

るに極めて小である。而して之の弾性率は各品種により又各部分により異なるものである。
拙筆に臨んで終始懇篤なる教示を賜りたる林教授に對して謹んで謝意を表す

V. 文 献

三 谷 徹 製絲學 中卷 (930, 938—939)

林 貞 三 日本蠶絲學雜誌、繭絲及生絲の形狀大きに就て 2卷1號 (17—30)

萩 原 清 治

棚 橋 啓 三 絹業試験所報告 第3卷第2號

鈴 木 三 郎

土 御 門 晴 善 絹絲化學 (蠶業講座 95—96)

德 田 實 也 絹絲論 (60—68)

西 田 博 太 郎 織物原料論 (理論應用近世色染法第一編) 392—394

田 角 又 十 郎 蠶絲學雜誌 第4卷第3號 蠶兒絹絲腺の比重に就て (138—139)

Mathews: — Textile fibers (276)

Warren. P. Seem: — Raw silk properties, classification of raw silk, silk throwing (18—21)

Rosenzweig: — Scriverlor, the valuation of raw silk (103—109 155—160)

(昭和七年五月三十日受理)

生絲の物理的性質の研究 (第二報)

生絲の線膨脹係數に就て

窪 田 潤

I. 緒 言

偶々著者は生絲の物理的性質の研究中生絲が溫度に對し一般木材、金屬等が有する性質と著しく異なるものあるに注意し之れが調査を試みてほゞ明かとなすを得たるを以て生絲の線膨脹係數に就てと題してこの小研究の成績を報告しようと思ふ。

II. 理 論

溫度の變化に依つて弾性率の異なる如き物質は至の變化により溫度の變化を伴ふものであることは周知のことである。今斷面積S長さlなる生絲を採り一端を固定し他端にFなる力を加へdQなる熱を與へたとき dlの變化を起せりとせば熱力學第一法則に依り

dQ = du + dW

然るに dW = - 1/J Fdl

なり故に dQ = du - 1/J Fdl(1)

こゝに du は内部エネルギーである。

又 dQ を、F の變數として表はせば

$$dQ = c' dt + h l F \dots\dots\dots(2)$$

(1) 及び (2) 式より

$$c' = \left(\frac{dQ}{dt} \right)_F = \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{1}{J} F \frac{\partial l}{\partial t}$$

$$h = \left(\frac{dQ}{dF} \right)_t = \frac{\partial u}{\partial F} - \frac{1}{J} F \frac{\partial l}{\partial F}$$

を得。

故に

$$\frac{\partial c'}{\partial F} = \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial F} - \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial^2 h}{\partial F \partial t} - \frac{F}{J} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial l}{\partial F} \right)$$

こゝに $\frac{F}{J} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial l}{\partial F} \right)$ は生絲の場合には neglect し得る程度なり。

故に

$$\frac{\partial c'}{\partial F} - \frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t} \dots\dots\dots(3)$$

熱力學第二法則に依れば

$$\frac{dQ}{T} = \frac{c'}{T} dt + \frac{h}{T} dF$$

が完全微分なるべきを以て

$$\frac{\partial}{\partial F} \left(\frac{c'}{T} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{h}{T} \right)$$

即ち

$$\frac{1}{T} \frac{\partial c'}{\partial F} = \frac{1}{T} \frac{\partial h}{\partial t} - \frac{h}{T^2}$$

故に

$$\frac{\partial c'}{\partial F} - \frac{\partial h}{\partial t} = - \frac{h}{T} \dots\dots\dots(4)$$

(3) 及び (4) 式より

$$- \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t} = - \frac{h}{T}$$

故に

$$h = \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t} T \dots\dots\dots(5)$$

(5) 式を (2) 式に代入すれば

$$dQ = c' dt + \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t} T dF$$

然して之の變遷が生絲に急に歪を與へたる結果とせば之は斷熱的現象と見得るであらう。

従つて

$$0 = c' dt + \frac{1}{J} \frac{\partial l}{\partial t} T dF$$

故に

$$dt = - \frac{1}{J} \frac{\left(\frac{\partial l}{\partial t} \right) T}{c'} dF$$

