問題の所在

インクが紙に多く付着した個所は、擦れ等により剥落することがある。展色材のアラビアゴムの粘着力・付着力は決して強くはない。対して膠の材質はガラス状であり、硬質であるので、膠は有用な展色材となりえる。

アラビアゴムとタンパク質限定分解膠液(3種)の付着力を比較実験
ガラス板を準備し、その上に酵素分解した膠液(3種)、アラビアゴム液をそれぞれ塗布する。各々の膠液が硬化・乾燥した後、粘着テープ(セロハンテープ)を密着させ、剥離作業を行う。テープの使用前、使用後の重さを電子天秤で計測し、確認評価する。

アラビアゴムとタンパク質限定分解膠液(3種)の付着力を比較した堅牢試験結果
乾燥固着したアラビアゴムとタンパク質限定分解膠液(3種)にセロハンテープへ加重負荷をかけて密着させた後、テープを剥がした。テープの使用前、使用後の重さを電子天秤で計測した。酵素分解した膠の中で、アラビアゴムよりも数値が低いHM膠(タンパク質限定分解)は没食子インクの展色材としての活用が相応しいと判断できた。

考察と今後の課題

アラビアゴムとタンパク質限定分解膠液の堅牢実験から、HM膠の優位が認められた。経年劣化に対して大きく役立つと考える。

(5)日本の没食子(虫こぶ)

問題の所在

西洋古典インク(没食子インク)として売られているインクは、非常に高価である。美術教育現場でそれを購入し活用するには不向きである。もし、日本風土を活用した没食子インク製造が可能になれば、美術教育へのインク使用が普及できると考えた。

各県の現地調査

インク製造には多量の没食子が必要である。没食子は没食子蜂(メス)が、どんぐり木の新芽や葉脈に卵を産み付けるために刺傷した後、その箇所が膨らんだもの(虫こぶ)である。高知県内の調査後、他県への調査も実施することとする。多量の虫こぶを1本の木で採取できるのは非常に稀である。どんぐり樹が密集している野山よりも、公園や牧場にあるどんぐり樹に多量の虫こぶ(クヌギハマルタマフシ(タマバチ科)ブナ科を発見し採取できた。

調査結果

現在までに岡山県某学校園、福岡県 JR 久大本線近く某公園、阿蘇の某牧場等で、多量の虫こぶを採取でき、インク製造に相応しいどんぐり樹を発見することが出来た。

考察と今後の課題

良質な虫こぶを多量に採取可能な地域を広げてゆくことである。

(6)日本風土の没食子インク製造

問題の所在

自然由来の没食子インクは、西洋で製造されており、入手するにはとても高価である。日本には自然由来のどんぐり虫こぶから製造した没食子インクは無い。西洋没食子インクの展色材はアラビアゴムであり、付着力・固着力が弱く、乾燥後剥落し易い問題点がある。そこで、日本で伝統的に展色材として使用されてきた膠を使用した、日本独自のインクの開発を目指した。これまでの研究に於いて、膠のタンパク質限定分解により低温でゼリー化しない膠液の開発製造を成功させた。アラビアゴムとタンパク質限定分解膠液(3種)の付着力を比較し、HM膠液の優位を確認した。日本風土の没食子(虫こぶ)の選定後にタンニン酸を抽出した。これらそれぞれの効果を合わせ、全く新しい日本風土の没食子インクを製造完成させることが目的である。

没食子インクを製造

採取した虫こぶを粉碎し、精製水で加熱した。これを濾紙とロートを使い濾過して固形分を除き、液分として緑色~琥珀色を呈する液体を得た。この液体はタンニン酸を含有する水溶液であり、この液体を加熱し、水分を蒸発させ、濃縮液を得た。この濃縮液に硫酸鉄の結晶粉末を加えて溶かし、目的とする没食子インクを得た。この没食子インクにタンパク質限定分解後のHM膠液を混ぜてインク完成させた。

実験結果

主なインク色の成分に膠液(タンパク質限定分解)を混ぜた全く新しいインクを製造した。インクは染料と顔料の特性を備え、展色材(付着力・色の保存)としての効果が高い膠を使用し、0に近い状態でもインクが使用できる物となった。今までの研究に於いて、膠のタンパク質限定分解により低温でゼリー化しない膠液を開発した。アラビアゴムと膠液(タンパク質限定分解)の付着力を比較し、膠液の優位を確認した。日本風土の没食子(虫こぶ)の選定をし、タンニン酸を抽出した。これらそれぞれの材料を合わせて、全く新しい日本風土の没食子インクを製造し、完成させた。

考察と今後の課題

日本風土における全く新しい没食子インクを製造完成させた。酵素分解した膠液の量は、増減させることも可能である。タンニン酸の濃度により、膠液量を調合する研究は、今後の研究でより明らかにしたい。他の実験補足として、インク色の経年劣化を少しでも予防するために、保存状態を維持したと考えられているエジプトのミイラにも使用された蜂

蜜をインクに混ぜた。しかし、蜂蜜の成分が、乾いたインクの湿度を高め乾燥しにくい欠点認められた。

(7)羽根ペンによるインク線のゆらぎ 問題の所在

羽根ペンとインクで描かれたデッサンは、鉛筆やボールペン、金属ペンで描いた作品よりも美しく感じる。人の官能反応として、羽根ペンを使用したデッサンにはゆらぎがあり、有機的に感じるのである。

