

放送大学面接授業6① 共生と進化 編

## 進化といろいろな共生

生物進化の秘密の一つは共生！  
そしてを助けていたのは  
ウイルス！！



破壊する創造者—ウイルスがヒトを進化させた (ハヤカワ・ノンフィクション文庫) 文庫 フランクライアン (著), 夏目大 (翻訳)

## 第1話: 緑のウミウシが教える共生説

*Elysia chlorotica*



## 葉緑体で光合成をするウミウシ



ウミウシが葉緑体をコントロール？  
どうやって？

## ウミウシが光合成の遺伝子を？

満腹になったこのウミウシ *Elysia chlorotica* は  
□を失い 光合成だけで生きていく

動物なのに 光合成をコントロールしている？

ウミウシの細胞の核ゲノムに 食べた葉緑体由来の  
光合成に関する遺伝子が存在

ウミウシの核と海藻の核の間で  
遺伝子が移動した？ → 水平伝播

## ウミウシのウイルスの仕業

翌年の春 ウミウシは産卵すると  
細胞内に潜伏していたウイルスの  
大量増殖により死ぬ



藻類からウミウシ *Elysia chlorotica* に  
葉緑体の遺伝子を運んだのはウイルス

異種の生物間でも感染するウイルスは 遺伝子を  
運ぶことで生物の進化の原因になる場合も

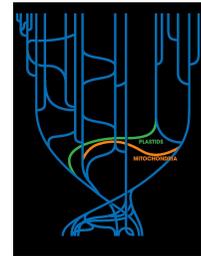
ウイルス = 破壊する創造者

## 遺伝子の水平伝播

人にも ウイルスの遺伝子が 取り込まれている  
生物進化に ウイルスが関与している可能性が！

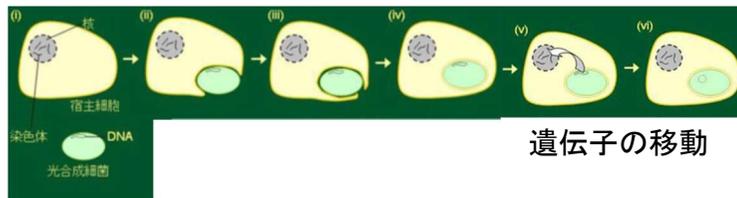
そして生物の進化に  
共生が大きく関係している

生物進化の系統樹に 水平の枝が



## 植物の葉緑体ももとは共生

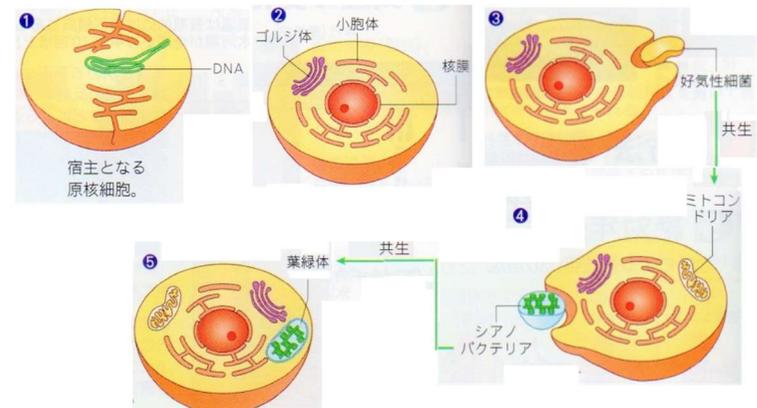
植物のご先祖様の細胞(宿主細胞)はまだ光合成の  
能力がなかった頃 光合成ができる細菌(=藍藻類  
=シアノバクテリア)を取り込み 共生させた



