

第19号

衣笠纖維研究所報告

2015

公益財団法人 衣笠纖維研究所

2016年3月発行

2015
Annual Report of
Kinugasa Research Foundation
for Textile Science

Kitano Shimohakubai, Kita-ku,
Kyoto 603-8326, Japan

目 次

重点研究

カイコ幼虫を用いたセントラルドグマ教材の開発（継続）

Ⅲ. 手動ポリメラーゼ連鎖反応法による雌雄判別 杉村順夫 ・ ・ ・ ・ 1

外部連携研究

蚕への各種ストレスの供与と産出される絹糸の

品質に関する研究（継続） 河原 豊 ・ ・ ・ ・ 6

超臨界二酸化炭素を用いる高反応性繊維の創製（継続）

ー綿繊維の無水染色の可能性ー 杉浦和明 ・ ・ ・ ・ 10

教育支援

衣料用洗剤に含まれるアルカリプロテアーゼを

用いた理科教材の開発（新規） 池内秀和 ・ ・ ・ ・ 14

活動ノート

書籍出版の取り組み ・ ・ ・ ・ ・ 21

繊維学術賞の授与 ・ ・ ・ ・ ・ 22

学術講演会の開催 ・ ・ ・ ・ ・ 29

平成 27 年度（公財）衣笠繊維研究所活動状況 ・ ・ ・ ・ ・ 34

1. 学術論文の発表、各種学会での口頭発表など

2. 講演・講義活動

藤井 博 理事を偲ぶ

カイコ幼虫を用いたセントラルドグマ教材の開発

Ⅲ. 手動ポリメラーゼ連鎖反応法による雌雄判別

杉村 順夫

公益財団法人衣笠繊維研究所 〒603-8326 京都市北区北野下白梅町 29

1. 研究の背景と目的

学習指導要領の改正に伴い、高校生物の教科書は分子生物学、生化学、細胞生物学領域の内容が豊富になり、且つ、複雑・多様化し、高度になっている。これらの領域を座学的学習だけでなく、実験・観察を通じて体得的に理解する機会を与えることが望まれている (森本ら 2014)。しかし、次のような要因により、体得的学習のバリエーションが高い。

- (1) 取り扱う材料が、タンパク質 (酵素)、DNA (遺伝子)、細胞であり、失活、分解、細胞活性の低下が起こり易く、これらを取り扱うためには、事前の習熟が必要となることが多い。
- (2) 使用する試薬類が高価であったり、有害であったりする。有害試薬については、実験時での注意喚起に加えて、実験終了後の試薬廃棄についても事前に準備する必要がある。
- (3) 実験・観察には、特殊な器具類・機器類を要する場合が多く、購入コストの負担が大きい。
- (4) 操作プロセスが長く、規定の時間内で終了することができず、数回に分けて実施することも考慮しなければならない。その場合には、授業時間の再割り付けが必要となる。

分子生物学分野の導入実験として、DNA 抽出が取り扱われている。抽出材料として、ブロッコリー花序、ニワトリ肝臓、魚の精巣、ヒト口腔上皮の使用が教科書に載せられている。一方、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) による DNA 断片の増幅については、その 3 段階反応の原理は紹介されているが、実際に実験できるプロトコールが提示されていない。すなわち、遺伝子本体である DNA を白いエタノール沈殿として回収する実験のみであり、それが DNA であることを検証する方法も極めて不十分であり、それを基にした発展実験を課していない。抽出した DNA を用いて、任意の遺伝子を増幅する PCR 実験を加えることにより、DNA にコードされた遺伝情報に関連する一連の学習内容について、理解度の向上が期待できる。

本研究では、カイコ絹糸腺から DNA を抽出し、その DNA を用いて雌特異な遺伝子断片を PCR 増幅することにより、幼虫時期において雌雄判別する教材を開発した。カイコは雌雄異体であり、その性染色体構成は雌 ZW-雄 ZZ である。雌のカイコのみが有する W 染色体上には、雌を決定する重要な *Fem* 遺伝子が存在するが、他の領域についても解析が進められている。一方、Z 染色体は細胞当たり雌で 1 本、雄では 2 本存在する。カイコのゲノム (染色体数 $n=28$) には約 20,000 個のタンパク質をコードする遺伝子が存在していると言われているが、そのうち Z 染色体には約 700 個の遺伝子が在乗している。雌雄判別をする細胞学的方法として、性染色体の観察があるが、カイコの場合、染色体そのものの観察が極めて困難で、光学顕微鏡下で個々の染色体を識別することは不可能に近く、W 染色体を判別できない。個体レベルでは、カイコ幼虫の腹部形態を調べて雌雄を見分けることができる。それは、5 齢幼虫の腹面後方部にある石渡腺とヘロルド腺を観察し、それぞれの存在有無の違いで判別する方法であるが、識別には熟練を要し、容易ではない。

近年、カイコ W 染色体上に目印となる DNA マーカーを得るため、雌特異的な RAPD (random amplified polymorphic DNA) マーカーのスクリーニング探索が行なわれた。その結果、雄にはない 11 種類の W 染色体特異的な RAPD マーカー (W マーカー) が見出された (Abe et al. 2005)。この研究成果を基に、PCR を利用して、抽出したカイコ DNA に W マーカーが存在するか否かを調べることににより、比較的簡単に雌雄判別することが可能となった。その結果、「DNA 抽出→W マーカー遺伝子の PCR 増幅→電気泳動による PCR 産物の分離→雌雄判別する」、この一連の実験プロセスを理解して、性染色体 DNA の遺伝子発現と機能についての考察が広がるものと思われる。

2. 材料および方法

2.1 DNA の抽出

人工飼料で育成したカイコ (*Bombyx mori* 交雑種 ‘錦秋’ X ‘鐘和’) の 5 齢幼虫から、左右の絹糸腺を摘出した後、後部糸腺 (約 0.3 g/頭) のみを選択的に採取した。後部糸腺組織を 0.8% NaCl を含む 0.01M クエン酸ナトリウム溶液 (SSC) で磨砕し、遠心分離により沈殿画分を得た。その画分を SSC で洗浄した後、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) 溶液中で攪拌することにより蛋白質を可溶化した。その際、攪拌による起泡を防止するために、エタノールを添加した。その後、NaCl を添加して、高塩濃度条件で可溶化タンパク質を凝固・沈殿させて除去した。上清に含まれる DNA はエタノール沈殿物として回収した。DNA 沈殿物に混在するエタノールを真空下で除いた後、滅菌蒸留水に溶かした。この DNA 溶液を適宜希釈した後、分光光度計で波長 200~300 nm 範囲の吸光度を測定した。260 nm の吸光度 1.0 が 50 µg/mL として DNA 濃度を算出した。

2.2 PCR の条件

PCR の反応液の組成 (40 µL) は、鋳型 DNA 5 µL, プライマー (Forward と Reverse を含む) 5 µL, Quick Taq HS DyeMix™ (TOYOBO) 20 µL, 滅菌蒸留水 10 µL であった。Quick Taq HS DyeMix には、Tag DNA ポリメラーゼ、dNTP、電気泳動用色素、反応緩衝液が入っており、2 倍濃縮のプレミックス液である。PCR 条件は、特に断りのない限り、次の通りである：反応① 94℃ (30 秒間) →反応② 60℃ (30 秒間) →反応③ 70℃ (1 分間) の 30 回繰り返し。W マーカーである W-Yukemuri-S の増幅用プライマーセット (Abe ら 2005) は人工合成した。

W-Yukemuri-S:

Forward, 5'-AGAGGAAGGTACAAGCCTTGATTA-3'

Reverse, 5'-GTTTCTTATCAGCGCTGTTCTGTA-3'

PCR の条件検討には、サーマルサイクラー (和光純薬製 WK-0232 型) を使用した。一方、手動 PCR では、各反応には 3 タイプの水槽を用いた。水槽 1: ホットプレートスターラ

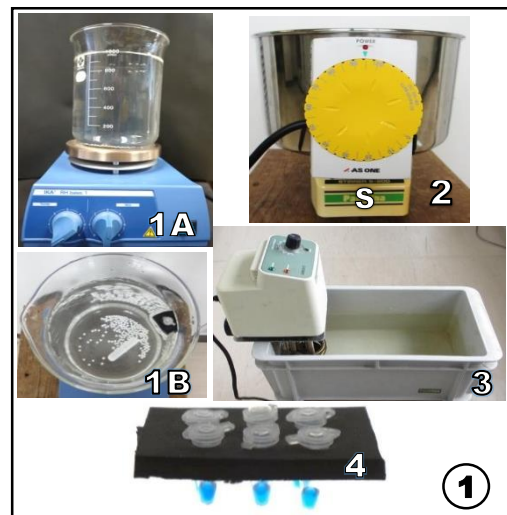


図 1-1, -2, -3 手動 PCR に用いた水槽; -4 フロートラックに装着した反応チューブ, s, スターラー.

図 2 手動 PCR に用いた実験器具と温度設定した水槽.

ーと 1 L ビーカーを組み合わせ使用 (図 1-1A, -1B)。水槽 2: ウォーターバス (図 1-2) — 温度制御器を持つが、槽内の攪拌ができないため、マグネチックスターラーと組み合わせ使用。水槽 3: 恒温水槽—温度制御器および噴流ポンプ式攪拌器を持つ機種を使用 (図 1-3)。反応①では水槽 1 を 94℃に、反応②では水槽 2 を 60℃に、反応③では水槽 3 を 70℃に設定した。反応は、反応液 40μL を入れた 200 μL 容チューブをフロートラック (図 1-4) に装着して、反応①では 30 秒間、反応②では 30 秒間、反応③では 1 分間、それぞれの水槽に順次浮かべて行なった (図 2)。

2.3 アガロース電気泳動と染色

2%アガロースゲルのウェルに PCR 増幅産物 (20 μL) を注入し、100 V で 30~40 分間電気泳動した。なお、標準 DNA サイズマーカーとして、50 bp DNA Ladder Marker を用いた。電気泳動後、ゲルを 100 倍希釈の Fast Blast™ DNA 染色液 (Bio-Rad) に浸し、緩やかに振盪しながら数分間染色した。その後、水道水で脱染色した。

3. 研究成果と展望

3.1 抽出した DNA の純度と収量

磨砕した後部糸腺組織からの DNA 抽出は簡単であり、SDS で可溶化した蛋白質を高塩濃度条件で凝固・沈殿化する操作のみである。DNA の紫外吸収スペクトルを測定した結果、 $A_{260}/A_{280}=2.0$ 、 $A_{260}/A_{230}=1.7$ であり、夾雑タンパク質が少なく極めて純度が高く、その DNA 収量は 300~400 μg/頭であった。この DNA 標品を適宜希釈して、鋳型 DNA 溶液を調製した。

3.2 サーマルサイクラー機器による PCR 条件の検討

(1) 反応の繰り返し回数と鋳型 DNA 濃度

教育現場では実験時間が限られているために、PCR に要する時間をできるだけ短時間で終了することが望まれる。本研究では、PCR 時間を 1 時間前後とし、標準 PCR を次のように設定した：反応 ① 94℃、30 秒 → 反応 ② 60℃、30 秒 → 反応 ③ 70℃、1 分とし、1 反応を 2 分間とした。さらに、短時間化を図るために、反応の繰り返し回数 (20 回、25 回、30 回) と鋳型 DNA 濃度 (0.25 ng/μL、2.5 ng/μL、12.5 ng/μL 反応液) について検討し、より短時間で PCR を完了させ、且つ、PCR 産物が明確に検出できることを目指した。

20 回の繰り返し反応では、鋳型 DNA 濃度を増加させても、雌特異的 W マーカーの DNA バンド (W-Yukemuri-S) が検出できなかった。25 回繰り返しでは、鋳型 DNA 量を 2.5 ng/μL にした場合、極めて薄いバンドが現れたが、明確でなかった。それに対して、30 回の繰り返し反応では、供試したいずれの鋳型 DNA 濃度でも明瞭な 1 本のバンドが検出された (図 3)。この増幅されたバンドは、標準 DNA サイズマーカーとの比較から、300 bp と 350 bp の間に現れた。Abe ら (2005) は、この増幅バンドの塩基対 (bp) は 324 bp であること報告しており、本結果と完全に一致していた。

(2) 反応温度の許容範囲

手動 PCR 法では、水槽の温度を持続的に一定に維持することは困難であり、繰り返しの反応工程で温度変化が起こり、DNA 増幅に影響を与える可能性がある。手動 PCR が正確に機能し、実験結果の再現性を良くするためには、設定温度に多少の増減変動があっても反応が進行することを確認しておくことが必要であり、各反応温度を 4℃または 5℃の幅をもたせて、PCR を行なった。反応①では 96℃、94℃、92℃で行ない、反応②では 61℃、58℃、56℃で、反応③では 73℃、70℃、68℃で実施した。

調べたいずれの温度でも、目的とする雌特異的 DNA 断片 (W-Yukemuri-S) が増幅され、バンドとして明確に検出できた。増幅バンドの染色濃淡の差が温度間で多少認められたが、本実験では増幅量が問題ではなく、バンドとして検出できるか否かの定性的検出が重要である。従って、これらの結果から、それぞれの設定の温度幅は 4~5℃の許容範囲があることが分かった。すなわち、反応①では 92~96℃、反応②では 56~61℃、反応③では 68~73℃の範囲内で変動しても増幅バンドの検出には大きな影響を与えないことが明らかになった。

(3) 水槽温度の変動幅

水槽を用いた手動 PCR 法を確立するためには、使用する水槽タイプの水温制御能力を予め調べておく必要がある。反応過程中に実測温度が設定温度から異常に逸脱する水槽では、PCR による雌特異的 W マーカーの増幅に影響を与え、検出できない可能性が生じるためである。この懸念を払拭するために、本実験で使用した水槽タイプについて、設定温度の維持制御能力を 1 時間にわたり 5 秒毎にモニターした。その結果、反応①で使用する水槽 1 (設定温度、94℃)では、94.1~95.6℃で推移したが、その変動幅は 1.5℃以内であった。反応②で使用する水槽 2 (設定温度、60℃)の温度変化は 59.6~60.1℃であり、その変動幅は 0.5℃であった。また、反応③で使用する水槽 3 (設定温度、70℃)では、極めて変動幅が少なく 70.6~70.7℃であった。

用いた水槽の水温変動幅は、サーマルサイクラー機器で調べた許容温度範囲にあり、これら水槽を用いて手動 PCR 法を実施しても、雌特異的 DNA マーカーの増幅に大きな影響を与えないと考えられた。

3.3 手動 PCR 法を用いた雌雄判別

11 頭の幼虫から別々に後部糸腺を取り出し、DNA を抽出・分離した。それら DNA を鋳型にして、W-Yukemuri-S 増幅用プライマーを用いて、サーマルサイクラー機器で PCR をした。その結果、雌特異的 DNA 断片のバンドが現れた幼虫 DNA が 4 検体あり、雌と同定できた。一方、残り 7 つの DNA 検体はバンドが出現せず、雄と判定できた。雌と判別された DNA (3 検体)、雄と判別された DNA (3 検体)を選び、手動 PCR を行なった。対照として、サーマルサイクラー機器で PCR をした。手動 PCR での増幅産物の電気泳動パターンと対照の増幅産物パターンと比較した (図 3)。手動 PCR で得た産物にも、300~350 bp 近傍に雌特異的マーカー (W-Yukemuri-S) が単一バンドとして検出でき、サーマルサイクラー機器を使用したときの電気泳動パターンと全く同じ結果であった。これらの結果から、汎用性のある種々の水槽タイプを用いても、正確に遺伝子増幅ができることを実証した。

