

糸 繰 り の 道

— 久遠の彼方から悠久の未来へ —

市立岡谷蚕糸博物館名誉館長

信州大学名誉教授 嶋崎昭典

はじめに

30年ほど前のことである。親しい方の年賀の末尾に「創造は過去の知識の決別から」の書き添え文があった。知識は過去の経験の積み重ねと思っていたので、その真義を図りかねていたが、ある時ハッと、「行き詰まったら原点に戻って考える」事の大切さを示唆していることに気づいた。そう思い立ち糸繰りの源を尋ねるうちに、王侯貴族好みの細くて美しく雅な糸づくりの道一筋に歩んできたことに気づいた。原点に立てば、いろいろの道があるだろう、だが歩む道は一つ。ここでは、そんな思いでたどり着いた一つの試論「糸繰りの道」に触れたいと思う。

1. 古代からのメッセージ — 繭糸は理想の織物原糸 —

『中国絲綢科技芸術七千年』（黄維馥・陳娟娟，2002，中国紡織出版社，北京）に見られるように、最近、絹の宗国といわれる中国では出土品から「人と絹の関わりは七千年の昔から」といわれている。なぜ、人はその大昔、絹と結ばれ、長い歳月絹に拘わり続け今日に至ったか。その秘密を繰糸技術の世界に尋ね、人と絹との関わりを考える糸口にした

1) 出土絹は伝える—食から身体保護そしてファッション心理の目覚め—

はじめに、遺跡から出土した絹の伝える古代からのメッセージに注目する。

(1) 最古の絹 — 5500年前の羅 —

(赤鉄鉱様染料の先染め練絹、タテ糸2本絞り)

中国河南省青台村遺跡から、最古の絹といわれる、紀元前3500年ほど前の「羅」といわれる浅い赤色（絳）をした絞り編み（図1）の絹が出土した（図2）。高漢玉らによると（1995、古今絲綢第1期）出土糸の横断面は三角形の典型的なカイコの糸、編み糸はそれらを合わせた無捻りの練り絹で、タテ糸2本絞りの羅とのことである。

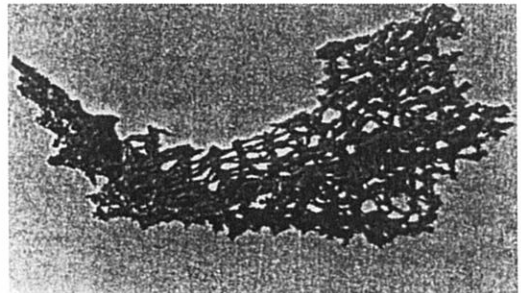


図1 最古の絹（5500年前の羅）

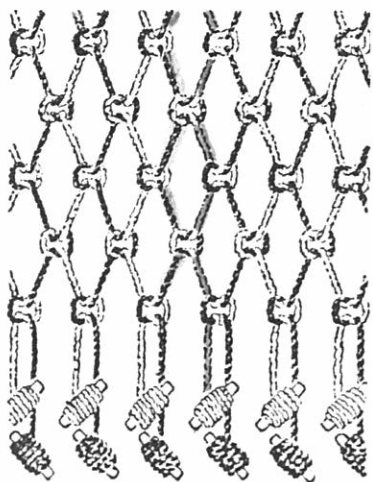


図2 原始羅網編み結び図

羅

𦉳(絲)

从捕鸟说罗“一网捉尽”就把它专门叫做“罗”。

𦉳

网

它的象形字就是“𦉳”，

表示用𦉳(絲) 编的网里

雀(𦉳) 正好捕住了鸟雀(𦉳)。

図3 「羅」は生糸・網・雀の象形文字

羅は、狩猟時代の昔、「小鳥を一網打尽に捕獲する霞網の名残」で、その文字は、雀や小鳥を絹糸作りの網で捕らえている姿を象形した糸へん文字という(図3)。最古の出土絹は、食糧確保のために作られた効率のよい捕鳥網の姿

を留めた絹であった。時代は下り春秋時代(紀元前 770～同 476 年)になると、羅は王侯貴族の夏の涼しい高級薄絹となり広く衣料品とし用いられるようになったという(中国紡織科学史)。

(2) 最古の平織り絹 —4750 年前の練り絹—

(羽二重様の織り密度の高い身体保護の服装品)

1958 年、中国浙江省呉興県錢山漾遺跡から紀元前 2750 年ころの絹片が出土した(図4)。その調査書は四つの特徴を示している。その一つは、糸の横断面は三角オムスビよりの蛤形で現在の家蚕繭糸と同じである。その二は、タテ糸もヨコ糸も 20 数本の繭糸を合わせた撚りのない太糸が使われ、織り糸はすべすべして光沢のある精練糸である。その三は手で握る柄は麻縄でくくられて持ちやすくした二本の草の小筭の出土である(図5)。それは繰糸湯の湯面に漂遊している糸くちの無い繭の表面を小筭で軽く撫ぜて繭糸を筭に絡ませて繭の糸くちを探し求める、現在の索緒筭に酷似しているという。その四は 1 cm あたりの織り密度の平均値は、タテ糸 52.7 本、ヨコ糸 48 本の密度の高い、いまの羽二重よりの織物であるという。

これらは、五千年近くの昔、古代人はすでに糸繰り技術に始まりセリシンを除く精練技術や高度の機織り技術をすでに会得していた事を示唆しているという。

(3) 最古の模様織りの絹

—3500 年前の綺—

(織り面に綺麗な模様を織り出したファッションの先端をいく絹)



図4 錢山漾出土の絹片(浙江博物館提供)

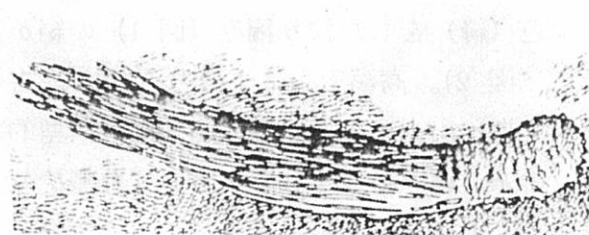


図5 錢山漾出土小筭図

綺 文綺也。从糸奇聲。祛彼切。

14 (8) **綺** 牛 軀 あや

〔解〕形声。布地。織物の意を示す糸と、音を表わす奇とから成る。

〔意〕①あや。②色。つや。③模様。④あやぎぬ。あや縵を織り出した美しい粗。⑤美しい。⑥巧みで飾りのあること。狂言一語。〔人名〕かんた(姓)

綺、文縵也。即今之細綾也。あや。ひかり。いろ。つや。〔張協七命〕流綺星連。〔注〕善曰、綺、光色也。うつくしい。〔後

出土絹はこのように、古代人が食べることから身体
の保護、さらにファッション心理への目覚めといった
精神的な変化の様子を語っているという。

れたのではないかという。

古代人は、その昔「繭糸は理想の織物原糸」であることを認識していたと上述したが、それを伝える幾つかの例に注目する。

長さや重さの単位を記した漢魏時代の『孫子算経』は、カイコの吐く1本の繭糸の太さを「忽」と定め、忽は長さの最小単位と定義している(図8)。さらに10忽を「1絲」、10絲を「1毫」、10毫を「1厘」と十進法でさらに分、寸、尺、丈、引、を定義している(図8)。それらによると、例えば1尺の長さは繭糸百万本を束ねた太さとなる。

孫子算經卷上

唐韋玄爽行軍令輕軍都尉學士韋玄爽奉勅注釋

度之所起起於忽欲知其忽蠶吐絲爲忽十忽爲一絲十絲爲一毫十毫爲一釐十釐爲一分十分爲一寸十寸爲一尺十尺爲一丈十丈爲一引五十尺爲一端四十尺爲一疋六尺爲一步二百四十步爲一畝三百步爲一里

稱之所起起於黍十黍爲一絁十絁爲一銖二十四銖爲一兩十六兩爲一斤三十斤爲一鈞

- 9 -

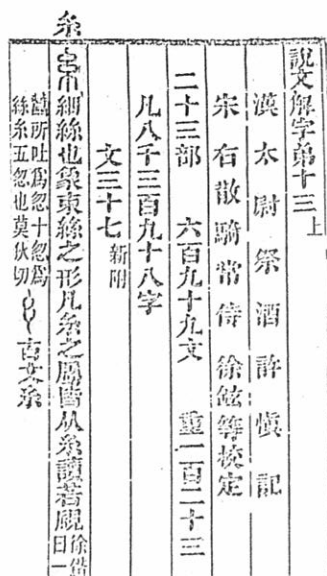


図 9.1 說文解字の糸文字

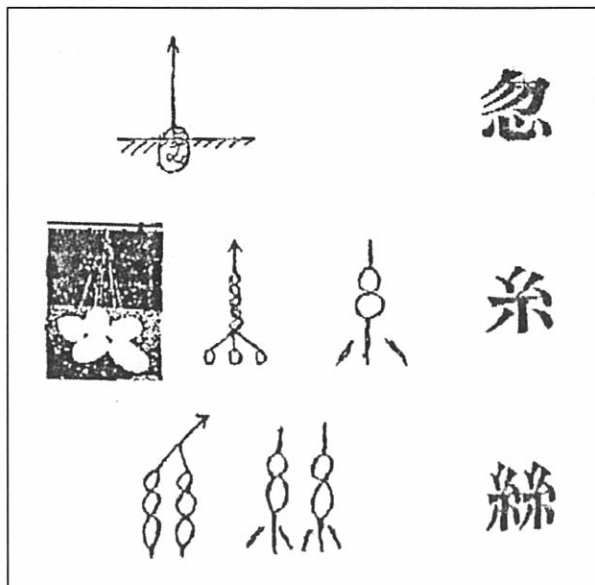


図 9.2 糸文字は生糸づくりの絵姿

は、繭糸が自然界で入手できる最も細い糸である事をまた物語っており、よい織物原糸に求められる細さの条件を満たしている証左という。

(2) 糸文字は極細生糸繰りの象形 — 繭糸 5 本合わせの絵姿 —

『説文解字』註はさらに「糸」は 5 忽と、十進法の基準から外れた特殊単位「糸」を定義している (図 9.1)。糸は、王侯貴族の好む「薄きこと蟬翼の如く、軽きこと烟霧の如し」といわれたファッショナブルな薄絹作りに必要な、繭糸を 5 本合わせた生糸作りの絵姿で、長い経験を通して会得したよい糸繰りのコツを伝える古代人の思いのこもった文字というのである (図 9.2)。

(3) 糸ヘン文字は生糸文字 — 生活にとけ込んだ絹 —

中国最古の字典といわれる『説文解字』以来、漢字は部首で分類され、利用者の便を図っている。たとえば枯、林、森のような木ヘンの文字は、親類縁者のように共通した木に

関わる情報を含んでいる。糸が生糸作りの絵姿とすれば糸ヘン文字はいずれも生糸・絹に関わる情報を含む文字でなければならない。ただ現在の分類は字典の編者に

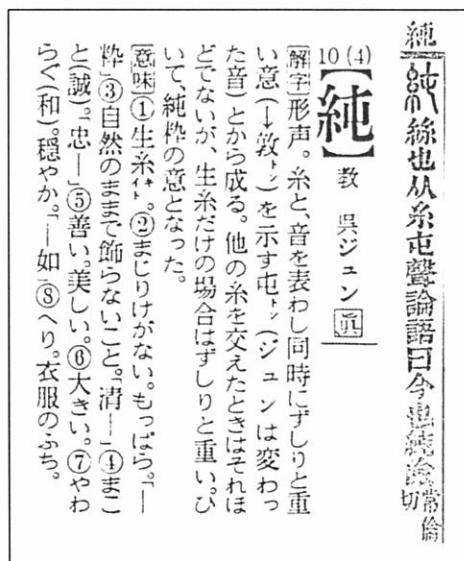


図 10 「純」は生糸 (說文解字・漢和辞典)

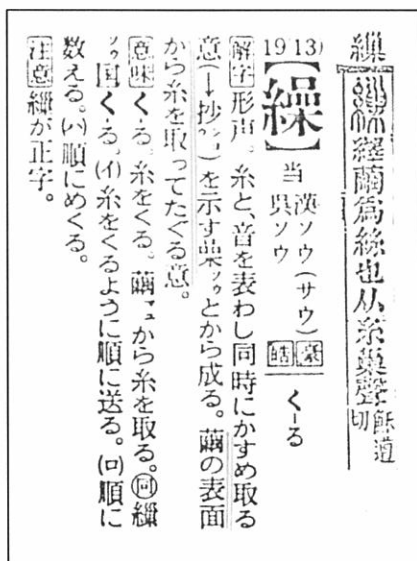


図 11 「纈」はカイコの巣から糸を巻き取る (說文解字・漢和辞典)

任せられているので一律に統一されてはいないようである。つぎに手元の字典による糸ヘン文字の幾つかにその適否をみる。

純 純情・純粹の純は、生糸や絹と関わりのない文字と思われがちであるが、糸ヘンである。『説文解字』は「純は絲なり」といい、旺文社の『漢和辞典』は、意味の項の初めに「純は生糸」と示している(図 10)。

繰 繰り越し・やり繰りの「繰」も糸ヘンである。『説文解字』は「繰：繭から正しい糸口をもとめ絲にすること(繹繭為絲也)」(図 11)と説明している。

「繰」本来の意は「カイコの巢(繭)から糸口を求め1本の繭糸を巻き取る」繰糸そのものを意味する文字であった。

中間色の色文字 緑・紅・紺・紫などの中間色は何れも糸ヘン文字ある。一方赤・青・黄の三原色は糸ヘン文字では無い。『説文解字』は

緑 みどり。帛(ねりぎぬ)を青と黄で染めたときの帛の色

紅 くれない。帛を赤と白で染めたときの帛の色

紫 むらさき。帛を青と赤で染めたときの帛の色

と説明している。中国では赤・青・黄に白・黒を加えた5色を正色といい、それらの染料を組み合わせる帛を染め上げた帛の色で色名を定義している。だから中間色の

名称には糸ヘン文字が多いというのである。三千年以上の昔、古代人はすでに三原色の原理を会得し絹染めを通して古代社会に華やかな彩りを与えていたのである(図 12)。

シルクに関わる糸ヘン文字は、長い時の流れのなかでいつしか生活にとけ込んで使われているが、その元は、古代技術を伝えるために定められた文字であった。

(4) 生糸は古代産品の首位

部首別の文字数に注目する。『説文解字』には 9,352 文字、清代の『康熙字典』は 47,035 字、1986 年から刊行の『漢語大字典』は 56,000 文字以上が収蔵されているという。時代の推移に伴い新しい情報が生まれ文字数もまた増加している。いま、手元の幾つかの字典に収蔵されている部首別文字数を、各辞典の総文字数に対する割合の平均値で表し、その上位 10 位を並べると図 13 のようである。1 から 3 位までは {さんずい・きへん・くさか



図 12 中間色の名前は糸文字 (説文解字)



図 13 部首別文字数上位十位の順番図

んむり}、次は {てへん・くちへん・にんべん} 次は {いとへん・かねへん} と {りっしんべん・ごんべん} の順である。一群は水、木、草の自然物。二群は手、口、人の人体。三群は人が作った工業産品。四群は心、言の情報関係の文字群となる。

文字数の多い事はそれだけ人間生活との関わりを深さを語っているとすれば、絹は古代産品の首位の座にあり、昔は人と絹は今以上に深い絆を保っていたことを示唆している。

(5) 王侯貴族の求める糸 ー柔らかく軽やかで美しく雅な極細糸ー

長い裳裾がしなやかにまとわりついたかと思うと、軽くさらりと離れていく。臙脂色のドレスに美しい線が浮かんだかと思うとすうーと消えていく。そうした余韻の中に、絹にしか演出できない芸術の世界があるという。絹は三千年以上の昔から上流社会に華やかな美しい彩りを添えてきた。その秘密を最近の統計手法で分析すると、柔らかさ・撓み・軽さ・温かさ・滑らかさ・さわやかさ・優しさといった着心地因子が選ばれてくる。硬い銅の棒も、限りなく細くしていくと、撓みやすくなり、そよ風にも揺れるようになる。絹の雅な不思議さには、そうした糸の細さが大きな役割を演じていたという。しかし繭糸5本あわせの「糸文字繰り」の生糸で衣服一着分の絹を織りあげるには、30万メートル以上の生糸を必要とする。道具の無かった昔の糸繰りは、考えるだけでも気の遠くなるような根気仕事で、それは工奴といわれる奴隷の仕事であったという。人と絹との関わりには、そうした作る人と着る人の世界があり、糸繰りは、長い歳月ひたすら王侯貴族の好む細糸作りの道を歩んできたのであったという。

3) 庶民の極太生糸 ーホータンに受け継がれた漢代繰糸ー

技術を分かりやすく伝えることは難しい。ましてや古代技術の実態は分からないことが多い。ここでは、シルクロードの奥地に今も伝えられている漢代の繰糸技術に注目する。

(1) シルクロード最果ての地ホータン

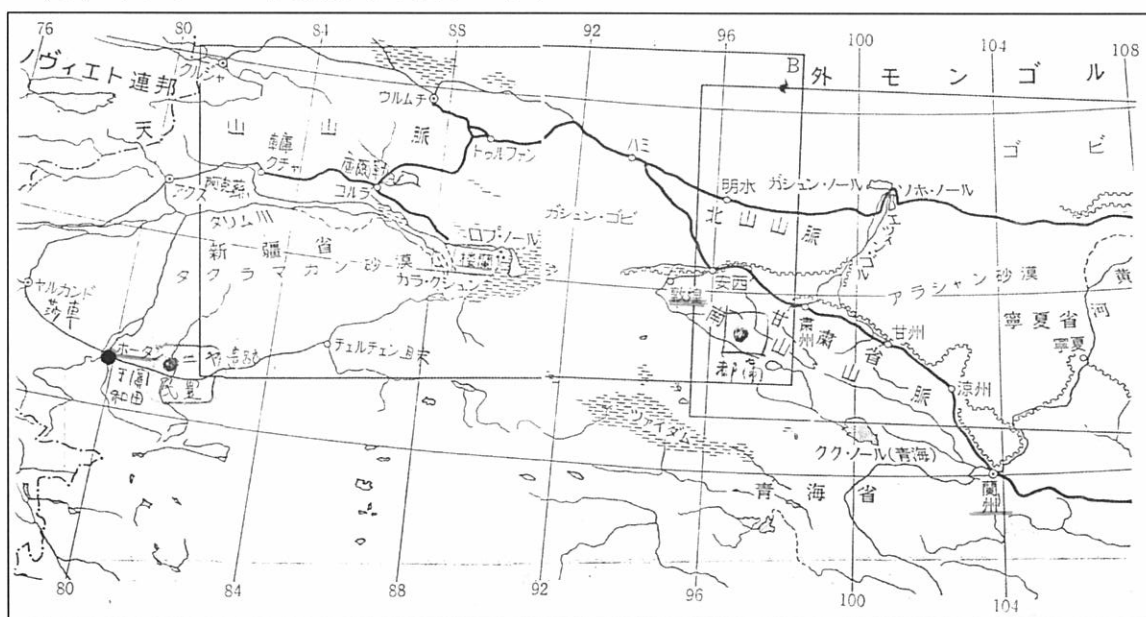


図 14 シルクロード最果ての地、クスタナ国（現ホータン）

新疆ウイグル自治区の和田（ホータン）はシルクロードの最果ての地で、漢代はクスタナ国とよばれていた（図 14）。その王に嫁ぐ漢の王女が密かに持ち出したというカイコの種と桑の実は、いまは6000万本以上の桑樹と3500トンの繭玉を作り、ホータンの重要な産業になっているという（図 15）。しかも、そこには漢代の極太の糸繰りがいまでも受け継がれ、繰られた無捻りの太糸で織られ、砧打ちで仕上げられた絹織物は、丈夫で美しくしなやかで庶民の民族衣装となり、全国にその名を轟かせているという。

（2）ホータンの糸繰り ー無捻りの極太繰糸ー
そのホータンで稼動している「和田市吉亜郷古老絲綢艾特莱斯廠」という製糸工場（図 16）は、漢代の流れを汲む昔ながらの繰糸法を「二十一世紀中国最後の手工芸」として伝えている。古代技術の貴重な資料なので少し立ち入って繰糸の様子を尋ねる。

製糸原料繭 ー品種改良された白繭ー

製糸原料繭は、在来原種のカイコの繭でなく、品種改良された大きめの白繭である（図 17）。しかし薄皮繭・つぶれ繭・外部汚染繭など雑駁な繭が選別されずにそのまま繰糸原料繭として使われている。

煮繭 ー軽浸透浮き繰り煮繭ー

糸繰り装置は、ヨコに並んだ二つの大きな鉄製の鍋と生糸の巻き取り装置とから出来ている（図 18, 19）。竈は中央の糸繰り釜の下に設けられ薪を燃やして繰り湯の温度を調整し、火力は右横にある煮繭鍋を暖め排出される仕組みになっている。煮繭は専用鍋で大量に一括煮繭されるが、その程度は熱い湯に繭を短時間沈め、糸口の求まる程度の軽い口立ての浮き繰り煮繭である（図 20）。

