

# 基礎生物学<第2回>

火曜2限

8-401

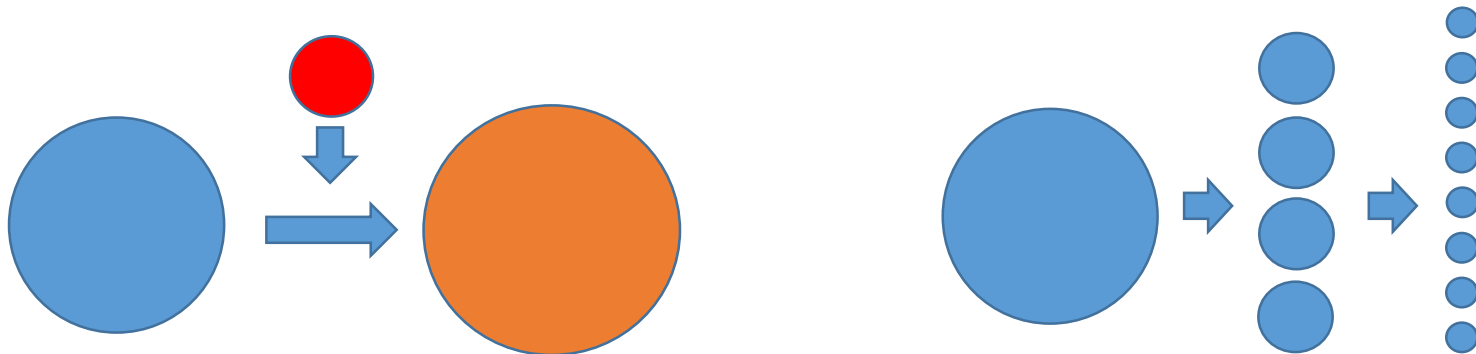
担当教員：菅原一輝

# 本日の内容

- エネルギー代謝
  - 同化と異化
  - 酵素と触媒作用
  - 物質の輸送
- エネルギーの獲得と消費
  - 植物：光合成
  - 動植物：呼吸
- まとめ

# エネルギーって？

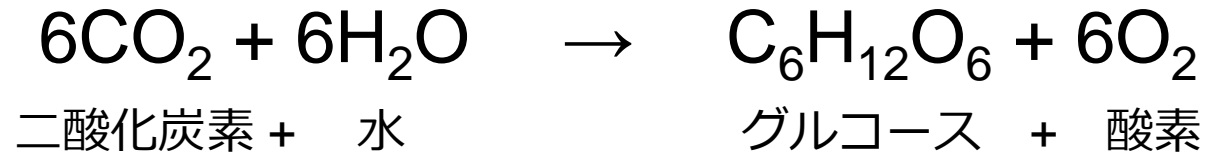
- **Energy(エネルギー)**を考えてみる
- 身の回りのエネルギー
  - 電力 ・ 熱 ・ 光 ・ 風力 etc... : どれも形態が異なる
  - “仕事をする能力”と定義される
  - が、実態を正確に説明するのは難しい : 自然科学の難しさ
- 理解しやすい形で記述すると...
  - エネルギーは保存される : **熱力学第一法則**
  - エネルギーは拡散する : **熱力学第二法則**



# 生物の中のエネルギー代謝

- **光合成反応**：同化

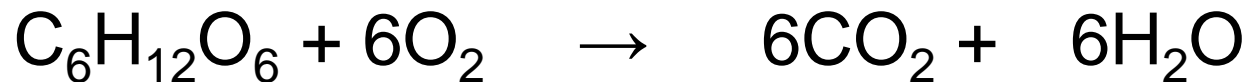
↓ **光エネルギー**



- この場合、光エネルギーの分生成物のエネルギーは増加する(貯蓄される)
- (熱力学第一法則 = エネルギー保存則により)
- 一方で、光合成は**光が必要である**ことも分かる

