

製糸技術の問題点と今後の展開方向への提言

信州大学繊維学部 教授 嶋 崎 昭 典

はじめに

最近では外国生糸の品質が日本生糸を上回っているという。そうしたことは、戦後の製糸技術の歴史のなかでは経験したことのないできごとである。原料繭事情の変化、設備投資の手控え、従業員の高齢化など、現在の製糸は数えればきりがなほ多くの問題を含んでいる。しかし、ここに提出された問題点は、そうした現状の厳しさとは別の、製糸技術者が考えなければならない根本的な技術課題を提示していると思うのである。こうした品質問題を下敷きにして、糸歩・能率問題を含めて、これからの製糸技術はどう展開したらよいかを、ここでは今日的な問題に限定して考えてみたい。

I 製糸技術の問題点

1. 生糸品質

日本製糸業の存続基盤は、当然のことながら、求められる品質の生糸を常に的確に提供することにある。最近では節成績98点以上の生糸を生産するといった糸歩・能率に優先した品質重視の生産が行われている。

1. 1 日本生糸と外国生糸の品質

平成3年の国産糸27中生糸457荷口と外国産27中生糸243荷口の検査成績は表1のようである(生糸検査事業成績報告、以下同様)。

表1-1 平成3年度国産、外国産生糸の検査成績

年次・織度		荷口	織度 偏差 (デニール)	糸むら 二類 (個)	節 (点)	織度 最大 偏差 (デニール)	糸むら 三類 (個)	再繰 切断 (回)	強力 (グラム)	伸度 (%)	平均 織度 (デニール)	平均格
平成3年	21	国内 267	1.10	8.8	97.73	3.2	0.1	2.2	4.06	21.0	20.38	2A.96
		国外 299	1.17	12.2	96.92	3.2	0.3	5.7	4.10	20.2	20.86	2A.21
		計 566	1.14	10.6	97.30	3.2	0.2	4.1	4.08	20.6	20.63	2A.57
	27	国内 457	1.15	3.1	97.90	3.2	0.0	2.1	4.08	21.6	26.44	3A.66
		国外 234	0.99	1.4	98.54	2.7	0.0	2.4	4.26	20.6	26.41	4A.20
		計 691	1.1	2.5	98.11	3.0	0.0	2.2	4.14	21.3	26.43	3A.84
	31	134	1.19	2.0	97.88	3.2	0.0	1.5	4.11	22.3	30.47	4A.11

上段国産生糸、中段外国産生糸

表 1 - 2 品位検査項目別平均成績 (国産糸、横神合計)

織 度	年 次	荷 口	織 度 偏 差	糸むら 二 類	節 点	織 度 最 大 偏 差	糸むら 三 類	再 繰 切 断	強 力	伸 度	平 均 織 度	総荷整理 (荷口数)		
												良	やや劣	劣
			デニール	個	点	デニール	個	回	グラム	%	デニール			
21	60	241	1.03	8.5	97.43	2.8	0.1	2.5	3.99	20.1	20.33	240	1	
	59	699	1.10	9.4	96.77	3.1	0.2	3.1	3.99	20.1	20.41	695	4	
27	60	988	1.26	4.1	97.42	3.5	0.1	2.4	4.03	20.8	26.47	982	6	
	59	2,597	1.26	3.4	97.32	3.5	0.1	2.4	4.02	20.9	26.49	2,572	16	9
31	60	204	1.24	1.9	97.57	3.4	0.0	1.8	4.07	21.1	30.33	204		
	59	884	1.33	2.3	97.07	3.7	0.0	2.0	4.04	21.3	30.47	882	2	

織度偏差、糸むら2類、節点、織度最大偏差といった生糸品位を代表する検査項目のすべてが、国産糸より外国糸の方が上回っていることが知られる。このことは、ここ数年間の生糸平均格の推移をみれば一層明らかである。

こうしたことは、良い生糸だけを選択輸出している結果であるとか、生産国の国内事情によるといった様々な背景はあるにしても、日本に輸入された生糸の平均成績が、国内産生糸の受検成績を上回っていることは事実なのである。

1. 2 節成績

主要生産生糸である27中生糸に注目する。10年前には生糸の格決定項目の第1位は節成績で全体の35パーセントを占めていた。第2位は織度偏差の28パーセント、第3位は糸むら2類の19パーセントであった。平成3年には、その順序は変らな

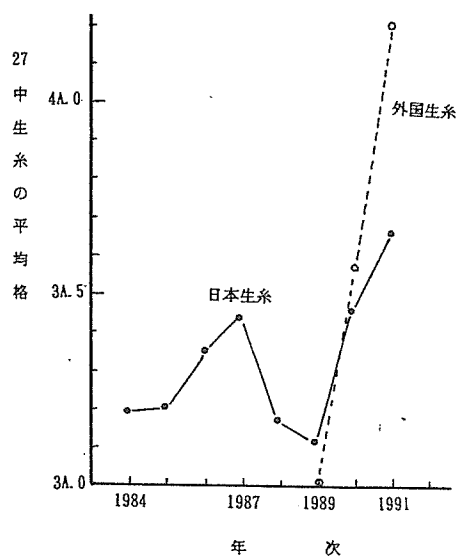


図1 日本生糸と外国糸27中生糸の平均格

表 2 - 1 平成3年格決定項目別件数 (27デニール)

		格決定荷口数			主要検査項目による格決定件数				補助検査項目による格決定件数												
決定	計	計	主 要	補 助	計	織 度	糸むら	節	計	織 度	糸むら	再 繰 切 断				強 力	伸 度			総 荷 整 理 や 劣	計
			検 査	検 査		偏 差	二 類			最 大 偏 差	三 類	一 格 下 位	二 格 下 位	三 格 下 位	四 格 下 位		一 格 下 位	二 格 下 位	三 格 下 位		
5 A	310	310	227	83	681	227	227	227	88	23	2	36	4	—	—	—	23	—	—	4	
4 A	259	259	183	76	229	70	74	85	80	34	4	38	3	1	—	—	—	—	—	8	
3 A	81	81	55	26	62	26	14	22	21	18	1	2	—	—	—	—	—	—	—	6	
2 A	25	25	15	10	17	6	3	8	8	7	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	
A	9	9	6	3	6	1	—	5	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	
B	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
D	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
／	6	6	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	
計	691	391	486	205	995	330	318	347	198	83	7	77	7	1	—	—	23	—	—	24	6
%	100.0	100.0	62.7	37.3	100.0	33.2	31.9	34.9	100.0	42.0	3.5	38.9	3.5	0.5	—	—	11.6	—	—	100.0	100.0

表2-2 格決定項目別件数

年次		項 目	主要検査項目			補助検査項目					計	
			織 度 偏 差	糸 む ら 二 類	節	織 度 最 大 偏 差	糸 む ら 三 類	再 繰 切 断	伸 度	総 荷 整 理		
										やや劣		劣
59	件 数	245	97	325	142	22	66	2	4	1	904	
	割 合 (％)	27.1	10.7	36.0	15.7	2.5	7.3	0.2	0.4	0.1	100.0	
58	件 数	382	266	493	153	20	54		3	1	1,372	
	割 合 (％)	27.8	19.4	35.9	11.2	1.5	3.9		0.2	0.1	100.0	

表3-1 節種類別個数

織度	荷口	特節	大節					中節					小節											
			計	もつれ	大ずる	よりつけ	大つなぎ	大ぶり	計	小ずる	中つなぎ	中ぶり	大わ	さけ	計	75点	70	65	60	55	50	40	30	36点未満
21	566	1	329	2	282	1	44	—	13,560	6,576	488	—	5,522	974	114	89	18	5	2	—	—	—	—	—
		0.0	0.6	0.0	0.5	0.0	0.1	—	24.0	11.6	0.9	—	9.8	1.7	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—
27	691	1	353	2	326	2	23	—	11,340	6,831	179	—	3,730	600	76	51	17	5	2	1	—	—	—	—
		0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	—	16.4	9.9	0.3	—	5.4	0.9	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—
31	134	—	71	—	68	—	3	—	2,466	1,590	42	—	736	98	23	15	5	1	2	—	—	—	—	—
		—	0.5	—	0.5	—	0.0	—	18.4	11.9	0.3	—	5.5	0.7	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—

上段は実数合計値：下段は1荷口の平均値

表3-2 種類別荷口平均個数(全荷口)

年次	節の種類	特 大 節	大 節					中 節					小 節							
			も つ れ	大 ず る	よ り つ け	大 つ な ぎ	大 ぶ り	計	小 ず る	中 つ な ぎ	中 ぶ り	大 わ	さ け	計	75	70	65	60	55	50
59			0.0	0.9	0.0	0.1	1.0	6.8	0.7		13.7	2.9	24.2	0.1	0.0	0.0	0.0		0.0	0.1
58			0.0	1.0	0.0	0.0	1.1	7.9	0.6		15.9	2.1	26.7	0.1	0.0	0.0	0.0		0.0	0.1

注 小節欄の個数はパネル数を示す

いが、それぞれがほぼ同じ20パーセント台の値を示している(表2)。理由は表3にみられるように、この10年間に中節のなかの「大わ」が平均値で約10個減少し、昭和58年の節点96.8点が平成3年には97.8点に向上したことによる。

これは軽渗透煮繭から中渗透煮繭への移行といった製糸技術の努力の結果によると思われるが、

この間外国糸の節成績は96.8点、97.14点と向上し平成3年には98.54点と驚くべき値を示すに至っている。これに対抗するには、表3に示されている「小ずる」の個数を少なくとも5個以上減少させて、「大わ」と同じく5個以下にする必要がある。

1. 3 織度偏差

生糸の織度偏差は定織自動繰糸機の導入により大幅に向上した。これは定粒生糸の織度偏差成分のほとんどが繭糸織度曲線にみられる原料成分であったものが、定織生糸ではおよそ0.3デニール以下と原料繭の織度偏差成分の減少したことによる。従って10年前の生糸にみられる織度偏差1.26デニールのほとんどは機械系や技術系の管理に起因するものであった。その後の改善によって平成3年の織度偏差は1.10デニールと向上した。しかるに外国糸の織度偏差は1.17、1.17から平成3年には243荷口の平均が0.99デニールと、1.0デニールを切るに至った。受検日本生糸荷口の約3割は偏差が1.0デニール以下であるが、この程度では外国糸と競争できない。日本生糸の6割以上の偏差が1.0デニール以下になるような技術対策が必要である。

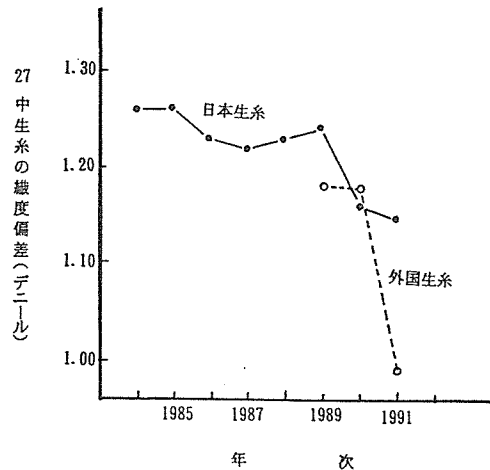


図2. 日本生糸と外国糸27中生糸の織度偏差

1. 4 糸むら

定織繰糸では、落緒により細むらが生じて直ちに接緒するとは限らない。そうした意味では、

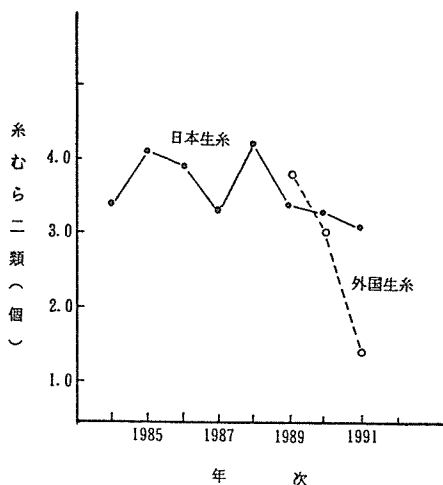


図3. 日本生糸と外国糸27中生糸の糸むら二類

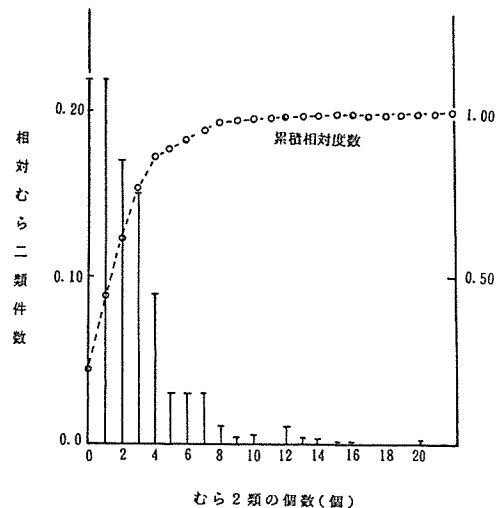


図4. 糸むら2類出現個数分布(平成3年)

定織繰糸は糸むら管理繰糸法とはいえない。そのため糸むら管理対策としては接緒要求があったら必ず接緒を成功させる、2粒以上の多粒接緒を防ぐ、解じょ糸長を長くする、繰糸速度を遅くするといった糸むら発現の環境整備にポイントがおかれる。その結果、糸むら2類の検査成績は3個台前後の値をとっていた。これに対し外国糸は3.8, 3.0から平成3年には遂に1.4個といった値を示すに至った。このことは、図4にみられるように、糸むら2類の個数が3個以上になる約40パーセントの多発荷口を少なくする技術管理が必要となる。

1. 5 最大偏差

織度最大偏差は荷口の飛び織度の出現性を強制的に表示する検査値である。事実、個々の生糸荷口の異常性は最大偏差で代表されるが、受検荷口全量にわたり統計処理を行うと、最大偏差は織度偏差に0.274を乗じると予測できるといった関係がえられる(図5)。定粒生糸の荷口では飛び織度の出現性は小さく、定織生糸では飛び織度が出やすい。その程度は織度最大偏差を予測する織度偏差の乗率の大小でみることができる。最近の生糸検査成績について、21中も27中も、目的織度の大小に関係なくプールして乗率を求めると

国産生糸：最大偏差の予測値

$$= 2.74 \times \text{織度偏差}$$

外国生糸：最大偏差の予測値

$$= 2.65 \times \text{織度偏差}$$

の関係がえられる。国産糸に対し、外国糸は織度偏差の大きさに比べ飛び織度の少ない生糸であることになる。

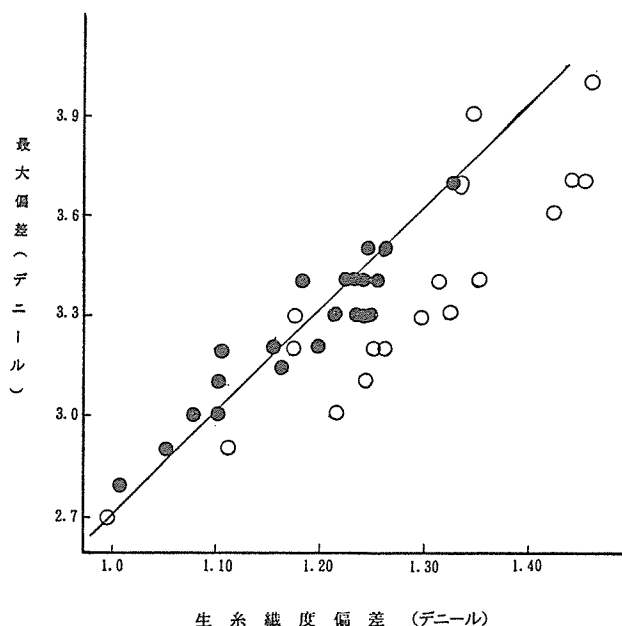


図5. 生糸織度偏差と最大偏差の相関図

白丸：外国糸、黒丸：日本糸

1. 6 生糸品質の問題点

最近の外国輸入糸は国産糸より上位の検査成績を示している。21中生糸、その他については日本糸の方が良い成績を示しているが、主要織度の27中についてはその格差が明確になってきた。そうした品質上の問題点は

- (1) 大わ、ずるの節数はいずれも5個以下にする技術展開を求めること
- (2) 織度むらは認めにみられるような織度差を縮小させ織度偏差値が1.0デニール以下の常時生産体制を整えること
- (3) 糸むらは個数が3個以上となる荷口をなくし、平均個数が1.0台にする。

といった製糸の基本技術体制を早急に整える必要がある。

2. 繰糸能率

自動繰糸機の生産性は工程中の能力の最小区におけるキャパシティによって決定される。現行自動繰糸機にあっては、糸故障の修理工程に工程能力のネックがある。繰糸能率を1日繰糸工1人当り繰糸量についてみると自動繰糸機の導入以来ほぼ直線的に増加してきたが昭和60年ごろを頂点に横ばい傾向となり近年は逆に減少傾向にある。そのため、対俵人員は8.9人を最低に平成3年には9.71人と増加している（表4、大概）。

表4 製糸業の生産性（製糸操業指標より）

項目 暦年	俵上糸部 (%)	1日1台当り ※繰糸量(g)	1日繰糸工 1人当り ※繰糸量(g)	1日全従業員1人 ※当り繰糸量(g)	全従業員 1台当り人員 (人)	生糸60kg当り 延人員(人)
昭50～54	18.75	3,655	13,076	5,593	0.66	10.8
55～58	18.94	3,699	14,627	6,233	0.60	9.7
59～63	18.99	3,566	15,662	6,753	0.53	8.9
平— 1	18.79	3,410	14,212	6,298	0.54	9.53
2	18.78	3,333	13,904	6,283	0.54	9.76
3	18.85	3,246	14,559	6,499	0.51	9.71
平1～3	18.81	3,330	14,225	6,360	0.53	9.67

注・① 資料は農林水産省農蚕園芸局調。
② ※印欄は、1日8時間労働に換算。

3. 生糸量歩合

自動繰糸機の導入は繰糸工が細かい気配りをして屑糸を多くしないよう操作する多条繰糸に比べ屑物を多くし糸歩を減少させる要因を多く含んでいた。それを自動繰糸に適した乾燥・煮繭と

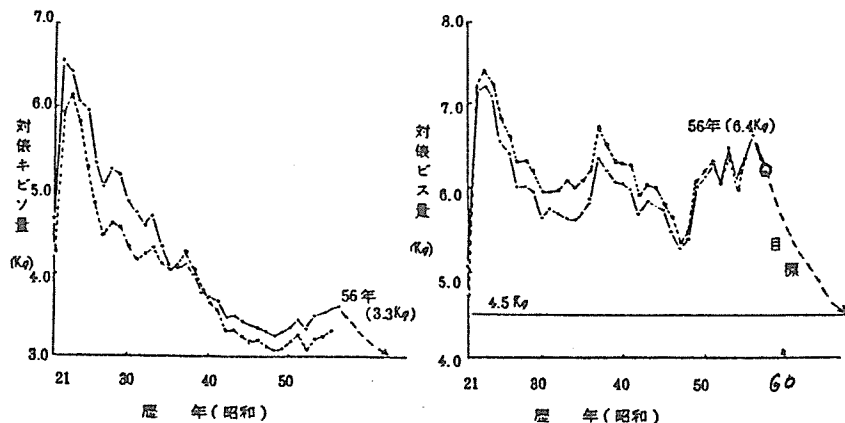


図6 対俵キビン・ビス量の経年変化

注) 黒丸：キビン量総平均（蚕糸業要覧）
白丸：器械製糸キビン量（製糸統計月報）

いった製糸技術の支援を受け、また科学的な繰糸工程の管理運営の導入により、特にキビソ量を減少させることに成功し、糸歩を減少させることなく経過してきた（図6）。しかしキビソ量の減少もすでに限界がきて、今後はビス量の減少に糸歩増大の途を求める以外に方途がないところまできている。

