

家蚕の吐糸機構に関する研究 (II)

絹糸腺重、吐糸管の形態と吐糸繊維の形態との関係に就て

荻原清治*・稲垣文一郎**

(昭和27年9月5日受理)

Kiyoharu OGIWARA AND Bun-ichiro INAGAKI : STUDIES ON THE SPINNING MECHANISM OF SILKWORM (II) ON THE RELATION BETWEEN THE SHAPE AND SIZE OF COCOON FIBER WITH THE SHAPE OF SPINNERET AND WEIGHT OF THE SILK-GLAND

緒 言

家蚕の絹物質の分泌に関しては従来幾多の研究がある。然し吐糸機構に就ての研究は少ない。三浦氏⁽¹⁾は繭糸の太さは腺内絹物質の量の多少、吐糸口の大きさ及吐糸速度に影響されると述べ、筆者の一人⁽²⁾は繭糸の太さは絹糸腺の大きさ及吐糸管の大きさに影響され、吐糸繊維の形態は吐糸孔道の形に影響を受けることを報告した。即ち繭糸の形態及構造と吐糸管の形態及構造とは密接な関係のあることが推定される。就中管孔に於ける圧糸部附近の形態及構造が重要である。吐糸管の構造に関してはBLANC氏(1891)、SNODGRASS氏⁽³⁾、田中氏⁽⁴⁾及金沢氏⁽⁵⁾等の研究があり、更に中島氏⁽⁶⁾、荻原⁽⁷⁾等の詳細な報告がある。此の様に吐糸管の構造は繭繊維形成の研究に基本的解決をあたえるものと考えられるに拘らず尙幾多の未知の問題が残されている。著者等はこの様な吐糸管の(特に圧糸部)形態及大きさ、絹糸腺重と吐糸繊維の形態及大きさとの関係に就て実験を行い若干の結果を得たので報告する。本研究の一部分は著者の一人稲垣が昭和26年度科学教育研究室制度により信州大学繊維学部製糸原科学研究室に於て行つたものである。此処に關係各方面各位に感謝の意を表する。

実験材料並に方法

著者の一人荻原が吐糸機構の研究及ラウジネスの研究に使用した昭和25年度本学部産春繭の次の11品種を選び一粒繰を行つて得た繭糸を用いた。繭層は外、中、内層に區別し繭糸長が品種によつて異なるので各品種毎の外、中、内層の糸長が略等しくなる様に區別した。此の各区から荻原⁽⁸⁾の繊維切片作製法を用いて厚さ5~10 μ の横断切片を作り、顕微鏡を用いて描写器に依り1mm方眼紙上に転写して形状(長徑及短徑)及断面積を測定した。描写後の倍率は1000倍である。各区毎に繭糸10本宛測定し平均値を求めた。次に吐糸管は圧糸部の下部キチン板膨大部附近の横断面の形状及管孔の断面積を測定した。切片は厚さ20 μ とし各品種共5頭宛を用い其の平均値を求めた。

実験結果及考察

(i) 吐糸管の大きさ

繭糸の形態的決定が行われる部分は大体圧糸部であるから此の部分のうちの下部キチン板の膨大部の略中央の管孔に就て測定した。第一表に其の結果を示す。(但し試料はCarnoy's液で固定した)

生体内に於て吐糸続行中の圧糸部の大きさに就ては荻原が既に推定した(日本蚕糸学雑誌寄稿中)様に大体管孔の上縁を平面に(横断面に於て直線状に)する迄拡大されると考えられるので蚕が固定化された場合に起るBの変化はAの変化より遙かに大きい筈である。第一表の様に收縮後の圧糸部の形態は品種によつて大きな変倚のあることを知つた。

* 信州大学繊維学部製糸原科学研究室

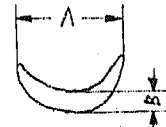
** 愛知県立西尾実業高等学校

第一表 圧糸部の大きさ

品 種 名	長径 (A) μ	短径 (B) μ	比 $(\frac{B}{A} \times 100)\%$
青 白	56.0	7.8	14
三 眠 蚕	36.2	1.8	5
欧 1 6	75.8	4.8	6
支 1 6	40.0	5.9	15
家蚕 × 桑蚕	56.0	5.9	11
テグス蚕	59.0	5.4	9
支 17 ラ少区	51.2	4.8	9
支 17 ラ多区	64.0	5.4	8
支 4	48.0	4.8	10
欧 1 8	52.8	3.6	7
日 1 1 2	36.8	5.4	15
平 均	52.5	5.0	10

