羊毛特集

〔I〕 羊毛紡績工業における近代化の問題

清水 二郎

高分子化学の進歩にもかかわらず、未だ羊毛繊維に勝る合成繊維は出現していないし、近々に出現する可能性も極めて少ない。

しかしながら、このような優秀な素材の加工を中心として長い伝統のもとに築き上げられてきた羊毛工業も、国民総生産第二位というわが国産業の高度成長の一環を担いながら、その反面では他の繊維工業と同様に国内的には労働力の不足、賃金の高騰などの問題、国際的には輸入規制および後進国の低コスト製品の進出の問題など早急に対処せざるを得ない問題を内包している。

したがって産業構造の変革の基本を考え、前向き姿勢でもって羊毛工業のあり方について検討するとともに労働集約的産業から資本集約産業への変換をこころみる必要がある。また羊毛工業の技術水準を再考し、技術革新の可能性についての検討と努力を必要としよう。本稿は後者を主体として省力化、合理化の現状や新技術の導入についての二、三の話題を提供しようとするものである。

その背景

戦後、羊毛工業は高品質化へ歩むとともに漸次ではあるが合理化を進めてきた。その手段として品質管理の導入、ラージパッケージ化の採用、また紡機の自動制御の先駆となったプリンス・スミスのオートレベラを初めとした各種の自動化ギルの採用など上げられる。その結果、羊毛工業における生産性も着実に向上したといえよう。第1図は羊毛工業での工程別当り 100 kg 所要労働時間の減少をグラフ化したものであるが、過去 10 年間にわたり全国的に各工程とも所要労働は半減していることが示される。

このような努力にも拘らず今日羊毛工業をはじめとして繊維工業全体に対する労働人口の不足は極めて深刻になりつつある。この原因の一つとしてわが国の産業組織およびそれに付随する産業別人口の偏在にあることは既に明らかにされていることである。第1表²⁾は各国の第1次、2次、3次産業別人口の割合を示したもので、これによるとわが国が高度の工業国といわれながらも、わが国の第2次産業従事者の占める割合がヨーロッパ諸国に較べても低く、第1次産業従事者の割合が高いという極めて特異な構造の上に成り立っていることがわかる。これが第2次産業全体の労働力不足、ひいては繊維および羊毛工業への労働力不足に原因している。今日工業全体に対して省力化の問題がクローズアップされているが、現在の不合理な形態を整え実質的な労働生産性

第1図 生産工程別梳毛式 100 kg 当り所要労働時間
精紡、前紡 (48 番換算)

Some Problems of modernization on Worsted Industry

JIRO SHIMIZU

東京工業大学工学部 助教授 工博

第1図 部門別就業者構成比の国際比較 (%)

	就業者総数	第1次産業	第2次産業	第3次産業
日本	100.0	24.2	32.0	43.8
西ドイツ	100.0	10.9	47.6	41.5
イギリス	100.0	2.1	48.1	49.8
フランス	100.0	20.0	37.2	42.8
アメリカ	100.0	6.1	33.0	60.8

資料出所 ILO「労働統計年鑑」

日本は労働省「労働力調査」昭和41年

(注) 1. 西ドイツ、イギリス、アメリカは昭和40年

2. 日本は41年、フランスは昭和37年

第2図 産業別生産量単位当り所要労働時間指数

の向上を計らねばならぬのは農業部門であることが明らかである。

第2次産業部門での労働力の不足は読者の身をもって体験されていることである。各企業は省力化により労働力の不足と賃金の高騰に打ち勝ちつつ成長しようとしている。第2図は第1図の昭和35年度の所要労働時間を100としてみた工業別の所要労働時間の推移をグラフ化したものである。羊毛および関連企業である綿紡績ならびに製紙工業の所要労働時間の減少はほぼ同じ傾向にあることが示される。しかしながら高度成長のチャンピオ

第2表 紡績、織布の稼働時間の各国比較

紡績
1 鍾当たり年間稼働時間の各国比較 (1964年)
(24 hr × 7 日 × 52 週 = 8,736 hr)

香港	8,280	オランダ	4,533
アメリカ	6,616	フランス	4,383
ベルギー	5,027	西ドイツ	3,528
日本	4,551	イギリス	2,898

織布
織機1台当たり年間稼働時間の各国比較

香港	8,160	オランダ	3,735
アメリカ	6,642	フランス	3,262
ベルギー	4,486	西ドイツ	3,226
日本	4,345	イギリス	3,035