今

$$\frac{\partial l}{\partial t} \frac{1}{l} = \beta$$

とせば

$$\frac{\partial l}{\partial t} = l \beta$$

である此處に β は長さの膨張係數を示すものである、(2) 式に示せる c' は料試生絲の熱容量である故生絲の密度を ρ 比熱を c とせば

$$d' = d's\rho$$

従つて

$$dt = -\frac{1}{J} \frac{\beta T}{c's\rho} dF$$

而して弾性率を E とせば

$$E = \frac{dF}{s} / \frac{dl}{l}$$

又單位長さに對する伸長を de とせば

$$de = \frac{dl}{l}$$

故に

$$dF = E s de$$

従つて

$$dt = -\frac{1}{J} \frac{\beta T E}{c'p} de \dots\dots\dots (6)$$

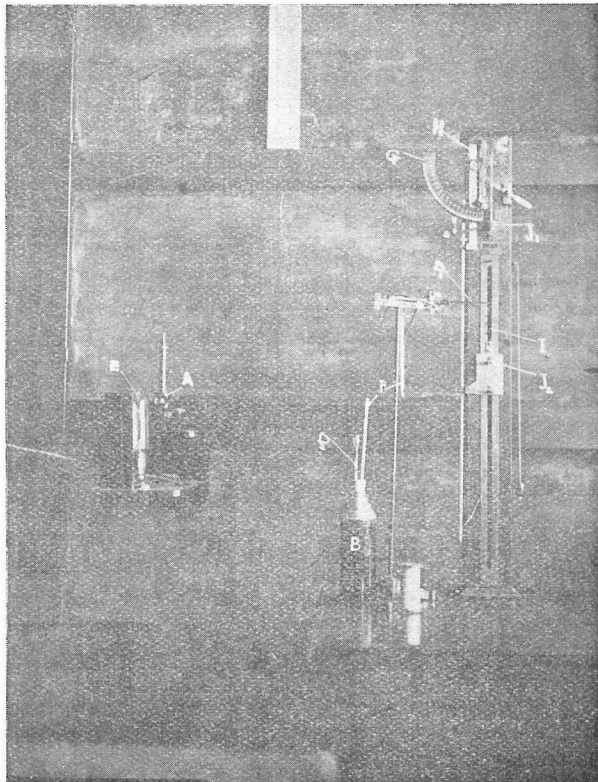
故に若し生絲が延長の爲に温度の下降を起すならば温度の上昇により膨脹し、又延長の爲に温度上昇するならば、温度の上昇に依つて收縮することになる、従て生絲に於て dl の變化を急に與へて之に對する dt の變化を測定すれば膨脹係數 β を容易に求むることが出来る。針金に就て類似の式が得られて居り、Haga 氏の實驗に就ては (Wiedemanns Annalen der Physik 1882年) 實測値と計算値と稍異つてゐたのであつたが、其後 Benton, Anderson, Wassmuth 氏等に依つて測定された結果極めて良く一致することが檢されて居る。

III. 實驗方法及び裝置

生絲に延長を與へてもし温度の變化があるとすれば其は極めて微少のものである、故に此の温度の變化の測定には鋭敏なる thermo-couple を用ひた、又生絲の伸長は serimeter を利用して與へた即ち第一圖に示す如き裝置に依つて de, dt を測定したのである。

