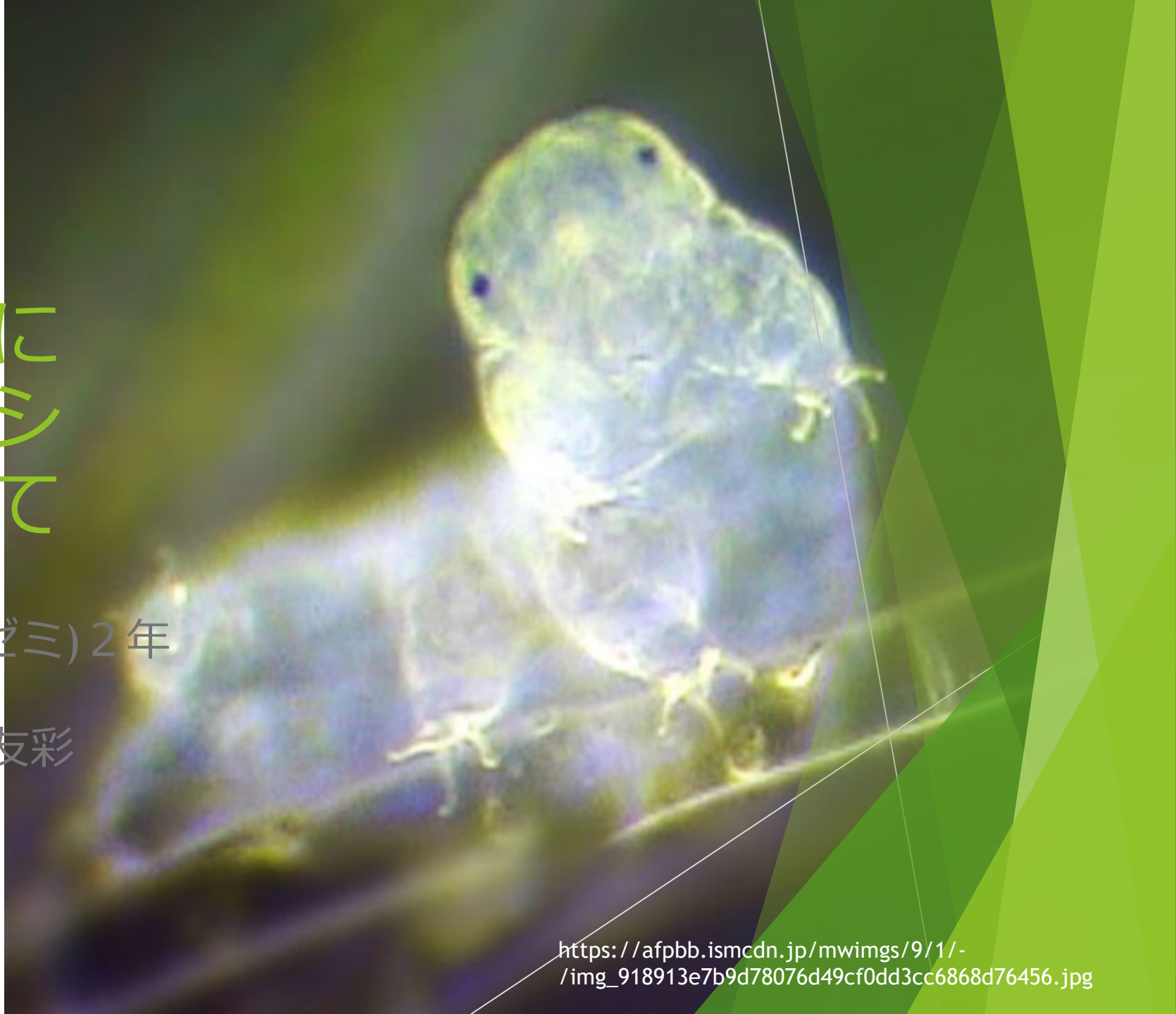


# 無酸素条件下に おけるクマムシ の応答について

金沢大学附属高校(柿島ゼミ)2年

井波 結彩 ・ 江川 友彩



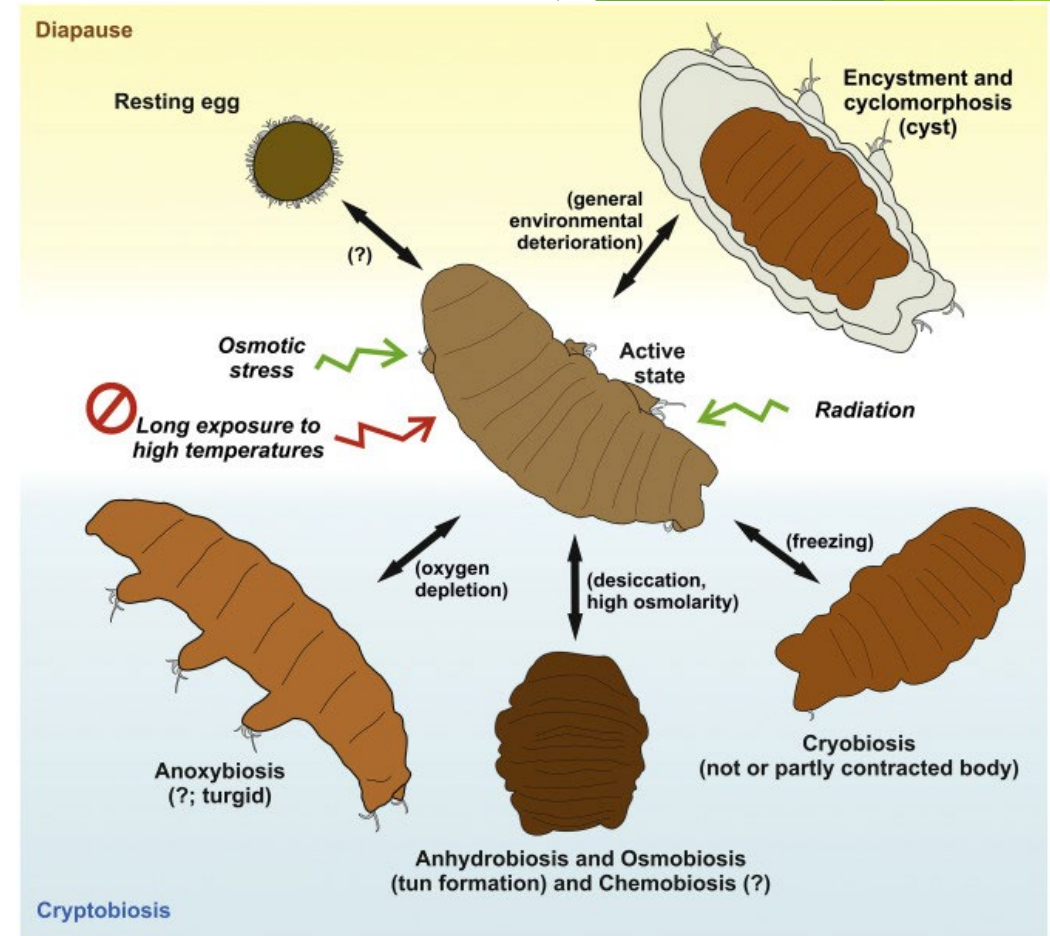
# 〇クマムシの生態

- ・ 体長0.1～1.0mm程度
- ・ 4対の肢をもつ小さな無脊椎動物(緩歩動物)
- ・ 多くはコケに生息している

ここがすごい

→地球上のあらゆる環境に適応できる！  
4種の“クリプトビオシス”を持つ

- ①乾燥：anhydrobiosis
- ②低温：cryobiosis
- ③高圧浸透：osmobiosis
- ④酸素不足：anoxybiosis



New insights into survival strategies of tardigrades (Nadja Møbjerg, Ricardo Cardoso Neves 2021)

## ○探究の目的

😲 低酸素条件下におけるクマムシの研究報告は非常に少ない  
→わたしたちがやってやろう！

無酸素条件下のクマムシの応答について  
生存率 ・ 復活時間 ・ 体長の変化  
に注目し何らかの相関関係を見出そう！

☆ 先行研究

「An experimental study on tolerance to hypoxia in tardigrades」

P Hagelbäck, KI Jönsson - *Frontiers in Physiology*, 2023

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10507709/>

# ○実験に向けて

## 必要なもの

- ・ 校内で採集したクマムシ
- ・ シャーレ
- ・ パスツールピペット
- ・ アネロパック
- ・ 密閉ケース
- ・ 双眼実体顕微鏡
- ・ 光学顕微鏡



★本実験においては空気中の $O_2 \rightarrow CO_2$ に酸化することで空気中の無酸素状態を作っている。これを無酸素状態の定義とする



# ○採集

場所：附属高校敷地内

乾燥したコケを採集 & 一晩水につけておく



～作成した簡易ベールマン装置～

# ○実験

- ①クマムシの採集
- ②アネロパックとともに密閉ケースへ
- ③ x 時間経過後観察 (x = 2h, 6h, 9h, 13, 15, 18h)