4. 当面している製糸技術の問題点

近年の製糸技術は、厳しい生産環境のなかにあっても、品質重点の生産体制を整え、着実にその実をあげつつ今日に至った。しかしながら輸入外国糸の品質は急激に向上し、日本生糸を凌駕するに至った。ということは、現在の工務陣の努力の延長線上で考えていたのでは、今後日本に製糸業を存続させる基盤が崩壊する危機を迎えているともいえるのである。一方製糸経営を支える生産能率の向上、糸歩の向上といった量的面に至っては、すでにその成長の限界を超え、生産環境の厳しさから逆に低下傾向をたどっている。こうしたことは、最近の製糸業の採算状況（大概）の表5にみられるように、平成元年以降毎年加工費は赤字状態を続けているのである。こうした環境のなかで製糸技術は今後如何に対処したらよいであろうか。

表5 最近の製糸業（国産繭）の採算状況（直近3ヶ年）（単位：キロ当たり円）

項目 糸年	販売価格	原料繭代	a	比 率		b	a - b
			取得加工費	繭代 %	加工費 %	実質加工費	増 減
平 1	15,080	13,067	2,013	86.7	13.3	3,349	▲ 1,336
2	12,560	9,709	2,851	77.3	22.7	3,445	▲ 594
3	11,775	10,034	1,741	85.2	14.8	3,566	▲ 1,825
平 均	13,138	10,937	2,201	83.2	16.8	3,453	▲ 1,252

- 注・① 資料は日器工調査。
 ② 販売価格は横神の現物標準値の平均。
 ③ 原料繭代は製糸が支払った総標準掛目。
 ④ 実績加工費は副産収入差引生糸製造販売費。

II. 製糸技術の基本的基盤の展開

前篇で示された諸問題は、すでに多くの先輩の研究によって、その解決の方向が示されている。ここではそれらの文献を基に問題解決の基本的方向を提示したい。

1. 糸歩問題

生糸販売価格の80パーセント近くが繭価であることが示すように、糸歩を無視して製糸技術を論じることはいかなる。それゆえ、初めに糸歩問題について考える。

結論的にいうと、糸歩問題は乾燥・煮繭といった索緒前処理工程では繭を硬目白目に煮て煮崩れをおこさないことであり、索緒後処理工程である抄緒・給繭・繰糸工程では一度でた繭糸は絶対に切らずに生糸に巻きとるよう、糸のほぐれをよくすることであるといえる（図7）

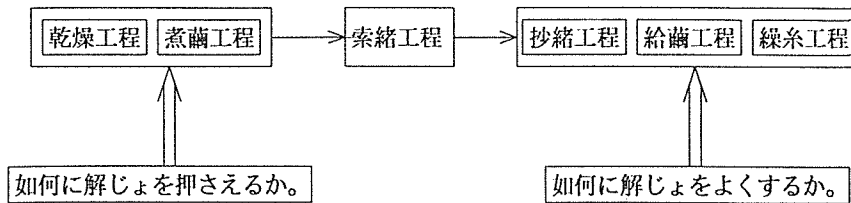


図7. 糸歩向上のための工程目標

1. 1 繭乾燥と糸歩

乾燥の3要素といわれる乾燥温度・湿度・風速と繰糸成績の例を図8に示す(木村・水出)。これから繰糸成績に最も影響するのは乾燥温度で高温区ほど索緒効率や解じょを悪くするが、糸歩は逆に向上することを語っている。

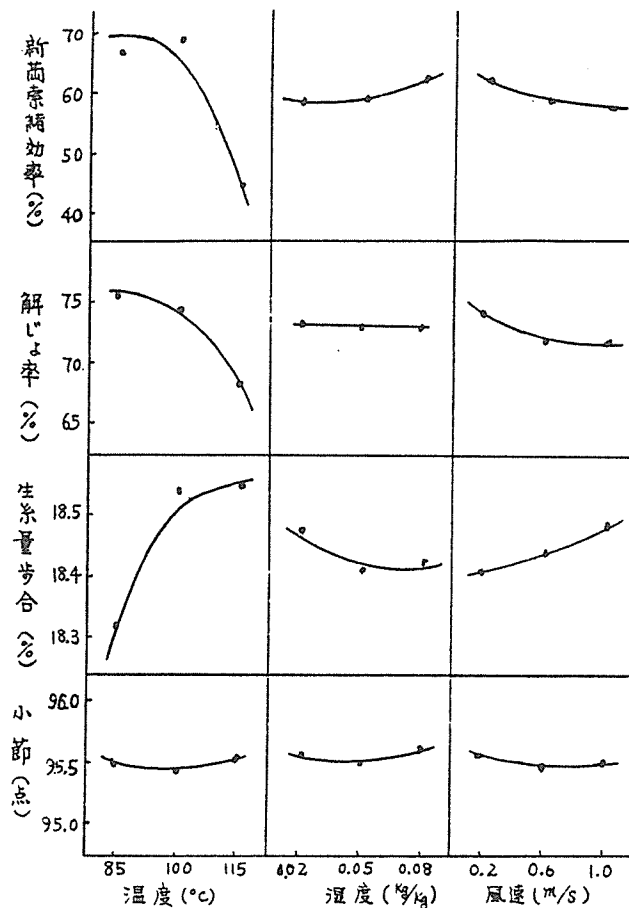


図8. 生繭の乾燥条件と繰糸成績との関係

- 注 1) 供試繭は1960年茨城県産 (2・4×5・4) である
 2) 繰糸試験は繭検定法に準じて行なった。

1. 2 煮繭とキビソ・糸歩

煮繭の熟度を極若煮（Ⅰ）、若煮（Ⅱ）、適煮（Ⅲ）、老煮（Ⅳ）に分けて、煮熟度とキビソ量との関係を求めると図9のようなのである。煮繭の煮崩緒糸（第1緒糸）は煮熟度と共に急激に増大する。全粒が有緒繭になるまでの緒糸（第2緒糸）では、若煮区の幾回も繰り返し索緒されるために多くなった緒糸区、老煮のため繰り返し索緒は少ないが、1回の索緒で大量の緒糸が生じた緒糸区が生じるため、それらの中間に緒糸量の最も少ない区が生じる。それらの有緒繭から生じた落緒繭が全粒正緒繭になる間に生じた緒糸量（第3緒糸）は若煮区に多くまた老煮区に多い傾向を示す。それらを総計した新緒繭糸量は若煮、老煮の中間で最小の値を示す。いわゆる繭検定でいう適煮条件が存在する。

しかしながら煮熟処理と糸歩の関係はそうした緒糸量変化が示すほど単純ではない。沈繰煮繭であることを前提にすると、生糸量歩合は若煮ほど多い傾向を示す。煮熟度に伴う屑物量と糸歩の関係は、例えば図10に示すように、ひらがなの「く」の字型を示し、煮熟が若熟方向へ進むと屑物も多くなるが糸歩もまた多くなるのである。この理由は繭層セリシンの溶解度にあるもので、若煮ほどセリシンの溶解量が少なく生糸練減率の大きな生糸となる（図11）。

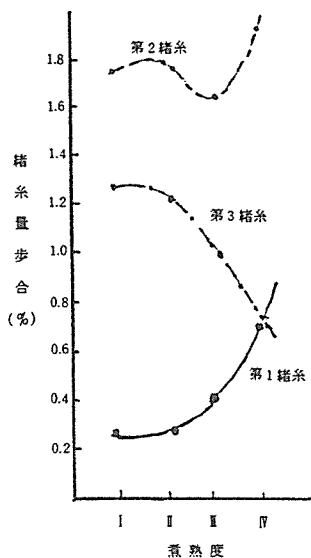


図9-1 煮熟度と各緒糸量

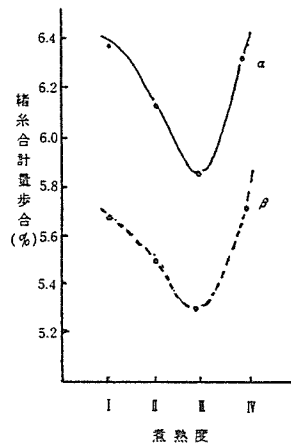


図9-2 煮熟度と緒糸合計量

注) α、βは原料繭荷口記号

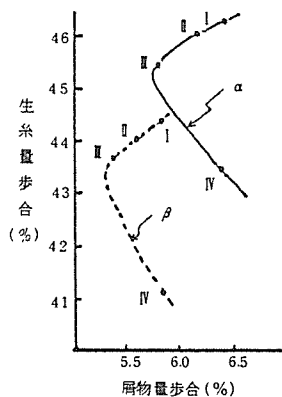


図10. 煮熟度に伴う屑物量歩合と糸歩の関係

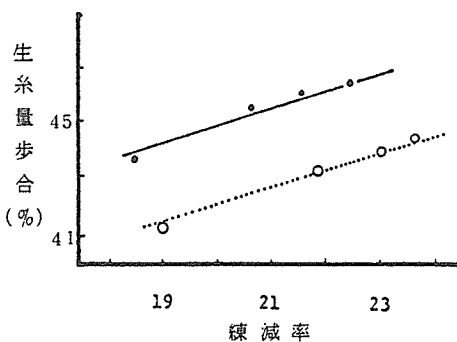


図11. 煮熟度に伴う練減率と生糸量歩合

1. 3 煮繭とビス量

同一原料繭区を繭検定法で煮繭した1粒ビスの重量分布の1例を図12のA・Fに示す。原料繭荷口により変化はあるが1粒の平均ビス量は17-18ミリグラムである。一方、工場での1粒ビス

量の分布を求めた例を図12に示す。1粒平均ビス量は22ミリグラムから32ミリグラムの範囲にバラツいている。しかし分布のモードは、17ミリグラムの繭検定区でも32ミリグラムの工場区でもおよそ15ミリグラム附近なのである。この2倍ものビス量の変化は図12の分布図にみられるよう

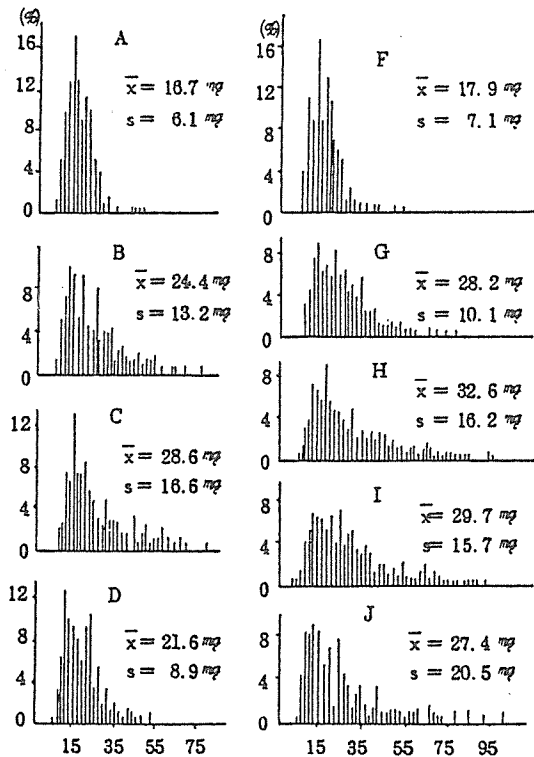


図12. 1粒ビス量の分布 (工場調査)

に厚皮ビスの出現割合によるのである。そこで1粒のビス量が40ミリグラム以上になる出現率 (x) を求め、この x と平均1粒ビス量との関係を求めると図13のようになる。すなわち、

1粒平均のビス量 $= 15 + 0.58x$
 (40ミリグラム以上の厚皮ビス出現率)
 の関係が成り立つのである。

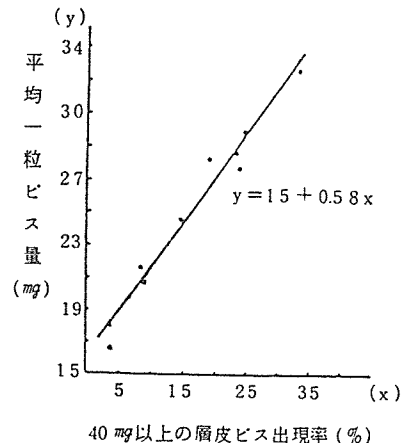


図13. 厚皮ビスの出現率と平均一粒ビス量との関係

ビス量減少の秘密は厚皮ビスの出現割合を少なくすることにあるといえるのである。

1. 4 繰糸温度と糸歩

繰糸温度を冷水から高温へ変えると落緒が減少する。また糸の繰りがよくなり内層までよく繰

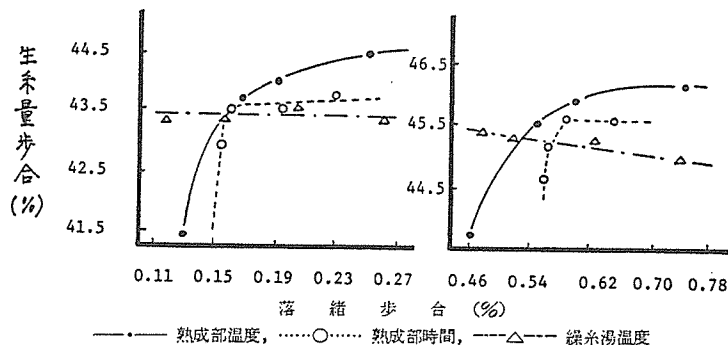


図14. 煮熟度に伴う落緒と生糸量歩合

りとられて糸歩は向上する。そうした繰糸温度に伴う落緒歩合と糸歩との関係を図14に示す。こうした解じょの向上に伴う糸歩の関係は煮繭熟度にもいえるので、2種類の原料荷口について行った実験例を同図上にのせた。これらから、繰糸温度により解じょをよくしたときは、解じょの向上と共に糸歩も向上するが、煮熟度を進めて解じょを向上させたときは、解じょの向上に伴い糸歩は減少するのである。

1. 5 繰糸工程の繭数と糸歩

新繭補充部から繰解部までの過程を繰糸工程ということにする。この過程にある繭は粒付の繭以外はすべて糸屑生産に寄与しているともいえる。そのため自動繰糸機内に滞留している繭数はできるだけ少なく心掛け、またそのためには給繭機内の繭数ははじめムラなく一様に配分されるよう注意する。特に抄緒繭数や給繭機内繭数は、繭数が多くなるほど繭糸の切断率を多くして多回索緒の原因になる(図15)ので注意が必要である。

その他繭輸送問題にはじまり糸部に関与する要因は多いが、第三篇とそれぞれの文献を参照されたい。

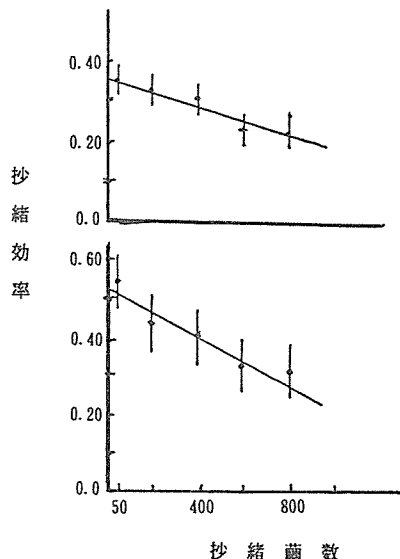


図15. 抄緒粒数と抄緒効率

2. 品質問題

節、織度偏差、糸むら2類、織度最大偏差については、すでに多くの研究がなされている。ここではそれらの基礎を整理した後で、前編で指摘された品質特性に対処する技術問題を考えたい。

2. 1 煮繭と節

技術的問題点にとりあげられた「大わ」、「小ずる」節の同時減少に関与する工程は煮繭工程であるので、工場の実態調査(勝野)を基に節対策技術について考える。

2.1.1 高節点工場と低節点工場

大中節点96.5点以下の工場を低節点工場、98.5点以上の工場を高節点工場として分類した結果を表6に示す。製糸工程の諸条件の中で、両者間に明瞭な差のみられたのは煮繭工程の吐水量であったので、表には工程因子として吐水量をのせた。

表から節点の低い工場の吐水量は1粒当たり1.8cc以下であり、高節点工場の多くは2cc以上であることがみられる。

2.1.2 吐水量の多少と工務成績

低節点工場の平均吐水量が1.86cc、高節点工場は2.55ccであるので、それらの値を目安に吐水量の少ない工場群と多い工場群について節成績を比較すると表7のようである。これから吐水量少ない工場の大わ節は約16個あるのに、吐水量の多い工場の多い工場の大わ節は7個と約10個の差がみられる。吐水量の大小は生糸の節成績の大わ・さけ節に端的に現われることが知られる。

表 6－1 低節点工場の特徴
(大中節点96.5以下)

工 場	吐水量	大ズル	小ズル	ワ・サケ	大中節	落 繭 解じょ率	検 定 解じょ率	対俵キキ	対俵ビス	糸故障数 対100緒 10分間
No.	cc／粒	個	個	個	点	%	%	kg	kg	
12	1.80	4	7	14	96.1	37.2	—	2.77	6.50	26
45	1.80	2	15	12	96.5	38.8	69.0	2.67	5.80	30
64	1.90	1	11	18	96.5	38.8	59.0	3.80	6.80	32
65	1.80	1	10	22	96.2	40.5	63.5	3.50	6.20	44
78	1.94	2	12	16	96.4	37.2	69.4	3.20	6.20	25
平均	1.86	2.0	11.0	16.4	96.3	38.5	65.2	3.19	6.30	31.4

表 6－2 高節点工場の特徴
(大中節点98.5以上)

工 場	吐水量	大ズル	小ズル	ワ・サケ	大中節	落 繭 解じょ率	検 定 解じょ率	対俵キキ	対俵ビス	糸故障数 100緒 10分
No.	cc／粒	個	個	個	点	%	%	kg	kg	
9	1.88	0	5	7	98.6	43.9	73.0	2.52	6.10	17
25	2.12	0	8	6	98.6	45.4	71.3	2.50	6.20	18
47	3.11	0	5	3	99.0	53.6	72.6	3.80	5.50	15
62	2.31	0	8	6	98.5	42.2	66.0	2.41	5.50	15
82	3.33	1	5	4	98.7	45.5	—	2.85	6.10	24
平均	2.55	0.2	6.2	5.2	98.7	46.1	70.6	2.82	5.88	17.8

