

製糸条件と生糸、絹織物の品質

岡谷製糸試験所 農林技官 小 岩 井 宗 治

目 次

1. 製糸技術の歴史的背景
2. 製糸技術と絹繊維の特性
3. 製糸、製織条件における問題点
4. 製糸技術の根本的問題点とその対策

1. 製糸技術の歴史的背景

本題の話題を提起するに当たって、製糸業の歴史的背景を回顧することも無意味ではないと思う。たとえば、本年6月22日のNHKテレビ番組において海外取材番組「明治百年」から編集した「近代日本のあけぼの」によれば、産業史で著名な渋沢栄一氏は慶応3年（102年前）幕府の徳川慶喜の弟に従って渡仏後欧州各国を巡遊して各地で文化の見聞を広めた。渋沢氏の帰国後維新政府は氏の援助で、洋式製糸技術導入のため仏国リヨンからブリユナ氏を首長とする一行を高給で招へいし、明治5年（97年前）に富岡製糸場を開設した。また同じ頃、渋沢氏は英国留学中の山辺武夫氏に英国式綿紡績技術の習得を依頼したので、山辺氏はマンチェスターのローズヒル工場で一労働者として技術を体得し、帰国後明治16年（86年前）渋沢氏の下で大阪紡績会社の創立に尽力した。渋沢氏によって近代日本の繊維産業の基盤が開かれたといっても過言ではない。このように、日本は徳川の長い平和時代に蓄えられた武士階級の行政能力や文化遺産を次の多くの伝統を捨てた明治維新という欧米化時代に生かし、国民の進取の気性や勤労意欲にささえられ、外国が近代産業国家になるのに、第1次産業革命（肉体労働を動力機械に置きかえた産業革命）後150年以上200年間を要したのに日本は明治から昭和敗戦を経て100年間で達成し、生糸や綿布の輸出によって工業化や強国化を助けたという近代日本のあけぼのについて解説した。

いかに日本国民は偉大な民族であるかがうかがえる。それは、他国よりも50年も先がけて第1次産業革命に着手し、終始優位に立った英国は伝統保持と固定概念にこだわったため、現代の第2次産業革命（精神労働を自動機械たとえばオートメーションなどに置きかえた産業革命）における技術革新では脱落しつつあるが、伝統をみごとに捨てたソ連、いまでもパイオニア精神に満ちたアメリカ、および昭和敗戦で再び多くの伝統を捨てた日本等はいずれもすばらしい経済成長をとげ、工業化による世界の三大産業国家に成長し、互に人類の福祉や進歩に貢献している。

そして、ハーマン・カーン氏²⁾によれば日本の経済成長は平均7～8%という高い成長率を維持し、50年後の21世紀にはアメリカを大きく引き離して世界第1位のGNPに達するであろうと予測し、21世紀は輝かしい日本人の世紀になると確信している。

2. 製糸技術と絹繊維の特性

さて、前述のように洋式製糸器械とその技術から出発した製糸業は多くの諸先輩の努力研究によって座繰機、多条繰糸機、自動繰糸機およびそれらの製糸技術へと変遷した。

2-1. 製糸技術の要点

蚕糸試験場製糸部長木村真作技官³⁾は、製糸技術の要点はいかに的確迅速に原料繭性状の変化を把握し、それに即応した処理条件を整備し、最適生産を実行するかにあると指摘し、往年の多条繰糸においては原料繭の性状調査を行ない、その成績にもとづいて繰糸条件を設定してから操業を開始したが、今日の自動繰糸においては原料繭性状の情報源が製糸工程で変形・変質されて生産成績を形成する間の伝達関数の仕組みを明らかにするという情報理論や確率過程論的な立場から分析が進められた。そして、それらの理論を組立てて、コンピューターを中心とした中央管理制御系を構成し、最適生産が自動的に遂行できる技術体系を確立する研究が行なわれようとしていると述べている。このことは、前記のように製糸業が将来わが国経済の高度成長に比肩できるとは期待できなくても、また合成繊維が絹繊維にとって代るまで、時代の進展に伍して逐次有利な製糸経営が行なわれるためには誠に重要である。

2-2. 絹織物の品質の特長

これに関する絹繊維製品の光沢、風合い、軽さ、暖かさなどの特長については、蚕糸試験場絹繊維部長細田一夫技官⁴⁾は (1)絹繊維は非常に細く、精練によって0.9デニール程度の太さの繊維になる。(2)絹繊維の断面は三角形をしており、最近のシルキー合成繊維の多くが三角形の断面を有し、このことは光沢にも影響し、また曲げモーメントが円形の約0.6倍で柔らかい性質を与え、細いことと相まって柔軟性を大きくする。さらに、蚕が繭を作るときに8字形に繊維を吐くために、繊維はある周期で屈曲している。その周期は0.6cm⁵⁾(0.5~1.5cm)ぐらいあるので、これを集束しても互に密着しないで空間を有する状態を保ち、バルキーな糸となり、軽くて保温性を与える。(3)セリシンとフィブロインとの二重構造であり、これが熱固定する温度はセリシンがフィブロインより低いので、その性質を利用する絹織物にちりめんがある。これは緯糸に3000t/mの燃をかけた強燃糸をセリシンの熱固定温度で燃を固定するので、フィブロインの燃による歪エネルギーは消滅しない状態にある。このような緯糸で織物が作られ精練されてセリシンが除かれると、歪エネルギーをもったフィブロインのみになるために燃のもどり力が働く、しかし織物中にあるために緯糸の燃はもどらずに織物の表面に凹凸ができる。合成繊維では燃は熱固定できても、歪エネルギーは消滅するので、合成繊維では製造されない織物である。また、風合いの良い代表的絹織物としての羽二重は、生糸を湿した状態の緯糸を用い、緯糸の水分が経糸の生糸にも伝わって経糸も徐々に軟化し、織物の経緯糸が平均して屈曲して表面が滑らかになる。このようにして作られた織物は精練でセリシンが除かれ、繊維間に隙間を生じてその状態を保つので、他の織物には見られない手触りがあると考えられる。この風合いは、糸の間の空隙(前述の8字形に吐糸された周期的な繊維の屈曲も影響する)からくる弾性と糸と糸との交叉(織物構造)による弾性との2種類の弾性のためであり、合成繊維によっては経糸の剪断力で緯糸が平らにならないように緯糸に糊をつけない限り、作るのは非常に困難である。(4)絹繊維はむらが多く、繭繊維はたとえば外層では3.74d、中層では3.16d、内層では1.30dであって平均繊度が2.84dを示して非常に不均一で、これらで繰製した生糸の繊維の太さにも相当のバラツキがあり、このような生糸が織物になり、精練されて絹繊維がばらばらの状態になるに従って前記のような特別な手触り、風合いなどをもつようになり、このほかにもフィブリル構造、ミセル構造、結晶領域、非結晶領域、分子構造などの不均等性等の多くの研究の問題点があり、合成繊維のように各繊維が同じ太さ、同じ形をもつために絹繊維と相当異なるのは、当然であろう。絹の特長、欠点などは今