備考

管孔の長径及短径は次の図の通り



(ii) 繭糸の形態及大きさ

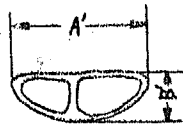
繭糸の太さ及形態を測定した結果を第2表に示す。

第二表 繭糸の形態及大きさ

品 種 名	繭糸部位	長径 (A') μ	短径 (B') μ	比 $(\frac{B'}{A'} \times 100)\%$	断 面 積 μ^2	繭 糸 繊 度 ^d	μ^2/d	ラジネスの 態
青 白	外	29.9	13.0	44	317.9	3.1	102.5	無い
	中	30.1	11.3	38	273.4	3.1	88.5	
	内	29.1	8.2	28	180.0	1.6	112.5	
	平均	29.4	10.8	37	257.0	2.6	98.8	
三 眠 蚕	外	27.0	7.6	28	160.6	2.0	90.0	僅かある
	中	26.8	10.4	39	205.1	2.3	89.5	
	内	26.4	10.9	41	219.4	2.3	95.5	
	平均	26.7	9.6	36	195.0	2.2	88.9	
欧 1 6	外	30.9	11.0	36	248.5	2.6	95.8	極めて少ない
	中	31.0	10.2	33	230.4	2.5	92.0	
	内	25.1	6.6	26	127.2	1.7	74.8	
	平均	29.0	9.3	32	202.0	2.3	88.0	
支 1 6	外	31.3	11.5	37	258.7	2.5	103.0	無い
	中	26.4	10.8	41	224.1	2.25	99.5	
	内	26.4	9.1	34	173.4	1.6	108.0	
	平均	28.0	10.5	38	219.0	2.1	103.3	
家蚕 × 桑蚕	外	29.1	10.8	37	236.8	2.75	86.3	無い
	中	26.4	10.6	40	219.0	2.5	87.5	
	内	24.4	8.4	34	173.0	1.8	96.8	
	平均	26.6	9.9	37	210.0	2.4	87.7	

品 種 名	繭層部位	長径 (A')	短径 (B')	比 $\frac{B'}{A'} \times 100$	断 面 積	繭糸織度	μ^2/d	ラウジネスの 状 態
テグス蚕	外	32.6	12.6	39	324.0	3.3	98.0	無い
	中	31.7	11.6	37	272.4	2.7	100.2	
	内	26.9	6.4	24	140.0	1.5	93.5	
	平均	30.4	10.2	34	245.0	2.5	94.2	
支17ラ少区	外	40.4	14.6	36	437.6	4.5	97.0	僅かにある
	中	37.4	12.1	32	340.9	3.0	113.0	
	内	32.7	8.7	27	205.9	1.75	117.8	
	平均	36.8	11.8	32	328.0	3.1	105.3	
支17ラ多区	外	28.6	9.9	35	215.4	2.6	82.5	極めて多い
	中	29.2	8.3	28	180.4	2.1	86.0	
	内	22.9	6.2	27	105.6	1.4	75.0	
	平均	26.9	8.1	30	167.0	2.0	83.4	
支 4	外	33.3	13.3	40	315.9	3.4	101.3	稍多い
	中	30.7	11.6	38	264.8	2.5	105.0	
	内	29.2	9.0	31	218.0	1.75	125.0	
	平均	31.1	11.3	36	276.0	2.6	105.2	
欧 1 8	外	28.8	10.8	38	251.1	2.6	96.5	極めて多い
	中	28.6	10.2	36	229.8	2.2	104.0	
	内	25.0	8.8	35	171.3	1.5	114.3	
	平均	27.5	9.9	36	217.0	2.1	103.1	
日 1 1 2	外	31.5	12.0	38	294.3	3.3	89.5	稍多い
	中	31.9	12.1	38	289.3	3.2	90.5	
	内	30.1	10.6	35	243.1	2.75	88.8	
	平均	31.2	11.6	37	276.0	3.1	89.2	
平 均				35	237.0	2.45	95.5	

