

繊維製品生産史試論

上 出 健 二

I はじめに

繊維製品は古代より中世、近世に至る長期間に亘って重要な貿易・商取引の対象品であった。繊維製造販売には多数の人が従事した。しかし、まだこの生産の通史は見当たらない。本稿では人類が二足歩行を開始して以来、現代に至るまでの繊維製品の生産の通史を、経済史、技術史の総合した観点に立って、最も正確と思われる資料を駆使して、整理した。

II 前史時代、古代

(i) 裸から毛皮時代へ¹⁻⁹⁾

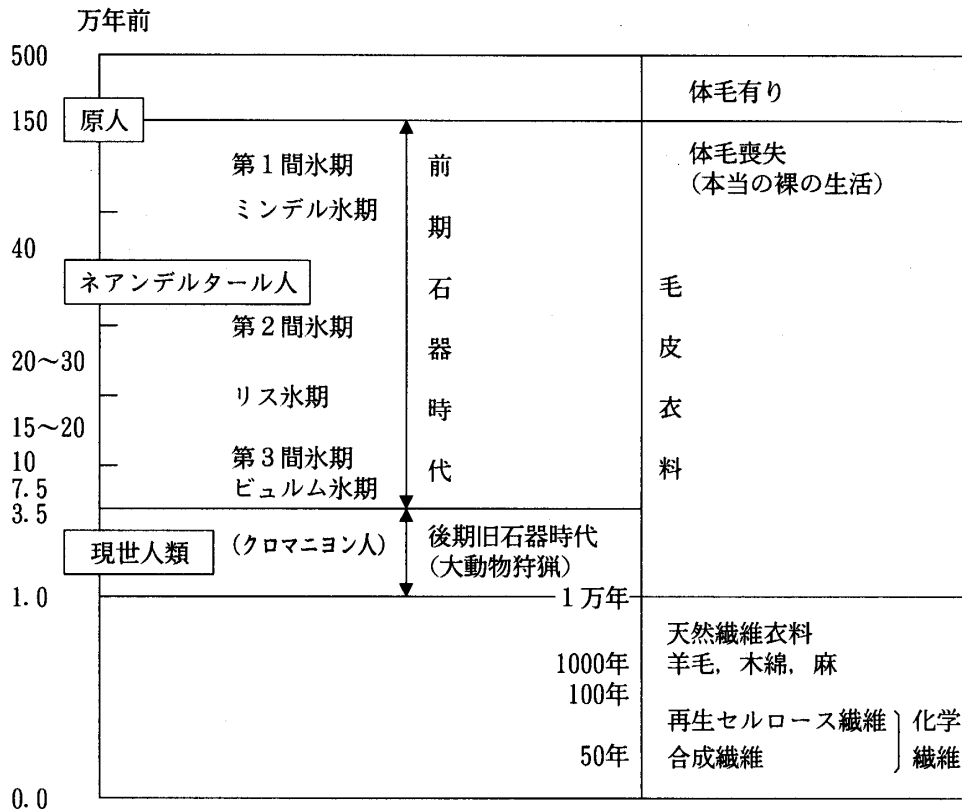
約1500万年前に形成されたアフリカ地溝帯において、乾燥化に原因してサルが二足歩行を開始してヒトに進化したのが約500-600万年前である。ホモハビリス (Homohabilis) は200-160万年前に石器を利用した。また、180-160万年前に、熱帯アフリカで昼間歩行する際の体温調節に適應して、汗腺を発達させ、同時に体毛を喪失し（本当は、細化）、皮膚を黒化して裸となった。150万年前に、ホモエレクトス (Homoerrectus) はアラビヤ半島を經由して温帯のユーラシア大陸に拡散した。ヨーロッパには78万年前に始めて到達した。何度も襲来した寒波期ごとに、ヒトは一旦絶滅し、温暖化の時、再びアフリカより再拡散した。その後、ネアンデルタールの祖先型が、身体的に寒地適應性（体格の大型化、肥満化）を獲得すると共に、防寒の目的で毛皮衣料（やある種の草木の葉など）を着用することで、更に寒冷氣候に適應し（30万年前）、永続的な定着に成功した（約23万年前）。このように、200万年前以降の地球環境の激変が、ヒトを寒冷に適した人間に進化させ、同時に衣服を着用する習慣をもたせた。

(ii) 天然繊維；衣料時代の始まり¹⁰⁻¹⁸⁾

最後の氷期末期の2万年前に、徐々に温暖化が起こった。

10,500年前に厳寒期があり、そのすぐ後に（10,000年前）急激な温暖化と乾燥化が起こった。この頃から人類は定着化を始めたといわれる。森林が広がり、馴鹿などの大型動物が移動、死滅し、代わりに、山羊、羊などの中小型動物が生息するようになった。これまで何百万年も続いた狩猟、採集時代（したがって、毛皮衣料時代も）は終わりをつげた（表1）。

表1 人類の体毛の喪失と衣料の変遷



その代わりに、人類は麦の栽培（農業）と家畜化（牧畜）（最初は、羊と豚）を、ほぼ同時に西アジア（北メソポタミヤ）のレバノン山脈やザクロス山脈の谷間などの限られた地域で、1500年かけて発明した（例、紀元前8000年頃 Karim Shahir で、季節的住居、原始的囲圃農業、粗放牧畜の遺跡）。農業は以下の経路で発達した。メソポタミヤ山麓地帯での天水小規模農法（同時に飼羊法）→（人口増）→低地部分灌漑農法（山からの融雪水）→低地大規模灌漑農法（この農法が成立するためには、農耕機械（犁、種蒔き機械）、水路建設、生産計画、文字、数学、天文学、教育などの発達が前提となる。）（シュメール（Shumer）地方）。この大規模灌漑農法は、極めて高い生産性をもたらし、播種倍率80-100倍にも達した（中世ヨーロッパでは、2-3倍、せいぜい、4-6倍）。生産物の余剰が、非農業従事者である専門職業（繊維製造業を含む）を生んだ（文明の発生）。このように、天然産の繊維を利用して糸を作り、布を作る技術は、農業、牧畜の発明以降生まれた。

天然繊維として、羊毛、綿、麻、絹が代表的のものである。羊毛は、産業革命直前までの約2000年間ヨーロッパで最も重要な役割を果たした。綿はインドで前史時代に発達し、その紡績、製織技術は殆ど全ての繊維の技術的基礎となった。

(iii) 羊毛^{19~30)}

羊 (Ovis aries) は、牛から山羊を経て進化した動物である。現在の羊は約1-1.1万年前に

北西アジアでアジアムフロン (Mouflon) 種より家畜化した。ヨーロッパでは、後期旧石器時代から初期新石器時代までは野生羊は存在しなかった。春～初夏の脱毛期に毛が大きな塊となって抜け落ち、それらはフェルト化するのを見て、羊毛を先ずフェルトとして使用した。その後、生きている羊の毛の繊維同志が撚りが掛かって長い糸 (strand) を形成するのを見て、糸を作った。紀元前6,000年前から5,000年前になると、羊の形態の変化がはっきりして、ふさふさした毛になった。その後、上毛 (hair) が退化して、下毛 (wool) だけの羊に改良された。現存する最古の織物は、南トルコのアナトリア (Anatolia) 地方の Çatal Hüyük (カタルヒュイック) の紀元前6千年紀初めの村 (というより都市) の遺跡より、炭化物の形で発掘された。紀元前3,500～3,000年シュメールでは羊飼いは主要産業になり、羊毛はウル (Ur) より輸出された。また、シリア (Syria) のブーグラス (Bougras) (紀元前6000年頃より) 及び、ヨルダン (Jordan) とパレスチナ (Palestine) (紀元前3000年頃より) において、麻栽培と同時に飼羊が行われた。フェニキヤ人 (Phoenicians) はチレ (Tyre) で毛織物を染色し (最高級品はムール貝の体液から作った紫染料で染めた)、これ等を主要貿易品として、ビブロス (Bybros) 港より遠くはイギリスにまで輸出した (紀元前11～6世紀)。中世では、イギリス羊毛とスペイン・メリノ (merino) が重要な役割を果たした。

(iv) 木綿^{31,32)}

綿 (Gossypium) は、インドとアメリカ大陸を原産地とする、最も重要な植物繊維である。現在の全繊維消費量のほぼ50%を占める。綿の種の外層より成長した中空繊維リント (lint) が利用される。英語名の cotton は、アラビア語 qutum または kutum に由来する。綿は既に数千年以上前から栽培化された。紡績と製織の技術は最初木綿について発達した。即ち、人類が最初に糸を紡いだのは、古代インダス (Indus) 河においてであるといわれる。“手で綿花を引き伸ばし、次に手のひらや指、または、手と股の間に挟んで撚りをかけて糸を紡いだ。”これが紡績の始まりである。次いで、紀元前4,000年頃には、木の軸を円盤に通した紡錘 (distaff) と呼ばれるものが工夫され、手足を使って作った“籐” (綿が絡み合った太い棒状になったもの) を軸の先に結んで片手で紡錘を回しながら、別の手で“籐”を引き伸ばして糸を作った。結局、紡績とは、短い繊維を絡み合わせて長い糸 (yarn, thread) を作るために、繊維塊を引っ張りながら撚りを掛けてゆく工程である。紀元前3,300～2,500年頃には、紡錘を手回し車を使って回す紡車 (spinning wheel) が、モヘンジョ ダロ (Mohenjo Daro) とハラッパ (Harappa) で発明された。すでにこの頃、極細番手糸紡績、高級薄物織物、媒染染色法などの技術が高度に完成していた。木綿はヨーロッパに以下の経緯で伝播した。紀元前700年頃インド綿織物エジプトへ→ローマ帝国時代地中海沿岸で綿栽培と布製造確立 (同時に、対インド交易発展) →7世紀サラセン (Saracens) 地中海帝国建設し、レバント (Levant) とインドとの木綿交易→8世紀ギリシャ本土で綿栽培→10世紀ムーア (Moor) 人スペインで最高級綿織物製造; Cordova, Seville,