本研究で確立した絹糸腺ゲノム DNA を用いたカイコ幼虫雌雄判別法について、その実験教材の特徴を以下に列挙する。

- (1) 簡単な DNA 抽出操作で少量の組織片から多量の DNA を抽出・分離することができる：
DNA 抽出材料として用いた後部絹糸腺の細胞数は 200 個程度であるが、DNA 含量は極めて高い。これは、ゲノムの複製は起こるが、細胞分裂をしないためであり、40 万倍

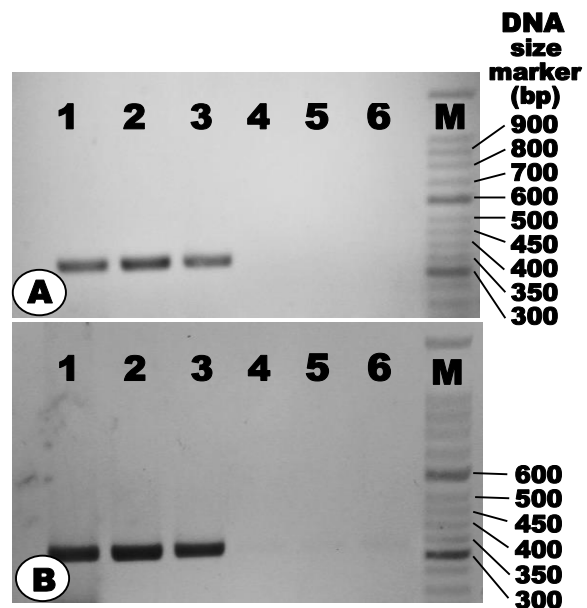


図 3 PCR 産物の電気泳動像。1~6, DNA サンプル番号; M, DNA Ladder マーカー。A, 手動 PCR; B, サーマルサイクラーによる PCR。

数体に達すると言われている。抽出された DNA 純度は高く、1 頭の後部絹糸腺（約 0.3 g）からの DNA 収量は 300~400 µg/mL である。

これまで、高校 教科書ではブロッコリー花序が DNA 抽出材料として取り上げられてきたが、その抽出実験スケールの 1/10 以下であり、マイクロチューブで操作できる。DNA 抽出材料として特筆すべき優れた材料であり、教育現場での普及が期待される。

(2) より安全な DNA 検出試薬を利用することができる：

PCR 産物をアガロース電気泳動で分離した後、DNA バンドを検出する必要がある。一般的には、Ethidium Bromide (EtBr) が使用されている。しかし、発ガン性があり、取り扱いに注意を要する。また、使用後の廃棄処理も悩ましい問題である。また、EtBr で染色後、Trans-illuminator を用いて、DNA 分子内に挿入された EtBr の蛍光を検出する必要があり、Trans-illuminator の導入が不可欠となる。安全性と機器導入による経費の問題を解決するために、本研究では、BioRad 社の Fast Blast™ DNA 染色剤を用いて、DNA バンドを染色した。この染色剤の安全性は高く、素手で取扱うことができ、肉眼でバンドが検出できた。

(3) 高価な PCR 用サーマルサイクラー機器の導入が不必要であり、手持ちの水槽で代換できる：設定水温に 4~5℃変動があっても、W マーカー遺伝子が増幅することが確認されたことから、手動 PCR の各温度ステップ反応が正常に機能することが確認された。教育的には、各温度ステップで起こる反応の理解度が高まるものと期待される。

(4) 遺伝単位への波及性が高い：

W 染色体の DNA 上の W マーカー遺伝子を取り扱っているため、性染色体に関わっている伴性遺伝や性決定の型についての理解度が高まる波及効果が期待できる。

謝辞—本研究の遂行に当たり、ご助言とご協力をいただいた奈良教育大学・森本弘一教授および摂南大学・尾山 廣教授に深謝します。

4. 引用文献

- Abe, H., Seki, M., Ohbayashi, F., Tanaka, N., Yamashita, T., Fujii, T., Yokoyama, T., Takahashi, M., Banno, Y. Sahara, K., Yoshido, A., Ihara, J., Yasukochi, Y., Mita, K., Ajimura, M., Suzuki, G., Oshiki, J. and Shimada, T. (2005) Partial deletions of the W chromosome due to reciprocal translocation in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Mol. Biol.* **14**, 339-352
- 森本弘一・尾山 廣・杉村順夫 (2014) アミラーゼおよびプロテアーゼ活性の半定量的簡易検出法の開発と応用. 生物教育学会誌 (生物教育) **54**, 60-67.

5. 論文および口頭発表

- 杉村順夫・尾山 廣・森本弘一 (2015) 手動ポリメラーゼ連鎖反応法によるカイコ幼虫の雌雄判別. 生物教育学会誌 (生物教育) **56**, 29-35
- 森本弘一・尾山 廣・杉村順夫. (2015) カイコ幼虫の消化液を用いた酵素教材の開発. 日本理科教育学会第 65 回全国大会 論文集 06A01 p. 185.
- 杉村順夫・尾山 廣・森本弘一 (2015) 手動ポリメラーゼ連鎖反応法によるカイコ幼虫の雌雄判別. 日本理科教育学会第 65 回全国大会 論文集 05E02 p. 371.

蚕への各種ストレスの供与と産生される絹糸の品質に関する研究

河原 豊

群馬大学大学院理工学府 環境創生部門
〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1

1. 研究背景と目的

これまでの広食性カイコ (*Bombyx mori*) の摂食行動・植物選択行動に関する研究から、多種多様な人工飼料の開発が可能となり、農学面だけでなく、養蚕経済学的にきわめて重要な成果が得られている。その中で、クワ葉中の炭酸カルシウムは、摂食促進因子であることが確認されている (常山・田中 2001)。クワ葉中の炭酸カルシウムは、時間の経過とともに葉に蓄積されるが、特にクワは他の植物と異なり、葉の特定部位に著しい量が蓄積される (Sugimura et al. 1998, 1999)。一般に植物中の炭酸カルシウムは、動物の摂食行動に対してストレスとなり、カイコで観察されるような多量摂取は困難である。

群馬県においては、今日も養蚕が行われており、通常、年 2 回実施される。クワ葉に蓄積される炭酸カルシウムに着目したとき、春と秋では蓄積量が異なる。炭酸カルシウムに対して摂食行動を示すカイコにとっても、もし、他の動物と同様であれば炭酸カルシウムの多い秋の葉は春に比べてストレスとなる。そこで、昨年度、カイコについて、飼育シーズンの違いや人工飼料飼育による液状絹や繭層の K、Ca 含有量への影響について調べた。その結果、繭層の Ca、K に関しては、絹糸腺の中部中区ほどの違いは認められなかった。原因は不明だが、最終的な繭糸の K、Ca の含有量については、飼育シーズンの影響は少なく、クワ葉に含まれる Ca 含有量が増加しても、繭糸の Ca 含有量にはあまり影響しないことが示唆された (河原ら 2015)。前部絹糸腺から吐糸口の間に何らかの機構が作用して、イオンバランスが調整されているのではないかと考えられる。一方、蚕室内の温度環境の変化は大きなストレスとなる。例えば、吐糸直前の熟蚕を低温処理した場合、体力の低下は吐糸運動の低下につながり、液状絹の不完全な延伸が起これば、フィブロインは silk1 結晶 (Asakura et al. 2001) を生成するのではないかと考えられる (Magoshi et al. 1979; 河原ら 2006)。

本研究では、クワ葉の Ca 含量と絹糸腺ゲルおよび繭糸に含まれる Ca 含量との相関性や、熟期カイコの低温ストレス曝露によるフィブロインの結晶多形への影響について調べた。

2. 材料および方法

5 月下旬～6 月上旬および 9 月下旬～10 月上旬に熟蚕となるように‘群馬’×‘200’を飼育し、その幼虫を解剖して絹糸腺を採取した。また、ろ紙で作った枠に上族させて繭を得、実験に供した。なお、絹糸腺については、中部中区の液状絹ゲルを超純水に展開した後、凍結乾燥してスポンジ状に調製し、試料とした。繭は乾繭処理を行わず、生繭として冷凍庫 (-20°C) に保管したものを用いた。さらに、7 月下旬および 10 月下旬にクワ葉を採取し、葉身部をランダムに切断した葉片を乾燥 (105°C, 3 h) した後、Ca 含有量を調べた。

低温ストレス曝露試験では、熟蚕期カイコを 5°C の冷蔵庫に連続 115 時間保護した後、室温環

境に移し、営繭を試みさせることで行った。

無機成分の定量分析には、サーモフィッシャーサイエンティフィック製 ICP 発光分析装置 (iCAP6500Duo) を用いた。前処理は乾式灰化法で行い、灰分を塩酸に溶解した試料液を調製し、分析に供した。また、広角 X 線回折測定には、R-axis Rapid-II (理学電機) を用い、 $\text{MoK}\alpha$ ($\lambda=0.71073\text{\AA}$, 50kV, 100mA) を繊維束に垂直入射させ、繊維図形を得た (カメラ長: 127.4mm)。

3. 研究成果

3.1 クワ葉の Ca 含量と絹糸腺ゲルおよび繭糸に含まれる Ca 含量との相関性

クワ葉中の Ca は、季節の経過とともに葉の厚壁異形細胞 (idioblast) に形成される Cell wall sac に炭酸カルシウム結晶として蓄積される (Sugimura et al. 1998, 1999; Nitta et al. 2006)。つまり、季節進行によって、クワ葉からカイコ体内に供給される総 Ca 量は増加する。この Ca 動態が絹糸腺や生糸の Ca 含量に一義的に反映されるかを調べたところ、次のことが明らかになった (河原ら 2015)。

(1) クワ葉中の厚壁異形細胞は、若葉にも存在するが Ca 結晶の堆積は生じない。やがて葉の成長が進むにつれて Ca の結晶化が進行し Cell wall sac を満たす。つまり、クワ葉の摂食によってカイコ体内に供給される総 Ca 量は季節進行で増加するが、その形態は結晶性のものが多くなる。春育および秋育カイコの中部絹糸腺ゲルに含まれる Ca 含量を調べた結果、若葉が多い春育に比べて、秋育の Ca 量が減少した。結晶性の Ca は絹糸腺に取り込まれにくいと考えられる。

(2) 繭糸の Ca 含量についても、中部絹糸腺の Ca 含量と同様に季節変動をすると予測されたが、季節間変動は殆ど認められなかった。

以上の結果を基に、①桑葉の厚壁異形細胞に存在する結晶性 Ca は体内に吸収されることなくそのまま排出される、②前部絹糸腺から吐糸口に到る過程でイオンバランスを調整する機能があり、中部絹糸腺での Ca 含量の変動が直接的に繭糸の Ca 含量に反映されない可能性があると考えられる。

3.2 低温ストレス曝露による繭糸構造への影響

低温ストレス曝露によって代謝が著しく変調したカイコが吐き出す繭糸の構造解析を行った。熟蚕期カイコを 5°C の冷蔵庫に連続 115 時間保護した後、室温環境に移し、営繭を試みさせた。大半の供試カイコは低温処理の影響により体力が低下して、営繭過程で致死したため、通常の繭を作ることができなかった。発病の原因としては、低温の影響による生理障害の発生や細菌等への感受性の増大などが考えられる。

しかしながら、一部のカイコからは薄繭が得られた。頭部の 8 の字運動が代謝の低下によって不安定化し、液状絹の伸張が不完全となると考えられたが、WAXD 図形を比較した限りでは、健全なカイコの図形と全く同様であることがわかった。低温曝露で代謝が変調しても、カイコは繭糸に Silk II 結晶 (Takahashi et al. 1999) を選択的に生成させることが確認できた。

一方、巻き取り機を使用して強制的に液状絹をカイコの吐糸口から紡糸した場合には、Silk I 結晶も混在し、選択的な結晶生成が阻害されていた。紡糸速度を高めることで、生糸の破断強度が上昇するとする報告 (Shao and Vollrath 2002) もあるが、むしろ低下することがわかった。

本実験では、頭部の 8 の字運動を停止させるための麻酔処理をしていなかった。このことにより、繊維構造の形成に影響を与えた可能性があり、今後、麻酔して頭部の 8 の字運動を停止させた実験区を検討する。

4. 今後の展望

4.1 クワ葉の厚壁異形細胞に含まれる結晶性 Ca の吸収

絹糸腺は繭の原料を合成するだけでなく、生理的役割として、過剰に摂取した Ca の選択的排泄も担っている (赤尾 1943)。つまり、絹糸腺のイオンバランスは摂食したクワ葉からのミネラルの影響を受けやすい。しかし、これまでの実験結果では、Ca に注目したとき、クワ葉由来の結晶性 Ca は、絹糸腺に取り込まれないと考えられる。この結果をさらに強固にするため、季節だけでなく複数の異なる品種の交雑種について追試実験を行い、絹糸腺の生理機能的特徴を確認する。

4.2 部絹糸腺から吐糸口の間のイオンバランス調整機能

前部絹糸腺から吐糸口に到るまでの管は極めて長く、この間において何らかのイオンバランス調整機能が働いている可能性が示唆された。絹糸腺のイオンバランスは、液状絹の結晶化挙動にも影響すると考えられ、季節だけでなく複数の異なる品種の交雑種について詳しく検証し、イオンバランスの調整機能について検討する。

4.3 Silk II 結晶の選択的生成メカニズム

単純に液状絹ゲルを摘出して人為的に伸張しても、室温でカイコが行っているスケールでの Silk II 結晶の選択的生成および繊維化を再現することは出来ていない。一方、カイコは罹患によって吐糸運動を極端に低下させられても、Silk II 結晶を選択的に生成させることを確認した。このことは、Silk II 結晶の選択的生成には必ずしも伸張変形は必要ないことを示唆している。選択的生成メカニズムを理解する糸口として、非晶性の液状絹キャストフィルムを用いて、室温で Silk II 結晶の選択的生成を可能にする条件を探索する。また、繊維形成におけるセリシンの役割を明確にする。

4.4 ストレスと繭糸のミネラルバランスの関係

営繭中の代謝変動が絹糸腺から排出される繭糸のミネラルバランスに反映される可能性がある。この観点から、営繭中のミネラルバランスの変化を繭の表層と内層に分別し、それらのミネラル含量を検討中である。加えて、カイコに対する麻酔強度を変化させたときの覚醒後のカイコ代謝の変化を、繭糸のミネラルバランスから調べている。麻酔は水麻酔を用いて、麻酔ストレスの強さを水の浸漬時間でコントロールできる。この実験系では、強く水麻酔すると、カイコの代謝に異常をきたし、それが絹糸腺のミネラルバランス等に波及して、繭糸のミネラルバランスも変化する恐れがある。ストレス暴露で得られた繭糸を調べることで、安定な紡糸の実現と Ca の役割との関連が解析可能となり、繊維形成メカニズムの解明に繋がると考えられる。

謝辞—本研究の遂行に当たり、熟蚕をご提供下さいました群馬県蚕糸技術センター・桑原伸夫研究員、無機分析にご協力下さいました京都市産業技術研究所・南 秀明研究員、並びに繊維構造解析にご協力下さいました豊田工業大学・田代孝二教授、吉岡太陽博士研究員へ深謝致します。

4. 引用論文

赤尾 晃 (1943) 家蚕の吐糸に関する研究 IV. 絹糸腺除去蚕の生化学的態より観たる絹糸腺の生物学的意義に就いて. 蚕試報. **11**(3), 295-309.

