

絹 Fibroin 의 酵素分解에 關한 研究 II

—繭層部位別 Fibroin 分解率 差異와 繭絲物性과의 關係—

*李 龍雨, **崔 炳熙, *宋 基彦, **南 重熙

* 農村振興廳 蠶業試驗場

** 서울大學校 農科大學

The Studies on Hydrolysis of the Silk Fibroin by Proteolytic Enzyme,
Bombyx mori

II. Relation between the Fibroin Hydrolysis of Different Cocoon Layers and Physical Property of Silk Fiber

*Y.W. Lee, **B.H. Choe, *K.E. Song and **J.H. Nahm

* Sericultural Experiment Station, O.R.D.

** College of Agriculture, S.N.U.

Summary

The study was carried out to investigate the variations in the fibroin hydrolysis of different cocoon shell layers, and the relationship between the hydrolysis and silk physical property.

The obtained results are as follows:

1. The fibroin hydrolyzing ratio was highest at the inner layer of cocoon shell and, next in order, at the middle layer and at the outer layer.
2. The fibroin hydrolyzing ratio of abnormal cocoons was higher than normal cocoon and it was different among them, the highest was double cocoon, thin shell cocoon and perforated cocoon in order.
3. The sericin content and fibroin hydrolyzing ratio of Jam 111 and Jam 112 was higher than that of Jam 111 X Jam 112.
4. The fibroin hydrolyzing ratio of the cocoons fed with the artificial diets was increased at the inner layer. The sericin content of those lessened at the inner layer, however, it slightly increased at the most inner layer more than at the inner layer.
5. The breaking strength of the degummed silk fibre of different cocoon layers was reduced at the inner layer. The breaking strength of abnormal silk fibre was less than that of normal silk fibre.
6. A negative correlation ($r = -0.8$) was approved between fibroin hydrolyzing ratio and breaking strength of silk fibre, and the regression line was $Y = -0.29x + 5.07$.

I, 緒 言

누에고치 落緒의 出現頻도는 고치의 內外層에 따라서 差異가 있으나 一般적으로 外層部보다 內層部로 갈수록 그 頻도가 많다.

그러나 原料蠶에 따라서는 外層部에서 많은 것과 中層部에서 약간 많은 것도 있는데 落緒에 出現原因에 對하여는 外層部の 落緒는 異狀繭絲가, 內層部の 落緒는 繭絲纖도가 關係되는 것으로 생각되어 왔으나 最近에는 이들 原因外에도 繭層部別 fibroin의 質 特別 結晶性的 差異에 起因되는 것으로 推測되고 있다. 따라서 이와 關聯된 研究結果를 보면 桑原⁷⁾(1968)는 稀酸加水分解法으로 家蠶繭의 毛羽部分 및 繭層의 微細構造인 fibroin의 結晶성을 調査한 結果, 上簇時의 高溫多濕 處理區에 있어서 毛羽部分의 結晶성이 低下되는 것은 營繭時의 延伸活動이 不充分하여 fibroin 分子 配列이 不良하게 되기 때문인 것으로 報告하였고, 加藤⁶⁾(1968)는 同一方法으로 繭層部別 結晶성을 調査한 結果 結晶領域量은 繭綿에서 가장 적었고 그 다음이 最內層이며, 外層에서 內層까지에서의 各繭層部別에 따라서는 有意差를 認定할 수 없다고 하였으며, 鹽崎¹²⁾(1969) 역시 稀酸加水分解法으로 繭絲 fibroin의 微細構造를 結晶性 및 非結晶性 部分으로 區分하고 amino 酸 分布를 調査한 結果 glycine 및 alanine은 非結晶性部分에 적고 結晶性部分에 많지만 그 差異는 크지 않다고 하였다.