Granada が木綿製織，染色の中心に→ムーア人の撤退（1492年）と共に技術も消失→12, 13世紀木綿が再び東方との交易商品に（ジェノバ（Jenova）とベニス（Venice）経由）→その後，ベニスで木綿製造開始→中央ヨーロッパに技術拡散。19世紀までは，ヨーロッパの技術はまだインドには全く対抗できなかった。

(v) 麻³³⁻³⁶⁾ と絹^{37,38)}

麻は恐らく西アジア起源と考えられる。カタルヒュイック出土の織物片は麻製（少なくとも，一部は）であるが，栽培化麻ではなく，野生麻の可能性も指摘されている。もしそうならば，繊維技術の発生が農業革命以前に起こったことになる。栽培化麻（flax）（*Linum usitatissimum*）の種が，spindle whorl と一緒に，同一遺跡から見出された例として北シリア Ramad（紀元前約6,000年），北イラク Tel-es-Sawan, Choga Mani（紀元前約5,000年）がある。エジプト・ファユウム（Faiyum）で，紀元前6,000年頃の石製と陶器製のはずみ車（whorl）が出土した。同じ場所で，紀元前5千年紀の麻粗布も出土している。ヨーロッパでは，紀元前3,000年の麻織物片が，スイスの湖上住居跡（Rosenhausen）から見出された。その後，麻の栽培技術は各地に拡散し，麻は特産化した。日本では，紀元前300年頃に機織が始まった。麻は植物学的には異なる種の一類（亜麻，大麻，ちよ麻，黄麻，サイザル麻）をさすが，亜麻が主である。麻，特に亜麻は古代には最も広範囲に繊維原料として利用された。中世でも，亜麻は重要な素材であったが，綿の普及（14, 15世紀以降）につれて，綿に置き換わった。ヨーロッパの麻工業は，綿産業の定着発展の下地になった。

絹（*Bombyx mori*）は中国を起源とする。新石器時代の絹糸（絹織物は紀元前2,750年頃）が遺跡から発見されている。古代帝国秦の崩壊（紀元前207年）後，技術者が朝鮮半島に亡命するまでの約3,000年間，絹の製造技術は門外不出とされた。中国は長年絹製品を輸出した。近年，Baden-Wuerttemberg のゲルマン首長の墓より，紀元前6世紀の絹糸が発掘された。この事実は，絹の超遠距離貿易の長い歴史の存在を示す。日本には，養蚕の知識が2世紀末に伝来した。絹技術はビザンツ（Byzanz）帝国に551年に伝わり，12-13世紀には，絹工業がイタリアに移植された（その後，フランスへ，更に後で，ドイツ，イギリスへ）。

III 中 世

(i) 古代・中世の羊毛および毛織物³⁹⁻⁴⁴⁾

シュメールの毛織物の製造技術は，ギリシャ・ローマに伝えられた。イギリス羊毛は古代より良品質で知られ，ローマ時代にはイギリス羊毛と毛織物はローマに輸出された。またローマは（占領軍人の衣服の自給の目的で）イギリスに紡毛・製織の技術を伝えた。その後アングロサクソンのブリテン島への侵入により，古代以来の伝統羊毛産業は崩壊した。表2に11-16世紀における羊毛・毛織物工業の推移を，社会システム・農業（生産）・貿易環境の変動と関連付

表2 中世・近代初期におけるイギリス社会と羊毛産業の変化

項目	西暦 (世紀)						
	~11	12	13	14	15	16	17
1 社会システム		古典荘園制 (労働地代)		純粹荘園制 (貨幣地代)		崩壊	
2 農業規模		大規模農場 (領主直営)		中小規模農場 (農民経営)		借地農 (エンクロージャ)	大規模農 (エンクロージャ)
3 飼羊法		遊放牧 (荒地)				棚内放牧 (肥沃な草地・湿地)	
4 羊種		短毛種				長毛種	
5 農耕方式		三圃制 (有輪大型犁)				輪作制	
6 貿易品目		羊毛				未仕上げ毛織物	仕上げ毛織物
7 貿易形態	自由貿易		国家管理貿易 (ステープル制)		(マーチャント・アドベンチャーズ)		特権会社
8 繊維 (輸出品)				紡毛織物		(不況) (狭幅) → (広幅)	梳毛織物
9 工業 (生産システム)		(自給自足)	都市毛織物工業 (ギルド)		農村工業 (家内工業)		
10 技術導入	2~3世紀 縮絨紡毛 (ローマ)	11世紀後半 毛製織 (フランドル)		14世紀 毛製織と染色 (フランドル)		16世紀 梳毛技術 (フランドル)	16世紀末 絹製織 (フランス)

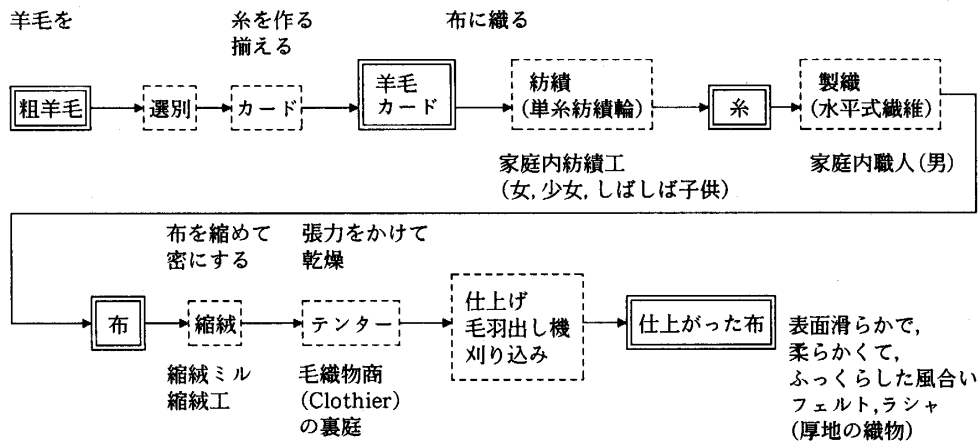


図1 14世紀末より16世紀末までの紡毛織物の作り方

けてまとめてある。12~14世紀には羊毛はイギリスの最重要の輸出品であった（輸出先はフランドル (Flandre), イタリア）。外国商人の産地との直接取引は、その後ステープル制度の下で国家管理された。14世紀以降、原料（羊毛）輸出に代わって、輸出、半製品（白生地紡毛織物）が推奨され（羊毛の輸出禁止または重税）、15世紀には羊毛輸出は衰退した。図1に14~16世紀末の紡毛織物の作り方を示す。紡毛織物は厚地で表面の光沢があり、縮絨加工が施された

もの（普通、幅1ヤード、長さ16~18ヤードの織物が1反（cloth））である。縮絨の前に、布を牛糞と尿と顔料の混じったもので処理して、それを足で踏みつけた。処理布を洗浄し、縮絨土（イギリス特産で、輸出もされた）と水の混合液に浸し、ハンマーか丸太で叩いた。古代、中世においては、紡毛（woolen）織物が圧倒的に用いられた。

(ii) 紡毛織物から梳毛織物へ ^{45~49)}

16世紀後半から17世紀にかけて、イギリス紡毛織物は輸出不振に陥り、織物工業は最大の危機に直面した（原因として①外国毛織物工業の勃興、②イギリス毛織物の品質低下、③重い税金、④ドイツの30年戦争、⑤少数のマーチャント・アドベンチャラーズの貿易独占、⑥外国貨幣の悪質、⑦毛織物輸出品に対する見返り輸入品（特にドイツからの）の不足、⑧国内で絹や舶来品を多用し、貿易収支悪化、⑨従来の主要輸出先のアントウェルペンの陥落（ドイツなどの厚地紡毛織市場の喪失）が考えられる）。16世紀後半よりフランドルの技術移民を積極的に引き受け、新しい毛織物を開発することによって、従来の輸出先（ドイツ、ロシアなど）よりむしろ、新しい市場の南欧、アメリカなどに適した梳毛織物（worsted）工業を再活性化させた。