- **呼吸**：異化

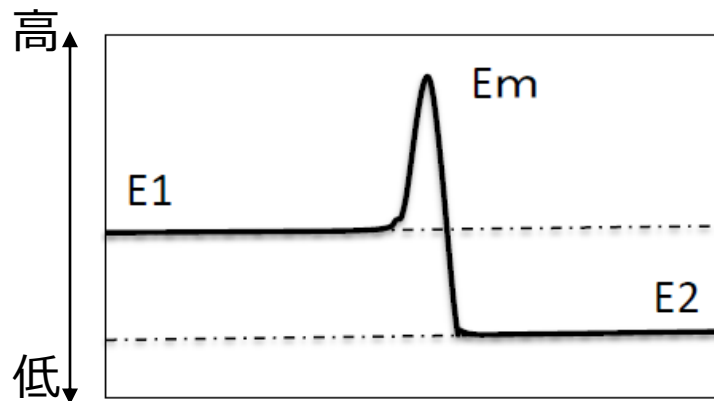
↑ **エネルギー**



- 基質のほうが高いエネルギーを持つため、エネルギーが取り出される
- このような生体内の反応は**酵素**によって触媒されることが多い

# 酵素とは？

- 酵素の機能
  - 化学反応において**活性化エネルギーを下げる**



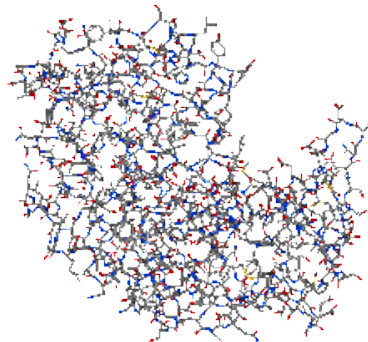
基質が生成物よりも高いエネルギーを持っていても、  
活性化エネルギーの“山”を超えないと反応は進行しない

酵素にはこの中間状態のエネルギー(活性化エネルギー)を  
下げる機能がある = 触媒作用

- 質問：何故活性化エネルギーが下がると反応が進行する？(反応速度が上がる？)
- 生体内の酵素の多くはタンパク質

# 酵素の働き

- 基質特異性
  - 酵素は特定の基質と特異的に反応する
  - 質問：何故無数にある基質の中から特異的に反応が可能か？
- 酵素の働き(活性)は様々な要素の影響を受ける
  - 熱(温度) ・ pH ・ 補酵素(補因子)
  - 例：ペプシン(タンパク質分解酵素)は胃で機能
    - 最適pHは酸性条件下 塩基性条件下では機能を失う



# 物質の動き

- 食事を摂ったあとの動きを考える

- 口腔→食道→胃→小腸→大腸→ : 固体の動き

栄養素・水分が吸収される

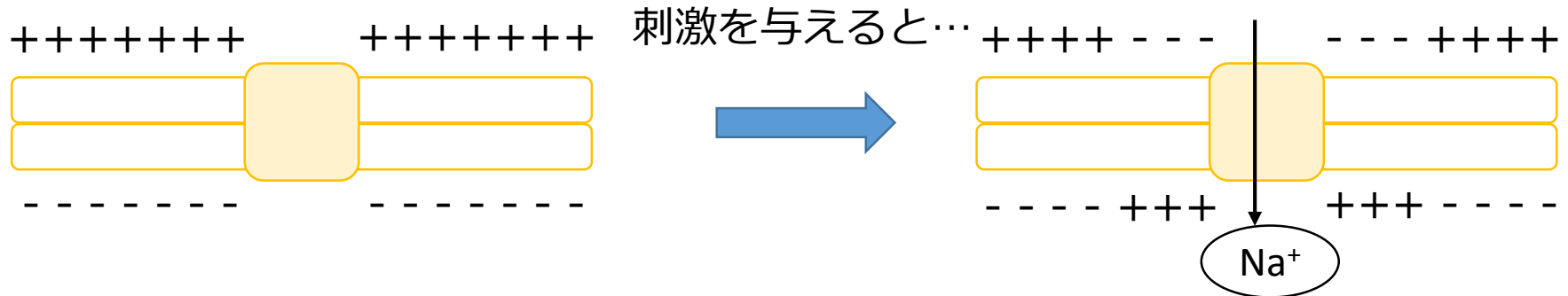
- 吸収された栄養素は...

