

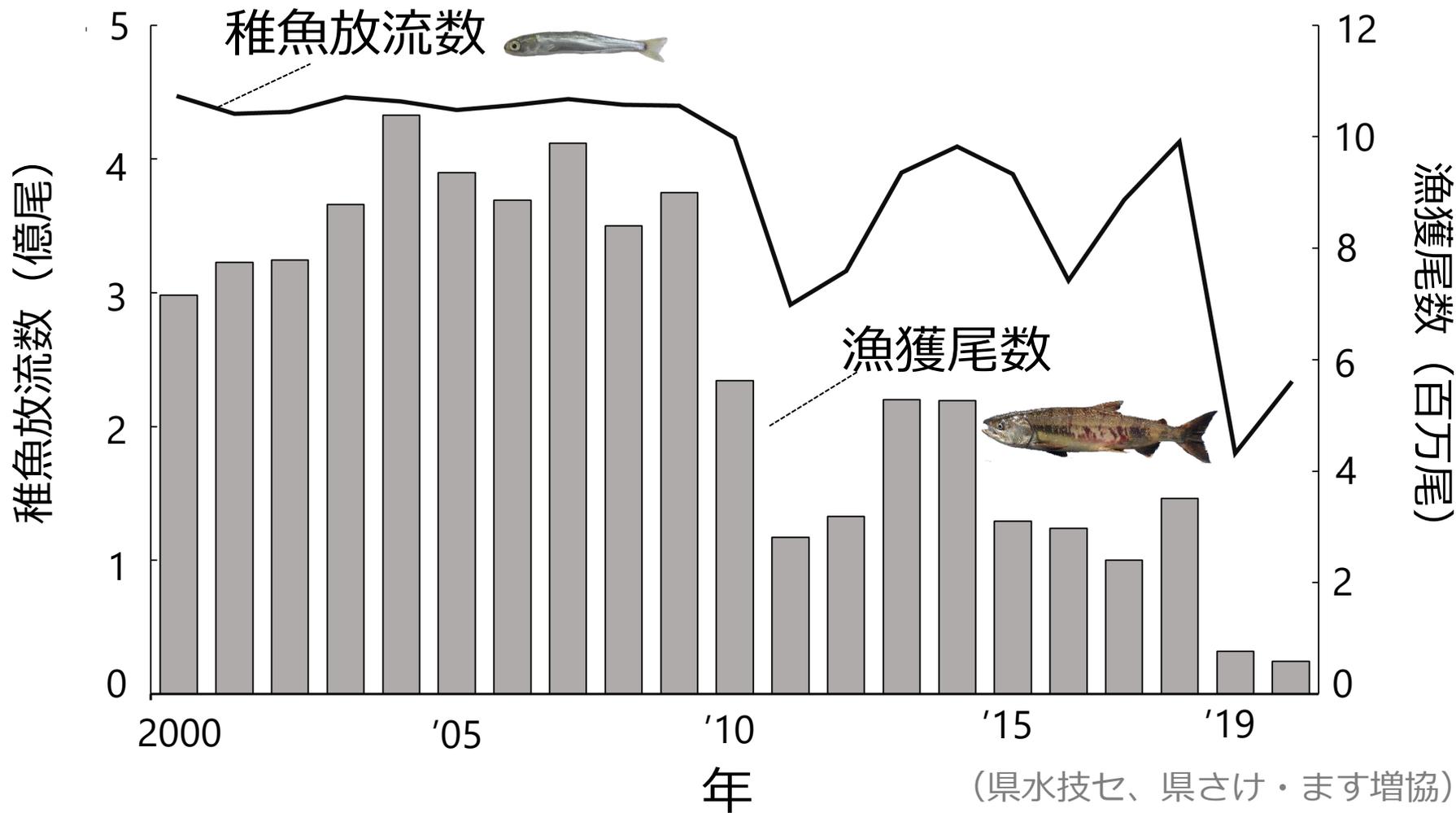
岩手県沿岸域に降海したサケ稚魚の 成長と運動のエネルギー配分に関する研究

飯野佑樹

東京大学大気海洋研究所 国際沿岸海洋研究センター



岩手県サケ稚魚放流数の微減に対する、漁獲尾数の激減



回帰率低迷の要因

▶ 北上回遊過程での稚魚の大量死亡



低成長な稚魚が
捕食される or 飢餓状態となり
死亡？ (Honda et al., 2017)

200km

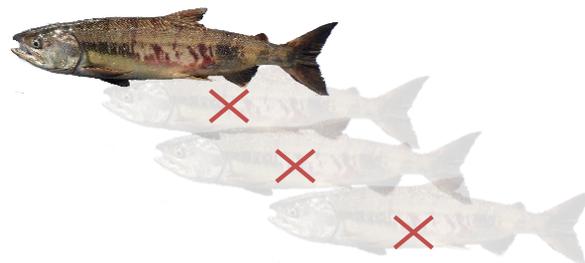
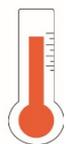
©Google Earth

稚魚の成長、親魚の回帰率に及ぼす諸要因

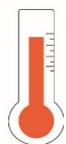
▶ 春季の沿岸水温

(Saito&Nagasawa, 2009; Nagata et al., 2016; Kawashima, 2019)

三陸海域：高水温ほど低回帰率



北海道オホーツク海域：高水温ほど高回帰率



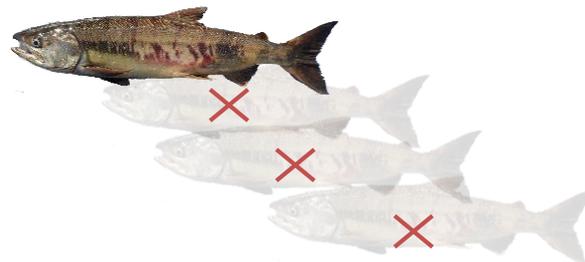
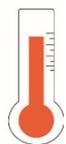
相対的な「高い」 or 「低い」水温と回帰率の関係に着目しても、回帰率の変動を説明できない

回帰率変動の要因解明に必要な知見

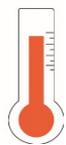
▶ 春季の沿岸水温

(Saito&Nagasawa, 2009; Nagata et al., 2016; Kawashima, 2019)

三陸海域：高水温ほど低回帰率



北海道オホーツク海域：高水温ほど高回帰率



稚魚の経験環境に応じて成長・生き残りが
どのような過程で変わるか という知見

稚魚の成長、親魚の回帰率に及ぼす諸要因

▶ 春季の沿岸水温

(Saito&Nagasawa, 2009; Nagata et al., 2016; Kawashima 2019)

▶ 暖流勢力

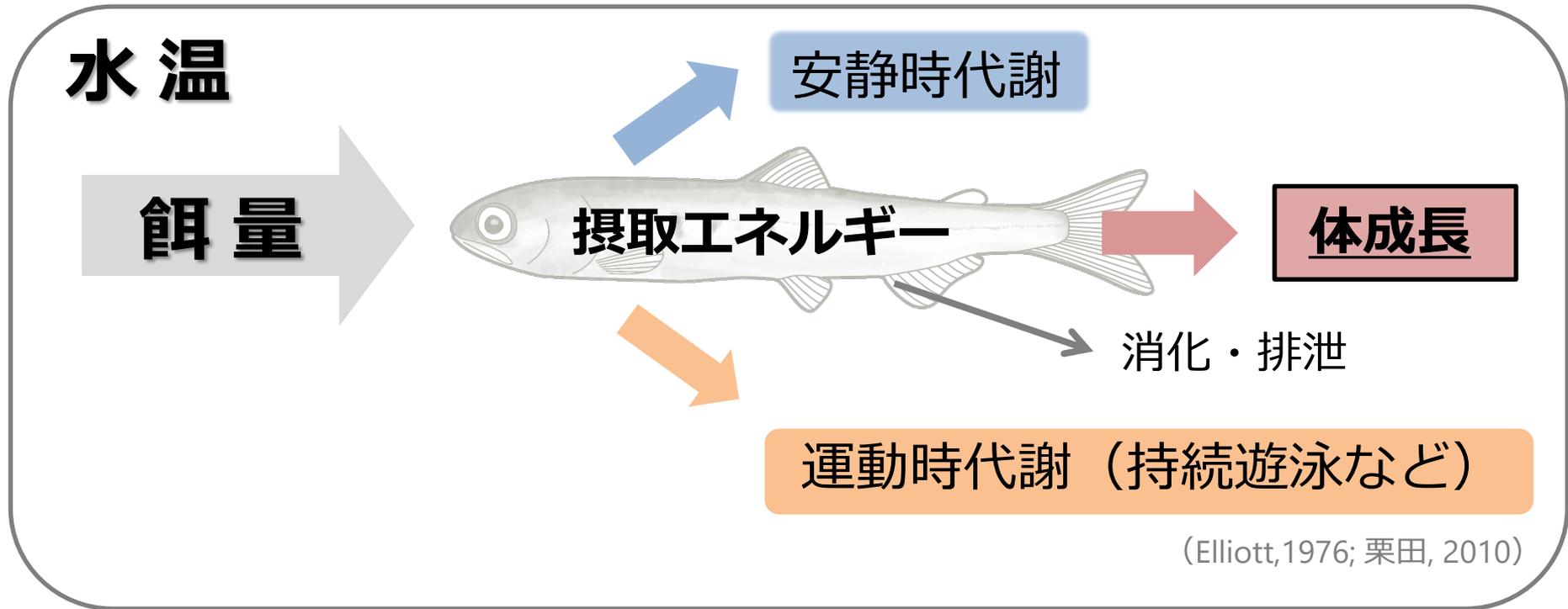
(Wagawa et al., 2016)