Asakura, T., Ashida, J., Yamane, T., Kameda, T., Nakazawa, Y., Ohgo, K., Komatsu, K. (2001) A repeated β -turn structure in Poly(Ala-Gly) as a model for silk I of *Bombyx mori* silk fibroin studied with two-dimensional spin-diffusion NMR under off magic angle spinning and rotational echo double resonance. J. Mol. Biol. **306**, 291-305.

河原 豊・古川敬子・山本岳志・益田美和・古園 勉 (2006) 柔軟な絹フィブロインフィルムの開

発. 日本シルク学会誌 **15**, 3-6.

河原 豊・南 秀明・関口孝弘・佐藤愛弓・桑原伸夫 (2015) 飼育シーズンによる絹糸腺および繭の Ca, K 含有量の変化. 日本シルク学会誌 **23**, 77-79.

Magoshi, J., Mizuide, M. and Magoshi, Y. (1979) Physical properties and structure of silk. VI. Conformational change in silk fibroin induced by immersion in water at 2 to 130 °C. J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed. **17**, 515-520.

Nitta, I., Kida, A., Fujibayashi, Y., Katayama, H. and Sugimura, Y. (2006) Calcium carbonate deposition in a cell wall sac formed in mulberry idioblasts. Protoplasma **228**, 201-208.

Shao, Z. and Vollrath, F. (2002) Surprising strength of silkworm silk. Nature **418**, 741.

Sugimura, Y., Nitta, I., Morita, Y., Ishikawa, S., Mori, T., Kotani, E. and Furusawa, T. (1998) Microscopic detection of calcium deposited in idioblasts of mulberry leaves. J. Seric. Sci. Jpn. **67**, 445-451.

Sugimura, Y., Mori, T., Nitta, I., Kotani, E., Furusawa, T., Tatsumi, M., Kusakari, S., Wada, M. and Morita, Y. (1999) Calcium deposition in idioblasts of mulberry leaves. Annals of Botany **83**, 543-550.

Takahashi, Y., Gehoh, M. and Yuzuriha, K. (1999) Structure refinement and diffuse streak scattering of silk (*Bombyx mori*). Int. J. Biol. Macromol. **24**, 127-138.

常山泉・田中幸夫 (2001) 蟻蚕の摂食性に及ぼす炭酸カルシウムの影響. 日蚕雑. **70**, 97-101.

5. 論文および口頭発表

河原 豊・南 秀明・関口孝弘・佐藤愛弓・桑原伸夫 (2015) 飼育シーズンによる絹糸腺および繭の Ca, K 含有量の変化. 日本シルク学会誌 **23**, 77-79.

河原 豊・花之内智彦 (2015) 繭糸の力学特性に及ぼすカイコの生物学的サイズ・飼育環境の影響. 繊維学会予稿集 vol.70 (2), 2A07.

超臨界二酸化炭素を用いる高反応性繊維の創製 ～綿繊維の無水染色の可能性～

杉浦 和明

地方独立行政法人 京都市産業技術研究所

〒600-8815 京都市下京区中堂寺栗田町 91 番地 京都リサーチパーク 9 号館南棟

1. 研究背景と目的

繊維素材を化学修飾することにより高反応性繊維を創製することが可能となれば、その反応性を活用して、種々の機能性物質を繊維に化学結合した耐久性ある新規な機能性繊維の開発が可能になる。そのため、高反応性繊維の創製技術は今後の機能開発にとって必要不可欠なものであり、創出された繊維は key 素材になるものと見込まれる。

そこで、高反応性試薬として塩化シアヌルを利用した綿繊維の化学修飾を前報（杉浦 2015）で検討した。その結果、有機溶媒を使用することなく、超臨界二酸化炭素（超臨界 CO₂）を媒体として塩基性有機化合物を利用するシンプルな系で綿繊維の塩化シアヌルによる化学修飾が確認された。この系を活用することにより、塩化シアヌルと同様の反応基を有する染料を活用することにより、超臨界 CO₂を用いた綿繊維の無水染色の可能性に繋がるものと考えられる。

超臨界 CO₂を用いた綿繊維の染色は現行の染料を利用した逆ミセル形成により染色を行う研究（Sawada et al. 2002）を始め、綿繊維を疎水化して分散染料で染色する研究（Ozcan et al. 1998）、分散反応染料を利用した染色研究（Maeda et al. 2002）、天然色素を利用した染色（杉浦 1999）など、数多くの研究が行われているが、実用化には至っていない。

本研究では機能性繊維創製に向けて、前報で得た反応系を活用することにより綿繊維の超臨界 CO₂染色を試み、綿繊維の無水染色の可能性について検討した。

2. 材料および方法

2.1 試料

実験に使用した綿布は目付 約 118 g/m²、精練漂白済のものを使用した。染料はその化学構造中に塩化シアヌルと同様のトリアジン環などの反応性基の含むものを染料メーカーから提供を受けた。その中から、実験では主に青色染料をそのままの状態で使用した。塩基性有機化合物には前報で使用した反応効率の高い試薬を使用した。染色後のソーピングには非イオン界面活性剤としてノイゲン HC（第一工業製薬製）を使用した。

2.2 綿繊維の処理方法

(1) 綿布への染料の付与

5% (w/w) の染料溶液を調整して、これに綿布 1g を浸漬した後、パッダー（辻井染機工業製）により余分な染料溶液を絞り取った。この操作を 2 回繰り返す、綿布に染料溶液を均一に付与した。これを温風乾燥した試料を超臨界 CO₂染色に使用した。

(2) 綿繊維の超臨界CO₂染色

既報（杉浦 2012）の超臨界 CO₂処理装置（日本分光製）を使用して綿布の超臨界 CO₂染色を行

った。処理装置のオープン内に溶解槽と反応槽の 2 つの圧力容器を設けて、溶解槽には所定量の塩基性有機化合物を、反応槽には染料を付与した綿布を仕込み、CO₂を送液した。容器内温度、圧力を制御して綿布の超臨界 CO₂染色を行った。共溶媒にはエタノールを使用した。エタノールは液体クロマト用ポンプを使用して所定量を CO₂と共に圧力容器に送液した。

(3) 染色綿布の洗浄

超臨界 CO₂染色をした綿布を水洗した後、80℃、2g/L のノイゲン HC 中で 5 分間ソーピング処理を行い、その後、十分水洗、乾燥した綿布に対して 2.3 項の評価をした。

2.3 超臨界 CO₂染色綿布の評価

分光測色計 CM-2500d (Konica-Minolta 製)を用いて、染色綿布の反射率を測定し、染色濃度として K/S 値（トータル値）を求め評価した。

3. 研究成果と展望

3.1 綿繊維の超臨界 CO₂染色

染色各種媒体中における綿繊維の染色評価の結果を図 1 に示す。100℃の乾燥機中では、染料は加熱空気には溶解性を示さないため綿繊維に対して染色はほとんど進行しなく、汚染程度の着色が認められるだけであった。一方、超臨界 CO₂及びこれにエタノールを添加した処理の場合、染料の溶解性は、加熱空気<超臨界 CO₂<超臨界 CO₂/エタノール添加系の順に高くなると考えられるため、綿繊維上の染料濃度は加熱空気<超臨界 CO₂<超臨界 CO₂/エタノール添加系の順に高くなったと考えられる。従って、繊維上の染料濃度に応じて染色が進行した結果、染色濃度が向上したものと考えられる。更に超臨界 CO₂/エタノール添加系に塩基性有機化合物を加えると、前報 (杉浦 2015) で報告したように、塩基性有機化合物には綿繊維の OH 基に対する塩化シアヌルの反応性を促進する効果が認められたことから、綿繊維上に溶解した染料のいくらかは塩化シアヌルと同様、綿繊維の OH 基と化学的に反応が進行したため、更なる染色濃度の向上が起きたものと推察される。

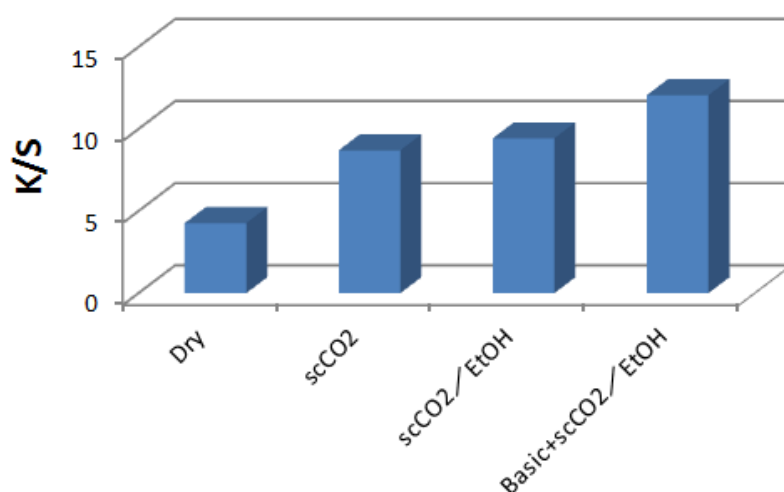


図 1 各種媒体中における綿繊維の染色評価

Dry : 乾熱 100℃, 60 min. scCO₂ : 100℃, 20 MPa, 60 min. scCO₂/EtOH : 100℃, 20 MPa, 60 min, エタノール 2.4 ml 添加. Basic+ scCO₂/EtOH : 100℃, 20MPa, 60min, エタノール 2.4 ml 添加+塩基性有機化合物.

これら系での染色は、綿繊維に対して主に表面染色になっているものと考えられるので、綿繊維への浸透性向上を目的として 2.2.1 の染料溶液に染色助剤を添加して検討を行ったところ、ある種の化合物において染色濃度が約 2 倍に向上する結果が得られている。

以下の実験はこの化合物添加系で検討した結果である。

3.2 染色濃度への処理条件の影響

(1) 添加エタノールの効果

綿繊維の超臨界 CO₂ 染色における添加エタノールの効果について調べた結果を図 2 に示す。エタノールの添加目的は超臨界 CO₂ の有する極性を調整することにより、溶質、この場合、染料の溶解性向上を図ることである。添加エタノール量 0～1.2 ml では、染色濃度への添加エタノール濃度の効果はほとんど認められないが、添加エタノール量 1.2 ml～2.4 ml においては共溶媒としてのエタノールの効果は大きく、染色濃度が大きく増加していることがわかる。

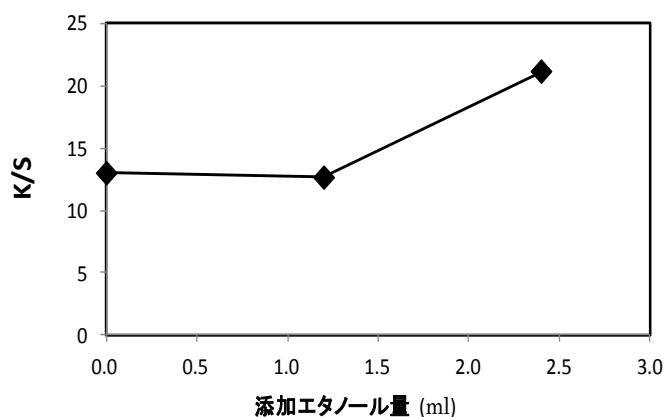


図 2 綿繊維の超臨界 CO₂ 染色における添加エタノール量の効果
(100℃, 20 MPa, 60 min. 塩基性有機化合物)

(2) 処理圧力の効果

綿繊維の超臨界 CO₂ 染色における処理圧力の効果について調べた結果を図 3 に示す。処理圧力が高くなるとともに染色濃度が向上し、20 MPa 以上においては、反対に染色濃度が低下していることが明らかになった。この染色系では綿繊維上に存在している染料が超臨界 CO₂ に溶解した結果、その溶解した染料が綿繊維に染着して染色が進行するものと仮定すると、繊維上の染料が処理圧力の高まりと共に、超臨界 CO₂ に溶解して溶解性が向上することにより、綿繊維上の染料濃度が高くなり、綿繊維での染色進行するスキームが 0～20 MPa の範囲に相当する。一方、20 MPa 以上では、超臨界 CO₂ 中に溶解した染料の更なる溶解性向上により、超臨界 CO₂ 中に溶解している染料の安定性が高くなり、超臨界 CO₂ 中の染料の綿繊維への移行が緩やかになるため、染色濃度が低下したものと推察される。

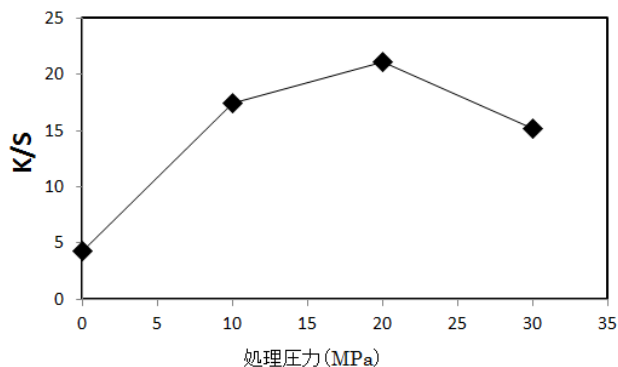


図 3 綿繊維の超臨界 CO₂ 染色における圧力の効果
(100℃, 60min, EtOH 2.4ml 添加. 塩基性有機化合物)

3.3 綿繊維の超臨界 CO₂ 染色の可能性

青色染料以外の染料を使用したときの染色した結果を図 4 に示す。青色染料と同様に、赤色、橙色染料も綿繊維への染色が認められた。

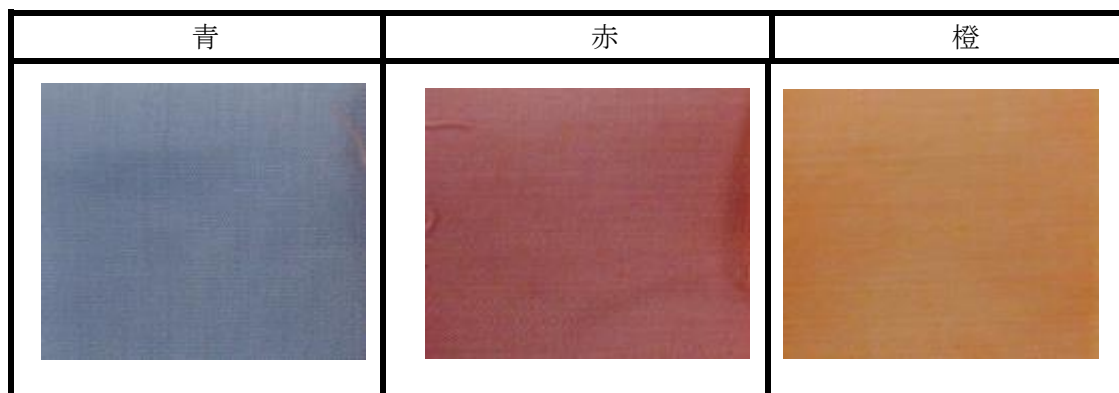


図 4 綿繊維の超臨界 CO₂ 染色

超臨界 CO₂ を用いた綿繊維の無水染色の実用化にはまだまだ程遠い結果ではあるが、これまでの結果を基にして、超臨界 CO₂ 中における綿繊維と塩化シアヌルとの反応性に及ぼす塩基性有機化合物の効果、染料の繊維内部への浸透と染色効率の向上について、更なる検討を加えることにより、ポリエステル繊維と同様、超臨界 CO₂ を用いた綿繊維の無水染色や機能性繊維素材への可能性が開けるものと考ええる。

