

みなさんこんにちは

発光と発光生物について

お話しします

また簡単な実験をしてみましよう

2021年4月1日
京都光科学研究所
柄谷 肇

光の性質

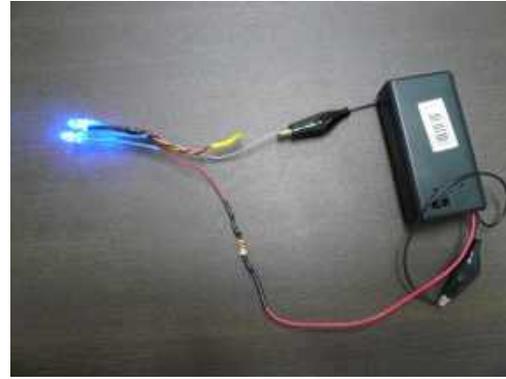
- ☆ 直進性:ピンホールカメラ
 - ☆ 反射・屈折
 - ☆ 散乱:青空・夕日
 - ☆ 光には色がある:虹
- ☆ 光は粒子の性質(光電効果)と波としての性質(回折・干渉など)がある(光の二重性)などなど
- ☆ ひかりは化学実験で作ることもできます(あとで作きましょう)
- ☆ ホタルなどの光る生物は体のなかの化学反応で光を作っています

光るには？ → エネルギーと物質（光るもの）が必要

エネルギーにのみ着目

電気エネルギー

→ 蛍光灯, LEDなど



熱エネルギー

→ ロウソクの光, 炎色反応

化学エネルギー → 化学発光
(化学反応)

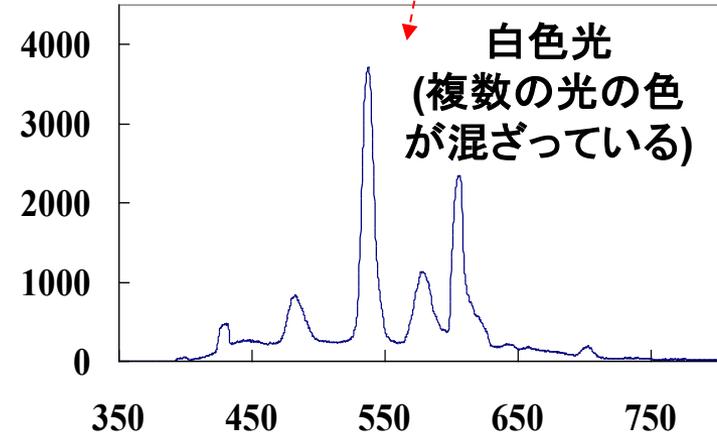
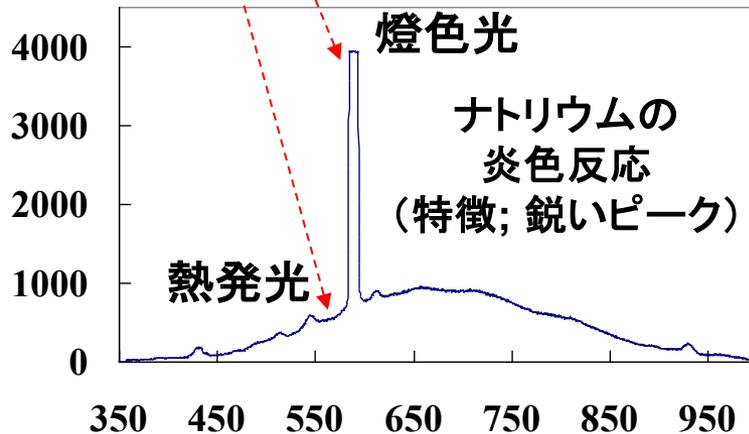
化学エネルギー → 生物発光
(生物化学反応)



光の色？

光は色々な色の光の集まり

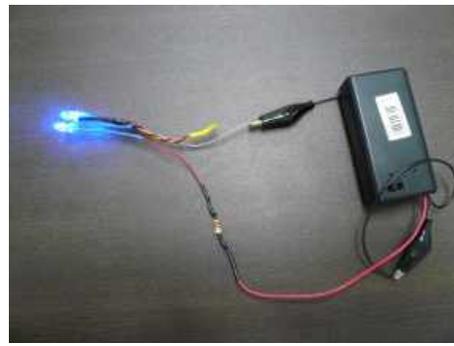
光の分散と光の波長分布(発光スペクトル)



