製糸機械の歴史

——明治初期までの発展過程——

篠原　昭

1　緒　言……1
2　繰糸機の原型……2
3　足踏式繰糸機……8
3・1　足踏機械の原理……8
3・2　中国の足踏機とその影響……10
3・3　足踏繰糸機と綿繰機……10
4　ヨーロッパの製糸機械……14
4・1　Duran の繰糸機……14
4・2　ピエモンテの繰糸機……17
4・3　ケンネルのこと……22
4・4　一人繰り繰糸機……27
5　付属装置の発達……28
5・1　接緒器……28
5・2　索緒器……31
6　機械要素の発達……35
6・1　歯　車……35
6・2　カムと綾振り……38
6・3　パイプとねじ……39
7　自動繰糸機への道……41
あとがき……46

1　緒　　言

幕末から明治にかけて，我国在来の製糸技術にいくつかの大きな変革がもたらされたが特に繰糸機の動力面で，以後の我国の製糸機械の流れを決める二つの重要な技術革新があったことに注目してみたいとおもう。

その一つはヨーロッパからもたらされた蒸気機関を中心とした機械動力であり，他の一つは家庭用繰糸機としての足踏機の出現である。座繰，多条から今日の自動繰糸機に至る産業機械としての繰糸機械と，座ぐりの俤を残した軽便な足踏式繰糸機との二つの流れに分岐するのが明治の初年である。

洋式技術の導入以前はいわゆる座ぐりや手どりが行われており，一部で水車動力が試みられはしたものの，大部分は手廻しによる一条繰りか，せいぜい二条繰りが開国後の生糸ブームに便乗して出現した程度で，自分で糸枠を廻し，接緒するという方式であった。足踏式が明治以前に行われたという記録は見当らない。足踏による繰糸は中国においてはかなり古くから行われており，中国の文献を引写した我国の書物にも足踏式の繰糸機が紹介されているが，普及はしなかったようである。一方ヨーロッパにおいても足踏式の繰糸機は出現したが，検定用などに利用されたに過ぎない。

洋式繰糸機械は普通フランス式とイタリー式とに分類されているが，その最大の違いは繊（より）かけ方法で，前者は共撚り（シャンボン）式であり，後者はケンネル式である。フランス式は言うまでもなく政府によって富岡製糸場へ組織的に輸入されたのであるが，イタリー式は明治初年に果して輸入されたのかどうか疑問な点が残されている。前橋製糸場で機械の製作運転を指導したミューラーは，イタリーで製糸技師をしていた

経験を生かしてイタリー式の機械を日本で製作したのであって，完成した機械を輸入したわけではない。

明治4年6月，東京南校の教師イタリー人メジョールがボルセインホークスならびにアイス式22組の製糸機械を速水堅曹に贈ったという蚕史の本にある記述を，そのまま「イタリー製の機械」として認めることには躊躇せざるをえない。東京南校は大学南校であろうが，この南校にイタリー人メジョールなる人物がいた形跡がない。当時の南校のお雇外国人の中にイギリス人メイジアー (Major) という名が記録されているところをみると，イタリー人でなくイギリス人 Major ではないかとおもう。製糸機械にボルセインホークス式とかアイス式とかいう名は以後全く耳にしないし，これは明らかに英語式の発音に近い。これの出典は恐らく速水堅曹の手記によるものであろうが，堅曹の記憶違いということも十分考えられる。いずれにせよ，フランス式の繰糸機のように，組織的に輸入されていないとみるのが正しいとおもう。

では当時のイタリーやフランスではどんな繰糸機が使われていたのだろうか。ヨーロッパの製糸機械の歴史についてはパリゼ (Pariset)[1] やジルベルマン (Silbermann)[2] その他若干の本に書かれている程度であまりはっきりしていない。最近，福岡大学の松原建彦[3] が18世紀のフランス製糸業に関する研究をまとめられ，この分野にも漸く曙光が見えはじめたという状態である。

一般に，製糸機械というときには繰糸機の他に乾燥機，煮繭機など周辺の機械をも包含する場合が多いが，本稿においてはこれを繰糸機に限って論ずることにする。繰糸機は機能的にいって，繭を浮べておく鍋の部分と，集緒，抱合，絡交などの糸道部分，それに糸を巻取る部分とに分けることが出来る。一方作業をする人間の立場からいえば，いわゆる繰糸作業を中心に煮繭，索緒などの作業を兼業し，更に手や足を使って動力機の役目を果してきたし，時には火を焚くなど熱源供給の作業も兼務していた。そして，それの発展段階でその一部が機械化され，あるいは他の人間による分業が行われるようになって来た。

繰糸機械は作業機としては極く簡単なものであるため，残された資料も少なく，従来の技術史ではあまり取上げられて来なかった。本稿では製糸作業における人間と機械の分担の問題を中国やヨーロッパからの技術導入の過程に合わせて論じてみたいとおもう。従ってその時期は明治初期以前に限定することにする。

2 繰糸機の原型

大昔の繰糸法を探ろうとすれば当然養蚕の起源と同様，中国から東南アジア地方にそれを求めることになろうが，これはヨーロッパの製糸機械の歴史を調べるよりもはるかに難かしい。日本書紀にもあるように，最初は恐らく繭を口にふくみ，唾液でセリシンを軟化させて糸を引き出すようなことも実際に行われたとおもう。文政10年 (1827) 北

1) E. Pariset : Les industries de la soie, Lyon, 1890.
2) H. Silbermann : Die Seide, Band 1, Leipzig, 1897.
3) 松原建彦「フランス近代製糸・撚糸工業の成立過程」，福岡大学経済学論叢，第21巻，第2・3・4号，pp. 197—237 (1976)

沢始芳の著した「山繭養法秘伝抄」にある繰糸法はもっとも原始的な方法であろう。この絵は「明治前日本蚕業技術史[4]」や加藤宗一の「日本製糸技術史[5]」にも引用されている。要するに繭から直接手で糸を引き出し，それを枠にも巻かず，たぐり寄せて置くという簡単な方法であった。この方法では道具とか機械とかは全く使われていない。

加藤宗一によれば，この方法は昭和になっても我国で行われ，こうして作った糸を信州では「ひっつり」と呼んでいたという。大分県玖珠郡九重町の吉光ナラさんは現在でもこの方法で糸を挽き，紬を織っているという。辻公也[6]の報告によると「湿らせた繭から糸を左手で自分の膝の上に引き出し，右の掌で押して撚っていく」という。信州でいうひっつり糸である。

昭和2年（1927）に出版された針塚長太郎編「鮮満の蚕糸業」には南朝鮮におけるこの種の繰糸法について次のように書かれている。

「各養蚕業者は自己の飼育して得たる産繭を取りて簡易なる繰糸器にすら依ることなく，殆ど自ら手を以て紬出し，これを自己の衣服の資に供するが如き状態なりし。」（p. 13）

これによっても比較的近年まで日本や朝鮮方面にこの方法が残っていたことがわかる。恐らく今日なお東南アジアの各地で細々とこんな方法で糸が繰られているものとおもう。

すでに述べたように，繰糸機はその作業内容によって大きく三つに分けて考えることが出来る。すなわち鍋と集緒・抱合をする糸道部分，それに巻取りの三つである。問題になるのは集緒・抱合と巻取のどちらが先に機械化されたのかという点である。原始的な繰糸をしていた時代には繭の生産者が糸を繰り，機を織り，染色もしていた筈である。絹織物を織るときに抱合の悪い糸では織りにくいし，できばえも悪いということを経験を通して熟知していたとおもう。従って当然抱合をよくすることに気を配ったこととおもう。

集緒し，糸条をより密着させて，丸い糸にするという技術は製糸独特のものであるが，巻取りは何も繰糸だけのものではない。最初は「山繭養法秘伝抄」の挿絵や上述の朝鮮での原始的な繰糸法のように，繰り取った生糸を桶や籠にたぐり入れていたのだとおもう。麻の場合にも同じで，この糸を入れるものを「をぼけ（苧桶）」と呼んでいた。やがて「牛っ子」とか「牛首」とかの簡単な枠台が出て来る。問題はむしろ集緒・抱合をどうするかの方である。我国では指を用いたり，毛髪の輪（毛坊主とも呼んだ）を用いたり，針金を用いたりして来たが，中国ではどうなっていただろうか。

天工開物（1637）の絵をみると，上部に円筒のようなものがあり，星丁頭と書いてある。下に孔のあいたものがあり，糸がこの穴（竹針眼）を通り，上の円筒に半巻きあるいは1巻きし，絡交杆（送糸干）とおぼしきものを介して大枠に巻かれている。2条繰りでありながら，大枠には1綛分しか巻かれていないなど，絵は不正確で，お世辞にも上手とはいえない，糸道の正確な道順をこれで辿ることは難しい。いずれにせよ集緒器

4）日本学士院編『明治前日本蚕業技術史』，1960，日本学術振興会，p. 291
5）加藤宗一『日本製糸技術史』1976，製糸技術史研究会（上田），p. 22
6）辻　公也「九州の現代工芸を訪ねて」，衣生活研究，第3巻，第2号，p. 55（1976）

図1　天工開物の足踏式繰糸機

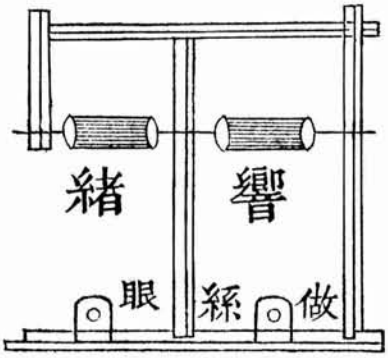


図2　中国繰糸機の集緒器と抱合用の車

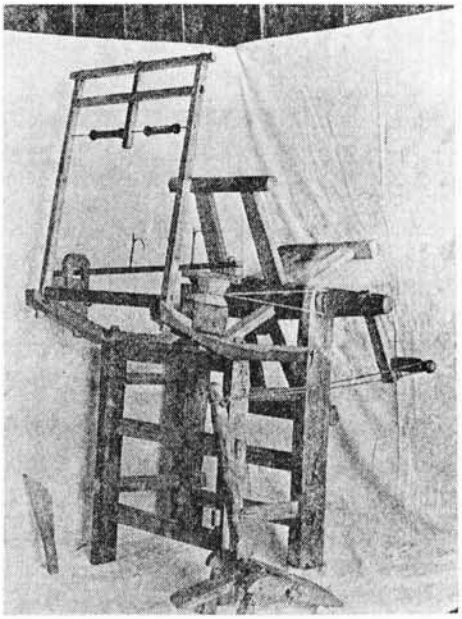


図3　中国の足踏繰糸機（松永）

図4　朝鮮在来の繰糸法（本多）

や綾振りを設え，抱合についての工夫もなされていた。動力は足踏みで直繰であった。

時代はずっと降るが，「広蚕桑説輯補」（光緒丁酉，1897）には「牌坊式」というものの図が載っている。牌坊というのは額を掲げた門のことで，我国の鳥居に似たものである。図2のように木の枠からなり，下に「銭眼」と称する孔があいている。これが集緒器の役を果している。またその上方に「響緒」という円筒状のものがあるが，その表面には軸に平行な溝があり，円筒の表面が波状になっている。銭眼で集緒された糸がこの円筒に半回乃至は数回巻かれてから枠に巻き取られたものとおもう。これは天工開物のものと全く同じである。

松永伍作の「清国蚕業視察復命書」（明30，1897）にある「浙江省旧式製糸機械」の写真によると，これが一層はっきりしており，天工開物の時代から一歩も前進した跡がない。写真でみると，円筒は2枚の円板の周囲に針金を植え込んだ鼓車のようなもので，機械工学でいう提灯歯車（lantern wheel）である。いずれにせよ天工開物にある繰糸機は当時としてはかなり進歩したものであった。ただヨーロッパのように繊掛け法による抱合性の向上には思いつかなかったようである。

更に古い時代にはどのような繰糸機が使われたのだろうか。本多岩次郎の「朝鮮支那蚕糸業概観」（大正2年，1913）には「朝鮮婦人在来法ニ依ル繰糸状況」という写真が載っている。これも牌坊式で，相対する2本の柱の間に上下2本の丸木か竹のようなローラを渡し，糸を下のローラの下からくぐらせ，上のローラの後側からこれに掛け，更に下のローラの手前がわから引張る方式で，2本のローラを一巻きした形になっている。繭は右手にもった箸で操作し，左手で糸を引き，繰糸された糸はそのまま台の上にたぐられたままになっている。なおローラへの糸の掛け方はこの他にもあったらしく，下のローラの下側から上のローラの手前を通ってかけ，そのまま引張るものもあったことが，この本の別の写真からわかる。これについて本多は次のように報告している。

「内地ニ於テ往古行ハレタル座繰器ノ如ク簡単ナル繰枠ヲ用ユル者ハ寧ロ最モ進歩セルモノニシテ多クハ方言『チャサ』ト称スルモノ又ハ単ニ股ノアル木枝ヲ用ヰテ抽出シ甚ダシキハ単ニ手指ヲ以テ抽出ス『チャサ』ハ台板ニ相対セル二本の柱ヲ立テ竹管ヲ通ゼル鉄線二条ヲ渡シ撚掛ノ作用ヲナサシメ台ノ一端ニ肘壷ヲ付シ集緒器トナセルモノ也。木枝ノ股ヲ利用スルモノハ其分レタル二本の枝ニ竹又ハ滑カナル他ノ小枝ヲ横ニ渡シ其三角形ヲナセル内部ニ糸ヲ通シテ繰リ上グル様ナルモノナリ。繰リ枠ハ内地往古ノ座繰器ノ如ク前記『チャサ』ニ依リ集緒シタル糸ヲ枠ニ巻取ル様装置セルモノナリ。『チャサ』ハ多ク中部地方ニ行ハレ木枝ハ多ク北部平安咸鏡方面ニ行ハレ繰枠ハ多ク南部全羅慶北地方ニ行ハル」（pp. 53～54）。

この他にこれに枠のついたものの写真もあり，それには「多ク南鮮地方ニ存シ，北方ニハ之ナシ」と説明されている。枠は木製の四角枠である。針塚長太郎編「鮮満の蚕糸業」（昭和2年，1927）には枠を使って繰糸している写真が載っている。これらを総合すると，枠を用いて糸を挽くようになったのはローラ式抱合装置より時代が下ることがわかる。枠で巻き取るためには，ある程度繰糸速度が速く，能率が上っていることが必要で，原料繭が悪く，煮繭の技術も悪く，手で細々と引き出す程度であれば，枠は不要だった

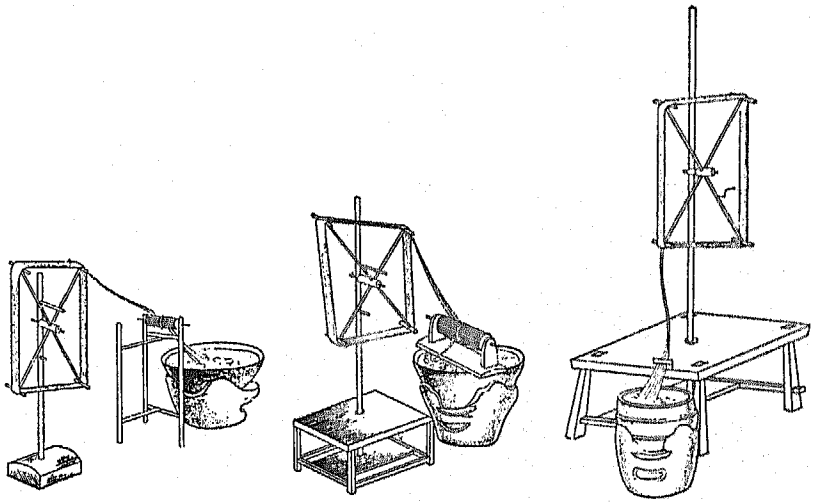


図5　南中国の座ぐり（本多）

とおもう。しかし抱合だけは良くしておかないと，あとで製織するときに大変だったのだろう。

本多岩次郎の本には図5のような南清の座繰機の図が3種載っているが，その一つは抱合器のないもので，他の二つはいわゆる円筒形の抱合器をそなえてはいるが，その形式は天工開物のとはかなり異っていて，何れも太いローラを一本使用している。しかし原理的には牌坊式で，中国でも古い時代には集緒器だけのものだったのが次第にローラ式の抱合装置を具えたものへと進化してきたものとおもう。大関増業の「機織彙編」（天保元年　1830）にも両口という車のついた繰糸機の図があるが，日本で使われたか

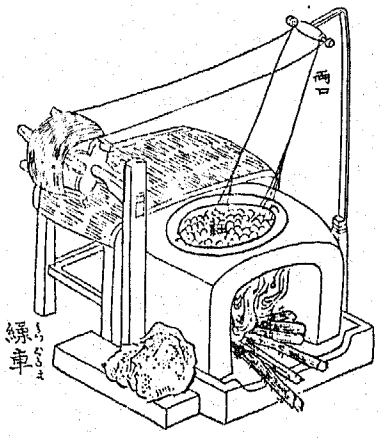


図6　「機織彙編」にある繰糸機

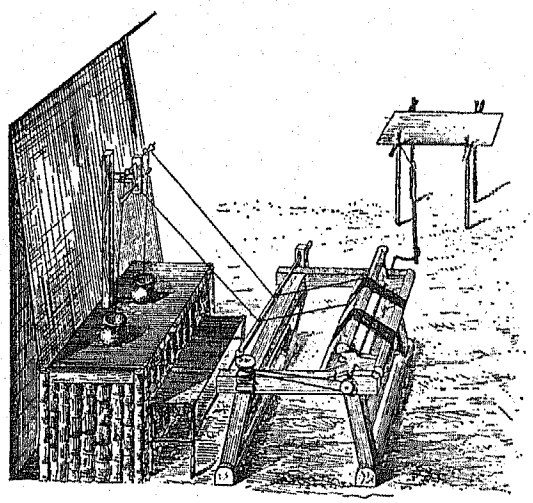


図7　インドシナ地方の繰糸機（Ponchon 1886）

否か疑問である。

版坊式の繰糸機はベトナム（アンナン）地方でも行われていたことがパリゼ（1890）やジルベルマン（1897）の本に紹介されていることでわかる。図7は1886年の報告* にあったものである。

これは天工開物のを手廻しにした形式のものである。その実物写真—一人が繰糸し，一人が枠を廻している—が L. Vignon et I. Bay の「*La soie*」（1914）に載っているし，この実物が東京農工大学の繊維博物館に所蔵されている。これも牌坊式のもので，いずれもローラが1本であり，朝鮮のように2本のものではない。

パリゼの本に原図があり，金子英雄の「製糸化学」（昭和7年，1932）や加藤宗一の「日本製糸技術史」（1976, p. 83）にも引用されている中国の繰糸機は，2本のローラを綿繰機のように重ねたもので，このような例はあまりみられない。これには集緒器もついており，何時の時代のものかよくわからない。しかし枠の造作などからみて，かなり新しいものではないかとも考えられる。

現在もなおタイ国あたりで使われている繰糸機に，図8のようなものがある**。これは明らかに提灯車を一コだけ用いた簡単なものである。農林水産省蚕糸試験場の堀内彬明技官の話によると，巻取り枠を使わない地方もあるらしい。

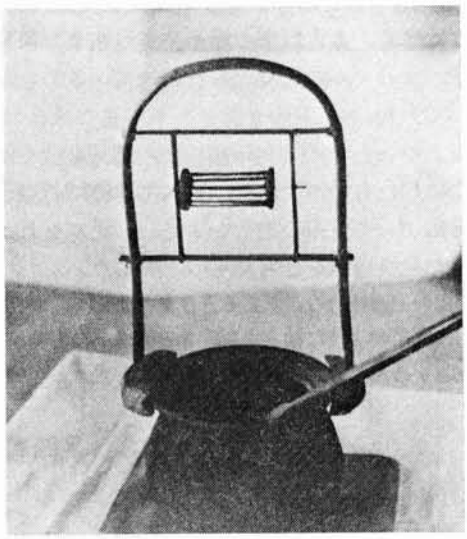


図8　タイ国の繰糸機（堀内彬明氏撮影）

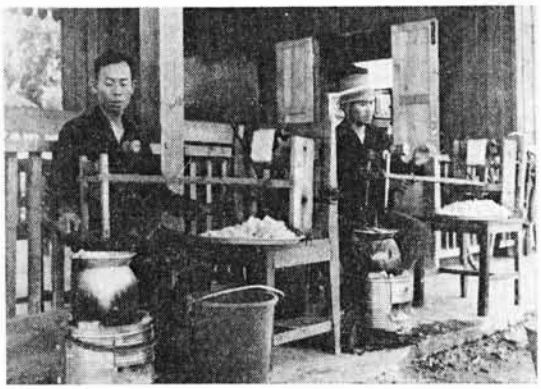


図9　タイ国の繰糸法（堀内彬明氏撮影）

* M. M. Ponchon : Sericiculture en Cochichine, (Laboratoire D'études de la soie, 1886, p. 49–64.)

