

210325

@第七回極低放射能技術



微生物に関する話題提供

微生物と光の関係を紐解く！

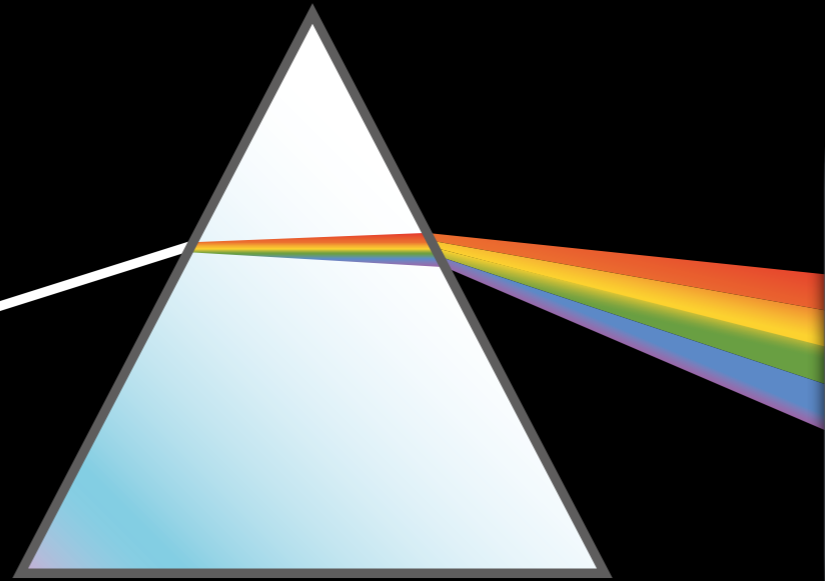
吉澤 晋

Susumu Yoshizawa



東京大学
大気海洋研究所
Atmosphere and Ocean Research Institute
The University of Tokyo

光



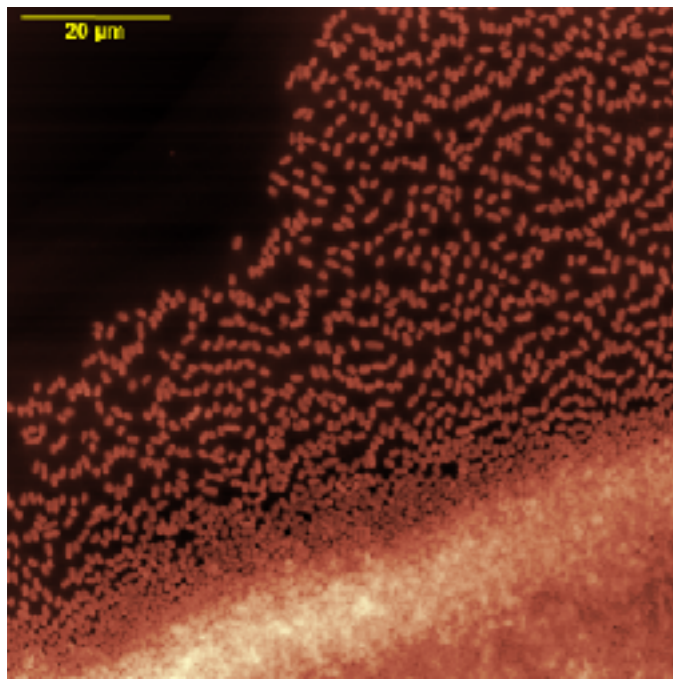
生物

キーワード

微生物（原核生物・バクテリア）

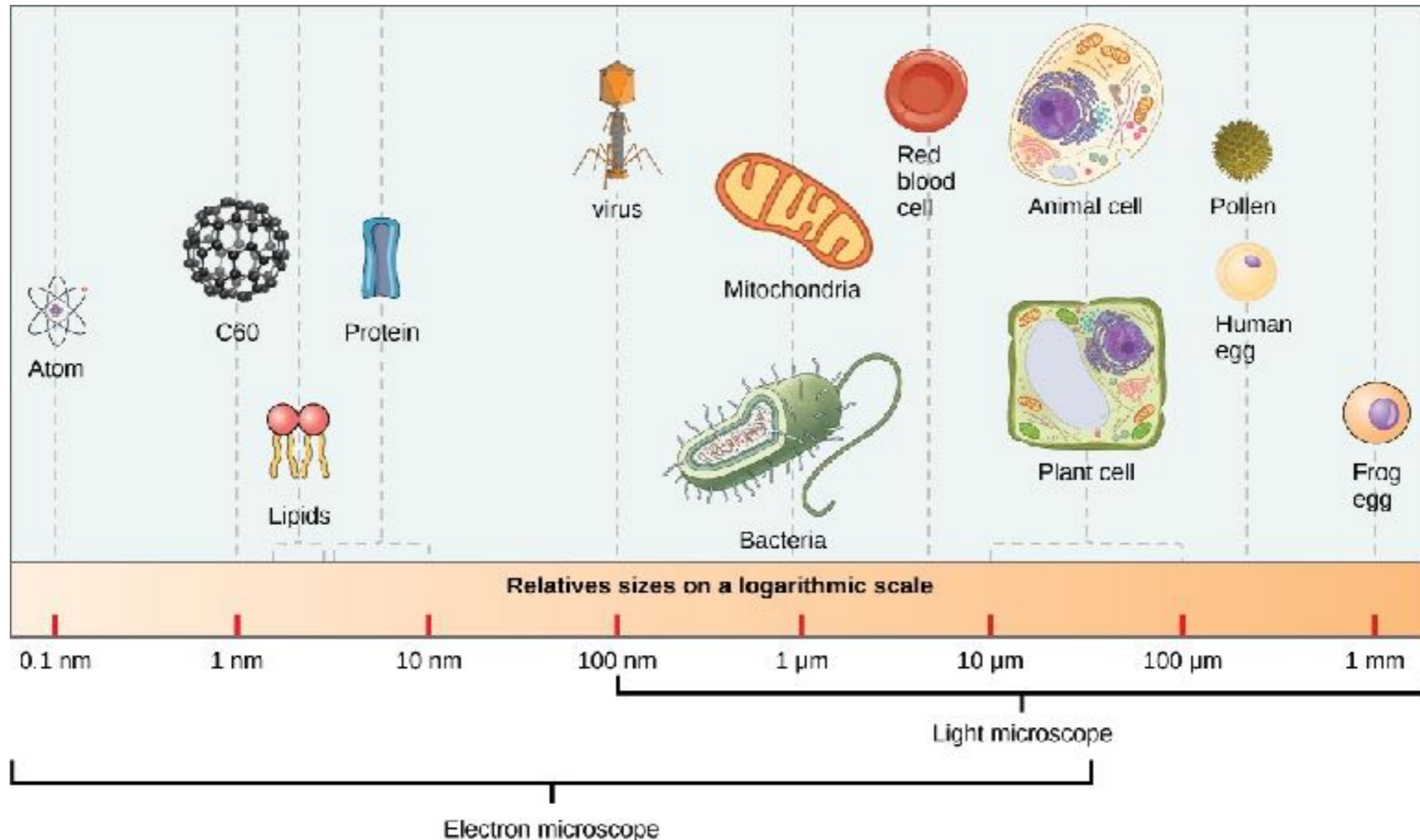
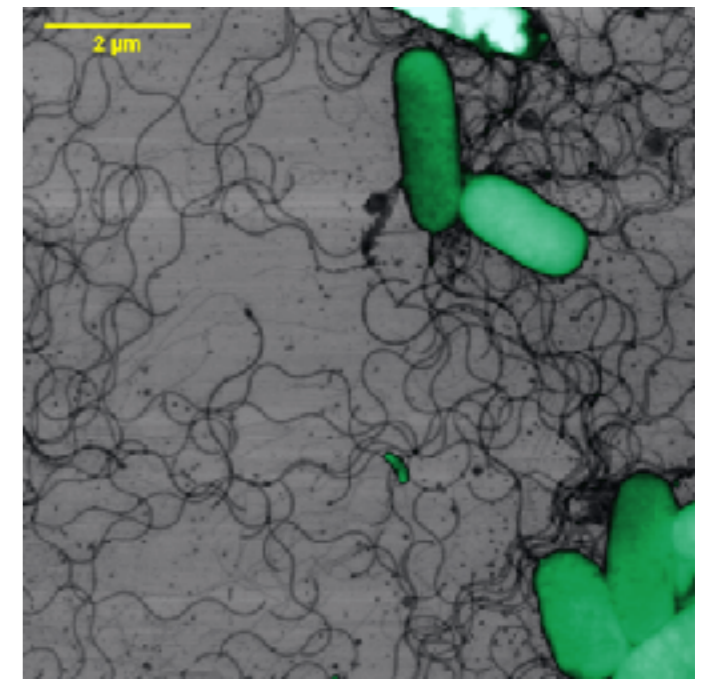
可視光（利用する色）

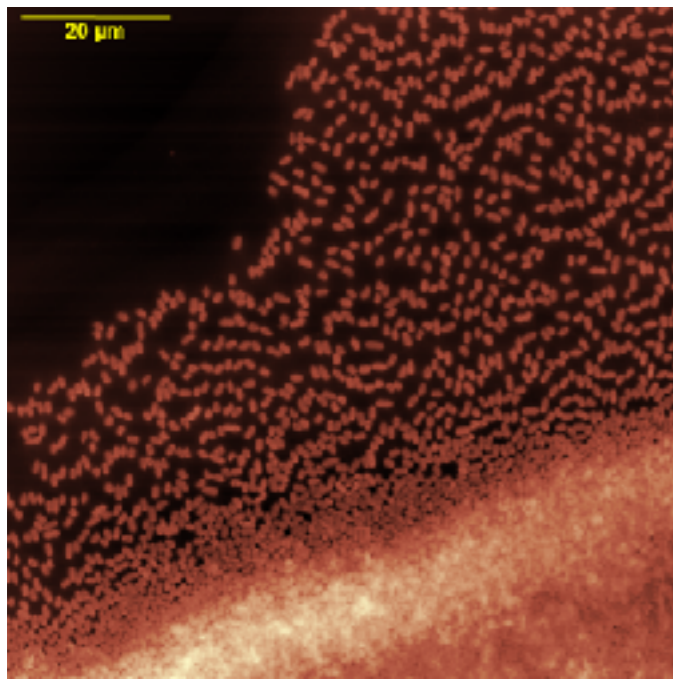
微生物生態・環境微生物



原核生物

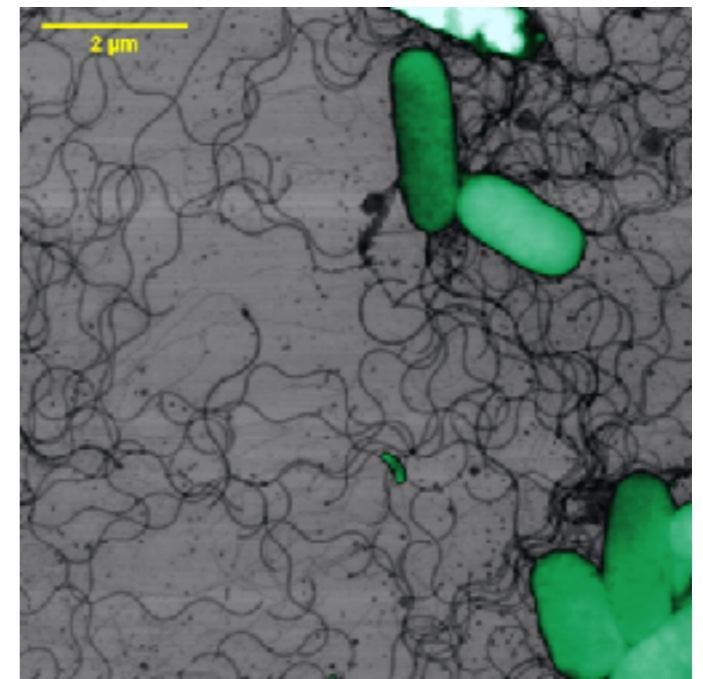
バクテリア アーキア
 (細菌・古細菌)





原核生物

バクテリア アーキア
(細菌・古細菌)

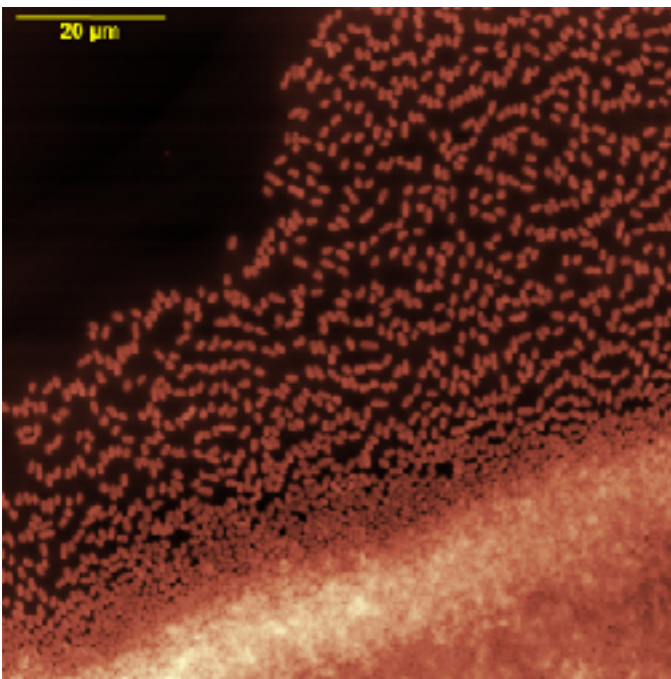


地球上に存在する細菌数

10^{31} cells 星の数より多い!

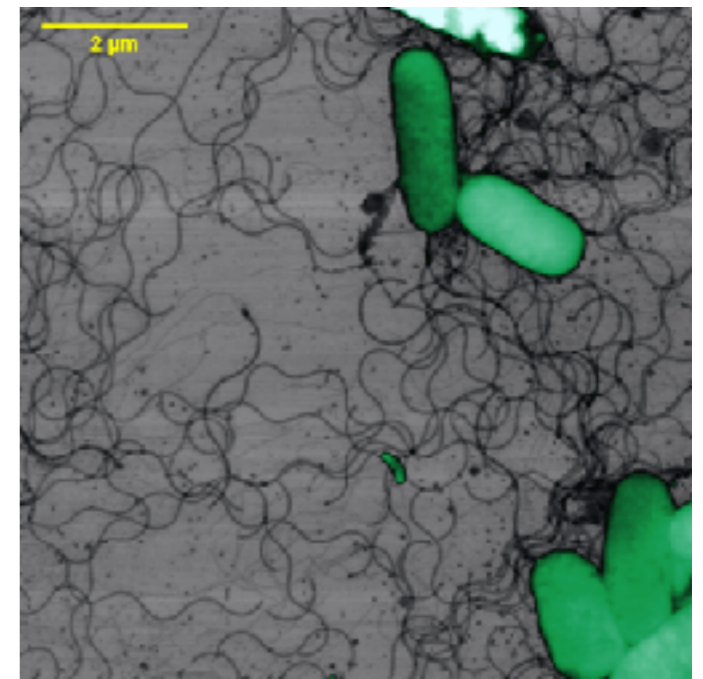
ティースプーン1杯に

1000000 cells

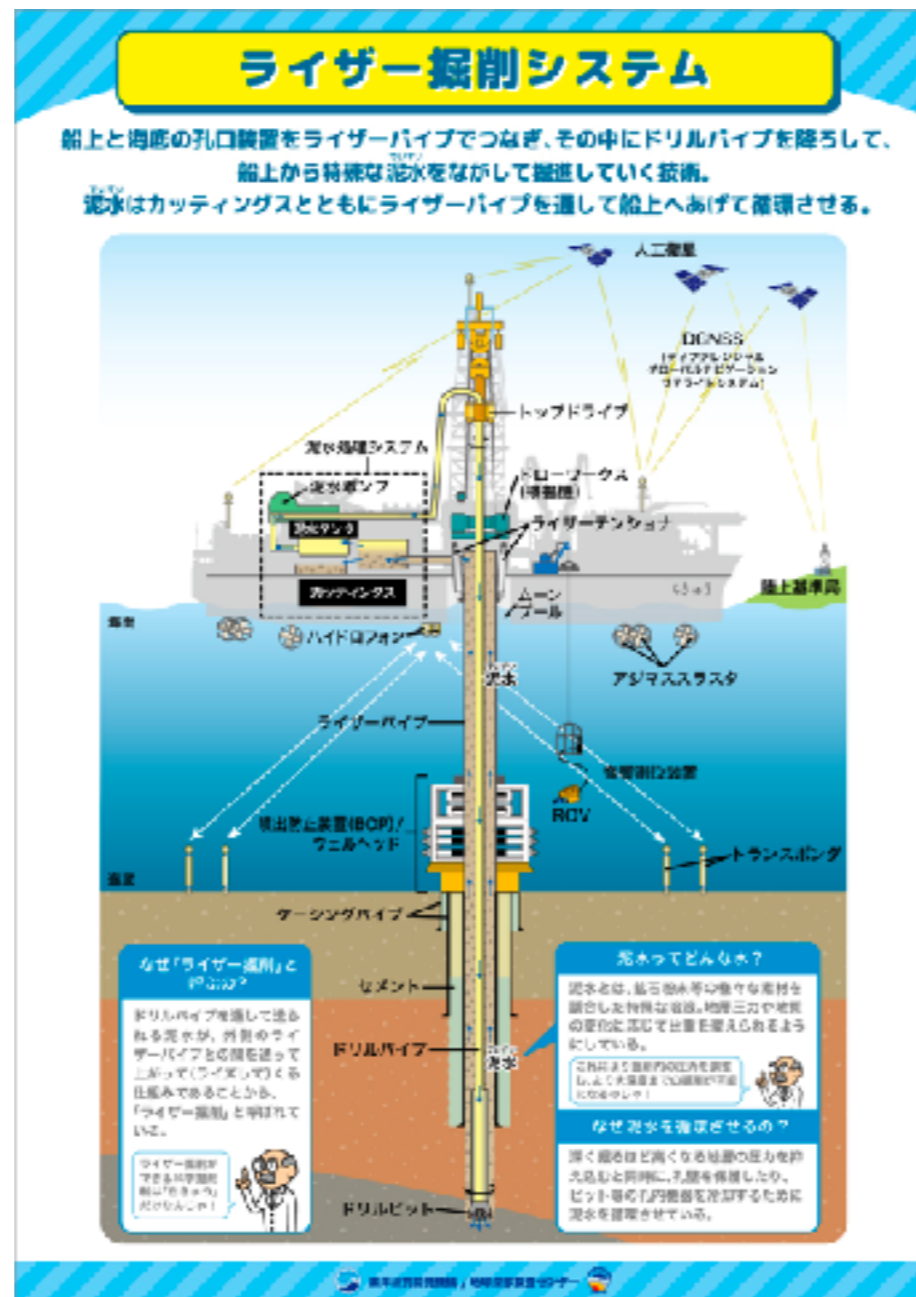


原核生物

バクテリア アーキア
 (細菌・古細菌)