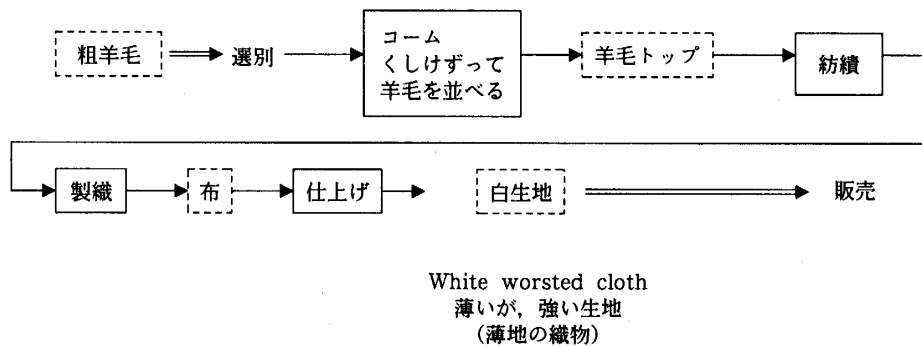


図2 17世紀頃の梳毛織物の作り方

表3 紡毛と梳毛の比較

項目	紡毛 (woolen)	梳毛 (wosted)	
		古典的	本格的
原毛	短毛	長毛	長毛
(紡績) プロセス	短く、簡単	簡単	長く、複雑
	糸	比較的太い	細い
(製織) 織物	厚手、織文様なし	薄手、織文様なし	薄手、織文様あり
	縮絨	なし (起毛あり)	なし
他	風合い		さらり
	防水性	あり	なし
開発の歴史	紀元前	14・15世紀	16・17世紀
設備費	小	小	大

現在ではカーディングやコーミングの機械の進歩のお陰で、紡毛に長毛種も用いられ、また梳毛種にもっと短毛種も利用できる。

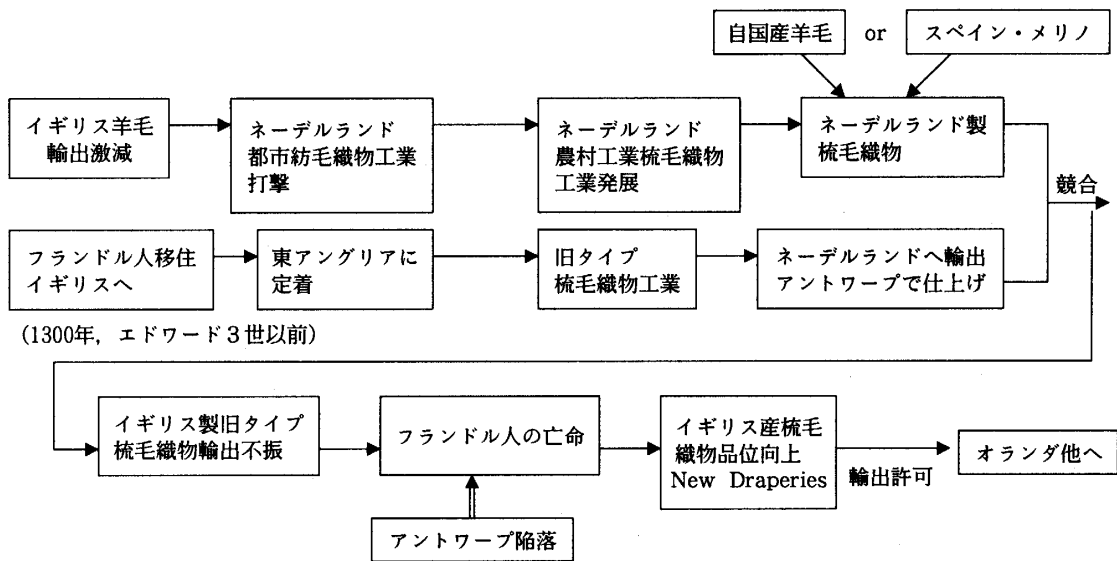


図3 イギリス梳毛織物工業の確立経過

図2に17世紀後半の梳毛織物の作り方を示す。また表3に梳毛と紡毛の特長を比較してある。近代・現代では梳毛織物が圧倒的となった。図3にイギリス梳毛工業の確立経過をまとめている。紡毛織物より梳毛織物の転換する際、フランドル由来の中間的な織物 (New drapery) (タテ糸が紡毛糸で、ヨコ糸が梳毛糸の織物など：羊毛と綿との混織も) が先ず生産された。梳毛織物には長毛種羊毛が適していたので、この織物は農業方式の変化 (エンクロージャーによる棚内飼羊) にも適応した (表2参照)。ただし、紡毛織物は当時高級品で高価であり、New drapery は薄手の安物であったから、製品変換は技術進歩の結果ではない。むしろ、構造的輸出不振の打開策の一つであった。他の多くの不況打開の試みは結局不成功に終わった。17世紀の後半になると、イギリスは染色加工技術をオランダより習得し、その結果、染色仕上げ織物を自国で生産・輸出できるようになった。

(iii) 毛織物の製造組織⁵⁰⁾

中世から産業革命まで (18世紀末) の毛織物 (絹, 麻, 綿も同じ) の生産様式組織の変化を

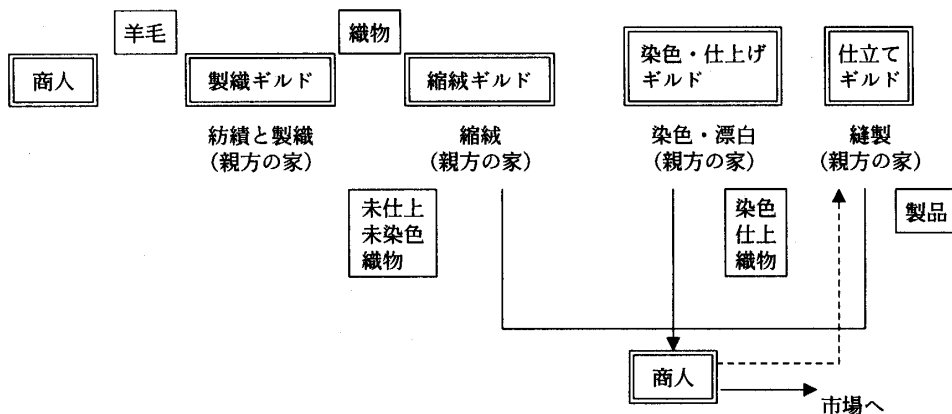


図4 (I)ギルド制による毛織物の生産経路 (都市工業) (12~14世紀)

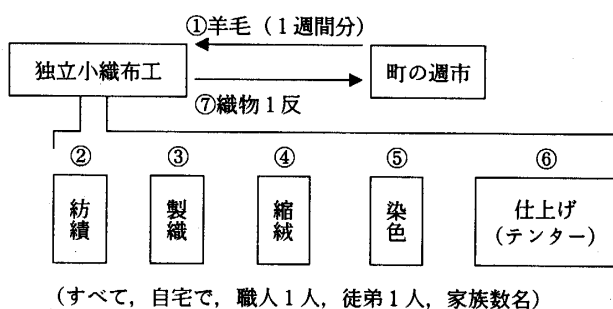


図4 (II)独立小織布工による毛織物生産(家内工業制)
(農村工業)(14世紀～)

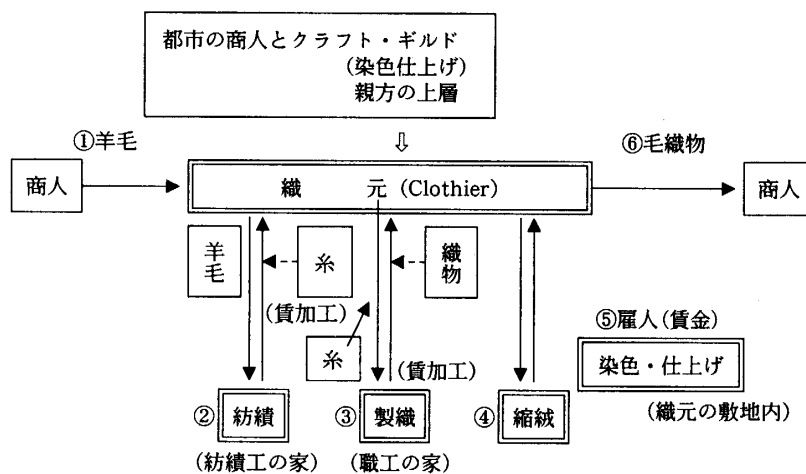


図4 (III)小織元による織物製造(14～16世紀)

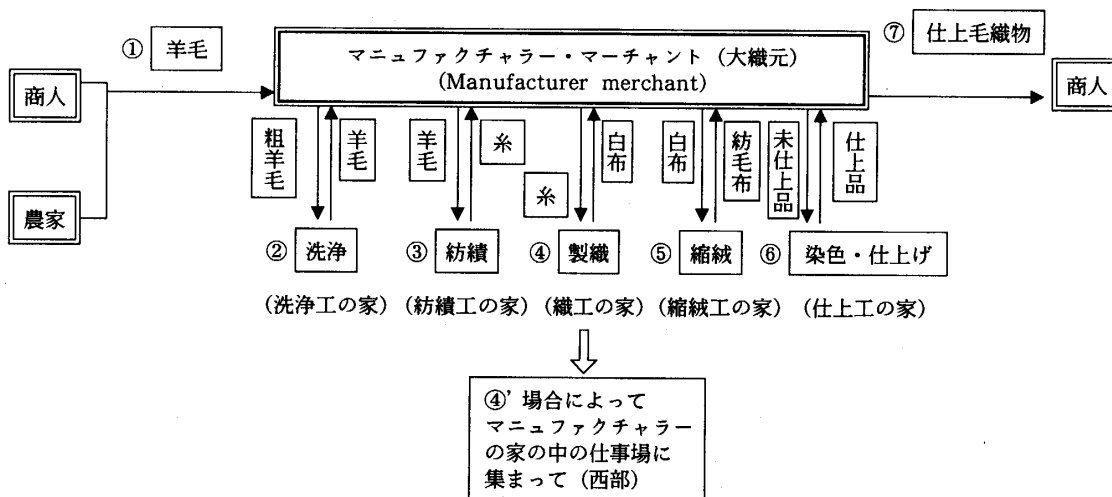


図4 (IV)マニファクチャラーによる織物生産(16世紀)