表 7－1 吐水量1.85 (cc／粒) 以下の工場の繰系成績

工 場	吐水量	落 繭 解じょ率	対俵キキ	対俵ビス	糸故障数	大ズル	小ズル	ワ・サケ	大中節
No.	(cc／粒)	(%)	(kg)	(kg)	(100緒10分)	(個)	(個)	(個)	(点)
1	1.82	41.4	3.36	5.80	18	1	12	17	96.7
3	1.84	41.1	2.58		26	0	8	21	97.0
4	1.78	44.8	2.60	5.90	18				
6	1.70	39.2	3.05	6.00	28				
12	1.80	37.2	2.77	6.50	26	4	7	14	96.1
29	1.80	38.5	2.50	6.20	11	0	7	8	98.0
45	1.80	38.8	2.67	5.80	30	2	15	12	96.5
57	1.78	43.4	3.55	6.20	18	0	13	16	97.1
65	1.80	40.5	3.50	6.20	44	1	10	22	96.2
平均	1.79	40.5	2.95	6.08	24.3	1.1	10.3	15.7	96.7

表 7 - 2 吐水量2.50 (cc/粒) 以上の工場の繰糸成績

工 場 No.	吐水量 (cc/粒)	落 繭 解じょ率 (%)	対俵キキ (kg)	対俵ビス (kg)	糸故障数 (100緒10分)	大ズル (個)	小ズル (個)	ワ・サケ (個)	大中節 (点)
20	2.52	43.3	2.60	5.20	16	0	9	7	98.4
22	3.03	50.8	3.40	6.00	22	0	20	13	96.7
27	2.61	42.8	2.88		18				97.8
28	3.02	46.9	3.70	5.80	25	2	10	11	97.1
40	2.60	43.3	3.20	6.30	18				
41	2.55	43.8	3.30	6.20	24	1	8	5	98.3
42	3.01	38.2	3.40	5.65	42				97.0
47	3.11	53.6	3.80	5.50	15	0	5	3	99.0
53	2.98	45.3	4.20	7.00		1	9	3	98.4
79	3.15	46.2	2.76	5.80	18	0	11	6	98.1
82	3.33	45.5	2.85	6.10	24	1	5	4	98.7
平均	2.90	45.4	3.28	5.96	22.2	0.6	9.6	6.5	98.0

しかし、吐水量の増加は小ズル節は多くしてもその減少には効果はないようである。

2.1.3 繭の吸水倍率と繰糸成績

節成績、特に大わ・さけ節の減少には繭層の吸水量が大きく関係することが知られたので、その関係について考察する。図16に繭および繭層吸水倍率と繰糸成績（勝野）をのせる。これから

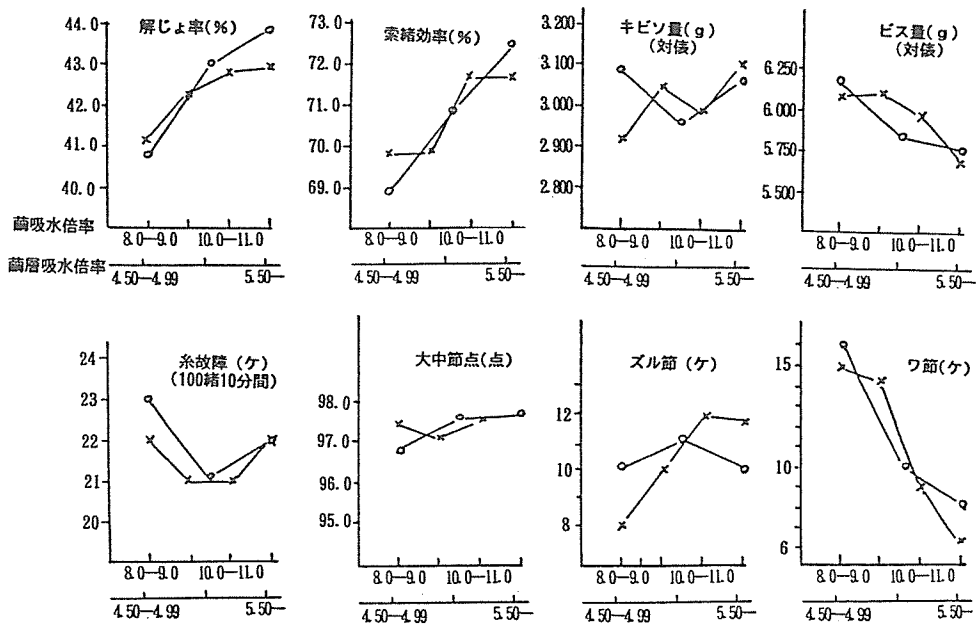


図16. 繭、繭層吸水率と繰糸成績

吸水倍率が高くなると解じょ、索緒効率、ビス量が向上し大わ節が急激に減少することが知られる。しかし、小ずる節等は変化しないか、あるいは若干増加傾向にあることがみられる。

2.1.4 滲透・加圧処理と節成績

吐水量の増加は繭層繭糸の解離を促進させて大わ・さけ節を減少させたが、小ずる節の減少には効果的でない。そこで滲透量、蒸煮部での加圧の有無及び滲透水のpHとの関係を見ると表8（勝野）のような結果がえられる。表から滲透部で原水を吸水させた（中滲透）後蒸煮部で加圧した積極煮繭を行うと小ずる節も大わさけ節も共に減少することがみられる。また、それに伴い、糸故障の発生数もまたキビン量も減少傾向を示している。さらに軽浸透処理に比べ中滲透処理するとビス量もまた少なくなる。

表8. 滲透量と加圧及び滲透用水との繰糸成績

滲透別	圧力	滲透用水	解 じ ょ %	キビン量 (対俵) g	ビ ス 量 (対俵) g	大 中 節 点	小 ズ ル ケ	ワ 節 ケ	糸 故 障 (100緒10分)
軽滲透	圧 0	原水	42.9	3080	5816	97.2	8.4	18	22.5 回
		低 pH	41.7	2946	6110	96.9	9.2	18	27.0
	加圧	原水	42.7	3170	5900	97.0	9.0	14.8	21.3
		低 pH	41.2	2932	6050	96.5	8.8	16.2	22.4
中滲透	圧 0	原水	46.4	3300	5600	97.6	11.7	9	25.5
		低 pH	43.0	2923	5870	97.2	11.0	8	21.6
	加圧	原水	44.9	2945	5680	98.2	9.8	6.6	18.2
		低 pH	43.3	2904	5844	97.8	10.6	7.8	21.6

以上のなかから糸歩を低下させることなく、大わ節と小ずる節の両方を向上させる技術的展開方向の1つがみいだされる。

2. 2 織度偏差

定織繰糸法は繭糸織度曲線が与える生糸の織度むらを、粒付数を増減させることで調整して織度偏差を小さくすることを特徴とする繰糸法といえる。そうしてつくられる定織生糸の織度特性の上に外国糸を超える織度偏差管理の問題点を求めている。

2.2.1 繭糸織度曲線

1本の繭糸織度曲線を逐次結び落緒すれば他の繭糸織度を継ぎたしてえられた十分長い繭糸織度の時系列図を図17に示す。また、その繭糸織度分布を同図の右端に示す。分布図の平均値は繭糸織度（平均）、標準偏差は繭糸織度偏差といわれる。また織度波は繭糸の平均糸長（繭糸長）を周期とする上下振動を行っている。

2.2.2 生糸織度波形

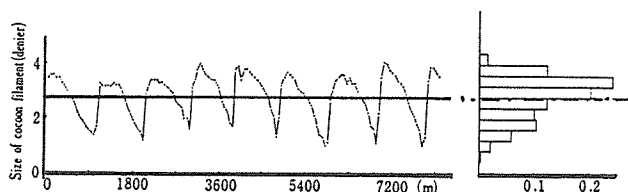


図17. 1 繭糸織度の時系列

繰製中の定織生糸が細限織度に達したら必ず1本の繭糸を接緒する繰糸過程をコンピュータにつくらせた1例を図18に示す。用いた繭糸織度曲線は30m検査糸長で1粒繰りで求めた。定織生糸の織度曲線は接緒点で飛躍する鋸の歯のようなギザギザ型になることがみられる。

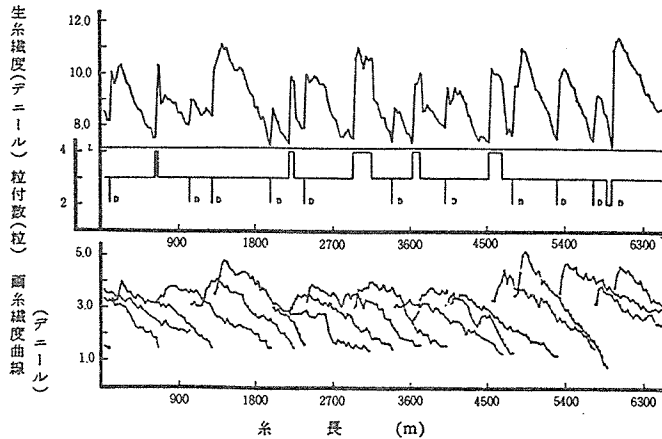


図18. 繭糸織度曲線と定織生糸織度曲線および粒付数の時系列

注 L：細限接緒織度。D：落緒により細限織度点に達し接緒で元の粒付に復元した位置。

2.2.3 生糸織度分布

定織繰糸が理想的に行われれば細限織度以下の細織度は出現せず分布は細い側が切断された矩形に近い形を示すことが想像される。図18にみられる織度系列の度数分布の1例を図19に示す。またこの分布は繭糸織度分布から推定できるので、その理論分布を図19に黒丸点線で示した。理論分布とシュミレーション分布のよく一致していることがみられる。

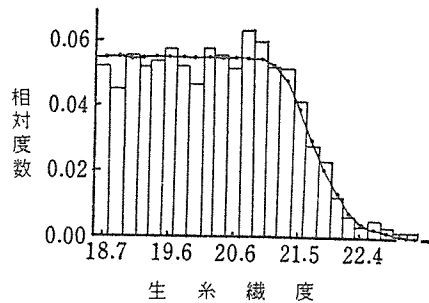


図19. 定織生糸の理論織度分布

2.2.4 生糸の平均織度と標準偏差

定織繰糸が定義通り行われているならば、定織生糸の織度特性との間には近似的に次の関係が成立する。

$$\text{生糸の平均織度} = \text{細限織度} + \frac{\text{繭糸織度}}{2}$$

$$\text{生糸の織度偏差} = \frac{\text{繭糸織度}}{\sqrt{12}}$$

$$\text{生糸織度の周期} = \frac{\text{繭糸長}}{\text{平均粒付数}}$$

上の関係は厳密にいうと、もっと複雑な関係をもっているが、実用的には十分な近似値を与える。コンピュータで定義通りの定織繰糸を行った結果は図20、21図のようである。

2.2.5 実繰生糸の織度特性

実際の繰糸の場での生糸織度の感知は走行生糸と感知器表面の接触摩擦の大小をみているのに

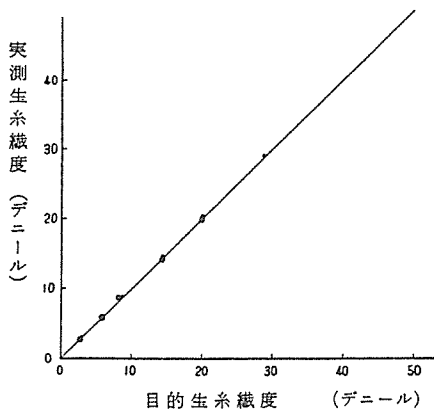


図20. 生糸の理論平均織度と実測平均織度との関係

●：原料繭荷口 II ○：原料繭荷口 III

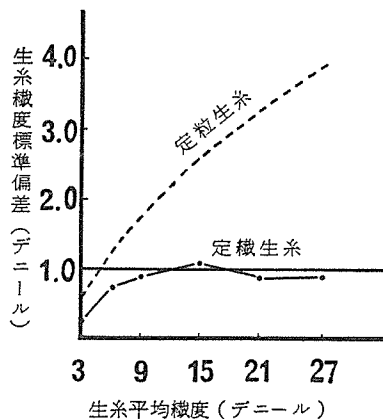


図21. 生糸平均織度と織度標準偏差

すぎない。そのために繰糸速度、煮繭熟度にはじまる繭層セリシンの膨潤度等種々の変動因によって繰製生糸の織度は変化する。接緒効率100パーセントの実繰糸を行った結果の1例を図22に示す。生糸織度偏差は理論値より大きくなり、その差は目的織度を太くするほど大きくなる傾向がみられる。

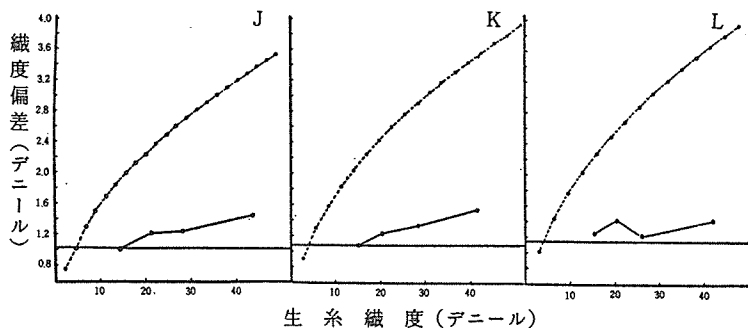


図22. 生糸織度と織度偏差曲線

J, K, L：原料繭荷口

——：定織生糸理論織度偏差 -●-：定織生糸織度偏差
--○--：定粒生糸織度偏差

2.2.6 検査糸長と生糸織度偏差

織度は450mの長さの糸の重さが0.05グラムである生糸を1デニールの糸というように、長さとも重さから計算される太さ情報である。実際の織度感知器に生じる織度情報は走行生糸の直径特性である。それゆえ理論結果の織度は単位長さが例えば1ミリメートルの検査糸長から計算された織度というように、厳密に言えば、生糸直径から計算されたものなのである。それゆえ450メートル織度糸から求めた織度偏差は1ミリメートル毎に求められる織度値45万個の平均値として与えられる織度値と、統計的にはいえる値なのである。生糸織度を光センサーで測定すると小さな太さ変化を示しながら大きなうねり変化をしている。検査糸長を長くすると、小さなギザギザの変化は平均化されて、生糸織度は平均軸のまわりに集まってくる(図23)。そのため、検査糸長

を長くすると、生糸織度のうねり特性によって若干異なるが、生糸の織度偏差は小さくなる。理論的に求めてみると、日本の定織生糸については

$$450\text{mの生糸織度偏差} = \text{単位長さ（直径）から求めた織度偏差} \times 0.3$$

以下の値を示すことが知られる。ということは450メートル織度糸で求めた織度偏差の理論値は、繭糸織度が3デニールであったとすると、

$$450\text{mの生糸織度偏差} = \frac{3.0}{\sqrt{12}} \times 0.3 = 0.26 \text{（デニール）}$$

ということになる。この値は定織繰糸が理想的に行われたときの偏差であり、その変化原因は繭糸織度曲線の凹凸によるものであるので、原料繭成分の大きさといえることができる。検査糸長10mとしたときの生糸織度分布と、450mとしたときの織度分布を実繰糸について求めた1例を図24に示す。これから定織生糸では、検査糸長の長さに伴い織度分布が急速に中心附近に密集することがみられる。

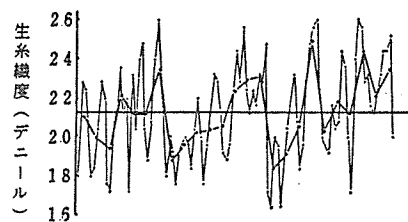


図23. 検査糸長と生糸織度系列図

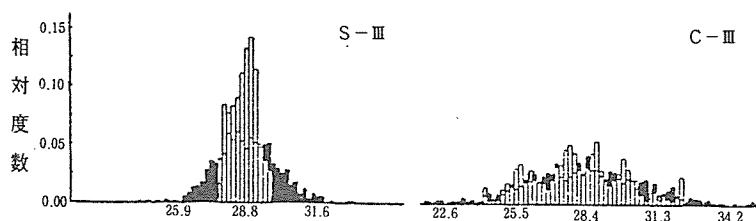


図24. 検査糸長に伴う生糸織度分布の変化

黒柱状図表：織度糸長10m 白柱状図表：織度糸長450m

S：定織生糸 C：定粒生糸

III：目的生糸織度 28デニール

2.2.7 生糸荷口の織度偏差

実繰生糸の総内偏差は原料特性のほかに感知系の影響や煮熟度、繰糸温度、繰糸速度をはじめ諸々の繰糸条件の影響を受けて変化することが知られた。生糸荷口の織度偏差はそのうえに主として感知器個々のバラツキによる総間変動がうわのせされて変化している。その関係は、

$$(\text{生糸荷口の織度偏差})^2 = (\text{原料繭の織度偏差})^2 + (\text{工程変動の織度偏差})^2$$

で与えられる。例えば検査成績の織度偏差が1.3デニールで繭糸織度3デニールの原料荷口が使われていたとすれば、

$$(\text{工程変動の織度偏差})^2 = 1.3^2 - \left(\frac{3}{\sqrt{12}} \times 0.3 \right)^2 = 1.69 - 0.26^2 = 1.6224$$

$$\text{工程変動による織度偏差} = \sqrt{1.6224} = 1.27 \text{ (デニール)}$$

となる。生糸荷口の織度偏差1.3デニールのなかのほとんどは製糸技術に関係した成分によって占められているのである。その1例として各総から100回織度糸を続けて4本とり、それを4回繰り返したときの生糸織度の変化の様子を図25に示す（横浜生糸検査所資料）。総間偏差を中心に織度管理を行えば、生糸織度偏差が1.0デニール以下になるのが定織生糸では普通であり、外国糸にそうした結果がでたとしても驚くほどのことではない。日本では、定粒生糸の織度偏差が製糸技術できめ細かいやりくりをしても、繭糸織度曲線の影響で27デニール生糸では1.6デニール以上になってしまうのに比べ、定織生糸は苦労をしなくても1.3デニールの偏差になるのに安心して織度管理をおろそかにしてきた。その問題がいま指摘されていると考えるべきである。

定粒生糸の偏差と定織生糸の偏差の数値が同じであっても、生糸のムラ内容は全く異なるもので、定粒生糸は繭糸長を周期とする大きな太さのうねり変化による糸の太さムラであり、定織生糸は繭糸長を平均粒付で割った値を周期とするギザギザ波の小さな総内ムラの生糸で、それが総によって中心織度の大きく異なるゴボウ生糸といわれる太さムラ荷口の偏差値を表わしている。生糸荷口の織度偏差が小数点台の糸であるのは、技術的にいうと、当然そうすべきことなのである。