4. 引用論文

- 杉浦和明 (2015) 超臨界二酸化炭素を用いる高反応性繊維の創製. 衣笠繊維研究所報告 **18**, 12-14.
- Sawada, K., Takagi, T., Jun, J.H., Ueda, M. and Lewis, D.M. (2002) Dyeing natural fibers in supercritical carbon dioxide using a nonionic surfactant reverse micellar system. *Coloration Technol.* **118**, 233-237.
- Ozcan, A.S., Clifford, A.A., Bartle, K.D. and Lewis, D.M. (1998) Dyeing of modified cotton fibres with disperse dyes from supercritical carbon dioxide. *J. Soc. Dyers Colour.* **114**, 169-173.
- Maeda, S., Hongyou, S., Kunitou, K. and Mishima, K. (2002) Dyeing cellulose fibers with reactive disperse dyes in supercritical carbon dioxide. *Textile Res. J.* **72**, 240-244.
- 杉浦和明 (1999) 無水染色方法の開発研究 京都市染織試験場研究業務報告書 5-8.
- 杉浦和明・上甲恭平 (2012) 超臨界二酸化炭素を用いる綿繊維の改質. 京都市産業技術研究所研究報告 No.2, p.21. (平成 24 年 6 月 1 日発行)

衣料用洗剤に含まれるアルカリプロテアーゼを用いた 理科教材の開発

池内秀和

京都市立紫野高等学校
〒603-8231 京都市北区紫野大徳寺町 22

1. 研究背景と目的

新学習指導要領「高校生物および化学」では、分子生物学や生化学的な記述が多く盛り込まれている。特に、酵素に関する内容は高度化しており、座学的学習の深化に加えて、実験的体得が理解度を向上させる手助けになるが、教育現場で適用できる適切な実験教材が欠落している。一方、酵素は身近な生活製品にも含まれており、それら酵素の働きに着目すると、より馴染みのある教材開発が期待できる。

広く利用されている身近な酵素として、衣料用洗剤に含まれるプロテアーゼ、リパーゼ、セルラーゼがある。洗剤には界面活性剤が主成分として含まれ、その他にキレート剤、蛍光増白剤、安定剤などの成分が含まれており、その洗濯洗剤液は強アルカリ性である。従って、衣料用の洗剤酵素は、タンパク質の変性作用がある界面活性剤（特に陰イオン界面活性剤）存在下で pH が高い条件でも働く酵素であり、更に、店頭での陳列期間と季節変動する常温条件にも耐える保存安定性にすぐれた酵素と言える。

これらの厳しい条件で機能する極限環境酵素と食品等に含まれる温和な環境で機能する酵素など種々の特性を持つ酵素が身の回りの製品や産業用として利用されている。これらの酵素特性の比較評価などは生徒にとって身近で魅力的な研究テーマであり、工学的思考や科学リテラシーの向上に効果的であると考えられる。

本研究では、新課程で必修化された生化学分野の新しい実験教材として、サブチリシン (Ottesen and Svendsen 1970) に代表される酵素で、洗剤に配合されているアルカリプロテアーゼ（衣料などの繊維製品に付着するタンパク性汚垢の除去用）と身近な食品に含まれる中性プロテアーゼについて、次の2つの学習アプローチから教材開発を目指すことにした：（1）総合学習の授業時間帯に利用できる教材の開発、（2）課外活動用テーマとして取り上げることができ、発展的な探求活動と発表活動を支援する教材の開発。

2. 材料および方法

2.1 総合学習の授業時間帯に利用できる教材の開発

総合的な学習の授業時間を利用し、3～4人から成るグループを4グループ編成し、少人数グループで出来る実験プログラムを組み立て、授業実践した。

(1) 洗剤および身の回りの食品からの粗酵素液の調製

実験に用いた試料材料は、衣料用洗剤、キウイ、マイタケである。衣料用洗剤は（株）花王の「アタックバイオ EX」の青い顆粒を取り出し、蒸留水に溶かした後、遠心分離をした上清を洗剤抽出粗酵素液とした。キウイについては、果実を磨り潰した後、ガーゼで包み果汁を絞り、遠心分離

した上清をキウイ抽出粗酵素液とした。マイタケでは、切断した子実体に蒸留水を加えて磨り潰し、ガーゼで絞った後、遠心分離をした上清をマイタケ抽出粗酵素液とした。

(2) 粗酵素液のプロテアーゼ活性の検出

簡易プロテアーゼ活性の検出法(森本ら 2014)に従い、カゼインを基質とした寒天プレートを作成し、各種抽出粗酵素液を浸透させた濾紙円盤をプレート上に静置した。一定時間反応させた後、アルコールと酢酸の混合液で未反応のカゼインを変性させ、活性の有無を判定した。

(3) 抽出粗酵素液に含まれるタンパク質の定量

ビウレット法を用いた。0~200 μ g/mL 牛血清アルブミン(BSA)を用いて、検量線を作成した。粗酵素抽出および段階的に希釈した BSA 溶液に、予め調製したビウレット試薬を混合し、発色させ、分光光度計で吸光度 (OD_{540 nm}) を測定した。検量線からタンパク濃度を求めた。

(4) 粗酵素液のプロテアーゼ活性の定量化 (カゼインフォーリン法)

カゼインを基質とし、酵素反応後に遊離したペプチドをフェノール試薬で発色させ、吸光度 (OD_{660nm}) を用いて相対活性を求めた。

(5) 探求活動の発表

3-4 人から成る班を編成し、実験結果と考察などについて 5 分間の口頭発表を課した。

2.2 課外活動用テーマとし、発展的な探求活動と発表活動を支援する教材の開発

上述した授業用教材をさらに発展させて、課外活動での探求活動を深化させるための実験プログラムの導入、粗酵素液の抽出法や酵素活性の定量化をより正確にするために、他の測定方法やアイデアについて試行錯誤の検討をした。本テーマ用として追加導入した実験プログラムを以下に示す。

(1) 電気泳動法 (SDS-PAGE) を用いたタンパク質の純度検定

抽出粗酵素液をトリクロロ酢酸にて失活させた後、SDS-PAGE を用いて純度を検定した。

(2) モデル人工汚染布の作成と洗浄試験ー走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察

ゼラチンに花粉を微粒子マーカーとして溶かしたものを天然繊維布 (絹、麻、木綿、羊毛) と人工繊維布 (ナイロン、ポリエステル) に塗布し、モデル汚染布を調製した (尾畑 2005)。それぞれの布切れを用いて、特に酵素活性が高かった洗剤抽出液を塗布し、一定時間静置洗浄した。その洗浄布の繊維表面を SEM で観察した。

(3) 大学の研究室での実験および探求成果の校内外での発表

合成基質を用いてプロテアーゼ活性の pH 依存性を測定し、それぞれの粗酵素活性の特性を明らかにすることを目的に、摂南大学理工学部・尾山研究室を訪問し、実験・活性測定することにした。マイクロプレートリーダーなどの機器を用いて、多くの緻密な測定データを入手することに集中した。また、得られた探求成果をまとめ上げ、校内外でのポスター発表、口頭発表できるように指導した。

3. 授業および課外活動指導の実践

3.1 総合学習での授業実践

50 分授業を 2 コマ使用し、4 週にわたり連続的に実験学習を課した。5、6 週目には、得られた結果のまとめおよび発表資料の作成に当て、最後にグループ毎に発表させ、お互いに質疑応答する機会にした。

	1週目	2週目	3週目	4週目	5・6週目
時数	50分授業 2コマ	50分授業 2コマ	50分授業 2コマ	50分授業 2コマ	50分授業 2コマ
授業内容	実験メニューの説明 粗酵素液の抽出	粗酵素液のプロテアーゼ活性の検出	抽出粗酵素液に含まれるタンパク質の定量	粗酵素液のプロテアーゼ活性の定量化	実験結果の発表準備と口頭発表

3.2 課外活動での探究学習活動

課外活動として、理科の自由研究チーム（紫野サイエンスゼミ）を発足し、平日の放課後や週末、長期休暇を活用して、探究活動を行った。探究活動の進め方については、初めは教員側からテーマを提供し、生徒の理解が深まるにつれて、生徒のアイデアが生かせるように助言した。また、高度な実験については大学訪問を組み入れた。加えて、積極的な外部発表を指導した。

活動日 (不定期)	夏休み、冬休み等の長期休暇、土日祝日 (10:00-16:30) 平日の放課後 (16:30-18:00)
大学訪問	摂南大学理工学部 尾山研究室 (1月31日) マイクロプレートリーダーを用いた酵素活性測定
授業との 相違点	・少人数と時間的な自由度を生かした発展的な実験 ・大学訪問を通しての高度な実験 ・外部発表会への積極的参加

4. 教育的成果と展望

4.1 総合学習での取り組み成果

日用製品や身近な食品からの粗酵素抽出について、生徒達はスムーズに作業を進めた。洗剤からの青ビーズの抽出については1時間程度を要し、一定時間で区切る必要があった。

カゼインプレートによる酵素活性の検出は比較的簡単であったが、その結果の解釈において、酵素の変性やプロテアーゼ作用性の理解に個人差がみられた。このことを念頭に、タンパク定量と酵素活性測定については配布プリントに原理を併記し、実験前に丁寧な解説をした。実験中に、その操作内容・原理についての理解度に個人差がみられたが、成果発表活動をグループ毎でさせることにより、グループ内およびグループ間での討論を通し、実験結果の理解が深まると共に、生徒間の理解度の差が縮まったように思われる。



プロテアーゼ活性の測定



発表会でのプレゼンテーション

4.2 課外活動での探究学習活動の成果

普通科、アカデミア科2年生の希望生徒2人に対し、課外活動として探求活動を取り入れた。人工汚染布のSEM観察について、当初はマーカーとしてPE微粒子などを想定していたが、生徒からのアイデアで花粉粒子をマーカーとして使えるかを検討した。現在、マーカー粒子とタンパク汚れの最適化を目指して、候補物質を検討中である。

個別指導できるメリットを活かし、高度な実験については大学への訪問なども取り入れることが可能となり、大学での実験現場に触れさせることができた。また、積極的な外部発表を奨励することにより、生徒達は外部発表会を重ねるごとに理解を深め、ポスターの完成度も上がり、モチベーションが大きく高まったように思われる。加えて、「小中高生の探究活動発表大会」での金賞受賞は大きな励みになったに違いない。平成28年3月末に開催される「ジュニア農芸化学会2016」での発表をゴールとして、本教材研究の仕上げを予定している。



マイクロピペットでの実験操作



摂南大学でのプロテアーゼの機器測定



外部発表会での口頭発表およびポスター発表

4.3 今後の展開について

授業での教材化については、今回の試行によって一定の目途が立った。次年度の授業でブラッシュアップを行い、生徒アンケートを実施し、受け入れ性も考慮し完成を目指す予定である。また課外活動としての活用についても、モデル人工汚染布の改良などを含め、酵素と洗浄効果の関係についての探求活動を推進し、その成果を発表できるように指導したい。いずれの教材開発も成果がまとまった段階で論文として公表することを念頭に入れている。

謝辞—本教材開発を推進するに当たり、ご教示・ご支援をいただき、且つ、生徒達が大学研究室で実験できる機会を与えていただいた摂南大学理工学部・尾山 廣教授に深謝します。また、教材メニューの立案に御助言をいただいた公益財団法人衣笠繊維研究所・杉村順夫博士に心より御礼申し上げます。

5. 引用論文

森本弘一・尾山 廣・杉村順夫 (2014) アミラーゼおよびプロテアーゼ活性の半定量的簡易検出法の開発と応用. 生物教育 **54** (2), 60-67.

Ottesen, M. and Svendsen, I. (1970) The subtilisins. Methods Enzymol. **19**, 199–215.

尾畑納子 (2005) 洗浄性能の評価方法 (特集 洗濯・洗浄). 繊維と工業 **61** (9), 237-239.

6. 口頭およびポスター発表

吉岡 潮 (指導者：池内秀和) 「衣料洗剤中の酵素 POWER について」

学内学園祭でのポスター発表会. 平成 27 年 9 月 9 日. 【ポスター資料 1】

吉岡 潮 (指導者：池内秀和) 「衣料洗剤中の酵素 POWER について」

京都市小中高総合支援学校ポスター発表会 (ポスター発表)

(京都市立堀川高等学校主催). 平成 27 年 10 月 17 日. 【ポスター資料 1】

吉岡 潮 (指導者：池内秀和) 「衣料洗剤中の酵素 POWER について」

中高生のための学会「サイエンスキャッスル 2015 関西大会」(ポスター・口頭発表)

(株式会社リバネス主催). 平成 27 年 12 月 23 日. 【ポスター資料 2】

吉岡 潮 (指導者：池内秀和) 「衣料洗剤中の酵素 POWER について」

京都大学博物館特別展「京のイルカと学びのドラマ」

小中高生の探究活動発表大会 (ポスター発表・金賞受賞)

(京都大学総合博物館主催). 平成 27 年 12 月 26 日. 【ポスター資料 2】

吉岡 潮・尾崎鈴香 (指導者：池内秀和) 「衣料洗剤中の酵素 POWER について」

ジュニア農芸化学会 2016 年度大会ポスター発表 P30. (ポスター発表)

(日本農芸化学会主催). 平成 28 年 3 月 28 日.

