

第11号

纖維研究所研究報告

2007

財団法人 衣笠会

京都市北区北野下白梅町29 〒603-8326

纖維研究所研究報告

1100号

2007

衣笠会

目次

報 文

- 3段階培養によるケナフ胚軸組織からの個体再生
西村明紘・島袋順二・古澤壽治・杉村順夫 1
- キトサン処理繊維の機能性に関する研究
－直接染料によるキトサン処理柞蚕絹織物の日光堅ろう度－
加古 武 9
- 人工飼料育した熱帯性原蚕種、Nang-Lai と Nan-noi の織度
島袋順二・平田真弓・古澤壽治 17
- 加撚ポリエステル・スリットヤーンの引張り性質
前川輝彦 23

技術資料

- セリシン部タンパク質の解析
－クマシープリリアントブルー染色と銀染色法による
セリシンタンパク質の検出の相違－
一田昌利・岡 崇史・亀井加恵子 27
- 年表「近代化蚕糸業技術の変遷」 1、明治期の蚕糸業政策と科学・技術
松本継男 35

解 説

- カイコの環境情報受容応答（その1）
角田素行 43

財団法人 衣笠会繊維研究所活動状況

1. 平成19年度 各種学会口頭発表及び各種学会投稿論文 49
2. 平成19年度 講演活動報告 52
3. 平成19年度 財団法人 衣笠会「繊維学術賞」報告 56
4. 寄稿：シルク・サミットに参加して 高橋重三 59

3段階培養によるケナフ胚軸組織からの個体再生

西村明紘*・島袋順二**・古澤壽治***・杉村順夫*

Direct Plant Regeneration from Kenaf Hypocotyl Tissues through the 3 Step-culture

Akihiro NISHIMURA*, Junji SHIMABUKURO**,
Toshiharu FURUSAWA*** and Yukio SUGIMURA*

*Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology,
Matsugasaki, Kyoto 606-8585, Japan

**Center for Bioresource Field Science, Kyoto Institute of Technology,
Ipponki-cho, Ukyo-ku, Kyoto 616-8354, Japan

***Kinugasa Textile Research Institute, The Kinugasa-kai Foundation,
29 Kitano Shimo-Hakubai-cho, Kita-ku, Kyoto 603-8326, Japan

Abstract

Plant regeneration was induced in the upper hypocotyl of kenaf seedling using a 3 step-culture system: As the 1st culture, seedlings were grown on a medium containing 6-benzylaminopurine (BA). The upper hypocotyl was excised from the seedlings and cultured on the BA-containing medium (the 2nd culture). Newly-developed shootlets were cut and then re-cultured on the BA-containing medium (the 3rd culture). Successful initiation of multiple shoot was induced in the cut shootlet stem during the 3rd culture. The multiple shoots were capable of regenerating complete plantlets and growing in pots. For achieving a high frequency of multiple shoot formation, it was essential to incorporate BA to a medium in a whole step of culture process.

Key Words : Kenaf, Hypocotyl, Direct plant regeneration, Tissue culture

1. まえがき

ケナフ (*Hibiscus cannabinus* L.) はアオイ科の植物であり、その原産地は東部中央アフリカと言われている。アジア、アフリカの熱帯地方に広く分布しており、その生長速度は速く、短日植物である。茎から得られる繊維は、古くからロープ、織物、パルプ材として利用されてきたが、近年、ケナフ繊維と種々の高分子ポリマーと組み合わせた

複合材料が作りだされ、マット、シート、ボード類などに加工され、自動車、建築、IC製品などへの用途が開発されている[1-3]。また、二酸化炭素の固定能力、水質浄化能力に優れていることから、環境浄化植物としての可能性が示唆されている[4,5]。

ケナフ繊維が工業用繊維素材として有望視されると共に、繊維品質の改変、病虫害に対する耐性化、繊維の増収化などの育種要求が起こってくる

*連絡先：京都工芸繊維大学工芸科学研究科応用生物学部門、
606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町、E-mail : sugimura@kit.ac.jp, TEL 075-724-7762

**連絡先：京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター、
616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1、E-mail : jshima@kit.ac.jp, TEL 075-861-0714

***連絡先：財団法人衣笠会繊維研究所、603-8326 京都市北区北野下白梅町29、
E-mail : zai-kinugasakai@nifty.ne.jp, TEL 075-461-5949

と想定される。細胞・分子育種により、これらの要求を満たすためには、組織培養による高頻度の個体再生系が必要となる。これまで、茎から誘導されたカルスから個体再生する方法が報告されているが、異常個体が発生し、個体再生率が低かった[6]。一方、カルス過程を経由せずに、茎頂分裂組織から、直接的に shoot を分化させ、個体再生させる方法が報告されている[7,8]。本研究では、ケナフの高頻度個体再生系を確立するために、サイトカイニン添加培地で育成した実生苗の胚軸上部組織を用いた 2 step 培養および 3 step 培養法を検討した。

2. 材料および方法

2. 1 供試材料

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センターで採取されたケナフ (*Hibiscus cannabinus* L. 中雑紅305) の種子を用いた。

2. 2 種子の表面滅菌

種子表面を中性洗剤で洗浄した後、70%エタノールで3分間処理した。その後、1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で40分間、70%エタノールを含む1%次亜塩素酸ナトリウム水溶液で10分間処理した。表面殺菌した後、滅菌水での10分間洗浄を5回繰り返した。

2. 3 実生苗の育成

実生苗育成用培地をプラントボックス (6×6×10cm) に50ml ずつ分注し、無菌種子を播種した後、人工気象器内 (連続光照射、25℃) で育成した。2 step 培養系の実生苗育成培地の調製は、Linsmaier-Skoog (LS) 培地[9] に植物ホルモンとして 10^{-5} M 6-ベンジルアデニン (BA)、 10^{-6} M チジアズロン (TDZ) または 10^{-6} M ナフタレン酢酸 (NAA) + 10^{-6} M TDZ を添加し、0.3% (W/V) ゲルライトで固化した。一方、3 step 培養系で用いた実生苗育成培地には、 4.4×10^{-6} M BA を添加した。

2. 4 外植片の培養

2 step 培養系では、実生苗から胚軸、子葉、本葉の組織片を切り出し、不定芽分化培地に置床し、約30日間人工気象器内で培養した。不定芽分化用培地は、LS 培地に 10^{-7} M NAA + 10^{-7} M BA または 10^{-6} M NAA + 10^{-6} M BA を添加し、ゲル化剤として0.3% (W/V) ゲルライトを用いて調製した。3 step 培養系では、不定芽分化培地として 8.8×10^{-6} M BA 添加 LS 培地を用いた。

3. 実験結果

実生苗の組織から個体再生する場合、多くの植物種ではホルモンフリー培地で実生苗を育成し、その実生苗の組織から個体再生させることが行なわれている。しかし、予備実験の結果から、ホルモンフリー培地で育成した実生苗の組織から、多数の不定根を分化誘導することができたが、個体再生の指標である不定芽再生は誘導されなかった。本研究では、この欠点を克服するために、新たに 2 step 培養系と 3 step 培養系を検討した。

2 step 培養系では、①ホルモンを含む培地で実生苗を育成する、②次にその実生苗の胚軸、子葉、本葉から組織片を摘出し、ホルモンを含む培地で本培養して、不定芽分化を誘導する方法である。一方、3 step 培養系では、①ホルモンを含む培地で実生苗を育成する、②その実生苗から発達した幼茎を切り、ホルモンを含む培地に挿し木して前培養する、③生長した挿し木の茎葉部をホルモン添加培地で本培養して、不定芽分化を誘導する方法である。

3. 1 2 step 培養系による不定芽誘導

3. 1. 1. 1st 培養：ホルモン添加培地での実生苗の育成

10^{-6} M NAA + 10^{-6} M TDZ を含む実生苗育成用培地で育成した実生苗では、根部に大きなカルスが形成され、ホルモン無添加 (HF) 培地で育成した実生苗に比べ背丈が低く、本葉は萎縮していた (図1)。 10^{-6} M TDZ を含む育成用培地を用いた場合、実生苗は HF 培地で育成した実生苗と比

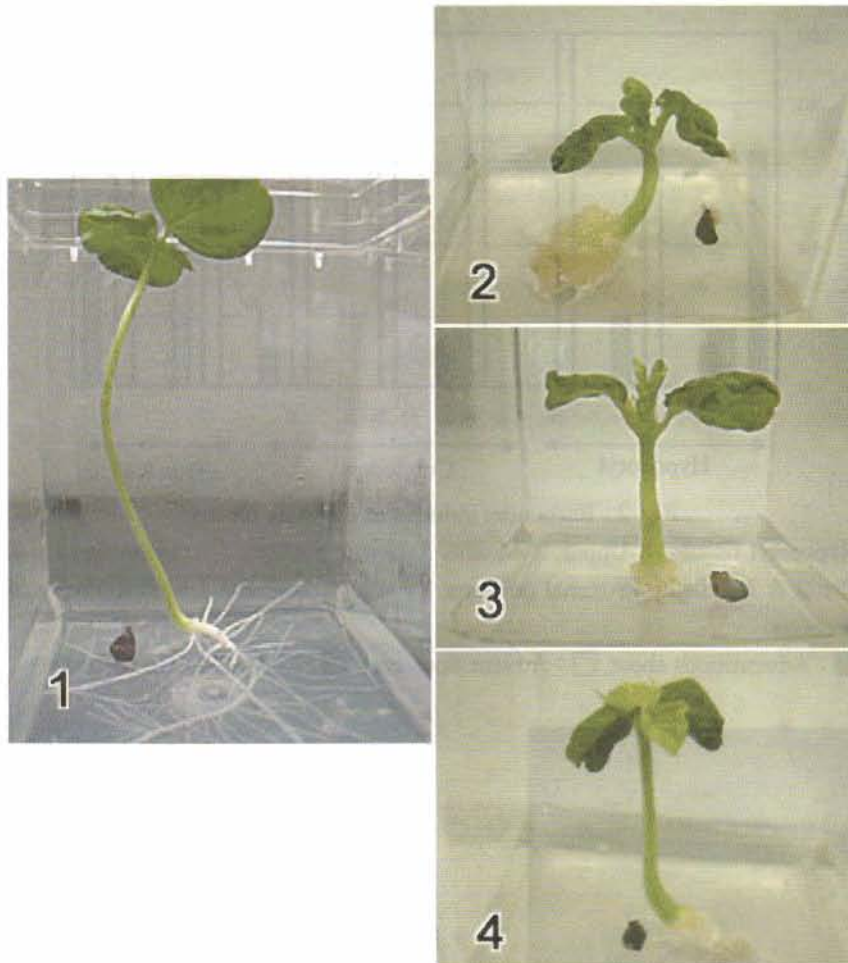


Fig. 1. Seedlings grown on LS medium containing phytohormones
 1, hormone free; 2, 10^{-6} M NAA + 10^{-6} M TDZ; 3, 10^{-6} M TDZ; 4, 10^{-5} M BA

べ、胚軸が太く、背丈が短かく、本葉は萎縮していた。一方、 10^{-5} M BA を含む育成用培地では、背丈が低い、胚軸は HF 培地で育成した実生苗の胚軸と同じように細かった。また、本葉は萎縮せずに完全な個体として成長した。

3. 1. 2. 2nd 培養：組織片からの不定芽形成
 前述したように、 10^{-5} M BA を含む培地で育成した実生苗は胚軸長が短い、正常な本葉の展開と成長が観察されたことから、 10^{-5} M BA 添加培地で育成した実生苗を部位別に分割して組織片を摘出した。培養に供試した組織片は、3 部分に分割した胚軸組織（上部、中央部、下部）、3 部分に分割した子葉組織（先端部、中央部、葉底部）、2 部分に分割した本葉組織（先端部、葉底部）であった。これら組織片を 10^{-7} M NAA + 10^{-7} M BA

を含む不定芽誘導培地で培養し、どの部位の組織片から不定芽形成が誘導されるかを調べた。その結果、胚軸の上部組織片から高率に不定芽が形成された（図 2）。他の組織片からは、不定芽の形成は観察されず、不定根が優先的に誘導された（図 3）。

さらに、実生苗育成培地に添加するホルモン効果について検討した。用いたホルモンの種類と濃度を 10^{-6} M TDZ、 10^{-5} M BA、 10^{-6} M NAA + 10^{-6} M TDZ に設定し、得られた実生苗から胚軸の上部組織を摘出して、不定芽誘導培地で培養した。その結果、HF 培地で育成した実生苗の上部胚軸組織からは不定芽が形成されず、TDZ、BA、NAA+TDZ を含む培地で育成した場合、実生苗の上部胚軸組織から不定芽の形成が誘導された（表 1）。特に、BA 添加培地で形成率が高かった。こ

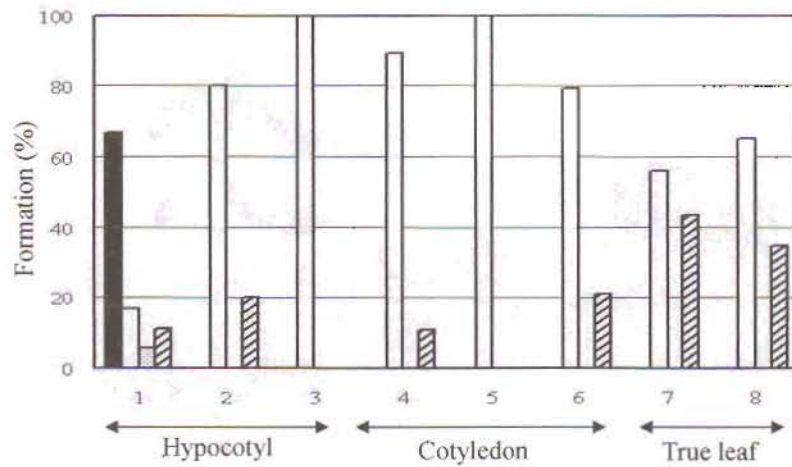


Fig. 2. Responses induced in different tissues

Hypocotyl tissues: 1. Upper, 2. Middle, 3. Lower portions; Cotyledon tissues: 4. Distal, 5. Middle, 6. Proximal portions; True leaf tissues: 7. Distal, 8. Proximal portions.

■ : Adventitious shoot, □ : Adventitious root, ▨ : Callus, ▩ : No response.

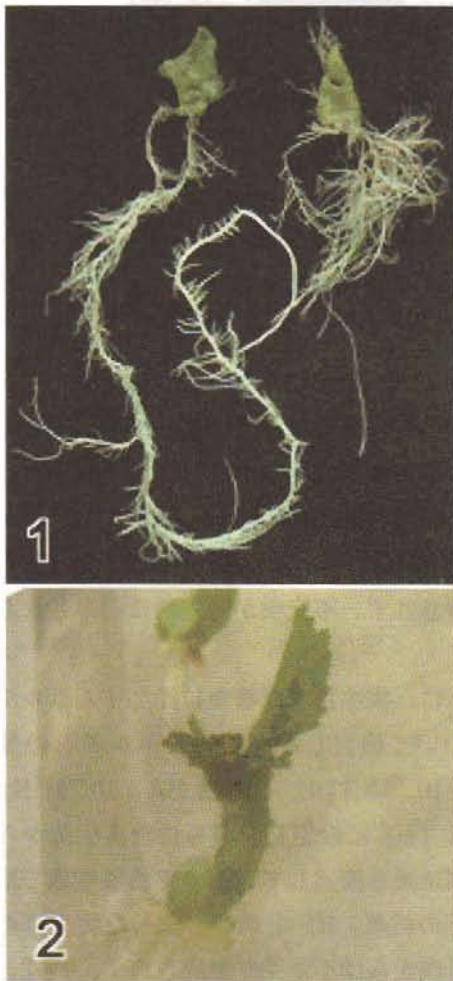


Fig. 3. Adventitious roots and shoots induced from leaf and hypocotyl tissues

1. Leaf explant; 2. Hypocotyl explant.

これらの結果から、BA 添加培地で育成した実生苗の上部胚軸組織が不定芽誘導に最適な部位であることが明らかになった。

得られた不定芽から shoot および幼根を形成させるために HF 培地で培養したが、成育速度が極めて緩慢であり、完全な再生個体が得られなかった。

3. 2 3 step 培養系による不定芽誘導

3. 2. 1. 1st 培養：ホルモン添加培地での実生苗の育成

2step 培養系の結果から、不定芽を形成させるためには、BA 添加培地での実生苗の育成が有効であることが明らかになった。本培養系においても、 4.4×10^{-6} M BA 添加培地で実生苗を育成させた。その結果、実生苗は若干矮化する傾向にあったが、正常な胚軸、子葉、本葉の成長が観察された。

3. 2. 2. 2nd 培養：胚軸上部の摘出と前培養

1st 培養から得られた実生苗から、子葉を除去した後、成長点含む胚軸上部を切り出し、 8.8×10^{-6} M BA 添加培地で挿し木培養した。その結果、茎が伸長し、幾分黄化した数枚の本葉が展開した(図4-1)。

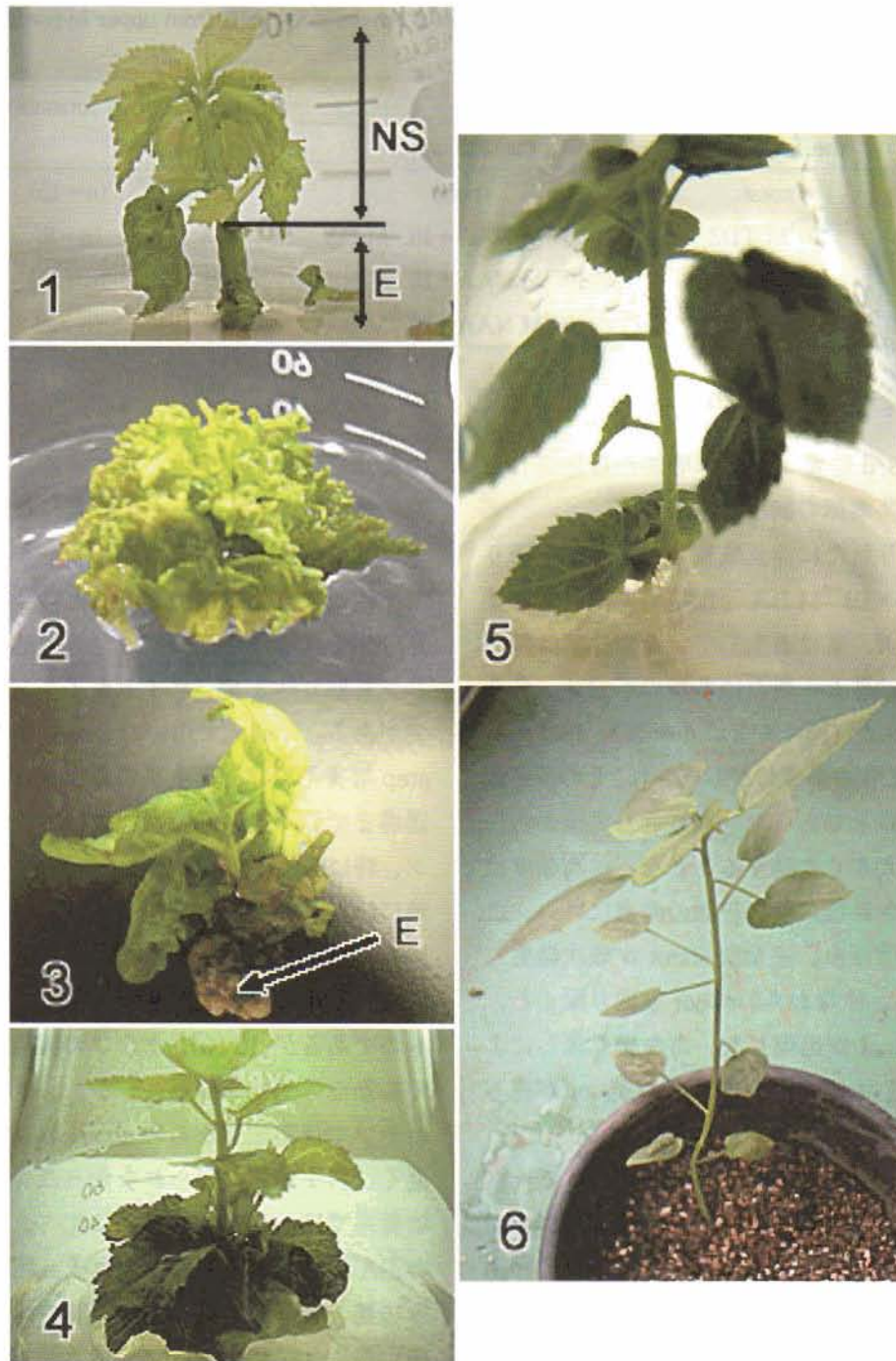


Fig. 4. Direct plant regeneration by the 3 step-culture

1. Shootlet after the 2nd culture. Newly-developed shootlet (NS) appeared from explant tissue (E) ; 2. Multiple shoot formation after the 3rd culture ; 3. Dissected multiple shoot. Shoots were initiated from inoculated explant (E) ; 4. Elongated shoot ; 5. Regenerated plant after cutting propagation ; 6. Plant grown in a pot.

Table 1. Effect of phytohormones on induction of adventitious buds from upper hypocotyl tissues

Phytohormone added		Adventitious bud formation	
the 1st culture	the 2nd culture	(%)	
none	none	0	(n=15)
10^{-5} M TDZ	10^{-7} M NAA + 10^{-7} M BA	37.5	(n=8)
10^{-5} M BA	10^{-7} M NAA + 10^{-7} M BA	66.7	(n=18)
10^{-6} M NAA + 10^{-6} M TDZ	10^{-6} M NAA + 10^{-6} M BA	25	(n=8)

3. 2. 3. 3rd 培養：挿し木培養から発達した 茎葉部の摘出と本培養

前培養により新たに伸長成長した茎葉部を切り出し、再度 8.8×10^{-6} M BA 添加培地で挿し木培養した。その結果、茎に着生していた黄化葉は脱落すると共に、幼茎から新たに多数の不定芽（多芽体）が形成された（図4-2、4-3）。48個の挿し木培養から42個の多芽体が形成され、その多芽体形成率は90%以上であった。繰り返し実験から、この形成率は大きく変動することなく、高頻度に多芽体が形成された。培養日数の経過に伴い、この不定芽体集団から、完全な shoot が順次発生した（図4-4）。すなわち、shoot を取り除くと、再び完全な shoot が出現した。この繰り返しにより、1個の挿し木培養から10数個の shoot が得られた。

形成された shoot の茎を切り、HF 培地で再度挿し木培養すると、幼根が発生し完全な植物体を得られた（図4-5）。この *In vitro* 苗を鉢に移植することにより、再生個体を野外で栽培することができた（図4-6）。

4. 考察

組織培養に用いる外植片を実生苗から得る場合、ホルモン無添加培地で育成した実生苗を利用することが多い。しかし、ケナフ実生苗から得た胚軸、子葉、本葉の組織からは、カルスまたは不定根が優先的に分化誘導され、不定芽の形成は観察されなかった。一般に、不定根、不定芽、カルスの分化誘導には、オーキシンとサイトカイニン

の量比により決定づけられている。ケナフの実生苗組織では、内生オーキシン量に対する内生サイトカイニン量が少ないため、オーキシンに依存した不定根の分化誘導が起これと考えられる。不定芽分化を誘導するためには、外生的にサイトカイニンを取り込ませ、サイトカイニン量を高める必要がある。本研究で用いた 2 step 培養系および 3 step 培養系では、実生苗の育成から不定芽の分化誘導までの一連の培養過程において、サイトカイニン、特に6-ベンジルアデニン (BA) を連続して培地に添加することが必須条件であることが明らかになった。2 step 培養系は、著者らがクワ実生苗の葉組織からの高頻度個体再生法として開発したものであるが[10-12]、ケナフの組織培養にも極めて有効な方法であった。しかし、クワに比べて、ケナフでは不定芽からの shoot および根の形成が遅く、再生個体を得られなかった。一方、3 step 培養系では、2 step 培養系に比べ、比較的低濃度の BA 添加培地で実生苗の育成、胚軸上部の挿し木培養、新たに伸長した茎葉部の挿し木培養を経由することにより、shoot 形成と発根能力を保持した不定芽を分化誘導することが可能となった。本培養系は脱分化過程（カルス）を経由することなく、直接不定芽を形成させることができるため、脱分化過程で発生する培養変異のリスクを回避することができると考えられる[6]。

3 step 培養系では幼茎部から多数の不定芽が発生し、多芽体を形成した。この培養過程では、外生サイトカイニンが徐々に外植片組織に取り込まれ、不定芽分化に関わる細胞分裂が組織内で多発的に誘導されたと考えられる。幼茎部に誘導形成

