

クラゲの分類・生活史研究は 理論科学とつながるか？

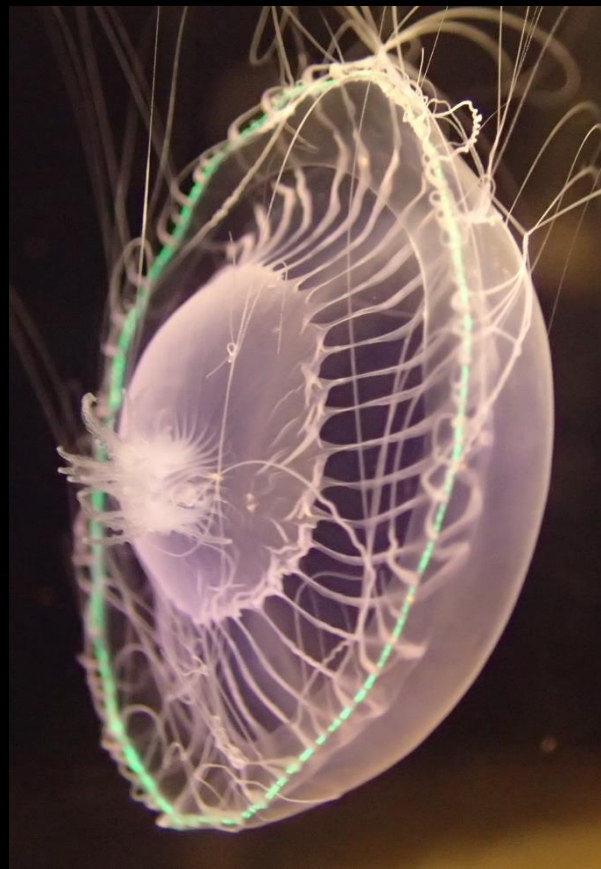


北里大学海洋生命科学部
三宅裕志

何を研究しているのか？ 深海生物の生態



- 生き物を飼育して
- 詳しくその生き物の生態を明らかにしてゆく



何を研究しているのか？
クラゲの生活史・生態・分類

クラゲ

- 日本最古の文学「古事記」の「天地の初め」の章に出てくる最初の生物
- 「国の稚く浮ける脂の如くして、くらげなす漂へる時」

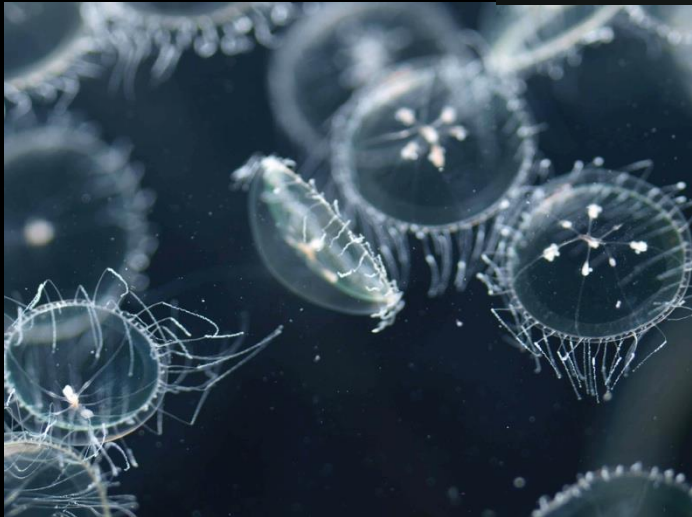
クラゲの漢字表記

- 海月
- 水母
- 久羅下
- 暗気
- 暗下

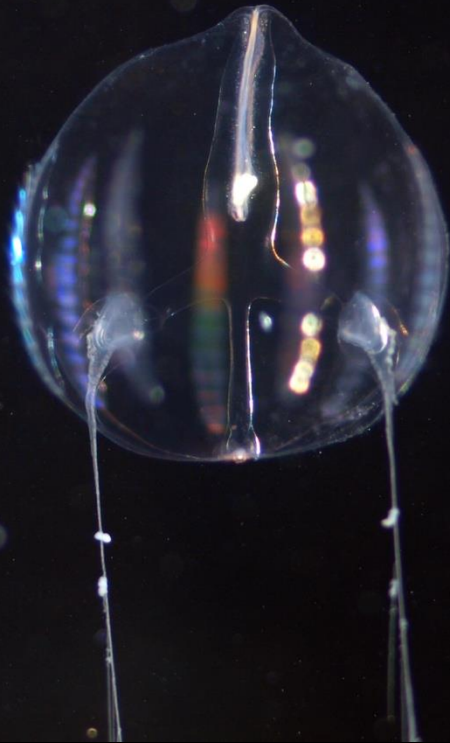
刺胞動物

クラゲ？

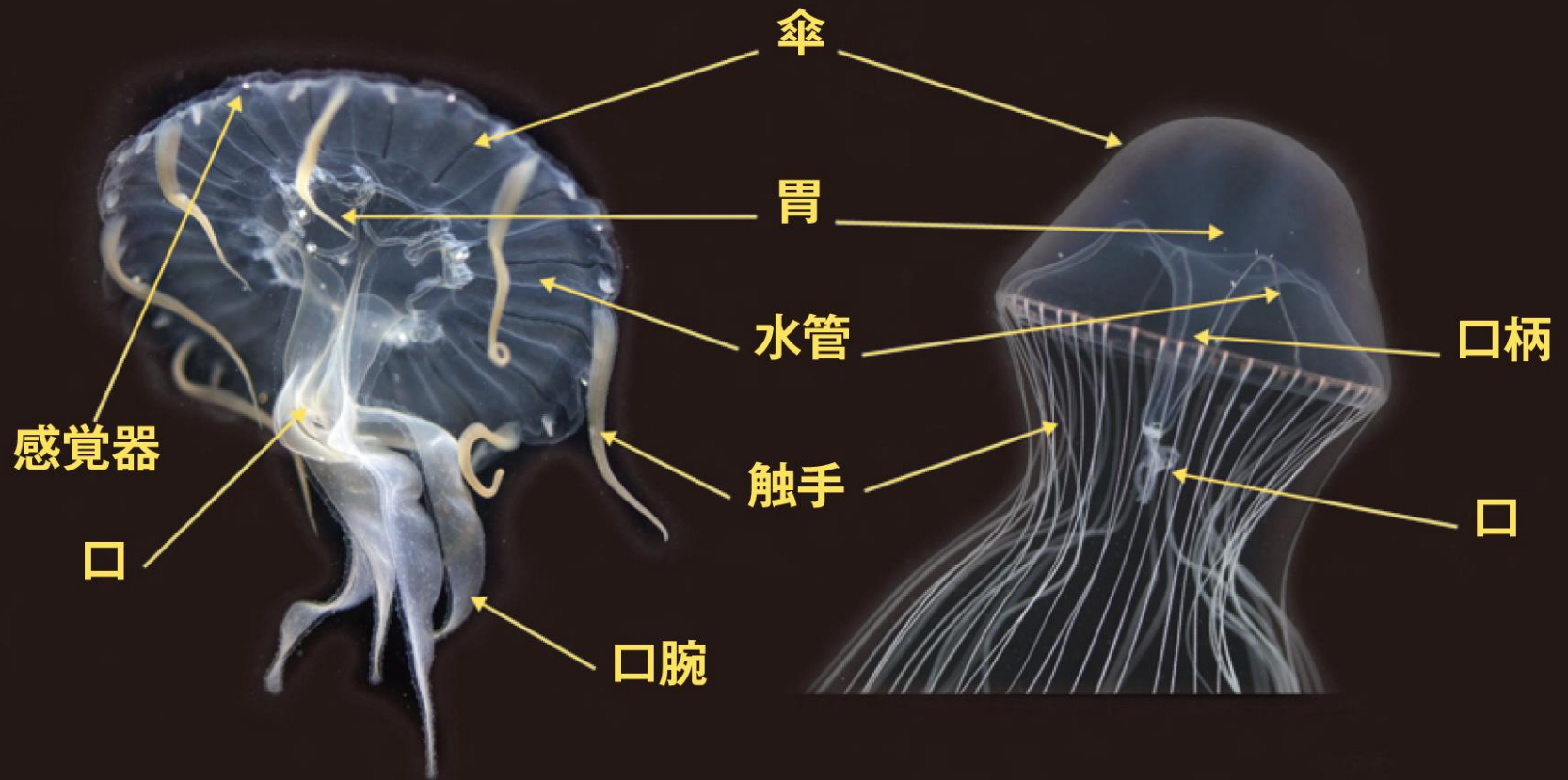
有櫛動物



クラゲの分類



クラゲの体構造



鉢虫綱の仲間

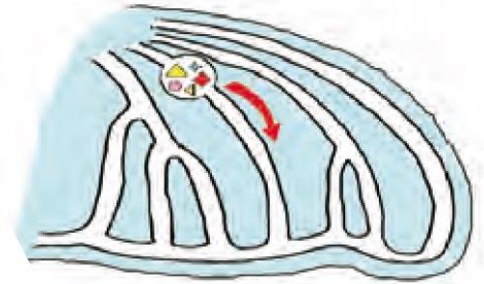
ヒドロ虫綱の仲間

クラゲには脳も心臓も無い！ しかし.....

集中神経系

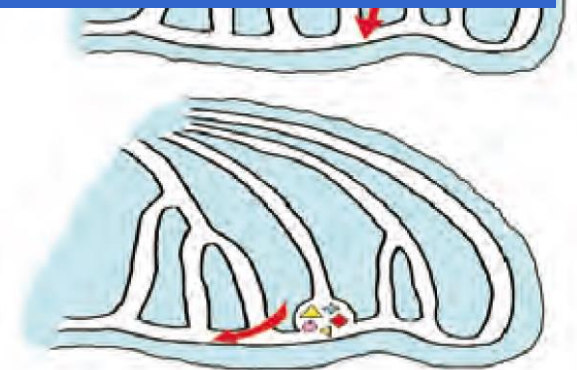
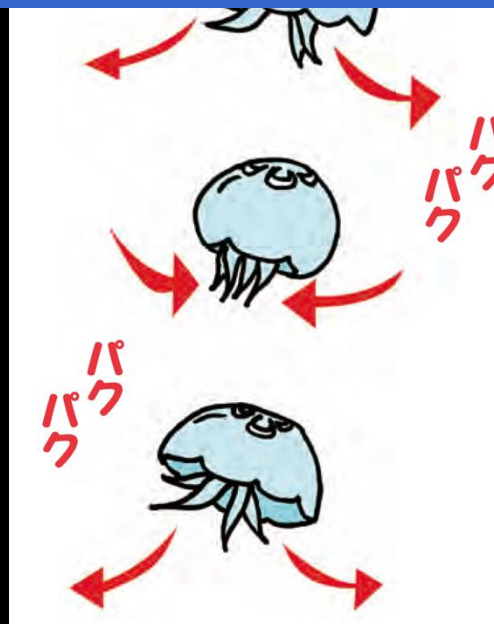
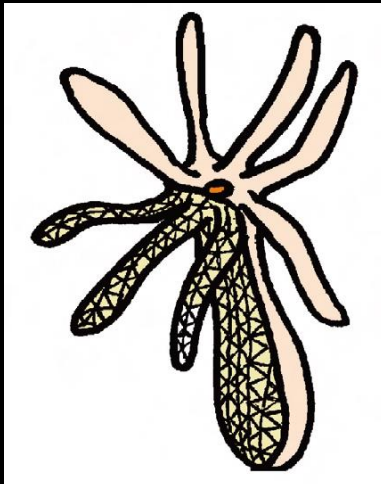