衣料洗剤中の酵素POWERについて

京都市立紫野高等学校 紫野サイエンスゼミ
2年 吉岡 潮

研究目的・背景

一般的な酵素は中性の穏やかな条件で働くが、洗剤酵素はアルカリ性のような厳しい条件で働く。これまでに液体洗剤からの酵素の抽出を試みたが、うまくいかなかった。

今回、粉末洗剤(アタック、花王(株))の顆粒の色の違いに着目して、酵素の分別と抽出を試みた。活性の検定にあたっては、カゼインと安価な市販粉ミルクを用いて、活性測定を比較し、新たな検出法を創造することを試みた。また、たんぱく定量を行い、洗剤顆粒の違いを比べた。

タンパク質を含む寒天プレートを用いた酵素活性の検出実験

カゼインプレート: 1.0%~0.125%カゼイン, 0.01M NaOH
粉ミルクプレート: 1.0%~0.125%乳タンパク
(森永チルミル、森永乳業(株))

※寒天厚は1mm、各プレートは防腐剤として0.1%アジ化ナトリウムを含む



Φ6mmろ紙ディスクに10μLの試料を添加
左配置の通りに置いた

25℃
1時間反応

タンパク質固定液(酢酸1:メタノール4:水5)でタンパク質を変性、白濁させた

タンパク質が酵素により分解された部分は白濁しない

プレート内の試料配置

カゼイン1% カゼイン0.5% カゼイン0.25% カゼイン0.125%



粉ミルク1% 粉ミルク0.5% 粉ミルク0.25% 粉ミルク0.125%

	1%	0.5%	0.25%	0.125%
カゼイン	○	○	△	×
粉ミルク	×	×	×	×

評価性: ○良好 △高活性試料のみ可 ×不可

	蒸留水	洗剤(青ビーズ)	洗剤(白色粉末)
活性	×	◎	×
	バイン果汁	キウイ果汁	対照酵素(サプチリン)
活性	○	△	○

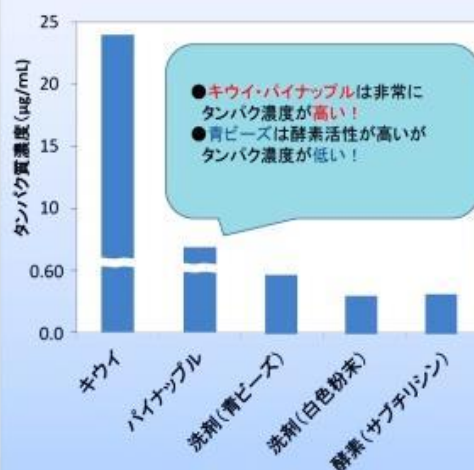
タンパク質濃度の定量実験 (高感度BCA法)

タンパク質(試料中のタンパク質や牛血清アルブミンBSA)と銅イオンが錯体を形成、発色する。(ビウレット反応)

発色を増幅

ピシコニン酸(色素)と錯体がさらに結合し、発色を強める。
562nmの光の吸収(吸光度)を測定

検量線より試料中タンパク質の濃度を決定



考察・まとめ

- ・カゼインプレートはカゼイン濃度0.5%以上を活性検定用いるのが好ましい。また、粉ミルクプレートは活性検定に向かないことがわかった。
- ・洗濯洗剤の青いビーズには酵素活性が認められた。一方、白い粉には認められなかった。
- ・キウイとバイナッブルにも酵素活性が認められた。
- ・すべての試料にたんぱく質が認められた。特に、キウイが突出してタンパク含量が高かった。
- ・キウイやバイナッブルには多くのたんぱく質がふくまれていたが、活性は低かった。一方、洗剤の青ビーズはたんぱく質濃度は低かったが活性が極めて高いことがわかった。

衣料用洗剤中の酵素POWERについて

京都市立紫野高等学校 紫野サイエンスゼミ
2年 ○吉岡 潮 尾崎 鈴香

研究目的・背景

一般的な酵素は中性の穏やかな条件で働くが、
洗剤酵素はアルカリ性のような強い条件で働く。

- ①洗剤酵素とその他の酵素の違いに興味を持った
- ②洗剤中の酵素の効果について、再挑戦を試みた

- ①身近な食品に含まれる酵素を抽出し、洗剤酵素と違いを比較した
- ②様々な布と花粉を用いて洗剤作用と酵素の働きを明らかにした

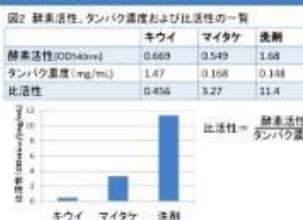
実験方法

1. カゼインプレートを用いた簡易プロテアーゼ活性検定
2. 酵素活性測定→カゼイン-フォーリン法
3. タンパク定量→ビウレット法
4. タンパク質純度検定→SDS-PAGE
5. 花粉マーカーを用いたオリジナル人工汚染布の作成
6. 走査型電子顕微鏡 (SEM)を用いた汚染布の観察

カゼイン寒天プレートを用いた酵素活性検出実験



酵素活性測定・タンパク定量



人工汚染布SEM観察(絹布)



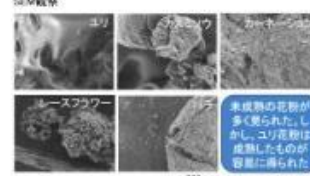
オリジナル人工汚染布の原理

図4 オリジナル人工汚染布のタンパク汚れ抽出のしくみ



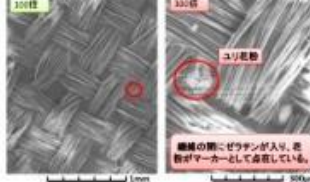
人工汚染布の作成

図5 汚染粒子のマーカー候補としての各種花粉・花粉の3のSEM観察



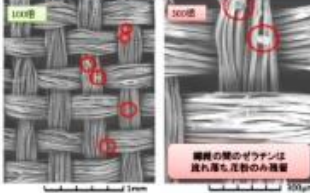
人工汚染布SEM観察(絹布)

図6 オリジナル人工汚染布のSEM表面観察(洗浄前)



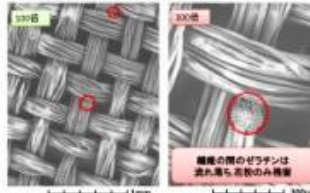
人工汚染布SEM観察(絹布)

図7 洗剤のみで洗浄後のSEM観察



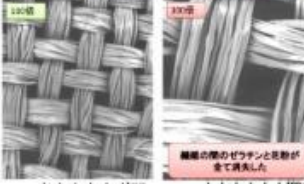
人工汚染布SEM観察(絹布)

図8 洗剤+酵素(1%)で洗浄後のSEM観察



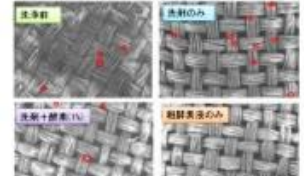
人工汚染布SEM観察(絹布)

図9 粗酵素液のみで洗浄後のSEM観察



SEM観察(絹布まとめ)

図10 絹布の洗浄後のSEM観察比較



SEM観察(粗酵素液洗浄後)

図11 粗酵素液洗浄後の各種布のSEM観察比較



まとめ

- ・キウイ・マイタケ・洗剤抽出液にはプロテアーゼ活性が認められた。
- ・洗剤抽出液のみ比活性が非常に高かった。また、酵素とみられるタンパク質の純度が高かった。
- ・オリジナル人工汚染布は微粒子マーカーとしてユリが最適だった。
- ・酵素量が増えると、洗浄効果が高まった。
- ・繊維の目が細くなると汚れの落ちが悪くなった。

参考文献

- 1) 一鳥英治(1995) 酵素は生きていて 装華閣
- 2) 相沢和夫(1999) 酵素サイエンス 装華閣
- 3) 森本弘一、尾山廣、杉村順夫(2014) 生物教育 54(2) p60-67

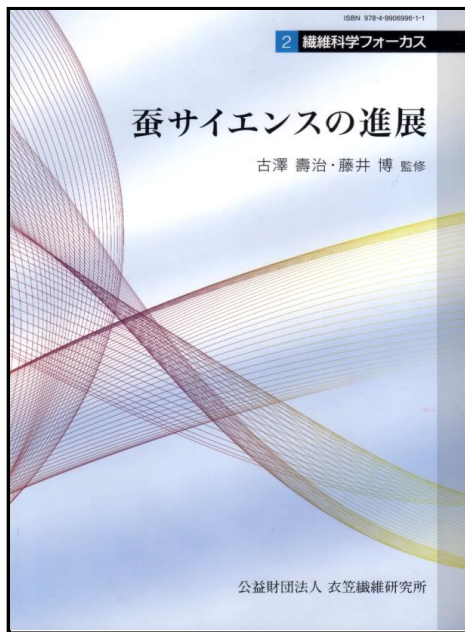
謝辞

本研究は、平成27年度(公財)衣笠繊維研究所教育支援事業の助成をいただきました。

書籍出版の取り組み

繊維科学フォーカス第二巻および第三巻の上梓

繊維に関する啓蒙・普及書籍として、「繊維科学フォーカス (B5 版)」のシリーズ刊行を推進している。今年度は繊維科学フォーカス第二巻「蚕サイエンスの進展 (古澤壽治・藤井 博 監修)」および第三巻「炭素繊維の特徴と用途 (平松 徹 編著)」を 5 月および 9 月に各 300 部を発行し、それぞれの掲載内容を HP で紹介した。なお、配布状況 (平成 28 年 1 月現在) は、第二巻は 251 部 (献本数 176 部、実費配布 75 部)、第三巻は 124 部 (献本数 92 部、実費配布 32 部) である。



カイコは歴史的に近代日本を支えてきた生き物であり、自前の研究・技術成果の蓄積が多い。本書では、蚕サイエンスの足跡に焦点を当て、研究者達の情熱的な取り組みを紹介する。また、新しい昆虫産業を目指したバイオ研究や宇宙カイコ物語を取り上げている。カイコ研究の過去から近未来を探る好機になるだろう。Ⅰ. 蚕糸関係の研究と教育の歩みとこれから (山下興亜) Ⅱ. 蚕糸研究の思い出 (河上清) Ⅲ. 蚕の人工飼料育の開発と利用 (角田素行・今西重雄) Ⅳ. 蚕消化液に含まれる機能性タンパク質 (今西重雄) Ⅴ. 絹糸腺のシルク分解酵素 (角田素行) Ⅵ. 絹糸腺の抽出液を利用した新しいタンパク質合成系の開発 (長岡純治) Ⅶ. 昆虫の培養細胞株の作出と応用 (今西重雄) Ⅷ. カイコの生体反応を通して宇宙環境を探る (古澤壽治)。2000 円。B5 判、158 頁。

ISBN 978-4-9906996-1-1



炭素繊維は日本が世界をリードしている機能性繊維である。極めて優れた力学的特性を有し、その用途展開はすざましい勢いである。編著者は炭素繊維の黎明期から今日の発展期まで、30 数年間にわたり研究技術開発や技術戦略企画に従事してきた。この豊富な経験と知見を基に、本書では、Ⅰ. 炭素繊維の製造法と構造、力学的特性、機能的特性などの基本物性、Ⅱ. 炭素繊維複合材料の種類、成形法と特徴、Ⅲ. 炭素繊維の用途開発、Ⅳ. 炭素繊維の将来展望と課題が取り扱われている。図表やカラフルな図版・写真が満載されており、入門者にとってはこの分野の技術開発の知識を容易に吸収できる強い味方になるにちがいない。2000 円。B5 判、127 頁。ISBN 978-4-9906996-2-8

繊維学術賞の授与

当財団の「繊維学術賞等表彰規程」に従い、選考委員による審査結果を基に平成27年度繊維学術賞の受賞候補者として、末弘 由佳理 氏の研究課題「布の‘しっとり感’に関する研究」が推薦された。理事会においても、同候補者は賞に値する業績および研究活動があるとして、授与が承認された。なお、授賞式は平成28年3月26日(土) に挙行政され、記念楯ならびに副賞が授与された。なお、今年度は繊維教育賞の授賞該当者はなかった。

繊維学術賞

受賞者：末弘 由佳理（武庫川女子大学）

受賞タイトル：布の‘しっとり感’に関する研究

受賞対象研究の概要

（研究の背景と目的）

布を手で撫でたり、握ったりした時の総合的な官能評価は「風合い」として表現され、その基本要素として「こし」、「ぬめり」、「ふくらみ」、「しゃり」、「はり」、「きしみ」、「しなやかさ」、「ソフトさ」がある。これら基本風合いに加えて、「しっとり」と表現される触感がある。

基本要素である「ぬめり」とは、「細くて柔らかい羊毛の繊維からもたらされる触つてのなめらかさ、しなやかさ、柔らかさの混じった感覚」とであると定義されている [1]。「しっとり」は、この「ぬめり」と同一視する考えもあるが、「しっとり」は羊毛に限定されている触感ではなく、絹や化学繊維にも存在する感覚である。特に、ポリエステル、ナイロンなどの化学繊維での「ぬめり」評価では、ワキシな感覚とされ、悪い風合いイメージとして捉えられることが少なくない。これまでに知られている感覚表現から、「しっとり」は「ぬめり」を包含した要素ではなく、異なった官能評価要素であると考えられる。

本研究では、「しっとり≠ぬめり」を前提として、衣料用として用いられる天然繊維の絹、化学繊維であるポリエステル、ナイロンなどの繊維布を用いて、「しっとり」についての実態解明を目的とした。

（研究成果の概要）

（1）布のしっとり感

風合いの客観的評価法としては、KES（Kawabata's evaluation system）法 [1] が知られており、布の基本風合いである「こし」、「ぬめり」、「ふくらみ」、「しゃり」、「はり」、「きしみ」、「しなやかさ」、「ソフトさ」に関する 16 個の物理量（①引っ張り変形、②曲げ変形、③せん断変形、④圧縮変形、⑤表面特性、⑥構造（重量及び厚さ）を基にした 16 項目の特性値）を求め（表 1）、これらの力学特性値から感覚の強弱を算出することが提案されている。本研究においても、これらの物理量をパラメーターとして採用した。

布の触感として、基本風合い以外の感覚も考えられ、その一つに「しっとり」という感覚がある。心地よい風合いを明らかにするために、布のしっとり感に着目した。上述したように、応募者は「しっとり」と「ぬめり」は異なる感覚であると作業仮説を立て、布の触覚を客観的且つ主観的に評価した。その結果、「しっとり」を強く感じる布の特徴は、①接触時にあたたかい、②表面に若干の摩擦抵抗がある、③圧縮に対してやわらかい、④せん断に対してかたいこと等を明らかにし、「ぬめり」とは異なる感覚であると結論づけた。以下にその研究経緯と成果について論述する。

表 1 「しっとり」評価に用いた 17 物性項目布 [2][3]

特性	略号	特性値
引っ張り変形	LT	引張り荷重-伸びひずみ曲線の直線性
	WT	引張り仕事量
	RT	引張りレジリエンス
曲げ変形	B	曲げ剛性
	2HB	ヒステリシス
せん断変形	G	せん断剛性
	2HG	ヒステリシス
	2HG5	ヒステリシス（大変形）
圧縮変形	LC	圧縮荷重-圧縮ひずみ曲線の直線性
	WC	圧縮仕事量
	RC	圧縮レジリエンス
表面特性	MIU	平均摩擦係数
	MMD	摩擦係数の平均偏差
	SMD	表面粗さ
構造	T	布の厚さ
	W	布の重量
接触冷温感	$q_{\max}$	最大熱流束

布の「しっとり」に関しては、1998 年に、松尾 [4] が、繊維学会編の最新衣料素材 [5] の布サンプル（新合繊）中よりポリエステル 24 種の試料布を用いて、風合いの特徴を分析した。

