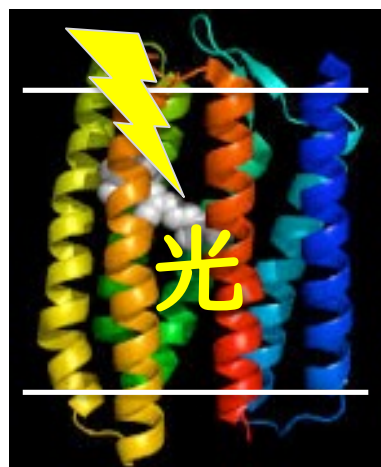


光合成微生物
(藻類)の

光で

バイオマスを2倍にする新技術!?

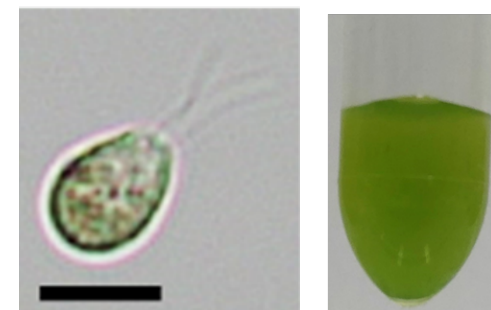


岡山大学 学術研究院 医歯薬学域

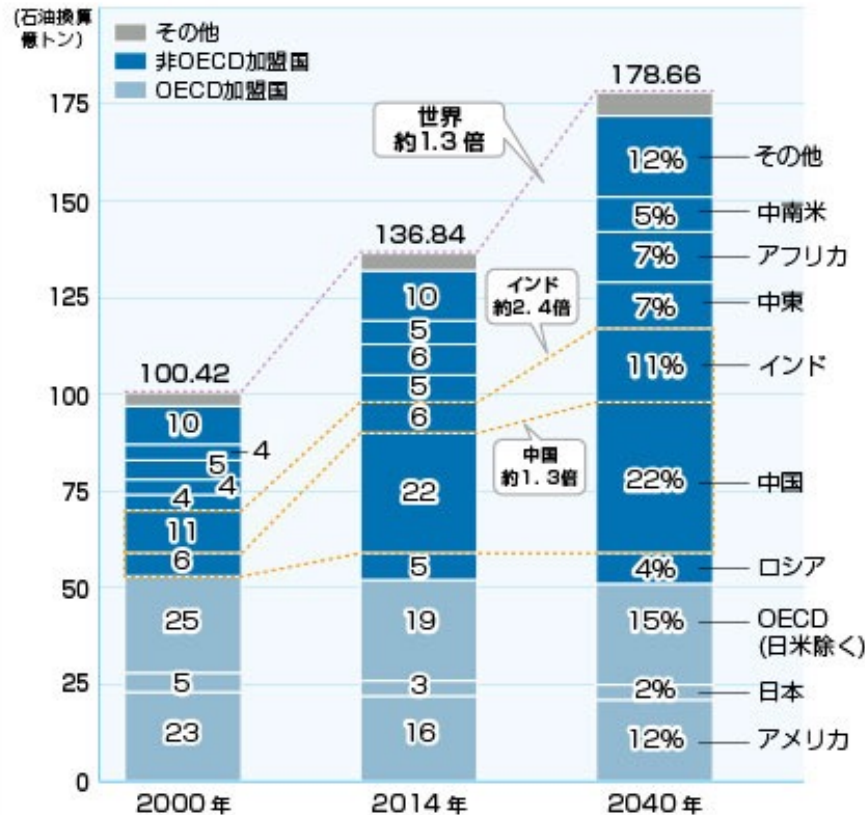
大学院医歯薬学総合研究科薬学系

教授 須藤 雄気

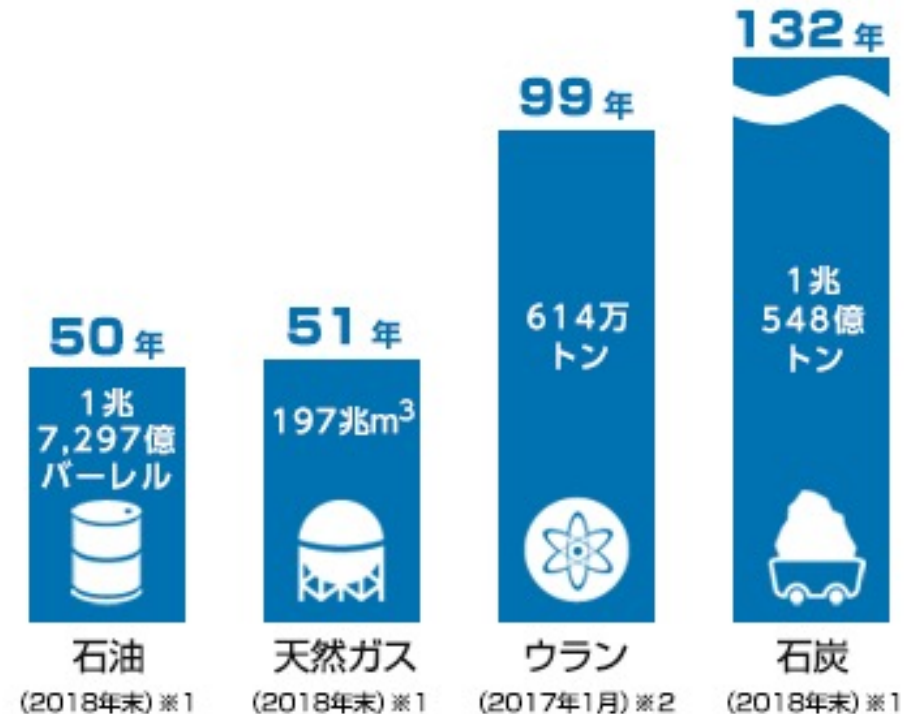
2021年9月30日



世界の1次エネルギー消費の推移と見通し



エネルギー資源の確認埋蔵量(可採年数)