ンと目される自動車工業の所要労働時間の減少率に比較するならば、われわれ繊維産業の減少率は1/2以下であり、セメント工業に比しても2/3以下である。工業における労働人口の移動が必ずしもこれと並行するとも思われないが、羊毛工業の生産性の向上の可能性が、あるかないかは別としても、生産性向上を目的とした省力化が必要であることを強調せざるを得ない。

他面、繊維産業における国際競争力の強化の必要性については Greenwood の報告³⁾をみれば明らかである。わが国をとりまく東南アジア諸国は急速に工業化に向いつつある。とくに繊維工業の技術は徐々にではあるが品質も向上している。著者が昨年韓国において瞥見した限りでは韓国の大学における技術者の養成は数的にも多く、また現場技術者の技術吸収に対する熱意も旺盛であるといえよう。第2表は紡績および織機の稼働時間を示すものであるが、この背後に低賃金と豊富な労働力があることを考えれば、東南アジア諸国に対して品質で優位性を保持する一方、Greenwood が指摘したように投下資本に対する稼働時間の増加を高め、全自動化の三交替制を将来計画し、国際競争力をつける必要があるといえよう。

現在、綿紡を中心とするスフ紡、化繊紡の紡織業界は昭和46年度を目標として構造改善に乗り出している。それに従って現在の技術水準から考えうる省力化の目標についてうかがうならば、通産省繊維雑貨局「42年度特定紡績業構造改善実施計画説明資料」によると、綿糸20番手換算の梱当り所要人員は35年度に6.7人であったものが41年度には5.0人、42年4月～9月平均では4.6人に減少している。しかし41年度現在で近代化された設備は全紡績鍾数1,240万鍾のうち14%、170万鍾にすぎない。このうち自動連続で交替を導入した設備

(相対人員2.0人)は10万鍾,オートドッファー、オートワインダー方式で2交替の設備(同3.5人)が100万鍾である。したがって今後近代化、規模の適正化、余剰設備の処理などの構造改善の基本方式および計画の目標どおり実現できたとすれば46年度には全体で綿糸20番手換算相対人員は3.6人、さらにそれ以下に減少させることができると計算されている。このように技術革新による省力化の余地は残されていると報告されている。

もちろん著者は羊毛工業の生産技術の多様性と各企業間の技術の独自性の尊重という点から、画一的な構造改善や技術革新のみが必ずしも当面の問題とは考えていないが、羊毛工業の技術の現状から推察するならば省力化を進めることは可能であろうと思う。そして技術革新の基礎となる研究開発投資の分散、近代化設備に対する適正規模の問題など具体的目標を羊毛工業全体として考える必要があると思う。

省力化の歩み

繊維技術者、とくに羊毛技術者にとって省力化の悩みは多品種少量生産の問題といわれている。これについての効果的な対策はむづかしい。とくに羊毛工業製品は繊維製品中でも高級品に属し、国民の生活レベルの向上とともに、製品の多様化は需要者の希望であり。また製品の選択の自由度の高いことが購買意欲に結びつくから生産者はつねに多種の製品を準備しなければならない。このような現状からすれば、同一色の同一柄の標準品を目標にして羊毛技術者が少品種多量生産による省力化を考えることは本質的にナンセンスといわざるを得ない。多くの羊毛技術者はこのような観点から合理化の目標を立てながら現実的な問題としてこれを放棄しまた等閑視してきた。しかしながら多品種少量生産を前提として、省力化を考えるということが、少品種多量生産に比べてむづかしいが必ずしも不可能であるという結論にはならないであろう。よくいわれるように省力化の問題は生産活動全体を画一的に行なおうとするから無理が生じるのであって、多品種少量生産の場合には生産活動全体の中で、どの段階で、どのような目的でもって行なうかをはっきりとさせ、実施する必要がある。

さて加工工程を対象にして考えた場合、省力化の形式を二つに分けることができる。一つは工程操作をユニット化してこれを単一のラインに連続化する方法で、他の一つは作業員の労働を機械化する方法である。紡績工場では多くの女子作業者が中間製品の運搬と、パッケージの取替また取替にともなう継ぎ合せなどを行なっている。最も簡単な綿紡績工程でも混打綿、梳綿、第1、第