される分裂域の組織内分布について検討する必要がある。

引用文献

- [1] 佐竹 茂 (2007) : 地球にやさしい植物由来材料-自動車部品への適用を目指して-。熱帯農業 51, 240-243
- [2] Serizawa, S., Inoue, K. and Iji, M. (2005) : Kenaf-fiber-reinforced poly (lactic acid) used for electronic products. *J. Applied Polymer Sci.* 100, 618-624
- [3] Pan, P.P., Zhu, B., Kai, W., Serizawa, S., Iji, M. and Inoue, Y. (2007) : Crystalization behavior and mechanical properties of bio-based green composites based on poly (L-lactide) and kenaf fiber. *J. Applied Polymer Sci.* 105, 1511-1520
- [4] 山本泰由 (2002) : 新規水田転作作物のケナフの栽培・収穫・調製技術の開発。p63, 農林水産省水産技術会議事務局。東京
- [5] Lam, T.B.T., Hori, K. and Iiyama, K. (2003) : Structural characteristics of cell walls of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and fixation of carbon dioxide. *Wood Sci.* 49, 255-261
- [6] Zapata, C., Srivatanakul, M., Park, S.H., Lee, B.M., Salas, M.G. and Smith, R.H. (1999) : Improvements in shoot apex regenerations of two fiber crops: Cotton and kenaf. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 56, 185-191
- [7] Srivatanakul, M., Park, S.H., Sanders, J.R., Salas, M.G. and Smith R.H. (2000) : Multiple shoot regeneration of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) from a shoot apex culture system. *Plant Cell Rep.* 19, 1165-1170
- [8] Herath, S.P., Suzuki, T. and Hattori, K. (2004) : Multiple shoot regeneration from young shoots of kenaf (*Hibiscus cannabinus*). *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 77, 49-53
- [9] Linsmaier, E.M. and Skoog, F. (1965) : Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 18, 100-127
- [10] Sugimura, Y., Adachi, T., Kotani, E. and Furusawa, T. (1998) : Shoot bud formation and plantlet regeneration from the basal tissues of mulberry leaves. *J. Seric. Sci. Jpn.* 67, 421-424
- [11] Sugimura, Y., Adachi, T., Kotani, E. and Furusawa, T. (1999) : Efficient induction of shoot organogenesis from leaves of mulberry seedlings using 2,3,5-triiodobenzoic acid. *Plant Biotech.* 16, 123-127
- [12] Miyazaki, J., Sugimura, Y., Kotani, E. and Furusawa, T. (2000) : Shoot organogenesis from mulberry leaf tissue: origin and development of regenerated shoots. *J. Seric. Sci. Jpn.* 69, 319-325

キトサン処理繊維の機能性に関する研究 - 直接染料によるキトサン処理柞蚕絹織物の日光堅ろう度 -

加古 武*

Functional Properties of Chitosan-treated Fibers - Color Fastness to Daylight on Chitosan-treated Tussah Silk Fabrics dyed with Direct Dyes -

Takeshi KAKO*

*Faculty of Fashion and Design, Kobe University of Fashion and Design,
Meinan-cho, 2-1-50, Akashi-shi, Hyogo, 673-0001, Japan

Abstract

Color fastness to daylight on the chitosan-untreated and chitosan-treated tussah silk fabrics dyed with direct dyes was investigated. Light fastness of the fabrics were evaluated from the changes in the K/S values, color differences, hues, lightness and chroma, before and after 90 hs of sunlight-exposure. As the direct dyes, C.I. Direct Blue 86, C.I. Direct Brown 106, C.I. Direct Red 28, and C.I. Direct Green 6 were utilized in this study. By chitosan-treatment, the K/S values on the fabrics dyed with the direct dyes increased by 15~41%. Light fastness of the chitosan-treated fabrics before dyeing were better than that of the chitosan-untreated ones; the ratio of the K/S value and the color differences (ΔE^*_{ab}) on the chitosan-treated fabrics before and after sunlight-exposure were higher and lower, respectively. Moreover, the chitosan-treated fabrics dyed with the direct dye with high color fastness were apt to show higher color fastness than the chitosan-untreated ones. However, the positive effect of the chitosan-treatment on the color fastness was not observed, when a direct dye with low color fastness was used. The lightness and chroma of the fabrics dyed with direct dyes before and after were apt to increase and decrease, respectively. The tendencies of changes of the hues were dependent on the species of the dyes used.

Key Words : Chitosan-treatment, Light fastness, Direct dyes, Tussah silk

1. まえがき

近年、人や環境にやさしい繊維製品が望まれている。エビやカニの甲羅、昆虫の外殻、貝類などから採取されるキトサン（2アミノ-2デオキシ- β -D-グルコース残基が β -(1,4)結合したカチオン性多糖類、キチンの脱アセチル化物）は、医療、化粧品、食品、医薬、農業、バイオケミカルなどの各分野で利用されている。繊維分野でも

1) キトサンをアクリルやポリノジックに練り込む方法、2) キチン・キトサンを木材パルプと溶解・融合する繊維化法、3) 後加工法（付着）などによる繊維製品が開発されており、これまでに染色性、生分解性、抗菌性、抗カビ性、防臭性、保湿性、耐光性、光沢性、金属などの吸着性、アレルギー抑制性、MRSA性などの性質が検討されている。一方、柞蚕絹は縦縞構造があり、マイクロボイドが観察され、結晶化度は家蚕絹より小さく

*連絡先：神戸ファッション造形大学ファッション造形学部、
673-0001 兵庫県明石市明南町2丁目1番50番、TEL 078-927-0771、FAX 078-927-0774

[1]、一般に家蚕絹より日光に強いといわれている。しかし、柞蚕絹は、これまでにキトサン処理によって、一般に染料による繊維の染着性などが向上するが、染色物の耐光性については、前報[2]では、金属錯塩染料によるキトサン処理柞蚕絹織物の日光堅ろう度は15時間露光前後でキトサン処理織物の色差 (ΔE^*ab) は無処理織物よりも小さく、キトサン処理効果がみられるが、35時間、125時間では明瞭な傾向がみられなかった。

そこで、他の染料の耐光堅ろう性を調べるためにセルロース繊維、タンパク繊維、ナイロン、ビニロンなどの染色に利用される直接染料を用いた。この染料は親水性の芳香族アゾ化合物で、一般直接染料は耐光性や湿潤性が低いが、直接性や親和性が大きいといわれている。

今回、耐光堅ろう度の低い一般直接染料および堅ろう度が高い高級直接染料（シリアス系）を用いて、キトサン処理柞蚕絹織物の日光堅ろう度を検討した。

2. 材料および方法

2. 1 試料

前報[2]と同じ柞蚕絹織物（pongee）を用いた。

2. 2 精練

前報[2]と同じ石けん・アルカリ法を用いた。以下、これを無処理織物とする。

2. 3 キトサン処理

前報[2]と同じ pad-dry 法（150℃、10min）により行った。キトサン処理柞蚕絹織物（付着率：0.75%）を、以下、これをキトサン処理織物とする。

2. 4 染料

直接染料は、4種類の4級以上の①銅フタロシアニン系スルホン化した染料の Sirius Supra Turquoise Blue GL（C.I. Direct Blue 86、C.I. 74180、日光堅ろう度、日光 C5-6）、②ジアリール尿素誘導体ポリアゾ染料（ホスゲン系直接染料）

の Sirius Supra Brown G（C.I. Direct Brown 106、C.I. 36200、日光 C5）、3級以下の③ベンジジン系ジアミン型ジスアゾ染料の Congo Red（C.I. Direct Red 28、C.I. 23120、日光 C1）、④ベンジジン系ポリアゾ染料の Direct Green B（C.I. Direct Green 6、C.I. 30295、日光 C1-2）を用いた。いずれも C（綿）の数値は日光堅ろう度を示す[3]。つぎに、それぞれの染料の構造式を Fig. 1に示した。

2. 5 染色

染料 5%owf、塩化ナトリウム 10%owf、90℃ ± 2℃、60分間それぞれ染色し、その後十分に水洗し、自然乾燥した。

2. 6 染着濃度

前報[2]と同じ Macbeth Eye Color Excel TM（SICOMUC 20）を用いた。Kubelka-Munk の関数式より K/S 値を算出した。

2. 7 色の三属性

前報[2]と同じ Macbeth Eye Color Excel TM（SICOMUC 20）を用いた（L*a*b*表色系色度図）。

2. 8 染色堅ろう度

JIS L 0841-2004の日光堅ろう度（直射日光法）、[4]に準じて35および90時間露光し、色差 (ΔE^*ab) により表示した。

3. 結果および考察

3. 1 未染色の無処理織物、キトサン処理織物の K/S 値および色差と日光露光による変化

日光露光による未染色の無処理織物、キトサン処理織物の K/S 値および色差 (ΔE^*ab) の変化を Table 1に示した。

未染色織物については、日光に90時間まで露光した場合のキトサン処理織物の K/S 値は、35時間ではほとんど変化がなく、無処理織物より著しく小さかった。さらに90時間まで露光した場合でも、キトサン処理織物の K/S 値は、無処理織物よ

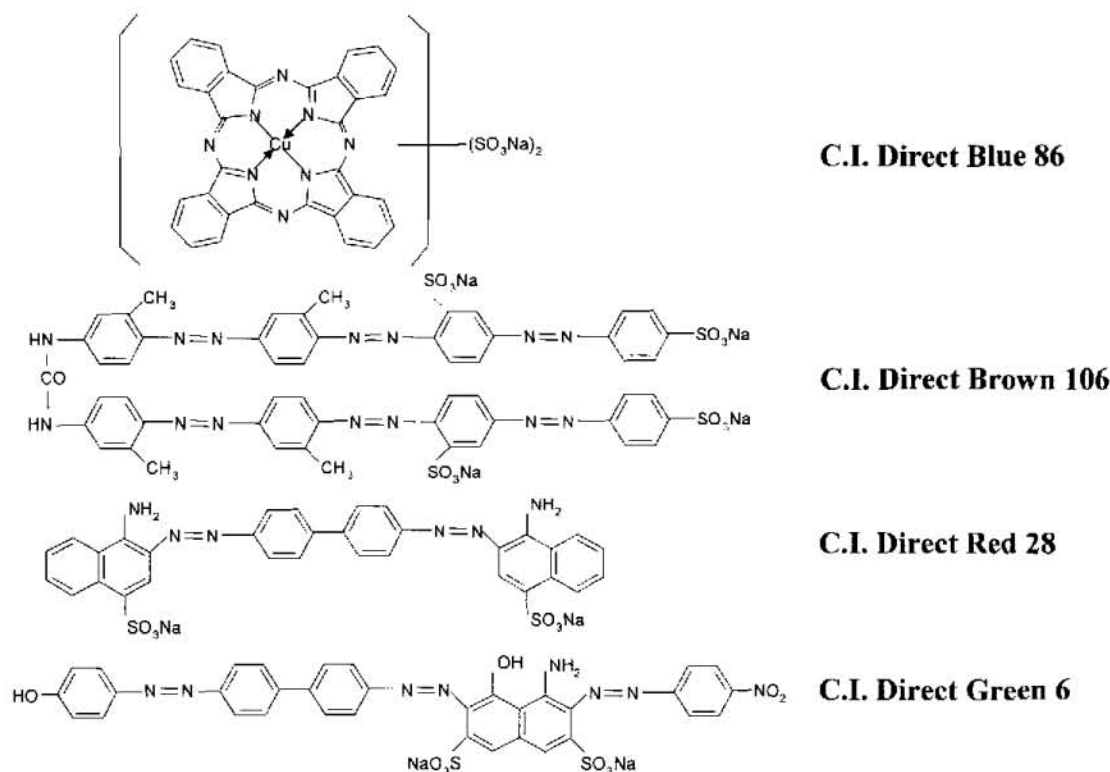


Fig. 1. Chemical structures of direct dyes

Table 1. Depth of shade and color difference of untreated and chitosan-treated tussah silk fabrics by daylight exposure

Sample		Exposure time (hrs)			
		0	10	30	90
U	K/S value	0.68	0.74	0.76	0.83
	Increase (%)	0	10.1	12.6	22.7
	Color difference (ΔE^*ab)	0	2.1	2.4	3.4
C	K/S value	1.07	1.05	1.06	1.19
	Increase (%)	0	2.1	-1.1	10.8
	Color difference (ΔE^*ab)	0	0.7	0.5	0.9

U : Untreated C : Chitosan-treated

り変化がかなり小さく、キトサン処理による織物の耐光性が認められた。

一方、染色織物の90時間露光前後の色差 (ΔE^*ab) については、キトサン処理織物は、無処理織物よりいずれの露光時間においても小さく、耐光堅ろう性が高く、キトサン処理によってかなり耐光性が生じた。これについては、絹織物にキトサン処理しカーボン・アーク灯光により、20時間または40時間照射した場合、織物の耐光性が向上すると

いうことと[5]と同じ傾向を示した。

キトサンは、分子中にアミノ基、第1級アルコールおよび第2級アルコールの水酸基を有する塩基性の多糖天然物質で、毛髪などに強い吸着性があり[6]、このアミノ基、水酸基などは、柞蚕絹フィブロイン分子中のアミノ基、水酸基、スルホン酸基、カルボキシル基などとの間にイオン結合のほか、高分子複合体を形成し、さらに両者の間に分子内または分子間で水素結合、ファン・デ

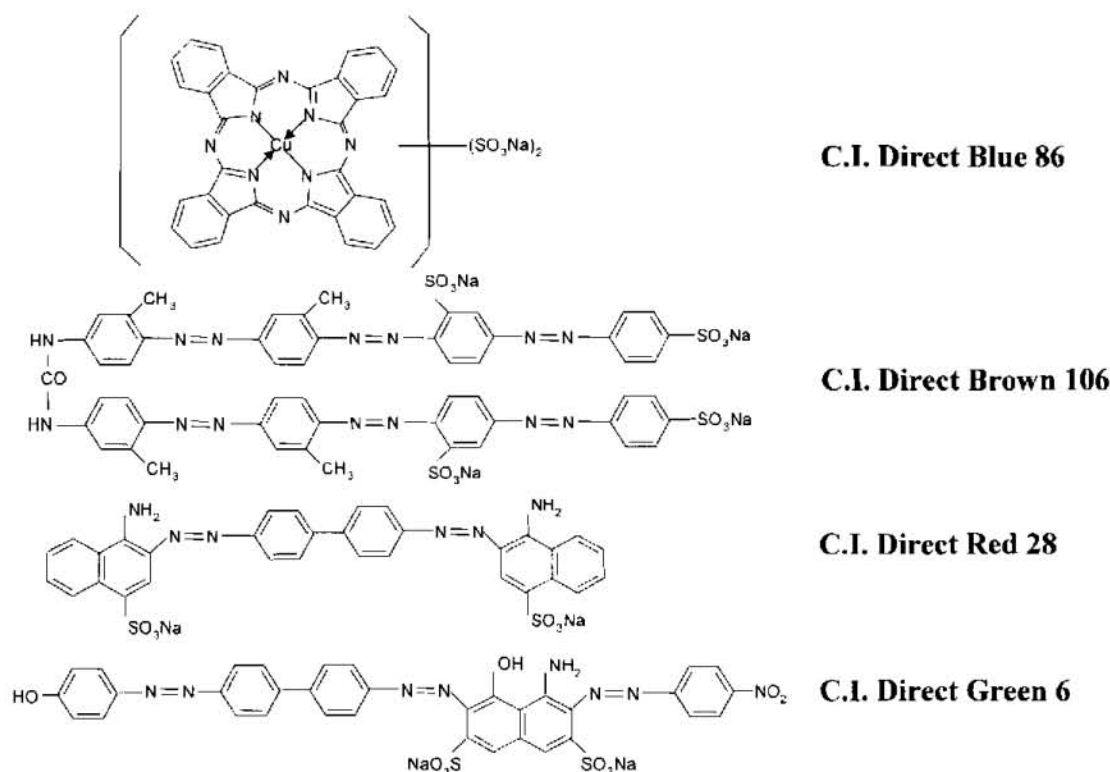


Fig. 1. Chemical structures of direct dyes

Table 1. Depth of shade and color difference of untreated and chitosan-treated tussah silk fabrics by daylight exposure

Sample		Exposure time (hrs)			
		0	10	30	90
U	K/S value	0.68	0.74	0.76	0.83
	Increase (%)	0	10.1	12.6	22.7
	Color difference (ΔE^*ab)	0	2.1	2.4	3.1
C	K/S value	1.07	1.05	1.06	1.19
	Increase (%)	0	2.1	-1.1	10.8
	Color difference (ΔE^*ab)	0	0.7	0.5	0.9

U : Untreated C : Chitosan-treated

り変化がかなり小さく、キトサン処理による織物の耐光性が認められた。

一方、染色織物の90時間露光前後の色差 (ΔE^*ab) については、キトサン処理織物は、無処理織物よりいずれの露光時間においても小さく、耐光堅ろう性が高く、キトサン処理によってかなり耐光性が生じた。これについては、絹織物にキトサン処理しカーボン・アーク灯光により、20時間または40時間照射した場合、織物の耐光性が向上すると

いうことと[5]と同じ傾向を示した。

キトサンは、分子中にアミノ基、第1級アルコールおよび第2級アルコールの水酸基を有する塩基性の多糖天然物質で、毛髪などに強い吸着性があり[6]、このアミノ基、水酸基などは、柞蚕絹フィブロイン分子中のアミノ基、水酸基、スルホン酸基、カルボキシル基などとの間にイオン結合のほか、高分子複合体を形成し、さらに両者の間に分子内または分子間で水素結合、ファン・デ

Table 2. Change of K/S values of chitosan -treated tussah silk fabrics dyed with direct dyes before and after daylight exposure

Dye	Sample	Exposure time (hrs)									
		0			10		30		90		
		K/S		Increase	K/S		K/S		K/S		Increase
value	%	(%)	value	%	value	%	value	%	value	%	
C.I. Direct Brown 106	U	6.0	100	0	5.8	96.7	5.6	93.3	5.5	91.7	
C.I. Direct Blue 86	C	6.9	100	15.0	7.6	110.1	7.0	101.4	6.6	95.6	
C.I. Direct Red 28	U	7.6	100	0	7.4	97.3	7.1	93.4	6.6	86.8	
C.I. Direct Green 6	C	10.4	100	36.8	9.9	95.2	9.4	90.4	9.1	87.5	
C.I. Direct Brown 106	U	11.1	100	0	11.1	100.0	10.0	90.1	8.5	76.6	
C.I. Direct Red 28	C	15.5	100	40.9	12.4	80.0	9.4	60.6	7.6	49.0	
C.I. Direct Green 6	U	13.1	100	0	15.3	117.0	10.8	82.4	10.4	79.4	
C.I. Direct Blue 86	C	16.2	100	23.7	14.7	90.7	12.4	76.5	11.9	73.5	

U : Untreated C : Chitosan-treated

ル・ワールス力などが総合的に作用し、それらが耐光性に関係しているものと考えられる。

繊維の耐光性については、日光露光により光退色が生じ、結晶性の大きい繊維が小さい繊維より、また、温度、湿度などによる影響があり、ポリエステルやアクリルなどの疎水性繊維は影響が少なく、絹や羊毛などのタンパク繊維やナイロンなどは影響が大きいといわれている。一般にポリエステルやアクリル、アクリル系、ビニロン、ポリクラー、アセテート、トリアセテートは強いが、タンパク繊維（黄褐変脆化）、セルロース繊維（重合度の低下）、ナイロン（黄変化）は弱いことがよく知られている。よって、前述の絹のほかに、これらの耐光性の弱い繊維にキトサン処理を行うことによって、耐光性の改善が考えられる。

3. 2 直接染料による無処理繊維およびキトサン処理繊維の染色濃度および日光露光による変化

直接染料による無処理繊維およびキトサン処理繊維の染色濃度（K/S 値）について Table 2 に示した。

直接染料によるキトサン処理繊維の K/S 値は、無処理繊維よりいずれも増加した（増加率15.0～40.9%）。これは直接染料とキトサン処理繊維の間の結合は、無処理繊維よりも水素結合、ファン・

デル・ワールス力、分散力による物理的な結合がより多く寄与したものと考えられる。

直接染料による無処理繊維およびキトサン処理繊維の K/S 値（染色濃度）は、露光時間が長くなるにつれていずれの染料も減少した。とくに、C.I. Direct Red 28、C.I. Direct Green 6 の場合は著しく減少した。これらはいずれも一般直接染料である。日光露光90時間では、キトサン処理繊維の K/S 値が無処理繊維より高いのは、C.I. Direct Brown 106 で、C.I. Direct Blue 86 はほとんど変わらないが、いずれもシリアス系染料である。これらの C.I. Direct Brown 106 や C.I. Direct Blue 86 は、染料の日光堅ろう度（前述の C : 綿）でも耐光性は高いが、C.I. Direct Red 28 や C.I. Direct Green 6 は染料自身の耐光性が低い染料である。これらの染料については、キトサン処理は、染料の日光堅ろう度の高低により耐光性への影響があらわれ、染料自身の堅ろう性が染色したキトサン処理繊維の堅ろう度に影響した。

一般に染色した無処理繊維およびキトサン処理繊維の染色濃度（K/S 値）と日光堅ろう度の関係については、染料の光退色は、染料分子が光を吸収し励起状態に移り、光化学反応（酸化、還元、異性化、二量化など）によって生じる。これは、染料自身の光安定性のほか、染料の濃度や会合度、粒子の大きさ、染料や基質（繊維、加工剤の共存

物質など)の物理的、化学的構造、染料や基質の結合やエネルギー移動、光の波長、環境の状態(温湿度、酸素など)などの多くの因子に影響するといわれている。染色織物の染着濃度が高い場合は、耐光性が大きかった。これは、前述の未染色織物の露光時間と染着濃度の関係から、キトサン処理織物が無処理織物より耐光性がみられることから、キトサン自身の耐光性が考えられる。また、キトサン処理織物の染着濃度が無処理織物より高いことから、濃色染めでは、繊維内の染料分子が会合する集合体の染料ほど、単分子状態の染料より表面積が小さく退色が遅いと考えられる。これについては、光退色が染料粒子の表面に起き、表面積の大きいほど退色は速く、集合状態の変化が主な原因といわれている[7-9]。また、染料濃度が高くなれば、励起分子は励起エネルギーを熱エネルギーの形に分散させて、容易に基底状態にある分子に脱活し、染料濃度が高いほど反応性は低くなるといわれている[10]。

染料自身の耐光性の影響については、C.I. Direct Blue 86のフタロシアニン分子の中心金属Cuが、共有結合により錯塩を形成し安定で、フタロシアニンに取り囲まれる金属の原子の半径とフタロシアニン分子の中心間隔半径(約1.35Å)とに関係し、近似している場合が安定で、錯化合物は日光堅ろう度が高まるといわれている[11]。また、一般に、日光堅ろう性については、シリアス系染料(高級直接染料)が一般直接染料より高く、ベンジジン系、トリジン系、ジアニジン系(非含銅)の大部分は堅ろう度が低いことが知られている。直接染料は一般にアゾ系が多いが、ジスアゾ染料はモノアゾ染料より、トリスアゾ染料やポリアゾ染料はジスアゾ染料より、堅ろう性が高くなり、また、染色後、後処理(金属塩)によって銅錯塩、クロム錯塩を生成し、日光堅ろう度が増加するとはよく知られている。これについては、直接染料の堅ろう度を高めるために、染料分子のアゾ基の両側のオルト位置に水酸基、カルボキシル基、アミノ基などの置換基のある染料を銅錯塩化することがいわれている。

以上のように、一般に、耐光染色堅ろう度は、

主として染料の化学構造、また繊維基質の化学構造、加工剤などの共存物質、染料の付着状態、環境の酸素、湿度、温度、照射光のエネルギーの分布状態などにより左右されると述べられている[12]。

3. 3 日光露光による染色織物の染色堅ろう度(色差)の変化

直接染料による無処理織物およびキトサン処理織物を露光した場合の色差(ΔE^*ab)の変化をTable 3に示した。

染料の色の変化や耐光堅ろう度については、電子運動の遷移エネルギーのうち電子エネルギー(エネルギー300~35kcal/mol、紫外・可視波長領域0.100~0.780 μ)が関係するといわれている。変退色は、染料分子が光の作用、あるいは酸化、還元によって起こり、照射エネルギーの強さより波長に影響される。染着している染料は光を大きく吸収し、光エネルギーや光増感励起によって光化学反応を起こしやすく、繊維上で染料の変化が生ずることが知られている。

露光時間が長くなるにつれて、露光前後の染色物の色差(ΔE^*ab)はいずれの染料も大となり、露光時間90時間では、C.I. Direct Brown 106やC.I. Direct Blue 86はキトサン処理織物は無処理織物より小さいが、C.I. Direct Red 28、C.I. Direct Green 6は大きかった。

日光に堅ろうな高級直接染料でシリアス系アゾ染料のイミノ基(-NH-)をもつジアリール尿素誘導体染料のC.I. Direct Brown 106や日光に堅ろうな有機顔料をスルホン化したC.I. Direct Blue 86および日光堅ろう性の低い一般直接染料のベンジジン系ポリアゾ染料のC.I. Direct Green 6の染色織物の色差(ΔE^*ab)は、キトサン処理織物の色差が無処理織物より小さくなり、キトサン処理により染色堅ろう度が向上した。