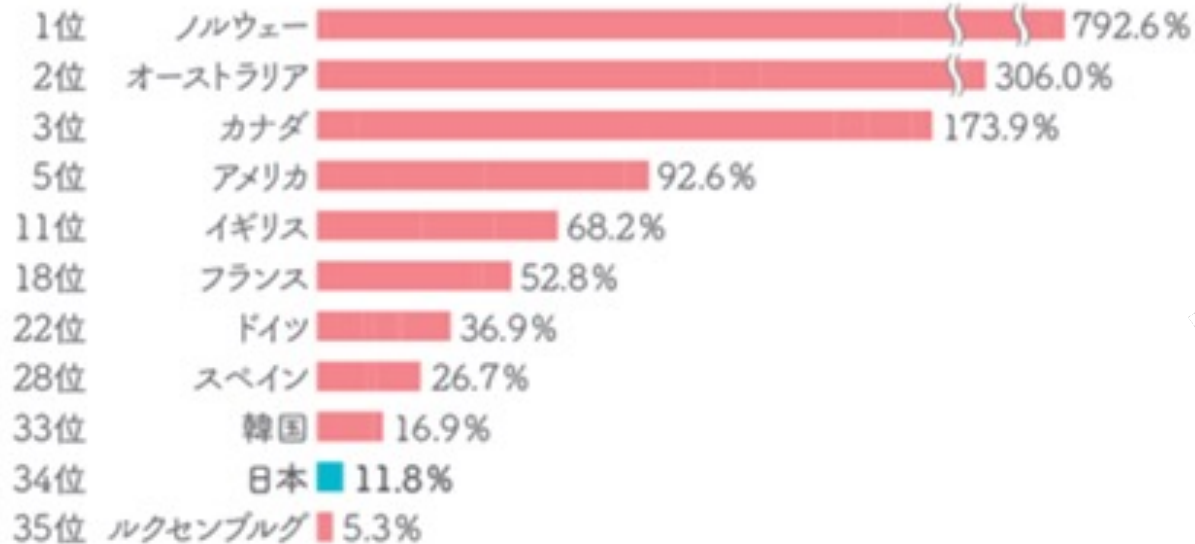
•人口増加、社会変容に伴う

必要エネルギーの増大

•化石燃料の枯渇+輸入依存(国際情勢に敏感)+地球温暖化

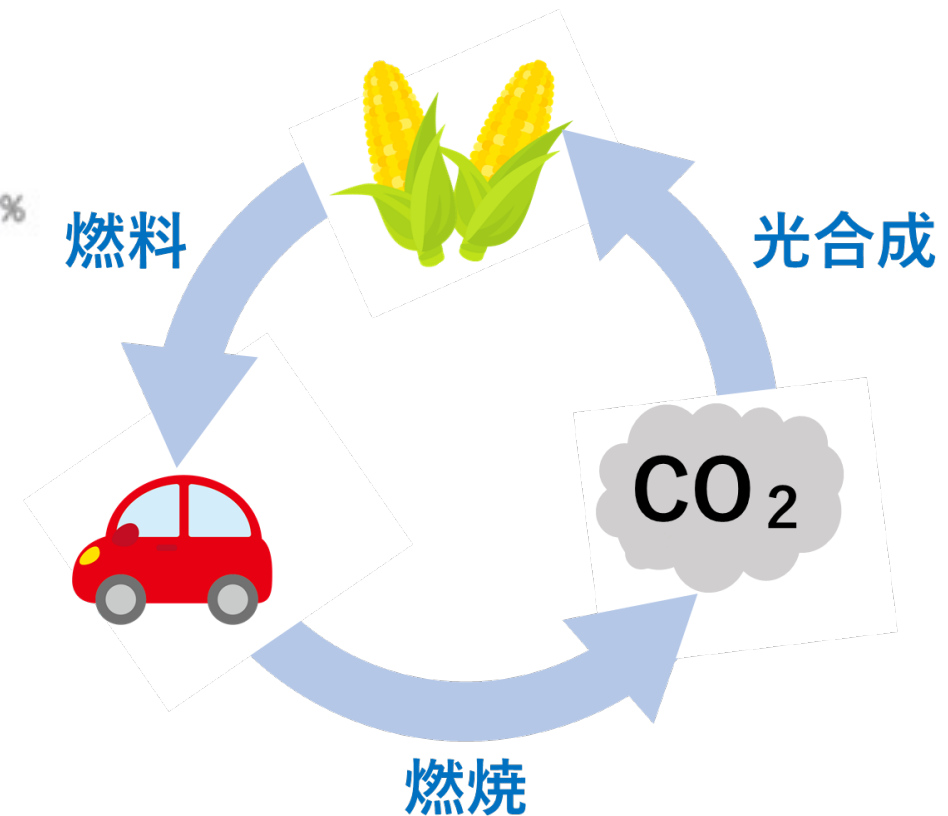
背景②

●主要国のエネルギー自給率 2017年(日本:2018年度)



出典:IEA「World Energy Balances 2018」2017年推計値、日本「総合エネルギー統計」
2018年度確報値をもとに作成

* 順位は2017年OECD35ヶ国中の順位です。



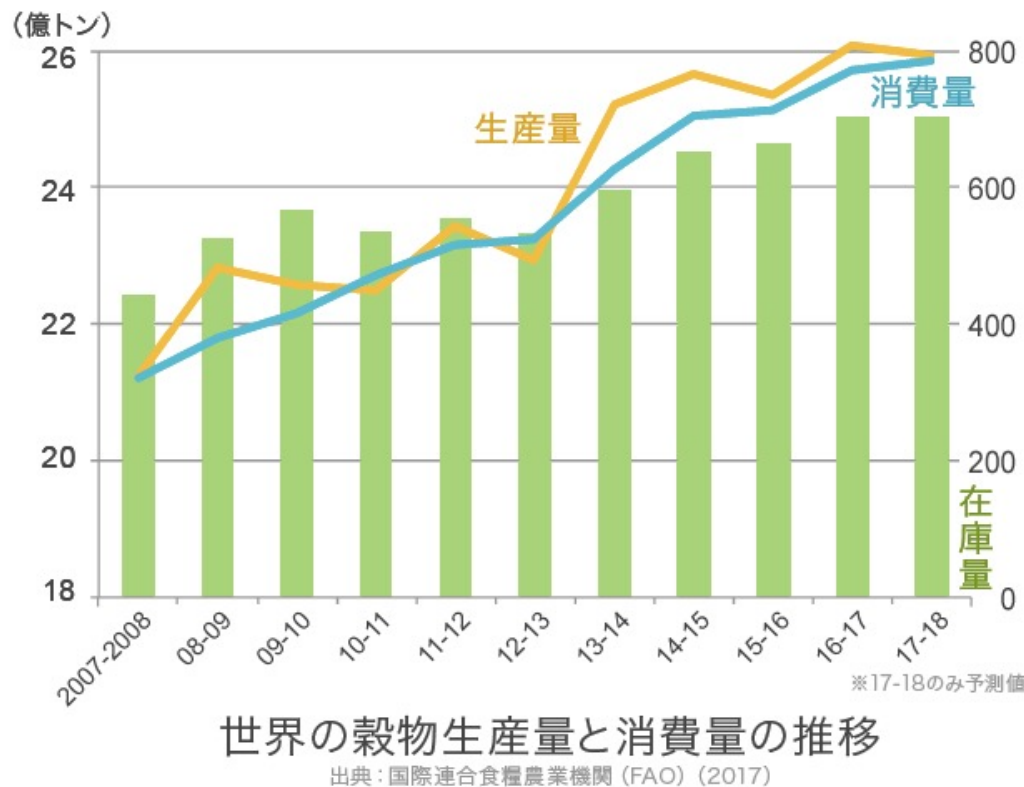
●極端に低い日本の
エネルギー自給率

●カーボンニュートラルにおける
バイオマスの重要性
(安全・安定・永続性)

関西電力ホームページ

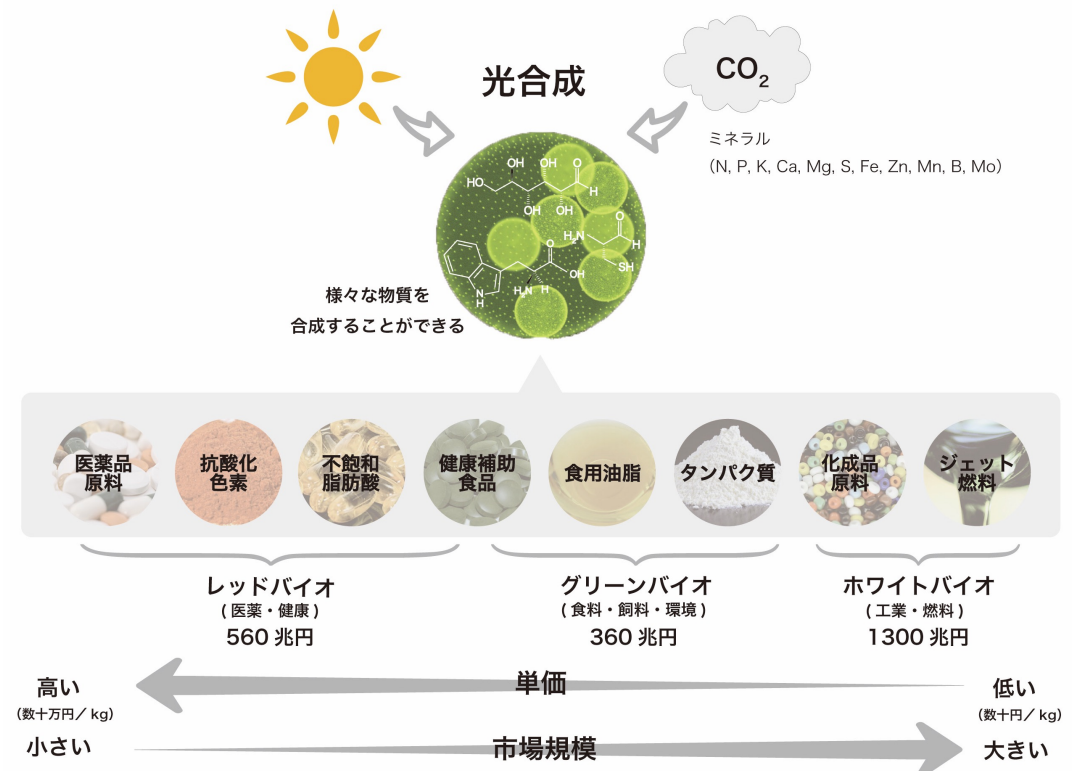
https://www.kepc.co.jp/energy_supply/energy/nowenergy/world_energy.html

背景③



•**食糧問題** (トウモロコシ・サトウキビ等がバイオマス原料) **との競合**

みんなで食べる幸せを、ホームページ
<https://worldfooday-japan.net/world/>



•**微細藻類** (クラミドモナス、スピルリナ、ユーグレナ等) の有用性
→ 非食用、遺伝子改変可能

Modia (藻ディア) ホームページ
<https://modia.chitose-bio.com/what-is-the-charm-of-algae/>

背景④

1-グレナ

いきる、たのしむ、サステナブル。

会社ホームページ

<https://www.euglena.jp/>



・株式会社・ユーグレナ

東証一部：売上高133億円

(2005年設立、2012年上場)