親潮

津軽暖流

海流に逆らい遊泳しつつ
体サイズを増加
→ エネルギー配分が重要

成長速度はエネルギー配分量に依存



エネルギー配分を定量することで、経験環境に応じた成長速度の変化過程を明らかにできる

エネルギー配分が定量された魚種

- ▶ **クロマグロ** Jusup et al. (2011)
- ▶ **カツオ** Aoki et al. (2017)
- ▶ **サンマ** Ito et al. (2004)
- ▶ **ベニザケ** Beauchamp et al. (1989)

サケ稚魚の研究例はなく、
エネルギー配分の定量が必要

＜本研究の目的＞

①運動時代謝と体成長に分配するエネルギー量は？

➤ エネルギー配分の定量

②体成長すると、遊泳能力にどのような変化がある？

➤ 体サイズ別に遊泳能力を測定

③野外で必要な餌量は？

➤ 三陸沿岸環境の精査

稚魚のエネルギー収支特性の観点から

三陸沿岸の環境条件が親魚の回帰率に及ぼす機構を考察

2018年春季に稚魚の飼育実験を実施

＜測定項目＞

1. 給餌量別、水温別の成長量
2. 安静時代謝量
3. 体内含有カロリー量



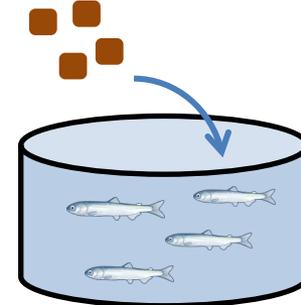
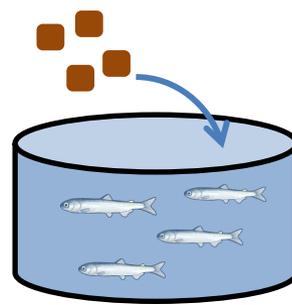
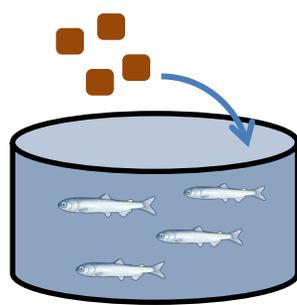
成長、安静時代謝へのエネルギー配分の定量

供試魚の飼育概要&測定項目

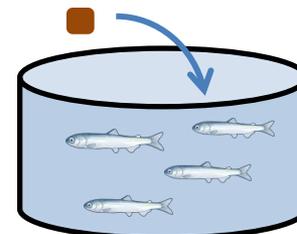
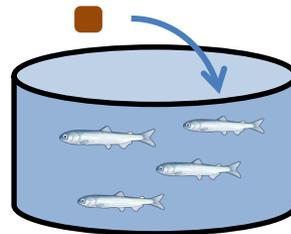
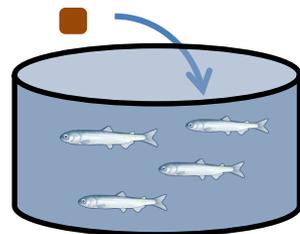
- **飼育条件** (15日間海水下 ; 100個体/水槽)

2給餌量区×3水温区 = 6通り

4%量給餌



1%量給餌



10

12

14 °C

- **測定項目**

体長, 体重 (飼育1, 15日目) , 安静時代謝量 (15日目)

スタミナトンネルにて稚魚の代謝量を実測



➤ 非遊泳時の酸素消費量→安静時代謝量

<材料・方法>

エネルギー配分比率の推定

エネルギー収支モデル (Rudstam 1988)

$$\left[C - (R + SDA + F + E) \right] \cdot \frac{CAL_p}{CAL_f} = G$$

摂餌量 (実測値) 安静時代謝量 (実測値) 排泄量 (Brett & Groves, 1979) 成長量 (実測値)

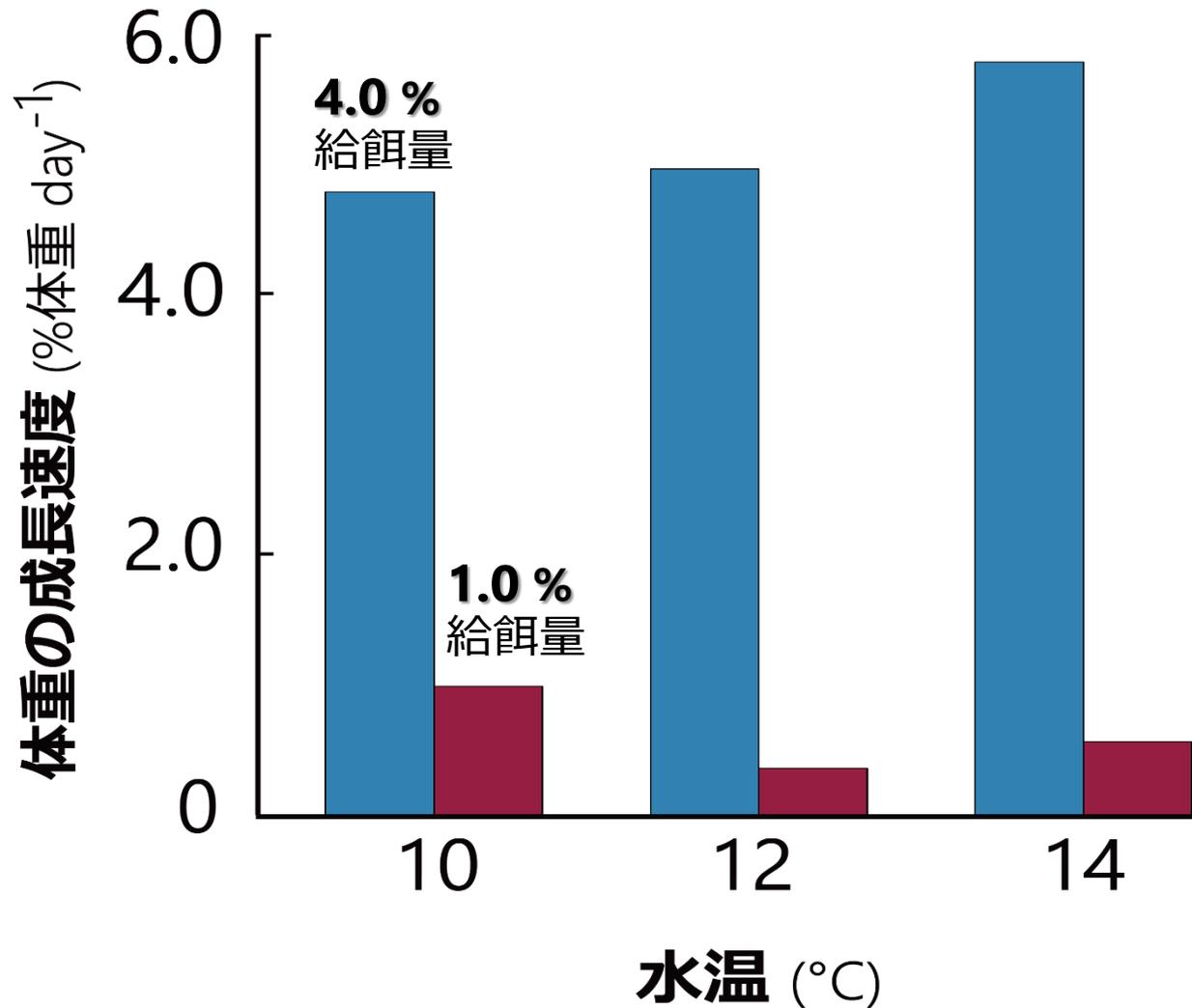
餌料と魚のカロリー量 (熱量計による実測値)