クラゲが拍動すると
血管のようにはりめ
ぐらされている水管
のなかを体液や栄養
分がいきわたる。

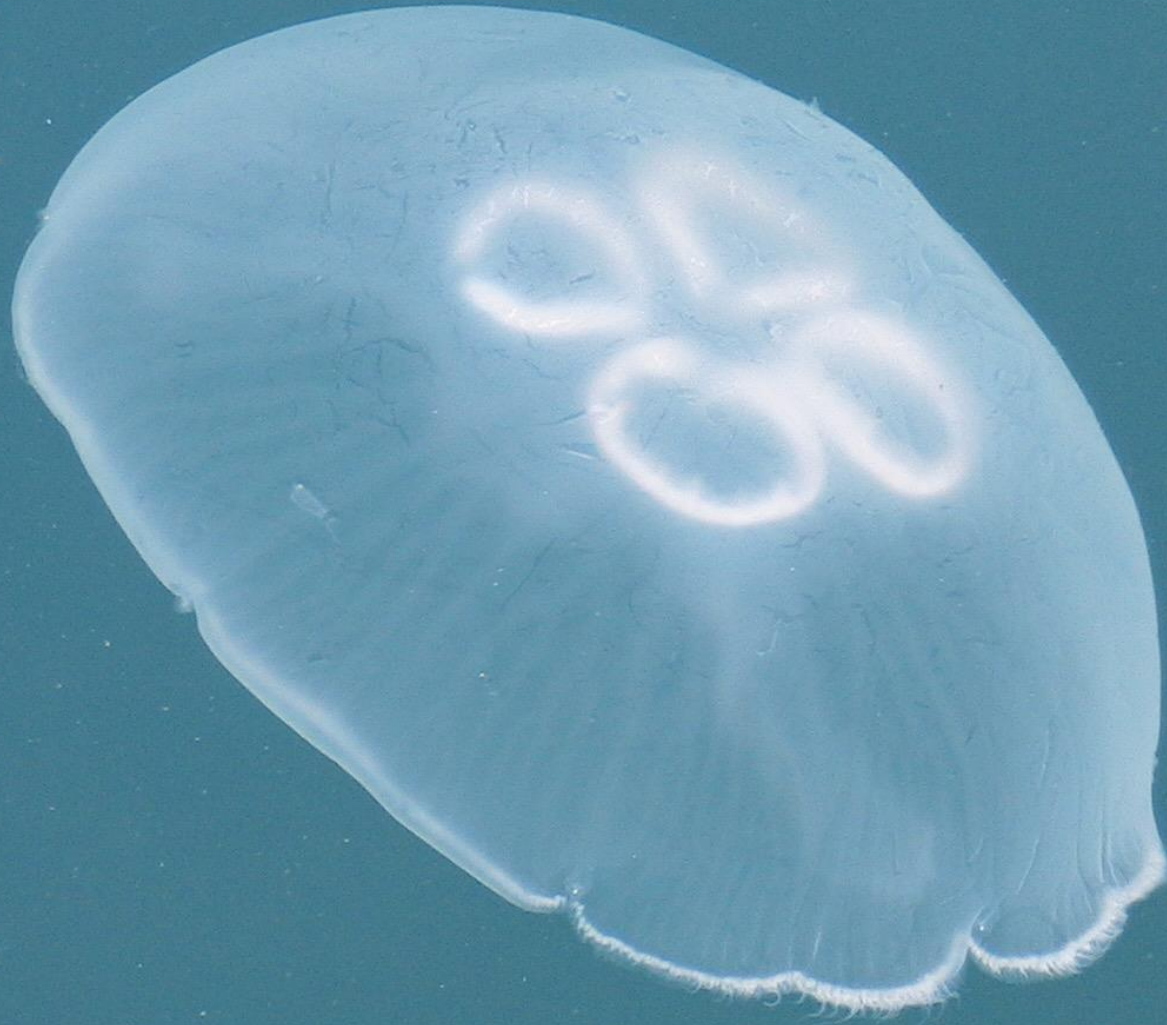


身体全体が脳であり、心臓

散在神経系



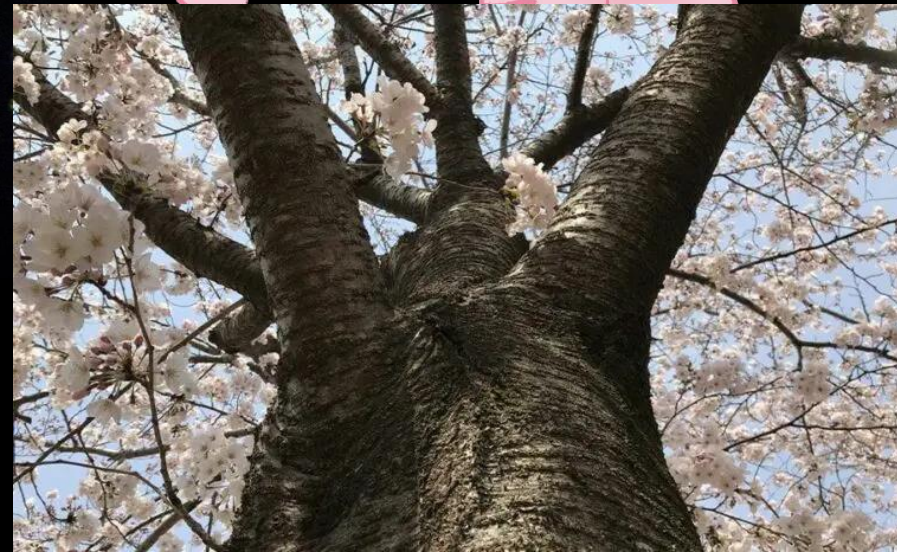
クラゲの一生



クラゲは綺麗な泳ぐ“花”



それでは花をさかせる草木の部分は？

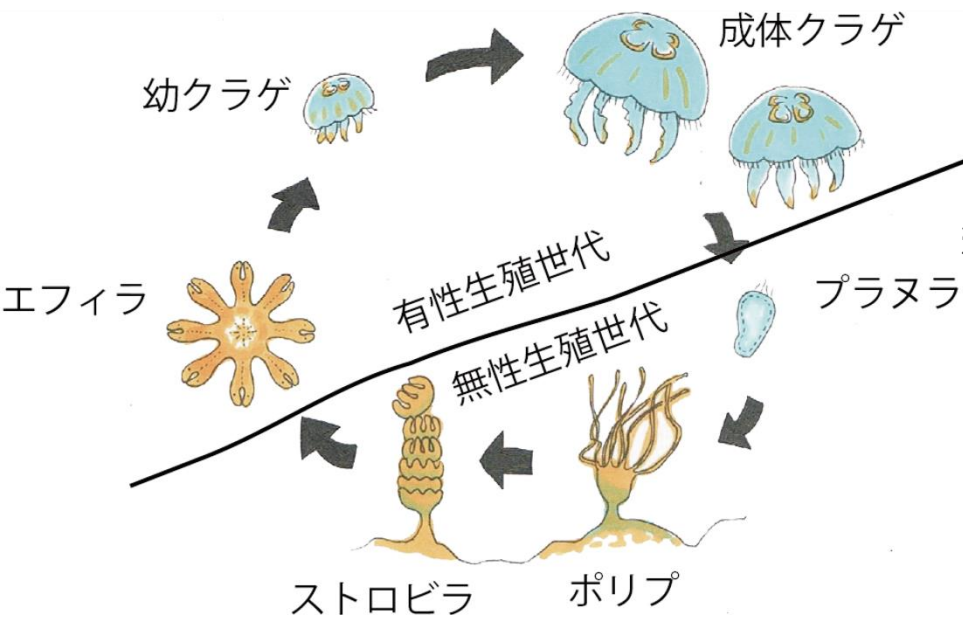


クラゲの正体 ポリプ（水螅）

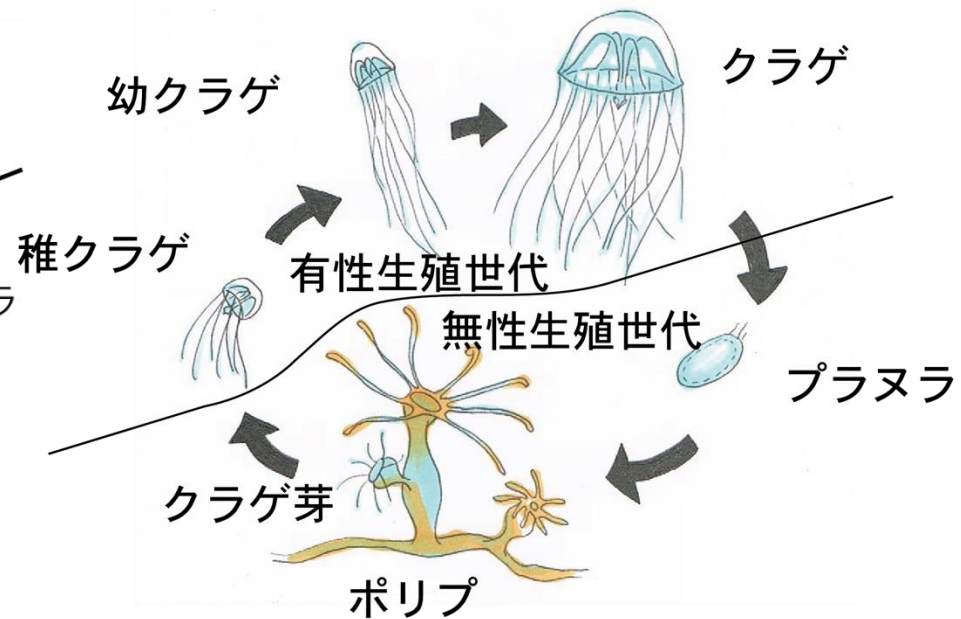


クラゲの一生（生活史）

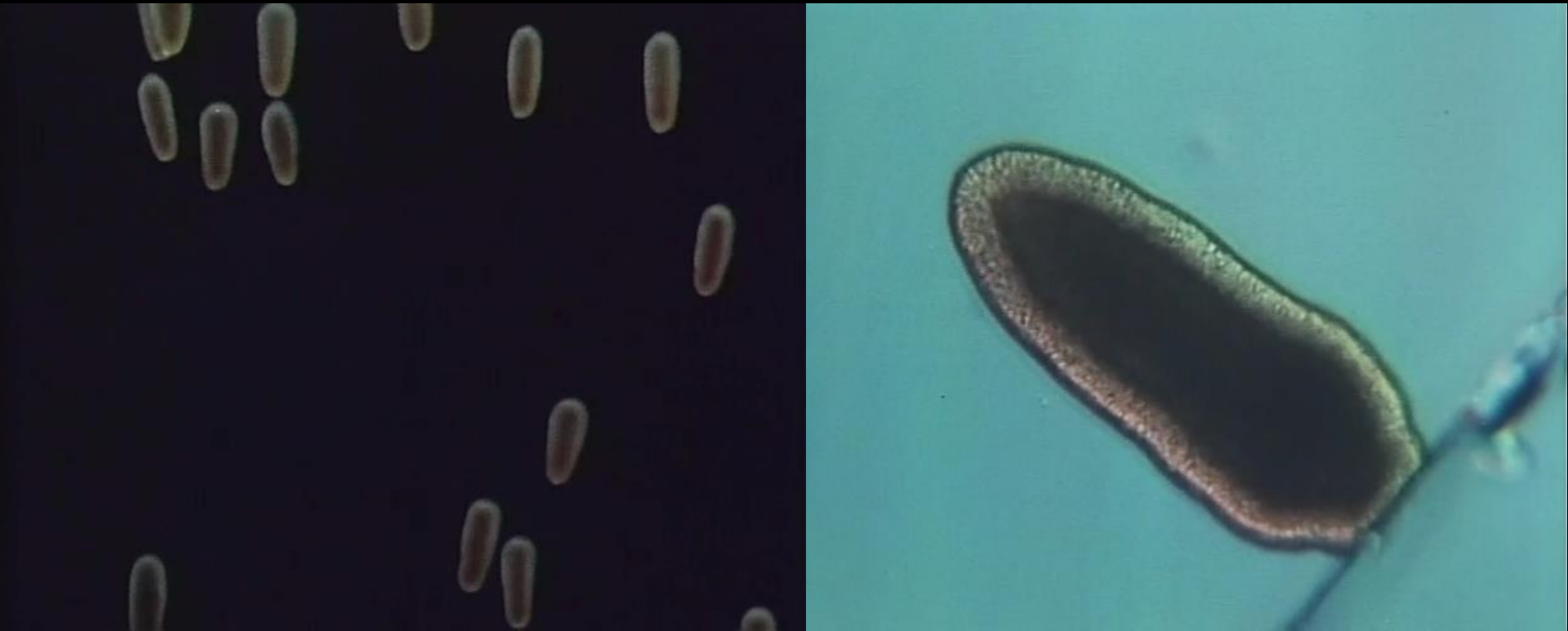
鉢クラゲ類の生活史



ヒドロクラゲ類の生活史



プラヌラ→ポリプ



東京シネマ ミズクラゲのライフサイクルより

ポリプの増え方(無性生殖)

ポリプ→ポリプ

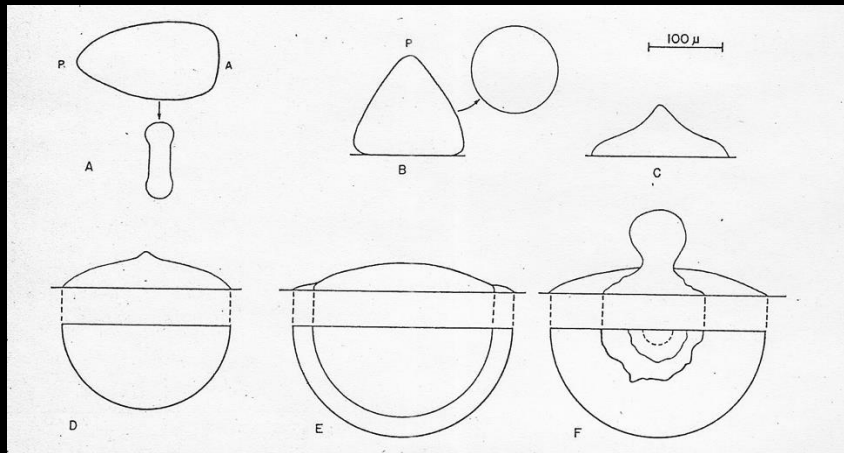


出芽・二分裂

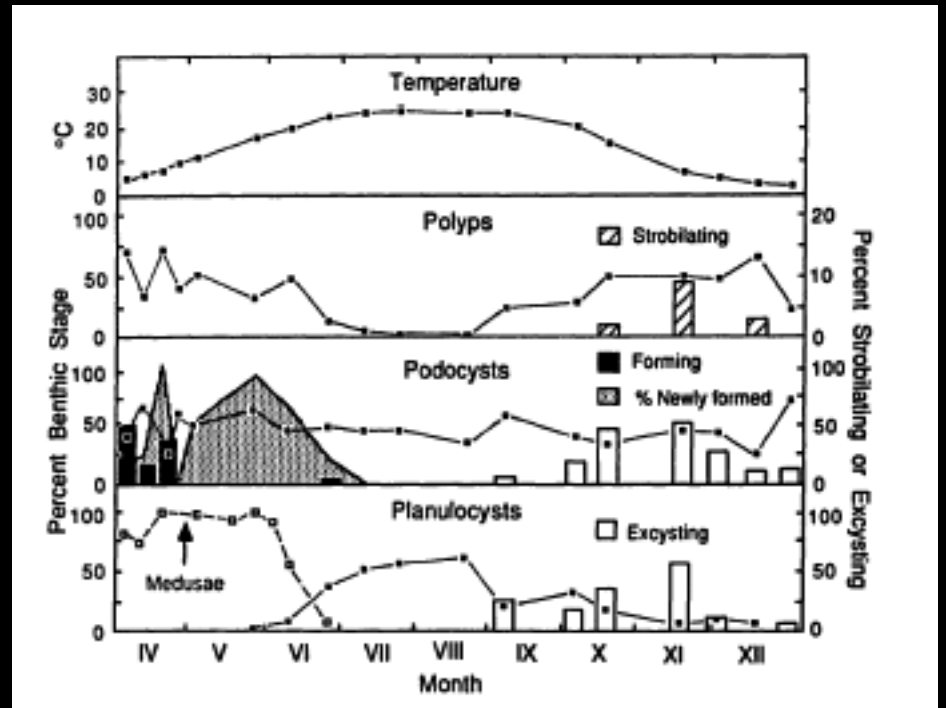
クラゲの増え方

- 無性生殖
 - 自分だけで増殖可能・効率がよい
 - 遺伝的多様性が無く、環境変化に弱い
- 有性生殖
 - 雌雄の出会いが必要・効率悪い
 - 遺伝的多様性が高く、環境変化に強い