DENSO
Crafting the Core



会社ホームページ

<https://www.dlt-spl.co.jp/>

DICライフテック株式会社



・株式会社・DICライフテック

東証一部DIC(株)の100%子会社

(1999年設立)

・株式会社・デンソー

東証一部

(2008年開始)

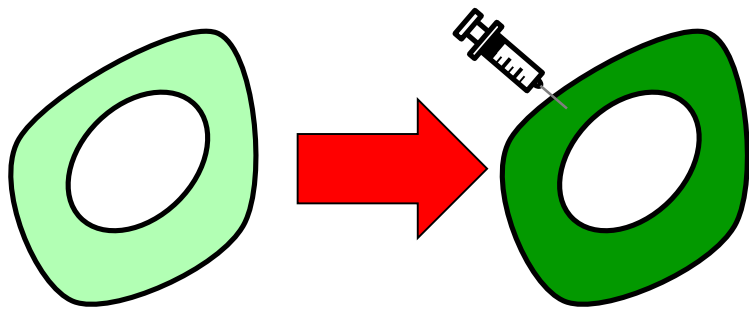
会社ホームページ

<https://www.denso.com/jp/ja/business/products-and-services/other-industries/industry/bio/>

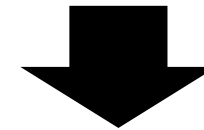


従来技術とその問題点

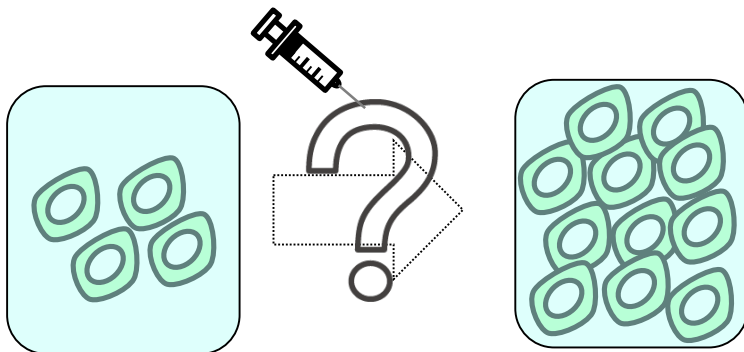
→ **コストが高い** (例: バイオエタノール 600 円/L 程度)



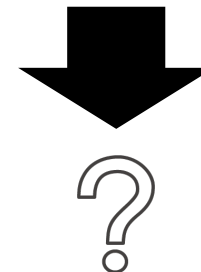
• 単位細胞あたりの生産量が不十分

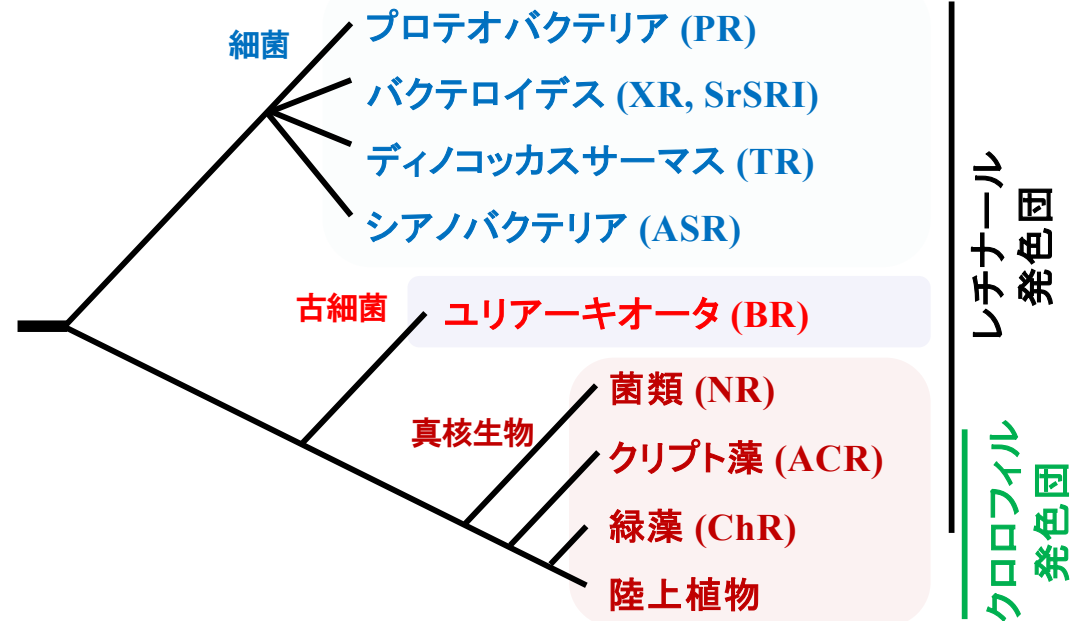
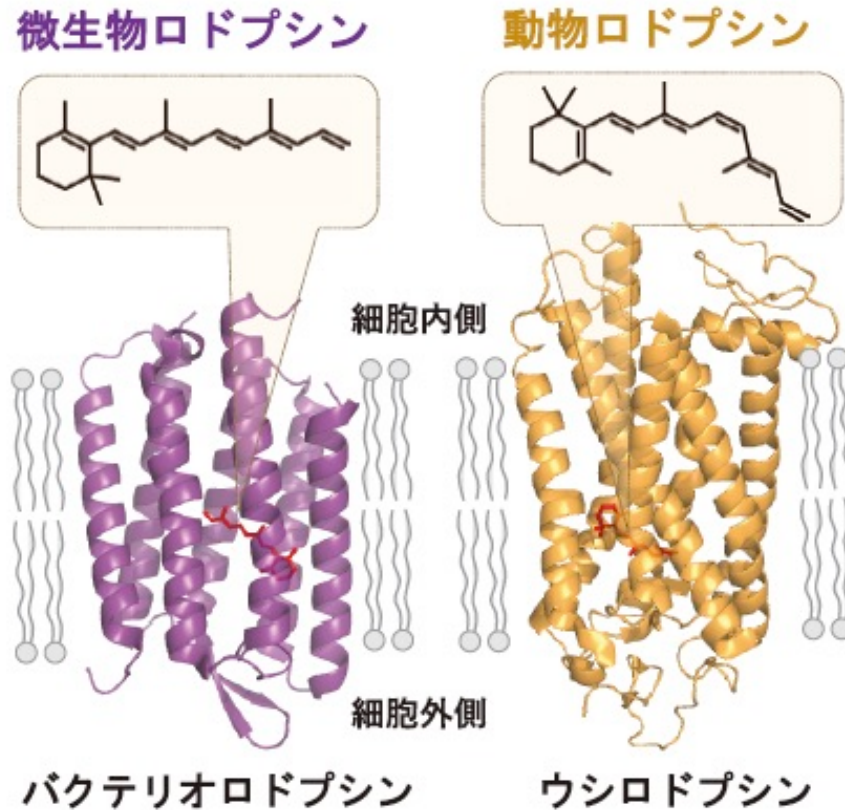


