産 業

日本の蚕糸技術、現状と将来

福 田 紀 文

一世紀前のわが国における蚕糸技術の水準はフランス、イタリーよりはるかに遅れていたようである。その後蚕糸業の振興が図られ、それに伴って蚕糸科学および技術も急速に進展し、今やその水準は世界においてはるかに群を抜いている。蚕糸業は蚕糸類の生産や流通に関係する産業、蚕種製造業、養蚕業、製糸業等の総称であるが、ここでは絹業の一部をも含めることにする。

蚕糸科学において見出された法則性は単に蚕糸界に止まらず、他の学問分野にも適用され、これまでにおいても大きな貢献をなしてきた。生産を目的とした動植物において一代交雑種の利用に先鞭をつけたのは蚕である。これによって蚕品種が飛躍的に向上したことは言うまでもない。しかしこの提唱は必ずしもわが国農業界において注目されないままアメリカに渡り、トウモロコシで開花したようである。今日一代交雑種の利用は野菜、牧草、花き類等の農作物にも及んでいることを思えば、この提唱は実に偉大な功績と言わざるをえない。また長く不可能視されていた食葉性昆虫の人工飼料育に最初の手法を提供したのも蚕である。昆虫の人工飼料育が行われるようになったのは1940年以降であるが、特に生葉を食べる昆虫の人工飼料育は不可能視されていた。蚕は食葉性昆虫に属し、しかも桑生葉しか食べないので単食性昆虫の代表とも言われてきた。一番むづかしいと思われていた蚕に人工飼料が創製されたのであるから、当然この手法を応用すれば他の食葉性昆虫の人工飼料育も可能になるわけである。事実、害虫防除の一翼として今日注目されているフェロモン(性誘引物質)、これは蚕蛾の性誘引物質の単離が端緒になったもので、その化学構造の決定には常に大量の昆虫の飼育を伴うが、この手法が食葉性昆虫であるコカクモンハマキの増殖に適用された。

本文は総合蚕糸学(1979年)で執筆した「蚕糸業概説」を骨格に、その後の知見を付加したものである。

The Present Situation and the Future of Sericultural Techniques in Japan

TOSHIFUMI FUKUDA

The Silk Science Research Institute

(財)大日本蚕糸会理事・評議員、蚕糸科学研究所長(農博)

I. 蚕糸技術の現状

蚕糸技術はわが国の蚕糸業の発展と密接な関係をもっているので、時代を追って概観し、蚕糸技術がわが国の蚕糸業にどのように貢献してきたかを追跡してみよう。

19世紀の後半(明治初期)以降、生糸は輸出貿易の最重要物資として政策的にも奨励されたが、これに伴い蚕糸技術も近代科学を導入しながら急速に発展し、わが国独自の展開を示した。養蚕においては蚕の品種改良が重要視され、また養蚕農家の経営安定のために夏秋期の養蚕振興が行われるようになった。また製糸においては従来の座繰製糸から洋式機械製糸へ進み、その経営は小規模から大規模へと移行していった。さらに絹業においては新式の織機等を積極的に導入し、染色においては欧州の応用化学的手法を取入れ、またジャカードなどの国産織機も製作されるに至った。

1906年蚕の一代交雑種利用の提唱が行われたが、1921年(大正10年)にはその普及率は100%近くになり、卵量1g当たりの収穫量はそれまでの約2倍になった。また1924年には蚕卵の人工孵化法が確立され、年間を通じての随時孵化が可能となり、強健な一代交雑種の出現とも相まって夏秋蚕の普及を可能にした。