図4に示す。生産の組織は、(I)→(II)→(III)→(IV)の順に生まれた。しかし、これ等は同時に存在したり、同一国内でも地域によって(I)～(IV)の混在比率は大きく変動した。例えば、イギリスでは、(II)は北部地方、(III)と(IV)は西部地方がより一般的であった。また、中間的段階も見られた。イギリス以外のヨーロッパの国々では、(I)の都市クラフトギルドが16世紀

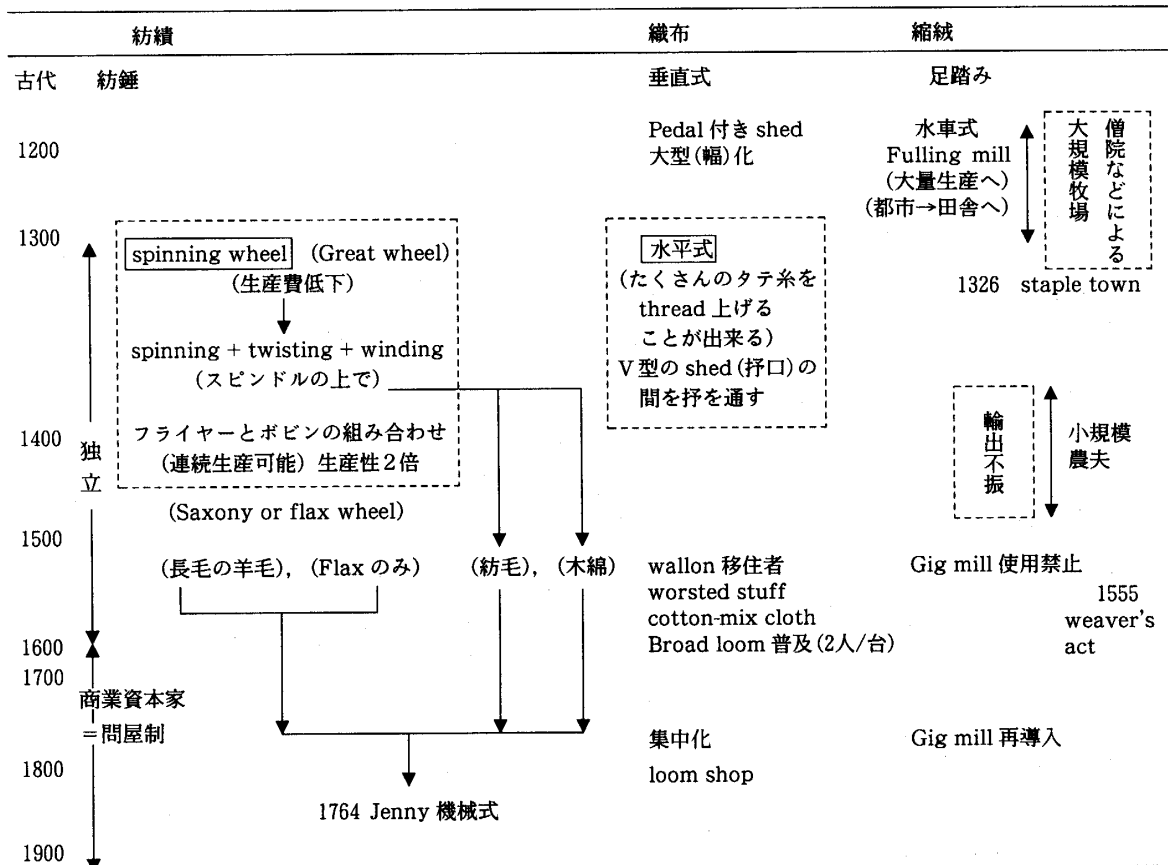
以降も存在した。16世紀には現在の大工場のように、大規模で一貫した生産設備一式を一つの家の中に持つマーチャント・マニファクチャラーズ（従業員数；数百～数千人）が出現した。これは手工業式工場制ともいうべきものである。18世紀末より産業革命が起こって、機械式工場制が発達しても、(II)～(IV)の生産様式は残った。手工業式と機械式の境界も極めて曖昧である点を注意すべきである（例、初期ジェニー紡績機、手動ミュール紡績機）。また(IV)の持ち主がそのまま工場主になったわけではない。

(iv) 中世～産業革命以前における繊維技術の進歩

表4に13～19世紀にまたがる繊維を作る技術の進歩をまとめて示す。この時期においても、技術は着実に進歩した。紡錘・紡車は元来インドで発明されたものであり、それらがメソポタミア・エジプトで普及したものをヨーロッパに技術移転し、その後改良されたものである。水車も古くは中近東で発明された。水車の繊維への利用は、クラフト・ギルド（図4(I)参照）の崩壊と都市工業の農村への脱出を促進した。

中世イギリスでは羊毛の染色はほとんど行われず、中世後になって重要になった。染料として大青(woad)が用いられた。大青は元来イギリスでも自生したが、14世紀の寒冷化により消失したので、その後、フランスよりブリストル(Bristol)港へ輸入した。大青はワインに次ぐ

表4 産業革命以前のイギリス羊毛工業の技術進歩



イギリスの主要輸入品であった。

Woad を用いると、青い色にも黒（キバナ（黄花）モワセイソウからとった黄色染料 weld またはセイヨウアカネ染料（maddes）との併用によって）にも染まった。

IV 産 業 革 命

(i) 綿繊維技術革新のきっかけ⁵¹⁾

18世紀後半にイギリスで綿繊維の技術革新が起こった経緯を図5に示す。結局、植民地インドより東インド会社が輸入した Calico（キャラコ：インドの都市カルカッタ（Calicut）に由来）が、イギリス国内で木綿ブーム（木綿革命）を引起し、それが原因して既存の羊毛織物や絹織物産業が不振となったので、インド産キャラコの輸入が制限・禁止された。この際、麻・綿混織物のファスチアン（fustian）織の産地であったマンチェスター（Manchester）が、インド製木綿織物の類似商品を麻混で作り、国内及び輸出需要に答えようとしたのがきっかけである。ただし、ファスチアン技術は直接的には低地諸国由来（16世紀）であるが、これも元々は中近東で発明され、その後イタリア→ドイツを經由して伝えられたものである。