✓ 遺伝子組換えや化合物添加による単位細胞数あたりの生産量の増加



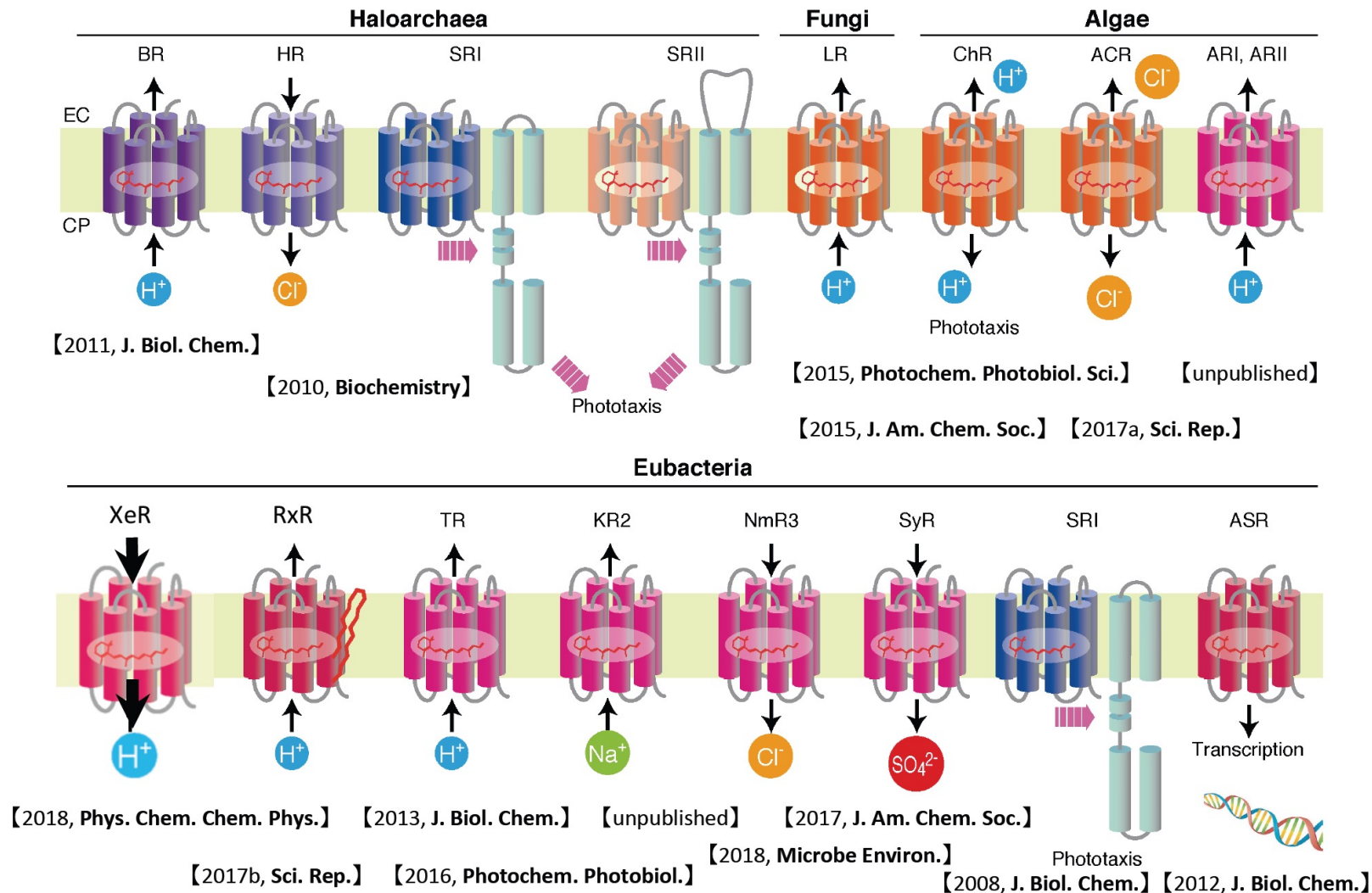
• 細胞密度に上限がある





- ✓ レチナール(ビタミンAアルデヒド)を発色団とする
- ✓ 7回貫通型膜タンパク質(遺伝子にコードされている)
- ✓ 植物を除く幅広い生物(細菌、動物等)の光応答を担う

コンセプト②



✓ 多様な機能を持つ

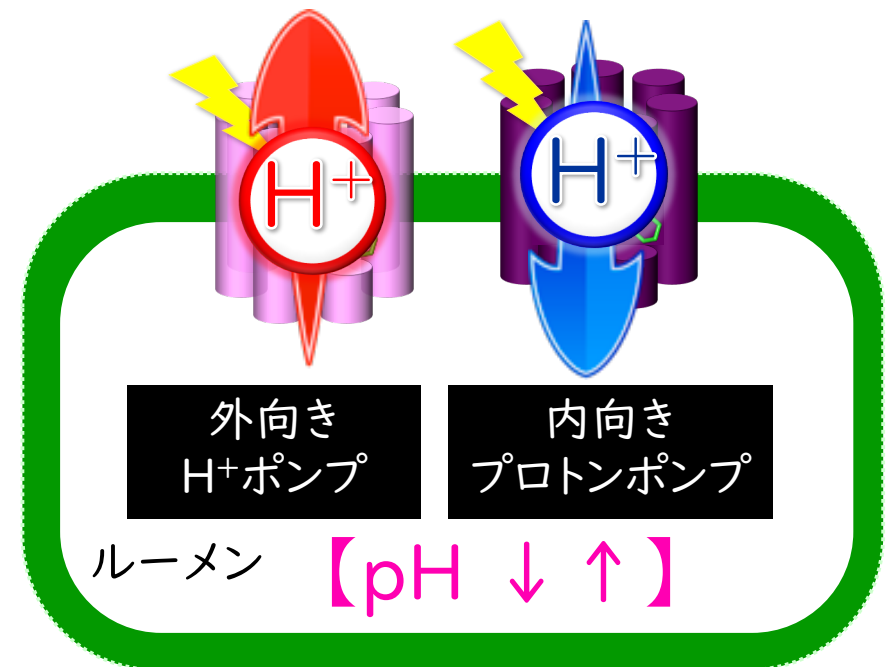
✓ プロトン(H^+)輸送がメインの機能(*ATP合成やpH調節)

