

[6] 緑藻による光水素発生 山下恭平 橋本真史 清水一郎

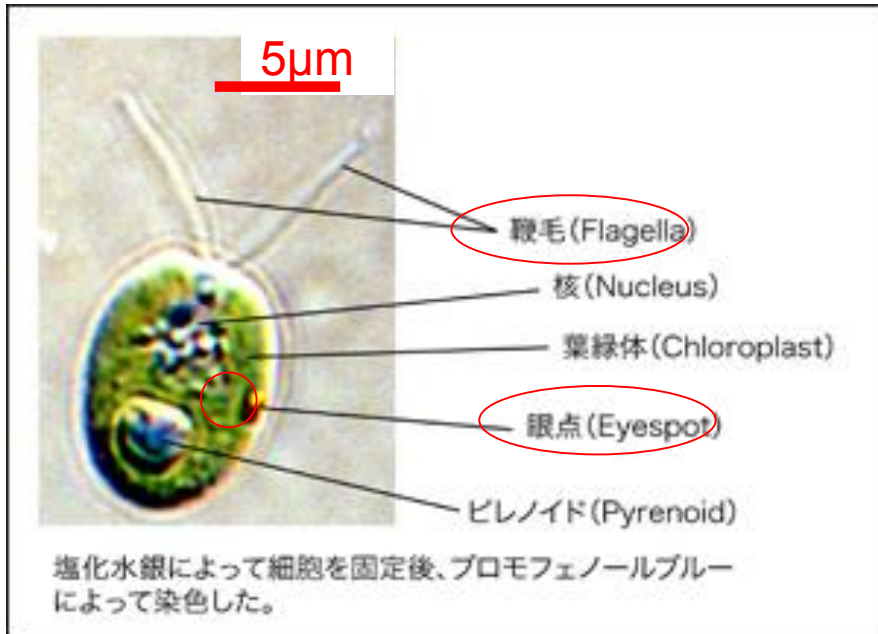
太陽光と水・空気・植物から高効率水素発生を目指す

Chlamydomonas reinhardtii

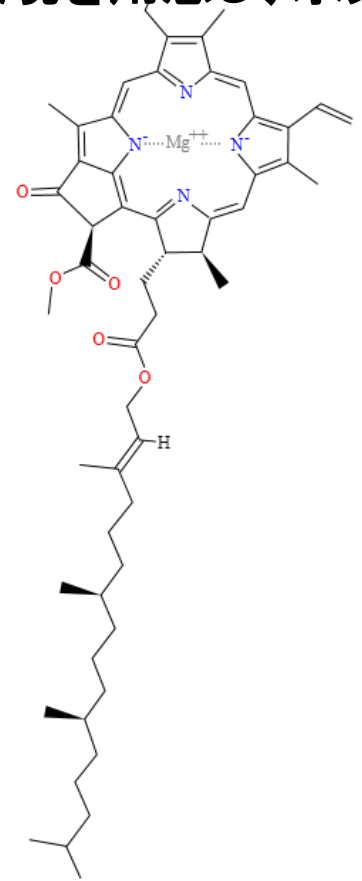
クラミドモナス(コナミドリムシ)
分子生物学や遺伝子学研究等に
広く利用されるモデル微生物

- ・光合成に必要な色素: **クロロフィルa, b**
- ・光を感知する器官: **眼点**
走光性(光刺激に伴う移動)に関わる
- ・泳ぐために必要な器官: **鞭毛**を持つ

低コスト: 植物は自ら増殖、光を無駄なく利用
安全、無負荷: 材料(C,H,O,N)は無限、無害
少量サンプルで多種類の環境を用意し、水素
発生能を高める進化を促す

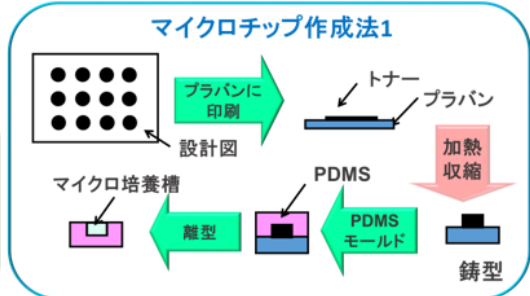
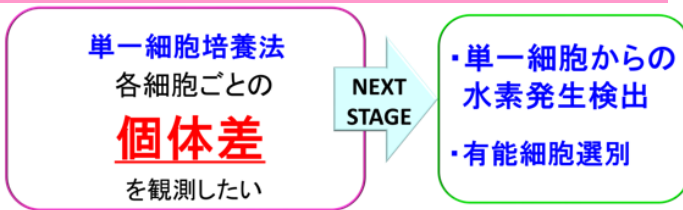