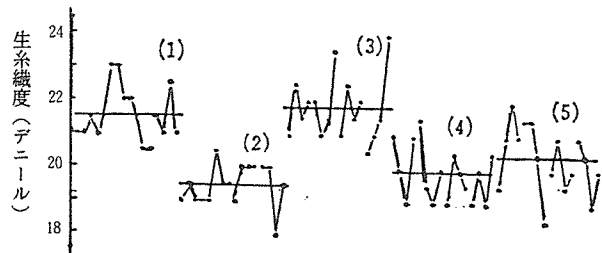


図25. 生糸荷口の総別織度（100回織度糸）

2. 3 織度最大偏差

洪水の氾濫による被害の発生とか、糸の切断といった事象は一番極端な条件のもとで発生するもので、極値統計学といわれる分野の問題である。織度最大偏差もこの極値理論でその構成の仕組を知ることができる。

2.3.1 極値織度の分布

統計学は平均値とか標準偏差にみられるように、データの与える全情報を代表するものに関心が寄せられている。そのため、分布の端に少しの乱れがあっても無視されることが多い。極値統計はその極端な事象だけに注目し、飛び織度とか最脆弱におこる糸の切断特性を扱う。それゆえ、見た目では全く同じにみえる2つの荷口の織度分布でも、200本の検査料糸をそれぞれ100回繰り返して取り出してえられる100本の最太織度糸の極値織度分布についてみると、荷口によって全く異なった極値織度分布のえられることがある。その1例を図26に示す。

そうしてえられた1番太い織度（ $k=1$ ）、2番目に太い織度（ $k=2$ ）……といった織度の分布形は、荷口の織度分布端の情報を用いると理論的に予測できる。その1例を図27に示す。生糸織度の荷口分布から極値織度分布のよく予測できることがみられる。

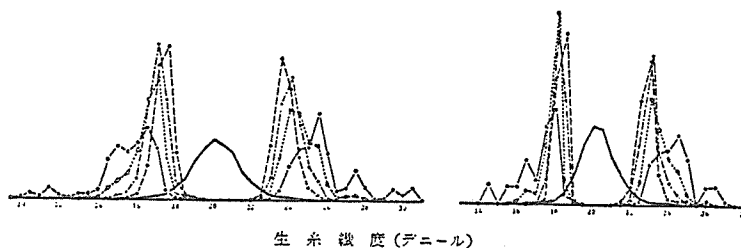


図26. 生糸織度変化の小さい荷口例 (A) の極値織度分布

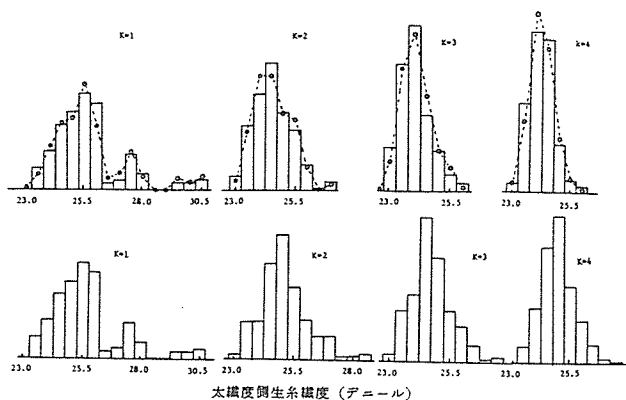


図27. 極端な生糸織度の出現分布例 (100回織度糸)

注) 上段; X_k , $k = 1, 2, 3, 4$ の分布。下段; $\bar{X}_k$, $k = 1, 2, 3, 4$ の分布。 X_k ; 織度糸200本を抽出した中の k 番目に太い値。 $\bar{X}_k = (X_1 + \dots + X_k) / k$ 。

最大偏差は飛び織度4本の平均織度と200本全料糸から求まる荷口の平均織度との差を最太、最細側について求め、その大きい方の値をもって定めると定義されている。そうして求められる太あるいは細織度側4本の平均値と荷口平均織度との差を200回あるいは400回求めてつくった分布について、標準偏差を求めると、これは最大偏差の信頼性を与える。極値織度1本 ($k=1$)、第1、第2番織度の平均値 ($k=2$) として求めた極値平均値について、最大偏差成分の信頼性の変化を図28に示す。 k を大きくすると最大偏差の信頼度のよくなる様子を图中的白丸点線から知ることができる。しかし、極値織度糸 $k=4$ 本の平均値を求めるよりも、 $k=4$ 番目の織度糸そのものの値を、飛び織度の代表値に選んだ方が、信頼度の高い情報を与えることを、

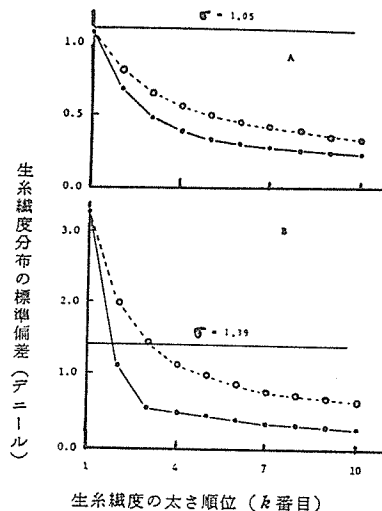


図28. 太さ順位と X_k , $\bar{X}_k$ の標準偏差との関係
白丸点線; $\bar{X}_k$ の織度標準偏差。黒まる実線; X_k の織度標準偏差。
A, B; 生糸荷口記号。 σ ; 生糸荷口織度偏差。

極値理論は与えている。

2.3.2 織度偏差と最大偏差

織度偏差は生糸荷口織度全体のバラツキ特性を示し、最大偏差はその分布端にみられる織度のバラツキ特性を示すものであった。実際の生糸荷口についてみると、荷口の織度分布はよく似ていても極値織度分布には大きな差のみられることが知られた。最大偏差は飛び織度特性を示す適正な代表値であった。しかし、前編の1・5項にみられたように、荷口の織度偏差の大きい織度分布では極値と荷口平均織度との距離もまた大きくなる。そのため現行定織生糸についてみると、織度最大偏差はその荷口の織度偏差に2.74倍すれば予測できるといった結果を示している。

このことは、織度最大偏差を小さくすることは織度偏差を小さくすることに通ずるということを示している。工場で飛び織度を管理するには、例えば200回織度糸を100本とするとすると、

- (1) 10本ずつの大きさの10組に、デタラメに分割する。
- (2) 各組の最太、最細織度は無視して、それぞれ2番の織度を選ぶ。
- (3) そうしてえられた2番目の10個のデータの標準偏差を求める。
- (4) 太織度側、細織度側の標準偏差の中で大きい値を、工場の飛び織度値にする。

こうして求めた飛び織度値を目印しに飛び織度管理をしていけば、生糸荷口の織度特性を的確に管理することができる。

2. 4 織度管理と生糸の品質

繰糸は生糸の太さ管理を中心とする。このことは小野が指摘しているように、繭糸が有する強さ、伸び、弾性率などの物理特性は繭糸織度曲線と非常に密接な関係を保っている。それゆえ、繭糸織度曲線によってつくられる生糸の太さ特性を、ムラがないよう管理すれば、それは同時に繭糸が与える生糸の、織度以外の物理諸特性が、織度につられて管理される。勿論、厳密な意味では、そう簡単にはいかないのであるが、生糸織度特性を管理することにより生糸物性のおおかたの品質の均質性は同時に保たれるといえる。それゆえ、生糸の織度管理は生糸の品質を管理する有用な管理手法といえる。繭糸織度曲線と繭糸の切断強力、伸度の1例を図29に示す。

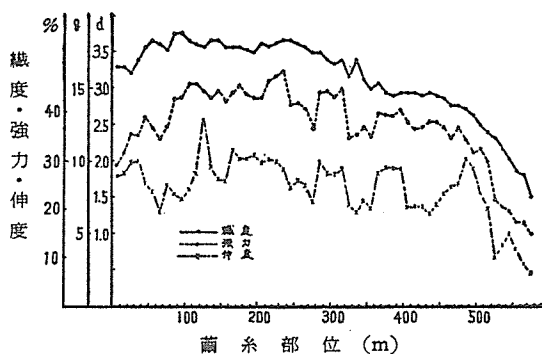


図29. 繭糸の織度、強力及び伸度の繭層部位別変化曲線

2. 5 糸むら

定織繰糸における糸むらの管理は、主に接緒の管理を通して行われるので、ここでは同一粒付の持続長と接緒の連続失敗の管理を通して糸むら2類成績の向上問題を考える。

2.5.1 接緒回数の分布

接緒要求が出てから接緒が成功するまでの間に繰り返される接緒数を、ここでは簡単に接緒回数と呼ぶこととする。この様子を図30に示す。緒毎にみられる接緒回数を繰り返し調査して求めた接緒回数の分布の1例を図31に示す。接緒失敗の多い緒、少ない緒がそれぞれあるが、それら

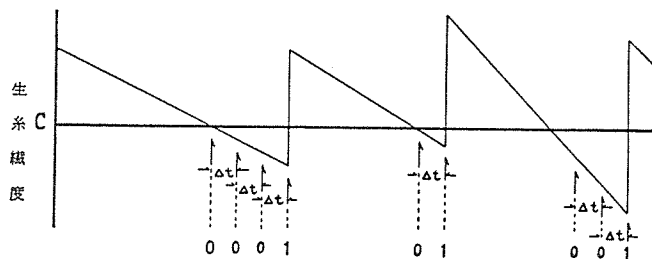


図30. 生糸織度と接緒回数との関係

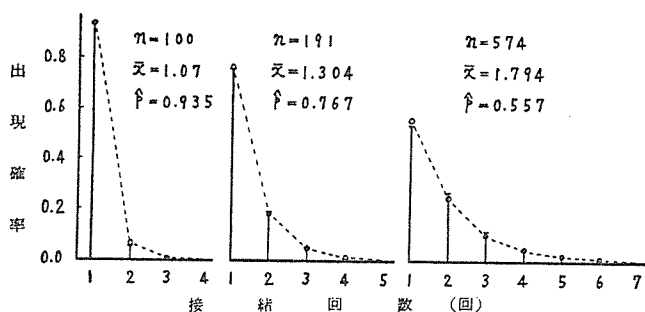


図31. 各緒における接緒回数の分布と幾何分布との関係

縦棒：接緒回数の相対度数，白丸点線：理論値， n ：調査回数
 $\bar{x}$ ：接緒回数の平均値， $\hat{p}$ ：有効接緒効率

はいずれも次の幾何分布法則といわれる確率法則に従うのである。

$$\{k \text{ 回目ですべて接緒成功の割合}\} = (\text{有効接緒効率}) \times (\text{無効接緒効率})^k$$

2.5.2 k 回成功までの間の接緒失敗回数

注目した緒の成功率を知るには1回の調べでは信用がおけない。そこで r 回接緒成功するまでの間に合計幾回失敗したかといった繰り返し調査をして、判断の信頼性を高めることが行われる。調査の結果、どの工場でも、またどの緒でも、失敗数の合計値は負の二項分布法則に従うことが確認された。2回の接緒成功までの間の失敗数、10回成功までの間の接緒失敗数の分布と負の二項分布との関係例を図32に示す。

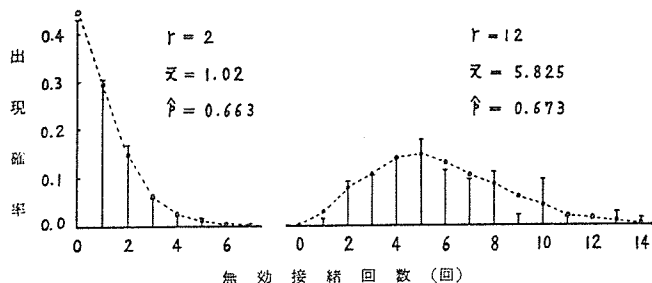


図32. 各緒における接緒回数の分布と負の二項分布との関係

縦棒：相対度数，白丸点：理論値， r ：有効接緒回数， $\bar{x}$ ：無効接緒回数の平均値， $\hat{p}$ ：有効接緒効率

2.5.3 給繭機からの取り出し効率

移動・固定に関係なく、接緒指令に基づいて正緒繭を待機繭部から取り出す作用を行い、接緒を行う。技術的にみると取り出し作動と接緒作動を分割して考える方が対応が適切にできる。ここでは、空接緒にそれらを統制して接緒失敗数の分布を求めた。その結果 $\hat{P}$ を有効接緒効率、 $\hat{a}_1$ を取り出し効率とすると、接緒失敗数の分布は $\hat{P} \hat{a}_1$ を改めて接緒効率とおくときの幾何分布法則に従うことが知られる。この様子を図33に示す。

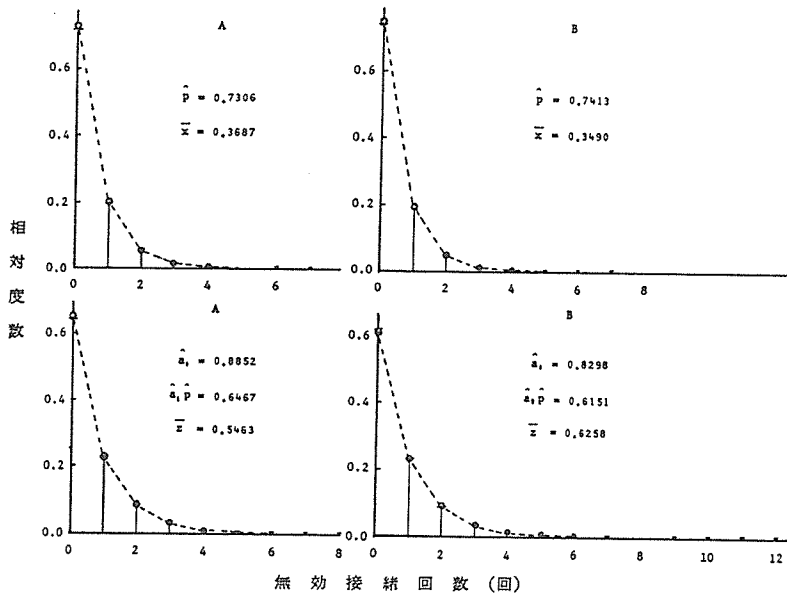


図33. 1緒に生じる無効接緒回数の分布

注 上段図は正緒繭の無効接緒回数の分布と幾何分布との関係。下段図は空接緒等を含む無効接緒回数と理論分布。A, Bは工場記号, $\hat{P}$ は有効接緒効率, $\hat{a}_1$ は取出し効率, $\bar{X}$, $\bar{X}$ は平均無効接緒回数

2.5.4 工場全緒の接緒特性

接緒効率はそれぞれの緒によって変化すると考えられる。この緒の良否を示す値を無効接緒効

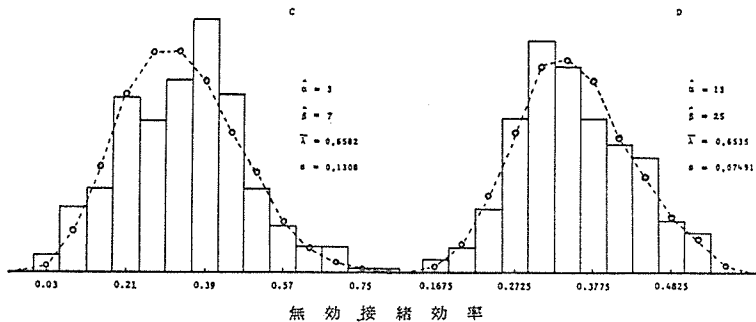


図34. 工場全緒の無効接緒効率の分布とベータ分布

注 $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ はパラメータの推定値。 $\bar{X}$, s は分布の平均値と標準偏差。C, Dは工場記号。

率（1－有効接緒効率）で表わし、各緒毎に求めた1例を図34に示す。この分布は β －分布法則に従うことが解析されたので、工場実態を示す図34に β －分布のあてはめを行い図中に白丸点線で示した。その結果、工場の各緒の無効接緒特性は β －分布で代表できることが知られる。

2.5.5 工場全緒を対象にした接緒数の分布

いままでは、注目した1緒に生じる接緒失敗数（無効接緒数）の分布特性について考えてきた。工程管理を考えると、特定緒でなく、任意に選ばれた緒を調査緒にするのが普通である。また原料特性の変化や煮繭条件の変化と接緒特性との関係を短時間に測定するには n 緒を同時に測定対象に選ぶことになる。そうした接緒データには個々の緒の個性値が含まれる。そこで、工場全緒を対象にしたときの接緒失敗数の分布と幾何分布と β －分布の結合分布として求めた。その結果と実測工場データ分布の関係を求め図35に示す。無効接緒数は理論分布によく近似した結果を与えることがみられる。

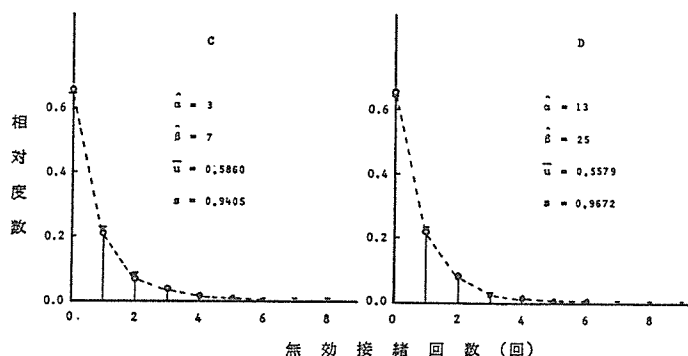


図35. 工場全緒に生じる空接緒を含む無効接緒回数の分布

2.5.6 r 緒に生じた無効接緒回数の分布

工場の接緒状況を精度よく推定するには、測定された無効接緒情報を総合する必要がある。任意に選ばれた r 緒の各々で、初めの接緒成功までの間に生じた無効接緒数を Z とすると、 r を5緒、10緒としたときの Z の分布を求め図36に示す。また白丸点線でそれぞれの分布の理論分布を示した。理論結果は無効接緒数の変化をよく代表していることが知られる。

2.5.7 接緒効率と生糸の細むら特性

接緒失敗が幾回も続くと繰製生糸の繊度は細限繊度以下の細繊度となり細むらを生じさせる。この様子を見るために、定繊繰糸をコンピュータで実行させ、接緒効率と細むら出現の様子を再現させた。接緒効率1.0と0.7の例を図37に示す。接緒効率の低下が糸むら発現に及ぼす様子を見ることが出来る。