1シャーレあたり10匹  
小さな水滴 (直径2cm程度)  
コケは入れない





## ※対照実験(事前に行った)

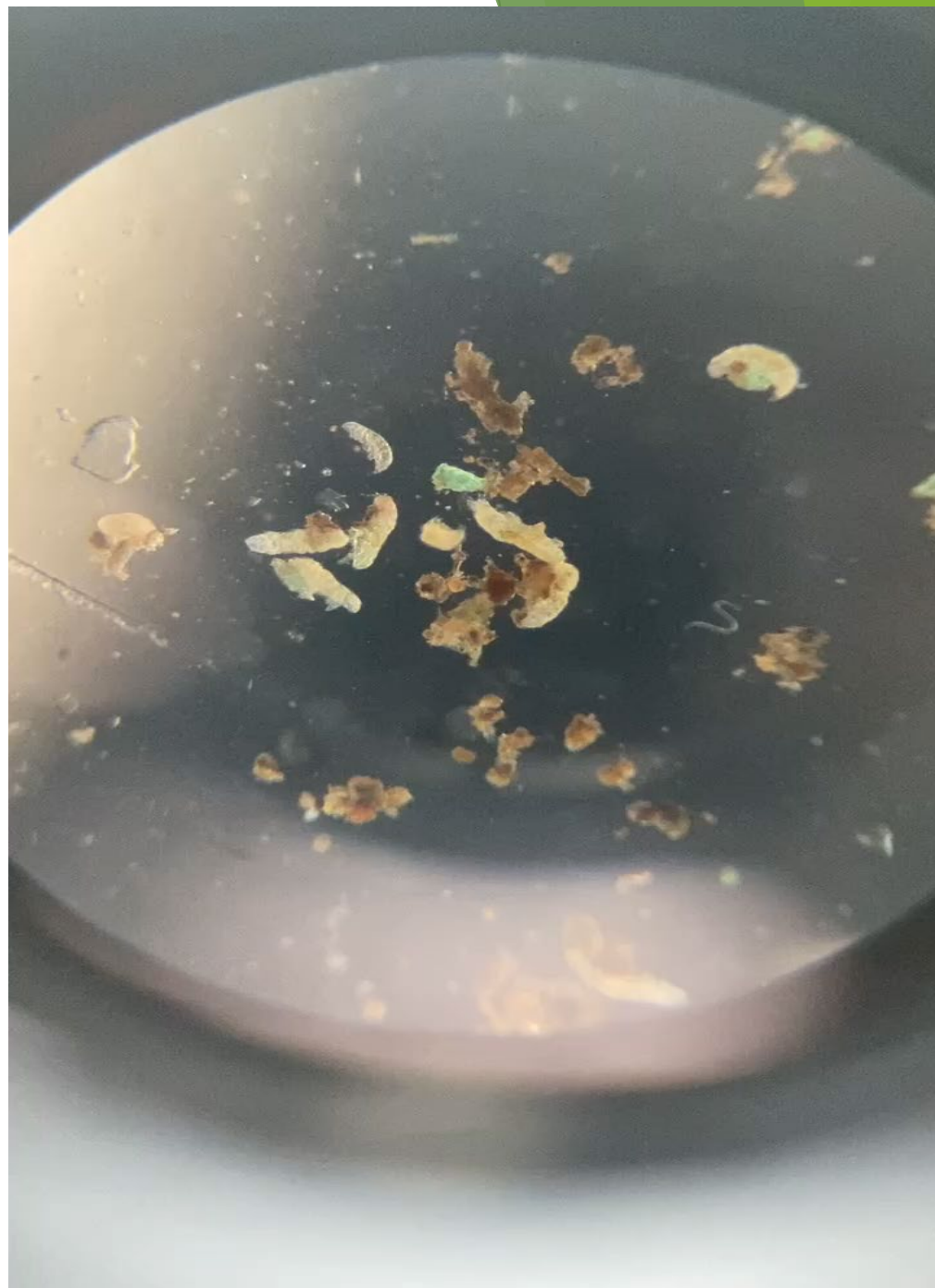
- ①シャーレにクマムシを移す
- ②アネロパックを入れずに容器に封印
- ③24h放置

### ○結果



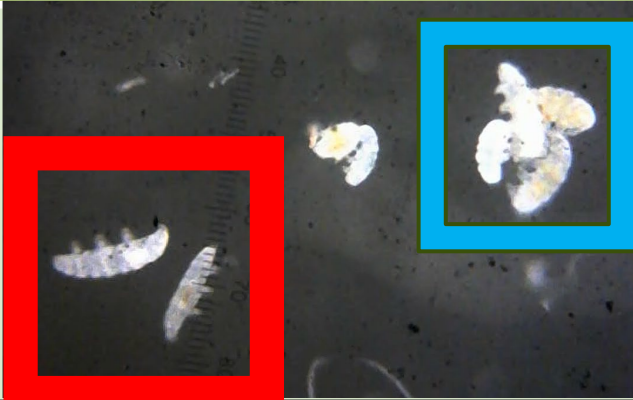



右のように大変元気な姿のままであった。



クマムシに影響を及ぼすのは  
無酸素条件のみとみなせる！



# ○開封直後の様子

密閉時間	2 h	6 h	9 h
			
密閉時間	13 h	15 h	18 h
			



# ○観察において

## ・復活の定義

足を初めて動かしたことが目視できた時を復活した時間と定義する。  
(動きがみられなかった場合は“死亡した”とする。)