** 岡谷蚕糸博物館に実物が所蔵されている。

タイ国でも，この提灯車を２コ用いたものも使われている。この写真をみると，糸道の途中に更にもう１コの車をつけ，恰も繊掛けをしているように見えるものもある。繭が極度に悪く，太古以来の繰糸法が現在まで保存されてきているものとおもう。同類の繰糸法がネパールの辺境でも行われていることが森田稲吉郎氏の撮られた写真から知ることが出来る。

以上のことを考え合わせると，道具を全く使わない繰糸から，木の枝の股の部分を集緒器にしたものが現われ，更に木の枠に竹のような丸木をつけ，これに糸をひっかけることによって生糸の抱合をよくし，更にそれが２本になり，やがて竹が提灯車になるといった発展過程をとったものとおもう。

なお堀内技官の話によると，タイ北部で発掘された古墳の壁に，図８の繰糸機に似た牌坊あるいは鳥居のような絵とも落書きともつかぬものがあるらしい。これは紀元前2000年くらいのものだというから恐らく最古のものだとおもう。今後の調査を期待している。

3　足踏式繰糸機

3・1　足踏機械の原理

ヨーロッパの繰糸機の多くは繰糸工以外の人によって手で廻される分業式から出発した。中国の耕織図にある繰糸作業の絵でも繰糸工と別な人が枠を廻している。一方我国の在来の座ぐりなどは，繰糸工が自分で回転も行なう兼業式であった。三丹地方のうつで繰りでは竹筒のような円筒状の糸枠を手で叩くようにして廻したし，上州式など多くのものはハンドルを廻す方式のものであった。従って繰糸工は接緒を中心とする繰糸作業を片手だけで行わなければならなかった。そのため能率が悪く，能率を上げようとおもえば，どうしても粗悪な生糸を挽くことになったのである。

安政開港以降，明治初年にかけて上州や信州で二ツ取り通称「リャン取り」と称する２条繰りの座ぐりが一時的に流行し，それで挽いた生糸の粗悪さのために，海外での日本生糸の評価を著しく低下させてしまったことがあるが，この原因は片手で枠を廻し，他方の手で２条繰りをしようと無理をしたことによるのである。マルクスは資本論の中で

「人間が同時に使用し得る労働用具の数は，彼の自然的生産用具の数によって，彼自身の肉体的器管の数によって，制限されている。ドイツでは一人の紡績工に二つの紡車を踏ませ，したがって彼に両手と両足とで作業させることが試みられた。これは骨の折れすぎることだった。その後二つの紡錘をつけた踏紡車が発明されたが，同時に二本の糸を紡ぎ得るような紡績の名手は，ほとんど双頭の人間の如く稀有だった」
（第４篇第13章，向坂逸郎訳，岩波文庫）

と述べている。紡績と繰糸とでは作業内容が異なるが，人間工学的にも作業に限界のあることを指摘したものとして注目したい。リャン取りでよい糸を挽くには，やはり双頭の人間が必要で，そのためには両手が作業に使えるように，枠廻しから片手を解放することが必要だった。

座ぐり機の動力は片方の手であるから，これを他の動力に置き換える必要がある。機

械的な動力を使わないとすれば，当然足による動力が考えられる。ミシンも初めは手廻しであった。それがやがて足踏となり，現在の電動式にと進化して来たのと似た経路を繰糸機も辿るのである。

足踏みの機構は家庭用ミシンなどで知られているように，足によるレバーの運動を回転運動に変えることである。機械工学ではこれを挺子・クランク機構と呼んでいる。しかし技術史的に眺めてみると，足踏によって連続的な回転運動を得ることは必ずしも容易なことではなかったことがわかる。足踏機構を実用的な作業機に応用した最初の人はレオナル・ド・ダ・ヴィンチだと言われている。コネクターに紐を用い，はずみ車のついた旋盤の絵がアトランチス手稿に載っている。1500年頃のものである。ミシンの踏み板に相当する，いわゆるトレードルは手機織機のそれのようなものであった。また1524年のグロッケンドン聖書に踏木の絵が載っている。その後 Brunswick の石工の Jurgens 親方（1530）が足踏のメカニズムを発明したと言われているが，これはダ・ヴィンチのものに似たものであったらしい。

ヨーロッパで足踏機構を採用したものに糸紡ぎの機械がある。欧州で古くから用いられていた糸紡ぎの機械としては，日本でブンブンと呼ばれている糸車に似た，手廻わしの紡車（spinning wheel）がある。従って糸を紡ぐ作業は片手だけで行われていた。足踏機の発明によって，この回転が足踏みで行われるようになり，両手が糸紡ぎに使えるようになったのである。

糸車の直径は具合のいいことに，高速を出せるように大きく出来ていたので，これが足踏機になったときにはずみ車の役割を果すのである。絵でみると初期の足踏紡績機のコネクターには，ダ・ヴィンチの旋盤と同じようにフレキシブルな紐が用いられたようである。紐であればベアリングなど機構的に面倒な問題を回避することが出来たからだとおもう。足踏式の紡績機は普通サクソニー（Saxony）と呼ばれているが，これが一般に普及したのは17世紀頃からである。しかしヨーロッパでは足踏式の繰糸機は現われなかった。

足踏式へ発展する過渡的な機構を揚返機にみることができる。初期の揚返機は一般に背の高い機械であり，人が立って直接枠を廻すことが出来たが，明治初期まではクランクに紐をつけ，座ったままで紐をコネクターとして回転させていた。揚枠がはずみ車の役をはたしたのである。恐らくこうした方が手で直接廻すより楽だったからであろう。農家で使う唐箕の回転はクランクに木の棒をつけ，棒の一端をつかんで手を上下させながら回転させていた。この方が手が疲れないからである。車に面と向ってグルグル廻すのは大変な作業である。フォークリフトのハンドルのように手をコネクターとしてまわす方が人間工学的にみてもはるかに楽である。この間の事情を平田寛は碾臼の回転を

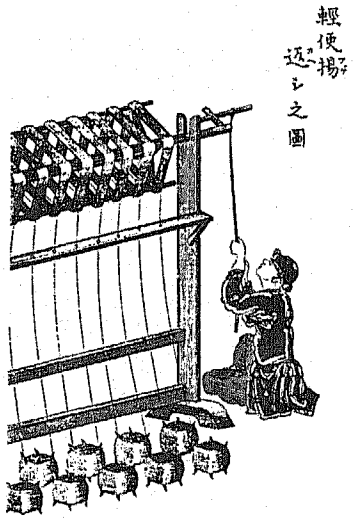


図10　ヒモをコネクターとした揚返機，明治初期（蚕事図会）

例に次のように述べている。

「回転手びき臼は上石の中心から水平に放射状に出た数本のスポークでまわすよりも，取っ手をにぎってまわすほうが容易である。両者の能率は後者が12倍であるという。その秘密は，垂直の取っ手をにぎってまわす場合，そのにぎりは，回転につれて取っ手にたいして変っていく点にある。つまり，取っ手がにぎりのなかで回転し，にぎりと手くびは，前後運動をしているのに等しい。そしてこれは明らかに，クランク運動である。」（失われた動力文化，1976，p.62，岩波新書）

3・2　中国の足踏機とその影響

中国では17世紀頃には足踏式の繰糸機が実用化していたようである。1637年に出た「天工開物」や1639年の「農政全書」にある繰糸機の図などをみると，明らかに足踏式で，クランクを廻し，大枠を動かす方式のものである。後者にある南繰車之図などは，動力を別にすると後述のピエモンテの繰糸機によく似ていて，前方巻取式になっている。

中国でも1131年の耕織図にあるように，大枠は繰糸工とは別な人が廻す分業式であって，ヨーロッパと似たようなやり方である。従って足踏機構が普及し始める時代もヨーロッパとそんなに変らないとみるべきであろう。

ではその足踏式の機構がどうなっていたのかというと，どうもはっきりしない。いくつかの絵が残されているにも拘らず，機構を正確に写生したものは全くないと言ってもよいくらい不正確である。

しかし，中国では明治・大正期になっても天工開物のものと殆ど同じ繰糸機が使われているので，この新しいものから当時を類推しても大した間違いをおかすことはないとおもう。

明治30年の松永伍作の「清国蚕業視察復命書」の中に図3のような「浙江省旧式製糸機械」の写真が載っている。これは天工開物のものと全く同じ形式のものであり，ペダルの形もよくわかるし，コネクターには紐が用いられている。これは大枠が大きく，重そうであり，はずみ車の作用をしたものとおもう，綾振りはベルトで大枠からプーリ（牡嬢鐙）に伝動され，クランク作用で往復運動さすもので，ピエモンテ式の綾振りが歯車であったのに対し，これはベルト駆動であるという違いはあっても，絡交の原理は全く同じである。繊は既に述べたようにローラ式であった。

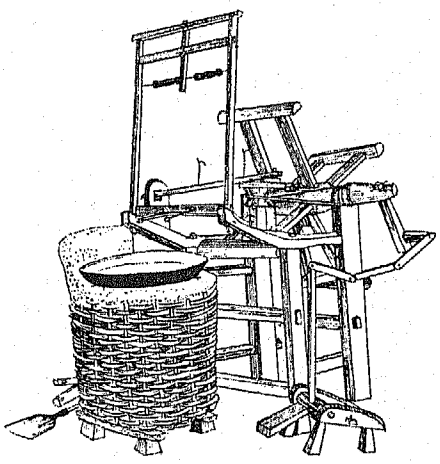


図11　浙江省海寧地方の足踏繰糸機（蘇木）

明治34年（1901）蘇木長の著した「清国蚕糸業に関する報告書」には，これのかなり正確なスケッチがあるが，コネクターはリンクのように描かれている。しかしこれでは機械は動かない，恐らく紐か鎖ではないかとおもう。

3・3　足踏繰糸機と綿繰機

天工開物は我国へ紹介され，一般にも

流布していたのだから，当然17世紀の終り頃には足踏式の繰糸機についても知られていた筈であるのに，結局明治になるまでは実用化しなかった。

寺島良安の「和漢三才図会」（正徳２年，1712）には，足踏式繰糸機が「繰車(おおが)」として載っている。前力巻取式で天工開物のとよく似たものである。恐らく中国の書物からの引写しであろう。このように日本に紹介されていた当時としては近代的な機械が，あれ程支那文化を吸収して来た日本で何故普及しなかったか，興味ある問題である。

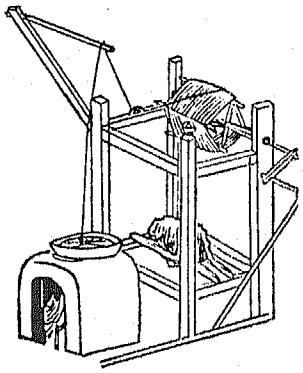


図12　和漢三才図会の繰車

この理由を間接的に物語ってくれる一つの材料がある。綿の実から綿の繊維を分離する「綿繰機（わたくりき)」がそれである。和漢三才図会には足踏式の綿繰機の図と説明が載っている。ここに出ている綿繰機の原理は米国のホイットニーの発明したものとは全く異るもので，２本のローラを互に反対方向に回転し，綿の毛をローラにくわせて種子だけをローラの外に落すもので，我国でも遂先年まで広く使われていたものである。

この古い辞典に載っているのは，足踏式で１本のローラはそれと反対方向に手で廻すという厄介なものである。この場合，足踏で廻すローラの端にはローラの軸と直角に野球のバットのような殻竿式の棒が取りつけてあり，これがはずみ車と同じような慣性力を与える働きをしているのが特徴である。すでに述べたように，中国の繰糸機ではたまたま大きな枠がこの作用をしていたわけであるが，はずみ車の必要性を力学的に知っていたわけではあるまい。日本のように小さな四角の小枠の場合には，恐らくこの作用の役に立たなかったとおもう。

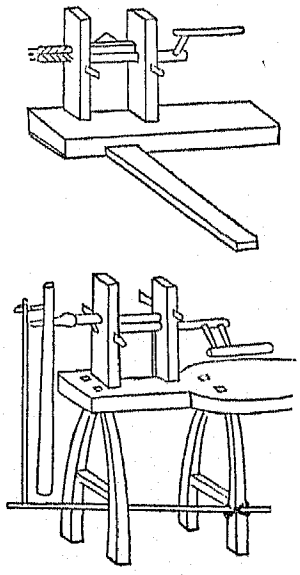


図13　和漢三才図会の綿繰機
上　座式　　下　足踏式

このような綿繰機は鈴木春信や西川祐之の浮世絵にも描かれており，大関増業の機織彙編にも載っているところをみると，ある程度は普及していたものとおもう。図をみて想像をめぐらすだけだと，うまく動きそうもないとおもえるのであるが，1976年10月26日朝のＮＨＫテレビで栃木県小山地方の農家で現在これを使用しているところを放映したのを視たが，実にスムースに手際よく動かしているのに驚いた。練習すればかなり能率よい作業機なのかも知れない。和漢三才図会によると，このように片手と足で駆動する代りに，手で廻す方のローラを別の人が廻す分業式の場合もあったようだ。

和漢三才図会には，この足踏式の他に，座ったまま作業する方法として，

「人坐（いながらにして），搆之，二軸斫成（へつりなして）如絵縄（なわをなえる

ごとし)」

というのを紹介している。これは遂近年まで広く使われていた2本のローラをスパイラルギヤで反対方向に廻す簡単な綿繰機のことである。我国では支那式の足踏式綿繰機よりも，機構が簡単でしかも一人で楽に回転できるこの種の綿繰機の方が一般に普及したようである。

ではこの座式の綿繰機は何時どこで発明されたのだろうか。これも恐らく中国南部から来たのではないかとおもう，これと全く同じものが古代印度で使われ，Churcka と呼ばれていた。その実物はベルリンの博物館に所蔵されている。これが中国経由か南蛮貿易船で日本にもたらされたのではないかとおもう。もっともこれが初めから綿繰機として日本に持ち込まれたものかどうかはわからない。これは圧延機や絞り機（wringer）としても応用性のある構造だからである。「人倫訓蒙図彙」（元禄3年，1690）には，このローラをカルタの印刷機として利用していることを示す絵があるが，トランプと一緒に南蛮からもたらされたのかも知れない。リンガーとして甘蔗を絞るのにも用いたことが平賀源内の「物類品隲」の中に書かれている。その中でその機構をわざわざ「綿花赶車（わたくりくるま）」と同義であると書いている。これの書かれたのは宝暦13年（1763）であるから，この頃すでにリンガー式の綿繰機が普及していたことがわかる。

当時足踏式の綿繰機と座式のものとに対し，どのような実用上の評価がなされていたのだろうか。これについては大蔵永常の「綿圃要務」*（天保4年，1833）で知ることができる。

「……操屋（ママ）（くりや）といえる家ありて，其綿を受取，多く人を雇入て，くり道具にてくらせて実を去，操綿（くりわた）となす。此操綿をくり粉とも唱ふ」

「大和国の綿は糸口には悪しきとて，中入口（なかいれくち，中入綿用）にする也。いかにというに綿堅く，毛太く，殊に立綿操（腰をかけ立てくる故，土人〔その地方の人〕立くりといふ。又わたくり馬ともいふなり）にてくりて操粉（此くりたる綿を操粉といふは，世間一統にて，又粉の多き少なき杯いふは，按ずるに穀るゐの粉よりなぞらへて云ならはせしなるべし）とすれば，真粉（しんこ，手にて廻しくる綿操を真粉といふ。按ずるにまことの綿くりにてくりたる粉といふ心にて，土人云ならはせし事なるべき歟）の綿操にてくるよりも手廻しよく，多く操出すなり，されどもくりたる所の粉，見付劣れり，……」

「寛政の頃（1789〜1800，引用者註）までは摂津国も大和と同じく立綿操にてくりたる故，品劣る事をしりて，追々真粉操を用いたるによりて，世間のうけ方よくなりて……」

これによると足踏式が「立綿操」とか「わたくり馬」と呼び，座ってやるのが「真粉の綿操」であった。そして足踏式でくった綿の品質が悪く，綿入の綿にしか使えなかった。次第に足踏式を用いるものが減って寛政の頃までには真粉くりだけになったというもので，興味ある内容を含んでいる。恐らく大量に作ることによる粗悪品が出まわり，評判を落したと見るべきであろう。機械自体に本質的な欠陥があったとはおもえないのであ

* 日本思想大系62，『近世科学思想』上，1972，岩波書店

る。

足踏式では機械の運転に熟練しなければならなかった。足と両手を同時に使うという軽業的な作業に対する人間工学的な限界があったとおもう。この点リャン取りの場合と同じで，マルクスの指摘した点である。

