

# ヒゲナガカワトビケラのシルクタンパク質の特性

## The characteristics of silk protein in Trichoptera Stenopsyche marmorata

雨宮 誉華(山梨大学教育学部附属中学校2年)  
八重樫 咲子先生(山梨大学)

### 背景

- ◎ヒゲナガカワトビケラとは
  - ◆石礫の川底に多く生息する水生昆虫
  - ◆体長30~40mm
  - ◆トビケラの幼虫が口から吐く糸で捕獲網を張り、エサとなる有機物(デトリタス)を捕獲して、摂食する



ヒゲナガカワトビケラの幼虫

### ◎ヒゲナガカワトビケラの糸(トビケラシルク)の特徴

- ◆流水環境に適した素材
  - 水中で基質(例:石、砂)との接着性を持つ
  - 川の流れに耐える強度を持つ
- ⇒医療分野(例:止血、保護シート等)へ応用も検討され、研究が行われている (Bai et al, 2015)



ヒゲナガカワトビケラの巣

### ◎目的

ヒゲナガカワトビケラの糸の医療への応用性を調べるため、医療分野でよく消毒に用いられるエタノールがトビケラシルクタンパク質へ与える影響と、消毒液の違いによるシルクタンパク質の変化を調査する。またトビケラを飼育し飼育中にトビケラが吐いた糸を使い糸の性質を調査する。

### 実験1 エタノールによるシルクタンパク質への影響の調査

#### 方法

- ヒゲナガカワトビケラの採集
  - ◆採集日...2024年7月30日
  - ◆場所...山梨県甲府市昇仙峡ロープウェイ付近の荒川
- エタノールへのトビケラの浸漬
  - ◆エタノール濃度が20%、40%、60%、80%、100%の40mlの五種類の液体
- シルクタンパク質の液腺の回収
  - ◆ピンセットを使いトビケラを解剖
  - ◆その後シルクタンパク質の入っている液腺を切除



(写真: Tsukada et al., 2010)

#### (4)液腺の伸長実験

- ◆液腺が切断するまで伸長
- ◆伸長前後の液腺長を測定し、ひずみを計算

$$\text{ひずみ} = \frac{\text{変化量}}{\text{もとの大きさ}}$$

#### 結果・考察

エタノールの濃度(%)	元の長さ(cm)	引っ張った長さ(cm)	変化量(cm)	ひずみ
20	4.0	9.0	5.0	1.3
40	4.2	10.5	6.3	1.5
60	4.0	6.0	2.0	0.5
80	7.0	9.1	2.1	0.3
100	2.0	2.2	0.2	0.1

- ◆シルクタンパク質の液腺の中身だけを回収するのは難しい
- ◆エタノールに浸漬したとき40%のエタノールが一番伸縮性があった
- ⇒カイコシルクは40%エタノールに保管した場合にゲル状の性状を示すことが知られている(亀田, 2016年)
- 今後の課題
  - 40%がなぜ一番伸びたのかを追求する必要がある
  - この研究結果を他の事に応用し新たな可能性を発見したい

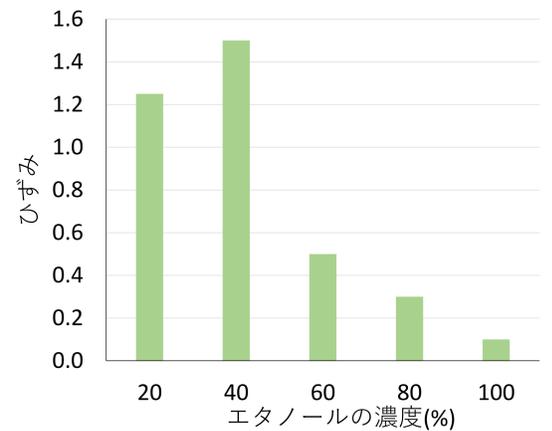
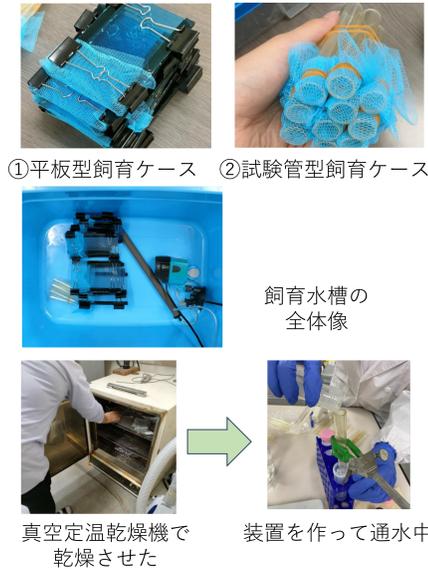