日光堅ろう性の低い一般直接染料でベンジジン系ジスアゾ染料のC.I. Direct Red 28は、キトサン処理織物の色差(ΔE^*ab)が無処理織物より大きくなった。キトサン処理によって染色堅ろう度が低下し、一定の傾向がみられなかった。しかし、

Table 3. Color difference of chitosan treated tussah silk fabrics dyed with direct dyes before and after daylight exposure

Dye	Sample	K/S value, %	Increase (%)	Color difference (ΔE^*ab)			
				Exposure time (hrs)			
				0	10	30	90
C.I. Direct Brown 106	U	6.0	0	0	2.5	2.6	3.9
	C	6.9	15.0	0	1.5	0.6	2.7
C.I. Direct Blue 86	U	7.6	0	0	1.6	5.3	5.3
	C	10.4	36.8	0	1.3	1.9	4.1
C.I. Direct Red 28	U	11.0	0	0	1.2	2.7	4.9
	C	15.5	40.9	0	4.5	8.2	11.3
C.I. Direct Green 6	U	13.1	0	0	1.7	3.1	5.9
	C	16.2	23.7	0	1.5	2.8	6.3

U : Untreated C : Chitosan-treated

ベンジジン系ポリアゾ染料のC.I. Direct Green 6は、35時間露光まではキトサン処理による耐光性の効果がみられるが、90時間露光した場合には、色差(ΔE^*ab)がやや大きくなり、キトサンによる効果が低下した。染料の種類や露光時間などによって異なる傾向がみられた。これは、前報[2]の金属錯塩染料の場合も、露光時間が15時間では、キトサン処理による日光染色堅ろう度は高くなるが、35時間、125時間になると、明瞭な傾向がみられなかった。これについては、前述の綿(C)の耐光堅ろう度の場合とほぼ同様な傾向がみられ、基質も耐光性に影響すると考えられるが、絹、綿の繊維にかかわらず染料の堅ろう性の影響が生じた。実用色素では光退色の量子収率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ であるので、明確な退色結果を得るには長時間の光照射が必要であり、基質中での色素は基質で物理的、化学的に強い相互作用をしており、複雑に影響するといわれている[13]。

また、基質(繊維、キトサン)と染料との親和力は大きいほど、染色物の堅ろう度が高くなり、光照射による励起エネルギーが基質に移行しやすく、染料が安定な基底状態になりやすい。光化学反応によって光酸化し、繊維分子にヒドロペルオキシド基が生じて染料が酸化分解し、タンパク繊維では還元反応、非タンパク繊維では酸化反応が生じるといわれている。よって、染色織物の染料分子と基質(繊維分子、キトサン分子)のそれぞれ

の相互関係が光退色に影響するものと考えられる。

3. 4 直接染料による無処理織物、キトサン処理織物の色の三属性および日光露光による変化

直接染料による無処理織物およびキトサン処理織物の色の三属性および日光露光による変化をTable 4、Fig. 2~Fig. 4に、それぞれ示した。

直接染料によるキトサン処理織物の色の三属性については、キトサン処理によって、明度、彩度は、C.I. Direct Brown 106がやや高くなるが、C.I. Direct Red 28がかなり高くなった。

染色織物を90時間露光すると、直接染料による無処理織物およびキトサン処理織物は、一般に明度は高くなる傾向を示すが、C.I. Direct Brown 106、C.I. Direct Blue 86は変化が比較的小さかった。彩度は低下する傾向がみられるが、とくにC.I. Direct Red 28はかなり低下し、キトサン処理織物が無処理織物より低かった。

色相については、C.I. Direct Green 6では緑色系からやや黄色系に、無処理織物、キトサン処理織物ともにC.I. Direct Brown 106では橙色系からやや黄色系に、C.I. Direct Blue 86では無処理織物、キトサン処理織物ともに緑色系から黄緑色系に、C.I. Direct Red 28では赤色系からやや黄赤色系に若干変退色した。日光露光によっていずれも黄色

Table 4. Depth of shade, three attributes of color and color difference of chitosan-treated tussah fabrics dyed with direct dyes

Dye	Sample	K/S value	Increase (%)	L*	a*	b*	ΔE^*ab
C.I. Direct	U	6.0	0	48.97	26.94	27.87	0
Brown 106	C	6.9	15.0	47.25	27.15	28.28	1.78
C.I. Direct	U	7.6	0	51.18	-24.94	-27.21	0
Blue 86	C	10.4	36.8	45.79	-24.24	-26.98	5.44
C.I. Direct	U	11.0	0	45.19	45.53	31.46	0
Red 28	C	15.5	40.9	35.83	37.82	24.53	13.97
C.I. Direct	U	13.1	0	26.82	-9.31	0.24	0
Green 6	C	16.2	23.7	23.47	-6.69	-0.58	4.33

U : Untreated C : Chitosan-treated

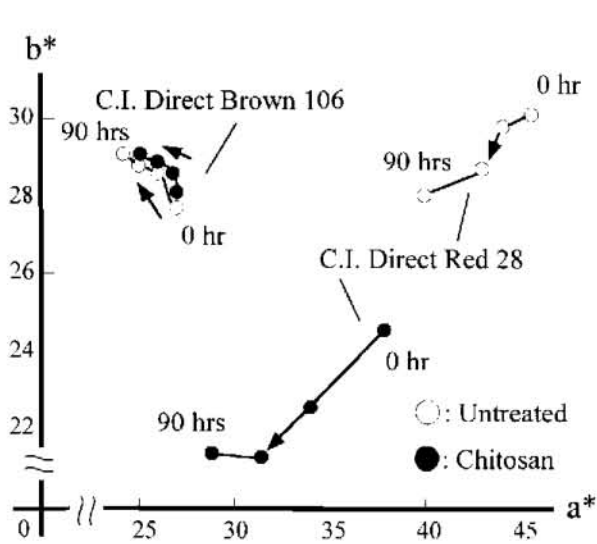


Fig. 2. Changes in color by exposing the fabrics dyed with C.I. Direct Brown 106 and C.I. Red 28 to day light for 90 hours.

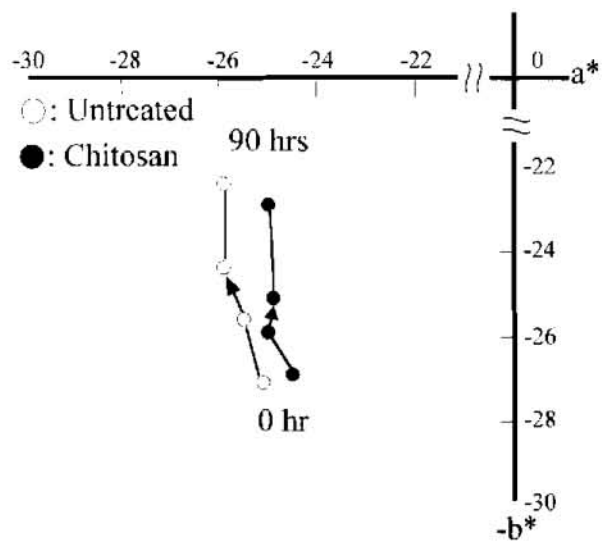


Fig. 3. Changes in color by exposing the fabrics dyed with C.I. Direct Blue 86 to day light for 90 hours.

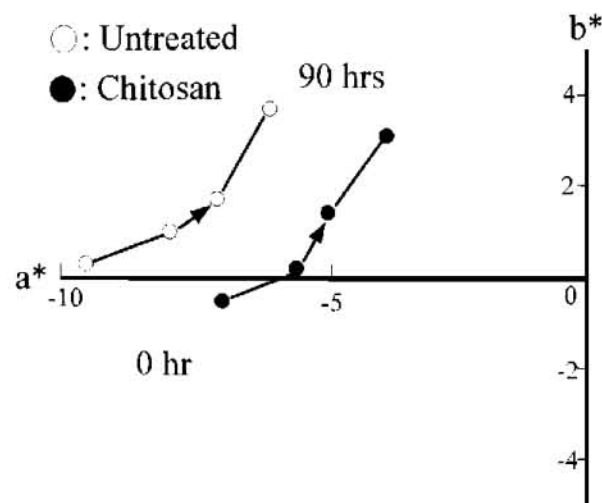


Fig. 4. Changes in color by exposing the fabrics dyed with C.I. Direct Green 6 to day light for 90 hours.

みの方向にわずかに変化した。

一般に染色物の光による変退色は、染料が光を吸収すると励起して、光化学反応として染料の吸収波長(0.400~0.800 μ)と遷移エネルギーが関係し、光酸化、光還元、光異性化、光二量化、ラジカル反応などによって退色し、前述の環境によって反応が著しく促進する。染色堅ろう度の色相は、照射による可逆的な色変化(フォトクロミズム)、染料の可逆的光異性化(シストランス異性化)によるといわれている。

以上のように、染色加工織物の光退色は、基質(繊維、キトサン)、染料、加工剤、媒染剤の種類、構造、性質、染色加工方法、染料や加工剤の濃度、付着状態、その他環境などの諸条件によって異なり複雑であると考えられる。

4. 摘要

直接染料で染色した無処理織物およびキトサン処理織物の日光堅ろう度について検討した。この染色堅ろう度は90時間までの日光露光試験前後のK/S値、色差、色の三属性の変化から評価した。また、直接染料として、次の4種の染料(C.I. Direct Blue 86, C.I. Direct Brown 106, C.I. Direct Red 28, C.I. Direct Green 6)を利用した。

直接染料で染色したキトサン処理織物のK/S値は同じ染料で染色した無処理織物より大きかった。キトサン処理によるK/S値は直接染料によって異なるが、15.0~40.9%増加した。

未染色織物を日光に90時間露光した場合、キトサン処理織物の露光前後のK/S値変化率および色差変化はいずれも無処理織物より小さく、キトサン処理によって、耐光性が向上することがわかった。同様に、直接染料で染色した織物を90時間露光した場合、堅ろう性の高い直接染料で染色されたキトサン処理織物は無処理織物より高い耐光堅ろう度を示した。染料の堅ろう性が高い場合、キトサン処理効果がみられたが、低い堅ろう性を示す直接染料を利用した場合、キトサン処理効果はみられなかった。

また、直接染料で染色した無処理織物およびキ

トサン処理織物を日光露光すると、染色織物の明度が高くなる傾向を、彩度は低くなる傾向を示したが、色相は染料によって異なるが、いずれの染料もやや黄みに変化する傾向がみられた。

引用文献

- [1] 石川 博(1980):絹の微細構造とその物性, 続絹の構造, pp.213, 信州大学繊維学部, 長野
- [2] 加古 武(2006):金属錯塩染料によるキトサン処理柞蚕絹織物の染色堅ろう度, キトサン処理繊維の機能性に関する研究, 繊維研究所研究報告(衣笠織研報)第10号, 21-27
- [3] 有機合成化学協会編(1970):直接染料, 染料便覧, p.335, p.358, p.369, p.378, 丸善, 東京
- [4] 須賀長市(1989):屋外暴露法, 改訂版 候光と色彩, pp.35-52, スガ試験機(株), 東京
- [5] 和田哲夫(1988):公開 特許公報(A), 昭和63-159581
- [6] 矢吹 稔(1992):毛髪への適合性, キチン, キトサンのおはなし, pp.106-107, 技報堂出版, 東京
- [7] Giles, C.H. and R.B., McKay(1963):The Lightfastness of Dyes: a Review, Textile Research Journal, 33(7), 527-577
- [8] 有機合成化学協会編(1970):堅ろう性, 新版染料便覧, pp.47-51, 丸善, 東京
- [9] 繊維学会編(2004):染色堅ろう度, 繊維便覧, 第3版, pp.376-377, 丸善, 東京
- [10] 日本学術振興会第120染色加工委員会編(1993):光退色, 染色事典, pp.115-116, 朝倉書店, 東京
- [11] 横手正夫, 芝宮福松(1978):フタロシアニン染料, 合成染料, pp.157-169, 日刊工業新聞社, 東京
- [12] 日本学術振興会繊維・高分子機能加工第120委員会編(1999):耐光堅ろう度, 染色加工の事典, pp.226-227, 朝倉書店, 東京
- [13] 松岡 賢(1994):光劣化・退色, 色素の化学と応用, pp.51-54, 大日本図書, 東京

人工飼料育した熱帯性原蚕種、Nang-Lai と Nan-noi, の繊度

鳥袋順二*・平田真弓*・古澤壽治**

Properties of Cocoon Filament of Thai-original Races, Nang-Lai and Nan-noi, and their Hybrid Races reared on an Artificial Diets

Junji SHIMABUKURO*, Mayumi HIRATA* and Toshiharu FURUSAWA**

*Center for Bioresource Field Science Center, Kyoto Institute of Technology,
Ipponki-chou, Ukyo-ku, Kyoto

**Kinugasa Textile Research Institute, The Kinugasa-kai Foundation,
29 Kitano Shimo-Hakubai-cho, Kita-ku, Kyoto 603-8326, Japan

Abstract

Comparison of the curve of size (denier) between Nang-Lai and Nan-noi reared on mulberry leaves showed that the size value of the former is larger than that of the latter. Further experiments were undertaken whether the size of both races would be changed by the hybridization between them. The hybridization of Nang-Lai (♀) with Nan-noi (♂) resulted in the size value is lower than that of Nang-Lai. In contrast, the hybridization of Nan-noi (♀) with Nang-Lai (♂) enhanced the size value compared with that of Nan-noi, suggesting that the size of cocoon filament will be influenced by the male parental race.

In order to investigate the effect of different diets on the cocoon filament size, two original races, Nang-Lai and Nan-noi were reared on artificial diets and mulberry leaves. The feeding ability of Nang-Lai against an artificial diet is higher than that of Nan-noi, reflecting that the period of young larvae of 1st through 3rd instar is longer in Nan-noi than Nang-Lai, and the weights of cocoon and shell is larger in Nang-Lai than in Nan-noi, but their values of hybridization between them is intermediate of their original races. The size was influenced by the difference of diets, and the size value of the cocoon filament obtained on an artificial diet was almost same as that on mulberry leaves in Nang-Lai. The size value of the filament obtained from the silkworm reared on an artificial diet was higher than that on mulberry leaves.

Key Words : *Bombyx mori*, Cocoon filament, Size curve, Artificial diet, Thai-original race

1. まえがき

タイ東北部では米作(一毛作)の期間に養蚕を行い、各農家において生繅りをして繭糸を繰る。米収穫の後の水田には牛が放牧され、農家では染・織を行い、タイ東北部独特の緋(マットミー)を

生産し、その生産はタイシルクの99%を占めている。

この地方で飼育される蚕の品種はNang-LaiやNan-noiと云った原蚕種が農家自らの手で継代され、母蛾検査は行われず、飼育中に発生する病蚕を検査すると微粒子病原を見出すこともある。ま

*連絡先: 京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター、
616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1、E-mail: jshima@kit.ac.jp

**連絡先: 財団法人衣笠会繊維研究所、
603-8326 京都市北区北野下白梅町29、E-mail: zai-kinugasakai@nifty.com、TEL: 075-461-5940

た、蚕幼虫は農家裏庭にある小規模な桑園から収穫した桑葉で飼育されている。そして、飼育中あるいは飼育後の蚕糞、蚕沙はその桑園に廃棄され、堆肥化されるものの蚕病の防疫対策上、不完全な状態といえる。また、農家の一階は土間で、二階を居住場所とし、一階では牛や鶏などの家畜が飼育され、その横では棚で丸い網籠で飼育し、全体を蛆蝇が入らないように全体を蚊帳で覆っている。また、飼育前の消毒を行うことは不可能な状態である。このため、防疫対策が完全に行える稚蚕共同飼育所での人工飼料を用いた飼育を想定し、この様な施設を集落に作ればタイ東北部でのシルクの生産性の向上を望むことができる。

そこで、タイ東北部での農家で飼育している Nang-Lai や Nan-noi を人工飼料で飼育し、さらに人工飼料育した Nang-Lai の繭糸特性や物性についても検討したところ[1]、Nang-Lai は人工飼料に対する食い付が良く、Nan-noi については食い付が悪いことが判明した[2]。

そこで、Nan-noi の人工飼料に対する摂食性を向上させるとともに、また安価な人工飼料を調製するため、摂食性に関与するといわれているセルロースをケナフ髓の粉末に換えて飼育した。さらに、Nang-Lai や Nan-noi の交配種の人工飼料に対する摂食性を検討するとともに、繭糸特性および織度を調査した。

2. 材料および方法

2. 1 供試蚕品種

タイ王立マハサラカム大学 Silk Innovation Center から分譲を受けた Nang-Lai および Nan-noi の多化性品種を、本学生物資源フィールド科学教育研究センターで継代した。

2. 2 人工飼料の調製および飼育方法

人工飼料には標準飼料[1]として桑粉末40、脱脂大豆粉末40.8、セルロース10、塩化コリン0.4、クロトン酸0.4、ステロール0.4、アスコルビン酸1.5、クエン酸2、ビタミン混合物1.5、無機塩混合物3の割合で混合したものを、ケナフ含有飼料に

は標準飼料中のセルロースの代わりにケナフ髓粉末を添加混合した。この他、市販飼料(S)と市販飼料(I)の二種(粉体)を用いた。そして、標準飼料やケナフ含有人工飼料(K)を調整する際には、天日乾燥した桑粉末を用い、粉体重量の2.2倍の水で練り合わせ、平板状に成形した後、115℃、40分間オートクレーブで加熱滅菌した。なお、桑粉の調製には粉碎機(不二パウダル株式会社、SAMPLE-MILL KII-1)を用いて粉末にし、70メッシュに調整した。

掃き立てに当たっては、卵を70%エタノール、2%ホルマリンで消毒し、孵化まで25℃で保護した。

高品種の幼虫の飼育は、1齢から4齢までは22cm×16cmのプラスチックのケースで飼育し、この間の給餌は掃き立て時の1回のみである。5齢幼虫期間の給餌も起蚕時の1回のみで34cm×23.5cmのプラスチックケースで飼育した。なお、全齢を25℃のインキュベーター内で飼育した。

2. 3 繭調査

飼育で得た繭は、織度の調査に必要な粒数(10~20粒)採り、残りを雌雄に分け、雌雄ごとに全繭重、繭層重、繭層歩合を測定した。

2. 4 織度の調査

各飼料で飼育した Nang-Lai および Nan-noi の繭を無作為に選び、55℃に90秒間、沸騰水に90秒間浸漬した。再び、55℃に戻して90秒間、沸騰水に90秒間浸漬した後、55℃のウオターバスに移して保温した。

繭糸は1粒毎に外周40cmの四角木枠に手動で100回転(40m)毎に巻き取り、乾燥後、室内温度28℃、湿度58%の下で秤量し、織度を求めた。

3. 結果と考察

3. 1 飼育状況および繭重と繭層重

掃き立てから5齢起蚕までに達した日数をみると Nang-Lai は16日、Nan-noi は17日と1日遅く、これらの交雑種 Nang-Lai × Nan-noi は15日、Nan-

noi × Nang-Lai は18日と最も長かった。しかし、それぞれの5齢期日数はいずれも11日であった。

市販人工飼料（S）で飼育した場合、いずれの品種も飼料に対する摂食は良好であり、Nang-Lai、Nang-Lai × Nan-noi、Nan-noi × Nang-Lai は15～17日で5齢に達し、5齢飼育日数は9～10日と桑飼育のそれよりも短かった。しかし、Nan-noi については3齢に達するまで約30%の幼虫が死亡し、残りのカイコは17日で5齢に達した。

市販飼料（I）に対する摂食性は、Nan-noi を除いて良好であったが、いずれの品種も約30%死亡し、Nan-noi は80%近く死亡した。また、5齢に達する日数は18～20日と、5齢日数も12～15日と長かった。

標準飼料に対する摂食性はいずれの品種も特に良好で、Nan-noi を除く三品種の5齢到達日数は16～17日、5齢経過日数は10～12日と、死亡するカイコはほとんどみられなかった。しかし、Nan-noi については、飼料を摂食するが、3齢までには約30%が死亡した。また、生存した蚕は5齢に達するまでに19日間を要し、5齢飼育日数は11日であった。ケナフを含む飼料に対する摂食性は良くなかったが、壮蚕期では良好であった。しかも、5齢に達する日数はNang-Lai では18日、Nan-noi では23日と、稚蚕期における飼料に対する摂食性が悪いため、5齢期間が18日も要したのであろう。5齢経過日数についても、Nang-Lai およびNang-Lai × Nan-noi では9～10日、Nan-noi とNan-noi × Nang-Lai では15～16日であった。

Table 1には各飼料で飼育した蚕の繭重と繭層重を示した。桑育あるいは市販飼料（S）で飼育したNang-Lai の繭重、繭層重はNan-noi よりも重かった。そして、両者の交雑種（Nang-Lai × Nan-noi、Nan-noi × Nang-Lai）における、これらの重さは、交配する雄の性状が反映された。しかし、その他の人工飼料を用いた場合には、このようなことは認められなかった。

一方、人工飼料間における違いをみると、人工飼料（I）を除き、調査粒数が少ない区もあるが、桑育とほぼ同じであった。Nan-noi にNang-Lai を交配することによって、Nan-noi の人工飼料によ

る飼育成績は良好となった。

以上のようにNan-noi は供試したいずれの人工飼料に対しても摂食するが、その後の飼育状況が悪く、死亡する幼虫が多く発生した。しかし、Nang-Lai を掛け合わせることによって死亡する蚕は減少した。

3. 2 桑育したNang-Lai およびNan-noi と、その交配種の織度

Nang-Lai とNan-noi およびそれらの交配種を桑育し、繭糸の40m 毎の織度を求め、Fig. 1に示した。なお、織度は2007年と2006年に飼育したものを表示し、両者を比較した。

2006年Nang-Lai は外層から240m までの織度は約2.5d とほぼ一定であったが、240m を越した内層では1.3d まで急激に細くなった。

2007年においてはNang-Lai は外層から280m までの織度は2.5d から3.3d となり、2006年のそれよりも太かったが、それより内層では1.3d まで急激に細くなった。

一方、Nan-noi をみると、Nang-Lai に比べて織度が細く、2006年では最外層の約2d から内層に進むに伴って細くなり、最内層では約1d であった。この様に、両者の比較からNang-Lai は「熱帯性太織度」品種、Nan-noi は「熱帯性細織度」と仮に呼ぶこととし、2007年には、両品種の交雑種についての織度を比較した。

その結果、Nang-Lai（雌）にNan-noi（雄）を掛け合わせた場合、その交配種の織度は、2006年に飼育したNang-Lai よりも細いが、2007年に飼育したNan-noi そのものの織度とほぼ同じであった。これとは反対に、太織度のNang-Lai を細織度Nan-noi に交配すると、Nan-noi の織度が太くなるかについて検討したところ、Nan-noi（雌）×Nang-Lai（雄）の織度は、2006年、2007年に飼育したNan-noi よりも外層から内層まで太くなった。

3. 3 人工飼料育したNang-Lai、Nan-noi とその交配種の織度

Fig. 2にはNang-Lai にNan-noi を交配し、その交配種を各種の人工飼料で飼育した際の織度を示

Table 1. Cocoon weight, cocoon shell weight and percentage of cocoon shell of Nang-Lai and Nan-noi, and of their hybrid reared on mulberry leaves and artificial diets.