要するに，座って繰るリンガー式の綿繰機の方が，種子から分離された綿繊維が長く揃っていて，品質的に優れていたということだとおもう。はたしてそうであったのかどうか，この種の商取引の社会での問題はそのまま鵜呑みには出来ないが，座って作業する方が日本人にとっては楽だったということも，これが普及した大きな理由だとおもう。前に述べた座って作業する揚返しの場合と併せ考えると首肯できる。

日本人の生活が中国や欧州と違って，座る生活だったということだとおもう。座ぐりでも機械の高さからすれば立ったり，腰かけたりした方が便利だった筈なのに，結局は台の上に正座して，あるいは立ち膝で糸繰りをやる方が，日本人の生活に合っていたのだとおもう。今でも老人などが汽車や電車の中で座席に正座している姿をよく見掛けるが，昔の人はなおさら座る方を好んだのではあるまいか，これについて R. S. Woodbury は次のように述べている。

In Western Europe the whole tendency of handicraft has been to work in a standing position or at least seated erect at a bench and not as in antiquity and in the East, to sit, squat, or kneel on the ground. (History of the lathe to 1850—— A study in the growth of a technical element of an industrial economy, p. 39, The MIT Press, 1961)

ヨーヨッパ人から見たら，座るという習慣に強く印象づけられることなのだとおもう。座ぐりも，農家の日常生活の中での作業としてやるには座るとか，立膝の方が便利で手軽だったのだとおもう。明治になって，いち早く足踏繰糸機に着目したのは信州松代の士族館三郎で，その著「生糸製方指南」（明治7年，1874）の中にいくつかの足踏繰糸機の考案が述べられている。以後多くの発明があり，後方巻取式の足踏繰糸機が遂先年まで農家で使われていた。

繰糸機や綿繰機と並んで後には足踏式となる木地師のロクロ（轆轤）についても似た事情があり，ロクロが足踏式になるのは明治になってからである。「木地屋のふるさと」の著者橘文策は足踏機の発明が「千年の伝統を破った画期的な大発明」であると言っているが，これほどではないにしても家庭用繰糸機の足踏化でも，両手が解放されたという意味では大発明だったとおもう。

佐藤友晴によると，足踏式は先ず東京方面で盛に用いられ始めたという（「蔵王東麓の木地業とこけし」）。これに関連して吉田光邦は次のように論じている。

「日本の木地師の用いたものと同じような足ぶみ式のものは，やはり18世紀早々に現われており，おもに小型の製品の製作に用いられたといわれる。こうした点からみると，明治初期から使われはじめた足ぶみ式のろくろはヨーロッパからもたらされたものであろうか。ことに佐藤友晴の記述にみるように，それらが東京方面で先ず盛んに用いられていたことは，当時の欧米文物輸入の中心が東京，横浜であったことを想い

起こさせよう。さらに想像を進めれば，横須賀造船所を中心として輸入された技術ではなかったろうか。同所は東京付近における，ヨーロッパ風工場の最初の典型であり，しかも初期横須賀造船所のころは木造船が中心となっていた時代であった。従って多様な木工機械が輸入されていたことは十分に考えられる。」(「機械」，1974，法政大学出版，pp. 53—54)

これは示唆に富んだ指摘であり，これは足踏繰糸機の場合に敷衍できる内容をもっている。というのは，足踏繰糸機を考案した館三郎は安政4年（1857）新設されたばかりの築地の海軍操練所に入っている。ここで蒸気や機械の知識を学んでいる。築地はオランダ技術を移入したものであるから，横須賀造船所のようなフランス式ではなかったが，吉田氏が想像されるように機械工作技術の情報を得る機会は十分あった筈である。館三郎の「生糸製方指南」の終りの方には，オランダ語のテクニカルタームが幾つか使われているが，洋式技術を可成り修得していたものとおもわれる。当然足踏機や水車動力の機械の考案に大いに役立ったものとおもわれる。

4 ヨーロッパの製糸機械

4・1 Duran の繰糸機

我々が目にすることの出来る一番古いとおもわれるヨーロッパの繰糸機としては，例えば Leo Duran の「*Raw Silk*」(1913) p. 70 にある絵で，これには「*an Italian filature* A. D. 1500 (*sic*)」という説明がついている。この絵は鈴木三郎の「絵で見る製糸法の展開」(1971) p. 35 にも引用されている。このオリジナルがどこにあるのか，誰が描いたのかなど詳しいことについては寡聞にして知らない。

この繰糸機は4条繰りで多分直繰であり，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人の女工がついている。画面に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，繊はなく，綾振りの有無ははっきりしないが，この絵がかなり写実的

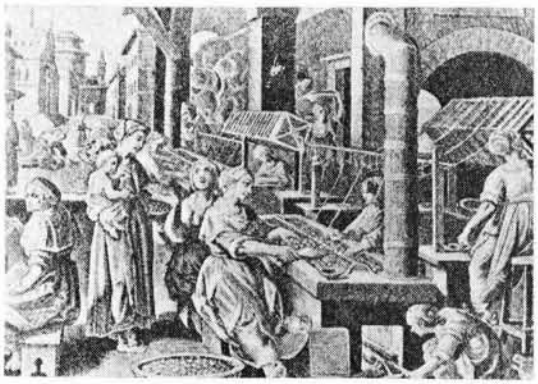


図14 イタリーの繰糸工場 (Leo Duran)

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おもわれる。繰糸鍋が何で出来ているのかよくわからないが，煉瓦のようなものでかためたものらしい。煙突は土管を重ねた方式である。

工場の建物は柱が太く，石積みのアーチの入口が見られるなど，かなり立派であり，窓外にみえる建物の様子から市街地の中にあったものらしい。女性の服装や風貌などから，平均以上の階層ではないかとおもわれる。このことは，1500年という年代を考えると，宮廷の工場だったのかも知れない。フランスなどにあった王立製糸場（tirages royaux）のようなものを連想したくなるのである。

それにしても1500年というのはいかにも古い。この絵について更に研究してみなければわからないが，この時代についての信憑性はかなり低いと考えるべきであろう。しかしこのことと，絵ということの双方を割引いてもなお，技術的に注目すべき点が幾つかある。その点は，

(1) 繰糸工が鍋と大枠の間に腰掛ける後方巻取式であること。
(2) 大枠を別の人が回転する回転分業式であること。
(3) 大枠が四角形で直繰とおもわれること。
(4) 繊掛け装置がないこと。
(5) 綾振りが（多分）ないこと。
(6) 煮繭・索緒が分業であること。
(7) 釜焚きも分業であること。

まず(1)であるが，繰糸工が腰掛けて作業すること，すなわち座繰であり，後方巻取式であるのはヨーロッパ独特で，中国や我国にはなかった形式である。明治になって輸入された繰糸機はすべてこの方式で，いわゆる座繰機械として現在まで命脈を保っている。

(2)の回転分業はヨーロッパでは長い間伝統的に行われて来たもので，足踏みなど繰糸工の兼業による方式が機構的に採用しにくかったのかも知れないが，これはやがて水力，蒸気力の導入の形で解決されて行く。我国で人力による回転分業方式がとられるのは1871年の小野組築地製糸場などで屈強な男が何釜分も一度に廻す，いわゆる「馬鹿廻し」の時代まで下るのであり，繰糸工一人に一人の車廻しがついたという記録は見当らない。いうまでもなく，回転分業方式では，繰糸工は両手で繰糸作業ができるという利点がある。我国の座ぐりのように，片手で枠を回転し，接緒など繰糸作業は他方の手だけで行っていたのとくらべて，繰糸工一人当りの生産性と，出来た生糸の品質に決定的な差異が生ずることは言うまでもない。我国在来の技術で，両手が使えるようになるのは明治になって足踏機が出てからである。

枠が大枠で四角であるのも特徴で，明治6年の富岡製糸場に輸入された当時には六角形になっていた。四角というのは中国や日本の場合と同じであり，単に工作が容易だったというよりも，中国の蚕糸技術の影響とか，他の繊維技術の影響といったことにも注目しなければならない。大枠だとすると直繰ということになるが，松原氏* によると，直繰式はフランスの G. Villard が1760年に発明したもので，しかもすぐには普及しな

* 松原建彦：*op. cit.* p, 205.

かったらしい。この絵の繰糸機が本当に直繰式であったとすると1500年というのはおかしい。多分1800年の間違いではないかとおもう。

繊のないことにも注目しなければならない。4条繰りであるから，あるいは共撚りだったのかも知れないが，既述したように，この絵がかなり正確に描写されていることからこれを描いた画工が，繊を見落したとはおもえないし，繰糸台の大きさなどからみると，後年の2人1組で繰糸する富岡式や昭和の多条機程度の大きさであり，4条以上が楽に繰糸出来る幅を十分もっている。その場合には恐らく2人以上の繰糸工が富岡式のように一つの台の前に座ったものとおもわれる。しかし枠の回転が一括回転であるため，複数の人で繰糸した場合には，この回転方式ではかえって能率が上がらなかったものとおもう。

綾振りがなかったことは，生糸が一ケ所に棒状に巻きとられたことを暗示する。当然これを揚げ返すときに，糸同士の固着による糸の切断を招くことになる。18世紀ころ，このような固着した糸の状態を **vitrage** と呼んでいたらしい。これは恐らくフランス語起源の言葉だとおもう。現在のフランス語ではガラス張りとかガラス戸といった意味だし，ドイツ語では引幕のことである。E. Littré の古いフランス語大辞典「*Dictionaire de la Langue Fransaise*」で調べてみると，次のような説明が書いてある。「collure des fils sur les aspels des tours à dévider les cocons; ce qui est un défaut」，これは当然枠固着のことである。この vitrage 防止の方法として，やがて綾振りや，繊掛け方法が考えられるようになったのだとおもう。

たった一枚の絵であり，そこに説明してある1500年代という時代をそのまま信用して絵解きをしてみたが，やはりかなり新しい時代のものだとおもう。しかし，この絵によってヨーロッパの繰糸機械の特徴が実によくわかるような気がするのである。

古い製糸機械の情報を得るために，最初に一枚の絵から謎解きを始めた。その意味ではあの絵は貴重なものである。では文学作品などに製糸のことなどが描かれていないだろうかという淡い期待も出てくるのである。

たしかにフランスやイタリーで，或る時代には蚕糸業が盛んではあったが，小説家の興味の対象とまではいかなかったようである。南部フランスに住んでいたドーデーの代表作の一つ「月曜物語」の中の「コルマールの裁判官の幻想」の中に，次のような一節がある。

「次に，色々の町の人達が来る。**製糸工場の人達**，革造り，機織り，立機織り……」（桜田佐訳，岩波文庫，p. 29）。この製糸工場がはたして我々が問題にしている製糸工場なのかどうかわからない。

またイギリス人ローレンス・スターンの「トリストラム・シャンディ」第5巻第6章に次のような一節がある。「……単純な構造の機械とはいえ，複雑な機械のもつ誇らしさも長所もそなえており——ちょうどオランダの**製糸工場**の内部に見られるような，数多くの実に不思議な動き方を示しておったことです」（朱牟田夏雄訳，岩波文庫，中巻，p. 168）。この製糸工場は原文では *silk mill* である。英語で silk mill といえば製糸工場のこともあるし，撚糸工場の場合もある。*silk industry* といえば普通撚糸工業を指すようである。「数多くの不思議な動き方を示す」という形容からすればイタリー式の撚糸工場かも知れない。

いずれにしてもこのような文学作品からはヨーロッパにおける製糸工場や製糸機械などにつ

いては何もわからない。大体小説家が製糸工場に興味をもつ例は，我国でも極く稀で，まして欧米人のこの方面への関心は殆んどなかったのではないかとおもう。もう一つパール・バック女史の文章を引いてみよう。「大地」の一節に「……わずか数年前にはゆたかに作物がみのり，おれの一家はここに百年も住んでいるのだと農夫の自慢していた土地には，今では絹織物の工場が建っていた。それはかつての村全体ほどもある新しい大工場だった。煉瓦も新しくて赤く，屋根には無数の窓が光って，煙突からは真黒な煙が噴き出していた，元(人名—引用者註)が立ち止って眺めているちょうどそのとき，甲高い汽笛が鳴って鉄の門がパッとあくと，広大な構内から男女子供の大群がのろのろとあふれ出して来た。どれを見ても，今日一日の労働に疲れ，明日も，その翌日も，いつまでもこうして生きていかなくてはならないという思いに疲れはてた顔をしていた。着ているものは汗にまみれ，身体のまわりには，絹を紡ぐ繭の中にいる虫の死骸の悪臭がたちこめていた。」(小野寺健訳，集英社)

この「絹織物の工場」というのは文意からみて，「製糸工場」か「絹糸紡績工場」と考えるのが妥当であろう。原文では「weave silk」になっている。明らかに原著者の考え違いによるものとおもう。中国通のパール・バックにおいてすらこれであるから，盛んだったとはいえ欧州の極く限られた地方での工業を描くなどということは殆んどなかったのであろう。

専門の技術史家の著書においてさえ製糸，撚糸，絹紡，紡績などを混同しているものがあるのだから小説家をせめるわけにはいかない。我国でも製糸業が国の大基幹産業だった時でさえ製糸に関連した小説など極く稀であった。蛹くさい製糸工場は小説や絵としては残らない運命であったとおもう。

製糸の片鱗でもと期待した文学の世界からは何の情報も得られなかった。残された道はフランスやイタリーの現地で捜すことだけであろう。

4・2 ピエモンテの繰糸機

機械技術史の立場から製糸技術を眺めるとき，我々の前に最初に現れてくるのは有名なフランスの技術者ヴォーカンソン (M. Vaucanson) の繰糸機である。といっても普通の技術史の本ではヴォーカンソンの他の優れた発明の陰にかくれて，繰糸機に言及したものは殆んどない。A. Doyonet L. Liaigre による「*Jacques Vaucanson : Mécanicien de génie*」(1966)。という本を松原建彦氏に教えてもらって目下検討中であるが，これによってヴォーカンソンの製糸機械への寄与がわかることとおもう。

中山秀太郎著「機械文明の光と影」(1975，大河出版，p. 48) には「1741年に新式の紡車を考え，製作した。これはかいこのまゆからでる生糸の細い糸をよせ集めるためのものだった」

と書いてある。全体として翻訳調の文章でわかりにくいが，おそらく繰糸機のことであろう。紡車というのは何かの間違いではあるまいか。また Leo Duran の「Raw Silk」(pp. 33—34) には次のような記述がある。

"During the 14th and 15th centuries some improvement came out of re-reeling, but the first filature, that is, the first assembling of several basins under one roof with the aim of improving the quality, was started by Vaucanson, the great French mechanician, during the year 1750. It was built at Pont d'Aubenas in Ardeche"

これによると，近代的な繰糸機械とその工場が18世紀前半には出現していたことはたしかなようである。ヴォーカンソンが工場を建てたアルデーシュ県はちょうどリオンとマ

ルセイユの中間あたりであろうとおもわれる。

ヴォーカンソンと同じ頃，イギリスのピュラン（S. Pullein）は当時の最も権威のある学術雑誌 Philosophical Transactions, Vol. 51（1759）に「*A new improved silk-reel*」と題する論文を発表している。当時イギリスではアメリカで蚕糸業を起そうと計画し，この種の研究が行われたようである。この論文は大枠に生糸をなるべく重ならないように均一に巻き取るための工夫，すなわち vitrage 防止のための綾振り装置の改良と，従来の単式の共撚り法を改良した二重共撚り法の発明を報告したものである。

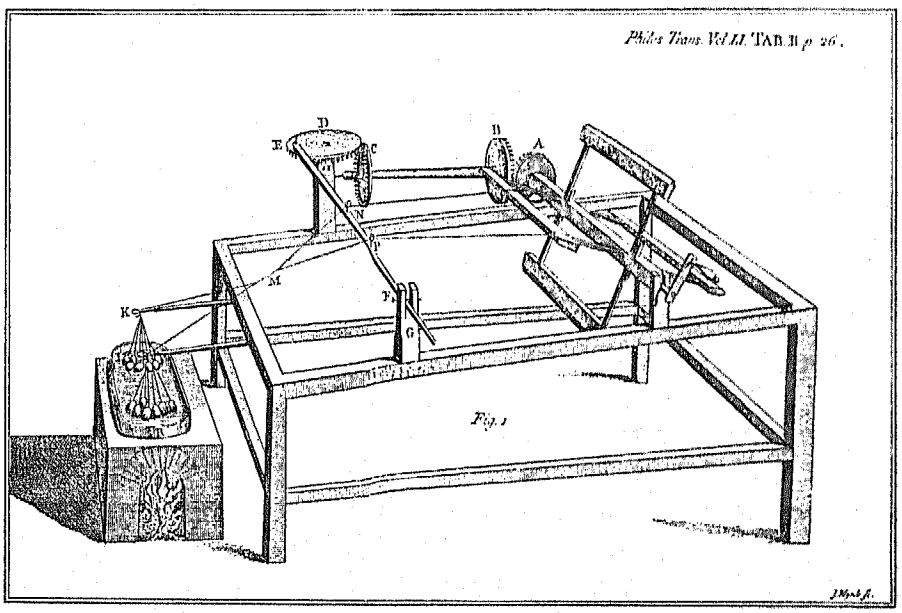


図15 ピエモンテの繰糸機（Pullein）

この論文には図15のような当時イタリヤ北部のピエモンテ地方で広く使われていたという繰糸機の絵があり，当時の機械を知ることが出来る。図からもわかるように，この繰糸機は二条繰りの共撚り式で，繰糸工の前方に大枠のある前方巻取式である。大枠は四角で，回転を別の人がやる回転分業式である。綾振りは木製の両ピン歯車（pin face wheel）2組4枚を使用したクランク運動を利用したもので，正確な正弦運動ではなく，絡交杆（綾振り棒）上のスレッド・ガイドと枠までの距離が水平面内で変化する大雑把なものである。歯車の歯数を適当に選べば vitrage の原因となる棒綾や鬼綾にはならない筈であるが，歯車や絡交杆が木製であり，ガタも大きいことを考えると，実際にどの程度に巻かれたのか疑わしい。

ピュランはヴォーカンソンの綾振り装置でうまく巻取れれば，オーガンジや経糸に適した糸が繰れることが可能だと述べているが，機械に少しでも狂いが生ずるとうまく巻

取れないことも指摘している。このヴォーカンソンの綾振りが具体的にどんなものだったのかはっきりしないが，松原*の説明では，

「集緒器と鼓車（絡交杆のことかとおもう—筆者註）との間に溝のついた可動性の二つの環（リング）の仕掛けを插入したことにあり，それは木製の円盤の縁に固定され，円盤が回転すると前方と後方とで2度の絡交が行われることになる」

とある。機構の詳細についてはよくわからないが，多分溝つき円筒カムを用いたいわゆる綾くずしを行っていたようである。

ピュランはこのピエモンテの機械の改良を試み，図15のような一組の両ピン歯車の代りにクランクによって綾振りを行なう装置を考えた。それによると600ヤードの糸を繰ったあとで，はじめて糸が元の位置に戻って重なるように工夫されたものである。歯車による綾振りをクランクに変えても本質的な違いがあるわけでなく，クランク運動の周期と枠の回転周期との最小公倍数が大きくなるようにすればよいわけであって，ピュランがこのことに気がついていたかどうか疑わしい。むしろヴォーカンソンの方が近代的な機械技術のセンスをもって改良を試みていたとみることが出来る。

綾振りというのは，枠の軸と平行な棒を左右に往復運動させることで，フランス語で vaet vient（バエビエ）というが，これは往復とか振子運動のことである。そのためには枠の回転をそれに直交する軸の回転に変え，更に絡交杆を動かすクランクの円運動に変える必要がある。既に述べたように，中国や印度支那ではベルトを使っているが，ピエモンテのように直交する2軸で回転をスムースに伝達するには，当然傘歯車が理想的である。ピエモンテの silkmill で1724年ハスバ歯車が使われていたという報告もあるが，これは恐らくこの繰糸機か撚糸機のことであろう。いずれにせよこの種の歯車への関心が高かったことは想像できる。ちなみに，このハスバ歯車は弾性法則で有名なロバート・フックによって1666年すでに研究されている。しかし当時の機械工作技術の水準でこれがどのくらい普及したか疑問である。

もう一つ注目すべきことは，ピエモンテで普通に行われていた図15のような繰糸機が共撚り式であったということである。ピュランの論文が1759年であるから，それ以前の18世紀の初めには既に共撚り式の繊掛け方法が発明されていたことになる。共撚り式は普通フランス式と考えられ，発明者の名に因んでシャンボン（Chambon）式と呼ばれている。シャンボンの発明した年は1828年とも1824年ともいわれている。Silbermann の記載しているフランス特許では1824年となっている**。しかしこの特許が繊掛け装置に与えられたものなのか，繰糸機そのものなのかは今後の調査にまたなければならない。

いずれにせよ，シャンボンよりはるか以前に，フランスではなくイタリーのピエモンテにこのような共撚り式の機械が出まわっていたのであり，その意味では共撚り式をフランス式とかシャンボン式と呼ぶのは正しくない。共撚り式もイタリーのピエモンテで考案されたものである。

この繰糸機は Duran の本にある1500年代のものとくらべて，絡交と繊掛け装置を除

---

* 松原建彦 *op. cit*, p. 205.