光の波長/nm (1 nmは 1×10^{-9} m)

光を作ってみよう

⇒ 電気が光を作る
蛍光灯, LEDなど



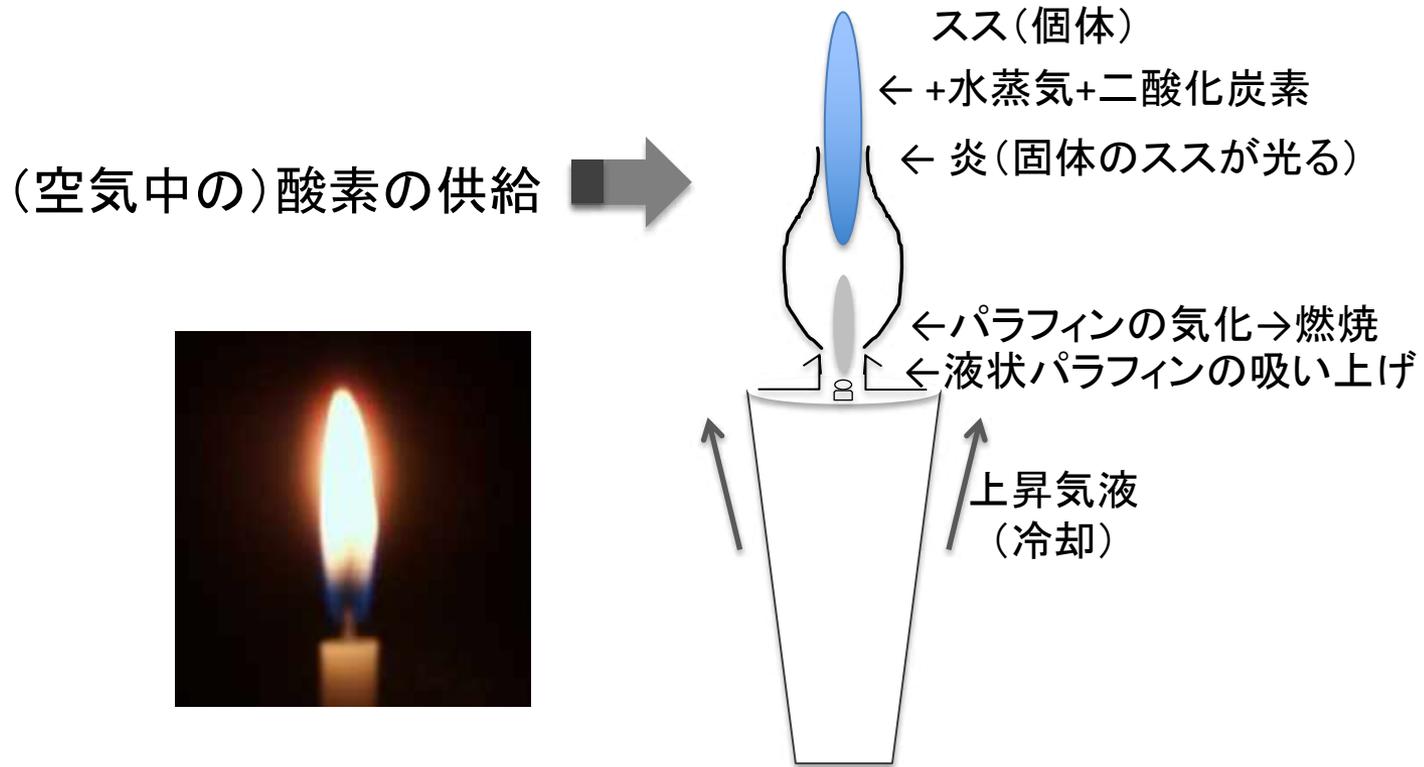
⇒ 熱が光を作る
太陽、炎色反応など

⇒ 光で別の光を作る
蛍光(蛍光灯はここにも含まれる)など

⇒ 化学反応が光を作る: 化学発光
(ルミノールの化学発光を試してみよう)