- ① 飼育実験で得た**実測値**を代入
- ② 摂餌量から実測値を差し引き、**運動時代謝量と SDA (餌消化時の熱産生量)** を求める



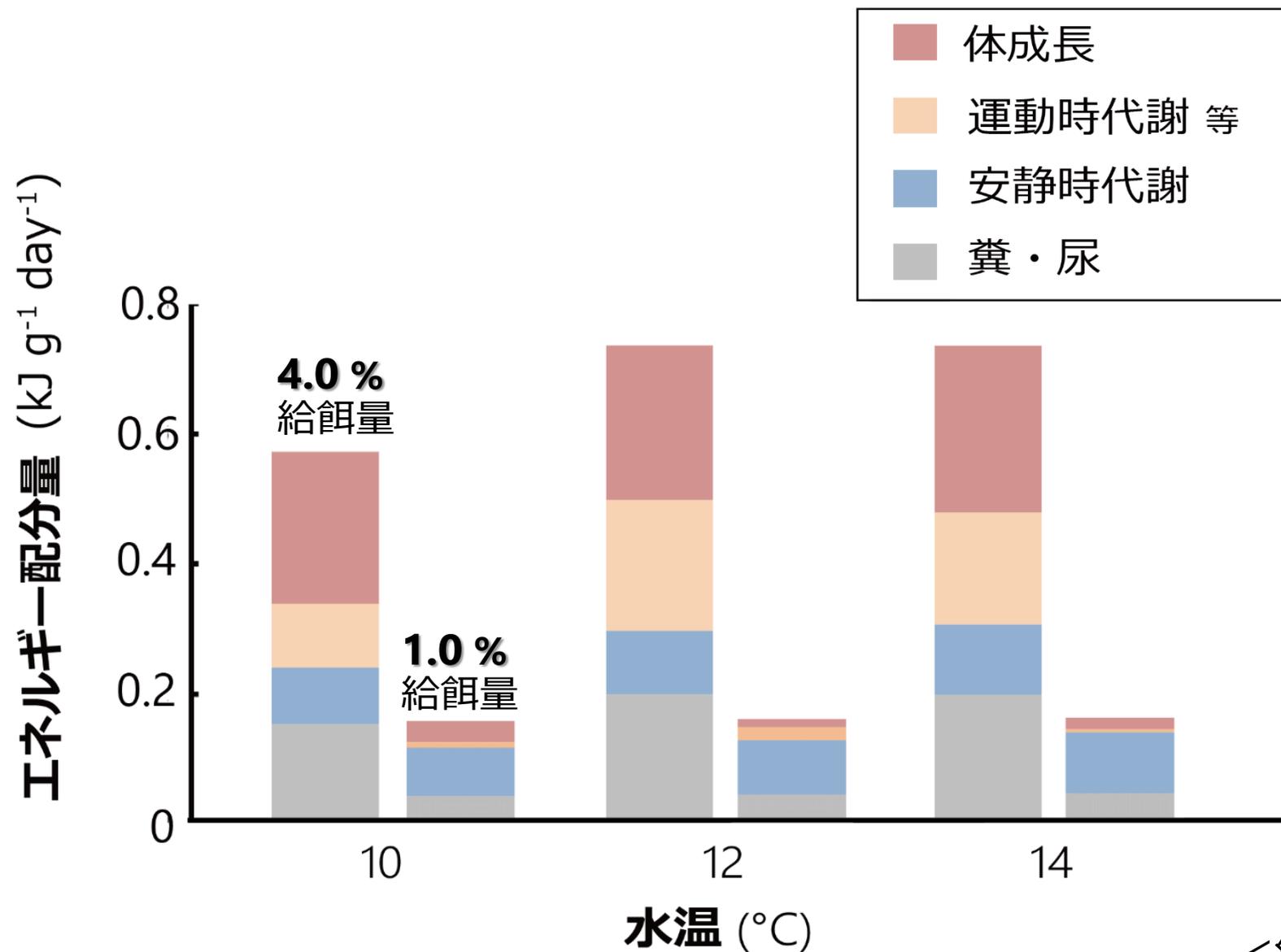
配分量/摂餌量 = 配分比率 を推定

4.0%給餌量区では、高水温ほど高成長



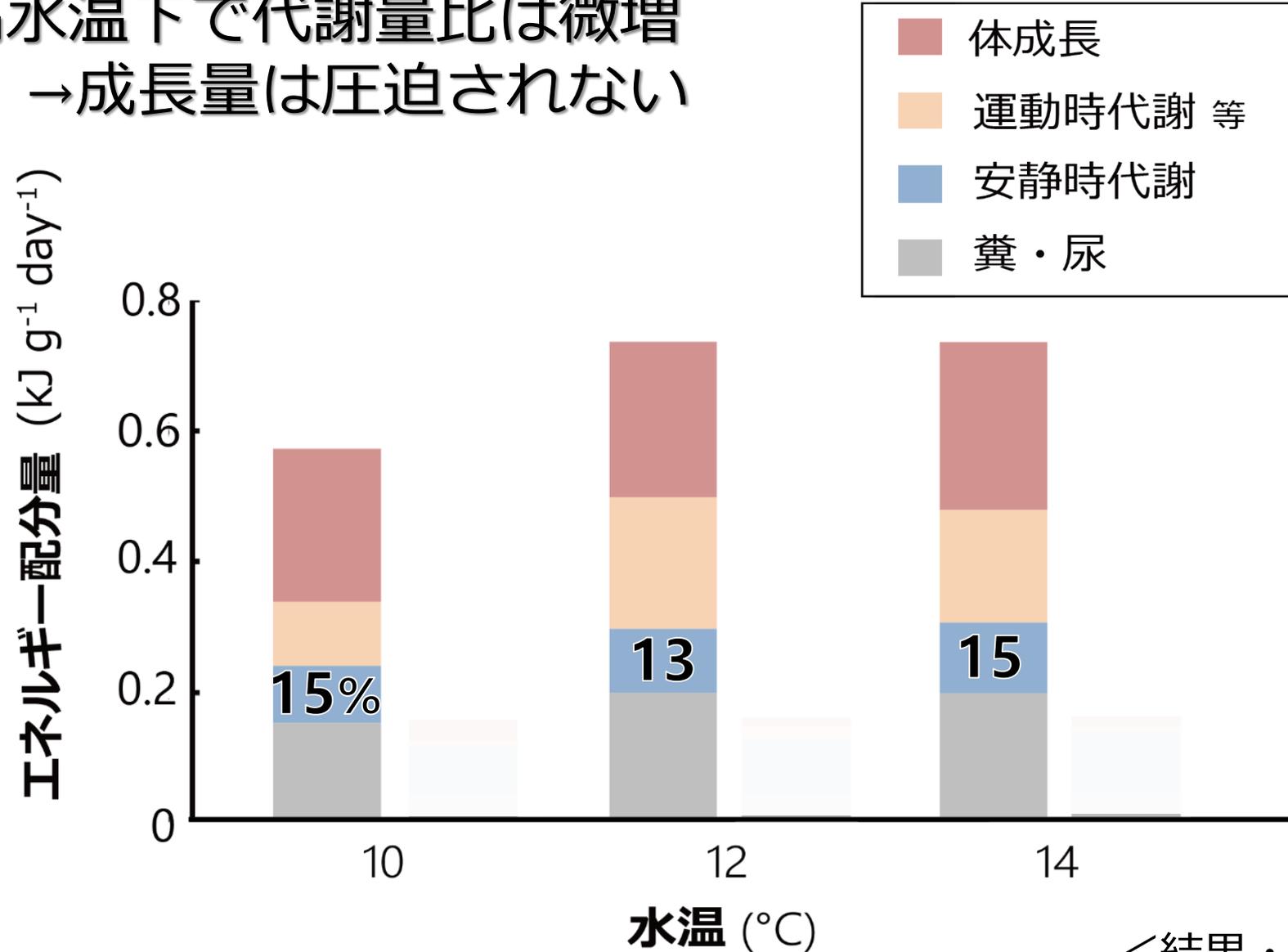
<結果>

給餌量区、水温区別のエネルギー配分量