プランラ→プランロシスト

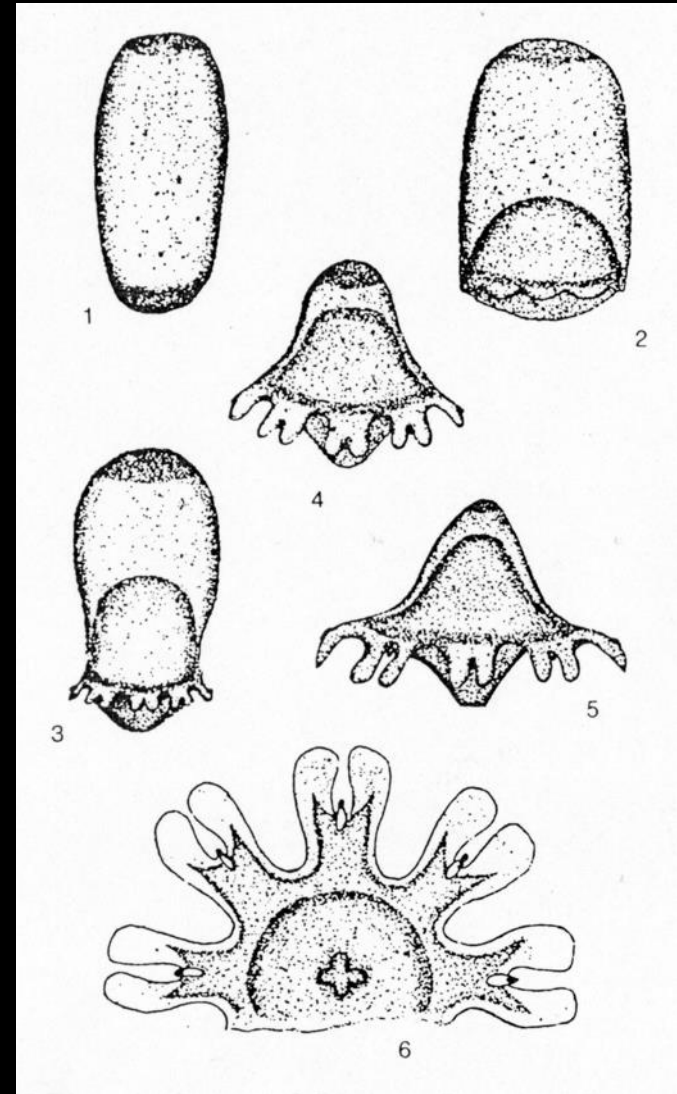


Brewer (1976)



Brewer and Feingold (1991)

無性生殖：プラヌラー→エフィラ



(Delap, 1906)

オキクラゲ *Pelagia noctiluca*

ポリプの増え方(無性生殖)

ポリプ→プラヌロイド→ポリプ



イボクラゲ
Cepha cepha



Cotylorhiza tuberculata

ポリプの増え方(無性生殖) ポリプ→ポドシスト→ポリプ



エチゼンクラゲ



シーネットル

冬になるとクラゲを作る準備
ストロビラに変態！
(植物で言うと花を作る準備)



冬になるとクラゲを作る準備
ストロビラに変態！
(植物で言うと花を作る準備)



花：エフィラ



クラゲの生まれ方(無性生殖)

ポリプ→クラゲ

ストロビレーション



Polydics type
ビゼンクラゲ
Rhopilema esculenta



Monodisc type
ムラサキクラゲ
Thysanostoma thysanura

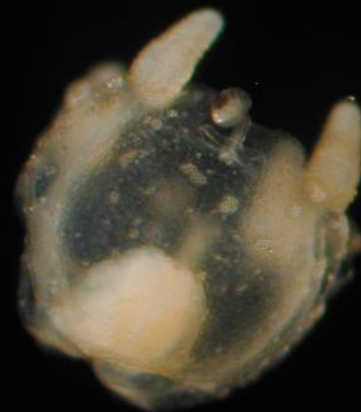
クラゲの生まれ方(無性生殖)

ポリプ→クラゲ

クラゲ芽形成



ヒドロクラゲ類



立方クラゲ類

クラゲの生まれ方(無性生殖)

クラゲ→クラゲ



ヒゲクラゲ

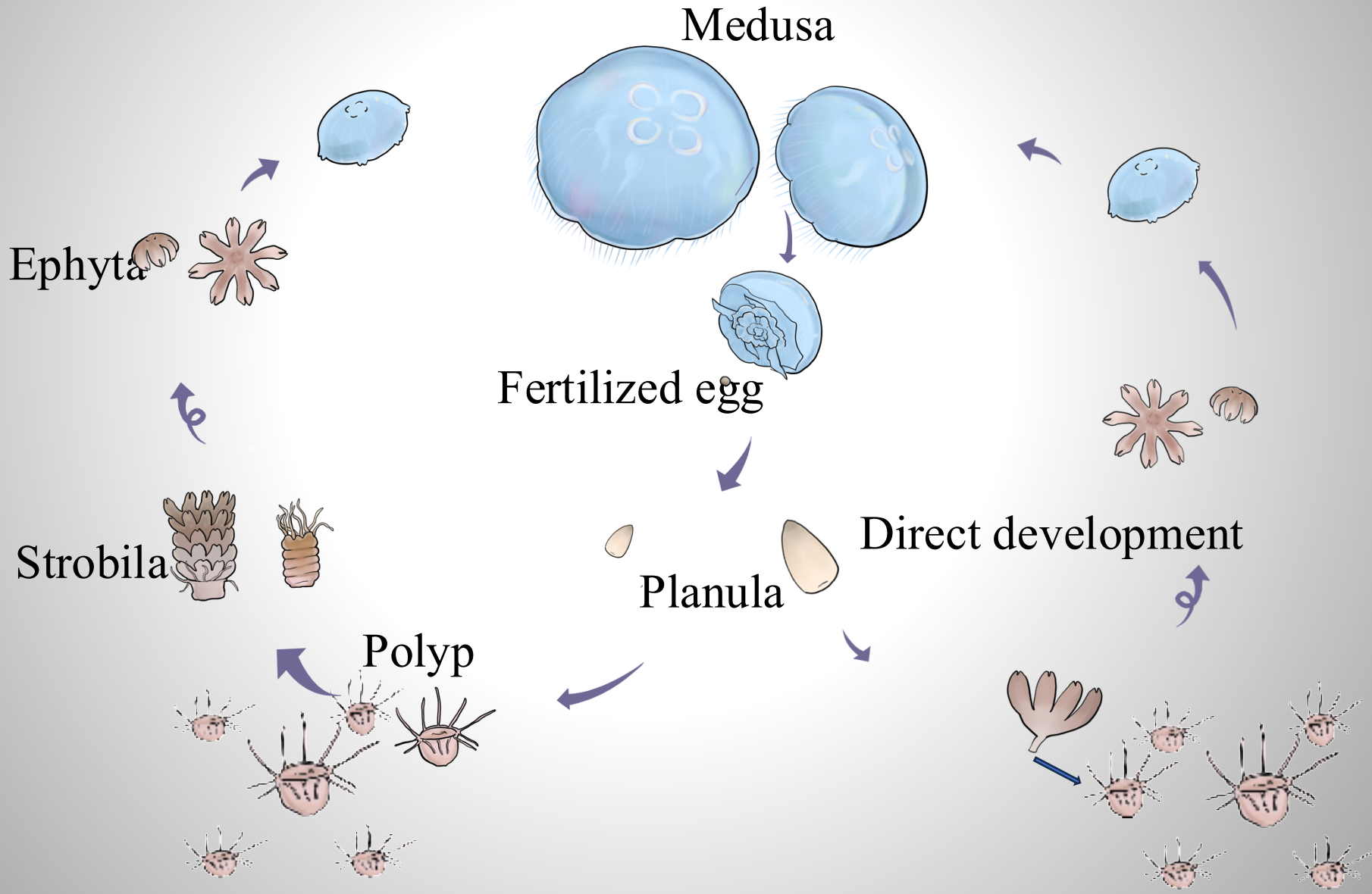


シミコクラゲ



キタヒラクラゲ

ミズクラゲの生活史



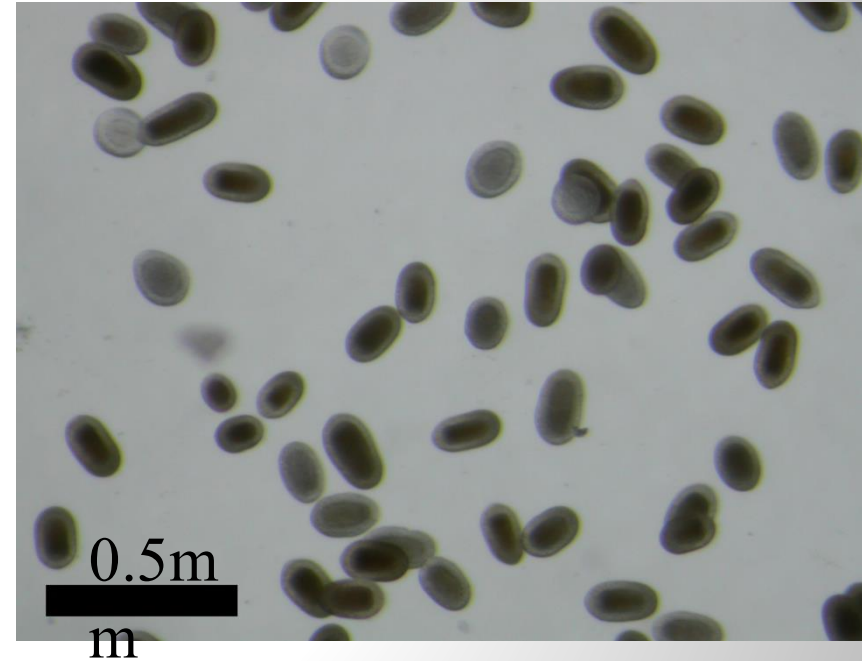
大型プラヌラが直達発生をする

大型プラヌラ



長径 500～900 μ m

通常型プラヌラ



長径 200 μ m

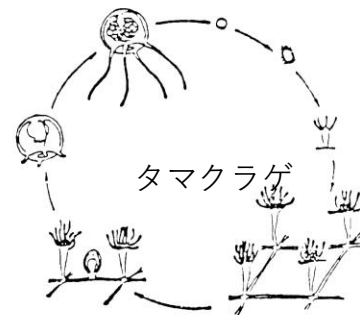
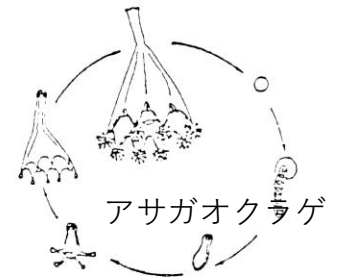
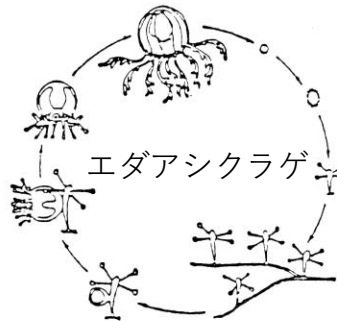
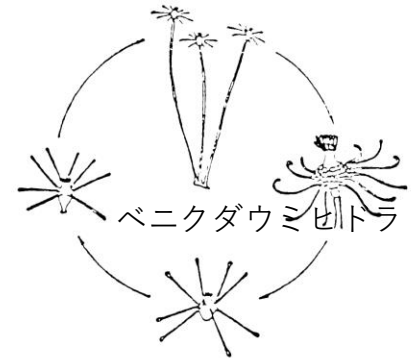
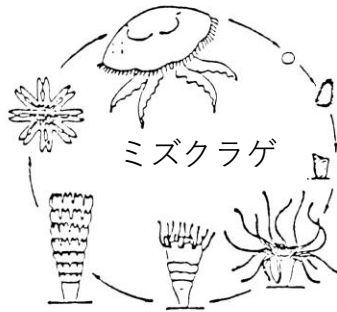
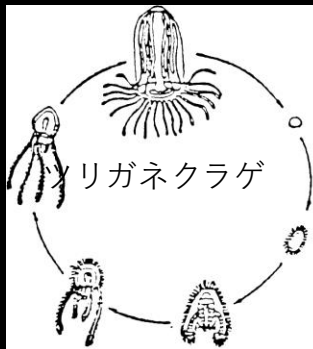
通常サイズのプラヌラは直達発生しない(Yasuda 1975)