備考 (i) 繊維の長径及短径は次の通り



(ii) ラウジネスは1粒繰繭糸を0.5%マルセル石鹼液で40分宛2回煮沸精練して得たものに付き60倍で観察した。

此の表に見る様にA', B', $\frac{B'}{A'} \times 100$ 及 μ^2/d は平均値に於ては萩原⁽⁹⁾が測定したものと略々等しい結果を得た。然し各品種毎の値は異なり且大きな変倚がある。1d 当りの断面積の小さいものは密度大きく、大きいものは密度が小さい、此の密度の相異は腺内液状網の熟度の相異と繊維形成に当つての吐糸速度及牽引倍数の相異によつて起る固化時の網の収縮率の相異によることは明⁽¹⁰⁾かである。次に第1表と第2表とから吐糸管の面積が吐糸繊維の太さに比例するかを調べて見よう。繭層の部位によ

つて太さを異にしているので繭層糸のうち管孔の広さに最も密接な関係をもつのは管孔が最も広く抜けられた場合に通過する繊維の太さであるから、第2表から各品種の繊維の最太部と第一表の圧糸部の広さを比較した。其の結果は次の通りである。

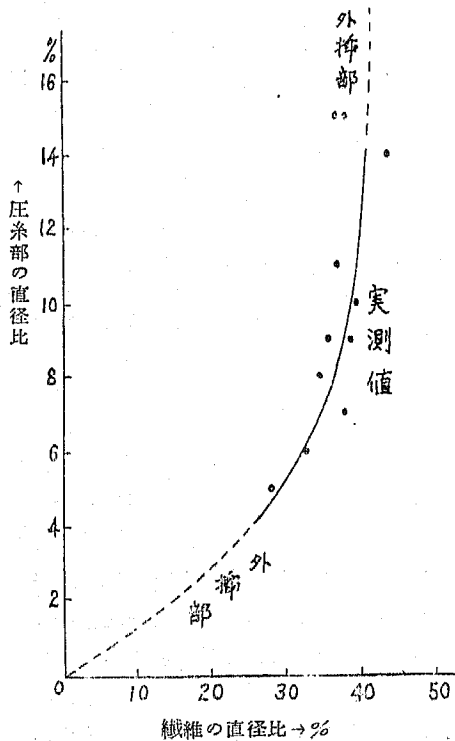
第3表 吐糸繊維の形態と圧糸部の形態との関係

品 種	吐 糸 繊 維			圧 糸 部		
	長径(A')	短径(B')	比 $\frac{B'}{A'} \times 100$	長径(A)	短径(B)	比 $\frac{B}{A} \times 100$
青 白	29.9 μ	13.0 μ	44 %	56.0 μ	7.8 μ	14 %
三 眠 蚕	27.0	7.6	28	36.2	1.8	5
欧 1 6	31.0	10.2	33	76.8	4.8	6
支 1 6	31.3	11.5	37	40.0	5.9	15
家蚕×桑蚕	29.1	10.8	37	56.0	5.9	11
テグス蚕	32.6	12.6	39	59.0	5.4	9
支17ラ少区	40.4	14.6	36	51.2	4.8	9
支17ラ多区	28.6	9.9	35	64.0	5.4	8
支 4	33.3	13.3	40	48.0	4.8	10
欧 1 8	28.8	10.8	38	52.8	3.6	7
日 1 1 2	31.5	12.0	38	36.8	5.4	15
平 均	31.2	11.5	37	52.5	5.0	10

以上の結果から圧糸部と吐糸繊維の形態とが(直径比 B/A で示す)略々平行的に変化していることが認められた。此の表に於て両直径比の变化が完全に一致しない品種のあるのは吐糸繊維の形態を変化する因子として圧糸部の