繰糸 ー繭糸 100 本以上の極太繰りー

煮られた繭は、糸繰り鍋に移し索抄緒したあと繰り湯に浮かべ、煮繭不足を補いつつ

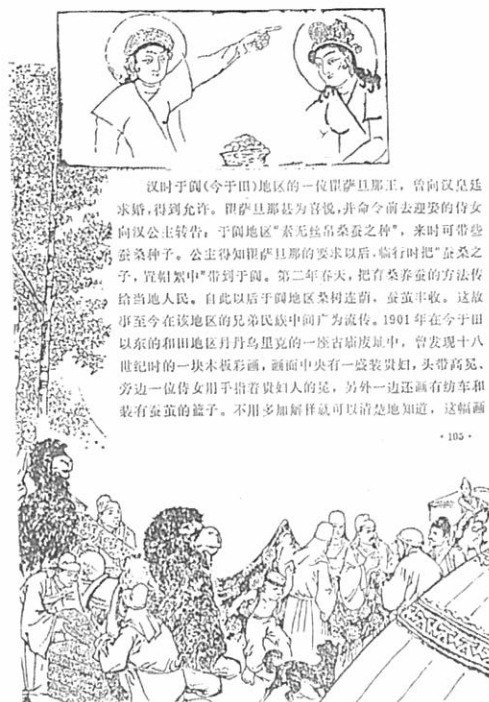


図 15 ホータンの「絹王女図」
（紡織史話）



図 16 中国和田（ホータン）市吉亜郷古老絲綢艾特莱斯廠



図 17 ホータン製糸場の繰糸原料繭



図 18 漢代の流れを汲む昔ながらの繰糸風景



図 19 ホータンの糸繰り



図 20 繰糸鍋の繰り繭状況



図 21 繭の糸くちを掴む



図 22 糸紡ぎ車利用の生糸の巻き取り

繰糸する。繰糸は 100 本前後あるいはそれ以上の繭糸を集束した極太糸の 1 本繰りで、接緒は数本の繭糸

を束付する (図 19, 21)。繭糸のほぐれは悪く中内層落繭が繰り湯に多く浮遊している (図 21)。落繭の多少や束付けは、太糸繰糸のため、繰糸成績には細糸繰りほどの影響は与えない。生糸の巻き取りは専任者が行い、右手で繰り枠を回し左手は巻き取り糸を圧着し 1 本の生糸に加工する (図 22)。そうした様子を見やすく手書き図にして示す (図 23, 24)。

(3) ホータンの絹織物 一庶民の絹一

ホータンの民族衣装に使われる水紋や樹紋の絹を織り出すタテ糸模様は糸を縛って染め出し (図 25) 昔ながらの手織り機で丁寧に織られる (図 26)。織られた絹は砧打ちでセリシンの一部を落として艶出し、織り糸を分織させて繭糸への復元をはかり柔らかく引き締

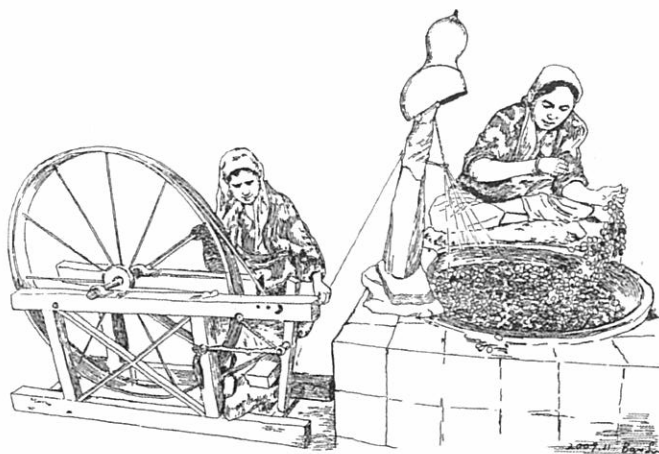


図 23 ホータンの古代繰り図 (白倫画)

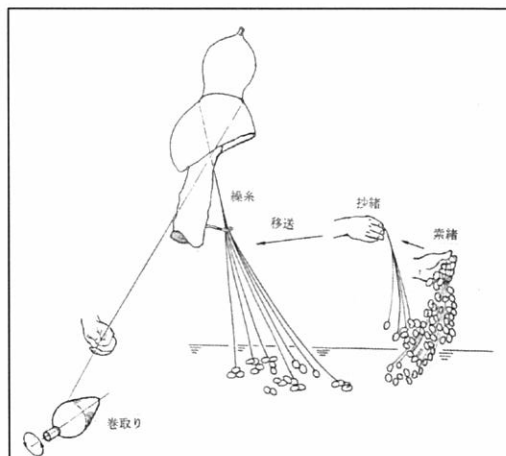


図 24 ホータンの古代繰り図構成図 (白倫画)



図 25 生糸をしばって染める

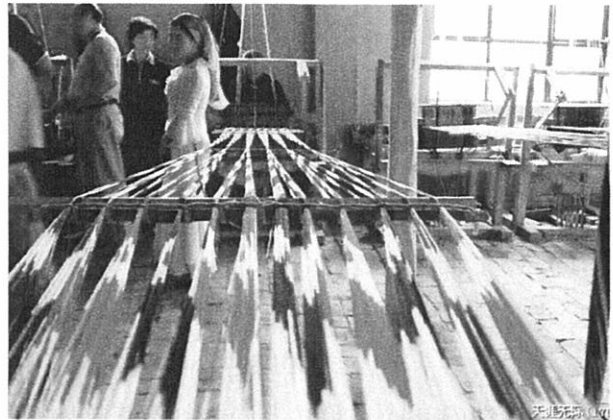


図 26.1 ホータンの絹機織りの準備



図 26.2 屋内で昔ながらの手法で織られる

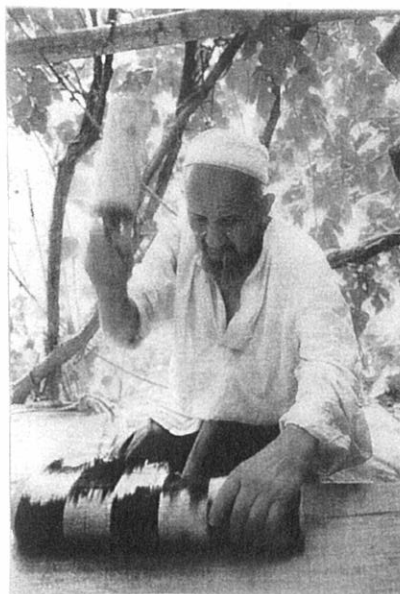


図 27 ホータンの砧(きぬた)打ち



図 28 ホータン名産の太糸織りの絹

められる (図 27)。

砧仕上げの絹は、残留セリシンがフィブロインを守るので洗濯が容易で、柔軟性に富み皺になりにくい特徴があるという。また無捻り極太の織物糸は、太さが同じなら鋼鉄と同じほど強いという繭糸本来の強さを持つ百本もの繭糸の集束力で、逞しさを発揮するという。繭糸への分織は、一方でフィブロインの柔らかさ・美しさ・吸・放湿性を発揮させるが、反面分織により織り糸の毛羽立ち欠点があらわれやすくなる。しかし、ホータンの絹は高い織り密度による糸組織が抑えるという。そのためホータンの絹は、使うほどに体に馴染み民族衣装の特徴を生み出す「庶民の絹」として人気を集めているという (図 28)。

シルクロード最果ての地に生き続く極太糸を繰る「漢代繰糸」の特性は、美人薄命的な王侯貴族好みの細糸に比べ、科学的な研究から取り残され十分な解析が行われておらず、これからの研究に期待されるところが大きい新しい分野であるという。

4) 纏め 一人はなぜ絹をー

(1) いままでの要約

いまから五千年から三千年前といわれる古代絹の出土品は、小鳥を捕獲する絹糸作りの絹を思わせる「羅」・冬の寒さから老人、子供を守る織り目の込んだ平織り絹・そしてファッション性の高い「綺」といわれる美しい模様絹といった進化の跡を示していた。縄ないに始まった長い繊維づくりの経験を通して、古代人は繊維加工の基本原則を会得し、その条件をよく満たしている「細くて長くて強い」繭糸に出会い結ばれ、関わり続け今日に至ったといわれている。

糸繰り技術はそうした「織物原糸として最も優れた繭糸」の性状を色濃く残すできるだけ細い糸繰りに励み、実用可能な細さの限界は「繭糸5本の生糸」である事を見だし、その情報を、5本繭糸合わせの糸繰りを象形する「糸」文字を作り託したという。糸はそうした古代人の技術メッセージを伝える伝達子で、繰糸技術は今日に至るまで王侯貴族好みのその細糸作りを中心に歩んできたといえるようである。

そうした繊細な洗練された細糸作りに対し、シルクロード最果ての地ホータンに伝わる漢代の極太づくりの糸は、逞しく強い絹となり、民族衣装に、また気楽な普段着となり、庶民の絹とよばれて人気があるという。その秘密は織物に仕上げた後の砧打ちの技にあるようである。繭糸100本繰りといっても繭糸を平行に引き揃えセリシンでかためて一本の糸にした生糸であるので、小槌で叩けば繭糸に分離される。密度の高いタテ糸、ヨコ糸の織物組織で織り糸は互いに押さえあい固定したあとの砧打ちであるので繭糸に分繊させても毛羽立ちなどのような細かい分繊への心配は無く、織物は柔らかく・温かく・皺になりにくく、着るほどに体になじむという。しかしそうした庶民の絹作りや、織物物性の科学的解析はこれからの研究に期待するところの大きい分野である。

(2) 織物原糸としての繭糸の性質

古代人が会得したよい織物原糸の三つの条件を繭糸が満たしていることは、またつぎのようにもいえよう。

- ①細さ： 繭糸1万メートルの重さは3グラムにも足らず。昔の繭糸ならば2グラム程度の極細糸。
- ②長さ： 羊毛や棉の繊維長はセンチメートル単位の長さであるのに1粒の繭からえられる繭糸長はキロメートル単位の長さ。昔の繭糸でも100メートル以上の長繊維。
- ③切断強度： 1デニールあたりの切断強度は鋼鉄の3.5グラムにたいし、生糸は鋼鉄と同じかそれ以上の強さ(3.7グラム)の硬くて強い繊維。
- ④吸・放湿性： 絹は多孔質のタンパク繊維で吸湿、放湿性に富む。

人はなぜその大昔、絹と結ばれ、また長い歲月絹に関わり続けてきたかの問いに対し、「繭糸は理想の織物原糸」と出土絹や糸文字を通し古代人は語るのである。

2. より掛けを中心にした繰糸の変遷 ―日本近代繰糸への道―

殷は、『史記』記載の歴代王の系統図が甲骨文からも確認された、中国最古の王朝といわれている。その殷 22 代目の王、武丁（紀元前 1300 年ごろ）の蚕神卜辞に見られるように、殷ではすでに計画的に繭を手にする養蚕がおこなわれ、糸文字が語る繰糸の基本技術が定着し、蚕糸が産業として社会に定着されていた。その殷代、工奴といわれる糸繰りの奴隷達が命をかけ体得した「①織り糸の太さは繭糸の集束の本数を手がかりにする（定粒繰糸。5 本または 10 本）。②繭糸の性状がいつでも復元できるよう繭糸を平行に引き揃えセリシンで接着した生糸繰り」の技術は変わることなく継承され現在に至っている。前者は変わることなく現在に伝えられているので、ここでは集束された繭糸を 1 本の生糸に接着加工する施織（よりかけ）に注目し、中国、欧州を経て明治以降日本繰糸の近代化に貢献した変遷の跡をたどる。

技術を文章で伝えるのは難しく、文字から技術を修得する事もまた難しい。中国の紹興時代（1100～1125）、いまの浙江省於潜の令をしていた楼璣（1090～1160）が農耕・蚕織の様子をつぶさに観察して図絵に表し一粒の米、一片の絹に込められている農民の辛苦の様子を五音律詩に託し時の高宗皇帝に献上した『耕織図』は、技術の難しさを図絵で示し、大切なところを詩で伝え、技術史に新しい一ページを画したといわれている。『耕織図』にならない、できるだけ図絵にその跡を尋ねたい。

1) 中国技術の変遷

中国の歴史書、『春秋左氏伝』・『戦国策』には、奴隷達により繰糸の技術は完成されたとはいえ、H型の枠に両手で巻き取る糸繰りの生産性は低く、生糸や絹織物は極めて希少高価な産品で、主に、「諸侯間の礼品に供した」と記している。それが漢代になると、絹の生産量は格段増大し、例えば武帝は帛百余万匹（漢書・卷 94・食貨志下）を送り匈奴の単于（王）をなだめ侵略を外交手段で防いだと伝えている。

（1）漢代の繰糸と絹

そうした糸繰りの様子は、徐州市の古寺にある石に刻まれた漢代繰糸の拓本に見ることができる（図 29. 紡織史話）。コンロの上に置かれた繰り鍋から数本の繭糸を引き上げ、繰者がH型の枠を両手で回し糸取りする図は『春秋左氏伝』のいう素朴な糸取りを彷彿させる。しかしその図には「より掛け」はみられない。そうして繰り取られた生糸は集められ、斜織機（図 30）などで絹織物に織られた。



図 29 漢代の繰糸図

漢王朝は蚕糸絹業を積極的に奨励し、庶民から生糸・素（生絹）・縑（織り密度の高い絹）・縠（ちじみ絹）などを税として徴収した。三国志に登場す



図 30 江蘇曹庄出土の漢画像石刻図（南京博物院提供）

る後漢の曹操（154～220）は建安 9 年（204）「一戸ごとに絹二匹、綿（真綿）二斤」を税として調納する令を發布した。この令は唐朝に至るまで租庸調の基本となった（漢書、食貨志下）。唐の制度を導入した日本徴税の源流が三国志の曹操にあるといわれる所以のことである。そうして貢納されたおびたしい絹製品は、いまの貨幣の役割を果たし古代社会の流通経済を支えるのであった。

（2）宋代の繰糸 一耕織図と蚕書一

晩唐の詩に「毎和烟霧宅掉（搖。ゆれる）繰車」の句があり、繰糸の機械化は唐代かなり進んでいたと思われるが、その姿は知られていない。前述の宋代の『耕織図』は、糸繰り用の繭を選ぶ擇繭（選繭）、生繭を貯蔵する窖繭（貯繭）と繰糸の図を示している（図 31, 32, 33）。各図に添えられた五言律詩は図意を次のように説明している。

選繭

8 頭のカイコが作った大繭は除き、蛹 1 つの独蛹繭を選び繰糸用繭とする。繭の表面に絡み付いているカイコの吐き始めの細い繭綿は指先に絡めとり集め利用する。繭綿は冬になり子供の綿入れ着の中綿にして寒さを凌ぐには最高品。カイコを飼っているから絹（衣帛）を着せられないのではない。税が重く借金は多い（図 31）。

貯繭

お盆に精選した塩を一杯盛る。井戸のうえ



図 31 宋代の選繭（擇繭）図



図 32 宋代の貯繭（窖繭）図

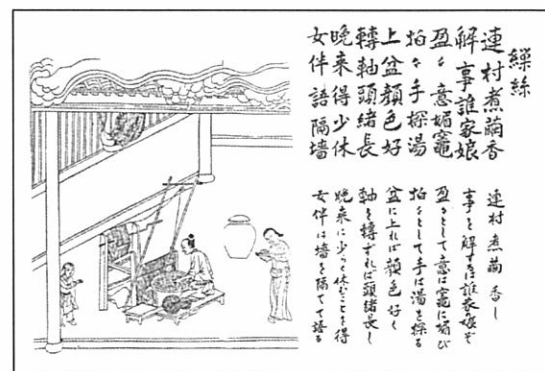


図 33 宋代の繰糸図

には梧桐の葉が茂っている。陶器製の大きな壺に梧桐の葉を敷き生繭を並べ塩を振りまく。繰り返して壺が一杯になると蓋をし泥で固く密閉する（図 32）。幾日か過ぎ水がぬるみ野良仕事にかかる前、塩漬けの繭を取り出し繰糸する。明朝繰車を踏むと繰り枠には白い生糸が繰りとられる。

繰糸

繰糸の時期になると、村中に繭を煮る匂いが漂う。糸繰り上手なあの子は何処の家の娘か。てきぱきと竈に火をたき、煮鍋の湯加減を確かめ繭を煮る。煮あがった繭はちょうど手ごろの色艶。繭の緒（いとくち）は求めやすく、繰り枠を回すと繭糸はくるくると切れずに巻かれる。夕方になり一休みする、娘さんは垣根越しに隣の娘さんと糸繰りがしやすいかなどとお喋りをはじめ（図 33）。

今から千年も前の中国の蚕糸の様子である。気苦勞な蚕期が無事すぎ、最終仕上げの糸繰りは農村の和やかな風物詩である。

繰糸機の図は、ホータンの漢代繰糸と同じく、糸繰り、生糸の巻き取り、雑務それぞれが分業化されている。糸道により掛け装置は見られないが走行生糸を頭上一杯に引き上げ糸の乾燥をはかり、大枠への糸道の転向は急角度にして鈎（回転子）に通す事で繭糸束の接着を図っている。

宋代の製糸技術の記録には、他に秦觀の『蚕書』があり、簡潔であるが、錢眼（集緒器）・鎖星（鼓車）・絡交などの糸道部品の紹介と寸法が示されている。形状は清代の『広画桑説輯補』と大同小異で、宋代すでに糸道機構のほぼ整えられていた事が知られる。

（3）明代の繰糸 一天工開物

崇禎十年（1677）宋応星編の『天工開物』は、中国技術の百科全集ともいわれる広範な技術を集約し図絵を添えて説明している。そこには養蚕技術に続き、擇繭・造綿（真綿作り）・治絲（繰糸）がある。繰糸については、製糸車（足踏繰糸器）を示している（図 34）。

中国の足踏繰糸器は漢代に始まり宋代に広く普及したといわれるが、技術的構成の分かるのは図 34 が最初という。そこでは、繰り湯から引き上げられた繭糸束は、竹に小眼を穿った「竹針眼」（集緒器）を通り真上にある「星丁頭」（鼓車）を回り下向きに方向転換し「絡交竿」で綾振りされ大枠に巻きとられている。

（4）清代の繰糸

清代は、歴代皇帝が蚕糸業の振興に特別意を注い



図 34 明代繰糸治糸の図（足踏繰糸）

だ時代で、中国の蚕糸技術が集大成されたといわれている。ここでは多くの技術書を中心にその概要をたどる。

殺蛹・乾燥

蚕業が盛んになり、農家の産繭量の増大に伴い、塩漬け貯繭では対応できなくなり、代わって蒸気で殺蛹した後（図 35）涼しいところへ 2～3 粒重ねに薄く広げて自然乾燥をかね貯蔵する方法（図 36）がとられている。

繰糸法 一繰火糸（浮繰）と繰水糸（沈繰）法一

日本では明治から大正にかけて煮繰兼業浮き繰り法から煮繰分業沈繰法への技術転換が行われた。清代、中国でも長江の北側は主に前者、南側は後者と併存しながら日本と同じ技術の歩みがみられる。

①繰火糸： 一人の作業者が、繭を高温湯に沈め糸口のでる程度軽く煮る煮繭作業と、その繭を

高温の繰り湯に浮かべて糸口を求め、繭の煮不足を補いながら浮き繰り繰糸する、むかしながらの煮繰兼業繰糸法である（図 37）。

②繰水糸： 一人の作業者が経 30 センチメートルほどの小鍋で煮繭をし、繰者は糸繰りに専念する煮繰分業の方法である。繰り繭は十分煮熟されているので、繰り湯は冷水であるので繰水糸と呼ばれる（図 38）。

繰火糸は糸歩・能率に優れ、繰水糸は品質に優れているので、それぞれの経営方法に従って採用されるが一般に、長江より北は繰火法、南は繰水法が多いという。

糸道の機構

中国の技術絵には、走行中の繭糸を互いに接着して一本の生糸に加工する、特別の抱合機構はみられない。より掛け接着は、糸の巻き取り行程に方向転換部を設け、U字型の溝を持つ鉤を通して繭糸の接着をはかっているようである。糸道部品を通してそのようすを伺う。



図 35 清代蒸気殺蛹の図

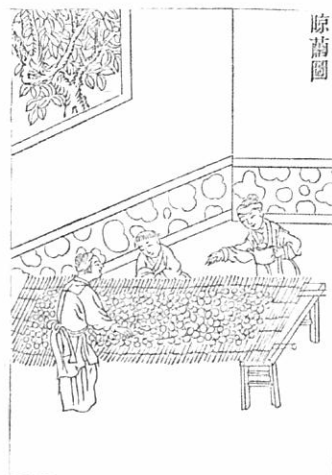


図 36 清代の自然乾燥・貯繭図

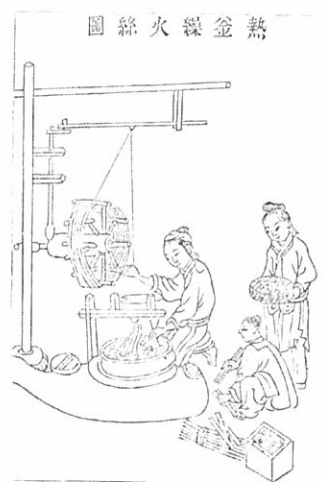


図 37 煮繰兼業・浮き繰り（繰火法）



図 38 煮繰分業・沈み繰り（繰水法）

① 集緒器(做絲眼)： 竹に小さな孔をあけた明代の竹針。
定められた繭の糸口を集め小孔を通し繰糸に入るための
集緒器で、做絲眼(糸にする眼)という(図 39)。

② 鼓車(響緒)： 巻き取り糸を方向転換させる小車で、
竹を細く割った竹棒で円筒状にした車(図 39)で音を
立てながら軽く回転する鼓車。響緒という。

③ 絡交装置： 繰者が右手で大きな繰り枠を回転する力
を利用し、絡交竿(添梯)を左右に揺り動かし繰り枠
に生糸を綾に巻き取る仕掛け(図 37, 38)で、図 40
に絡交竿と鉤を示す。

④ 足踏繰糸車の伝動： 明代の足踏繰糸車(図 34)の繰
枠伝動について、銭小萍主編「中国伝統工芸全集・絲
綢織染」には正しい機構図が示されているので図 41
に示す(白倫)。