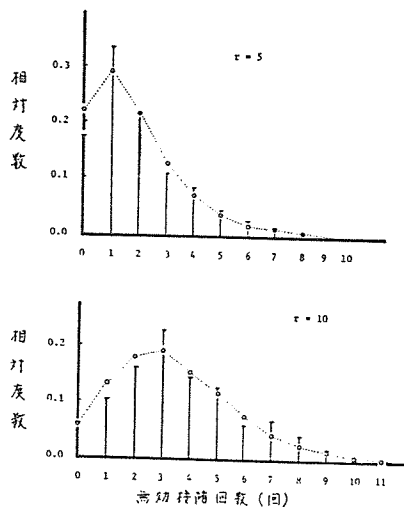


図36. r 緒に生じた無効接緒回数

注) 棒状グラフ：実測分布，白丸点線：理論値の分布

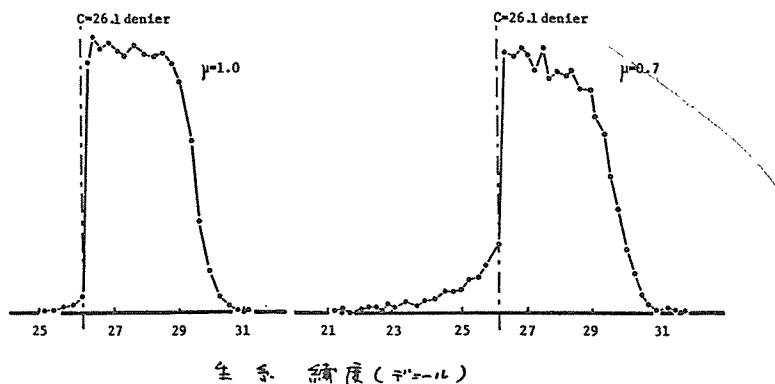


図37. 接緒効率と繰製生糸の織度分布

2.5.8 接緒の管理基準値

接緒効率が指示された値以下の緒については糸道関係、給繭関係を総点検したり、また工場全体の管理システムの見直しを行いたいと考える。しかし、データはそのつど変化して、真の接緒効率が果たして異常なのか、測定誤差によるのかの判別を困難にする。そこで、接緒効率 p_A が80パーセント以上は合格、接緒効率 p_B が0.6以下の緒は不合格といった判定を定められた危険率のもとで的確に行う接緒管理基準表を、前項までの理論のもとで構築し表9に示す。例えば接緒効

表9 接緒管理基準値表（負の二項分布型）

P_A	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
P_B 標識	r 1	r 1	r 1	r 1	r 1	r 1	r 1
0.30	3 4	3 4	4 6	6 10	5 9	7 14	8 17
0.35	4 5	5 7	6 9	6 10	8 14	10 19	14 28
0.40	4 5	5 7	6 9	8 13	10 17	14 25	18 36
0.45	5 6	6 8	7 11	11 17	14 23	18 31	29 53
0.50	6 7	7 10	10 14	14 21	19 30	32 53	57 100
0.55	8 10	10 13	15 21	20 29	34 52	58 93	100以上
0.60	10 12	14 18	20 27	33 47	56 83	100以上	
0.65	12 14	20 25	29 38	56 77	100以上		
0.70	14 16	27 33	50 64	100以上			
0.75	26 30	46 55	100以上				
0.80	34 38	93 109					
0.85	70 77						

率0.8以上の場合は正常状態、0.65以下は異常状態と判定したいときは表10から56緒について、それぞれ初めて接緒成功までの接緒合計数を求め、それが77回以下なら適正管理状態、78回をこえるなら糸むら変化に異常がおきると判定すればよいことを与えている。

2.5.9 同一粒付状態の持続長

定織線糸での糸むら指標には、上述してきたような接緒おくれの糸むら特性のほかに、繭糸長、解じょ率、平均生糸織度等に関係する、同一粒付状態の持続長がある。この糸長は目的生糸織度が太くなると短くなる特性がある（図38）。その変化は粒付数の多少と繭糸織度によって示される（図39、40）。また解じょ糸長が長くなると持続糸長は長くなる。そうした関係は

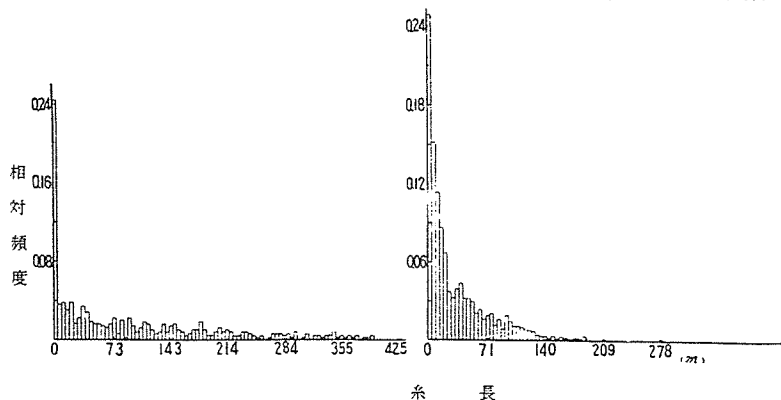


図38. 同一粒付数の持続する長さの度数分布図
目的生糸織度 14, 42デニール線糸

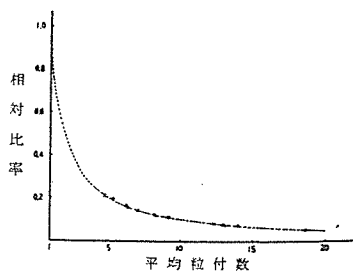


図39. 同一粒付数の平均持続時間と粒付数との関係

● 原料繭荷口 J. ○ 原料繭荷口 K
× 原料繭荷口 L
----- 平均粒付数の逆数

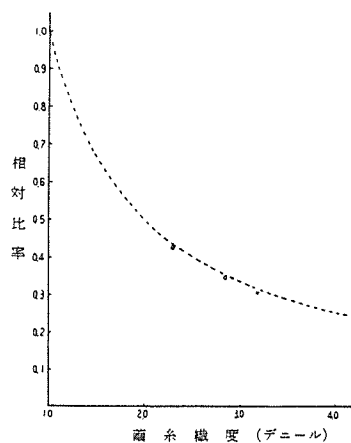


図40. 同一粒付数の平均持続時間と繭糸織度との関係

● 原料繭荷口 J. ○ 原料繭荷口 K
× 原料繭荷口 L
----- 繭糸織度の逆数

$$\text{定織生糸の同一粒付状態の持続糸長} = \frac{\text{解じょ糸長} \times \text{繭糸織度}}{2 \times \text{生糸平均織度}} \quad (\text{m})$$

で与えられる（41図）。このことから糸むらに関係する同一原料繭糸によって構成される均質生

糸糸長を長くするには解じょ糸長を長くし、繭糸織度は太目にした方がよいといえる。工務技術の面からいえば解じょ糸長を長くする処置の必要性が示される。

2.5.10 原料繭の異常合併と定織生糸への出現本数の分布

ある異常繭荷口を合併繰糸したとき、その異常繭荷口の繭糸が1本の定織生糸に現われる様子をみる。いま n 種の原料繭荷口 $A_1, A_2, \dots, A_n$ を合併混合して定織生糸を繰製する。その生糸1本を切断したときに、注目した A_i なる異常繭糸がその切口に r_i 本現われる確率は、 A_i 原料荷口の繭糸長比 P_i と平均粒付数とで決定される。ここに異常区 A_i の繭糸長比は A_i 原料区の平均繭糸長と合併割合とで決定される合併荷口の総繭糸長に占める A_i 区の総繭糸長の割合である。 A_1, A_2, A_3 の3種の原料合併による主体粒付10粒の定織生糸において、生糸1本の切口にみられる A_i あるいは A_2, A_3 荷口繭の繭糸数の調査例を図42に示す。 A_i 繭荷口の繭糸長比から予測したそれぞれ注目繭糸区の本数分布と理論分布のよく一致するのがみられる。これから異常繭糸の1本生糸への出現本数は繭糸長と合併割合から決定される異常繭荷口の繭糸長比をパラメータとする多項分布で近似されることがみられる。

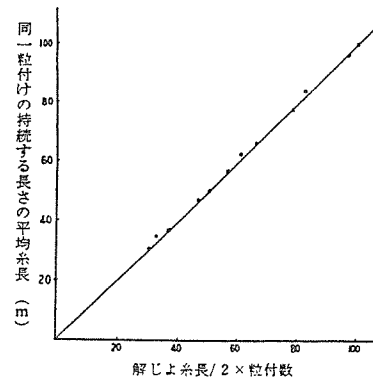


図41. 同一粒付数の平均持続長と解じょ糸長、粒付数との関係

● 原料繭荷口J. ○ 原料繭荷口K
× 原料繭荷口L

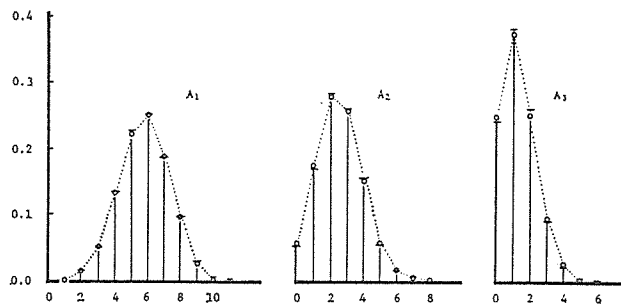


図42. 定織糸1本の切口に現われた合併荷口の繭糸数
主体粒付10粒, A_1, A_2, A_3 : 合併荷口記号

2.5.11 糸むら管理

糸むら2類と定織生糸の持続長を長くする均質生糸を繰製するには

- (i) 接緒効率を80パーセント維持する対策をとる。
- (ii) 接緒異常を生産過程で検出するには表10の基準値を利用する。
- (iii) 解じょ糸長を長くする。
- (iv) 異質原料を合併せざるをえないときは重量合併比によらずに繭糸長比により、異常繭糸が集中発現しない対策をたてる。

等のことに留意し、それらの理論を下敷きにした管理を行う。

3. 能率問題

現行の製糸工程では、糸故障が繰糸能率の主因子になっている。ここでは1人の修理工が担当している区間にみられる糸故障問題に注目し、その適正な管理運営について考える。

3. 1 糸故障率の変化

1人の修理工の受持区にみられるスナッフ調査による糸故障緒数を受持緒数で除した百分率を糸故障率と呼んで、糸故障状態の指標にする。

3.1.1 工場にみられる糸故障率の経時変化

糸故障は暴れ馬のように変化する。原料条件も煮繭条件も何一つ変化させないのにある時は2パーセントの糸故障率を示したかと思えば次の調査時点では0.8パーセントと半分ほどになったりする。1例を図43に示す。

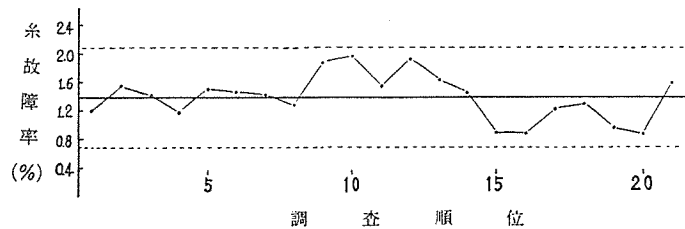


図43. 全繰糸機に生じた糸故障率経時変化の1例

3.1.2 作業日と糸故障率

1日内の変化ばかりでなく、そうした糸故障率の変化は日によって変化する。その変化率がまた誤差をこえた大きな変化である(図44)。

3.1.3 自動機セットと糸故障率

同一工場、同一時刻における糸故障率を調べると、これまたセット毎に糸故障が大幅に変化する(図45)。

3.1.4 修理工と糸故障率

8人の修理工別に同じ時刻に調査した糸故障率を図46に示す。同じ原料繭で同じ煮繭、繰糸条件

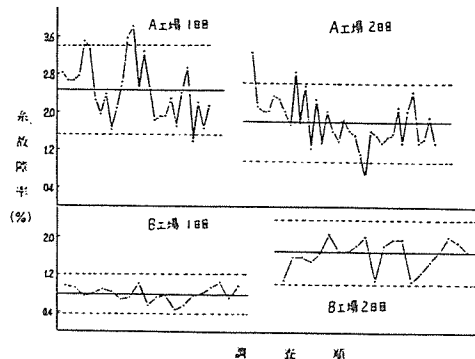


図44. 作業日別糸故障率経時変化の例

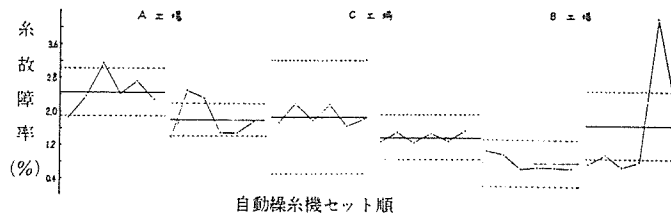


図45. 自動繰糸機のセット別平均糸故障率の変化

注) 各工場の左方は第1日目、右方は第2日目の調査結果

であるのに、修理工によって糸故障数の状態は著しく変化する。

以上の工場調査例にみられるように、1人の受持区を調査対象にする限り、糸故障数の変化はあまりにも大きく、その状況はつかまえてくれないもののように思われる。

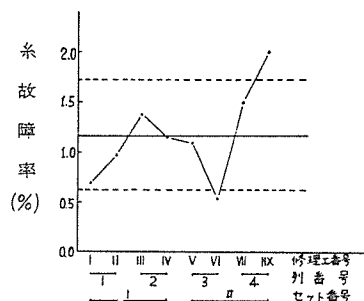


図46. 修理工別の平均糸故障率の変化

3. 2 糸故障要因の特性

糸故障数の変化要因に注目する。

3.2.1 糸故障数の経時変化

糸故障数1分間の変化を故障の発生、修理、残存数に分けてみると、図47のようである。図から発生が多いとき、修理工もまた多く修理するが、修理しきれないで残る故障数は発生数を超える修理待ち行列をつくるようである。

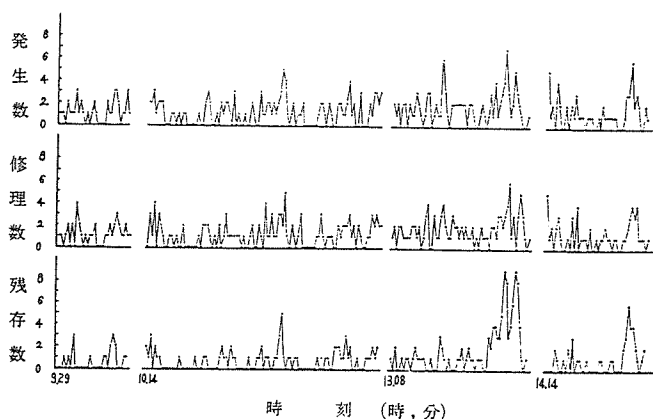


図47. 糸故障の発生、修理、残存故障緒数の時系列

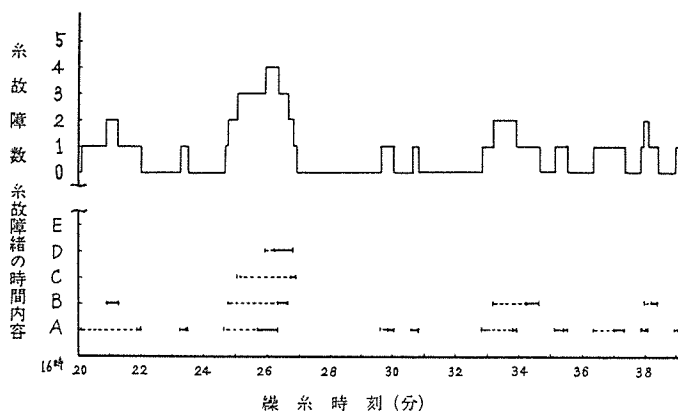


図48. 糸故障数経時変化の Block Diagram

注) 上段は糸故障数、下段は糸故障数の時間内容で点線部は修理待ち時間、実線部は修理時間

3.2.2 修理作業状態

故障緒の修理は、1人の修理によって行われるから、2緒以上の故障緒があれば1つは待たなくてはならない。また修理工は故障緒まで歩かねばならない。そうした様子を糸故障数の多少により変化する様子を求め図48に示す。これから修理に忙しい時間があるかと思うと、それを乗り切ると、次には故障緒が全くないといった一息入れる時間の意外と多いのに驚かされる。

3.2.3 修理工の作業状態

いままでは受持区にみられる糸故障数と作業者の様子に注目してきた。ここで作業者の作業状態だけに注目すると図49のようである。図中で監視というのは無故障状態で給繭機内容や粒付数といった糸故障以外の繰糸状態に注意を払っている時間帯である。修理は集中的に忙しくなる様子がうかがわれる。

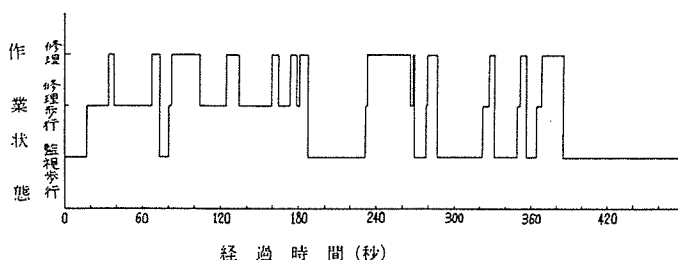


図49. 修理作業内容の経時変化

以上のように工場にみられる糸故障数は集中・離散の比較的多い作業特性を有していることがみられる。

3. 3 糸故障の発生法則

糸故障の第1要因である故障発生特性にみられる法則性に注目する。

3.3.1 糸故障の発生間隔

糸故障の発生順位を横軸に、1つの故障がおきてから次の故障がおきるまでの発生間隔を縦軸

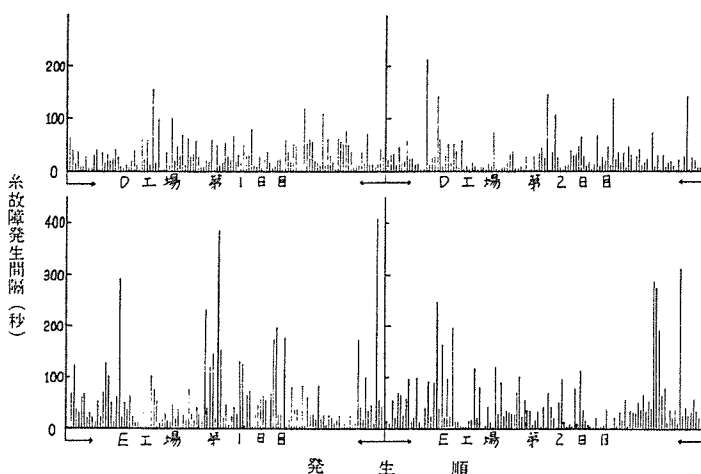


図50. 糸故障発生時間間隔の系列

注) D工場は100緒中の発生間隔、E工場は120緒中の発生間隔を示す。

にとった時系列図を作成し、図50に示す。図からいずれの工場でも発生間隔の短いときが続くかと思うと、急に長い時間故障発生のおきない時間帯のあるのが知られる。統計や確率法則によると、こうした事象は、もしその発生が偶発的であれば指数分布法則に従うことになる。そこで糸故障発生間隔の度数分布図を作成し図51に示す。また、そこへ指数法則に従うものとしての理論分布を求め白丸点線で示す。いずれの工場でも、また修理工の分担区にかかわらず、糸故障の発生は指数法則に従うといえる。