地球深部探査船
 「ちきゅう」



海底下2.5km
 (水深1000m)
 からも見つかる！

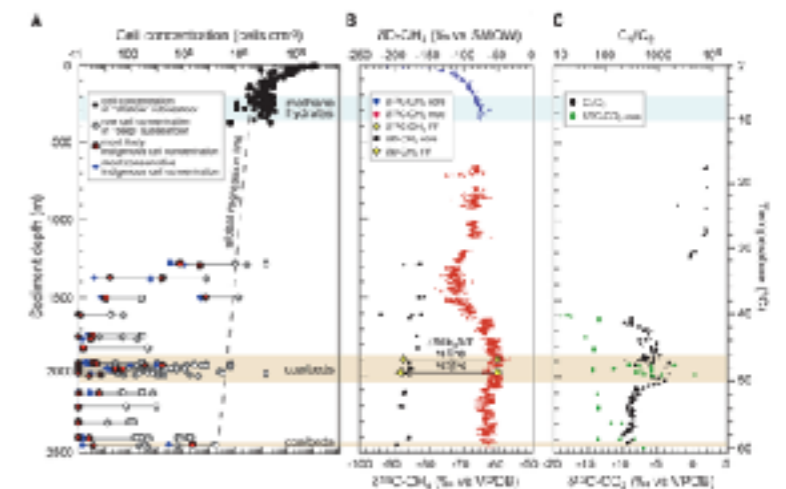


Fig. 3. Depth profiles of microbial cell counts and geochemical data at Site CO2C. (A) Microbial cell counts (cells/cm³) for the upper 300 m (blue), interval of 10 m (purple background), 40–100 m (red), 100–200 m (orange), 200–500 m (green), and 500–2500 m (grey) intervals. (B) δ¹³C-CH₄ (‰ vs V-PDB) and δ¹³C-CO₂ (‰ vs V-PDB) in the gas phase. (C) δ¹³C-CO₂ (‰ vs V-PDB) in the gas phase. The dashed line in (C) designates the apparent equilibrium temperature derived from measurements of δ¹³C-CH₄ at various depths. The horizontal line in (C) designates the apparent equilibrium temperature derived from measurements of δ¹³C-CO₂ at various depths. The horizontal line in (C) designates the apparent equilibrium temperature derived from measurements of δ¹³C-CO₂ at various depths. The horizontal line in (C) designates the apparent equilibrium temperature derived from measurements of δ¹³C-CO₂ at various depths.

Inagaki et al science 2015

東京大学 大気海洋研究所



Atmosphere and Ocean Research Institute
The University of Tokyo

新青丸



R/V SHINSEI MARU

白鳳丸



R/V HAKUHO MARU



Kashiwa campus

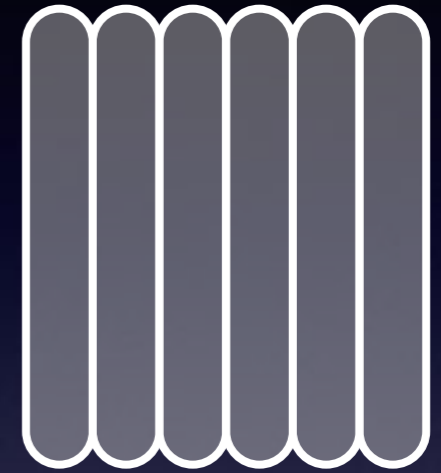
Hongo campus



Kashiwa, Chiba



**NISKIN
sampler
1本12L**



CTD

Conductivity Temperature

Depth profiler

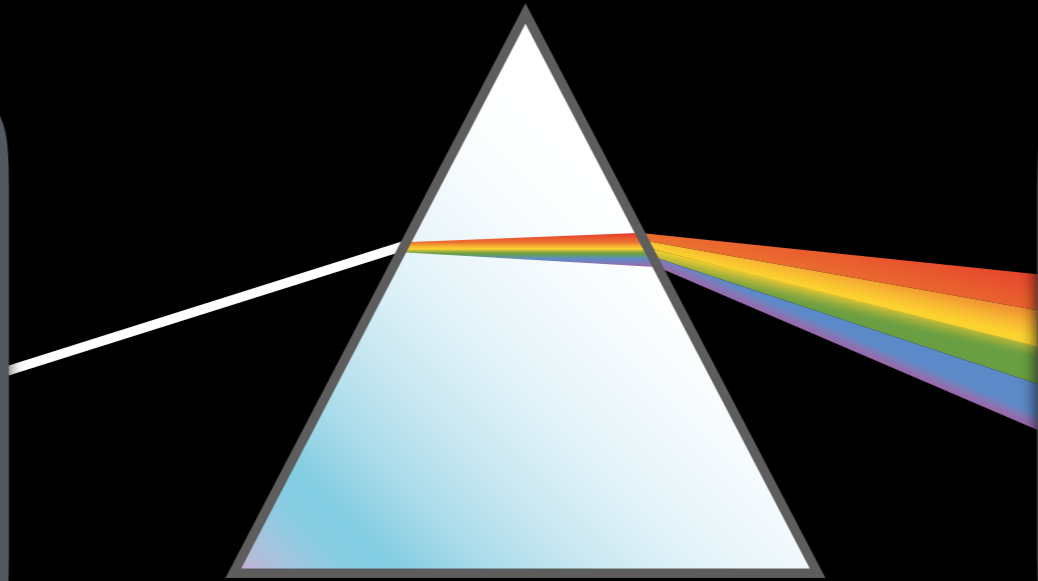
電気伝導度

(塩分)

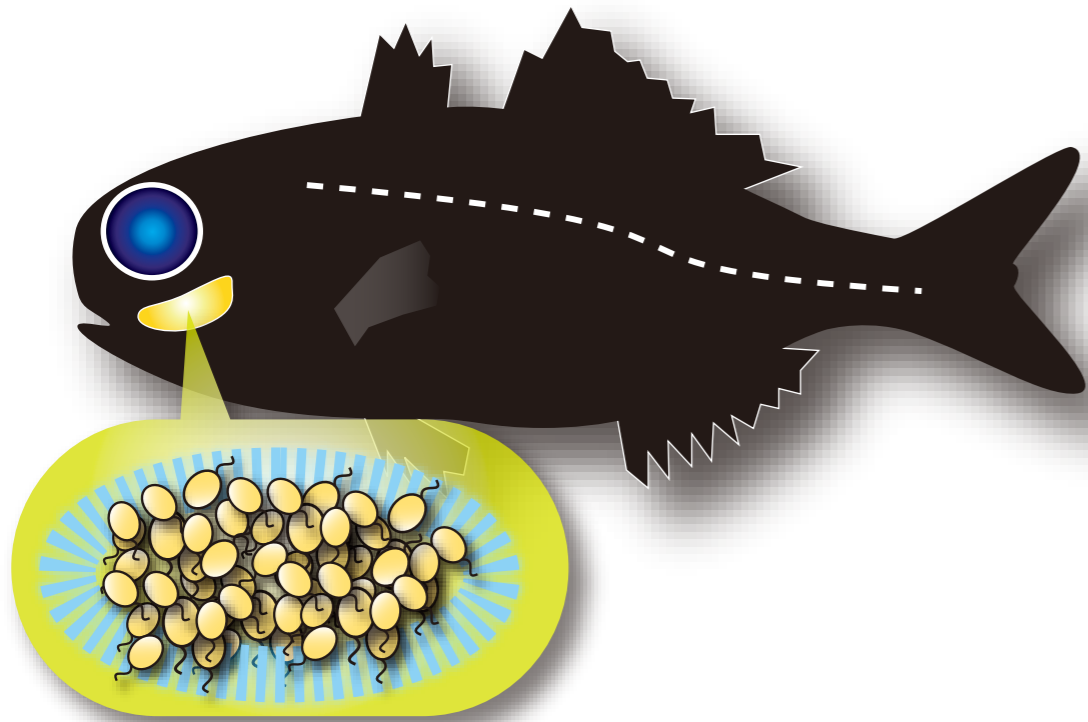
水温

水深

光



生物



発光微生物

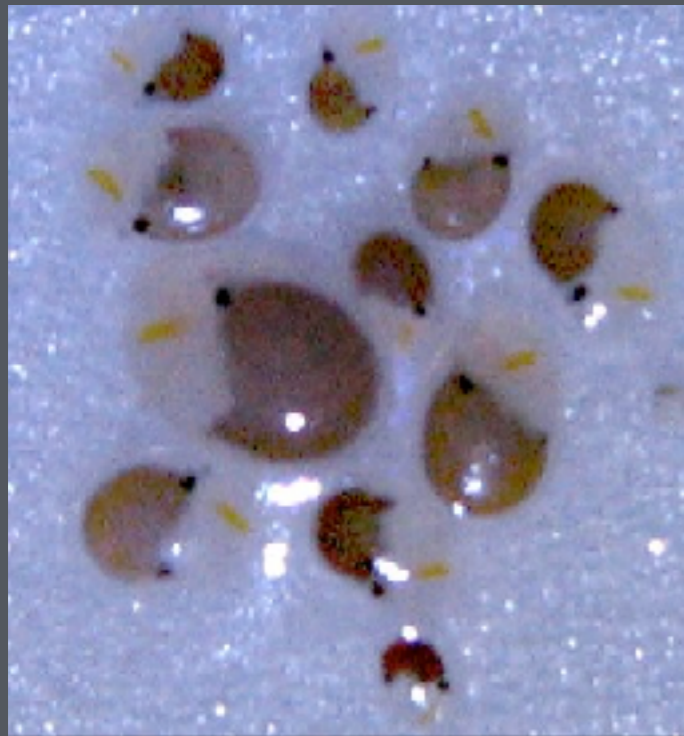
- ・ 発光細菌
- ・ 発光バクテリア

光る小さな生き物

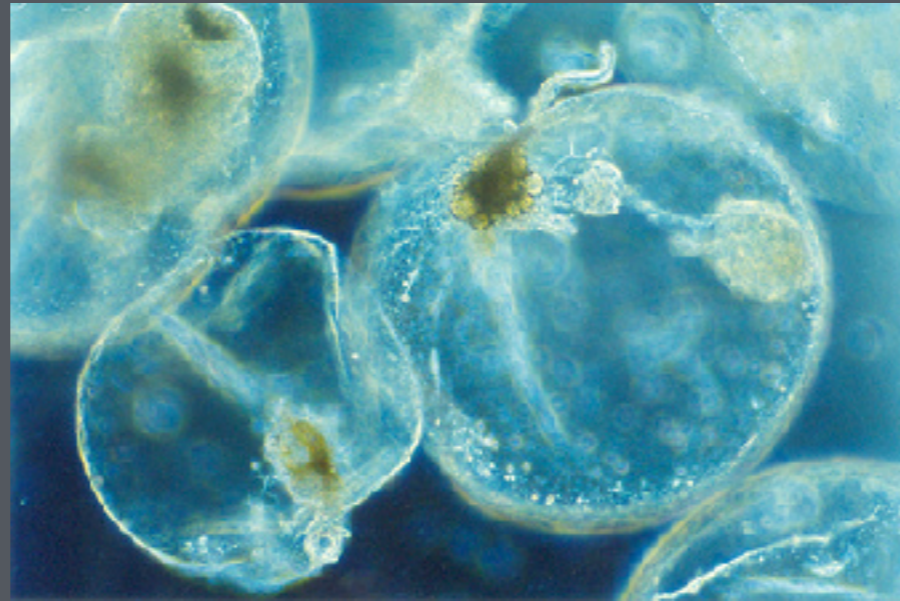
発光生物

-光を放つ生き物-

ウミホタル



夜光虫



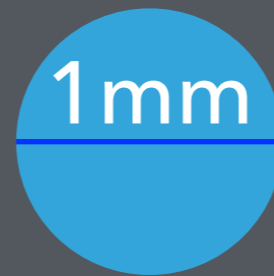
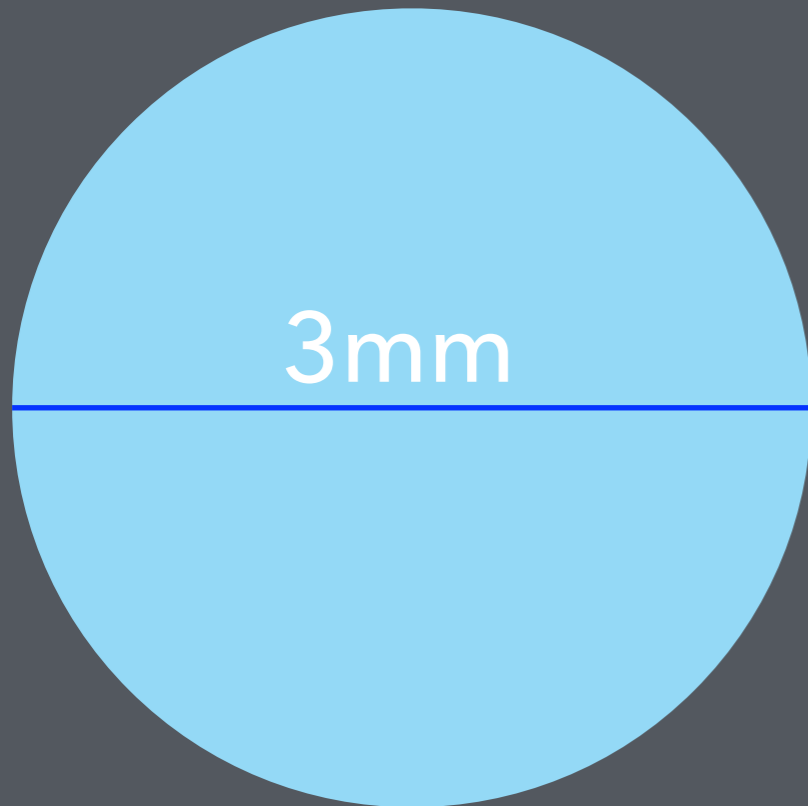
発光微生物

(細菌)