한편 蒲生¹⁾(1971) 등은 繭層 fibroin의 結晶성을 蛋白分解 酵素에 의한 分解比率로 定하고, 分解率이 높고 낮은 蠶品種別로 區分하여 2~3 世代의 選拔試驗을 行한 結果, 蠶品種에 따라서 fibroin 分解率의 差異가 있었으며 蠶品種間에 fibroin 分解率의 差異는 遺傳的 變異에 由來한다고 하였고, 一場³⁾(1971) 역시 同一方法으로 fibroin 分解率을 調査한 結果 fibroin 分解率은 吐絲直後에 繭絲의 乾燥狀態보다 吐絲行動 및 速度 등에 따라서 더 큰 影響을 받는다고 하였으며 이와 關聯하여 坂口¹¹⁾(1973)는 熟蠶을 農藥(DDT, BHC)에 接觸시켜 얻은 異狀繭絲 및 不良繭絲의 結晶성에 對하여 試驗한 結果, 異狀部分의 複屈折 配列度 및 結晶化度 등은 正常部에 比하여 顯著히 낮다고 報告하였다.

以上の 研究結果를 토대로 本 實驗에서는 各種고치의 繭層部別 fibroin 分解率의 差異 및 繭絲物性과의 關係를 究明코자 異狀蛹繭 및 人工飼料育蠶繭과 2 個 原種과 그 交雜種에 對하여 繭層 fibroin의 酵素分解率을 調査하는 同時에 이들 고치의 繭層部別 fibroin 分解率의 差異와 繭絲의 切斷 強力과의 關係도 檢討하였다.

II, 材料 및 方法

異狀蛹繭은 1974年度 春蠶繭中에서 選別한 死籠繭, 薄皮繭, 穴明繭, 玉繭과 原種은 蠶 111, 蠶 112, 交雜種은 蠶 111×蠶 112를 各各 供試材料로 하였고 人工飼料育蠶繭은 給與人工飼料의 含有成分 및 飼育方法에 따라 5 個 處理區로 區分하였으니 T_1 區: sucrose 含量 10%, T_2 區: sucros 含量 8%, T_3 區: T_2 에 脂溶性 vitamin을 添加, T_4 區: T_2 에 methionine을 添加한 것이고 其他 成分은 各區 共히 同一한 造成의 人工飼料로서 各各 全齡을 飼育한 것이며 對照區인 M_0 는 1~3 齡은 人工飼料育으로 한 後 4~5 齡은 桑葉育을 한 누에고치이다.

繭絲의 切斷 強力은 各 供試繭을 一粒線絲하여 繭層部別로, 精繭은 繭絲長에 따라 外層에서 內層까지를 5 等分하고 異狀蛹繭은 3 等分하여 얻은 各 繭絲를 1,600本으로 合하여 Serigraph (200 回用) 試料로 하였다.

Fibroin의 酵素分解率의 測定은 前報⁸⁾의 精練方法에 따라서 Sericin이 除去된 繭層 fibroin을 Pronase-p로 40°C에서 24時間 分解시켜 溶出된 Protein量을 Lowry의 方法⁹⁾에 따라서 定量한 後 分解溶出된 fibroin量으로 換算하였다.

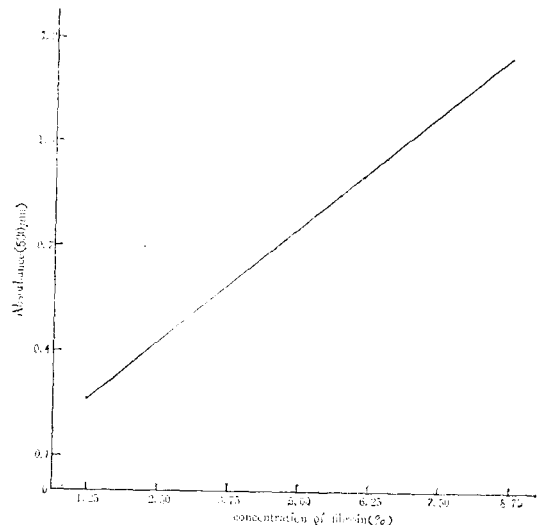


Fig. 1 Standard absorption spectrum curve of the known fibroin weight.