⇒ 生物が光を作る: 生物発光
(ウミボタルを光らせてみよう)

ローソクの炎の中の化学変化



参考 マイケル・ファラデー著 ローソクの科学(The Chemical History of a Candle)
ローソクで見られる現象を、宇宙を支配する法則と関連付ける興味ふかい図書

いろいろな蛍光



キニンの蛍光
(紫外線照射)

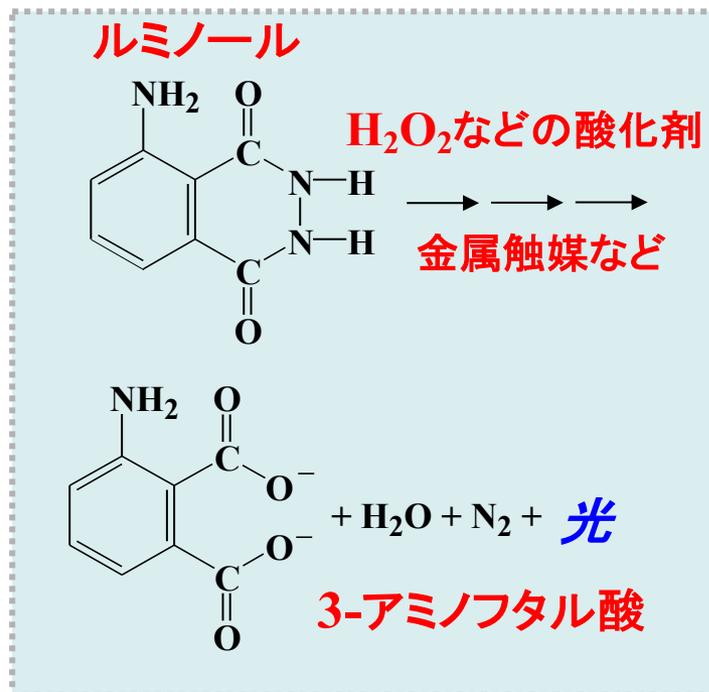


凍結した緑色蛍光タンパク質
(GFP)の蛍光
(デジカメストロボ光照射)
後ほど再度とりあげます



フルオレセインの蛍光
(紫外線照射)

化学反応のエネルギーで光を作る：例，ルミノール化学発光



ルミノールによるヘモグロビン(血液の一成分)の検出

ルミノールを光らせてみよう

- ビンにルミノールとオキシドールが入っています。2人に一本ずつあります。
- 透明のガラスびんに触媒(ろ紙で包んでいます)が入っています。
- まず透明ガラスびんにルミノールを半分くらいの高さまで気をつけて入れてください。
- つぎにオキシドールを数滴入れてください。
- 数分観察してください。最後に静かにビンを回して混ぜてください。
- 観察の結果・感想などを自由にノートに書いてください。

