

繭 の 真 空 乾 燥*

瀬尾康久**・相良泰行**・森嶋 博**・

細川 明***・宮沢津多登****

Vacuum Drying of Silkworm Cocoons*
 Yasuhisa SEO**, Yasuyuki SAGARA**,
 Hiroshi MORISHIMA**, Akira HOSOKAWA***,
 Tsutato MIYAZAWA****

[Keyword] drying, vacuum drying, raw silk, silkworm cocoon,
 moisture content

I はじめに

繭は日数を経ると中の蛹が発蛾し、またあるものは寄生している蛆が出て、繭に孔をあけ繰糸ができなくなるため、殺蛹が必要である。殺蛹後は高水分の蛹は黒変し腐敗しやすく、繭層（糸の部分）の汚染を招く。このような発蛾・出蛆やカビ・腐敗を防止し、季節的な生産物である繭を、年間を通して繰糸を可能にするための処理が乾燥である。長期にわたり繭を保蔵するためには、蛹体の含水率を約12% d.b. まで乾燥する必要がある¹⁾。

現在、繭の乾燥には熱風が用いられている。熱風は乾燥初期は温度を高くし、以後温度を下げていくのが一般的で、工業的には130℃から60℃の温度が使われている。乾燥に用いる時間は約6時間である。

しかし、このように熱風を用いて乾燥した繭から繰糸される生糸は、生繰りと呼ばれる生繭から繰糸される生糸に比べて、糸が黄色味を帯びる、伸縮性とほしいなどの欠点があるといわれている。現在でも、少量ながら繭の一部は生繰りされているが、工業的には、発蛾のために生繰りされる量には限度がある。

そこで、本研究は工業的に現在の熱風乾燥よりも、品質的にもっと生繰りに近い生糸を得ることを目的として、真空乾燥法を用いた繭の乾燥を行った。

II 実験装置および実験方法

実験装置を写真1に示した。真空チャンバは内径490mm×長さ1055mmの鉄製タンクである。このチャンバの中に5段の網の棚を設け、生繭で最高5kg程度収容できるようにしている。

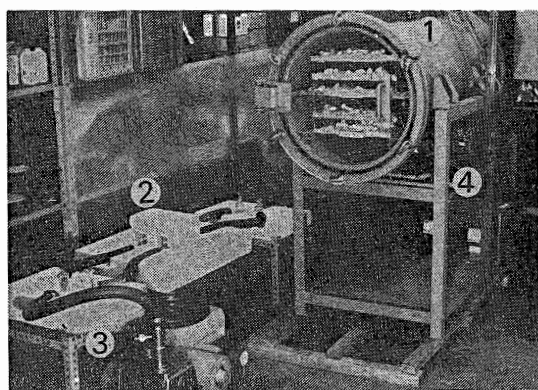


写真1 実験装置

Photo. 1 Experimental apparatus

使用した真空ポンプの排気量は180l/minで、乾燥実験中のチャンバ内圧力は15~130Pa(約0.1~1Torr)であった。圧力の測定にはマクレオード真空計を使用した。

繭から蒸発した水蒸気を捕集するためのコールドトラップには、ジャーの中でアルコールに浸したドライアイスを用いた。

* 昭和59年4月 農業機械学会(東京)にて講演

** 東京大学農学部(〒113 東京都文京区弥生 ☎03-812-2111)
Faculty of Agriculture, Univ. of Tokyo, Tokyo*** 宇都宮大学農学部 Faculty of Agriculture, Univ. of
Utsunomiya, Utsunomiya**** 片倉工業株式会社 Katakura Industries Co., LTD,
Tokyo

この真空チャンバでの乾燥実験には1 kgから5 kgの生繭を供試し、乾燥に際してはヒータ等で加熱は行わなかった。重量測定は、測定毎に真空を破壊して繭を取り出し、ハカリで行った。

乾燥は乾燥歩合（初期重量に対する重量百分率）が43%前後になるまで行い、終了後は、乾燥した繭の繰糸試験と生糸の品質検査を行った。

一方、真空加熱乾燥試験は、真空凍結乾燥に使用しているチャンバ²⁾で行った。この場合、繭の供試量は約60 gと少なかったため、乾燥した繭の繰糸試験および品質検査は行わなかった。