コンセプト③

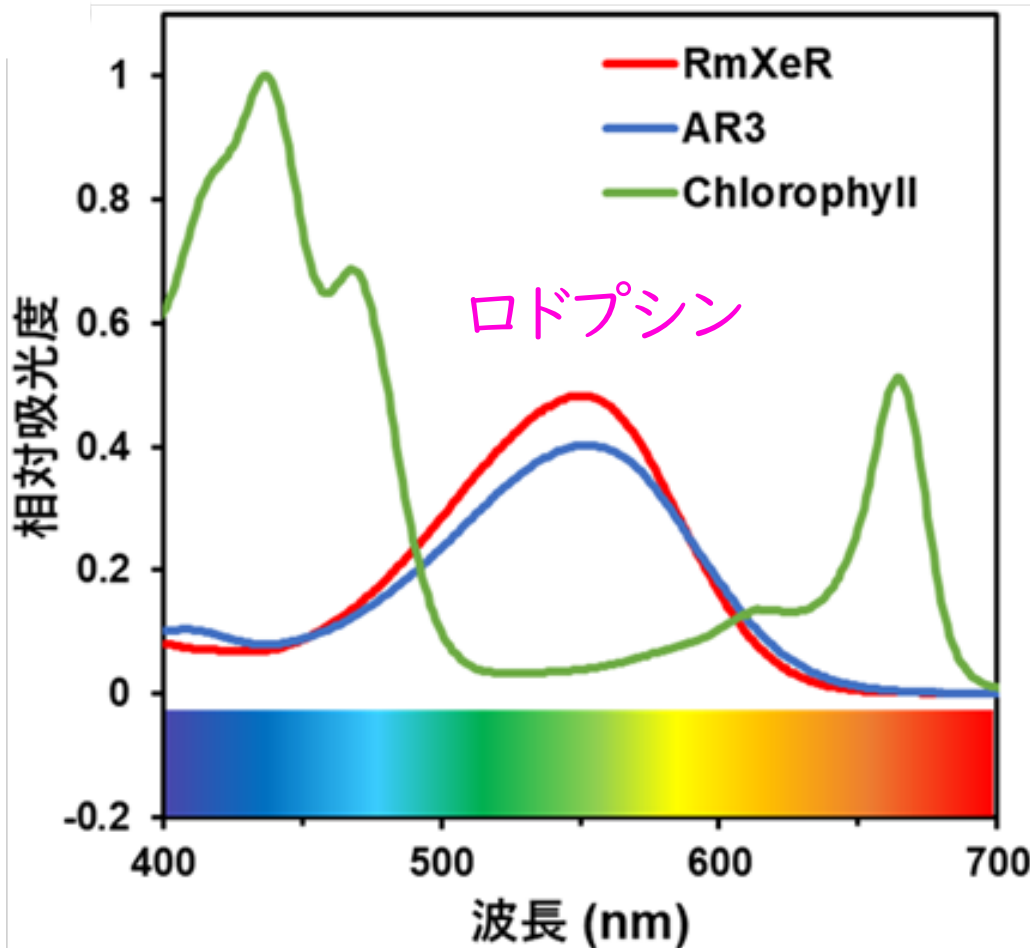
ロドプシン

AR3

RmXeR

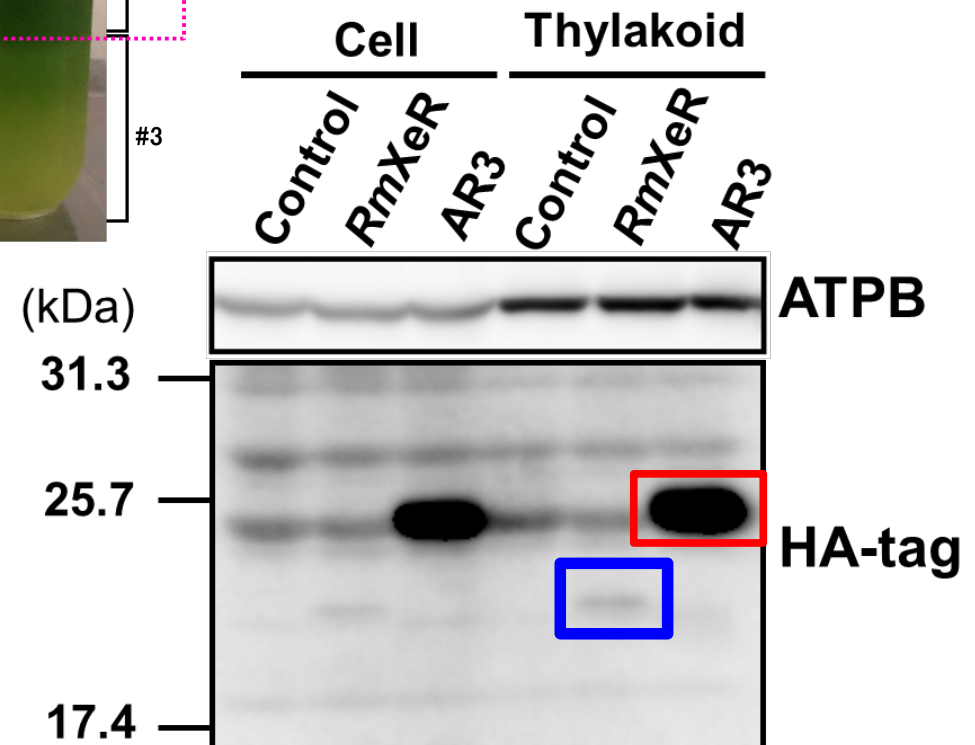
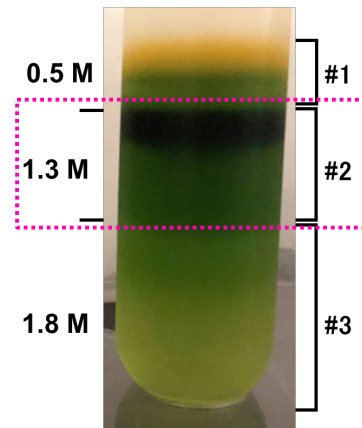
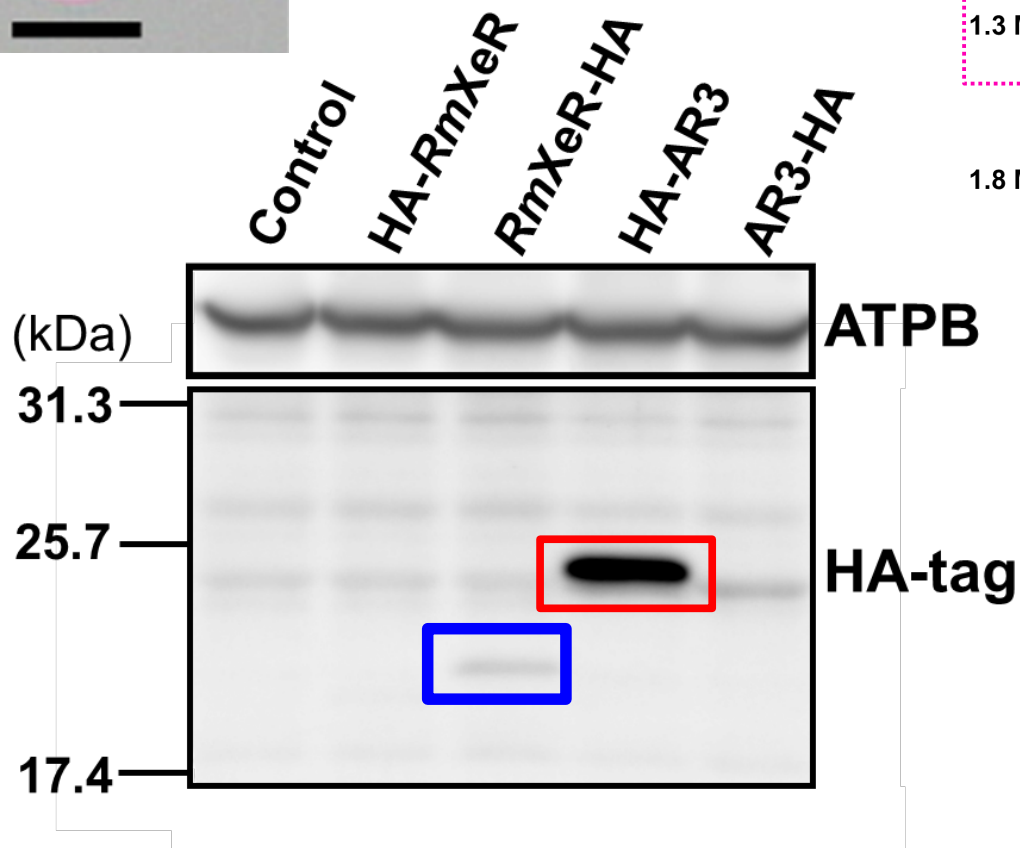
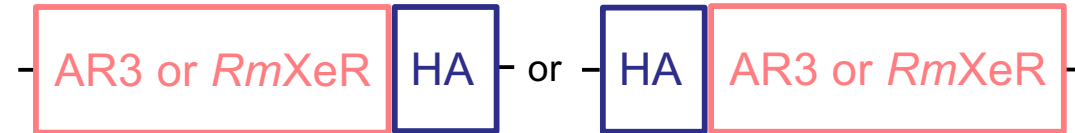


微細藻類
(クラミドモナス)