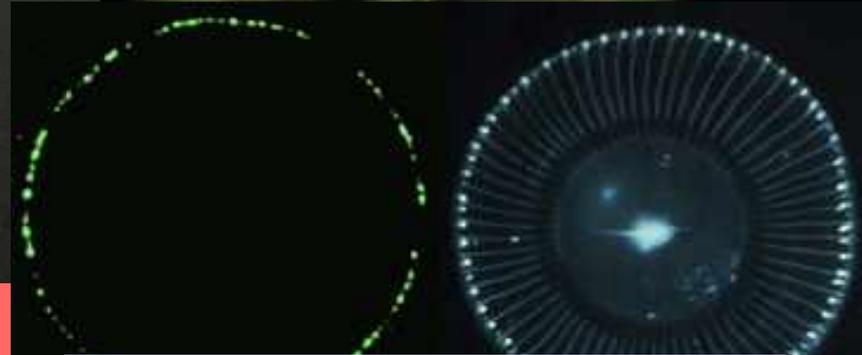
生体内化学反応のエネルギーで光を作る：生物発光



写真提供 「日本ホタルの会」 鈴木浩文博士



写真提供 「はてのうるま」 小江克典博士



多くの発光生物の光の生産における共通項：
酸素分子を必要とします

写真 下村脩先生の好意による

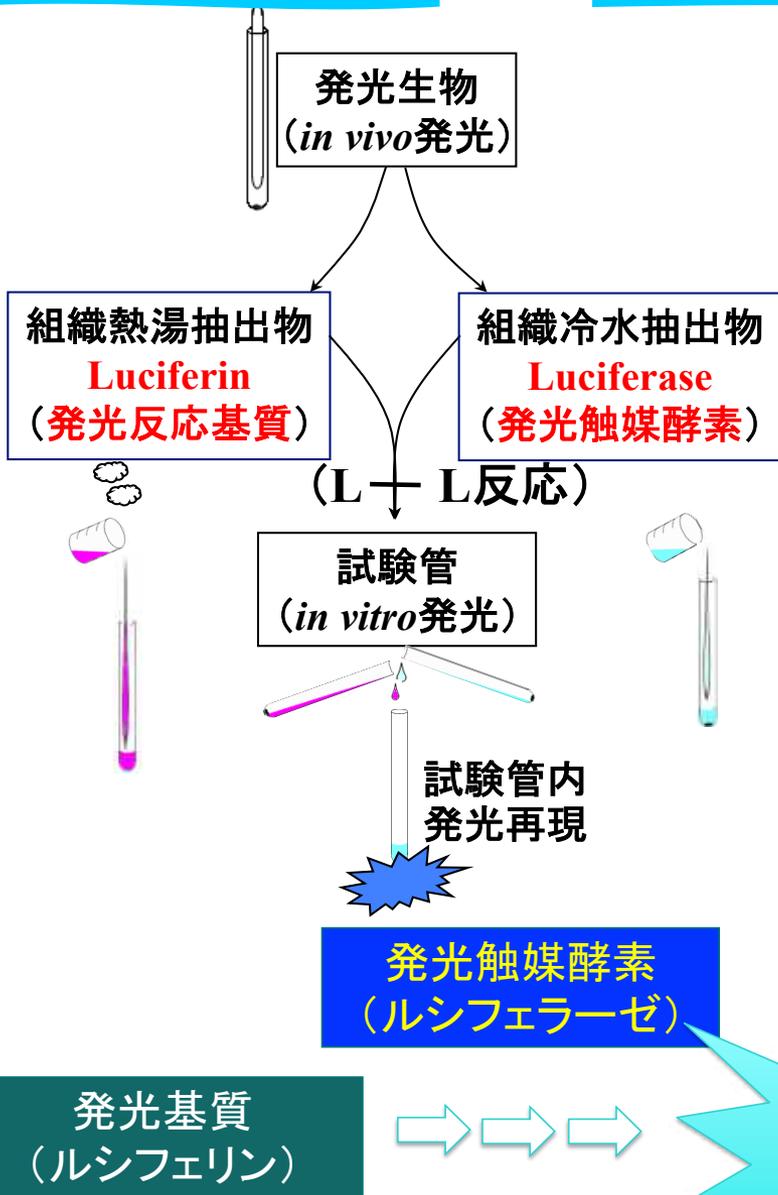
ウミボタルの集団の生物発光

海洋は発光生物の宝庫

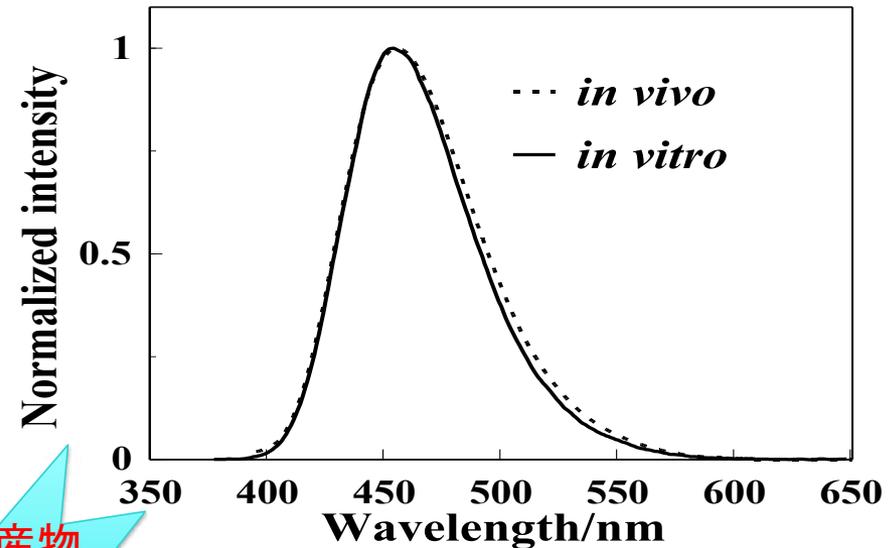


写真提供 「はてのうるま」小江克典博士

生物発光とは? ⇨ 発光触媒酵素と発光基質との反応産物