Diets	Races	Female			Male		
		Cocoon Weight (g)	Shell Weight (g)	Shell weight Percentage	Cocoon Weight (g)	Shell Weight (g)	Shell weight Percentage
ML	Nang-Lai	1.03±0.09 (16)	0.14±0.02	13.7±1.7	0.80±0.06 (20)	0.13±0.01	15.8±1.0
	Nang-Lai × Nan-noi	1.02±0.07 (16)	0.12±0.02	11.3±1.7	0.76±0.05 (17)	0.10±0.02	13.7±1.9
	Nan-noi × Nang-Lai	0.82±0.06 (16)	0.09±0.05	11.5±1.1	0.68±0.06 (16)	0.09±0.01	12.5±1.3
	Nan-noi	0.80±0.07 (17)	0.07±0.01	9.3±1.3	0.68±0.05 (16)	0.06±0.01	10.9±1.9
AD (S)	Nang-Lai	1.28±0.09 (6)	0.15±0.01	11.6±1.0	0.83±0.05 (4)	0.12±0.01	14.6±0.7
	Nang-Lai × Nan-noi	1.10±0.18 (5)	0.14±0.02	12.3±0.7	0.79±0.06 (11)	0.12±0.01	14.8±1.1
	Nan-noi × Nang-Lai	0.91±0.08 (10)	0.10±0.01	11.1±0.7	0.63±0.06 (10)	0.09±0.01	13.8±1.3
	Nan-noi	0.78±0.07 (7)	0.70±0.07	9.5±1.0	0.59±0.09 (11)	0.06±0.01	11.1±1.2
AD (I)	Nang-Lai	0.69±0.12 (3)	0.07±0.02	10.4±1.9	0.48 (1)	0.06	11.9
	Nang-Lai × Nan-noi	0.53±0.06 (4)	0.04±0.02	7.7±2.5	0.46±0.06 (9)	0.04±0.01	8.0±1.1
	Nan-noi × Nang-Lai	0.67±0.07 (12)	0.06±0.01	9.6±1.4	0.56±0.07 (10)	0.06±0.01	11.5±1.3
	Nan-noi	0.36 (2)	0.01	3.7	0.37 (1)	0.02	6
AD (C)	Nang-Lai	1.24±0.23 (10)	0.17±0.03	9.6±1.4	0.90±0.04 (11)	0.16±0.01	17.5±0.9
	Nang-Lai × Nan-noi	1.26±0.10 (5)	0.15±0.02	11.6±0.4	0.88±0.05 (6)	0.13±0.01	14.9±1.3
	Nan-noi × Nang-Lai	1.20±0.13 (6)	0.14±0.01	11.8±0.8	0.84±0.09 (5)	0.12±0.01	14.8±0.9
	Nan-noi	0.65±0.20 (6)	0.05±0.02	7.9±0.7	0.51±0.17 (5)	0.04±0.03	7.8±2.7
AD (K)	Nang-Lai	1.07±0.09 (3)	0.15±0.02	14.2±0.4	0.75±0.11 (3)	0.13±0.01	18.0±1.1
	Nang-Lai × Nan-noi	0.75±0.08 (8)	0.08±0.02	10.8±1.6	0.59±0.12 (5)	0.08±0.05	13.2±4.1
	Nan-noi × Nang-Lai	0.91±0.20 (7)	0.11±0.03	11.7±1.3	0.74±0.07 (6)	0.13±0.02	17.1±3.3
	Nan-noi	0.55 (1)	0.04	6.7	0.45±0.07 (4)	0.04±0.01	8.4±1.6

ML : Mulberry leaves. AD (S) and AD (I) : Commercial artificial diet. AD (C) : Artificial diet containing cellulose as Standard diets. AD (K) : Artificial diet containing Kenaf.

している。最外層から280mまで3dとほぼ織度が一定であり、最内層の360mの2dまで急激に細くなった。これに対し、Nang-Laiを市販人工飼料(I)で飼育するとやや織度は細く、最外層で2.5dで、内層に進むにつれて細くなり、最内層の240mで1.3dとなり、桑育のそれとは大きく異なった。

一方、Fig. 3に示すように、Nang-LaiにNan-noiを掛け合わせて桑育すると、織度は原種のNang-Laiのそれよりも細くなった。また、同様の織度曲線を示すのは標準人工飼料で、次いで市販人工飼料(I)で、最外層から160mまでの織度は2.5d、内層では徐々に細くなった。

市販人工飼料(I)と、ケナフ含有人工飼料(K)では、最外層では2d~2.5dと、他の飼料に比べて細く、また内層に進むにつれて織度は細くなった。

Nan-noiを桑あるいは市販人工飼料(S)で飼育すると、織度曲線はほぼ同じで、両者における織度の差はほとんどみられなかった。すなわち、いずれの場合にも織度は最外層では2.2dで内層に行くに伴って細くなり、桑育では最内層では1d以下となったが、繭糸長は人工飼料育に比べ長かった。さらに、Nan-noi × Nang-Laiの交雑種を桑育すると、織度は原種であるNan-noiよりも太く、織

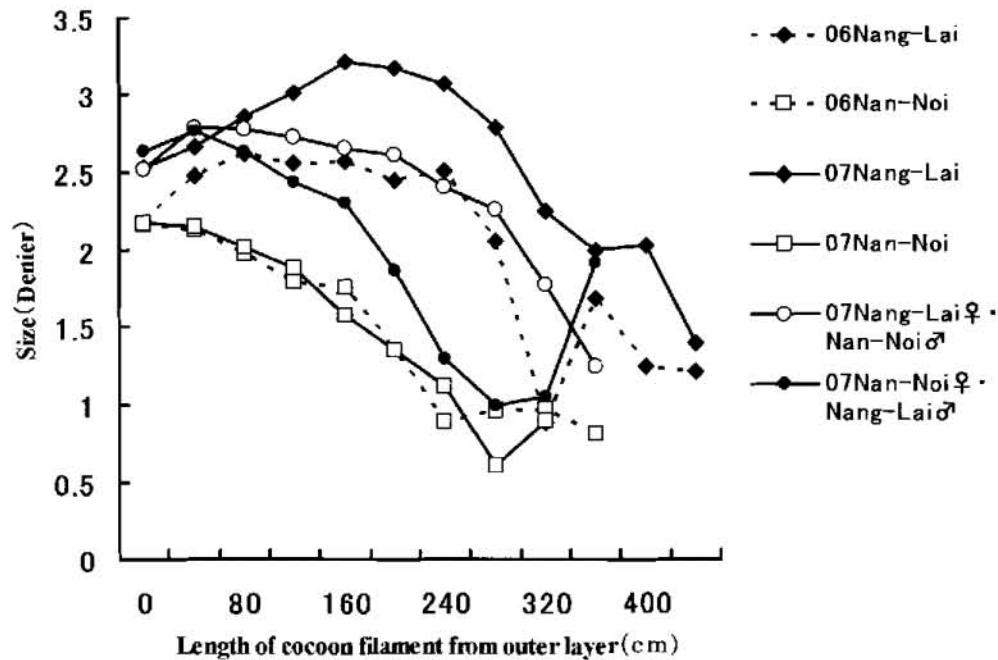


Fig. 1. Curves of the size and the length of the cocoon filaments of the Thai original races, Nang-Lai and Nan-noi, and of their hybrid races reared on mulberry leaves. $\cdots \blacklozenge \cdots$: Cocoon filament of Nang-Lai which was reared in 2006, $\cdots \square \cdots$: Cocoon filament of Nang-Lai which was reared in 2007, $- \blacklozenge -$: Cocoon filament of Nan-noi which was reared in 2006, $- \square -$: Cocoon filament of Nan-noi which was reared in 2007, $- \circ -$: Cocoon filament of Nang-Lai \times Nan-noi which was reared in 2007, $- \bullet -$: Cocoon filament of Nan-noi \times Nang-Lai which was reared in 2007.

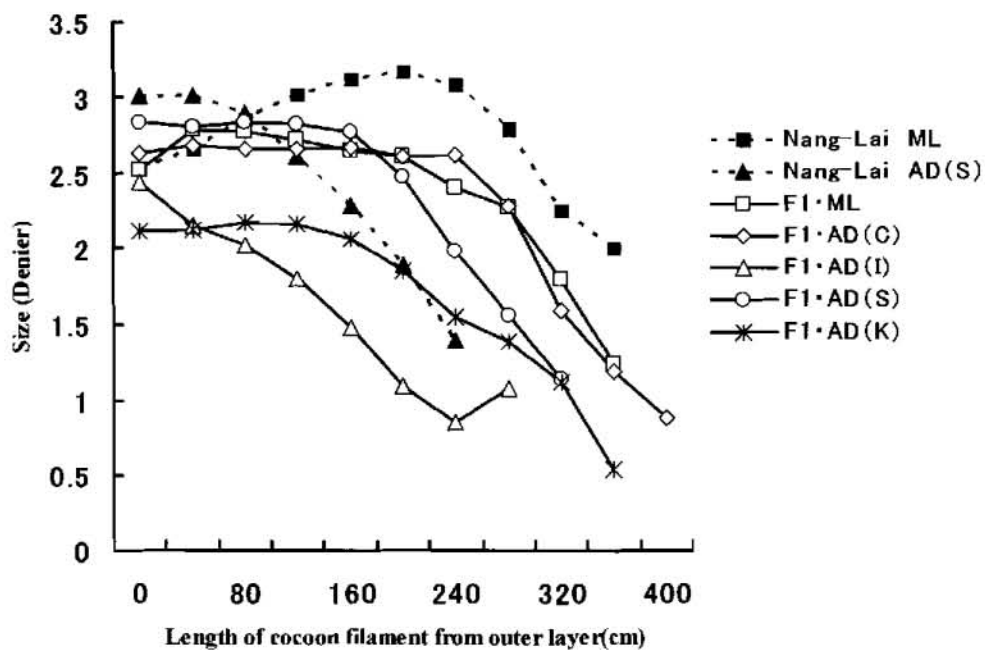


Fig. 2. Curves of the size and length of the cocoon filaments of the Thai-original races, Nang-Lai and the hybrid race of Nang-Lai (♀) with Nan-noi (♂) which were reared on the following diets. $\cdots \blacksquare \cdots$: Nang-Lai reared on mulberry leaves, $\cdots \blacktriangle \cdots$: Nang-Lai on a commercial artificial diet (S), $- \square -$: the hybrid race reared on mulberry leaves, $- \diamond -$: the hybrid race reared on an artificial diet containing cellulose (which was prepared as standard diet), $- \triangle -$: the hybrid race reared on a commercial artificial diet (I), $- \circ -$: the hybrid race reared on a commercial artificial diet (S), $- \times -$: the hybrid race reared on an artificial diet containing Kenaf.

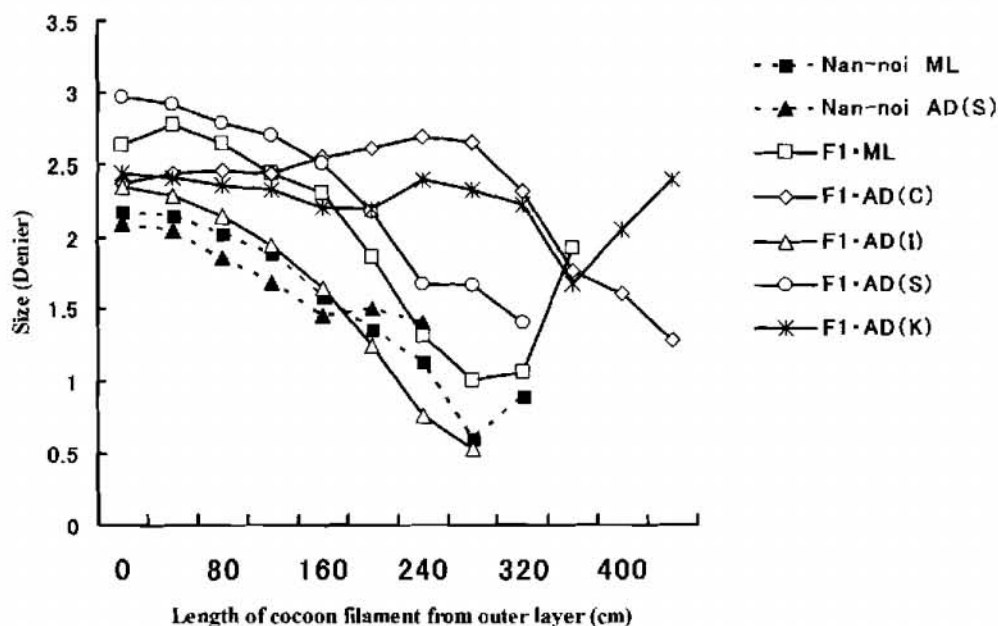


Fig. 3. Curves of the size and length of the cocoon filaments of the Thai-original races, Nang-Lai and the hybrid race of Nan-noi (♀) with Nang-Lai (♂) which were reared on the same diets shown with the same symbols in Fig. 2.

度曲線も類似した。そして、人工飼料で飼育すると市販人工飼料（I）では、原種の織度曲線および織度ともにほぼ同じであったが、これ以外の人工飼料で飼育すると、繭糸長も長くなり、また市販人工飼料（S）では最外層が3dと太く、最内層では1.5dと原種のそれよりも太い織度となった。この様に Nan-noi に Nang-Lai を交配すると人工飼料、桑のいずれで飼育しても織度が太く、Nang-Lai の性状が反映されることが分かった。特に、標準人工飼料およびケナフ含有人工飼料（K）では、織度が一定で、しかも繭糸長が長くなること分かった。

さらに、人工飼料育と桑育で飼育した蚕の繭糸織度を比較すると、人工飼料育した蚕の繭糸織度は桑育したものよりも細い[3,4] ことが再確認でき、Fig. 3にみる様に、原蚕では桑育と人工飼料育の方が太く、内層では特に顕著であった。

引用文献

- [1] 島袋順二, 中川里紗, 大槻良樹, 古澤壽治 (2006): 人工飼料したタイ原蚕種 Nang-Lai の繭糸の性質. 繊維研究所研究報告 第9号, 25-30
- [2] 島袋順二, 平田真弓, 大槻良樹, 古澤壽治 (2006): ケナフ、玄米含有人工飼料によるタイ原蚕の飼育と繭糸特性. 繊維研究所研究報告 第10号, 1-8
- [3] 横沢三夫, 山本恵美子 (1982): 人工飼料育繭糸と桑葉育繭糸の引張特性について. 蚕糸研究 (123), 73-83
- [4] 片岡紘三, 今井恒夫 (1986): 桑葉育蚕と人工飼料育蚕の繭質および繭糸物性. 日蚕雑 55 (2), 112-117

加撚ポリエステル・スリットヤーンの引張り性質

前川輝彦*

Tensile Properties of Twisted Polyester · Slit Yarns

Teruhiko MAEKAWA*

*Department of Clothing Science, Faculty of Liberal Arts, Osaka Shoin Women's University,
Hishiyanishi 4-2-26, Higashi-osaka City, Osaka 577-8550, Japan

Abstract

The influence of the twisting process on tensile properties of polyethyleneterephthalate slit yarns was investigated. The breaking strength and elongation increased with increasing number of turns per unit length. It is considered that the increase in the tensile strength caused by surface-to-surface friction effect overcomes the decrease due to the spiral effect.

Key Words : Slit yarn, Polyethyleneterephthalate, Twist, Tensile properties

1. 緒言

ポリエステル・スリットヤーンの引張り性質におよぼす加撚の影響について実験的に検討する。マルチフィラメント糸については引張り性質に対する撚りの影響が理論的に検討されている[1,2]。糸形成に加撚の必要な紡績糸についても多数の報告がある[3]。しかし、スリットヤーンについてはほとんど報告例がない。前報[4]では金属蒸着スリットヤーン(金糸)について予備的な検討を行った。本報では透明ポリエステル・スリットヤーンおよびアルミ蒸着ポリエステル・スリットヤーンについて調べた結果を報告する。

2. 実験

2.1 試料

試料として二種のポリエチレンテレフタレート(PET)のスリットヤーン(麗光社製)を用いた。A試料(透明糸)は0.23mm巾、12 μ 厚、B試料

(アルミ蒸着糸)は0.37mm巾、12 μ 厚であり、それぞれ34.3dおよび55.1d相当のものである。

2.2 加撚糸の作成

スリットヤーンの加撚は特製加撚機を用い、試料長35cmのヤーンについて初期荷重15gを加えて行った。所定の撚り数T (t/cm) 5~45の撚糸を調整するため、加撚回数(t)と撚り縮みを計測してt-Tの関係を求めた結果をTable 1に示す。

2.3 引張り試験

強伸度試験にはテンシロン万能試験機(オリエンテック社製、PTM-50)を使用した。測定条件は、20℃、65%RH、チャック間距離5cm、ロードセル最大荷重容量5kgf(50N)、クロスヘッドスピード50mm/minである。32回の測定を行い、切断点の最大値、最小値を除いた30個のデータについて強度、伸度の平均値を求めた。

*連絡先: 大阪樟蔭女子大学学芸学部被服学科, 577-8550 東大阪市菱屋西4-2-26,
E-mail: mackawa.teruhiko@osaka-shoin.ac.jp, TEL. 06-6723-8181

Table 1. Relation of twist number to turn number

Yarn	Turn number (t)	Length of Twisted yarn (cm)	Twist number (t/cm)	Shrinkage (%)
A	100	34.9	2.86	0.20
	500	34.4	14.5	1.65
	1000	34.3	29.1	1.74
	1300	33.2	39.2	5.14
B	100	34.7	2.88	0.82
	500	34.5	14.5	1.51
	1000	34.2	29.2	2.22
	1300	34.1	38.1	2.60

* Original length : 35.0cm

3. 結果および考察

撚り数5から45までの撚りを加えた試料について、A、B両試料の切断点における強度、伸度の変化を Table 2に示す。撚り掛けが強度に与える影響を Fig. 1に、伸度に与える影響を Fig. 2に示す。

3. 1 加撚による切断強度の変化

Fig. 1に示されるように、切断強度は撚り数の増加と共に増加する。この変化の傾向は紡績糸における飽和撚り（最適撚り）以前の糸の強度変化に類似している。紡績糸の場合、飽和撚り以前では撚り数の増加とともに、糸内部圧力が増加することで、繊維相互間のすべり摩擦力も増大するので、結果として強度が大きくなる[3]。

マルチフィラメント糸の場合、撚り数の増加とともに強度は減少する。加撚した時、糸を構成するフィラメントが糸軸に対して傾斜するため、糸の引っ張りにより繊維内に生じる応力の糸軸方向の分力のみが糸の応力として利用される。

本試料をモノフィラメントヤーンとみると、加撚した糸表面間に生じる摩擦力による強度増加の効果とともに傾斜効果も作用することが考えられる。この傾斜効果によって強度は減少する[15]。したがって、本試料の場合、撚り数の増加とともに強度が増加することは糸軸に直角な方向の圧力から生じる糸表面間の摩擦力による効果が傾斜効果より大きい結果によると考えられる。

3. 2 加撚による切断伸度の変化

Fig. 2に示されるように、試料Aでは撚り数の増加とともに切断伸度は増加している。

紡績糸の場合、飽和撚り以前において、撚り数の増加とともに強度が増加することと平行して、伸度も増加することが理論的に導き出されている[3]。マルチフィラメントの場合、伸度は撚り数が小さい間はほとんど変化しないが、撚り数が大きくなると急に減少することが認められている[1]。

これらの文献を参照すると、試料Aの加撚による伸度の変化も、紡績糸型の挙動を示している。したがって、本試料では加撚の影響がマルチフィラメントよりも紡績糸に類似した挙動をとって表われ、モノフィラメントとしての特異性を示すといえる。

試料Bでは撚り数の増加とともに切断伸度がやや減少するようであるが、撚り数が大きくなるとデータの変動が大きく、さらに検討が必要である。

4. 結言

ポリエチレンテレフタレート・スリットヤーンの引っ張り性質に対する撚りの影響を検討した。撚り数の増加とともに切断強度および切断伸度は増加する。スリットヤーンの場合、糸表面間の摩擦効果による強度増加が傾斜効果による強度減少にうちかつと考えられる。

Table 2. Tensile properties of twisted slit yarns

Yarn	Twist number T (t/cm)	Breaking strength (kgf/mm ²)	Elongation (%)
A	0	20.0	132
	5	20.4	133
	10	20.2	134
	20	20.5	136
	30	20.4	142
	40	20.8	142
	45	20.6	134
B	0	18.3	123
	5	19.1	122
	10	19.1	116
	20	18.8	120
	30	20.0	120
	40	18.9	106
	45	20.0	125

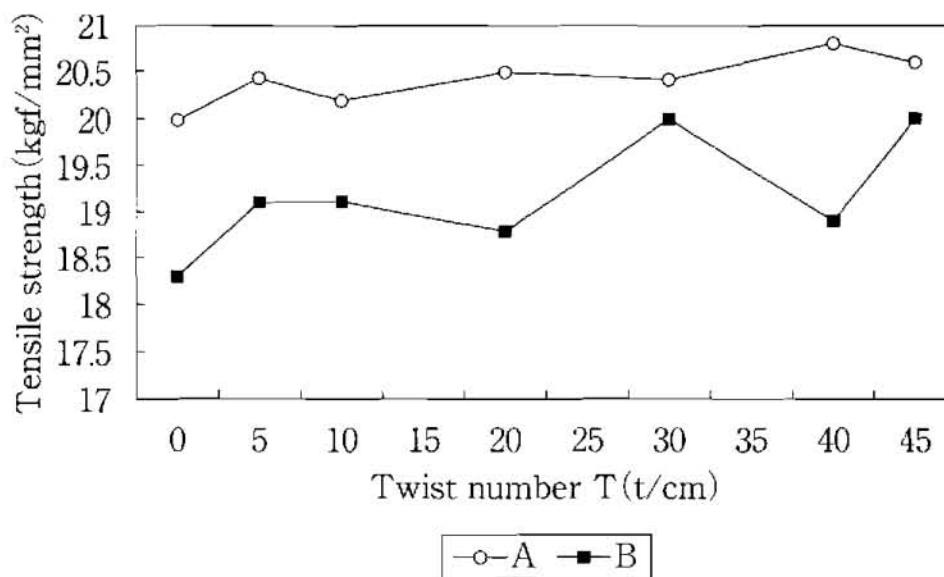


Fig. 1. Relation of tensile strength to twist number

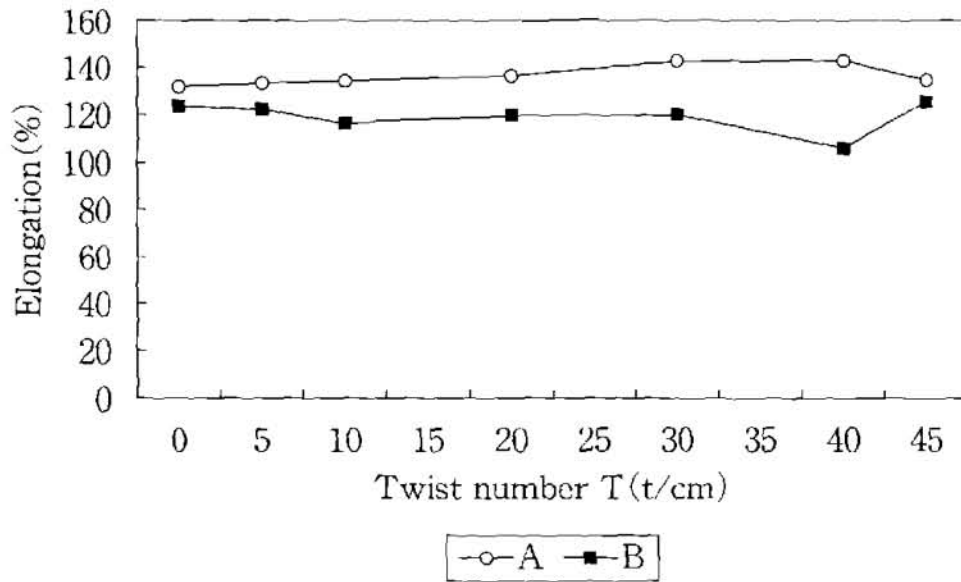


Fig. 2. Relation of elongation to twist number

引用文献

[1] 藤野清久, 熨斗秀雄 (1952): 連続繊維の引張り性質に対する撚の影響 (第1報). 織機誌 5, 567-572

[2] 藤野清久, 熨斗秀雄 (1954): 連続繊維の引張り性質に対する撚の影響 (第2報). 織機誌 7, 168-175

[3] 久間秀彦 (1960): 紡績単糸の強伸度につい

て (第1報). 織機誌 13, 305-314

[4] 前川輝彦 (1995): スリットヤーン撚糸の強伸度特性について—ノート—. 大阪樟蔭女子大学論集 第32号, 125-129

[5] Hearle, J.W.S., El-Behery, H.M.A.E. and Thakur, V.M. (1961): The mechanics of twisted yarns: theoretical developments. J. Textile Institute, 52, T197-T220

セリシン部タンパク質の解析 - コマシーブリリアントブルー染色と銀染色法による セリシンタンパク質の検出の相違 -

一田昌利*・岡 崇史*・亀井加恵子**

Analysis of Sericin Part Proteins - Electrophoretic Pattern Analysis of Protein Peptides in Sericin Fraction on SDS-PAGE by Coomassie Brilliant Blue and Silver staining Methods

Masatoshi ICHIDA*, Takashi OKA* and Kaeko KAMEI**

*Center for Bioresource Field Science, Kyoto Institute of Technology,
Ippongi-cho, Ukyo-ku, Kyoto 616-8354, Japan

**Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology,
Matsugasaki, Kyoto 606-8585, Japan

Abstract

In order to utilize sericin protein of the silkworm, *Bombyx mori*, for cosmetic and medical materials, it has been needed to clarify what kinds of peptides or proteins is contained in sericin fraction. For this purpose, the extracts of cocoon filament by water, alkaline solution or 8 M urea were analyzed on SDS-PAGE, and then the electrophoretic patterns were compared between CBB (Coomassie brilliant blue) and silver staining methods. In the water extract, two bands of 350 and 180kDa were detected by CBB staining, not by silver staining, instead in the alkaline extract 25kDa peptide appeared in silver staining. In 8 M urea extract, 4 clear bands of 350, 180, 100 and 25 kDa besides unknown 5 smear bands were stained with CBB. Differently from this result, silver staining resulted in the appearance of clear three bands of 100, 26 and 24 kDa in many faint bands between 100 and 14kDa. These data was not available for 8 silkworm races, namely peptide bands were appeared as different molecular among different races. Thus, peptide of different molecular was extracted from cocoon filaments of the silkworm races with water, alkaline and 8 M urea.