ポリプを飛び越してエフィラに飛び級！！
直達発生するミズクラゲがいる！

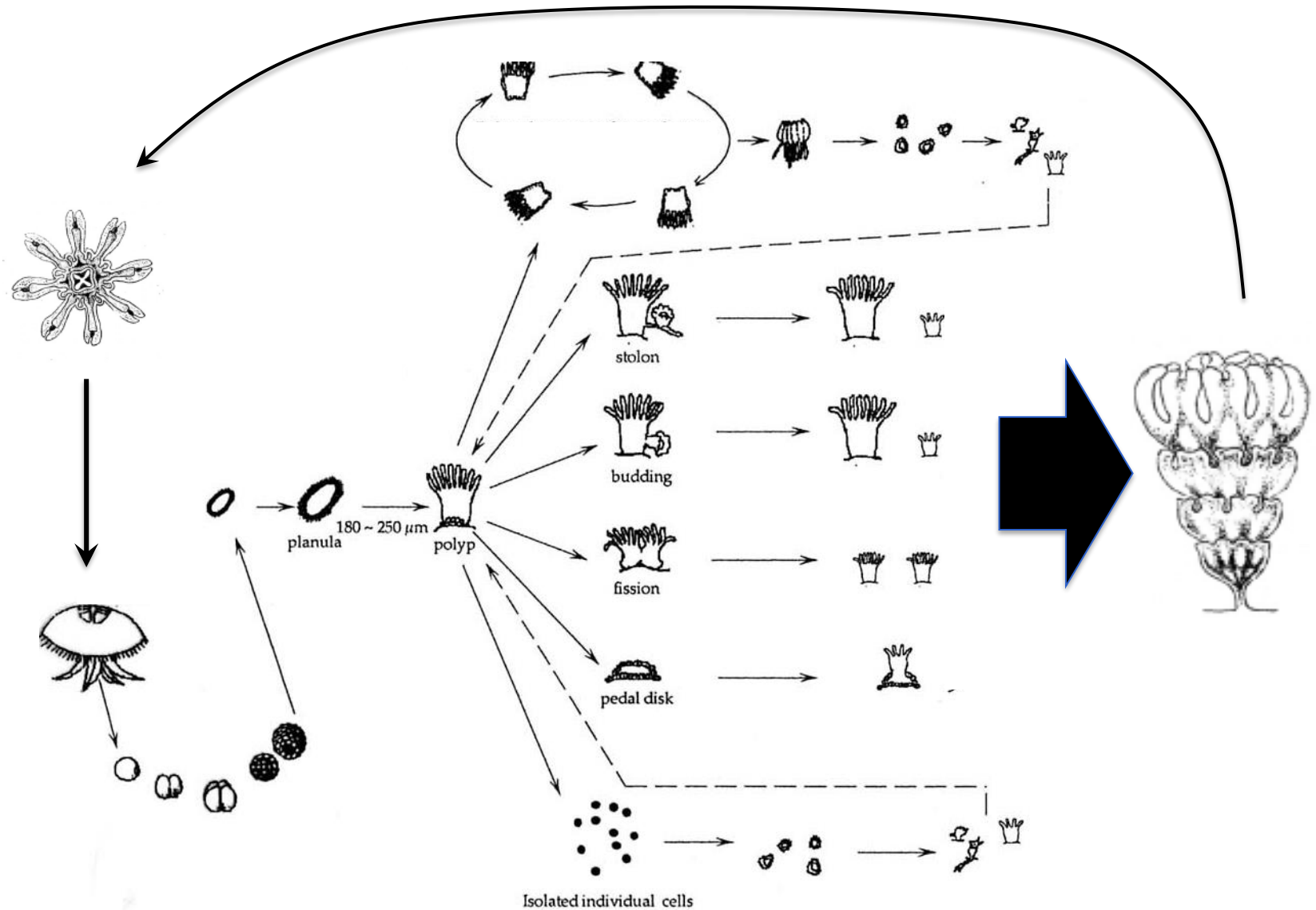


クラゲ類の生活史のいろいろ

環境に応じた生活史戦略



クラゲは人生をやり直せる！



クラゲの大量発生



ミズクラゲの環境適応能力

プラヌラ



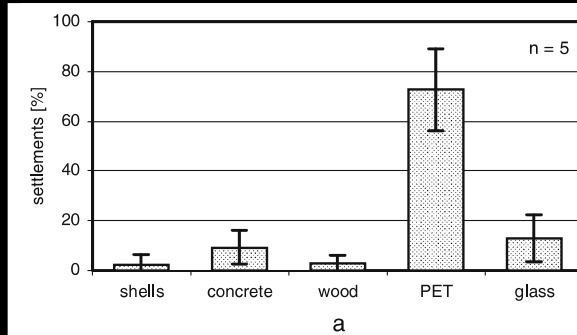
プラヌラは定着すると底生生活するポリプになる。
プラヌラはポリプの住むところを探さないといけない！

プラヌラは**ポリプが生息している基質を選択する**

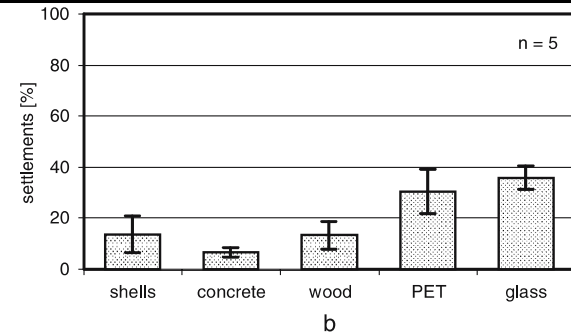
Gimenez et al., 2025

プラヌラは何に着くか？

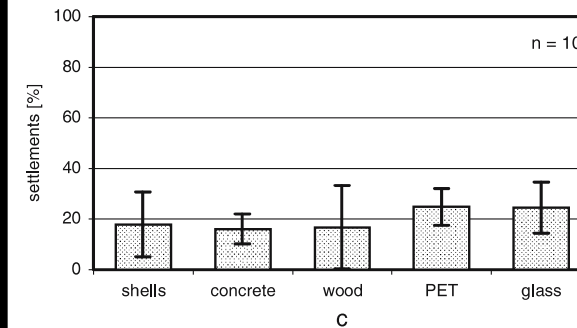
*Cyanea
lamarckii*



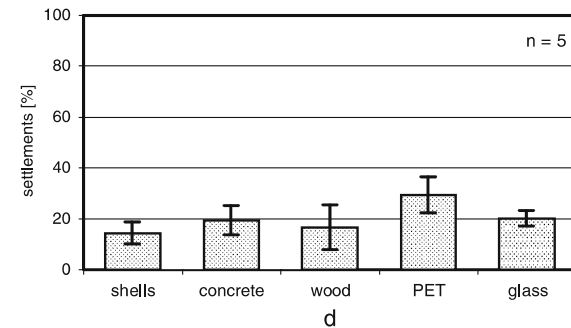
*Chrysaora
hysoscella*



*Cyanea
capillata*



*Rhizostoma
octopus*



*Aurelia
aurita*

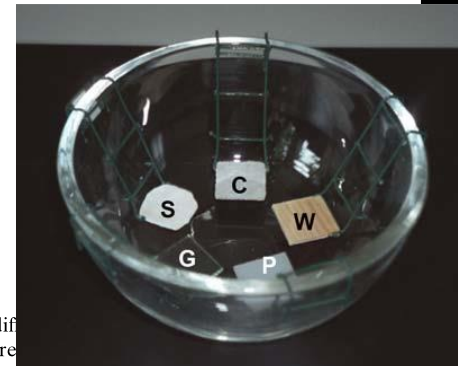
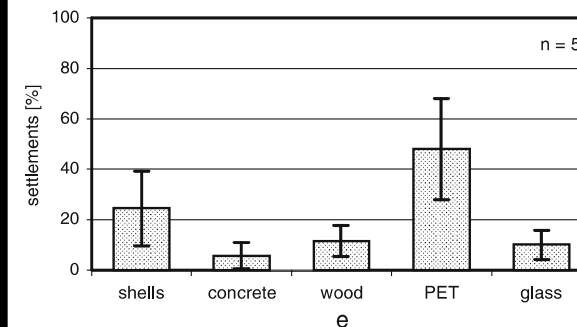


Fig. 6 Percentages of settled planulae of different species on the undersides of different substrates. **a** *Chrysaora hysoscella*, **c** *Cyanea capillata*, **d** *Rhizostoma octopus*, **e** *Aurelia aurita*. $n = 5$

プラヌラは裏側につきやすい

Table 1 Percentages (mean value $\pm$ standard deviation) and total numbers of settlements on the sixth day of experiments.

species	<i>C. lamarckii</i>	<i>Chrysaora hysoscella</i>	<i>C. capillata</i>	<i>R. octopus</i>	<i>A. aurita</i>
<i>n</i>	5	5	10	5	5
Distribution of settled planulae on undersides, topsides and sides of substrate plates					
Undersides	99.4 $\pm$ 0.5	82.2 $\pm$ 2.5	96.7 $\pm$ 2.3	99.8 $\pm$ 0.6	95.1 $\pm$ 6.9
Topsides	0.7 $\pm$ 0.5	17.2 $\pm$ 2.5	2.7 $\pm$ 1.9	0.1 $\pm$ 0.2	4.1 $\pm$ 6.0
Sides	0.0	0.6 $\pm$ 0.2	0.6 $\pm$ 0.7	0.2 $\pm$ 0.4	0.9 $\pm$ 1.2
Total number of settled planulae	1764	3263	3720	1656	257
Distribution of settled planulae on substrate plates and on other substrates in the experimental bowls					
Substrate plates	74.1 $\pm$ 9.8	71.8 $\pm$ 2.8	46.0 $\pm$ 24.1	74.6 $\pm$ 4.4	8.5 $\pm$ 4.7
Wire	0.2 $\pm$ 0.2	0.4 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.4	1.0 $\pm$ 1.7	0.1 $\pm$ 0.1
Glue	0.1 $\pm$ 0.1	0.1 $\pm$ 0.1	0.7 $\pm$ 0.4	0.3 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.1
Bottom	0.00	11.1 $\pm$ 1.1	31.1 $\pm$ 19.2	0.0	5.8 $\pm$ 1.5
Wall	0.1 $\pm$ 0.2	5.6 $\pm$ 0.5	4.4 $\pm$ 2.5	0.0	0.7 $\pm$ 0.2
Water surface	25.5 $\pm$ 9.9	11.1 $\pm$ 1.1	17.3 $\pm$ 7.2	24.1 $\pm$ 5.9	84.9 $\pm$ 4.4
Total number of settled planulae	2273	4534	7478	2228	2951