後の研究にまつところが多く、いつの時代に天然絹繊維のすべてが明らかとなり、合成繊維が絹繊維にとって代る時代がもたらされるか不明であるが、一日も早くそのような時代の出現を望むと述べている。

このような当場の木村製糸部長の製糸技術および細田絹繊維部長の絹繊維の特性に関する基本的知見はわれわれ研究者に製糸や製織の基礎を提供するものと考えられるので、次に以上の知見に従って従来行なわれた各種の研究施策からそれらの見解の概要を紹介し、さらに根本的な問題点と考えられるものを指摘して見たい。

3. 製糸、製織条件における問題点

製糸技術からの製糸目標はよい生糸の有利な生産であり、同様に製織技術からの製織目標も、よい絹織物の有利な生産であって、両者を結びと本題の生糸、織物品質ということになるが、これを生産技術面から捕らえれば、ある原料繭にある製糸条件で連続的な各工程における処理の履歴は次に与えられる各製織工程の条件と複雑に影響し合っている。両者のどの工程一つを取っても多くの前歴や環境条件によって決まる製品の通路は複雑な迷路を構成しているように考えられる。このような工程内では未知な前歴や条件の組合せによっては通行禁止の袋小路も生ずる可能性もあり、現実には有利な生産のために過酷な条件としたり、通れない迷路を無視して無理に突破するような生産を実施することも起きるので、生糸品質は検査目標に合格しても前記の基本的な絹繊維の特性が劣化することもあると理解される。したがって、生産技術においては両分野を関連づける研究は、前歴や条件が多数で分析が困難であっても、第2項の両基本的知見に基づいて重要なものは十分に研究吟味されなければならないと考えられる。

3-1. 製 織 条 件

蚕糸試験場絹繊維部機織研究室長紺野宏技官⁶⁾は昭和37年（定織式自動繰糸機発売後5年目）自動繰糸機の普及に伴い、従来の座繰生糸や多条生糸と性質が変わり、生糸検査では全体的に向上して見掛けの性質は非常にようになったが、織物業者は嵩高性や腰が無く、製品がペーパーライクになり、練減りが多くなったといわれていると指摘した。そして、自動繰糸機の高速繰糸生糸（繰糸速度100と170m/min）と多条繰糸機の低速繰糸生糸（繰糸速度50m/min）との力学的性能を比較し、製糸の乾繭、煮繭、繰糸速度、繰糸温度、水質等の関連条件が繰糸張力に影響し、繰糸張力の増大は生糸の強力、弾性率を大きくし、伸度を減少するといわれているが、繰糸速度50m/min、繰糸温度30°Cの生糸に比べて、同じく170m/min、30°Cの生糸が強伸度が共に大きい場合もあり、繰糸張力に関連する条件によって一概には断定できないことを注意し、織物の光沢、引揃性、強力などを必要とするものは高速の繰糸張力が大きい糸がよく、嵩高性や腰を必要とするものはやはり低速の繰糸張力の小さいものがよいと考えられるとしている。しかし、実際の製織作業上の取扱いの難易（再繰、撚糸、製織における糸切れ等）および精練抵抗性等の問題を検討しなければ、高速繰糸と低速繰糸とはどのように優劣があるか判断しかねるが、製糸法および製織の前処理等の前歴を基礎として研究しなければならないと述べている。

3-2. 製 糸 条 件

信州大学繊維学部助教授農博嶋崎昭典氏⁷⁾は最近の自動繰糸機が生糸品質についてと題して講演し、製糸企業が発展するためには質的側面と量的側面が考えられ、労働力不足は量的側面に片寄らせてもっぱら高速化の方向に傾いているが、質的側面は生糸品質として形態的性質には太さ

(平均織度, 織度偏差, 最大偏差, 糸むらⅠ, 糸むらⅡ, 糸むらⅢ)と節(大中節, 小節平均, 小節劣等)があり, 力学的性質には強力, 伸度(輸出生糸格付表にはないが, 粘弾的性質として粘弾性, 応力緩和, クリープ等), その他抱合, 再繰切断がある。

この両側面の問題は蚕の営繭条件に影響されることが多く, 節と煮繭技術においても繭層のこちらの山の部分は繭層構造が粗であり, ここから湿潤し易く, 谷の部分は密で湿り難いので, 煮繭処理によって触蒸前後の繭含水率を100～150%程度に制御して湿り難い繭層凹部を膨化させることが肝要であり, そのためには高圧浸透煮繭処理や高周波煮繭法を検討することも必要であると述べている。

更に, 繰糸速度の高速化の制限として, 正緒繭の補給系, 糸故障と粒付の管理系, 織度検索間隔と有効接緒効率とによる接緒おくれ時間および糸道の単純化と応力緩和とによる繰糸張力等の影響が著しいので, これらを十分考慮することに注意し, 繰糸速度の高速化による有効接緒効率と欠粒数の分布を求め, 高速化が生糸品質劣化に及ぼす危険性は繰糸速度150～200m/minの範囲の変曲点から起きるのではないかと指摘している。

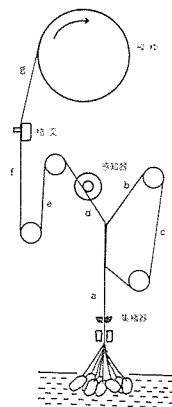
3-2-1. 繰糸速度と繰糸張力

岡谷製糸試験所坪井恒技官³⁾は自動繰糸機の糸道における繰糸張力の変化を渡辺測器製作所製MA-P S 繊維張力記録計を用いて, 21中生糸, 集緒器孔径345ミクロン(28中用), よりの長さ13～15cm, 繰糸温度40℃, 繰糸速度50～190m/minの条件で測定し, 第1表のような結果をえた。