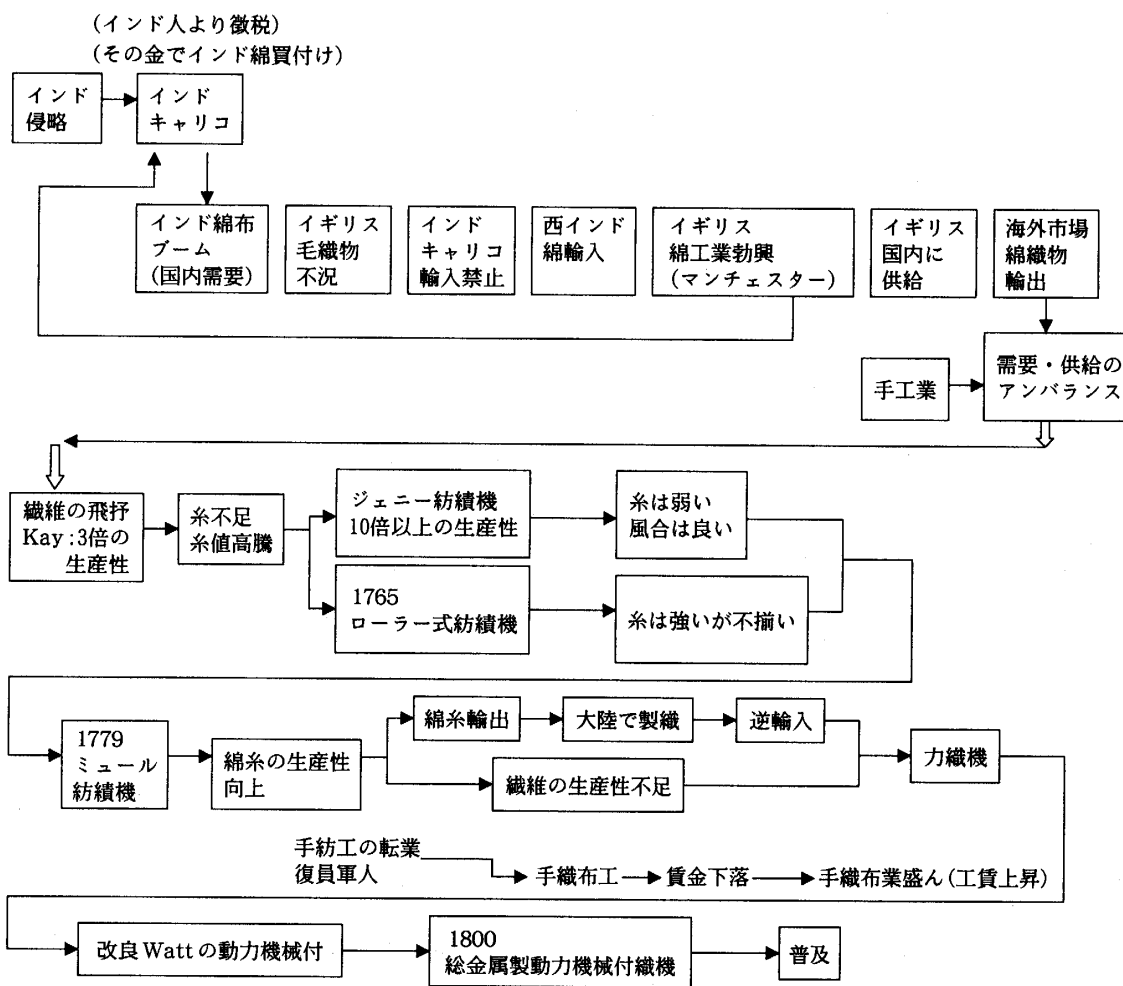


図5 産業革命前までの綿織物ビジネスの動きと産業革命時の綿布の製造技術革新の歴史

(ii) 綿紡績・製織の技術革新 ^{52,53)}

表5に、産業革命期における紡績機械、織機と綿繊維の開発の歴史をしめす。J. Hargreaves は、1764年紡車の原理を採り入れて、糸を同時に8本紡ぎ、一人で操作できる紡績機 (Jenny) を発明した。その後、Jenny 紡績機の能力は、16錘以上 (1770)→80錘 (1784)→120錘へと進化した。Jenny は当初、農家や小規模の手紡績工 (女性) に採用されて、綿糸を紡ぐ最終工程に用いられた。その後、大型化するに伴い (1770年代)、金属製機械の操作に力と熟練を必要とするために、男子が紡績専門工になり、紡績工場が出現した。ローラ紡績法は、1733年に、John Wyatt により発明された。これが、人の指を使わずに全く機械だけで糸を作った最初である。その後、1768年に、この紡績機を Richard Arkwright が再発明した。これは、ローラー間で延伸すると同時に、撚りをかけながら巻取りが出来る機械 (最初は馬で、その後、水力で運転したので、ウォーター・フレームと呼ばれた) である。彼の請願によって、綿織物の禁止令 (1735

表5 紡績機械・織機と繊維開発の歴史

西暦(年)	人名(職業)	紡績機械・織機
1732	J. Kay : (飛杼 : fly-shuttle) (工場経営者兼織工)	機械の高速化 (100回/分 : 1ヤード幅) (80回/分 : 広幅) : 3倍の生産性 1人/台 (2人/手織機は2人/台) : 当初の欠点 ; 糸切れ→糸巻量の増加で解決 広幅の人員削減, タテ糸量の減少, 織物外観向上, 作業環境改善 ↓ 1750~1760綿織物に普及 ↓ 綿糸不足
1764	J. Hargreaves : ジェニー紡績機発明 : 2人/台 (8 sp/台→80 sp/台), 30年間に2万台 (大工兼織工)	風合いは良いが弱質糸のためヨコ糸にのみ使用 = 綿紡 ↓
1768	R. Arkwright : ローラー (牛馬)→水力式 (工場化) water frame→工場設立 (ダービー近郊クロムフォード) (理髪師のち織物業者)	強いが糸の不揃い (強撚糸 (ジェニーよりも)) →布地品質劣 (溪流に沿って) →水流による制約 (渇水期) 支流不便→新しい原動力 (水蒸気) ↓
1774	S. Crompton : ミュール紡績機→高品質の強い糸→綿糸の生産性向上→綿糸輸出→大陸→綿織物逆輸入 (織工, 紡績工)	↓→綿糸織物の品質 (国産織物の品質 : インドの最高のモスリン, キャリコ並み向上)
1779	E. Cartwright : 力織機発明 (生産性数倍) (詩人, 牧師)	↓改良
1785		1711 Newcomen 蒸気機関 (上下動) 1782 James watt 蒸気機関 (水平動)
1800	力織機300台 (5,180馬力)	
1815	力織機 極めて一般化 (総金属製織機)	
1820	力織機 普及	
1825	R. Robert : 自動ミュール (機械の大型化) 発明 : 大規模工場が出現 (省力化, 120-180錘→1200錘, 高速化多量巻き (ただし, 細番手用には手動ミュール))	
1828	J. Thorp : リング精紡	
1830	力織機10万台 (平均50台/工場, 大工場 4,500台)	
	↓	
1850	綿花の輸入, 綿布の輸出急増 105,000馬力 (繊維のみ)	イギリスは世界の綿業国 (輸出タイプ)

年条例)が1774年に廃止された。ウォーター・フレームでは硬く、伸びの少ない、やや不均質な糸ができて、非常に細い糸の製造は不可能であったが、織物のタテ糸には適し、従来の麻糸よりも安価であった。ウォーター・フレームを用いて、紡績を大工場規模で操業する方が、経済的に有利になった。アークライトの糸は、メリヤス業者に供給されると共に、純綿織物(安物のキャラコ)製造に用いられた。これがイギリス初の100%綿織物である。なお、ヨーロッパ産の純綿織物は、15世紀にスイスで作られた。ミュール紡績機は、ジェニー紡績機(紡車法)とウォーター・フレーム(ローラー法)の両法の長所を取って、1779年に Samuel Crompton によって発明された。これによって、細くて丈夫な、太さが均一な糸が作られるようになり、高級綿織物の製造を可能にした。従来、インドより輸入していた高級薄手用織物原糸が、高品質に、しかも安価に機械で製造できるようになった。手動ミュールは製作費が安く、動力不要の上、場所をとらないので、独立小生産者によって中、太番手の生産に用いられ、男子紡績工が操作した。後で、細番手、極細番手も紡出できた。(1825年 R. Robert が自動ミュールを発明し、大規模工場が出現した。)このように、紡績機械の開発の結果、以前とは逆に織物の生産が追いつかず、糸が余ってきたので、織機の一層の高速化が必要となった。Edmond Cartwright は1785年に力織機(Power-loom)を発明した。最初の機械は極めて単純・安価であったが、粗末な織物しか織れなかった。彼はその後(1786~1790年)改良に努め、1792年に一応完成した。当時は馬の力で力織機を動かした。手職工の反対もあり、普及は約20年後になった。結局、繊維機械の技術革新は、織機→紡績→織機の順に起こった(表5)。これらの機械は、手動または馬または水力を動力源とした。蒸気機関の繊維機械への応用は、James Watt の特許の有効期間が切れてから後で、しかも、紡績、製織に関するほとんどすべての基本的発明が出尽くした後に行われた(1785年にローラー紡績機へ、1790年にミュール紡績機へ適用)。細番手紡績にはまだ水力が適していた(水力機は低振動)。

化学後処理や仕上げ工程の革新(例、シリンダー式捺染法(1783)や漂白法改良(1774~1788年))も同時期に行われた。19世紀はじめに、綿紡に蒸気エンジンが設備された時は、新工場はすべて町に作られた。すなわち、蒸気機関の普及により、工場の(したがって人口の)都市への集中が始まった。工場労働者の賃金は、手工業時代の職人のそれよりも著しく低下した。繊維の産業革命をもたらした技術の諸発明は、イギリス、ランカシャー州のマンチェスターより北方30~50km以内の狭い、ファスチアン生産地の小さな町々でなされた。イギリス政府はこれらの機械の輸出を禁止したが、他の欧米諸国は機械の密輸入、模造、設計図の入手、職人の引き抜きなど、あらゆる合法、非合法手段で新技術の入手に努めた。特に、アメリカは熱心でジ

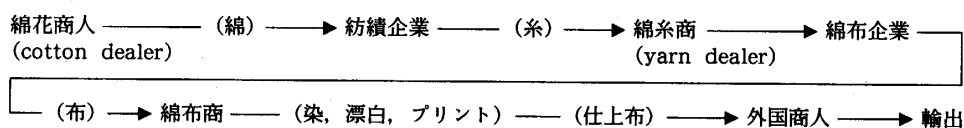


図6 19世紀末のランカシャーにおける綿織物の流通過程

エニー紡績機を導入した。フランスはミュール紡績を導入し、フランス式毛紡績法を確立した。1820年ごろからイギリスは機械の輸出を開始した。図6に19世紀末におけるランカシャーにおける綿織物の流過程を示す。水平分業が行われ、綿布商が流通を支配した。

V 人造絹糸

(i) 人造絹糸を作る試みとその社会的背景⁵⁴⁾

18世紀の終わりから19世紀にかけて、近代化学の基礎が確立し、化学の基本的諸概念（元素、原子、化学反応など）の妥当性も実験的に証明された。すなわち、19世紀は化学が錬金術から科学に変身した時代である。ほぼ同時期に西ヨーロッパで起こった産業革命前後から、資本主