n = replicates of experiments

Holst and Jarms, 2007

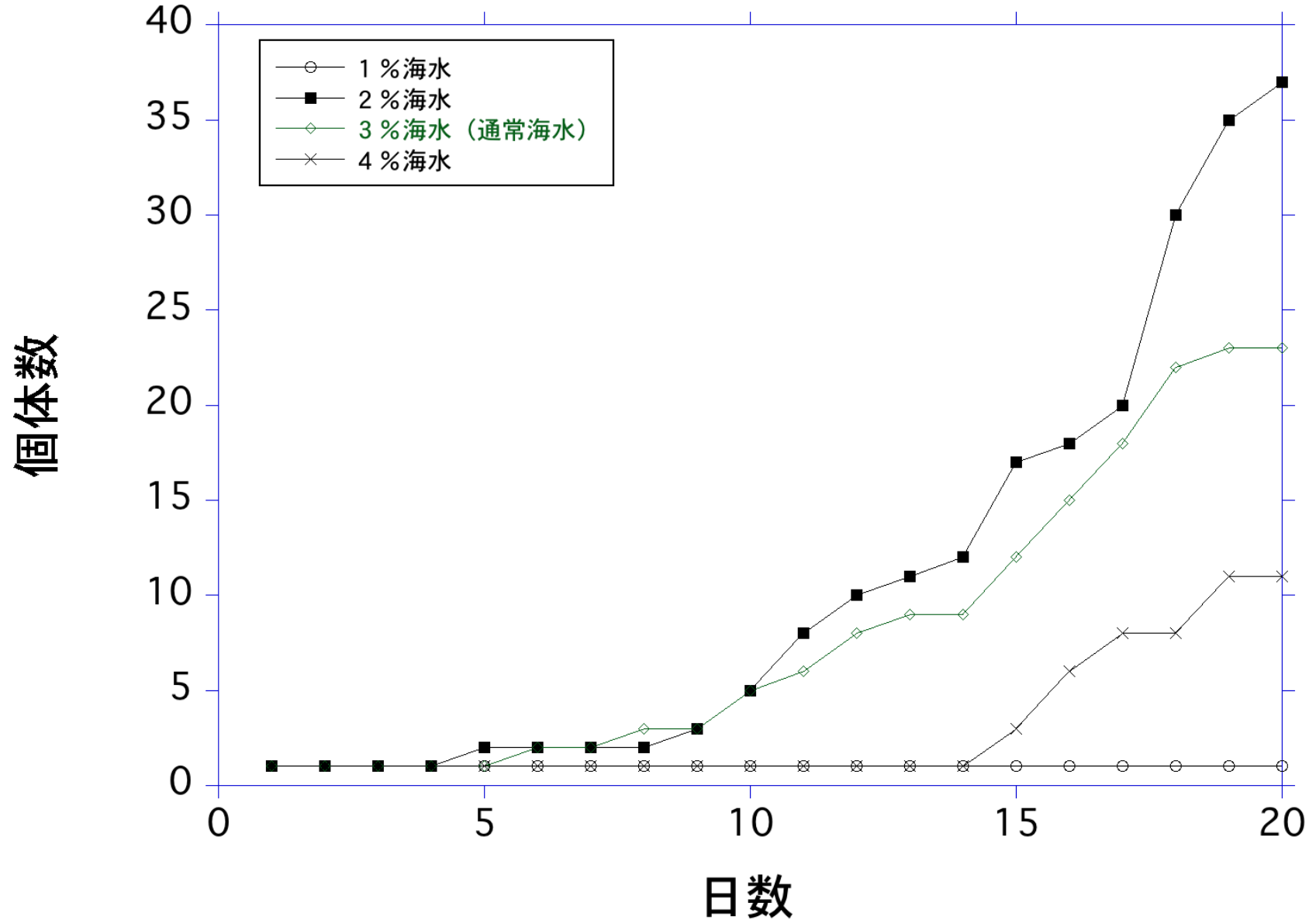
- 若いプラヌラ：正の走光性
- 付着前のプラヌラ：負の走地性と負の走光性

紫外線照射からの逃避
堆積物に埋まらない
底生生物の捕食逃避
無酸素環境になりにくい場所へ

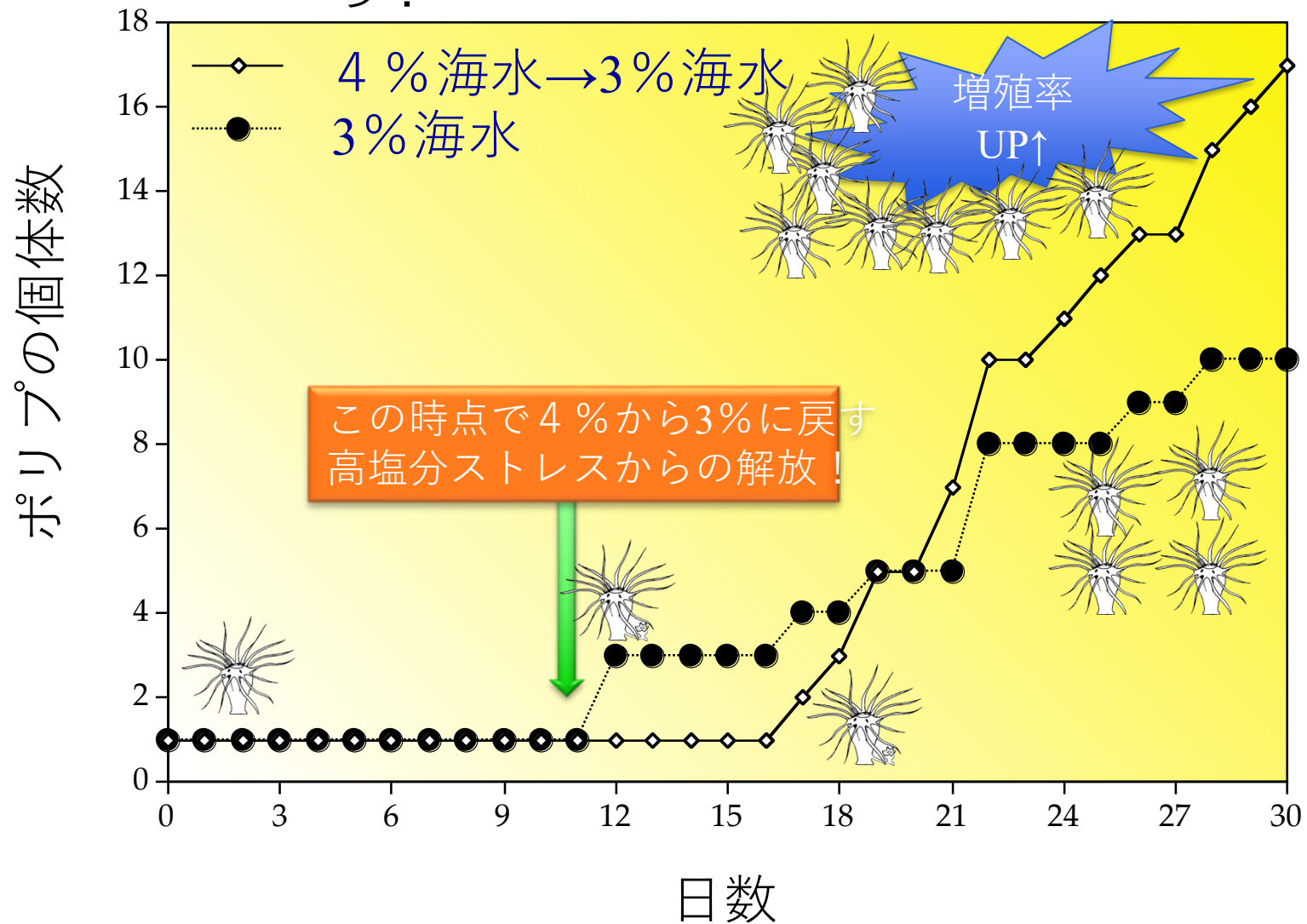
ポリプ



異なる塩分下でのポリプ増殖の違い



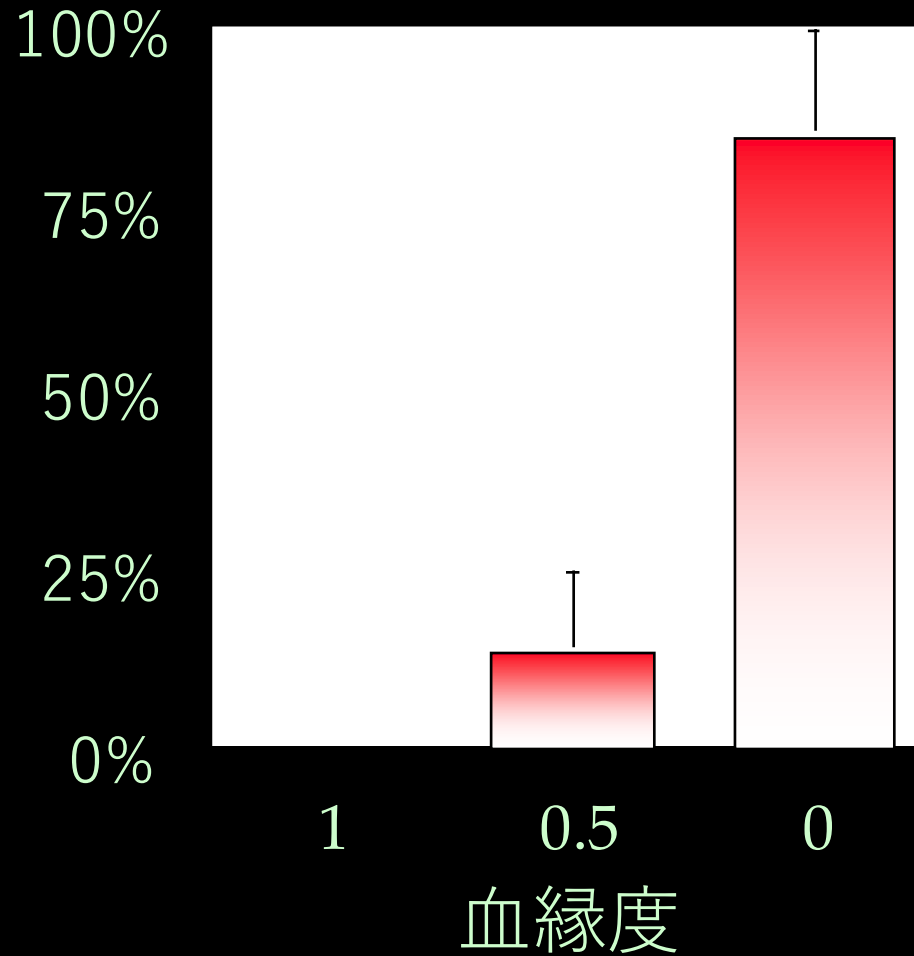
悪環境から通常環境へもどしたら？



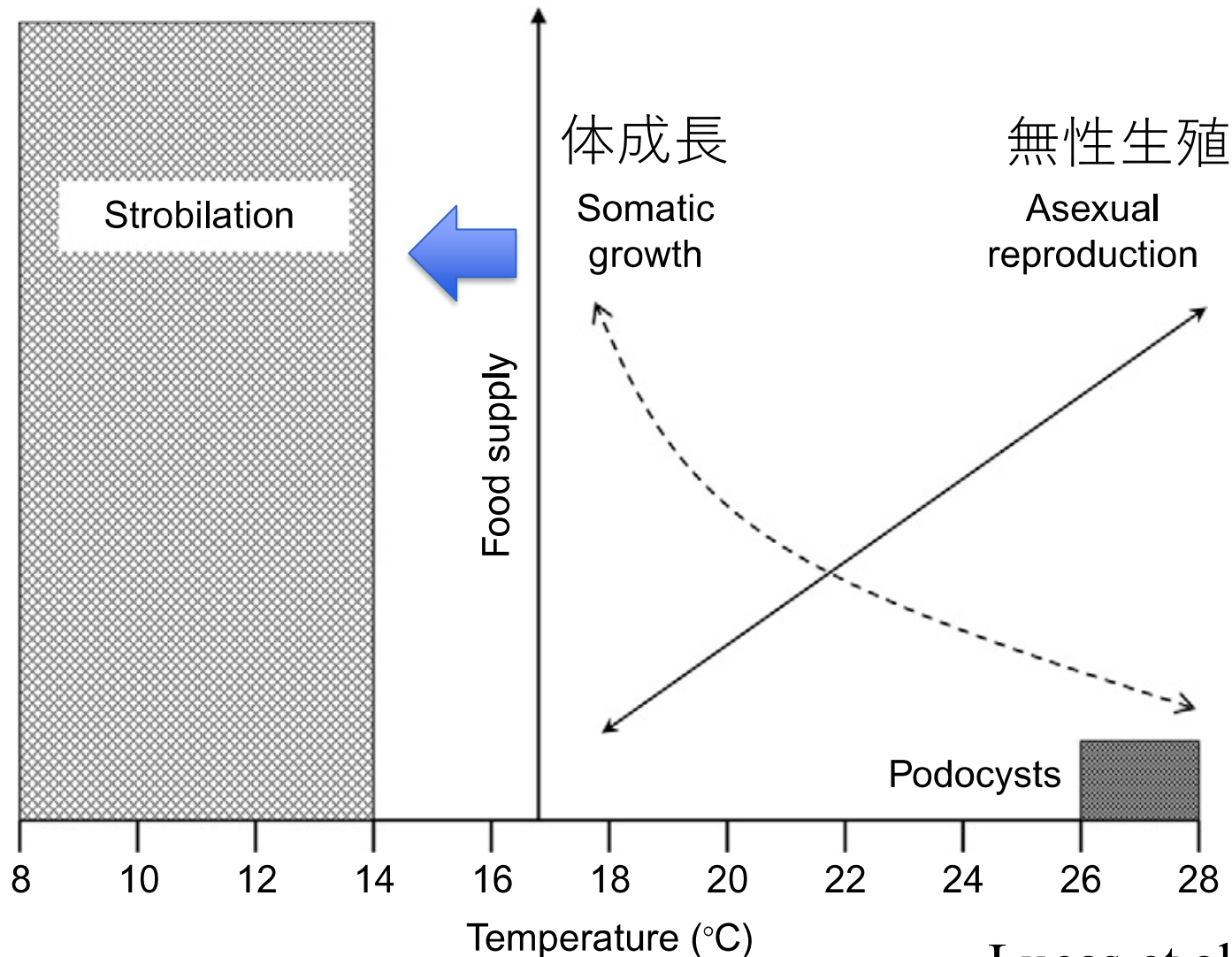
ミズクラゲのポリプの共食い



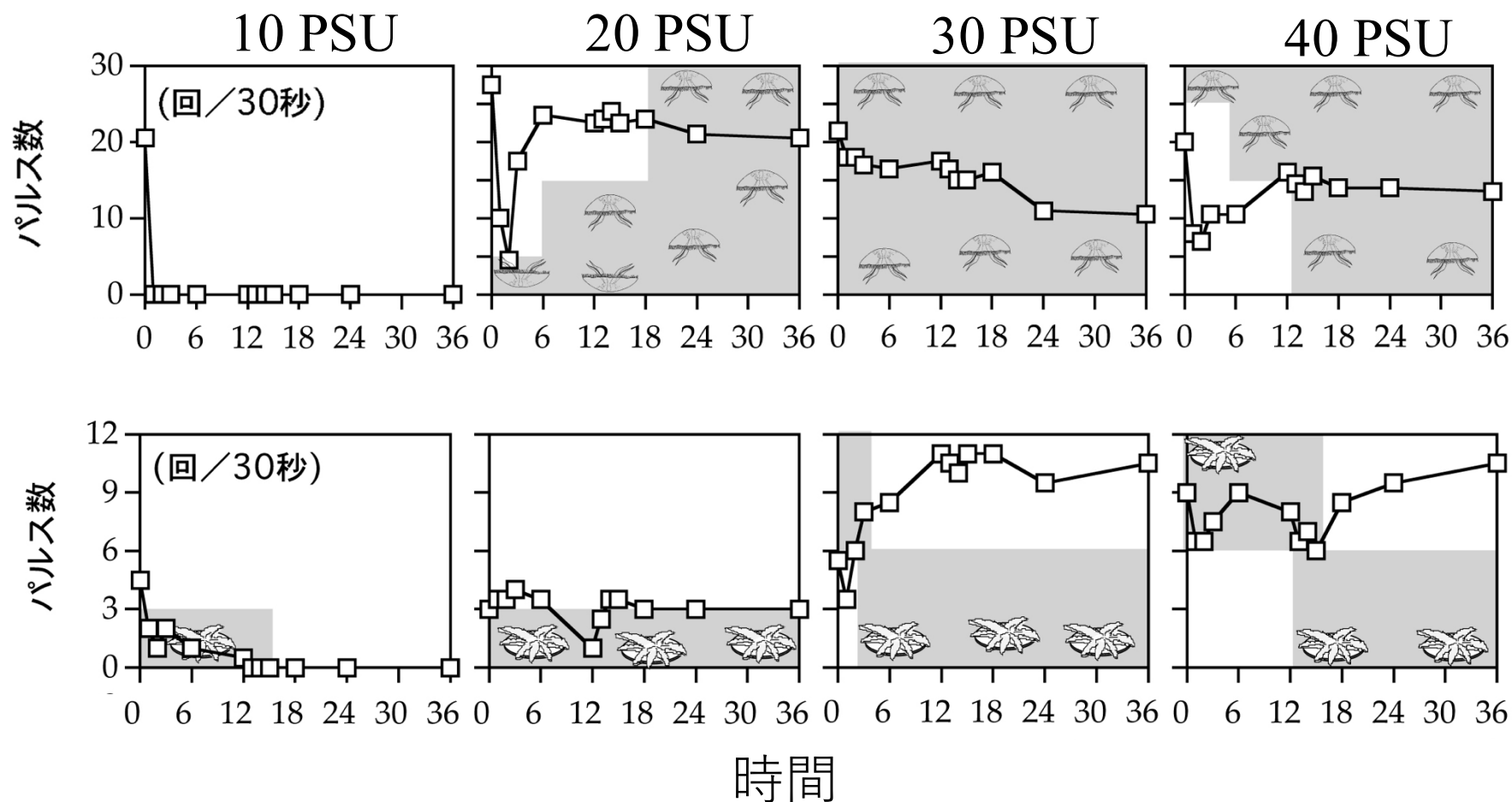
共食いの頻度



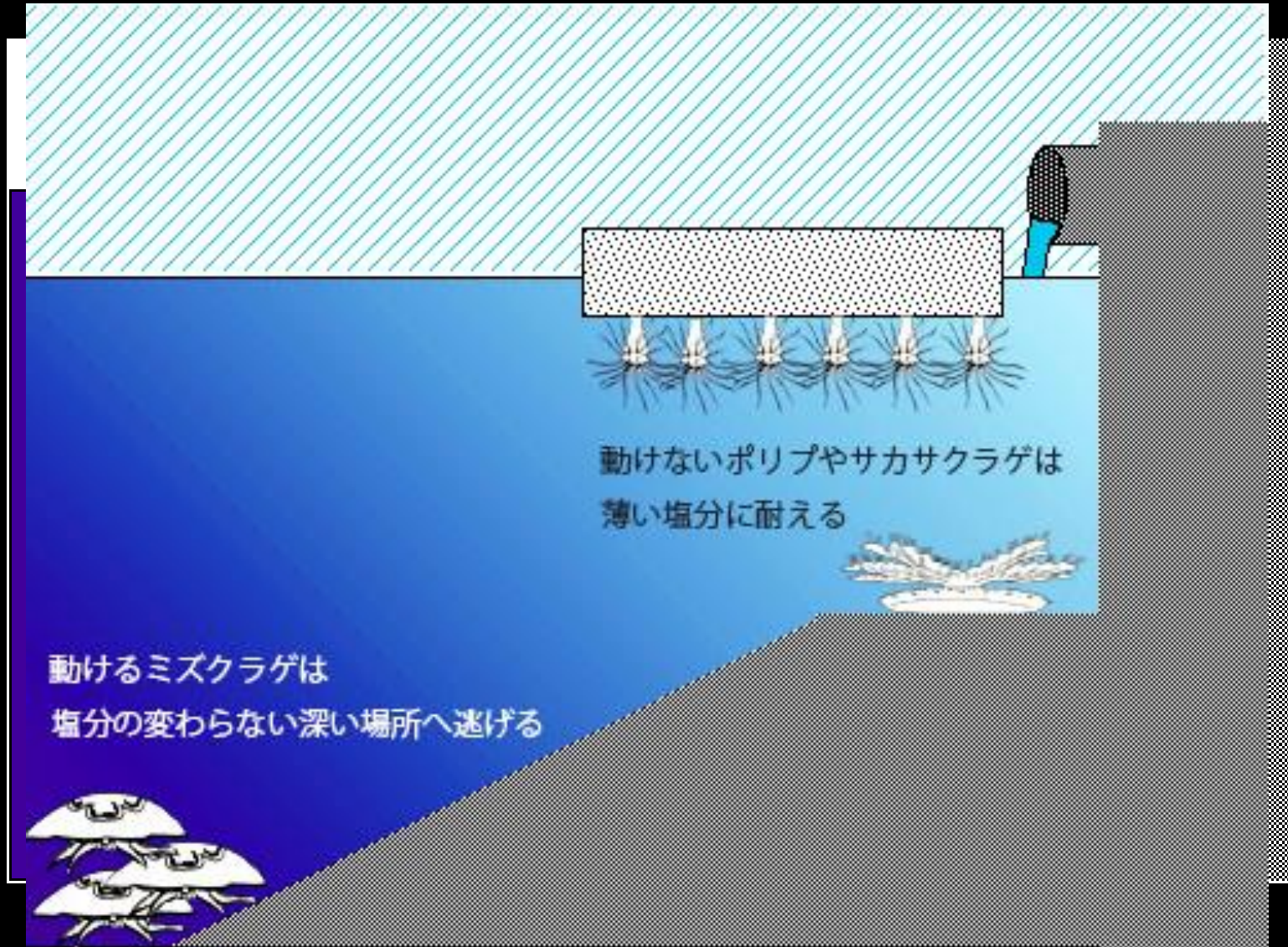
ポリプの成長と水温、餌量の関係



クラゲの塩分適応 急激な塩分変化を与えてみた



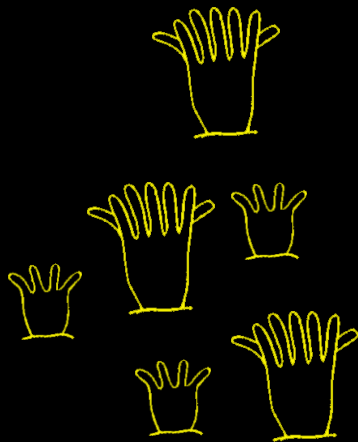
生活型による塩分適応の違い



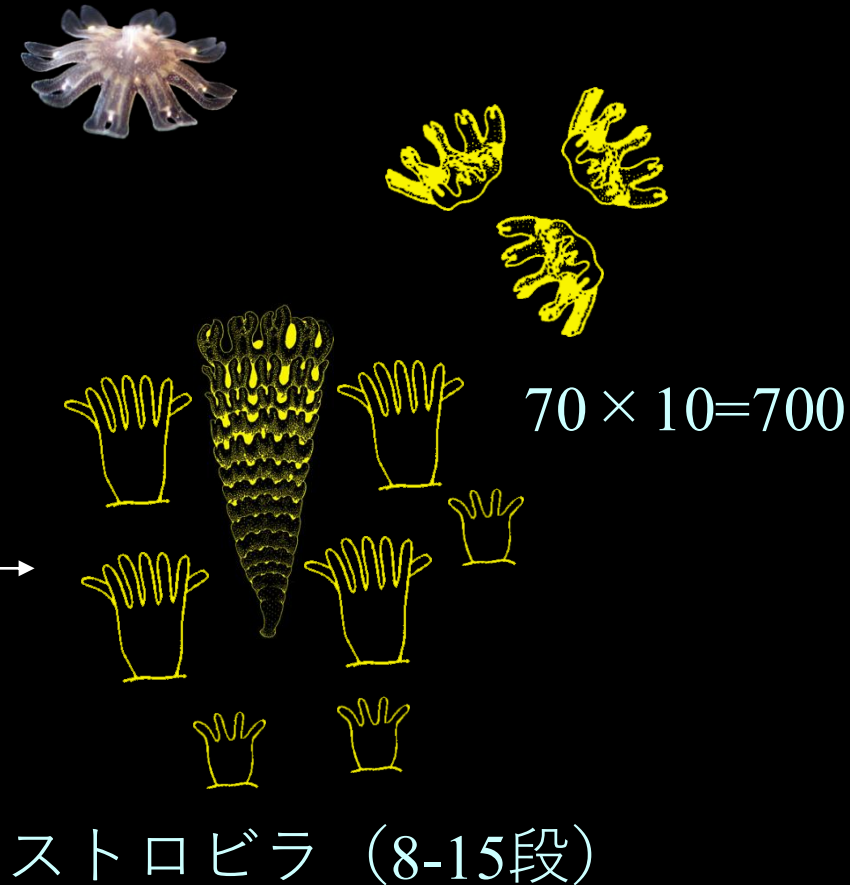
クラゲの生まれる量



1 個体



70個体



クラゲの大量発生



沖底船が対馬沖で沈没 網にかかったクラゲ原因か

2026年08月17日 17時50分 配信



山口県以東機船底曳網漁業協同組合

下関漁港

山口