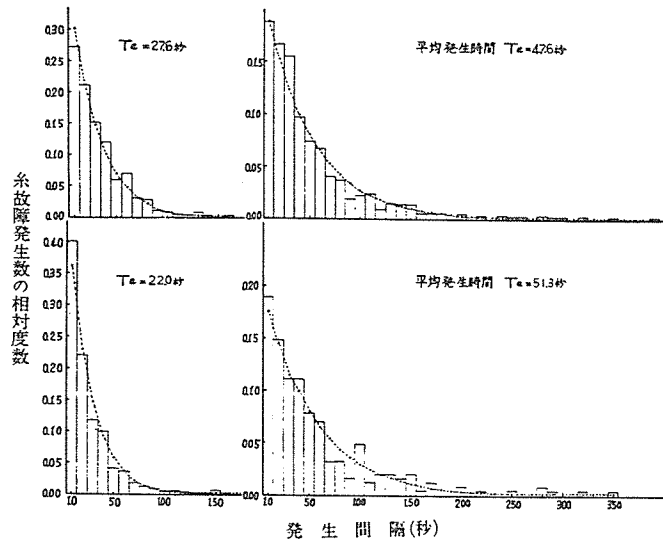


図51. 糸故障発生時間間隔の分布

注) ヒストグラム：実測値、点線：指数分布からの推定値

3.3.2 糸故障の発生個数

工場では1人の受持区1分間に何個糸故障発生というように、一定時間内にみられる糸故障の発生回数により故障の多少を判定する。その数は調査毎に変化するが、確率論は、その数はポアソン分布法則に従うことを示している。工場における1分間内、1人の修理工の受持区におきた故障数の変化を示す分布を作成した(図52)。またこの分布にポアソン分布のあてはめを行った結果を図に黒丸実線で示した。糸故障の発生数はポアソン法則に従うといえる。

このように、とらえようのない糸故障の発生特性であったが整理してみると、いずれも確率分布法則に美しく従っていることが知られる。

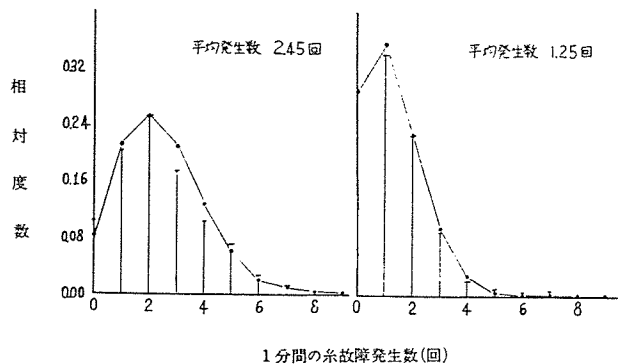


図52. 工場別糸故障発生数の分布

3. 4 糸故障の修理時間

糸故障数にかかわる第2の要因は修理工の修理時間特性である。1緒を修理するに要する修理時間の時系列の1例を図53に示す。修理時間にも時折長い修理時間の現われるのがみられる。これは、いわゆる大故障といわれる粒付づくりから行うような故障例である。そこで、節とりで修理が終る小故障と親糸切断して糸つなぎを必要とする大故障にわけて修理時間分布を作成し図54に示す。平均時間は小故障約8秒、大故障はその3倍の26秒であった。こうした故障時間は一般にガンマ分布に従うことが考えられるので、そのあてはめを行い、図中に点線で示した。その結果、それぞれはいずれもガンマ分布法則に従うとみてよいことが知られた。しかし、工場にみら

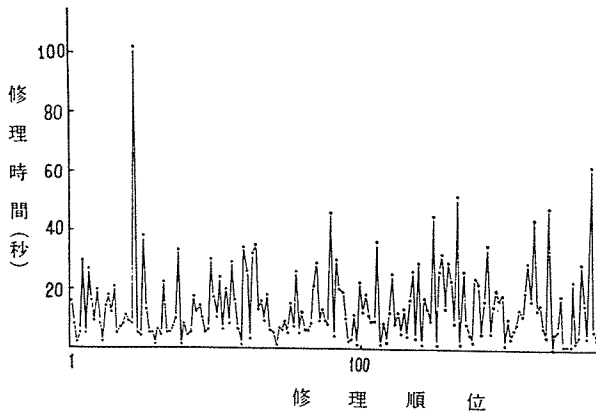


図53. 糸故障修理時間の系列

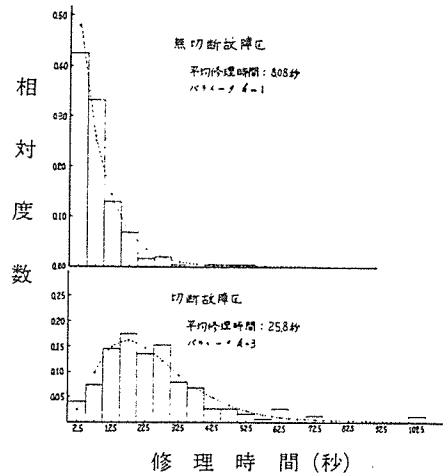


図54. 切断、無切断糸故障区の修理時間分布
注) ヒストグラムは実測分布、点線はErlang分布からの推定値

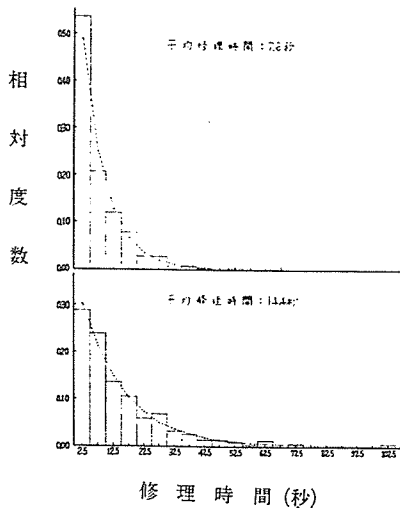


図55-1. 糸故障修理時間分布の1例
注) ヒストグラムは実測分布、点線はErlang分布からの推定値。図55-2も同様。

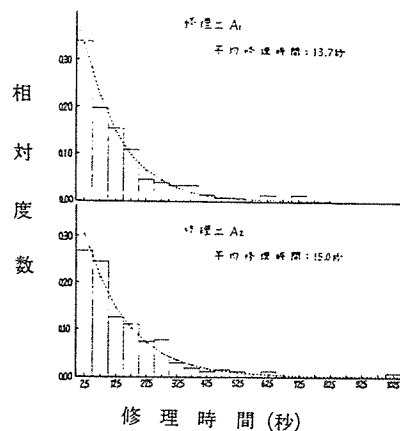


図55-2. 作業員別糸故障修理時間分布
注) A₁、A₂は同一工場、同一時期における修理工記号

れる糸故障は節とりだけの短時間修理から撚りかけを必要とするもの、繰棒からの糸くちさがしを必要とするものなど多種多様である。しかし、それらの出現割合は短時間修理で修復するものほど多く、その様子は幾何分布的である。その結果、故障状態をすべてプールして求めた糸故障の修理時間分布は最も単純な指数分布型を示すのが一般である（図55）。

3. 5 糸故障の修理歩行時間

修理工が作業段取りをもって受持区内を巡視し修理に当たっている。そのときの1つの故障緒を修理して次の故障へ移る歩行時間を修理歩行時間と呼ぶ。この時間もまた短かかったり長かったりするが、その度数分布は、また、指数分布に従う（図56）。

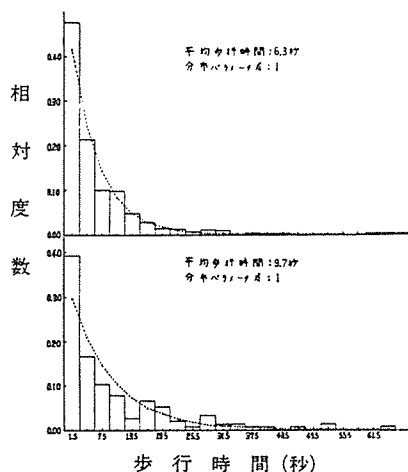


図56. 修理歩行時間の分布

注) ヒストグラムは実測分布、点線は指数分布（Erlang分布のパラメータ $k=1$ ）からの推定値

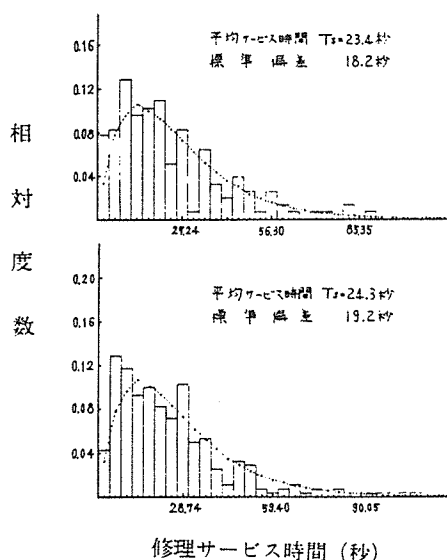


図57. 糸故障修理サービス時間分布

3. 6 修理サービス時間

以上のように分析してくると、修理作業は歩行、修理という2つの作業が一組になって行われるので、（歩行+修理）時間を修理サービス時間と呼ぶと、これは57図に示すようにモードをもった分布になる。2つの指数分布の和なので、これにパラメータ2のアーラン分布をあてはめ図中に点線で示した。これから修理サービス時間は近似的にアーラン分布に従うとみてよいことが知られる。

3. 7 スナップ調査による糸故障数

スナップ調査による糸故障数は調査毎に変化する。その様子は故障の発生、修理サービスの2つの因子によって変化する。いま、その構成を故障発生し、他に故障緒がないときは、修理工はその故障緒の修理のための歩行態勢に入るとみなす。そして故障緒に到達し直ちに修理を行い修復し運転は再開される。これを歩行、修理の2つのチャンネルを通過して糸故障は修理されるものとし、その作業中他に発生した故障緒は修理待ち行列をつくると考える。そうすると、スナッ

ブ調査による糸故障数は、修理サービスを受けている故障緒を含めて、1人の受持区中に生じている故障緒数をあらわすことになる（図58-1）。このモデルのもとで求めた糸故障数の理論式は複雑な形を示すが、工場調査のスナップによる糸故障数の分布をよく代表することがみられる（図59）。

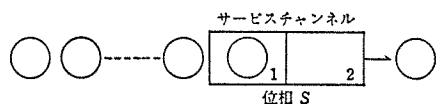


図58-1. 糸故障修理模型（1）

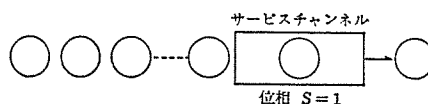


図58-2. 糸故障修理模型（2）

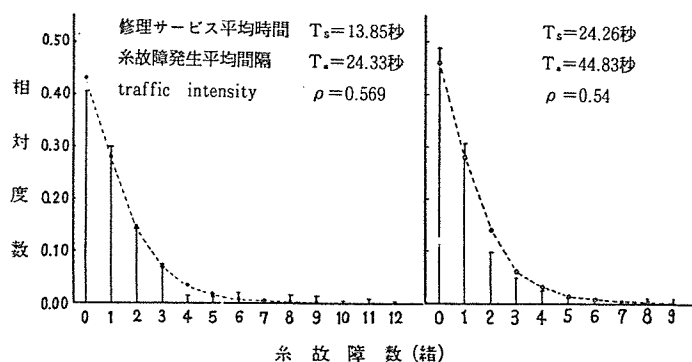


図59. 糸故障数の分布

注）棒状グラフは実測糸故障数の分布、点線は理論式からの推定分布

そこで、糸故障数の模型を単純にして、図57に示した糸故障サービス時間が近似的に指数分布で代表されると仮定すると、修理系は図58の2のようなモデルで表わすことができる。このとき糸故障数は就業因数をパラメータとする幾何分布に従うことが導かれる。

$$\text{就業因数}(\rho) = \frac{1 \text{ 緒の故障緒に要した平均サービス時間 (秒)}}{1 \text{ 人の受持区にみられる糸故障発生間隔の平均値 (秒)}}$$

$$p(n) = (1 - \rho) \rho^n$$

ここに $p(n)$ は受持区に n 緒故障している割合である。これから $n=0$ とすると故障が全く無い時間の割合を示す。それゆえ、 ρ は糸故障が受持区に1つ以上ある時間割合を示し、修理工はその修復に歩行作業か修理作業といった修理サービスを行っていることになる。すなわち ρ は1日の中で糸故障作業に従事していた時間割合を与えるので就業因数と呼ばれる。この幾何分布法則を近似的に使った糸故障数の推定分布を図60に示す。1人の受持にみられる故障数の変化が幾何分布でよく代表されることがみられる。このことは、また故障緒が n 緒以上になる割合を

$$\text{故障緒が } n \text{ 以上になる割合} = (\text{就業因数})^n$$

という関係を与える。例えば就業因数が0.7であるとき、その1人の作業者の受持区で4緒以上

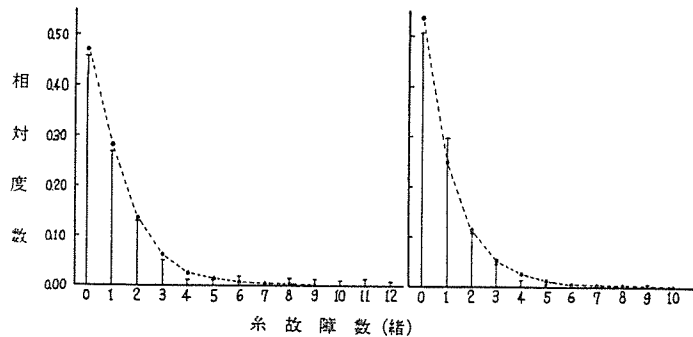


図60. 糸故障数の近似分布

注) 棒状図表は実測分布
点線図表は理論式による近似分布

故障のおきる割合は $(0.7)^4 = 0.24$ となる。例えば1段取りの修理工程が終って振り返ったら、すでに4緒以上故障している割合は4回に1回はあるということになる。また、そうした状態のときは、無故障状態の時間は1日の作業時間のうち3割であり、7割は何らかの形で故障の修理サービスに当たっている時間帯であるという。こうした糸故障の平均故障数は

$$\text{平均糸故障数} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\text{平均修理サービス時間 (秒)}}{\text{平均発生間隔 (秒)} - \text{平均修理サービス時間 (秒)}}$$

といった関係がえられる。1人の受持区にみられる糸故障の平均個数は修理サービス時間と発生間隔の2つの特性値で完全に結合されていることが知られる。

3. 7 糸故障の待ち時間

故障緒の修理待ち時間が長くなると、小故障も大故障となってしまう。そこで、待ち時間はできるだけ短くしたいものである。この待ち時間は、修理工の作業段取りによって変化する。作業段取りは与えられていても、実際にはその通り行われていない。ある注目した緒を通過する作業者の時間間隔を巡視間隔と呼んで調査した1例を図61に示す。図にみられるように、巡視間隔は作業者により、いろいろの分布形を示すのが知られる。こうした巡視間隔もガンマー分布法則といわれる1つの理論式で代表される。そこで、巡視間隔分布と故障緒の修理待ち時間との関係を求めると図62に示すような結びつけができる。これから平均巡回時間の2倍も、3倍も待ち時間が長くなることのないように巡視段取りを行うにはどうしたらよいかの基準値表を作成し、表10に示す。表から、修理工の巡回間隔に長短の乱れはあってもよいが、1巡回の平均時間の2倍以上も待たされることが1パーセント台にするには、巡回分布はアーラン分布の型パラメータが4か5位になるよう注意しなければならないことが知られる。

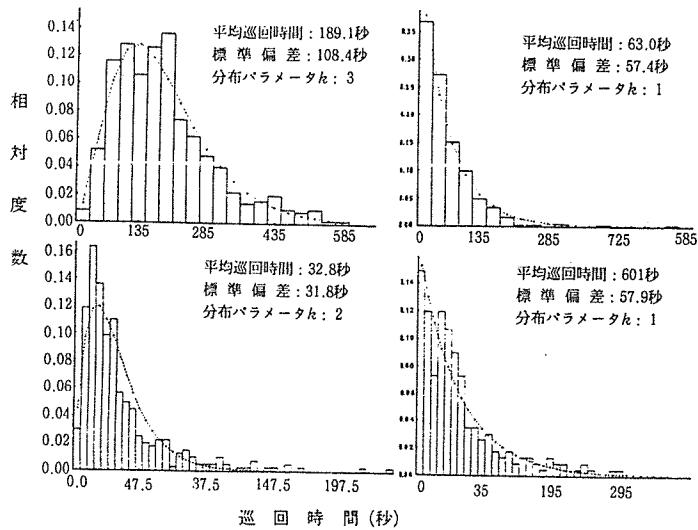


図61. 修理工の巡回時間分布とErlang分布との関係

注) ヒストグラムは実測分布、点線はErlang分布からの推定値

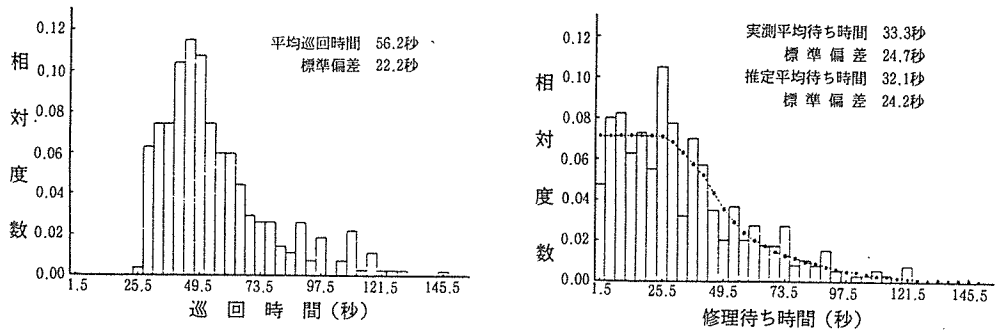


図62. 糸故障の修理待ち時間分布と巡回時間分布からの推定分布

注) ヒストグラム：実測待ち時間分布、点線：推定待ち時間分布

表10 Erlang分布のパラメータ k と極端に長い修理待ち時間との関係

k	$\frac{Y}{\mu(k)}$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1		0.36788	0.22313	0.13534	0.08203	0.04979
2		0.27068	0.12447	0.05495	0.02358	0.00992
3		0.22405	0.08193	0.02727	0.00850	0.00253
4		0.19689	0.05825	0.01487	0.00341	0.00073
5		0.17547	0.04334	0.00858	0.00146	0.00022
6		0.16063	0.03333	0.00514	0.00065	0.00007
7		0.14900	0.02606	0.00316	0.00030	0.00002
8		0.13959	0.02077	0.00199	0.00014	0.00001
9		0.13176	0.01677	0.00127	0.00007	0.00000
10		0.12511	0.01294	0.00082	0.00003	0.00000

巡回時間の分布型 (パラメータ k で表示) と

巡回時間の平均値 $\mu(k)$ に対し修理待ち時間が $\frac{Y}{\mu(k)}$ 以上になる確率との関係である。縦軸は分布パラメータ k 、横軸は修理待ち時間比 $\frac{Y}{\mu(k)}$ 、表中の値は出現確率。

Ⅲ 当面する課題への技術的対応

第Ⅰ篇では生糸品質を中心にした、現在の日本生糸におきている問題点についてのべた。第Ⅱ篇では、そこに抽出された種々の問題点を解決するのに必要な技術、理論を過去の多くの報告のなかから整理し提出した。第Ⅲ篇では、それらを統括して、乾燥工程、煮繭工程、繰糸工程でいかに対処するかについてのべる。