⑤ 糸道における指頭より掛け繰糸過程で繰者の左手の指頭を使つてのより掛けもまた
おこなわれた。その概念図を図 42(白倫)に示す。基本的には日本江戸期の手挽より
り掛けである。

安政6年(1859)、横浜開港により生糸輸出が始まった頃の日本の手挽き、座繰り技術
と中国の繰糸技術には基本的な大差はなく、互いに類似点の多い事が知られる。

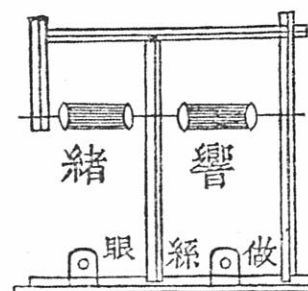


図 39 集緒器(做絲眼)
と鼓車(響緒)



図 40 絡交竿(添梯)と
鉤(穿糸鉤)

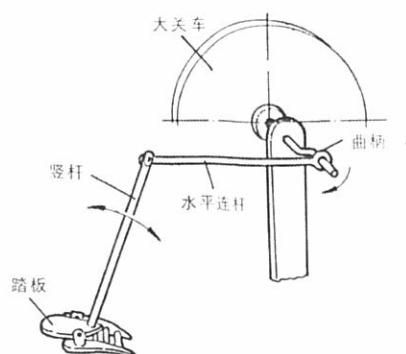


図 41 足踏繰糸器の伝導図(白倫)

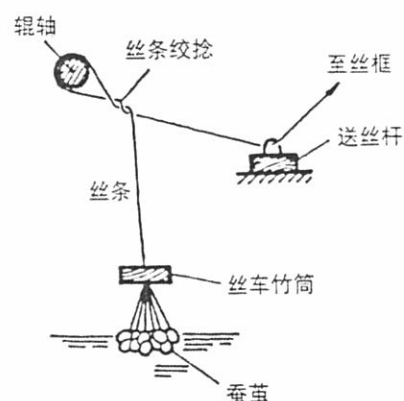
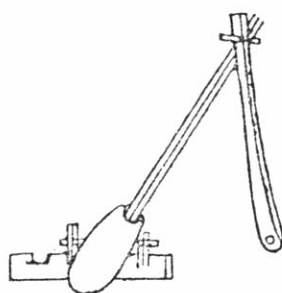


図 42 糸道図(白倫)

2) 欧州技術の変遷

東ローマ帝国のユスチニアヌス(Justinianus.535~565) 皇帝は西暦 552 年、二人の修道士にオリエントから絹作りの秘密を盗み出すよう命じた。二人は翌年ホータンからカイコと桑の種を杖に隠し持ち出し、ここに欧州に蚕糸業が始まったといわれる。図 43 は修道士が皇帝にその種を手渡している図という(篠原昭・瀬木秀保)。東ローマ帝国は絹作りの独占権の維持に努めコンスタンチノーブルに製糸工場を設け蚕糸業の奨励に務めた。しか



Minachi duo Iulianus Principi Semper debere, verum vnde ferius.
二人の将道士が（オリエントから竹筒に入れて密かに持ち帰った）蚕種すなわち
蚕の卵を皇帝ユスティニアヌス(Justinianus)に手渡しているところです。
（原文ラテン語。Dott. F. Crippa, Dott. A. Nembri による伊語訳より漢文和訳。カ
ルタゴ）

図 43 蚕糸技術欧州伝来の図

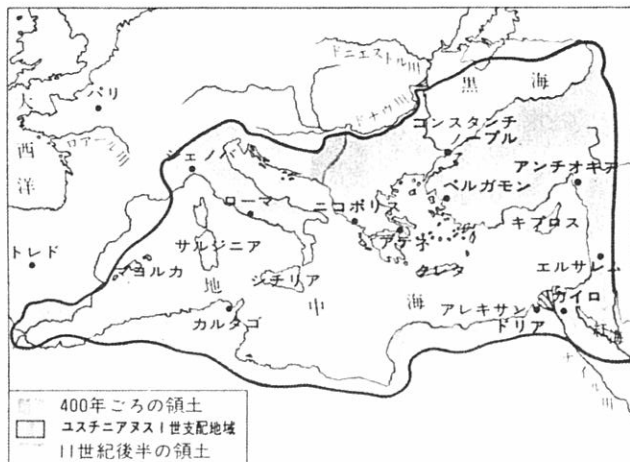


図 44 東ローマ帝国 400 年ごろの図

しやがて蚕糸業はギリシャ全域に普及し、8 世紀にはアラビヤ半島へ 10 世紀の初めにはスペインに伝わり、絹や生糸はスペインの主要輸出品になるのであった（図 44）。

（1）イタリアの蚕糸業

1146 年、シシリー島のロジャー王がギリシャに遠征し蚕糸・機織業者を捕虜として拉致したのに始まりイタリアに入った蚕糸絹業は、13 世紀には中部のルッカ府で非常な発達を遂げたが、14 世紀の初めピサに征服された。絹糸業者は、フィレンツ・ヴェネチア・ミラノ・ゼノア・ボローニアなどに難を避け、それぞれの地の絹業発達の基を築いたという。16 世紀に入るとイタリアの絹業は、北部のピエモンテ州に及び、技術的な発展を遂げ欧州絹業の首位の座を占めるに至った。

（2）フランスの蚕糸業

フランスの蚕糸絹業は 14 世紀の中頃から発達をみるようになったという。1495 年チャーレス 8 世がイタリアから紡織工をツール招いたこと、ルイ 11 世がイタリアのルッカの亡命機工などにより始まったリヨンの絹織工業を保護奨励し「軍務・納税の義務を免除」し賃金、労働時間、機械台数などの監督指導をしたので、絹業者 18,000 人、従業員数 60,000 人へと発展した。以来フランスの絹業は常に政府の手厚い保護奨励のもとで発達し、1853 年には産繭額 26,000 トンの黄金時代を迎えるのであった。しかし 1845 年、ヴォクリューズ県に発生したカイコの微粒子病は欧州全土に蔓延し、養蚕農家は多額の借金を負い、桑を抜き葡萄栽培に転換する者、果樹に転耕する者が続出した。その結果繭の生産額は 1865 年には最盛期の四分の一、

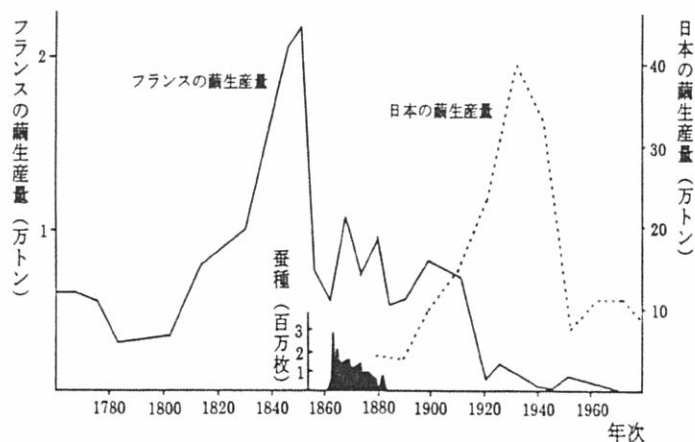


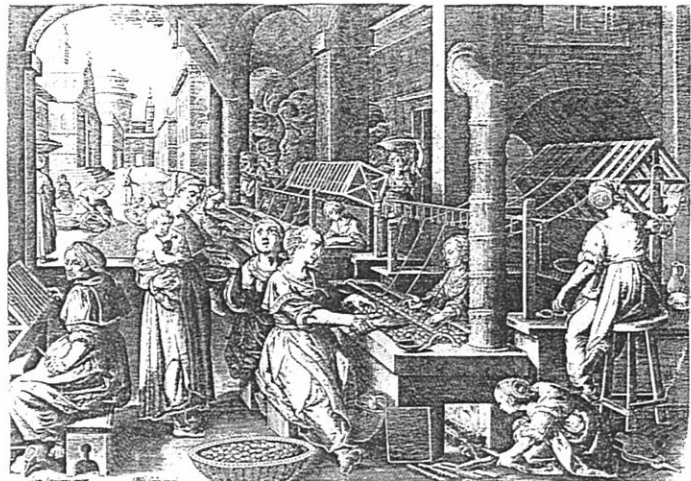
図 45 日仏の産繭量と日本の蚕種輸出量の経年消長（福原敏彦）

5,500 トンへと減少した（図 45）。

（3）欧州 1500 年ごろの繰糸技術

欧州の繰糸技術を伝える最も古い図絵は、図 43 に示した 6 枚続きの図の 6 番目「イタリア 1500 年代の製糸図」であるという（図 46）。篠原昭信大名誉教授は、

「この繰糸機は 4 条繰りで、たぶん直繰であり、富岡に輸入したものに似たところのあるタイプである。枠の回転、釜焚き、煮繭、繰糸がそれぞれ分業になっており、1 台の機械に 4 人の工女がついている。画面に



そして、女性たちが、無数の繭から糸をとり、生糸の繰をつくります。
（原文ラテン語、Dott. F. Crippa, Dott. A. Nembri による（邦訳より））

図 46 イタリア 1500 年ごろの繰糸図

はこのような機械が少なくとも 2 台描かれている。大枠は四角形でよりはなく、綾振りの有無ははっきりしないが、この絵がかなり写實的に描かれているところから、恐らく綾振りはなかったのではないかと思われる。」と記している。中国がそうであったように欧州でも、はじめは糸道に特別の仕掛け装置は無かったようである。

（4）欧州のより掛け装置

欧州近代繰糸の発達は、イタリア北部のピエモンテ州の製糸業に多くみられる。以下蚕糸博物館紀要（第 3 号）の「イタリア式繰糸機の技術発達史（瀬木秀保）」により考察する。

図 47 は 1724 年トリノで展示された繰糸機の図である。そこでは 2 本の生糸が並んで繰られ、それらが走行途中で一時互いにより合わされ、繭糸の接着抱合が図られて 1 本の生糸に加工されている。これは、1928 年フランスのシャボン氏の発明といわれ富岡製糸場のフランス式より掛け方式（共より式）の原型を示している。

図 48 はイタリアのヴァスコ式といわれる、1 本の生糸が繰糸の途中自分自身でよりをかける日本でイタリア式、ケンネル式といわれるより掛けの原型（1826 年型）を示している。繭から繰りあげられた繭糸束は初めのプーリ（鼓車に相当）からつぎのプーリに至る手前で左側に迂回し一つの鼓車を経て折り返す。その往復課程で走行糸が互いによりをかけ合い糸に丸みをあたえ、繭糸を接着させ、節

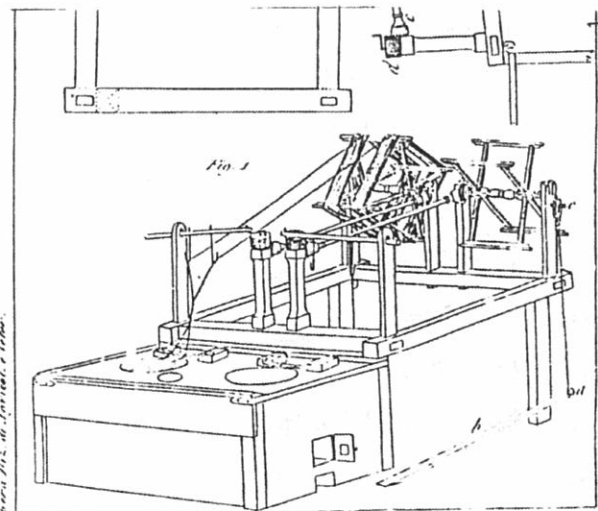


図 47 1724 年、トリノで展示されたピエモンテ地方で使用された繰糸器

をなくし（節伏せ）、糸の水切りをよくする。ここではケンネル機能を与えているがまだ現在のケンネル形態は整っていない。

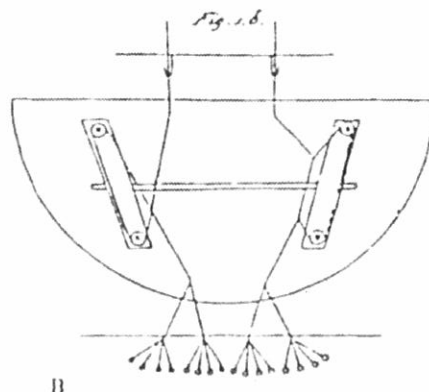
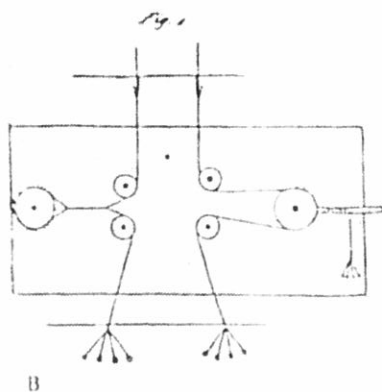


図 49 はヴァスコ式の改良型で、

図 48 イタリアのヴァスコ式ケンネルよりかけの原型 (1826 年)

図 49 アルバート・ケルレル式ケンネルより掛け (1836 年)

ケンネル形の最初姿を示しているといわれる。これは英国人のアルベルト・ケルレルが初めて実施 (1836~1837) したもので一名英国式ともいわれたという。ケルレルはイタリアで製糸場・練糸場を経営し手織り自社ように発明したもので、普及はデ・トミーによる 1844 年頃からのことという。そのため、ケンネルの名称は、発明者ケルレルの名前によるとの説もイタリアにはあるとのことである。

明治 3 年 (ケンネル)、明治 5 年 (共より) 洋式技術として導入された「より掛け法」は、欧州でも新しい技術として普及された最新技術の一つであった。

3) 日本技術の変遷 一稲妻ケンネルへの集約一

日本では「天照大神が繭を口に含んで糸を抽くことを示した (日本書紀)」記録が糸繰りの初めといわれている。しかし、学術的に信用すべき記述は上垣守国 (1803) の『養蚕秘録』までないという (吉沢弥吾『明治前日本蚕業技術史』, 1960)。ここでは『養蚕秘録』に注目した後、糸道のより掛け機構を中心に繰糸技術の推移をたどる。

(1) 手挽き

『養蚕秘録』の「糸取様口伝の事」は、図版 5 枚本文 600 字足らずの記述文で、農村で行われていた糸繰りの様子を女、子供にも分かるよう優しく解説している。そのうち、3 枚の図に示された奥州と三丹地方の糸取る図 (図 50, 51, 52) は、いずれも右手で糸枠を



図 50 丹波丹後但馬糸とる図 (上垣守国)



図 51 奥州流糸とる図 (上垣守国)

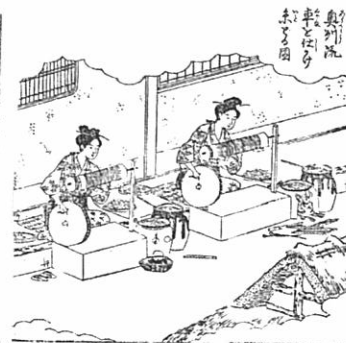


図 52 奥州流車を仕かけ糸とる図

よりかけする。糸が指の一カ所だけを通ると指の皮が切れるので、これをはずしさらに綾振りの役をさせるため、左手首はいつも左右に振りつつ糸をとる。

(2) 座繰り

上州座繰りは、横浜開港から明治10年代後半までの長い間、生糸輸出の中心的な役割を果たしてきたが、それが何時ごろ誰によって開発されたか、定かなことは分らないという。『群馬県蚕糸業沿革調査書』(1903)は、上州座繰りについて、群馬県佐波郡植蓮村植木で代々糸柰業を営み、柰屋と呼ばれていた矢島屯次郎の聞き取りをのせている。矢島家は、寛政から享和(1789~1805)またその後も糸柰(糸繰り器)作りを家業としてきた。その聞き取りの二つを示す。

①軽業坐繰り

3枚の座(歯車)を立て重ねにし、その上に小座を置き5寸四角の繰り柰(柰周60センチメートル)を回転させる。享和から文化年間(1801~1816)に作られた初期の座繰り器で、手回し1回で繰り柰が4回半回る能率の良い繰り器で上州座繰りの原型という(図56)。

②左手座繰り

天保3年(1832)に改良された左手回しの座繰り器である。糸寄せ器(弓と毛付け)と山路絡交を備え、右手で索緒と接緒をする、連続繰糸を可能にした上州座繰りの完成型といわれ、広く全国へ普及した(図57)。

③毛付けの糸道

上州座繰りの普及は、奥州流の「毛付け」の導入にあり、それは毛付けの果たした糸道課程における繭糸の集緒抱合の妙にあったという(加藤宗一『日本製糸技術史』)。

萩原鐔太郎(1927)『碓井社50年史』は、またその毛付け効果をつぎの様にのべている(概要)。

「座繰りの毛付けで集緒抱合させる装置は「毛撚り」といわれる。繭糸5本を一条の糸に堅緻に抱合させる効用は誠に妙をえたものがあり、座繰りの本領はこの毛撚りにあるといえよう。器械製糸で集緒器(ボタン)

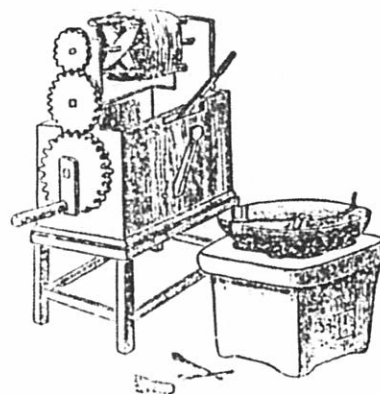


図 56 軽業坐繰器 (上州坐繰器)

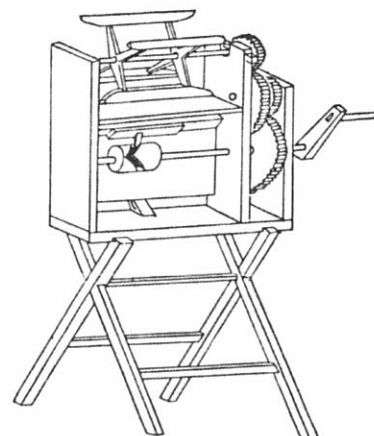


図 57 山路絡交仕掛け左手座繰り

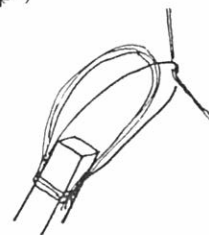


図 58 毛付け (加藤原図)

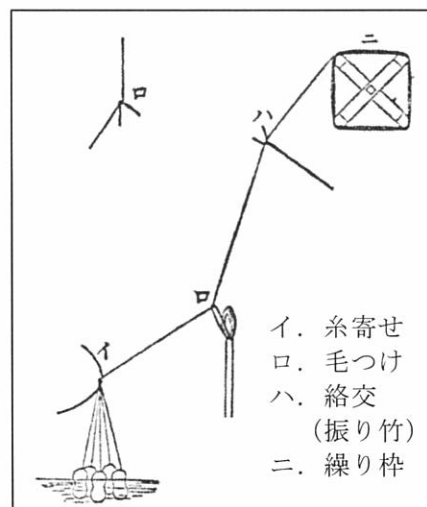


図 59 上州座繰りの糸道



図 60 小野組築地製糸場

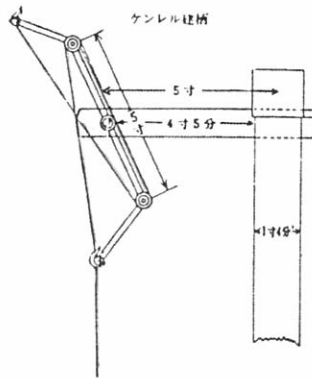


図 61 ケンネル建柄図

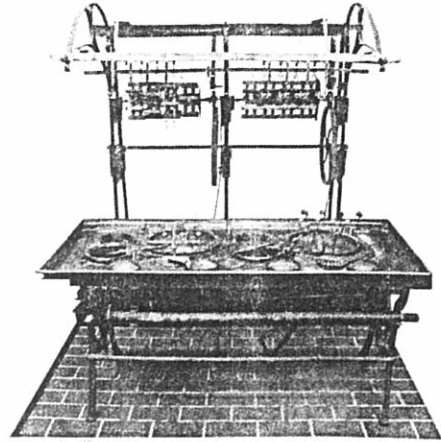


図 62 フランス式繰糸機

を通すは繭糸表面のセリシンを磨損する恐れあるも、毛撚りにはその害はなく、滑らかに糸のセリシンを保全する。座繰り糸が織物として優美の成果を顕すは、全くこの毛撚りに原因するといえる」

毛付けよりの毛は、初めは馬の尾毛を使用していたが、後は女性の頭髮が普通になった。頭髮は6本から20本を束ねて輪にして柱に縛りつける（図 58）。これにはコツがある。毛の端を生紙で包み柱に糸で堅くしばる。使用する輪は一つであとは予備とする。毛付けを装着した上州座繰り器の糸道のように図 59 に示す。

（3）欧州繰糸技術の導入

前橋藩は、明治3年6月速見堅曹の建議を入れ、スイス人ミューラーを4ヶ月契約で雇い、イタリア式繰糸器械の製作に取り組み9月25日、木製ケンネル型直繰器械12釜を設置し生産を始めた。日本最初の洋式器械工場、前橋製糸場の稼働である。

政府は日本生糸の欧州市場における信頼低下を回復するため「国営の近代工場を起し、優良生糸生産の範を示せば、業界も自ら革正して日本生糸の品質は向上し国益の基となる」とし、明治3年フランス人ブリューナと契約、明治5年10月7日、フランス式官営富岡製糸場操業の運びとなった。

イタリア式とフランス式という呼び名は、すでに技術変遷の主軸として捕らえてきた繰糸過程の糸道で繭糸束を1本の生糸に加工する「より掛け」方法の違いによるもので、イタリア式は「ケンネル式」より掛け、フランス式は「共より式（シャ（チャ）ンボン式）」より掛け法を区別する日本的な慣習である。