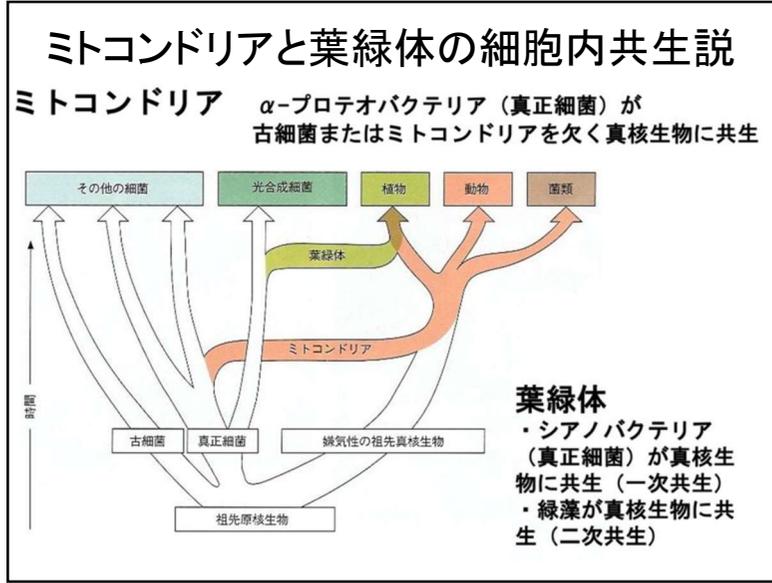
共生した光合成細菌から多くのDNAが宿主細胞の  
核に移動し 単独では生活できない葉緑体になった

## 原核細胞から真核細胞へ

核膜がない



核膜・ミトコンドリア・葉緑体がある



### 水平伝播がない共生もある！

2023年7月のNHKサイエンスZEROで放送した「跳躍的進化のカギ!?生物の“盗み”戦略」

海藻の葉緑体で光合成をするウミウシ チドリミドリガイのDNAには葉緑体のDNAはない！

頭 1cm 尾部

葉緑体に由来する緑色

ウミウシ細胞 葉緑体

### 遺伝子の水平伝播なしで光合成の機能が種を超えて伝播できる

関係なかった遺伝子群が長期間の光合成に関与

例えば 光合成で生じる**活性酸素**は光合成を**阻害**

→ 除去する**抗酸化タンパク質**の遺伝子が**活性化**

基礎生物学研究所、京都府立大学、海洋研究開発機構、金沢大学 (西山智明)、沖縄科学技術大学院大学、東京大学 (鈴木穰)、国立遺伝学研究所 (豊田敦) からの研究グループによる研究成果。