第1表 繰糸速度と糸道各部の繰糸張力

		(単位g)						
繰糸速度	測定箇所	a	b	c	d	e	f	g
50m/min		5.5	3.1	3.1	6.1	7.8	8.1	9.5
70		5.6	3.0	3.3	6.3	8.4	8.6	9.7
90		6.8	3.7	3.7	7.2	8.8	9.2	10.7
110		7.2	4.0	4.2	7.4	10.0	9.8	11.3
130		7.7	4.2	4.6	7.8	10.4	10.6	11.9
150		8.8	4.6	4.6	8.4	11.1	11.5	12.9
170		9.4	4.7	5.0	9.4	11.8	12.3	14.1
190		10.0	4.9	5.3	10.0	12.5	13.1	14.6

注) 測定箇所



そして繰糸速度120m/minにおいて, 集緒器孔径が215～645ミクロンの範囲では繰糸張力の変化はみられず, より数が0～200回の範囲では繰糸張力(第1表d-b項)の変化は1.2～4.1gで, 繰糸温度が20～40℃の範囲では最終繰糸張力(第1表g項)は多いが, 50℃になると最終繰糸張力は1.0g程度減少すると述べている。

3-2-2. 繰糸張力と生糸品質

製糸教育界の長老蚕糸科学研究所研究員農博中川房吉氏⁹⁾は最近, 自動繰糸生糸の品質改善と

題して、生糸の老化防止と活性の回復について蚕糸新聞に見解を発表した。

これによれば、たとえば福井産の羽二重は最高級品といわれているが、戦前（昭和15年以前の座繰繰糸や多条繰糸時代）の羽二重やちりめんは肉のりが厚くて嵩高であり、しまりがあって弾性に富み、しかも手触り、触感は優秀なものが多く、ちょうど若い青年の皮膚や腕ぶしのように、つやに富み身がしまって肉のりが厚い生き生きした絹製品であったのに、このごろの絹織物は老人の皮膚のように、色つやも肉のりも萎縮したものが多いようである。

これは、現今わが国の自動繰糸は高速度繰糸が行なわれ、製糸工程中でセリシンの溶解を少なくする煮繭・繰糸方法が行なわれて、繰糸張力が著しく増大し（第2表参照）、これによって生糸は伸長・硬化させられ、生糸の伸度、弾性、嵩高性を減少して生糸を老化させていると指摘し、すみやかにわが国における自動繰糸機の根本的改良と乾繭・煮繭・繰糸などの製糸技術の抜本的改善とによって、中共や韓国の多条繰糸による生糸に優る戦前のような活性ある生糸を生産する製糸技術を確立することが、わが国蚕糸業の重要な再建発展策と思われると述べている。

第2表 繰糸法と繰糸張力ならびに生糸の強伸度（21中生糸，中川研究）

年 次	繰 糸 法	繰糸温度	繰糸速度	繰糸張力	生糸の強力	生糸の伸度
昭和15年 （戦前）	座繰繰糸	80～85℃	200 ^m /min	5.0～5.5 ^g	3.68 ^{g/d}	20.4 [%]
	多条 "	38～40	50～70	3.5～5.0	3.57	21.1
昭和30年 ～35年	"	30～35	75～85	10.0～10.5	3.6～3.7	19.5～20
	自動繰糸	"	100～130	12.0～12.5	3.8～3.9	18～19
昭和43年 （現在）	"	35～40	130～150	13～14	3.8～3.85	18～18.8
	" (HR)	35～45	150～180	14～16.5	3.8～3.9	18～18.5

中川博士の第2表を前記の坪井技官の第1表と比較すれば、昭和35年頃の繰糸速度100～130^m/minは概略一致し、昭和43年では坪井技官の数値は繰糸速度130～150^m/minで1^g程少ない値となっているが、これは主として煮熟度の相違によるものと考えられる。

また、生糸の強力・伸度については、横浜生糸検査所の島清信技官¹⁰⁾は生糸検査所の事業成績報告から21中生糸についてその歩みを大づかみにながめると、強力（小数点以下2位切捨）は明治時代の3.4^g/dに始まって昭和11～14年の3.7^g/d、昭和23～31年の3.9^g/d、昭和42年の4.1^g/dと問題なく増加の一路をたどり、その開差は0.7^g/dの増であり、伸度（小数点以下切捨）の方は明治時代の20%台に始まって、大正年間は大体19%台で、昭和元年から昭和22年まで21%台となり、昭和23年から昭和38年までが20%台、昭和39年以降は引続き19%台となっている。すなわち、大まかなところ強力は漸増となり、伸度は漸減であるとして、第2表の現在の強力を除いては両氏の見解は概略一致している。

更に、中川博士は生糸の伸度減少と老化の原因の分析を徹底的に進め、繰糸張力に相当する荷重を繰糸中の膨潤生糸に作用させて荷重による生糸の伸長度を測定し、その後直ちに荷重を除いて伸長生糸が風乾する収縮度を測った（第3表参照）。

第3表 荷重による繰糸中の生糸の伸長および収縮（中川研究）

生糸織度	繭粒付数	荷 重	伸 長 度	収 縮 度	差
21 d	7 粒	3 g	+0.96 %	-1.31 %	-0.35 %
"	"	5	+1.24	-1.50	-0.26
"	"	7	+1.78	-2.05	-0.27
"	"	10	+2.27	-2.12	+0.15
"	"	12	+3.50	-3.01	+0.49
"	"	15	+4.04	-3.45	+0.59

その結果、21中生糸では荷重7g以下では伸長度よりも収縮度が大きくて伸長生糸は乾燥と共に完全に収縮するが、荷重10g以上では伸長度に比べて収縮度が小さくて伸長生糸は乾燥しても、もとどおり完全に収縮しないことを明らかにし、繰糸張力の大きい自動繰糸では繰糸速度130～150m/minで繰糸生糸の伸縮残差は+0.59%となり（付記参照）、生糸は引き伸ばされて老化（硬化、針金化）現象が進むと考えられると述べている。