【下関】下関漁港（山口県下関市）を基地とする沖合底引船の第一やまぐち丸（約60トン、森本義幸船長）が、16日朝、長崎県対馬沖で転覆して沈没した。乗組員8人は、僚船・第二やまぐち丸および近くで操業していた沖合底引船に全員救助された。



関係者らの話によると、船団は揚網中に船が傾き転覆したとのこと。網には大量のクラゲがかかっていたらしい。船は15日に下関漁港を出港し、操業初日だった。

クラゲ大量発生で原発停止 フランス北部、ポンプに流入

8/12(水) 4:49 配信

81



【パリ共同】フランス電力（EDF）は11日、クラゲの大量発生のためフランス北部グラブリーヌ原発の原子炉の運転を停止したと発表した。フランスメディアによると、原子炉を冷却する海水を取り込むためのポンプにクラゲが大量に流入した。原発の施設と従業員の安全、環境への影響はないとしている。

クラゲ大量発生で停止 関西電力の火力発電赤穂2号機

関連トピックス

▶ 関西電力

関西電力は27日、火力の赤穂発電所2号機（兵庫県赤穂市、出力60万キロワット）が同日午後2時半ごろ、ミズクラゲの大量発生で停止したと発表した。

今夏は、クラゲのためにほかの火力発電所でもたびたび出力低下が起きていたが、稼働停止に追い込まれたのは初めてで、2009年6月末以来という。

関電によると、午後1時半ごろからミズクラゲが取水口のあたりに大量に押し寄せ、出力を落として運転していたが、クラゲが多すぎて運転停止を余儀なくされたという。

大量発生の原因？

365報の「jellyfish blooms」関連論文を解析

Pitt et al (2018)

- ・ 富栄養化: 25%
(貧酸素化や 海洋暗化を含む)
- ・ 人為的気候変動: 25%
(海洋温暖化・海洋酸性化を含む)
- ・ 乱獲: 23%
- ・ 海洋人工構造物の拡大: 13%
- ・ 外来種: 10%
- ・ その他: 2%