生物発光を試験管内で再構成

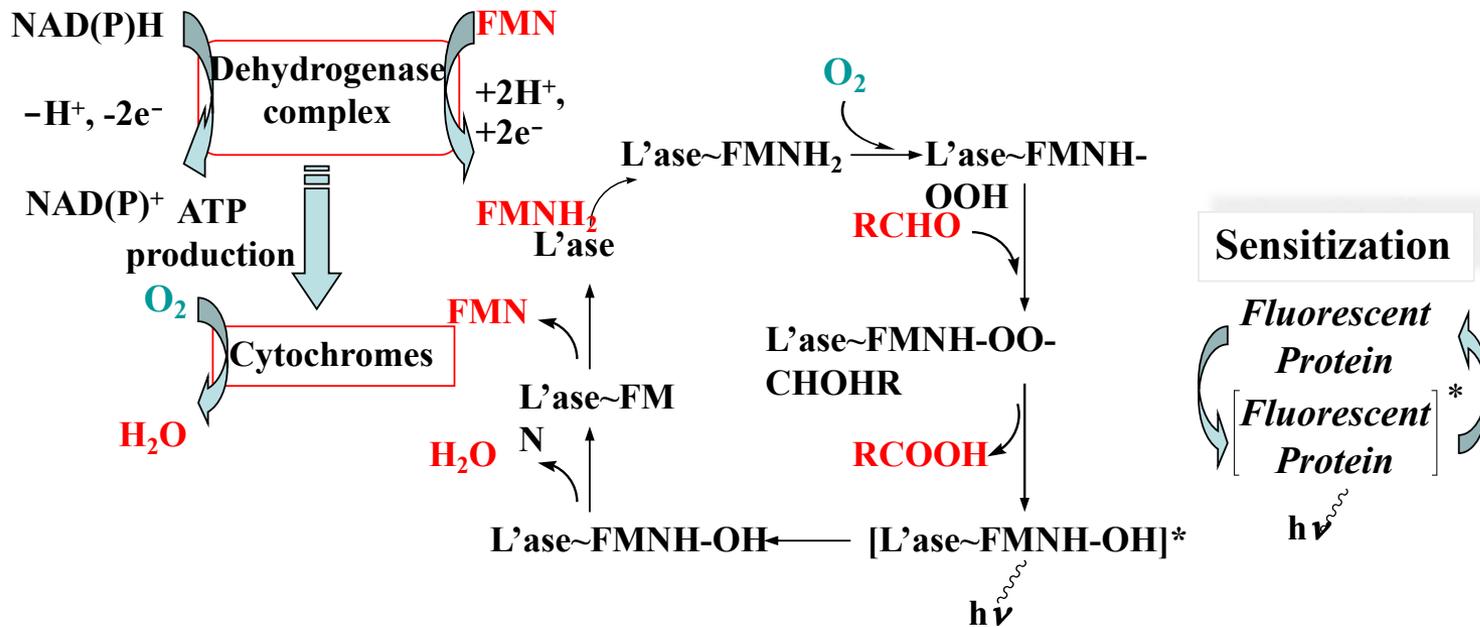


ウミボタル生物発光スペクトル
in vivo, *in vitro*; 波長分布ほぼ一致
(神戸市で採集したウミボタルで実験)

発光細菌のルシフェラーゼ反応 (W. Hastings先生ら)

ホタル, ウミボタル, オワンクラゲ, 発光細菌など多くの発光生物の光の生産のメカニズムが調べられています。一例として, 少し難しいですが, 発光細菌の発光メカニズムを示します。

これらの生物発光において共通するところは, 酸素が必要というものです:
酸素酸化反応



☆ では, 発光生物はなぜ光るのでしょうか?