** H. Silbermann, *op. cit.*, S. 510.

いて，いかにも貧弱であり，2世紀の懸隔があるとは到底おもえない。しかも前方巻取式である点も違っている。前方巻取式だと，繰糸工の座る分だけスペースを余計にとり，工場に据えつけるには不向きな構造である。しかし繰糸鍋やかまどの様子は両者ともよく似ている。

この繰糸機はイギリス人のピュランが手を加えている事実をみても，当時かなり普及していたものとおもわれるが，たしかな証拠となる資料は目下のところ少ない。シンガーの「技術の歴史」(7巻，p,250) には，このピュランの改良した繰糸機と同じものが

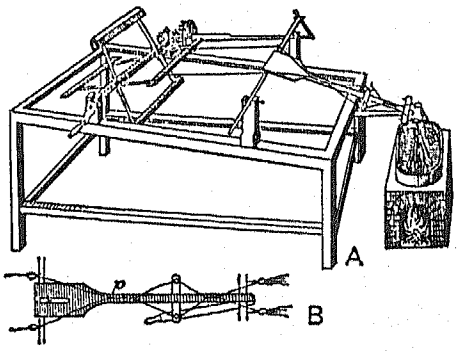


図16 ピエモンテ型の繰糸機（シンガー）

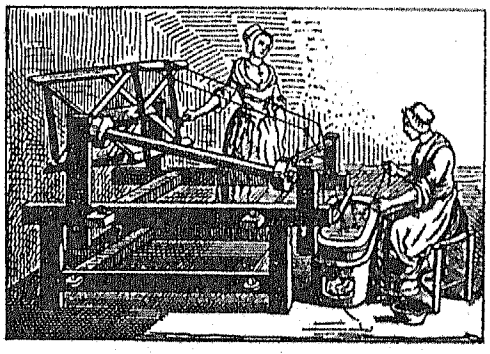


図17 ピエモンテ型の繰糸機（ラルース百科辞典）

引用されている。この図は E. Chambers の「Cyclopedia」(1784) からの引用であり，直接ピュランの論文から引用したものではないが，シンガーの記述の中には

「S. ピュランは，約600ヤード巻き取るまでは，糸が巻枠のおなじ部分に2度巻かれないようにする比率を考案した。これは，ふつうに用いられる間隔が150ヤードであったときのことだ。したがってこの方法は不充分な乾燥に起因する糸の固着の危険をおおいに減少することになった」

とあるから，上のチェンバースの本の中にピュランの紹介があるのかも知れない。これも今後の調査にまたなければならない。

今世紀初めに出版されたフランスのラルース百科事典 (*Nouveau Larouses illustre Dictionaire Universel Encyclopedique*) の絹 (soie) の項には図17のようなピエモンテ型の繰糸機で女の人が繰糸し，別の女性が大枠を回転している図が載っており，昔の繰糸機 (ancien tirage à soie) と説明がついている。恐らくフランスでもこのタイプのものが長らく使われていたのではないかとおもう。

我国では圓中文助が，このピエモンテの繰糸機をフランスのベゾンの本から引用している（大日本蚕糸会報，121号，明治35年)。圓中は自分が試作した自動繰糸機について講演した中で，これを紹介しているもので，圓中ともあろう人が何故この時期になってこんなものを持ち出したのか，意図するところがわからない。

1760年代といえば，イギリスで各種の紡績機械が発明され，産業革命が始った時代で

ある。こうゆう社会的背景のもとでピュランがこのような改良を試みたとしても不思議ではなく，このあと次第に機械の金属化，歯車など機構部品の精密化が進められていったとみるべきであろう。

Duran の本にある1500年代のイタリーの繰糸機と ピエモンテや ピュラン改造の 繰糸機とを比較すると，むしろ1500年代のものの方がコンパクトで，近代のものに近い感じを受ける。やはり1500年というのは間違いであろう。単なる絵をもとにこれを議論しても意味がないが，それはそれとしても，この両者を比較してみると重要な異同がある。

まず，双方とも回転が分業である点が共通している反面，前者は大枠の位置が繰糸工からみて繰糸鍋の後方にある後方巻取式であり，ピエモンテの繰糸機は逆に前方にある前方巻取式であった。後方巻取式は技術の流れの中ではむしろ進化の進んだものと考えるべきで，富岡に輸入された座繰機をはじめ，我国で明治以来採用して来たものである。

前方巻取式の近代的な機械が現われるのはヨーロッパでも1870年代以降で，フランスのレオン・カメール (Léon Camel) の繰糸機が最初であろう。これは後の多条繰糸機と非常によく似た機械で，ルイ・カメール (M. Louis Camel) の発明した回転接緒器もそなえていたらしい。

我国で前方巻取式の繰糸機が出て来るのは明治20年代以降である。御法川直三郎の明治22年特許の鉄製足踏式繰糸機は，小枠を前方に置いたものであった。手廻しの我国在来の座ぐり機が前方巻取式であるから，これの延長上でこれらの新しい前方巻取式をとらえることが出来る。

明治36年 (1903) 圓中文助は大日本蚕糸会第13回大集会で講演し，鉄製のケンネル式6口繰り足踏繰糸機を作り，その枠を前面に設けたことを報告し，その効能について次のように述べている。少し長くなるが引用してみよう。

「此機械の構造におきまして篋部を前面に設けたるは，工女繰糸工程中既に繰上げたる糸の出来ばえ 即ち 額節の 有無， 色沢の良否，『デニール』の同不同等を繰糸なしつつ自ら之に注目する点に於て大に便利であって，また糸の切断したる時は篋より糸を探り出して継合はすに頗る容易であります。従来の製糸機械は総て此の篋部を後ろに設けてあるがゆへに，工女が自分に(ママ)製糸したる糸を見ることなく背後の篋に揚げてしまうがゆへ，額節の揚る時又は糸の切れたる時は一々後部に振り向いて其の仕事をしなければならぬといふ大いなる不便があります。元来何業にても職工が製作する品物の出来ばへを見ずして仕上ぐるといふのは甚だ至難のことで到底良い品の出来よふ道理がありませぬ事と思ひます。故

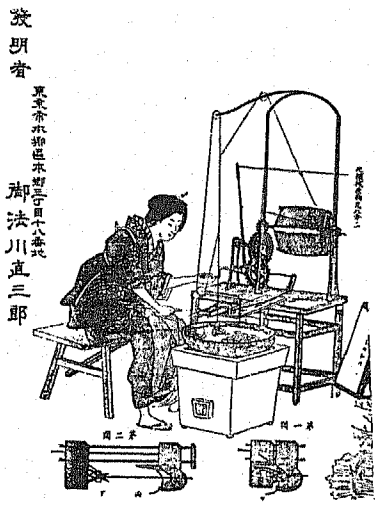


図18　御法川発明の前方巻取式繰糸機
(御法川の配布した広告)

に私は此製糸業にしても前面に簍を置き，工女自ら製品を注目しつつ繰糸するに於ては一層良き糸を得る事が出来るのみならず，従来の如く余計な機械費と，場所の広き事を要せぬ様になりますゆへに，将来は総て簍部を前面に設ける事に改良した方がよかろふと思ひます」。

圓中の考案したこの繰糸機は残念ながら世間にはうけ入れられなかった。一つには腰掛けたままで，小枠の糸口を捜す作業が大変だったことも原因の一つである。彼が期待したような繰糸機は，結局多条機として完成され，爾来現在の自動繰糸機においても「すべて簍を前面に設け」た形式のものになっている。これを可能にしたのは立って繰糸する立繰になったからである。

15世紀から16世紀に亘るいわゆるイタリー戦役はあのイタリー半島を戦野と化した時代で，この戦役の結果北部はフランス領となった。一方フランスの絹工業もイタリーから移入されたのであるが，フランス王ヘンリー四世の時代（16～17世紀）に盛大になったといわれている。フランス最初の蚕書といわれているオリヴェ・ド・セール（Olivier de Seres）の「*Cueillette de le soie*」の出版されたのが1599年である。またピエモンテ州はフランスに隣接し，この地方の一部では今でもフランス語で使われているなどの事実から考えると，ピエモンテの製糸機械がそのままフランスで使用されていたと考えるのが妥当だとおもう。我々がフランス式と称しているのはピエモンテから南仏へと普及したものではないだろうか。リヨンの Léo Vignon と I. Bay の書いた「*la soie*」（1913）という本にもピエモンテ式に似た前方巻取式で大枠が四角形の繰糸機の図が載っている。このことはこの種の装置がかなり後までフラスンで使用されていたことを示す一つの証拠とも考えられる。

いずれにせよ，当時のフランスとイタリーの間には，我々が想像する以上に交流があり，現代的な意味での国境は曖昧だったという理解の上でこの問題を考えた方が正鵠を得たものになろう。

しかし前方巻取式から後方巻取式に進化したのか，あるいはその逆なのか，または全く独立に出て来たのか今後に問題を残している。

次にかまどの問題を考えてみる。1500年代のものでも，ピエモンテのものでも，一釜ずつ火を焚く型式のもので，燃料としては薪が使われたようである。一かま毎に火を焚く代りに，水蒸気で煮繭や繰糸湯を加熱する方法を考え出したのがリヨンのジャンスール（Gensoul）である*。彼のこの発明は製糸業に技術革新をもたらした。これが導入されたのは1830年頃とされているが，それより古く1811年頃だという説もある。富岡へ工場が出来た頃は既に蒸気加熱式であり，それ以前フランスでブリューナはこのような工場にいたわけであるから，明治維新の頃までには完全に普及していたものとおもう。その意味でも，我国の開国は実によいタイミングだったわけである。

4・3 ケンネルのこと

殖産興業を国是とした明治政府が，外国からの技術導入として先ず力点を置いたのが富岡製糸場であった。この官営製糸場のもつ意義の重大なことは言うまでもない。ここ

* 松原建彦 *op. cit.*, p. 207.

に導入された技術や設備基準などが，爾後の我国製糸業に少なからず影響したのであろうが，その程度は間接的で，紡績とか鉄鋼業にくらべて比較にならないほど少なかったのではないかとおもう。それを物語る一つの例として，この富岡製糸場で使われたとおもれるフランス語が，日本の製糸界に全く残っていないという事実をあげることが出来る。同じようにイギリスやフランスから技術を導入した紡績業界には現在でも外国語のテクニカルタームが氾濫しているのとよい対照をなしている。当時この工場で働いた横田（和田）英は「六工社創立記」の中でパイプという言葉を使っている。フランス語ではピプといった筈であるからおかしい。この文章は40年近くもたってから記憶をたよりに書かれたもので英語由来のパイプが彼女の記憶の中のピプを完全に駆逐してしまったものとおもう。

こんな中で唯一の例外に「ケンネル」という国籍不明の言葉がある。発音からすればドイツ語的で，犬子屋を意味する「Kennel」（英語ではケンルと発音する）あるいは消息通の「Kenner」が当てはまりそうだが，これは似而非なるものらしい。この言葉は明治の初めからあったようであるが，その語源は皆目わからない。奥村正二は「小判・生糸・和鉄」（1973，岩波新書，p. 80）の中でケンネルには三つの語源説のあることを述べている，すなわち

(1) 発明者の名とする説

(2) 懸撚の語から出たとする説

(3) イタリヤ語のケンネル（鼓車）とする説

i) 懸撚説

古い製糸の教科書にはケンネルに対して，しばしば「懸撚」とか「懸捻」という字が使われている。山本竹蔵や福本福三の本にはよく見られる字である。「撚を懸ける」という意味でケンネン→ケンネルというのだとおもう。たしかに「想いを懸ける」という意味の「懸想」（けそう）という言葉もあるし，「懸念」という言葉もあるから，強ち不自然とも言えないが，この漢字が使われるのは明治の30年代で，管見する限りでは明治35年（1902）圓中文助が大日本蚕糸会で講演した内容を速記した「製糸機械の発明」が蚕糸会報 No. 121（明治35）に出てくるのが早いのではないかとおもう。圓中が使ったというより筆記した記者が使ったのであろうから，それ以前にも使われていたとおもう，ちなみに翌明治36年の蚕糸会報 No. 143 にある圓中の講演筆記中にはこの文字がなく，ケンネルと片仮名になっている。

ところが，この懸撚説を普及させた犯人は蔵前の中原虎男ではないかとおもう。氏はその著「織物雑考」（1927，pp. 365—367）の中で西ケ原の山本竹蔵から聞いたとして，この懸撚説を紹介している。この本はかなり評判になった本で，今日でもなお古書界では高値をよんでいるくらいであるから，その及ぼすところ広範に亘ったものとおもう。明治，大正時代は西洋人の固有名詞すら漢字で書いた時代であるからケンネルという言葉に懸撚という漢字を発音と内容の双方を兼ねてうまく当てたというのが本当のところだとおもう。

ii) 鼓車説

この説は明治27年今西直次郎が編纂した「中外蚕業事情初編」(p. 40) の中に

「扣鈕 (ボタン) 形の『フィリエル』(集緒器) の後へ(ママ)には仏語にて『タウレット』伊太利語にて『ケンネル』と名けたる鼓形の軽き車を付せり」

とあることによっているのだとおもう。今西は後年生糸検査所長をした人で，何度かヨーロッパへ出張しているので，この説にかなりの信憑性が期待できそうであるが，現在鼓車のことをイタリー語で「rottella」とか「rotellina」[7] とか呼んでおり，ケンネルとは程遠い。

イタリー語でこれに近い言葉として考えられるものに「cannella」がある。伊英辞典によると small tube のことである。また「cannello」は spool のことで杼の中に入れる管のことである。cannellone といえば太いマカロニのことである。太くて短い管状のものとして鼓車を考えることも出来ようが，その後このような言葉が全く文献に出て来ないところをみると，やはり説得力に欠けていると言わざるを得ない。しかし有力な説の一つには違いない。

iii) 人名説

ケンネルを発明者の名前だとしているものに立花道貫訳の「製糸必携」がある。抱合装置として「チャンボン式」と「タウィルレ式」すなわち共撚り式とケンネル式について記述し，両者を比較すると後者の方が勝れていることを指摘したあと，

「。此外紕* 糸を為すの装置は数般の機関ありと雖とも必しも其成効の優劣を論せず唯其価と之を用ふるものの好みに従って異同あるのみ　。最も廉価なるものはケルレルと名く是も亦其発明者の名を取り斯く称せり」

と書いてある。ここではケンネルをケルレルと称している。このケルレルが人名だとすると Kellerと当てることができる。

この本の序文によると，これは瑞西人が書いたもので，恐らく前橋製糸場などを指導したミューラー (Müller) の書いたものか口述したものを工部省にいた立花が訳述したものとおもう。ミューラーが何語を話していたのか不明であるが，名前の綴りからみるとドイツ語系の言葉の可能性が大きい。とすれば Keller をケルレルと読むのは当然といえよう。この本には奥付がないので出版年月はわからないが，立花が工部省にいた人だとすれば，勧工寮赤坂葵町製糸場に関係したことになるので明治6年 (1873) 以降ではないかとおもう。ミューラーは速見堅曹の依頼で前橋製糸場の建設を指導し，その後小野組築地製糸場を，ひきつづき工部省の葵町製糸場で製糸の指導をしている。鈴木三郎[8] によると勧工寮葵町製糸場設立当時の設計図には「ケンレル」と書き込まれているという。先のケルレルと比べると「ン」と「ル」の違いで，どちらかが誤記したかあるいは耳で聞いたそのままを日本字で書いたものとおもう。

1899年 (明治32年) フランスの Laurent de L'Arbousset という人が「*Cours de sericiculture pratique*」という養蚕書を出版している。この本はかなり有名な本で，我

7) A. Provasi : Filaturae Torcitura Della Seta, Milano, 1905.