加熱は片面輻射加熱で、熱電対でヒータをコントロールすることによって、繭の加熱表面温度が所定の温度になるようにした。

実験中のチャンバ内圧力は約 10~25Pa (約0.1~0.2 Torr) であった。繭の重量変化はトランスデューサにより検出し記録した。

繭の初期および乾燥終了後の水分は、105°C、24時間の炉乾法により測定した。

III 実験結果および考察

図1は、繭の供試量による乾燥のちがいをみたものである。一つの棚には約1 kgの繭をのせることができる。したがって、3 kgの場合は3段、5 kgの場合には5段の棚を使用した。図から分るように、供試量が多いほど、乾燥の進行が遅くなっている。

そこで、このような違いが何に原因するのか調べたのが、次の図2、3である。

図2は、約6 cm間隔の5段の網の棚上に約1 kgの繭をのせて乾燥させたときの、各棚上の繭の乾燥速度をみたものである。

乾燥の初期において、最上段と最下段の棚が、中間の

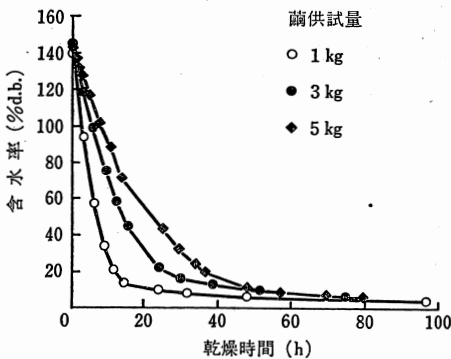


図1 繭供試量による乾燥の違い
Fig. 1 Drying with different sample weights

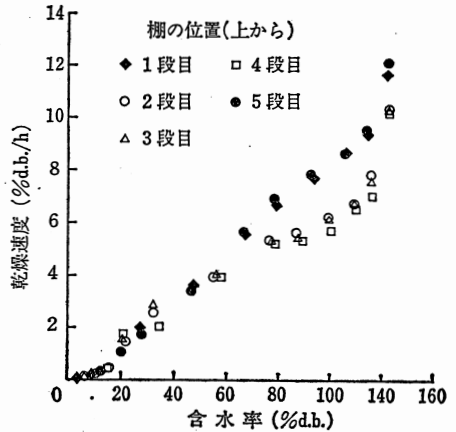


図2 棚の位置による乾燥の違い
Fig. 2 Drying on different shelves

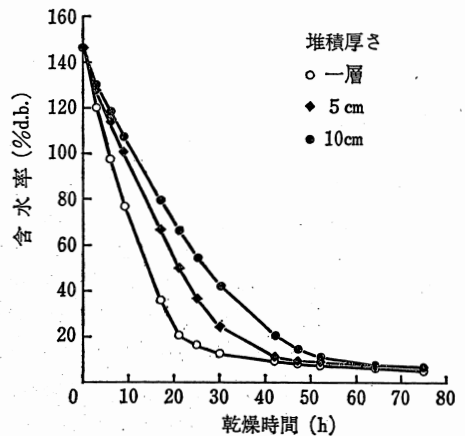


図3 堆積厚さによる乾燥の違い
Fig. 3 Drying with different bed layer thicknesses of cocoons

棚よりも乾燥が速いことが分る。これは、室温(約21°C)に等しいタンク壁からの熱輻射が、中間の棚では一番上と下の棚でさえぎられるためと考えられる。

図3は、同じ重量(1 kg)の繭をとり層厚さを変えて乾燥させたときの、含水率変化をみたものである。繭一層の厚みは2~2.5 cmである。

層が厚くなるほど乾燥が遅くなっている。

ヒータ等で加熱せず、乾燥歩合43%まで真空乾燥した繭の繰糸試験と生糸検査の結果を対照区と比較したのが表1である。

使用した蚕品種は太平×長安である。対照区は130°C→100°C→80°C→60°Cの熱風を使って、5時間乾燥したものである。乾燥歩合はやはり43%であった。

繰糸試験の結果から、真空乾燥した繭は解舒が向上

表1 真空乾燥した繭の繰糸試験と生糸検査

繰糸試験							
	繭糸長 (m)	解舒糸長 (m)	解舒率 (%)	糸歩 (%)	索緒効率 (%)	揚り繭	糸故障
真空乾燥	1196	999	83.5	44.5	87.9	3.6	2.3
対照区	1168	904	77.4	44.7	83.6	3.8	0.9
生糸検査							
	節 点	強力(g)	伸度(%)	練減率(%)			
真空乾燥	97.5	4.08	23.3	23.6			
対 照 区	98.4	3.86	21.0	24.3			