1 μm

(1マイクロメートル)



$$\frac{1}{1000} \text{ mm}$$

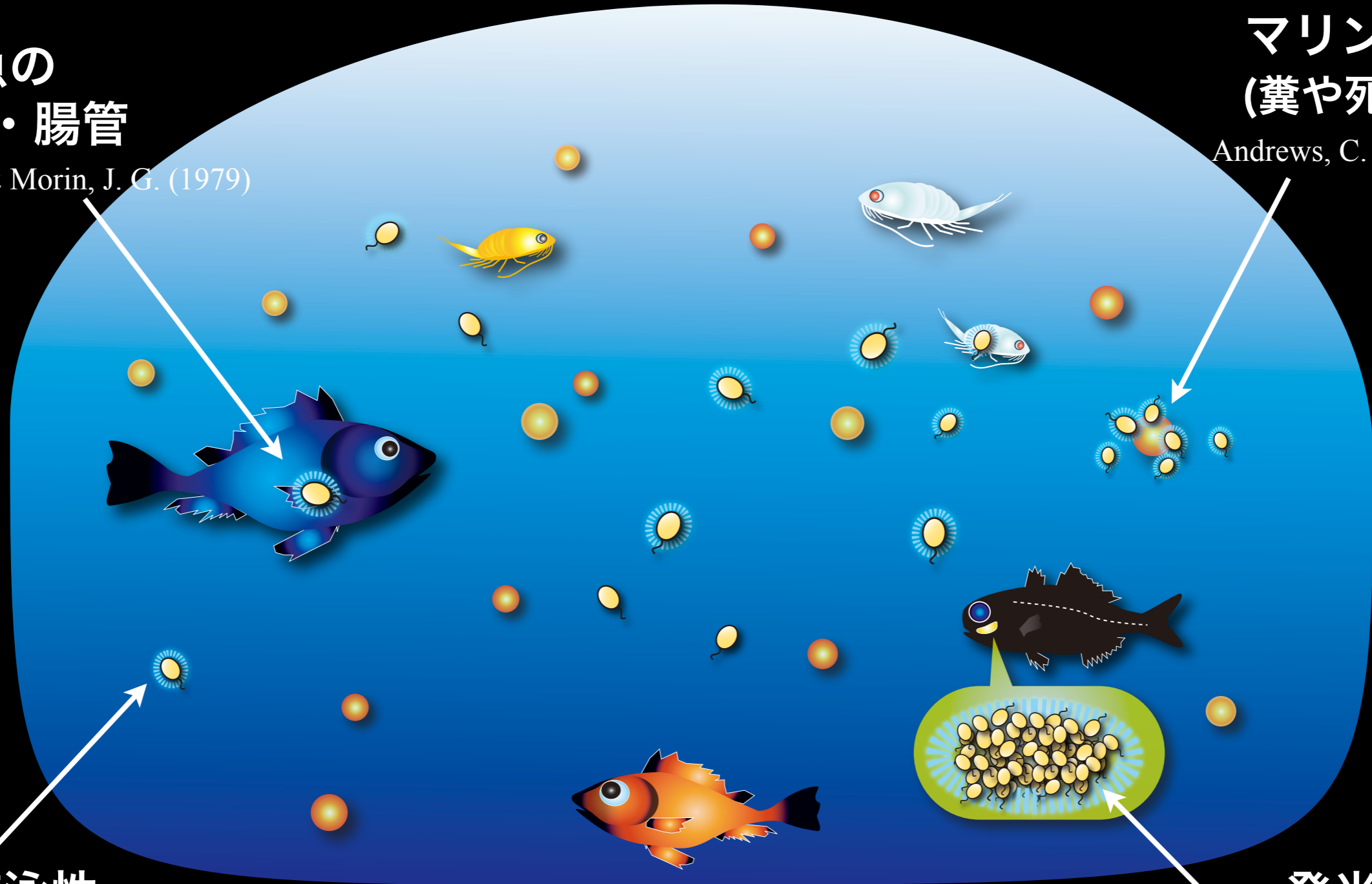
発光微生物の生息環境

魚の
体表・腸管

Ruby, E. G. & Morin, J. G. (1979)

マリンスノー
(糞や死骸など)

Andrews, C. C. et al. (1984)



自由遊泳性

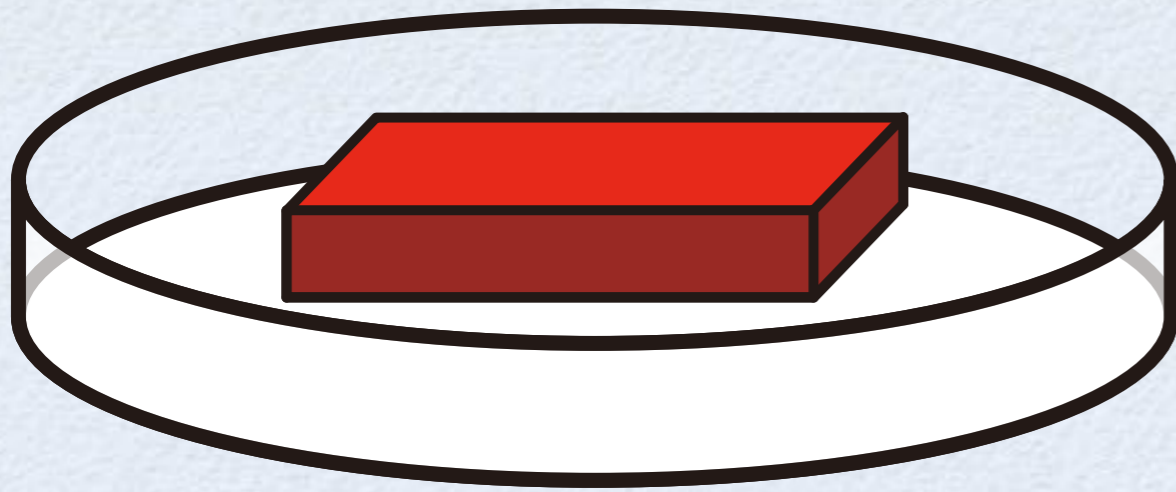
Orndorff, S. A. & Colwell, R. R. (1980)

発光器

Ruby, E. G. & Lee, K. H. (1998)

魚を購入し、いざ検証！





20°C (暗室)



そのまま

+食塩水

タイムラプス撮影 (撮影間隔30分)





マグロ

マグロN

車海老

車海老N

スルメイカ

スルメイカN

アナゴ

アナゴN

タイ

タイN

ハナイカ 胴体

ハナイカ N

アジ

アジN

アン肝

アン肝N

ハナイカ 肝

ハナイカ 肝 N

金目鯛

金目鯛N

マダラ

マダラN

ハナイカ ケソ

ハナイカ ケソ N

鮭白子

鮭白子N



サーモン

スルメイカ

ハナイカ

アジ

カツオ

タイ

イサキ

マグロ

ホタテ貝柱

クロソイ

車海老

あん肝

マダラ

アナゴ

金目鯛

サケ白子

スルメイカ&ヒイカ



発光細菌の生息環境

魚の
体表・腸管

Ruby, E. G. & Morin, J.

マリンスノー

Andrews, C. C. et al. (1984)

なぜ光るのか？
分かっていない



仮説：**発光色**に意味がある？

自由遊泳性

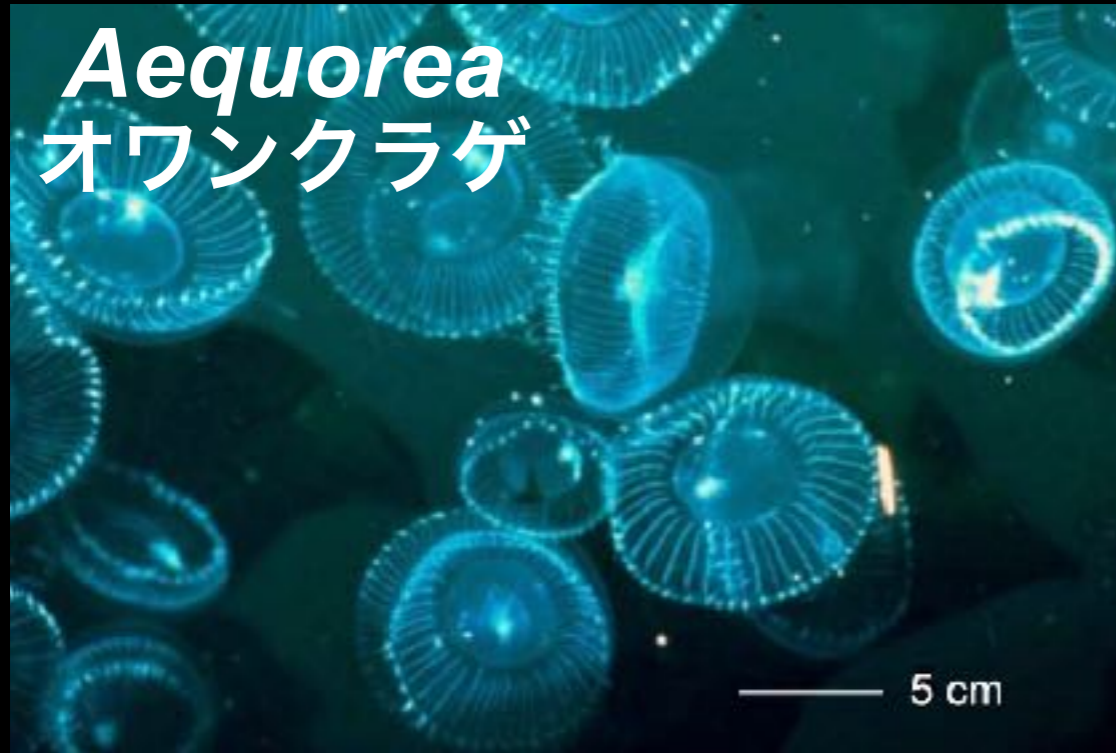
Orndorff, S. A. & Colwell, R. R. (1980)

発光器

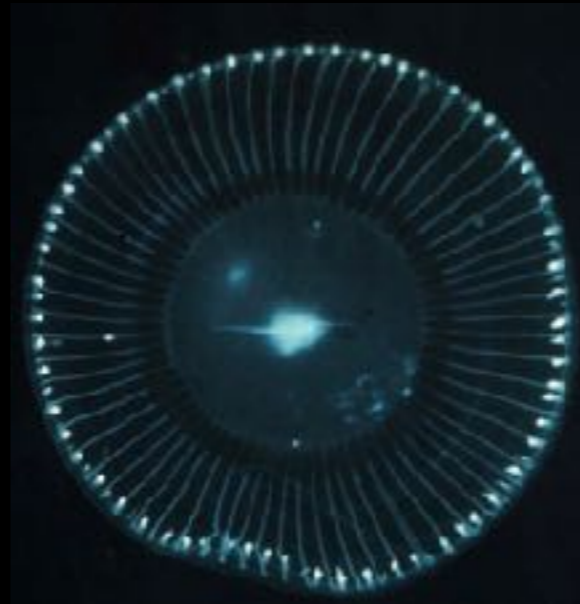
Ruby, E. G. & Lee, K. H. (1998)



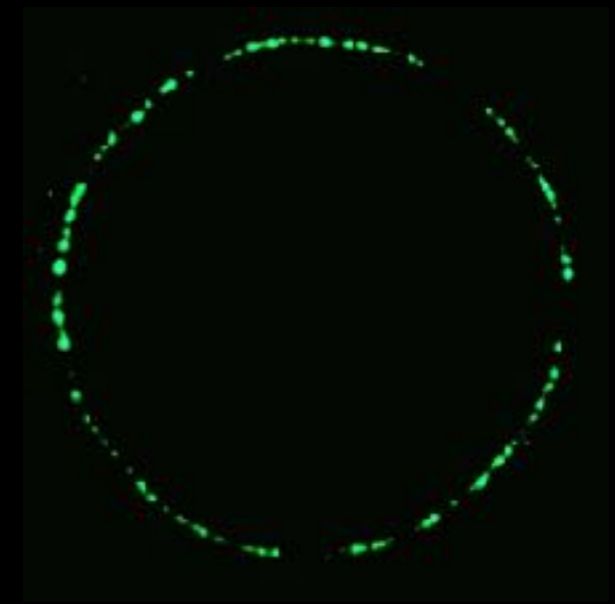
色を変化させる発光生物



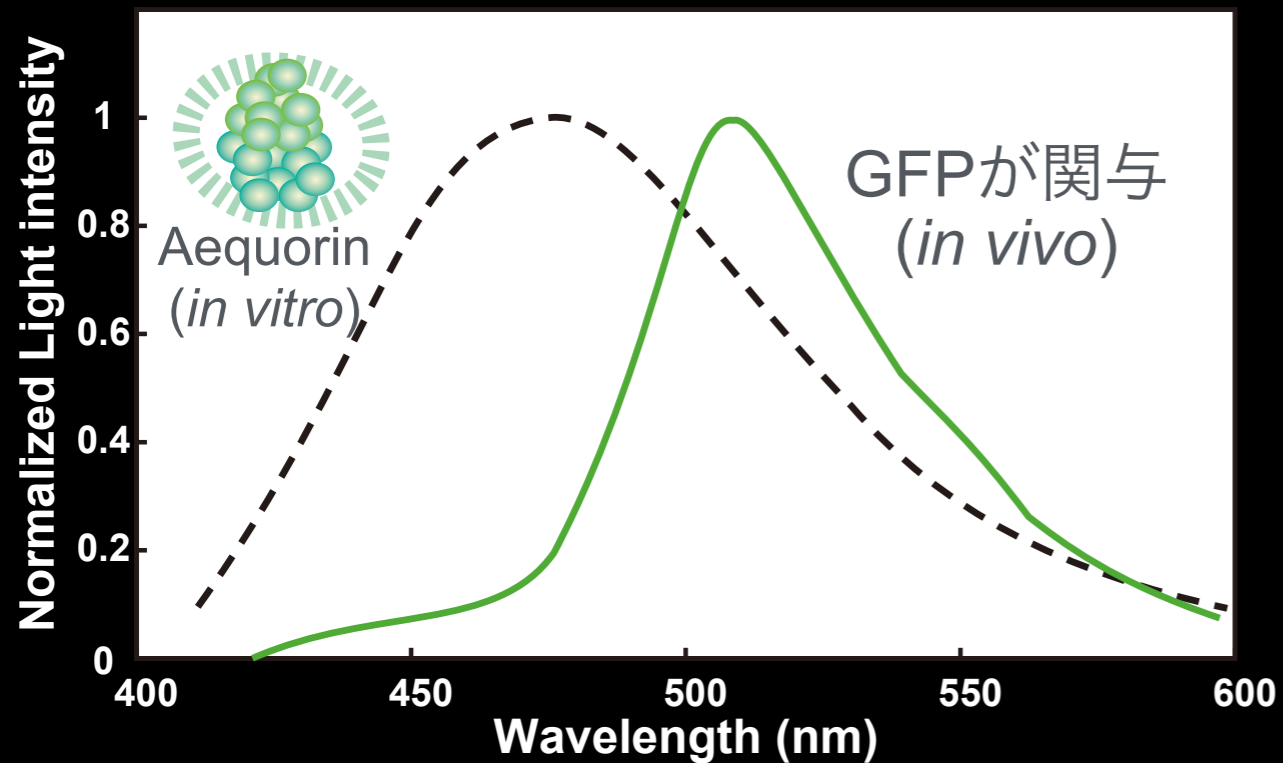
In daylight



In dark



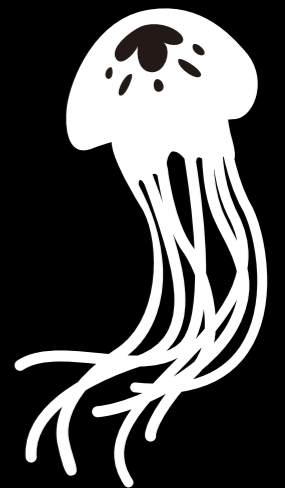
O. Shimomura, Nobel Prize websiteから



Shimomura, O. et al. (1962).