**遺伝子水平伝播仮説**

伝播した遺伝子から新規に光合成タンパク質が合成・補充されるのでは？

藻類の光合成遺伝子が先天的にウミウシゲムムに水平伝播しているのでは？

**本研究の成果**

藻類が作った光合成タンパク質を長期間維持している可能性

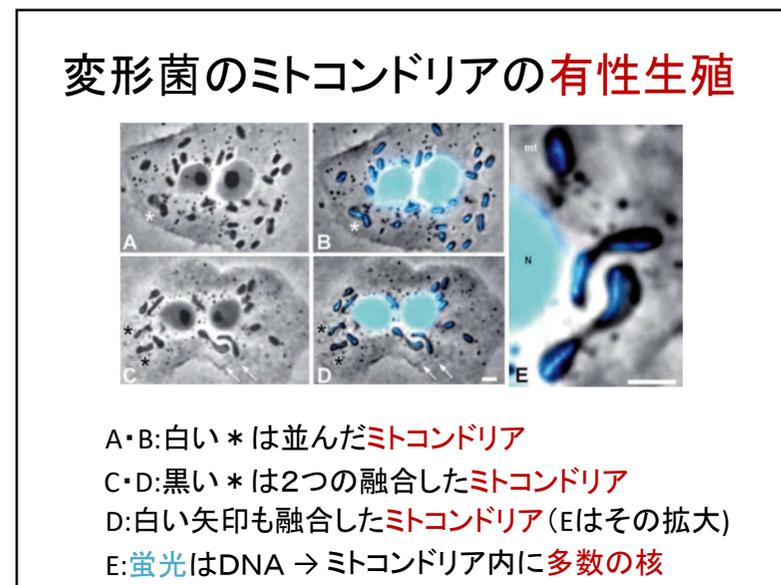
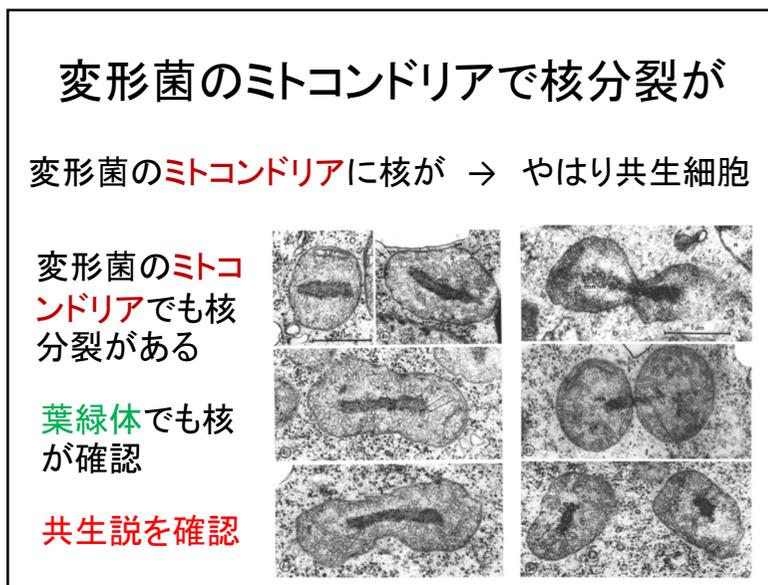
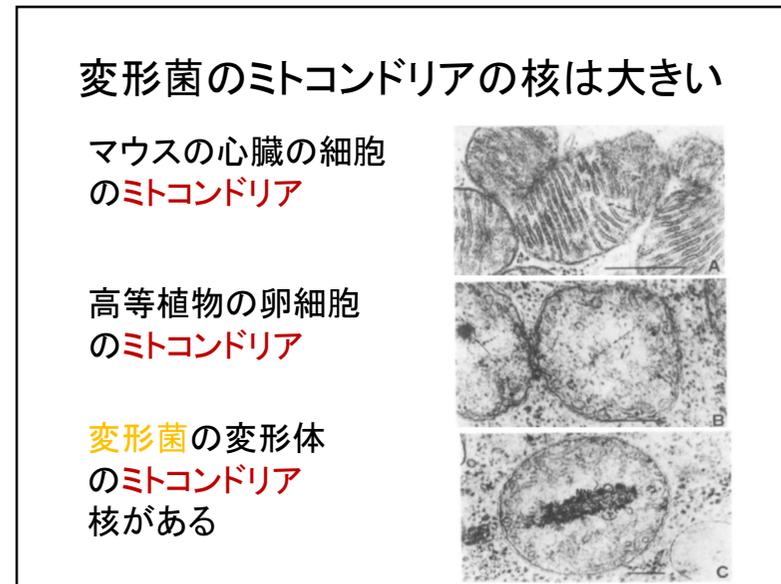
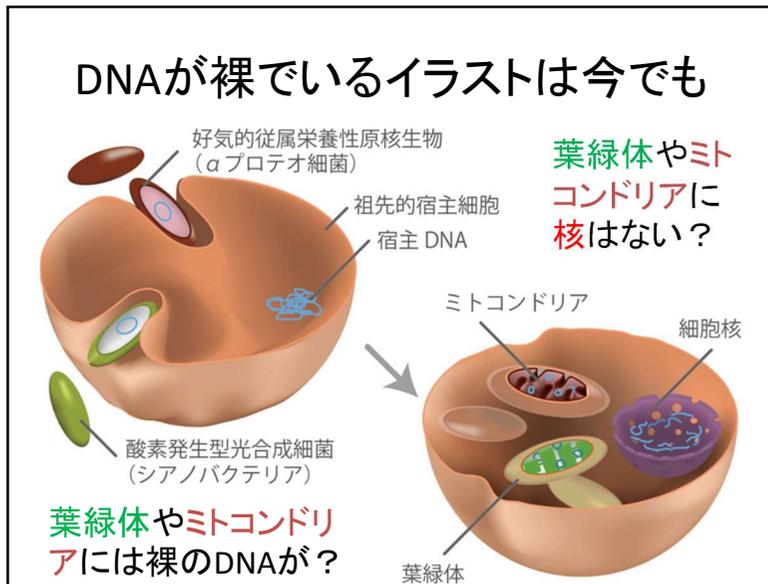
ウミウシゲムムには藻類由来の光合成遺伝子は伝播していない