- 血液を介して全身の細胞へ輸送

- 質問：吸収された栄養素はどの器官にも均等に分配される？

# 物質移動の様式

- 拡散
  - 密なところから疎なところへ
- 能動/受動輸送
  - 神経細胞 Na/Kイオンの濃度差による膜電位の発生



- 体内の恒常性を維持するために能動輸送が行われている

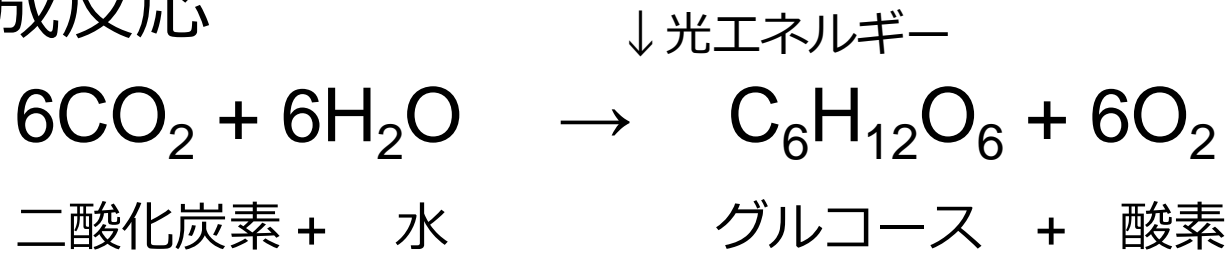


# ここまでのまとめ

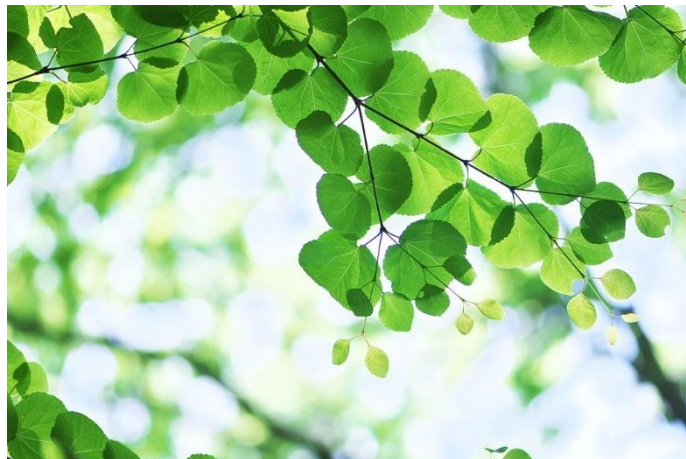
- エネルギーについて
  - エネルギーの概念：仕事をする能力
  - 生体内ではエネルギー代謝を行い、エネルギーを固定/取出している
- 酵素について
  - エネルギー代謝は酵素が触媒している
  - 酵素の機能：活性化エネルギーを低下させる
  - 酵素活性は他の要因(温度・pH・補酵素)の影響を受ける
- 物質輸送について
  - 輸送様式：拡散・能動/受動輸送
  - 様々な輸送様式の使い分けがされている