1930年(昭和5年)頃はわが国蚕糸業の最盛期であり、養蚕農家数220万戸、桑園面積71万ha、収穫量40万t、生糸輸出47万7千俵であった。

1931年頃に繭取引および生糸取引の合理化を図るために繭検定方法が確立されさらに生糸の格付が行われた。また生糸の主な需要が婦人用長靴下であったため要望される高格糸に対応して多条繰糸機が開発された。1941年に斑紋を支配する遺伝子を性染色体に転座させることにより斑紋で雌雄鑑別する原理が実証され、1967年に至りその実用蚕品種が誕生し、蚕種製造業に大きな福音をもたらした。今日では幼虫斑紋ばかりでなく、卵色や繭色によっても雌雄が鑑別できる限性蚕品種が作出されている。また蚕繭類の新規利用や副産物利用の研究が盛んに行われた。最近生物資源の有効利用や生糸の需要拡大が叫ばれているが、上記の研究効果を現段階で見

直すことも必要である。

1945年(昭和20年)以降はわが国蚕糸業の復興期である。大戦中蚕糸業は衰退していたが、製糸においては繊維国策として強力生糸、絹毛生糸、繭短繊維などが要求された。戦後は食糧輸入の見返り輸出として蚕糸業の復興政策がとられた。しかし生糸の輸出は思うようには伸びなかったようである。それは既にアメリカにおいてナイロンが本格的な生産に入り、細物高格糸を必要とする婦人用靴下の市場が失われていたためであった。

1949年には画期的な春蚕用蚕品種日122号×支122号が育成され、それ以後生糸歩合は飛躍的に向上した。硬化病の防除法、軟化病原の発見等と相まって稚蚕共同飼育がより広く普及し蚕作が著しく安定した。製糸においては1955年生糸の定織度感知器が発明されたことにより実用的な自動繰糸機が開発され、製糸の労働生産性は飛躍的に向上した。また統計的手法を用いて自動繰糸機を中心とした製糸工程の管理運営を効率的に行う技術体系が確立された。さらに乾繭、煮繭方法に多くの改善が加えられた。1959年労力不足と生産費の低減に対処するため年間桑育技術が体系化され普及に移された。そのため葉摘みで室内棚飼いであった従来の労働集約的養蚕が桑桑で屋外飼育を行うようになり養蚕のイメージは全く一新した。

であった従来の労働集約的養蚕が桑桑で屋外飼育を行うようになり養蚕のイメージは全く一新した。

1960年頃から生糸は国内市場への依存度をより高め、着尺織物の分野に移行した。内需は著しく拡大し1972年には50万俵にも達した。そのため生糸輸出は極めて少なくなり、1963年には輸出輸入関係は逆転したが、それ以後も生糸の輸入が増えている。安価な外国生糸の無制限な輸入は国内の蚕糸業を著しく衰退させるという理由で、現在輸入の一元化措置がとられている。最近生糸の国内消費にも陰りが生じ、日本蚕糸事業団(現在の蚕糸砂糖類価格安定事業団)の在庫が約16万俵にも達した。そのため生糸の需要拡大を図るため和装のみならず洋装分野への進出が強く望まれている。1965

年頃からシルキー合繊が市場に出始めた。

1960年には人工飼料による蚕の全齢飼育が可能になった。その後組成の改善により蚕飼育成績は著しく向上し、今日稚蚕共同飼育所の一部において稚蚕の人工飼料が実施されている。昭和55年度の普及率は8.5%であり、今後さらに進展することが期待されている。また最近では蚕種製造に用いられる原蚕種の稚蚕人工飼料育も実用化されようとしている。人工飼料の組成改善により桑葉粉末を全く含まないものや純粋な栄養素を主体にした飼料も調製され、蚕の栄養要求や食性の研究がより進展し、また蚕の無菌飼育法の確立により蚕病理学の研究に新たな研究手法が提供された。さらに野蚕である天蚕、柞蚕、エリ蚕などにも各種の人工飼料が創製された。1961年頃から栽桑、育蚕の機械化研究が進み、今日みられるような各種の機械が誕生し、一方養蚕農民の手によって給桑リフト、台車など簡単に効率のよい器具類が考案され、養蚕の規模拡大、労働力の節約に大きく貢献した。桑園の生産能率を高めるために1955年から8年間に亘り、全国桑園面積の約8割について土壌調査を行い、土壌区分に応じた土壌改良や施肥改善の方策が