し、糸のはぐれがよくなり、索緒効率も向上することが知られる。その反面、解舒がよくなったことから、糸故障の発生が多くなっている。

生糸検査からは、生糸の伸度がかなり向上し、弾力性に富んだ生糸が得られることが分る。また、練減率が減少している。これは、繰糸作業中にセリシンの流失が増加するため、製品になってからの練減が少なくなる傾向があることを示しているといえる。

これらのことから、真空乾燥をすることによって、現在の熱風乾燥によるものより、生繰りされた生糸に近い品質のものが得られることが示された。したがって、真空乾燥された繭の煮繭、索抄緒等の作業も生繭と同様の取扱いをする必要があるものと思われる。

一方、真空乾燥においても、乾燥時間を考慮すると、積極的にヒータ等で加熱を行わないと実用的とはいえない。

図4と図5に、真空中で片面輻射加熱したときの、繭の乾燥特性を示した。図中に示した温度は、輻射加熱される側の繭の表面温度である。実験中は、この温度が一定になるように、加熱ヒータをコントロールした。ヒータにはニクロム線を使用した。

この実験に繭の初期水分は約60%w. b.であった。

図4の水分比 $(M - M_e) / (M_0 - M_e)$ における M_0 は初期水分、 M_e は後述する図7における最終含水率である。90°Cと100°Cの場合を除いて、各温度間には乾燥効果

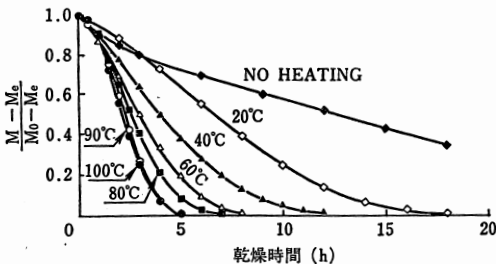


図4 異なる加熱温度における乾燥
Fig. 4 Drying at different heating temperatures

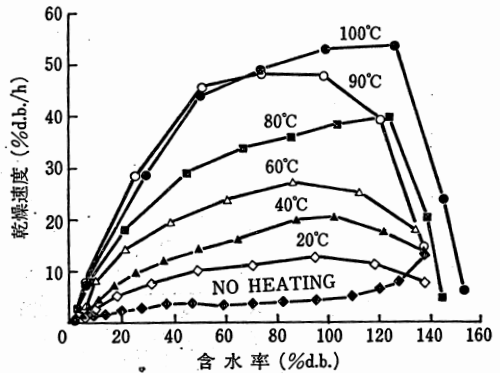


図5 異なる加熱温度における乾燥特性曲線
Fig. 5 Drying characteristic curves at different heating temperatures

の差が明らかであるといえる。NO HEATING の場合、繭の温度は-10°C~-5°Cであった。

図5の乾燥特性曲線における乾燥初期の乾燥速度の上昇は、設定表面温度に達するまでの、繭の温度上昇によるものである。

図6に繭の加熱側表面を60°Cに保ったときの、繭の内側と底面側の表面温度を示した。

加熱側とその反対側では10°C以上の温度差がみられる。温度差を無くし均一な乾燥を行うことや、乾燥時間を短くすることなどから、実用的には、両面からの加熱が望ましいと考えられる。

図7に、図4、5の加熱温度に対応した乾燥における加熱表面温度と繭の最終含水率の関係を示した。最終含水率は、記録している重量変化曲線上で、重量変化が認められなくなった状態の含水率を測定して決定した。一番低い温度でのプロットは、NO HEATING に対応する。