Key Words : Sericin protein, SDS-PAGE, Dyeing

1. まえがき

セリシンはカイコが繭を作るときに繭糸を接着させる糊状のタンパク質である。セリシンはβシート構造をとり[1,2]、水溶性でアルカリ溶液に極めて溶解しやすい。しかし、セリシンが存在する

と染着性にむらができるため、繭糸から絹糸や絹織物にする際の精練工程で洗い流し、廃液として捨てていた。そのため、セリシンに関する研究はフィブロインに比べて十分行われていなかった。しかし近年、製糸や絹織物工場の従業者の手肌がきれいであることに興味を持った研究者たちによっ

*連絡先：京都工芸繊維大学附属生物資源フィールド科学教育センター、
616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1、E-mail: ichida@kit.ac.jp、TEL 075-861-0741

**連絡先：京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科応用生物学部門、
606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町、E-mail: kame@kit.ac.jp、TEL 075-724-7553

て、セリシンの研究が行われ始めた。その結果、ヒトの肌がうるおいを保つために必要な天然保湿因子 (NMF) とセリシンのアミノ酸組成 (特にセリン、アスパラギン酸、グリシン、スレオニン、アラニン) が非常に似ていることが判った。それ以降セリシンの研究が盛んに行われ、非常に高い保湿性をもつこと、成人病や皮膚炎などの原因となる活性酸素の増加を防ぐ抗酸化作用[3-6]、皮膚の傷の治療効果[6]、細胞培養時の増殖促進効果[7]、メラニン合成に関与するチロシナーゼの阻害活性[4-6,8]、皮膚癌の抑制効果[9] など、様々な機能性を持つことが明らかになってきた。そのため、現在ではこれらの機能性を生かした様々な利用法が次々と開発されている。また、近年の報告では、多くの機能性はカイコの品種によって活性が異なっていること[4-6]、繭層には主成分であるセリシンとフィブロインの他に、P25 (25kDa、29kDa、30kDa)、トリプシンインヒビター (6 kDa)、トレハラーゼ、サッカラーゼ (70kDa)、未知の低分子タンパク質などが存在していることも明らかになり[10-14]、これらの物質がセリシンの機能性に関与していることが判ってきた。そこで、一田ら[14] はセリシン部タンパク質と呼称することを提案している。

しかし、セリシンはフィブロインに比べて化学的構造が複雑なうえ、熱や水の作用で性状が変わりやすく、扱いが困難であることから、多くの研究が行われているにも関わらず未だにセリシンタンパク分子量が確定していないことやセリシン部を構成するタンパク質の種類および種類数、セリシン部に含有されるタンパク質以外の成分など不明な点が多く、この新素材を十分に有効利用出来ていない。そのため、セリシン部タンパク質構成の詳細な解析はセリシンの機能性を検討していく上でも必須であり、今後期待される研究である。

本研究では、SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) を用いたセリシン部タンパク質解析において、異なる染色法 (クーマシーブリリアントブルー-R-250 (CBB) 染色法と銀染色法) を用いた場合の違いを明らかにしておくことが重要であると考え、取り組んだ。

2. 材料及び方法

2. 1 SDS-PAGE と染色方法

SDS-PAGE は、Laemmli 法[15] に準じて行った。抽出したセリシン部タンパク質に等量の SDS-PAGE 試料用バッファーを加え、98℃で3分熱処理を行い、電気泳動用のサンプルとした。電気泳動槽 (ATTO 株式会社) に泳動用バッファーを注ぎ、5-20%のグラジエントゲル (ATTO 株式会社) をセットし、サンプルを20 μ l アプライした。なお、電流はゲル1枚につき20mA で泳動した。分子量マーカーは以下のタンパク質からなっている。Myosin Heavy Chain 200kDa、 β -D-Galactosidase 116kDa、Phosphorylase b 97kDa、BSA 79k、Aldolase 42kDa、Carbonic Anhydrase II 30kDa、Trypsin Inhibitor 20kDa、Mioglobin 17kDa、Lysozyme 14kDa。

SDS-PAGE 後の銀染色には、2D 銀染色試薬・II「第一」(第一化学薬品工業) を使用した。泳動が終了した後、仕様書に従い、ゲルを2種類の固定液で固定し、前処理液で10分振とうした後、精製水で5分洗い、銀染色液で正確に15分振とうした。銀染色液を捨て、再び精製水で5分 \times 3回洗い、現像液を注いでバンドを可視化し、適度な濃さのところで停止液を注いで染色を止めた。

CBB 染色は2時間染色し、脱色液でバンドが明確に見えるまで脱色した。染色後のゲルは、ゲルドライソリューション (TEFCO) で12分振とうした後、セロファンメンブレン (TEFCO) ではさみ、ゲルドライフレーム (TEFCO) にセットして、約2日間風乾させた後、保存した。

2. 2 銀染色のためのサンプル濃度の決定

供試材料として、生物資源フィールド科学教育研究センターで飼育した「錦秋 \times 鐘和」の繭を用いた。繭層から汚染部を取り除きハサミで約5 \times 5 mm 四方の大きさにカットし、40mg を秤量した。抽出は前報[14] に準拠し、8 M Urea 抽出液 (8 M Urea および5% 2-mercaptoethanol を含む10mM Tris-HCl buffer pH7.0) 2ml を加え98℃で10分攪拌しながら加熱し、抽出した。その

後、3000rpmで20分遠心分離して上清をセリシン部タンパク質サンプルとした。このサンプル液をSDS-PAGE用試料バッファーで2倍ごとに段階希釈（2倍～2048倍）し、280nmの吸光度を測定した後、SDS-PAGEを行った。SDS-PAGE後、ゲルを銀染色し、泳動パターンを観察した。

2. 3 セリシン部タンパク質の抽出法と染色法の検討

前報[14]の結果を元に、セリシンタンパク質抽出法の違いによるセリシン部タンパク質のバンドパターンの違いを観察するため、一般的に行われている①熱水抽出：蒸留水を2ml加え98℃で10分攪拌、②アルカリ溶液抽出：0.1%炭酸ナトリウム水溶液を2ml加えたものを98℃で20分攪拌、およびセリシンの低分子化を抑えるといわれている③Urea溶液抽出：8M Urea抽出液（8M Ureaおよび5% 2-mercaptoethanolを含む10mM Tris-HCl buffer pH7.0）を2ml加え98℃で10分攪拌、の3種類の抽出方法を用いて、繭層からセリシン部タンパク質抽出を行った。試料として「錦秋×鐘和」40mgを用い、各抽出液で抽出後、3000rpmで20分遠心分離して上清をセリシン部タンパク質サンプル溶液とした。

抽出後の繭層は、約40℃の温水で洗浄した後、凍結乾燥した。乾燥重量を測定し、抽出前繭層重量と比較することにより、セリシン部の抽出率を調べた。セリシン部タンパク質はSDS-PAGEによって分離し、2種類の染色方法（CBB染色および銀染色）によって解析した。

2. 4 染色法の違いと異なるカイコ系統間でのセリシン部タンパク質解析

供試材料として、錦秋×鐘和、カンボージュ、大造松村、大造長野、タイネイティブ、PAKCHON、小石丸 sib、セリシン蚕の8品種の繭を用いた。先述のUrea溶液抽出法によってセリシン部タンパク質を抽出した。先述の方法に従って、SDS-PAGE後、CBB染色および銀染色を行った。

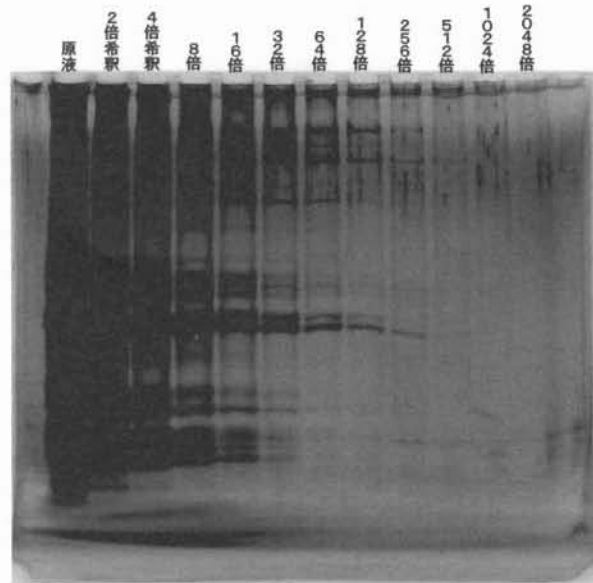


Fig. 1. 銀染色における最適希釈濃度

3. 結果

3. 1 銀染色のためのサンプル濃度の決定

銀染色は感度が鋭敏なため、SDS-PAGEに供するセリシン部タンパク質抽出液の最適な希釈濃度を検討した結果（Fig. 1）、抽出原液の32倍希釈でもっとも良好な電気泳動像が得られた。このサンプル溶液の280nmの吸光度を測定した結果、約0.45の時に銀染色に最適なタンパク質濃度となることが明らかとなった。以後、銀染色を行う場合には、繭抽出液を32倍希釈し、280nmの吸光度を測定した上でSDS-PAGEに供することにした。

3. 2 セリシン部タンパク質の抽出方法と染色方法の検討

次に、セリシン部タンパク質の抽出方法を検討した。40mgの繭層を熱水、アルカリ溶液およびUrea溶液の3種類の抽出液を用いて抽出した後、乾燥し、繭層重量を測定した。その結果、熱水抽出後で35.4mg、アルカリ抽出後は27.3mg、8M Urea抽出後は27.9mgとなった。繭をアルカリ溶液（0.1%炭酸ナトリウム）抽出した場合のセリシン部タンパク質の抽出量12.7mgを100%として、熱水抽出、8M Urea抽出を行った際の抽出率を求めた結果、熱水抽出では36.2%、8M-Urea溶液

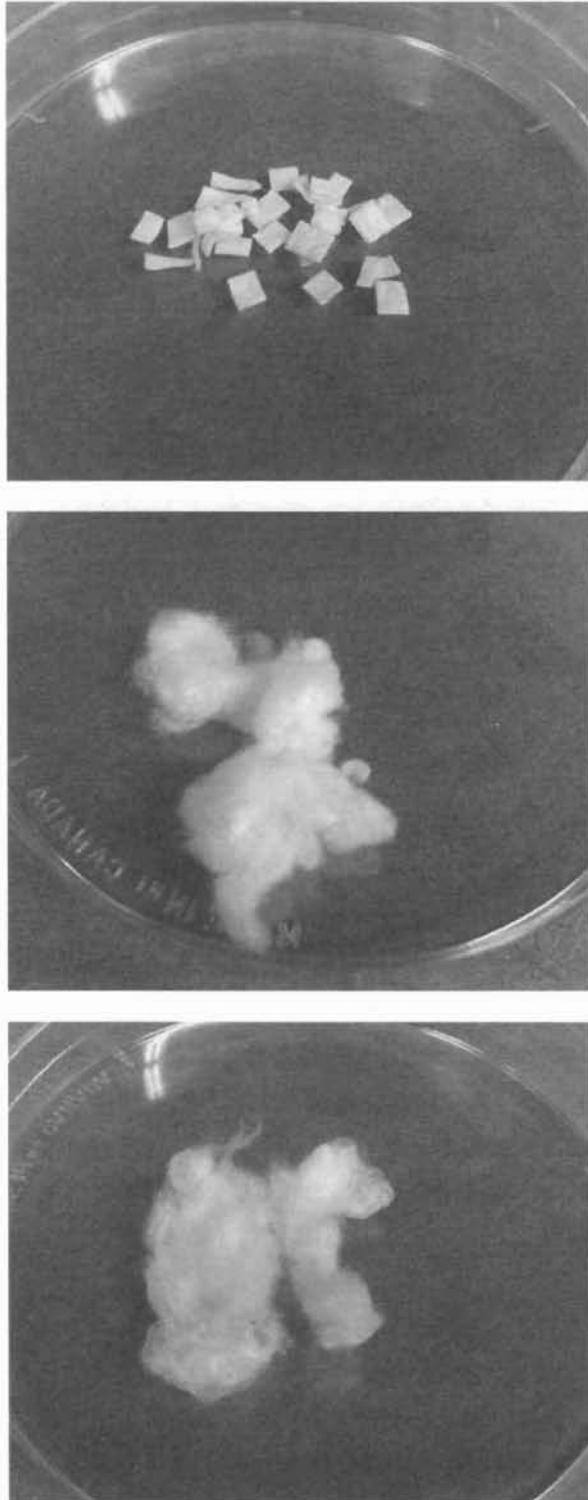


Fig. 2. セリシン抽出後の繭の状態
(上から熱水、アルカリ溶液、8M-Urea 溶液抽出後)

では95.2%抽出したことになる。また抽出後の繭の状態は、熱水抽出ではカットした四角形の形を保っているが、アルカリ抽出や8 M Urea 抽出を行ったものは、四角形の形を保っておらず手触りの良い真綿状になっていた (Fig. 2)。

これらの抽出液を SDS-PAGE によって分離した。SDS-PAGE 後、銀染色およびCBB 染色によってタンパク質を可視化し、染色方法の違いによるタンパク質のバンドパターンの違いを観察した。なお、銀染色の場合は抽出液を32倍に希釈、CBB 染色の場合は抽出液の原液を SDS-PAGE に供した。熱水 (98℃、10min.) 抽出では、CBB 染色の場合 (Fig. 3a) は約350kDa と約180kDa のところにうっすらとタンパク質のバンドが確認できた。アルカリ抽出では25kDa 付近にタンパク質のバンドが確認できたが、全体的にはスミア状のバンドパターンとなった。8 M Urea 抽出では、高分子領域から低分子領域にかけて350kDa、180kDa、100kDa、25kDa 付近に濃いバンドを4本、中分子量域に薄いバンドを5本確認することができた。

一方、銀染色の場合 (Fig. 3b)、熱水 (98℃、10min.) 抽出では殆んどタンパクバンドが確認できなかった。アルカリ抽出では中分子領域から低分子領域にかけて8本の薄いタンパクバンドが確認できたが、全体的にはスミア状のパターンとなった。8 M Urea 抽出では、100kDa から14kDa の間に多数のバンドを確認した。中でも100kDa、26kDa 及び24kDa 付近に明瞭な3本のバンドを確認することができた。しかしながら、CBB 染色で見られた高分子領域の3本のバンドすべてを確認することは出来なかった。

3. 3 染色法の違いと異なるカイコ系統間でのセリシン部タンパク質解析

8品種の繭を8 M Urea で抽出し、SDS-PAGE で分離後、CBB で染色した結果を Fig. 4a に示した。高分子領域に見られる約180kDa のタンパク質はほとんどの品種に見られたが、フィブロインの発現が抑制され、セリシンの利用の研究によく用いられているセリシン蚕ではこのタンパクの存在が確認できず、その代わりに約120kDa の特徴

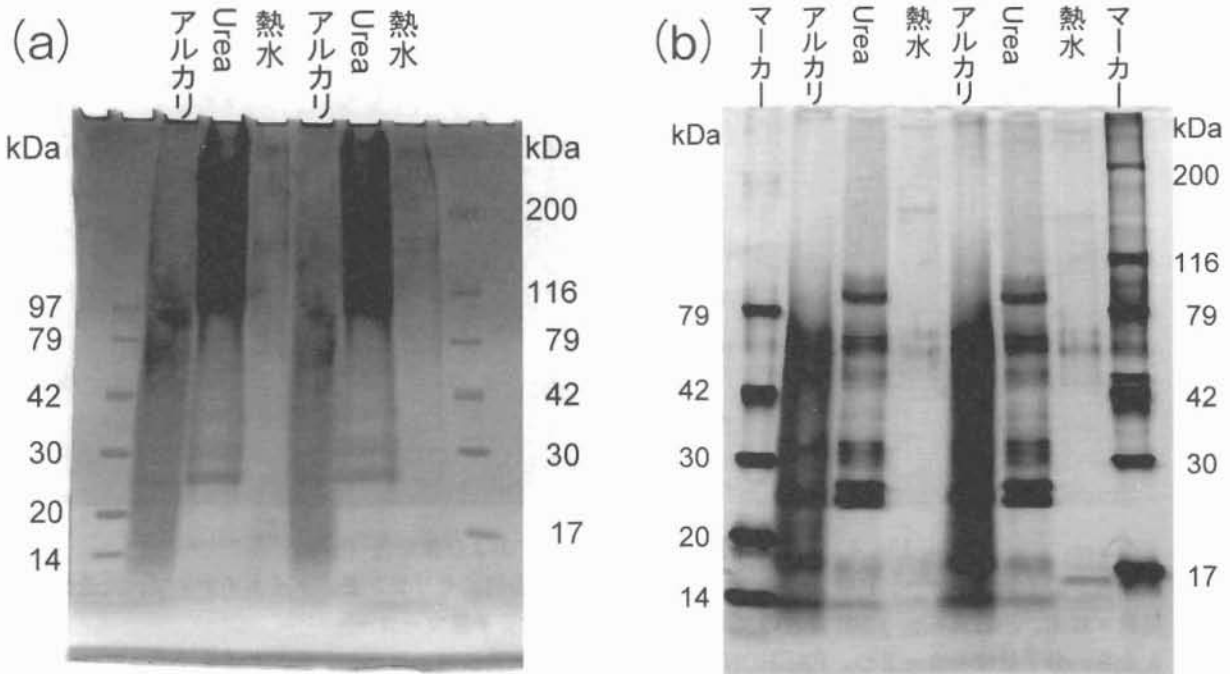


Fig. 3. 抽出法の違いおよびCBB染色 (a) と銀染色 (b) による染動パターンの相違

的なバンドが認められた。また、セリシン蚕、大造松村および大造長野の3系統では100kDaのタンパクバンドも確認できなかった。一方、全ての系統に共通して現れる25kDa付近のバンドが存在することも明らかになった。これらのことから、セリシン部タンパクは系統によってその構成の異なることが示唆され、セリシンというタンパクを考える上で新たな問題を提起している。

次に、上記の8品種のセリシン部タンパク質抽出液を用いてSDS-PAGEを行い、銀染色を行った結果 (Fig. 4b)、多くのタンパクバンドが確認できた。ところが、銀染色ではCBB染色では確認できた高分子領域の数本のタンパクバンドが確認できないものがあった。

4. 考察

前報[14]ではCBB染色法を用い、53系統のカイコのセリシン部タンパク質の解析を行ったが、本研究ではSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) を用いたセリシン部タンパク質解析において、異なる染色法を用いた場合の違いを

明らかにしておくことが重要であると考え、CBB染色法と銀染色法との比較を行うことを目的とした。繭層40mgを秤量し、8M Urea抽出液2mlを加え98℃で10分攪拌しながら加熱し、抽出した場合、銀染色では感度が非常に良好であるため、抽出液をそのまま電気泳動に用いると染まりすぎるか、白抜けしてタンパクバンドの位置が透明になってしまう。そのため、銀染色を行う前に最適な濃度に希釈しなければいけないことが判明した。銀染色に最適なセリシン部タンパク質抽出液の希釈濃度を検討した結果、32倍希釈が最適であり、簡易法として分光光度計を用い280nmで測定した数値が0.45を目安に希釈すれば、明瞭な電気泳動像が得られることを明らかにした。

カイコが作り出す繭の糸はタンパク繊維の代表であり、大きく分けてフィブロインとセリシンによって構成されている。また、セリシンは水溶性であるがフィブロインは水には溶けず、臭化リチウム (LiBr) や塩化カルシウム (CaCl₂) のような中性塩に溶解する。さらには、これまでセリシンであると思われてきた抽出液にはセリシンとフィブロイン以外に、プロテアーゼインヒビター、遊離

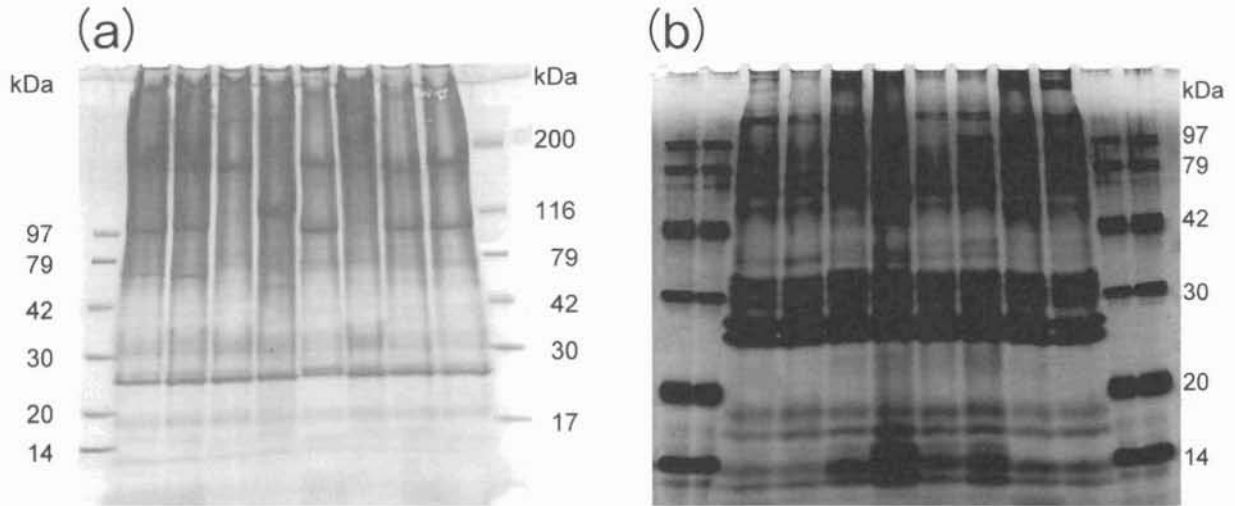


Fig. 4. 系統間比較とCBB染色 (a) および銀染色 (b)

- (a) : 左から、分子量マーカー、PACHON、カンボージュ、大造松村、セリシン蚕、タイネイティブ、大造長野、錦秋×鍾和、小石丸 Sib、CBB 染色のゲルの左右両端 1 本は分子量マーカー
- (b) : 左から、分子量マーカー 2 つ、PACHON、カンボージュ、大造松村、セリシン蚕、タイネイティブ、大造長野、錦秋×鍾和、小石丸 Sib、分子量マーカー 2 つ

アミノ酸、その他の低分子タンパク質など多くの物質が含まれていることが報告されている[10]。本研究ではフィブロイン以外のセリシン部タンパク質をターゲットとしているため、抽出液にフィブロインが溶出していることは実験に支障をきたさず。そのため、8 M Urea 溶液ではフィブロインが溶出していないことを予備試験で確認した後、実験に取り組んだ。

まず、錦秋×鍾和の繭を用いて熱水抽出、アルカリ溶液抽出、8 M Urea 溶液抽出を行った。抽出後の繭層の状態は、アルカリ抽出、8 M Urea 抽出後は真綿上を呈した。これは、抽出率からも分かるように、セリシン部がほとんど溶け出ししまったため、フィブロイン同士をつなぎとめておくことが出来なくなったためであると考えられた。一方、熱水抽出後の繭層は、四角の形を保っており、他の二方法に比べてセリシンが抽出されていないことを示している。

電気泳動像を観察した結果、CBB 染色と銀染色では明らかに異なることが判明した。例えば、CBB 染色の場合、熱水抽出では約350kDa と約180kDa のところにうっすらとタンパクバンドが確認で

き、アルカリ抽出では25kDa 付近にタンパクバンドが確認できたが、全体的にはスミア状のバンドパターンとなった。8 M Urea 抽出では、高分子領域から低分子領域にかけて350kDa、180kDa、100kDa、25kDa 付近に濃いバンドを4本、中分子領域に薄いバンドを約5本確認することができた。一方、銀染色の場合、熱水 (98℃、10min.) 抽出では殆んどタンパクバンドが確認できず、アルカリ抽出では中分子領域から低分子領域にかけて8本の薄いタンパクバンドが確認できたが、全体的にはスミア状のパターンとなった。8 M-Urea 抽出では、100kDa から14kDa の間に多数のバンドを確認した。中でも100kDa、26kDa 及び24kDa 付近に明瞭な3本のバンドを確認することができた。特に、CBB 染色では25kDa 付近の1本の明瞭なバンドと考えられていたものが、銀染色によって26kDa 及び24kDa の明瞭に区別できるバンドであることが明らかとなった意義は大きい。

CBB 染色の場合は抽出液原液を SDS-PAGE に供したのに対し、銀染色の場合は32倍に希釈した抽出液を用いた。SDS-PAGE において試料量が少ないほうがバンド間のタンパク質の重なりが少な