表1 蚕糸技術の蚕糸業への貢献度

項 目		1927年 (昭和2年)		1980年 (昭和55年)	
		指数	指数	指数	指数
10a当たり収繭量	(kg)	57.8	100	68.9	119
箱当たり収繭量	(kg)	23.1	"	32.3	140
生糸歩合	(%)	10.42	"	18.91	181
繰糸工1人1日当たり繰糸量(対8時間)	(g)	517*	"	14,189	2,744
製布工1人1日当たり製織量(対8時間)	(m ²)	30	"	400	1,333
生糸1俵生産に要する諸元					
1) 桑園	(a)	100	"	46	46
2) 蚕種	(箱)	25	"	10	40
3) 繭	(kg)	576	"	317	55

備考 (1) 養蚕統計年報、蚕糸業要覧等(農林水産省)

(2) *1947年

表2 製糸業の推移

年 次	生 糸 総生産 数 量	器 械 製 糸					繭検定 生糸量 歩 合
		運 転 工場数	1日平均 運転台数	繰糸工1人 1日当たり 繰 糸 量	繰糸工1台 1日当たり 繰 糸 量	自動機に よる生糸 生産割合	
年	千俵	所	台	g	g	%	%
1958	334	238	33,294	1,558	1,140	32.9	17.04
1963	332	175	14,106	4,032	2,176	92.1	17.31
1968	315	163	12,984	5,962	2,472	99.7	17.85
1973	319	136	11,925	9,378	3,216	100	18.56
1977	268	111	10,648	13,183	3,650	100	18.77
1980	269	105	10,624	14,189	3,685	100	18.91

蚕糸業要覧(農林水産省)

提示された。1969年には桑生葉を数か月貯蔵する方法や蚕卵を長期間に亘り保護する方法が確立された。同じ頃製糸において労働生産性を飛躍的に向上させるためコンピューターシステムによる自動制御を軸とした製糸工程の全自動化の研究が進められた。また糸に関しては繭糸の物理的特性の解明や化学構造の解析が進む一方、利用、加工面の研究も進められた。

上記のように蚕糸技術が総体として蚕糸業の土地および労働生産性にどのように貢献したかを約50年前と対比してみると表1、とくに最近約20年間における製糸業の推移は表2の通りである。およそ半世紀の間に生産力を原料生産から加工まで一貫して、これほどまでに発展させたことは高く評価されるであろう。

II. 蚕糸技術の将来

絹は本来優雅な光沢と豊富な染色性、程よい弾性と強靱性ならびに保温性、吸・放湿性など衣料繊維としての優れた特性を具えており、総合的見地からの優秀性は繊維の中で第一位である。特に絹の優れた審美的性能は生糸が異形断面をもっていることとセリシンとフィブロインの2次構造からなる微細繊維であることに起因と言われている。これまで繊維化学者は絹を理想像として人絹をはじめ各種合成繊維の開発に努めてきた。今日の合成繊維はほとんどポリアミド系(ナイロン、キアナ)、ポリエステル系(テトロン)、ポリアクリル系(ボンネル、カシミロン)であり、蛋白繊維である絹とは本質的に異なっている。また最近絹様の新しい合成繊維が出回っているが、いずれも前記3系統に属するものである。絹繊維は分子配列において結晶性の領域と非結晶性の領域とから成り立っている。前者に属する部分の分子構造は比較的簡単で、その主体はアミノ酸の一種であるグリシンとアラニンとが交互に、そして一定の間隔にセリンあるいはチロシンを配位したポリペプチド連鎖であるので、これに類似したものを合成することは可能であろう(例えばアミノ酸繊維)。しかし絹の繊維としての良さの発現要因を内蔵している非結晶性領域の分子構造は十数種のアミノ酸のペプチド結合の複雑な組合せからなる連鎖であるから、これを合成することは今後至難であろう。