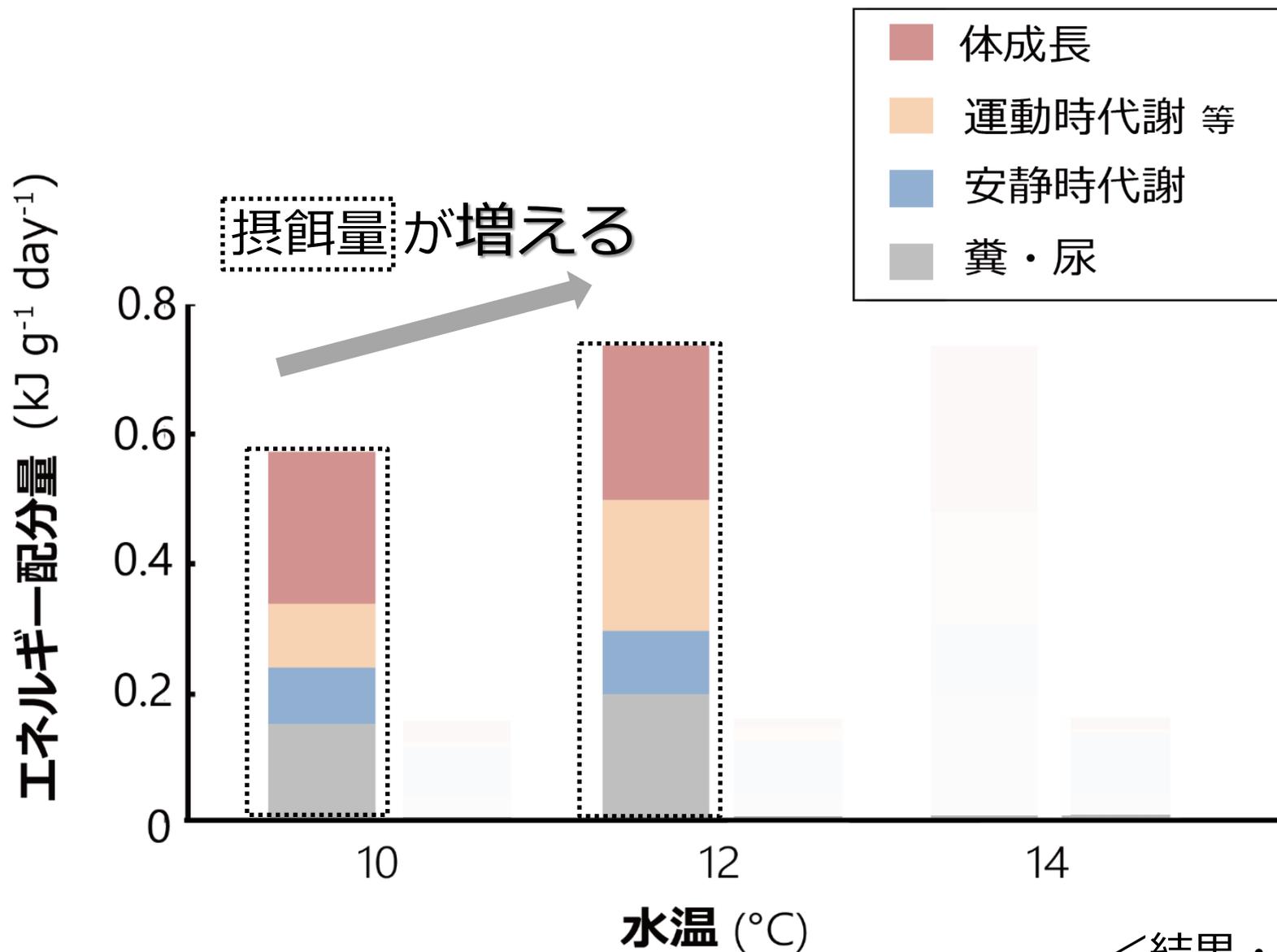


水温が12°Cから14°Cへ高くなると、安静時代謝量比は2%増加

高水温下で代謝量比は微増
→成長量は圧迫されない

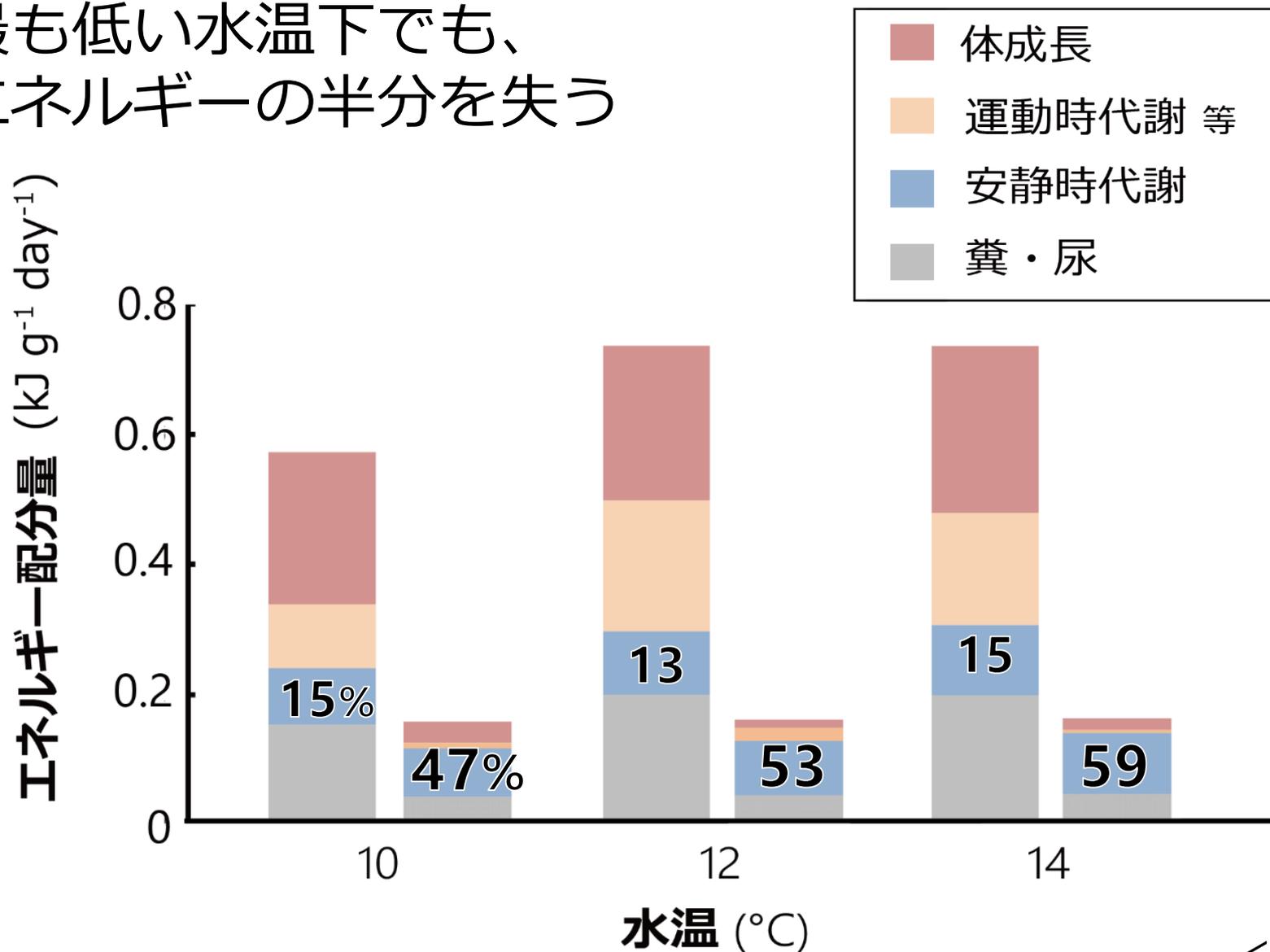


高水温下で代謝量比は微増 & 摂餌量の増加 → 高成長



餌が少ないと、安静時代謝量が全体の半分を占める

最も低い水温下でも、
エネルギーの半分を失う



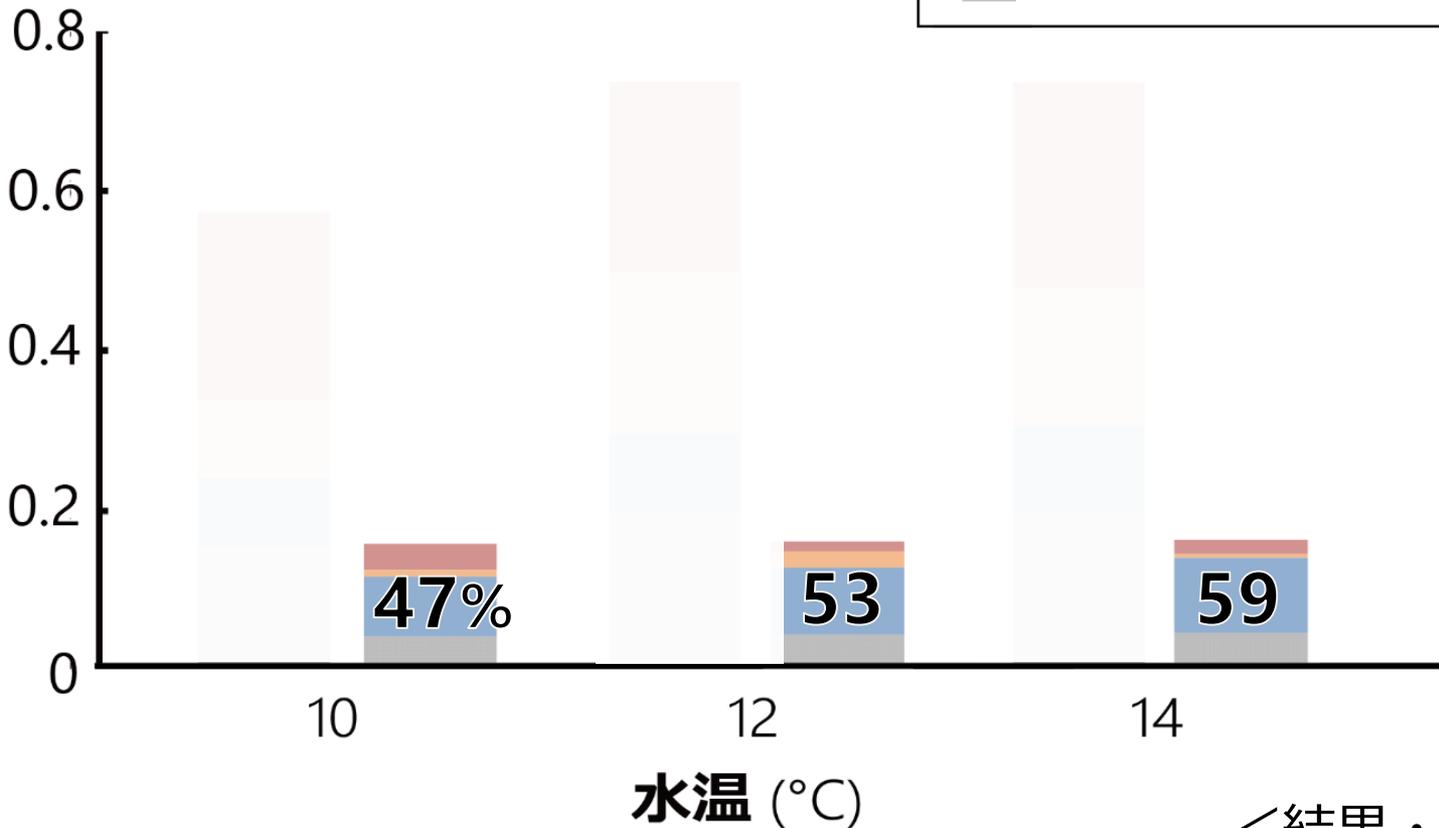
