

粉体工学会誌

7

Journal of the Society of Powder Technology, Japan

2020 Vol.57

論文

結晶セルロースの流動性におよぼす充填率の影響

解説小特集「芸術と粉体工学」

解説

日本固岩絵具における現状と天然岩絵具による色材としての応用の可能性

技術資料

伝統文化の継承を目的とした醍醐寺蔵「仏涅槃図」の色料研究

海外報告

「染織文化資源のひとつである天然顔料についてのサブミクロン・ナノ粒子による
応用創作研究」海外報告記

学位論文紹介

メカノケミカル反応による難処理鉱石からの希土類浸出促進およびその機構解明

マイクロ波加熱を用いた炭素微粒子のナノ構造化と特性評価

自然落下式熱処理法による高ルチル化結晶を有したフェームド酸化チタンの合成に
関する研究

	A	B	C	D	E	F
Fixative						
Azurite (1-10 μm)						
Azurite (30-50 μm)						
Azurite (100-150 μm)						
Synthetic inorganic pigment						
"Eco Pigment 21" (fine)						
"Eco Pigment 21" (coarse)						



一般社団法人粉体工学会

The Society of Powder Technology, Japan

URL <http://www.sptj.jp/>

粉体工学会 和文誌に「芸術と粉体工学」という小特集が組まれました。このぶんやの特集は、粉体工学会において初めてですが、理工系学会誌において、今まであまり例のないものかと思われます。

粉体工学会誌

Vol. 57 No. 7 2020

目 次

巻頭言

粒子積層技術が拓く新たな時代の粉体工学…………… 瀬戸 章文…359

論文

結晶セルロースの流動性におよぼす充填率の影響…………… 工藤 洋造, 高内 晃弘, 安田 正俊, 松坂 修二…360

解説小特集「芸術と粉体工学」

「芸術と粉体工学」解説小特集について…………… 内藤 牧男…366

解説

日本画岩絵具における現状と天然岩絵具による色材としての応用の可能性…………… 稲田 亜紀子…367

技術資料

伝統文化の継承を目的とした醍醐寺蔵「仏涅槃図」の色料研究…………… 田中 直子, 大林 賢太郎, 佐々木 良子…374

海外報告

「染織文化資源のひとつである天然顔料についてのサブミクロン・ナノ粒子による応用創作研究」海外報告記
…………… 荒 姿 寿…381

学位論文紹介

メカノケミカル反応による難処理鉱石からの希土類浸出促進およびその機構解明…………… 加藤 達也…385

マイクロ波加熱を用いた炭素微粒子のナノ構造化と特性評価…………… 伊澤 隆文…387

自然落下式熱処理法による高ルチル化結晶を有したフェームド酸化チタンの合成に関する研究…………… 山下 行也…389

海外報告

香港滞在記…………… 門田 和紀…391

研究会等活動報告

粉体グリーンプロセス研究会 2018 ～ 2019 年度活動報告…………… 飯村 健次…394

機械的単位操作に関する産学連携研究会 2018 ～ 2019 年度活動報告…………… 吉田 幹生…396

書評……………398

四分法……………399

日本粉体工業技術協会のページ……………400

会告……………405

表紙掲載図の情報

稲田亜紀子「日本画岩絵具における現状と天然岩絵具による色材としての応用の可能性」p.370 Fig. 1

「芸術と粉体工学」解説小特集について

Special Invited Reviews "Art and Powder Technology"

大阪大学接合科学研究所 内藤 敦男*

粉体工学は、産業の発展を支える基盤的な学問としてこれまで発展してきた。しかし、産業と同様に我々人類の発展に不可欠な芸術の分野においては、これまであまり粉体工学との連携はなされていないように思われる。たとえば絵画、染色、焼き物などに着目すると、微粒子の大きさやその分散状態、微粒子集合体の配列・積層・成形特性、さらには成形体焼成後の焼結体特性など、粉体とそれから形成される各種構造体の特性が、創作される作品の芸術性に大きく影響する。したがって、両者の連携はきわめて重要である。

そこで当学会では、女子美術大学名誉教授の藤本弘安先生と筆者らが中心となって、「芸術と粉体工学に関するワークショップ」を2019年度に立ち上げた。そして初年度は、粉体工学と芸術分野双方の情報交換を促進することを目的として、研究会活動を進めてきた。2019年度の本ワークショップの活動は、すでに本誌の2020年3月号に報告したので、興味ある方は参照されたい。

本小特集は、昨年第1回の研究会を開催した女子美術大学と、第2回の研究会を開催した総本山醍醐寺において、それぞれに展開されている創作活動と粉体工学との接点に着目して企画したものである。本特集では、まず岩絵具の日本画における現状と色材としての応用の可能性について、女子美術大学の稲田亜紀子先生に解説頂いた。また、岩絵具の研究蓄積によって制作された作品の海外での発表活動について、同大学の荒姿寿先生に海外報告として紹介頂いた。解説に説明されているように、岩絵具は日本画の色材として古くから使われてきたが、その調製に最新の微粉砕技術などを導入することによって、従来にはない新たな色材としての応用が広がっている。これは、粉体工学と芸術とのコラボレーションの一つのモデル事例といってもよいかと思われる。しかも、岩絵具から制作された作品が、アジアをはじめ、欧米でも日本のオリジナルとして大変注目されていることはきわめて興味深い。

一方、総本山醍醐寺の田中重子氏らの研究グループからは、醍醐寺所蔵の仏涅槃図に使用されている色材を、古文書などによる歴史的解析に加えて、可視反射分光分析や蛍光X線分析などの工学的手法を導入することによって、仏涅槃図に使用された色材を解明する取り組みを、技術資料として紹介頂いた。ここでは、二つの研究グループの取り組みを小特集として紹介したが、いずれも芸術の分野と粉体プロセス、最新の分析技術とが連携することによって、芸術に対する理解が深まるとともに、表現の豊かさなどに新たな広がりが見られている。今後、両者のさらなる連携によって、文化財の修復や豊かな芸術作品の創造など多様な展開が進むとともに、粉体工学の新しい応用領域が開拓されるものと期待される。

本ワークショップでは、双方の連携と融合を強化発展する別の活動として、当学会の「粉体材料設計研究会」や「不均質構造の利用と制御に関するワークショップ」などとも積極的に交流することによって、文理融合における新たな学術領域に向けた研究プロジェクトの企画立案などを進めている。このような活動を通じて、粉体工学がこれまでの工業分野における産学連携に加えて、芸術分野の発展にも貢献し、人類の持続的発展の基盤としてますます発展することを願うものである。