表6 人造繊維の歴史

西暦(年)	人名(国名)	方法(技術内容)
1664	Robert Hook (英)	カイコの excrement より人工絹糸を作るアイデア提案
1734	Rene F. A. de Reaumur (仏)	ガム (gum) や樹脂から絹を人工的に作るアイデア (Hook と同じ)
18世紀	Monsieur Bon (仏)	クモの糸より靴下と手袋を試作
1842	F. Gottfried Kellar (英)	木材パルプ発明
1846	C. F. Schöbein (スイス)	綿火薬発明
1855	George Audmars (スイス)	N 桑の木から人造繊維の最初の特許: B. P. 283(1855)
1857	Edward Joseph Hughes (英)	N セルロースから人造繊維を作る試み: B. P. 67(1857)
1857	M. E. Schweizer (独)	C 銅アンモニア溶解発明
1862	Ozunum (英)	C 天然絹より紡糸液, 初めて紡口を使って繊維化
1881	William Crookes (英)	C 銅安溶液より電球フィラメント用繊維
1882	Edward Weston (英)	C 銅安溶液より電球フィラメント用繊維 (特許だけ): B. P. 22866(1882)
1883	(Sir) Joseph Wilson Swan (英)	N 硝酸エステル法により工業用繊維: B. P. 5978(1883)
1884	(Count) Hilaire de Chardonnet (仏)	N 硝化法を利用して衣料用 (マルチフィラメント) の製造発明: 工業化にも成功: F. P. 203741(1890)
1885	Spiller (英)	C 銅アンモニア法による繊維を製造
1890	Louis Henri Despeissis (仏)	C 銅安法の繊維製造法 (工業化されず): F. P. 203741 (1890)
1892	Charles F. Cross, Edward J. Bevan, Clayton Beadle (英)	V ビスコース発明: B. P. 8700(1892)
1897	H. Pauly (仮名) (E. Bronnert, M. Fremery, J. Urban)	C 銅安液に溶けたセルロースより人絹を作る方法: D. P. 98642(1897) その他, D. P. 119230(1900)
1898	Charles H. Stearn (英)	V ビスコースから糸, フィルムの製造法: B. P. 1020 (1898)
1900	Charles F. Topham (英)	V 遠心紡糸箱法: B. P. 23157(1900), 23158(1900)
1903	Joseph Foltzer (仏)	再生セルロース繊維に関する最初の技術書出版
1901	Edmund Thiele (独)	C 緊張紡糸法製法: D. P. 154507, 157157(1901) (設備: J. P. Bemberg A. G., D. P. 220051(1907))
1905	M. Müller (独)	V 凝固浴組成: D. P. 187947 (1905)

* N: 硝酸エステル法, C: 銅アンモニア法, V: ビスコース法

義が発達し、無機薬品製造工業が勃興した。綿製品の大量生産に伴って、その仕上げ用に需要が拡大したのが、無機製品の工業化の動機の一つである。新しい手法に基づく大量生産の結果、大幅な価格低下をもたらした。繊維産業の機械化 (IV (ii) 参照) を誘因として発展した化学工業は、人工的な繊維 (Artificial fiber または man-made fiber) の開発を促し、逆に繊維産業の体質を大きく変えた。

表 6 に人工繊維を作る試みの歴史を示す。Robert Hook (1635~1703) (イギリス) は、多くの生物を驚くべき正確さと精密さで模写した本 (Micrographia) (1664年出版) の中で、人造絹糸の可能性を論じた。彼の提案した方法は、現在の製造原理とほぼ同一である。その後、G. Audemars (スイス) は、桑の内皮の精製物 (セルロース・硝酸エステル) をエーテル/エチルアルコール混合液または氷酢酸に溶かして溶液とし、これにゴムを添加して調製した紡糸液に、針を入れて引き上げて繊維を得た (イギリス特許 No. 283 (1855))。これが世界最初のセルロース由来の人造絹糸である (ただし、彼自身は得られた繊維を「人造繊維」とは言っていない)。Audemars の発明の明細書より明らかのように、人造繊維の製造には、①出発物資の可溶化、②溶媒への溶解、③紡糸液より紡糸、④糸条の後処理、⑤特定用途への利用、の 5 つの要件が必要である。①~③は Audemars 以前に既知であった。その後、J. Swan (1828~1914) は紡糸液を細孔 (Schwabe 発明) より押し出した糸を作った (③)。また既知の脱硝操作を硝酸セルロース糸条に応用して、糸の燃焼速度 (カーボン糸製造過程) を安定化した (④)。

(ii) Chardonnet ^{55~58)}

Le Comte Hilaire Bernigaud de Chardonnet v (1839-1924) は、Ecole polytech. 出身の技術者で、衣料用人造繊維を初めて商業化した人物であり、「人造絹糸の父」と呼ばれる。1878年に小さな工房 (ベンチ: フェース I) をフランス東部の Besançon に設立した。工房は1884年までに精密な多錘式紡糸設備を持ち、その後12錘にまで発展させた。Crardonnet の第 1 発明は〈Fabrication des soies artificielle per la filat liquids〉という題目で1884年11月17日に登録された (France Patent No. 165,349) (その後 2 回修正)。翌年、改良法と設備の特許を各 1 件取得した。彼は全体で15の発明を行い、各発明を先進諸国に出願した。Crardonnet の特許がそれ以前の夢想的特許と区別される点は、彼は上述の 5 つの要件をより具体的に規定し、多数の機械の図面を付け、操作法の明細を開示した。地元資産家らの資金拠出を得て会社を設立 (1890年、本人は技術顧問) し、1891年にフランス Besançon において世界最初の人造絹糸工場を建設した (1892年竣工) (商業生産: フェース II) (乾式紡糸法)。同工場は1892年 6 月~11月の半年間に計 275kg の硝酸エステル法人絹を生産した。その後重大な品質 (引火性) 問題が起こった。工場は一旦操業を停止し、脱エステル化 (完全鹼化) を採用した新工程 (湿式紡糸) で、1894年、運転を再開した (フェース III)。その後生産は、1894年中は 27kg/日、1896年には 29トン/年に達した。シャルドンネ法人絹糸の製造技術は1884~1905年にかけて、スイス、イギリ

ス、イタリア、ハンガリー、ベルギー、ドイツなどに技術移転された。しかし、シャルドンネ自身の会社と Tubize 社（ベルギー）と VKF (Vereinigte Kunststoff Fabriken A. G.) (ドイツ) 以外は、すべて1910年までに解散した。VKF は1911年、シャルドンネ社は1914年に新興のビスコース法に転換した。

(iii) 他の2つの製造法^{59~73)}

セルロース（木材パルプ，綿）を出発原料とする人絹糸の開発は，シャルドンネ法人絹の出現に刺激されて，銅アンモニヤ法やビスコース法などヨーロッパでブームとなった(19世紀末～20世紀初頭)。

銅アンモニヤ法繊維は1890年のフランスの Luis Henri Despaissie の発明（フランス特許203,741）が基本発明である。この発明は，発明者の死亡のため工業化されなかった。その後(1892年) 白熱電灯用フィラメントとしてドイツで小規模工業化された。1897年この電灯会社の技術者は Despaissie 特許類似特許（または，特許逃れの特許）ドイツ特許98,642 (1897) を実在する他人名義で出願した。この特許とその他の2次特許を基礎に，Vereinigte Glanzstoff Fabriken (VGF) が設立され (1899年)，銅アンモニヤ法人絹の工業化が始まった。当時の繊維は，シャルドンネ法に比べて太く粗であったが，Edmund Thiele (ドイツ) は J. P. Bemberg 社 (JPB) (1897年設立) において，1902年に延伸紡糸法を発明した。JPB は Thiele の退社後も研究を続け，1916年に大量生産に成功した。その後，VGF と JPB は共同し，後者は VGF の一部門となった。

ビスコース法は，1892年の Charles Frederic Cross, Edward John Bevan 及び Clayton Beadle の発明した「ビスコース」(イギリス特許8,700 (1892)) を利用して繊維化する Charles Henry Stearn (1844～1919) の方法 (イギリス特許1,020 (1898)) に基礎を置く。(なお，Cross, Bevan, Beadle 特許は繊維化には全く触れていない。従って，Cross, Bevan はビスコース法人絹の発明者ではない!) ビスコース法人絹の安定生産のためには，Charles Fred Topham の遠心式紡糸法の発明は不可欠であり，また糸品質の向上には Müller 紡浴 (その類似法 Naper 紡浴) が大きく寄与した。ビスコース法の原材料は安価であったが，製造法の確立には多くの know-how の蓄積を要し，ようやく1910年ごろに確立した。前述の Stearn 特許の明細書は極めて明快，しかも正確，妥当であって，現在でもビスコース法再生セルロース繊維製造の基本指針となっている。3つの方法の工場が，主要3カ国 (イギリス，ドイツ，フランス) で同時に存在する現象が見られた。また，他の2つの方法のビスコース法への転換が，1911年頃より行われた。装置的に類似していたからである。

日本では，1905～1920年に多数の人造絹糸ベンチャーが誕生した。その内，旧制高等工業の研究を基礎に設立された帝国人造絹糸 (帝人) と旭人造絹糸 (あとで，旭絹織——旭ベンベルグ——旭化成) の2社が工業化に成功した。前者は外国製設備の購入と外国人技術者による指