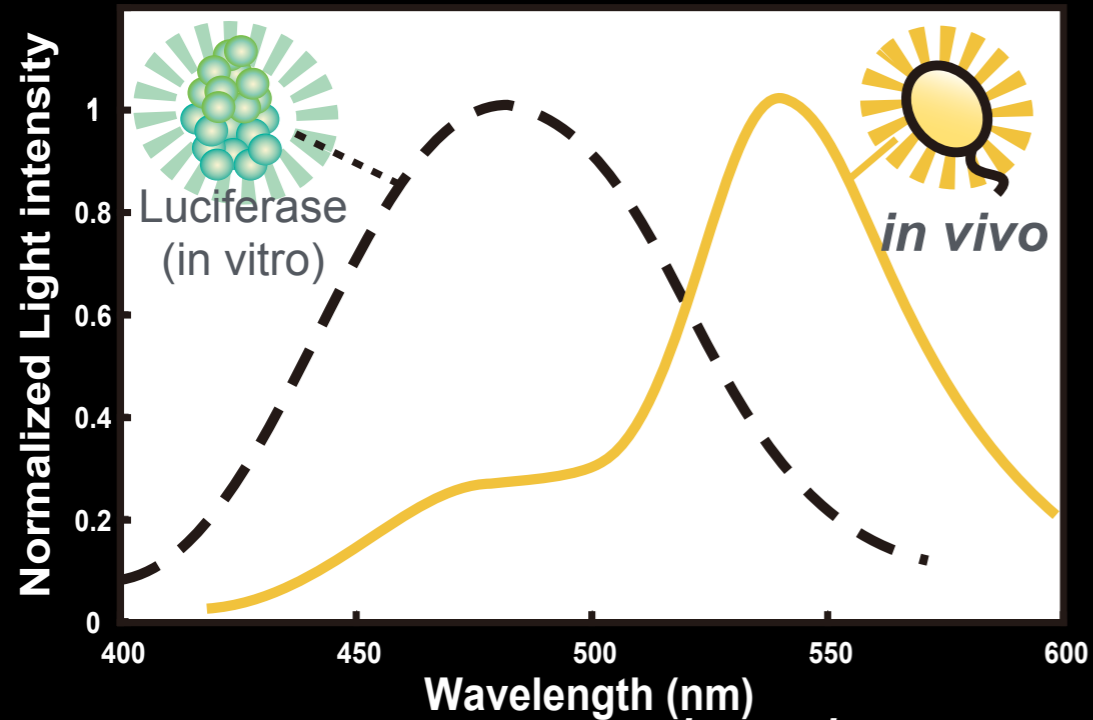
- ★ 緑色光 (in vivo)
- ★ 青色光 (in vitro)

緑色蛍光タンパク質
GFPの発見



色を変化させる発光生物

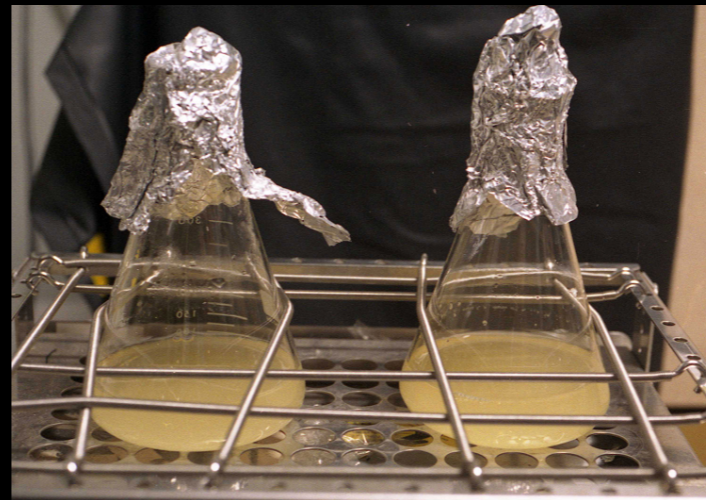
“*Aliivibrio fischeri* strain Y1”



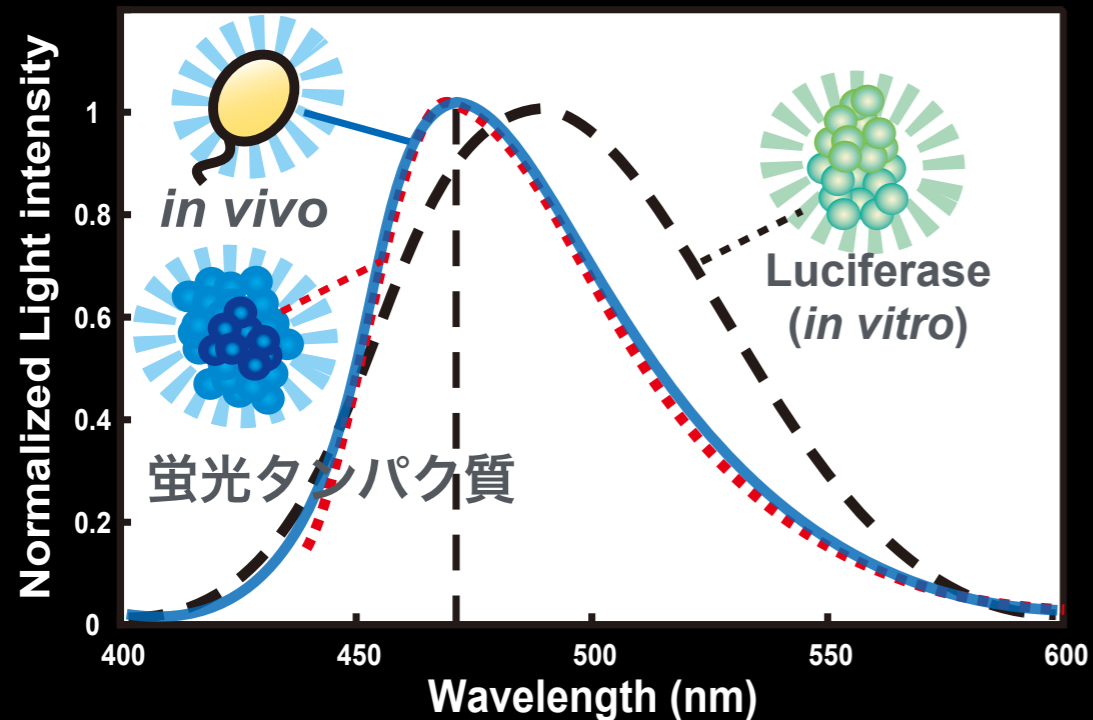
★ 黄色蛍光タンパク質 (Y1-YFP)

In daylight

In dark



Photobacterium phosphoreum
leioognathi



★ 青色蛍光タンパク質
LumP (lumazine protein)

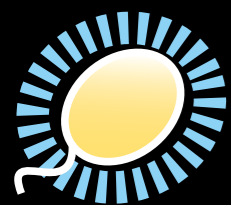
発光変調は3種のみで確認

地中海東部

東京湾
真鶴湾

相模湾
黒潮

太平洋
赤道域



2000株

淡青丸

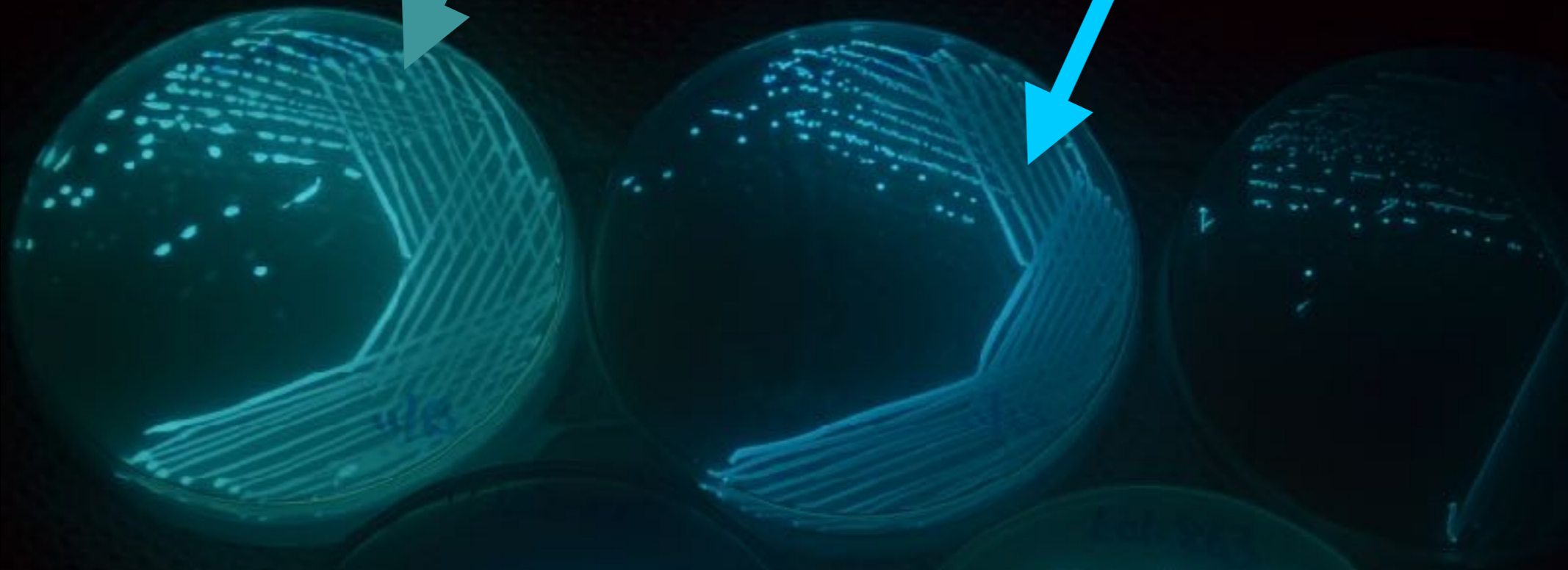
KT-03-5
KT-04-10
KT-05-16
KT-05-31

白鳳丸

KH-04-5
KH-06-4

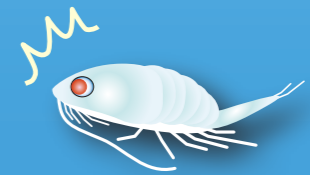
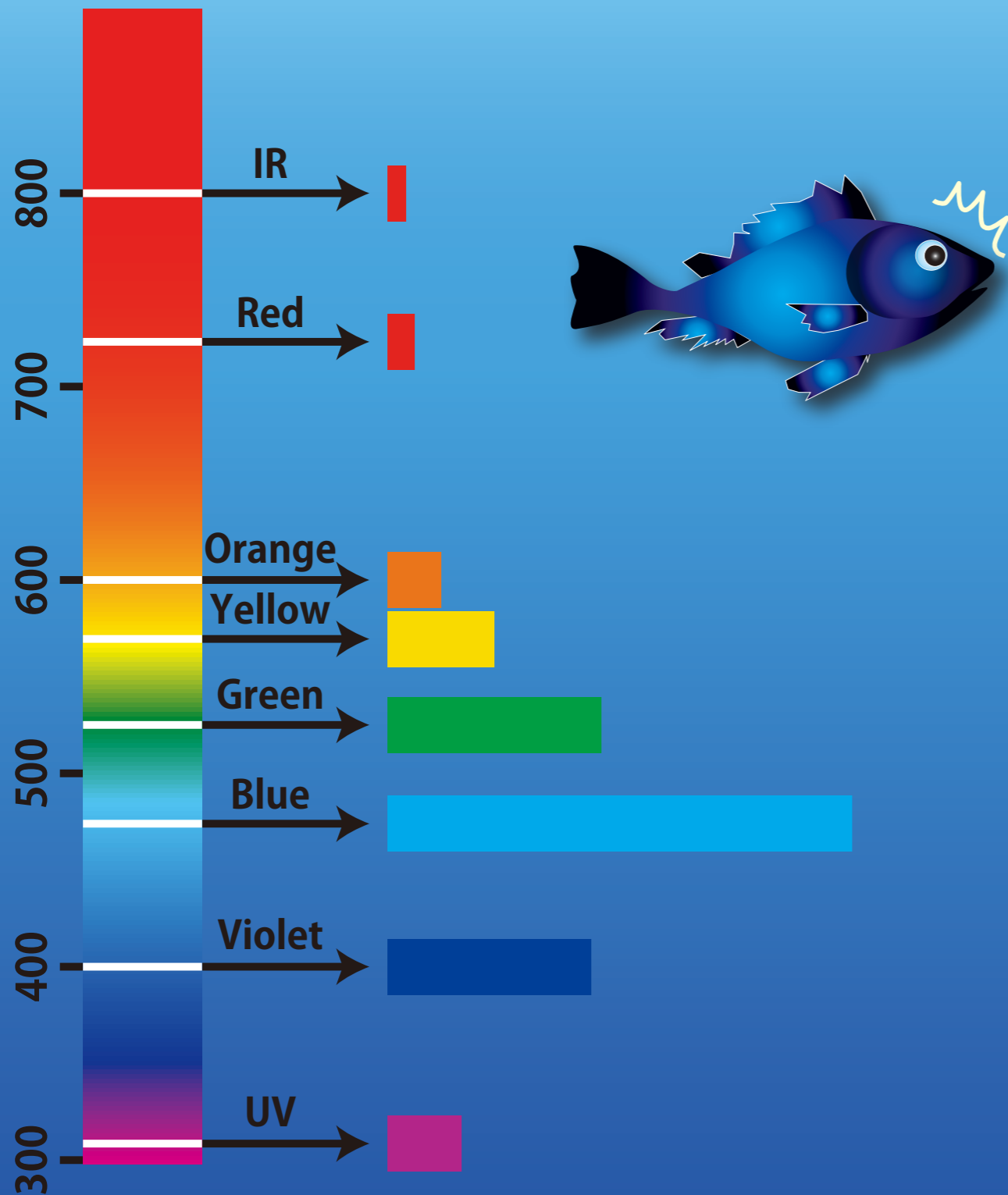


青い vs より青い (蛍光タンパク質)

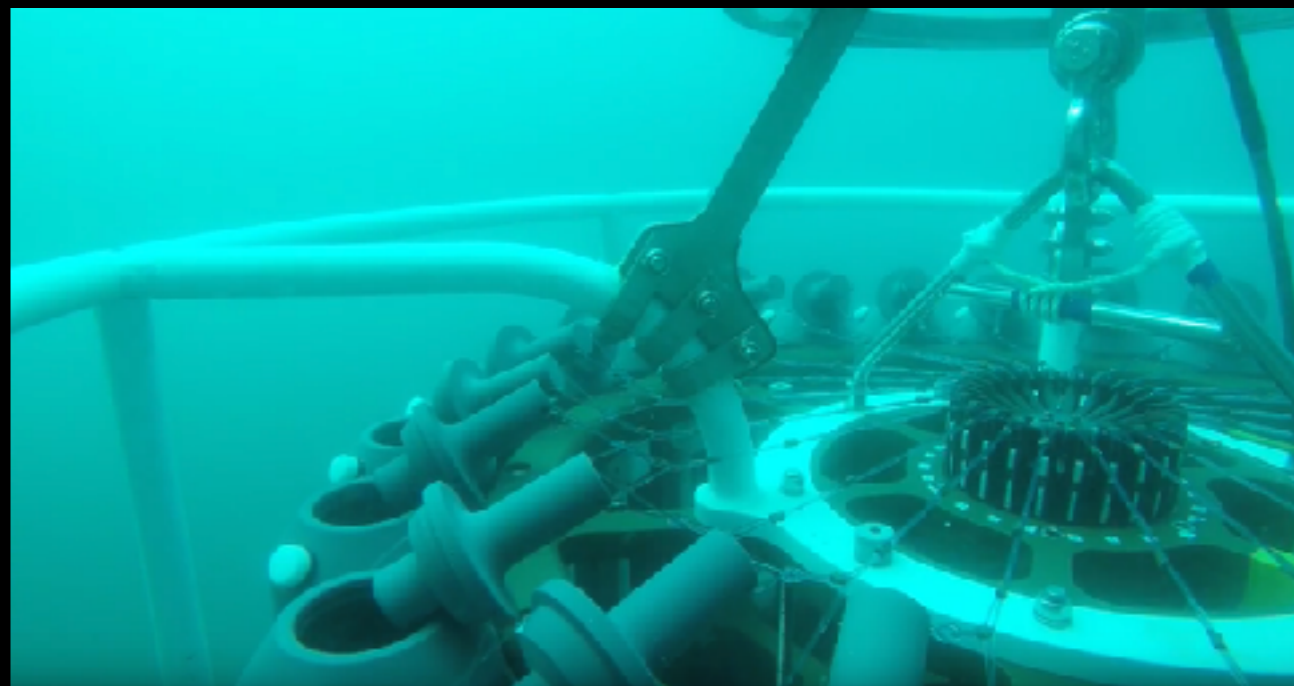
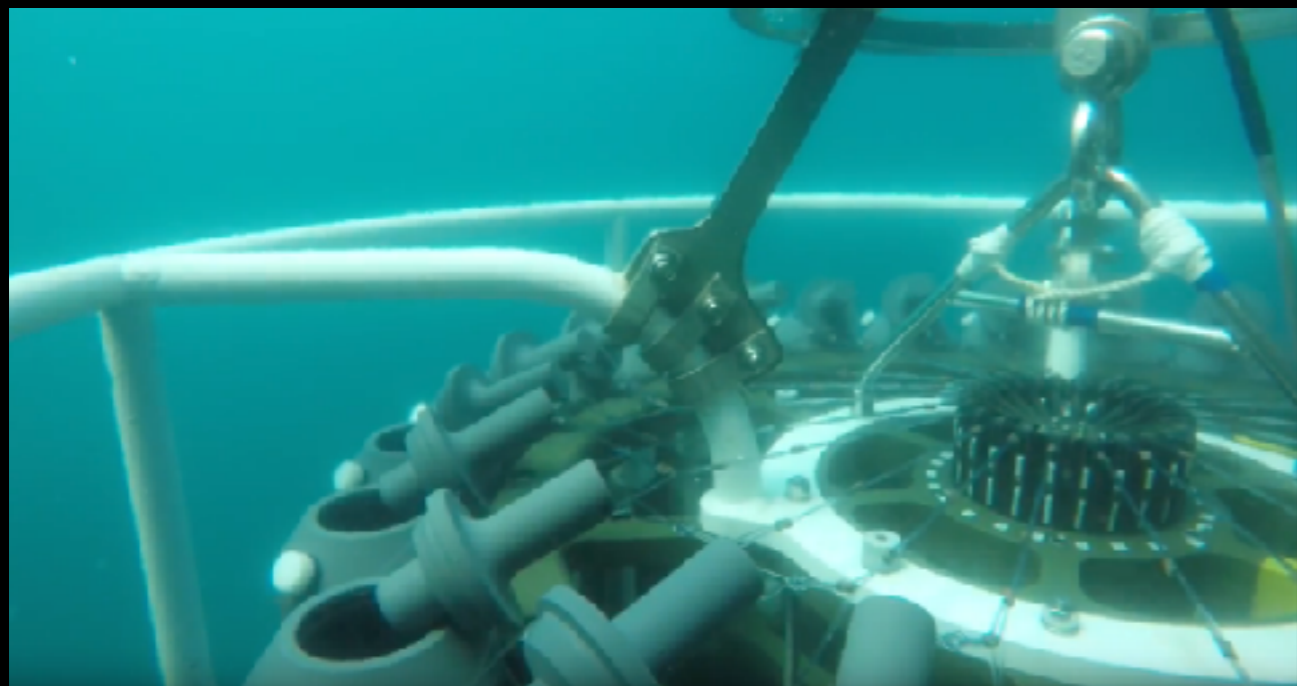
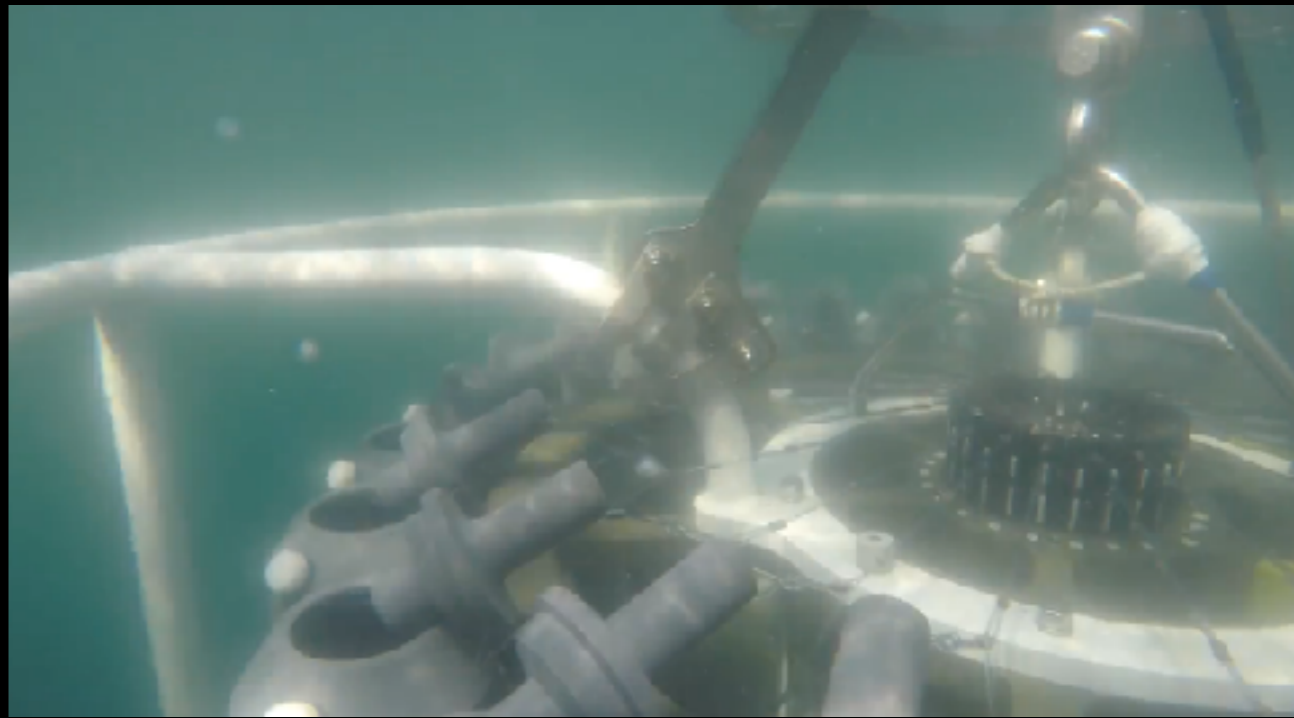