本小特集が、芸術と粉体工学のコラボレーションを考える上での何かのヒントになれば幸いである。

解説
Review

日本画岩絵具における現状と天然岩絵具による色材としての応用の可能性

稲川 亜紀子*

The Present Situation of Mineral Pigments Used in Japanese Painting and the Possibility of Applications of Natural Mineral Pigments as Coloring Materials

Akiko Inada*

Mineral pigments which have been used since old times in Japanese paintings as coloring materials are different in color and texture depending on their particle size. Recently, there have been an increased scarcity of certain natural mineral pigments. In this research, we have pulverized these natural mineral pigments into submicron/nano particles. It is observed that they exhibit different characteristics and unique colors when compared to natural mineral pigments sold in the commercial market. We could consider the possibility of applying the use these finely pulverized natural mineral pigments to various disciplines of the Arts. Here, we will discuss the present state of mineral pigments and the research conducted on natural mineral pigments by Joshibi University of Art and Design.

Keywords: Natural mineral pigments, Inorganic pigments, Japanese Painting, Submicron/nano particles, Planetary mill, Bead mill.

1. はじめに

岩絵具は日本画の色材として古くから使われてきた。その歴史を辿ると、今から千数百年前、仏教文化の渡来とともに中国や朝鮮半島から伝わった彩色料にさかのぼる。日本書紀巻第二十二推古紀には「十八年春三月、高麗王貢上僧曇徴・法定。曇徴知五經、且能作彩色及紙墨、并造螺磬。蓋造螺磬、始于是時歟。」とあり、墨や和紙、そして石臼とともに岩絵具に関連する国内最古と見られる記述がある。無機顔料の変遷として見た時、日本の彩色起源はそれよりも遙か以前、紀元前一万年前には始まっていたといわれており、特に縄文期以降の赤土や朱による赤色顔料は各地の遺跡から出土している[1]。弥生後期には緑土[2]が、古墳時代の装飾には黄土や白土といった顔料が確認されているが、銅を含む緑青などの岩絵具を代表する顔料は、飛鳥・白鳳時代の高松塚古墳壁画や法隆寺金堂壁画など、大陸文化の影響が色濃く指摘される文化財の中で見られるようになる[3,4]。以後、仏教美術が隆盛する奈良時代にかけて、日本画の伝統的な主要顔料の大部分が導入され、絵画技法、製造技術とともに定着していった。

日本画は長い年月にわたり、この国の自然環境や文化環境、宗教、社会構造などの影響を受けながら固有の発展を遂げてきた。そのような中で、岩絵具は伝統的日本画の彩色表現の成立に直接影響を与えてきた。また、近代以降には、無機化学の成果が印象派の新しい絵画表現を支えたように、岩絵具の粉砕・分級技術の確立と展開は近現代の日本画表現にも大きな影響をもたらした。今日、美術のあり方とともに日本画表現は多様化し続けている。その一方で、現在もなお、千数百年以上前と同様の顔料が製造され、市販され、大切に使われていることは世界的に見てもまれである。女子美術大学では30年ほど前に、岩絵具を中心とした日本画材料の製造研究が始まり、伝統を踏まえながら素材の新たな応用の可能性を築ってきた。本稿では、岩絵具の現状を解説するとともに、近年の研究活動の一部を紹介する。

2. 岩絵具とは

2.1 展色剤と岩絵具

現在、岩絵具には大きく分けて、天然岩絵具と人造岩絵具があり、一般的には粉末の状態でも市販されている。その粒度は軽いもので砂粒程度。細かいものは粘土粒子程度であり、粗いものは明度が低く、細くなるほど明るく白い色に近づいていくと一般的に認識されている。

使用する際には同着剤として膠液を混ぜ、必要に応じて水を加え、好みの濃度に調整する。顔料表面を完全に覆う形で定着する油絵具の乾性油やアクリル絵具の樹脂とは異なり、日本画岩絵具に使われる低濃度の膠は、乾燥すると顔料表面が露出し、空隙の多い絵具層を形成す

2020年1月31日受付
女子美術大学 芸術学部 美術学科 日本画専攻
(〒252-8538 神奈川県相模原市南区森洋1900)
Contributions in Japanese Painting, Department of Fine Arts College
of Art and Design, Joshibi University of Art and Design
(1900 Asarizodai, Minami-Ku, Sagamihara, Kanagawa 252-8538,
Japan)
* Corresponding Author: inada14001@venus.joshibi.jp

る。そのため長線的に見える色彩は顔料粒子内を透過し、何回もほかの顔料粒子によって反射、屈折されて出てくる着色光と、粒子表面で直に反射される白色光とが混ざったものとなる。このような絵具層の構造が岩絵具の柔らかな色彩の特質を生み出すひとつの要因となっていると考えられる。Fig. 1はバインダーの違いによる岩絵具・顔料の発色を色票にしたものである。上段は二列目から四列目までは粒度の異なる藍銅鉱、五列目は合成ウルトラマリン、六列目と七列目は本学製造の人造岩絵具“エコ岩絵具 21”である。縦列は左から日本画用膠、アラビヤゴム、アクリル樹脂、テンペラガラス（卵・乾性油）、乾性油、ブラックオイルとなり、いずれも絵具として実用的な濃度にしてある。縦列で見ると、10%前後で使用している日本画用膠はこの中でもっとも明度が高く見える。横列を見ると、天然アズライトの色彩は比較的バインダーの影響を受けやすく、特に1~10 μmの細かい粒子では変化が大きい。対して、“エコ岩絵具 21”ではあまり変化しないことがわかる。

2.2 天然岩絵具

天然岩絵具は、天然の鉱物を粉砕し、ある一定の粒度ごとに分類した顔料である。奈良時代までに導入された色材の多くは歴史的天然顔料として受け継がれており、特に天然群青（Fig. 2）と天然緑青と呼ばれ現存も販売される岩絵具はその代表ともいえる。これらは粒径による分類のほか、焼成、混色も行われ、幅広い階調を作り出すことができる（Fig. 3）。いずれも成分は塩基性炭酸銅であり、銅鉱床などの二次鉱物として相砕って産出される場合が多い。国内における産出は、狩野山楽が豊臣秀吉より採掘権を与えられていたといわれる多田銀銅山をはじめ、「新日本書記」にもいくつかの産地の記載があるが、江戸後期以降は、そのほとんどが海外からの輸入に支えられてきた。