細胞内に
1個の葉緑体



クロロフィルa

マイクロチップ微小空間での緑藻の運動と生育



円形井戸における細胞密度と運動様式の関係

φ50μm

低密度のとき

- ・ランダムな遊泳運動
- ・ピンボールのように壁際で反射
- ・一点で回転(自転)

高密度のとき

- ・細胞は放射状に拡散しようとして、井戸境界の壁に頭部を押し込もうとする。
- ・隣接細胞間の距離は任意

直線型井戸における細胞の整列

120μm
40μm

- ・井戸の中心線(横)に沿って近接して整列
- ・細胞をまたぐ運動をすることもあっても、拡散しようとする挙動は示さない。

十字路井戸における運動の異方性

方向	突入頻度 [回]
北	1
東	60
南	65
西	37

- ・各端面から中央部に差し掛かるとき(赤枠線上)で、一旦速度が低下する。
→ 水圧、自身の鞭毛運動が作る流れ、壁面の有無による鞭毛の接触抵抗等の外部環境の変化に対する応答と考えられる。
- ・赤枠線上、もしくは枠内で方向転換し、異方的(北は極端に少ない)に各方向へ突入(枠内で停止することはない)
→ 赤枠突入時における細胞の速度、鞭毛と壁面との位置関係、細胞周囲の流体の状況等が、突入方向を決定する要因となる可能性がある。
- 井戸の形状が上記の根本的な原因と考えられる。

細胞サイズ井戸における生育の様子

12 h	60 min	15 min	60 min	80 min
細胞肥大成長	鞭毛収縮	二分割	四分割	八分割

φ10μm

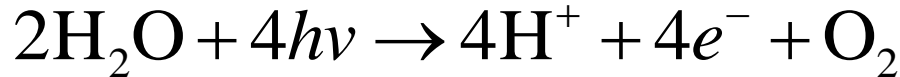
- ・細胞が井戸の形状にフィットするように肥大成長
- ・井戸一杯まで成長すると鞭毛収縮開始(分裂準備)
→ 分裂準備に入る要因の一つとして、細胞にかかる圧力が関係していると示唆される。
- ・鞭毛が細胞内に完全に吸収されると、すぐに二分割開始
15minで二分割完了(以上はマクロな環境での分割様式と一致)
- ・分割中に細胞は僅かに回転運動する(赤矢印)。
- ・八分割以後は成長の変化なし。
→ 過剰な高圧力環境では、細胞の肥大成、長及び分裂が抑制されることが示唆された。

磯野巧実、岡田 賢英、西山侑介、八木隆文

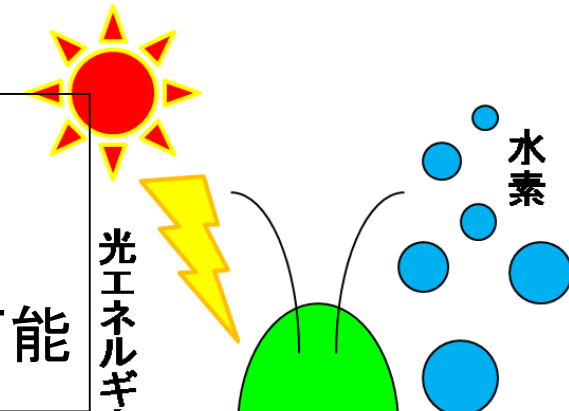
理工学部 応用生物科 峯木研との共同研究

葉緑体中の光合成蛋白質PSIIは水から電子を引き抜き、酸素と水素イオンに分解する—可視光によるクリーンな光水素発生源となる可能性—藻類が持つ酵素hydrogenaseにより水素発生可能

光合成初期過程 (光化学系 II)