く、いい分離が得られると考えられる。そのために、抽出液の原液を SDS-PAGE に供した CBB 染色では 25kDa 付近に 1 本のバンドしか確認できなかったが、32倍希釈して SDS-PAGE に供した銀染色では 2 本に分離した可能性も考えられる。なお、Fig. 4a の CBB 染色の結果では、25kDa 付近の濃いバンドの上方に非常に薄いバンドが観察される場合もある。この薄いバンドが銀染色での 26kDa のバンドに相当する可能性も考えられるが、CBB 染色の場合には染色過程で 2 本のバンドが現れることはなかった。一般に CBB 染色ではどのタンパク質も一様に染色されると言われているが、26kDa のタンパク質は CBB では染色されにくい可能性が考えられる。その理由は不明であるが、親水性のセリンに富むセリシタンパク質は CBB では染色されにくいのかもかもしれない。

一方、銀染色では CBB 染色で見られた高分子領域のセリシタンパクといわれている 3 本のバンドすべてを明確に確認することは出来なかった。その理由は不明であるが、タンパク質によっては銀染色で染まりにくい場合があることが知られており、セリシタンパク質の場合にもそのような現象が起きた可能性が考えられる。このことに関しては今後追究しなければならない課題である。

また、アルカリ溶液抽出の場合、全体的にスミア状の泳動像がみられたことからアルカリ溶液によって大半のセリシが分解されてしまったと考えられた。しかし、薄いバンドが確認できるところもあった。これらのバンドは、アルカリ溶液に溶解しないタンパク質もしくは抽出時間が短かったため、分解されずに残ったセリシタンパク質であると考えられる。今後、各タンパク質のアミノ酸配列を解析することによって、いずれであるかを明らかにしたい。

一方、8 M Urea 溶液抽出では、熱をかけたのにも関わらず、染色法の違いによって確認できるタンパクバンドの数に違いが認められたが、いずれの染色法においてもシャープなバンドが見られた。また、結果には示さなかったが、37℃、24時間抽出したときもほぼ同じ電気泳動パターンを確認することが出来た。このことは、Urea は抽出の

際にセリシタンパク質の低分子化を防いでいることを示すものと考えられた。

sericin 1 遺伝子はスプライシングを経て 330kDa、284kDa、123kDa、76kDa のタンパク質を発現すると考えられている。研究室で継代している 8 系統のカイコの繭を用いて 8 M Urea 溶液によってセリシタンパク質を抽出し、SDS 電気泳動パターンを比較した結果、CBB 染色によって確認された最も分子量の大きい約 350kDa のタンパク質は、sericin 1 遺伝子由来のタンパク質ではないかと推察された。また、6 品種に存在していた 100kDa のタンパク質が大造松村や大造長野において存在が認められなかったり、セリシ蚕では他の 7 品種とは大きく異なったバンドパターンを示すことが確認できたなど、品種によってタンパクバンドのパターンが異なることが明らかになった。これは、セリシ自体の遺伝子が品種によって異なるためなのか、遺伝子は同じであるがスプライシングされる箇所が品種によって異なるのか、理由は不明である。しかし、これまで多くの研究者がセリシの研究を行ってきたが、ある 1 系統しか実験に用いてないため、その結果がカイコ全体では通用しないということが明らかになった。さらに、前述したように、CBB 染色と銀染色では染色パターンが明瞭に異なることから、電気泳動法を用いたセリシタンパク質の解析を行う場合は、染色法の影響を十分考慮しなければならない。

近年のセリシの研究では、抽出液に臭化リチウム (LiBr) が用いられているが、これは中性塩であり、フィブロインも溶出してしまう。しかし、フィブロインは H 鎖 (300kDa) と L 鎖 (25kDa) がジスルフィド結合でつながっており、試料用バッファーに含まれている 2-mercaptoethanol でこの結合を切ることから、セリシに関するほとんどの研究でこれら 2 つの分子量のタンパク質は無視されてきた。それ以外にセリシの低分子領域の研究も行われたが、CBB 染色による分子量の検討であったため、このほとんどのカイコから見出される 25kDa 付近のバンドは 1 本であると思われていた [16]。ところが、今回実施した本研究では、感度の鋭敏な銀染色法によって 26kDa と 24kDa の明

瞭に分離できる異なるタンパクが存在することを見出したことから、セリシン部タンパク質はこれまで考えられてきた以上に複雑な構成によって成り立っているのではないかと推察された。

引用文献

- [1] Garel, A., Deleage, G. and Prudhomme, J. (1997) : Structure and organization of the *Bombyx mori* sericin 1 gene and of the Ser 1B cDNA. *Insect Biochem. Molec.* 27, 469-477
- [2] Huang, J., Valluzzi, R., Bini, E., Vernaglia, B. and Kaplan, D.L. (2003) : Cloning, expression, and assembly of sericin-like protein. *J. Biol. Chem.* 278, 46117-46123
- [3] Kato, N., Sato, S., Yamashita, A., Yamada, H., Fuwa, N. and Nomura, M. (1998) : Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62, 145-147
- [4] 亀井加恵子, 田中慶利, 一田昌利, 山崎隆, 三好 明 (2004) : 家蚕及び野蚕のセリシンの機能研究. 繊維研究所研究報告 7, 13-20
- [5] 亀井加恵子, 中嶋怜美, 一田昌利, 山崎隆, 三好 明 (2005) : 家蚕裸蛹系統 Nd のセリシンに関する研究. 繊維研究所研究報告 8, 59-69
- [6] 亀井加恵子, 遠藤 太, 一田昌利, 山崎隆, 三好 明 (2006) : セリシン蚕 Nd のセリシンに関する研究—大造および錦秋×鐘和のセリシンとの比較—. 繊維研究所研究報告 9, 29-45
- [7] Aramwit, P. and Sangcakul, A. (2007) : The effects of sericin cream on wound healing in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71, 2473-7
- [8] Minoura, N., Aiba, S., Gotoh, Y., Tsukada, M. and Imai, Y. (1995) : Attachment and growth of cultured fibroblast cells on silk proteins. *J. Biomed Mater Res.* 29, 1215-21
- [9] Zhaorigetu, S., Yanaka, N., Sasaki, M., Watanabe, H. and Kato, N. (2003) : Silk protein, sericin, suppresses DMBA-TPA-induced mouse skin tumorigenesis by reducing oxidative stress, inflammatory responses and endogenous tumorpromoter TNF-alpha. *Oncol.* 10, 537-43
- [10] Kurioka, A., Yamazaki, M. and Hirano, H. (1999) : Primary structure and possible-functions of a trypsin inhibitor of *Bombyx mori*. *Eur J Biochem.* 259, 120-126
- [11] Michal, Z., Dalibor, K., Changsong, Y., Frantisek, S. and Klaus, S. (1998) : The P25 component of *Galleria* silk. *Mol Gen Genet.* 257, 264-270
- [12] Shimada S. and Hayashiya, K. (1975) : Isolation of a protein with saccharase activity from the liquid of the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.* 5, 357-369
- [13] Shimada, S., Kamada, A. and Asano, S. (1980) : The cocoon trehalase of the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.* 10, 49-52
- [14] 一田昌利, 三浦芳子, 亀井加恵子, 原 三郎 (2006) : セリシン部タンパク質のカイコ品種間差異に関する研究Ⅱ. 繊維研究所研究報告 9, 9-19
- [15] Laemmli, U.K. (1970) : Cleavage of structural protein during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature London* 227, 680-685
- [16] 三浦芳子 (2000) : 繭層タンパク質の種間変異に関する研究 (修士論文)

年表「近代化蚕糸業技術の変遷」

1、明治期の蚕糸業政策と科学・技術

松本継男*

The Chronicle of Scientific and Technological Supports to the Sericultural Industry in the Meiji Period

Tsuguo MATSUMOTO*

*Kinugasa Textile Research Institute, The Kinugasa-kai Foundation,
29 Kitano Shiro-Hakubai-cho, Kita-ku, Kyoto 603-8326, Japan

はじめに

我が国の近代化が、何時頃から始まり何時それが達成されたのか、また時代的に「近代」とは何年から何年までを指すのかについては識者によって異なる。筆者はそれらを、富国強兵・殖産興業・文明開化を命題とした「明治期」と、西洋先進列強国と対等な「戦い」に臨むまでに国力が成長した「大正・昭和初期」とに大別して、この間における蚕糸行政と蚕糸科学・技術に関する史実を年表化し、近代化推進に寄与した蚕糸業の役割を考究する基礎資料とした。今回はまず「明治期」のそれをまとめた。

蚕糸や稲作など我が国の農業技術には、明治10年頃までは見るべきものはなかった。絹業国のフランスやイタリアに、カイコの微粒子病が発生し蔓延したことにより国力が衰退した。一方、我が国においては「蚕種」や生糸の輸出が増大し、また官営富岡製糸所の「器械製糸」が開設されたが、養蚕技術は宿場町の山間部を中心とした「座繰製糸」の手工業的な業態が残存していた。

地租改正 (1873) により徐々に作物内容が変化し、また先進資本主義国家からの優良な原材料が輸入されるに伴い、我が国の産業も輸出型から内需

拡充型へと変化した。禄を離れた多くの上族が養蚕・製糸・機織の授産所の担い手となり、糸質の安定した器械製糸も普及しはじめ、製糸工場も各地に設置され生糸の輸出もさらに増大傾向にあったが、品質にはまだ多くの問題点があった。

紡績・鉸山・鉄道などの企業が勃興した明治中期に、農商務省蚕病試験場が設置され蚕糸業にも本格的な近代化技術が登場してきた。脅威の微粒子病もその病原体が究明され、消毒による微粒子病対策以外に新たな検査法も導入され、さらに他の蚕病対策も施策された。一方、多条製糸・低温緩速繰糸による製糸法の改善により、「器械製糸」が「座繰製糸」を凌ぎ遂には仏・伊糸に対して遜色ない世界的な生糸品質の地位を得るに至った。実業学校令・文部省令・農商務省令に基づき高級技術者や試験研究従事者などの人材育成や試験場も各地に設置され、近代化推進の国家的事業は一段と進展した。なかでも一代雑種強勢や夏秋蚕飼育の普及は生糸増産に多大なる貢献をし、明治後期には最大生糸輸出国の中国を凌駕して、生糸輸出世界第一位となった。

本表の作成にあたっては、典拠図書等に格段の世話になった。記して謝意を表する。

*連絡先：(財)衣笠会、603-8326 京都市北区北野下白梅町29、E-mail: tsu_5ma@wonder.ocn.ne.jp

明治期の蚕糸行政と科学・技術

年表「明治期の蚕糸行政と科学・技術」

(明治5年までは「旧暦」)

年 月 日	蚕糸業政策	蚕糸科学・技術等
1868 (明治元)		
6 15	蚕卵紙生糸改所設立	蚕種輸出最盛 (輸出総額の2/3)
6 20	蚕卵紙輸出検印開始 (江戸)	
1869 (明治2)		
3 31	東京：朱引内・朱引外に分割 (朱引外空地に桑植付奨励)	田島弥平：ヨーロッパ種飼育開始 (イタリア人から分与)
6 2	卜関償金残高支払の延期要請	仏・伊に微粒子病蔓延 (日本蚕種輸出増大)
11 3	蚕卵紙生糸改所開設 (各開港場)	
1870 (明治3)		
1 15	民部省：勸農局 (開墾・種芸・養蚕・編輯・雑務課) 設置	アダムス (英)：上州蚕糸地帯視察
3	養蚕仕法書頒布	前橋藩：ミュラー指導下で伊式器械製糸開始
8 3	蚕卵紙褒章規則制定	
9 15	蚕糸場取締規則・蚕種製造規則・同税規則制定	
10 7	富岡製糸場開設	
1871 (明治4)		
5 14	蚕種製造規則改正 (蚕種輸出規制の緩和)	小野組：伊式製糸機械導入 (築地製糸場)
9 10	田畑勝手作許可	石黒清助 (愛知)：接木による桑苗製造法考案
1872 (明治5)		
6 5	製糸告諭書各府県に頒布	尾高淳忠：風穴貯蔵蚕種の長期保存法の提唱
5 28	蚕種製造規則改正	
9 8	国内川蚕種の輸出転用禁止	高崎有敬：足踏操糸機考案
10 4	官営富岡製糸場開業 (民部省)	
11 14	蚕種厚紙規則及び蚕種厚紙売捌規則布告 (明治7.2.13廃止)	
1873 (明治6)		
1 30	生糸製造取締規則制定	岩倉使節団：リヨン生糸改会社視察
4 28	蚕種取締規則制定	二本松製糸場設立
5 25	蒸繭法各県に頒布	
6 1	横浜生糸改会社開業 (生糸・屑繭検査開始)	
11 15	生糸改会社の条約違反の提訴 (英・仏・米・独・伊・西六ヶ国連合)	
1874 (明治7)		
4 1	農事修学所設置 (東大前身)	金沢製糸場設立 (操糸機200台 (木製))
6 5	蚕種厚紙の統一 (国内用・輸出用区分の廃止)	
1875 (明治8)		
2 22	蚕種取締規則廃止	中山社創業 (岡谷)：器械製糸
1876 (明治9)		
	原蚕種管理法制定	生糸輸出量の増大 器械製糸場87ヶ所に達す

1877 (明治10)	4 25 6 21	生糸製造取締規則廃止 第一回内国勸業博覧会開催 (上野) 今出品審査官制・審査条令制定	屑糸紡績所設立 (明15「新町紡績所」と改称) 三日育種場設立 西陣織物会社設立 深沢雄象ら；改良座繰結社形成
1878 (明治11)	5 14	蚕種製造組合条例・会議局規則廃止	片倉憲太郎；「開明社」設立 (諏訪) 萩原鐸太郎ら；「碓氷座繰製糸社」設合製糸の発端) 久米邦武；「特命全権大使 (岩倉使節団遣米欧回覧実記 (100巻))」発行
1879 (明治12)	1 9	大蔵省商務局設置 (内務省勸商局事務引継)	生糸繭製茶共進会開催 生糸集団公開催 (横浜町会所) 生糸繭共進会開催 (横浜)
1880 (明治13)	2	横浜正金銀行設立	上毛繭糸改良会社設立 (前橋) 同伸会社設立発起人総会開催 (生糸直輸出商社) セレル (米)；セレル式操糸機開発
1881 (明治14)	2 10	棉糖生糸繭茶共進会開催 (静岡)	横浜生糸売込問屋ら；横浜連合生糸荷預所設立 (9,15開業) 「横浜生糸荷預所事件」発生
1882 (明治15)			細谷製糸会社設立 (豊橋) 繭生糸木綿織物共進会開催 (桐生)
1883 (明治16)	5 18 6 7 1	農商務省；蚕糸諮詢会設置 日本蚕糸協会設立 (全国的蚕糸団体の祖) 横浜生糸売込問屋申合規則制定・実施	練木喜三；微粒子病原体発見「微粒子」と命名 茨城県；製糸工女試験規則制定
1884 (明治17)	1 4 11 29	農商務省；第一回勸業会開催 農商務省；蚕病試験場設立 (蚕業試験場の前身) 農商務省；同業者組合準則制定	
1885 (明治18)	4 1 11 2	農商務省；共進会開催 (繭・生糸・織物・陶器・漆器の五品、上野) 農商務省；蚕糸業組合準則制定	甲府；製糸工女の怠業 (待遇改善) 上州；軟化病・微粒子病蔓延 足利織物講習所設立 川畑 梓 (鹿見烏)；「養蚕手引書」上梓
1886 (明治19)	8 17 9 10 21	農商務省；蚕種検査規則制定 農商務省；蚕種取締規則制定 蚕病試験場移転 ('87,4蚕業試験場と改称)	甲府；製糸工女の同盟罷業 (我が国初のストライキ) 星野伝七郎 (桐生)；輸出羽二重の技術伝授 グラン (仏)；繰糸機の改良

1887 (明治20)	4	農商務省；蚕病試験場を農務局蚕業試験場に改称 (蚕種検査員の養成)	佐々木忠次郎；蚕のきょう蛆について発表 練木喜三；微粒子病試験報告 高力直覚 (桐生)；輸出羽二重の生産技術伝授 練木喜三・松永伍作；蚕の白僵病試験成績の報告 京都織物会社設立許可 埼玉県；桑虫害予防規則制定 前橋市繭市場会社設立
1888 (明治21)			支那種導入 (大円頭、諸桂など)
1889 (明治22)		「折衷飼育標準表」発表 (蚕業試験場)	パリ万博 (6.6~11.6) 京都織物会社稼動
1890 (明治23)			佐々木忠次郎・竹内鉦次郎；「病原肉眼鑑定法及び精良蚕種製造法」発表 田中延次郎；「紫紋羽病の形態的研究 (英文)」発表 クワ紫紋羽病発生
1891 (明治24)			京都第一絹業紡績会社；同盟罷業
1892 (明治25)		農商務省；桑樹萎縮病調査委員会設置	大日本蚕糸会創立 欠島組 (甲府)；同盟罷業 クロス (英)；ビスコース人絹發明
1893 (明治26)	4 9 10	農商務省蚕茶課復活 (蚕糸行政管掌) 富岡製糸場三井高保に払下げ	西陣織工；同盟罷業 板垣半蔵 (群馬)；クワ品種「大島桑」選別 池田作次郎；「蚕虫軀筋肉系の配列」を調査
1894 (明治27)	3 21	横浜四品 (蚕糸・製茶・織物・海産物) 取引所設置許可	横浜外人生糸・屑糸商組合設立
		*器械製糸生産量 > 座繰製糸生産量 (2,740トン) (2,090トン)	佐々木忠次郎；「蚕蛆の原因」発表 第一回全国農事大会開催 (東京、芝) 木村九蔵 (埼玉県児玉)；模範蚕室建造 (県指定文化財) クワ実菌核病初発生 ケンネル；家蚕の発育・栄養に関する研究発表
1895 (明治28)	4 1 6 18	第四回内回勸業博 生糸検査法制定 (明29.4施行)	第二回全国農事大会 (京都) 一の瀬益吉 (山梨)；クワ品種「一の瀬」選別
1896 (明治29)	3 19 3 28	官制蚕業講習所公布 生糸検査所設立 (8.5横浜開所)	三越絹業紡績所 (新町)；同盟罷業 大森順造；蚕軟化病の病原菌発見

6 12	農事試験場名称改正・支場設置	外山亀太郎・石渡繁胤：「実験蚕体解剖」発表
1897 (明治30)		
4	桑樹萎縮病調査所設立 (7ヶ年計画)	友禪染工 (大阪)：同盟罷業
3 24	蚕種検査法改正	
4 12	重要輸出品同業組合法制定	
4 27	生糸直輸出奨励法制定	
1898 (明治31)		
		三井富岡製糸所：同盟罷業
		製糸会社「白清社」：同盟罷業
		「生糸滞貨」(救済融資要請)
		佐々木忠次郎：微粒子病の研究発表
1899 (明治32)		
2 7	実業学校令制定 (農業学校規定、4月施行)	
2 25	文部省：工業・農業・商業・商船学校規定制定	
4	農商務省：京都蚕業講習所設立 (現京都工芸繊維大学、旧蚕業講習所は東京蚕業講習所となる)	
1900 (明治33)		
3 7	重要物産同業組合法制定	横浜内外生糸商：横浜生糸貿易規定制定
3 10	蚕種検査法改正	
	農商務省：蚕病消毒法施行	津田米太郎：力織機發明
11 6	横浜蚕糸銀行破綻・支払停止	クワ赤渋病初発生
1901 (明治34)		
4 2	神戸生糸検査所廃止	関根イト：女工虐待裁判
		クワ疾病 (枝枯菌核病・白紋羽病・裏うどん粉病) 初発生
		岩淵平助：「桑樹病害論」
		圓 文之助：自動繰糸機發明 (翌年大日本蚕糸会で報告)
1902 (明治35)		
4	蚕種製造所設立 (鳥取)	外山亀太郎：シャム出張 (養蚕指導、一代雑種の実用化研究着手)
11 27	「農事統計」の開始 (明36、1施行)	石渡繁胤：卒倒菌分離
1903 (明治36)		
3 1	蚕種改良調査委員会設置	諏訪製糸同盟結成 (職工登録制度実施)
10 16	農商務省：農会に農事改良通達 (サーベル農政)	御法川直三郎：多糸繰糸機考案 (製糸機械化の始まり)
		那是製糸：蚕種合名会社設立
		三竜社：蚕品種「黄石丸」・「三竜又」育成
1904 (明治37)		
		石渡繁胤：蚕雌雄鑑別法発見
		東京蚕業講習所：西ヶ原式飼育標準表発表
1905 (明治38)		
1 13	農商務省：輸出羽二重取締規則制定 (2.1施行)	
	農商務省：農務局に蚕糸課設置	

典拠図書

- ① 岩波書店編集部編 (1991) : 近代日本総合年表第三版. 岩波書店
- ② 児玉幸多編 (2005) : 標準日本史年表. 吉川弘文館
- ③ 日本農業年鑑刊行会編 (2000) : 年表20世紀の日本農業. 家の光協会
- ④ 農業発達史調査会編 (1958) : 日本農業発達史. 中央公論社
- ⑤ 農林水産省農林水産技術会議事務局・昭和農業技術発達史編纂委員会編 (1998) : 昭和農業技術発達史 (第7巻). (社)農林水産技術情報協会
- ⑥ 農林水産技術情報協会監修浅川勝・西尾俊彦編 (2000) : 近代日本農業技術年表. 農山漁村文化協会
- ⑦ 農林水産省百年史編纂委員会編 (1982) : 農林水産省百年史. 農林統計協会
- ⑧ 農業発達史調査会編 (1958) : 日本農業発達史. 中央公論社
- ⑨ 吉川弘文館編集部編 (2007) : 近代史必携. 吉川弘文館

カイコの環境情報受容応答 (その1)

角田素行*

Environmental Signal Transduction in the Silkworm, *Bombyx mori* (No. 1)

Motoyuki SUMIDA *

*Center for Bioresource Field Science, Kyoto Institute of Technology,
Ippongi-cho, Ukyo-ku, Kyoto 616-8354, Japan

Abstract

On April 1st, 1996, a study was started to answer the question, "Is midgut sucrase activity changed in germfree, 5th instar larvae feeding on an artificial diet supplemented with sucrose?" The answer was completely unpredictable to anybody, including myself. However, the question is a kind of question of which answer had to be obtained anyhow. Fortunately the experiments disclosed a physiologically significant phenomenon. The midgut sucrase activity was suppressed in dose-dependent manner up to 6.9% in wet weight basis in healthy developing larvae, which was assessed by a normal increase in body weight of the larvae. Interestingly, a complete suppression of enzyme activity was not achieved even at 6.9% sucrose and the low but significant level of activity at day 1, the 5th instar was retained and maintained throughout the feeding period until day 8, the day of end of feeding period or the day of onset of spinning. The reproducibility of the phenomenon was confirmed in the following years. Also, the meaning of the phenomenon continued to be explored. In 2006, an idea formed in my mind, i.e., the 5th instar silkworm larvae receive in midgut cells environmental information, such as solar irradiation, rain fall and carbon dioxide concentration, in the form of sucrose concentration accumulated in mulberry leaves, a sole natural diet for the silkworm larvae, and that silkworm larvae make an output response in the form of reduced production of sucrase protein in the midgut cells. This is indeed a discovery of signal transduction phenomenon in midgut cells in the silkworm, *Bombyx mori*. This is another achievement in discovery of an outstanding biological feature of the silkworm larvae, *Bombyx mori* following the earlier discovery that silk gland of the silkworm, *Bombyx mori* synthesizes and utilizes silk digestion proteinase, named *Bombyx* cystein proteinase of silk gland, at each larval molt period in the lumen contents of silk gland for complete digestion of secreted and accumulated silk proteins, fibroin and sericin, and in the feeding periods, within the lysosomes in the silk gland cells for digestion of subcellular organelles and proteins transported into lysosomes to support extremely efficient silk protein synthesis and secretion in the silk gland.