現在の日本画材料店では天然鉱物による顔料を広く天然岩絵具と呼び、群青、緑青、藍銅のほか、黄土、珊瑚、朱や辰砂なども同様に取り扱っている。しかし江戸中期から明治頃までは藍銅鉱を原石とする群青、および孔雀石を原石とした緑青を分類した顔料のみ、岩絵具として取り扱われていたことが技法書などからわかる[5]。以下には文献などから群青と緑青の経緯別分類の名称をあげ、その変遷を記す。

奈良時代：大日本古文书（正倉院文書）より[6]

【青】金青・空青・白青

【緑】白緑・緑青

江戸中期頃：「芥子園画伝」より[7]

【青】石青・頭青・二青・三青

【緑】石緑・頭緑・二緑・三緑

中国清代の技法書であるが、江戸中期に伝わり顔料の分級が進みきっかけとなったといわれる。

江戸末期頃：「丹青指南」より[8]

【青】紺青・群青・海群青（甲）・海群青（乙）・白群青

【緑】粉緑青・青二番・小二番・青三番・白二番・白緑青

芥子園画伝と同様、群青と緑青には分類がある。発刊は大正15年だが、狩野派の伝統技法を伝える文献として、当時の分類法と判断する。

明治中期頃：「絵画之葉」より[9]

【青】紺青・群青・海群青・白群青

【緑】石緑・青二番・青三番・白二番・白三番・白緑

明治、大正期：「日本画と其技法」より[10]

【青】群青・海群青・白群青

【緑】二番・三番・小三番・四番・小四番・五番・六番・七番・白緑（白緑をまた数段階に分ける。）

昭和初期：「宮屋 絵具見本帖」より[11]

小4番・5番・流1番・流3番・流5番・流7番・流9番・白（びやく）

特に明治から昭和初期にはこのほかにいくつかの文献があるが、少しずつ表記が異なる。

昭和後期：「宮屋 絵具見本帖」より[11]

1番・2番・3番・4番・5番・6番・7番・8番・9番・10番・11番・12番・13番・14番・15番・白（びやく）

販売店により、また絵具の種類によって取り扱いのない番号もある。

現在、市販される岩絵具は電動ボールミル、振動ボールミルなどで粉砕した後、分級はおもに粒子の大きさの違いによる沈降速度の差を利用した方法で行われている。各絵具に付けられている番号は粒度というよりは、その岩絵具の階調を示すものである。天然岩絵具の色彩は原石の状態に依存するため、同じ番号の岩絵具が常に同じ明度、彩度、色調となるとは限らない。番号と粒度の関係は、岩絵具の種類によって異なるばかりでなく、販売店の分類方法によって、また天然岩絵具と人造岩絵具でも異なってくる[12]。

2.3 人造岩絵具

近代以降、大量生産される合成無機顔料、有機顔料の応用から日本画岩絵具も一気に色数を増した。その背景には戦後の西洋美術の影響とともに新しい価値観に立脚する絵画表現が求められたことなどがある。色鮮やかで粗い岩絵具による厚く抵抗感のある絵具層は、画面の物質感を強調し、作品の大膽化とともに近代以降の日本画表現の主流となっていった。

酸化金属とガラス質の溶解物を粉砕し、分級して作られる“新岩絵具”は精度の高い分級技術の導入に支えられ、昭和30年代から普及しはじめた。現在は一種類の岩絵具につき、約10段階ほどの階調に分類され販売されている。希少な天然岩絵具より安価であり、天然物にはない色相や彩度を持つ新岩絵具が豊富に製造されたことで、もっとも数多く扱われる日本画色材となっている。また、さらに安価な“合成岩絵具”は方解石に顔料や染料を定着させたものであり、天然岩絵具や新岩絵具に比べて比重がやや軽い。

なお、錬金術や錬丹術など歴史的な発見と技術によって古くから製造された人造朱や丹などの顔料が天然物と混同される場合があるが、現在販売される朱は水銀と硫酸を化合させて作った硫化水銀である。また丹は鉛を加

熱酸化させたもので、いずれも化学変化をともなう人造絵具であり、物理変化のみで作られる天然岩絵具とは異なるものである[13]。

2007年より、本学にて研究開発し、日本画材料店でも販売している“エコ岩絵具21”は酸化アルミニウムを担体として顔料でコーティングしてあり、日本画の教育普及を目的として開発したものである。安価で扱いやすく、特に環境への安全性を重視して開発されている。また天然群青などと同等の比重も確保し、筆おりのよきにも配慮している。

3. 天然岩絵具とその意義

3.1 天然岩絵具の微粒子領域の特徴

市販岩絵具の粒子の幅はおよそ1から200 μm の範囲である。その特徴をどう表現に利用するかは日本画表現においてのひとつの課題であり、個性でもある。これらは一般的に、粒子径が小さくなるほど白く明るい色に近づくことと認識されているが、現代の粉体技術においてはサブミクロン・ナノ領域の天然岩絵具の製造が可能となっている。本学では20年程前より、従来の市販天然岩絵具にはないこの領域の研究について、遊星ミル・ビーズミルを導入しながら、日本画創作研究とともに進めてきた。その結果、物性的にも色彩的にも、従来の日本画の創作で考えられていたものとは異なる特徴が認められている。

2015年の本学における研究では、藍銅鉱、孔雀石、ラピスラズリを微粒子領域まで粉砕し、粉砕時間による色彩変化と絵具としての描画性を調査した。特に藍銅鉱の色彩の経時変化では、市販岩絵具の領域とは異なる傾向が見られた。

Fig. 4 (a) は1から200 μm までの藍銅鉱の粒度別色彩変化のサンプルであり、従来の市販岩絵具はおよそこの範囲にある。一方、Fig. 4 (b) は20 μm 以下に篩分けした藍銅鉱 (Fig. 5 (a)) を元試料とし、遊星回転ボールミル (LP-4, 株式会社伊藤製作所製, ジルコニアボール径5 mm, 回転数250 rpm) にて粉砕した経時変化による色彩である。このうち特に隠蔽性があった90分サンプルの顕微鏡写真はFig. 5 (b)である。Fig. 4 (c) は同じ元試料をビーズミル (ラポスターミニ HFM02, アシザワ・ファインテック株式会社製, ジルコニアビーズ径0.2 mm, 回転数2538 rpm) で粉砕した色彩である。粉砕後、すぐに粘度が下がりはじめ、30分サンプルでは濡れたような質感と透明性が生じた。Fig. 5 (c) はその顕微鏡写真である。また絹などの支持体への付着の特徴においても従来と異なり (Fig. 6)、絵具層の薄い描画においては墨をほとんど必要としない。