また、生糸の老化現象に密接な関係ある繰糸張力の構成要因として、煮熟繭層からの解じょ抵抗は煮熟度、繰糸温度、繰糸速度などによって大小を生じ、また原料繭の特性、乾繭、貯繭、煮繭、繰糸方法などによって差があり、21中生糸繰糸中の解じょ抵抗は昭和15年前は2.1～2.75g、昭和25～35年の多条繰糸で3.0～3.5gであり、同年の自動繰糸で4.0～5.0g（以上中川研究）と約2倍となり、昭和43年では5.5～7.0g（中川・大野研究）と約3倍としている。

自動繰糸中の糸道の抵抗は21中生糸を繰糸する場合（中川研究）、機械の糸道の摩擦抵抗で生ずる繰糸張力は、接緒器および集緒器は0.5～2.0g、ケンネル式より掛け装置は4.0～5.0g、定織度感知器は0.2～0.3g、切断防止ストップモーション装置は1.5～3.5g、絡交鉤その他は0.5～1.0gであり、糸道の抵抗による合計の張力は6.0～11.5gであると述べている。この研究を前述の坪井技官の研究から推定すれば、21中生糸繰糸中の解じょ抵抗における昭和43年の5.5～7.0gは第1表の繰糸速度130～150m/min中のa項数値から接緒器および集緒器による張力2.0gを減じたものと仮定して5.7～7.7gとなり、またケンネル式より掛け装置の4.0～5.0gは同じく第1表の同じ速度のdからb項の数値を減じたものと仮定して3.6～5.1gとなって前記のうち比較的大きい値を与える数値は概略一致している。

要するに、自動繰糸機および製糸技術の改良による生糸品質改善対策として、前述の繰糸中の煮熟繭層からの解じょ抵抗を小さくすると共に、自動繰糸機の糸道抵抗を小さくして繰糸張力を減少するような自動繰糸機の根本的改善が必要であるとし、それらの対策を次のように述べている。

前者の煮熟繭層からの解じょ抵抗を減少するには、(1)煮繭のむら煮を防ぎ適熟として繭糸の膠着度を小さくすること、(2)繰糸温度をやや高くして解じょ抵抗を減少すること、(3)繰糸機各部の持繭量を少なくし、繭の新陳代謝を良くして繭層が過熱になるのを防ぎ、これによって高温繰糸を行なって落緒繭を少なくしながら糸故障の発生を防止すべきである。

また、後者の糸道抵抗を減少するには、(1)接緒器の通糸管の太さや長さを変えて抵抗を小さくすること、(2)ケンネルのより掛け装置によって形成される糸条の角度を小さくし、かつより掛け

鼓車の回転を軽滑にし、より数に注意して（前述の坪井技官の研究では、21中生糸繰糸にて繰糸温度 40℃、繰糸速度 120m/min で、張力はより数 1 回で 1.1g、10回で 2.6g、20回で 3.2g、150 回で 3.7g、200回で 4.1g となり、より数を 10～20 回に減らしても必要とするより数 150～200 回との差は最大で 1.5g 程度であり、余り減少しない）繰糸張力を軽減すべきであること、(3)繰糸のストップモーション装置は集緒部に薄皮やズル節が上昇して糸故障が発生する場合などは繰糸張力を著しく増大するので、集緒部に直結して繰糸を速かに停転させる機構が有効であり、しかも完全に糸条の切断を防止できるような装置の改善を計ることが重要であること、(4)糸道の経路（鼓車、糸鉤、感知器、停転装置、絡交鉤など）は急傾斜をなくし、屈曲を緩かにして抵抗を小さくし、軽滑な回転とすることなどである。

その他、製糸工程を機械化するには、蚕繭の特性に合致した製糸技術について機械化することが肝要で、今日のように自動繰糸機が先行して勝手に製糸技術を支配するような方法では優秀な生糸の生産は困難であると警告している。そして、その対策は速かに蚕繭に適応して絹繊維の特性を発揮しかつ助長する乾繭、煮繭、繰糸などの技術を確立することであり、特に繰糸張力を減少する製糸技術によって絹繊維の特性である生き生きとした生糸を生産する技術が必要であり、その技術による繰糸方法を機械化する自動繰糸機が重要であると誠に卓越した指摘を行なっている。

このような中川博士の見解は誠に合理的であって、われわれをよく納得させる。戦前の座繰や多条繰糸のような優秀な生糸を生産する製糸条件の第 1 の重点は繰糸張力を多くても 5.0g 程度以下とし、生糸の伸度は 21% 程度以上で嵩高とすることであろう。このような条件については前述の木村製糸部長も指摘するように、製糸技術の要点は原料繭の性状に即応した処理条件を整備して最適生産を実行することであるが、この最適生産の目的には当然生糸絹織物の品質も含まれるから、戦前のような処理要件に適応する製糸の機械化を再検討してこれができれば（第 4 項参照）、生糸品質の老化を防いで活性を回復できると考えられる。

しかし、現実には経済の高度成長による労働力不足によって労働生産性を高めるため、自動繰糸機の繰糸速度は、生糸品質を劣化する限度までますます高速化し、繰糸張力は増加の一途をたどり、自動繰糸機出現以来の生糸品質は生糸検査では全体的に向上して見掛けの性質はよくなったが、絹織物の品質は当初はペーパーライクになり嵩高性や腰が無く、最近では針金生糸とも呼ばれるような老化の方向に進み、織物業者には中共や韓国の多条繰糸生糸が歓迎されているのは周知のとおりである。

3—2—3. 繰糸速度の高速化と生糸の伸度

そこで、繰糸速度の高速化による繰糸張力の変化と生糸の伸度については、東京農工大学の工学博士小野四郎教授等¹¹⁾の繰糸速度と生糸の品質についての研究から推定すれば、繰糸速度が 100, 200, 300, 600, 800m/min と高速になれば、21中生糸で繰糸張力はそれぞれ 11.7, 16.9, 22.0, 33.2, 40.6g 程度に増加し、その生糸の伸度はそれぞれ 18.9, 17.9, 16.2, 11.2, 7.8% 程度に減少するであろう。

最近の日産自動繰糸機デラックス（HR 型）の機械的最高速度の限度は 260m/min（400 回）であるが、時代の進展によりその要望は更に 300m/min から次第に 800m/min などとより速い繰糸速度の研究目標に移行するであろうが、もちろん前記のような生糸の伸度からは自動繰糸機を再開発しなければ不可能である。