Key Words : Dietary sucrose, Midgut sucrase activity, Suppression,
Environmental signal transduction, *Bombyx mori*

* 連絡先 : 京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター、
616-8354 京都市右京区嵯峨一本木町1、E-mail : sumida@kit.ac.jp、TEL 075-861-0735

1. 「シヨ糖を添加した人工飼料を無菌カイコの5令幼虫に食下させると、中腸のシヨ糖分解酵素活性は変化するか？」の答えを求めて

このような課題を以下の理由によりつくりました。1996年4月始めのことでした。1996年3月末までに、クワの葉で飼育したカイコと、人工飼料で飼育したカイコについて、5令幼虫の摂食期間の中腸のシヨ糖分解酵素活性の測定を済ませていました。カイコの1つの中腸あたりの活性は、5令幼虫の摂食期間に上昇して、5令幼虫中期に極大となり、その後、活性が低下するという消長を示すことが明らかとなっていました[1]。中腸からシヨ糖分解酵素を単離する試みもしていました[2-4]。その過程で、追いかけて続けた夢がありました。「カイコの中腸のシヨ糖分解酵素活性を人為的に変化させる方法を見つけれないだろうか？」と。そういう方法が見つかれば、カイコの中腸のシヨ糖分解酵素の生成調節機構が解析できると思いました。しかしその「方法」なるものはついぞ見つからないままでした。

一つ、糸口らしきものがあるといえはありました。それは酵素の活性のような分子レベルの指標を研究に使うならば、その相手として考えるべき指標は、同じく分子レベルの指標を持ってこなければならぬという山下興亜（やましたおきつぐ）先生の教えです。先生は、休眠ホルモンの作用機作を解明する際に、休眠ホルモンは分子であるので、分子レベルの相手、トレハラーゼという酵素を相手として持ってこなければならぬということを示されたのでした。シヨ糖分解酵素に対しては、酵素が働く相手、すなわち酵素の基質であるシヨ糖分子を相手として考えなければならぬ。シヨ糖を食べさせたカイコの幼虫の中腸のシヨ糖分解酵素活性は変化するであろうか。普通の飼育環境で飼育したカイコの中腸中には、常在性の腸内細菌が棲んでいます。普通の飼育環境で飼育したカイコにシヨ糖を与えたら、腸内細菌がシヨ糖を食べることになる。ここは、カイコの幼虫が孵化してからずっと無菌飼育して、無菌状態が維持

されている無菌カイコの幼虫にシヨ糖を与えることが必要になる。

カイコは昔から甘党であることが知られていました。人工飼料に対するカイコの食いつきを良好にするために、開発初期の人工飼料にはシヨ糖が構成成分として入れられていました。カイコはシヨ糖を食下することは間違いのないであろう。忌避することはないであろう。

こうして、シヨ糖分解酵素を中心に考えることから出発して出来上がった「シヨ糖を無菌飼育したカイコの5令幼虫に食下させたら中腸のシヨ糖分解酵素の活性が変化するか？」という課題は、追求してみる価値があると思いました。それまではカイコの5令幼虫に、クワの葉か、既成の予め混合された人工飼料に水を加えて練って蒸煮して調製した人工飼料しか与えていませんでした。この人工飼料は、半合成飼料と呼ばれるもので、クワの葉の乾燥粉末に、5大栄養素と、カイコの摂食促進因子と、セルロースなどを加えたものです。シヨ糖を人工飼料に添加するには、上記人工飼料の組成のうち、セルロースをシヨ糖に置き換えれば良い。こうして、実験の結果は意味のあるものになるかどうか分かりませんでした。何しろ結果を知りたいという理由で、実験を始めました。1996年4月始めのことでした。

ここでどうして結果の予想がつかない課題を追求する気になったかを説明します。それは以前に、同様に結果の予想がつかない課題を追求した結果、思いがけず、カイコの驚くべき生物学的特性を明らかに出来た経験があったからです。それは1987年4月始めから研究を始めた「カイコの絹糸腺はシルクタンパク質を分解するタンパク質分解酵素をつくるか？」という課題でした。この研究は思いがけず面白く展開することが出来ました。1996年3月末の時点では、4令幼虫眠期のカイコの絹糸腺からシルクを分解するタンパク質分解酵素であるシステインプロテアーゼを単離精製できるまでこぎ着けていました。それ以後の研究の方向性も見えてきていました。この研究の経緯については、既に報告しました[5,6]。そこで、新たな課題に挑戦したくなったのでした。再び結

果がどうなるか予想はつかないが、どんな結果が出るかをどうしても知りたいという課題を扱いました。「柳の下に二匹目のどじょうはいない」と言われています。その二匹目のどじょうを見つけに行ったのです。なんと、新たなカイコの生物学的特性が見つかりました。

2. ショ糖を添加した人工飼料を食下させた無菌の5令のカイコの幼虫の中腸のショ糖分解酵素活性は低下させられる

無菌飼育した5令のカイコの幼虫の中腸のショ糖分解酵素活性は、ショ糖0%の飼料の場合、5令0日から8日までの摂食期間の間に、一つの中腸当たりの活性で表示すると、5令の6日前後に極大値を持つ山形の曲線になります。ショ糖を湿重量にして1.4%添加した場合、ショ糖分解酵素の活性は0%区に比べて低下させられました。ショ糖濃度が更に増加するとどんな結果になるかを知るために、ショ糖濃度を3.0%に高めた飼料を食下させました。すると、活性は更に低下させられました。6.9%のショ糖では、酵素活性が5令1日の水準から上昇も下降もせず維持され、そのまま5令8日に至ることが明らかになりました。つまり、ショ糖濃度の上昇に反比例して、中腸のショ糖分解酵素活性が低下させられることが分かりました。上記酵素活性の低下は、酵素タンパク質の生成量が減少したことにもとづくであろうことが、1mgの中腸タンパク質当たりの活性、すなわち、比活性の消長が、一つの中腸当たりの活性の消長と同様のパターンを示すことから推察されました。

ショ糖を添加した飼料を無菌カイコの幼虫に食下させると、中腸のショ糖分解酵素活性が低下させられることが一旦明らかになると、後は面白い実験を企画できます。つまり、ショ糖を6.9%添加した人工飼料で飼育してきた無菌カイコの幼虫を、ショ糖0%の人工飼料で飼育するように飼料を切り替えたら、ショ糖分解酵素の活性は、ショ糖0%の飼育においてショ糖分解酵素活性が高かったように、活性が大幅に上昇するでしょうか。結果

はそれほど大幅な上昇は認められませんでした。6.9%のショ糖を与えられた効果の勢いが持続していることを示す結果でした。逆に、ショ糖0%の人工飼料から、ショ糖6.9%の人工飼料に切り替えたら、ショ糖6.9%のみの飼育においてショ糖分解酵素活性が低かったように、活性が大幅に減少するでしょうか。結果はショ糖6.9%の人工飼料に切り替えた翌日まで、活性は減少することなく上昇し続け、飼料切替をした翌々日になって、活性が減少し始めました。ここでも、ショ糖0%の人工飼料でそれまで飼育していた効果の勢いが持続していることを示す結果となりました。飼料を切り替えた場合の比活性のグラフは、一つの中腸当たりの活性のグラフと良く似ていました。つまり酵素活性の変化は、酵素生成量の変化にもとづくものと考えられました。

では、人工飼料に添加したショ糖によって活性が低下させられるのは中腸のショ糖分解酵素だけでしょうか。それとも、それ以外の中腸の酵素も活性が低下させられるのでしょうか。この答えを得る目的で、中腸のアミノペプチダーゼ活性を測定してみました。アミノペプチダーゼでは、人工飼料中のショ糖によって活性が低下させられるという現象は認められませんでした。したがって、人工飼料中のショ糖は、ショ糖分解酵素に選択的にその効果を及ぼしているとも考えられました。このことについては後に新たな展開がありました。

5令0時間すなわち、5令幼虫が4眠からさめ、脱皮した直後から、飼料を食べて24時間が経過するまでの発育時期では、3%のショ糖が中腸のショ糖分解酵素活性を促進する効果が認められました。24時間以降は、中腸のショ糖分解酵素活性の抑制効果のみが認められましたので、同じく5令幼虫期といっても、発育時期によって、ショ糖に対する反応は異なることが分かりました。

3. 無菌カイコを実験に使う意味

すでに簡単にふれましたが、人工飼料に添加してカイコの5令幼虫に食下させたショ糖は、有菌の飼育環境でカイコを飼育する限り、カイコの中

腸中の常在性の腸内細菌によっても消費されるはずですが、ここではカイコの中腸の細胞に正確にどれだけのショ糖が到達したかが分かりません。これに対して、無菌人工飼料を用いて飼育してきた無菌カイコの5令幼虫では、ショ糖はすべて、中腸細胞に到達するはずですが、中腸中に腸内細菌はいませんから、カイコに食下させたショ糖の効果を見極めるためには、カイコの無菌人工飼料育システムによって飼育した無菌カイコを使うことが不可欠の条件といえます。

カイコの無菌人工飼料育システムは、京大工芸繊維学部において世界で初めて開発されました。その歴史は、1935年の浜村保次先生の「カイコはなぜクワしか食べないのか?」という疑問に始まっています。浜村先生は、1957年にクワの葉のなかに3つの因子、すなわち、誘引因子、かみつき因子、飲み込み因子を見つけられました。それぞれ、青葉アルコール、 β -シトステロール、セルロースが主要な実体でした。これら3因子と5大栄養素を寒天で固めた「人工飼料」をカイコは食べてマユをつくりました。1963年に2万頭のカイコを上記「人工飼料」を用いて飼育したところ、「人工飼料」に生えたカビによってカイコが病気になる、全滅しました。人工飼料を用いてカイコを飼育する時には無菌環境で飼育する必要があると言う教訓が得られました。蚕の無菌幼虫は孵化前に、卵表面を滅菌し、無菌容器の中で孵化させることによって作出する方法が開発されました。この無菌カイコの幼虫を無菌環境下で、無菌人工飼料を食下させて飼育すると、無菌カイコを育てることが出来ます。無菌人工飼料育したカイコの幼虫やサナギは、これまで、さまざまな研究に用いられ、画期的な成果を上げてきました。カイコのウイルス病の誘発現象の解明、カイコの自然免疫の発現機構の解明に寄与してきました。これらに加えてもう一つ、本研究によって、カイコの情報受容応答機構の解明にも寄与することでしょう。

4. ショ糖がカイコの中腸のショ糖分解酵素の活性を低下させるという現象は、カイコにとってどんな意味があるか?

そもそもカイコの幼虫はショ糖を食下することがあるのだろうか?この質問に対する答えを得ることは簡単です。カイコは人工飼料を食下することを除けば、自然状態ではクワの葉しか食べないからです。クワの葉には光合成産物として、ショ糖がかなりの量含まれていることが明らかにされています。カイコは自然状態でショ糖を食下することがあるのです。クワの葉のショ糖はクワが光合成をした結果です。太陽の光と、水と、炭酸ガスからつくりだされたものです。日照と降水量と炭酸ガス濃度といいかえることが出来るでしょう。クワに対する施肥の状況も反映しているはずですが、これらはまさにクワの置かれた環境情報であり、クワの葉のショ糖含量は、クワの置かれた環境情報の集約であるといえます。カイコは飼料としてのクワの葉中のショ糖の含量を感知して中腸のショ糖分解酵素の活性を変化させるのですから、カイコは環境情報の入力に対して反応し、出力として、中腸のショ糖分解酵素のおそらく生合成速度を減少させていると考えられます。最後のところは、これから研究して更に明らかにしていかなければなりません。

1996年半ばに、上記現象が明らかになりました。このような現象はそれまで報告されていませんでした。カイコをブドウ糖や果糖を添加した人工飼料を用いて飼育した場合、カイコの体液中の炭水化物や、脂肪体のグリコーゲン量がどのように変化するか、という研究は行われていました。しかし、中腸のショ糖分解酵素の活性が変化するという報告はありませんでした。したがって私が依拠すべきは、現象の再現性でした。繰り返し実験してみても類似の結果が得られることを確かめました。このことに以後、かなりの時間を費やしました。人工飼料にショ糖を添加した実験のみでなく、後に述べますように、ブドウ糖や果糖を添加した実験とその再現性も追求しました。その後の5、

6年の間に現象の再現性に関して自分自身、納得のいく結果を得ました。

もう一つこだわったことは、得られた現象の意味づけでした。カイコがこの現象から何を教えてくれているかという課題でした。これも現象の本質を理解するのにかなりの時間が必要でした。あれやこれや考えた末にようやく、カイコの環境情報受容応答に関わる事象であろうという心象を得ました。そこで、2006年に論文をまとめました[7]。

5. カイコの無菌人工飼料育システムと無菌カイコの中腸のショ糖分解酵素の活性測定システムは、カイコの環境情報受容とその応答のしくみを解析するための得難い生物システムである

カイコの中腸は環境情報をどの程度受容できるかということが明らかになりつつあるといえます。ショ糖濃度が6.9%の場合、5令1日の中腸のショ糖分解酵素活性の水準が維持され5令8日に至ります。活性が0になることはありません。改めて言うまでもなく、このような現象は、実際に実験して酵素活性を測定してみなければ明らかにならなかったことです。とりわけ活性が0にならなかったということが面白い点です。ここにカイコの生物学的特性が現れていると感じられます。

6. カイコは環境情報を中腸細胞で感知するという仮説

以上述べた結果から、カイコは、クワの葉のショ糖の濃度という形で、クワの葉の光合成産物に集約されたクワの葉が置かれた環境情報を中腸細胞で受容すると考えられます。これが情報の入力となって、その結果、カイコは受容した環境情報に対する出力として、中腸のショ糖分解酵素の生合成速度を低下させ、ショ糖分解酵素の活性を低下させていると考えられます。

7. 今後の方向性

ショ糖を6.9%添加した人工飼料を食下させた無菌カイコの幼虫の中腸のショ糖分解酵素活性は低下させられます。しかし活性は、0にはなりません。こうして残存している酵素活性はかなりの活性であり、無菌カイコに食下させたショ糖はこの残存酵素活性によって分解されて、ブドウ糖と果糖になっていると考えられます。ここが面白いところです。つまり、ショ糖の存在がそのまま中腸細胞に環境情報として受容されているか、それとも、いったんブドウ糖と果糖に分解されて、それぞれの単糖が中腸細胞に環境情報として受容されているか否かという課題です。これは、人工飼料に添加したショ糖を、ブドウ糖あるいは果糖に置き換えて、中腸のショ糖分解酵素の活性がショ糖を与えた時と同様に低下させられるか否かを調べれば分かるはずです。すでに実験は済んでおり結果は明らかとなっています。これら結果と、その後の展開については、次号において報告します。

8. 謝辞

本稿の執筆をお勧めくださいました財団法人衣笠会 会長理事 林 幸之博士に感謝申し上げます。

引用文献

- [1] Sumida, M., Yuan, X.-L., Mah, Y.-I., Mori, H. and Matsubara, F. (1990) : Changes in kinetic parameters and total activity of midgut sucrase in the silkworm, *Bombyx mori*. *Comp. Biochem. Physiol.* **96B**(3), 605-611
- [2] Yuan, X.-L., Mori, H., Matsubara, F. and Sumida, M. (1990) : Isolation of three species of soluble sucrase from larval midgut of the silkworm, *Bombyx mori* and some kinetic properties. *Comp. Biochem. Physiol.* **97B**(1), 183-191
- [3] Sumida, M., Yuan, X.-L. and Matsubara, F.

- (1994) : Purification and some properties of soluble β -fructofuranosidase from larval midgut of the silkworm, *Bombyx mori*. *Comp. Biochem. Physiol.* 107B(2), 273-284
- [4] Sumida, M., Yuan, X.L. and Matsubara, F. (1994) : Sucrase activity and its kinetic properties in peritrophic membrane, and in membrane-bound and soluble fractions of midgut in the silkworm, *Bombyx mori*. *Comp. Biochem. Physiol.* 108A(2/3), 255-264
- [5] 角田素行 (2007) : カイコ絹糸腺フィブロイナーゼとその特性. 蚕糸・昆虫バイオテック 76(1), 21-29
- [6] 角田素行 (2006) : 家蚕の絹糸腺フィブロイナーゼ : 精製と性質、cDNA クローニングとヌクレオチド配列の決定、大腸菌発現組換え酵素の性質、同一遺伝子産物による器官特異的機能発現. 財団法人衣笠会繊維研究所研究報告 10, 67-80
- [7] Sumida, M. and Ueda, H. (2007) : Dietary sucrose suppresses midgut sucrase activity in germfree, fifth instar larvae of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Biotechnol. Sericol.* 76(1), 31-37

財団法人 衣笠会繊維研究所活動状況

1. 平成19年度各種学会口頭発表及び各種学会投稿論文（下線部は財団理事、評議員および著者）

(1) 口頭発表

- 間宮寛之・長岡純治・杉村順夫・平山 力：カイコ体液から検出されるクワ葉タンパク質。蚕糸・昆虫機能利用学術講演会 日本蚕糸学会第77回大会講演要旨集 p.86, 2007. 筑波
- 中山美緒・間宮寛之・長岡純治・杉村順夫 (2007) クワ種子発芽時におけるウレアーゼ活性の発現。蚕糸・昆虫機能利用学術講演会 日本蚕糸学会第77回大会講演要旨集 p.87, 2007. 筑波
- 杉村順夫：クワ巨細胞におけるカルシウム集積に関する細胞生物学的研究。蚕糸・昆虫機能利用学術講演会 日本蚕糸学会第77回大会講演要旨集（蚕糸学賞受賞記念講演要旨） pp.14-15, 2007. 筑波
- 中山美緒・間宮寛之・長岡純治・杉村順夫：クワ種子発芽時におけるウレアーゼ活性に関わる遺伝子の発現。日本蚕糸学会第63回関西支部・第73回九州支部合同大会 昆虫機能・利用学術講演会講演会発表講演集 p.33, 2007. 京都
- 片山寿人・杉村順夫・高野 良：クワ表皮細胞に含まれる酸性多糖の構造と機能解析。日本蚕糸学会第63回関西支部・第73回九州支部合同大会 昆虫機能・利用学術講演会発表講演集 p.34, 2007. 京都
- 片山寿人・杉村順夫・草刈真一・辰巳 真：クワ巨細胞におけるストロンチウムの蓄積。日本蚕糸学会第63回関西支部・第73回九州支部合同大会 昆虫機能・利用学術講演会発表講演集 p.35, 2007. 京都
- 中島怜美・小嶋宏明・赤木淳二・為定誠・亀井加恵子：シイタケ菌糸体抽出物 (L.E.M.) に含まれる免疫賦活多糖の解析。第27回日本糖質学会年会 講演集 p.111, 2007. 福岡
- 水沼敬典・Huy Nguyen Tien・Kirandeep Kaur・Nhien Nguyen Thanh Thuy・Meenakshi・Uyen Dinh Thanh・原田繁春・Rahul Jain・亀井加恵子：2-tert-ブチルプリマキンの抗マラリア機構。第76回日本寄生虫学会大会 講演集 p.47, 2007. 大阪
- 小谷英治・武藤清佳・森肇：カイコ RNA 結合タンパク質 (BmTRN-1) によるウイルスタンパク質発現への影響 日本生化学会近畿支部例会 (平成19年度)
- 武藤清佳・小谷英治・松本恵実・田辺徹・齊藤磨希・森肇：ハスモンヨトウ類細胞における RNA 結合タンパク質 (SfTRN-1) の発現解析 (日本蚕糸学会第73回関西支部・第63回九州支部合同大会昆虫機能・利用学術講演会発表講演集 p.20)
- 松本恵実・小谷英治・武藤清佳・田辺徹・齊藤磨希・森肇：BmTRN-1強制発現カイコの作出とその表現型の解析 日本蚕糸学会第73回関西支部・第63回九州支部合同大会昆虫機能・利用学術講演会発表講演集 p.21, 2007
- Dinh Thanh Uyen・Nguyen Tien Huy・Dai Thi Xuan Trang・Atsushi Maeda・Motohiro Sasai・Nguyen Thanh Thuy Nhien・Tatsuo Oida・Shigeharu Harada・Kaeko Kamei：Effect of amino acids and saturated fatty acids on malarial heme crystallization. 42th Annual U.S.-Japan Parasitic Diseases Panel Meeting 講演集 p.23, 2007. Davis, CA USA

(2) 各種学会投稿論文

①原著論文

- Arimatsu, Y., Kotani, E., Sugimura, Y. and Furusawa, T.: Molecular characterization of a cDNA encoding extracellular dsRNase and its expression in the silkworm, *Bombyx mori*. Insect Biochem. Mol. Biol. 37, 176-183 (2007)

- Arimatsu, Y., Furuno, T., Sugimura, Y., Togoh, M., Ishihara, R., Tokizane, M., Kotani, E., Hayashi, Y. and Furusawa, T. : Purification and properties of double-stranded RNA-degrading nuclease, dsRNase, from the digestive juice of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Biotechnol. Sericol.* 76, 57-62 (2007)
- Sugimura, Y. and Nitta, I. : Cytological changes during cell wall sac formation in mulberry idioblasts. *Protoplasma* 231 : 123-125 (2007)
- Katayama, H., Fujibayashi, Y., Nagaoka, S. and Sugimura, Y. : Cell wall sheath surrounding calcium oxalate crystals in mulberry idioblasts. *Protoplasma* 231 : 245-248 (2007)
- Huy, N.T., Mizunuma, K., Kirandeep Kaur, Nguyen Thanh Thuy Nhien, Meenakshi Jain, Dinh Thanh Uyen, Harada, S., Rahul Jain, and Kamei, K. : 8-quinolinamines containing 2-tert-butyl group exhibits potent blood-schizontocidal antimalarial activities via inhibition of the heme catabolism: Antimicrobial Agents and Chemotherapy 51(8), pp.2842-2847 (2007)
- Harauma, A., Ikeyama, K., Sano, H., Arai, H., Takano, R., Kita, T., Kamei, K., Yokode, M. : Mulberry leaf powder prevents Atherosclerosis in Apolipoprotein E-deficient Mice. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 358(3), pp.751-756 (2007)
- Huy, N. T., Maeda, A., Dinh Thanah Uyen, Dai Thi Xuan Trang, Sasai, M., Shiono, T., Oida, T., Harada, S. and Kamei, K. : Alcohols induce beta-hematin formation via the dissociation of aggregated heme and reduction in interfacial tension of the solution. *Acta Tropica* 101(2), 130-8 (2007)
- Niidome, T., Takahashi, K., Goto, Y., Goh, S., Tanaka, N., Kamei, K., Ichida, M., Hara, S., Akaike, A., Kihara, T. and Sugimoto, H. : Mulberry leaf extract prevents amyloid b-peptide fibril formation and neurotoxicity. *NeuroReport* 18(8) pp.813-816 (2007)
- Huy, N. T., Uyen, D. T., Maeda, A., Dai Thi Xuan Trang, Oida, T., Harada, S. and Kamei, K. : Simple colorimetric inhibition assay of heme crystallization for high-throughput screening of antimalarial compounds. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 51(1), 350-353 (2007)
- Shibata, Y., Kume, N., Arai, H., Hayashida, K., Inui-Hayashida, A., Minami, M., Mukai, E., Toyohara, M., Harauma A., Murayama, T., Kita, T., Hara, S., Kamei, K. and Yokode M: Mulberry leaf aqueous fractions inhibit TNF- α -induced nuclear factor κ B (NF- κ B) activation and lectin-like oxidized LDL receptor-1 (LOX-1) expression in vascular endothelial cells. *Atherosclerosis* 193(1), pp.20-27 (2007)
- Sumida, M. and Ueda, H. : Dietary sucrose suppresses midgut sucrase activity in germfree, fifth instar larvae of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Biotechnol. Sericol.* 76(1), 31-37 (2007)
- Watanabe, M., Kamei, K. and Sumida, M. : Sericin digestion by fibroinase, a cathepsin L-like cysteine proteinase of *Bombyx mori* silk gland. *J. Insect Biotechnol. Sericol.* 76(1), 9-15 (2007)
- Kato, Y. : Mass spectrometric analysis of *Bombyx mori* humoral Lectin related proteins. *J. Contemporary Human Life Science, Tezukayama Univrsity* 3, 1-10 (2007)
- Kako, T. : Dyeing properties of Chitosan-treated Tussah silk fabrics mordanted during or after dyeing with Carminic acid dyes. *J. Kobe University of Fashion and Design and Kobe Colleage of Liberal Arts, RESEARCHES* 31, 69-80 (2007)

②総説

- 杉村順夫 : クワ葉におけるカルシウム集積の場－その構造と機能－. 蚕糸・昆虫バイオテック. 76、137-140 (2007)

- 亀井加恵子：セリンプロテアーゼインヒビター “マリノスタチン” はなぜエステル結合を選んだのか？
エステル結合の多機能性がカギ、構造形成に普遍的に関与の可能性：化学と生物 45(1)、13-15
(2007)
- 角田素行：カイコ絹糸腺フィブロイナーゼとその特性、蚕糸・昆虫バイオテック 76(1)、21-29 (2007)
- 高橋重三：特集 繊維学会シニアの新春放談－ 絹のメンズウエアへの夢、繊維学会誌 64巻 (No. 1)
p.33 (2008)

平成19年度 講演活動報告

〔演 題〕 桑樹を用いた新しい用途の発掘

京都工芸繊維大学大学院 教授
当財団 評議員 杉村順夫

日時・場所 平成19年3月16日 京都工芸繊維大学京丹後キャンパス地域連携センター
対 象 者 一般市民 約60名
講 演 要 旨 桑を用いた植物産物を構築するためのアプローチが始まっている。桑葉には1-デオキシノジリマイシン、 γ -アミノ酪酸 (GABA)、フラボノールグルコシド類が含まれ、桑実にはアントシアニン類が含まれている。これら成分の薬理学的効果が検討されている。炭酸カルシウム、酸性ヘテロ多糖も豊富に含まれており、これ等の産業的利用も考えられている。また、果実用クワ品種、しだれクワの利用など園芸的利用も期待されている。