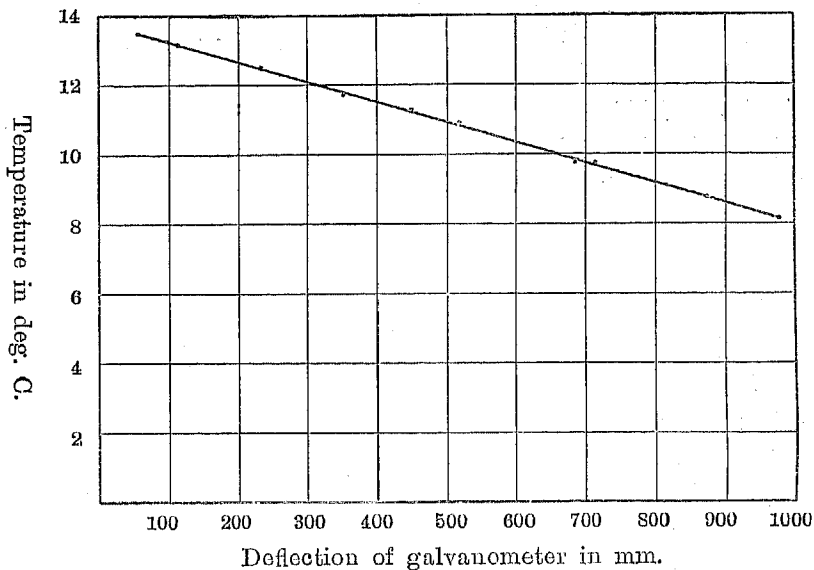
第一圖

- A電流計及鏡
- B魔法瓶
- Cserimeter
- D¹D².....thermo-couple の兩端
- E電球(光源)
- F寒暖計
- G強力目盛板
- H伸度目盛板
- I生絲
- J¹J².....上部糸挾器及下部絲挾器



先づ生絲 I を上部 clip J¹ 及下部 clip J² の間に張り生絲の中央に於て thermo-couple の一端 D¹ を接觸せしめる、此の時 D¹ が生絲を壓する力は 0.02 gr. 平均で最大の時でも 0.08 gr. を出ぬのである。次に下部 clip J² を降下させて生絲に伸長を與へ生絲が一定の伸長を受けた時 J² を停止する、此の調節は伸度目盛板 H でなすのである、もし此の伸長に對する強力を知らうと欲するならば G に依つて容易に讀取ることが出来る。もし生絲が伸長に依つて溫度の變化を來すならば此の溫度に相當した電流が thermo-couple 内に生ずるであらう、其の結果電流計 A は此れに連接してゐる鏡を其の電流に相當しただけ廻轉させる。又光源 E から出た光は鏡によつて反射されておる故鏡の廻轉角に相當した像の移動を起す。此れを鏡の前方に装置してある尺度の上で讀取るときは溫度の昇降の變化を容易に測定することが出来るのである。尙魔法瓶 B には氷と水の混合物を入れ常に攝氏 0° としておき thermo-couple の一端 D² を此中に挿入して置くことが必要である。本装置の thermo-couple の感度は第二圖に示す如く 1°C の變化に對して像の移動が 175mm である故 0.00571°C の變化で 1mm の像の移動が起る、而して $\frac{1}{2}$ mm 位迄讀得るから少くも $\frac{1}{400}$ °C 迄は測定し得る譯である。斯の如く極めて鋭敏故使用に當つては溫濕度の變化なく空氣の移動もなく又振動のない極めて靜かな室に於て、出來得るならば此等の影響を除き得る特別の設備のもとに測定せねばならぬ、殊に測定者の体温の影響が極めて大である故此の點にも注意を要するのである。而して此等の點に對して充分なる注意を拂ひ且極めて靜謐な日を選んで實驗を行つて次の如き結果を得た。

第 二 圖



IV. 實 驗 結 果

本實驗に使用した料試生絲は本校昭和6年度の國蠶支四號×國蠶日一號種である、此の生絲に種々の伸長を急に與へて敏速に溫度の昇降の状態の測定を試みた所明かに其の變化を認めることが出來た、而も生絲は伸長を受ける時は溫度の上昇を來すのであつた。次に各種伸長に對する溫度の上昇状態を掲ぐれば次の如くである。

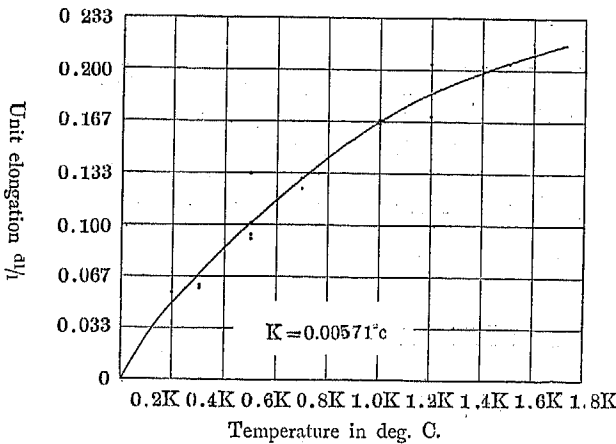
支 四 × 日 一 (15denier)