* 紕を「より」と読ませている。

8) 鈴木三郎『絵で見る製糸法の展開』, 1971, 日産自動車繊維機械部, p. 40

国にも輸入され広く読者を得たらしい。この本がイギリスの Elizabeth Wardle 女史によって英訳され「*On silk and the silkworm–a practical treatise on sericulture*」という題名で1905年（明治38年）ロンドンで出版された。この訳者はラウジネスを最初に研究した人としても知られる英国絹業協会長の Sir Thomas Wardle の娘である。

実はこの英訳本の巻末にケンネル式の一条繰り繰糸機の図（図19—2）があり，その説明の中にケンネルの説明として「Tavelette–keller, sometimes, but erroneously, called consono」と書いてあり，甚だ気になるのである。この図はフランス版には載っていないことを京都工芸繊維大学の山本有彦教授から教えられた。恐らく Sir Thomas Wardle がカットくらいのつもりで挿入したものとおもう。いずれにせよ，この keller は「ケルレル」と読むことができる。consono は綴りからみてもイタリー語であろう。con というのは英語と同様「共に」という意味をもっているから，共撚りのこと，すなわちシャンボン式を意味するのではないかと解釈している。Sir Thomas Wardle ほどの国際人であるから，かなりの自信をもって掲載したとおもう。

しかし，実際に Keller という人がヨーロッパ特にイタリーの製糸界にいたのだろうか。たまたま手元にある G. B. Castellani 著「*Dell' allevamento dei bachi da seta in China*」（支那養蚕業概説）という1860年フィレンツェで発行されたイタリー語の本の中に，「*Alberto Keller*」という人の名前が出て来る。この人はピエモンテの雑誌に乾繭のことを投稿しているらしいことが書かれており，当時ピエモンテあたりで有力な技術指導者であったらしいことがわかる。

ピエモンテはイタリーの北部であり，フランスや今のドイツとの間に帰属をめぐってトラブルの絶えなかった地方であるから，恐らく Keller もドイツかスイスあたりの人ではあるまいか。「緑のハインリッヒ」で知られる小説家のケラーもスイス人である。ミューラー自身もスイス人でピエモンテで技術を研いた人であったことをおもうと，この Alberto Keller 氏がケンネルの語源に何らかの係りがあったのではあるまいか。

すでに述べたように立花道貫の「製糸必携」はその原典，出版年月が正確にはわからないが，これがミューラーに関係したものであり，明治5年（1872）頃のものであることを示す別の資料がある。奥原国雄[9]によると，「製糸法，工部省勧工寮御雇ムルレル述，明治五年佐々木長淳写之」という記録が残っていて，その内容は立花の製糸必携と殆ど同じだという。これは日本蚕業雑誌，106号，107号（明治30年，1897）にも掲載されている由であるが，筆者は未見である。この中に果して「ケルレル」があるかどうかは確めてない。この佐々木長淳は明治14年（1881），「接緒繰器使用法」という小冊子を出しているが，この中では「ケンネル氏法」としている。ケルレルとケンネルの違いはあるが人名として取扱っている。

ケルレル→ケンレル→ケンネル

という変化は言語学的な評価にたえ得るものか否かは兎も角，十分可能性のあることと言えそうである。

ミューラーのもたらしたイタリー式の技術がどんなものであったのか，今となっては

9）奥原国雄『本邦蚕書に関する研究—日本古蚕書考』，1973，p. 405

よくわからないが，小野組の築地製糸所の錦絵でみる限り，ケンネル装置はイタリーやフランスの本にある，セット式のものによく似ている。ことによったらこの繊掛け部分を輸入したのではあるまいか。これを間接的に知ることが出来るものに明治7年に上梓された館三郎の「生糸製方指南」がある。これは我国最初の製糸に関する専門書である。その中で自分の考案した「磨撚器(みがきよりき)」を中心に在来機械の改良法について述べているが，挿絵に描かれたものをみると，いわゆるケンネルで，しかもよりの長さが比較的短い稲妻式のもので，長底辺の欠けた台形の枠のついたものである。これは蓁町製糸場の設計図や，小野組築地製糸場の錦絵に描かれたケンネル装置に酷似している。館三郎はこの本の序文で「旧伝手繰の製に基き磨撚製の一器械を発明し」と書き，更に「世に在来する器械に磨撚器を添へ容易く繰糸の良製に至るを主とし」とも書いているように，いわゆる座ぐり機などにこのよりかけ器を付した機械を発明したというのである。明治5年11月生糸磨撚り製教授所の官許を得ているから，恐らく小野組の築地製糸場あたりでこの稲妻式のケンネル装置を見ていたものとおもう。

外国の文物を瞥見しただけでその長所を巧みにとり入れ，折衷式のものを作り上げるという我国文化受容の典型的パターンをここにも垣間見ることが出来る。いずれにせよ館三郎の示した磨撚器もミューラーが将来したいわゆるケンネルであったとおもうパリゼの本などにある装置と同じものである。

日本蚕糸業史（2巻）によると稲妻式ケンネルは小野組が深山田に工場を作ったときに始るとしているが，松代の館三郎も別な形ではあるが，これの普及を計っていたことを見逃すわけにはいかない。また甲府の名取彦兵衛が明治4年（1871）に製作した製糸機械には「伊仏製糸機械の折衷を以て始めてケンネル式とした」とあるから，深山田と共に我国でケンネルを採用した嚆矢の一つであろう。しかし同じ甲府の風間金八はケンネル式を「摩擦器掛け」と称しているところをみると，ケンネルという言葉の伝播速度も遅々たるものだったのかも知れない。

現在ケンネル式のことをフランス語で tavelette とか tavelle というが，いずれも糸を巻く車といった意味の古い言葉である。プロバンス地方では tavella といい，これはイタリー語と同じである。日本では前に述べた今西直次郎はタウレットと書いているが，恐らく「ウ」が「ヴ」であるとおもわれる。立花道貫はタウィルレとドイツ語読みで日本字にうつしている。立花はこれも人名だとしている点に多少信頼性の欠除を感じさせる。最初に引用した文章からみると，ケルレルがタベレット式の中の特殊なタイプで廉価なものの名前になっている。多分稲妻式に与えられた名称だとおもう。Alberto Keller 氏が稲妻式の発明者だったのではあるまいか。

時代は下るが，明治29年（1896）出版の恩田定雄・東野伝次郎著「製糸新論」ではダーブル，ずっと下って大正8年（1919）の福本福三著「沈繰一繭から糸まで」ではダブエルになっていて，むしろ原語から遠ざかって行く傾向があり，ケンネルが完全に一般化されたとみてよい。

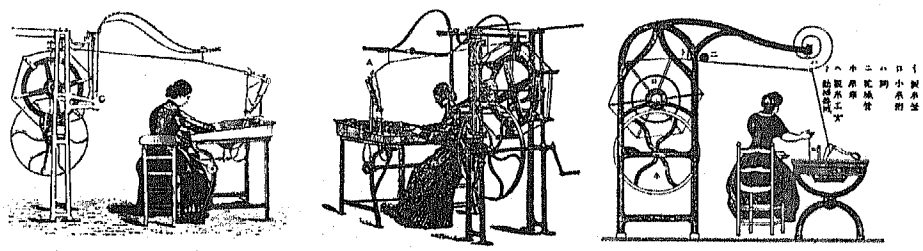
ケンネルは他の繊維機械には見ることの出来ないもので，いわば繰糸機の象徴的なものである。そのためケンネルに関する研究も多いが，これは主として共撚り法との比較

を論じたもので，ケンネルの力学的なメカニズムの研究は太平洋戦争後になって漸く緒につくのである。立花道貫の「製糸必携」には「二条の糸を糾(よ)り一斉に摩挲し」と書いてある。摩挲というのは「諸橋大漢和辞典」によると，「もみ合うこと」である。もみ合い乍ら移動する仮撚であることを立花は正確に理解していたようである。

この繊の機構を解析した人に東京農工大学教授だった図師督[10]や蚕糸試験場の阿部高明[11]がいるが，ソ連の Osipov[12][13]の研究については意外と知られていない。

4・4　一人繰り繰糸機

古い文献に出ているヨーロッパ式の繰糸機に金属製の一人繰り後方巻取式の繰糸機がある。手元にはほぼ同じタイプの銅版画の図が3種類ある。図19がそれである。金属製



(1) Silbermann　　(2) Elizabeth Wardle　　(3) 永井保興

図19　1人繰り繰糸機

であることなどから19世紀半ばのものではないかとおもうが，我国では幕末の頃で，同じ一人繰りの座ぐりと比べるとき，機械技術面での彼我の懸隔の大きいことを知らされるのである。

図19に示した三つの図のうち，1は Silbermann の「*Die Seide*」(Band 1. S. 363, 1897) にあるもので，加藤宗一著「日本製糸技術史」(p. 110) にあるものがこの図である。2は先に述べたエリザベス・ワーデル訳の「*On silk and the silkworm–A practical treatise on sericulture*」(1905) の巻末に載っているものである。前者には「Seidenhaspel nach italienischer Art」と説明がついており，後者には「European cocoon–reeling machine, diagonal view」となっている。見る角度は違うが全く同じ繰糸機で，ケンネル式であるから，恐らくイタリー式であろう。

この機械は富岡へ入った繰糸機と同様，後方巻取の直繰機で，動力は分業による手廻しである。一人繰りで人力だということから，あるいはカタログ用の図かも知れない。

---

10) 図師督「生糸繰糸におけるケンネルねじり掛け機構の解析」，繊機誌，4, 205 (1900)
11) 阿部高明「より掛け機構の力学的解析」，蚕試報告，16, 129 (1960)
12) P. A. Osipov : Causes of twisting in raw silk during reeling. (Tech. of Tex. Ind. U.S.S.R. No. 2, 1963, pp. 35–39.)
13) P. A. Osipov : The forces acting in the croissure during the movement of silk threads. (*ibid*, No. 3, 1965, pp. 31–38.)

繊はケンネル式である。図19の3は永井保興の「製糸家必携」（明治11年，1878）にあるもので，ケンネルこそないが前二者と同じものである。永井は勧工寮を指導し，後に高知県で製糸を指導したフランス人「コイー」の口述したものをまとめたものであるから，あるいはフランスで当時使われていたのであろう。共撚りにするには2条繰りでなければならないので，実際にどうだったのかこの図からだけからはわからない。

この3図とも非常によく似ている。何かオリジナルな図があるのだろうが，未だ見つからない。この頃ではイタリーでもフランスでもこの型の繰糸機が普及していたものとおもう。工場システムでなく，日本の座ぐりのように家庭での繰糸に使われていたのかも知れない。動力さえ得られれば工場向きに改造することは容易である。ただこの種の機械が生産用として実際に使用されたか否か，検証されていない。我国で明治維新後開発された足踏繰糸機は，木造ではあるがこれと本質的には全く同じもので，動力として足を利用しただけである。

5 付属装置の発達

5・1 接緒器

接緒器の歴史については圓中文助が明治36年（1903），大日本蚕糸会において講演した中でこれにふれている。重要な問題が含まれているので，ここでその一部を引用することにする。

「接緒器を初めて発明したのは，1872年（明治六年）伊太利亜の『ピエモン』州『ピネローロ』と云ふ所の某製糸家の発明でありましたのを，私は明治十一年伊太利亜の『ロンバルヂ』州『ボッカリヨネ』の『シーベル』会社の製糸場に於て試験中でありましたのを見て，同十二年帰朝の後ち此接緒器のことを佐々木長淳先生に巨細に説明をしましたれば，同先生は更に新考案を以て之に糸切具を備へたる接緒器を座繰機械に応用せられました。我国にて接緒器を用ひたるは之が嚆矢であります。其後私が再び仏蘭西に行きし時同国に於ては『レオンカメール』氏が伊国式より更に改良を加へて使用するに至りましたゆへ，私は明治十九年仏国に於て四口繰の接緒器を一組求めて持帰りて之か試験を致しましたるに，如何にも集緒孔の大きくして顆の上る事が夥多にして且つ糸切刃に於て充分ならす，故に種々考慮の上之に更に糸切刃と節扱櫛を発明して装付し以って明治二十二年に於いて特許を得て広く一般に拡張を図りました。其の当時には未た製糸家に於ても重に二口繰にて足れりとして三口四口繰は好みませんでした。故に接緒器には極冷淡であって漸く二十七八年の頃より四口繰の機械も流行し来りしため接緒器を用ゆることになり，其後ち二三の発明も出来ましたが未た完全なるものは見ることが出来なかった。私は我国の製糸家には是非此の接緒器を利用せねば到底良糸を製する事及経費を節減する事は出来ぬと思ひます。前にも述べます如く我国の製糸工女には養成期間に二年半三年を要し，此養成中には仮令下等繭を以て繰製せしむるとも利益となるべき糸は出来ず，漸くにして一人前の工女となりて後ち僅かに二年又は三年計にして嫁し去りて，折角場主が苦辛と費用を注ぎ込みたるをも顧すして此業を捨てて行くが如き始末なれば，到底此接緒器に依らざれば利益を収

むる事なかるべしと確く信じます。従前私が此接緒器につき苦心せし当時熱心に賛成せられたるは岩淵（修三，筆者註）君にして今当講習所に居られますが，どうしても我々は責任を以て此接緒器を利用して製糸家の利益を収むる事に致したいと思ふのであります。」（蚕糸会報，No. 143，明治36）

これによると，接緒器は1872年イタリーで発明されたことになっているが，これについては確認されていない。同じ頃，フランスでも接緒器が発明されている。発明者はリオンのルイ・カメール，（M. Louis Camel）」で，この人は圓中の文中にあるレオン・カメール（Léon Camel）とは別人である。この接緒器を「*jette-bout*」と呼んでいる。圓中がイタリーで見たのも恐らくこのへんのものだとおもう。

圓中は佐々木長淳が接緒器を考案したことを述べているが，佐々木は明治14年10月「接緒繰器使用法全」という小冊子を著し，その中で図入りで彼の製作した接緒器の説明をしている。図20はそれである。図でわかるように形式は今日のものと同じ回転式で，「の」の字形の回転子である。更に当時は接緒するときに糸端を切断し，生糸につけぶしを作らないようにすることに腐心していたことがわかる。そのために小剪（コハサミ）と称する糸切り用の刃がついていた。この佐々木長淳の考案したものが恐らく我国における接緒器，それも回転接緒器の最初のものだとおもう。ただこの佐々木の小冊子については発行部数が少なかったのか，殆ど知られていない。

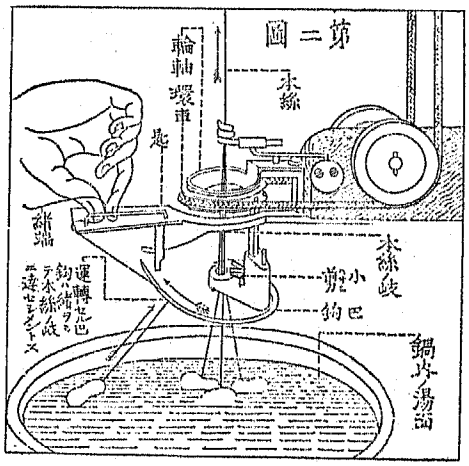


図20　我が国最初の接緒器（佐々木長淳）

佐々木長淳は普通養蚕の専門家として知られているが，元福井藩造方大砲小銃火薬船舶の取締りで，慶応3年（1867）米国に留学，銃砲火薬等の研究調査をしている。この経歴からみても圓中からの情報をもとに，独自の接緒器を考案したものとおもう。

一方，森田真はその著「製糸真宝」（明治22年，1889）の中で接緒器について次のように書いている。

「抑此ノ接緒器ナルモノハ美術意匠ヲ以テ全地球ニ嶄立スル仏国人某ノ発明ニカヽリ当時頗ル彼ノ邦ニ行ハレ殆ド全国製糸家ヲ挙ゲテ悉ク之ニ改メシムルノ勢アリト云フ此ノ器ノ初メテ本邦ニ来リシハ去ル明治二十年十一月ナリシガ，本邦人ノ事業ニ冷淡ナル僅々タル試験ヲ以て満足ナルモノトシ試験ノ到ラザルハ措テ問ハズ頑固ナル先入ハ忽チ之ガ主トナッテ空中夢ヲ描テ一概ニ排撃非難スルモノ多カリシハ誠ニ浩嘆ニ堪ヘサル所ナリキ予ガ想像ハ全ク此等排撃者ノ反対ニアッテ必ズシモ一概ニ排撃スベキモノニアラズ，否将来本業ノ一大改良ヲナスハ或ハ此ノ器ニアラザルヤヲ信ズルガ故

ニ衆難ヲ排シ世評ヲ顧ミズ一年有余ノ間絶ヘズ試験ニ当リテ調査セシガ益々曩ノ想像ノ違ザルヲ確メリ」。

これによると接緒器を発明したのはフランス人で，しかもこれがかなり普及したというのであるから，恐らくルイ・カメールのものを指すのだとおもう。しかも明治20年11月に日本に輸入されたという。森田真も内藤新宿試験場出身の技術者で，圓中や佐々木の影響を受けた筈であるが，どうしたことか佐々木の接緒器についてはふれていない。この文章からもわかるように，当時この接緒器の必要性について，世間には色々な賛否の意見が沸騰していたことがわかる。

森田同様，内藤新宿試験場出身の吉田建次郎も「実用製糸術」（明治23年，1890）の中で接緒器について述べているが，この両人とも官学出身であり，外国の情報を日本流に消化して応用しようとする，我国の洋式文化受容にみられる典型的な考え方をもっていたものとおもう，後述するように，実際の業界特に，日本在来技術の上に立脚して発達しつつある信州あたりの製糸業者に素直に受け入れられるわけがなかったものとおもう。館三郎の足踏機の場合と同じような挫折をここにもみるのである。

同じ頃，館三郎（明治24年，1891）が回転接緒器を発明し特許を得ているし，御法川直三郎（明治23年）も特許を得ている。館のは恐らくフランス伝来のものや，佐々木のものなどを知った上での考案に違いない。御法川のはちょっと変ったもので，これについて御法川は次のように説明している。

「……一種の接緒器を発明した。これ又接緒器に対する本邦最初の特許を得たのであります。その構造は回転式でもなく，固定式でもなく，糸条を鍵に掛けて差出すと，其儘巻揚げて行って無駄な所は鋏で切る装置でありました。これは座繰器械にも相当採用されたが，取扱が間違ふと鋏の為め繰手の手を傷ける懸念があったこと丈は，聊か本器の欠点であったが，この発明が土台となり後年接緒器を完成するに大なる便宜を得たのであります。」（御法川直三郎翁自伝pp. 30—31，1933）

では接緒器に対する批判とはどんなものだったのであろうか。恩田定雄・東野伝次郎はその著「製糸新論」の中で接緒器について次のように批判している（傍点及び圏点筆者）。

「現今我製糸界ノ状勢ニテ接緒器ヲ使用スルハ恰モ襤褸ヲ纏ヒシ賤夫ガ金時計ヲ胸間ニ閃スカ如キ観アリトス何トナレバ此金時計ハ賤夫ヲシテ貴紳士タルノ資格ヲ全然具ヘシムルコト能ハサルト一般接緒器ハ今日之レヲ用フルモ少シモ其効ナシト云フモ過言ニアラス抑モ該器ノ効ハ森田氏ノ説ノ如シト雖トモ之レヲ使用シ其効ヲ奏セント欲セハ之レヲ使用スル丈ノ資格ヲ備ヘサルヘカラス（中略）而テ現今ノ女工ニ此資格ヲ有スルモノ否有セシムル取扱ヒヲナス製糸家甚タ尠ナシ是レ今日之レヲ用ユルノ利益ナキ所以ナル……」（pp. 138—139）