蚕糸科学の今後の進展は現時点で全く予測できない革新的な技術を生み出す可能性を秘めており、それに対する期待は大きい。しかし現在得られている科学的知識の延長線においても、蚕糸技術が大きく飛躍することが期待される。

桑園10a当たりの繭生産は各種の要因から成り立っているが、そのうち最も大きな要因の一つは桑園の生産力

である。今後わが国の如何なる土壌類型においても10a当たりの繭生産を100kg以上にあげる技術は確立されている。しかし現場の養蚕農家では150kg近くあげているところもあれば、また20kg前後に止まっているところもあり、全国平均では約70kgである。効果的な土壌改良剤の開発をも含め、繭生産の平準化をはかると共に10a当たりの桑葉収量の限界を追求していくことが必要である。

蚕の桑にかわる代用飼料植物については既に100年以上に亘り探索されてきたが、今日に至るまで桑にまさる飼料植物は見出されていない。角度をかえ遠縁交配により蚕に対する新しい飼料植物を作出することも一つの方法であろう。蚕の桑葉あるいは人工飼料に対する消化吸収率は40%程度で低いが、蚕の消化吸収能力は高いとみられるので、今後は育種の面からあるいは飼料化学的方法によってそれを高めることが特に望まれる。前者については品種改良によって蚕の桑葉に対する消化吸収率は漸次向上しているようであるが、それにしても約40%で止まっている。後者においては蚕の消化液が強アルカリ性であることと飼料組成に留意すべきであろう。

蚕の人工飼料については、創製されて以来既に約20年が経過している。研究の発展の方向に従って既にいくつかの技術の芽がつくられ、その一部、稚蚕人工飼料育は既に実用化されている。今後は原蚕の人工飼料育の技術体系の確立や全齡人工飼料育の研究が必要である。蚕の無菌飼育は蚕の無人飼育に通ずるのでその夢は大きい。最近人工飼料用蚕品種が国によって指定されるようになったが、飼料に対する摂食や蚕飼育成績ばかりでなく飼料に対する消化吸収率の高い蚕品種の育成が特に望まれる。飼料組成をかえることによって持ち味の違った生糸を作り出すことも不可能ではなからう。人工飼料研究においては将来の最も大きな課題の一つは飼料の腐敗防止をより高める方法の確立であろう。それが出来れば蚕人工飼料育はさらに省力化されるであろう。

蚕の生理、生物化学的研究は昆虫の中においても群を抜いている。ホルモンの研究も実験形態学的研究からホルモンの分離、抽出、構造決定へと進み、一部合成されるに至った。既に幼若ホルモンによる蚕の発育制御は糸量の増産を目的として実用化されているが、今後はさらにその他のホルモンの活用が期待される。絹糸蛋白質を蚕体外で生合成することも、その生合成機構の解明とも関連して将来の研究課題である。遺伝子工学的手法の蚕桑への導入も重要である。蚕の熟化や登簇促進をケミカルコントロールすることも今後の研究課題である。最近の蚕品種は画一化されているくらいがあるが、今後は特に糸量と強健性において画期的なものの育成が待望さ

れる。繭層重が1gを越す画期的な基礎品種「BC9」が育成されたが、このことはさやかれていた蚕品種改良限界説を吹き飛ばすものであり、今後はさらに多くの特長ある基礎品種の育成が望まれる。蚕桑の病虫害の病原の解明とその防疫法の確立が必要である。