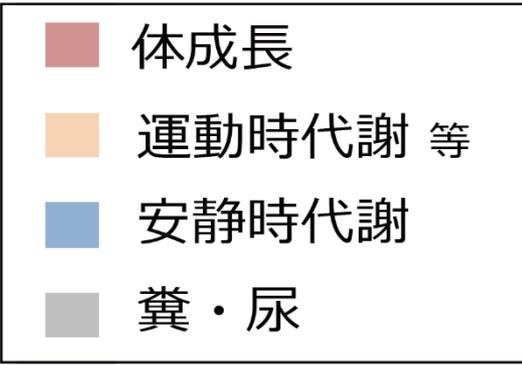
<結果>

水温が2℃高くなると、安静時代謝量比は6%増加

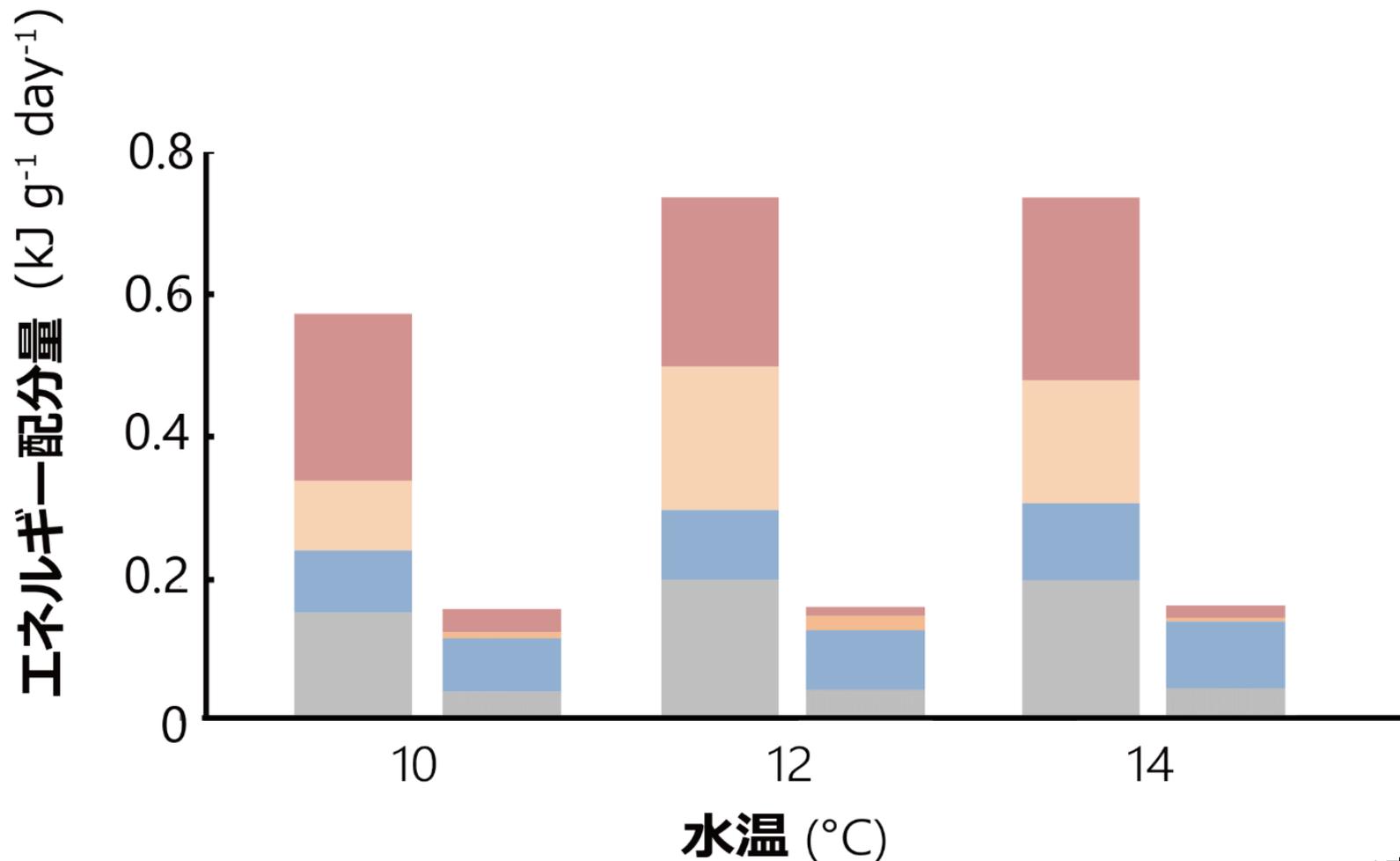
少ない餌量では、高水温がさらに成長へのエネルギー量を圧迫

→ どの水温でも低成長

エネルギー配分量 ($\text{kJ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$)