ロドプシンをクラミドモナスに発現させ、その緑色光吸収による H^+ 移動によりクラミドモナスの成長を制御できないか？

結果①

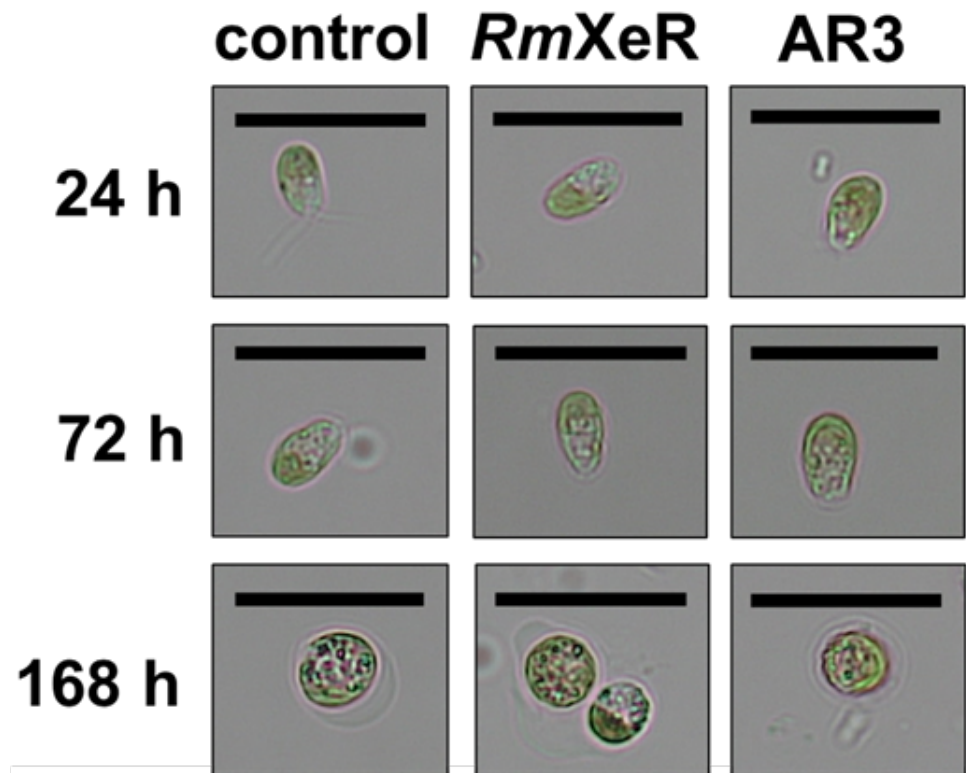


✓ 細胞およびチラコイド膜へのロドプシンの発現確認

結果②

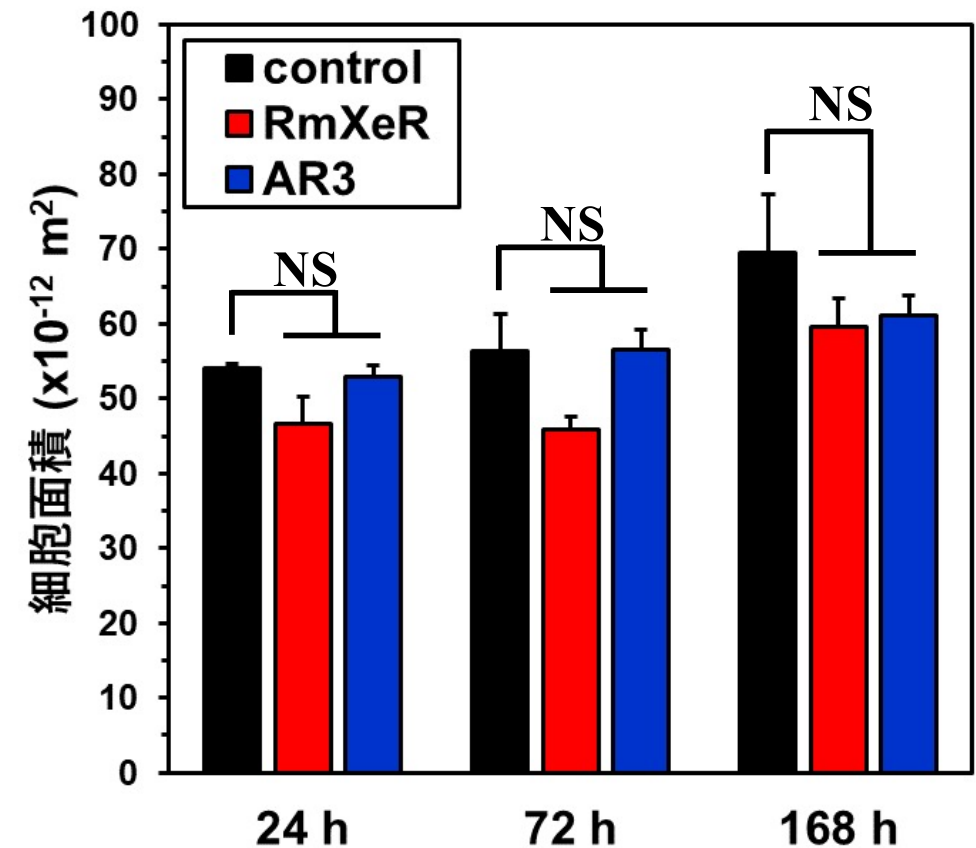
●HSM培地 ●25℃, 100rpm

●LED光 (R:G:B=20 μ E : 10 μ E : 20 μ E)



スケールバー: 12.5 μ m

形状に大きな変化は見られない。



(Dunnett多重比較検定)

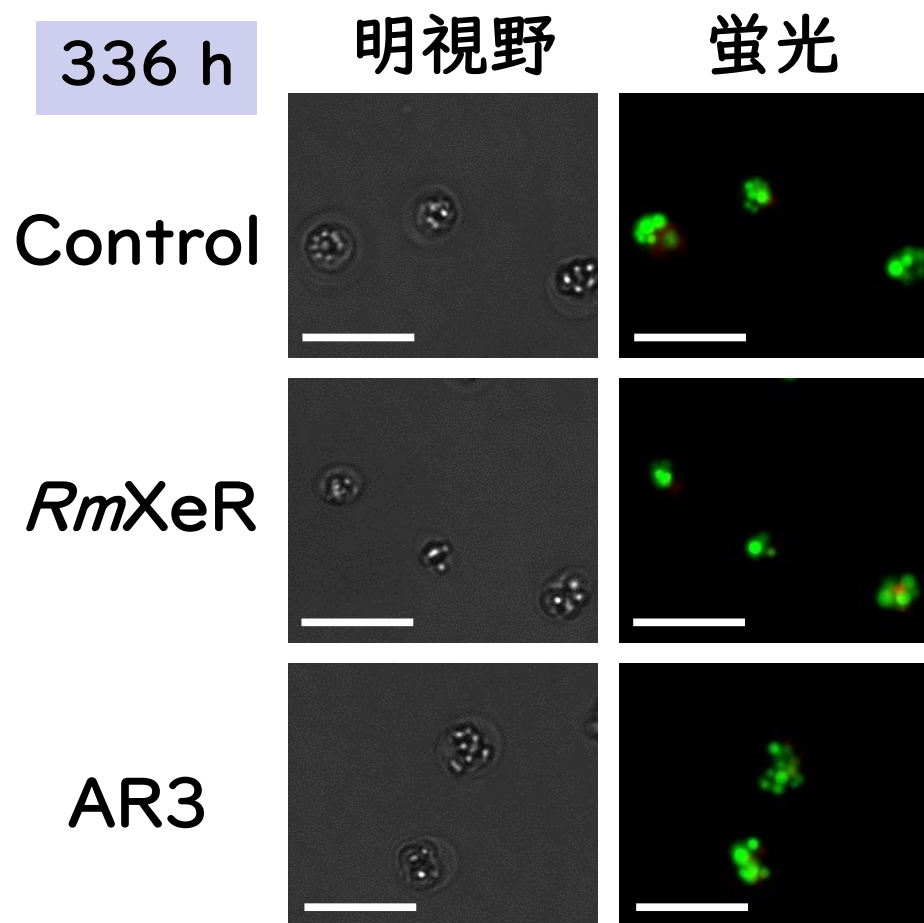
細胞面積は同様の値を示した。

H⁺ポンプ型ロドプシンの異種発現による細胞形態の変化は見られない

結果③

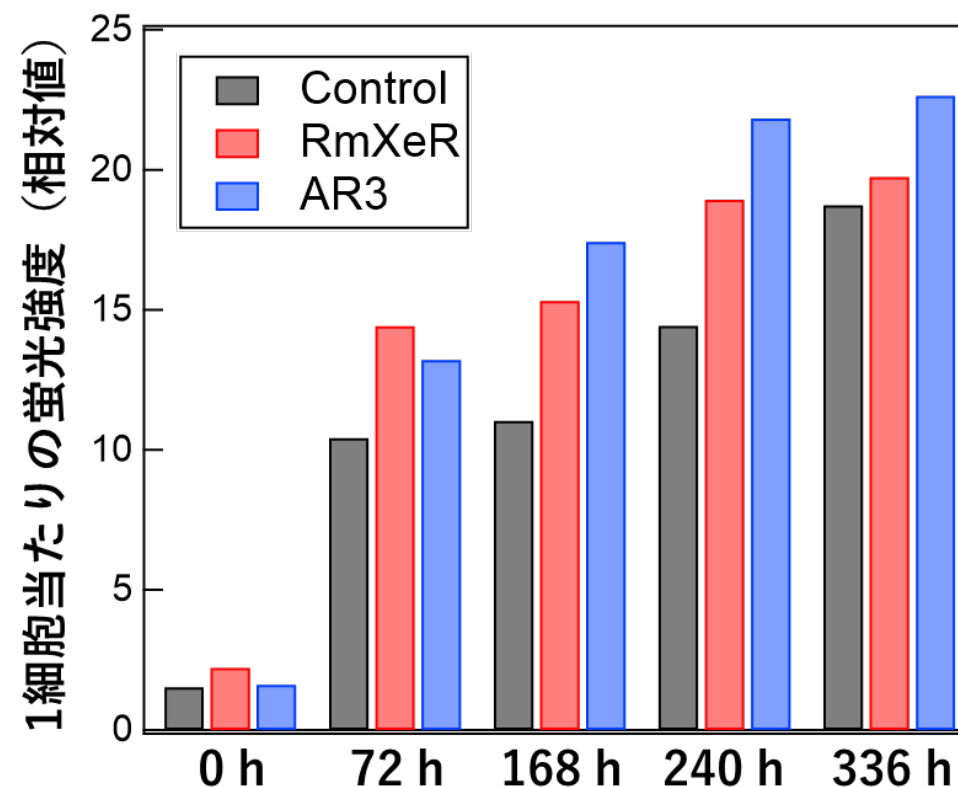
●TAP-N培地 ●25℃, 100rpm
●LED光 (R:G:B=10 μ E:10 μ E:10 μ E)