ホタルはなぜ光るの？

アメリカ光生物学会
(American Society for Photobiology)



光ることの意義
種に固有の発光パターン

⇒ 仲間がいる場所わかる
仲間を見つけやすい
(コミュニケーション)

でもほんとうにそれだけ？
幼虫も光ります
光る飛ばないホタルもいます

イリオモテホタル



サキシママドボタルの幼虫



写真提供「日本ホタルの会」 鈴木浩文博士

なぜ光るのか

仲間との交信:

ホタル(集団同期発光がその典型例), リュウグウノツカイなど

餌の誘引: チョウチンアンコウなど

威嚇, カモフラージュ: ウミボタル, イカ, ミミズなど

説明が困難: キノコ, クラゲ, 発光細菌, など

細胞レベルでは? ますます不明 ?

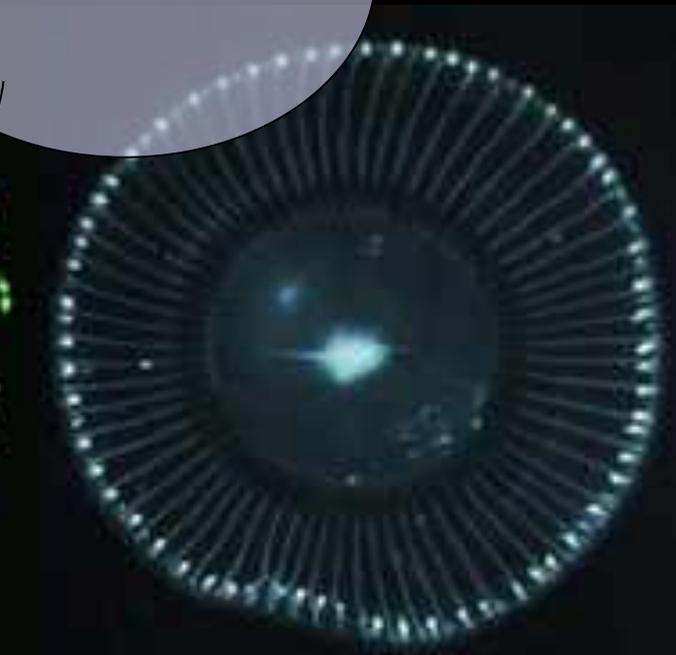
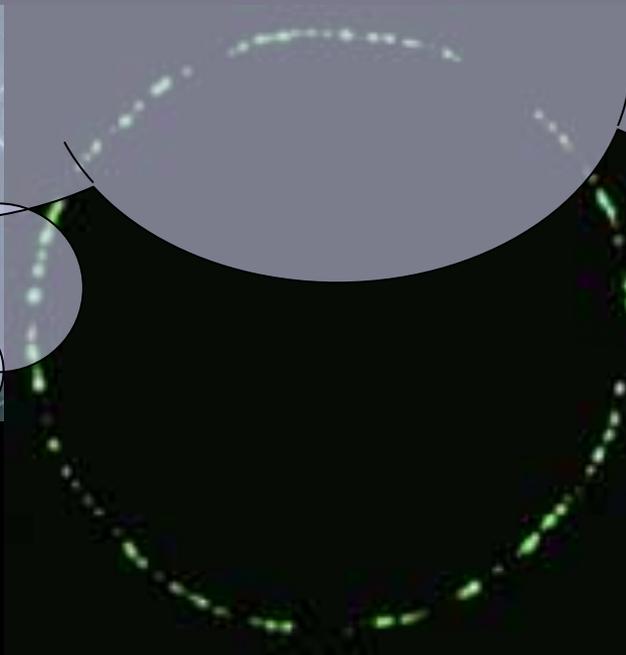
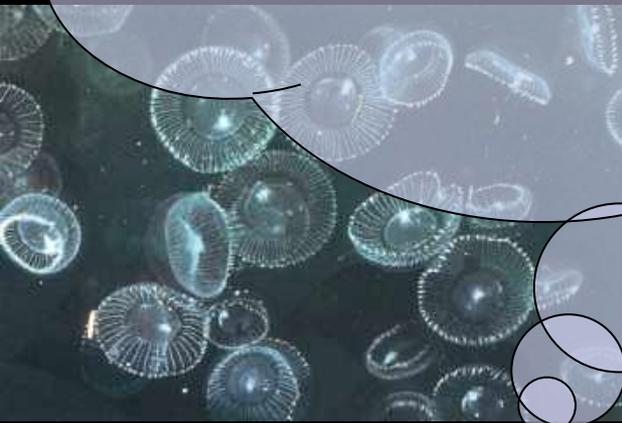
進化の過程でいかにして光る機能を
獲得してきたのでしょうか(究極要因) ?