外洋域
より青い光のものばかり

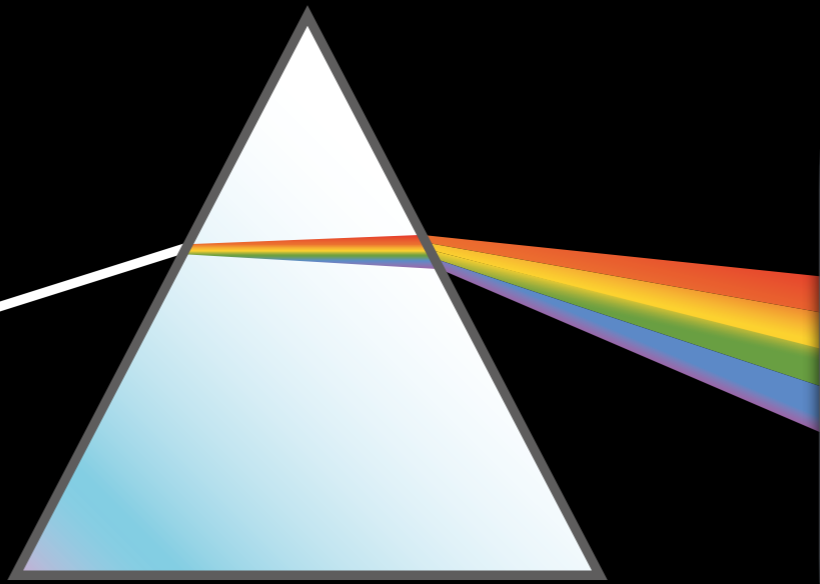
誰が光を見ているのか？



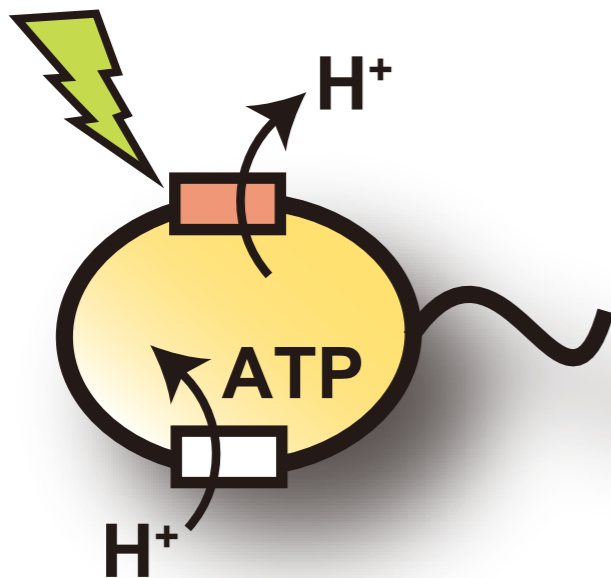
マリンスノー
(生物の糞や死骸など)



光



生物



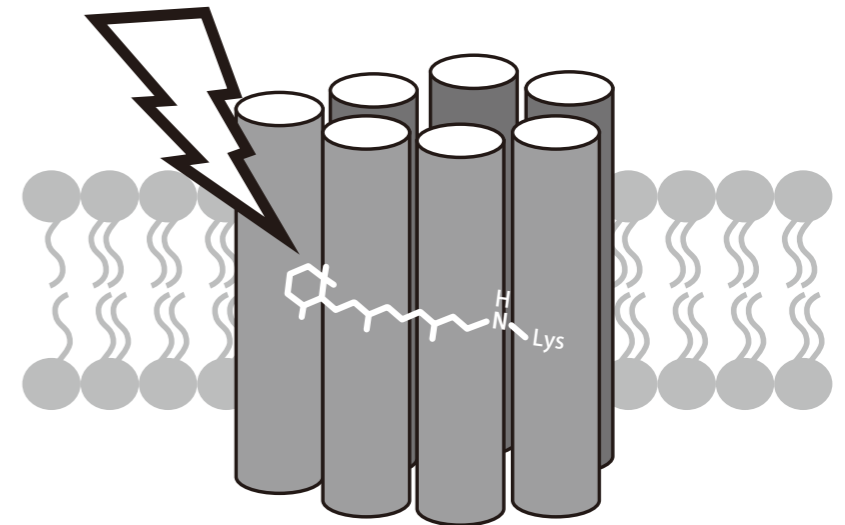
微生物型

ロドプシン



動物型

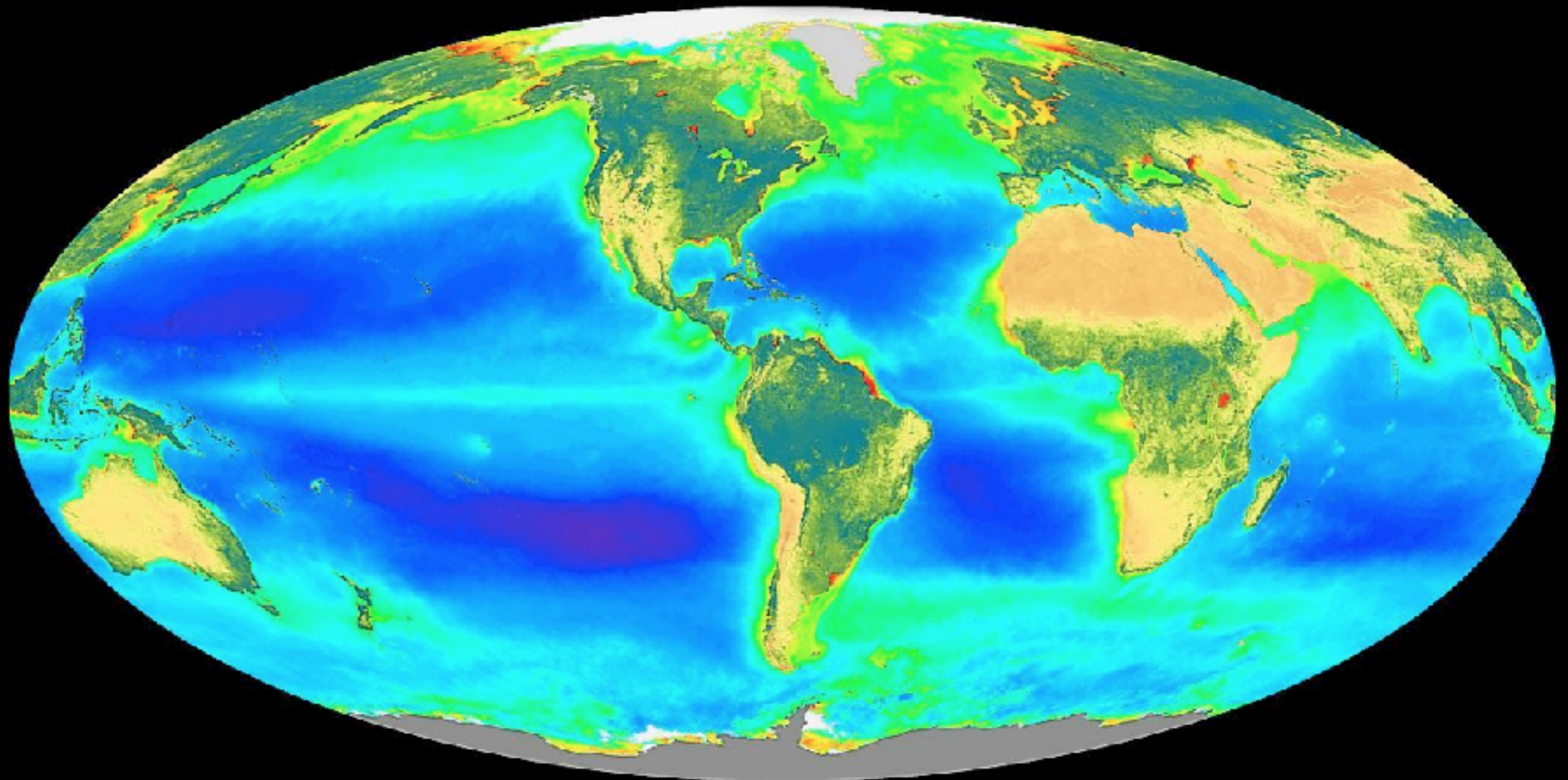
-構造-



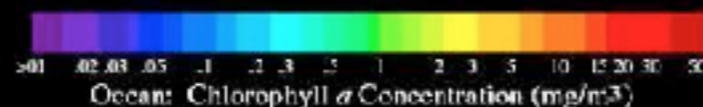
7回膜貫通型
発色団:レチナール

地球上の基礎生産

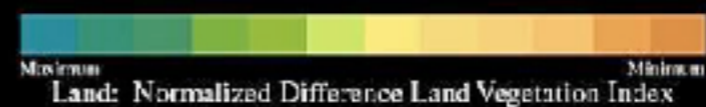
何が律速？



the SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE

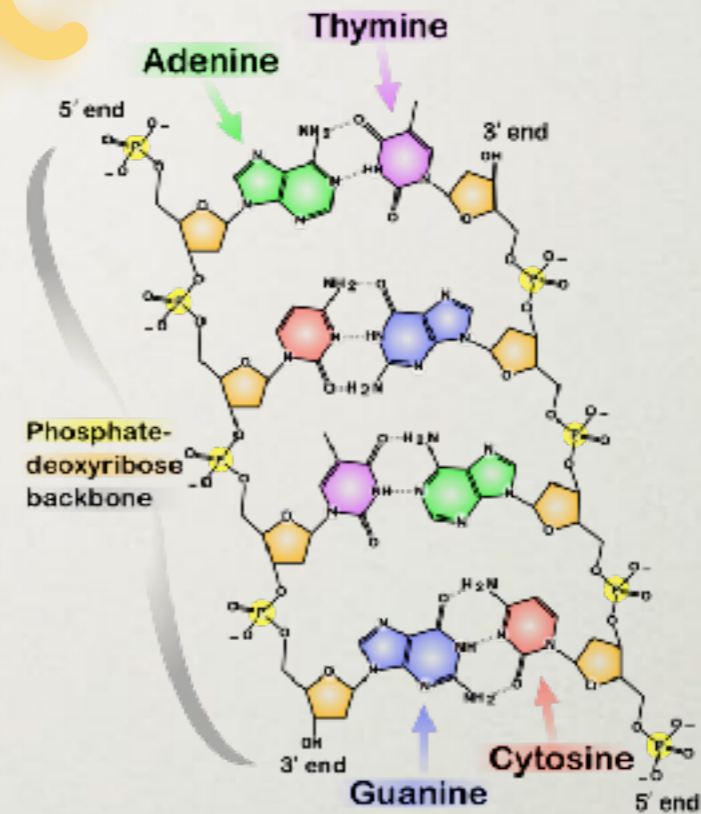
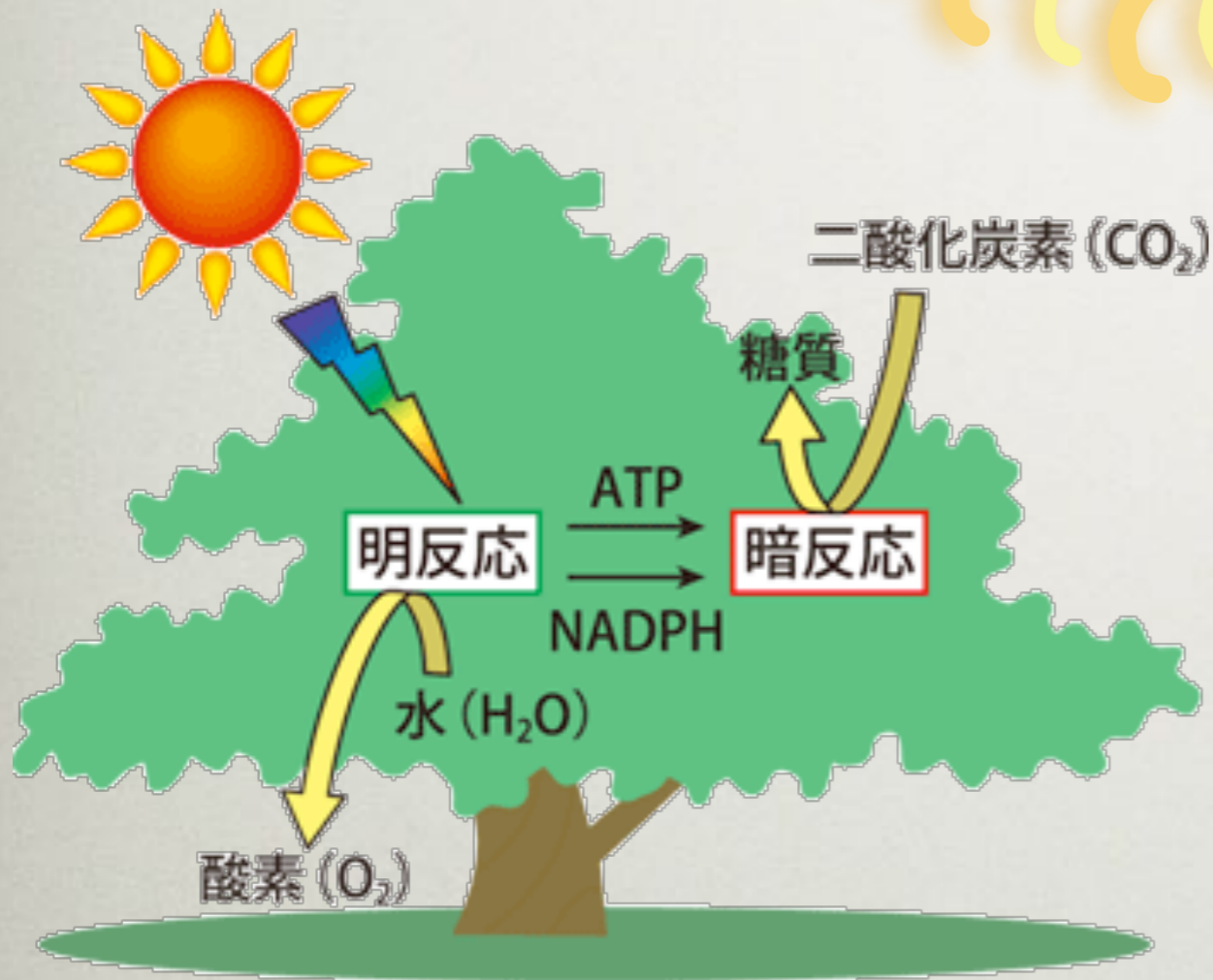