餌量によってエネルギー配分に対する水温の影響が異なる
→餌が極端に少ないと、低水温でも成長と運動に配分できない



<考察>

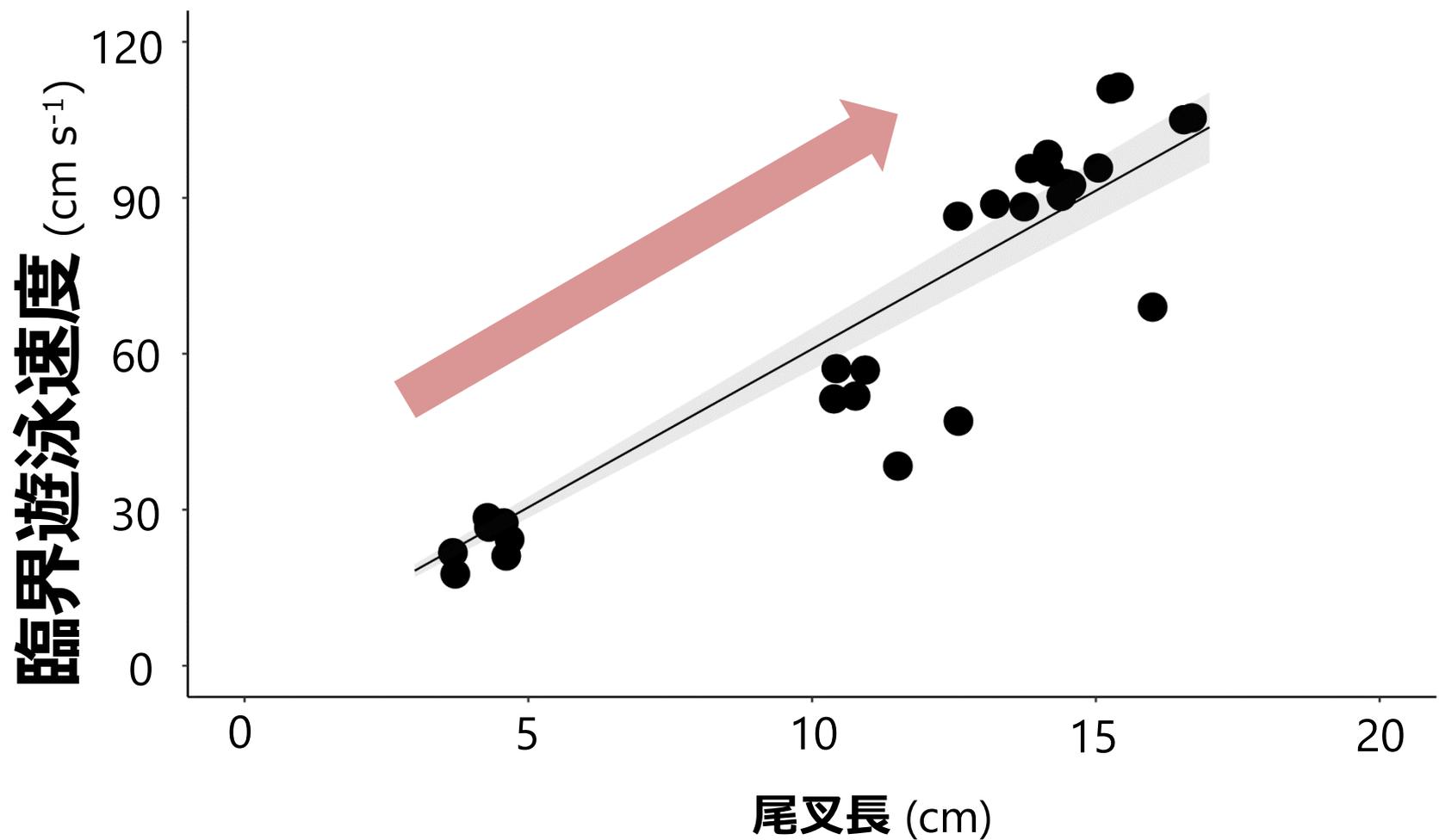
体サイズが大きくなると、
天敵からの逃避能力（瞬発遊泳速度）は向上
(大熊ら,1983)

しかし、回遊に必要な長距離遊泳能力は
向上するのか？



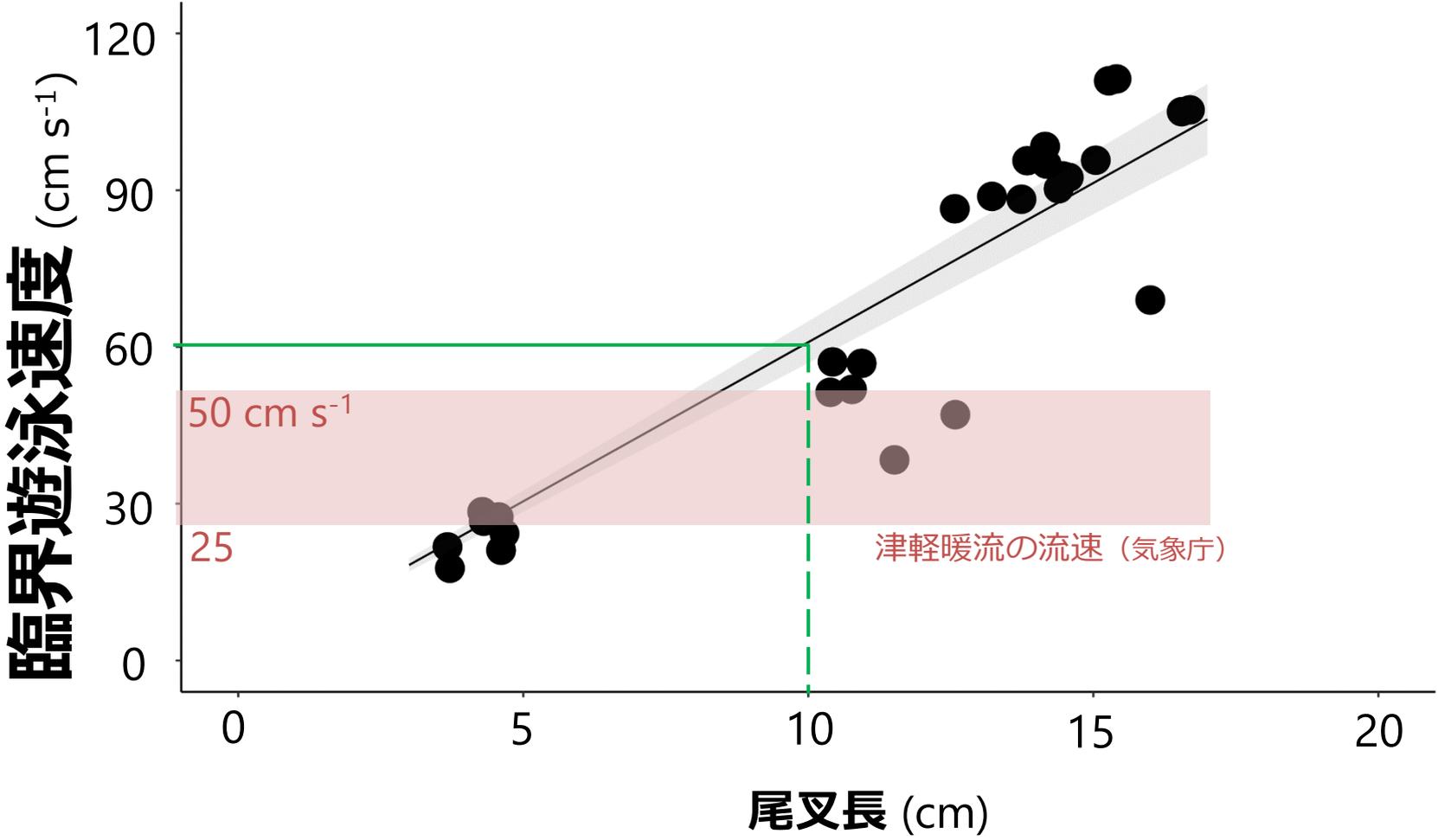
**体サイズ別に持続遊泳速度の最大値
(臨界遊泳速度) を測定** (スタミナトンネルを使用)