形態の外吐糸管⁽¹²⁾の構造、液状絹⁽¹³⁾の質的相異性等が挙げられるためである。第一図は全体的に見た圧糸部の直径比と吐糸繊維との関係を示したものである。

第一図 繊維と圧糸部の直径比関係



以上の結果に見られる様に吐糸される繊維の太さ(長巾)は圧糸部の形態及大きさと密接な関係のあることが認められた。次に生体内にある圧糸部は吐糸を行うに当つて如何なる形態的変化を行うかを考えて見る。吾人は吐糸を続行している圧糸部の大きさを直接測ることは出来ないが、既に固定した蚕に就ては測ることが出来る。従つて蚕を固定後圧糸部の収縮状態を知ることが出来れば生体管孔内を液状絹が通過する時に抜けられる圧糸孔の大きさを推知することが出来る。萩原⁽¹⁴⁾が研究した所によれば吐糸された液状絹が水分を放散して形態的に安定化すると(繊維化したものに就て)牽引条件により多少の相異はあるが断面積に於て原形の28.4%内外に減ずる。又吐糸に当つて最太部の繭糸を吐糸する場合には液状絹は略々管孔内に充満して通過すると考えて固定後の蚕の圧糸部管孔の断面積を調査し圧糸部の収縮率を求めて見ると次の通りである。

第四表 吐糸繊維の最太部の太さ、圧糸部の断面積及収縮率

蚕品種名	吐糸繊維断面積 (C) μ ²	圧糸部断面積		推定収縮率 (D'/D × 100) %
		液状絹断面積 (D) C 0.284 = D	固定後の断面積 (D')	
青 白	318	1120 μ ²	528 μ ²	47.2
三 眠 蚕	219	772	147	19.1
歌 1 6	249	877	405	45.7
支 1 6	259	912	369	40.5
家蚕×桑蚕	237	835	344	41.2
テグス蚕	324	1140	370	32.4
支17ラ少区	438	1541	434	28.1
支17ラ多区	215	757	402	53.2
支 4	346	1220	251	20.6
欧 1 8	251	885	356	40.2
日 1 1 2	294	1035	391	37.8
平 均	286	1009	363	36.9

此の表に見る様に圧糸部の収縮率は繊維の収縮率 28.4% に対して平均 36.9% で其の差は 8% を示した。従つて固定後の管孔内には内部の繊維との間に空隙を生ずる。其の原因は圧糸孔壁及圧糸キチン板の運動をつかさどる調節筋の作用が停止する

ため、其のためには此の部分の上下両壁は内部の繊維質の収縮に伴つて収縮する。又圧糸部管孔の収縮と繊維の収縮が蚕品種によつて相異しているのは其等の液状絹の水分（液状絹の濃度）繊維のミセル配列性の相異に起因する⁽¹⁶⁾。圧糸部の広さの変化に対して、吐糸部及共通部の管孔の広さの変化は極めて少ない。

(iii) 絹糸腺重、管孔の大きさ（圧糸部）及繊維の太さとの関係

各品種毎に熟蚕期に於ける絹糸腺を抽出し腺重、水分、乾物量、フィブロイン及セリシン物質の含有割合を求め、更に前出表の結果から圧糸部の広さ、形、繊維の最太部の太さ及ラウジネス等の間の関係を求めて次の結果を得た。

第五表 絹糸腺重、圧糸孔の広さ及繊維の太さとの関係

番号	品 種	絹糸腺重 (Sw) g	水分率 %	乾物量 %	F 量 %	S 量 %	圧糸部の Pa/Sw の Pa × 10 ⁻³ μ ²	最大繊維 径 (dm) dm	ラウジネスの 状 態		
1	青 白	0.7419	74.8	25.2	58.4	41.6	1120	3.18	4.29	無 い	
2	3 眠 蚕	1.076	72.2	27.8	61.6	38.4	772	0.715	2.19	2.015	僅かある
3	欧 16 号	1.058	74.4	25.6	59.5	40.5	877	0.828	2.49	2.355	極めて少ない
4	支 16 号	0.888	74.3	25.7	58.6	41.4	912	1.025	2.59	2.920	無 い
5	家蚕×桑蚕	1.019	74.5	25.5	59.8	40.2	835	0.819	2.37	2.33	無 い
6	テグス蚕	1.168	72.5	27.5	59.8	40.2	1140	0.983	3.24	2.79	無 い
7	支17号ラ少区	1.732	74.0	26.0	61.3	39.0	1541	0.890	2.38	1.375	僅かある
8	支17号ラ多区	1.232	76.8	23.2	63.3	36.7	757	0.614	2.15	1.745	極めて多い
9	支 4 号	0.9402	73.2	26.7	61.0	39.0	1220	1.295	3.46	3.680	稍多い
10	欧 18 号	1.187	74.4	25.6	57.8	42.2	885	0.749	2.51	2.125	極めて多い
11	日 1 1 2 号	0.953	74.2	25.8	58.2	41.8	1035	1.085	2.94	3.090	稍多い