これらの仮説はもっともらしいが、
因果関係を実証する証拠はほとんどない。
相関関係でとどまっている

乱獲

クラゲの捕食者が減ればクラゲが増える？

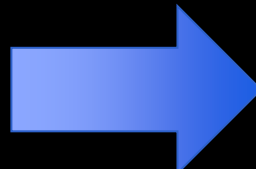
クラゲを捕食する魚類の減少



クラゲへの捕食圧が下がる



クラゲが増える



クラゲがさらに増える

親魚の減少



仔稚魚の減少



クラゲが仔稚魚の餌を
食べてしまう。



魚の減少



単年度、数年度での相関関係で見た現象だけで、長期的に見ると周期的な変動かもしれない。実証した人はいない

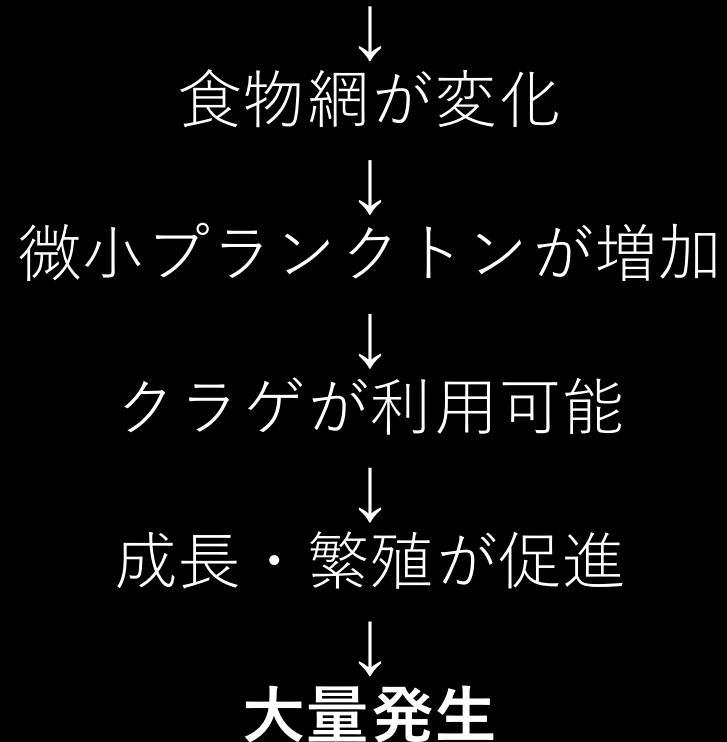
富栄養化

餌が変化すればクラゲが増える？

実験室において

- クラゲは魚が利用できない程の微小プランクトンも捕食可能
- 餌が多ければクラゲの繁殖速度上昇

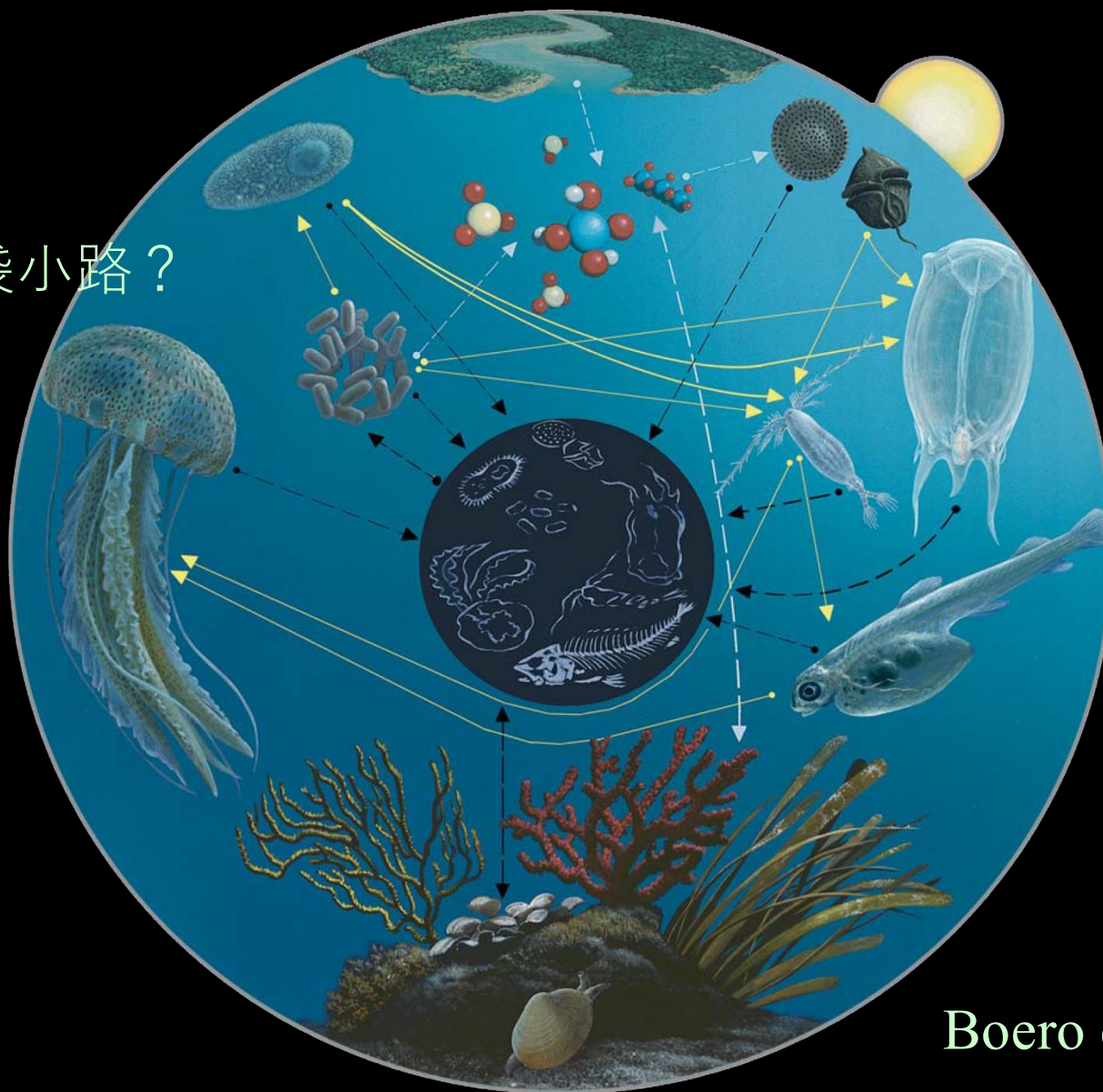
富栄養化



しかし、一連の因果連鎖全体の証明にはなっていない

クラゲの役割

生態系の袋小路？



Boero et al., 2008

人工構造物増加

人工構造物増加



硬質基質の面積増加



プラヌラの付着機会増加



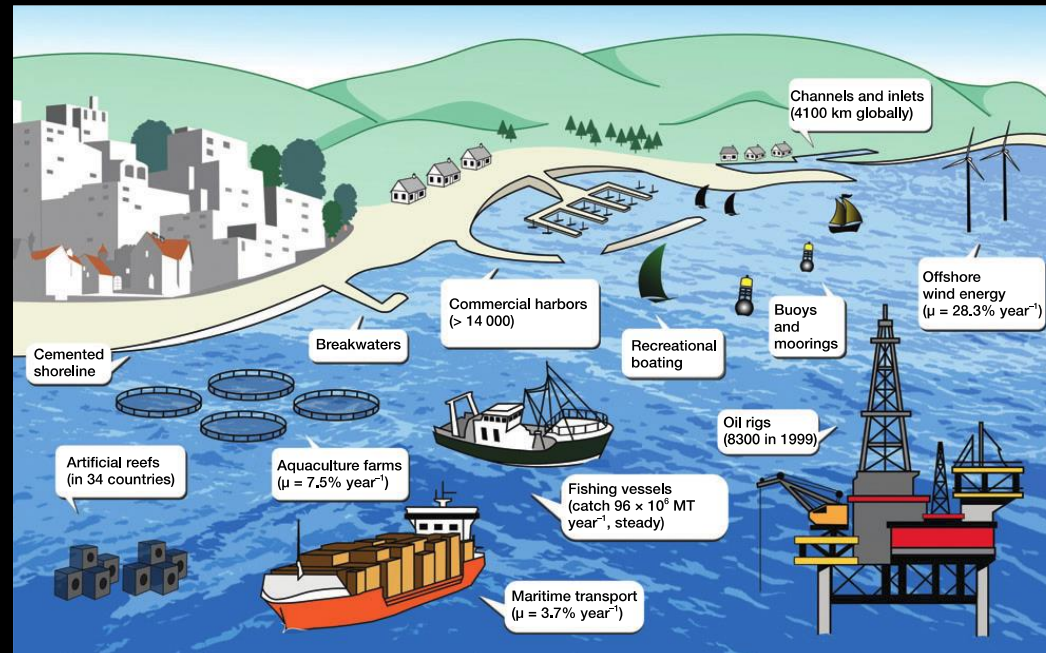
ポリプ個体群形成
無性増殖



多数のエフィラ放出

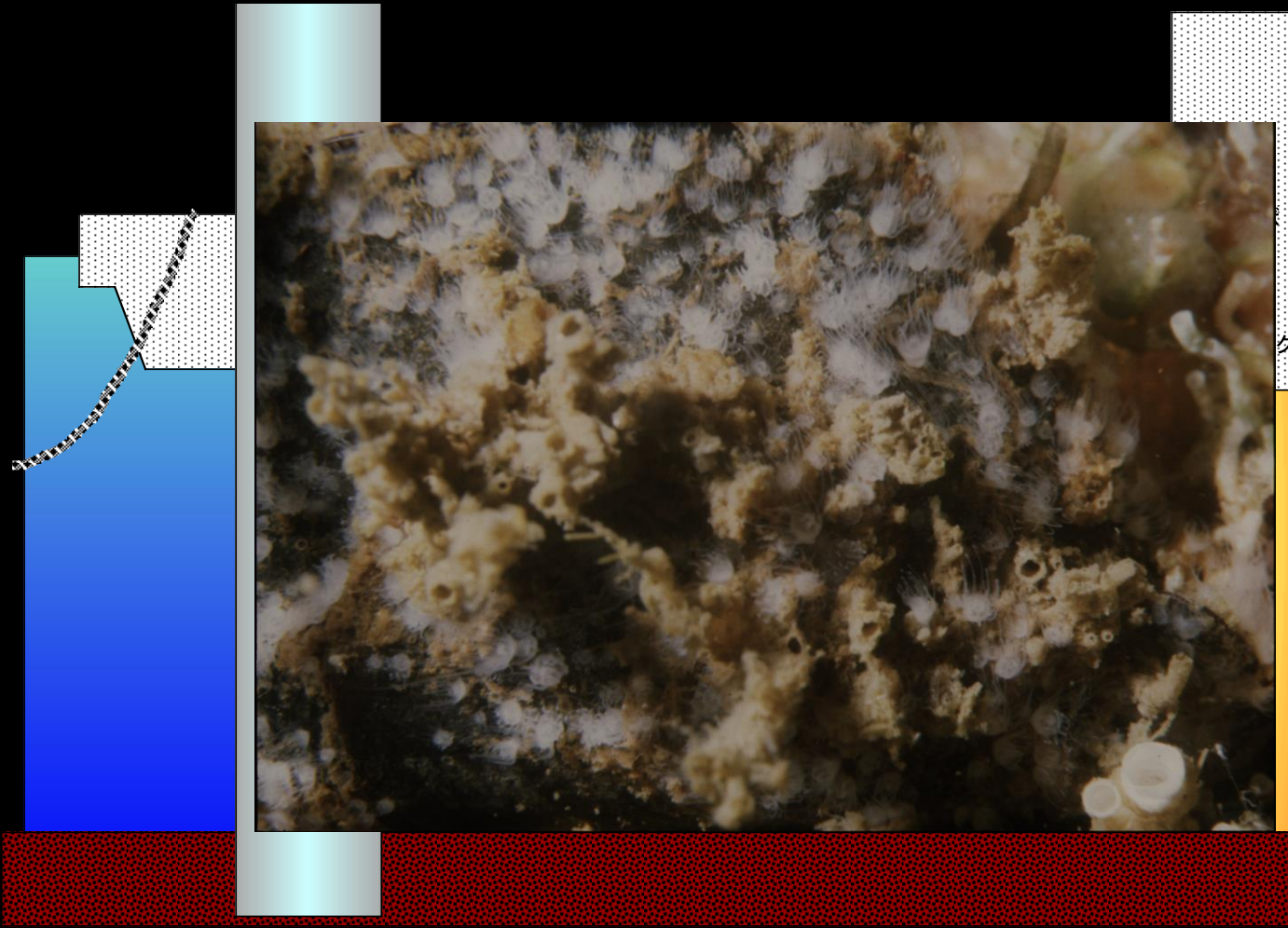


メデューサ大量発生



Duarte et al., 2012

ポリプの生息地（浮き桟橋）



東日本大震災後

2019年 6 月



2012年の越喜来湾でのクラゲ類の出現状況は震災前とほぼ変わらなかった

Order	Japanese name	Species	2008	2009	2010	2011	2012
Anthomedusae	エダクラゲ	<i>Bougainvillia bitentaclata</i>					
	ドフラインクラゲ	<i>Nemopsis dofleini</i>					
	エダアシクラゲ	<i>Cladonema pacificum</i>					
	カタアシクラゲモドキ	<i>Euphysa aurata</i>					
	サルシアクラゲ	<i>Sarsia tubulosa</i>					
	タマクラゲ	<i>Cytaeos uchidae</i>					
	ウラシマクラゲ	<i>Urashimea globosa</i>					
	コツブクラゲ	<i>Podocoryne minima</i>					
	オオタマウミヒドラ	<i>Hydrocoryne miurensis</i>					
	ベニクラゲ	<i>Turnitopsis sp.</i>					

ミズクラゲ
アカクラゲの出現が確認されなかった。

生物の生命力は凄かった！

	ヒトツアシクラゲ	<i>Hybocodon prolifer</i>					
Leptomedusae	オワンクラゲ	<i>Aequorea coerulescens</i>					
	フサミコップ	<i>Clytia languida</i>					
	ウミコップ属の一種	<i>Clytia sp.</i>					
	オベリアクラゲ属の複数種	<i>Obelia spp.</i>					
	マキヒゲクラゲ	<i>Cirrholovenia tetranema</i>					
	コモチクラゲ	<i>Eucheilota multicoloris</i>					
	コノハクラゲ	<i>Eutima japonica</i>					
	ギヤマンクラゲ	<i>Tima formosa</i>					
	ヒトエクラゲ	<i>Phialella flagilis</i>					
	カミクロメ	<i>Tiaropsis multicirrata</i>					
	カギノテクラゲ	<i>Gonionemus vertens</i>					
	ハナガサクラゲ	<i>Olin dias formosa</i>					

2012年後半から復旧工事が始まった



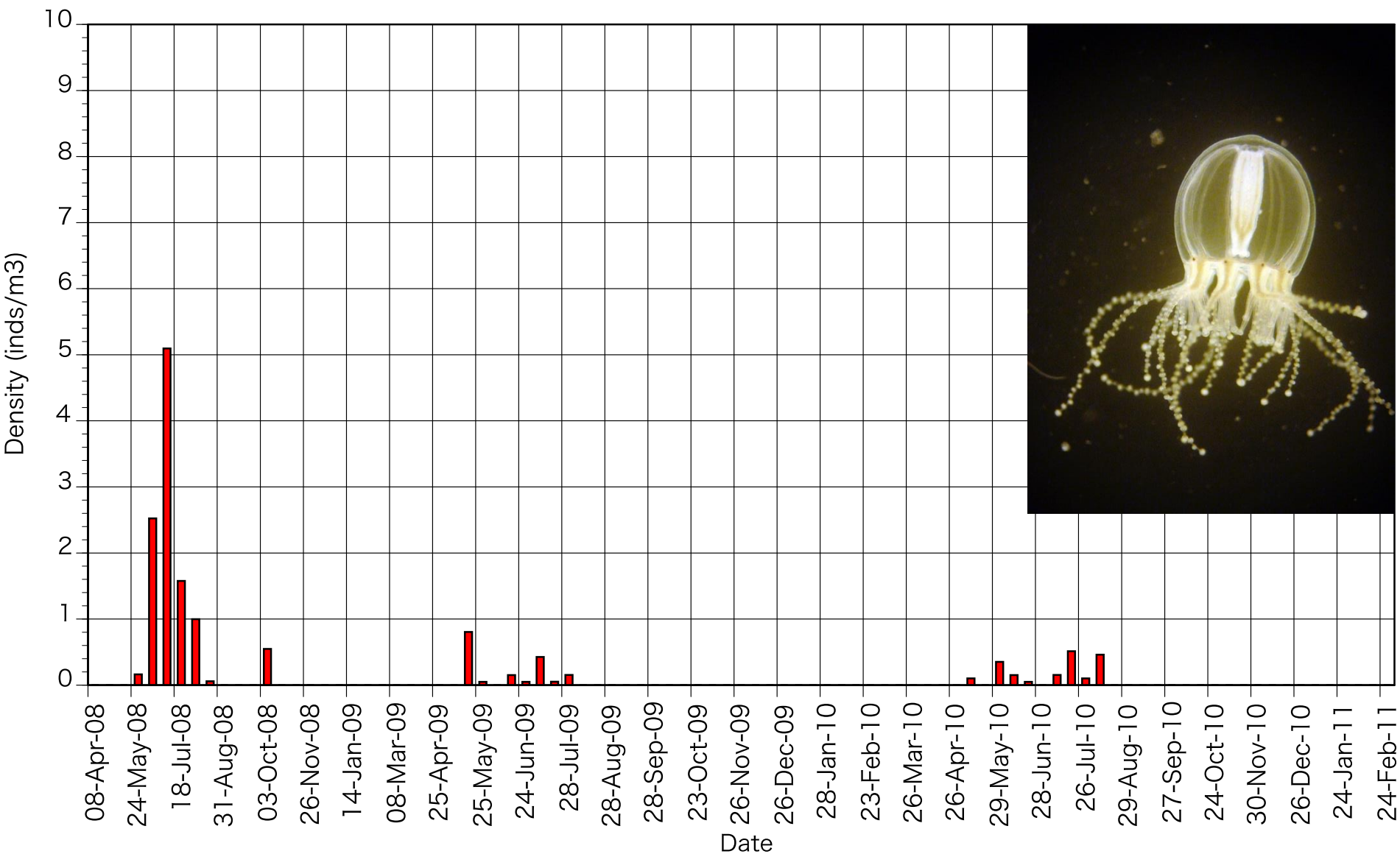
2102年以降の出現の様子

[illegible]