## ・変化率の定義

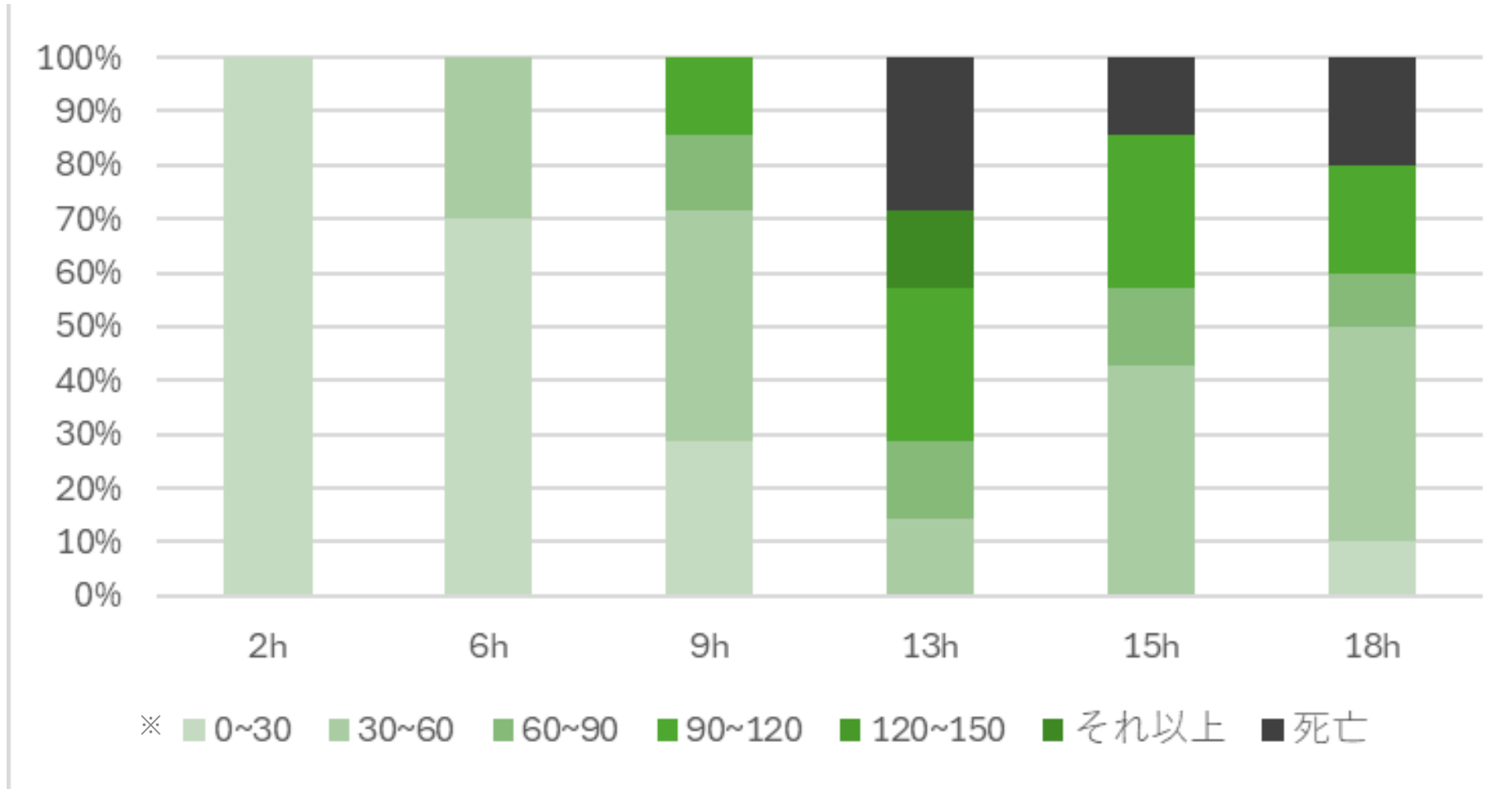
開封直後の体長から生き返るまでの体長の変化



$$\text{変化率} = \frac{(\text{開封直後の体長}) - (\text{復活後の体長})}{(\text{開封直後の体長})} \times 100(\%)$$