① イタリア式ケンネルより掛け

前橋製糸場のケンネルより掛けの装着された姿は伝えられていない。前橋から戻ったミューラーは、明治4年8月（陰暦）稼働の東京築地入船町に60人繰りの小野組築地製糸場の建設にかかわった。その糸繰りの様子が明治5年4月の「小野組築地製糸場」の錦絵（一猛斎芳虎筆）に詳細に示されている（図 60）。それによると、ケンネルより掛けは工女の頭の上に「く」の字型に小さく描かれている。この図はミューラーの指導によるケン

ネル姿の最初の顔見せという。ミューラーは、さらに明治6年1月25日開業の勸工寮赤坂葵町製糸場建設を指導しており、「ケンレル建柄図」が示されている(図61)。ケンネル枠上の第1, 第2の2鼓車間隔は

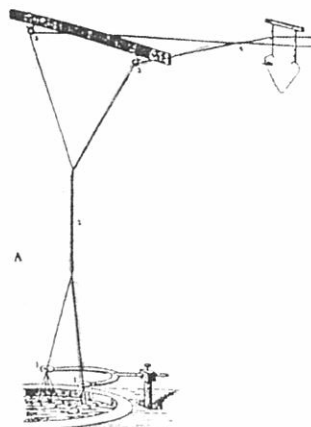


図63 共より図

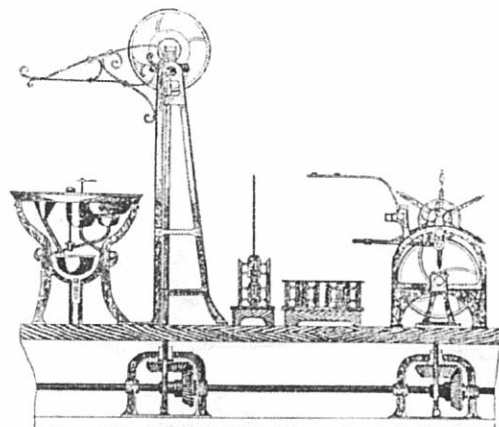


図64 赤羽工作分局製の繰糸機

15センチメートル、集緒器からの繭糸束は、ケンネル枠下端の鉤から第1鼓車まで直線的に上がり、第2鼓車を經た繭糸束とより合わさって1本の生糸に加工されケンネル枠上端の鉤を經て絡交から巻き取り枠へ移行する。

② フランス式共より仕掛け

明治5年官営富岡製糸場に設置されたフランス式繰糸機は、昭和5年まで実用機として稼働してきた。そのため一部は改良されているが、当時の姿を留め現在市立岡谷蚕糸博物館に展示されている(図62)。操業当時のより掛けは共より式(シャンボン式)2緒繰りであった(図63)。フランス式繰糸機の図面は現存していないが、明治14年刊『製造機械品目 赤羽工作分局』の「フランス式製糸機械」(今井幹夫。富岡製糸場の歴史と文化。平成18年)にその構造を伺うことができる(図64)。

(4) 日本の繰糸器械 — 諏訪式繰糸 —

官営富岡製糸場の操業は、欧州文明の数々を紹介し日本の近代化に計り知れない影響を与えた。製糸にとって大きい一つはエネルギー革命であった。動力源とし、熱源としての蒸気の利用は製糸の形態を大きく変えた。その二は工場生産体制の導入である。管理された環境のもとで大量生産される手本がしめされ、日本の生糸は先進諸国の生糸品質に対抗できる生産基盤を整えた。しかし伊東茂右衛門(『中外蚕事要録』, 明治19年, 1885)がいうように、「群馬県富岡製糸所建築後は分業の説専ら流行して全国各地に設立せし西洋式製糸所数は五十人とり以上のものを以て算するに一時は九百有余にも達したれ共其後次第に廃業して今日存立するもの(略)等其の数四五十ヶ所に過ぎず。西洋式製糸所の有様斯くの如くなるが故に坐繰器の再び世に行われて今日にありては洋式器械の説を唱ふるも殆ど耳に入る者非ず。(加藤宗一『日本製糸技術史』引用)」というように、西洋技術を集めた金属製のフランス式繰糸法の普及は、明治維新を迎えたばかりの日本の現状から困難をきわめた。それが生糸輸出を通して日本近代化の主導的役割を果たし得たのは、清川雪彦(『日本の経済発展と技術普及』東洋経済新報社, 1995)がいうように「下からの工業化論」の民間在来部門、特に諏訪を中心にした信州製糸の技術力であった。資本力に乏しく、周辺産業が未整備の日本では、手に入りやすい木や瀬戸物を利用した、しかし機能は外国

産に劣らない、安価な繰糸器械の開発が必要で、諏訪の製糸はその大役を果たした。

① 中山式繰糸器械

間下村（現岡谷市）の武居代次郎は、機械道楽と陰口をいわれながらも、イタリア式とフランス式の良いところを取り入れ、安価で性能が優れ、日本の実情にあった木製のイタリア式ケンネル仕掛けの繰糸器械を開発した。さらに明治8年同志と図り村内の中山地籍に100人繰りの製糸場「中山社」を稼働させた。しかしケンネル仕掛けによる走行生絲の切断故障が頻発するので、フランス式の共より式に変更、富岡製糸場から教婦を招き改良に務めた。しかし改善できず3年足らずで再びケンネル式に戻り、工夫を重ね完成させたのが、現在市立岡谷蚕糸博物館に展示している、明治13年頃製作と推測される木製の「諏訪式繰糸器械（中山式）」である（図65）。

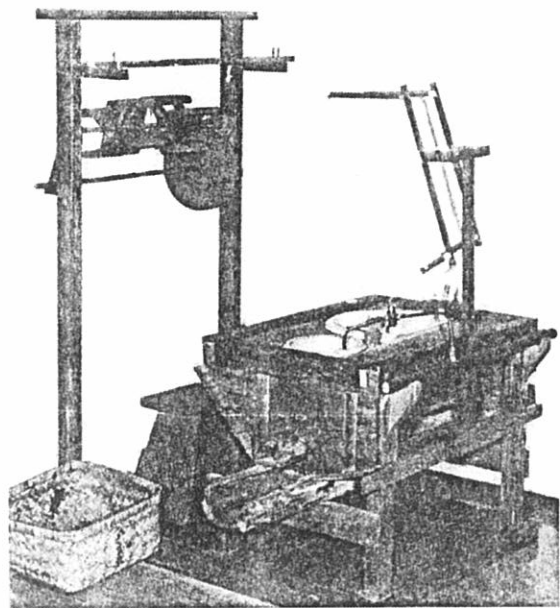


図 65 諏訪式繰糸機

② 諏訪式稲妻ケンネル

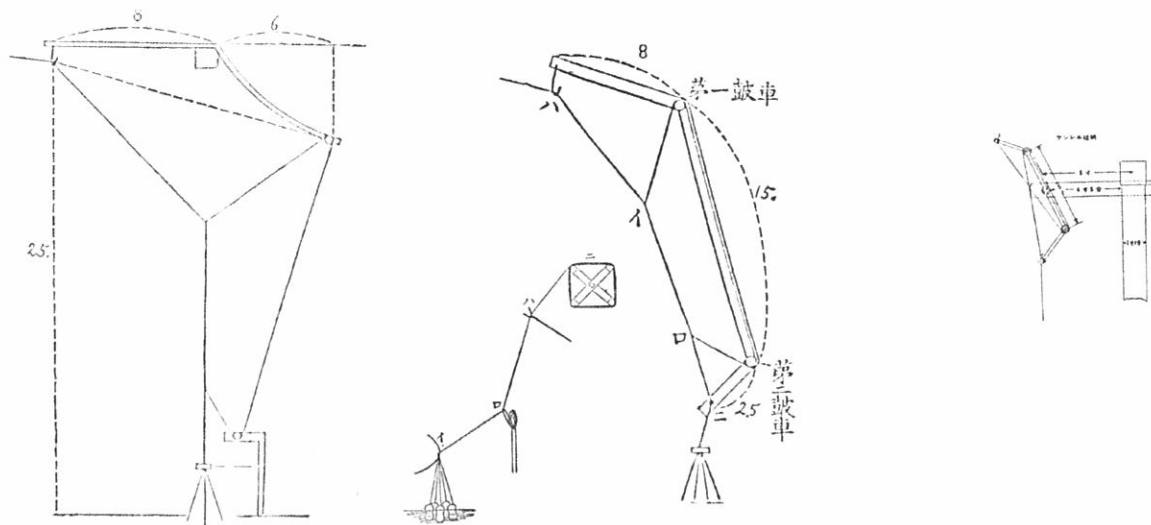
ケンネルより掛け部は、繰糸中の張力変化の影響を受け、より上がり・より下り現象を頻繁に繰り返す。それが、夏の夜空に見られる稲妻に似ていることから、稲妻ケンネルといわれた。代次郎の中山式繰糸機はその後諏訪の製糸家に広く取り入れられまた互いに工夫改良され明治15、6年頃には安価で簡便で使いやすい「諏訪式繰糸器械」といわれる器械になった。中山式繰糸器械については、

「深山田（長野県上諏訪町小野組製糸場。明治5年創立）、及び六工社（長野県埴科郡西條村。明治7年創立）を父母とし築地（小野組）・富岡を祖父母として生まれ、伊・仏両式を折衷せる上に尚深山田製糸場及び六工社の行った日本化実用化を更に徹底したもので、後に全国を風靡した諏訪式製糸型の根源は実に中山社にあるのである」（平野村誌）

と記されている。器械設備の具体的な様子は『平野村誌』に見られる。しかし最近、技術的に肝心の代次郎が苦心し改良工夫した稲妻ケンネル問題点の工学的な解析がなされた（森川英明・白倫・鮎沢諭志『岡谷蚕糸博物館紀要第14号』，2009）。

稲妻ケンネルの大型化 ―日本ケンネルの原型―

明治3年ミューラーの導入したケンネルは、図61に見られるように、鼓車間隔15cm足らず、握りこぶしほどの小型であった。代次郎は試行錯誤の末、激しい張力変動を緩和するために、ケンネル機構を3倍の45cmに大型化した（図65）ことの意義がケンネル作動の力学的解析から明らかになった。図65は、その後の安東潜のケンネル（52cm）に始まる日本ケンネル改良の基本型を与えている。



(1) 安東式ケンネル図

(2) 諏訪式稲妻ケンネル図

(3) 葵町ケンネル図

図 66 諏訪式稲妻ケンネルの特性図

上州座繰毛髪施繳原理の導入

集緒器から引き上げられた繭糸束は一直線状にケンネル部を通過した後分岐して第1, 2 鼓車で方向転化しケンネル部のより掛けで1本の生糸になり繰り枠に巻き取られる(図61)。諏訪式稲妻ケンネルの走行糸道は、ケンネル枠の下端部に設置された鉤で鈍角をなし曲がりより掛け部へ移行する。そのとき走行繭糸束は、上州座繰りの「糸寄せ」効果を受け、走行糸の引っ張り張力の抵抗力となって、下方へ引き下げる働きをする。これがケンネル部の「よりあがり現象」を抑制し、出撚角を鋭角にして走行糸の切断を減少させるという。欧州のケンネルより掛けと上州座繰りの「糸寄せ」技術の結合が諏訪式器械の中核部を構成し、輸出による日本近代化の原動力役割に貢献したのであった。

諏訪式稲妻ケンネルの特性を図66にまとめて示した。

3. 明治の生糸 ー輸出世界ーへの道ー

明治3年の欧州近代技術の導入により、明治期の製糸業は新しい時代に向け独自の歩みを始めた。その一は、上州(群馬県)・奥州(福島県)、信州(長野県)でいえば上田中心の、座繰り生糸が支えた生糸輸出の時代である(図67)。その二は明治17年に始まる諏訪式を中心にした器械繰糸による大量生産時代への移行である。ここでは、その明治の生糸が、僅か数十年の間に先進諸国を越えて輸出世界一に至った歩みに注目する。

1) 明治9年の生糸相場

明治9年の生糸相場は、日本製糸業の近代化に忘れる事のできない影響を与えた。

(1) 所長尾高惇忠、富岡製糸場を去る。

明治8年12月、政府との契約の満了に伴い、ブリューナは富岡製糸場を去った。原料

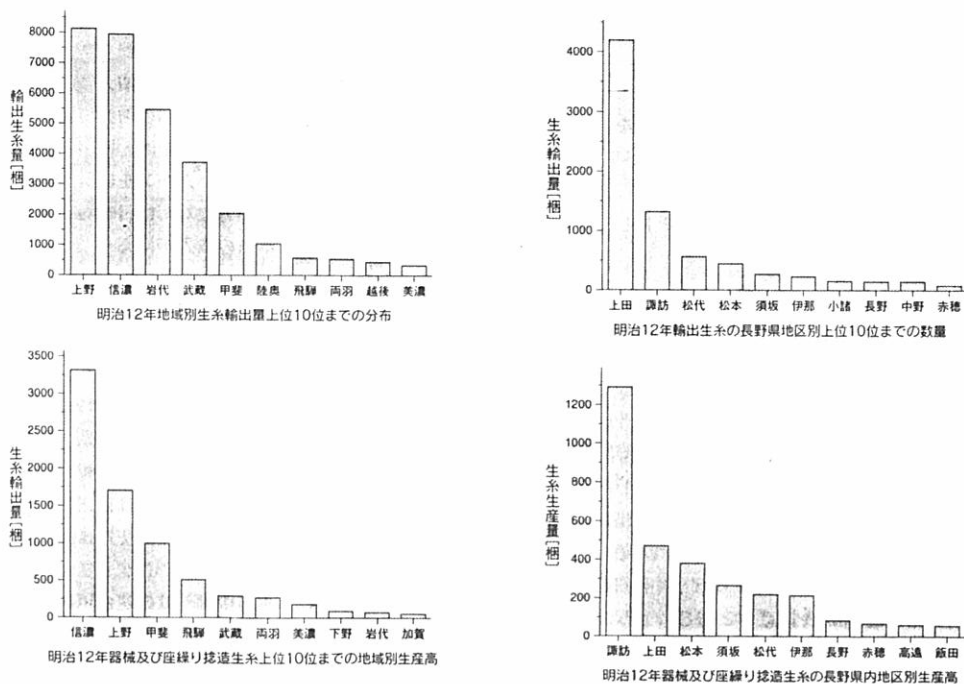


図 67 明治 12 年の繰造り別地区生産高の比較図(捻造生糸は器械生糸)

繭の購入に始まるすべての権限を握っていたブリューナのもとで、創業以来所長として困難な運営に当たってきた尾高惇忠(図 68)は、欧州の産繭不作による生糸高騰の確かな見通しのもと、日本の豊作で容易に得られる良繭を大量購入し、積極的な増産対策を取った。さらに糸値が高値推移の続く9月12日、生糸 25,000 斤を 100 斤 1,350 ドル、くず糸も 100 斤 180 ドルの高値で売約した。その結果、52,645 円の純益をあげ従来の欠損を大きく補完した。創業以来欠損に欠損を続け厳しい批判のなかにあった富岡製糸場の健全な発展を願う処置と、さらに尾高の夏秋蚕飼育による増産対策とが政府の入れるところとならず、明治9年11月、尾高は多くの人に惜しまれながら富岡を去った。

(2) 新井領一郎、米国直輸出の基盤を確立

明治9年3月、群馬県水沼製糸所の星野長太郎は実弟の新井領一郎(元駐日大使ライシャワー夫人の祖父)に自家製の生糸を持参させ(図 69)ニューヨークの糸商リチャルドンソンと生糸 400 斤9月納品の約定を結んだ(図 70)。これは日本の米国向け直輸出の最初という。新井は、生糸相場の高い9月、安い3月の糸価で売り渡す事になり大きな損失を受けたが約束を忠実に履行し、日本人に対する市場の信用を高



図 68 尾高惇忠富岡製糸場長

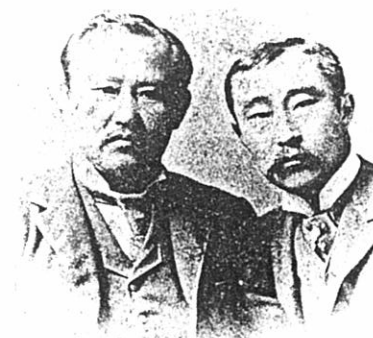


図 69 星野長太郎(左)と新井領一郎(右)

めた。以後米国直輸出発展の基礎を固め、日本生糸の米国輸出に大きく貢献した。大日本蚕糸会は大正14年新井領一郎にその功績をたたえ恩賜賞を贈った。

(3) 諏訪びとに与えた相場の怖さ

明治9年は諏訪の製糸家にとっても忘れることのできない年となった。7月の新糸相場は1梱(9貫)250円であつたが月末には300円、さらに器械生糸の上物は400円、9月には600円の高値を超えた。しかし10月からは値下がりが始まり12月には7月初めの相場にもどるのであつた。諏訪のおおかたの製糸家は3、4ヶ月糸を繰り溜め漸く出荷単位の1梱を生産する規模であつたから、景気のいい高値を眺めるだけで過ごした。春繭1貫1円10銭であつた繭値が糸歩の少ない夏繭でさえ2円50銭の高値を呼んだ。諏訪の多くの製糸家は、好景気を見込んだ高値の繭で繰った生糸を安値で手放し、大損を喫するのであつた。それでも器械生糸は座繰り糸より1梱50円高であつたからまだ助かったが、座繰りの小工場はもっとも惨めであつた。そうした相場の変動は、諏訪の人々に製糸経営の怖さを肝に銘じさせ、売りたいときに売れる規模の拡大の大切さと器械製糸への転換の必要性を痛感させる年となった。

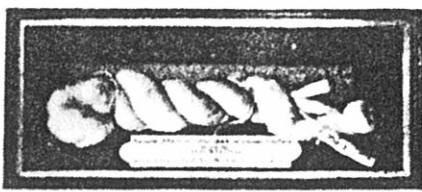
2) 諏訪繰糸の特質 一糸歩・能率の重視一

北信濃の須坂も諏訪と同じく製糸の盛んなところで、明治7年に器械製糸を始め、翌8年には、製糸家が集まり日本初の共同出荷組織、製糸結社をつくり、小規模工場の不利益を償う工夫をした。南信濃の諏訪も明治10年には須坂と同じ製糸結社を結成し製糸近代化に向けての歩みをはじめた。ここでは、日本が生糸輸出世界一の基礎を固めた明治十年代から二十年代に焦点を絞り、それを主導した、年間を通し管理された品質を提供する諏訪生糸の跡をたどる。

(1) 諏訪に製糸結社出現

一糸歩の共同販売会社一

平野村(現岡谷市)の矢島惣右衛門は、相場暴落直後の11月、売れ残りの手挽糸を仲間と共に横浜で売り捌き、ほぼ元手を手に帰村した。横浜直接売りの有利性を実感した惣



Morimura, Arai & Co.
AGENTS OF
Yokohama Ki-ito Kwaisha, Ltd.
44 East 23d Street, New York
Telephone Ashland 312
Japan, Shanghai and Canton
RAW SILK
日本最初の米国直接輸出生糸の総図
「明治9年新井領一郎により輸入された日本最初の見本総」の記載がある

図70 日本最初の米国輸出の生糸総図



賞状
長野県諏訪市平野村
敬 矢島惣右衛門
安政年間製糸業を有望なる人として之に従事し
米地方から繰糸高値常々を要し製糸の競争
激市場を販賣し利益を得し明治十年同志の糾合
皇運社を創立し共同荷造り初年三定商標を
貼付し共同販賣を實行し又同志共々器械製糸
場を設立し矢島組今日基を固め製糸の競争
發達を盡すこと共々努力し大ニ功績を挙げ
隆盛を致し其功績を大ニ賞し其功績を
上ニ賞状を奉告し其功績を大ニ賞し其功績を
彰規則を據り第一種功績章を奉告し其功績を
功績を表彰ス
大正八年四月五日
大日本蚕糸會總裁大勳位勲一等瑞章親王

図71 諏訪最初の結社矢島組の賞状(大日本蚕糸会)

右衛門らは明治9年11月29日、生糸共同販売会社の相談に入り10年1月15日、矢島惣右衛門を社長とする製糸結社「皇運社」を発足させた。皇運社は、生糸の太さに始まり総糸の周長・1総の重さなどを統一し、糸の口止めや結び目は分かりやすく色糸を使いユーザーの便を図るなど細かな配慮を施した。また組員の工場には指導員が巡回指導に回り技術の統一に心掛けた。そうした結社は諏訪地域に鷺湖社（上諏訪）・白鶴社（下諏訪）・開明社、協力社、確栄社（平野村）等々陸続と設立され、諏訪の製糸家は何れかの結社に所属して小規模経営の不利を補うのであった。皇運社に見られた品質の統一工夫は結社内では勿論、結社間でも自由に情報交流し試されて取捨選択され、やがて諏訪式といわれ全国に展開された技術の基を構成した（図 71）。ここではそれに至る諏訪製糸の背負った宿命的課題、それを越えるための技術開発、それを成し遂げた製糸家の経営哲学などに注目し、なぜ諏訪に製糸が栄えたかの一面に触れたい。

（2）諏訪製糸の宿命的課題 ―原料繭問題―

資料の多く残されている、現在の岡谷市を中心に進める。

① 明治の繭。ペカペカの薄皮繭

明治の繭の糸量は6～7%で現在の繭の1/3と少なく、繭重の殆どを蛹が占めるペカペカの薄皮繭であった。蛹は日ごとに目減りするので、取引は1升（1.8リットル）、1斗（10升）、1石（10斗）の掬量りであった。1匁（3.75グラム）、1貫（1000匁）の看貫も行われたが多くは参考資料で、およそ繭1斗は1.1貫匁前後であった。明治の初めは、農家1軒の平均産繭量のモードは2貫目から3貫目の少量口であった。