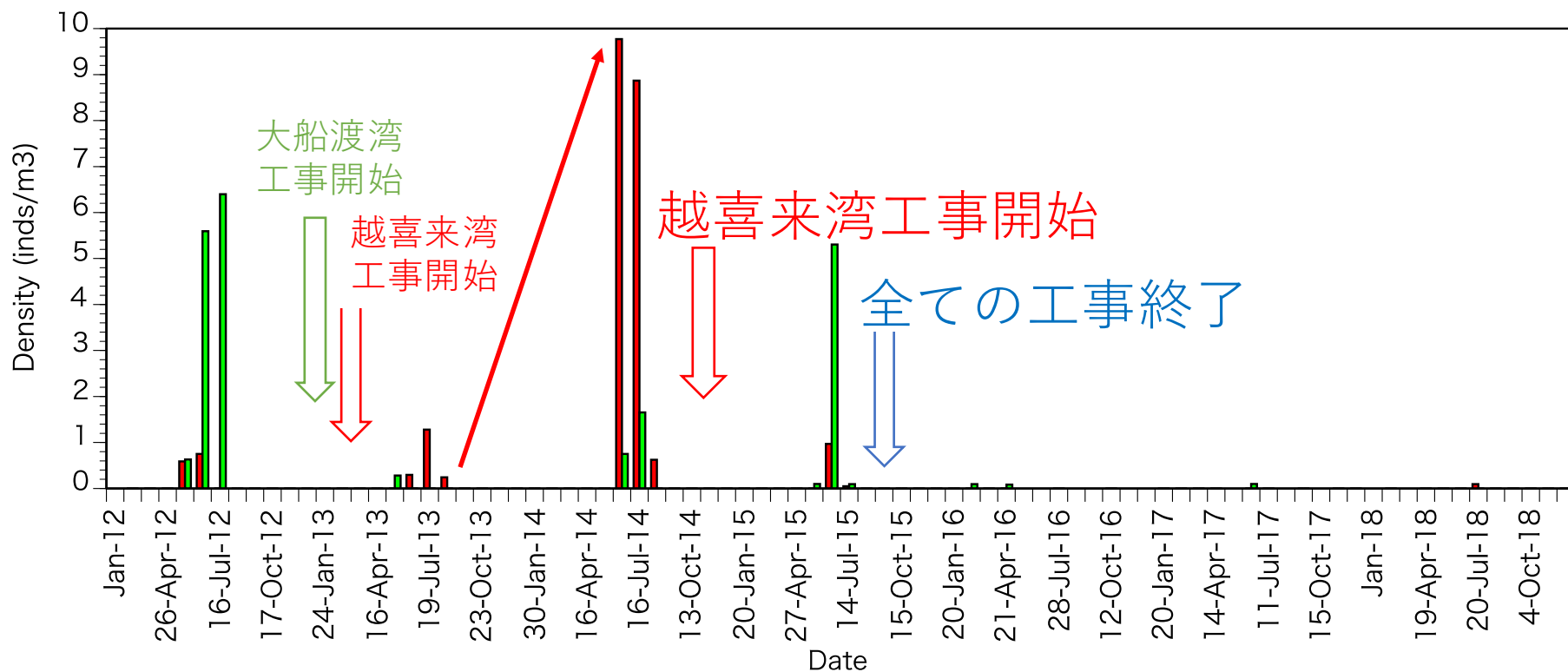
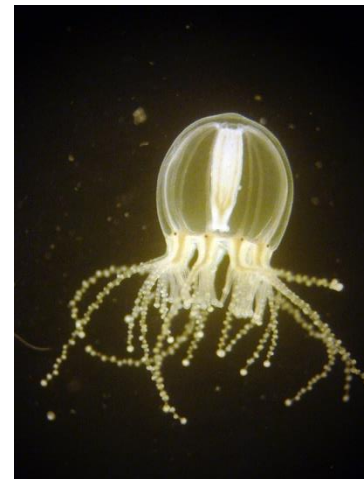
エダアシクラゲ *Cladonema pacificum*



震災前 エダアシクラゲの出現



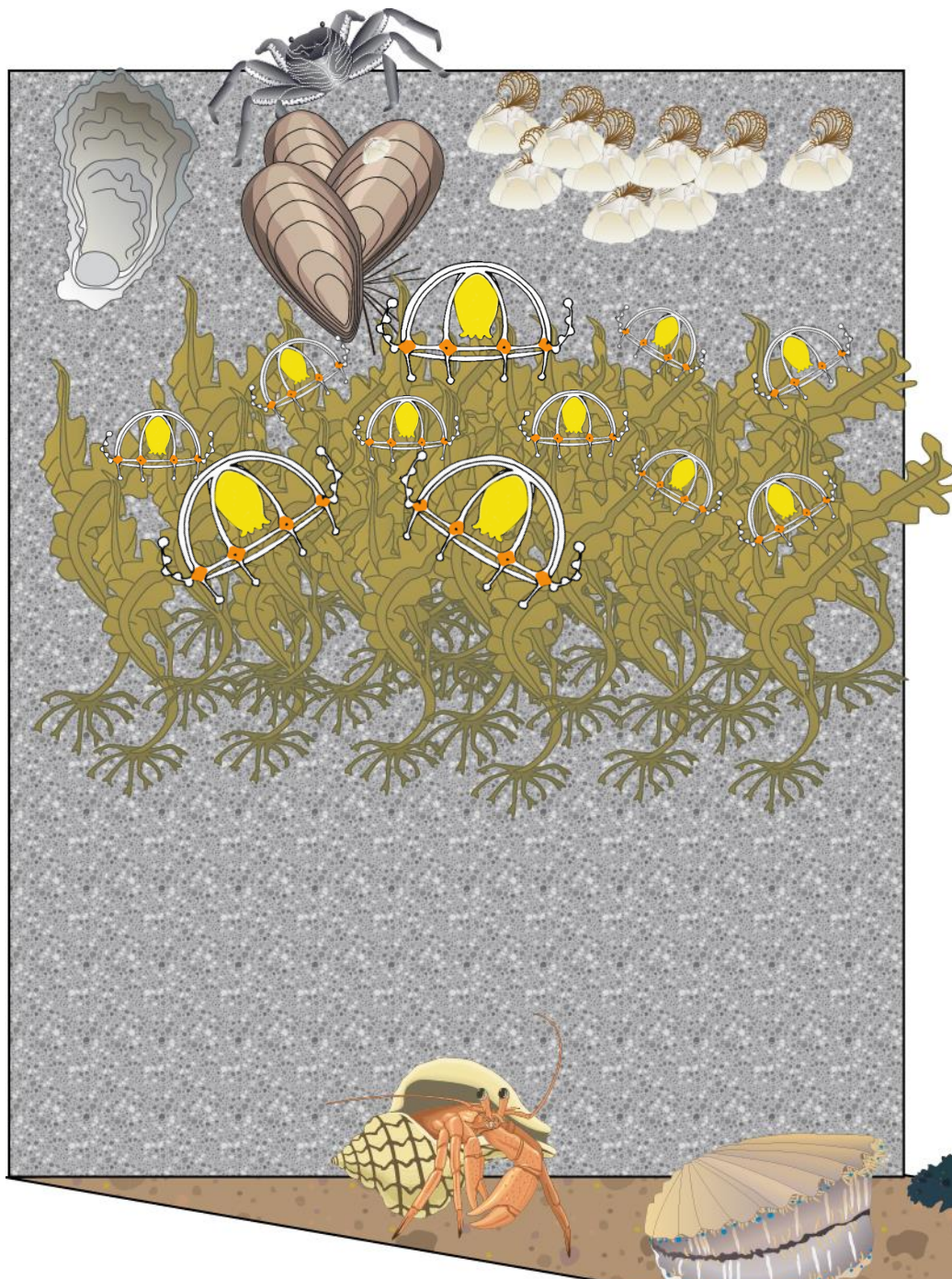
震災後 エダアシクラゲの出現



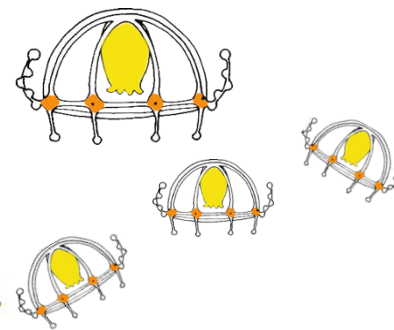
なぜ、エダアシクラゲが
大量に発生したのか？



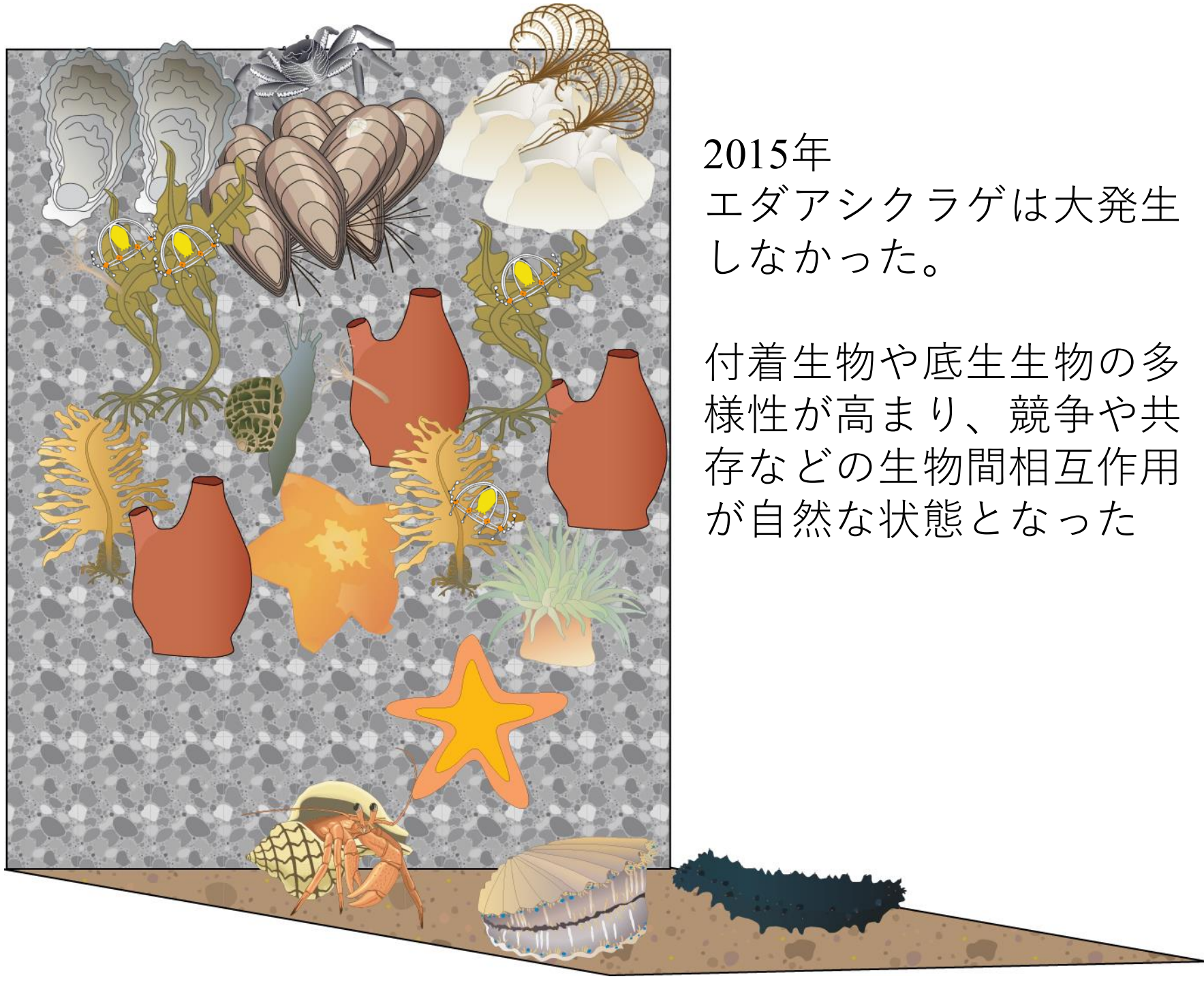
崎浜漁港
2012年12月



エダアシクラゲの大発生



改修の時期とクラゲの出
る時期や外から入ってく
る時期により、出現傾向
が大きく異なってくる



2015年
エダアシクラゲは大発生
しなかった。

付着生物や底生生物の多
様性が高まり、競争や共
存などの生物間相互作用
が自然な状態となった

人為的な気候変動

➤ 温暖化

水温上昇



発生・成長などの速度上昇
／ポリプの無性生殖増加



エフィラ・クラゲ生産量増加



メデューサ個体群増加

➤ 酸性化

酸性化



石灰化生物など
他の生物への悪影響



非石灰化性のクラゲが
相対的に有利



クラゲの増加

大量発生に対する対策は？

「大量発生を予測する」
のではなく
「大量発生が生じる条件を解く」

- クラゲの大量発生は、単一の原因で起こるのではなく、複数の過程が連結した結果
- どの条件の組み合わせで通常状態から大量発生状態へ移るのかを、一緒に明らかにしたい。

大量発生を考えるポイント

環境：水温・塩分・流れ・栄養塩・餌など



底生期：プラヌラ着生 → ポリプ生残・増殖



クラゲ供給：ストロビレーション → エフィラ放出



輸送・集積：潮汐・風・密度流・湾内滞留



メデューサ個体群：成長・生残・成熟



次世代：プラヌラ → ポリプ

1. 「閾値」は存在するのか？

水温 × 塩分 × ポリプ密度 × 餌 × 滞留時間 などの組み合わせによって、あるところを境に急激にメデューサ数が増えるのであれば、

どのパラメータの組み合わせで系が bloom state に移行するのかがわかる？

2. 生産されたクラゲと、そこに「見えているクラゲ」を分離できるか？

ある場所でクラゲが大量に見えた！

そこで大量に生産されたのか？

それとも

流れによって集積しただけなのか？

CTD＋流速＋潮汐＋風＋湾形＋クラゲ観測から、
生産と輸送・集積を分離するモデルはつくれるか？

3. ポリプから大量発生までを「確率過程」として扱えないか？

すべてのポリプが同時にストロビレーションするわけでも、すべてのエフィラが生き残るわけでもない。

ポリプ→ストロビラ→エフィラ→幼クラゲ→成体クラゲ
の各遷移を確率として扱う。

ある環境条件で、ポリプ1個体がエフィラを供給する確率はどれくらいか？

さらに、輸送、集積、餌量などの環境条件までつなぐ。

4. 「原因」をモデルから逆に推定できないか？

この年の大量発生は、ポリプからの供給増加で説明できるのか、それとも輸送・滞留の変化が必要なのか？

CTD + Chl a + 餌量 + クラゲ個体数 + エフィラ + ポリプ + eDNA + 気象・海況等の組み合わせで
観測された大量発生を最もよく説明する潜在的な過程は何だったのか？モデルから逆推定する。

クラゲ大量発生という現象を、
実験・観測と理論を組み合わせ
て一緒に解く

クラゲ大量発生には負の影響だけではない

社会経済的・生態学的な利益

- 幼魚や無脊椎動物の共生生物に生息場所を提供
- 栄養塩循環に寄与
- クラゲ漁業
- 蛍光タンパク質などを利用した医学研究
- 水族館などの観光



リスクと生態系サービスの両方を
考慮した管理・研究も必要



おわり