●緑色蛍光:Nile Red



スケールバー:10 μ m

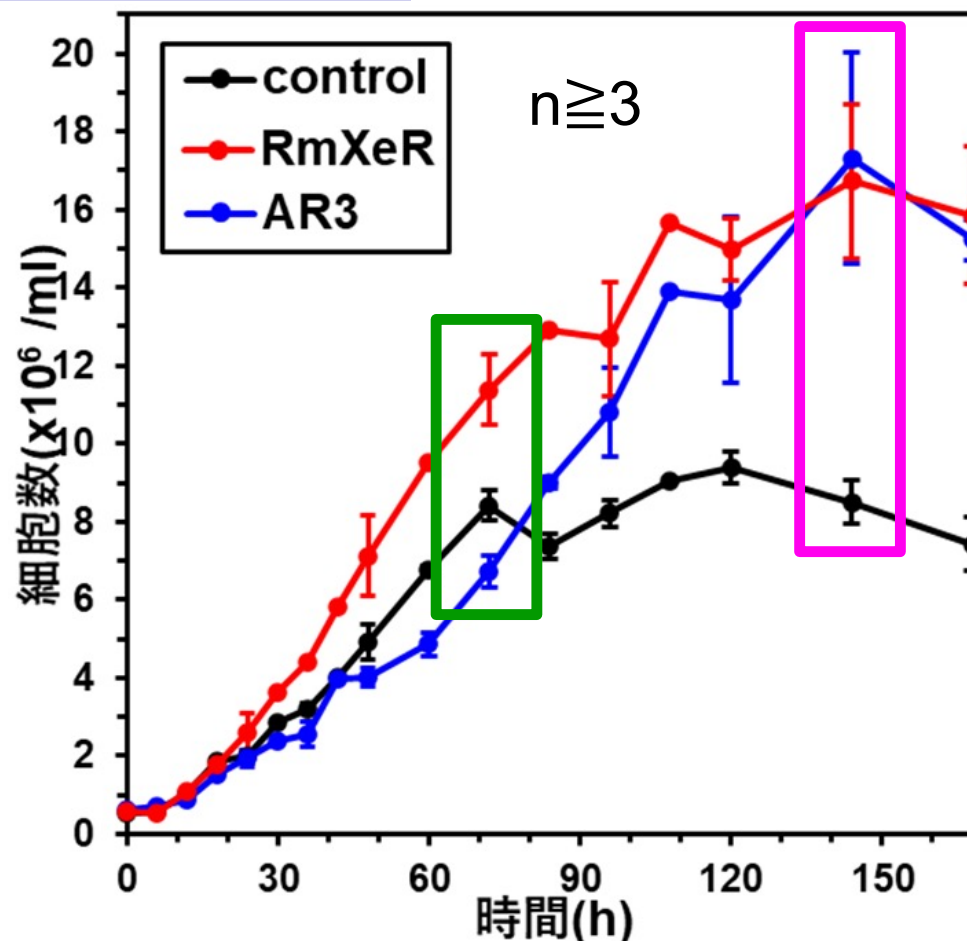
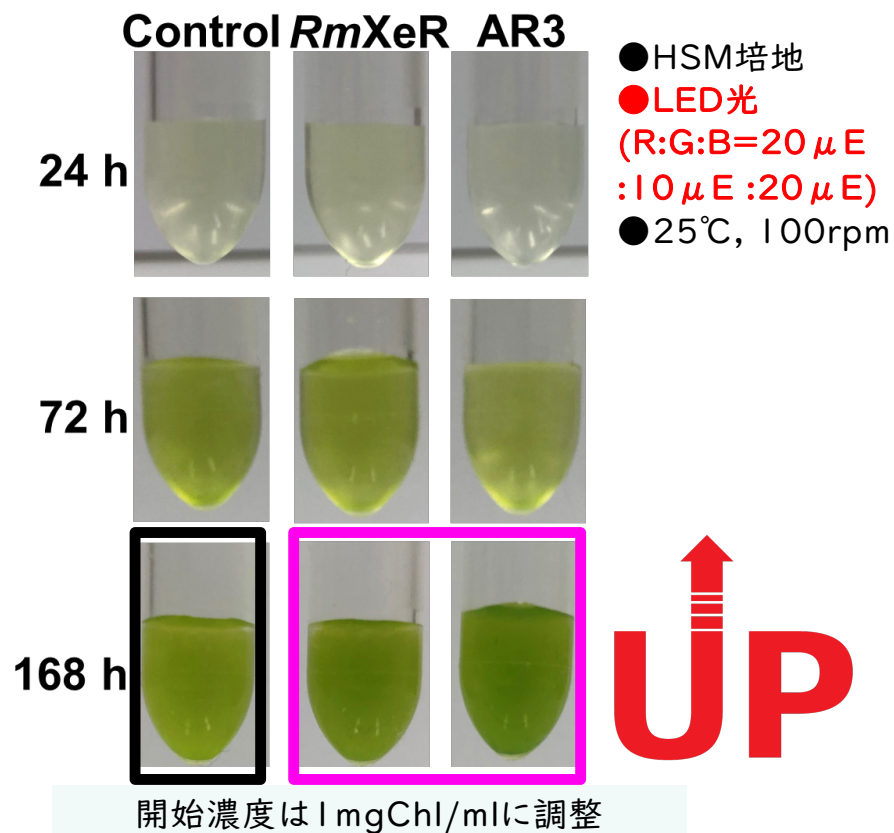
脂質量の比較