この対策として前記の嶋崎博士が指摘したような糸道の単純化（第4項参照）と応力緩和による繰糸張力について一考したい。蚕糸試験場製糸部において直繰繰糸機に2個の張力緩和ローラーを通して大枠に巻き取る研究で¹²⁾ 繰糸速度 130m/min, 初めのローラーの繰糸張力は 11g, 次のローラーの繰糸張力で 3～4g に緩和することができたが、生糸の伸度はあまり増加しなかったようである。これは第1のローラーでの張力の影響は第2のローラーで急速に張力を緩和しても粘弾性的にクリープ回復ができなく乾燥されたのではないかと考えられる。この方法は 300m/min 以上の高速化ではあまり期待できないのではないと思われる。

したがって、中川博士指摘の戦前のような生糸を生産する製糸技術に適応する新しい機械化すなわち糸道の単純化によるよりほか道が無いように考えられる。この問題点については、第4項製糸技術の根本的問題点とその対策で述べることにして、次に現実の工場における製糸技術について発表されたものを述べておきたい。

3-2-4. 現実の工場製糸技術

現実の工場の製糸技術の実態として、私が工場診断を実施したうちの優秀と考えられた神戸生糸KK太田製糸工場（群馬県）の生産技術研究会資料¹³⁾について紹介したい。

同工場の設備は、日産自動繰糸機デラックス（HR型）4セット、76台（16, 20, 20, 20台各1セット）、井口工業製水蒸気強制循環煮繭機1台、同上製配繭装置1台、大和三光製熱風8段乾繭機2基、自社製選繭・混合機1台、片倉式改造揚返機（6条揚げ）3セット、192窓、宮坂工業製揚返機1セット、62窓、郡是式糸捻機（長手造り）2台、郡是式括造機（長手造り）1台、自社製水流蛹しん搬送装置1台、郡是式皮巢整理機1台、丸善ボイラ蒸発量 2t/h 1基、関東三英製除鉄・マンガン装置（蚕研指導）1基、オルガノ製水質軟化装置1式を設置している。

操業現況は、原料繭は昭和43年群馬県産で、晩秋は日124×支124、日126×支126（混）、繭検定の解じょ率は80%、織度は2.45d、繭格は1.75、選除歩合は1.2%で乾燥歩合は41.2%であり、同じく初秋は $\left(\frac{\text{日122}}{\text{日124}} \times \frac{\text{支115}}{\text{支124}}\right)$ 、繭検定の解じょ率は66%、織度は2.38d、繭格は2.95、選除歩合は1.0%で乾燥歩合は39.4%であり、初秋・晩秋繭を各50%ずつ混合して供用した。選繭の選除歩合は0.9%（対入選繭量410kg）、煮繭は煮繭時間（浸漬より煮上りまでの時間）は11分、煮繭用水のpHは6.0、硬度2.0°dH、各部の温度が浸漬部は31→33°C、触蒸は不使用、浸透部は37°C、蒸煮部（熟成部）の第1循環部は86°C、循環部の赤外線発生体使用数は1KW6本、第2循環部は103°C、調整部は96, 94→70°C、煮上部（逆浸部）は47°Cである。繰糸は21中用が2セット40台、28中用は2セット36台、それぞれの糸格目標は21中が2～3A格、28中は3A格、繰糸速度は21中用が160m/min、28中用は150m/min、繰糸工は1セットに巡視2名、索緒1名、感知器洗浄1名の編成、副産量は生比苧が3.126kg/俵、皮巢は5.512kg/俵、能率（1日繰目）は21中生糸で240kg、28中生糸で240kg計480Kg（8俵）、対俵所要人員は14.5人である。生糸検査成績は第4表のようである。

太田製糸工場の工場診断によって明らかな点は、当場は蒸煮部水蒸気強制循環煮繭の徹底的研究改善によって、索抄緒の繭移行状態が良くて正緒繭の補給、ならびに良好な均等適煮による糸故障の管理は誠に優秀であり、第4表のように21中および28中共に生糸検査成績の織度偏差、糸むら、小節、大中節、再繰切断、強力、抱合などは優秀で問題はないと考えられる。

しかし、嶋崎博士の指摘するように粒付けの管理は、繰糸速度が21中で160m/min、28中で150m/minと高速であり、高速化による生糸品質劣化の危険性を生ずる変曲点（限界）の範囲に

第4表 生 糸 検 査 成 績 表 (神戸生糸KK, 太田工場)

生 糸 織 度	21 中 (糸格目標 2A~3A) (受検月日:昭和44.3.11~4.30) (受検荷口数:19)				28 中 (糸格目標 3A) (受検月日:昭和44.3.13~4.30) (受検荷口数:17)			
	4A限度	平 均	最 高	最 低	4A限度	平 均	最 高	最 低
決 定 格		2.94A	4A(2荷口)	2A(3荷口)		3.24A	4A(6荷口)	2A(1荷口)
平 均 織 度(d)		20.58	21.00	20.17		26.46	27.19	25.84
織 度 偏 差(d)	1.15以下	1.04(4A)	0.86(4A)	1.24(3A)	1.40以下	1.34(4A)	1.11(4A)	1.61(3A)
糸むらⅠ類(個)	150以下	112 (4A)	92 (4A)	143 (4A)	150以下	81 (4A)	66 (4A)	100 (4A)
糸むらⅡ類(個)	10以下	11 (3A)	6 (4A)	20(2A, 1荷口)	10以下	4 (4A)	1 (4A)	8 (4A)
大 中 節(点)	97以上	98.2 (4A)	99.2 (4A)	96.8 (3A)	97以上	97.9 (4A)	98.8 (4A)	97.5 (4A)
小 節 平 均(点)	94以上	94.70(4A)	95.30(4A)	94.00(4A)	94以上	94.95(4A)	95.75(4A)	94.30(4A)
小 節 劣 等(点)	90以上	92.25(4A)	94.25(4A)	90.00(4A)	90以上	93.00(4A)	95.00(4A)	91.00(4A)
織度最大偏差(d)	3.1以下	2.9 (4A)	2.3 (4A)	4.0(2A, 2荷口)	3.8以下	3.7 (4A)	2.6 (4A)	4.7(2A, 1荷口)
糸むらⅢ類(個)	0	0.3 (4A)	0 (4A)	1 (3A)	0	0.2 (4A)	0 (4A)	1 (3A)
再 繰 切 断(回)	4以下	3.3 (4A)	1 (4A)	6 (3A)	4以下	2.1 (4A)	0 (4A)	7 (3A)
強 力(g)	3.7以上	4.12(4A)	4.33(4A)	4.03(4A)	3.7以上	4.14(4A)	4.21(4A)	4.01(4A)
伸 度(%)	18以上	19.1 (4A)	19.7 (4A)	18.4 (4A, 同 台6荷口)	18以上	19.5 (4A)	20.3 (4A, 同 台4荷口)	18.2 (4A, 同 台2荷口)
抱 合(回)	60以上	92 (4A)	119 (4A)	84 (4A)	60以上	126 (4A)	148 (4A)	113 (4A)