これまで、ビーズミル (HFM02) による同じ条件下での藍銅鉱の粉砕実験では30分で200 nm前後の平均粒径となる。200 nmから200 μm までの粒径を持つ天然岩絵具は、その幅広い階調と特性を表現に応用できる色材として、世界的に見ても独創的であるといえる。

なお、粉砕実験を繰り返す過程で、サブミクロン・ナノ粒子領域では、特に原石の品位や微量成分の違いが色

彩に影響しやすいことがわかった。

Figs. 7 (a)(b) はいずれも20 μm 以下に篩分けした2種のアリゾナ藍銅鉱をビーズミル (ジルコニアビーズ径0.2 mm, 回転数2538 rpm) で30分粉砕したサンプルのSEM写真と色票である。粉砕前にはほとんど見分けがつかないが、微粒子領域にまで粉砕したとき、Fig. 7 (b) はFig. 7 (a)よりも彩度が低く、色相は青色味を帯び、粘度が高い。SEM写真では針状の粒子が確認できる。また、Fig. 7 (c) の成分比較では銅の含有量や微量成分の違いが見られる。

近年では、歴史的顔料といわれる藍銅鉱などの鉱物がしだいに希少性を増している。そのような状況の中で、日本画岩絵具としての彩色表現 (Fig. 8) だけでなく、染色や陶芸、インクジェットプリンターによる吐出実験、金属に塗布したジュエリー (Fig. 9) 製作など、微粉砕技術によってさまざまな素材や造形分野に応用の可能性を持つ天然岩絵具を開発し、その魅力の共有を試みている。

3.2 天然岩絵具と海外

日本画とタイ画

2015年から交流を行うタイのシラバコーン大学芸術学部にはタイ画と呼ばれる伝統絵画技法を研究する専攻がある。かつては日本画と同様、仏教の教えを説く絵画として、寺院の壁画に数多く描かれたが、近代以降は中国や西洋文化の影響を受け、技法材料ともに変化していった。高温多湿の気候から、現存するのはもっとも古いもので600年程前のものといわれるが、仏教の物語や仏教の宇宙観などを主題とした18世紀頃の寺院壁画には、優美で繊細な表現が数多く見られる。

この材料技法を研究するアヌワット・ラダワン氏とは2017年にシラバコーン大学にて双方の絵画技法材料を紹介するワークショップ「Color from Natural Material: Process from Japan and Thailand」(Fig. 10) を開催し、翌年には本学において講義と実演を行っている。タイ壁画に使われる天然顔料は、乳鉢などでなめらかな粘土粒子程度まで粉砕され、バインダーを加えてさらに擦り合わされる。伝統様式の繊細な描画と彩色が施しやすいよう、支持体は固く磨き上げられた白土に描かれる。

日本画岩絵具に興味を持たれたアヌワット氏は、タイの伝統色材に加え、日本画岩絵具の天然群青と天然緑青、そしてビーズミル粉砕の藍銅鉱、孔雀石を使った作品制作を行った。幅広い粒径による階調とテクスチャーの対比を意図的に利用することで、伝統的なタイ画表現に岩絵具の物質感が加わり、美しい作品に仕上がっている (Fig. 11)。

現在、日本の洋画や工芸分野において天然顔料はほとんど使われておらず、海外、特に西洋ではほぼ合成顔料に代わっている。タイにおいても、近代以降に合成顔料が主流となり、歴史的な文化財でさえ建設時とは異なる材料で修復されているものがあるという。

バンコクにある歴史的な王室寺院であるワット・プラチートトッポン (Wat Phrachetupon) には、ラーマ3世

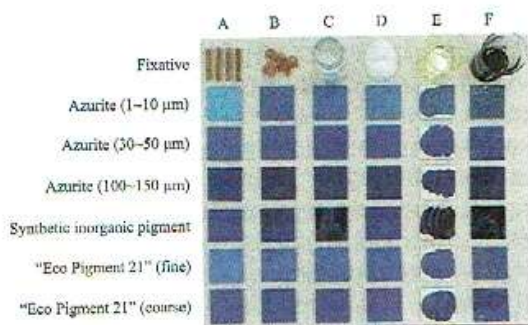


Fig. 1 Effects of using different fixatives on the appearance of blue color pigment. A: Glue for Japanese painting, B: Gum Arabic, C: Acrylic resin, D: Egg Tempura medium, E: Drying oil, F: Black oil



Fig. 2 "Tennen-Gunjyou" (azurite pigments) sold at a Japanese painting material shop, Kiya



Fig. 3 Variation of colors of azurite and malachite (depending on particle size, degree of calcination and mixture of color) produced by Kiya

(1788~1851) による改修工事の記録「Ekasan Wat Phrachetupon」が残されている。そこには中国から入手された朱と丹、そしてタイ国内で採取された白土、黄土、赤土 (Fig. 12)、胡粉、木炭、藤黄など、壁画に使われた材料と数量、価格が記載されている。特徴的なものとして、精錬された銅から緑青を採取する過程で使用したというタイの柑橋類、そしてバインダーとして顔料や基底材の白土に添加されるタマリンド種子などもある。アヌワット氏によれば、白土はティンソーボンと呼ばれる泥

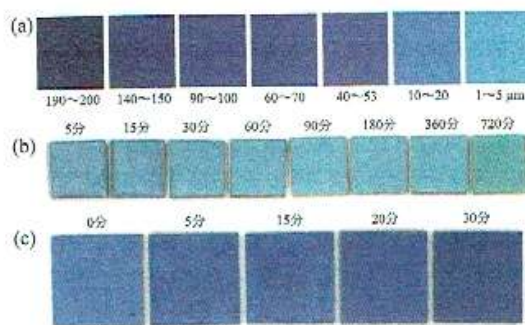


Fig. 4 Changes of color of azurite at different time durations using different methods of pulverization. (a) Variation of colors and particle sizes of mineral pigments in the commercial market. (b) Relationship between time used to pulverize azurite with a planetary ball mill and its color change. (c) Relationship between time used to pulverize Azurite with a bead mill and its color change