第Ⅰ、Ⅱ篇でえられたことを一口でいえば、現在問題とされている技術的課題に共通している特性点は、身近な例でいうと、交通事故死対策に似ているということである。節点にしても、糸むらにしても、織度偏差・最大偏差にしても、また糸故障や接緒連続失敗数にしても、いずれも大方のものには問題がないのであって、全体を悪くしているのは、そうした全体に含まれている僅かな極端に飛び出す現象によっておきていることである。瞬間によって人生が決定される交通事故に喩えられるゆえんである。そうした突発事象だけを的確に選び出して処置する、きめ細かい技術は、ロボットでも導入して目を光らせて、ひとつひとつ検査して拾いだす以外にない。

ということになると、ここでの技術的展開は、異常事象を抑えるために荷口あるいは生産実態全体を上下させて対処することになる。そのためには、

- (i) 各工程がなすべき基本原点を見つめる。
- (ii) その工程以後の工程にとって、やりやすいような処置をとる。すなわち次工程以後の工程技術へのサービス処置をする。
- (iii) 糸歩・能率・品質への影響を常に視野に収め、総合的に最適条件であるよう、バランスと最適化の道を決定する。

といった3つの基本原点に戻り考えるトレーニングをしておくことが必要である。以上の観点から必要資料を追加しながら工程別の技術的展開についてのべる。

1. 製糸技術の基本点

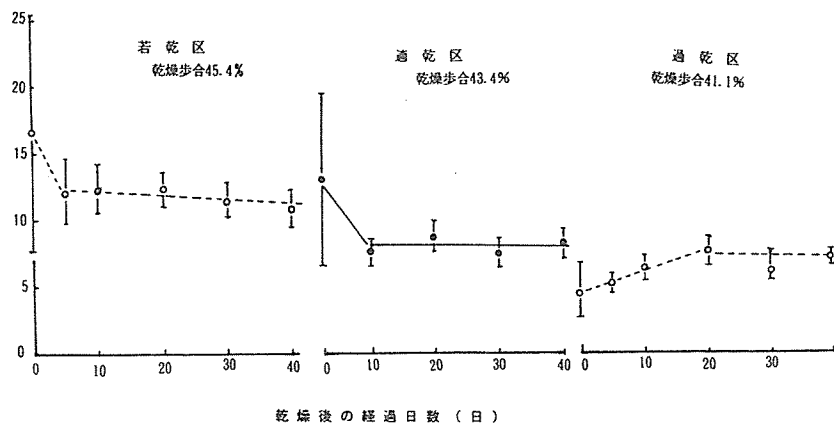
当然のことながら、製糸は繭糸を引き出して目的の太さと長さの生糸をつくることである。従って製糸技術は糸のほぐれ、解じょを最もよくするよう、また損わないよう配慮することから始まるのが基本である。しかし、自動繰糸法が行われるようになり、また異種原料繭を合併して大量工業荷口が求められるようになって、上述の技術システム構成上の3つの基本原点により、種々多様な技術対策がとられている。しかし、それらの多様技術の中心を貫いているのは原料繭のもつ解じょ性を如何に傷つけないか、いかに解じょの向上をはかるかのただ1本の道であることに留意する必要がある。時には解じょを悪くする処置をとることもあるが、それは止むをえない改善の処置であって、それは技術の求める本質ではない。それゆえ、解じょを抑制する処置をとるときは可能だけ影響を低目にするよう心掛ける中に、製糸技術者のあるべき姿がある。

2. 乾燥・貯蔵・輸送

乾燥工程は発蛾を押え季節生産物の繭を年間操業できるよう保管することにある。そのためにはかび発生を予防する蛹の含水率の上限は15パーセントとされている。個体変動を含め、また保管環境の変化を考えて適正乾燥歩合が定められる。

2. 1 繭の乾燥程度と含水率

かび発生の主因となる繭の含水率と乾燥程度との関係を図63（水出）に示す。図から繭個々の水分状況は驚くほど変化が大きく、適乾区の中にもかび発生蛹の含まれていることが知られる。しかし、それらは他の乾燥の進んだ蛹に吸いとられ、約乾燥後10日を経ると平均化される。



縦棒の長さは標準偏差の大きさ 1回の調査生繭50粒

図63. 乾燥程度変動の経日変化

2. 2 繭の乾燥程度と含水率の変動性

若乾、適乾、過乾区と繭含水率のバラツキ程度をみると、個々の繭の含水率の変化は仕上げ乾燥程度が進むほど均斉化され、バラツキを示す繭含水率の標準偏差は仕上げ程度が進むほど直線的に小さくなることが知られる（図64：水出）。

2. 3 乾燥処置と繭層セリシンの溶解性

煮繭工程で、煮熟処理を進めるのに溶解しやすい外層繭層セリシンの溶解性を溶け難くすることが望まれている。自動繰糸法になってからは、そのため乾燥最高温度は100℃近傍から逐次高くなり、現在では125℃以上の工場もみられる。

図65（水出）に示すように、そうした乾燥温度は繭層セリシンの溶解性を抑制するが、一方吸湿性も低下させ、セリシンの変性をもたらせる。また図66（宮沢）にみられるように、乾燥の進行に伴いセリシンの溶解性を示す窒素の溶解量もまた低下する。これらから乾燥温度の高低により、また乾燥程度の進行によりセリシンの溶解性の低下する様子を知ることができる。

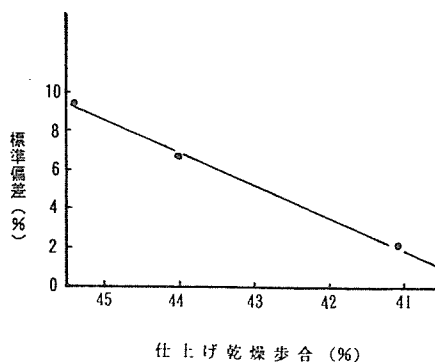


図64. 仕上げ乾燥程度と乾燥直後の繭含水率のバラツキとの関係

2. 4 乾燥処理の方向

かびの発生を防ぎ、繭層セリシンの溶解性を押え、乾燥むらを押えて糸歩、節成績を向上させ

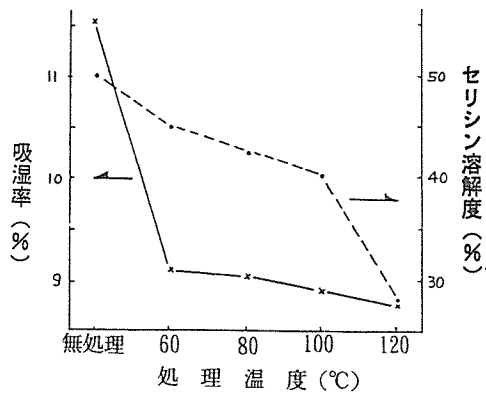


図65. 熱処理による菌層の吸湿性セリシン溶解性の変化

- 注 1) 供試菌層は1976年茨城県産晩秋菌のものである。
 2) 熱処理は各温度とも2時間行なった。
 3) 吸湿率は20°C60%における平衡含水率を示す。
 4) セリシンの溶解度は純水中で10分間煮沸したときの減耗量を試料の練減率(27.04%)で除して求めた。

る第1条件は、乾燥

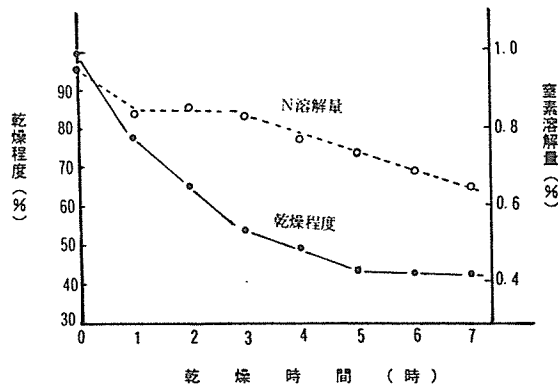


図66. 乾燥各段と菌層セリシン溶解窒素量

むらを少なくさせることを含めて、乾燥時間を長目にして、仕上げ乾燥程度を適乾値より若干軽目にするのである。

2. 5 貯蔵条件

保管中に虫害等を受けず、またセリシンの溶解性を低下させず、かびの発生を防ぐ等のが乾菌貯蔵には望まれる。菌特に菌層は外界の湿度の影響を受けて鋭敏に変化する(図67、姚)これから蜂巢貯菌庫等、温湿度変化の少ない環境での保管が望まれる。

2. 6 輸送条件

トラックや貨車で菌を輸送すると、菌に衝撃が加わり、菌の表面菌糸を損傷し索緒効率がわるくなる。いわゆる糸くちの立ちがわるくなりキビン量を多くする(図68, 69: 水出)。しかし、糸くちが一度求められると、あとは切れることなくほぐれ、解じょ率にはほとんど影響しない。生菌と乾菌への衝撃波の及ぼす影響は、菌層水分が少なくなるほど強くなる。菌輸送には生菌が

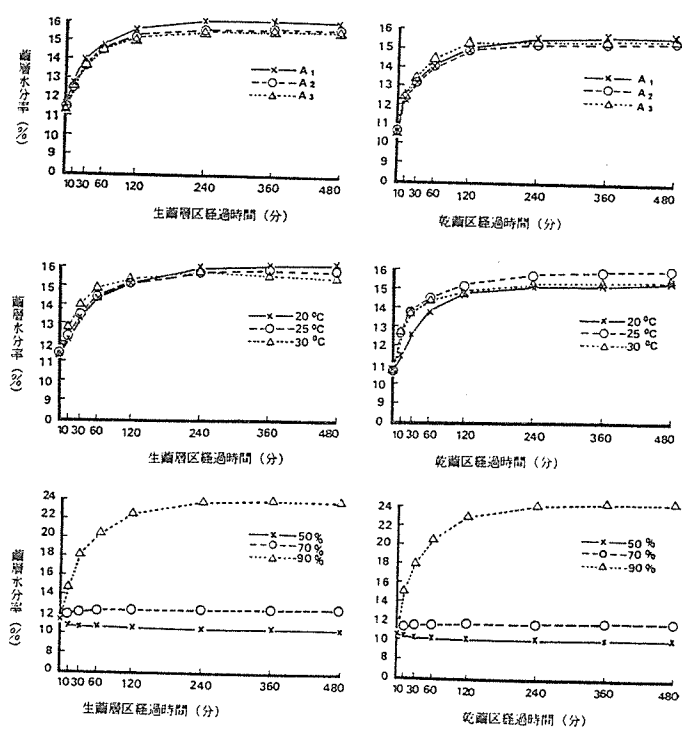


図67. 菌層水分率の経時変化

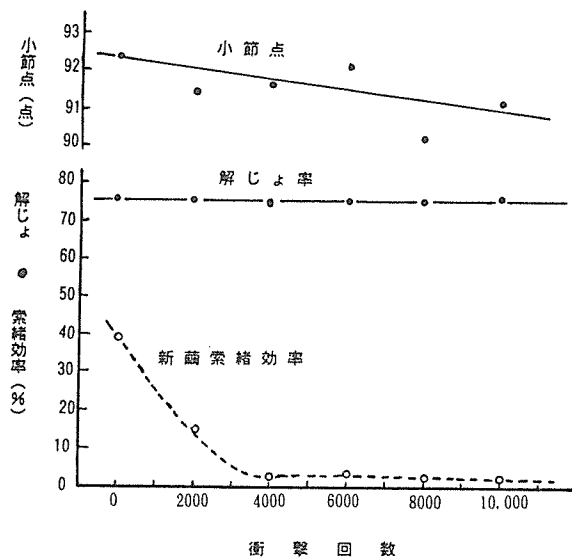


図68. 25G衝撃の繰返し数と菌質

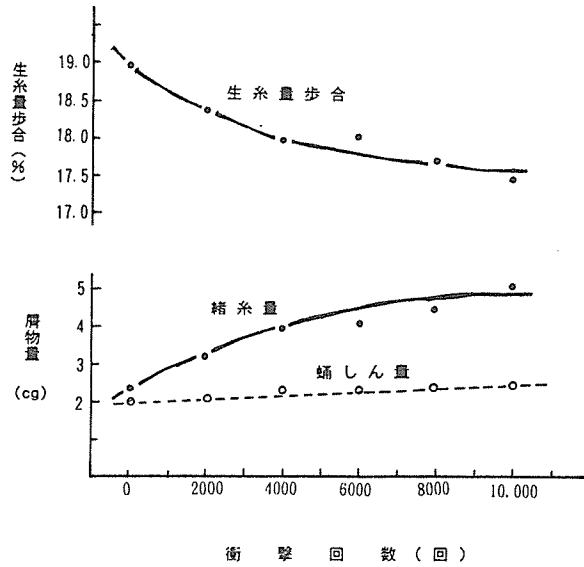


図69. 25G衝撃の繰返し数と糸歩

よく、次が半乾ということになる（図70，71：水出）。このごろは道路事情がよくなり輸送中の繭に与えられる衝撃も小さくなった。しかし、袋詰のまま送ることはせず、できればダンボール箱に入れて送りたいものである。

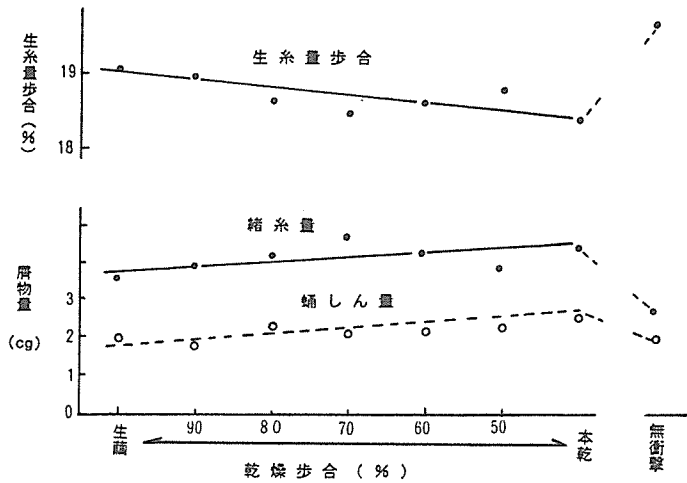


図70. 衝撃が生繭と乾繭に及ぼす影響（1）

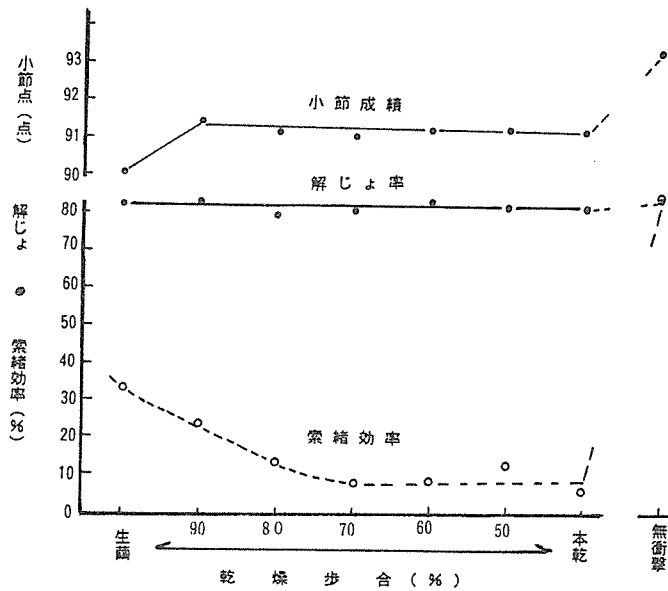


図71. 衝撃が生繭と乾繭に及ぼす影響 (2)

3. 煮 繭

煮繭は糸歩、節点、糸故障の発生等、製糸成績に最も影響を与える工程になってきた。そのため近年は煮繭に関する研究は多く、第Ⅱ篇に示したように、可能な限り繭腔内に水を吸いこませ、しかも煮崩れをしないよう煮上げることが糸歩・能率を向上させる煮繭法であることが示された。

3. 1 煮繭に必要な最小含水量

煮熟前に含ませる最小水分率は、繭層表面のしぼが戻って弾力のある煮上りを示すことが必要

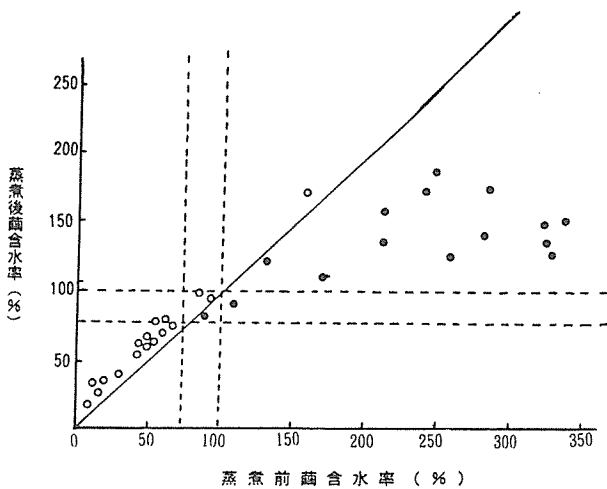


図72. 煮熟前後の繭含水率の変化

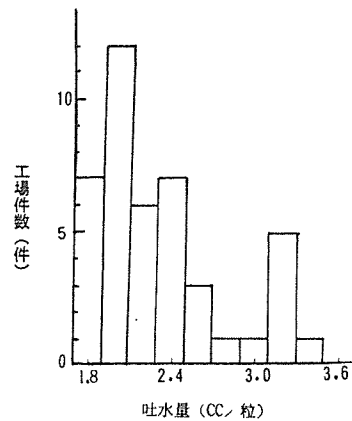


図73. 工場の吐水量分布

である。それには蒸煮部で処理したとき、その蒸気を繭が吸って重くなる状態（軽滲透）では、節点をあげビス量を少なくさせるのは、解じょがよく、節成績のよい、揃った優良繭以外は困難である。ということは、一般の原料に対しては蒸煮処理で繭腔内、繭層内の水分がしぼり出される水分を含んでいなければならないことになる。この必要最小限の繭の水分量は繭重量以上の水分を必要とすることが知られる（図72）。工場の吐水量実態調査は図73のようである（勝野）。第Ⅱ篇の結果とを合わせると、煮繭工程では、繭重量以上の水分をどれだけ多く繭に吸水させて糸歩、節成績を向上させるかに技術のポイントがあるといえる。

3. 2 繭層セリシンの膨化

煮崩れは防止しながら、繭層セリシンを膨化させることは大わ・さけ・小ずる節の減少とともに繭層剥離による糸故障の発生防止のためにも必要である。また生糸の強・伸度、抱合成績の向上のためにも必要である。これは蒸煮部の温度と調整部処理に依存するが、特に調整部温度の影響が大きい。例えば工場実態調査資料を糸故障の多い工場群と少ない工場群に分けて、煮繭温度曲線を求めると図74のようになる。この温度処理区からみると、調整温度曲線の高位区は糸故障が少なく、低位区は糸故障が明瞭に多いことが知られる（勝野）。煮崩れを抑えながら調整部の温度勾配を可能な限り緩やかにし、また温度は高めとして、この区で繭層セリシンの膨化をはかることが重要である。