相当するので、給繭精度や有効接緒効率（これらは接緒要求数で代表される）に基づく繰糸粒付の欠粒数が生じ易く、表の成績でも21中、28中共に欠粒数のため最大偏差が他の検査項目に比べて劣化し、2A格に格下げされたとうかがえる。この対策は当然、原料繭の特性に基づくものであろうが、小野博士の2粒差P粒付の管理を厳重にし、欠粒の諸要因を排除する必要がある。

問題の生糸の伸度は21中生糸で18%台が6荷口、28中生糸で18%台が2荷口、20%台が4荷口表われているが、これについては中川博士が指摘したとおり現在の自動繰糸機による繰糸速度150m/min(21中生糸の繰糸張力は推定14.3g、28中生糸では110m/minで同程度)以上の高速化では製糸技術の根本的変革を行わない限り、戦前のような繰糸張力5g以下で確実に生糸の伸度を20~21%以上に回復することを期待するのは困難であろう。

3-2-5. 乾繭, 選繭, 煮繭・繰糸および揚返条件

製糸条件としては上記の生糸の伸度に関連する条件のほかに、嶋崎博士が指摘するように質的側面(生糸品質)としての形態的性質の太さ, 節, 力学的性質の強力, その他の抱合, 再繰切断などに関連する製糸条件について述べる必要があるが, それらの各種条件については既に文献や研究発表の講演会などで詳細に討議されて周知の事柄が多いので, ここでは重大なもののみとしそれらは省略する。しかしここで, 私の体験した経験から製糸条件として乾繭, 選繭, 煮繭・繰糸, 揚返に関する補足的な私見を述べて御参考に供したい。

3-2-6. 乾 繭 条 件 の 補 足

乾繭については, 蚕糸試験場製糸部の水出通男技官が繭の取扱いと繭糸質¹⁴⁾と題して乾燥, 輸送, 貯蔵に関する優れた見解および最近の乾繭技術の進歩を述べられており, 更に補足するもの

はないが、実際のにがい体験から 2, 3 注意を喚起しておきたい。

3-2-6-1. 蛹体脂肪の繭層への移動

生繭繭層には脂肪は存在しないが、乾燥中に蛹体水分の蒸発に伴って、蛹体脂肪が比較的低温で水蒸気蒸溜（脂肪蒸気を伴った水蒸気が蒸発し冷却面に凝縮する）されて、繭層をとって繭こう外に蒸発するので、これが繭層繊維に凝縮付着する。乾燥の水分と熱エネルギーによるセリシンの変性も考えられるが、付着脂肪は煮繭の際に水をはじいて、繭層の湿潤性を減少して解じょを悪化し、またこの脂肪の変化着色によって生糸・絹織物の白さを減少する。これは生繭繰糸¹⁶⁾と乾繭繰糸との生糸や絹織物を比較すれば明らかである。

3-2-6-2. 繭貯蔵中の解じょ低下

乾繭の貯蔵庫内は夏期夜間においては相対湿度が 75~80% 程度になることがあって、蛹体含水率が 16% 以上に増加し、貯蔵数か月で乾燥蛹体の脂肪は微生物の繁殖によって酸敗して脂肪酸とグリセリンに分解され、酸価を 10 数倍に増大し、煮繭・繰糸湯の酸性を高めて解じょを著しく悪化する。蛹体含水率を 15% 以上とすればかびが発生することもあり、また最近はあまり見られないけれども 50% 以上の中乾繭を 24 時間以上放置すれば、蛹体の脂肪が酸敗して解じょを悪化することは周知である。

3-2-7. 選繭条件の補足

選繭は、煮え過ぎかつむら煮えになり易く糸故障を起こし易いほか繭、煮え易かつつぶれ易い薄皮繭やはふぬけ繭、薄皮繭に近い死にござり繭等の繰糸不適繭は、特に糸故障が多い場合は選除歩合にこだわらず選除すべきであろう。

3-2-8. 煮繭・繰糸条件の補足

煮繭に関しては、わたくしの製糸夏期大学教材の最近の煮繭方法とその問題点¹⁵⁾を参照されたいが、水蒸気強制循環煮繭機を製作している井口工業 K K は改良型を最近発売し、無浸透煮繭によるつぶれ繭を防止するため新らしく調整部に触蒸部を設けて 2 回浸透形式とした。しかし、まだその成績は表発されていないので、ここで紹介しておく。

本機については現実の生産技術の実態として太田製糸工場について述べたように、蒸煮部強制循環水蒸気に空気を混入し、煮熟中に繭こう内に気泡を残さず繭層のみに数%の空気を含ませ、煮熟繭は軽く色が白く見えるようにし、索抄緒部の繭の移行状態を良好にし、また蒸煮部の第 2 循環部で強制的に水蒸気に適度の流速を与え、かつ赤外線照射によつて 102°C 以上の高温を与えて均等な適煮を計るのである。

繰糸に関しては、特に春繭に多い繭層が厚くて繭層構造不良繭（たとえばはふぬけ繭）は糸故障防止のため若煮とすれば、薄皮部分まで硬くてその穴明き部分から蛹体が楽に脱落し、悪質な糸故障を多発することが多い。

これを防止するには、逆に煮繭で十分均等煮熟を進めて、薄皮部においてちょうど蛹体を網袋に入れたように柔らかい薄皮で蛹体をつりあげ、蛹しんの自然落緒を計るようにすれば、薄皮飛付きによる悪質な糸故障を防止することができるのは注意すべきである。