III, 試驗結果 및 考察

1. 各種 고치의 繭層部別 Fibroin 酵素 分解率의 差異

各種 繭의 繭層部別 Fibroin의 酵素分解率은 Fig. 2에서와 같이 一般적으로 外層에서 內層으로 갈수록 增

加하였는데 이것은 吐絲速度 및 吐絲行動과 같은 누에의 生態의 性質이 內外繭層에 對하여 分解率의 差異를 가져온 것으로 생각된다.

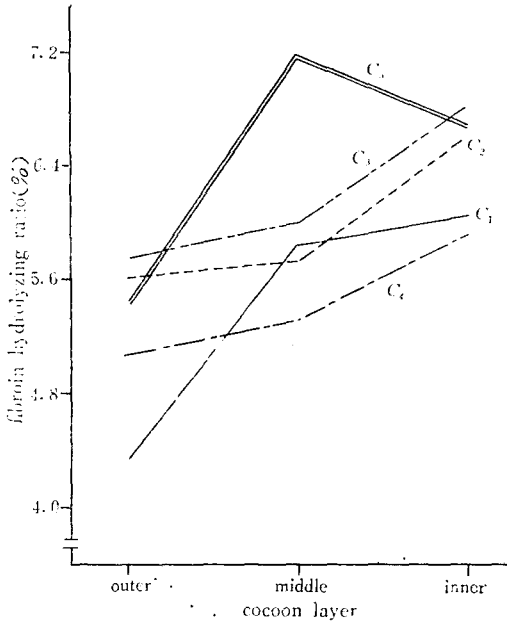


Fig. 2 The hydrolyzing ratio of the fibroin isolated from abnormal cocoon shell layer

Notice: C₁: control (normal cocoon)
 C₂: dead pupa cocoon
 C₃: thin shell cocoon
 C₄: perforated cocoon
 C₅: double cocoon

즉 內層部의 繭絲를 吐絲할 때 蠶體는 縮少되어 吐絲行動 範圍가 작아지며 이때 吐絲速度는 가장 늦기 때문에 吐絲速度가 늦어지는 만큼 fibroin의 結晶化 및 配列이 不充分하게 되어 內層部의 fibroin은 높은 分解率을 나타내는 것으로 推測된다.

한편 玉繭, 薄皮繭 및 死繭等은 fibroin의 分解率이 精繭에 比하여 높고 穴明繭은 精繭과 같은 水準이 있는데 이와같이 異狀繭이 精繭에 比하여 fibroin의 分解率이 높은 것은 坂¹¹⁾(1973)가 報告한 바와 같이 吐絲 營繭中 異狀繭絲部分이 많이 發生하기 때문인 것으로 그 發生原因을 보면

첫째로 繭絲腺內壓에 依하여 液狀繭이 壓出되지만 이때 頭部의 橫幅運動에 依한 延伸作用이 一時 中止되거나 아주 적게되어 延伸作用과 液狀繭의 壓出量이 一致하지 않는 境遇와

둘째는 背筋의 收縮이 없는 境遇에는 管孔의 擴大가 일어나지 않으므로 偏平狀이 되는 것으로 思料된다.

이와같은 原因으로 發生된 異狀繭絲部分은 正常繭絲部分에 比하여 複屈折, 結晶化度 및 配列度는 모두 작

고¹¹⁾ 纖維의 微細構造가 不規則的으로 되어 있기 때문에 fibroin이 酵素分解에 對하여 抵抗性이 작아서 分解率이 높아진 것으로 생각된다.

異狀繭의 sericin 含有率은 Table 1에서와 같이 死繭繭 및 薄皮繭은 精繭에 比하여 약간 적거나 같은 水準이었으나 穴明繭 및 玉繭은 精繭의 26.7%에 比하여 2.1% 및 1.2%가 各各 높은 값을 보이었으며, 繭層部位別에 따라서는 外層은 顯著히 높아 34.0% 以上이었고 中層은 平均 24.9%이었으며 內層은 22.3%로서 精繭의 內層에 比하여 높은 傾向이었다. 이것은 異狀繭을 만들 때 누에가 sericin 含有率이 적은 內層에 該當하는 繭絲를 完全히 吐絲하지 못했기 때문인 것으로 推測된다.