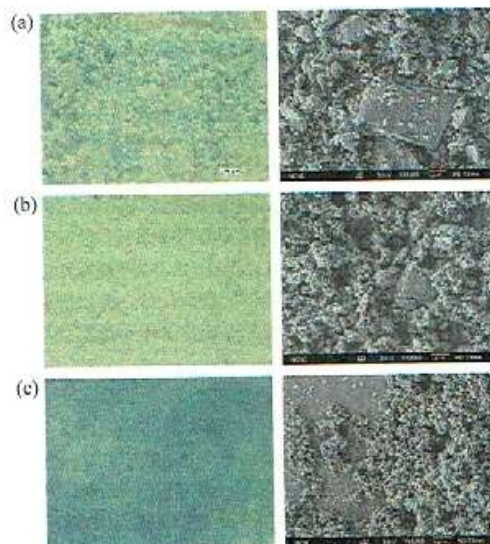


Fig. 5 Effects of pulverizing azurite into fine particles using planetary ball mill and bead mill. (Left: Optical microscope images 1000x; Right: SEM images 10,000x). (a) After pulverizing with ball mill, original sample of azurite that have been sieved to less than 20 μm, (b) Pulverized with planetary ball mill (using 3 mm zirconium ball at 250 rpm for 90 min), (c) Pulverized with bead mill (using 0.2 mm zirconium beads at 2587 rpm for 30 min)

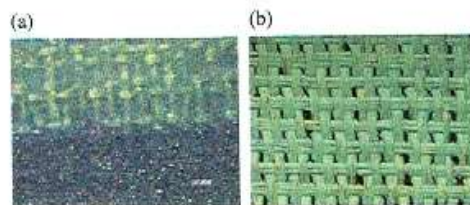


Fig. 6 Optical microscope images of azurite particles on silk. 100x. (a) up: "Byaku" (finest-grain) sold in commercial market (<10 μm), bottom: stage 9 (50-70 μm), (b) pulverization with bead mill after 30 min

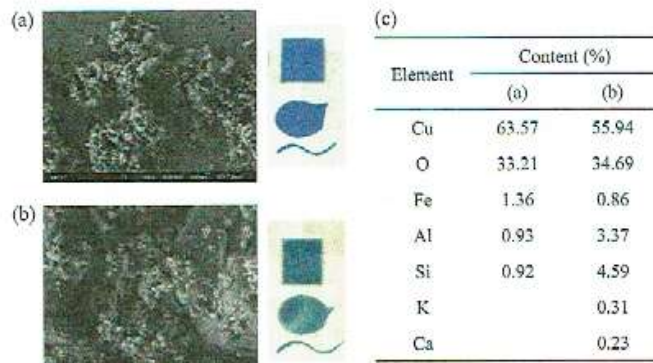


Fig. 7 (a)(b) SEM images of different grades of azurite, (c) Component analysis



Fig. 8 Sample study of Japanese painting. Title: "Haruka no Niwa (Distant Garden)" 2016, 30.2×30.2 cm. Painted with fine pulverized lapis lazuli, turquoise, lava from Mount Fuji, black mica, crocoite, jasper, malachite, azurite.



Fig. 10 Color from Natural Material: Process from Japan and Thailand 2017 Workshop at Silpakorn University



Fig. 9 Jewelry made with adding finely pulverized particles of natural mineral pigments (Made by K. UNO). Mineral pigments include azurite, malachite, diopase, rocks from Nepal, lava from Mount Fuji.

灰土であり、また、同じ白色でも顔料としておもに使われるのは淡水系の貝を風化させたもので日本の胡粉に近いという。また日本でも古くから知られる藤黄(ガンボージ)はオトギリソウ常緑樹の樹液であり、江戸時代にはシャムから長崎へ輸入されたという記録もある[1]。タイ

に限らず近代以前には世界各地で、よく似た顔料が使われているが、地域の産物を利用したさまざまな工夫が見られる。

3.3 天然岩絵具の色彩と夾雑物

北京ブルーとして知られるプルシアンブルーや前田家成巽閣のウルトラマリンブルーの鮮やかさは当時、驚きを持って受け止められたことだろう。近代以降に普及した合成無機顔料と並べたとき、天然岩絵具の色彩はグレイッシュに見えることがある。しかし、その色彩には独特の複雑さがあり、これまで多くの日本画家によって、技法書などからその魅力が語られてきた[14,15]。

Fig. 13 は藍銅鉱の薄片を偏光顕微鏡で見たもので複雑な結晶構造が観察できる。また Fig. 7 (c) にも見られるように、主成分の組成のほかにも複数の微量成分が検出されることがある。これらの夾雑物は天然岩絵具の特徴でもあり、原石の産地の特徴や品位によって異なる。これらを取り除き、純度を高め、均質化した工業製品とは異なり、安定した生産はむずかしい。しかしいい替えれば産地の情報を含んだ色彩であるともいえる。そのように捉えると、希少な歴史的顔料に限らず、産地に由来するさまざまな無機物の色彩には固有の価値があり、別の表情が見えてくる面白さがある。

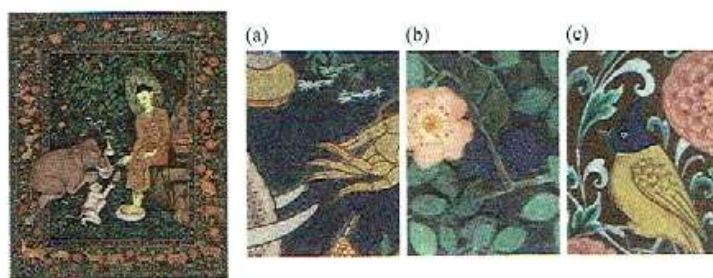


Fig. 11 Artwork by Anuwat Laddawan 2019. Title: "Parileyyuka", size: 55×45 cm. (a)-(c) Close ups on various parts. Material used: Traditional Thai pigment, malachite and azurite ($\sim 150 \mu\text{m}$ - $0.2 \mu\text{m}$), gold leaf on wood panel with white clay and tamarind solution.