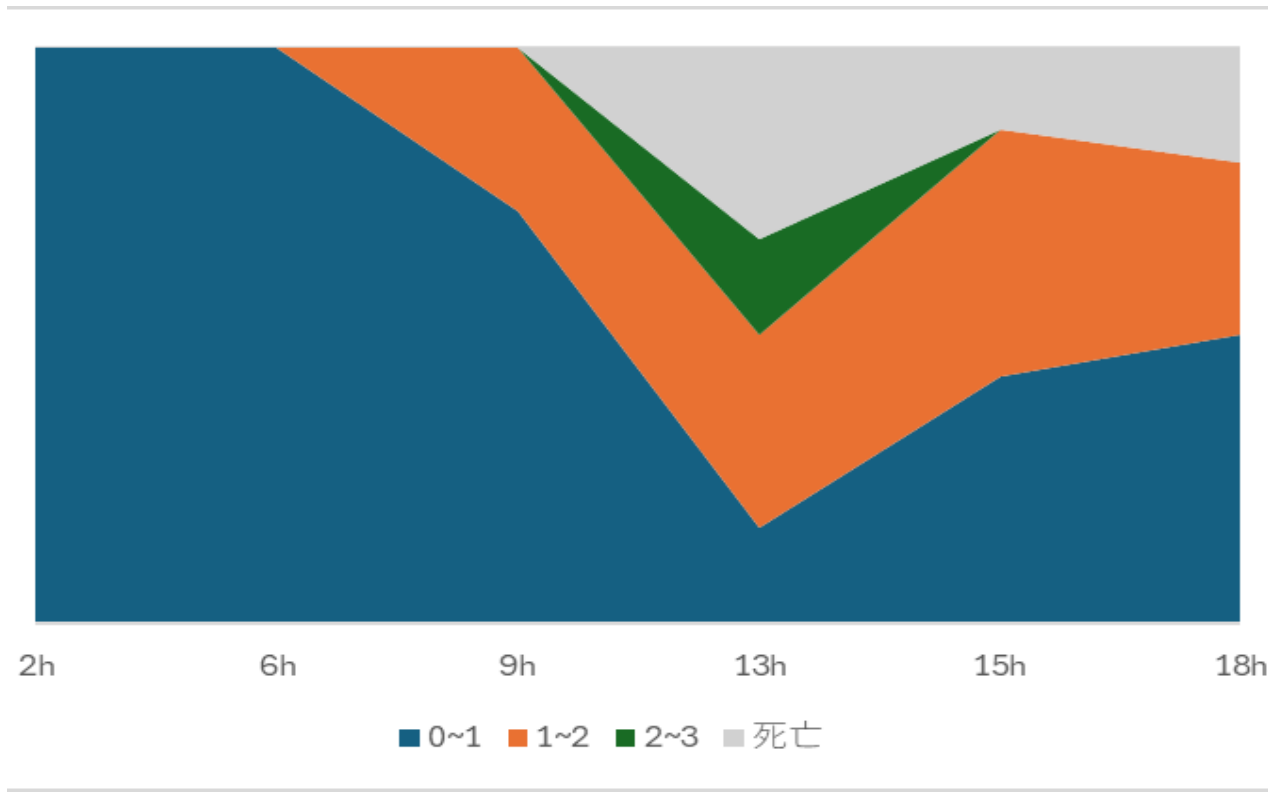
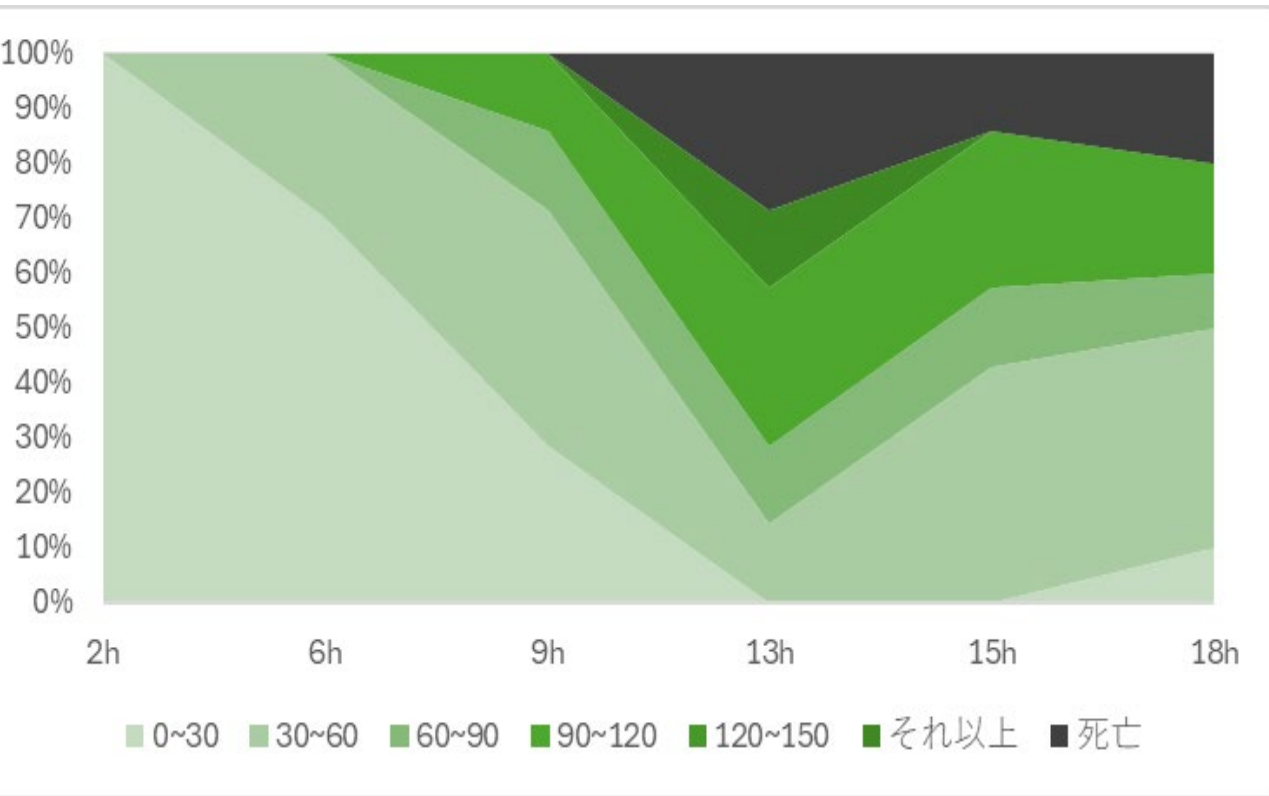
・体長を調べるためマイクロメーター使用 1目盛り当たり 2.5 μm