# エネルギーの獲得

- 光合成反応



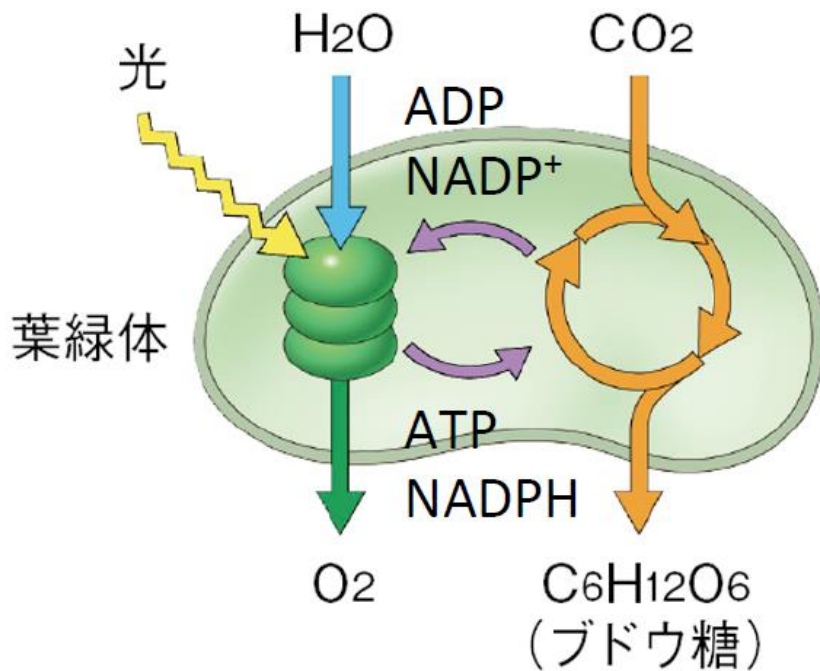
- 植物は独立栄養生物：自らエネルギーが生産可能
- 動物は従属栄養生物：他者からエネルギーを得る必要がある
- 質問：何故植物の葉は緑色に見える？