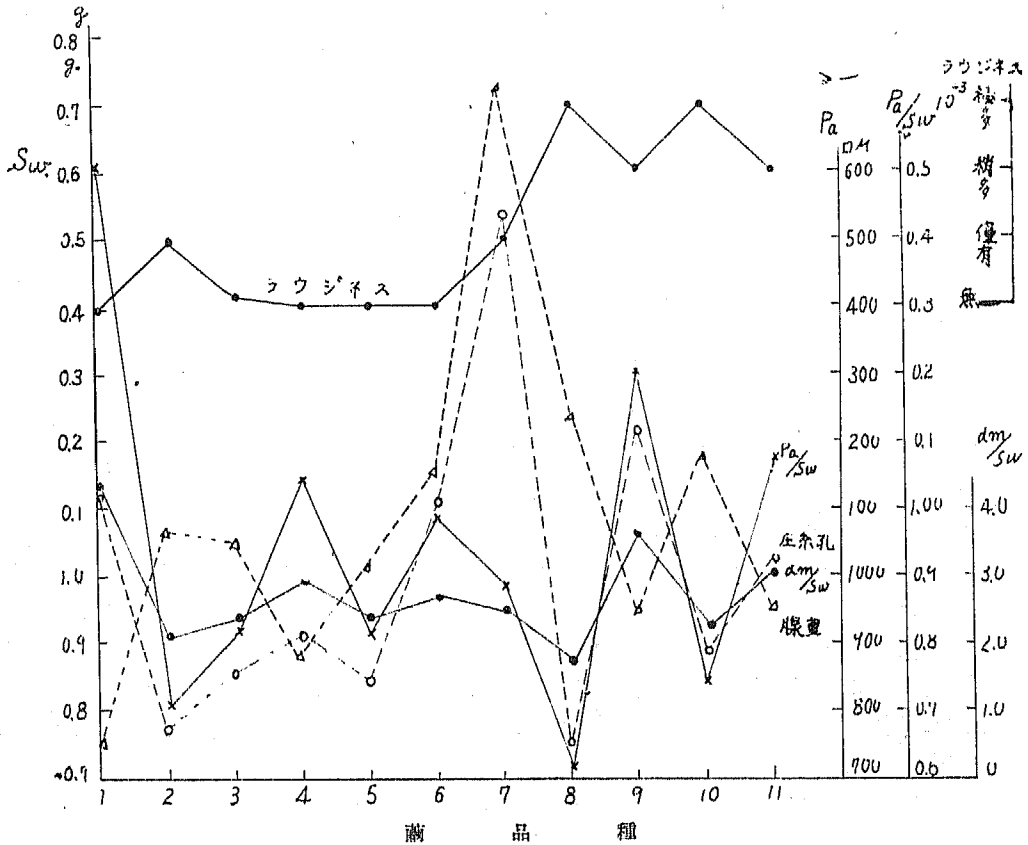
備考 F量……フィブロイン乾量、S量……セリシン乾量

Pa……固定後の管孔の広さを基にして収縮率を考慮して算出した生体内（吐糸続行時の）管孔の広さ

此の様にSw, 水分率, Pa, dm, Pa/Sw及dm/Sw等を測定して見ると其等の間に存する関連性は、

区々である。即ち図示すると第5図の通りである

第二図 品種別 Sw, Pa, Pa/Sw, dm/Sw及ラウジネスとの関係



第2図によつて明かな様に吐糸繊維の太さは腺重 (Sw) よりも管孔 (Pa) の広さに大きく支配されている。(注…腺重は蚕体の大きさと密接な関係がある) 又 Pa/Sw が小さいことは繊維の太さが細くなると同時に液状絹が圧糸部通過に際して側面から強く圧迫を受けるために強い褶動摩擦を受け液状絹は大きく引伸ばされ其のためにミセル配列は良化する。第2図に於て品種毎のラウジネスの発現性の相異を見ると Pa/Sw の値の小さい区に於て顯著にラウジネスを現わしており、以上の推定の正しいことが明かである。即ちラウジネスのある3眠蚕、支17号ラ多区、欧18号等の繊維は例外なく上の推定に一致している。其のうち支17号は本学部山口氏によつて数代に亘つてラウジネスの系統淘汰を行われたもので同一品種内に於て以上の様に顯著な相異を示していることは今後の此の方面の研究に多大の示唆をあたえるものと考えらる。

摘 要

以上の実験を要約すると次の様になる。

1. 吐糸繊維の1d当りの横断面積は品種により差があり、最太105.3 μ^2 、最細83.4 μ^2 平均95.5 μ^2 を示した。
2. 吐糸繊維の収縮率と圧糸部の収縮率としては前者大きく原形の71.6%の収縮を示すに対して後者は63.1%の収縮を示した。

3. 吐糸繊維の断面積と圧糸部管孔の断面積との間には略々平行的の關係が認められる。
4. 繭糸の生成に當り其の形態及大きさを決定する第一義的な因子は圧糸部の広さ及形態であり、第2義的な因子としては液状絹量、腺内圧、牽引速度及液状絹の熟度等があげられる。
5. Pa/Sw , dm/Sw 及圧糸孔の広さとラウジネスの発現性との間には密接な關係が認められ、今後此の方面の研究の上に興味ある示唆をあたえる。(27.6)

引用文献

1. 三浦英太郎(1922)“蚕繭論”
2. 萩原 清治(1938) 蚕糸学雑誌 VOL. 10, No. 3,
3. SNODGRASS, R. E., (1935) "Principle of Insect Morphology"
4. 田中 義麿(1938)“蚕体解剖学講義”
5. 金沢 勇(1933) 蚕糸学雑誌 VOL. 6, No. 2,
6. 中島 茂(1941) 宮崎高農学術報告 12,
7. 萩原 清治(1941) 日本蚕糸学雑誌 Vol. 12, No. 4,
8. 萩原 清治(1936) 蚕糸界報 VOL. 45, No. 529,
9. 萩原 清治(1938) 蚕糸学雑誌 VOL. 11, No. 2,
10. 萩原 清治(1952) 信州大学紀要 No. 2, 繊維学部 Series B,
11. 9 同じ