3-2-9. 揚返条件の補足

繰糸直後の繰棒生糸の含水率は13～15%程度と乾燥しているので、揚返前の棒湿しは繰棒生糸の含水率を120%程度以上（真空浸透、400～500mmHg、3～4回で同程度に達する）とし、揚返中繰棒生糸の棒角でのくいこみや固着によつて揚返生糸が裂けることに起因する小節・大中節を防止すべきである。

さらに、揚返中は繰棒生糸に散水装置により散水して繰棒生糸の乾燥を防ぎ、揚返張力を1.5～2.0g程度とする必要がある。特に生繰り¹⁶⁾や若乾の場合は揚返中の繰棒生糸の棒角でのくいこみや固着による揚返生糸の裂けによつて小節・大中節が劣化することに注意すべきである。このことは棒湿しをした繰棒から直接セリプレーンに巻く場合と揚返後再繰して巻く場合とを比較すれば明らかである。

4. 製糸技術の根本的問題点とその対策

岡谷製糸試験所の研究課題として本年4月より実施した生糸生産システムのオートメーション化の研究¹⁷⁾は、木村製糸部長の指摘するように労働生産性を高めると同時に最適生産を実行でき、特に最適生産の目的とする生糸品質を任意に制御できるような新らしい観点から根本的な問題点を再検討して、次のような結論に達した。

4-1. 伝統的製糸技術の与件

第1項でも触れたように、明治5年頃から日本に初めて導入された仏・伊の洋式製糸器機¹⁸⁾は、煮繭器（浮煮）と索緒簀（富岡製糸場は仏国式煮繰兼業の索緒機付、小野組築地製糸所は煮繰分業の煮繭工の索緒）、集緒器（富岡製糸場は仏国のメノー製）、より掛け装置（富岡製糸場は共より式、小野組築地製糸所はイタリーのケンネル式）、繰棒（富岡製糸場は小棒による再繰式、小野組築地製糸所は大棒による直繰式）を設けている。

洋式製糸技術は、索緒繭量は約1.8/5ℓずつ煮繭して索緒簀で一度に口立てを行なう集団索緒方式であるため、索緒部内は正緒繭と落緒繭とが混在して一回の索抄緒事象は確率的で複雑な工程となつた。

また、集緒器やより掛け装置（より数約250～350回）などによる糸道には摩擦張力が存在し、繰棒は小棒あるいは大棒のいずれも繰棒の糸端部に引張り糸張力を加えて生糸を巻き取るので、前者の糸道の摩擦張力と共に後者の引張り糸張力を加えて、生糸を伸長させたままの湿式巻取法を採用している。

これは明らかに、生糸の応力緩和の手段は採られず、送り出し張力と巻き取り張力とを均衡させるような糸張力は、今日の自動繰糸機においても全く考慮されていない。したがつて、現今の自動繰糸機およびその根本技術は97年前の洋式製糸器機導入当初の索緒簀、集緒器、ケンネル、繰棒という伝統製糸技術の与件を相変らず保持し、繰糸速度を高速化すれば引張り巻取りのみで糸張力を強め生糸の伸度を悪化し、限度を越えれば伸び切つた針金生糸となるのは当然である。よつて、まずこれらの伝統製糸技術の与件（コントロールできない条件）を可変環境（コントロールできる条件）に変革し、最適生産の目的達成のため取りうる手段の内容を豊富にするシステムの研究が必要である。

4-2. 伝統的製糸技術の変遷

このような伝統技術をそのまま機械化・自動化するには種々の困難が伴つた。すなわち、明治5年の洋式器機導入後の明治35年に円中文助氏の自動繰糸機を初めとし、大正14年に湯浅藤

市郎氏の自動製糸機械まで多くの発明考案が行なわれたが、いずれも実用上未完成に終った。円中氏は共より式の2緒の糸条の太さが異なるとよりが一方に片寄るのを利用して接緒するもので、湯浅氏は繰糸張力を利用して接緒するそれぞれ接緒に重点を置いた特色あるものであつた。

昭和時代から終戦までは多条繰糸機時代を迎えて、接緒機、繰枠停転装置、索緒機等の多彩な発明・考案などが盛んに行なわれ、終戦後はこれら多くの機械化の努力に基づいて、昭和25年には片倉式自動繰糸機（定織度方式）が自動化の難関を乗り越え、洋式器械導入から78年後に初めて実用化に成功した。続いて昭和27年には恵南式（落繭感知式）が発売され、更に昭和29年にはたま10型（落繭感知式）および郡是式（定織度方式）が実用化された。昭和30年には蚕糸試験場製糸部大木定雄技官は織度感知器を開発し、昭和32年にはたま10型が、昭和33年には恵南式がこれを採用し、その後両式共に高速繰糸のために、索抄緒機を改良して今日に至っている。

これらの自動繰糸機は前述のようにいずれも糸道の糸張力の制御および紡績工業で実用化しているオートノッターによる糸故障の自動糸結び装置やその他の根本的問題点については全く考慮されていない。

4-3. 根本的問題点の対策

生糸生産システムで今日問題となつている糸道などを変革するために根本的に考慮しなければならないことは、最近の紡績工業の技術革新である。すなわち、長い間夢の紡績法とされていたオープン・エンド（OE）精紡機は、ついに昭和42年9月チェコのプラハで実用機BD-200が発表され、昭和43年大和紡績KKは豊田自動織機製作所と共同してBD-200の技術導入を行なつて国産化に成功し、同社の福井工場に設置してオートメーション化した量産体制に入っていることである。

私も、前記の当所の研究課題について実験に成功した無張力送り出し糸道の変革について詳細に述べたいが、特許申請の関連もあるので公表できない。しかし、実験成績の概略で、さしつかえないと考えるものを述べて本講を終りたい。

新しい糸道は伝統的な集緒、より掛け、巻き取りができる糸道であり、無張力で送り出す方式である。繰糸緒数1緒の実験であるが、その実験結果の概略は、繰糸温度50~80°C、繰糸速度約100m/min、繰糸張力2.0g（この張力は繰糸粒数10粒、織度約26dの解じょ抵抗であり、糸道の抵抗は無張力の送り出し糸張力である）、糸道の長さ1m等の製糸条件で無張力送り出し生糸を繰製した。