# ①復活時間と無酸素時間の関係



- ・ 無酸素時間が短いほど復活時間も短い (~ 9 h まで)
- ・ 13 h 以降で死亡する個体が見られる。

## < 1 時間単位ver.>

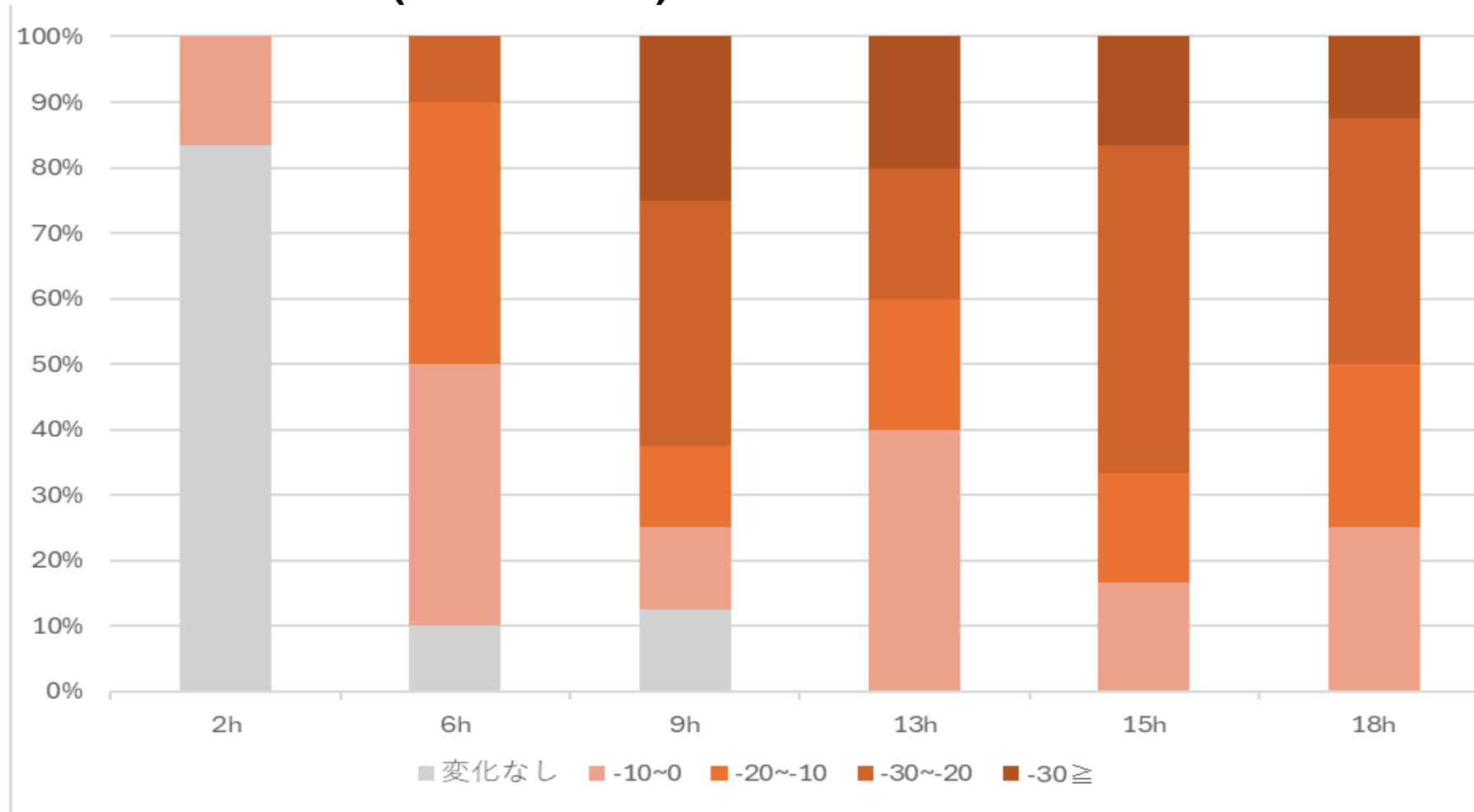


1 3 h が分岐点？

{ 30分以内に復活する個体があまり見られなくなる  
実験において最も復活時間が長い個体が見られた