2練糸、粗紡、精紡の6工程中で人手を要する箇所は

運搬作業	6	} 計 28
容器の取替	11	
容器の取替にともなう継ぎ合せ	6	
運転中の糸切れなどの継ぎ合せ	5	

である。したがって中間製品の集積、分配に多くの人手を要した。ラージパッケージ化はこれを解決するための一手段でもある。このような生産システムの改善として綿紡工程のプロセス化が原綿からスライパまで検討実施された。紡績工程のプロセス化の問題点はこの間の加工工程の加工操作の機能の追求によるユニット化にあったと考えられる。従来の紡績技術からすれば、例えば混合操作として期待される工程は綿紡ならば混打綿、スカッチャー、練糸など、梳毛紡績ではカード、コーマ、ギルなどの各段階にある。紡績技術者はこれらの工程を巧みに操作して目的とする製品や、効率の良い手段を工夫してきた。紡績の連続自動化ではこのような加工工程の融通性を否定し、各段の加工工程を固定し、ユニットオペレーションの連続的な流れとして統一したものといえる。綿紡績の連続自動化では

1. 混合、開繊、夾雑物の除去、ドラフトなどの各工程をユニット化し
2. 各単位間のマテリアル・ハンドリングを連続したパイプで結び
3. 各工程のバランスを計り
4. 加工操作での製品の自動制御

などが主眼となって進められた。同じ試みが羊毛紡績では鐘紡の彦根工場でトップ製造工程で行なわれている。綿紡に比較して梳毛紡績はトップ製造工程といっても遙かに複雑なものである。羊毛として上げられる具体的諸条件を列挙すると⁶⁾。

洗毛工程

1. 給毛装置の巨大化と貯毛量の増大、また選別工程との直結
2. 給毛の機械化ならびに給毛量調整の自動化
3. 洗毛自動排泥装置による洗毛槽掃除作業の簡略化
4. スカードビン管理の自動化
5. 絞りローラ巻付報知装置の取付

カード工程

1. 完全自動給毛装置の無人化
2. ボーリング機のドラフト増加および自動ケンズ交換供給装置の取付

コーマ工程

1. 工程の連続化、省略化(7工程→2工程)
2. コーマ機発生屑の自動回収装置の取付
3. 工程間のケンズ運搬の自動無人化

第3図 トップ製造工程の従来方式と KCT 方式の比較

4. 玉揚げ作業の自動化

この他、省略したが各工程でのラージパッケージ化、機械部の掃除、自動化機器の異常箇所信号装置の取付けなどがある。この結果第3図に示すような工程の省略が可能になった。現在 2 set が連続自動化して 24 時間の操業を実施している。洗毛・カード・コーマ工程の 1 set 設備は休暇要員を含めて現状 5 名で運転が可能になったと報告されている。

綿紡の原綿→スライバの完全連続自動化が完成した時点からみれば、上述のようなトップ製造工程のプロセス化、即ち原毛→トップ間の連続化は多くの解決しなければならない問題があったといっても当然の帰結といえよう。しかしながらトップ製造工程をプロセス工場と考えるならば、前紡工程はまさに加工組立て工場に相当するものと考えられる。前紡工程はトップ製造工程と比較するとさらに複雑な仕掛品の入れ換えを必要とする少量多品種生産システムである。これは連続化することは不可能に近い。また、最終製品の要求に応じて各種の原料や色の配合から各種の糸を、小ロットで生産することを前提とする前紡工程を連続化したとするならば、かえって生産ラインの融通性をも失なわせることになるであろう。少量多品種生産ではむしろ工程を不連続化するのが合理化の原則である。たとえばスライバを一度づつケンスに収納して(またはボールに巻いて)配分した方が、スライバを一方方向に流すように組んだ工程より各ロットの融通性も、工程の選択も遙かに高いし、合理的な収集、配分と組合せを考えれば全体の稼働時間も高くなる。したがって少量多品種生産の合理化の問題は日程計画として

生産と機械の組合せを如何にうまくやり、能率のよいプログラムを組むかということにしばられる。従来この計画は管理技術者の熟達した器用さにたよる面が大きかったが、現存する設備の機能と生産能力に合せて生産ロットや最終製品の品質要求に応じて仕掛原料の配分と中間製品の流れの管理、指示などこの種の問題は今後コンピュータに依存すべき問題であると思う。またこの際のマテリアルハンドリングにはロボットの活用が考えられる。

最近省力化の一環として精紡機の自動糸継機が実用化された。これは一種のロボットの出現と見ることができ。元来、糸つなぎ作業は女子作業員の熟練した指先によって行なわれるものであるが、精機の台持員は 1 日に約 1,000 回程度の糸縫ぎ作業を行なう。この上手、下手は能率のみならず品質にも大きな影響を与え、熟練するのに 1~2 年を必要とする。自動糸継機が完成された綿紡績ではこれと自動玉揚装置と併用することにより、将来無人化の可能性が極めて高くなったといえる。