② 繰糸者1日の繰り高。1日繭4升

輸出生糸は繭糸5本合わせ、太さ12デニール以下の細糸作りで、繰り高は上州座繰りで1人1日繭4升、生糸28匁であった。諏訪式器械繰糸では操業時間も長かったが、明治20年頃になると、その2倍の生糸60匁を目標にしていた。1日繭4升とすると、明治初期の繰糸者1年の繭使用高は10石、農家40軒分となる。岡谷の工場の平均規模を44釜とすると、1工場あたり、農家1700戸を抱える必要があり、岡谷地区では23万戸を必要とした。これは大変な事で、購繭は製糸家にとり熾烈な戦いであった。

③ 繭の購入と輸送。1駄3石

具体的に岡谷の吉田館製糸の購繭状況を283通の書簡集にみる。4月の終わってから6月にかけて、各地域の蚕作や「繭価32掛け」といった情報の葉書が寄せられる。「掛け」は糸歩（繭から取れる繭糸量の割合、%）に掛け目を乗じると繭1貫目の値段になる乗率である。糸歩7%、32掛けの繭1貫目の値段は、 $(7 \times 32 = 224)$ で2円24銭となる。吉田家では和蔵（1851～1932）差配のもと、男子職員の多くは飯田・上田・稲荷山・さらに熊谷・深谷・甲府と県外に派遣され購繭作業に従事し、工場は嘉代蔵（1853～1931）が守るのであった。購入繭は直ちに7斗5升の布袋に詰められ竹籠に入れられ、その4本が馬の背に積まれて岡谷に運ばれる。1駄3石の繭輸送である。そうして運ばれた繭は、地域ごとの特性があり、輸送中に潰れ、死籠り繭で汚染され運賃のかかった雑ばく低品質高価の

繭集団であった。岡谷の製糸家は、横浜の生糸市場で、原料事情に恵まれ、揃った美しい繭から繰られる綺麗な安い生糸との価格競争に打ち勝たねばならぬ宿命的な課題を負うのであった。

(3) 諏訪式繰糸の道 一糸歩と能率によるコストの削減

製糸は、原料繭代金が生糸販売価格の8割をしめる、利益の薄い産業であった。また繭は季節産物なので一括購入を必要とし、その大量資金の殆どは借入金で賄われた。その上、製糸業は、生糸の価格が原価や生産費に関係なく時々相場で決められる、製品価格に決定権を持たない産業であった。製糸業の背負ったそうした困難性の下で身近に起きる多くの倒産を目にし(表1)、苦しい経験を重ねた諏訪の製糸家は、自己の努力で屑物を少なくして生糸量を多くする糸歩増収と、能率の向上を図る経営方針を選ぶのであった。諏訪式器械についてはすでに触れたので、ここでは糸繰り技術で諏訪の人々がその困難を乗り越えた様子を伺う。

① 繭の乾燥

一殺蛹・自然乾燥・性状別保管一

繭糸を生糸に移行させるだけの簡単な繰糸工程では、これが「絹」という質的特性はカイコが作った物で、製糸技術は生糸の太さ・長さ・節といった糸の形態的な面に限定される。そうした生糸作りに影響を与える繭品質の

第一は繭糸のほぐれの良さである。殺蛹し長期間の保存に耐えるよう、生繭は乾燥といわれる高温処理を受けるが、それは繭糸のほぐれを悪くする。諏訪式乾燥は、火力による熱処理は殺蛹に留め、半乾きの繭を広い倉庫に性状別に棚に差して分別し、自然乾燥で糸のほぐれの低下を防ぐ独特の工夫がなされた。諏訪に煙突と白亜の繭倉庫が林立し、糸の町

表1 就緒期長野県中南信地区製糸場の興廃状況(10釜以上)

地域(郡)	明治13年 4月工場 数(A)	明治26年 10月工場 数(B)	明治13年4月 前創立工場数 (明治26年時) (C)	B/A	C/B
諏訪	127	211	63	2.3	0.30
東筑摩	95	21	0	0.2	0.00
西筑摩	20	27	3	1.4	0.11
上伊那	79	24	7	0.3	0.29
下伊那	26	47	10	1.8	0.21
北安曇	21	11	0	0.5	0.00
南安曇	7	21	1	3.0	0.00
計	375	362	84	0.97	0.23

起業年月の項目により工場数は集計



図72 岡谷の繭倉庫と煙突



図73 諏訪式繰糸器械による輸出生糸の糸繰り風景

表2 明治13年 共進会生糸出品申告書調べ

	器械所 (坪)	運転の力	湯の沸かし方	釜数	元繭	くち立繭数 (1回)	くち立湯の温度 (°F:華氏)	繰糸湯 温度 (°F:華氏)	粒付数 (粒)	生糸織度 (デニール)
中山社	156	水車 径1丈1輪 径8尺1輪	蒸気釜 10石	100	繰殺	1台あて	130-190	120-160	需要による	11.12.16
林倉太郎	55	水車 1丈5尺	蒸気釜 10石	45		1台あて	140-180	120-150		12
矢島惣右衛門	85	水車 9尺	蒸気釜 10石	60		1台あて	140-180	120-150		
宮坂勘三郎	18	水車 1丈8尺9寸6分	蒸気釜 2.8石	18			180	130	5	11.8
北村庄八	14	水車 6尺	蒸気釜 2.8石	15	繰殺		170	130	5	11
笠原吉三郎	11	水車 8尺	蒸気釜 2.5石	20	繰殺		190	140	5	12
青木増太郎	16	人力	蒸気釜	16	繰殺		185	130	5	12
清水久左衛門	17.5	人力	蒸気釜 2石	17		1台あて	140-180	150		12
青木末太郎	26.7	水車	蒸気釜 5石	30	繰殺		165	132		15
吉田和蔵	18	水車 5尺2寸	蒸気釜 3.5石	15	繰殺		170	130	5	12

(平野村役場資料「製糸関係書類一」岡谷蚕糸博物館蔵)

注) 主な共通事項を取り出しますと次のようです。

繭煮鍋は陶器、渡り7寸、深さ4寸。繭取鍋は陶器半月型、横渡1尺2寸、立渡7寸、深さ3寸。節コキ、陶器。銅鍋酌子、ケネル付き。

原料繭は1,2,3等に区分し、使い分け。大枠回りは5尺6寸5分に統一。1回のくち立て繭数は1合目当りの小出し。繭のくち留めは色系使用。繭からの糸のくち出しは稲藁のミコ箒。煮繰兼業、再繰方式。生糸の太さは12デニール、5粒定粒。

独特の風景を醸したといわれた所以である(図72)。

② 煮繭と繰糸

一 緒(くち)立て煮繭と浮き繰り一

煮繭は、繭から糸くちを索(もとめる)ために生ずる糸屑(緒糸)を少なくするため、繭を熱い湯に浸漬するに留め(緒立て)、繰糸は、繭を高温の繰り湯に浮かべて煮不足を補いながら繰糸する浮き繰り法が行われた(図73)。具体的様子は、結社を通して統一される、つぎの実態にみる。

③ 諏訪式繰糸への統一

一 結社の果たした基盤作り一

明治10年に始まる製糸結社組織を通し、中山社に見られる製糸家それぞれの工夫した固有技術を結社内の工場が試みて取捨選択し、また結社間でも自由に技術交流をし、明治16年頃には「諏訪式」といわれる糸歩と能率の向上を目指す地域独特の技術を構築した。

明治13年の「共進会生糸出品申告書」(市立岡谷蚕糸博物館蔵)には、そうした技術の推移が見られるので、その概要を一括表2に纏め示す。

繭の保管： ホイロ(土室)で炭火や焚き火で殺蛹した後、風通しの良いところに広げ自然乾燥する。

水車回転・蒸気取り： 繰り枠、揚げ返し枠は水車仕掛けの水力運転。煮繭、繰糸は蒸気取り洋式法の積極利用。

緒(くち)立て： 煮繭は「くちたて」というように、糸くちが立つ程度の若煮にし、1回の煮繭の量は一握り程度の小分けにして繰り繭の新陳代謝を良くし屑糸生産の抑制に努める(少量若煮の煮繭)。

繰糸： 煮まゆは、70~80℃、またはそれ以上の高温の繰り湯に浮かべ煮不足を補

いつつ繰る浮き繰り法。内部汚染繭も外側の繰糸可能な所までは繰糸する。

より掛け： 諏訪式稲妻ケネルにより走行生糸の切断故障を極力少なくして能率の向上に努める。

繰糸台： 中央に陶器製の繰

り鍋（横渡し1尺寸、縦渡し7寸、深さ4寸）その右に底に蒸気噴出孔を備えた陶器製丸型煮繭鍋（渡し7寸、深さ4寸）を設備する（図74）。

仕上げ： 小枠巻き取り、大枠巻き返しの揚げ返して、総糸は欧州好みの捻り仕上げ。

明治13年時点ではまだ製糸工場相互間に完全な統一はみられないが、表2は糸歩と能率を重視する諏訪式繰糸に共通した製糸条件が見られる。

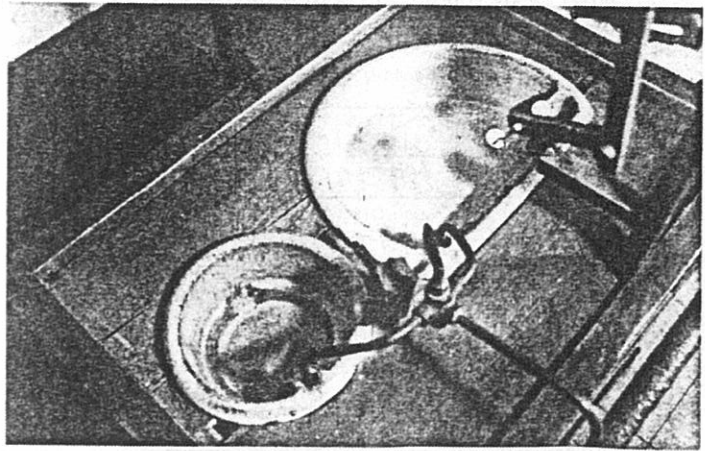


図 74 諏訪式繰糸台

3) 諏訪の品質管理 ―ユーザーの安心感―

多くの養蚕地帯から寄せ集めた雑ばくな原料繭を使った糸繰りで、品質の揃った大量生糸は得られない。これは上述のように諏訪製糸の背負った宿命的課題といわれてきた。

諏訪人は、それを今様の品質管理の手法で乗り越え、諏訪生糸の信頼性の獲得に生かし諏訪を世界生糸の供給基地に導いた。

(1) 原料繭の案配

岡谷の製糸では、吉田館の故吉田秀夫五代目代表社員が語っているように（岡谷紀要第11号）、「繭倉庫は、微妙に技術に影響する大事な役割を演じている。その一つは、各地から購入した多品種少量の繭荷口をそれぞれ試験繰りの繭成績を付けて棚に差し、必要に応じ容易に取り出せるよう保管管理する。それが原料繭の合併混合を通し一年間類似な生糸を供給するコツで、ユーザーの信用をうる大事な技術」という。明治33年、岡谷からいまの上田市へ工場進出した笠原工業の繭倉庫内には、諏訪の棚差し保管を語る柱が林立

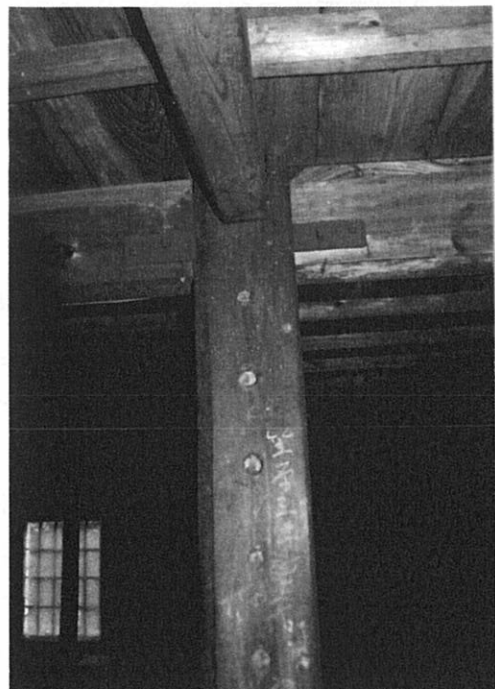


図 75 諏訪式繭倉庫内の棚差しあとの丸穴（笠原工業上田工場，平成21年）



図 76 明治 17 年、共同揚げ返しをはじめた開明社の工場風景

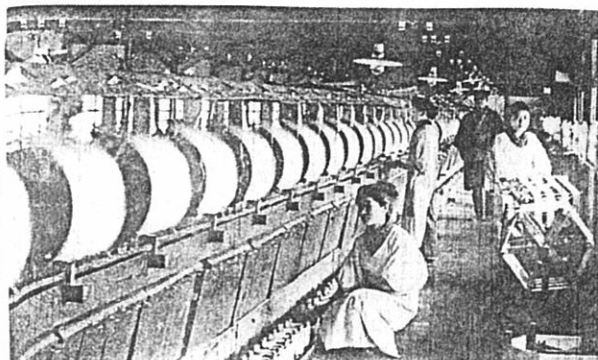


図 77 繰り枠から大枠への生糸揚げ返し風景

し、各柱には 15 cm 毎に棚作り用の丸穴があげられ当時の繭保管の様子を語っている(図 75)。原料事情で、均質な生糸性状の荷口ができないことから、荷口内のある程度の性状バラツキを容認し、その代わり荷口間のバラツキを極力少なくし、さらに年間を通して類似生糸の大量供給に管理の主点をおいた諏訪の品質管理法は、力織機により大量生産する米国ユーザーの好む所となり、信州生糸の信頼性を高めた。

(2) 開明社の共同揚げ返し

米国ユーザーの生糸生産者に指摘する三つのクレームがあった。その一は、糸切れした生糸を糸結びしないまま繰り上げた糸切れ認め、その二は 1 認め生糸に 2 本以上の生糸を一緒にまきあげた 2 本揚げりの認め、その三は細糸、太糸認の混在であった。これらの欠陥はいずれも認の観察では見分けできない欠陥であった。

片倉兼太郎らが主催する諏訪の開明社は、明治 17 年共同揚げ返し場を新設し(図 76)、傘下の工場生産した生糸は、すべて小枠に巻いたまま共同揚げ返し場へ持参して揚げ返し、その過程で切れた生糸は必ず結び、2 本揚げり認は除去し、太さ調査用の生糸を抽出検査して認糸を太さ別に分別する管理の徹底化を図った。この方法はその後日本全国に普及し日本生糸の信用を高め、米国向け輸出生糸の増大をもたらした(図 77)。

(3) 信州生糸の評価

① 『各県製糸場巡回取調書』福島県伊達郡役所編纂。明治 22 年 11 月出版。

福島県の伊達郡役所は明治 21 年、管下の五ヶ所に製糸工場の開設を決め先進地 9 県 41 工場を視察しその報告書『各県製糸場巡回取調書』を刊行した(中野国雄、須高第 66 号)。諏訪郡については、鷺湖社竹内製糸所(上諏訪)・白鶴社三井製糸所(下諏訪)・開明社片倉製糸所(川岸村)などを調査しつぎのよう総評している(図 78)。

○ 長野県諏訪郡地方の製糸所。

本郡は製糸事業が盛んで多年の経験に富む。社員をはじめ各自勤めて儉約にはげみ、建物はずかしく風雨を凌ぐ程度で器械は専ら実用を主とする。ゆえに概観は一つも見えるべきものは無いが、各盟約を守り品位一定の出荷が多量であり、常に同品位を生産する。そのため大いに外国機械家の信用を得て販路がこぶる円滑であると評価している。しかしその反面郡下の繭の産出不足により、他郡他県より購入するが、道路が悪く運輸の便を欠き繭価上昇する。さらに郡下の製糸家が増加し工女不足で伊達郡より雇い入れる。しかして各家は競って熟練者を求めるので取締規則は守られず、場内はともすれば未熟者のみになる。

図 78 福島県伊達郡役所編『製糸場巡回取調書』(明治 21 年)

最初の上諏訪の竹内製糸所については詳細に報告しているが、その他の工場に

図 79 横浜商況 (明治 25 年 4 月 28 日)

明治25年6月2日「商況日報」 「取引あるは信州器械系のみ。その他は至って静かなり」とある

図 80 横浜市況（明治 25 年 6 月 2 日）

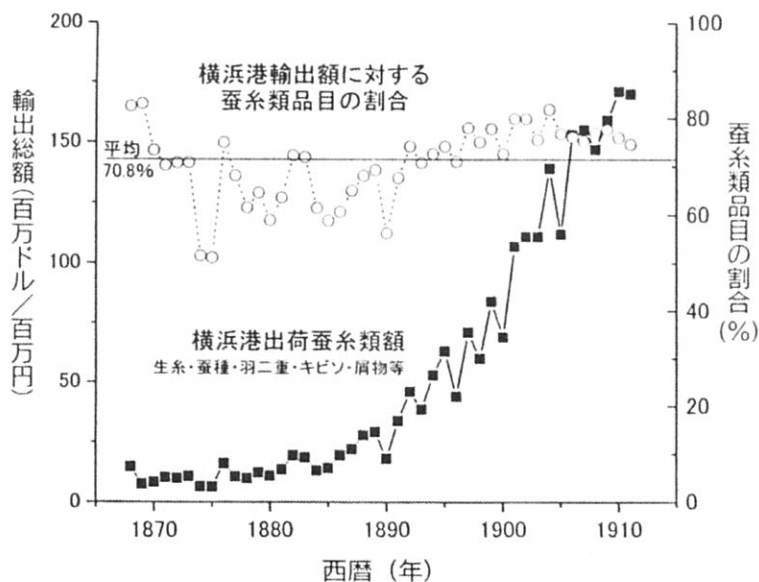


図 81 明治を中心にした横浜港蚕糸類輸出額とその割合
※明治 17 年 (1884) までは「ドル」、明治 18 年 (1885) 以降は「円」を単位とする。

については以下同様の記載に留め、諏訪郡製糸業を要約している。部外者の目に映った諏訪製糸の実態でその要を得た報告である。

② 商況日報

吉田館の書簡集には、横浜の生糸相場を伝える 19 枚の商況日報がある。それらは開明社の共同揚げ返しによる品質管理が信州から全国の器械製糸に普及し、特に信州生糸の評判が米国市場に広く認められた頃の日報である。明治 25 年 4 月 28 日の商況は、

「糸況変ワリナク信州器械ハ格高二売レ行き其他モ弗々売約アリ」(図 79)。

また同年 6 月 2 日の日報は、

「糸況只信州器械ノ取引アリシノミ 其他ハ至テ静ナリ」(図 80)。

と報じている。また日報は、4 月 28 日の市況が座繰り生糸 1 俵が 490 円、一般の器械生糸が 530 円前後であるのに信州器械生糸は 630 円と 100 円高、また 6 月 2 日の市況は、座繰りの 472 円に対し、信州中心の器械生糸は 650 円前後の高値を示している。

バラツキはあっても、年間を通して一定の範囲内に管理された大量生糸荷口の供給は、力織機による大衆向け大量生産の米国絹業界の要望に応えるもので、日米の生糸貿易は明治二十年代を境として米国絹業との結びつきを強めることとなった(図 81)。諏訪の製糸は、原料繭の雑ばく性の課題を、変動は認めた上で、その変動範囲を管理する、シュワードの 3-シグマ的な品質管理の思想で乗り切り、ユーザーの信用獲得の基礎を築くのであった。

4) 輸出生糸世界一へ

糸歩、能率の向上でコスト低減の基礎を固め、品質管理で信用度を獲得した諏訪の製糸家は、その蓄積を小規模ゆえに味わった明治 9 年の教訓を生かし、常に規模拡大の道を邁進するのであった。

(1) 諏訪製糸の発展 一片倉組の先導一

明治 27 年、資本を蓄積した平野村(現岡谷市)の小沢金左衛門は、開明社から独立し、一族結集の匿名組合「小沢組」を組織した。

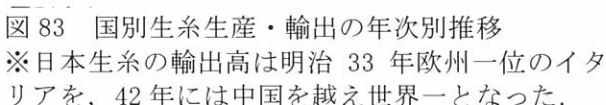
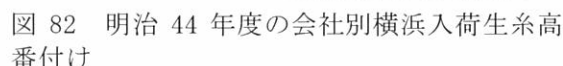
川岸村(現岡谷市)の片倉兼太郎は、原料繭の収納力・労働力・燃料の仕入れなどから、繭の生産地に工場を分散させる必要性を感じていた、開明社の経営が軌道に乗り安定したのを見て、明治 23 年、隣郡の東筑摩郡松本町に 48 釜の松本片倉清水製糸場を新設した。諏訪の製糸が郡外に工場を単独進出した最初である。経営は 4 年間の米国留学から帰国した 3 男の今井五介(32 歳)が当たった。五介はモンペに似た雪袴をはき、始業前に氷を割って水車を回し、便所を掃除し皆と一緒に働き 33 年には 346 釜へ拡大した。片倉家は明治 26 年、360 釜工場の建設にも着手した。責任者は 4 男の佐一が当たり 27 年 10 月 6 日釜数日本一の三全社が操業をはじめた明治 28 年、兼太郎は開明社から独立し、片倉一族による匿名組合「片倉組」を組織し本部を三全社に置き組長となった。また東京市京橋区和泉町に東京支店を開設し、31 年には小口伝吉と共同で東京市外千駄ヶ谷に製糸工