臨界遊泳速度の直線的な増加

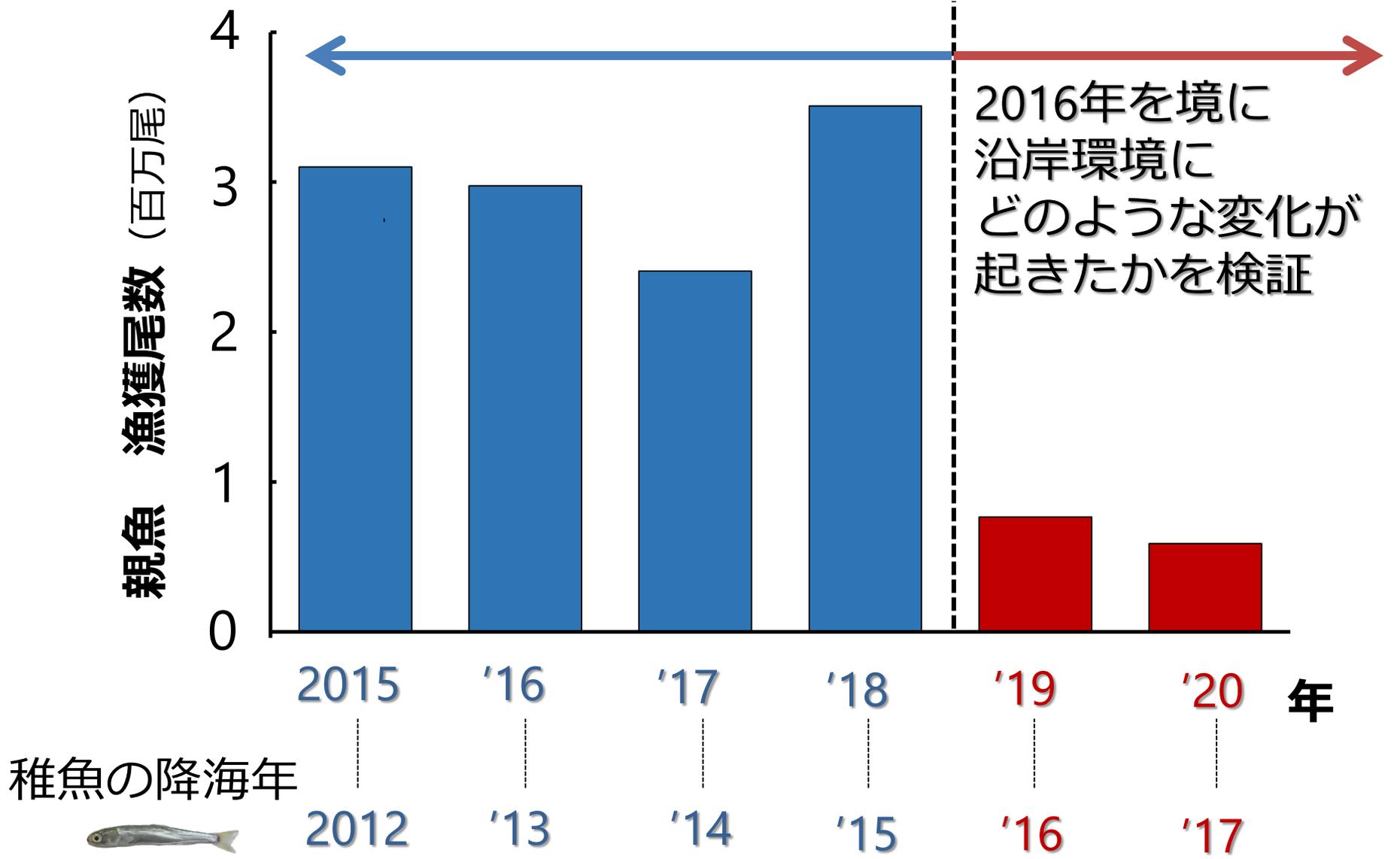


尾叉長10 cmの臨界遊泳速度 > 津軽暖流の流速

海流に逆らえる長距離遊泳力を備えてから北上を開始

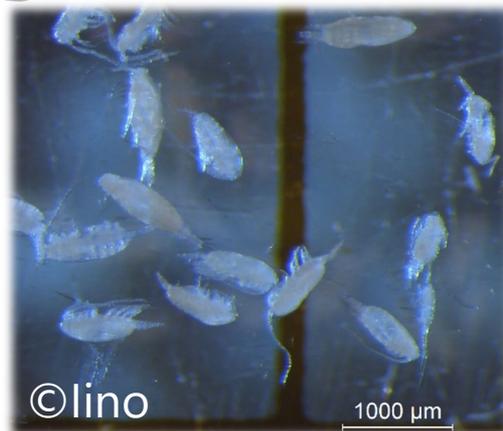
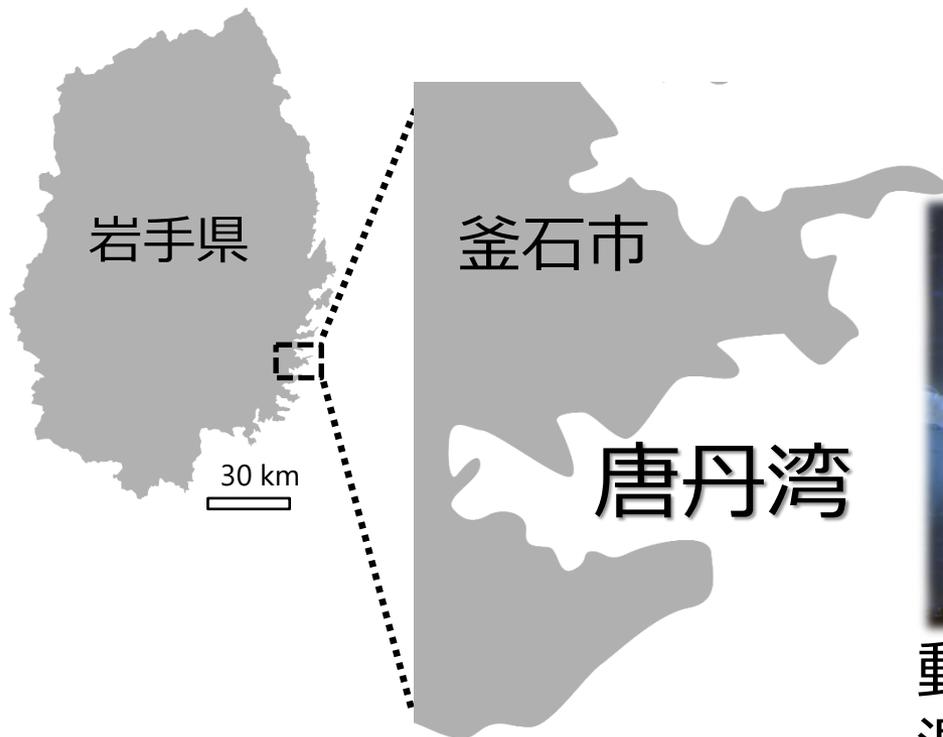