Table 1. The sericin content of the cocoon layer obtained from abnormal cocoons

abnormal cocoon	cocoon layer			
	outer (%)	middle (%)	inner (%)	mean (%)
control (normal cocoon)	34.0	24.8	21.2	26.7
dead pupa cocoon	32.6	23.8	21.4	25.9
thin shell cocoon	33.4	24.1	21.6	26.4
perforated cocoon	35.6	26.9	24.0	28.8
double cocoon	36.0	24.6	22.2	27.9

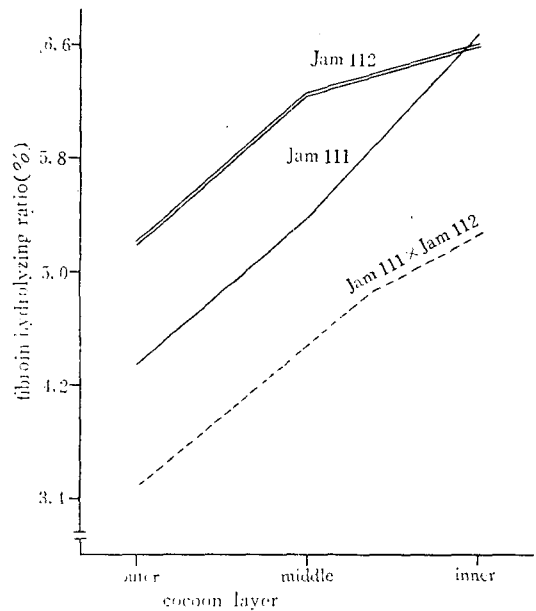


Fig. 3 The hydrolyzing ratio of the fibroin isolated from each cocoon layer of Jam 111, Jam 112 and Jam 111 x Jam 112

原種인 蠶 111 및 蠶 112와 交雜種인 蠶 111X蠶 112

와의 fibroin 分解率의 差異는 Fig. 3 에서와 같이 蠶111 X 蠶 112가 蠶 111 및 蠶 112 보다 分解率이 낮고 繭層 部位別로는 內層으로 갈수록 分解率이 增加되었는데 이러한 差異가 遺傳的인가에 對하여는 앞으로 繼續 檢 討할 餘地가 있다고 생각된다.

Sericin 含有率은 Fig. 4 에서와 같이 原種 및 交雜種 모두 外層에서 顯著히 높은 값을 보였고, 內層으로 갈 수록 減少되었는데 이 減少現狀은 交雜種에서 特히 顯 著하였다.

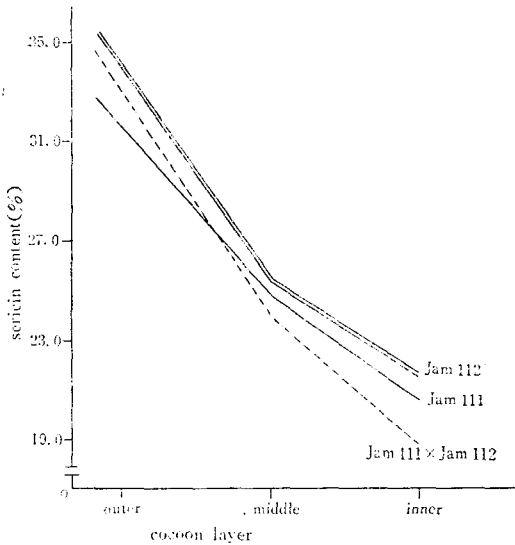


Fig. 4 The sericin content of each cocoon shell layer obtained from Jam 111, Jam 112 and Jam 111 x Jam 112

原種의 sericin 含有率은 系統別로 差異가 없다는 報 告¹⁰⁾가 있으나 蠶 111 이 蠶 112 보다 약간 含有率이 적 게 나타난 것은 1個 品種만의 比較로서 系統間의 差 異라고 볼 수는 없다고 생각된다.