東洋紡、豊和工業で開発された自動糸継機は精紡機台に設置されたレールに沿ってパトロールしながら、各鍾での糸切れを特殊装置によって自動的に探知し、糸切れ

第3表 40'S, 30,000 SP 工場精紡工程所要人員

		従 来	自動玉揚げ付き	自動玉揚げおよび AYP 付き
台	持	10	10	0
玉	揚	10	2	2
補	助	5	3	3
計		25	15	5
効	果		-10	-20

第5図 ギルの高速化推移と生産性の向上

錘の位置で走行を停止し、第4図に示すような空気流と機械的要素の組合せ操作によって糸継ぎを行なう⁴⁾。

この性能は

走行速度	約 20 m/min
糸継所要時間	15 秒以下
糸継成功率	95% 以上
継目の状態	人手より良好

であるという。40 S, 3万鍾の精紡工程所要人員第3表

のように削減される。

前述のように自動糸継機の出現は単なる単純動作の自動化と多少ニュアンスを異にする。この機械は機台を回り、自分で糸切れを発見して、熟達した人間作業に代って糸断ぎを行ない、糸断ぎの成否を確認してから、つぎの糸切れを探しながら機台をパトロールする。目と足と手を持って監視をしながら不正箇所を発見しこれを是正するように人間によって命令されたことを忠実に遂行する一種の奴隷である。将来、精紡の自動玉揚機、自動糸継機ばかりでなく前紡工程の仕掛品の集収・配分・交換とコンピュータの命令に従いながら実施するロボットの出現によって少量多品種生産の無人化が可能になるものと考えられる。

紡機の進歩

融通性を前提とする限りにおいて、映画よりもスライド、物を運搬する際にはパイプよりも容器の方が優れている。前述のように前紡工程の本質が多品種少量生産である限り、融通性を基本に考える必要がある。その意味からすれば前紡工程では連続性よりもむしろ高性能機による工程短縮化、ラージパッケージ化、高速化あるいは多目的化が、省力化、合理化につながるものと考えられる。

したがって前紡工程のギルボックスは近時著しく高速化してきて、綿紡練条機が 400~500 m/min にスピードアップしたと同じように 200 m/min 以上の高速新鋭機が出現する時代となった。第5図はO社のギルボックスの高速化の推移を示したものである。

第4図 本継式 AYP の作動順序

ギルボックスの高速化とともにギルフォラのドロップ数の増加と品質が問題となり始めた。高速化と品質との関係は高速化とともにわずかであるが品質低下を示しドラフト比が8.5倍を彎曲点として急激に品質が悪化することが報告されている(第6図 a, b 参照)。したがってあるドラフトの限界内で考えれば高速化の問題はギルフォラのドロップの機構にある。従来のスクリー式ギルでは2条スクリー式で120~150m/min程度まで可能であり、チェーンギル機構にするならば120~180m/minまで紡績も可能であり、騒音も少ない。この意味から将来ロータリー・ギルへと移行すると思われる。

最近の高速化の興味はオープンエンドに集中された。羊毛紡績においても早晩、この導入の可否についての態度を明確にしなければならぬ。

オープンエンド精紡が加熱および巻糸工程の合理化より出てきたことは衆知のことである。紡績糸の燃数は⁸⁾

燃数 = 加熱速度 / 紡出速度

の関係があり、精紡機の紡出速度(スピンドル回転数)に比例するところから精紡機の生産性はスピンドル回転数の増加する以外にないが、リングトラベラ方式の加熱

第6-a図 レギュレーター付ギルの紡出速度と品質
(羊毛 64 S, 平均繊維長 75 mm)

第6-b図 レギュレーター付ギルのドラフト比と品質
(羊毛 64 S, 平均繊維長 75 mm)

機構でこれを飛躍的に増大させることは望めない。またこの機構ではパッケージに限界がある。そこで多年の課題として加熱機構とパッケージの巻取り機構を分離することが考えられてきた。ともあれ近年 BD-200 (チェコ/大和紡—豊田) MS-400 (東レ—豊和) が実用機として綿紡、合繊紡に使用され始めた。ともにドラム型(ロータ型)のオープンエンドであり、これについて考えたい。