図 保存状態とひずみの関係

### 実験2 ヒゲナガカワトビケラの飼育による糸を利用したろ過実験

#### 方法

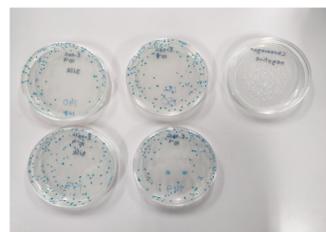
- 飼育装置作り
  - ◆飼育ケース2種類を作成した
  - ①平板型飼育ケース
  - ②試験管型飼育ケース
  - 大きな水槽に水を入れ、川の流れの再現のため、水循環機を取り付けた
- 観察
  - ◆数日おきに実験室で観察した
- 糸を回収する
  - ◆装置から糸だけをシャレーに取り出し定温乾燥機に入れて、約100°Cで乾燥した
- ろ過を行う
  - ◆ろ過の実験
  - ①乾燥させた糸を取り出す。
  - ②巣が作られている試験管に水を通す。大腸菌E. Coli(懸濁水)、流入下水、超純水
  - ③トビケラシルクを通水前後の水の濁度を比較
  - ④大腸菌E. coliについては通した前後の大腸菌数の調査も行う。



#### 結果・考察

溶液名	通水前(NTU)	通水後(NTU)	差(±)
大腸菌 E. coli	0.71	0.72	+0.01
流入下水	40.70	34.00	-6.70
超純水	0.72	0.76	+0.04

- ◆大腸菌E. coliはほとんど変化なし→吸着しなかった
- ◆流入下水はNTUが小さくなっている→下水の何かしらの物質を吸着している
- ◆超純水もほとんど変化なし→濁度がやや増加した要因はトビケラシルクにもともと付着していた物質が洗い流された可能性がある



- ◆一番右はネガティブコントロール→大腸菌数0個
- ◆真ん中の2つはトビケラシルク通水前のE. coliにいる大腸菌の状態→(2つを合計して割り平均を求めた結果)大腸菌数150個
- ◆一番左の2つはトビケラシルク通水後のE. coliにいる大腸菌の状態→大腸菌数120個

- 今後の課題
- 下水の通水後のトビケラシルクに付着している物質を調査する
  - トビケラシルクに吸着可能な物質を特定したい

### 実験3 消毒液の違いによるシルクタンパク質の変化

#### 方法

- 消毒液の用意
  - ◆医療に用いられている消毒液の中から、70%エタノール、3%オキシドール、0.01%次亜塩素酸ナトリウム、0.5%ヨウ素の五つを選びそれにプラスして滅菌水、生理食塩水を用意する
- 液体へ浸漬
  - ◆(1)で示した各液体に5分間浸漬させる
- 吐糸の伸長実験
  - ◆糸を伸ばす
  - ◆各液体3回実験を行う
  - ◆比較対象として乾燥状態のままの吐糸も実験を行う

#### 結果・考察

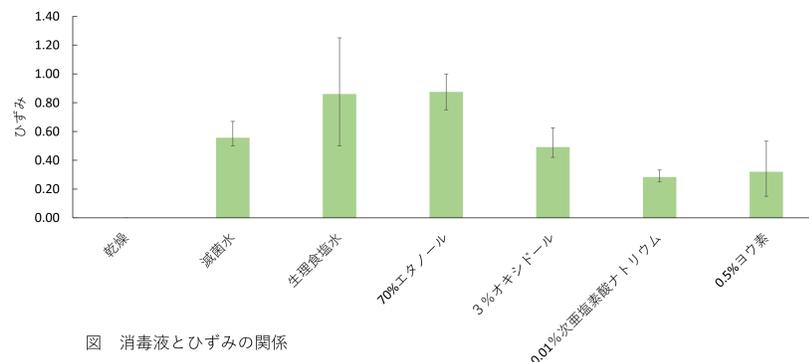


図 消毒液とひずみの関係

- ◆水分を含むと乾燥状態より圧倒的にひずみが大きくなる
- 水中(液体の中)または触れている状態が特徴を発揮する
- ◆70%エタノールが一番ひずみが大きくなった
- 伸縮性が求められる環境下での医療応用が考えられる
- ◆0.01%次亜塩素酸ナトリウムが一番ひずみが小さくなった
- 固定する環境下での医療応用が考えられる

#### 今後の課題

- 消毒液と接触することによってヒゲナガカワトビケラの糸の特性が変化した要因を探る
- 消毒液とヒゲナガカワトビケラの糸の特性を踏まえつつ、それに適した医療応用の方法を考える

### 今後の展望

- ◆飼育環境の違い(例:水温、水質、えさ等)によるトビケラシルクタンパク質の変化
- ◆現在医療に用いられているカイコとの比較を行い、トビケラシルクの特性を生かせる方法を試行錯誤する
- ◆医療に応用することに適しているのか検討するため、人体の免疫の拒否反応に関連する物質の吸着性を調査する
- ◆止血などへ利用するためには、どのような応用ができるか検討する
- ◆衛生的な環境の整備のため、トビケラの糸による微生物などの吸着性を検討する

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、山梨大学大学院総合研究部工学域土木環境工学部の八重樫咲子先生と、山梨大学医学部附属病院の石井俊史先生、Niva Shapit先生に休日返上でアドバイスをいただくなど、ご協力頂きました。研究を実施するにあたり、やまなしジュニアドクター育成自然塾から資金的援助を受けました。また、現場調査やトビケラ採取の際など両親に多大なるサポートしていただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