「現代片倉組の管理する製糸工場は長野県（川岸村４，松本市２，下諏訪町、飯田町）、埼玉県（大宮町、八王子町、熊谷町）、宮城県（仙台市）、愛知県（一宮町）の１３工場。三千余釜、工男女五千余名、生糸産額一万余梱に達する。なを、東京・台北・平壤・岩見沢・土浦・竜ヶ崎・千葉・新潟・伊那・下館・佐原・篠ノ井・熊本・山形に支店を設け、別に繭買入所三百数十カ所を有する。その売上高五百万円の巨額に達する。もって主催者兼太郎の偉大さを推知するに足らん」（要約）

とのべている。

製糸経営のノウハウと資本を蓄積した諏訪の製糸家は互いに結社から独立して郡内から県外へと工場を拡大していった。開明社からはさらに山一林組など、竜上館からは小口善重を組長とする小口組、小口村吉の山十組など、また笠原組などなどである。繰糸器械は器械大工といわれた人たちの木工場で作られ搬送された。明治三十年代に始まった諏訪製糸の積極的な工場の展開は、同時に諏訪式繰糸器械、諏訪式製糸法の全国普及に拍車をかけ、横浜市場では信州上一番格生糸が輸出の主流となっていた(図 82)。

諏訪製糸の規模拡大に伴い日本生糸の輸出量は、明治三十年代に入ると急速に拡大し、33年には欧州一のイタリア生糸の総



生産量を超え、42年には絹の宗国中国の輸出量を超え、日本は世界一の生糸輸出国となり、昭和16年の輸出中断までの長い期間、その地位を維持し続けるのであった(図83)。

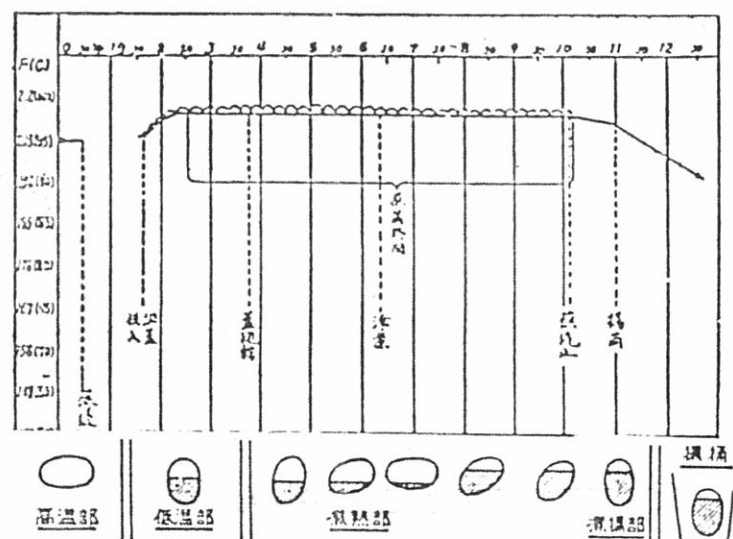
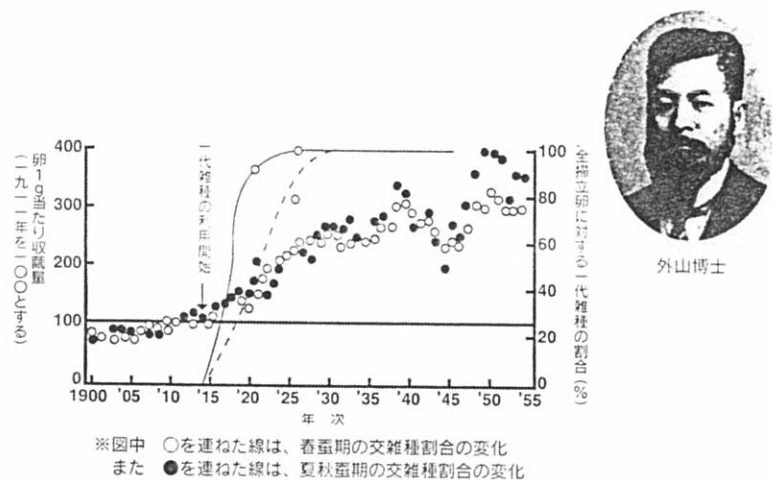
4. 大正期の生糸

明治の生糸は、量的には輸出世界一の座を占めたが、質的には織物のヨコ糸専用の二流品であった。日本生糸の更なる拡大には欧州生糸や優等格生糸の占めるタテ糸分野への質的向上が急務であった。政府は、大正に入ると更なる輸出発展のために「信州式浮き繰り法」から、米国でタテ糸に使用され好評の「羽前エキストラ」繰りの「山形流沈み繰り法」への転換を積極的に指導した。この方法は、繭をよく煮熟し、繰られている繭は引き上げられ湯面に頭を出す、繭糸が切れると繰り繭は湯底に沈むので、繰糸繭数の判別が容易で太さの揃った生糸の生産に適し、繭がよく煮られているので生糸の抱合も良いタテ糸に適した生糸づくり法であった。

しかし糸屑が多くなり糸歩が減少するので諏訪の製糸はその技術転換に二の足を踏むのであった。

1) 一代交雑種 —世界最初のバイオテクノロジー—

明治38年、東京大学の外山亀太郎は「形質の異なる品種間の一代交雑種はその両親に比べ多くの形質で優れた性質を示す雑種強勢がある」との学術提唱を世界に先駆け発表した。政府は明治44年東京府下杉並村字高円寺に原蚕種製造所を設立した(図84)。外山はここで多くの研究者の協力を得て実験を進め、大正3年一代交雑種の選抜で優れた成果を上げた。しかし識者も養蚕家も慎重で実用化を支持する人はいなかった。片倉組の今井五介は研究の重要性を深く理解し、片倉組の責任で蚕種を製造して養蚕家に寄贈し、できた繭の完全引き取



りを保証し、大規模な実証試験を行った。結果は予想を上回る成績を上げ大成功であった。五介はさらに関係者と図り同年十月、「大日本一代交配蚕種普及団」を設立した。わずか半年の出来事である。その結果製糸業は数年を経ずして総て一代交配種の原料繭で輸出生糸を繰糸することとなり、タテ糸用の生産基盤を固めるのであった。

2) 半沈煮繭によるタテ糸の繰糸

山形流の沈繰法は、タテ糸生糸に適した繰糸法であったが糸口探しに多くの屑糸がでるのが問題で普及が停滞した。森正恒（1915）は、繭を高温湯に浸漬後低温湯に投入して繭腔内に湯を浸透させる前処理を施した半沈煮繭を開発した。これは浮き繰りと沈繰の中間の効果を与え、屑糸の増加を抑えたので、諏訪式繰糸のタテ糸煮繭法に採用され大正から昭和にわたり座繰生糸の生産に利用された（図 85）。

3) 輸出生糸の拡大

大正 3 年（1914）6 月、セルビア民族主義者によるオーストリア皇太子夫妻の暗殺に端を発した欧州の戦雲は、日本の生糸輸出に大きな影響を与えた。

（1）日本の蚕糸業

辛亥革命（1911）で政情不安な中国、世界大戦の欧州に対し、日本の蚕糸業は前述のように科学的なカイコの品種改良やタテ糸づくりの生産体制を整えるのであった。初め大戦に中立の立場を取った米国は、開戦前はイギリス・フランスなどに 70 億ドル余の債務を負った借金国であったが、戦後は 19ヶ国に 117 億ドル余の債権をもつ世界一豊かな国になり生糸の消費量もまた増大していった。その結果、大正期の生糸輸出量は明治期と一線を画し発展した（図 86）。日本は、北は北海道から南は沖縄に至るまで、養蚕のしない県

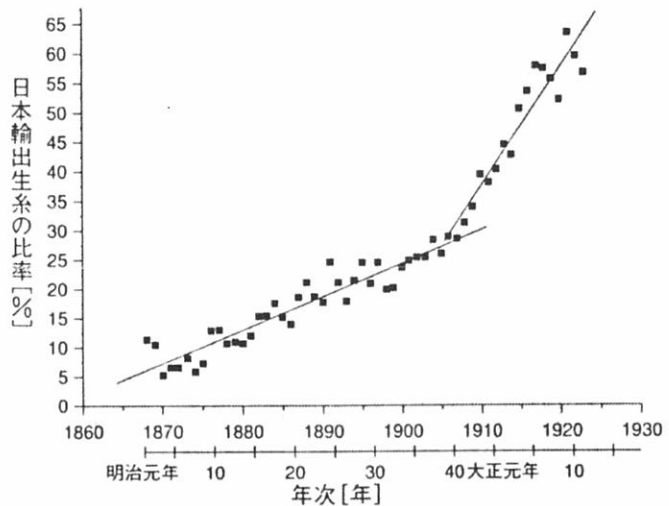


図 86 明治 40 年の転機を示す日本生糸の輸出相関図（明治元年～大正 12 年）

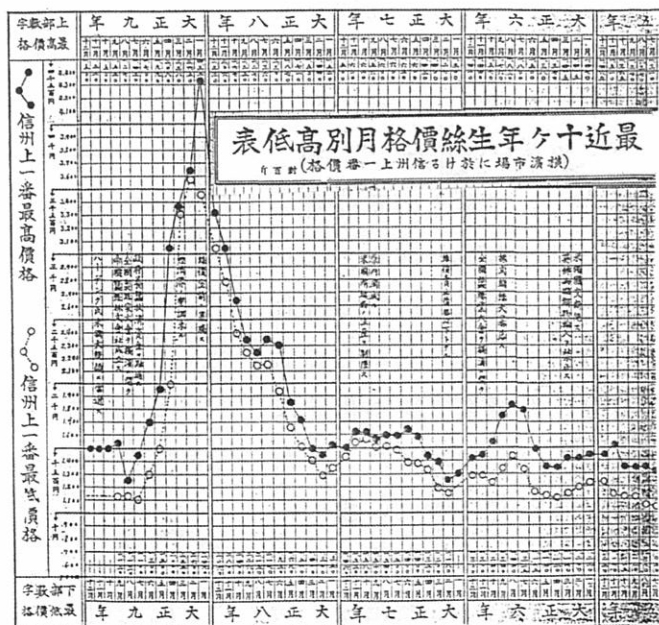


図 87 大正 5 年～9 年の生糸相場の推移（信州上一番格生糸標準値）

は無い蚕糸国となった。

(2) 信州上一番格生糸

諏訪を中心にした信州産の生糸が、明治30年頃から横浜市場に大量に出荷され「信州上一番」の銘柄がつけられた。明治38年(1905)ころからは、市場に常に見られる信州上一番に値段が付けられ、他の銘柄品の値段はそれより10円高とか5円安と上一番との格差金で日々の相場が決められるようになった。大正期の生糸価格は大战のもたらした経済変動の影響を受け、大正9年1月、信州上一番格生糸1俵4500円の相場が同年8月には1500円を切る異常な展開を示した(図87)。

(3) 人造絹糸の急増

明治24年(1891)、ヒレール・ド・シャルドンネ伯(1839~1924)が故郷のプザンソンに世界初の人造絹糸工場を建設した。絹に似て美しく、安価で価格の安定した人造絹糸は、その初めから、キュープロアンモニア法、ビスコス法といった優れた製造法の発明もあって、いずれは絹の強敵といわれた。米国の絹の用途は、小幅織物や縫い糸、リボン、靴下、肌着、など様々あったが、主体は広幅織物であった。欧州大战で輸入の途絶えた人造絹糸をカバーするために米国内で製造の始まった生産が軌道に乗ったこともあり、大正12年(1923)ころから、米国で絹の主力分野の広幅織物のヨコ糸に人造絹糸が使われるようになった(図88)。

ヨコ糸分野は勿論タテ糸分野の糸作り法を整えた日本の蚕糸業界に、最も怖れていた事態が到来したのである。

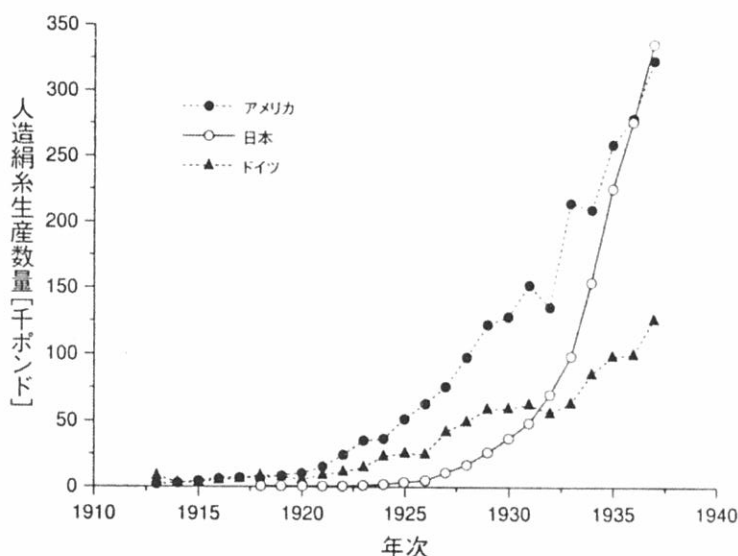


図88 世界人造絹糸3位までの生産量推移

5. 昭和戦前の生糸 一絹の靴下一

世界大戦前の絹の靴下は、丸編といわれる上から下まで同じ編み目の寸胴型であった。大正8年ごろから脚部と足部を編み分け、女性の足格好に合わせて型取りし、縫い合わせる婦人用のフルファッション靴下が現れた。足にぴったりフィットして脚線の美しさを引き立てる靴下は、戦後の米国経済の華やかさを代表するかのような、スカートの短くなる流行につれ女性の関心を引き一世を風靡するようになった。

1) 絹靴下の高級化

フルファッションの靴下は絹の独擅場で人造絹糸は役に立たなかった。肌を綺麗に見せる編み目の数は、初め1インチに針6本の6ゲージ物であったが、次第に数を増し、1934年には42ゲージ以上の目の細かい高級品へと移行した。糸使いも1本撚り2本合わせの薄地用から7本合わせの厚地用など様々あった。2本合わせ51ゲージ物以上の薄地高級品には、生糸の細太むら成績（セリプレーン成績）が90点以上のスペシャル3A格の最高級生糸を必要とした。なんの変哲もないかに見える靴下業界にも、流行や種類の変化はめまぐるしく、衣装のそれに比べ勝るとも劣らないほどで、流星のように現れ、またたちまちにして消えていくのであった。しかし年と共に細め、薄地靴下へ進み、糸条斑成績の良い高級生糸への要望は高まる一方であった。

2) セリプレーン検査 一糸の太さむら検査

絹靴下の欠点を作る生糸の品質検査、セリプレーン法が発明された。これは黒板上に生糸を並列に巻き取り、太糸同士の配列部は白目に、細糸部は黒目に見える事を利用して糸の細太を判別するものであった。大正10年

(1921) ごろ、米国のチニー兄弟商会の生糸検査主任フレデリック・シュムツが発明したもので、黒板上に生糸を幅1インチに糸100本の割合で並列させ、長さ500メートルを巻き取り検査するものであった(14デニール生糸)。

米国の有力絹会社シュワルツエンバッハ・ヒューバーは、大正12年(1923)7月23日取引先の生糸商に「以後の購入生糸はセリプレーン成績で契約する」と伝え、他社もそれに倣い米国絹業協会は、ここにセリプレーン取引へ移行することとなった。それを受け、大正13年から日本の製糸工場は、いずれもセリプレーン検査機を輸入し、工場でセリプレーン検査を行うようになった(図89)。

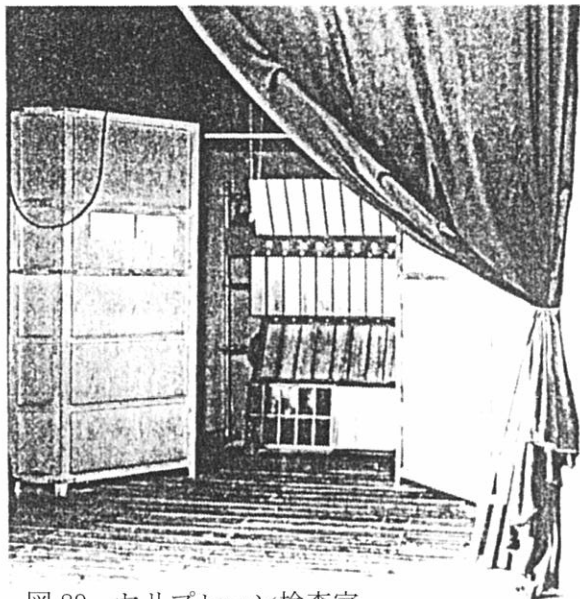


図 89 セリプレーン検査室

提案 加賀山君 此問題に就き御顧問は御意見があれば御達へ下す。委員 タウチイ君 私は米国の絹糸を代表して肥後委員の出席検査に因する最も明瞭且詳細なる御説明に對し感謝するものであります。此の御説明は絕對に明瞭であります。

日米生糸検査格付け会議

$$f = \frac{t-p}{t-1} \quad p-f = \frac{(p-1)t}{t-1}$$

ヲ代入スレバ

$$E(S') = \frac{(n-1)(t-p)E(G') + \{(N-1)(p-1)t-p(t-1)(n-1)\}E(G'')}{(n-1)Nt(p-1)}$$

$$E(S') = \frac{N-1}{N} \cdot \frac{1}{n-1} E(G') + \left\{ \frac{t-p}{t(p-1)N} E(G'') - \frac{t-1}{t} \cdot \frac{p}{p-1} \cdot \frac{1}{N} E(G'') \right\}$$

(a) (b) (c)

$$p > 1$$

(VI)

又 $p=1$ ナルトキハ (I) 及ビ (III) 式ニ於テ夫々 $p=1$ ト置ケバ

$$E(S') = \frac{1}{n} Q_1' + \frac{N-n}{(N-1)n} G_1' \dots\dots\dots (VII)$$

$$E(G') = \frac{n-1}{n} Q_1' + \frac{N(n-1)}{(N-1)n} G_1' \dots\dots\dots (VIII)$$

VII) 式ニ $n-1$ ヲ乘ジタルモノヲ (VIII) 式ヲ減ズレバ

$$(n-1) E(S') - E(G') = \left\{ \frac{(n-1)(N-n)}{(N-1)n} - \frac{N(n-1)}{(N-1)n} \right\} G_1'$$

$$\therefore E(S') = \frac{E(G')}{n-1} - \frac{G_1'}{N-1} \dots\dots\dots (IX)$$

(豊田 豊次郎)

図 90 昭和3年の日米生糸検査格付け会議

3) 日米生糸格付技術協議会

性状の異なる原料荷口を多数合併し、技術差のある工員が繰った生糸を集めた生糸荷口の均一性には自ずから限界があった。生糸の品質格付けへの苦情が増大し、日米間に深刻な事態を招く事となった。両政府の関係機関は相談し、品質実態を的確に表示する生糸検査格付け法を両国が研究し、昭和3年4月19日横浜で第一回日米生糸格付技術協議会が開かれた。日本側は生糸検査所が中心になり、豊田亀次郎博士の協力を受け、1荷口(600キログラム)の生糸集団から無作為に総糸を抽出し(繰糸工特性検出)、さらに1総からは検査料糸を抽出する(原料特性検出)二段構えの、世界に例のない、標本抽出理論に裏打ちされた検査法を以て会議に臨んだ(図90)。これは米国案を遙かに超えるもので、米国協議委員ダウチイは、「米国協議委員を代表して肥後委員の織度検査に関する最も明瞭かつ詳細なる説明に感謝します。この説明は絶対に明瞭であります」(要約)との賞賛を以て受け入れられた。以後検査の主導権は日本側に移り、政府は昭和6年(1931)法律第26号をもって「輸出生糸検査、品位格付け基準」を定め、輸出生糸は必ずこの検査格付けを受けたものでなければ輸出できないと定めた。その後の検査格付けの改訂も、日本案をもって国際基準とされるようになった。

4) 生糸品質世界一

(1) 御法川緩速多条繰糸機械

御法川直三郎(1851~1930)は「繰糸速度はカイコの吐糸速度と同じ」が理想との信念を持って器械の改良に取り組み、低速度下でも繭糸の添緒可能の固定接緒器・糸故障緒だけを停止させるストップモーション装置を装着し、従来の1分間の巻き取り速度220メートルを1/5に低速化し、その分1人担当の生糸本数を5倍の20本にした緩速多条繰糸機械を開発し、明治40年(1907)の東京勸業博覧会で1等賞を受けた。しかし一般には変わった機械程度に見られ関心は薄かった。一人片倉組の今井五介は将来の繰糸機械の姿として開発に資金的な援助を惜しまず、また大宮研究所で実用化の実験を進めた。この生糸は、大正12年、絹靴下用生糸として米国の絶賛を受けたがさらに改良を進め、昭和2年12月、片倉は多条機械の実用化に踏み切った。「ミノリカワ・ロウ・シルク」として世界にその名の知られた日本生糸の誕生である(図91)。

(2) 農林省蚕糸局の設置

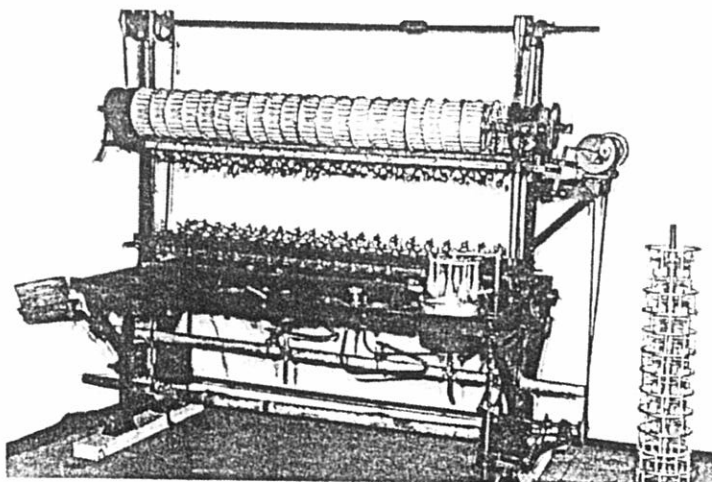


図91 御法川式繰糸機(市立岡谷蚕糸博物館)