# 葉緑体の機能

## • 葉緑体の構造

- クロロフィルa/bを始めとする光合成色素の存在により、効率的に光エネルギーを吸収可能



明反応    暗反応

### 明反応：光化学系

- ADPを(エネルギーを変換して)ATPに
- NADP<sup>+</sup>を(H<sub>2</sub>Oの水素を取って)NADPHに

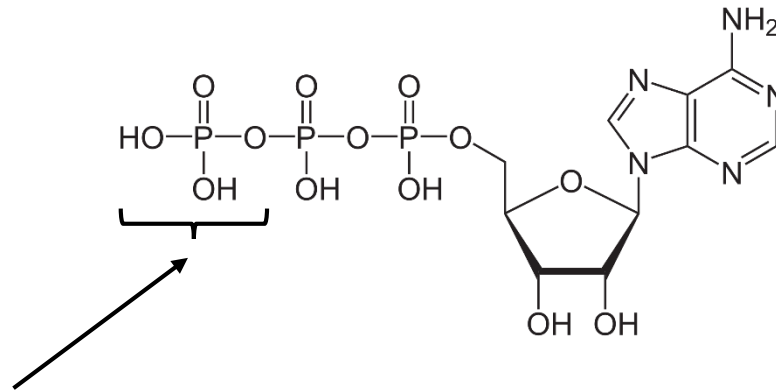
### 暗反応：カルビン-ベンソン回路

- CO<sub>2</sub>から(ATP由来のエネルギー & NADPHの電子を使って)グルコースを生成

2つの反応(明/暗反応)をATP/ADPとNADP<sup>+</sup>/NADPHが介する

# 生体内でのエネルギーの形

- 生体内においてエネルギーは**ATP**として保存される
  - **ATP:アデノシン三リン酸**

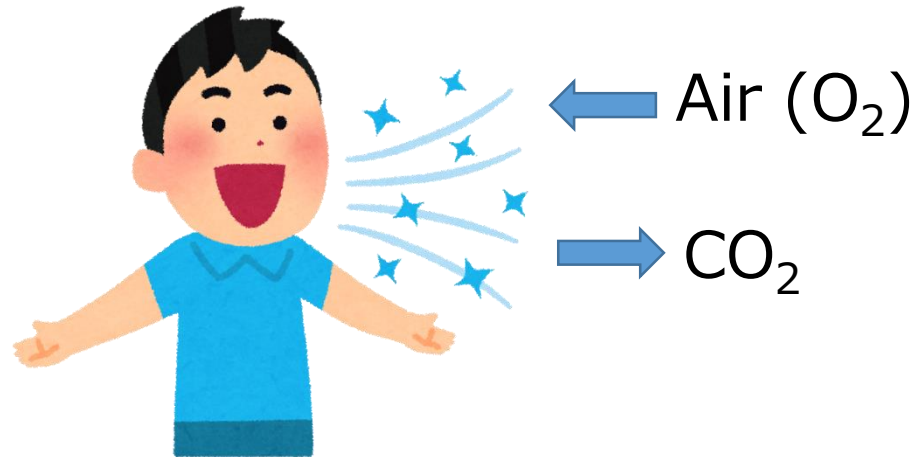


リン酸基の脱着により、そのエネルギーを利用  
：高エネルギーリン酸結合

- リン酸基が1つ欠けた場合は、**ADP:アデノシン二リン酸**
- 光合成では**ATP**↔**ADP**のエネルギー輸送を介して、明反応と暗反応の進行をしている