この生糸を観察すれば、ケンネルのより数10cm間に150~200回に相当する1mmに1.5回程度のよりが検出され、また前記の当時細田絹織維部長が絹織維にバルキー性や保温性を与えると指摘したように、生糸には繭繊維が0.5~1.5cm程度の周期で屈曲したものが連続的に検出され、生糸は引き揃えが少なく、縮れたしかもより掛けによつて抱合した、見掛け上バルキーな生糸が得られた。

生糸の伸度は、自動繰糸生糸の対照区が19.36%であつたのに比べて、無張力送り出し生糸は24.53%と戦前の座繰生糸の21%程度よりかなり大きい。この数値の一部は生糸が引き揃えが少なく、縮れているためとも考えられ、糸道に適当なテンション装置を加えれば、繰糸張力と生糸の伸度を任意に制御することができると考えられる。

これによつて、伝統製糸技術の与件のうち根本的な集緒器、ケンネル、繰枠は可変環境とすることができ、時代の要望に沿つて煮繭による繰糸粒付の解じょ抵抗を考慮しながら、繰糸速度を

800m/min 程度にまで高速化することや、生糸品質，特に生糸の伸度などの最適生産を可能とする道が初めて開けたと考えられ，さらに索緒帯を可変環境とすることは目下開発中である。

なお，絹繊維は粘弾性体としてひずみ速度によつて引張り応力 (kg/mm^2)—ひずみ (%) 曲線が変わり，この曲線関係は温度と水分によつて著しく変わる。温度や水分が少ないと繊維は硬くてもろくなり，温度や水分を増すと次第に伸度を増し，柔らかくて粘り強い性質に変わる。

さらに絹フィブロインの転移温度²¹⁾は25°Cと60°C および 80°C の近傍に現われる。25°C 付近の転移は非結晶領域におけるフィブロイン分子の主鎖のセグメントの運動によるものであり，それよりも高温側 (60と80°C) に現われる転移は側鎖基の回転によるものと推定されている。

したがつて，前記の紺野宏技官の研究の繰糸温度 30°C 繰糸速度 170m/min の場合の方が，同じく 30°C，50m/min よりも生糸の弾性および伸度がよいという現象も，さらに絹繊維や繭糸の粘弾性の性質の究明²²⁾から今後の進展が期待される。

おわりに，文献および資料の格別の配慮を賜つた諸賢に深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) NHKテレビ番組，昭和44年6月22日，海外取材番組「明治百年」から「近代日本のあけぼの」。
- 2) ハーマン・カーン，アンソニー・ウィーナー著，昭和43年5月1日，紀元2000年，時事通信社。
- 3) 木村真作，昭和44年3月15日，製糸学，繊維と工業 第2巻2・3号，繊維学会。
- 4) 細田一夫，昭和44年4月15日，絹という繊維，繊維と工業 第2巻4号，繊維学会。
- 5) 水野辰五郎，新津伴吉，高橋幸吉，昭和13年8月，家蚕営繭の際における糸纒の掛け方について，日本蚕糸学雑誌第9巻，第3号，日本蚕糸学会。
- 6) 紺野 宏，昭和37年11月20日，繰糸張力と糸質の問題について，生糸第11巻，第11号，日本製糸協会。
- 7) 嶋崎昭典，昭和44年6月2日，最近の自動繰糸機の生糸品質について，長野県製糸技術研究会講演。
- 8) 坪井 恒，昭和39年12月1日，製糸技術講座繰糸編，繭検定所運営協議会。
- 9) 中川房吉，昭和44年3月5日および12日，自動繰糸生糸の品質改善，日本蚕糸新聞。
- 10) 島 清信，昭和43年7月26日，生糸の揚げ返し仕上の合理化方策，第21回製糸夏期大学教材，製糸技術研究会。
- 11) 小野四郎，荒井三雄，益子 堯，行広省三，昭和41年11月，繰糸速度と生糸の品質について，製糸絹研究発表集録第16集。
- 12) 蚕糸試験場，昭和44年3月24日，蚕糸試験場年報（昭和42年度），34）製糸機械。
- 13) 神戸生糸株式会社太田製糸工場，昭和44年5月17日，生産技術研究会資料。
- 14) 水出通男，昭和43年7月25日，繭の取扱いと繭糸質，第21回製糸夏期大学教材，製糸技術研究会。
- 15) 小岩井宗治，昭和42年7月28日，最近の煮繭方法とその問題点，第20回製糸夏期大学教材，製糸技術研究会。
- 16) 蚕糸試験場岡谷製糸試験所，昭和44年2月22日，生繰り生糸の繰製に関する研究（小岩井宗治），昭

和43年度製糸関係研究室長打合会資料.

- 17) 同 上、 同 上、 生糸生産システムのオートメーション化の研究 (小岩井宗治)、同 上.
- 18) 本多岩次郎編、昭和10年4月26日、日本蚕糸業史第2巻製糸史、大日本蚕糸会、明文堂.
- 19) 森川孝士、小西高雄、昭和42年12月20日、オープンエンド精紡機BD-200、繊維工学 Vol.20 No.12、1967、日本繊維機械学会.
- 20) 森川孝士、堀内龍男、昭和43年11月20日、国産オープンエンド精紡機“BD-200”より紡出されたBD糸およびその製品について、繊維工学 Vol.21 No.11、1968、日本繊維機械学会.
- 21) 日本学会会議、昭和43年日本農学進歩年報第15号、蚕糸学 (昭和41年度)、繭糸の物性と製糸原料繭の性状、日本農学会.
- 22) 蚕糸試験場製糸部、昭和44年2月22日、製糸工程における繭糸の物性変化に関する研究 (水出通男)、昭和43年度製糸関係研究室長打合会資料.

付 記

1.) 繰糸張力による生糸のひずみ (21中)

繰 糸 張 力	ひ ず み	定長乾燥後 回 復	残留ひずみ
10.5 g	3.6%	1.57%	約 2 %
14.7	4.7	1.61	約 3

(水出通男技官 研究)

2.) 自動繰糸における伸度減少の推定値

区 分	伸 度 減 少
生 繭 繭 糸	3 0 % (湿潤35%)
乾 繭	(-1.7) 約 - 2
繰 糸 張 力(15g/21d)	約 - 4
繰 糸 繰 棒上放置(1~3hr)	(-2.7) 約 - 3
揚 返 張 力 (2g) 大 棒上放置	約 - 1
合 計	約 -10
生 糸 (水分率11%)	2 0

(水出通男技官 研究より推定)