製糸技術については自動繰糸機の改良とその周辺技術の進歩に伴って生産能率を高めてきたが、今日生糸1俵生産するのに10名前後の人員が必要である。今後は生糸品質の確保ならびに生産性、労働能率および生糸収率の向上が望まれる。製糸工程を全自動化する研究が進められているが、技術として確立しておくことが望ましい。当面の問題としては原料繭の性状と混合に関連して生糸品位を向上させるための製糸技術の確立、排熱再利用による省エネルギー技術システムの開発などがある。繭検定においても繰糸を伴わないで、繭の良否を判定する技術の誕生が望ましい。生糸と絹織物との関係は以前にましてより緊密になってきているので、繰糸過程において繭糸のもつ特性が失われない配慮が必要である。最近生産性を出来る限り低下させないで、繰糸工程における繭糸の伸張、抱合および固着に留意し、繭糸本来の特性を活かしたファインシルクが開発された。このファインシルクは和装部門ばかりでなく、今後は洋装部門やニット製品に用いられることが期待されている。この研究の成果は今後の製糸研究の在り方に重要な示唆を与えていると言えよう。

絹は黄変や耐久性などの実用的性能において欠点をもっている所以その改善が必要であるが、ときには角度をかせ野蚕糸を用いた複合絹織物の開発によって、絹のもつ欠点を補完しつつ新たな用途を開発することも必要であろう。絹が紳士服地へ進出するためには、絹本来の良さに加えてスパン繊維のもつバルキー性やボリューム感を付与することが必要である。また服地としては耐摩擦性、耐しわ性が特に重要な性質として要求される。試作された家蚕糸－柞蚕糸、家蚕糸－エリ蚕糸の各複合織物は国際羊毛事務局の規格を越える成績を収めているとのことである。最近野蚕糸に対する関心が世界的に高まっている。わが国では専ら家蚕糸が用いられているが、かつては天蚕、柞蚕そしてエリ蚕を飼育した経験がある。

中国やインドでは柞蚕糸やエリ蚕糸などの野蚕糸を衣料繊維として今日広く利用されている。これらの野蚕糸はこれまでわが国では家蚕糸の代用品と考えられていたが、化学構造や物性に異なる特長をもつ蛋白繊維であるので、家蚕糸の欠点を補完する繊維としてとらえ、混織することにより絹の紳士用服地への進出が望まれる。野蚕糸の中でもわが国では特に注目すべきは日本古来の天蚕（やまや）のつくる糸であろう。幸い天蚕、柞蚕、エリ蚕などの野蚕の人工飼料も既に創製されているので、それらの原糸を確保する新たな道筋ができていと言えよう。

養蚕業、製糸業および絹業はわが国において歴史的経緯もあり、それぞれの境界領域において今日いくつかの技術的問題点を残しているように思える。養蚕業と製糸業との間では解じょ問題があるが、その改善を蚕品種にのみ求めるよりはむしろより大きな原因をなしている上簇環境の改善に努力されるべきであろう。また製糸業と絹業との間には前述の如く伸度問題が横たわっている。生糸はかつて婦人用長靴下を生産するために細物高格糸が要求され、ついで着尺織物に、そして今日ではさらに洋装部門への進出が期待されるなど生糸の需要は多様化しはじめているので、今後は蚕品種の選定を含め用途別生糸の製糸方法の確立を検討することが必要にならう。

技術が普及されるには、ときの社会経済的事情によって左右される場合が多い。技術の分野においてはときの社会経済事情にこだわらない研究も遂行し、その技術内容を常に豊富にしておくことが必要である。研究の芽は大切にしておかねばならない。革新的技術は多くの底辺をなす研究の蓄積の上において初めて開花する。

わが国の蚕糸業は今日極めて厳しい局面を迎え、その推移は100年前のフランス蚕糸業のそれと類似した点も多いが、しかしわが国において蚕糸業は長い歴史と伝統をもちさらに今日卓越した蚕糸科学と技術を有しているので、少なくとも数年後には足、腰の強い産業とし安定するであろうし、またそれに期待したい。当面の技術はそのときを目標に準備されるべきであろう。

(昭和56年10月30日受理)