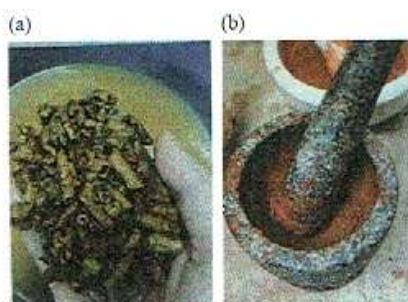


Fig. 12 Natural pigments found in northern Thailand. (a) Yellow ochre, (b) Red clay soil

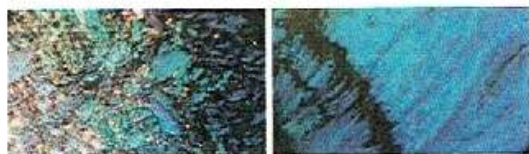


Fig. 13 Polarizing microscope images of azurite fragments

4. おわりに

30年来に渡る本学のファインアートにおける絵画材料研究を工芸や色彩学などの他領域と共有し、連携を図る試みを近年は活発に行ってきた。染色文化財の保存修復技術の確立を目指し2016年に設立された「女子美術大学染色文化資源研究所」の研究活動の中で、日本画研究領域では希少な天然素材を微粒子化することで、染色や陶芸などさまざまな造形分野での応用の可能性を探り、試料の製造と提供を続けている。また、同年の東京国際ミネラルフェアでの特別展示を皮切りに、ドイツ、イギリス、ニューヨーク、韓国においてこれらの天然顔料による絵画・工芸作品の展示を行い、今後は上海交通大学での開催を予定している。

近年のこれら研究の背景には、大阪大学接合科学研究所との共同研究、「天然無機物の微粒子分散プロセスが色材特性に及ぼす影響」(2018, 2019)、そして一昨年には本学で、昨年は総本山醍醐寺にて開催された、粉体工学会とのシンポジウム「芸術と粉体工学に関するワークショップ」などがあり、これまで美術大学としてはほとんど関わることのなかった分野の先生方、関係者の方々と意見交換の機会に恵まれたことに感謝したい。

References

- [1] E. Tsuruta, History of pigments, Dictionary of pigments, Asakura Shoten (2000) pp. 144-155.
- [2] S. Akagi, Geological considerations on the place of origin of the green inorganic pigment used for the shields excavated from the Aoyakamijichi archeological site, Restoration project of wooden shields painted with green pigment, Research report of Tottori Prefecture Center for Archaeological Operations 53 (2013) 23-39.
- [3] N. Kuchitsu, Y. Nakamura, T. Miki, Use of "terre verte" in Japan, Archaeology and Natural Science 46 (2003) 55-56.
- [4] M. Naruse, Pigments of decorated tumulus, The 6th working group on decorated tumulus, Fukuoka (2013) Presentation material 5.
- [5] H. Oguchi, Scientific Investigation on Color Materials in Japanese Painting, Bulletin of the Faculty of Fine Arts, Tokyo University of Arts No. 5 (1969) 61-65.
- [6] A. Watanabe, Techniques of Classical Japanese Painting, Arts of Japan No. 401, Shibundo (1999) pp. 20-23.
- [7] H. Yamamoto, Japanese translation of Kaishiengaden, Unsodo (1972) pp. 30-32.
- [8] M. Ichikawa, Tanseisinan, Alumni bulletin of Tokyo University of Arts (1926) 28-32.
- [9] K. Kida, Kaigu no Siori, Syouseisya (1902) pp. 34-37.
- [10] E. Matsuoka, Japanese painting and its techniques (1936) 64-67.
- [11] Sample Book of Pigments, Kiya (1959) p. 1.
- [12] K. Hashimoto, Kaiga zairyō no Shouchū, Seikatsu no Tomo (2006) pp. 44-45.
- [13] K. Hashimoto, Hontōno iro Iwa-enogu no Omoshiro, Joshibi Art University Isis (2018) pp. 16-19.

- [14] K. Yoshioka, *Nihonga no Gihou, Nihonga no Yougu Youzai*, Bijutsu Shuppan (1953) p. 6.
[15] T. Mitani, *Nihonga no Seisaku, Zairyo to Gihou*, Bijutsu Shuppan (1975) pp. 29-30.



〈著者紹介〉

稲田 亜紀子

1997年女子美術大学大学院美術研究科美術専攻日本画修了。同年同大学芸術学部美術学科日本画専攻助手。2014年助教を経て、2016年同大学同専攻准教授（現職）。2019年公益社団法人日展 第一科日本画審査員。
専門：日本画制作、日本画天然顔料

海外報告
Overseas Report

「染織文化資源のひとつである天然顔料についての
サブミクロン・ナノ粒子による応用創作研究」海外報告記

Overseas Report of Applied Creative Research on Submicron/Nano-Particles
of Natural Pigments that Form of Textile Cultural Resources

荒 姿 寿*
Shizu Arai

1. はじめに

2018年、2019年に鉱物(図1)を用いた天然無機顔料のサブミクロン・ナノ領域粒子(図2)の応用創作研究の成果を海外で発表する機会を得た。女子美術大学日本画研究室が長年に渡り岩絵具について創作とともに研究を続けており、現在では先端技術を応用し、天然岩絵具の市販品よりも更に細かいサブミクロン・ナノ粒子顔料を開発研究している。本稿では、その研究蓄積によって制作された作品の海外での発表活動とワークショップについて報告する。

2. 女子美術大学染織文化資源研究所について

この海外発表プログラムは、女子美術大学染織文化資源研究所の研究部門「染織文化資源のひとつである天然顔料についてのサブミクロン・ナノ粒子による応用創作研究」の研究報告の一環として実施した。染織文化資源研究所では芸術学部工芸専攻刺繍領域の歴史と伝統の中で培われてきた染織文化財の修復技術とその知見の蓄積を学内横断的に結びつけ、「染織文化資源研究」の推進を図るとともに、教育へのフィードバック、素材研究、人材育成を行っている。本研究では、日本画研究室橋本教授(現:名誉教授)を中心に30年の長きに渡り研究してきた天然顔料を日本画のみならず工芸(染・織・刺繍・陶・ガラス)・プロダクトデザインなどの幅広い分野での展開を試みている。この鉱物を代いた天然無機顔料のサブミクロン・ナノ領域粒子を用い、インクジェット吐出試験機によるインクジェットプリントの研究も行なっている。また、2018年より大阪大学接合科学研究所の内藤俊男研究室との共同研究により、美術・工芸・デザイン素材における新しい領域の開発研究を更

に進めている。

3. 工芸染色領域の研究作品について

今回海外報告展に出品した作品と制作で使用した顔料作成過程について紹介する。サブミクロン・ナノ領域粒子顔料は、ラピスラズリ、アズライト、孔雀石、ジャスパー、スズ石、サンゴ、富士山由来溶岩等を使用している。