Table 2. The sericin content of the cocoon layers obtained from the cocoon fed with various artificial diets.

kinds of artificial diet	cocoon layer				mean (%)
	outer(%)	middle(%)	inner(%)	most inner(%)	
T_1	35.0	26.6	22.6	23.2	26.85
T_2	34.4	26.0	22.8	23.6	26.70
T_3	34.2	25.4	21.4	23.8	26.20
T_4	34.8	25.0	21.6	22.6	26.00
M_0	35.0	24.8	21.0	23.3	26.05
mean	34.68	25.56	21.88	23.30	

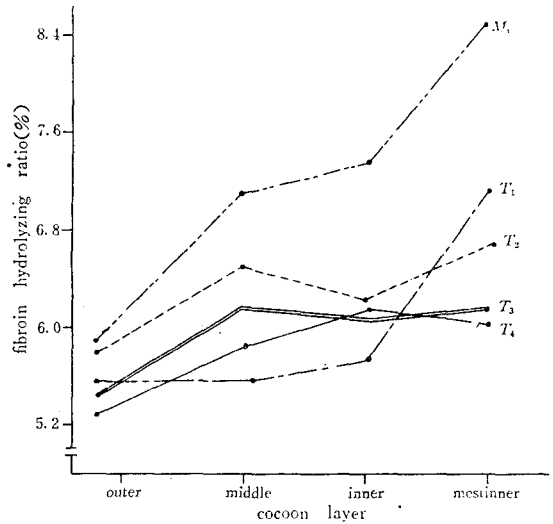


Fig. 5 The hydrolyzing ratio of the fibroin isolated from the cocoons fed with various artificial diets.

Notice; T_1 : cocoon fed with the artificial diet containing 10 percent of sucrose

T_2 : cocoon fed with the artificial diet containing 8 per cent of sucrose

T_3 : cocoon fed with the artificial diet containing 8 percent of sucrose and a little of fat soluble vitamins

T_4 : cocoon fed with the artificial diet containing 8 percent of sucrose and a little of methionine

M_0 : cocoon fed with the artificial diet for 1st to 3rd instar and mulberry leaf for 4th to 5th instar.

人工飼料育蠶繭의 fibroin 分解率은 Fig. 5 에서와 같이 4~5 齡 모두 桑葉育蠶繭에 比하여 各繭層別 모두 낮은 값을 보였는데 이것은 前報⁸⁾에서 報告한 바와 같이 누에의 生理的 面에서 考察되어야 할 問題이다.

繭層部位別 fibroin 分解率의 差異에 있어서 外層은 中層 및 內層에 比하여 낮고 最內層이 가장 높은 값을 보였으나 中層 및 內層사이에 큰 差異가 없는 것은 人工飼料育蠶繭의 特徵으로서 앞으로 檢討되어야 할 問題이다.

人工飼料育蠶繭의 Sericin 含有率은 Table 2 에서와 같이 4~5 齡 桑葉育蠶繭보다 中層 및 內層에서 1% 內外 높은 것은 人工飼料育蠶繭이 營蠶時에 sericin 含量이 낮은 內層繭絲를 完全히 吐出하지 못하였기 때문인 것으로 생각된다.

한편 繭層部位別 sericin 含有率이 있어서 最外層이 內層에 比하여 1.5% 內外 높은 것은 기존 報告와 一致하는 傾向이었다.