その結果、「しっとり」な布の表面特性として摩擦係数の変動（MMD）が小さく、平均摩擦係数（MIU）が大きいことを明らかにした。すなわち風合いの特徴は、「なめらかであるが若干の摩擦抵抗感がある」布が「しっとり」を感じさせる因子であると帰結した。しかし、他の繊維の「しっとり」に関しては、未だその実態が解明されていなかった。そこで応募者が中心となり、2007 年から布の「しっとり」に関する研究に着手し、現在に至るまで継続的に推進してきた。婦人薄物衣料布を対象とした研究では、触感において「しっとり」を感じる布 9 種（織物 6 種-検体記号 A, B, C, D, E, F、編物 2 種-検体記号 G, H、不織布 1 種-検体記号 I）を検体布試料として選び、官能検査と既報の 16 項目の物性値との関係を明らかにした（図 1 & 2）。さらに、16 項目の物性値に加え、接触冷温感が「しっとり」に関連する可能性があり、最大熱流束（ $q_{\max}$ ）を追加し、最終的には計 17 種の物性値を測定した。順位法の手法により得られた官能検査での「しっとり」順位とせん断変形に関わるせん断剛性（G）及びせん断ヒステリシス（2HG）との関係を調べた（図 1）。せん断剛性（G）は、値が高くなるに従って、せん断に対して「かたい」ことを意味し、せん断ヒステリシス（2HG）値が高いほど弾力がないことを表わしている。「しっとり」順位が最も高い検体布試料（H）と 2 番目に高い検体布試料（I）では、せん断剛性である G 値が高く、せん断変形に対して「かたい」布が「しっとり」強度とリンクしていた。さらに、9 種の試料から「しっとり」の順位が高い布（H, I）、中間の順位の布（D）、順位が低い布（F）の計 4 種を選定し、一対比較法の手法を用いて官能検査をした（図 2）。得られた「しっとり」の主効果の値と最大熱流束（ $q_{\max}$ ）・平均摩擦係数（MIU）、圧縮仕事量（WC）との関連性を調べた。最大熱流束（ $q_{\max}$ ）は、布表面に接触した際に経験する冷温感の物性であり、値が小さいほど「あたたかい」ことを意味する。「し

「しっとり」を強く感じる2種（H,I）においてこの値が低く、接触冷温感が「あたたかい」布が「しっとり」と強く相関していた。平均摩擦係数（MIU）－値が大きい程摩擦抵抗が大きいことを示す－測定では、「しっとり」を強く感じる布（H,I）は、この数値が高かった。この結果は、松尾[4]が提唱した「若干の摩擦抵抗感」に対応すると示唆される。圧縮仕事量（WC）－数値が大きいほど、圧縮に対して「やわらかい」、また、布の厚みが厚いことを示す指標値－測定では、「しっとり」を強く感じる布（H,I）は圧縮に対して「やわらかい」ことを示していた。

これらの物性評価から、「しっとり」を強く感じる布の特徴として、接触時に「あたたかい」こと、表面に若干の摩擦抵抗があること、圧縮に対して「やわらかい」こと、せん断に対して「かたい」ことが挙げられる。すなわち、測定した物性値において、最大熱流束（ $q_{\max}$ ）の値が低く、平均摩擦係数（MIU）・圧縮仕事量（WC）・せん断剛性（G）・せん断ヒステリシス（2HG）の各値が高いことが、「しっとり」を強く感じさせる物性因子であることを明らかにした。一方、「ぬめり」の風合いは、「なめらか」で「ざらつき」がなく、圧縮・せん断・曲げ特性がやわらかく、弾性に富む感覚であることが知られている [1]。

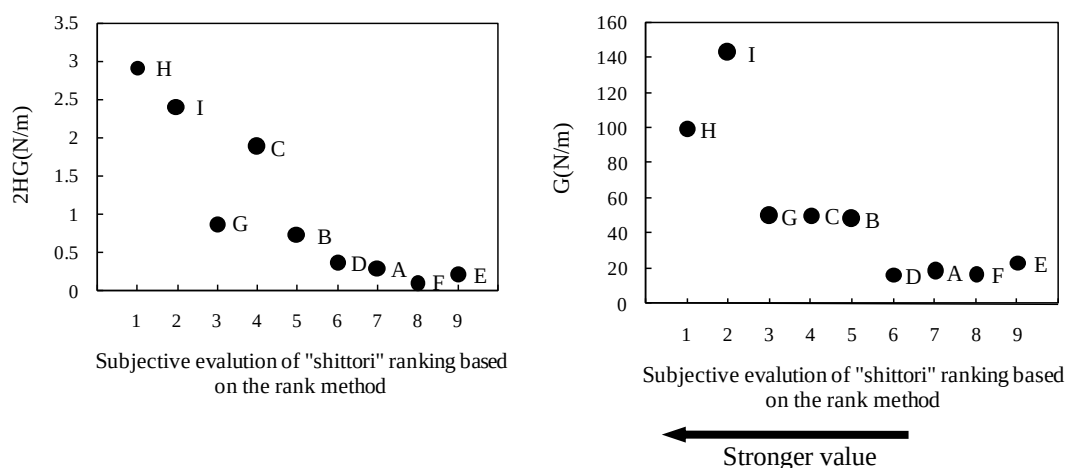


図 1 「しっとり」順位とせん断ヒステリシス（2HG）及び せん断剛性（G）との関係

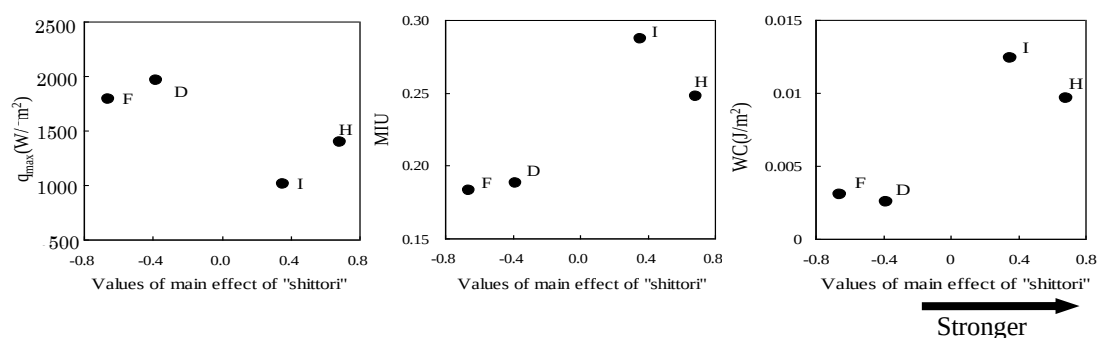


図 2 一対比較法による主効果の値と物性値（ $q_{\max}$, MIU and WC）

基本風合いと特性値との関連性を図3に図式化した。この図に「しっとり」を加えた場合、「しっとり」は“FUKURAMI”に対応する評価位置の近傍に位置づけられると予測された。因みに、“FUKURAMI”とは、かさ高く、「ふくよか」な触感を表す風合いであり、「しっとり」とは明らかに異なる風合いである。「ぬめり」と「しっとり」は、類似した触感ではあるが、せん断において相反する特性を持つことから、これらの風合い感覚は異なっており、本研究の前提仮説である「しっとり≠ぬめり」が実証されたことになる。

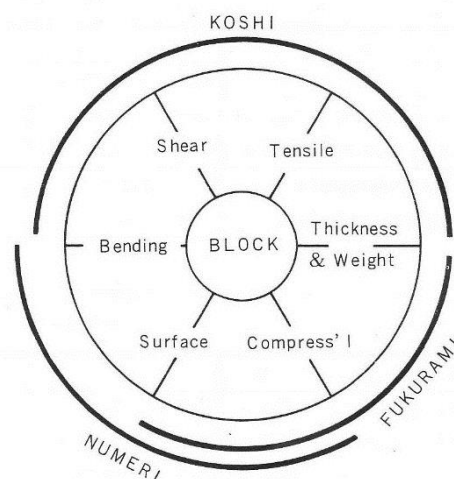


図3 特性値ブロックと基本風合い [1]

(2) 布のしっとり感と物理量

「しっとり」に関わる物性値の定量化を目指すための初期段階として、これまでに得たデータ解析から、「しっとり」の閾値を次のように想定することができた：せん断ヒステリシス (2HG) = 3.63N/m、平均摩擦係数 (MIU) = 0.672、最大熱流束 (q_{max}) = 1130W/m²である。これらの閾値は、次のような測定結果から導いたものである：同一糸・同一組織を用いて、密度が異なる編布を検体試料として使用し、「しっとり」の強弱に差異が生じた試料間の物性値比較を基にして想定閾値を決定した。平均摩擦係数 (MIU) = 0.672 は、松尾 [4] が提唱した「若干の摩擦係数」に対応する具体的な数値であることを示唆している。今後、更なる検討を要する。

本研究成果を基盤として、「しっとり」に関わる物性値の定量法の確立、また、「しっとり」の尺度を正確に判定できる規定式の提案が、本研究の延長上にある最終ゴールであり、継続的研究に取り組む予定である。

(3) 「しっとり」感の英語バージョンでの設定と外国人による触感評価

本研究では、布の「しっとり」を官能検査する際、被験者は日本人を中心に依頼してきた。ボーダレス時代では、外国人に対しても確実に認知される風合い評価が必要となる。日本語である「しっとり」の風合い用語を、外国人に正しく伝えるためのグローバル用語の検討が必要となる。外国人に説明可能な用語を見出し、外国人による官能評価を実施することにより、外国人と日本人との「しっとり」感覚の差異を明らかにすることが可能となる。このような観点から、日本語を母国語としない人々に布のしっとり感を理解してもらうための「しっとり」という日本語に対応するグローバル用語の設定を試みた。

「しっとり」を表現する英語用語として、“Tenderness”、“Softness”、“Wettish touch”、“Warm touch”、“Smooth touch”、“Smart touch”などが候補語彙として考えられるが、これからの語彙から連想される印象は各人まちまちであり、より具体的でイメージし易い用語選択が重要と思われた。布の基本風合いである「こし」、「ぬめり」、「しゃり」、「はり」、「ふくらみ」の英訳はそれぞれ、“Stiffness”、“Smoothness” “Crispness”、“Spread, anti-drape”、“Fullness and softness”である [1] が、“KOSHI” “NUMERI”、“SHARI”、“HARI”、“FUKURAMI”と表すことが多い。これは上記の英訳では、ニュアンスの違いが生じるかことが考えられるからである。「しっとり」に関してもこれまで “Shittori” を用いてきた。Yanaka [6] は、「しっとり」の英訳として “Dampness” を用いているが、布のしっとり感に関して「布の水分」、「布の保湿」のような布のウェット感をイメージとして先行することを避け、“Dampness” は用いず、“Shittori” を使用してきた。しかしながら、“Shittori” は日本語である

ことから、この一語のみでは、外国人には言葉の中身を理解してもらうことはできない。種々検討した結果、「しっとり」に対応する語として、“Baby’s skin”を採用することにした。対象調査として、日本人学生がイメージする“Baby’s skin”と「しっとり」から連想する中身を比較調査した。「しっとり」を連想させる 15 形容語の強さを測定し、それぞれの値をノンパラメトリック手法ウィルコクソンの順位和検定により検討した。その結果、15 語中 9 形容語において、“Baby’s skin”と「しっとり」との間に有意差はみられなかった。さらに、日本人被験者が「しっとり」と感じた布 7 枚を準備し、「しっとり」及び“Baby’s skin”の 2 グループに分け、それぞれの触感評価を正規化順位法により実施した。その結果、「しっとり」の特徴を示す感性語である「なめらか」、「つるつる」、「冷たい」との間に高い相関があり、また、「しっとり」と“Baby’s skin”に対するイメージ感覚の間に有意差はみられなかった。すなわち、“Baby’s skin”は「しっとり」を反映する英語用語と結論づけられた。

これらの予備検討を基に、香港在住の中国人学生を対象にした調査を実施した。“Baby’s skin”を評価用語として用いて、触感評価を行った。その結果、日本人学生が評価した「しっとり」の順位とほぼ同様の順位評価であり、対象とした中国人学生でも日本人と類似した感覚イメージであることが明らかになった。この調査結果は、グローバル展開を図る繊維素材の有効な用語選択であることが示唆された。

以上の結果を踏まえ、「しっとり」を説明するための用語として“Baby’s skin”を用いるが、“KOSHI”、“NUMERI”などの風合いのように、「しっとり」の英語表記として“Shittori”をこれまでと同様に用いることで布の「しっとり」感が基本風合いのように認知され、独立した風合いとして国内のみならず国外でも確立することが可能ではないかと考えている。

(研究成果の斬新性・新規性および社会への波及性と将来展望)

布の風合いには基本風合いという確立された触感があり、布の風合いに関する大半の研究はこれらの風合い用語を用いて報告されている。しかしながら、近年の新素材の目覚ましい開発研究から誕生した繊維素材で作られた布の評価を、従来の基本風合い評価手法のみで対応できるかどうかの不安が残されている。時代の趨勢に応じた評価手法の改善・開拓を推進する段階が到来していると思われる。この動向を鑑み、応募者は布の触感の代表的因子である「しっとり」に着目した。

肌着等繊維製品において、「しっとり」を謳った製品を商品化する際に、「しっとり」判定は、従来型の官能検査を指標にして、カテゴリー分類する手法が依然として採用されていると聞く。本研究で明らかにしたように、「しっとり」に関連する物性測定は極めて有効な手段である。さらに得られた物性値を代入すれば、「しっとり」の強弱を判定できる評価規定式を確立することができれば、個々の消費に関しての官能検査のみに頼ることなく物性値から「しっとり」を簡単、且つ、的確に判断することができる。開発された新素材群から、「しっとり」とした心地よい候補素材」を迅速に見出すことが可能となり、アパレル業界で応用できると期待される。本研究成果は、このゴールを指向する助走研究と位置づけられる。

現在は、新生児肌着の触感に関する研究を遂行中である。オンラインショップでの売れ筋商品を試料として官能検査を実施した結果、新生児肌着においても、「しっとり」を強く感じる布は同時に肌触りがよいとの好印象評価であった。実際に子育て中の女性へ「使用した新生児肌着」についてヒアリングした結果、オンラインショップで新生児肌着を購入している例が希少であることが分かった。ヒアリングにより得られた上位 3 種の肌着、上記オンラインショップでの売れ筋商品の中で最も「しっとり」が強く感じられた肌着 1 種、日本メーカーにおける子供服ハイブラ

ンドと称される2社の肌着各1種計6点を試料として、今後官能検査及び、KES法により物理量測定を行う予定である。このように、本研究成果は、異なる種々の場面で使用される布の評価に役立つものと期待される。

昨今の女子大生は、繊維実験を好まない傾向がある。反対に、「結婚」、「出産」、「子育て」、「子供」、「赤ちゃん」等のワードは大半の学生から注目度が高い。卒業研究において、「布の触感評価」を提案すると女子大生の反応は薄い、「赤ちゃんの肌着の触感評価」と言う興味を示すことが多い。「実験嫌い」や「針離れ」などの風潮は、被服系大学で直面する問題とされている中で、繊維材料実験に用いる試料を変えるだけで学生の興味関心を高めることができる。このことにより繊維材料実験を研究として扱う学生が増えることは勿論喜ばしいことであるが、それだけではなく、新生児肌着を扱うにあたり、少なからず子供に興味を持ち、新生児の特徴や子供の成長等を学ぶ機会が豊富になると思われる。繊維材料の実験を通してそのことのみを知識として身につけるのではなく、横断的な学びを経ることで、彼女たちの価値観を広げ、広い視野で以って社会人そして母親になることを期待したい。我が国が抱えている少子化問題に対しても意識を高く持つことも期待できるかもしれない。本研究で推進してきた「布」評価研究を通じて得た知見は、被服系大学の教育現場でも活用することができ、その波及効果が期待される。

被服構成学分野では、体験不足等によるいわゆる「針離れ」のため、被服製作に対する苦手意識が年々高まる傾向にある。現大学生は文部科学省が定める学習指導要領から判断すると中学校・高等学校で被服製作実習を全く履修していないということがあり得る。そのような現状の中でも大学として一定のレベルと保つことは必要であり、更には中高の教員を目指す学生がいる中、将来的に教授する立場になることを踏まえると簡単にレベルを下げることはできかねる。そこで、被服製作系の科目を履修する学生向けに「基礎縫い」の動画を取り入れたデジタル教材を作成し、平成25年度より授業及び学生の自主学習等で使用している。アンケート調査の結果、学生からの評判は高く、作品を製作する上での一助となっていると判断している。デジタル教材は過去に被服製図に関するものを作成しており、一定の効果があることが確認できている[7-9]。本研究の周知教育活動として、被服系大学での現状を捉え、それに対応した教育カリキュラム構築は重要である。本研究の経験を生かし、「研究⇔教育」をリンクさせ、教育レベルの向上にも貢献したい。

[引用文献] [1] 川端季雄.『風合い評価の標準化と解析 第2版』, 日本繊維機械学会風合い計量と規格化研究委員会 (1980). [2] 丹羽雅子編著.『アパレル科学』朝倉書店, p. 17 (1997). [3] 田村照子編著.『衣環境の科学』, 建帛社, p.79 (2004). [4] 松尾達樹. 繊維機械学会誌, 51, pp. 219-224 (1998). [5] 繊維学会編.『最新の衣料素材 (化学繊維編)』, 文化出版局(1993). [6] Yanaka M., J. Oleo Sci. 56, 169-178 (2007). [7] 末弘由佳理・本田クミ・大西かおり・中尾時枝. 生活環境学研究 2, 38-41 (2014). [8] 末弘由佳理. 大学教育と情報 JUCE Journal 2013 年度 No.4 pp.18-20 (2014). [9] 末弘由佳理・岡田由紀子. 武庫川女子大学情報教育センター紀要 2012 pp.18-23 (2013).