H⁺ポンプ型ロドプシンの異種発現による油滴形成能の変化は見られない

結果④

セルアナライザー (Countess II FL) で測定



RmXeR

:対数増殖期 (72 hr)における生育は速い。

定常期 (168 hr) の細胞数は (コントロールと比べて) 約2倍。

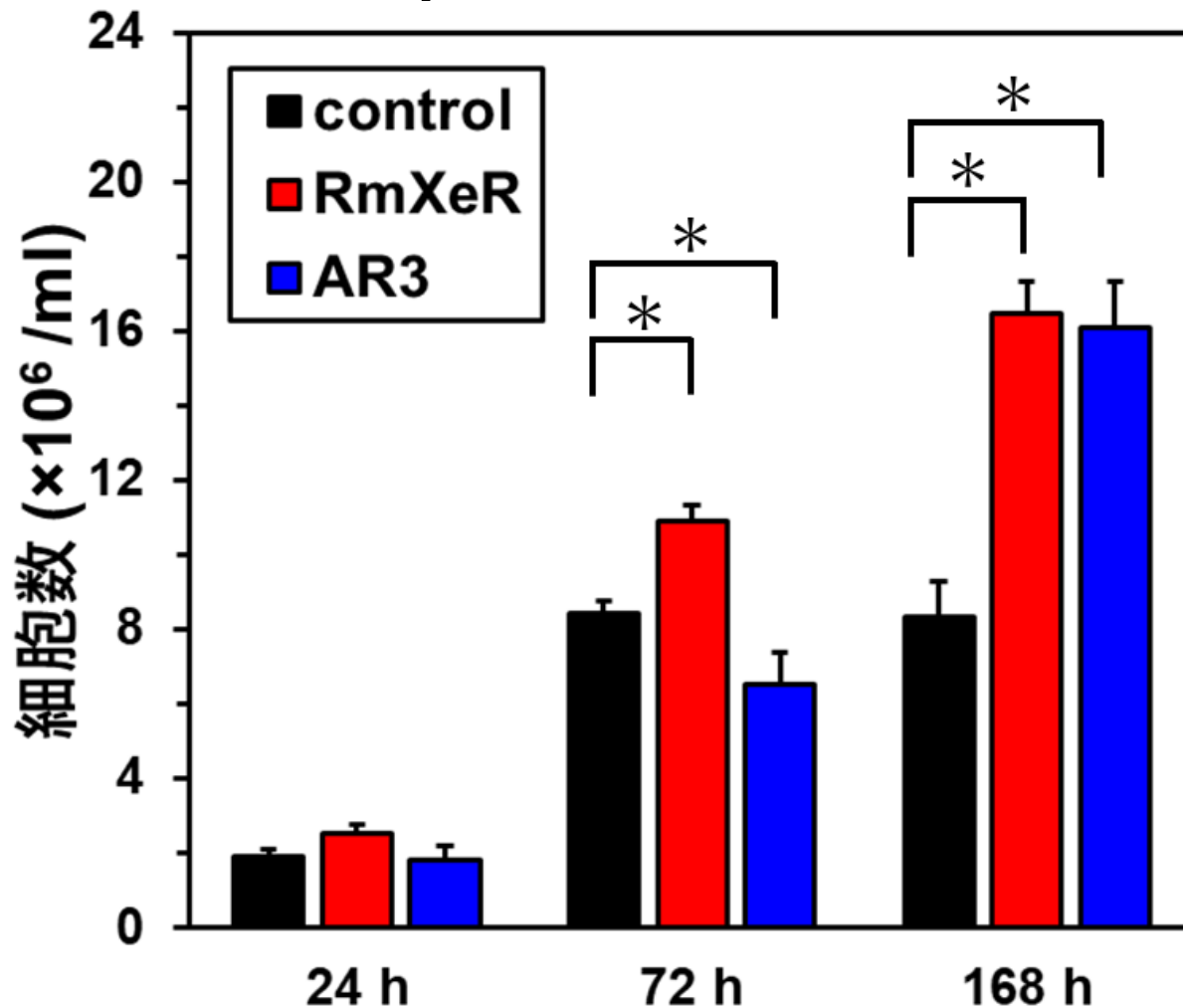
AR3

:対数増殖期 (72 hr)における生育は遅い。

定常期 (168 hr) の細胞数は (コントロールと比べて) 約2倍。

結果⑤

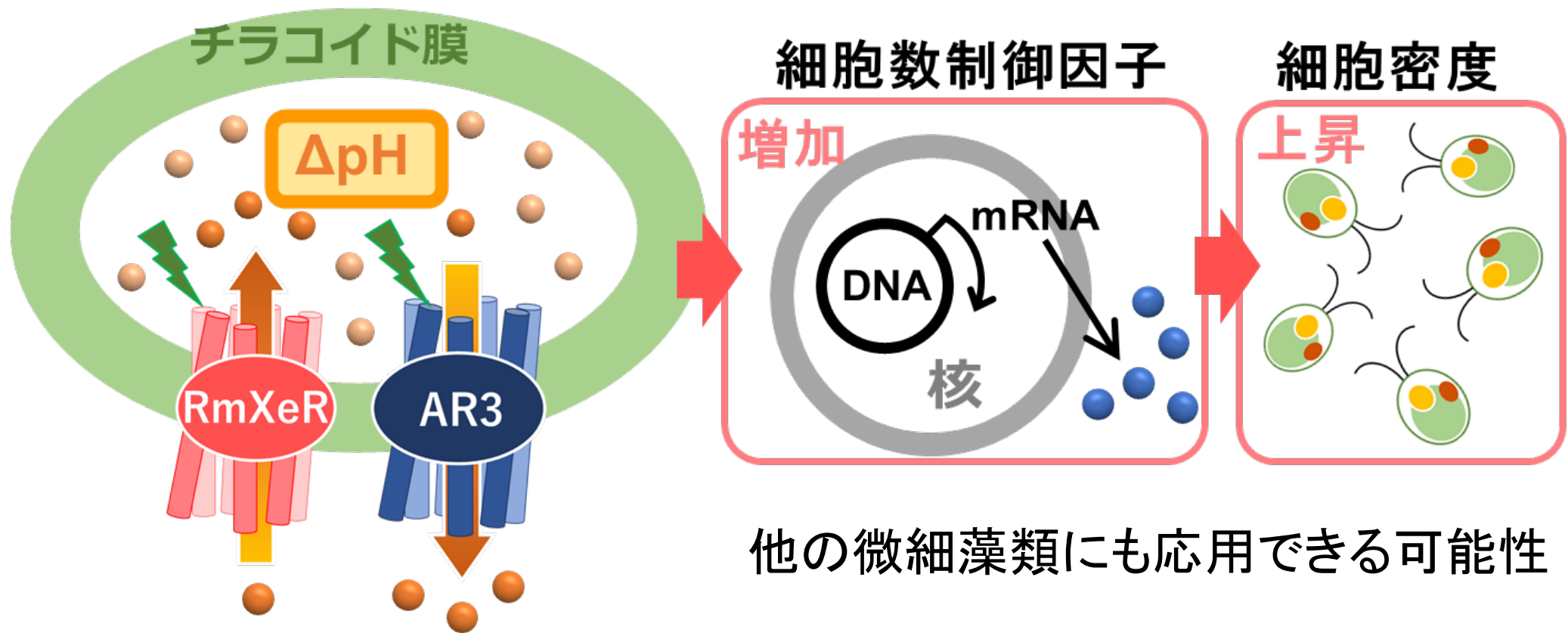
$n \geq 3$, *: $p < 0.05$ (Dunnett多重比較検定)



【対数増殖期 (72 hr)】: RmXeR
発現株で増加、AR3発現株で減少
→ルーメン内の酸性化&アルカリ化
によるATP合成量の変化?

【定常期 (168 hr)】: RmXeR・
AR3発現株で増加
→細胞内pHの↓↑により、細胞密
度制御系が影響?

H⁺ポンプ型ロドプシンの異種発現による細胞密度制御の実現



他の微細藻類にも応用できる可能性

H⁺ポンプ型ロドプシンの緑色光吸収によるH⁺移動により、
細胞内のpHが変化→核内転写調節が変化（亢進 or 抑制？）
→細胞増殖シグナルの亢進

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来考えられてこなかった定常期の細胞密度に着目。
- 光合成(クロロフィル)では使わない緑色光を吸収できるロドプシンを使用。
- 本技術の適用により、同じ体積の培養液で2倍の細胞が得られるため、コストが1/2程度削減されることが期待される。
- 他の手法(生産量に着目した手法:変異体や新種の取得)にそのまま適用可能で相加的な効果が期待される。

想定される用途

- クラミドモナス以外の既に利用されている他の微細藻類（ユーグレナ、スピルリナ、コッコミクサ等）へ適用し、有用バイオマス（バイオ燃料、医薬品、健康食品、化粧品等）の増産に貢献。
- 陸上植物に適用できると実用化の幅が無限大に広がる（＊発色団レチナールの合成が必要？）。

実用化に向けた課題

- **条件検討**（例：他のロドプシンの使用、光照射、培地など）が不十分（今後、最適化予定）。**ロドプシン導入による影響**（油脂等の有用物質の生産が減少していないか）を検証するとともに、**更なる細胞密度増加**が可能か検討。
- **他の微細藻類**（ユーグレナ、スピルリナ、コッコミクサ等）や陸上植物**への適用は未検証**。
- バイオ燃料以外、特に**食品応用では安全性の検討が必要**。

企業への期待

- 既に微細藻類（ユーグレナ、スピルリナ、コッコミクサ等）を用いて産業応用を行っている企業では、今回示したロドプシン遺伝子を導入するだけで、そのまま利用可能【共同研究歓迎】。
- 陸上植物のバイオマスを扱う企業にも応用の可能性【共同研究歓迎】。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 光合成生物の形質転換体
及びその用途
- 出願番号 : 特願2021-89800
- 出願人 : 岡山大学
- 発明者 : 須藤雄気、小島慧一（助教）

産学連携の経歴

• なし,,, but

The screenshot shows the Okayama University website. The header includes the university logo and name in Japanese and English, along with language selection (English, Chinese) and search bars. The main navigation bar lists various university functions. Below this, a 'Research' section is highlighted, featuring a banner for 'No.13 光による生命現象の制御ー「光をくすりに」を目指してー'. The banner includes a photo of two researchers in a lab and the text 'FOCUS ON Okayama University #13 Yuki Sudo'. To the right of the banner is a sidebar menu with links to various research-related pages.

No.13 光による生命現象の制御ー「光をくすりに」を目指してー



“No.13 光による生命現象の制御ー「光をくすりに」を目指してー”

大学院医歯薬学総合研究科・生体物理化学研究室 須藤雄気 教授

- 須藤 雄気, 小島 慧一, & 中尾新 “光により細胞死を制御する方法” (2020) 特願2020-196718 【2021年11月27日】
- 坂本雅行、チョウシャオミン、尾藤晴彦、須藤雄気、小島慧一 “膜電位センサー” (2020) 特願2020-70136 【2021年4月9日】
- 須藤雄気、入枝泰樹、本間道夫 “アナベナセンサリ－ロドプシンを利用したタンパク質発現法” (2015) 特許第5828422号

今後力を入れていきたい。

お問い合わせ先

岡山大学 研究推進機構
産学連携・知的財産本部

TEL : 086-251-8463

FAX : 086-251-8961

e-mail : cr-ip@okayama-u.ac.jp

URL : <http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/>