人造絹糸の発達普及は米国ばかりでなく日本でも急速に発展した。大正2年に米沢市に帝国人造絹糸(株)、大正5年に神奈川県子安町に日本人造絹糸(株)、大正6年三重県松坂町に東洋人造絹糸(株)など陸続と設立され、昭和10年に日本は、米国と1, 2を競う人造絹糸の生産、輸出国になるのであった。

大正15年(1926)、加藤知正衆議院委員は第51回帝国議会で「エジソンは30年前に、養蚕業は50年内に地球から一掃されると予言したが、大臣はこの予言を認めるか」と農林大臣に迫り、人造絹糸にたいする蚕糸業の振興策を強く要求した。また同年1月2

7日、請願者男爵 藤村義明 紹介議員加藤知正の名で「蚕糸局設置」を誓願した。誓願趣旨 「本誓願ノ要旨ハ農村振興ハ刻下緊要ノ問題ニシテ之カ振興策トシテハ国産ノ太宗タル蚕糸業ノ発達ニ俟ツコト頗ル大ナルモノアリト信ス依テ斯業ノ健全ナル進歩発達ヲ期スル為速ニ蚕糸局ヲ設置セラレタシト請フニ在リ」

昭和2年5月25日、農林省の官制が改正され、蚕糸局が設置され、蚕糸業は産業振興に関わる行政機関もつのであった。

(3) 日本蚕糸学会の設立

カイコの品種改良や日米生糸検査格付け協議会に見られたように、技術の発展には勿論、営利に関わる国際問題の解決にも科学的な理論の大切さが認識されてきた。大日本蚕糸会、教育・研究機関や産業界、

さらに行政部門からも蚕糸の科学的研究の進歩発展の場としての学会設立が論じられた。昭和4年6月21日、小石川区の大和郷クラブで蚕糸学会創立について協議準備に入った。毎月の準備会を経て、昭和4年11月16日日本蚕糸学会の創立を見るに至り、翌5年2月、日本蚕糸学会誌第一

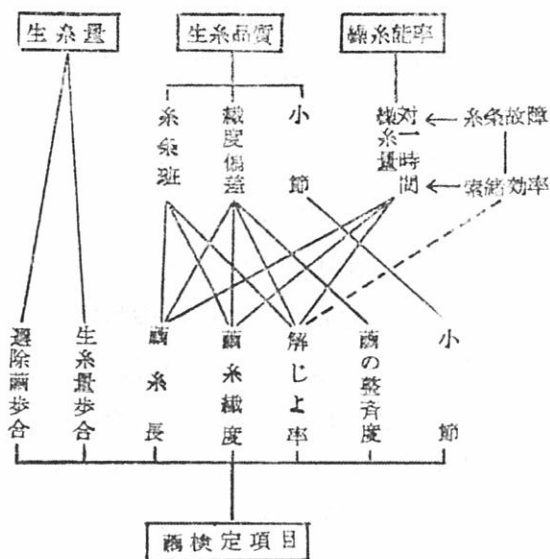


図92 繭検定項目の構成 (小島卓之)

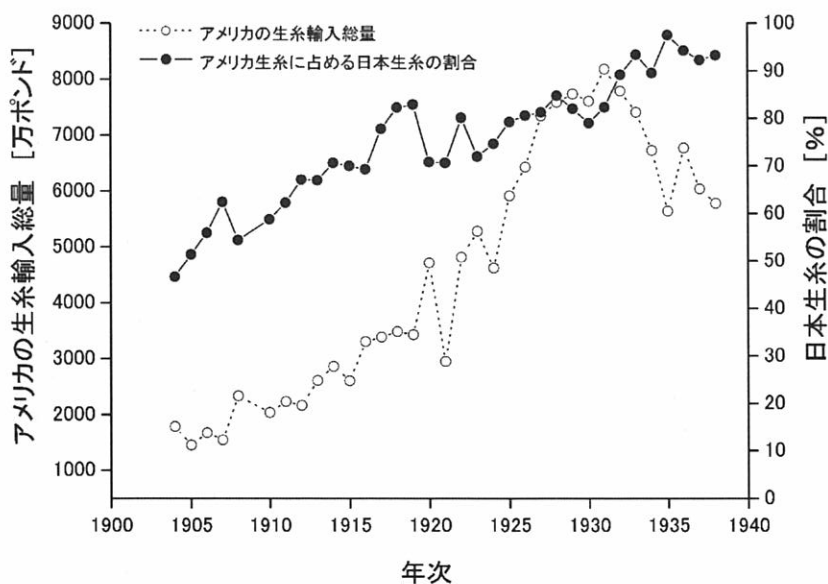


図93 アメリカの生糸輸入量の変化 (農林省蚕糸局 (昭和14年): 蚕糸業要覧 400p)

巻第一号が発刊された。

（４）繭の検定・格付

生糸の検査・格付は、必然的にそれらに最も大きな影響を与える繭特性と生糸特性との関係のもとでの、繭の検査と評価（格付）を必要とした。農林省蚕糸局中心に、農林省蚕業試験場が具体的な実行を担当し昭和６年に繭検定規定標準が、また９年には繭格付暫定案が定められた。さらに昭和１５年には繭検定法が定められ強制繭検定が開始された。この検定のための煮繭・繰糸の具体的な条件は、その時々の製糸工場の実態を勘案することになっていたため、定期的の実態調査がおこなわれ、これは日本全体の工務状況の数量的把握に役立ち研究、指導の基準となった（図 92）。

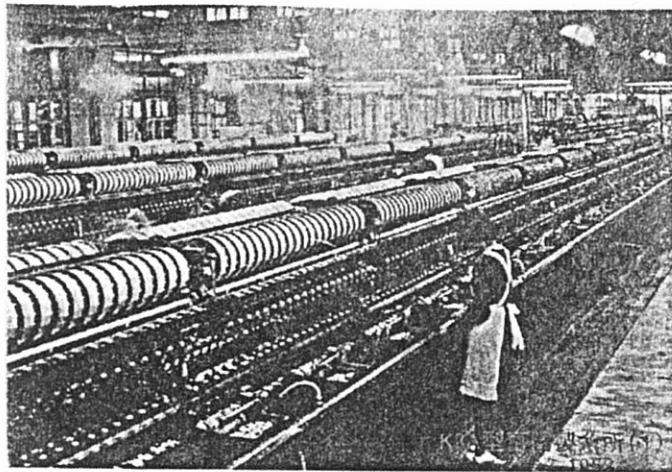
（５）日本生糸世界一の座に

緩速多条繰糸繰り生糸の評価の高まりと共に、多くの機械メーカーが参入し、昭和８年には 24 社を数えるに至った。日本生糸の品質は、生糸検査成績が示すように年ごとに向上し、高級絹靴下用生糸の生産が定着した。米国の生糸輸入量は、広幅織物の多くがヨコ糸に人造絹糸を使った交織ものになったことから、大正末から減少の一途をたどった。しかし、例えば昭和７年の統計が示すように、世界生糸の 87%を占める米国生糸の 93%を日本生糸が占めるに至った（図 93）。日本生糸は米国絹業との絆を深め、品質、数量共に世界一の座を占めるに至った。

しかし昭和 13 年（1938）、米国の大化学会社デュポンはカローザス博士が、化学繊維ナイロンを開発したと伝えるのであった。さらに昭和 16 年には日米開戦となり、生糸の輸出は途絶え、蚕糸業苦難の道はさらに続くのであった。

6. 戦後の生糸 ―国内需要への転換―

終戦当時の製糸業は、戦前対比で工場数 95%、器械の設備台数で 92%を失う、壊滅状態にあった。しかし、日本経済再建の先駆けとして連合軍総司令部により製糸業復興の道が開かれ、23 年度にはその後の設備台数にほぼ等しい 4 万 9 千台に達した（日本製糸協会十年誌）。しかし米国を初めとする世界の繊維業界は化学繊維の時代に入り、生糸輸出の道は厳しく、戦後の生糸は国内需要への転換を必要とした。後に河野一郎農林大臣がいう、戦後の蚕糸業は、明治の殖産興業・富国強兵時代の終わりを自覚し、自らの力で競争力を養い自主独立の道を歩む時代を迎え



富岡製糸所 K 8 A 型

図 94 昭和 26 年、定織自動繰糸機の稼働

た。

1) 自動繰糸機の開発

昭和26年10月、片倉工業は、走行中の生糸織度をデニールが感知し細限織度繰糸を行う、200緒背中合わせ400緒を1セットとする定織自動繰糸機片倉式K8型自動繰糸機を開発し、その1号機を片倉石原工場に設置した。世界初の実用定織自動機の出現である。この機種は、その後昭和28年までに片倉傘下工場に46セット設置された(図94)。

昭和27年7月、恵南協同蚕糸(株)は、落繭感知式自動繰糸機を開発し、同年10月鐘淵紡績(株)新町工場に設置し、その後1年間に各製糸会社に47セット設置した。

立川飛行機(株)から転換した富士精密工業(株)も27年に、たま10型定粒式自動繰糸機を開発し、日本レイヨン(株)米子工場に設置した。郡

是製糸(株)も26年郡是製糸の本宮工場に定粒式自動繰糸機を設置し研究開発を進めた。

大日本蚕糸会は、自動機の更なる開発発展を願いもこめ、昭和30年6月20日、工場で広く実用機として稼働している片倉式K8型自動繰糸機・YM式恵南型自動繰糸機・たま10型自動繰糸機にそれぞれ貞明皇后記念蚕糸学術賞を贈り一層の発展を願った。

こうして製糸業の自主独立への道は開かれ、昭和30年代には大木定雄の蚕試式織度感知器の開発もあり、日本は定織自動繰糸時代を迎えるのであった(図95)。

2) 定織繰糸法

— 細限織度繰糸法 —

股代に始まった繭糸本数を一定に保つ定粒繰糸法は、繭糸5本、10本合わせの細い糸繰りに適した方法であった。昭和5年、中川房吉は『糸条斑向上製糸法. 明文堂』のなかで「繰糸中の生糸が定めた太さ点に到達したら、直ちに1本の繭糸を添緒する」細限織度法という非定粒法を提唱した。図96にその方法により作られる生糸織度の変化が示すように、生糸の中心織度は、繭糸の太さに関係なく細限織度点の決め方で自由に調整でき、生

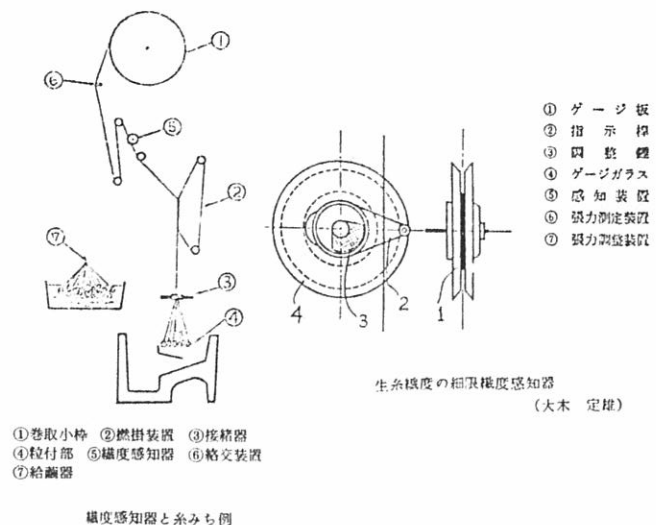


図95 織度感知器と自動機の糸道

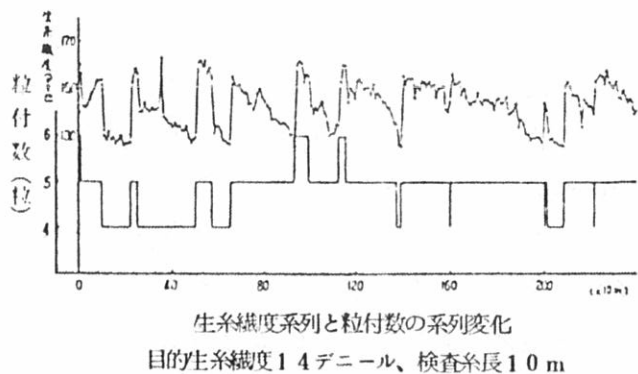
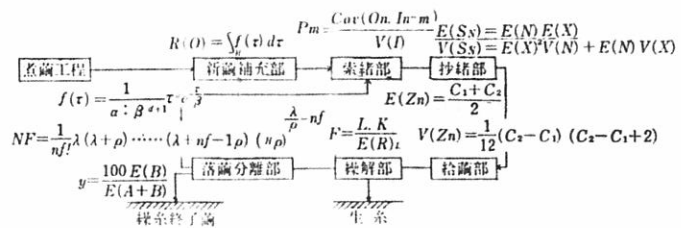


図96 定織自動繰糸法の織度変化図

糸の太さ波の上限は添緒繭糸の太さを超える事のない、この繰糸法は原料繭織度フリーの画期的な技術提案であった。問題は、繰糸中の太さを感知する技術の困難さであった。片倉工業のデニールーに始まる織度感知器の開発により、戦後この困難性は解決され、日本は新しい製糸技術の時代を迎えるのであった。



正しい糸口の生産と補給過程の構造

注) τ : 新繭補充間隔	$V(I)$: 投入繭数の分散	$E(SN)$: 平均抄緒繭数
H : 補充指示繭数に搬出された繭数の共分散	X : 搬入繭	N : 1抄緒段取り間の投入数
$V(SN)$: 抄緒数の分散	C_1, C_2 : 上下限制御繭数	F : 解じ糸長
Z_n : 給繭機繭数	$E(R)_L$: L 中の有効接緒数	$E(A+B)$: 落緒平均繭数
L : 検査糸長	y : 解じ率	NF : 索緒部おくりこみ
$E(B)$: 繰り終り繭数	$R(0)$: 新繭補充部の待機繭が0になる確率	繰糸落繭数, λ はその平均, ρ は伝播常数
$f(\tau)$: τ の密度分布	$C_{ov}(O_n, I_{n-m})$: $(n-m)$ 時点に投入された繭と n 時点	
P_m : 索緒滞留時間 m の確率		

3) 最適生産システム — フィードバック系をもった制御管理 —

図 97 正緒繭の生産と補給システム図 (農林水産技術会議・事務局 (昭和 43 年) 第 5 集)

「紙と鉛筆で不良品が減少する。高遠な数学を基礎に築かれた戦勝国の秘密技術」と銘打った米国戦時規格 (Z 1.1、Z 1.2、Z 1.3) の品質管理法は、終戦直後の混乱期に、日本産業復興の立役者となった。製糸業界も大きな期待を掛け特に片倉工業は会社を挙げ取り組んだ。しかし昭和 27 年に製糸にはなじまないとして中止した。なぜか。製糸の特殊性が論じられ、①繭糸を生糸に移行する縄綱にも似た単純な行程の製糸は、経営の指標となる生糸の品質・糸歩・能率は総て繭の善し悪しにもろに影響される原料依存型産業である。それにもかかわらず、②工場に集まる繭荷口は生産者・地区ときには品種さえ異なる多種類の繭が合わさったもので、繰糸行程に見られる混乱は、それら異質原料集団の時間的推移に原因することが多い。などが指摘された。当時の横山忠雄蚕糸試験場長は、文部省統計数理研究所の末綱恕一所長と相談され、系列現象の統計的研究を進めていた赤池弘次先生の協力を頂くことになった。その後この分野の研究は急速に進展し、ハード面の自動繰糸機と相まって自動製糸の最適管理システムが構築されていった (図 97)。

4) 自動繰糸時代

繰糸工程に見られる現象の変化から、煮繭工程の条件調整を中心に工程を管理運営する事で原料繭にあった生産が行われ工務成績は自動機の普及と共に向上した (図 98)。

(1) 対俵キビソ (索・抄緒の屑糸) 量

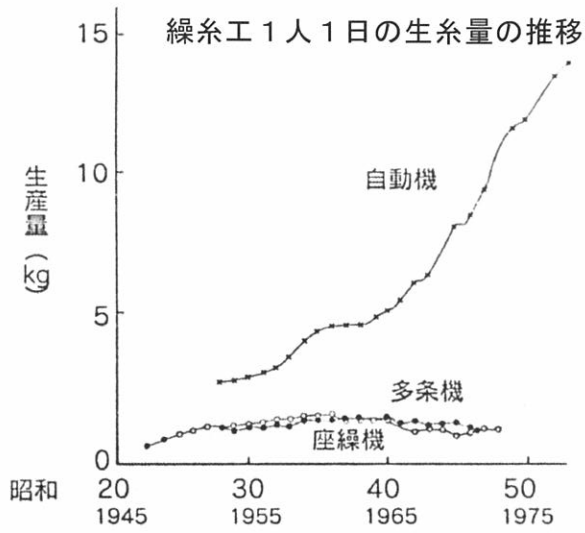
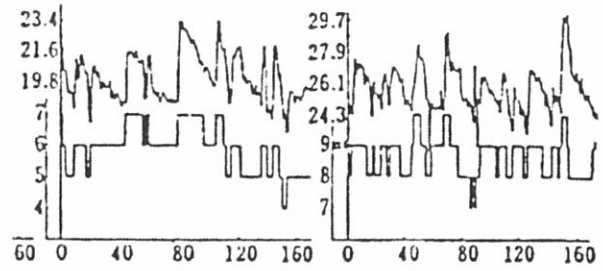
原料繭の性状にあうよう煮繭条件をつねに変更するフィードバック管理により、年間平均生糸 1 俵 (60 キログラム) あたり 6.5 キログラムあった屑物量が約半分の 3.2 キログラムに減少した。

(2) 繰糸工 1 人 1 日の生糸生産量

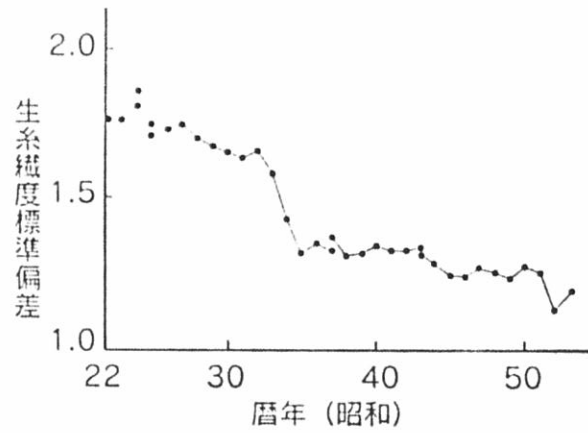
座繰機・多条機の繰糸工 1 日あたりの生糸生産量はおよそ 1 キログラムであったのに対し、自動機では 14 キログラムへ向上した。



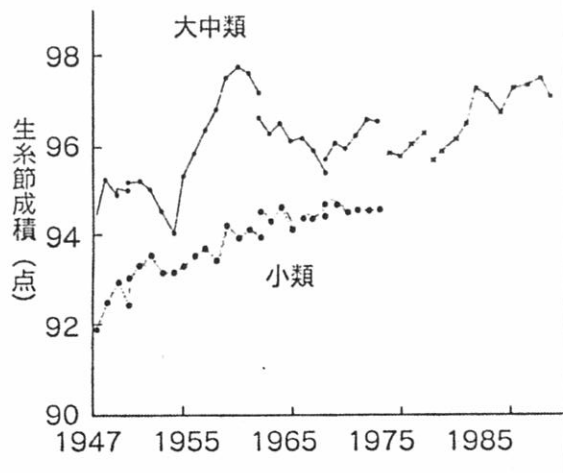
定織繰糸の織度・粒付数時系列



日本生産生糸の織度標準偏差の推移 (21d 生糸: 生糸検査所受験総数)



生糸節成績の推移



稼働繰糸機械台数の年次別推

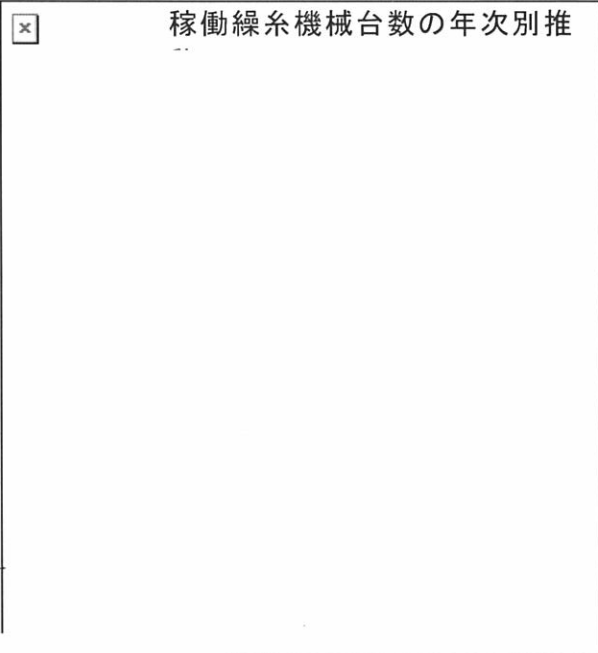


図 98 定織自動繰糸の時代

(3) 生糸節成績の推移

節成績は、採点規準の変更があったので、一概に比較できない。

しかし、原料繭の改良や性状にあった工程管理の行われた結果、屑物量にみられたと同じ事情で、大中節・小節成績はともに向上した。

(4) 定織生糸の織度系列

定織繰糸では目的織度を太くすると接緒が頻繁に行われ、それを示す平均接緒間隔は、平均繭糸長を平均粒付け数で除した値、となる。また 14 デニール以上の生糸織度系列にみられる接緒時の飛躍織度は接緒繭糸の織度を超えることはない。定粒生糸の織度系列で、目的織度の増大が接緒間隔に関係せず織度系列波の増大に現れた現象と対比的な違いをしめす。

(5) 生糸の織度偏差

定織生糸の織度系列が示すように、14 デニール以上の生糸にあっては、原料繭に依存する織度偏差は小さく、理論的には 0.3 デニール程度になる。生糸検査成績がそれ以上になるのは織度感知器間のばらつきや工程の管理乱れによることが主である。図の織度偏差成績にみられるように、日本生糸の織度偏差は定織自動機の普及とともに減少を示している。

(6) 稼働繰糸機械台数の年次別推移。

工務成績の指標となる、糸歩・能率・品質の3要素を顕著に向上させた定織自動繰糸機の開発により日本の繰糸は自動繰糸時代を迎え、明治以降日本の近代化を支えてきた糸歩向上の座繰器械も、絹靴下用高級生糸繰りの多条繰糸器械も昭和三十年代で共になくなり、日本生糸は定織生糸に統一された。

この自動繰糸機械、またはその流れを汲む機械が中国・ブラジルをはじめ世界各国の生糸生産の中心となって活躍している。

7. 繰糸理論の他分野への展開

製糸の特殊事情を解決するために導かれた理論がまた全く関係ない他分野に適用されている。確率・統計分野にみられるそのいくつかに触れる。

1) 生糸検査の抽出理論

平成4年、日本統計学会長に就任した竹内清会長は、会長就任の講演で「日米生糸貿易にお

日本統計学会誌
第22巻 第1号 1962 (平成4年)
1頁~6頁

会長就任講演

日米生糸貿易における統計学の役割

竹 内 清

The Role of Statistics in the International Trade
of Raw Silk between Japan and the U.S.A.