室内温湿度		生絲に與へた伸長 供試絲長 30cm.		同伸長に對する鏡 像の移動距離m.m.	同を温度に換算 せる値°C
温 度	湿 度	m.m.	%		
10.6°C	77%	8.0	2.7	+ 僅かに動く	
10.8	77	9.0	3.0	+ 同	
10.6	77	17.0	5.7	+ 0.2	0.001142°C
10.5	77	18.0	6.0	+ 0.3	0.001713
10.6	77	18.0	6.0	+ 0.3	0.001713
9.8	76	27.0	9.0	+ 0.5	0.002855
10.0	76	28.0	9.3	+ 0.5	0.002855
10.7	77	30.0	10.0	+ 0.5	0.002855
10.5	77	37.0	12.3	+ 0.7	0.003997
10.7	77	39.0	13.0	+ 0.7	0.003997
10.7	77	40.0	13.3	+ 0.5	0.002855
10.8	77	50.0	16.7	+ 1.0	0.005710
10.3	77	50.0	16.7	+ 1.0	0.005710
10.7	77	51.0	17.0	+ 1.2	0.006852
10.4	77	60.0	20.0	+ 1.8	0.010278
10.6	77	61.0	20.3	+ 1.5	0.008565
10.7	77	61.0	20.3	+ 1.2	0.006852

室内平均温度攝氏10.5度平均湿度77%

此の伸長に對する上昇温度の關係を圖示すれば第三圖の如くである。

第 三 圖



此處に此の實驗に於て考慮される事は thermo-couple の一端を生絲に接觸させたまゝ生絲に伸長を與へる故に摩擦熱及び摩擦電氣を生じ之の影響も現はれて居るのではないかと云ふことである。是れを調査せるに生絲を特に大なる力で金屬に壓したる場合には之れを認められるが、本實驗に於ける様に僅か 0.02gr. 内外の壓力の下では全く之の影響を無視することの出来るものであつた。dt, de, の關係は第三圖の如くであるが生絲の彈性限度に於ける伸長は既に述べた如く極めて少く1%—2%である爲め是れに對する上昇温度は甚だ僅である。即ち第三圖から伸長1%に對して上昇温度0.000171°Cを求め得而して(6)式より

$$\beta = -t \frac{J \rho e}{E T_e} \dots \dots \dots (7)$$

を得故に之の(7)式に今求めた t, e の値並びに T = 283.7°C を又 ρ, E は前記の値即ち $\rho = 1.35$ $E = 115,000,000 \text{ g/cm}^2$ を用ひ尚 J の値としては $4.186 \times 10^7 \frac{\text{エルク}}{\text{カロリー}}$ を採り C の値は 0.33 とす

れば、

$$\beta = -0.0000098$$

〔備考〕 生絲の比熱 C に就て知られておるものは Diety 氏に依て室温のもとに測定せられた0.331及び木下正雄氏に依て温度35°Cのもとに測定せられた0.318等で之に對する文献が極めて少い。之の比熱も亦生絲の種類に依り異なるものであらうと考へられるも、著者は現に之が實驗中に就き此處には假に0.33を用ひたのである。

即ち本實驗に供した生絲の膨脹係數は比熱を0.33として-0.0000098である是れに依つて生絲は温むるときは膨脹せずして却つて收縮することが知られる。

V. 考 察

生絲の線膨脹係數の測定は一般物体の場合の如く直接に測定することが困難である、爲めに今日迄其の膨脹状態が不明であつた、故に理論的に誘導した(6)式に依つて間接に膨脹係數の測定をした結果生絲は温度の上昇に依つて收縮し、温度の下降に依つて伸長し、あだかも弾性ゴムの如き性質を有するものであることが明かとなつた、而して本實驗に供した支四×日一種にあつては $\beta = -0.0000098$ である。尙生絲は毛髮同様含水量の多少に依つて伸縮するものなるが故に高温乾燥の場合はより多くの收縮をなし低温多濕の場合はより多くの伸長をなすこととなるのである。

終りに本實驗装置の御便宜を計り下されし浦生教授に對し又杯教授より仰げる御指導に對し謹んで感謝を捧ぐ。

文 献

O. D. Chwalson; —Lehrbuch der Physik. 3. (564—565)

(昭和七年五月三十日受理)

Studies on some Physical Properties of Raw Silk.