12. 萩原 清治(1951) 日本蚕糸学雑誌寄稿中
13. 萩原 清治(1936) 日本蚕糸学雑誌 VOL. 7, No. 3,
同 (1943) 蚕糸学雑誌 VOL. 14, No. 3,
14. 萩原 清治(1952) 信州大学紀要 No. 2, 繊維学部 Series B,
15. 萩原 清治(14)に同じ

Summary

This reports deals with the writers' research on the relation of the shape and size of the cocoon fiber to the shape and the width of the spinneret and to the weight (or volume) of the silk-gland. From the above experiments, they got the following results.

1. The width of oppressive part of spinneret has a close relation with the sectional area of the cocoon fiber, and also they observed a parallel relation in the changes of both the sizes.

2. The factors to determine the shape and size in the case of formation of cocoon fiber are, as the first essential factors, the shape and the width of oppressive part in the spinneret, and are, as the secondary factors, the weight of liquid silk, the oppression in the silk-gland, the stretching velocity and ratio in the case of cocoon spinning, and the maturing degree of the liquid silk in the silk-gland.

3. The relation of the origination of lousiness with Pa/Sw , dm/Sw and with the size of pressing tube in the spinneret is close, and the above fact gives a very important suggestion on the research of the formation of the lousiness.

(Laboratory of The Filature Materials of the Faculty of Textile and Sericulture,
Shinshu University. Ueda, Japan)