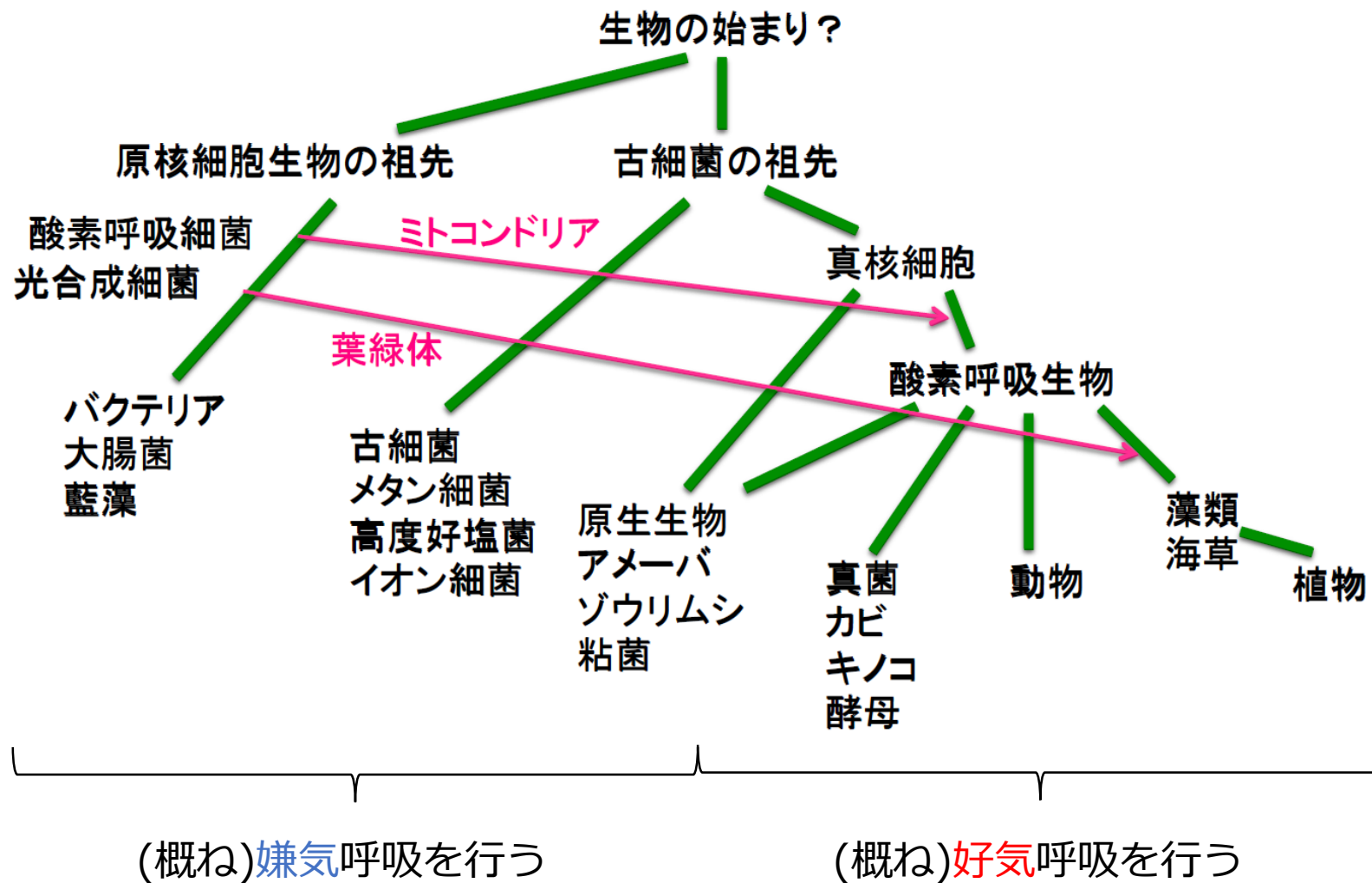
# 呼吸

- 我々が普段している呼吸
  - 空気(酸素)を取り込んで、二酸化炭素を吐き出す



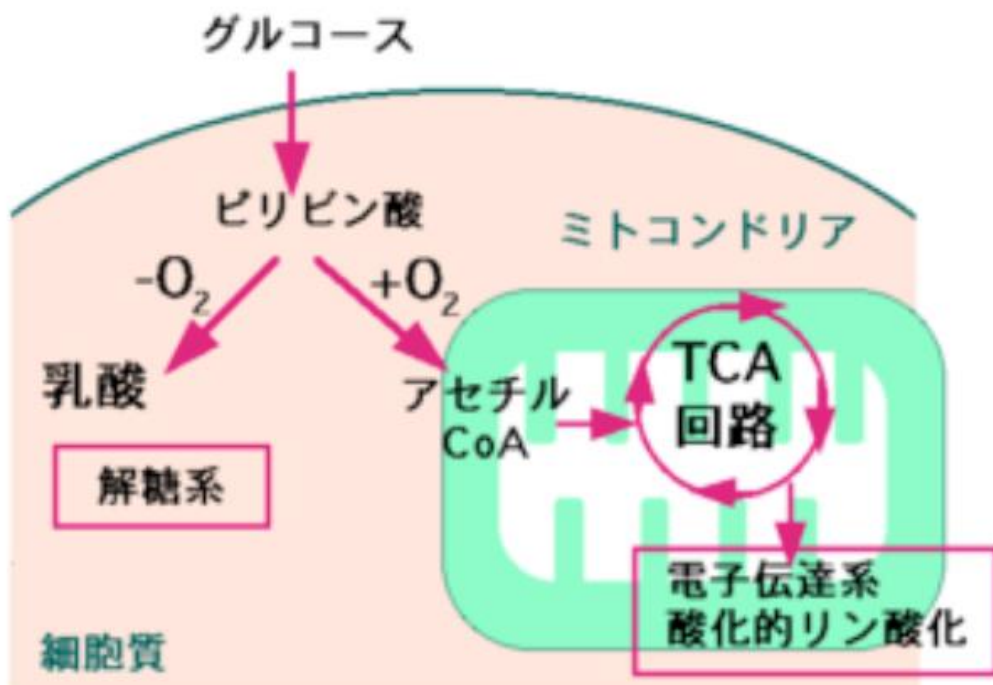
- 質問：何故酸素を取り込む必要がある？

# 好気呼吸と嫌気呼吸



# 好気呼吸

- 酸素を必要とする呼吸を**好気呼吸**という
  - 息をする=呼吸 ではなく 呼吸=**エネルギーを取り出す**
- 呼吸の機序
  - **解糖系**：グルコース→2分子のピルビン酸