まず、第一段階としてかたまりの鉱物を粉砕機で砕き、徐々に細かい粒子にしていく。鉱物の粗粉砕からおよそ市販岩絵具粒子である10 μ m以下までの粉砕については、日本画研究室福田重紀子准教授が学内で行ない、その後アシガワファインテック株式会社にサブミクロン・ナノ領域粒子までの粉砕を依頼し、その微粒級の天然顔料と本学でサブミクロンに粉砕した粒子を使用している。私の専門は布に模様を染め付ける「染色」である。2015年より、この微粒の天然顔料を用いて「布を染める」という機会をいただいた。顔料の多くは鉱物質の色素で水や油に解けないと言われている。一般的に日光には強いが、そのままでは繊維に染まりつかない。私は、模様染めの技法を用いて顔料をどのように繊維に染めつけるかを題目とした。また、サブミクロン・ナノ領域粒子という微粒の染着性の高さに着目し、その可能性を探るため、さまざまな模様染め技法を試すこととした。学生のオリジナル図案による型染めやスクリーン捺染作品にも応用した。型染めでは型紙で糊を置き、顔料に豆汁(大豆の汁)とバインダーを混合した液を加え刷毛で塗り込む。スクリーン捺染も同様に顔料とバインダー(顔料が定着するための接着剤)を混ぜず捺染をする。バインダーはアクリル樹脂のエマルジョンを使用する。これらの作品からは岩絵具のマットな質感、独特のやわらかさのある色味を得る事ができた(図3)。

2015年~2017年の天然無機顔料のサブミクロン・ナノ領域粒子顔料を用いた染色結果は、バインダーを使用し布に固着させる方法を使用した場合、技術的な面において特に問題がなかったため、更なる染色作品への応用も予感できる結果となった。ただ、多少生地との風合いが硬くなるため、生地との風合いを柔らかく保つことが課

2020年1月31日受付
女子美術大学芸術学部 デザイン・工芸学科 工芸専攻
(〒252-8538 神奈川県相模原市南区麻溝台1900)
Department of Design and Crafts, Concentration in Textiles, Ceramics and Glass, Joshibi University of Art and Design
(1900 Asamizodai, Mizumai-ku, Sagamihara, Kanagawa 252-8538, Japan)
*連絡先 ara09035@venus.joshibi.jp

題となった。2018年からは、浸し染めによる型染めと籠い絞り染めへの応用を行った。この天然顔料を水中で分散させ、染料のように浸染ができるかどうかを試みた。素材によっても染まりつきに差があったが木綿の晒生地は比較的染まりつきが良かったため、絞り染めの模様もくっきりあらわれた。

制作工程としては、染色をする前に、繊維の中に顔料の先着場をつくるための助剤を湯に加え、布を処理する。分散剤を加えた50℃ほどの湯に顔料を溶き、染液の中で布を動かしながら染めていった(図4)。染色後、顔料を固着するためバインダーの入った溶液に浸し、乾燥後、完成となる。どの顔料も同じような結果となった。天然無機顔料が合成染料と同様に色料として問題なく使用できることは、画期的な発見となった。また、布のみならず糸も同様に染色することができたが、やはり素材によっては染まりつきの良くないものもあった。天然の鉱物は化学的に作られた人工的な色料とは異なり多くの色合いが混じっている。それゆえに天然鉱物の「色」にはその自然の光が反射して豊かな奥行きを感じる。また、超微粉の画期的な色料は、やわらかな風合いがあり、そのしっとりしたふくみのある色調に魅了された。2019年からは、染色堅牢度の試験を実施することで、天然無機顔料の染まりつきを科学的に分析し、実用性についても確認を行っている。今後は、布としての使用にどれほど絶えうるのかについて検証を行うことと、暖簾や額装などの装飾布のみならず、実用性を考慮してどのような布作品に展開できるか学生達と共に実践していきたいと考えている。このハイブリッドな染色は、既存の染色工芸の表現の幅をより豊かに広げる可能性があることと確信している。

4. ソウル、ドイツ、イギリス、ニューヨークでの展示発表、ワークショップについて

研究成果発表の第一弾はソウルで行った。会場には、和紙、染、織、刺繍、陶、ガラス、と共に大阪大学接合科学研究所内藤研究室との共同研究も行っているインクジェットプリント作品を展示した。2018年9月1日、国際交流基金ソウル日本文化センターにて、女子美術大学に通う韓国の留学生の保護者会と並行して実施された。鉱物を用いた天然無機顔料のサブミクロン・ナノ領域粒子の応用創作研究の作品展示に加え、「天然岩絵具作成キット」(5mm位の小石を手の方で粉砕していく簡易な道具)による鉱物の粉砕実演体験プログラムがおこなわれた。学生保護者、韓国誠信女子大学の学生、韓国の美術大学の教授、現代美術家、一般の方を含め述べ50名の方がプログラムに参加された。皆さん天然顔料の美しさ、不思議さに魅入られていた。「天然岩絵具作成キット」への反応もあり、注文も数件いただいた。橋本教授(現:名誉教授)により女子美術大学が発信する鉱物を用いた世界初の天然無機顔料のサブミクロン・ナノ領域粒子の有効利用と現代の一般的素材の状況、最も「自然な色」の有効活用の可能性と現代における意味な

ど、最先端の技術による美術・工芸作品を前に解説があった。

2018年10月、11月にはFAU(ドイツ・フリードリヒ・アレクサンダー大学)教育学部、BCU(イギリス・バーミンガムシティ大学)ファッションテキスタイル学科、両校にて作品展示とワークショップの機会を得た(図5)。FAU、BCUとも本学と学術交流協定を結んでおり、教員・研究交流ならびに学生交流を重ねている。FAUはバイエルン州第二の規模を誇る学術水準の高い名門総合大学で、日本人留学生も全学で30名在籍している。FAUの副学長、教育学部長のSusanne Liebmann-Wunner博士と橋本教授は数度のスカイプでの共同授業の実績もあり、現地では温かい歓迎を受けた。通訳は、スカイプでの共同授業でもお世話になった根元フィヨドロヴァ貴代氏(FAU研究員)をお願いをした。展示初日にはオープニングパーティも開催され、FAUの学生達、先生方と和やかに懇談しながら、「天然岩絵具作成キット」を使用したデモンストレーションが行われた。初めて見る天然鉱物の岩絵具に皆さんが驚きと興味を持って手元を覗き込んでいる様子が特に印象に残っている。2日目には、橋本教授による講義とワークショップが実施された(図6)。はじめに1時間ほど“天然鉱物の持つ自然の色”“地球の色”をキーワードにお話しがあり、その後FAU周辺の川緑で拾い集めた小石を使って絵具づくりを体験した。美術教育専攻の30名ほどの学生は、天然の鉱物や石が絵具になる過程と、石それぞれが持つ固有の色を楽しんでいた。教育者を目指す学生に対して、日本画天然岩絵具が広げる豊かさの可能性について共に考える良い機会となった。