サケ親魚が回帰した年の3年前が、稚魚の降海年



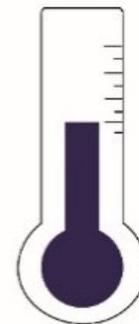
沿岸環境データの解析

2012~'15年、'16~'19年に分けて
唐丹湾の動物プランクトン湿重量と表層水温を
比較（データは岩手県水産技術センター 採集）



動物プランクトン
湿重量

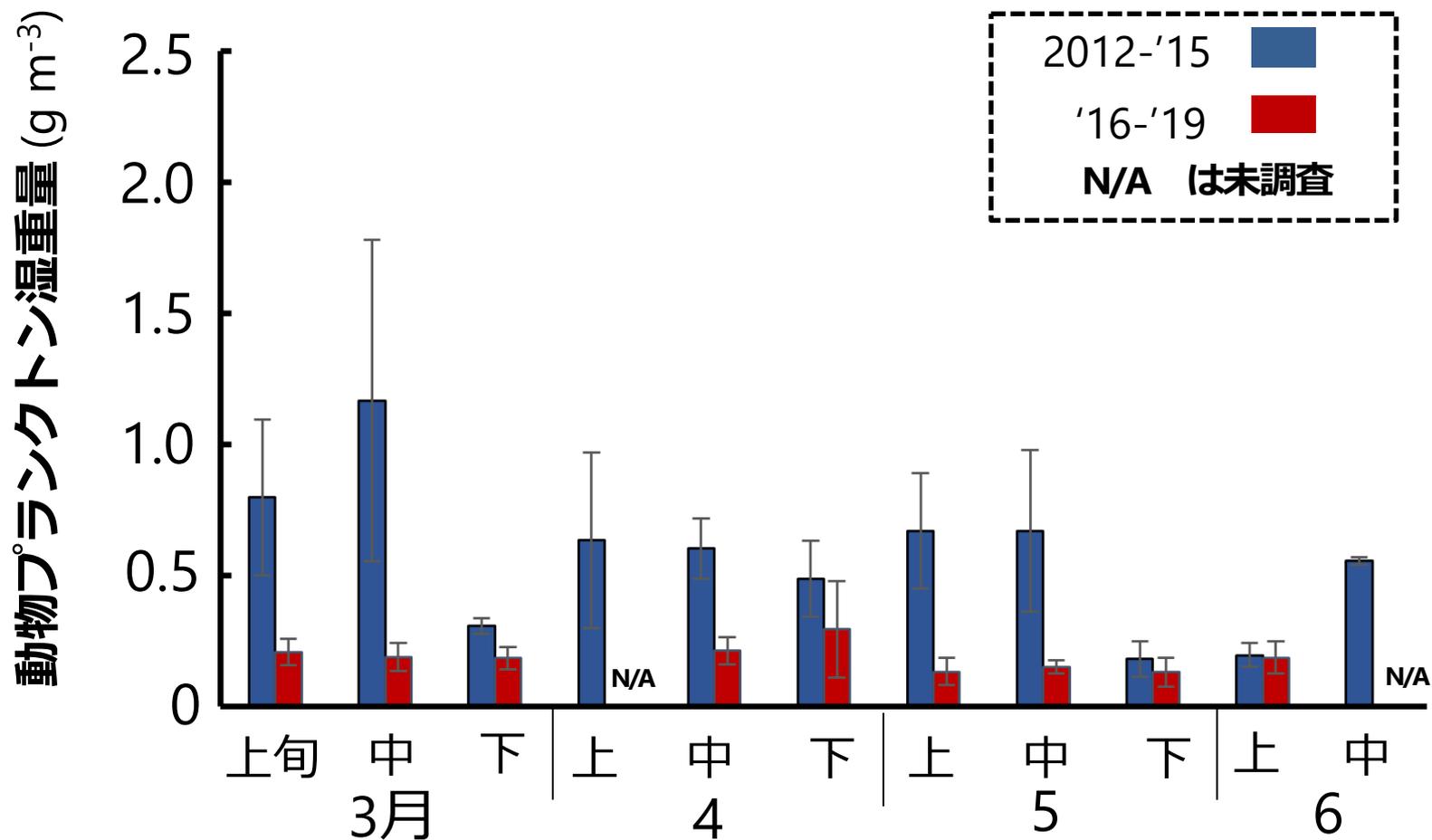
&



表層水温

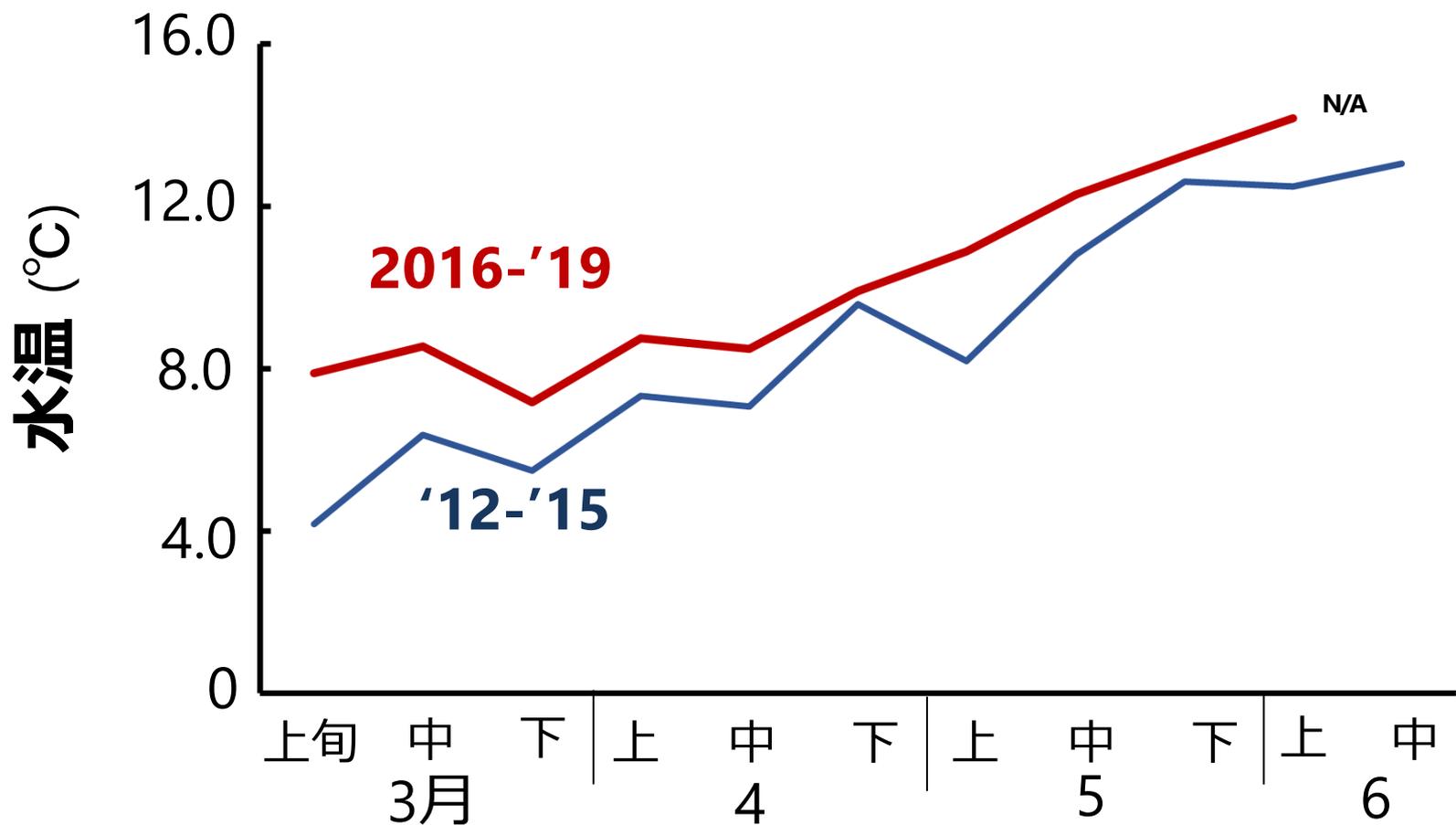
<材料・方法>

動物プランクトン湿重量 経年比較



'16年以降は以前に比べ、湿重量 **39-80% 減少**

表層水温 経年比較

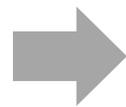


'16年以降は以前に比べ、**0.3-2.7°C 上昇**

高水温と低餌料環境がもたらす低成長

2016年以降

高水温 & **低餌料環境**

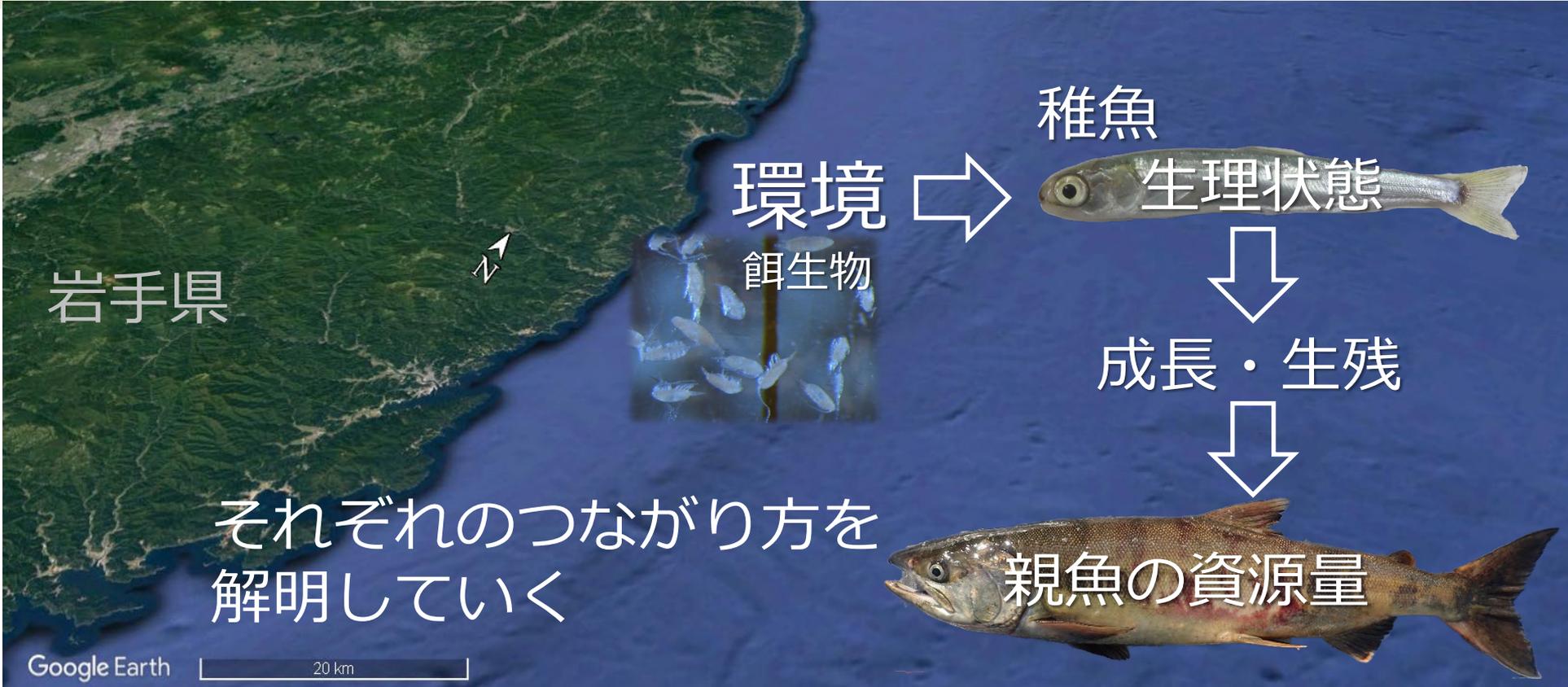


**餌不足による
稚魚の低成長**

- 水温上昇の影響はあくまでも間接的
- 水温が上がった分、多くの餌生物が必要
しかし、近年の沿岸域は餌不足

➡ **サケ資源の減少に大きく影響**

現状の資源量変動を理論的に説明するために、



【応用可能性】

複雑な海洋構造の三陸で暮らす海洋生物の動態予測
北上回遊を遂げるために必要な餌量の予測