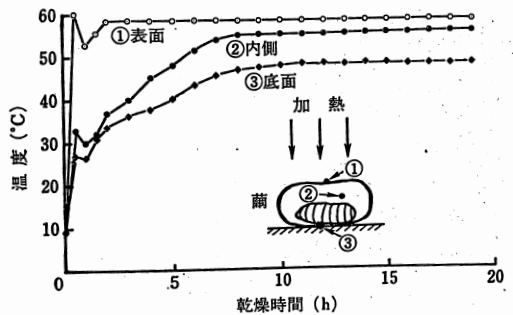


図6 加熱されている繭の各点での温度
Fig. 6 Temperatures at different positions of a heated cocoon by radiation during vacuum drying

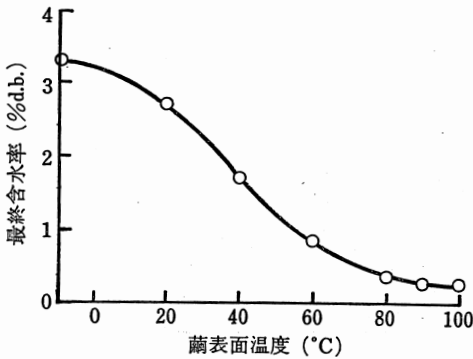


図7 加熱表面温度と最終含水率の関係
Fig. 7 Relationship between the heating temperature and the final moisture content of cocoons

80°C以上では、最終含水率はほぼ一定になり、そのときの含水率は0.2~0.3% d. b. であった。

表2に、乾燥歩合が42, 43, 44%の場合について、乾燥表面温度に対する必要乾燥時間とそのときの含水率を示した。

含水率をみると、いずれの乾燥歩合に対しても、目標とした12% d. b. に比べると、かなり乾燥し過ぎた結果となった。現在でも、入荷した繭の乾燥歩合の決定は、経験的な方法によることが多いが、仕上り水分の合理的な予測法を検討することは、経済的な面からも必要と思われる。

真空乾燥のメリットとする、比較的低温で乾燥するということからすると、できるだけ低い温度で乾燥することが望ましい。しかし、この場合乾燥時間が問題となる。

表2 各乾燥歩合における繭加熱温度と乾燥時間

繭表面温度(°C)	乾燥歩合					
	42%		43%		44%	
	乾燥時間(h)	含水率(%d.b.)	乾燥時間(h)	含水率(%d.b.)	乾燥時間(h)	含水率(%d.b.)
NO HEATING	—	—	40.6	5.1	36.5	7.5
20	—	—	17.8	5.6	15.7	8.1
40	15.0	2.6	11.8	5.1	10.3	7.5
60	9.0	2.1	7.5	4.6	7.0	7.0
80	6.2	3.4	5.7	5.6	5.4	8.3
90	5.0	2.9	4.4	5.4	4.2	7.8
100	4.3	6.7	4.1	9.3	3.9	11.8

表2における乾燥時間は、両面からの輻射乾燥を行うことによって、かなり短縮可能と思われる。現在の熱風乾燥に要する時間を考慮すれば、40°Cから80°Cの繭表面温度であれば、真空乾燥では、十分実用的な乾燥が可能と考えられる。

したがって、熱風乾燥に比べれば、かなり低い温度で乾燥できることになり、生糸の品質の面からも、熱風乾燥の場合よりも、かなり改善されることが期待できると考えられる。

今後の主な課題として、両面からの輻射加熱の場合の乾燥特性を調べることと、その時の乾燥温度(繭表面温度)と生糸の品質との関連を検討することなどが残されている。

IV 摘要

品質の高い生糸を得ることを目的として、現在の熱風による繭の乾燥を、真空乾燥法によって乾燥することを考え実験を行った。実験の結果は次のように要約される。

1. 真空乾燥により繭の解舒、索緒効率が向上したが、糸故障の発生が増加した(表1)。
2. 真空乾燥により、生糸の伸度がかなり向上し、弾力に富んだ生糸が得られることが確められた(表1)。
3. 片面輻射加熱による真空乾燥を行い、乾燥温度に対する、必要乾燥時間を求めた(表2)。この結果から、両面輻射加熱により、40°Cから80°Cの繭表面加熱で、工業的に真空乾燥が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 鈴木三郎:製糸学, アヅミ書房, 1965, p.31
 - 2) 相良泰行・細川 明:試作した凍結装置の特性と牛肉乾燥の一事例, 農業機械学会誌, 38(2), 1976, p.226
- (原稿受理昭和59年8月30日・質問期限昭和60年8月31日)