筆者たちは、ドイツFAUでの3日間の展示を終え、翌日にイギリス、バーミンガムシティに降り立った。BCUは、1992年に設立された新しい大学だが、1843年に設立された工芸学校に起源を持ち、長年教育において重要な役割を果たしている。現在は、開放的なガラス張りの教室、研究室には大型のレーザーカッターや3Dプリンター、テキスタイル用の大型プリンター、特殊撮影やTV映画など映像制作に使用されているスタジオ、豊富な先端デジタル機械と活版印刷機が同居している。また、工房の一部は学部を超えた共通工房として活用しており領域を超えて自由で活発な創作研究が行われている。毎年夏には、女子美術大学の短期留学プログラムをBCUが実施されており、特にファッションテキスタイル学科の先生方には大変お世話になっている。サマースクールは2019年度で16回目(2005年、2011年を除く)を迎えている。また教員間の交流プロジェクトも令和2年より始動することとなっている。

今回はファッションテキスタイル学科のZoe Hillyard先生の協力を得て初日に展示作業を行い、午後から作品をご覧いただきながら「天然岩絵具作成キット」を使用したワークショップを開催した(図7、8)。海外からの留学生も多数いるため多国籍の学生たちを前に“地球の色”について講義を行うと、自身の大切にしている鉱物



図1 天然鉱物・岩石



図2 天然鉱物を用いたサブミクロン・ナノ粒子領域顔料



図3 型染め作品



図4 アズライト（藍銅鉱）を使用した絞り染め



図5 陶の作品（お猪口）



図6 FAUでのワークショップの様子

を手に橋本教授の元に駆け寄り、とても感動した面持ちで質問している学生もいた。先端技術を活用したサブミクロン・ナノ領域粒子顔料の応用作品の反応としては、新規性や独創性の点において、テキスタイル、メディアアート、デザインなどを専門とする教員から多くの反響をいただいた。一部の作品は1ヶ月半ほど継続してほしいとの依頼を受け、展示は12月いっぱいまでの開催となった。

今回のワークショップで使用した「天然岩絵具作成キット」は橋本教授によって開発された。天然顔料岩絵

具についての日本語テキストは、本学国際センターの協力で英語とドイツ語に翻訳し、ワークショップでもこのテキストがあることで理解が深まったようである。このテキストは、大阪大学 内藤牧男教授の粉体について、子供にも理解されるように書かれた解説、鉱物の専門家、美術史、美術教育の専門家の解説が小さなテキストになっている。

2019年6月には、ニューヨークにある The Nippon Club にて本研究の作品展示が行われた（図9）。本学日本画研究室と工芸研究室の教員が現地へ向かい、作品展



図7 BCUでの作品展示風景



図8 BCUでのワークショップの様子



図9 ニューヨーク日本クラブでの展示風景



図10 海外報告同行メンバーとFAUの先生方と展示会ポスター

(左から、〈故〉内藤幸江さん、橋本弘安教授、Susanne Liebmann-Wurmer先生、Sabine Richter先生、筆者、FAU校内にて)

示、ワークショップを実施した。日本クラブということからレセプションパーティ、講演会、ワークショップ参加者はほとんどが日本人ないしは日系人であった。会期中はアメリカの方々もお越しください、その際に「岩絵具が、絵画のみならず、陶器やアクセサリ、更には布などにも使われ、多彩で優美な色を作りだすことに興味をもたれています。」という報告があった。また、顔料が天然鉱物を粉砕して作られていることをご説明するととても驚かれるという反応をいただいた。説明を聞いて「きっとこのような世界を楽しむ時が来ると思う」「環境にやさしい世界」とのご感想をいただいた。ワークショップでは、25名ほどの参加があり、富士山由来溶岩で、富士山を描く方もいらっしゃり、物語のある色について各々の中のものごたりや思い出を結びつけて絵を描かれていた。

5. おわりに

天然岩絵具を用いたサブミクロン・ナノ領域粒子顔料の海外発表では、特に海外協定校の学生へ魅力を伝える機会となった(図10)。日本の美術・工芸の作品が先端技術と地球が長い年月を経て作り上げてきた天然鉱物・岩石と掛け合わされ、新しい色の価値観を提示することができたことはひとつの成果と言えよう。また、その展示作品に対して、観賞された皆さん、ワークショップにご参加くださった皆さんの反応がとても新鮮で、それぞれが「ものごたり」のある天然の色に興味を持ってくださったことを嬉しく思っている。今後も天然鉱物・岩石

を用いたサブミクロン・ナノ領域粒子顔料の可能性を模索しながら、国内外に発信し、美術と粉体テクノロジーを掛け合わせた共同研究の推進を図っていきたい。

謝辞

この度は、快く会場を提供くださったBCU、FAU、日本クラブの関係者の皆さまのおかげで発表の機会をいただくことができました。ソウル展で韓国語の通訳をしてくださった、女子美術大学日本画研究室非常勤講師ユー・ヨンゴ先生、ドイツではFAU研究員の根元フィヨドロヴァ貴代さん、イギリスでは森純子さん、Akiko Earlyさんの通訳のおかげで交流を深めることが出来ました。また、「天然岩絵具作成キット」の英訳をご担当くださった本学教養研究室サイモン・コスグロップ先生、ドイツ語訳をご担当くださったFAU研究員根元フィヨドロヴァ貴代さん、また、ソウル、ドイツ、イギリスでの海外展示の企画運営については、本学集文化資源研究所、国際センターグループ関係各位、日本画研究室、工芸研究室のご協力をいただきましたこと、厚く御礼申し上げます。特にソウル、ドイツ、イギリスの海外発表にもご同行いただいた本学国際センターグループ長であった〈故〉内藤幸江さんのたくさんのご配慮やお力に依るところが大きく、この場をお借りして心から感謝申し上げます。