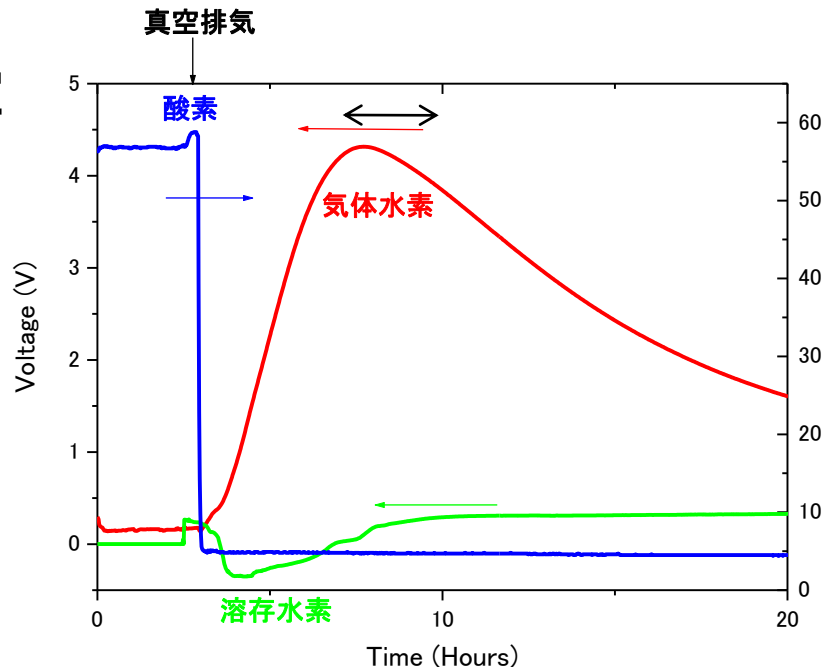
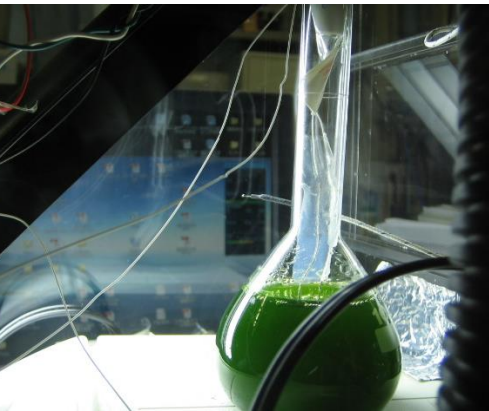


酵素 (hydrogenase, $\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{H}^+$) により水素発生可能



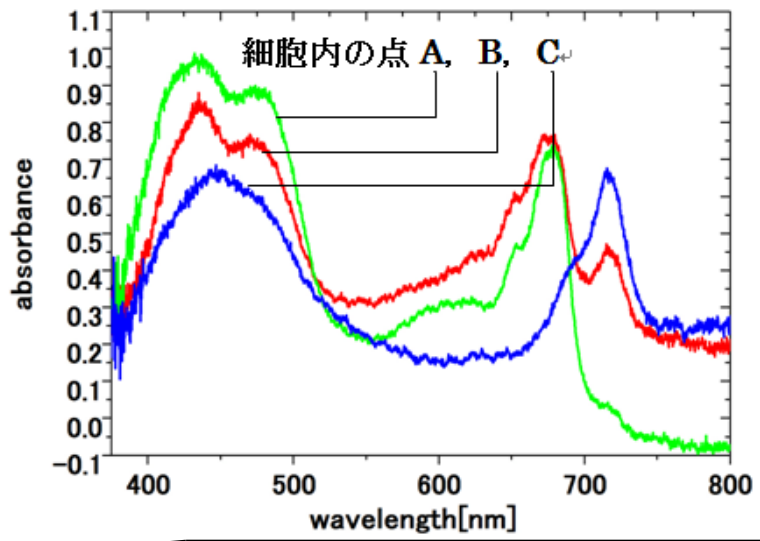
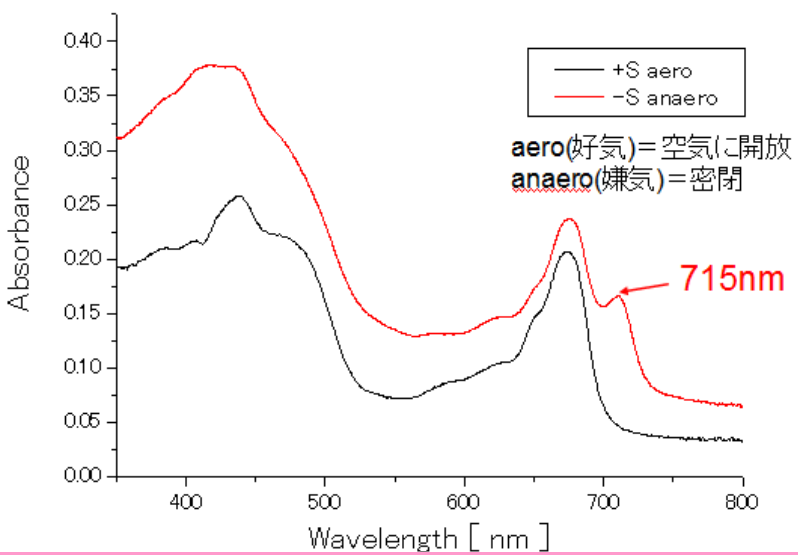
緑藻が無酸素下で生き延びるための緊急手段として水素発生: 細胞内でダメージが大きく継続的水素発生は困難
水素の起源は光合成初期過程での水の光分解
問題点: O_2 はhydrogenaseの強力な阻害剤であるため、有酸素下での水素発生が困難