## ②体長の変化率(絶対値)と無酸素時間



※死亡した個体  
は含めていない

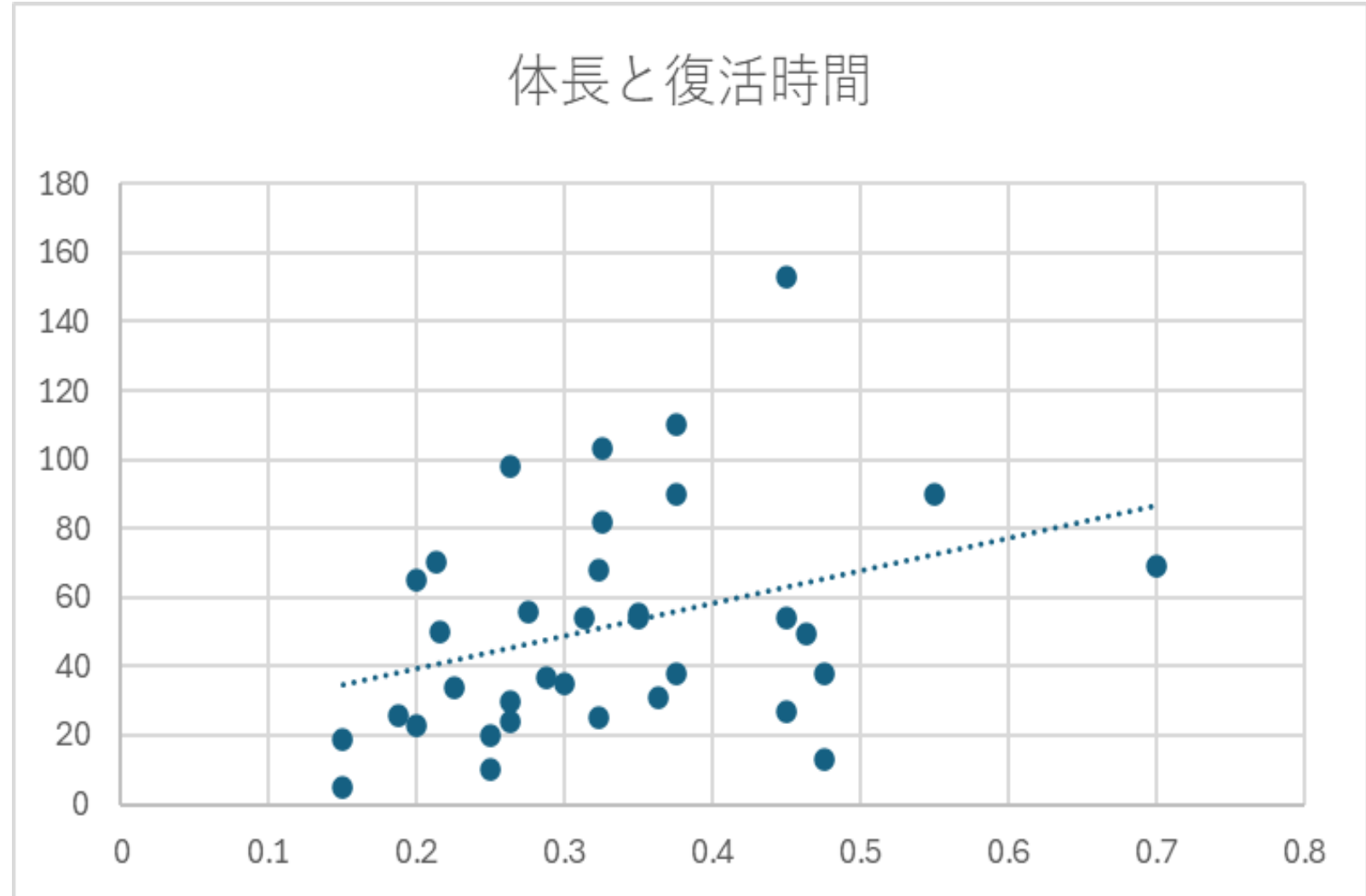
- 2h以降のほぼ全ての個体において変化率は負であった (⇔縮んでいた)
- 13h以降では全ての個体において体長が縮んでいた。
- 9hまでは無酸素時間が長いほど変化率が大きいと言えそう。