(研究業績)

Tanaka, T. and Sukigara, S. (2008) Evaluation of “Shittori” characteristic for fabrics. J. Textile Eng. **54**, 75-81.

Tanaka, Y. and Sukigara, S. (2009) Coolness and sensation of comfort produced using aerosol spray. J. Textile Eng. **55**, 163-169.

田中由佳理・鋤柄佐千子 (2010) 布のしっとり感評価に及ぼす視覚と触覚の影響. Sen'i Gakkaishi **66**, 7-14.

鋤柄佐千子, 田中由佳理 (2010) スプレーによる噴霧が人の感覚や布の熱伝達機構に及ぼす影響. デザントスポーツ科学 **31**, 12-21.

Tanaka, Y., Sugamori, T. and Sukigara, S. (2011) Objective evaluation of artificial furs for tactile comfort.

Textile Res. J. **81**, 429-436.

Sukigara, S., Tanaka, Y. and Hiroko Yokura, H. (2011) Measurement of skin touch feel for fabric “Shittori” based on the thermal transfer. Proceedings of the 87th Textile Institute World Conference 2010, Manchester, UK (The Textile Institute Centenary Conference) vol **4**, pp. 2650-2662. Curran Associates, Inc. UK.

末弘(田中)由佳理 (2011) 布の風合いにおける「しっとり感」の評価に関する研究. 繊維製品消費科学会誌 **52**, 564-574.

末弘由佳理 ら 他 19 名 (2012) 基礎から応用までの作品集 楽しくスクールソーイング. pp. 1-37. 開隆堂出版.

末弘由佳理・坂本有璃子・鋤柄佐千子 (2012) 極細分割繊維からなるインターロックのしっとり感に及ぼす編目密度の影響. J. Textile Eng. **58**, 49-56.

末弘由佳理・坂本有璃子・鋤柄佐千子 (2013) 布の風合い「しっとり」と “Baby’s skin との類似性. J. Textile Eng. **59**, 51-57.

末弘由佳理・坂本有璃子・鋤柄佐千子 (2014) 密度が異なる極細繊維インターロックのしっとり感に対する日中比較. J. Textile Eng. **60**, 35-40.

(受賞歴)

一般社団法人 NDK 日本デザイン協会主催のファッションショーでの作品表彰

平成 18 年 9 月 第 74 回ファッションショー 努力賞

平成 20 年 9 月 第 76 回ファッションショー 奨励賞

平成 22 年 9 月 第 78 回ファッションショー 努力賞

平成 23 年 9 月 第 79 回ファッションショー 努力賞

平成 27 年 9 月 第 83 回ファッションショー 奨励賞

一般社団法人日本家政学会 関西支部からの表彰

平成 24 年 10 月 若手優秀発表賞

受賞タイトル「ドラフティングにおけるデジタル教材の開発とその効果」

学術講演会の開催

前 期

I 部 平成 26 年度繊維学術賞受賞講演

安川 涼子氏（奈良女子大学研究院・生活環境科学系）

演題 「伝統工芸染織の感性工学的評価と応用に関する研究」

日時 平成 27 年 5 月 31 日 午後 2 時 15 分～3 時 15 分

場所 キャンパスプラザ京都 第 1 会議室

講演要旨

私たちの生活は多くのものに溢れており豊かである。科学技術の進歩と共に私たちは「物質的豊かさ」を手にすることができた。しかしながら、一方で「真の豊かさ」とは何かと問われることも多い。これからの社会は物質的豊かさだけではなく形や言葉に明確に表現されにくい感性的、精神的豊かさが求められると思われる。本研究では、「本物志向」、「洗練された美しさ」、「温もり」、「深み」というような感性的価値や評価などの非物質的な視点に迫り、持続可能なものづくり、QOL（生活の質：Quality of Life）や生活環境の向上に役立てることを目的としている。

本研究グループの川人らは、天然藍で染められた布について先行研究を行なっている [1]。天然藍染色布は、合成インジゴで染められたものとは異なり、「冴え」があると表現されており、天然藍染色布と合成インジゴ染色布で彩度の違いがあることを藍の染色液、染色布の分析等の実験結果から示している。これらの研究結果をふまえて、藍の美しさの一つである「滲み(にじみ)」について検討した [2]。藍の「滲み」は、染色布の色が藍から白へ移り変わる色の濃淡部分を指す言葉である。この滲みについて、天然藍の発酵建て、合成インジゴの亜鉛建て、ハイドロ建ての染浴を用いて絞り染めした滲み部分の画像解析を行った。染色布は画像化し、滲み部分の一次元輝度分布を捉え、ガウス曲線で解析した。滲み輝度分布のプロファイルは半値幅で比較検討した。その結果、天然藍は単一のガウス曲線で近似できることがわかった。それに対して、ハイドロ建ては半値幅の大きく異なる 2 つのガウス曲線の足し合わせで近似され、滲みが階段状で変化することが見出された。染色方法の違いによる滲み部分の輝度変化の違いが感性的な差に繋がったと考えられる。

伝統工芸染織の感性情報の科学的検討ならびに抽出した感性情報を工学的に再現するために、デジタルプリント技術を用いて布帛上に再現する手法の開発も本研究の目標である。伝統工芸染織の感性情報を再現する方法として、インクジェットプリンタの利用を試みた。実験用に接触型乾熱固着（Contact-type Dry Heat Fixation：CDHF）装置を試作し、木綿-反応染料系における布帛の前処理条件(アルギン酸ナトリウム・炭酸ナトリウム・尿素)、布帛の水分率、固着処理条件(温度・処理時間)、摩擦堅ろう度の点を旧来法の蒸熱処理法と比較した。本装置は温度を 100℃以上に設定できるため、温度を変化させて CDHF 処理時間と固着率の関係を調べたところ、処理温度 100℃までは処理時間を延ばしても固着率は上昇しないが、120℃以上では処理時間が長くなると共に高い固着率を得た。また、布帛中の水分量が染料固着に及ぼす影響について調べたところ、水分率が高い布帛を高温で固着処理すると、染料分子は、非常に短時間に高分子内部へ拡散し、その後比較的ゆっくりと繊維と化学結合することがわかった。染色助剤として用いられる尿素の影響



についても検討したところ、尿素は布帛の水分率に関係なく、固着率を上昇させる働きがあることを示した。さらに、綿繊維の非晶領域と布帛中の水分量の関係から染料の固着率を検討したところ、セルロースの水酸基に強く結合する水(結合水)と染料の固着に関係があることが示唆された。インクジェット染色の染色メカニズムや助剤の効果を示すことができた。

インクジェット染色を用いることで、伝統工芸染織の感性的特徴を再現できる可能性は十分にあると考えられる。抽出された感性情報がヒトの感性と結びつくのか、再現できるものであるのか等の検証については今後の課題である。

[引用文献]

[1] M. Kawahito, et al. *Sen'i Gakkaishi*, **58**, 122-128 (2002)

[2] M. Kawahito, et al. *Sen'i Gakkaishi*, **59**, 133-138 (2003)

謝辞—藍研究の遂行にあたり、ご指導頂きました徳島県立工業技術センター・川人美洋子博士に深謝致します。

II 部 平成 26 年度繊維教育賞受賞講演

相楽木綿の会（代表 福岡 佐江子氏）

演題 さがなかもめん
「相 楽 木 綿 私たちの取り組み」

日時 平成 27 年 5 月 31 日 午後 3 時 30 分～4 時 30 分

場所 キャンパスプラザ京都 第 1 会議室

講演要旨

相楽木綿は、明治初年から昭和 10 年代にかけて京都府の南山城地方で織られていた木綿の着尺織物である。柄には① 無地、縞、緋といずれもみられるが、縞柄でも縞糸に緋糸が使われていたり、縞の間に細かい緋を入れたりしている。また②「たっちょこがすり」(経緯 緋) と呼ばれていた色糸縞と緋の組み合わせでできた柄や、③ 一本の規則的な緯 緋 糸から文様を表す全国的にもめずらしい「工夫 緋」など、緋と色糸の多様使いが特徴と言える。また④ 風合いの良い織物が製織される「奈良晒」を織っていた「大和機」で織られ、経緯とも単糸を用いた‘ふっくら’とした温かみのある生地である。

このような特徴から、当時では庶民の日常着として、地元の南山城を始め、奈良、京都、大阪、滋賀などでも人気商品として流通していた。しかし、戦時経済における糸の配給制などで生産が中断してからは、機械織りを導入した襦地や布地壁紙生産に代わり復活することなく、途絶えてしまったため、地元の南山城でもその存在を知る人は少なく人々の記憶から忘れ去られようとしていた。

2004 年京都府山城郷土資料館で開催された「相楽木綿展」をきっかけとして、2005 年に同館友の会サークルとして「相楽木綿の会」を設立し、「相楽木綿の復元と伝承」を目標に取り組んだ。聞き取り調査や現存資料の調査を通じて、相楽木綿の特徴や技法が全国的にもめずらしい、素晴らしい織物であることを再認識し、布の復元だけでなく、緋括りや緋ずらしの方法、緋柄の設定など合理的で特徴的な技法や「大和機」の織こなしなど、技術の復元もしていきたいと活動を行ってきた。同時に、綿の栽培を始め、地域に残る綿文化も伝えていく活動を行ってきた。



2008年に京都府の「京の力、明日の力コンクール」に「相楽木綿の復元と伝承」の提案を応募し優秀賞を受賞、2009年に京都府の支援を受けて、「相楽木綿伝承館」を開設した。相楽木綿伝承館では、相楽木綿の復元だけでなく、現存資料や製織に使われる道具の常設展示、綿文化の紹介、機織りや糸紡ぎの実演を始めた。2010年からは織物教室をスタートさせ、製織技術の伝承者育成に取り組んでいる。

現在、織物教室は初級、中級、上級コースを各定員6名で開講している。上級コースを修了した受講生のうち、希望するものは専科コースに進み、更に技術を磨き、より高度な総合的な技術を学んでいる。今年度からは研究科がスタートし本格的な復元伝承活動に取り組んでいる。毎年3月には「相楽木綿展」を開催し、教室受講生と会員作品の展示を行っている。

また、相楽木綿伝承館開館日には、来館者の誰もが織物体験、糸紡ぎ体験、綿繰り体験が出来る。夏休みには子供向けの①「スピンドルで糸紡ぎ」と②その糸で「ミニマットを織る」ワークショップを開き、次代を担う子供たちにも糸紡ぎ、機織りを体験してもらっている。今後も相楽木綿の活動を通して、人間が自然のものを取り入れて自らの生活に役立ててきたすばらしい文化を伝えていく活動も合わせて行っていきたい。

そして、大和機で織られた風合いの良い生地を提供して、真の復元伝承につなげられるように、伝承者育成を行える仕組み、商品化できる仕組みを確立して、相楽木綿が京都の伝統織物として認められ、確実に後世に伝えていけるように努力していきたい。



後 期

河原 豊 氏 (群馬大学・理工学部・環境創生部門)

演題 「繭糸の力学特性に及ぼす

カイコの生物学的サイズ・飼育環境の影響」

日時 平成 27 年 10 月 22 日 (木) 午後 2:00~3:30

場所 衣笠会館集会室

講演要旨



(緒 言)

糸質の改善や生産性の確保など、様々な要請に対して蚕の品種改良(交雑種の開発)が行われてきた。繭糸の優れた力学特性は、かつて、軍需用パラシュートにまで利用されている。一方、フィブロインの遺伝子が解明され超分子構造が明らかとなった [1]。絹繊維がこの単一の分子量のタンパク質から作られているのであれば、力学特性は交雑種によらず、ほぼ、一定になるのではないかと推測される。しかしながら、カイコの代謝を考えれば、飼育温度や湿度の季節的影響、クワ葉中の成分変化 (例えば Ca 量 [2,3] が季節進行で増加する)、さらには、カイコのサイズの影響による吐糸速度の違いが繭糸の力学特性にどれぐらい影響するのか検討しておく必要がある。そこで、最近の交雑種に関する繰糸データをもとに、解析を行った。

本研究を行うに当たり、交雑種資料をご提供下さいました大日本蚕糸会・蚕業技術研究所長 新保 博氏、並びに同会・蚕糸科学研究所長 清水重人氏に深謝いたします。

(実 験)

繰糸は、繭検定法 [4] に準ずる方法で行った。繭検定用自動繰糸機 (CTII 型、日産) を用い、繰糸繊維: 27 デニール(d)、繰糸温度: 40℃、速度: 195 mm/min で行った。強伸度試験は、まず、27 d の生糸を検尺器 (枠周 1.125 m) で 100 回巻き取り止め (巻き始めの糸と巻き終わりの糸を結ぶ) して 100 回繰度糸を作製した。次に、20℃、65 %RH で十分に調湿し、平均繊維度を算出し、ゲージ間隔: 10 cm, 引張速度: 5 cm/min の条件において最大強度 (gf/d) を求め、平均値 (N=10) で評価した。

(結 果)

図 1 に全繭重量に対する引張強度の依存性を示す。全繭重量は、乾繭後の繭と蛹の重さの合計であることから、全繭重量は熟蚕の体重 (W) に対応する。W は約 4 倍変化しているが、引張強度は 3.9~4.7 gf/d に集中し、また、W に対して、若干、引張強度が低下する傾向が認められる。なお、伸度も同様に 18~23 %に集中した。

図 2 に全繭重量に対する繊維度の依存性を示す。繊維度は W に依存し若干増加した。吐糸運動は Silk II 型結晶の生成に重要と考えられている [5]。カイコは上半身を旋回して先端の口から糸を引き出すため [6]、旋回の角速度が同じならば長身の方が吐出速度は速くなる。しかしながら、動物の移動速度は W のマイナス 0.25 乗に比例して遅くなることから [7]、4 倍弱ある体重差による吐出速度への影響は、 $\sqrt[3]{4 \times 4^{-0.25}} \approx 1.11$ となり、今回のカイコのサイズの範囲では吐出速度の差はわずかであると推測される。一方、吐糸口は生物学的サイズの影響を受けたため、繊維度に若干の増加傾向を生じたと考えられる。

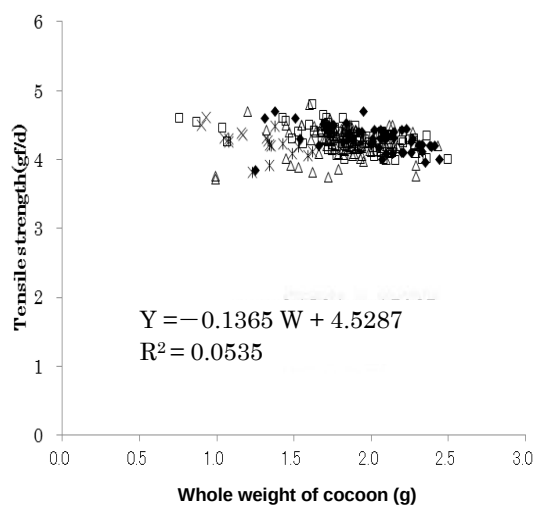


図 1 Dependence of tensile strength of raw silk fibers on the breeding conditions and size effect of silkworms.