賤夫の金時計の譬喩は面白いが，これだけでは接緒器排撃の論旨がはっきりしない。これを女工の技術のせいにしているところが面白い。この本では更に明治27年蚕業全書のうちの一冊として出版された吉池慶正の「製糸論」を引用している。すなわち，

「接緒器の構造緻密ナルモノハ使用ノ際破壊シ易ク其稍粗ナルモノハ糸緒ノ附ケ方手

ニテ添足スルヨリ短カラス去レハ又無用ノ長物タランノミ其構造ノ精緻ナル者ト雖トモ手ニ巧妙ノ技倆ヲ有スル者ニ向テハ毫モ利益ナシト雖トモ未タ糸緷ノ添足ヲ知ラサル者ニハ頗ル便利ナリトス去レバ接緒器ハ手ニ妙技ヲ有スル我国ノ如キニアリテハ製作費用丈損失トナレバ寧ロ用ヒサルニ若カサルヘキカ。」(p. 137)

森田が絶叫するように浩嘆しているのに対し，感情的なまでに森田を攻撃している。「製糸新論」の著者はこの本の凡例に「上田信陽館及び松代六工社等において研究した」とあるように，森田とは違って民間にあって実地に製糸技術を学んで来た人達であり，この人たちにとって森田らの外国直伝の技術との間に，越えがたいギャップのあることを十分承知していたからこそ，このような批判になったのではあるまいか。

「製糸新論」発刊後7年を経た明治36年になっても，なお圓中が森田の言を繰り返えし訴えなければならなかったことを見ても，この問題に対する現場での反応は冷淡だったとおもう。事実回転接緒器が実用化するのは多条機が出てからであることをおもえば，恩田らの主張も当然だったとおもう。確かに佐々木長淳が接緒法の本を公にした明治14年頃では，仮りに接緒器が必要だったとしても，これを駆動するプーリやベルトが水に濡れた状態で十分に作動するものが作れたかどうか疑わしい。筆者の経験でも多条機で接緒器がスムースに回転していないものがあったことを記憶している。昭和20年代も後半においてさえそんな状態であった。

佐々木長淳も圓中文助も館三郎も当時としては恐らく桁はずれのインテリであり，西洋の知識を吸収できる立場にいた数少ない製糸人だったとおもう。技術というものは先ず先覚者が技術導入し，開発したものがすぐ役立つというケースよりも，何年も何世代も後になって漸く機が熟し，陽の目を見て結実するという場合の方がむしろ多いのである。後述するように圓中文助の自動繰糸機などそのよい例であろう。圓中は半世紀も早く生れすぎたくらいである。しかしこうゆう先達の努力の蓄積が有形，無形を問わず，技術の流れを作る源泉になっていることを忘れるわけにはいかない。

科学とりわけ数学などの分野でもこれに似たケースがある。有名なガロアやアーベルの業績は当時あまり評価されなかったが，これが一旦再発見されたとき，やはりその功績はガロアやアーベルに与えられ，定理などの上に彼の固有名詞が冠せられ，永久にその栄誉が称えられることになる。しかし技術は数学と違って，欲望うごめく人間や企業とのかかわりあいにおいて評価されるため，決してパイオニア達に栄冠が与えられないのである。製糸における先人の歩んだ道を辿るのも，彼等の努力に少しでも報いたいとおもうからである。

5・2　索緒器

我国で現在使われている索緒箒はミゴかプラスチック製であるが，ミゴが本格的に用いられるようになったのは明治も中期以降である。では，それまで何が使われていたのだろうか。館三郎は「生糸製方指南」の中で「狐萱の根」あるいは「つけ木」を用いると書いている。森田真は「製糸真宝」で「苅萱の根」と書いている。「カルカヤ」には「メカルカヤ」と「オカルカヤ」の二種があり，「キツネカヤ」とは植物学的に別のものであるが，当時の植物名が植物分類学的に正確でなく，方言などが使われている場合

が多い。例えば長野県の東北部，上田から長野方面で「キツネカヤ」というのは，実は「メカルカヤ」の方言である。

弘化4年（1847）「養蚕教弘録」を著した清水金左衛門は信州小県郡塩尻村（現在上田市）の人で，彼は「茅の穂」を用いて湿度計を作った人としても知られているが，筆者が調べたところ，これは「メカルカヤの芒」[14] を用いたもので，現に金左衛門の家の裏山の養蚕神社の境内にはメカルカヤが群生しているし，上田近辺に沢山点在する貯水池の畔などに極く普通に見られる雑草である。明治42年（1900）発行の三省堂の「日本百科大辞典」で「カルカヤ」の項をみると，当然のことながら「オカルガヤ」と「メカルガヤ」に分けて説明してあるが，オカルガヤの説明に「髪根は繊維にして黄白色をなし，強靭なれば，採りて束藁(たわし）となし，刷毛に作り，或は小鳥の巣草となす」とある。

以上を総合してみると，索緒に使われたのは「メカルガヤ」か「オカルガヤ」特に後者の根だったのではないかとおもう。また伊藤茂右衛門の「中外蚕事要録」には「茅の根」とある。これもまたカルカヤの根のことだとみてよい。

一方信州あたりでは現在最も広く使われているミゴ（実子）を用いるところが多かった。このミゴの箒とカルカヤの箒との得失について恩田定雄・東野伝次郎の「製糸新論」では次のように述べている。

「実子箒ヲ可トスル者曰ク　苅萱ハ久シク用ニ耐ユルト雖トモ剛ニ過クル故繭面ヲ破リ糸量ヲ減スルノ弊アリト」

「苅萱箒ヲ可トスル者曰ク　実子ハ忽チニシテ軟ニ過クルニ至リ緒糸ノ出ツル容易ナラサルヲ以テ自然手荒ク使用スルニ至ル且ツ水ヲ含ミ易キ故重クナリテ深ク箒ヲ入ルル場合アリテ為メニ糸量ヲ減スルナリト」

「二者ノ言執レモ一理アル処ニシテ事実亦然ルヘキナリ然レトモ只ニ其失点ヲ挙ケタル偏端ノ説ニシテ若シ其得所ヲ挙ケ来ラハ両者決シテ優劣ナカルヘシ唯ニ之レヲ使用スルモノノ熟練如何ニ在ルノミ余等カ従来ノ経験ニ徴シテ両者ノ得失ヲ挙クレバ左ノ如シ」

「一　苅萱ハ新ラシキ内ハ稍硬ナル故従テ求緒頗ル容易ニシテ却テ糸量ヲ減スル失アリ然レトモ暫ク使用スレハ硬ニ過キス柔ニ失セス寔ニ良キ加減トナリ使用スルニ従テ漸次糸量ヲ減セサルニ至ルハ即チ之ノ箒ノ得処ナル。

一　実子ハ新ラシキ内ハ硬軟其宜キヲ得他ニ比類ナキカ如キ好材料ナルヲ以テ糸量ヲ減セサルナリ然レトモ忽チニシテ柔軟トナリ使用スルニ従テ順次糸量ヲ減シ且又アクノ出ツル為メニ光沢ヲ失スルノ欠点アリ」（pp. 87—88）

と論じ，更に両者の比較試験のデータを載せている。

これによると，煮繭（にまゆ）に適した索緒箒の剛さを選択していたことがわかる。当時の煮繭は今日のものに比べはるかに若煮であり，従って剛性の大きい，腰の強いものの方がよかったのではないかとおもう。

その頃ヨーロッパでは何が使われていたのであろうか。H. Silbermann の「Die Seide」の一巻（S. 358, 1897）には索緒用のブラシとして「Rute」（小枝），「Draht」（針金），

14）篠原昭「日本人の考案した湿度計」，蟻塔，第20巻，第10号，pp. 7-8（1974）

「Borste」（剛毛）などが挙げられているが，これらは何れも今の実子に比べて剛そうな感じのものばかりである。小枝としてはブルイエール（bruyére）が用いられていた。これは三谷徹の「製糸学」中巻（1918）などにも紹介されているもので，英語ではパイプ用の木として知られるブライアー（briar）のことである。従ってエリカ（erika）とかヒース（heath），ヘザー（heather）とか呼ばれている荒野に生える灌木の小枝である。フランスあたりでは簇としても使われたものである。明治の初め，富岡などではこれを用いたわけだし，輸入していた事実もある。現在東京農工大学の繊維博物館に所蔵されている。

当時このブルイエールを「ブラセール」と書いた本もあった（中外蚕事要録，製糸真宝など）。これについて中外蚕事要録の著者伊藤茂衛門は註書きして次のように言っている。

「ブラセールは草の名のようにあれども，これは箒のことなり，然れども此の箒を作る草の名不分明なれば，玆に其の草の名を仮にブラセールと記せり。」（p. 428）

森田真が「ブラセールという外国産の木の枝」としているのと比べて，同じ頃の著者として正鵠を得た註をつけていたことがわかる。このブラセールは実はフランス語の「brasseur」のことで攪拌機やミキサーのことである。当時の索緒機は図21からもわかるように，歯車を介してハンドルで箒を回転させる方式のもので，正に攪拌機だったのである。この混線はかなり後まで続いたらしく，大正8年（1919）に出た福本福三の「沈繰―繭から糸まで」などでは「ブリューセール」という混血名になっている。吉田建次郎は実用製糸術（明治23年）の中でブリュイエールと苅茅の比較などについて次のように述べている。

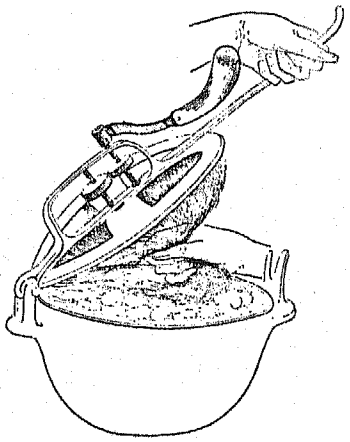


図21　フランスの索緒器―ブラセール

「ブリュイエールの如きは繭糸の付着すること速かにして頗る可なれども，扱方拙きときは多く緒を付着し，屑糸を生ずること夥しく，且箒の損することも速かなりとす。我国にては北海道の海辺に於て該品に類似せるものを生ずれども，全く同種の木にはあらずして実用に適せざるなり。」

「苅茅は我国産出の種類中にあっては緒を付着すること他のものに勝れり，故に亦其扱い方拙きときはブリュイエールの如きにはあらざるも屑糸を生ずること多しとす。箒木藁の如きは軟弱にして技術の未熟なるものに取りては稍や過ち寡きの益あれども，緒の付着不充分にして且湯を含むこと多く，従って暫時にして其糸量を増し，扱い易からざるに至るものとす」。（pp. 39―41）

これをみても，先ずブリュイエールを推し，苅茅は之に近いものの中で最良だとしている。北海道あたりまでこのブリュイエールを捜しに歩いた様子をみると，この舶来の

ブリュイエールに御執心だったことがわかる。現在花屋へ行けば，ピンクの可憐な花をつけた鉢植のエリカがいくらでも手に入ることをおもえば，やはり一世紀という時代の隔りを感じざるを得ない。「我国産出の種類中にあっては緒を付着すること他のものに勝れり……」として第二に推しているカルカヤの根も，案外使われたものとおもう，安斎丑之助外一名の考案した「鼓形ノ木片ニ『カルカヤ』ノ根ヲ括リ付ケタル」索緒箒が明治40年に実用新案* になっている事実はこれを物語る一つの証左といえよう。

ブリュイエールを強く推薦したのは主として官衙出の人たちであった。これに対し実地で技術を研鑽したとおもわれる恩田定雄・東野伝次郎は「製糸新論」の中で

「箒ハ其種類多々アリテ現今我国ニ於テ普ク使用スルハ藁ノ実子（即チ穂先キヲ揃ヘタルモノ）製ト苅萱製トニシテ其他蜀麦ノ穂ニテ造ルアリ又坐繰ニテハ木ノ葉及ヒ付水（ママ）（付木—筆者註）杯ヲ用ユルコトアリ支那ニ於テハ竹ヲ細ク割リテ用ヒ欧州ニテハ『ブリューエール』と称スル我国ノ『ツツジ』ノ如キ木ノ枝ヲ以テ之ヲ製ス然レトモ竹及ヒ木ノ枝杯ハ剛ニ過クルカ故ニ良材料トナスヘカラス』(pp. 86—87)

のようにブリューイエールが索緒に適さないことを主張している。

既に接緒器のところでみたように，日本の製糸技術の黎明期における両者の確執は意外に根の深いものだったと想像できる。結果的には実子に軍配が上ることになるが，これも繭質の向上，煮繭技術の進歩等，我国独自の製糸技術が確立されて行くに伴って当然落ちつくところへ落ちついたということであろう。森田らにしてもブラセールとブリュイエールを耳学問乃至は人づてに学んだらしく，恐らく彼らがフランスやイタリーの文献や特許を直接調べることが出来なかったであろうところに，誤算の原因があり，また説得力に欠けるところがあったのだとおもう。

上に引用した文中にもあるように，索緒箒としてトウモロコシ（玉蜀黍）の穂も使われていた。現在でも玉糸繰りの場合にはホウキモロコシの穂などが使われている。明治22年（1889）島根県農商課で編集した「製糸業心得」には玉蜀黍小箒というのが出ている。トウモロコシのどの部分をどうやって使ったのかはっきりしない，ソ連でもモロコシが用いられている。ソ連の Linde と Ossipow の書いた本のドイツ語訳「*Die Seide*」(1953) にはドイツ語の「*Sorghum*」という名前の植物を用いたとなっているが，これは一種のモロコシであろう。植物学的な正確な名前はわからない。

フランスではブリュイエールの他にシエダー (chiendeut) やブロ (bouleau) なども使われたことが L. Vignon et. I. Bay; の「*La soie*」に書かれている，前者は辞書によると「ハマムギ」であり，後者は「樺」とか「白樺」である。これは枝を使うらしいが，ハマムギはどこを利用するのかわからない。いずれにしても適当な剛性，それも熱湯に浸してもあまり軟化しないことが条件である。その点では木の枝の方が禾本科の植物よりも有利だったとおもう。

「製糸新論」にもあったように，中国では竹製の索緒用具が使われていた。中国や日本ではかつて箸で索緒その他の操作をやっていたから，あるいはそれの発展したものか

---

* 登録実用新案第4792号（明治40.3.11），蚕糸局編『製糸機に関する特許発明及び実用新案摘録』，1934. p. 122.

も知れない。天工開物には「以竹簽撥動水面」と書いてある。この絵でみると右手で4本の箸のような棒をもっている。これについて加藤宗一は「日本製糸技術史」（p. 33）の中で，

「2本の長い竹箸をもって治糸（繰糸）する姿は，文中の『以竹簽撥動水面』のとおり，竹箸で索緒しつつ接緒する中国独得の繰糸法で，広東地方で最近までひろく行われていたものである」

と説明している。天工開物の図では2本でなく4本の棒に見えるが，これは画工の書き違えだろうか，若し箸なら見間違えることはなかったとおもう。竹簽というのが竹箸なのかどうか疑わしい。簽（せん）というのは我国でも「題簽」という言葉があるように文字を書く札のことである。この字はクジを意味する「籤」と同字で，諸橋大漢和辞典には「竹籤(ちくせん)」という熟語があり，竹槍，竹の振りくじとある。恐らく易者の使う筮竹のようなものだろう。要するに細い竹の棒を数本たばねて使ったものとおもう。

「蚕桑輯要」（光緒9年，1883）では「做糸手」というものを説明している。原文は漢文であるが「蚕桑輯要和解」（明治27年，1894）の和訳から引用してみる。

「做糸手ハ節ヲ付タル竹一片ヲ用テ之ヲ作ル，闊サ（幅のこと一筆者註）二寸，長サ八寸ニシテ其節ハ前記ヨリ六寸手前ニ附ク可シ，前記ニ根楼七八条ヲ削リ成シテ其形ヲ手ノ指ノ如クシ，之ヲ以テ湯中ニアル繭ノ糸口ヲ起ス」

これは図22のようなもので，幅2寸，長さ8寸ほどの節のない方を7～8本さいた形のものである。恐らく茶筅を平たくしたようなものとおもう。明治30年代に清国を視察した山本竹蔵は「清国器械製糸場に於ける製糸法一班」（蚕糸会報，No. 116，明治35年）をまとめているが，この中にも，この種の竹の索緒具が使われていることを報告している。図3の写真の左下にこれがみられる。

6　機械要素の発達

マルクスによるまでもなく，機械は動力機と伝動機構と作業機とに分けて考えることが出来るが，既に述べた足踏機構は人間の足による動力を作業機としての繰糸機や揚返機や綿繰り機に伝達するための機構であった。

この伝動機構としては，歯車，カム，ベルトなど色々あるが，本稿では我国の製糸機械の発達過程に多用されて来た歯車，カム，およびネジについて考えてみることにする。

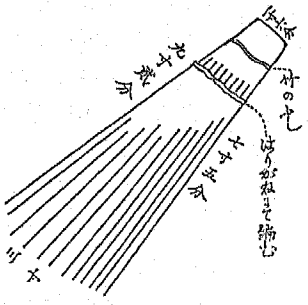


図22　中国の竹製の索緒具
（山本竹蔵）

6・1　歯車

我国に近代的意味での歯車がいつ頃もたらされたかはよくわからないが，時計の輸入と期を同じくしているとおもう。元禄3年（1690）の「人倫訓蒙図彙」には時計師の項があり，時計職人が歯車を削っている絵が描かれている。そして時計師として京都幸町八幡上ル丁平山武蔵ほかの名前が記されているから，この頃すでに時計用ではあるが歯

車が作られていたのである。しかし，この職人たちがどのような歯形の歯車を作ったのかわからない。

時計歯車として長く使われて来たサイクロイド歯形は1694年，Phillip de la Hire が提唱したもので，人倫訓蒙図彙の出たと同じ時代である。しかし我国の時計師にこのような数学的知識のあろう筈がなく，また和時計と和算の間に交流があった形跡もない。「上毛の和算」（1972，みやま文庫）という本を書いた丸山清康はその著書の中で「上州の和算」と「農村水車と和時計」という，いかにも興味ある三つのテーマ，「和算，水車，和時計」をとりあげているが，互に全く無関係であったようだ。

ヨーロッパではオイラー（Euler）をはじめ多くの数学者や物理学者が，理想的な歯形を求めて数学的な研究をし，それに関連して数学の各分野へ逆に大きな寄与があったのである。広瀬秀雄[15]は

「（和）時計を見るとき，いつも和算のたどった道を思いおこす。時計は諸大名に庇護され，和算は民衆のあいだのものであった。しかしいずれも芸に遊びすぎたがため，同じ廃滅の運命を見た」

といっている。科学や技術を芸にすり替えたがために，歯車で最も大切な歯形問題を数学的，技術的に研究することなく明治を迎えたのである。その間，和算は水車や座ぐり機などの歯車やその製作に何等寄与していなかった。

これと対照的で面白いのは産業革命時代のイングランドの時計師たちである。当時のイングランドの初代の紡績工場主たちが，自ら「時計師」を雇って water frame やミュールを製作し，修理していた（T. S. アシュトン：「産業革命」，中川敬一訳，岩波文庫，p. 137）ことである。トーマス・ハイズが紡績機の実験を試みたとき力を貸したのがジョン・ケイという時計師（飛杼を発明したケイとは同名異人）だった。このようにイングランドで紡績に携わったのは鍵工，時計工，車工業に携わる人たちであった（角山栄：「産業革命の群像」pp. 70—73），四国の宇和島藩で舶用蒸気機関を製作するのに市井の提灯屋に白羽の矢を立てたのとは随分違った事情だったのである。我国で間接的にも製糸に関係するのは大工を別とすれば，後述するように鍛冶屋くらいであったのと対比しても興味ある点であるが，それだけに，我国の製糸家の苦労も大変だったとおう。

エルンスト・ユンガは時計職人の系譜について次のように書いている（*Das Sanduhrbuch*，1954，今村孝訳：「砂時計の書」，1978，人文書院，p. 84）

「わたしたちの技術・機械的世界の誕生にとって金属とその利用の知識とともにはじまる鍛冶屋の影響も重要である。鍛冶職人たちのまわりにはなにか不気味な雰囲気があり，人々はかれらを魔術師とみなしていた。そして鍛冶屋から多くの職種が枝分かれする。すなわち金属の種類と加工の種類とに応じてそれぞれの職人が誕生していったのである。まず鍛冶職人と金属細工職人，そして銅細工職人に真鍮細工に金細工職人など。さらに錠前職人に精密機械職人など，時計職人はさらにこの錠前職人から派生するのである。おそらく時計のぜんまいの発明は，錠前の知識に触発されたものと思われる」。

15) 広瀬秀雄『年月日の天文学』1973，中央公論社，p. 102.