ドラム型オープンエンドでは供給スライバを単繊維に分離して30,000rpm前後で高速回転するドラム(ロータ)内部に移送し、ドラム内の集束面に堆積させる。堆積した繊維はフリース状にはぎとられ他端の引き出し点から糸となって紡出される。したがって紡出速度30m/minとすると直径60mmのロータの表速は5650m/minとなり、紡糸速度1に対して約170倍の速度でロータは回転し、その回転面に供給された分離繊維がランダムに重なり合ってフリースを形成すると考えられる。したがって極めてランダムスライバに近い糸が形成され、また精紡で170倍のダプリングを受けた糸に相当すると考えることも出来る。このため従来の精紡糸で問題となるドラフトむらを機構的に作らないからU%の低い糸を得ることができ、また混合効果の高い糸ができる。

オープンエンド梳毛糸に関するデータはない。そこで綿、合繊糸から得られたデータから考えるならば、5~20%の引張り強度の減少はまぬがれないであろう。ケバ数はリング糸に比して少ないといわれるが、糸の形成過程からくく見掛けの太さは大きく、抱水量も大である。これは糸体形成過程からくく構造の問題で、フロントローラの把持点で緊張した状態で加熱されるリング糸と、ドラム内でも緊張状態のフリースが加熱されてできたオープンエンド糸との本質的な相違による。したがって、羊毛糸のように仕上工程により風合を決定する製品では特に糸体構造やそれによって定まる加工上の諸因子につき検討が必要であろう。

最後に梳毛用オープンエンド精紡機の生産性について推論してみよう。生産速度の限界は加熱速度すなわちロータの回転数によって左右される。しかしながらロータの回転数には強度上の限界があり、ロータの直径および材質によって回転数が規定される。Smithの試算によれば⁹⁾アルミニウムが用いられるときの制限速度は60,000rpmである。ここにRはロータ半径(インチ)である。綿紡用としてロータの直径が約1 1/2インチであるとすれば、安全速度80,000rpmであると計算され、毛紡用として4インチのロータを用いると安全速度30,000rpmに、8インチを用いると15,000rpmに制限される。

第2の制約は動力コストである。回転ロータの動力が
動力 = $K(\text{直径})^4 \cdot (\text{回転数})^{2.6}$

に従って定まるとすれば、繊維長の長い毛紡用ロータとして短繊維用の直径の2倍を選んだとしても、同速回転で運転した場合には16倍近く動力消費量が增大することが考えられる。BD-200の加織速度は30,000 rpmである。毛紡用のロータは前述のように直径増加による強度上の限界から回転数をそれほど上げることは無理である。動力消費量を現在のオープンエンド精紡機なみから2倍程度におさえるならば、10,000~15,000 rpm程度が目標となることを思われる。

このような推定に対してさらにオープンエンドを支持する要素となるのは、加熱機構と着手程の分離によるラージパッケージ化である。第6図はMS-400の番手別の生産性と玉揚げ周期を示す⁶⁾。細番手になるに従って玉揚げ周期は著しく増大している。その他、玉揚げ、糸継ぎ作業にしても極めて単純であり、リング精紡機の台持員のような熟練度を必要としない。これらを考えればオープンエンド精紡の導入による省力化効果は高いものがあるといえる。

おわりに

以上最近ますます深刻化しつつある労働力の不足、国際競争の強化を前提として、羊毛工業関係者で話題になりつつある省力化の問題について私見をまとめてみた。多品種少量生産の解決には販売、管理、生産の相互情報の交流による生産計画管理のためのコンピュータによるTotal System導入など問題もあるが、紙数の関係もあり省略した。

また著者の専門から話題が梳毛紡績中心になったことをお詫びする。また本稿を書くにあたり、下記の参考文献

第7図 MS-400 とリング精紡機の生産性ドップリング周期

献から引用させて戴いた。各著者に感謝する。

文 献

- 1) 労働省統計
- 2) 玉置：帝人タイムス，昭 43-34
- 3) F. A. Greenwood ; Text. Ingt. Ind., (1967-6)
村上；繊維誌，Vol. 22 (1969-10)
- 4) 九十九；日本機械学会誌，Vol. 72, No. 604
(1969-5)
- 5) 藤田；羊毛 (1068-10)
- 6) 中村，加藤，南端；繊維工学，Vol. 22 (1969-11)
- 7) 服部；繊維工学，Vol. 22 (1969-11)
- 8) 田畑；繊維と工業，Vol. 2, No. 10 (1969-10)
- 9) P. A. Smith ; Text. Inst & Ind. (1968-)
- 10) 水川；羊毛 (1969-5)