2. 繭絲 Fibroin 의 酵素分解率과 繭絲物性과의 關係

繭絲 Fibroin 의 酵素分解率과 繭絲物性과의 關係에 있어서 練絹絲의 繭層部位別 切斷 強力을 보면 Fig. 6 에서와 같이 外層에서 內層으로 갈수록 減少되었는데 이것은 fibroin 分解率이 外層에서 內層으로 갈수록 높아지는 現象과 比較하면 負의 關係에 있다. 즉 內層으로 갈수록 蠶體의 吐絲 行動範圍의 縮小와 吐絲速度의 減退等의 原因으로 fibroin 의 微細構造인 結晶性 領域이 減少되므로서 內層練絹絲의 切斷強力이 低下된 것으로 思料된다.

異狀繭絲의 切斷強力은 Fig. 7 에서와 같이 正常繭絲에 比하여 低下되는 傾向이었는데 이것은 病蠶 또는

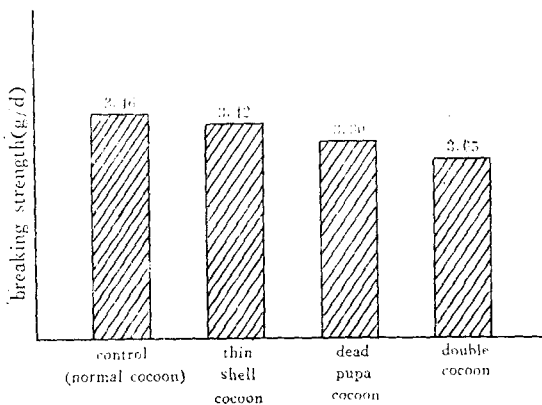


Fig. 6 Changes of breaking strength at linear distance from outside cocoon end.

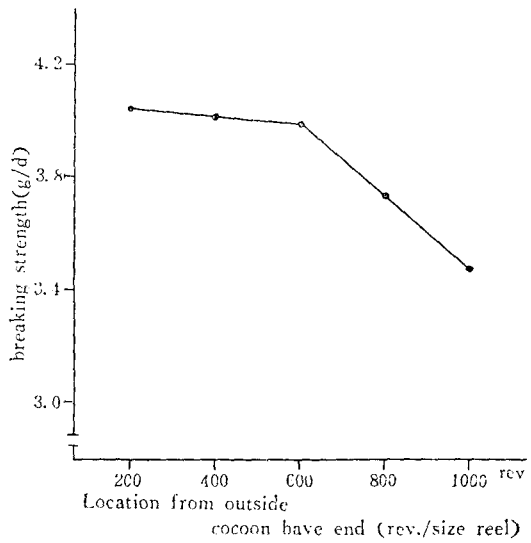


Fig. 7 Breaking strength of silk filament obtained from abnormal cocoons

異狀繭蠶의 吐絲運動이 不規則하게 되므로서 營蠶時球狀, 念珠狀, 소세지狀, 扁平狀 等의 많은 異狀 繭絲部分을 出現¹¹⁾시키게 되어 繭絲의 強力이 低下된 것으로 推測된다.

繭層部位別 fibroin 酵素 分解率과 切斷強力과의 關係를 보면 Fig. 10 에서와 같이 負의 相關($r = -0.80$)이 認定되어 fibroin 分解率이 增加됨에 따라 切斷強力은 減少되었고 그 回歸方程式은 $y = -0.29x + 5.07$ 이었다.

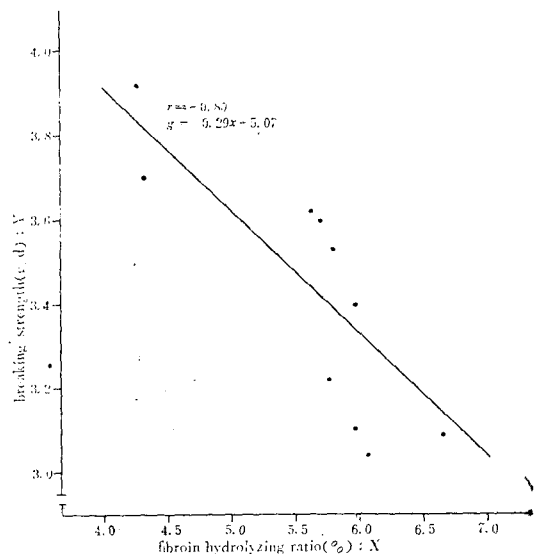


Fig. 8 Correlation between fibroin hydrolyzing ratio and breaking strength of silk filament.