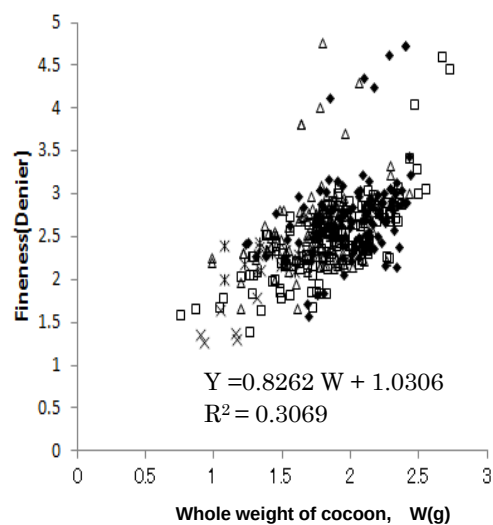


図 2 Dependence of fineness of raw silk fibers on the breeding conditions and size effect of silkworms.

◆ June; □ September; △ October; *, *Bombyx mandarin*; x, Trimoulter.

[引用文献]

- [1] Inoue, S. et al., J. Biol. Chem. **275**, 40517 (2000) [2] Sugimura, Y. et al., J. Seric. Sci. Jpn. **67**, 445 (1998)
 [3] Kawahara, Y. et al., Nippon Silk Gakkaishi, **23**, 77 (2015) [4] 繭検定の法規 (繭検定運営協議会編). pp. 1-30. (1984) [5] Jin, H.-J. and Kaplan, D.L., Nature **424**, 1057 (2003) [6] Miura, M. et al., J. Seric. Sci. Jpn. **67**, 51 (1998) [7] 本川達雄, ズウの時間ネズミの時間-サイズ生物学. 中公新書 (1993)

平成 27 年度 衣笠繊維研究所 活動状況

1. 学術論文の発表、各種学会での口頭発表など（下線部は財団理事、評議員）

(1) 原著論文

Kaneko, F., Kawashita, K., Matsumura, H., Katagiri, C., Ogawa, N., Shirai, K. and Banno, Y.
Moisture permeability of cocoon shells: Application of thermogravimetric method to small
biological samples. J. Insect Biotechnol. Sericol. **83**, 41-46 (2014)

杉村順夫・尾山 廣・森本弘一. 手動ポリメラーゼ連鎖反応法によるカイコの雌雄判別. 生
物教育学会誌 (生物教育) **56**, 29-35 (2015)

Hara, M., Shimasaki, H., Kado, Y. and Ichida, M. The effect of vegetation growth on radio wave
propagation in 920-MHz band. IEICE Transactions on Communications **E99-B** (1), 81-86 (2016)

Shiomi, K., Takasu, Y., Kunii, M., Tsuchiya, R., Mukaida, M., Kobayashi, K., Sezutsu, H., Ichida
(Takahama), M. and Mizoguchi, A. Disruption of diapause induction by TALEN-based gene
mutagenesis in relation to a unique neuropeptide signaling pathway in *Bombyx*. Sci. Rep. 印刷中

(2) 総説

尾山 廣・杉村順夫・山 和孝. ワサビノキ (モリंगा) の種子・葉に含まれる有用成分とそ
の多目的利用. 日本熱帯農業学会誌 (熱帯農業研究) 印刷中

(3) 口頭発表

上田大介・舟山知夫・横田裕一郎・坂下哲也・小林泰彦・白井孝治. カイコ初期発生卵にお
けるアポトーシス経路構成因子 mRNA 量の解析. 平成 27 年度蚕糸・昆虫機能利用学術講演
会講演集 85 号 p. 45. 北海道大学農学部 (北海道). 平成 27 年 9 月 26-27 日.

上田大介・舟山知夫・横田裕一郎・坂下哲也・小林泰彦・白井孝治. 卵黄内核分裂期カイコ
卵における傷害チェックポイントによる発生遅延機構の解析. 日本蚕糸学会中部・東海支
部合同大会講演要旨集 71 号 p. 15. 信州大学理学部 (長野). 平成 27 年 12 月 4-5 日.

森本弘一・尾山 廣・杉村順夫. カイコ幼虫の消化液を用いた酵素教材の開発. 日本理科
教育学会第 65 回全国大会 論文集 06A01 p. 185. 京都教育大学 (京都). 平成 27 年 8
月 1-2 日.

杉村順夫・尾山 廣・森本弘一. 手動ポリメラーゼ連鎖反応法によるカイコ幼虫の雌雄判
別. 日本理科教育学会第 65 回全国大会 論文集 05E02 p. 371. 京都教育大学 (京都).
平成 27 年 8 月 1-2 日.

(4) ポスター展示発表

Ueda, D., Funayama, T., Yokota, Y., Sakashita, T., Kobayashi, Y. and Shirai, K. Heavy ion irradiation
induced cell cycle arrest in multinuclear silkworm egg having non-damaged and damaged nuclei.
The 12th International Workshop on Microbeam Probes of Cellular Radiation Response (IWM2015).
Abs Booklet p. 117, 敦賀 (福井). 平成 27 年 5 月 31 日.

上田大介・榊原茂洋・舟山知夫・横田裕一郎・坂下哲也・小林泰彦・白井孝治. 重イオン照
射カイコ卵における傷害核排除機構解明の試み. 第 8 回高崎量子応用研究シンポジウム.
日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所 (群馬). 平成 27 年 10 月 8-9 日.

増谷 滉・尾山 廣・杉村順夫. モリंगा種子に含まれる多機能性タンパク質. 日本農芸化学
会 2016 年度大会ポスター発表 4H038. 札幌コンベンションセンター (北海道). 平成 28

年3月30日。

(5) 研究会・講演会等への出席

井上佳彦、京都府国登録有形文化財所有者総会、白沙山荘（京都）、平成27年8月8日。

井上佳彦、京都府文化財保護連絡会議 研修会、ルビノ京都（京都）、平成27年11月27日。

井上佳彦、京都府文化財保護促進会議、御室会館（京都）、平成28年3月16日。

2. 講演・講義活動

白井孝治

演 題：昆虫に学ぶ生物学

講義内容：昆虫を題材に生物の環境応答について概説した。現在問題となっている放射線の基礎知識と生物影響についてまず理解させた。その上で昆虫の放射線耐性について、大学で行われている研究と今後の展望の概要を話した。

(1) 日時：平成27年6月13日

主催者：長野県屋代高等学校

場所および対象者：長野県屋代高等学校（長野）、2年生。

(2) 日時：平成27年6月18日

主催者：長野県大町高等学校

場所および対象者：長野県大町高等学校（長野）、2年生。

(3) 日時：平成27年11月17日

主催者：群馬県立富岡高等学校

場所および対象者：群馬県立富岡高等学校（群馬）、2年生。

古澤壽治

演題と講義内容：滋賀大学教育学部の公開講座「石山っ子ワクワク親子畑探検隊」の一環として実施した。

(第1回) 蚕の生活史と飼育法：カイコ、ヤマユガ及びモンシロチョウの脱皮・変態の過程を動画で説明し、昆虫の特異性を哺乳動物の成長との比較の観点から説明した。特に蚕の休眠現象と桑の発育との関連について説明し、年間を通しての蚕卵の保護方法について説明した。

(第2、3回) 昆虫類のスケッチ講習：昆虫や受講生が育てた野菜、果物を鉛筆、パステル、水彩で描く方法について実技指導した。

(第4回) 絹糸昆虫類からの繭糸の生成及び絹織物：食下した桑の栄養物が繭糸に還元されるまでの過程を説明し、繭糸から絹糸を繰る実習をした。また、絹糸が各種の織物に利用されることを、実物を用いて説明した。さらに父兄には桑葉を用いた草木染、タイシルクを用いた織物の特徴を説明し、絹織物に対する理解を深めてもらった。

日時：（第1回）平成27年7月1日15時～；（第2回）平成27年7月29日14時～

（第3回）平成27年8月5日14時～；（第4回）平成27年12月2日15時～

主催者：滋賀大学教育学部

場所および対象者：滋賀大学教育学部自然環境教育施設、地域の小学生とその父兄（20組）。

一田（高濱）昌利

(1) 演 題：蚕・桑・絹の不思議

日時：平成27年5月2日

主催者：京都音楽家協会

場所および対象者：ブライトンホテル、京都音楽家協会員、

講義内容：蚕、桑、絹に関する様々な不思議について講演した。

(2) 演 題：蚕のお話し

日時：平成27年5月27日

主催者：京都市立広沢小学校

場所および対象者：京都工芸繊維大学嵯峨キャンパス、広沢小学校 (京都市) 3年生、

講義内容：総合学習の一環として、「カイコの不思議」について話題を提供し、カイコを知る機会にした。

(3) 演 題：絹の見方を変える

日時：平成27年8月11日

主催者：京都市産業技術研究所、

場所および対象者：京都工芸繊維大学嵯峨キャンパス、西陣織の関係者、

講義内容：京都の新しい絹糸産業を興すための考え方について話題提供した。

以 上

藤井 博 理事を偲ぶ



公益財団法人 藤井 博 理事（九州大学名誉教授）は平成 28 年 1 月 16 日、突如、急性 A 型大動脈解離を発症され、緊急手術が施されました。しかし、その甲斐なく、併発された脳梗塞のため、1 月 26 日 19 時に急逝されました（享年 74 歳）。

藤井先生は京都工芸繊維大学繊維学部をご卒業後、九州大学大学院農学研究科修士課程に進まれ、昭和 44 年に修了された後、九州大学農学部助手に着任されました。昭和 51 年に農学博士の学位を取得され、一貫して九州大学農学部附属家蚕遺伝子実験施設（現九州大学大学院農学研究院附属遺伝子資源開発研究センター）で蚕の遺伝子保存に関する研究に携わりました。特に、哺乳動物、小動物、微生物、植物の遺伝資源の収集、系統保存、提供などを行う国家的事業・ナショナルバイオリソースプロジェクト（カイコ）の中核的プログラム代表者として事業開始当初（平成 14 年）から退職されるまで 5 年間務められました。また、国際学術交流も積極的に推進され、中国・西南大学とは、学術交流協定を結び活発な研究・人的交流を図られました。その成果は、現在の両大学で行われているカイコ遺伝子資源保護の共同事業となり、実を結んでいます。これらのご功績により、中華人民共和国外務省より「友誼賞」および中国重慶市人民政府から「三峡友誼賞」を授与されています。学術研究面では、450 系統の変態期における蚕体液キモトリプシンインヒビターを遺伝生化学的に追求され、変態期の生理機能として生体防御、貯蔵蛋白質の分解、組織崩壊に関与することを明らかにされ、「家蚕キモトリプシンインヒビターに関する遺伝生化学的研究」に対し日本蚕糸学会より平成 14 年蚕糸学賞を受賞されました。このような多忙の中、母校京都工芸繊維大学の非常勤講師として特別講義を担当されたり、ご退職後も福岡女子短期大学で教鞭をとり、動物学の講義を通して生命の尊さを語られ、他大学においても後進の指導に情熱を注がれました。

当財団では、「繊維学およびその基礎科学領域の教育及び普及」を核とする公益事業を展開しています。上記のように故人は蚕の系統保存、またそれを基盤とした遺伝生化学の権威者として活躍されてこられたことから、この領域での研究教育助言及び学述普及活動の推進をお願いし、平成 22 年から理事にご就任頂きました。

当時、故人は京都工芸繊維大学と JAXA が共同で蚕卵を国際宇宙ステーションへ搭載し、宇宙放射線影響を観る実験において突然変異の検出を担当されていました。そして、当財団もこの研究事業に参画し、宇宙から帰還した蚕卵を全国の小・中学校や博物館に無償配布することによって宇宙カイトを通し青少年への生物教育に貢献しました。故人は、全国各校から送られてきた小・中学生のレポートを楽しく読みながら、「生命」の尊さを語るとともに、青少年期での生物教育の重要性を指摘され、この事業実施の意義を強く強調されていました。この事業を契機に、蚕を材料とする生物教育を提案され、実施に移されています。また、蚕の系統保存に関する生化学的研究や繊維科学に関する啓蒙的書籍編集、発刊に尽力され、特に当財団発刊の「虫たちが語る生物学の未来」（平成 21 年出版）に当たり、多数の研究仲間に執筆を依頼して頂きました。また、繊維科学シリーズ「蚕サイエンスの進展」（平成 27 年出版）では、古典遺伝学から遺伝子工学までの幅広い視点から校閲され、この書籍編集にご尽力されました。ご生前のこれら多大なご貢献に厚くお礼申し上げます。

故人は、幼少期より「虫」を愛し、「花」を育て、温厚で大らかな心を育てられました。ソフトで暖かい人柄は多くの研究者仲間や学生から慕われていたのでしょう。「先生とのお別れの会」に東京や信州をはじめ遠くから参列され、遺影をじっと眺めておられました。また、お若い頃のご家族や学生たちと団欒されているお姿がスクリーンに映し出された時、ご生前の思い出が蘇り、参列者のほとんどが涙を浮かべておられました。微笑んだ故人の遺影は、「生命」について、昆虫の変態期の組織崩壊・新生について語り掛け、当財団の将来像についても語られているようです。

笑みを浮かべながら当財団を訪れる藤井 博先生にはもう会えません。

謹んで心より哀悼の意を表し、ご冥福をお祈り申し上げます。



平成 28 年 2 月
公益財団法人 衣笠繊維研究所

編集・発行

公益財団法人

衣笠繊維研究所

URL <http://krf-textile.com>

〒603-8326

京都市北区北野下白梅町 29

Tel 075-461-5949

Fax 075-463-6679

E-mail zai-kinugasakai@nifty.com

発行日

2016 年 3 月 30 日