1. On the Density and Modulus of Elasticity of Raw Silk.

2. On the Thermal Expansion Coefficient of Raw Silk.

by Jun KUBOTA.

(Received May 30, 1932.)

The thermal expansion coefficient is one of very important properties of raw silk as to the textile products in our daily life, especially in the silk industry from the technical point of view.

There are however no literature dealt with this subject in particular. Therefore the author has made following experiment to determine the linear expansion coefficient of raw silk. In fact it is very difficult to determine it. But it is a well-known fact that the temperature of elastic bodies changes when it

is strained. So the temperature change must be observable if the silk fibre are stretched adiabatically. From the law of thermodynamics, there exist the following relation between the temperature changes and strains of silk fibre with the suitable abridgment.

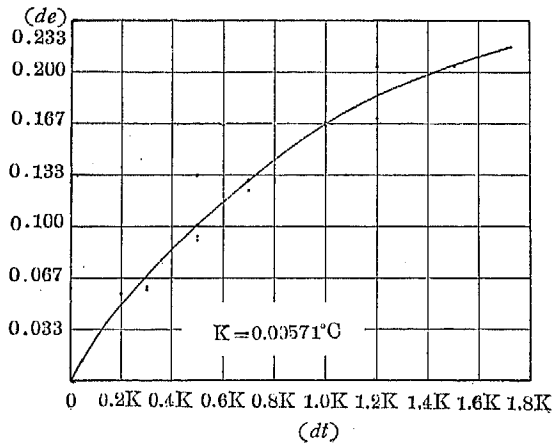
$$dt = -\frac{1}{J} \frac{ET\beta}{\rho C} de$$

- dt ... change of temperature.
- E ... modulus of elasticity.
- β ... coefficient of linear expansion.
- J ... mechanical equivalent of heat.
- de ... deformation per unit length.
- T ... absolute temperature.
- C ... specific heat.
- ρ ... density.

Stretching suddenly the silk fibre to a certain extension, the temperature changes are determined quickly by the thermo-couple.

The results thus obtained were as follows.

de	dt	temperature and humidity in the testing room.	
%	°c	°c	%
2.7	—	10.6	77
3.0	—	10.8	77
5.7	0.001142	10.6	77
6.0	0.001713	10.5	77
6.0	0.001713	10.6	77
9.0	0.002855	9.8	76
9.3	0.002855	10.0	76
10.0	0.002855	10.7	77
12.3	0.003997	10.5	77
13.0	0.003997	10.7	77
13.3	0.002855	10.7	77
16.7	0.005710	10.8	77
16.7	0.005710	10.3	77
17.0	0.006852	10.7	77
20.0	0.010278	10.4	77
20.3	0.008565	10.6	77
20.3	0.006852	10.7	77
average		10.5	77



The elongation of raw silk at the elastic limit is generally 1% ~ 2% and tenacity is 1gram ~ 2gram. The above diagram shows that the temperature change to the 1% elongation become 0.000171°C. The elongation of the silk used a sample at the elastic limit is 1.13%, its tenacity 0.967gram per denier and its sectional area 0.000000741 per square cm. per denier. Then $E=115,000,000$ gram per square cm.. From the determination,

$$\rho = 1.35 \quad T = 283.7^{\circ}\text{C} \quad c = 0.33$$

Substituting these figures and putting $J = 4.186 \times 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{calory}}$ to the above equation.

$$\text{We get} \quad \beta = -0.0000098$$

The coefficient of linear expansion of raw silk is negative. That is a raw silk shrinks its length if the temperature rises, while it elongates if the temperature falls down just as caoutchouc.

(Research laboratory of silk manufacture,
Uyeda college of sericulture and silk-Industry.)