IV. 摘 要

各種 고치의 繭層部位別 fibroin 酵素分解率의 差異 및 繭絲物性과의 關係를 究明코자 試驗하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 各種 고치의 繭層部位別 fibroin 酵素分解率은 外層에서 內層으로 갈수록 높았다.
2. 異狀蛹繭의 繭層部位別 fibroin 分解率은 正常繭에 比하여 높았으며 玉繭>薄皮繭>死籠繭>精繭의 順位를 示하였다.
3. 原種인 蠶111과 蠶112의 fibroin 分解率 및 sericin 含有量은 交雜種인 蠶111×蠶112 보다 높았다.
4. 人工飼料育蠶繭의 繭層部位別 fibroin 의 分解率은 外層보다 內層으로 갈수록 增加되었으며 sericin 含有量은 外層에서 內層으로 갈수록 減少되었으나 最內層에서 약간 增加되는 傾向을 示하였다.
5. 繭層部位別 練絹絲의 切斷強力은 外層에서 內層으로 갈수록 減少되는 傾向이었고 異狀蛹繭의 切斷強力은 精繭에 比하여 低下되었다.
6. 繭層部位別 fibroin 分解率과 繭絲의 切斷強力과는 負의 相關($r = -0.8$)이 認定되고 그 回歸方程式은 $y = -0.29x + 5.07$ 이었다.

引用文獻

- 1) 蒲生卓磨. 一場靜夫. 1971. 家蠶における 繭層纤维分解率의 選抜試驗とその 實用形質への 影響. Japan. J. Breed, Vol. 21. No. 2 : 87~92.
- 2) 蒲生卓磨. 一場靜夫. 宮川千三郎. 1971. 家蠶의

繭層纤维分解率에 對する 上簇溫濕度의 影響. 日蠶雜 40(1) : 42~48.

- 3) 一場靜夫. 蒲生卓磨. 1971. 内外繭層部位による 纤维分解率의 差異. 日蠶雜 40(3) : 22~226.
- 4) Iizuka, E. 1965. Biorheology. 3. 1.
- 5) 飯塚英策. 1967. 絹の 物理化學 4~6.
- 6) 加藤康雄. 荻原應至. 津田純二. 1968. 繭層部位別 繭絲의 結晶領域量と 微細構造について, 製絲網研集 18 : 45~49.
- 7) 桑原昂. 1968. 異狀絹絲에 關する 研究. 日蠶雜. 37(1) : 1~5.
- 8) 李龍雨 外 3人. 1975. 絹 fibroin 의 酵素分解에 關한 研究(I). 韓國蠶絲學會誌 Vol. 17. No. 2.
- 9) Lowry, O.H. No J. Rosebrough A.L. Farr and R.J. Randall. 1951. J. Biol. chem. 193. 265~275.
- 10) 朴光儀 外 2人. 1968. 繭絲量과 關係있는 몇가지 要因에 對하여 韓國蠶絲學會誌 8 : 63~67.
- 11) 坂口育三. 1973. 農藥(DDT, BHC)을 카이코의 熟蠶에 接觸し 吐絲させた 異常絹絲. Japan. SEN-1. GAKKAISHI. Vol. 29. No. 6 : 14~18.
- 12) 嶋崎昭典. 1964. 製絲技術講座(木村眞作 監修) : 89-133.
- 13) 清水正徳 外 3人. 1963. 營繭. 製絲工程などによる 絹絲纤维分解率의 質的變化 II, 製絲網研集 13 : 15~18.
- 14) 鹽崎英樹. 村瀬良一. 1969. 纤维分解率의 纖維의 氨基酸分布에 對하여, 日蠶雜 38(3) : 230~236.