はじめに

本年度は日本統計学会創立 60 周年の記念すべき年であり、この時に当り、会長就任講演の機会が与えられましたことは、私にとり誠に名誉なことであり、この上ない歓びであります。

会長就任講演の演題をどうすべきかということについて、種々考慮の末、標題のように「日米生糸貿易における統計学の役割」とした次第ですが、これは、日米生糸貿易において、横浜と並んで果した神戸の重要な歴史的役割に思いを致したこと、日本統計学会創立 60 周年の記念すべき大会が神戸の地において開かれることになったということが、一つの契機になっております。

わが国において、日米生糸貿易の問題を、日本資本主義の発達との関連において経済史的に考察した研究は数多くみられますが、統計学の側面に焦点を合わせつつこの問題を系統的に考察したものは、殆んど見当たらないといえます。ここでは約 60 年前に遡りつつ、日米生糸貿易発展の上で果たした統計学の役割について考察しようとするものであり、一つの試論を提供するものであります。

図 99 竹内清・日本統計学会長就任講演

ける統計学の役割」について述べている（図 99）。昭和 3 年、横浜で開かれた、「日米生糸検査格付け会議」についてはすでに述べたが、竹内会長は利害が互いに絡み合う困難な国際貿易問題を、日本側の提案した「繰糸工の個人差と原料繭の集団特性が交絡する生糸検査成績の変動を新しい統計理論が見事解決した」ことを紹介している。その後標本調査法が学問体系を整えたとき、生糸検査理論は二段抽出理論として基礎理論の一つに位置づけられたという。女性の脚を美しく見せる絹靴下の理論が統計学の発展に貢献したのである。

2) 繰糸理論

文部省の統計数理研究所は 1994 年に創立 50 周年を迎え、その記念刊行物に製糸理論のいくつかが紹介されている（Hirotugu Akaike, Genshiro Kitagawa, Editors, The Practice of Time Series Analysis. Springer.）。繰糸作業は、繭糸を生糸へ移行させる何の変哲もない単純な行程のように見える。しかし、そこから生まれた繰糸理論はまた確率・

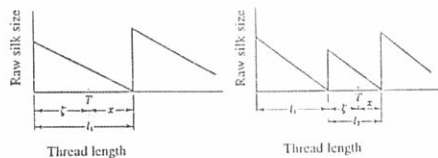


Figure 8.12 Model of fixed size reeling method

value x is given from the renewal theory (Cox 1962) as

$$P_T(x) = p(T+x) + \sum_{k=1}^{\infty} \int_0^T p(x+\zeta) p_k(T-\zeta) d\zeta$$

Here, assuming that $T \rightarrow \infty$,

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^{\infty} p_k(T-\zeta) = \frac{1}{E[T]}$$

where by putting $x + \zeta = t$, we have

$$\lim_{T \rightarrow \infty} P_T(x) = P(x) = \frac{1}{E[T]} \int_x^{\infty} p(t) dt$$

Now, by putting the descending angle of the raw silk size as θ , $\tan \theta = k$, the size of the feeding-end cocoon filament as Z , its probability density as $f(z)$, $z = kx$,

$$\begin{aligned} \Pr\{t \leq x\} &= \Pr\{kt \leq kx\} = \Pr\{Z \leq kx\} \\ &= \int_0^{kx} f(z) dz \end{aligned}$$

Thus the boundary size indicating the feeding-end of a single-string cocoon filament is called the limit size for cocoon feeding and is expressed by C . Here by putting the value of the raw silk size of the fixed size raw silk exceeding C as Y and the probability element of Y taking the value y as $g(y)dy$,

$$g(y) dy = \frac{1}{E[Z]} \int_y^{\infty} f(z) dz dy \quad (8.11)$$

Also the n -th moment of Y is given by

$$\begin{aligned} E[Y^n] &= \int_0^{\infty} y^n g(y) dy = \frac{1}{(n+1)E[Z]} \int_0^{\infty} y^{n+1} f(y) dy \\ &= \frac{1}{n+1} \frac{E[Z^{n+1}]}{E[Z]} \end{aligned}$$

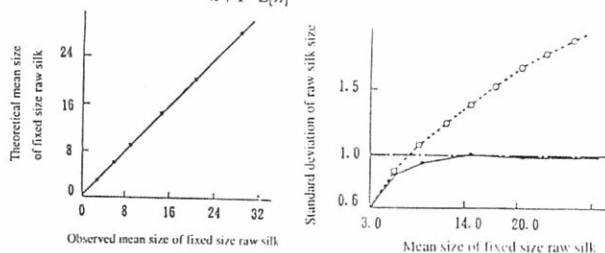


図 100 定織生糸織度の理論

8.3.4 Several Problematic Point

The estimation accuracy of the dwell time distribution is unexpectedly bad. With respect to this matter, several attempts for observation are made.

Dispersion of $\hat{p}_v$. From the time series $\{x_n; n = 1, 2, \dots, M\}$ of the cocoons thrown that are measured at the same time and the time series $\{y_n; n = 1, 2, \dots, M\}$ of the cocoons conveyed, the covariance is at first obtained as

$$C_v(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^{M-v} (x_n - \bar{x})(y_{n+v} - \bar{y}), \quad (8.23)$$

where

$$\bar{x} = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M x_n, \quad \bar{y} = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M y_n.$$

Secondly, the estimate $\hat{p}_v$ of p_v is obtained by

$$\hat{p}_v = \frac{C_v(x, y)}{s^2(x)}, \quad (8.24)$$

where

$$s^2(x) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (x_n - \bar{x})^2.$$

At that time, the variance of $C_v(x, y)$ is approximately given by (Bartlett 1968)

$$V[C_v(x, y)] \doteq \frac{1}{M} V[I] V[O],$$

provided that the number of the thrown/conveyed cocoons is in accordance with the stationary process. From this

$$\begin{aligned} V[\hat{p}_v] &\doteq V\left[\frac{C_v(x, y)}{V[I]}\right] = \frac{1}{V[I]^2} V[C_v(x, y)] \\ &\doteq \frac{1}{M} \frac{V[O]}{V[I]} \end{aligned} \quad (8.25)$$

$$= \frac{1}{M} \left\{ \frac{E[I]}{V[I]} \left(1 - \sum_{v=1}^{\infty} p_v^2 \right) \right\} + \frac{1}{M} \sum_{v=1}^{\infty} p_v^2. \quad (8.26)$$

In order to increase the estimation accuracy of p_v , it is recommended to enlarge tentatively the variance by ceasing throwing or by increasing the amount of throwing.

Research by Division The estimation accuracy of p_v is bad as is seen (8.25), and the M requires 1,500 points in order for the accuracy to stay within the range of ± 0.05 with the reliability of 95% even if $V[O]$ and $V[I]$ are the same. When such long-term data are required, attention has to be paid to stationarity. At that time, the time series is divided into N pieces of time series with the magnitude m and p_v is recommended with respect to each time series. Then $\hat{p}_v$ is estimated as the mean of p_{vi} 's ($i = 1, \dots, N$),

$$\hat{p}_v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{vi}. \quad (8.27)$$

The expected value and variance of $\hat{p}_v$ at that time are given as

$$E[\hat{p}_v] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E[p_{vi}] = p_v \quad (8.28)$$

$$V[\hat{p}_v] = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N V[p_{vi}] \doteq \frac{1}{Nm} \frac{V[O]}{V[I]}. \quad (8.29)$$

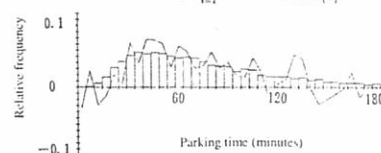


Figure 8.18 Parking time distribution in parking zone of supermarket (2).

図 101 自動繰糸滞留繭の分布推定

統計学はじめ他の産業分野に貢献している。

(1) 定織繰糸理論

定織繰糸理論のモデル化についてはすでに述べた。そこでは、繰糸されている生糸の太さが指定した太さまで細くなると1本の繭糸を付け加える接緒操作を繰り返す。ここでは接緒繭糸織度の分布特性から目的の生糸織度の生糸が繰られるよう接緒指示の織度を決定する理論が導かれている(図100)。ある工場では部品の在庫管理が行われている。在庫量はできるだけ少ないのが理想であるが、少な過ぎると部品が不足し運転中止の事態が起きる。その危険を決められた危険率以下に抑えるには部品数いくつになったら発注指示をすべきかが問題であった。それには、定織繰糸の接緒指令理論が利用されている。

(2) ブラックボックス内の滞留時間分布

1セットの自動繰糸機にはおよそ2万粒以上の繭が滞留し400本の生糸を生産している。その中には昨日の繭、時には一昨日の繭の滞留していることもある。技術的には滞留時間を短くし繭の新陳代謝を図ることである。しかし一度自動機械に投入されると繭の新旧の識別は困難である。時間的に投入される繭数の時系列データと同じく繰り終わって取り出される繭数の時系列データの共分散解析から滞留時間分布を導く赤池—白理論が導かれた(図101)。これは例えば茶葉の機械乾燥機の管理では処理機内の滞留時間分布をできるだけ小さくし、できるだけ一定時間の処理での品質保証が必要である。これもモデル的には、製糸の1セット内の繭の滞留時間管理と同じ問題で茶葉乾燥機械改良の情報収集に利用されている。

(3) 繰糸中に発生する落緒現象の理論構造

定粒繰糸過程では、繭糸が切断すると直ちに新しい繭糸を接緒補給する。しかし繰糸工は40本の生糸を受け持っているので時間遅れによる細斑が発生する。繰糸過程ではそうした原因を作る落緒(繰糸中の繭糸の切断現象)情報を手がかりに繭煮条件を調整し原料性状にあった生産管理が行われている。赤池のギャッププロセス理論は、解じょ糸長(接緒により繰られる繭糸の長さ)分布から、繰糸中の落緒情報を的確に把握する手順を与える(図102)。K本の繭糸

8.1.5 Multi-reeling Process and Gap Process

Let attention be paid to the multi-reeling process allowing a string of raw silk to be obtained by binding k pieces of cocoon filament. At that time, the dropping-end produced upon the individual filaments can be regarded as mutually independent among the cocoon filaments (Shimazaki 1961). From this it is construed that the time-dependent occurrence of the dropping-end noticed in the multi-reeling process is also given from its gap distribution. That is to say, supposing that the dropping-end number produced on the n -th division of the i -th cocoon filament is X_{in} ($i = 1, 2, \dots, k$) and the one of the raw silk thread with K cocoons is Z_n , we have

$$\begin{aligned} Z_n &= X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{in} + \dots + X_{kn} \\ E[Z_n] &= K P, \quad V[Z_n] = K P(1 - P) \\ \text{Cov}(Z_n, Z_{n+s}) &= K P(P_s - P) \\ R_{ks} &= \frac{K P(P_s - P)}{K P(1 - P)} = \frac{P_s - P}{1 - P} = R_s \end{aligned} \quad (8.5)$$

8.1.6 Variance vs. Thread Length Curve

Let it be considered that a variance vs. thread length curve required for settling a control criterion. Now supposing that the dropping-end number produced on an

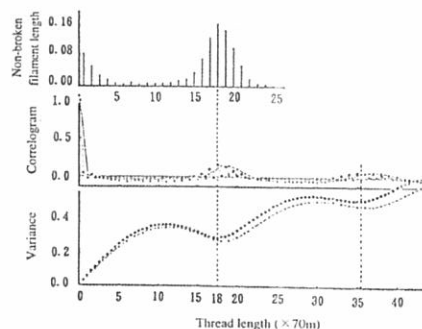


Figure 8.5 Non broken length distribution, correlogram and variance-thread length curve.

arbitrary division n of the multi-reeled raw silk obtained by the filature production is put as Z_n ($n = 1, 2, \dots, k$) and the one produced on the k pieces of the terms following the precedent divisions, i.e. in the kr test thread length is W_k ,

$$\begin{aligned} W_k &= Z_1 + Z_2 + \dots + Z_k \\ E[W_k] &= k K P \\ V[W_k] &= E[(W_k - k K P)^2] \end{aligned} \quad (8.6)$$

$$\begin{aligned} &= E\left[\sum_{n=1}^k (Z_n - K P)^2 + 2 \sum_{n=1}^{k-1} \sum_{s=1}^{k-n} (Z_n - K P)(Z_{n+s} - K P)\right] \\ &= K P(1 - P) \left\{ k + 2 \sum_{s=1}^{k-1} (k - s) \frac{P_s - P}{1 - P} \right\} \end{aligned} \quad (8.7)$$

(8.7) are obtained from (8.5). That is to say, it shows that the complicated change of the dropping-end variance accompanied with the test thread length seen in Figure 8.2 is caused by the reliability thread length distribution. An example of the dropping-end variance vs. the thread length curve of the raw silk estimated by obtaining an auto-correlation coefficient from the variance of 8-reeling cocoon filament is shown in Figure 8.5. From the figure, it is revealed that the position of the minimized variance coincides with the mode of the non-broken filament length distribution, i.e. the average of total cocoon filament length.

図102 定織繰糸過程の落緒特性

製糸の管理理論では、原料繭の性状にあった生産条件を素早く整え、原料に最も適した生産環境を作出する忠実なる原料奉仕のサーバント精神に徹するフィードバック制御が技術研究の出発点であった。その基本を整えた赤池弘次先生は昭和63年（1988）朝日賞、さらに平成18年（2006）には赤池情報量規準AIC—モデリング・予測・知識発見—の研究で第22回京都賞を受けた。平成21年8月お亡くなり、先生を偲ぶ会が11月東京會舘でもたれた。そのとき配布された『赤池統計学の世界』の表紙を飾る図絵は「一連の

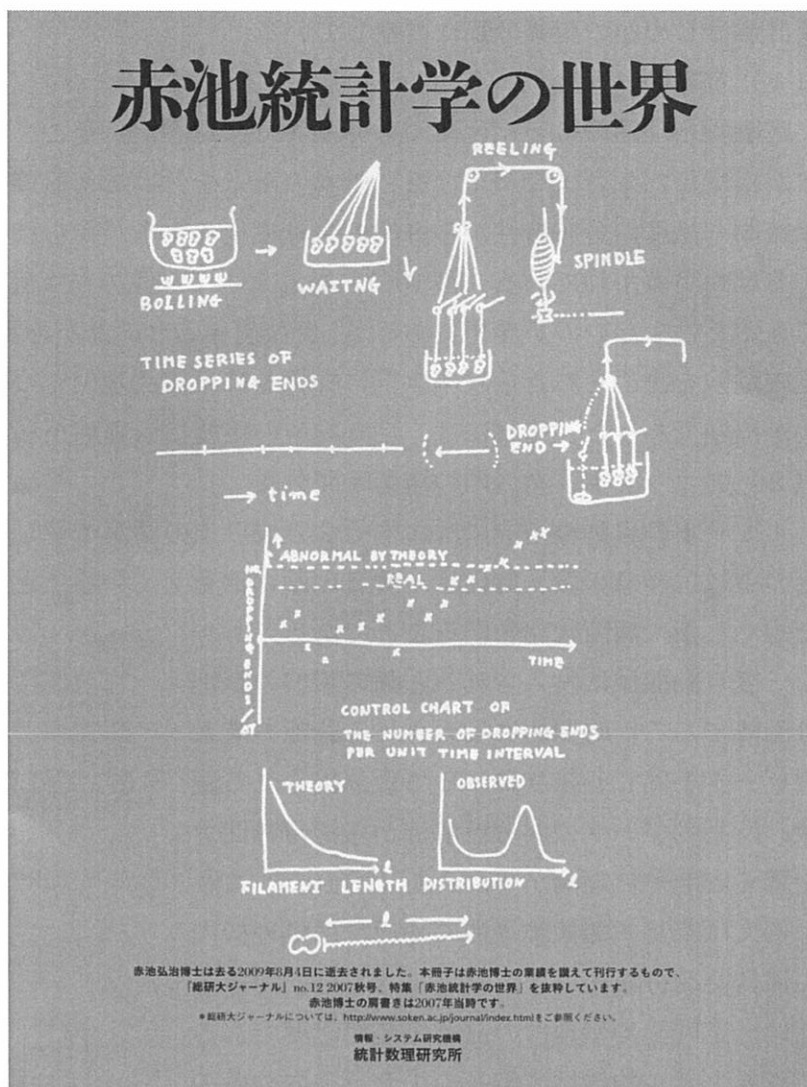


図 103 「赤池統計学の世界」の表紙を飾る落緒モデル

[illegible]

図 104 『皇后さまの御親蚕』の伝える糸繰りの悠久の世界

糸繰りの工程図」であった（図 103）。50 年以上前の糸繰り研究の思いを大事にしていた気持ちを感じた。

3) 時空を超えた天平びとの心

平成16年10月20日の皇后さまの古希によせて、『皇后さまの御親蚕』（扶桑社）が出版された。そこは、ここまでの技術一辺倒の話と違って、優雅なタンパク繊維、絹が伝える心の世界があった。そこでは経済性から皇后様のお飼いになっている「小石丸」の飼育廃止が話題になったとき、皇后さまが日本の純粋種として大切にお続けになった温かいお心遣いが、その後正倉院御物の復元を可能にされたお話。またその復元に携わった人々とのインタビューは「忠実な復元模造の物作りを通して、原宝物から伝わる、統制された現在の物作りに無い、実におおらかで規格外れが醸し出す、風格のある天平人の心が時空を超えて伝わってくる」と語っている。絹の糸が天平びとの思いを今に伝え、またいまの小石丸の糸が幾千年の未来へ心を伝える、「絹は日本の文化に思いを馳せる心を伝える、不思議な繰り糸」という（図 104）。

8. 糸繰りの未来

未来に言及することは慎まなければいけないと常々思う。それなのに、このたびの課題をいただいた。人と絹との関わりは七千年の昔からと、最近絹の宗国中国では出土品などから言われているという。人はなぜ、その大昔、絹と結ばれ、そして今に至ったか。糸繰りの未来を知る糸口を求めその流れの底流の跡をたどったが、久遠の時は長く深く、模糊としており、未来はやはり未知の世界である。しかし糸繰りは今までがそうであったように、これからも悠久に続く未来の世界に続く道との思いは強く思うようになった。そう学び得た根拠は次のようである。

1) 繊維加工の基本原則－繭糸は理想の織物原糸－

古代人は長い経験から、よい織物作りのコツは「できるだけ細くて・長くて・強い原糸を手に入れ、それを合わせて織物づくりの太めの糸に加工する」繊維加工の基本原則を会得し、理想の原糸としてカイコの吐く繭糸と結ばれた。

2) 生糸は繭糸最善の保管庫

繭糸の性状を素直に保存する手段として、古代人は「繰糸法」を編み出し生糸という保管倉庫に繭糸をそのままの姿で効率よく納めた。生糸は繭糸の保管庫である。

3) 糸文字は父子相伝の知恵

古代社会は奴隷社会。細い生糸の醸し出す雅な美しさ、優しさ、柔らかさを好む王侯貴族の糸作りは「繭糸五本合わせの生糸」という秘伝を糸文字に託した。糸文字は明日の命の保証のない奴隷たちの子孫に残した父子相伝の知恵。

4) 庶民の絹－極太生糸・砧うち－

強くて逞しく優しい庶民の絹作りは、繭糸 100 本以上を合わせた太糸作りの織物を砧うちし、織物組織を形作る太糸の生糸から元の繭糸の性状を復元した、セリシンを多分に含む密度の高い厚地織物。しかしその科学的技術の研究は、取り残されたままで今日に至った。これは今後取り組むべき大きな課題

5) 将来は心と共に－未来に伝える糸繰りの絹－

皇后さまの御親蚕、天平びとの心を伝える絹にみられたように、絹は、他繊維と違った不思議な命を持っている。細い生糸作りの大道と共に、その対極に位置する太い庶民の糸繰り・加工にも意を注ぎ、カイコの命を大切に生かす絹づくりの未来に夢を馳せた

い。