ひるがえって我国をみるとき，刀を中心とした鍛冶と鋳造技術の他は金属細工師といえる職人がいなかったこと，イングランドで活躍するような錠前屋がいなかったことなど，技術的な素地がなかったわけである。

歯形と同様，歯数の割り出しにも問題があった筈である。やはり職人独特の経験と勘で行い，木製のため適当に摩滅してなじむようになったのであろう。ただ歯車が小さくなると歯の厚さも小さくなるため，力の伝達上，木製の歯車にはある限界があったであろう。歯車はスムースに噛合えば負荷が小さくてすむのであるが，歯形が悪く，うまく噛合わないときには，特定の歯に大きな力が加わることになる。そのため歯の薄いものなどでは，歯が折れることが多かったようである。樫や桜のような材料でも歯の厚さは5mm以上が必要であろうから，あまり精密なものは期待できない。日本在来の座式の綿繰り機のローラは直径が約2～3cmくらいであるから，それに噛合う歯車を仮りにインボリュート歯形とすると，最低歯数が20以上必要である，従って歯の厚さは1.5～2mmとなり，この作業内容を考えると，これに耐える木材はない。実際にはスクリュー歯車が使われているのはそのためである。

諏訪の大工小林儀左衛門が寛政元年（1789）に書いた「大工秘伝集」の中に「座ぐり寸法」というのがあることを岡谷蚕糸博物館長の伊藤正和氏に見せて戴いた。これは座ぐり機の設計図である。寛政元年が本当なら，かなり古い時代のものである。上垣守国の「養蚕秘録」が出た享和3年（1803）より十年以上も古い記録である。養蚕秘録には胴どりやベルト式の繰糸機の図は載っているが，歯車式の座ぐり機は未だ姿を見せない時代だからである。

この図面には大小4枚の歯車があり，直径3寸6分で歯数20枚のものと，それに噛合う直径1寸6分，歯数8枚のものそれぞれ2枚ずつ合計4枚である。いま仮りにピッチ円の直径をそれぞれ3.34寸，1.34寸とするとモジュールはほぼ等しくなる。しかし現代の機構学的立場からは好ましい設計ではない。特に8枚という歯数は少な過ぎるとおもう，後の座ぐり機では歯車の大きさは変らずに歯数が多くなって行くのは職人達の試行錯誤の結果だとおもう。8枚の歯を割り出すのは簡単であるが，20枚は90度を5等分するので分度器を使わないとしたら，なかなか難かしい。この設計図でみる限り歯形はフリーハンドで描かれ，特に気を配っている様子はみられない。

実際の座ぐり機の歯車について調べてみると，19枚とか23枚という歯数のものが多い。これは故意か偶然かわからないが，このような素数の歯数をとることは，近代機械工学では常識である。互に素の歯数をもつ歯車が噛合うときには，特定の歯同士が噛合うことがなく，全体としてならされるからである。しかし19枚とか23枚とかの素数コの歯をどうやって割り出し製図したのか，上に述べた20枚の歯の場合よりはるかに難しい。はっきりしていることは和算の力を借りることがなかったことである。

かつて座ぐり機を製作していた長野県佐久市落合の上原政義氏（大正5年生れ）によると円周を紐などではかり，それを必要等分して歯を割り出したという。

この19枚の歯をもつ歯車のピッチ円の直径は約7.5cm，従って歯の厚さは大体5mmぐらいになる。この数字は木製としては少し小さ過ぎる。手元にある座ぐり機では19枚

中3枚の歯が折れている。

「歯車」という名前はいつ頃から一般化したのだろうか。明治10年（1877）の内国勧業博覧会出品解説第四区機械の部には「歯輪」という言葉が使われている。ドイツ語で「Zahnrad」というから，これを文字通りに直訳したのかも知れない。向坂逸郎訳の資本論（岩波文庫，1950年版）にも歯輪という言葉があり，明らかに Zarnrad の直訳であろう。永井保興の「製糸家必携」（明治11年版権免許，明治17年出版）では逆に「輪歯」となっている。

英語で普通の平歯車のことを「spur」という。これは乗馬靴の踵についている拍車のことである。上州では歯車が菊の花に似ていることから菊座車と呼んだという。埼玉あたりでは，ヒダのある日本カボチャを菊座カボチャというらしい。機械部品で菊座と呼ばれる歯車のような座金（ワッシャー）もある。このことから歯車を単に「座」と呼んだと早川直瀬の本[16]に書いてある，従って座ぐりというのは「座って繰る」という意味でなく「菊座車」すなわち「歯車」式の繰糸機という意味だと主張する人もいる*。先の大工秘伝集では「座ぐり寸法」と見出しがついているが，歯車を「ぜんまい」と書いているので，菊座説をそのまま信用することもできない。

6・2　カムと綾振り

カムが使われるのは主として綾振りである。クランクを用いた綾振りの他に，円筒に溝を切った山道円筒カム，大関増業の「機織彙編」や伊藤茂右衛門の「中外蚕事要録」などに紹介されている福島県の掛田地方の座ぐり機に用いられている板カムなどが，その主なものであるが，恐らく日本人の独創だったのかも知れない。溝カムは本来等速往復運動を得るのに用いられるが，在来の座ぐり機では，板に溝を正確に切ったとしても，レバーで運動を伝える限り，理論的にも等速綾振運動にはならない。

しかし，このような綾振り方式と，巻取る枠が四角だったことを考えると，枠に巻かれた糸すなわち糸玉の両端が盛り上ったに違いない。綾振りというのは枠と綾振り棒との間の距離とその相対速度によって巻玉の形が決るものである。

いま枠を半径 r の円筒とし，絡交杆から円筒に引いた接線の長さを l，枠の回転角速度を ω_0 綾振り運動を正弦運動としたときの角速度を ω とすると，綾振りの複振幅（ストローク）a と枠に巻かれる糸の幅 b との間に

$$\frac{a}{b}=\sqrt{1+(c\omega)^2}$$

の関係がある。ここで $c=l/r\omega_0$ である。従って ω/ω_0 が一定のときでも $l \ll r$ にとれば $a/b \fallingdotseq 1$ となるが，r に対して l が大きいと $a>b$ となり，その分だけ糸玉の両耳が盛り上ることになる。これをさけるには $l \fallingdotseq 0$ にするか，$\omega<\omega_0$ にするかの方法がとられる。更に正弦運動の代りに等速往復運動にしてもよい。そのためにハートカムを用いる方法もあるが，原理的には溝つきカムと同じである。一般には更に複雑なくずしをするのが普通である[17]。

ヨーロッパでも，いわゆる vitrage の問題解決のために，ピュラン，ボーカンソンらがよりよい絡交の研究をし，ビラールが直繰式を発明したことについては既に述べた。実際には糸道を長くし，二重共撚りとし，絡交に工夫をこらし，更に大枠にカバーをかけて乾燥していた。しかも南仏の乾燥した風土が真繰に適していたのかも知れない。図

16）早川直瀬『製糸経済論』1913, p. 86.

*　内田貞夫：信濃毎日新聞夕刊，1973. 12. 25.

17）篠原昭・内田貞夫・呉祐吉「綾振りの理論的研究」，繊維学会誌，12 464（1956）

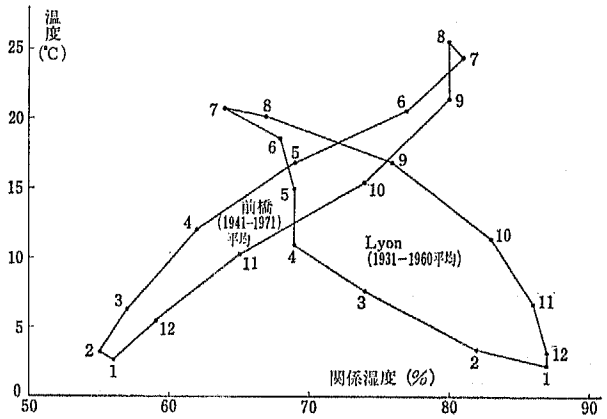


図23　リヨンと前橋のクリモグラフ（理科年表1973年版より作製）

23はリヨンと前橋の各月の平均温度と平均湿度との関係を示したクリモグラフである。夏，高温多湿な日本と夏乾燥しているフランスとの特徴をよく現わしている。

松原建彦[18]によると，アルデーシュ地方では繭収穫後の２～３ケ月間のみ働く繰糸工女が多かったということからみて，夏から秋の乾期に繰糸をすませていたことも考えられる。しかし，大気条件が図23のようだとはいえ，繰糸工場の中の湿度は高かった筈であるから，直繰可能の条件を気候条件のみに帰することは早計である。我国が再繰式を採用しているのも単に気象条件によるのでなく，他の非技術的要請があるからではないかと考えている。

中国でも直繰が普通であったが，そのために大枠に巻き取る前に火鉢で糸の水分を乾燥させ，膠着を防ぐ方法をとっていた。「広蚕桑説輯補，巻下」（光緒丁酉，1897）には次のように書いてある。

「糸車後須設火倉。与車上著糸処針対。〔隻銭眼設両倉。単銭眼設一倉〕益糸従水中抽出。使従火倉上過。〔火与糸約離二寸許遠。則火力不及。近則恐有火傷。〕則随繰随乾。否則彼此膠粘。〔俗謂之水粘。〕掉糸時費手矣。」(p. 30)

なお，我国では小枠は円筒状の胴どり以外は殆んど四角枠であった。六角枠は大関増業の「機織彙編」にあるくらいで，明治以後にならないと実用されない。喜多川歌磨の「二見ケ浦」の中の女の帯には，四角の小枠が何ケか並んだ模様が染められている。当時流行の象徴的な美しさと斬新さとがあったのではないだろうか。上田蚕糸専門学校の製糸科の襟章は四角枠に生糸の巻かったデザインであった。枠という字は和製漢字である。和名抄では箍をワクと音訳している。本来は竹の箍（たが）のことである。

6・3　パイプとねじ

明治になってフランスから富岡に金属製の機械と蒸気を使う製糸技術がもたらされた。その後はこれを模倣した器械製糸が日本各地に創られて行く。その一つが信州松代の六

18)　松原建彦：*op. cit*, p. 206.

工社である。ここの創立当初の苦労話が和田英の「六工社創立記*」に書かれている。たとえば

「……苦心致されましたは横田文太郎と申す人と金児某，是は元松代藩御鉄砲鍛冶を勤めた人，（中略）此人が見た事も図も十分に無い蒸汽の管（パイプ）をネジで止めたり返したり**する事を誂へられ，拵へても拵へても，是ではいけぬ彼れでは違ふと海沼氏が申しますので，折々立腹された事もありました……」

信州のような僻陬の地の小事業家にとっては，パイプや金属工作機械を輸入するだけの資力などなかった。現在でもパイプを自分で作るとなると面くらってしまうが，当時の人がどうやってパイプを作り，ねじを切ったのであろうか。その頃の我国の一般の機械工作技術は実に幼稚なもので，旋盤もネジ切り道具も，ドリルすらもなかった時代である。山形県の伊藤嘉平治が国産最初の足踏旋盤を作ったのが漸く明治8年（1875）である。六工社を大里忠一郎らが創立したのがその前年で，伊藤が旋盤を作った頃はパイプのネジ切りで悪戦苦闘していた頃だとおもう。和田英の記録をもとに書いた土坂冬子の戯曲「開化糸繰唄」***にはこの模様がリアルに描かれている。しかしこの情況は稗史としては伝えられているが，技術的にはどうであったのだろうか。

救いの神は町の鍛冶屋であった。ヨーロッパのように錠前屋も時計師も殆どいなかった我国での唯一の機械技術者が鍛冶屋だったのである。武家お抱えの鉄砲鍛冶や刀鍛冶が，失業後の仕事として，あるいは馬蹄鍛冶になり下り，あるいは猟銃などの製作に身を落していた。製糸工場で必要な金属類の製作にはこんな鍛冶屋が力を貸してくれたのである。上田市出身の小説家新田潤の作品に「煙管」というのがある。刀鍛冶から馬蹄屋に転身した男が，気が向くままに「なたまめ」を打ち出して無聊をまぎらしていた話が出ている。なたまめは正にパイプである。大きさこそ違え，製糸用のパイプくらいは打ち出せたであろう。鉄砲鍛冶であればなおさらのことである。

大手自転車メーカーの宮田製作所が，明治23年（1890）最初に自転車を売り出した頃は宮田製銃所といって猟銃店であった。創立者の宮田栄助は国友門下の鉄砲鍛冶だったのである。鉄砲も自転車もパイプで作る。「宮田製作所七十年史」（p. 7, 1959）はこの間の事情を次のように書いている。

「鉄砲製造と自転車製造とが浅からぬ関係をもつ」，「この両者はもと等しく鉄の細工であり，パイプの製造である」，「故にひとり宮田製作所ばかりでなく，泉州堺の自転車工業もまた古来同地に栄えた銃砲鍛冶師の転業したものが多く」，「欧米先進国の例にみても英国の B·S·A (Birmingham Small Arms Co.) はその名の示す通り，もと小銃工場から自転車工場に転身したもので」ある。

六工社をはじめ日本各地の製糸工場でパイプをどのように調達したか，最初は恐らく鍛冶仕事として鉄砲を作るようにやったものとおもう。工作し易い銅パイプを手作りし

---

* 信濃教育会編，『富岡後記』，1931，古今書院，p. 22，上条宏之解説，『富岡日記』，1965，東京法令出版，p. 64.

** 「返す」は正確には「反す」であろう。「そらす」こと即ちパイプを曲げることで，高度の技術が必要である。具体的にどう曲げたかは知るよしもない。

***悲劇喜劇，22，No. 12，pp. 70–138 (1969)

たものとおもわれる。鉄砲の製作法については出水力（科学史研究，II，16，193（1977））の報告があるので詳細は省略するが，真金に薄板を巻きつけ，接合面を鍛接したようである。製糸工場用のパイプは恐らく銅製で，こんな板金仕事として作られたものとおもう。

パイプは何とか出来たとしても，それにネジをどうやって切ったのだろうか。具体的なことは和田英も何も書き残していない。恐らく知らなかったのだろう。ネジは今でこそタップやダイスで簡単に切れることは水道工事などでも知ることができる。当時の道具としてはヤスリしかなかった筈である。オスネジは兎も角，それと完全に嵌め合うメスネジを切ることが出来なければパイプは連がらないし，蒸気が漏れてしまう。数学的な知識が動員できたヨーロッパでのネジ切りについてはいくつかの記録があるが，回転による金属切削技術のなかった日本では手作りせざるを得なかった。次は木のネジを作る工程を説明したもので，18世紀の初めスエーデンの C. Polhem の記録である。金属のネジ切りはこれを型（templet）として旋盤などで削ったわけである。

The screw is made thus : First a roller is turned from a hard and fine piece of wood, such as maple, orel or apple, to a length of one aln (60cm) and about 2 to 2 1/2 inches in diameter. Parallel lines are drawn on a piece of clean paper, half an inch or a little less apart, equal to the distance between threads. This paper is wound around the roller so that the lines are on the outside, then it is laid together in such a manner that the lines make a spiral, and it is wound with a strong thread or string which runs between the lines the whole way. When this is done and the ends fastened with tacks, a sharp knife is used to press through the paper so that a groove is formed in the wood.