クロロフィル濃度



植生指数

光合成



DNA (wikipediaより)

肥料：植物を生育させるための栄養分として、人間が施すもの (N, P, K)

どこにN, P, K (栄養塩) がある？

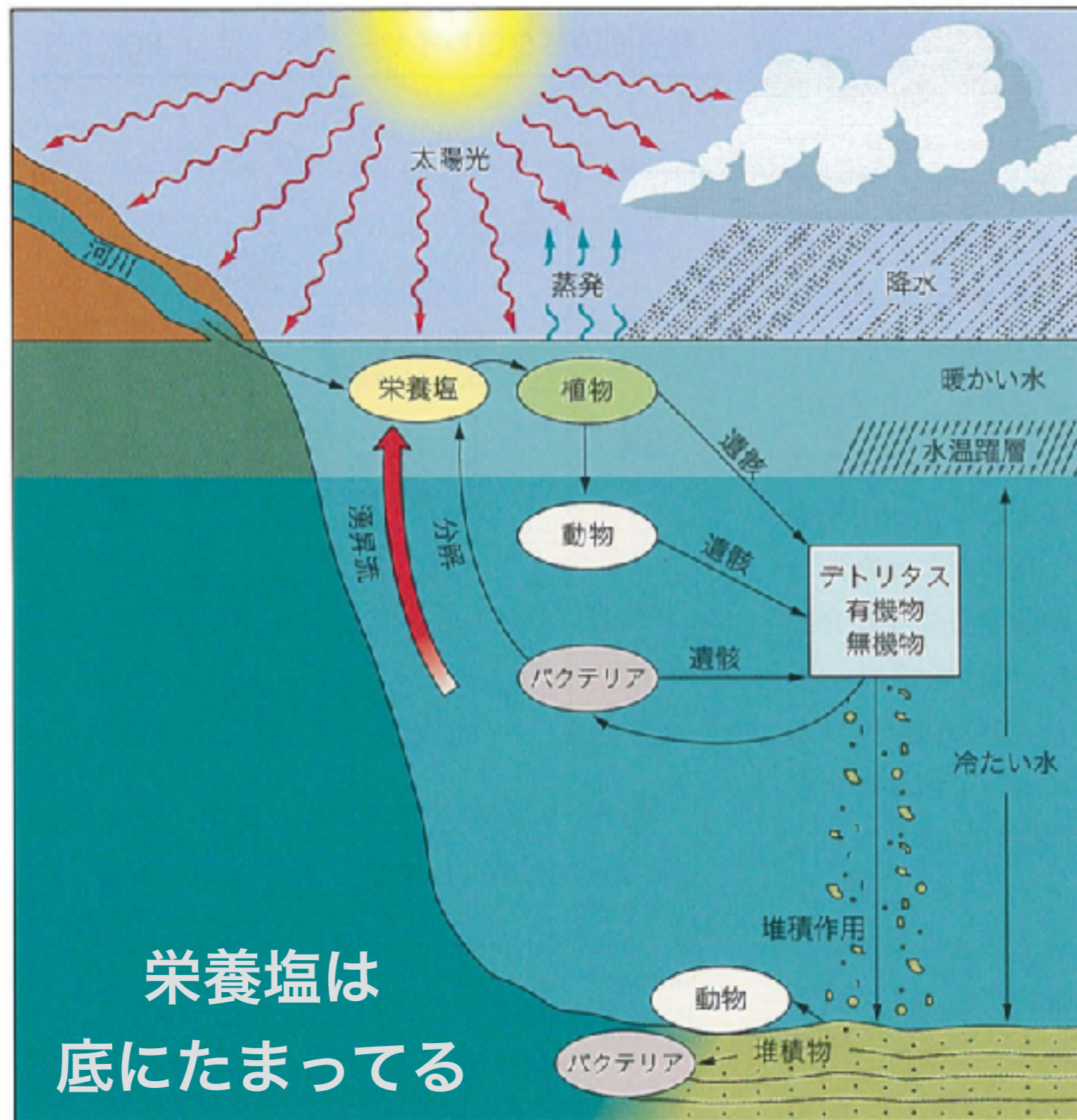


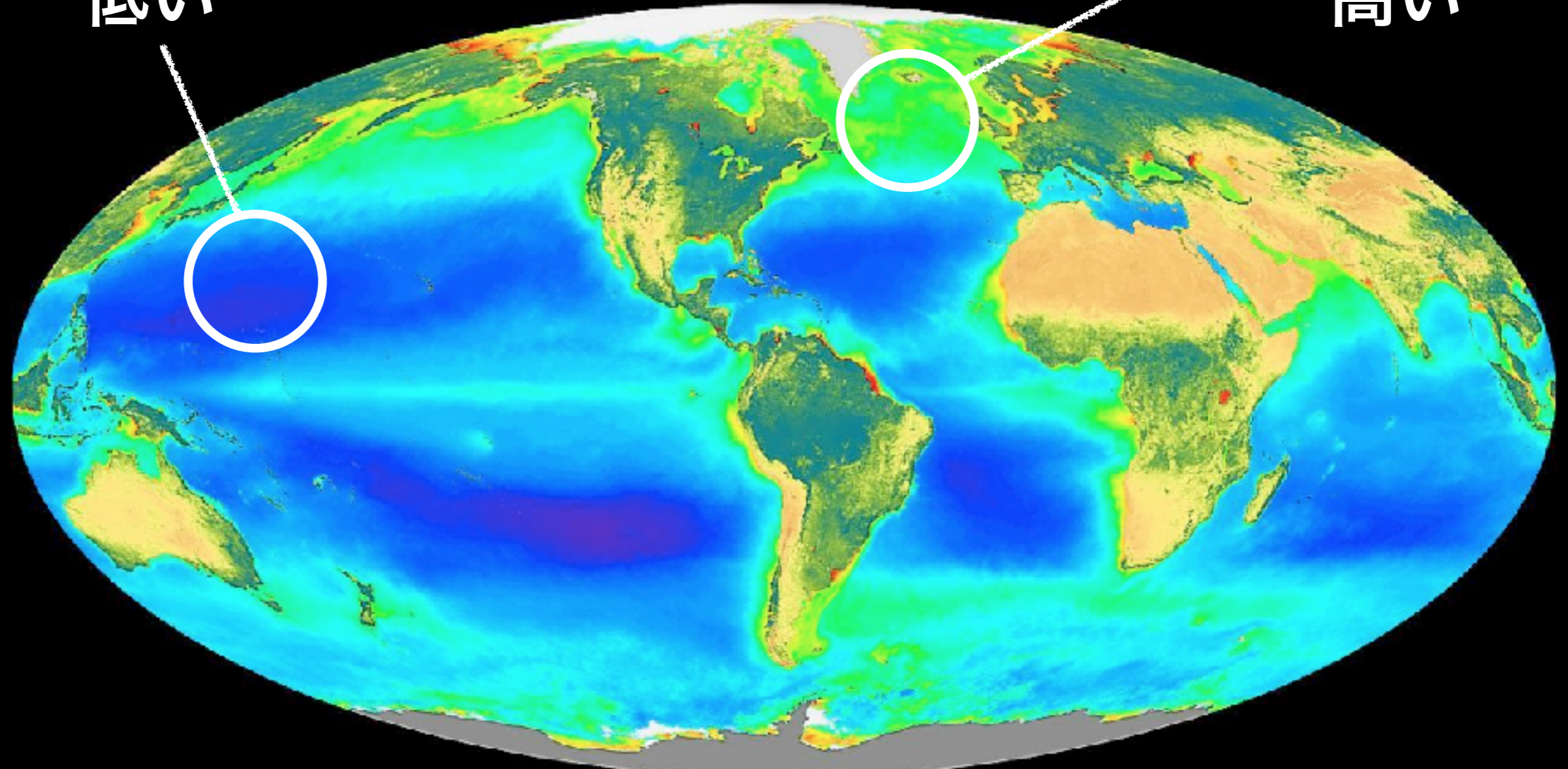
図 5-22
生物化学的再利用

無機物としての栄養塩は、海洋表層における植物の光合成によって食物に変換される。動物は植物を食べ、また別の動物がそれを捕食する。植物や動物が死ぬと、それらの有機物は海水中を下向きに沈んでいき、バクテリアによる分解をうけて、栄養塩が再生される。この栄養塩を含んだ水は湧昇流によってゆっくりと表層まで戻る。こうして、生物にとって必須の栄養塩の生物化学的再利用がくり返される。(D. J. Repeta, G. Eglinton, and C. Lee, Marine organic geochemistry, *Oceanus* 35, no. 1 (1992): 38-46. より引用)

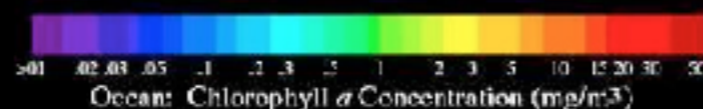
地球上の基礎生産

基礎生産力: ~~光エネルギー~~
を利用しない
低い

基礎生産力:
高い



the SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE

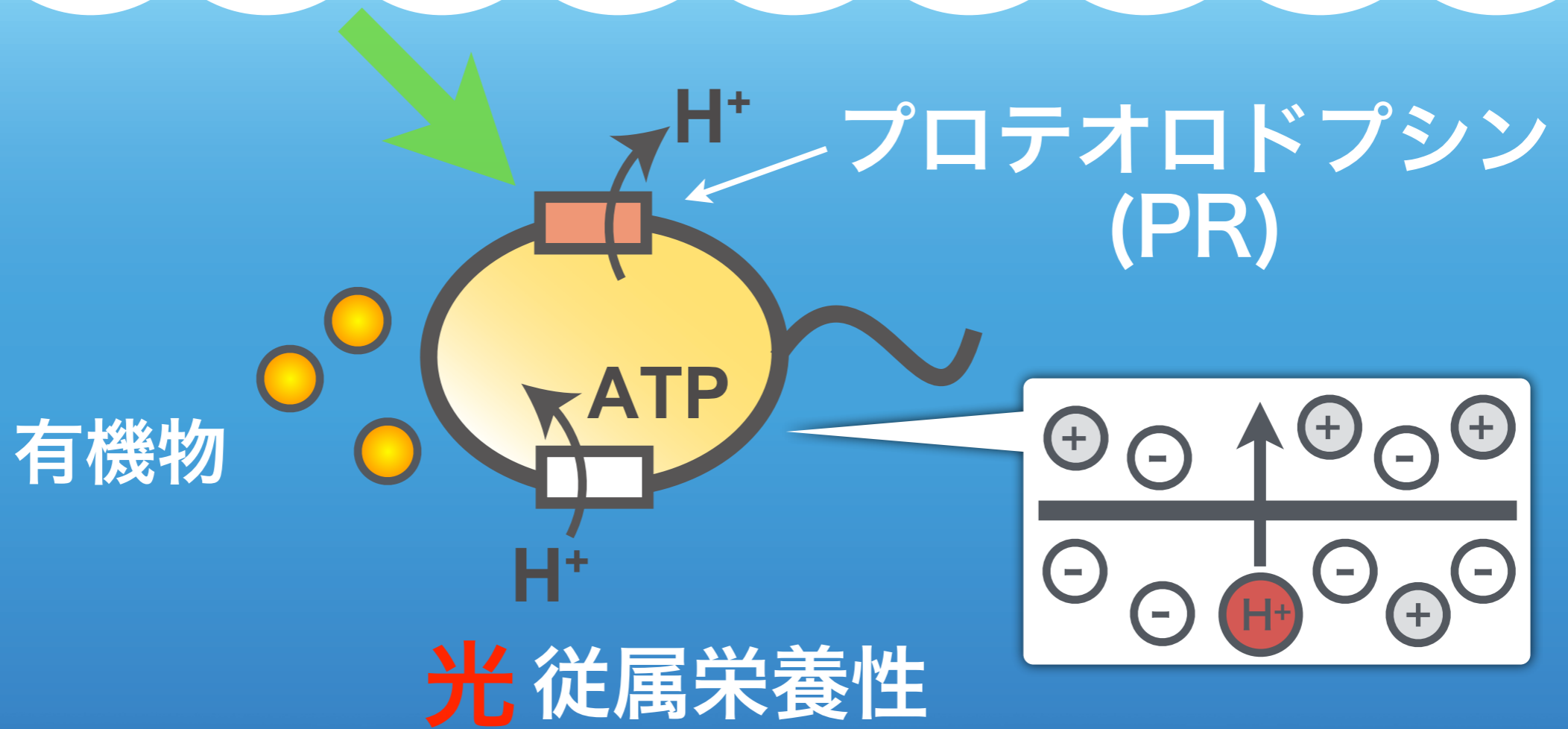


クロロフィル濃度



植生指数

プロテオロドプシン?