インク線の周波数を計測実験

インク線は美しく感じるゆらぎがあると考え、その線の周波数を計測することにした。著者自身のインク線で周波数を計測した。1/f ゆらぎ¹¹⁾は、人が最も心地良いと感じるゆらぎである。インク実線を横に引いた場合、その線の幅にゆらぎは起きていると予想し、FFT(高速フーリエ変換)ソフトにかけ計測した。羽根ペンのゆらぎは筆圧によるゆらぎであり、周波数が発生する。瞑想(1分間)後に描いた線は、1/f ゆらぎを表す数値となり、人が最も心地良いと感じる周波数が含まれていた。

インク線の周波数を計測した実験結果

1/f ゆらぎが生じるのはインク線の幅であり、線を描く時の微妙な肥瘠の変化であった。1/f ゆらぎが生じるのは、描き手の心を落ち着かせた精神状態が線を描く時の微妙な筆圧の変化に現れることが要因であった。

考察と今後の課題

1/f ゆらぎは1分間目を閉じ深呼吸をした後に引いた線に現れた。今後は学生や生徒にもこのゆらぎの計測を行い、落ち着いた心理状態には、優れた効果があることを学生や生徒等にも広汎させて行きたい。

終わりに

紙と没食子インク、羽根ペンの研究から幾つかの成果を得られた。それぞれの成果を集大成して、全く新しい日本風土の没食子インクを完成させることができた。その過程で、紙と没食子インク色の関係からその変化と影響を明らかにし、耐光実験による没食子インク色と紙の変色を多くの紙で証明できた。没食子インクの欠点を見直し、固着力強化に通じる膠のタンパク質限定分解から、没食子インク使用に最適なタンパク質限定分解膠を得た。この膠は0でもゼリー化せず、固着力の強度も兼ね備えたすぐれた膠であることを実証した。また、没食子インクの製造に欠かせない虫こぶは、その質だけでなく量が必要である。その虫こぶを多量に採取できるどんぐり木を発見できたことは困難を伴ったが、今後の没食子インク製造にとって非常に大きなことである。それから、羽根ペン線には人に自然で有機的な美しい表情がある

と思わせる理由として、1/f ゆらぎもあることを確認できた。羽根ペンのインク線はたおやかな美しさを表現でき、とても魅力的である。羽根ペンとインクによる素描授業を中学・高校・大学等で実施し、良好なアンケート結果を得た。また、海外学術調査(アメリカ、ヨーロッパ)により、紙、羊皮紙、インク等の専門知識の習得と資料収集を行った。本研究で手掛けた日本風土の没食子インクは、新たな可能性を大いに内服し、美術教育や芸術活動等への貢献が期待できるものである。今後の研究開発でより進化させ、日本全国に普及させたいと考える。

参考文献

1. 土井原崇浩,「日本風土の没食子インクと羽根ペン」, 大学美術教育学会誌, 第37号, pp.263-270 (2005年).
2. 八重樫春樹,「フォッグ美術館所蔵 ヨーロッパ巨匠素描展 素描の技法」, 国立西洋美術館, pp.23~24 (1979年).
3. 山本大二郎(代表),『日本昆虫記 八チとアリの生活』, 講談社教育図書出版部, (1959年).
4. 『原色細密生態図鑑 世界の動物(5) 鳥1 ダチョウ・ペンギン・ワシ・カモ・チドリなど』, 講談社, (1982年).
5. クルハーウェーテル,『絵画技術全書』, 佐藤一郎監修, 戸田英夫, 真鍋千恵共訳, 美術出版, (1993年).
6. 薄葉重,『自然史双書 虫こぶ入門 虫と植物の奇な関係』, 八坂書房 (1995年).
7. 東京芸術大学美術学部, 油画技法材料研究室, デザイン学科視覚・伝達研究室, ホルベイン株式会社,「YUICHI」(2007年).
8. The Iron Gall Ink Meeting: 4th & 5th September 2000, The University of Northumbria, Newcastle upon Tyne : Postprints, Edited by Miss A. Jean E. Brown. (2000).
9. 渡部旭,『インキと科学(復刻版)』, パイロット筆記資料館 (1992年).
10. 鶴大典, 船津勝,「タンパク質分解酵素<2>(生物化学実験法)」, 学会出版センター (1993年).
11. 武者利光,『ゆらぎの発想 1/f ゆらぎの謎にせまる』, 日本放送協会出版 (1998年)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ①土井原 崇浩、蒲生 啓司、画材としての没食子インク、紙および羽根ペンに関する一考察、高知大学教育学部研究報告、査読無、第75号、2015、pp129 - 148

〔学会発表〕(計1件)

蒲生 啓司、小林 真也、土井原 崇浩、西脇 芳典、日本風土における没食子イ

ソクの開発と分析化学的検証、日本分析
化学会第 64 年会、九州大学 2015 年 9
月 9 日 11 日 (発表申込み受理済)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土井原 崇浩 (DOIHARA, Takahiro)

高知大学・教育研究部人文社会科学系・教授

研究者番号：00331067

(2) 研究分担者

蒲生 啓司 (GAMOH, Keiji)

高知大学・教育研究部総合科学系・教授

研究者番号：90204817

(3) 連携研究者

()

研究者番号：