〔演 題〕 これからの日本における桑の重要性

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター 准教授
当財団 評議員 一田昌利

日時・場所 平成19年9月8日 建仁寺
対 象 者 一般市民 200名
講 演 要 旨 現在、注目されている桑の機能性として抗糖尿病効果、動脈硬化抑制効果、高脂血症抑制効果、高血圧抑制効果、アルツハイマー病予防効果など桑の持つ機能性を解説するとともに、超高齢社会を迎えた日本において先のような機能性を有する桑の利用は健康な超高齢社会を築く上で益々重要性を有している。

〔演 題〕 高齢化社会における桑の重要性

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター 准教授
当財団 評議員 一出昌利

日時・場所 平成19年9月21日 鳥根県中山間地農業研究センター
対 象 者 一般市民 100名
講 演 要 旨 現在注目されている桑の機能性として抗糖尿病効果、動脈硬化抑制効果、高脂血症抑制効果、高血圧抑制効果、アルツハイマー病予防効果など桑の持つ機能性を解説するとと

もに、超高齢社会を迎えた日本において先のような機能性を有する桑の利用は健康な超高齢社会を築く上で益々重要性を有している。

【演 題】 日中共同研究「微生物農業製剤の素材検索と開発」

当財団 評議員 松本継男

日時・場所 平成19年9月26日～10月5日 京都工芸繊維大学・九州大学・東京農工大学
対 象 者 中国人研究者・清水進教授・国見裕久教授・伊藤雅信准教授
講 演 要 旨 中国人研究者（馮 書亮（河北省農林科学院植物保護研究所、微生物的防除研究室長、河北農業大学大学院指導教授）と王 金耀（微生物的防除研究室員））が、「微生物農業製剤の開発とその技術」に関する我が国の現状調査で来日した（日中共同研究2年目）。「微生物殺虫製剤」や「土壌改良製剤」に関する情報は、環境に順応した農業生産の高度効率化と安定性さらに安全性に関する観点から、中国では急速に進展様相をみせている。

【演 題】 桑の利用 どんなものに利用されているか？

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター 准教授
当財団 評議員 一田昌利

日時・場所 平成19年10月19日 滋賀県東近江市永源寺産業振興会館
対 象 者 一般市民 約200名
講 演 要 旨 桑材を利用した木工加工品、日用雑貨、各種桑酒、和紙、寝具などの紹介と健康で健やかな老後を送るために役立つ桑業の食品化に関する紹介を行った。

【演 題】 国際宇宙ステーションを利用した宇宙放射線の生物影響に関する実験

当財団 理事 古澤壽治

日時・場所 平成19年11月1日 上海大学生命科学院
対 象 者 大学院学生 約100名 教職員 20名
講 演 要 旨 1997年にスペースシャトルに蚕卵を搭載し、宇宙放射線の生物的影響を調べた結果について述べた。これを踏まえ2009年に国際宇宙ステーションに黒縞系統の卵を長期にわたって搭載し、低線量被曝が個体レベルおよび遺伝子レベルで及ぼす影響についての実験内

容について講演した。

【演 題】 宇宙生物学と蚕の人工飼料

当財団 理事 古澤壽治

日時・場所 平成19年11月2日 安徽農業大学院
対 象 者 学生、教職員 70名
講 演 要 旨 国際宇宙ステーションに蚕卵を搭載し、低線量長期被曝による個体レベルおよび遺伝子レベルでの影響についての実験内容の概要について述べた。さらに、この実験を遂行するに当たって目的のシャトル発射日時に実験目的にマッチした卵齢の卵を搭載するのに、人工飼料がいかに役立つかについて、また人工飼料育の基本的な知見について講演した。

【演 題】 安部 潜の養蚕（1）

当財団 評議員 松本継男

日時・場所 平成19年11月23日 東方会館ビル（東京都千代田区西神田）
対 象 者 蚕史研究者 18名（蚕糸懇話会（旧蚕糸研究会））
講 演 要 旨 旧幕臣（老中）の阿部 潜が、徳川慶喜の恭順に準じて明治新政府の近代化に貢献した生涯の史実を発掘し、かかる資料を基に我が国の資本主義経済の成立と蚕糸業が果たした役割について考究しようとするものである。①旧軍人である阿部 潜が実業界に進出した背景？ ②阿部 潜が百三段で行った養蚕の規模とその成果？ などを主題にして資料の発掘にあたり、得た成果の概略を発表した。

【演 題】 昆虫の不思議－21世紀最大の未利用遺伝資源を覗く

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター 准教授
当財団 評議員 一田昌利

日時・場所 平成19年11月27日 池坊短期学園こころホール
対 象 者 OB人材マッチングフォーラム会員 約100名
講 演 要 旨 昆虫の歩行行動、神経伝達機構、飛翔能力等は哺乳類等とは異なることを解説し、これらを多方面から検討することで、これまでとは全く異なる発想に基づいた製品開発が可能になり、新しい産業創出につながる。例えば、マイクロマシンや高強度軽量複合材料

開発を事例として紹介した。

【演 題】 昆虫病とその対策

京都工芸繊維大学生物資源フィールド科学教育研究センター 准教授
当財団 評議員

一田昌利

日時・場所 平成19年12月2日 伊丹市教育センター
対 象 者 全国の昆虫館研究員 約30名
講 演 要 旨 本研修会では、昆虫に認められる細菌病、糸状菌病、原虫病、ウイルス病などの感染症だけでなく、遺伝病、中毒症など広く昆虫に関する疾病の解説とその防除法としての消毒法、飼育管理、飼料管理に関する解説を行った。

【演 題】 カイコのマユのひみつ

生物資源フィールド科学教育研究センター 教授 角田素行

日時・場所 2007年12月12日 午前10時～午前11時
京都工芸繊維大学
附属生物資源フィールド科学教育研究センター 学道会館 大研修室
対 象 者 広沢小学校 PTA 会員 約50名
講 演 要 旨 「1 カイコのマユは化粧水のもと」のお話の後に、セリシン水を肌につけてもらいながら、「2 セリシンの効用」、「3 マユからセリシンをとった残りは、フィブロイン」、「4 カイコはなぜマユをつくるのか?」、「5 マユは、5令のカイコが食べたクワの葉から出来ている」、「6 マユを分解する酵素の話」、「7 私がマユを分解する酵素を研究した理由」などを解説した。

平成19年度 財団法人衣笠会「繊維学術賞」報告

平成19年10月1日開催の理事会において「繊維学術賞」が創設されるとともに、「財団法人衣笠会 繊維学術賞実施要領」が制定された。本賞に該当する候補課題が7件挙げられ、実施要領に基づき理事会が委嘱した選考委員5名によって下記の2課題が推薦された。また、3月25日開催の理事会で平成19年度受賞課題として承認された。

なお、授賞式は3月25日午後4時より、当財団理事および京都工芸繊維大学教員出席のもと開催され、賞状楯ならびに記念品が授与された。

I. 受賞課題：カイコ絹糸腺フィブロイナーゼの酵素学的特性と生理学的役割に関する研究

1. 受賞者：博士（学術）渡邊昌秀氏（京都工芸繊維大学 ショウジョウバエ遺伝資源センター 産学官連携推進研究員）

2. 研究内容

本研究では、絹蛋白質の生成器官である絹糸腺から新規な酵素（フィブロイナーゼと命名）を見出し、本酵素の特性ならびに絹糸腺における機能について明らかにした。その詳細は以下の通りである。

- 1) カイコ絹糸腺フィブロイナーゼ（プロテアーゼ）を4齢眠期幼虫から精製し、その特性を明らかにした。本酵素は、液状フィブロインとセリシンを効率良く分解する酵素であり、至適pH=3.7、MW=31.6kDaの単量体タンパク質、N末端アミノ酸配列：LPEQVDWRKH、液状フィブロインの切断部位：グリシンとアラニン間であり、カテプシンL様のシステインプロテアーゼであることを明らかにした。また、蛹1日齢の残存絹糸腺から精製されたフィブロイナーゼは、4齢眠期幼虫からのフィブロイナーゼと酵素特性が異なっており、時期特異的なフィブロイナーゼが存在することを実証した。
- 2) 当該酵素は5齢幼虫の絹糸腺に広く分布するのみならず、稚蚕の食桑期および眠期の幼虫にも発現しており、フィブロイナーゼの生理的多様性を示唆した。また、家蚕とは性質の異なる絹糸を産生するエリ蚕、サク蚕を比較対照として取り上げて検討した結果、フィブロイナーゼが種特異的な性質及び発現パターンを示す酵素であると結論した。
- 3) 以上の研究成果は、レフェリー制度を持つ学術雑誌に公表されている。
 - (1) Sutthikhum V, Watanabe M, Sumida M : Fibroinase activity in *Bombyx mori* silk gland in the larval-pupal development and its partial purification from spinning larva. J. Insect Biotech, Sericol. 73 : 71-79 (2004)
 - (2) Sutthikhum V, Watanabe M, Sumida M : Fibroinase, a cathepsin L-like cysteine proteinase, from the silk gland of spinning *Bombyx mori* larva, a counterpart in the silk gland of wild silkmoths, *Samia cynthia ricini* and *Antheraea pernyi* : Purification and characterization. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 9 : 21-38 (2004)
 - (3) Watanabe M, Yura A, Yamanaka M, Kamei K, Hara S, Sumida M : Purification and characterization of fibroinase, a cathepsin L-like cysteine proteinase, from the silk gland in the fourth instar *Bombyx mori* larva at the fourth molt period stage D2. J. Insect Biotech, Sericol. 73 : 61-70 (2004)
 - (4) Watanabe M, Fujii S, Miyata S, Sumida M : Localization of fibroinase in the silk gland of

- domesticated silkworm, *Bombyx mori*, wild silkmoths, *Samia cynthia ricini* and *Antheraea pernyi* studied by confocal laser scanning microscopy. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 9 : 1-14 (2004)
- (5) Watanabe M., Fujii S, Iinuma H, Sumida M : Cathepsin activities in the silk gland of the domesticated silkworm, *Bombyx mori*, the wild silkmoths, *Samia cynthia ricini* and *Antheraea pernyi* during the fifth instar larval development. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 9 : 15-20 (2004)
- (6) Watanabe M., Kotera T, Yura A, Sumida M : Enzymatic properties of fibroinase of silk gland from day one pupa of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Insect Biotech. Sericol. 75:39-46 (2006)
- (7) Watanabe M., Kamei K, Sumida M : Fibroinase activities of silk gland in larval and early pupal development of the silkworm, *Bombyx mori* assayed with a fluorescent quenched peptide substrate. J. Insect Biotech. Sericol. 75 : 115-126 (2006)
- (8) Watanabe M., Fujii S, Sumida M : Fibroinase of silk gland in Eri-silk worm, *Samia cynthia ricini* : Enzymatic properties at the fourth molt period, stage D2, and changes in activity during the fifth instar. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 11 : 41-51 (2006)
- (9) Watanabe M., Sumida M : Enzymatic properties of purified fibroinase of silk gland of Eri-silkworm, *Samia cynthia ricini* at end of spinning. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 11 : 60-72 (2006)
- (10) Watanabe M., Sutthikhum V, Kotera T, Okamura M, Nagaoka S, Kamei K, Mori H, Sumida M: *Bombyx* cysteine proteinase of silk gland (BCPSG) : Cloning of cDNA and characterization of recombinant enzyme expressed in *E. coli*. Int. J. Wild Silkmoth & Silk 11 : 73-90 (2006)
- (11) Watanabe M., Kamci K, Sumida M : Sericin digestion by fibroinase, a cathepsin L-like cysteine proteinase of *Bombyx mori* silk gland. J. Insect Biotech. Sericol. 76 : 9-15 (2007)

II. 受賞課題：クワ葉における表皮細胞の機能分化と多様性に関する研究

1. 受賞者：博士（学術）片山寿人（滋賀県農業技術振興センター 研究員）

2. 研究内容

本研究は、カイコの飼料作物である「クワ」の肥培管理をカルシウムの動態から論じるとともに、クワの植物生理におけるカルシウムの機能を明らかにした。さらに、クワがストロンチウム吸収機能を持つことを世界に先駆け発見し、クワを環境浄化作物として位置づけた。研究内容の詳細および公表論文は以下の通りである。

- 1) クワ葉には多量の粘稠物質が含まれているが、その物質がラムノグルクロノガラクトン酸を主鎖構造とする酸性ヘテロ多糖であると同定した。また、当該多糖はある特定の表皮細胞に局在していることを見出した。この特定細胞では、当該多糖がゴルジ体で合成されて分泌小胞を介して細胞質外に放出し、蓄積していることを明らかにした。その生理的役割として、蒸散作用により変動する体内の水分環境変化を調節していると考えた。
- 2) クワ葉のカルシウム含量が極めて高いことに着目し、カルシウム動態について検討した。クワ葉には、カルシウム蓄積サイトが2種類存在し、(1) 表皮組織にある巨細胞の cell wall sac、(2) 導管周辺にある葉肉細胞の液胞である。細胞壁多糖の構造変化により cell wall sac が形成され、その内に炭酸カルシウム結晶が蓄積していた。一方、葉肉細胞の液胞には、シュ

ウ酸カルシウム結晶が蓄積していた。この結果を基に、カルシウム集積ネットワークモデルを提案し、根から吸収された過剰のカルシウムイオンを不溶化して、体内のイオンバランスを調節していると結論づけた。

- 3) ストロンチウムイオンもカルシウムイオンと同様な動態挙動を示し、cell wall sac に炭酸ストロンチウム結晶として蓄積することを見出した。この結果から、クワ栽培により重金属汚染土壌を浄化できることを示唆し、クワの新たな用途展開について言及した。
- 4) 以上のように、本研究は、細胞生物学、植物栄養学、糖質化学的アプローチを組み合わせ、生理機能の異なる細胞がランダムに表皮組織に存在すること示すとともに、クワ栽培の肥料設計、クワの用途拡大と環境浄化に貢献することが期待できる。なお、以上の結果はレフェリー制度を持つ以下の学術雑誌に公表されている。

- (1) Nitta I, Kida A, Fujibayashi Y, Katayama H, Sugimura Y : Calcium carbonate deposition in a cell wall sac formed in mulberry idioblasts. *Protoplasma* 228 : 201-208 (2006)
- (2) Katayama H, Fujibayashi Y, Nagaoka S, Sugimura Y : Cell wall sheath surrounding calcium oxalate crystals in mulberry idioblasts. *Protoplasma* 231 : 245-248 (2007)
- (3) Katayama H, Takano R, Sugimura Y : Localization of mucilaginous polysaccharides in mulberry leaves. *Protoplasma* (in press)
- (4) Katayama H, Fujibayashi Y, Nagaoka S, Sugimura Y : Ultrastructural and immunochemical features of the cell wall sac formed in mulberry (*Morus alba*) idioblasts. *J. Plant Research* 121 : 201-205 (2008)

(参考論文)

- 1) 大矢根未来・片山寿人・古澤壽治・杉村順夫：クワ葉細胞への外来遺伝子の導入と発現。繊維研究所研究報告 8 : 1-6 (2004)

シルク・サミットに参加して



高橋 重三
(財団法人 衣笠会 主任研究員)

シルク・サミットは独立行政法人農業生物資源研究所が主催し、毎年場所を変えて開かれている。参加者は学者だけではなく非常に広い職業の方々の集まりで、至極気楽に参加できる会である。2007年(第8回)は、信州大学繊維学部で開催された。2006年(第7回)は群馬県富岡市の旧官営富岡製糸場の貯蔵庫で開催された。その他、この会に参加し感動した事を報告する。

1. 2006 in 富岡

富岡製糸場の開設は、明治政府がフランス人ポール・ブリューナーに総ての計画を任せ、明治5年(1872年)に操業を始めた所で、当時は最新式の製糸機械を備えた官営の工場であったが、絹産業の衰退と共に115年後の昭和62年(1987年)操業を停止した。機械設備などは処分されたが、繭倉庫、操糸場など主な建造物は保存されている。この製糸場に対して、富岡市は産業革命の原点として、世界遺産に登録すべく努力され、日本での候補に登録された。その当時の操糸釜一式を岡谷蚕糸博物館で拝見し、すでにその当時からケネル撚り掛け装置が使われていた事に感動した。化合織ではこのような装置は使われていない。富岡製糸場は日本の繊維産業の原点であるとの感慨を深くした。

翌日碓氷製糸場(碓氷製糸農業協同組合)を見学し、自動操糸機による操糸を拝見した。このような装置は、日本では昭和30年代初め頃から採用されたし、殆どの生糸はこの方法で生産されてきたが、現在操業されているのは2社だけであると思

う。自動操糸機による方法では高温、高速で操糸され、以前の多条操糸機と比較すると、生産性と織度の均一性がよい事から多く使用されてきたが、糸質には問題がある。自動操糸法では親水性繊維を湿った状態で延伸(約8~10%)し、そのまま乾燥するため、伸度が小さい事が欠点とされている。張力の一部は分子鎖の配向に使われるが、多くは歪として残っているものと思われる。緩和のために色々対策が採られているが、根本的に考えて見る事が必要ではないだろうか。

岡谷市の宮坂製糸場では諏訪式操糸法で操糸されており、低速で操糸し、かせ糸の状態ですく風乾している。この方式での糸は嵩高で、柔らかい風合いを持つのが特徴であるが、織度斑があると言われる。また、フィッシング方式太織度(1000~3000d)低張力操糸機での試験が行われていた。これらの太織度生糸の利用に関しては、蚕糸科学研究所が主体となって、各社で試作品が作られている。

2. 2007 in 蚕都上田

昨年(2007.10月)は信州大学繊維学部講堂で開催された。歴史を感じる木造の建築物であった。繊維学部長の基調講演「シルクから新しいファイバーの世界へ」があった。また、特別講演として「絹の未来—カーボン・シルクの開発」について、シナノケンシ(株)から報告され、翌日、見学し実物を拝見した。色々な機能が予想され更なる進展が期待される。シナノケンシ(株)は絹紡糸の工場であったが、平成15年に操業をやめ、設備は

タイ国に移り稼働しているとの事である。資料館には絹紡糸の出来るまでが保存されている。信州大学繊維学部では絹紡糸の製作工程の機械が実働しているのを拝見した。実際に動くのはここだけではないかと思う。

3. 2005 in 駒ヶ根

2005年（平成17年）には、長野県駒ヶ根市で開催された。此处は中央アルプスと南アルプスに挟まれた、伊那谷と呼ばれる所である。谷底には豊富な水量の天竜川が流れ、その近くに、国道153号と中央高速自動車道とJR飯田線が通っているので、今では交通の便は大変良い所である。

基調講演「伊那の蚕糸業発展における先人の知恵と努力」と言う話を聞いて感動した事を報告する。この地方で養蚕が盛んになったのは、徳川幕府が各藩に地域振興施策として養蚕を奨励した事（1680年頃）が始まりで、江戸末期には伊那生糸の商品化が進んでいた。この地方は両アルプスの麓で傾斜地が多く、水田よりも桑の栽培に適していた事と、夏の気候が冷涼であるため、春、夏、秋の3回飼育ができるという条件により養蚕が盛んになった。すると企業製糸所の繭仲買人が横行し、農家を買叩いたり、前金だけで残金を払わなかったりと色々な問題が起こった。そこで、明治25年頃から養蚕農家の合資会社とか協同組合が設立された。さらに協同組合製糸が設立された。企業側は信州一円に系列製糸場を作り、片倉製糸場のような大企業を形成した。

伊那谷地域での養蚕および製糸業に関する話を聞き、地域の風土などの条件が産業に大きく影響している事と共にリーダーの研究心が大きく影響している事を痛感した。信州には養蚕、製糸に関する数々の必然性があることが少し分かってきた。

4. 2004 in 八王子

2004年（平成16年）には、八王子市で開催された。場所は八王子学園都市センターで、都市型会場（12階）であった。基調講演は「八王子の歴史と

織物」と題して、八王子織物工業組合理事長の話であった。江戸時代の終わり1859年（安政6年）に米、英、仏、蘭、露の5ヶ国と通商条約が結ばれ、横浜港が開港され生糸の輸出港となった。当時八王子の生糸は絹の道を馬に揺られて横浜に運ばれた。明治大正には八王子織物として大量に生産されていたが、終戦（昭和20年）2週間前の大空襲により、壊滅的打撃をうけた。戦後復興し、伝統的工芸品多摩織として色々な新製品が製作されたが、現在はネクタイ、服地、ショール、スカーフを主力製品として発展が期待されているとの事である。同時に11階では八王子シルク展示会が開催され、多くの製品が展示されていた。

翌日先にもふれた「絹の道資料館」の見学と「絹の道歩き」に参加した。この資料館は幕末から明治にかけて、生糸商いで活躍したこの地域（鏈水）の商人が、どのような背景で生まれ、活躍し、衰退していったかを紹介した珍しい資料館であった。絹の道は山道そのもので、急な坂道もあった。頂上には絹の道碑も立っており公園になっていた。眼下は大住宅団地になっていた。

今回のサミットで気になった事は、現在八王子の北部で養蚕をしている農家の発言である。国産繭がほしいという声を聞くが、これ等の方々が、素材としての繭を生産している農家を援助して貰わねば、数年の内に無くなってしまうと思う。シルクサミットを機に素材について考えて頂きたいとの発言であった。

5. 2002 in 網野

2002年（平成14年）には京都府網野町、（財）丹後地場産業振興センター（アミティ丹後）で開催された。特別講演は服飾評論家の市田ひろみ氏と、宮崎県東諸県郡綾町にある「綾の手紬染織工房」主宰秋山真和氏であった。夫々興味深いお話ではありましたが、今回は翌日の見学について報告する。

最初に訪ねたのは、「田勇機業株式会社」で、丹後ちりめん織元での製造過程を見学し、大体は理解していたつもりでも、現場を見ると「なるほ

ど」と思う事が多かった。

次に「京都府織物・機械金属振興センター」を見学した。各分野の研究施設などを見学したが、関係分野のセリシンの抽出には興味をもった。無葉剤で水だけで抽出しているの、分子量は大きいとの事であった。セリシンの利用について色々考えられているが、今後の課題であると思った。

次に「丹後織物工業組合中央加工場」を見学した。此処は組合員が製織したちりめん織物を、精練、乾燥、幅だし、検査してちりめん白生地仕上げていく工場である。ここでも、精練廃液からセリシンを回収する研究が行われていた。廃液からの回収には、薬品を完全に除く方法に問題があると思った。

次に、綾部市にある「郡是博物苑」を見学した。此処は以前に見学しているの、大体分かっていたが、見るたびに色々な感動を受けた。今回は操糸時の集緒器にも色々変わった物が有るが、材質としては何が繭糸を痛めないかなど考えながら見学した。

各地で開催されたシルク・サミットに参加して、もう一つ貴重な事を痛感した。各サミットでは、小学生（4・5年生）の蚕の体験飼育の発表が行われている。飼育日誌とその日の感想などが、小学生の口から聞く事が出来た。蚕に桑を与える事と、親から毎日食事を食べさせて貰っている事と重ねて考え、一食でも蚕に餌を与えなかったらどうなるか、自分と合わせ考え、蚕の命と食べ物を与えて呉れる人との関係に考え及んでいる事が、この体験に貴重な意味がある事を痛感した。

6. むすび

筆者はビスコース法人造繊維を始め、数種の親水性繊維の紡糸と糸質に関して研究してきた。そのうち絹フィブロインを構成するアミノ酸の一種から成るポリグルタミン酸繊維の研究の際、絹に関する学習から絹に興味を憶えた。退職後振り返るゆとりが出来たので、太い繭糸を作る蚕を飼育し、操糸、撚糸、製織を行い評価をしている。今感じている事は、繭糸自体は非常に優れた性質を持つ繊維であるから、取り扱いにもっと配慮すべきである事、昔のような問屋方式では企業性が無くなっているの、蚕の飼育から消費まで総合して考える時代であると思う。この様な考えで、いくつかのグループで実行されつつあるが、色々の段階で問題が起こらないとは限らないと思う。その時対応できる態勢も考えておく必要がある。京都では、染色・織物に関する産業は極めて重要なものであり、この分野での人間国宝や伝統工芸士が数多くおられる。京都市産業技術研究所 繊維技術センターが中心となってこの業界を支えている。京都工芸繊維大学工芸科学部は前記産官と一諸になって「学問分野」で貢献されるものと思っている。

参考文献

- 日本シルク学会誌 (2007、vol.16) 他
- シルク・サミット第1～8回資料
- 製糸夏期大学60回記念誌 (2007年)
- シルク情報
- 蚕糸科学研究所報告

発行所

財団法人 衣笠会 繊維研究所
〒603-8326
京都市北区北野下白梅町29
TEL 075-461-5949
TEL/FAX 075-463-6679
E-mail zai-kinugasakai@nifty.com
<http://wwwsoc.nii.ac.jp/kinugasa/>

会長

林 幸之

印刷所

為国印刷株式会社
〒604-8457
京都府京都市中京区西ノ京馬代町6-16
TEL 075-462-7889
FAX 075-464-3923