などなど。さらに多くの疑問が残されています ?

☆ 興味を持たれた方は究明にチャレンジしてみてください

発光生物が光る理由よくわかっていませんが、いくつかの発見が実際に利用されています。

例；オワンクラゲ，ホタルなど



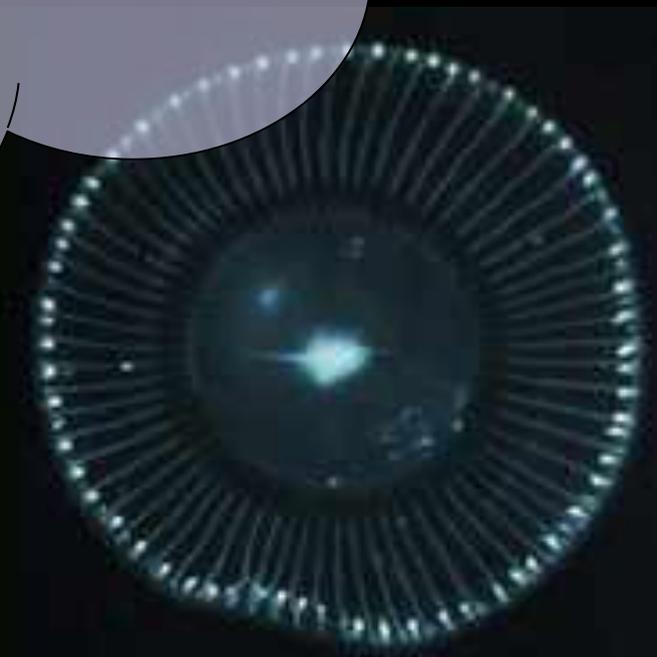
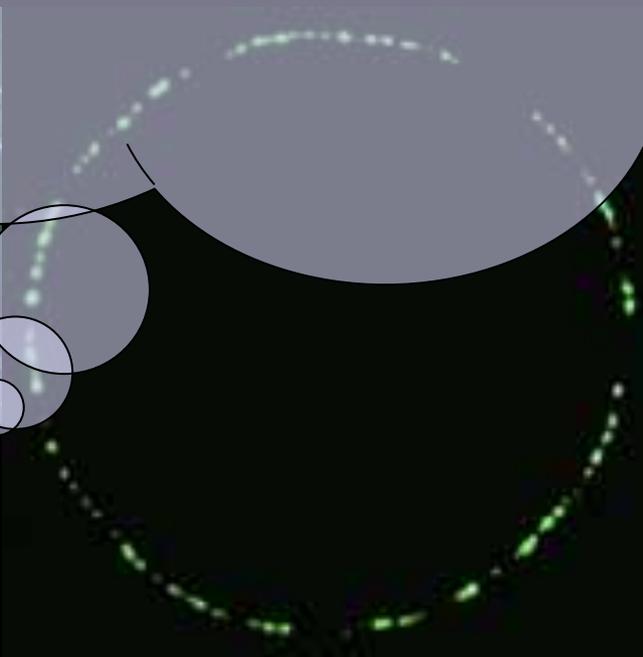
A glowing green bottle of GFP solution. The bottle is cylindrical with a white cap and is filled with a bright green liquid. The background is dark, making the green glow stand out.