## ④体長と復活時間の相関

体長の標準偏差 = 0.12  
復活時間の標準偏差 = 32.8  
共分散 = 1.31

∴相関係数 = 0.33

弱い正の相関あり！

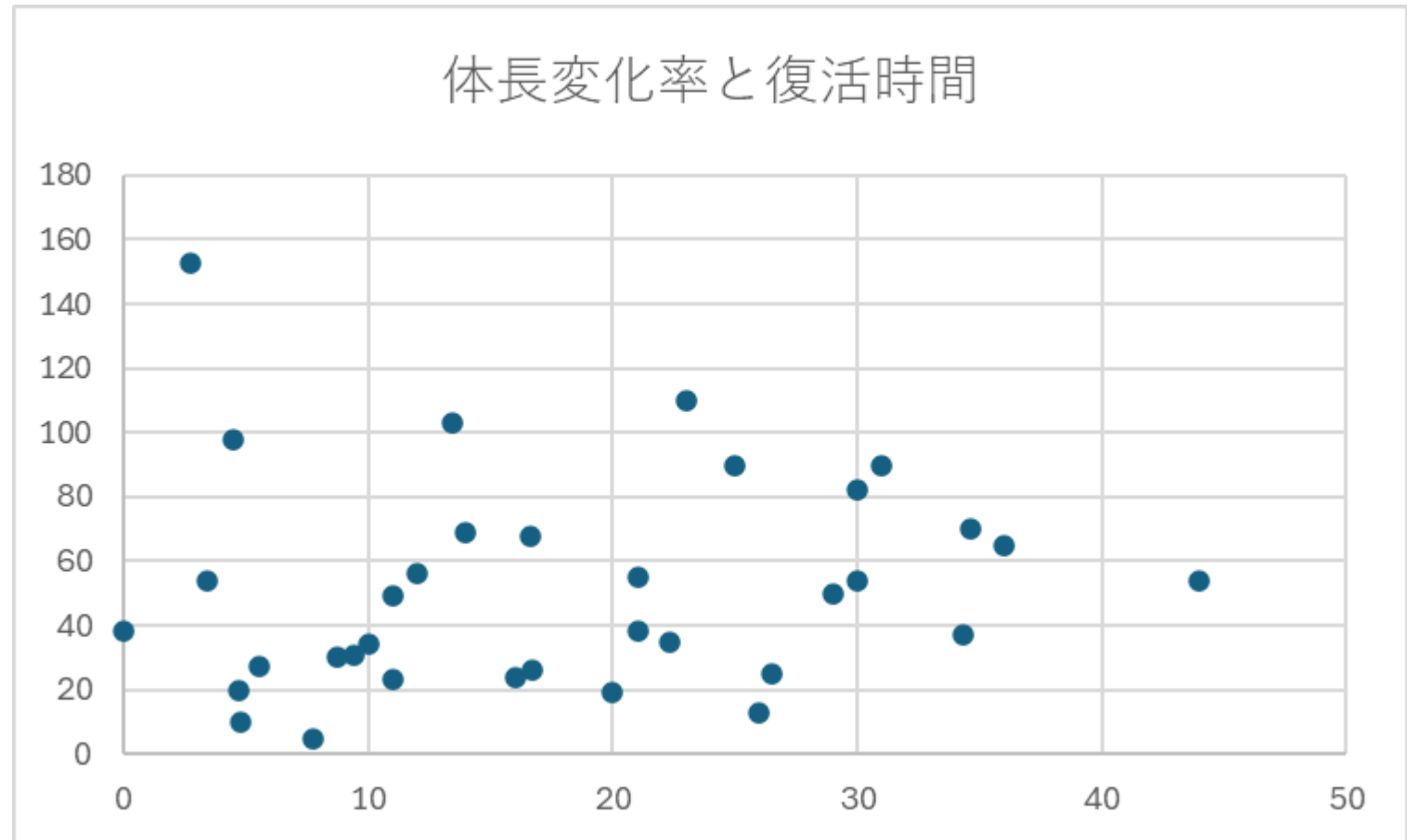


### ③復活時間と体長変化率の相関

復活時間の標準偏差 = 32.8  
変化率の標準偏差 = 11.3  
共分散 = 38.9

∴相関係数 = 0.11

相関なし！





# ○結果と考察

## ①復活時間と無酸素時間について

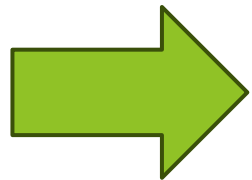
半日以内	生存率高い&復活時間も短い
半日以降	死亡個体が見られる。復活時間が長くなる
その他	15h,18hでは復活時間割合あまり変わらない？

## ②体長の変化率と無酸素時間

全体的には相関関係は見られない

無酸素時間が短いと変化率は小さい

13 h 以降の個体はすべて伸びきっていた⇔9 h は混在していた！



フゾクマムシの無酸素への耐性は約半日程度？

9~13 h 周辺に分岐点がある？

# ○分岐点?!についての見解

・自然界で無酸素条件に置かれる状況は多くない➡なぜ半日程度の耐性があるのか??

(予想①)

草食動物がコケと一緒に食べられた時の生存手段説

➡胃酸への耐性を持つ必要がある、そもそも12h程度で消化は終わるものなのか

(予想②)

酸素のないor新鮮な水のない海域(海底、湖底など)での生存戦略

(予想③)

潮の満ち引き対策の名残説

## ○新たな疑問

- 狭い空間(水滴中など)ではクマムシはひとかたまりになる傾向がある？  
クマムシ同士が集まる原因は？フェロモンを出している？
- 先に復活した個体が仮死状態にある個体に絡んでいたのは偶然？必然？
- 極限状態を通して無酸素状態前後で痩せるかもしれない？
- フゾクマムシは1種類なのか？種類の違いによって個体差がよく表れた説



## ○今後の展望

- ✓ 分岐点の精密調査
  - ➡分岐点は本当にあるのか？なぜ？を解明したい
- ✓ 様々な時間のデータを取る
- ✓ 実験前の体長も測定（'痩せ説'の検証）

## ○参考文献

- ・ 鈴木 忠 (2006) 「クマムシ!?～小さな怪物」、岩波書店
- ・ 堀川 大樹 (2013) 「クマムシ博士の『最強生物』学講座：私が愛した生き物たち」、新潮社
- ・ Nadja Møbjerg \* , Ricardo Cardoso Neves (2021) 「New insights into survival strategies of tardigrades 」
- ・ [Philip Hagelbäck](#) and [K. Ingemar Jönsson](#)(2023) 「An experimental study on tolerance to hypoxia in tardigrades 」

# 謝辞

田岡 東 教授  
(金沢大学 理工学域)

藤本 心太 准教授  
(山口大学・准教授)