アセチルCoAから**クエン酸回路**を介してCO<sub>2</sub>まで分解

電子伝達系での酸化的リン酸化によって最終的に**36分子のATP**が生成可能

FADとNADが水素のキャリアー

# 食べ物の運命

- 動物の食物はグルコースのみではない
  - 脂質, 糖, タンパク質 etc...
- 他の食物由来の栄養素もエネルギー代謝に寄与



脂質：脂肪酸 →アセチルCoAとしてクエン酸回路へ  
グリセロール→グリセルアルデヒド-3リン酸として解糖系へ

糖：そのまま解糖系へ ※利用できない糖を除く

タンパク質：アミノ酸 好気呼吸の各プロセスへ



# 嫌気呼吸

- 好気呼吸を行うのは(主に)真核生物
- 他の細菌類などは酸素を用いない嫌気呼吸を行う
- **炭酸塩呼吸**：生成物 メタン(C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)等  
有機物 + 2H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> → 有機酸 + 2H<sup>+</sup> + CH<sub>4</sub>
- **硫酸塩呼吸**：生成物 硫化水素(H<sub>2</sub>S)等  
有機物 + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + 2H<sup>+</sup> → nCO<sub>2</sub> + mH<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>S
- 実際には片一方だけを行う生物は多くない

# 発酵

- 嫌気呼吸の1種ではあるが、厳密には異なる
  - 嫌気呼吸： **電子供与体**を用いる(NADHを用いる)
  - 発酵： // を用いない

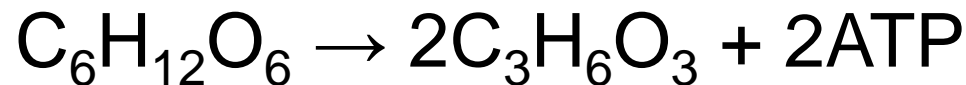
## • アルコール発酵

- グルコース→2分子のピルビン酸→2分子のアセトアルデヒド→2分子のエタノール+ 2ATP



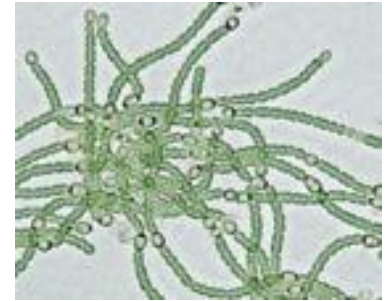
## • 乳酸発酵

- グルコース→2分子のピルビン酸→2分子の乳酸+ 2ATP



# 何故色々な呼吸様式があるのか？

- 古代地球 = 酸素が存在しなかった
  - なので、細菌類や古細菌は酸素を用いない**嫌気呼吸**を行うことが可能
- シアノバクテリア(藍藻)によって大気中に酸素が放出される
  - 古生物にとっての酸素は**”毒”**であった
  - 一方で酸素の強力な酸化力を用いることで効率的な呼吸が可能になる
- 酸素による呼吸が可能な生物が誕生
  - 効率よくエネルギー取出しが出来るため、好気呼吸生物も多く見られるように



# 本日のまとめ

- エネルギー・酵素・物質輸送について
- 光合成
  - 明反応-光化学系と暗反応-カルビンベンソン回路
  - 電子の伝達により反応が進行する(NADPH)
- 呼吸
  - 好気呼吸：グルコースから36分子のATPを取り出す
  - 嫌気呼吸：酸素以外の電子供与体を用いてエネルギーを取り出す
  - 発酵：電子供与体を用いずにエネルギーを取り出す
  - 好気呼吸は嫌気呼吸に比べて高効率