新しい光エネルギー利用機構！

PRを持つ細菌の量は？

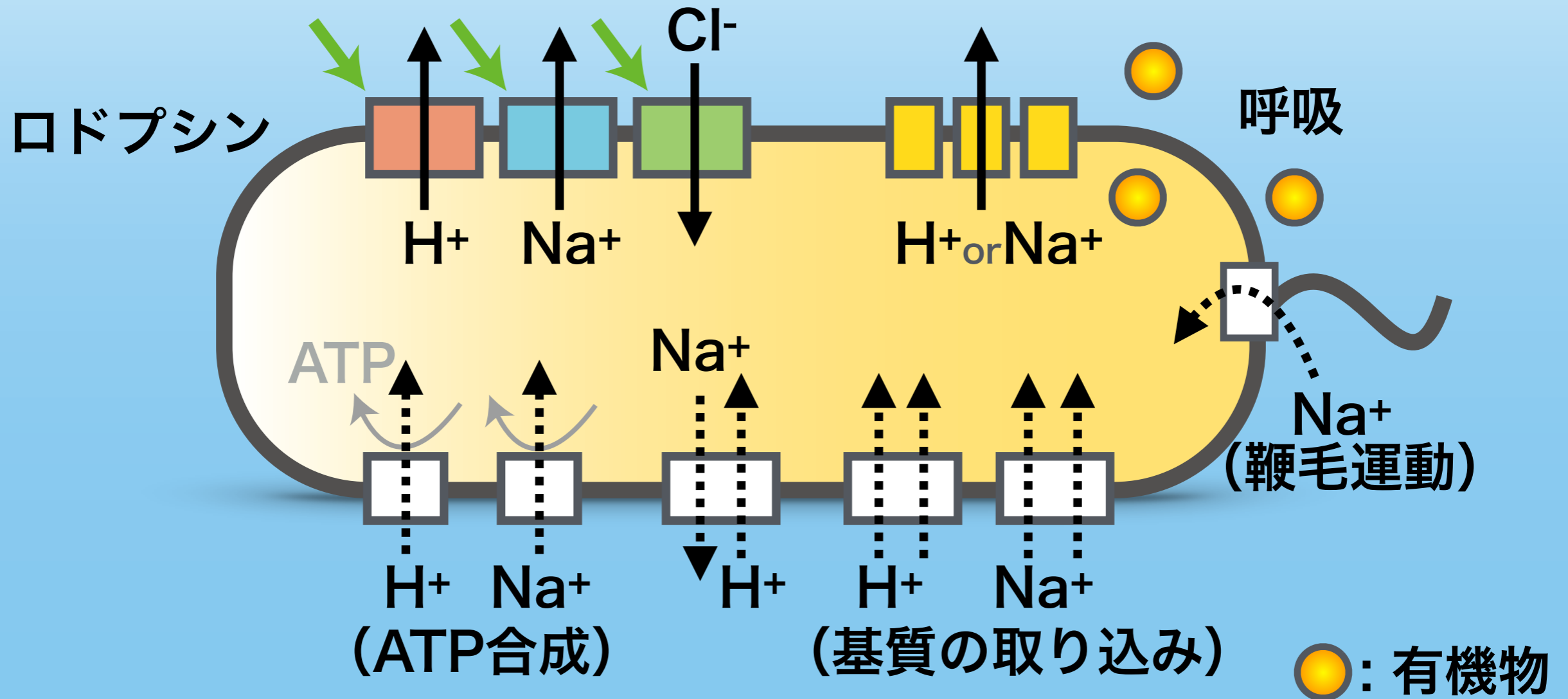
13-80%

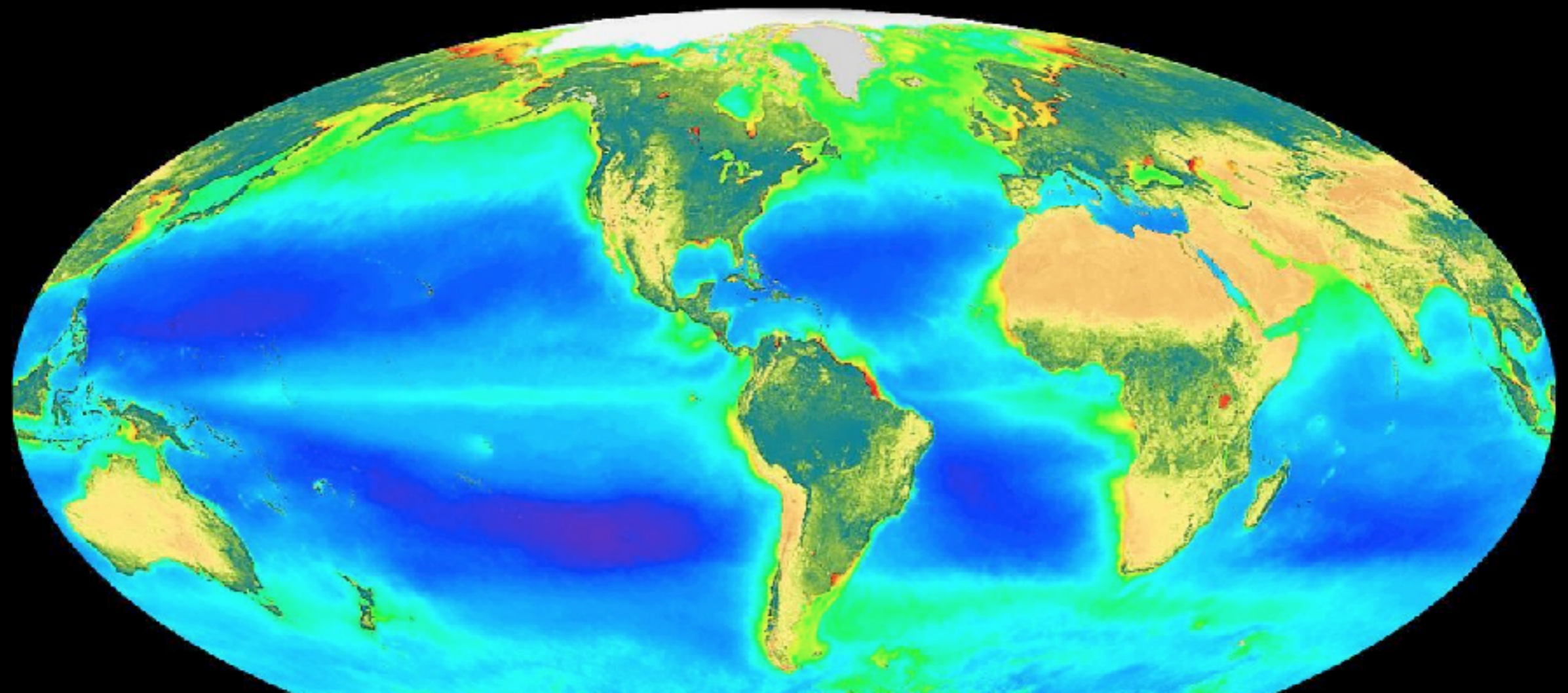
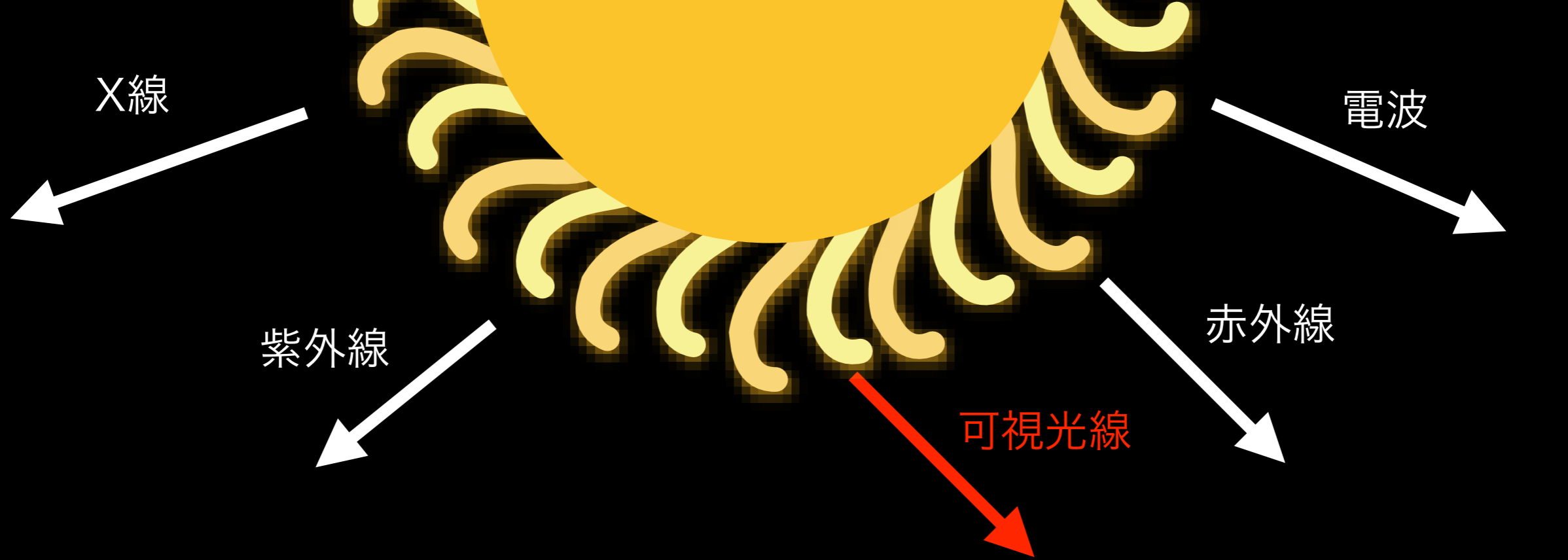
Important for understanding
ENERGY FLOW
in the ocean

DeLong et al. PLoS Biol. (2010)

ロドプシンの光利用

海洋に豊富に存在する
 H^+ , Na^+ , Cl^- を巧みに利用！





地球



生命が使える電磁波
可視光がいい感じにある

生体分子が利用できる波長

水

太陽光のスペクトル
酸素発生型光合成

光エネルギー利用生物をはぐくむ惑星

過酷な生存競争

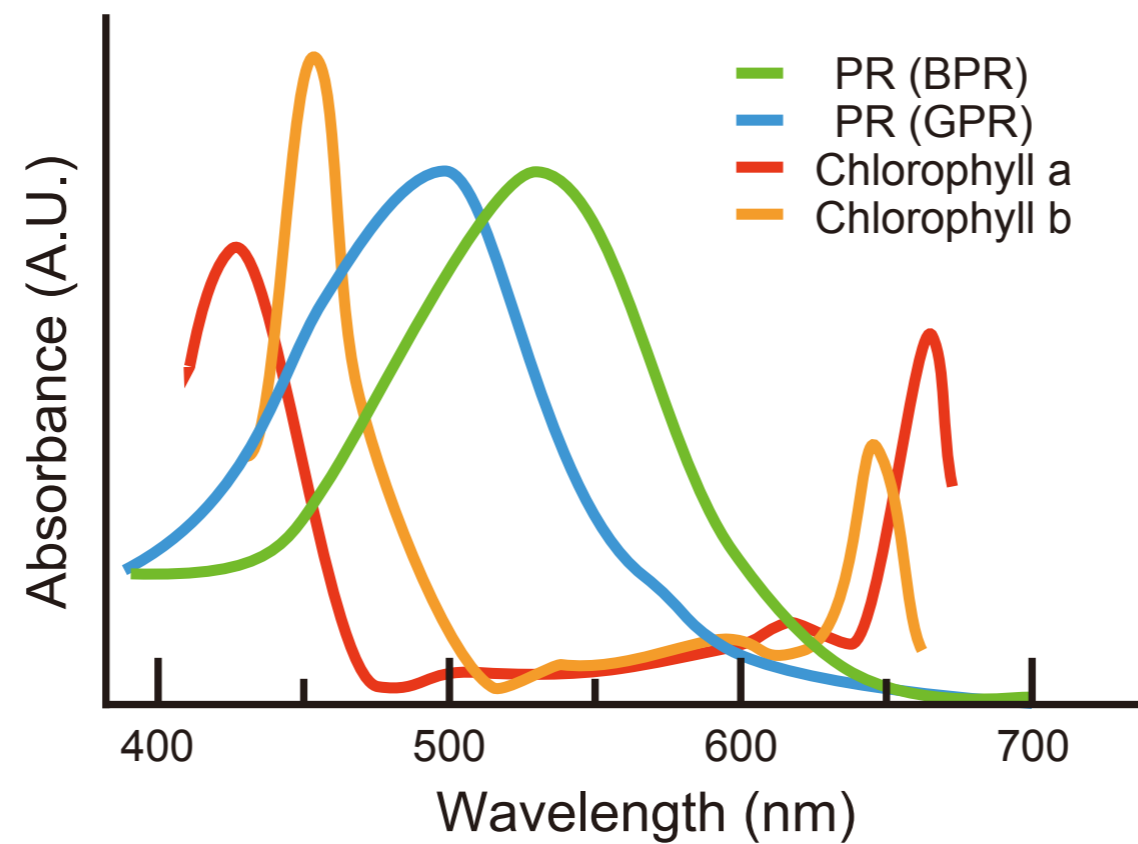
生物はエネルギーの奪い合いをしている

“ミドリイロ仮説”