培養フラスコごと真空デシケータに入れて光照射下で真空排気



水素発生による吸収スペクトル変化

細胞懸濁液を長期間水素発生状態(光照射・無酸素)に置くと、715nmに吸収ピークが出現することがある。原因は不明。細胞から抽出した色素からはこのピークは見られない。細胞内での変化かどうかを確かめるため、単一細胞の空間分解吸収分光を行い、局所的に715nmのピークのみ観測。周囲の蛋白質の構造変化を示唆。

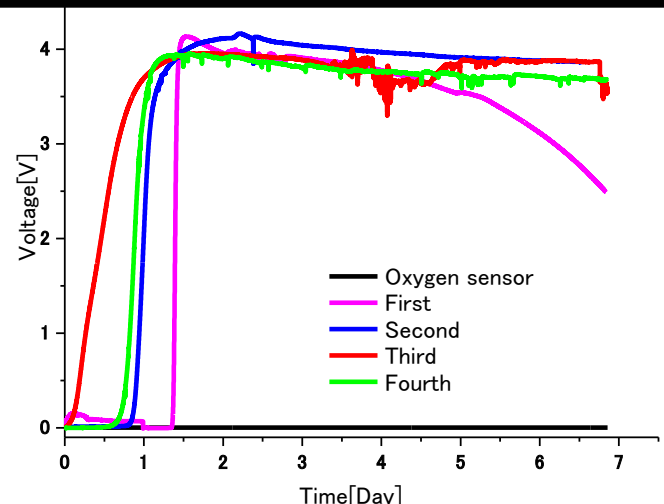


環境制御による水素発生能の変化

嫌気条件・水素発生を経験した回数の多い細胞群ほど、嫌気条件に置かれたときの水素発生の開始が早まること(多数回水素発生)を発見 遺伝子変異(子孫に伝わる)か、単なる遺伝子の発現か？

新鮮な細胞の供給や培養液の全交換なしに2週間以上継続する光水素発生を実現！

発生水素量



食品でミドリムシの培養に成功!

山下恭平



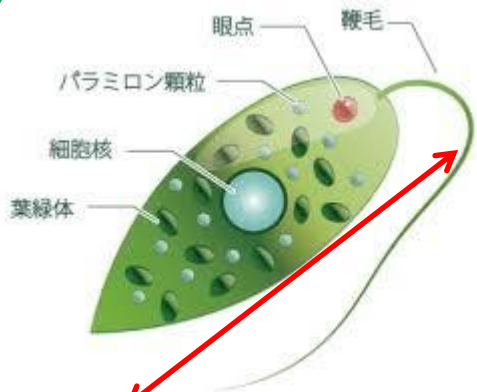
ミドリムシ∞カンパニー



株式会社ユーグレナと協同特許出願済

(特願2017-170589)

『栄養強化食品の製造方法、ユーグレナ含有食品組成物及び食品の栄養強化方法』



- 光合成生物 → CO₂固定クリーンな培養法
- 細胞壁がない → 消化吸収効率 高
- 59種の豊富な栄養素 (ビタミン、ミネラル、アミノ酸等)
- パラミロンを有する唯一の生物

パラミロン…β-グルカン(海藻、キノコに含まれる高分子多糖類)の一種
抗がん作用、免疫力強化、コレステロール値上昇抑制効果

従来手法

大型プール培養

回収
洗浄

乾燥

輸送

食品
加工

店舗
販売

熱で栄養素破損

工程(コスト)カット

本手法

食品中で生育させながら販売、光合成は店舗の照明で