(R. S. Woodbury : History of the lathe to 1850. p. 83 (1961))

我国では円筒に糸を巻きつけ，石油ランプでいぶしてススをつけ，糸のよりを戻すと，そこに糸のあとが残る。その後を，ネジ山の形をした，ヤスリで糸のあとを削り，ネジを切ったことが報告されている。パイプの場合もこれに近い工夫がなされたとおもう。

> 日本で，明治以前にこまかいネジを切った人に鉄砲の国友藤兵衛がいる。彼は反射望遠鏡の反射鏡微動ネジを切った人とされている。国友のネジは非常に丁寧に作られており，特にネジ溝は実に入念に切られているという。しかしネジ山の部分は不揃いであった。現在残っているものでみると，この不揃いは機械送り機構のある工作機械がない段階で丹念に作ったことは一目瞭然としている。本草学の飯沼慾斎の顕微鏡というのがあり，これは名古屋の工人に作らせたということになっていた。従って当然ネジ切りもしたのだろうが，最近の宮田徹男の調査で，これは英国製だということがわかった。（科学史研究，II，14，132（1975））

このように明治初年まではネジ切りが非常にむずかしいものであり，この事情は田舎の製糸家にとっては更に大きな問題点であったとおもう。

7　自動繰糸機への道

近代的な自動繰糸機が普及し始めたのは昭和20年代も後半からで，漸く我国が第二次

大戦後の復興を終えて，いよいよ高度成長期に入った頃に完全に軌道に乗ってくる。即ち自動繰糸機を必要とするような社会的条件が整ったのがその頃だったわけである。

ところが技術家というものは，一種の職人的な気質で，その時代としては可成り先走った機械を作りがちなもので，歴史的にもこのような例は枚挙に遑がない。既に述べた回転接緒器などもその一例であろう。自動繰糸機もまたこの例にもれず，実は古い歴史をもっている。

明治19年（1886）に出た伊藤茂右衛門の「中外蚕事要録」には「電気（エレキ）を利用して糸を製する器械の事」という一節があり，L. W. Serrell の発明した自動繰機について図入りで非常に詳しく紹介している。この L. W. Serrell という人はフランス在住のアメリカ人で，アメリカでの製糸業の拡大を意図していたらしい。当時これに関する情報は日本にも入って来ており，伊藤の本にも，

「L. W. Serrell 氏の発明したる電気を利用して糸を製する器械の大略は既に此迄米国紐育発兌の生糸新聞紙上に屢々記載せし」（p. 563）

とあり，かなり評判になっていたようである。

明治20年（1887）渡米した甲府の風間金八は，ワシントンの農商務省の構内にこの繰糸機が試験用に備えつけてあることを伝聞し，見学している。風間はこれについて「仏国里昂において某学士が発明せしところの電気作用の製糸機械」だとし，それのスケッチを後年出版された「日本絹糸一製糸要論」（1933）に載せている。これはその図からみて Serrell のものに間違いない。

この原理は伸度と繊度との関係を利用し，電磁リレーによって作動するもので，その内容をジルベルマンの本から引用して図24に示した。

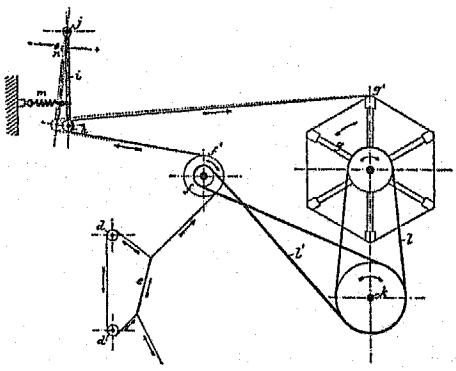


図24　Serrell の自動感知装置（Silbermann）

繰糸された生糸が，湿潤状料でフックの法則に従うと仮定すれば，一定伸び率に対する力は生糸断面積に比例して変化し，逆に一定の力に対する伸び率が変化する。この性質を利用して生糸の極限断面積（太さ）を求めることが出来るわけで，これが Serrell の自動繰糸機の繊度感知原理である。ただ後の研究でもわかるように，この方法での繊度感知には色々な問題点があり，必ずしも実用的でなかった。特に湿度の高い環境で使用する繰糸機に当時の幼稚なリレーを用いたことなど，現在これをみるとき，あまりにも初歩的な問題点が多かったとおもう。恐らく普及をみなかったのではあるまいか。明治16年（1883）11月の米国蚕糸月報社記者の工場訪問記の中に「ルイ・ブランション氏の大製糸所」で「セレルの発明した電機篋（ママ）を用いている」

とある。これが果して電気式の自動繰糸機かどうか不明だが，セレルの機械が実際に使

われていたことがわかる（菊池広治：万国蚕業彙聞，pp. 136—137，明治17年）。

当時この他にも自動繰糸機に関する発明がいくつかあったが，何れもうたかたの如く消え去ってしまった。これに対する我国蚕糸人の反応はどうであったろうか。外国語に疎い多くの製糸家には，恐らくこの種の情報が直接入ることは少なかったとおもう。その意味では伊藤茂右衛門は英語を読める数少ない蚕糸人の一人であったと考えられる。先に引用したように，彼の縦書きの本にもわざわざ英語で L. W. Serrell というように名前が書かれ，その他にもエレキトリック・バッテリーとかマグネートとかの英語も出て来るのである。伊藤はこの本を書くに当って，日本各地を巡察し収集した情報をジャーナリスティックにまとめたものとおもう。彼はセレルの自動繰糸機について次のように書いている。

「此の器械は頗る綿密なる計算上より出ておるものなれば一通り図画の説明を以て試に之を構造せんには甚た至難の事なれとも道理上より考察するときは此迄世界に仕用する所の器械の比に非さる事は明白なる事なり又之を構造するに其費用こそ多く要するものなれ一度設立しおれば第一製糸工女を要せざるが故製糸費の減省するは申す迄もなく其製したる糸の一定にして不同なきは人々の手心を以て揃へたるものと同日の論に非ざるは余未た之を試の暇は非されども器械的の道理上よりして明かなる事と信して疑はさるべし此迄製糸所の確言に製糸は製糸工女の手指が製糸器械の最も肝要なる一部分なれば工女の精神として器械の如く一定に為さしむる事の大切なるべしと為せしが向後期る器械の世に行はるるに至らば右の確言も立消となるならん，近来社会の事物は有形無形悉く学問の範囲に包羅されて学者の心頭に掛り以て道理づくの工夫より成るものなれば何そその製糸に限り工女の手指をして器械的の最上肝要の位置に残し置くべきや其確言の消滅するも亦宜なるべし又右の機械の図書を見て其実用の当否を論するものあらんかなれとも其工夫の玆に至れば若し此の器械の不充分なる所なりて便利ならざるも後日改正を加へて充分なるものとなるは必す然る事と信ずれば我国の製糸家は其の器械の工夫は他人に属するも之を取て利用するの念文は常に心し忘

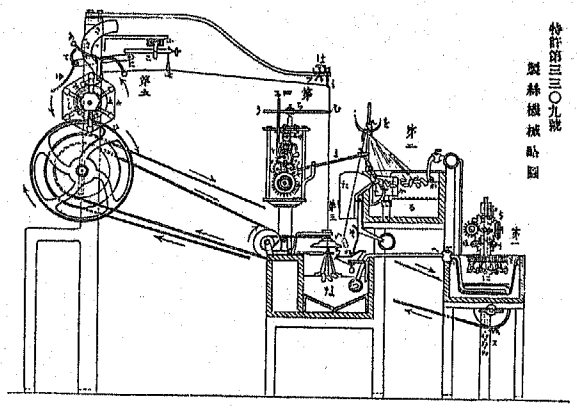


図25　圓中文助の自動繰糸機

るべからざる事を余は敢て希望するものなり」(pp. 571—572)

このように明治の初めに自動繰糸機の将来性を見抜いた伊藤の炯眼さに驚くのであるが，これを世間が必要とし，工業として実現するまでにはなお七十余年の歳月が必要だったのである。

しかし外国文化に無条件に心酔する傾向のあった当時の技術者が，これに興味を持たない筈がない。圓中文助が我国としては初めての自動繰糸機を製作し，明治35年(1902)の第十一回大日本蚕糸会大集会の懇親会の席上「製糸機械の発明」と題してこれを発表している。この内容は蚕糸会報，No. 121（明治35年）に掲載された。これによると繊度感知はセレルと同様張力式であるが，電磁リレーを用いず，メカだけで動く機構にしてある。やはりセレルの機械を研究した上でのことだとおもう。図25はその機械の図である。当時東京芝区田町札の辻模範製糸機械場に1列12台を据えつけ，試験をしていたらしいが，その後これが普及したという話は伝わっていない。やはり圓中文助という人は半世紀ほど早く生れ過ぎた者の一人と言わざるを得ない。

自動繰糸機が要求されるようになる社会的，技術的条件が何であったのかについては今後の研究を待たなければならないが，ユーザー（主に機屋，メリヤス屋）からは繊度の揃った。偏差の少ない生糸が常に要求されて来たという事実を抜きにしては，製糸機械の歴史を語るわけにはいかない。

明治の初め，日本の座ぐり糸のデニールが不揃いのため，経糸には不向きでトラム（tram）すなわち緯糸にしか使えなかった。そこで渋沢栄一らが「是非伊仏のように器械製糸に改めて，以て経糸として立派な生糸を産出する様にしなければならぬ」ということで富岡を設立することになった話は有名である。このことが契機となって次第に器械製糸すなわち座繰(ざそう)機が普及して行くのである。その結果，オーガンジー用などの細糸は兎も角，アメリカ市場においては次第に日本の生糸が経糸として使われるようになる（石井寛：日本蚕糸業史分析，1972，東大出版，pp. 42—45)。

経糸というのは常に緊張されているので，太さの揃ったものでなくてはならない。特に機械を用いて高速で織るようになると，この条件が一層厳しくなる。このことは何も絹織物ばかりではない。かつてイギリスで生産されたキャラコの経糸には当初麻糸が用いられていた。当時のジェニー紡績機で紡いだ糸は強さが小さく，摩擦にも弱かったためで，アークライトの water frameの出現を待って漸く綿糸が経糸に使えるようになるのであり，これこそ新しい機械の発明による技術革新すなわち産業革命だったわけである*。

その後，第一次世界大戦を経験したヨーロッパで，女子の職場進出などの影響から，膝までの短かいスカートが流行し始め，それに伴ってストッキング用の生糸の需要が急増するのである。よく教科書などには日本の生糸が専らアメリカ婦人の靴下に使われたように書かれているが，実際に靴下に向けられるのは大正後半以降であり，第二次大戦が始まるまでの比較的短かい期間に過ぎない。このようにスカートが現在のように膝までの短かいものになったという風俗の変化を抜きにして，生糸に対する要求の変化，そ

* 角山栄『産業革命の群像』1971，清水書院，p. 45.

れに伴なう繰糸機械の革新等の問題を理解することは出来ない。

ミレーの絵でもわかるように，ヨーロッパの女性は，農作業をするときでもくるぶしまでかくれるスカート，今ように言えばマキシをはいていたのであり，子供や踊り子を別にすれば，足をむき出しにすることなどは考えられないことだったのである。大正の初めロンドンに遊学した作家で後には明治生命の社長にもなる水上滝太郎は「倫敦の宿」の中で，下宿の娘について次のように書いている。

「膝っきりの袴（スカート）の下からむき出しになっている脚は，此の年齢頃の女性に特有の生理的変化が近いうちにどうしても袴の丈を長くさせなければ置かないといふやうに見えた」

年頃になると脚をかくすために長いスカートをはいていたのである。ところが戦争に男性が出征し，それまで男性が働いていた工場などへ女性が進出し，銃後を守る責任の一端を負わされるようになると，能率的な短かいスカートが流行しはじめたと言われており，これが米国にも飛火し，やがて全世界的な風俗として固定されて行くのである。

水上の倫敦遊学から十年ほどたった頃アメリカを旅行した膳桂之助は次のように書いている。

「……生糸は編物として消費される数量が非常に増加し，恐らく米国輸入生糸の約半分は編物として用いられる。近年婦人の裾が短かくなり，膝かしら以上までしか下着がないのであるから，どうしてもそこまで靴下をはかねばならぬ，しかも脚のスタイルに重きを置く米国婦人は木綿や人絹では具合がよくない。其の上薄い地肌の透き通って見ゆるようなものであるから，切れ易い益々純絹の消費が旺盛となる。上下の差別なく絹靴下が使用される。ショップガールでもタイピストでも皆々絹靴下を愛用するのである……」（蚕糸界報，36，No. 426（1927））

このような生糸の用途変化に伴って，当然細く，糸むらのない生糸が要求されるようになり，セリプレン検査が義務づけられそれにかなった繰糸機として御法川多条繰糸機が出て来たのである。いうまでもなく立繰で，前方巻取式の機械である。

やがて太平洋戦争が勃発，製糸工場は壊滅的な打撃を受けるが，戦争が終ると再び生糸の生産が始まる。ところが戦時中に発明された合成繊維ナイロンは，靴下分野から再び生糸を駆逐してしまった。その上労働問題が厳しくなり，技術的には戦時中の軍事研究の副産物として，エレクトロニクスを中心に画期的な新技術が導入された。抵抗線歪計等もその一つである。品質管理，自動制御が新しい学問として登上して来る。こういった背景はやがて自動繰糸機を迎えるための条件として整って来たのである。

昭和20年代はまだまだ多条機の時代であったが，一時期ある一部の工場で連帯繰糸というのが行われたことがあった。接緒と索緒とを分業とし，接緒工が一セットの繰糸機の周囲を廻りながら接緒して行くものである。

繰糸作業では繭糸を何本か集束し，適当に繭を補給して行くのであるが，定粒式のときは女工が目で繭の数を数え，定繊度式のときは繭数や，その繭の繭層部位などを経験的な勘によってチェックし接緒を行っている。連帯繰糸のときは何人かの女工が一組になってぐるぐると目をみはりながら作業をするわけである。

これを自動化する場合，今まで人間がやっていた二つの作業，すなわち検出器としての目の役割と，その指令に基づいて繭を接緒する手の役割とを自動化すればよい。後者の場合連帯繰糸で歩き廻っていた女工の代りに，繭を入れた籠を廻し，機械的な方法で繭を接緒すればよい。この技術は機械工学的にはそんなに難しいものではない。ところが太さの検出は大変である。定粒で繭の数を一定にする方法が考えられたが，今日のようなスリット式の感知方法が発明されるに及んで，漸く百年前 Serrell が夢みた自動繰糸機が完成するのである。

あ と が き

製糸機械の発達の過程を日本，中国そしてヨーロッパについて読物風にまとめてみた。といっても筆者は技術史については全くの素人であり，その方法論すらも知らないのでその道の専門家から見たら，極く限られた史料や書物などの逸文を頼りに揣摩臆測だけでまとめたものとしかうつらないかも知れない。しかし，これが素人に出来る限界であろう。勿論，多くの資料に当り，数字的に立証を重ねている経済史の本などと比べようもないが，兎に角，今までこの種の内容の本にお目にかかっていない。筆者はこのような，今まで専門家が関心を示さなかった分野について調べてみたかっただけである。

たしかに明治の初め，ヨーロッパから製糸機械も製糸技術も輸入され，これが大きな刺戟剤となったことは事実である。しかし機械こそ幼稚なものであったが，製糸技術に限らず，養蚕や栽桑の技術については日本とヨーロッパとの間にそれ程の運庭があったとはおもえない。その証拠の一つが「養蚕秘録」をはじめとする何冊かの日本の蚕書が幕末にフランス語やイタリー語に翻訳され，ヨーロッパの実務家の間に流布していたという事実である[19]。「養蚕秘録」にしても「蚕養絹篩」にしても技術書として非常に優れた内容をもっていたからである。明治になっても勧農叢書として復刻されている事実からもわかる。

宮崎安定の「農業全書」は中国の「農政全書」を範にしたとされているにも拘らず，優れた農業書として広く農民に読まれていた。この「農業全書」について，横井時敬が

「もし，この書をひもときて後，今日（明治期—筆者註）の実地にかんする書籍を読むときは，すなわち，人をして爛熟たる花園より，荒漠の山野に入れるおもいあらしむるものあり，余はよって疑う，わが種芸の術は，かえって退歩，悪変したるところあるにあらざるかを」

と慨嘆している。この「農業全書」を「養蚕秘録」に置き換えても十分パロディーが成り立つとおもう。この江戸時代の養蚕技術を考慮せずに，明治以降の我国の蚕糸技術を評価することは不可能である。

製糸にしても日本在来の座ぐりの知識をもとに日本の風土に適った繰糸機械を作り上げるのは官界の人達ではなく，諏訪あたりの民間の人達であった。この民間人が官界での研究を歯牙にもかけず，伝統的な技術だけを旧套墨守していたというのでは決してない。やはり機械が劣っていても，繰糸の細かい技術的配慮によって，機械の劣勢をカバ

19) 篠原昭「江戸時代蚕書の翻訳」，蚕糸科学と技術，13，11，pp. 62—64 (1974)

ーしつつ，次第に資本を蓄積し，独自の機械の開発へと進むところに製糸機械技術発達の特徴がある。

乾繭，煮繭，繊掛けなどヨーロッパや中国の技術をとり入れながら，日本の伝統的な技術との宥和策も考えていた。やがて一般化する沈繰も既に岩代の掛田地方では古くから行われていたし，揚返し法などはそのよい例で，日本の産業の中で伝統技術がこれ程生かされたものは他に例が少ないとおもう。こういったことが，爾来世界の製糸界に君臨できた底力だとおもう。

反面，我国の蚕糸技術はあくまでも経験からあみ出されたものであり，科学的に武装されたものではなかった。養蚕や栽桑の分野では遺伝学など欧米から入って来た科学と結びついて大きな飛躍をするのであるが，製糸の分野で科学をとり入れるのはかなりおくれることになる。このことについては別の機会に論ずるつもりである。

1976年，故加藤宗一氏の遺稿をまとめて「日本製糸技術史」を出版したが，その作業を進めるために信州大学繊維学部の有志を中心に，製糸技術史研究会という私的な会合をもったのが，本稿をまとめる端緒であった。メンバーの樫山産業社長樫山幹男氏，信州大学の長島栄一，内田貞夫，嶋崎昭典の諸先生には特に御指導を賜った。むしろこの方々との共同作業の産物として本稿が出来たといってもよいとおもう。

本稿の骨子は第3回蚕史研究会（1977，東京）で報告したものであるが，この発表を慫慂して下さった東京大学の吉武成美教授をはじめ会員の方々，特に京都工芸繊維大学の布目順郎教授，九州大学の鮎沢啓夫教授には種々御教授いただいた。また貴重な文書を見せて戴いた岡谷蚕糸博物館長伊藤正和氏，タイ国の繰糸機の写真その他タイ国の蚕糸事情について資料を御提供下さった農林水産省蚕糸試験場新庄原蚕種試験所長堀内彬明氏，イタリー語について御教授戴いた信州大学教育学部斎藤寛海助教授，原稿の整理に御協力下さった高橋広子（旧姓藤升）さんに記して感謝の意を表します。

Summary

History of the silk-reeling machine

Akira SHINOHARA*

(Received September 22nd, 1978)

The treadle type reeling machine developed in China had been known in Japan already in Genroku era. This type of reeling machine however did not come into wide use in Japan, and original type of reeling machine drived by hand had developed in Japan independent of Chinese type. The most important reason that the treadle type reeling machine did not be available in Japan was in difficulties to make the complicated mechanisms —— a treadle acting on a crankshaft with a fly wheel, and in addition, the work in a standing position or at least seated erect at a bench did not fit for Japanese peaple who had custom to sit, squat, or kneel on the ground or floor in daily life.

An original type of modern reeling machine was constructed in Piedmont, North Italy in 18th century. The *croissure* type used in this machine was so called *Chambon system*, which was hitherto considered as French type.

There was hot dispute about the introduction of *jette-bout* (Fadenführer) and the selection of *an automatic brush*. Taking this problems as an example, author pointed out the strife on the method of filature between goverment and civilian engineers.

History of automatic reeling machine was also discussed. On a long trail from the invention of automatic reeling machine in 19th century to the spread after the World War II, author surveyed its social bachground of silk imported countries and engineering bachground of Japan.

* Assistant Professor of Applied Mechanics, The Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University.