ビンの中は
下村脩先生がオワンクラゲ
から単離精製された
緑色蛍光タンパク質
(GFP)
(デジカメのストロボを使っ
て撮影)

ノーベル化学賞

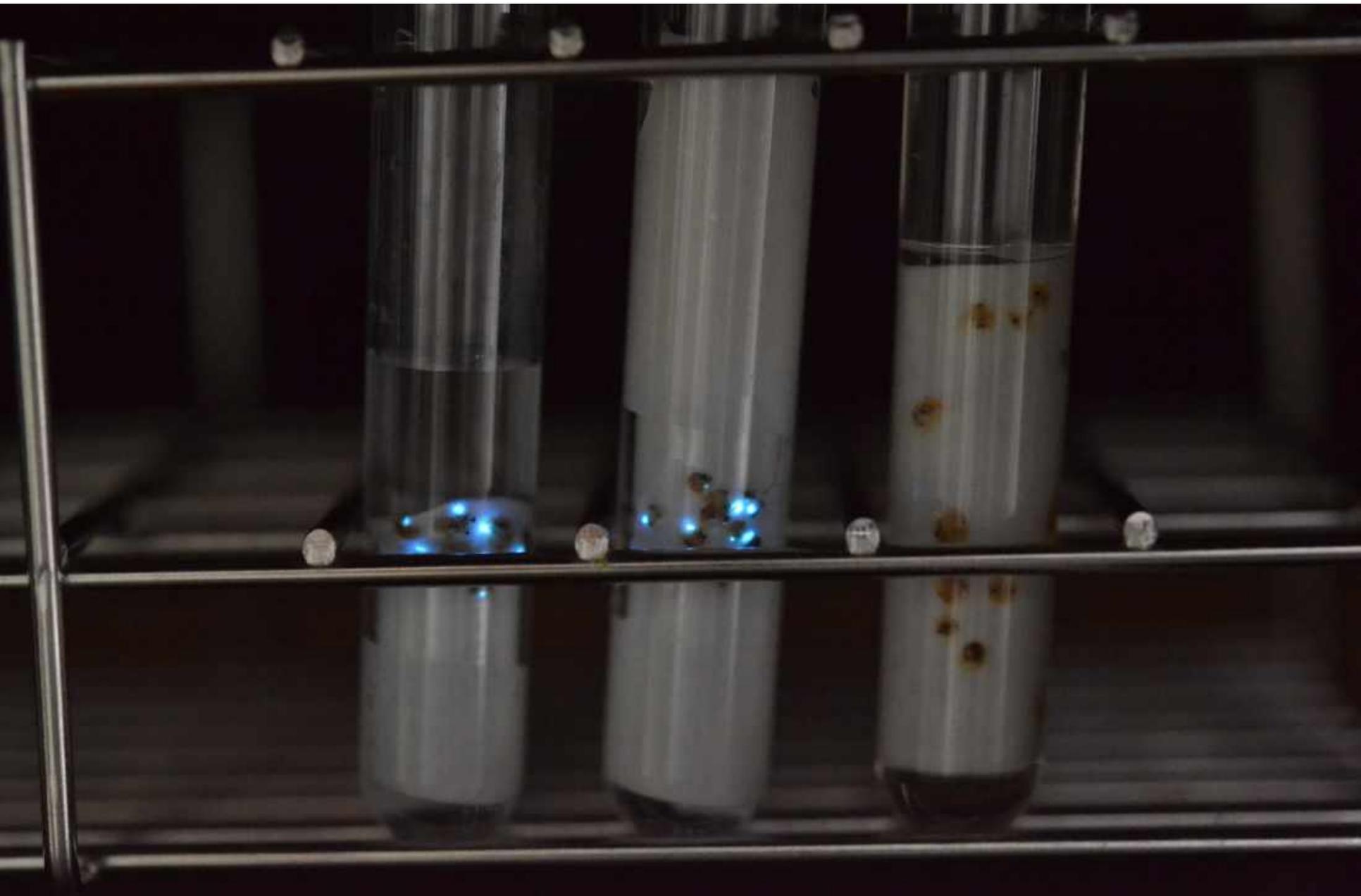
2008年

発光生物が光る理由はよくわかりませんが、上にも述べましたが、生命科学の研究や環境分析などに利用(りよう)されています。



ウミボタルの光を観察してみよう

- ろ紙を敷いたシャーレにウミボタル(乾燥)が10匹くらい入っています。
- ここに海水をピペットを使って適量入れます。
- 1～3分観察してください。虫メガネがあれば拡大してください。どこが光っていますか。
- 観察結果を自由にノートに書いてください。



質問など、
なんなりとおよせくださいね！

内容につきましては、
これからも改善していきます。