導（「自主技術」）、後者は VGF 社よりの技術導入を講じた。その後、外国技術の習得、模倣、を経て、独自技術を開発、輸出する段階へと進歩した。再生セルロース繊維の生産性は1950年頃まで 2kg/人/日以下の水準に留まっていた。この頃多くの企業が合成繊維との将来性の差を考えて撤退した。1950年以降から急速に生産性が向上した。現在では、ビスコース法銅アンモニヤ法ともにほぼ 100kg/人/日のレベルに達している。

VI 合 成 繊 維

(i) Dupont 社と Carothers ^{74,75)}

天然に存在しない高分子を人工的に合成し、これを出発原料として繊維を作る試みは、1920年代末より1930年代にかけて主としてアメリカ (DuPont 社) とドイツ (Interessen Gemeinschaft Farbenindustrie (IG) 社) でなされた。この時期は、再生セルロース繊維工業が技術的にもほぼ成熟しつつあって、再生セルロース繊維 (当時) の性能限界も明らかになりつつあった。また、この時期は、やっと高分子の实在が認知されつつあった高分子化学の創世記でもある。表 7 に合成繊維の発明と工業化の概要をまとめてある。当時世界最大規模で、圧倒的な技術力を持つ IG 社は、ポリ塩化ビニルより繊維を作る研究を1930年代の初期に行い、溶解性を後塩素化法によって改良して、1934年に試験生産を開始した (アセトン、湿式紡糸法) (世界最初に商業生産された合成繊維; PeCeFaser)。ポリ塩化ビニルは融点が低く、衣料用繊維に不適であった。商業的な大量生産に成功した最初の合成繊維は、DuPont 社によって開発されたナイロンである。DuPont 社は、1927年に基礎研究部門の1つとして有機化学グループを創設し、そのリーダーに Wallace Hume Carothers (当時31歳) を採用した。Carothers は時系列的にポリエステル→ポリアミノカプロン酸→ナイロンへと、試行錯誤の結果、研究対象を変えた。DuPont 社はナイロンだけを開発段階に発展させた。ただし、前2者の研究で得た基本技術 (分子蒸留法、冷延伸など) は、ナイロンの開発に応用された。Carothers らは、1931年7月3日にポリエステルとポリアミド繊維についての特許 (USP2,071,251) を出願した。彼はポリエステルは低融点で将来の改良も困難と判断した。さらに、 ϵ -カプロラクタムは重合しないと誤認した。その後、ポリエチレンテレフタレート繊維やナイロン6繊維が、他社 (Calico Printers Association および I.G.) によって発明され、工業化された。1934年6月に高融点合成繊維を実験室で (9-アミノノニック酸エステル) 合成した。これを基礎に合成繊維の開発が1934年度より始まった。81の化合物のうち5つが見込みがあった。Carothers はナイロン5-10に関心を持ったが、モノマーが高価な上に、ポリマーが低融点である欠点を考えて、Bolton (化学部長) はナイロン66の開発に集中させた。DuPont 社は1938年10月27日にナイロン繊維を発表した。最初は、大量に消費され、しかも比較的高価な用途だけに開発を集中した。発売開始2年以内に、アメリカのフルファッション靴下市場の30%以上を占有し、1941年にはナイロン投資の1/3を回収した。第2次大戦中は軍用 (パラシュート、グライダー・ロープ) に消費された。戦後用途が拡

表7 人工高分子合成とその繊維化の試み

特許の()内は(出願年/成立年)

高分子化合物	合成	繊維化	工業化(商品名, 創業年)
1) ポリビニールアルコール	ラジカル重合+鹼化 W. O. Herrman, DP690332 (1931/40)	紡糸 W. O. Herrman & Hahnel, DP685048(1931/39)	水溶性繊維 Alexander Wacker 社 (Synthofil®,1939)
		紡糸・アセタール化 桜田一郎ら, JP16-818 (1939/41)	水不溶性繊維 日本合成繊維社(合成一 号®, 1946)
2) ポリ塩化ビニル	A. W. Hofmann, Liebigs Ann., 115, 271 (1860) 共重合による可溶化(酢酸 ビニル) (U. C. C.) USP2161766 (1937/39)	後塩素化 (I. G.) DP596911(1932/34)	I. G (PeCe-Fasern®, 1934)
		アセトン/二酸化炭素 混 合溶媒乾式紡糸 J. Corbiere (Rhodiaceta) FP913164(1941/46)	U. C. C (Vinylite®,1930s) Rhodiaceta (Rhovyl®,1949)
3) ポリアミド ナイロン6 ナイロン66	S. Gabriel & T. A. Mass Ber., 32, 1266 (1899) W. H. Carothers (Du Pont)	P. Schalak (I. G.) DP748253 (1934/43)	I. G. (Perlon-L®, 1942)
		USP2174619 (1936/39)	Du Pont (Nylon®, 1939)
4) ポリエステル	J. R. Whinfield & J. T. Dickson (Calico Printers Ass.) BP5578079 (1941/46)		I. C. I.(Terylene®, 1955) Du Pont (Dacron®, 1951)
5) ポリアクリロニ トリル	M. C. Moureu, Ann. Chem. Phys., 2, 189 (1893)	H. Mark & H. Fikantscher (I. G) DP580351 (1929/33)	Cassella (PAN®, 1952) Bayer (Dralon®, 1953)
		G. H. Latham (Du Pont) USP2404714 (1944/46)	Do Pont (Orlon®, 1950)
6) ポリウレタン	O. Bayer et. al. (I. G. OP728981 (1937/42) 高弾性糸 P. EFrankenburg et al. (Du Pont)		I. G. (Perlon-U®, 1941)
		USP2957852 (1955/60)	Du Pont (Lycra®, 1959)

U. C. C. : Carbide & Carbon Chemicals Co.
Du Pont : E. I. Du Pont de Nemours & Co.

I. C. I. : Imperial Chemical Industries Ltd.
I. G. : Interessen Gemeinschaft Farbenindustrie Aktiengesellschaft

大した。

(ii) Whinfield, Dickson とポリエステル繊維⁷⁶⁾

ポリエステル繊維(ポリエチレンテレフタレートまたはポリテレフタル酸エチル)は1941年に前述の Whinfield と Dickson によって, イギリスの世界最大規模の染色加工会社 Carico Printers Association (CPA) において発明された。Whinfield はそれまで(～1941年まで)17年間の経歴を持つ布帛の加工仕上げ技術者であった(なお, Dickson は新卒の博士)。Whinfield

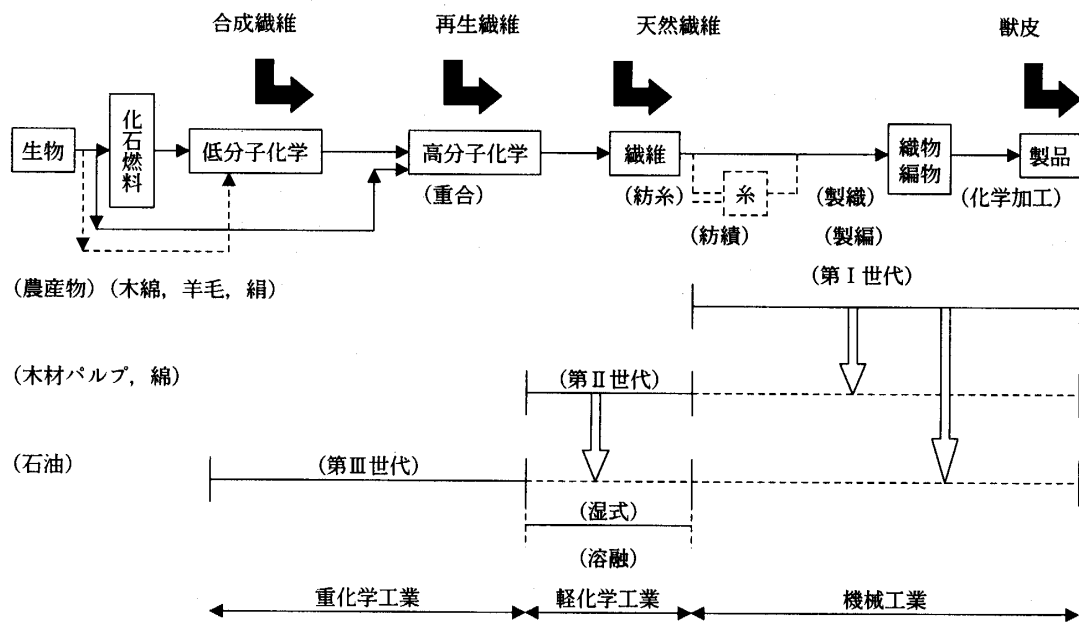


図7 各世代の繊維工業を構成するプロセスとそれらの基礎となる技術

は Carothers の論文に触発されて、「モノマー分子の対称性とポリマー分子鎖の硬さ」が繊維の融点、物性を支配すると直感した。この視点からテレフタル酸に着目し、エステル交換反応やエチレングリコール過剰添加法などの工夫の後に、イギリス特許 BP578,079 を取得した。この特許は極めて正確で、現在のポリエステル繊維の製造法の基本をなしている。1943年イギリス政府の指導により、Imperial Chemical Industries (ICI) 社が研究・開発に参画した。Whinfield と Dickson は戦後、時期は異なるが、共に ICI に移籍した。ICI は1952年に商業化生産を開始した。