過酷な生存競争

なぜ陸上植物は
緑色光を使わないのか？

クロロフィル vs ロドプシン



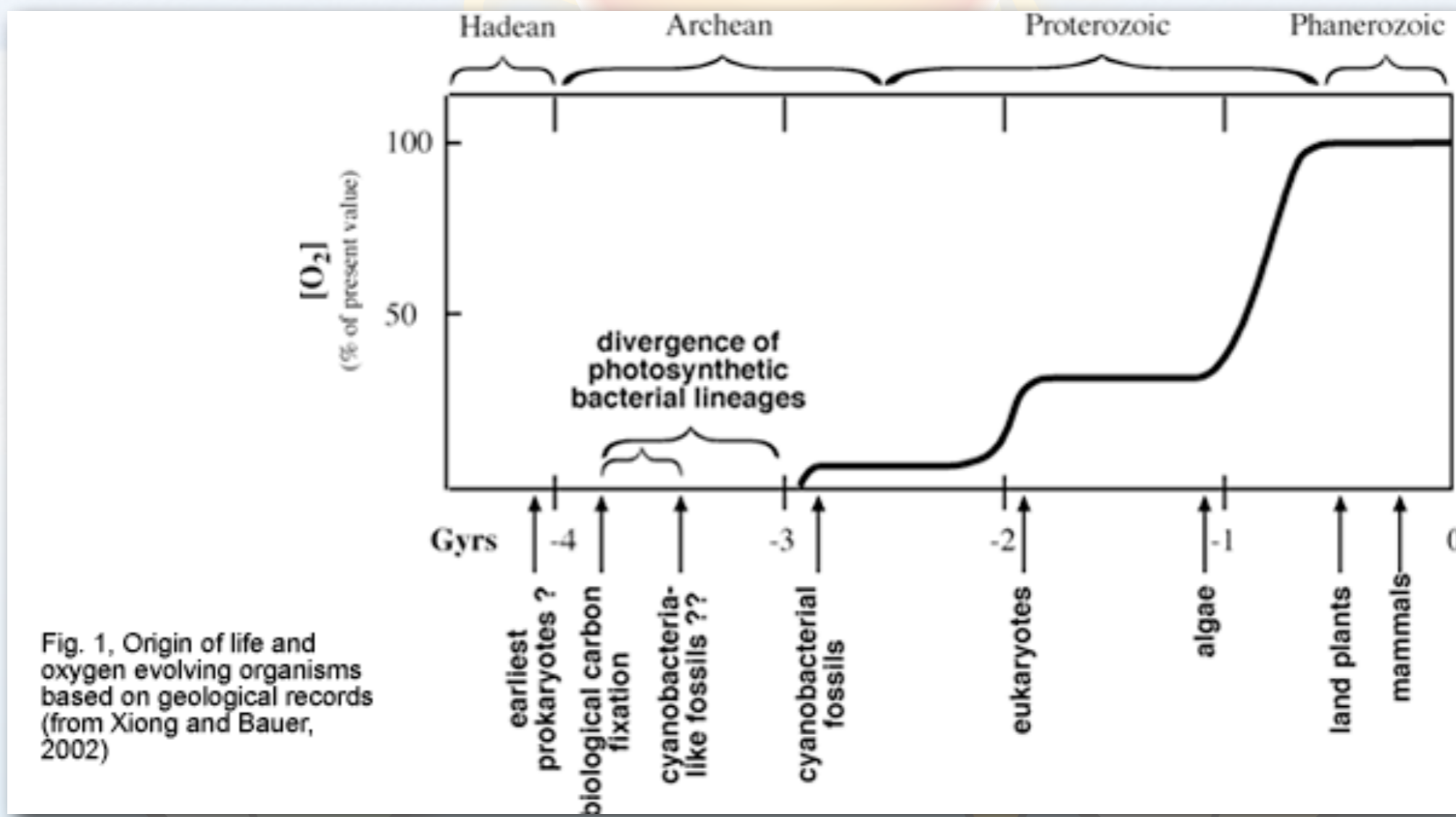
植物が緑色をしている進化的な
理由は教科書には書いてない

Autotroph

Photoheterotroph

C6H

出現時期を知りたい



クロロフィルは30億年前

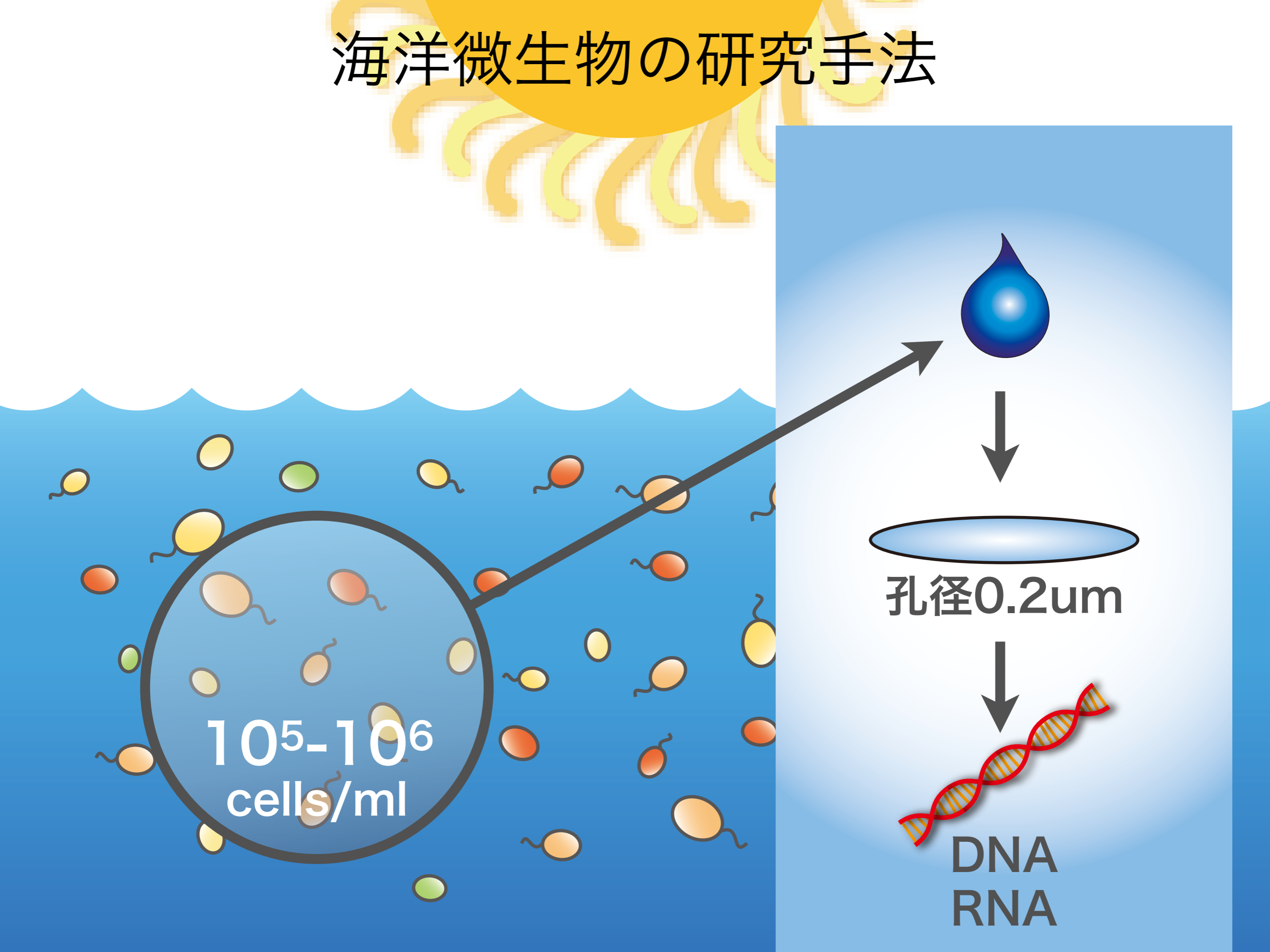
互いに”光の色”の取り合いをしたんじゃないか？

どちらが最初の光利用タンパク質なのか？

Autotroph

Photoheterotroph

海洋微生物の研究手法

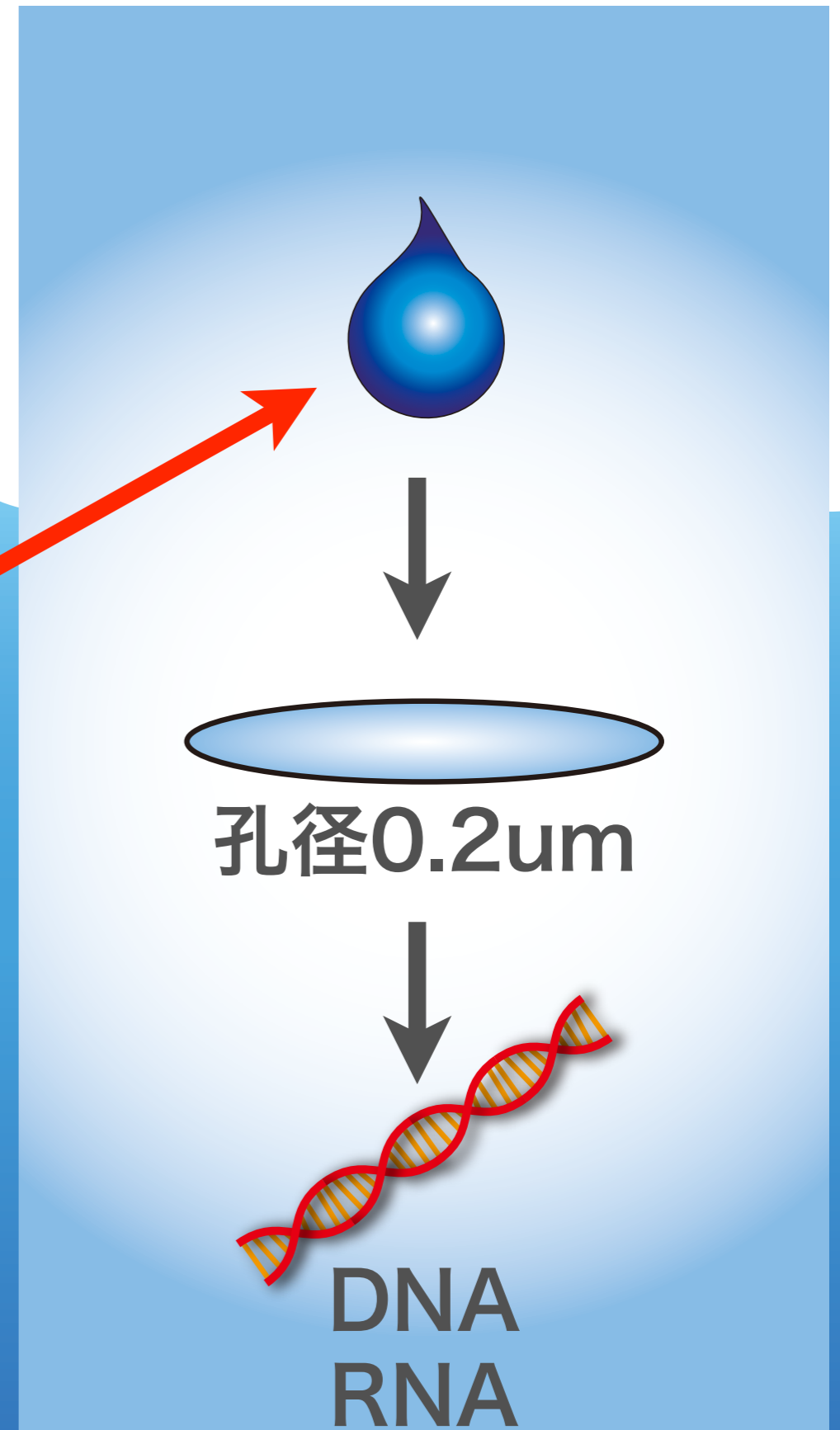
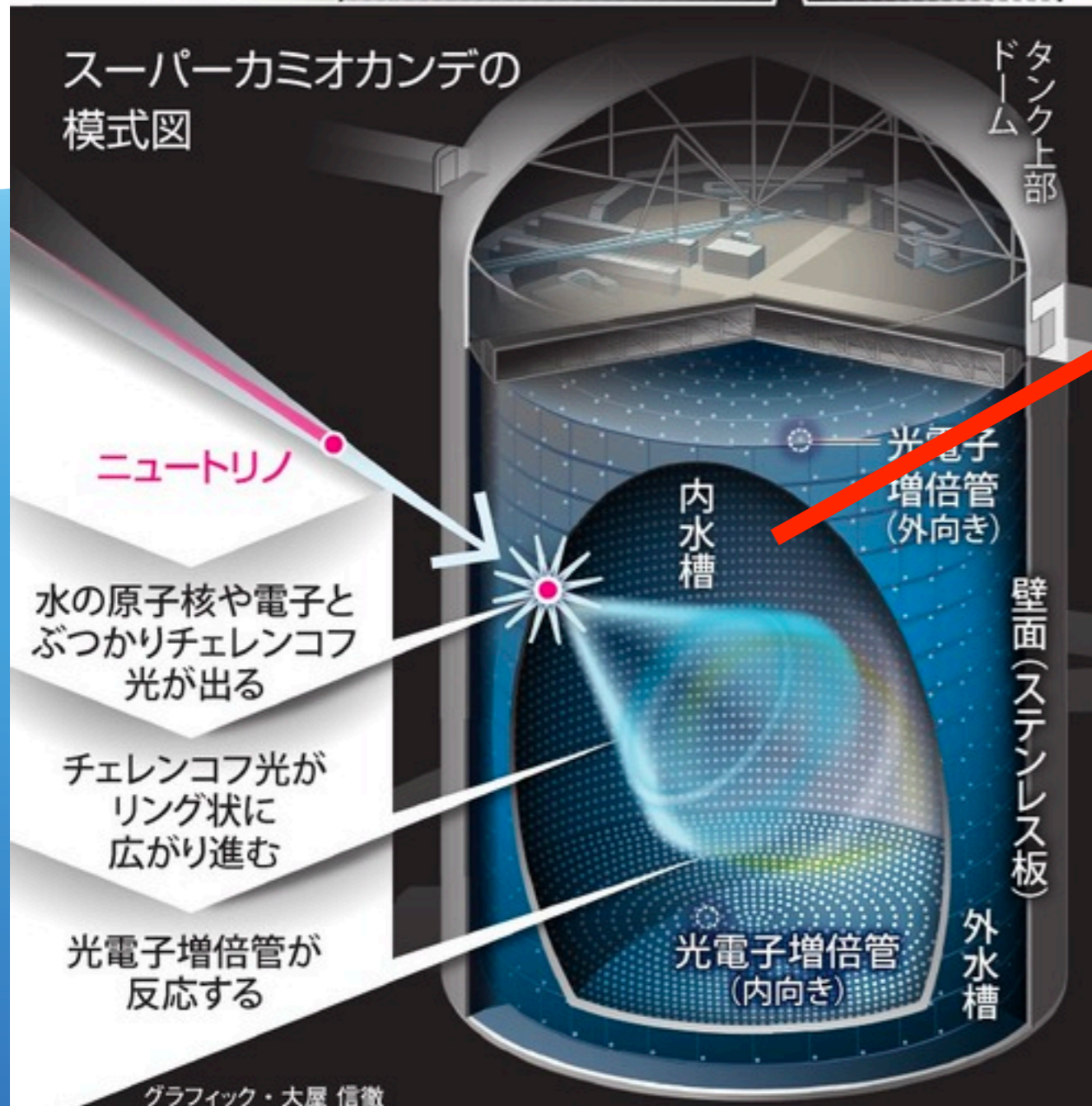


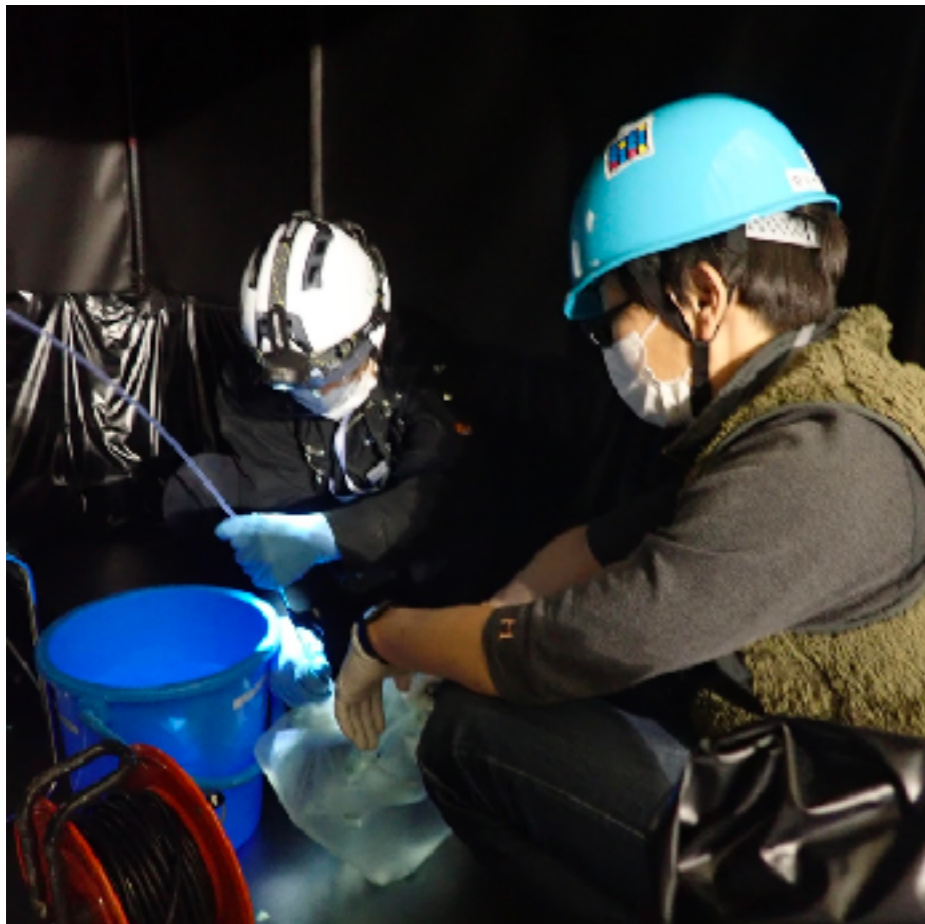
・超純水中に生息するバクテリア？

スーパーカミオカンデの所在地



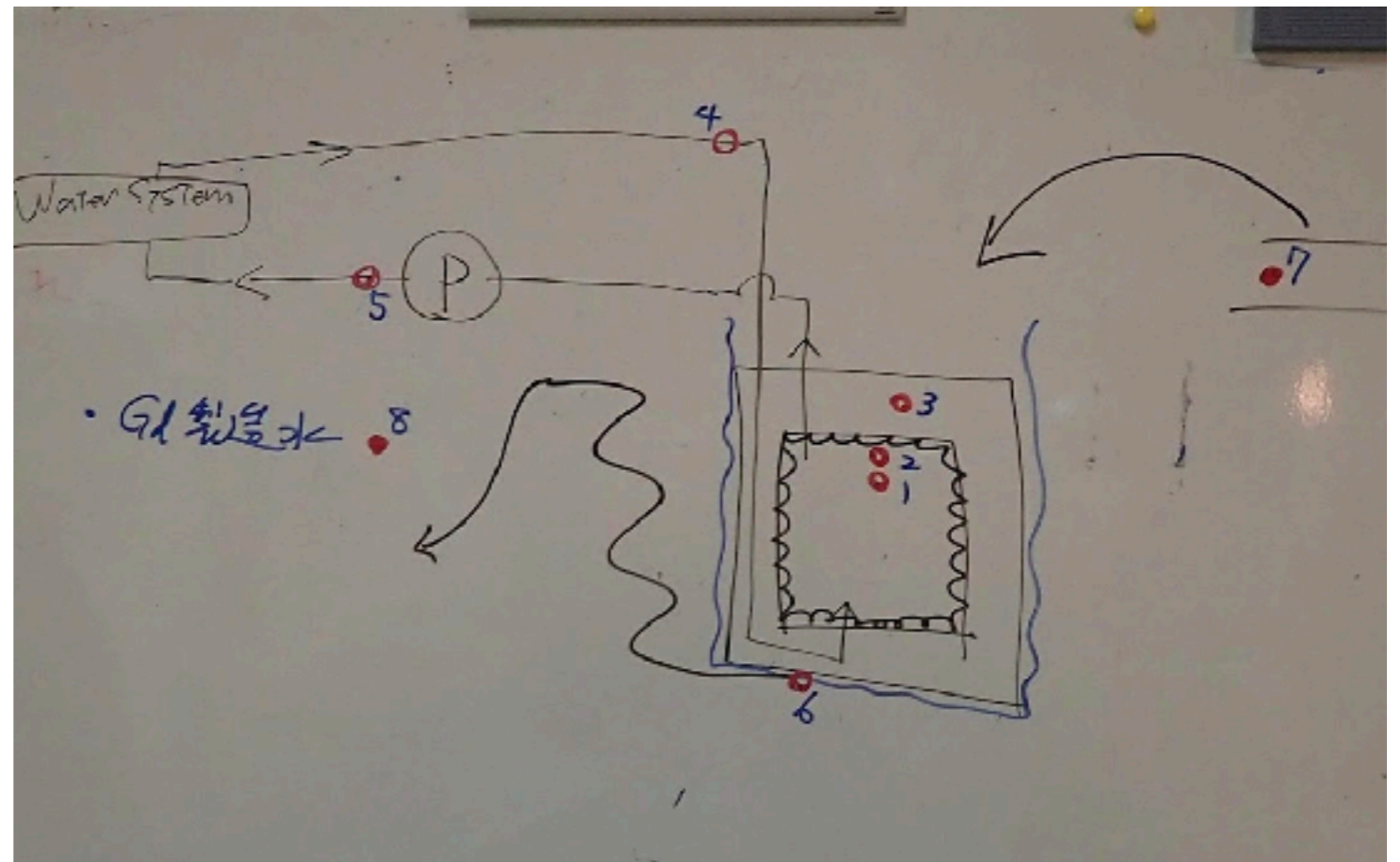
スーパーカミオカンデの
模式図





2021年2月8,9日 SK内水槽サンプリング

SK内水槽の バクテリア群集構造の調査





生物遺伝子変動分野

GENETIC RESEARCH SECTION

吉澤 晋
Susumu Yoshizawa



東京大学
大気海洋研究所
Atmosphere and Ocean Research Institute
The University of Tokyo