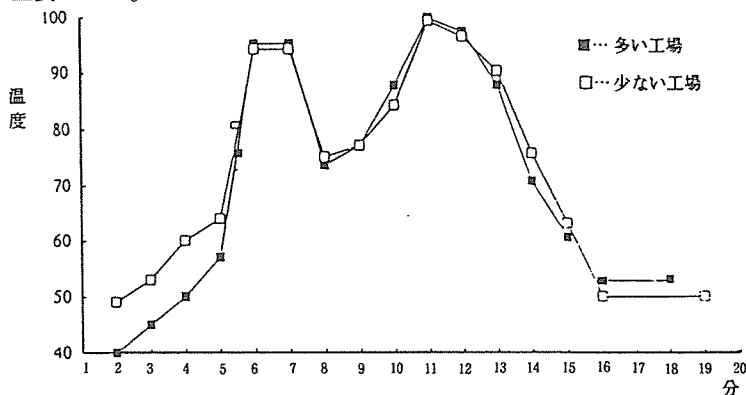


図74. 糸故障の多い工場と少ない工場の煮繭図

3. 3 空気利用加圧煮繭

煮まゆの表面の煮崩れをおさえ中内層をよく煮熟することは煮繭機構からみて矛盾した要求である。しかし、糸歩・能率をあげ、節点を向上するには、その矛盾を解決する以外に途はない。中・内層を煮熟するため繭層の厚い繭へ十分な水分を与えると、繭層の薄い湯の浸入しやすい繭の繭腔水分は過多となり煮崩れる。しかし、ビス量の厚皮をなくして糸歩をあげ、中内層に生じる大わ・さけ節を向上させるには、原料荷口が雑ばくになれば

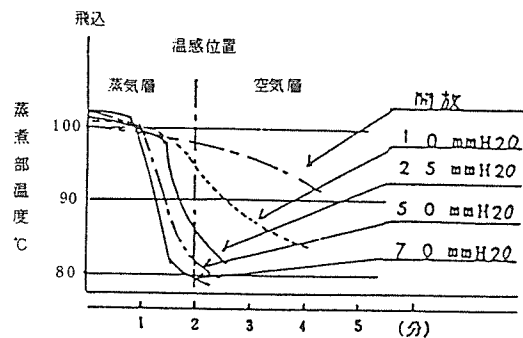


図75 水頭圧と蒸煮部の温度曲線

なるほど浸透部での繭吸水量を多くせざるを得ない。そうした吸水過多の繭を蒸煮部で吐水させると、すでに繭の表面の煮崩れる繭がでてくる。そこで、蒸煮部に煮繭能力のない空気を浸透部側にこもらせ、調整部入口側には蒸気の厚い層でおおい、吐水をさせ高温蒸気で繭を十分蒸すが、その時間を繭と吸水量によって自由に調整させて白目・硬目に煮上げる加圧煮繭機が開発された。この白目・硬目煮繭による繭の煮崩れ防止をするのは蒸煮部での水頭圧である（図75：勝野）。水頭圧を70ミリメートル以上にとると、蒸煮部での温感部温度が95℃以上でないと浮繭になっていたものが、同じ煮繭機でも温感部温度が80℃で十分煮まゆは沈緑煮繭になる。蒸煮高温部が95℃以上であったものが80℃となれば、それだけ蒸煮時間は短くなり煮熟は高温短時間で行われて煮まゆは白目で硬目で、しかも弾力のある煮上りとなる。

3. 4 調整部のV型

煮まゆが潰れないためには、蒸煮部温度が高ければ高いほど調整飛び込み温度を高くする必要がある。調整部の湯の温度は90℃をこえと繭層セリシンは急激に溶解しはじめ、繭表面の煮崩れを誘発する。また調整温度が97℃以上になると湯の表面が揺れて繭層の煮崩れを加速する。一方、繭層に高温の湯を吸入させてセリシンの均一な膨化をはかる必要がある。これらの諸点を満足させるものとして調整部行路をV型にして飛び込み口から繭容器を下降させることが試みられた。いわゆるV型煮繭である。これは飛び込み位置は風呂の温度と同じく一番高い温度が保たれているが底へ行くほど、自然に湯の温度は下がり底部は30℃、40℃でも自由に調整できる。そこで飛び込み温度は安心して100℃あるいはそれ以上の温度にして潰れ繭を生じさせず、その高温湯を繭層を通して繭腔内へ吸収させることができる。その後、繭の表面は煮崩れが生じないうちに下降させる。このときの温度勾配は煮崩れが生じない限り緩やかにし、時にはpH 5といった酸性水を入れて煮崩れをおさえる（可能な限り使用しない）。

3. 5 加圧-V型煮繭

原料繭が雑ばく化してくればくほど吐水量を多くする煮繭が必要になった。反面煮崩れによる糸歩・小ずる等の発生は抑制しなければいけない。これは加圧煮繭で可能となった。糸歩・節・糸故障を管理するには、潰れ繭を生じさせることなく、また煮崩れをおこさせることなく、調整部での温度勾配をゆるやかにして、繭層セリシンの膨潤軟和をはかる必要があった。煮繭の基本は繭のほぐれの向上にあるから、理にかなったことである。しかし、糸歩を多くさせるために、煮崩れを防ぐ意図から使用蒸気量を控え気味にしている工場が多い。少な目にしているか否かは煮上り繭の気泡の大きさで判定できる。加圧-V型煮繭のコツは蒸煮部で必要以上の蒸気を用いて繭層の中内層へ十分なエネルギーを与え、浸透部で吸水した繭腔内の水分を吐出させると同時に中内層をよく浸潤させて煮上げるのが第1の目標である。そのとき繭表面の煮崩れを防ぐため空気を浸透部寄りに十分こもらせ高温煮繭時間を調整する。そのとき調整部寄りに密集している蒸気は調整飛び込みの湯表面に吸収され表面温度を100℃以上に高める役割を果たす。また100℃以上になることによりおこる湯表面の沸騰振動は70ミリというような蒸煮部からの蒸気圧で押える。このとき、煮上り繭に気泡のみえるような状態は、蒸煮部での蒸気量が少ないことを意味しており、加圧-V型煮繭による節点の向上や糸故障の防止は期待できない。加圧-V型煮繭は従来煮繭より蒸煮部での生蒸気を十分大量に使い、積極的に厚皮の繭層中内層の煮熟を進める一方で繭層表面の煮崩れを防ぐことを特長とする煮繭法である。

表12. 新繭補充部待機繭数が0になる事象の出現割合と理論値との関係

おくれ 時間の分布 パラメータ (α)	支持粒数(C)		250		350		450		550	
	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値
0	0.430	0.449	0.310	0.305	0.210	0.216	0.140	0.211		
1	0.490	0.520	0.280	0.290	0.160	0.180	0.130	0.120		
2	0.565	0.562	0.340	0.360	0.205	0.186	0.050	0.093		
3	0.520	0.558	0.275	0.313	0.160	0.213	0.145	0.056		
4	0.585	0.536	0.315	0.352	0.120	0.143	0.045	0.058		

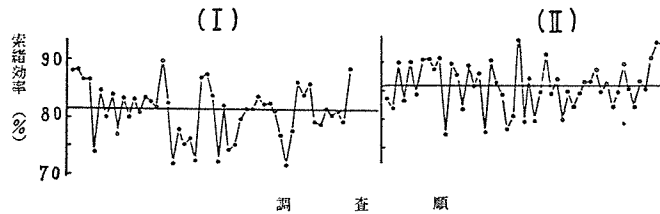


図78. 新繭混在率別索緒効率の時系列図

注) (I) : 定常な作業状態、(II) : 新繭混在率を高くした場合

表13. 繰糸中における正緒繭補給後の給繭機内繭数

繰糸区分		21 中							27中
給繭機の巡回数		1 周後	2 周後	3 周後	4 周後	5 周後	10周後	15周後	15周後
蚕試式試作機	平均粒数	50.8	59.7	63.4	64.5	63.1	64.1	64.0	52.4
	標準偏差	11.05	8.61	6.24	6.33	5.87	5.86	5.97	5.59
	変異係数(%)	21.9	14.4	9.9	9.8	9.3	9.1	9.3	10.7
	最多粒数	77	80	81	83	79	80	78	66
	最少粒数	27	37	47	52	51	54	51	42
現用機	平均粒数	39.3	49.4	52.3	54.3	59.8	64.2	65.6	52.9
	標準偏差	5.78	6.42	6.19	7.32	9.92	10.15	10.66	11.97
	変異係数(%)	14.7	13.0	11.9	13.5	16.6	15.8	16.2	22.7
	最多粒数	51	67	69	70	89	96	92	91
	最少粒数	25	33	37	41	39	50	48	22

注) 給繭機内初期粒数30粒で開始。給繭機の1周時間は約4分。

21中繰糸は50年晩秋繭を用い、繰枠回転は265回/分、27中繰糸は51年春繭を用い繰枠回転は220回/分。

4.1.3 給繭機内容

正緒繭の補給と取り出し繭数の平均値を等しく保っても、補給量、取り出し繭数は偶然的に変化するので、時間の経過と共に給繭器内繭数の多い機械と少ないものの格差は拡大する（表13：坪井）。それゆえ、蚕試式にみられるような（坪井）、繰り越し繭数によって補充正緒粒数を調整する制御が必要になる。現行自動繰糸機は、いずれもそうした制御系が装備されているが、検出精度、補充繭量制御の精度に問題があるため、工場では給繭器補充直後の適正繭数

$$\text{適正給繭器出発時繭数} = (10 + 3 \sqrt{\text{平均取出し繭数}}) + (\text{平均粒付数})$$

より1.5倍から2倍近い繭量にしているのが実際である。この精度を含めた新しい制御システムは羊・白ら（1993）により開発が進められている。

4. 2 生糸織度の形成系

生糸の太さ管理は糸むら2類に代表される接緒おくれに原因する接緒効率を中心にするものと、目的織度・織度偏差・織度最大偏差に影響する粒付管理を中心にするものがある。

4.2.1 接緒管理

接緒失敗数を中心にした生糸品質に及ぼす影響については前篇にのべたので、ここでは接緒管理基準についてのべる。

(1) 対釜対分接緒回数

対釜対分接緒回数は45回を標準にして、できるなら40回以下になるようにする。1例として、目的織度27中生糸、平均粒付数9.8粒、繭糸長1200m、解じょ率65%、解じょ糸長780m、実繰糸長130m/分、1セット緒数480緒、接緒効率73%とすると、

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad 1 \text{ 台 } 1 \text{ 分間の正緒繭数} &= (\text{平均粒付} \times 20 \text{ 緒} \times \text{速度}) / (\text{解じょ糸長}) \\ &= (9.8 \times 20 \times 130) / 780 = 32.7 \text{ (粒)} \end{aligned}$$

$$\text{(ii)} \quad 1 \text{ 台 } 1 \text{ 分間接緒数} = (\text{正緒繭数}) / (\text{接緒効率}) = 32.7 / 0.73 = 44.8 \text{ (粒)}$$

(2) 接緒効率と解じょ率

糸むら2類に注目すると、接緒効率は解じょ率と同じ役割を演じる。例えば

1台1分間の接緒数 = {(平均粒付数 × 20 × 速度) / (繭糸長)} / (接緒効率 × 解じょ率)
ゆえに前項の例についてみると

$$\begin{aligned} 1 \text{ 台 } 1 \text{ 分間接緒数} &= \{(9.8 \times 20 \times 130) \times 1200\} / (0.73 \times 0.65) \\ &= 21.233 / 0.4745 = 44.7 \text{ (粒)} \end{aligned}$$

この算出式が語るように接緒効率73%、解じょ率65%であってもその逆の接緒効率65%、解じょ率73%であっても接緒数は変らない。

(3) 適正接緒効率

糸むら成績をわるくする1因は接緒の連続失敗である。接緒法則（幾何分布）は無効接緒率（1 - 接緒効率）をaとおくとき、k回以上失敗が続く割合は

$$k \text{ 回以上接緒失敗する割合} = (\text{無効接緒効率})^k = a^k$$

で与えられる。接緒効率80%の工場で3回以上連続失敗する緒の割合は $(1 - 0.8)^3 = 0.008$ となり接緒効率60%の工場では $(1 - 0.6)^3 = 0.064$ となる。その割合は $0.064 / 0.008 = 8$ となり、連続失敗が3回以上になる割合は8倍にもなる。このように接緒効率の低下は異常接緒の出現割合を急激に増大させるので、実験結果は接緒効率80%以上に保つことが、糸むらや織度管理において第1の管理要点であることを示している。

4.2.2 織度管理

(i) 1 緒管理

織度の定義から、繰糸中に生糸の織度を直接知り平均織度や織度偏差を管理することはできない。織度に関係ある生糸伸度の大小（定伸式）、摩擦力の大小（定織式）、生糸の直径の大小（光電式）と粒付数（定粒式）が織度管理の手がかり標識として用いられてきた。粒付数以外はいずれも測定装置を必要とするもので全数検査は困難であるので、ここでは巡視工（修理工）によって行われている粒付管理についてふれる。この方法は、小野がP-管理として飛び織度、異常緒管理に提案されたものである。統計的にいえば、

$$(\text{平均粒付数}) \pm 3 \times (\text{粒付数の標準偏差})$$

以上の粒付緒があれば、それは異常繰糸状態と判定する管理法といえる。繭糸織度の細太にかかわらず粒付数の標準偏差は近似的に図79から

$$(\text{粒付数の標準偏差}) = 0.38 + 0.05 \times (\text{平均粒付数})$$

の関係がある。それゆえ、例えば10粒付繰糸のときは平均粒付数より

$$1.14 \pm 0.15 \times 10 = 2.64 \text{ (粒)}$$

以上離れた緒は絶対に異常緒とみてよい。従って感知器を中心に糸みち異常を検査して修理することが必要となる。なお、粒付の標準偏差の2倍で、この緒は少し異常と思われるといった警信号を出しておくのも有効である。上の例では1.76（粒）以上平均粒付から離れていれば、その緒は異常緒候補とみるのである。

(ii) 一斉管理

自動繰糸機には繰製生糸織度を一斉に調整する装置がある。その担当区間に平均粒付数差があっても粒付調査によるのか、調整装置の基準がくるったのによるかは不明である。このときは、2つの調査区A・BをそれぞれN緒調査して平均粒付数 $\bar{x}_A$ 、 $\bar{x}_B$ を求めたとするとき

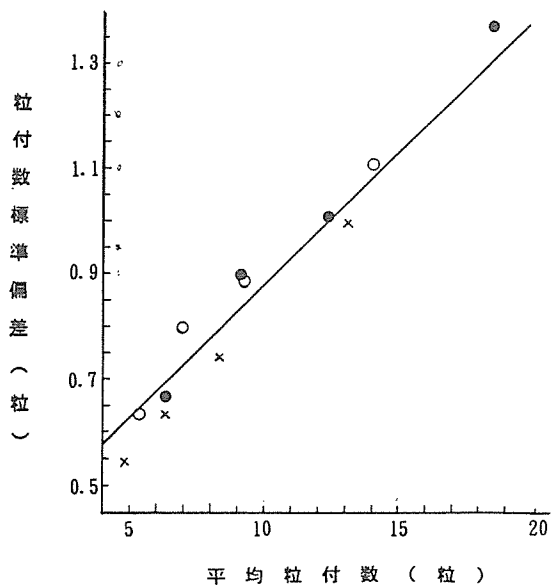


図79. 平均粒付数と粒付数の標準偏差

$$(\bar{x}_A - \bar{x}_B)^2 \geq \frac{6}{N}$$

であったらA・B両区間の平均粒付数に差があるとして、一斉調整により基準値を修正する。たとえば $\bar{x}_A=8.4$ 粒、 $\bar{x}_B=8.2$ 粒、調査緒数200緒（繰返し調査数）であると、 $\bar{x}_A - \bar{x}_B=0.2$ （粒）であり $6/N=6/200=0.03$ となる。ゆえに $0.2^2=0.04$ で0.03より大きいのでA区の方がB区より太織度生糸を生産している。ゆえに、直ちに一斉調整を行うことが必要。

4. 3 糸故障管理

糸故障管理システムや故障発生管理については平成5年3月、糸故障管理研究会から「製糸工場における糸故障の管理に関する研究」の冊子が出版されているので、それを参照されたい。ここでは、そのシステム基準を示すにとどめる。

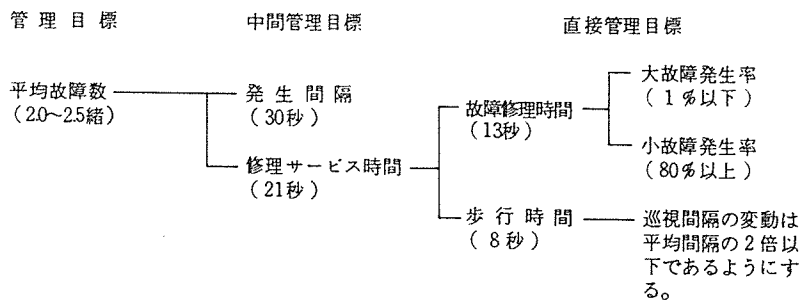


図80. 糸故障管理基準値

4.3.1 糸故障の管理基準

生糸の品質、能率を総合的かつ合理的に管理運営するには、糸故障のスナップ値に注目し、その値が構成される仕組の上に示された図80によって行うよう留意する。

4.3.2 故障の発生と修理

スナップ調査による平均糸故障数には前篇の糸故障修理サービス時間と発生数の理論解析のような関係にある。これを養成工のように修理サービス時間の長くなる場合を含めて、1分間の故障平均発生が1.5回前後なら工程は安定生産できる。ベテラン修理工であっても、1分間の発生平均数が3.0回になれば飛びまわらないと運転できないというように、糸故障発生数の僅かな差で大幅に乱れる性質がある（図81）。糸故障はそういった糸故障数変化の内在する特殊性を十分把握して適正な管理運営を行うことが必要である。

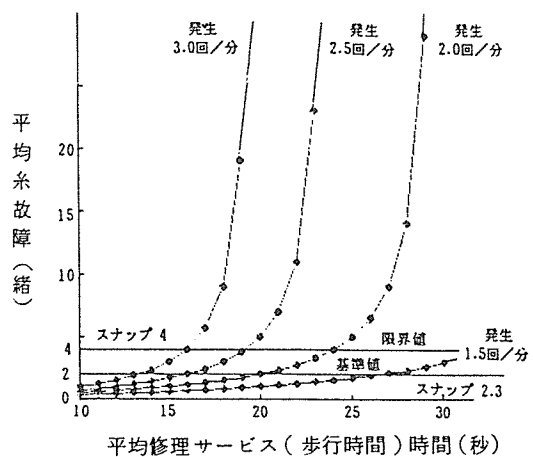


図81. 糸故障発生、修理サービス時間とスナップ糸故障数図