(iii) その他^{77,78)}

アクリルの基礎研究は、もともと IG で行われたが、結局はデュボンが新溶媒（ジメチルフォルムアミド）を発明して工業化した。アクリルの基本発明を独占する企業はなく、多数の独立した発明がなされた。日本では、東洋レーヨン（現、東レ）が1951年にナイロン6を開発した（紡糸技術はデュボン社より導入）。旭化成工業（現、旭化成）は、独自技術をもとに1955年にアクリルの生産を開始した。更に、1957年に東洋レーヨンと帝国人造絹糸（現、帝人）が、ICI よりの導入技術をもとにエステルを工業化した。

天然繊維は、直接繊維状の天然物を分離・精製して製造したものである。再生繊維は、天然高分子化合物をいったん分子レベルにまでバラバラにして、それを再び繊維状に再構成（紡糸という）したものである。合成繊維は低分子化合物を重合して高分子化合物とし、これを繊維に成型したもの。結局、低分子化合物より紡織繊維及びそれよりの衣料製品が出来る過程（図7）において、どの段階で天然物を材料として利用するかによって、繊維が合成、再生、天然の3つに分類されるだけで、繊維ができる原理は全く同一である。従って、基礎技術の紡績、

製織は天然繊維に対して確立したものを再生，合成繊維の製造用に改良して応用した。また，紡糸（湿式，乾式）はセルロースで確立された技術である。重合と熔融紡糸は合成繊維特有の技術（高分子化学）といえる。

文 献

- 1) 上出健二：「繊維産業発達史」1. およびその引用文献，日本繊維機械学会，平成5年
- 2) 上出健二：（日本繊維機械学会編）「繊維工学Ⅰ」「繊維の科学と暮らし」第2章繊維と人間の暮らし，2.1およびその引用文献，平成3年
- 3) R. Leakey: *"The Origin of Humankind"*, Phoenix, 1995
- 4) J. Harris (ed.): *"5000 Years of Textiles"*, British Museum Press, 1993
- 5) B. M. Fagan: *"World Prehistory"*, Longman, 1999
- 6) C. Renfrew, P. Bahn: *"Archaeology"*, Thames and Hudson, 1991
- 7) G. Burenhuer (ed.): *"Die Menschen der Steinzeit"*, Welden Owen Pty.
- 8) C. Stringer, C. Gamble: *"In Search of the Neanderthals"*, Thames and Hudson, 1993
- 9) F. Brunello: *"The Art of Dyeing in the History of Mankind (translated by B. Hickey)"*, Neri Pozza, 1973
- 10) 上出健二：「前掲書」（文献1），2.1，2.2およびそれらの引用文献
- 11) 阪口豊：オリエン特講座1（（前島，杉，編），「オリエン特世界の誕生」1章，学生社，昭59
- 12) 織田武雄：オリエン特講座1，「オリエン特世界の誕生」2章
- 13) 岸本通夫：世界の歴史2，「古代オリエン特」，河出，1968
- 14) 富村伝：新書西洋史，「文明のあかぼの」，講談社，昭48
- 15) R. Cameron: *"A Concise Economic History of the World"*, Oxford Univ. Press, 1997
- 16) H. Crawford: *"Sumer and Sumerians"*, Cambridge Univ. Press, 1991
- 17) J. R. Harlan: *"The Living Fields"*, Cambridge Univ. Press, 1995
- 18) C. Tudge: *"Neanderthals, Bandits and Farmers"*, Yale Univ. Press, 1999
- 19) 上出健二：「前掲書」，2.3およびその引用文献
- 20) H. Hodges; *"Technology in the Ancient World"*, Pelican Books, 1970
- 21) P. T. Nicholson, I. Shaw: *"Ancient Egyptian Materials and Technology"*, Cambridge Univ. Press, 2000
- 22) R. Castleden: *"The Stonehenge People"*, Routledge, 1997
- 23) F. E. ゾイナー；「家畜の歴史」，法政大学出版局，1983（F. E. Zeuner: *"A History of Domesticated Animals"*, 1962）
- 24) S. Kershaw: *"Wool"*, Pitman, 1945
- 25) H. Haigh: *"Work of the Woolman"*, Spon Ltd., 1952
- 26) E. H. Short: *"Man and Wool"*, Hodder & Stoughton, 1921
- 27) P. Felix: *"The Cotswolds"*, Alan Sutton, 1991
- 28) J. G. Cook: *"Handbook of Textile Fibres, Natural Fibres"*, Fifth Ed., Merrow, 1993
- 29) J. Roche: *"The International Wool Trade"*, Woodhead, 1995
- 30) B. H. Slichter van Bath; *"The Agrarian History of Western Europe A. D. 500~1850"*, Edward Arnold, 1963
- 31) 上出健二：「前掲書」，2.5およびその引用文献
- 32) J. Roche: *"The International Cotton Trade"*, Woodhead, 1994
- 33) 上出健二：「前掲書」，2.6およびその引用文献
- 34) A. Lucas, J. R. Harris: *"Ancient Egyptian Materials and Industries"*, Dover, 1962

- 35) E. J. Barker: *"Prehistoric Textiles"* Princeton Univ. Press, 1995
- 36) 陳維(編):「中国紡織科学技術史(古代部分)」, 科学出版社, 1984
- 37) 上出健二:「前掲書」, 2.4および引用文献
- 38) 布目順郎:「絹と布の考古学」, 雄山閣, 昭63
- 39) 上出健二:「前掲書」, 3.1と3.2, とそれらの引用文献
- 40) J. Clapham: *"A Concise Economic History of Britain"*, Cambridge Univ. Press, 1949
- 41) M. W. Flinn: *"An Economic & Social History of Britain 1066~1939"*, Macmillan, 1965
- 42) J. Bishoff: *"A Comprehensive History of the Woollen and Worsted Manufacture"*, Vol. I, Vol. II, 1842 (reprinted by Frank Cass in 1968)
- 43) J. Blair, N. Ramsay: *"English Medieval Industries"*, Hambledon & London, 2001
- 44) H. Heaton: *"Economic History of Europe"*, Harper & Broth., 1936
- 45) 上出健二:「前掲書」, 3.3とその引用文献
- 46) A. Breary, J. A. Iredde: *"The Woollen Industry"*, Wira, 2nd. Ed., 1977
- 47) A. Breary, J. A. Iredde: *"The Worsted Industry"*, Wira 2nd. Ed., 1980
- 48) S. W. Beck: *"The Draper's Dictionary"*, The Warehousemen & Draper's Journal Office, 1883
- 49) 上出健二:熊本大学教育学部紀要, 第46号, 人文科学, 191-206, 1997
- 50) 上出健二:「前掲書」, 3.3.7とその引用文献
- 51) 上出健二:「前掲書」, 4および5.1.1とそれらの引用文献
- 52) G. W. Daniels: *"The Early English Cotton Industry"*, Manchester Univ. Press, 1920
- 53) 上出健二:「前掲書」, 5.1.2~5.1.7および5.2, および引用文献
- 54) 上出健二:「前掲書」, 7.1.1~7.1.3とその引用文献
- 55) 上出健二:「前掲書」, 7.1.4とその引用文献
- 56) K. Kamide: *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 18, p157 (2003)
- 57) K. Kamide; *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 18, p313 (2003)
- 58) 上出健二:高分子, 50, 405 (2002)
- 59) 上出健二:「前掲書」, 7.1.5,および7.1.6とそれらの引用文献
- 60) 上出健二:繊維機械学会誌, 47, p345 (1994)
- 61) 上出健二:繊維機械学会誌, 47, p389 (1994)
- 62) 上出健二:繊維機械学会誌, 47, p440 (1994)
- 63) K. Kamide, K. Nishiyama, *"Regenerated Cellulose Fibres"* (ed. by C. Woodings), Chapter 5, Woodhead, 2001
- 64) K. Kamide, K. Nishiyama, *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 15, No. 2, 1-13 (2000)
- 65) K. Kamide, K. Nishiyama, *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 15, No. 3, 1-13 (2000)
- 66) K. Kamide, *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 15, No. 4, 81-104 (2001)
- 67) K. Kamide, *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 16, No. 16, No. 2, 81-103 (2001)
- 68) K. Kamide, *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 16, No. 3 & 4, 191-219 (2001)
- 69) 上出健二:「前掲書」, 7と9およびそれらの引用文献
- 70) K. Kamide: *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 17, 73-100 (2002)
- 71) K. Kamide: *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 17, 113-136 (2002)
- 72) K. Kamide; *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 17, 301-319 (2002)
- 73) K. Kamide: *J. Ind. & Econ., Nara Sangyo Univ.*, 18, 47-75 (2003)
- 74) 上出健二:「前掲書」, 10.1.1と10.1.2およびそれらの引用文献
- 75) 上出健二:「前掲書」, 10.1.3およびその引用文献
- 76) 上出健二:「前掲書」, 10.1.4およびその引用文献

- 77) 上出健二：「前掲書」，10.1.5と10.1.6及びそれらの引用文献
- 78) 上出健二：繊維工学(II)，「繊維の製造，構造，及び物性」(繊維機械学会編)，1 総論，昭58