### 第2話: 変形菌で共生説を裏付ける発見

#### ミトコンドリアにも核がある

ミトコンドリアや葉緑体のDNAは裸でいるものと考えられていたが細胞のように**核**がある場合も

黒岩常祥 (つねよし) 東京大学名誉教授の発見



## ミトコンドリアも有性生殖する

変形体の中のミトコンドリアは単純に分裂で増えるだけでなく有性生殖も行ってる

変形体のミトコンドリアにも性が？

そもそもなぜ性というものが？

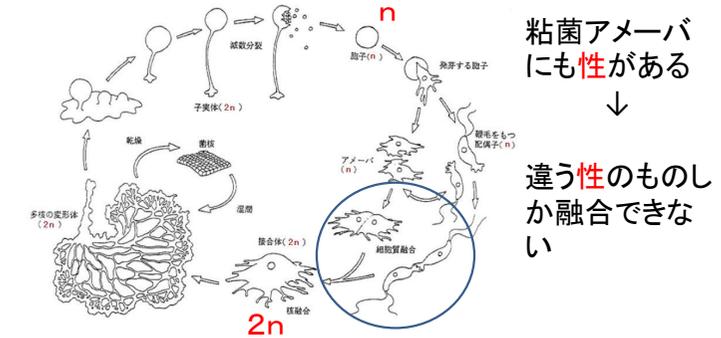
老化や寿命にも関係が？



ミトコンドリアの謎 (講談社現代新書) 新書 河野 重行 (著)

## 細胞には遺伝子が2倍入ってるものも

一生の間に遺伝子が1セット $n$ 個の時期と2個体のアメーバが融合した2セット $2n$ 個の時期がある



## なぜめんどくさい有性生殖を？

無性生殖よりもコストがかかるにもかかわらず  
有性生殖を行うのはなぜ？

有性生殖は絶えず新しい組み合わせの遺伝子型を  
→ 進化速度の速い病原菌・ウイルスや寄生者に対抗

生物を取り巻く環境は他種の生物の  
進化的変化などの影響で絶えず悪化

→ 常に持続的な進化を継続していなければ絶滅



赤の女王 性とヒトの進化 (ハヤカワ・ノンフィクション文庫) マット・リドレー (著), 長谷川眞理子 (翻訳)

## 赤の女王の言葉

ルイス・キャロルの小説『鏡の国のアリス』に登場する赤の女王の言葉



同じ場所にとどまるためには 絶えず全力で走っていなければならない

## 赤の女王仮説

生物に**性**や**寿命**が必要な理由

→ ほとんどの生物の細胞は  
決まった回数の分裂をすると  
やがて老化して死ぬ

.....その前に**有性生殖**を



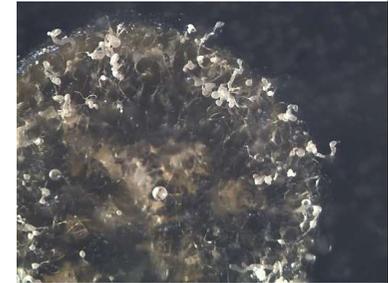
→ 卵や精子は減数分裂生じ 遺伝子数を半分nに  
→ 半分nの細胞が融合(受精)して2nにもどると**若返り**  
細胞分裂を復活

→ 遺伝子の**新しい組み合わせ** **突然変異**も起こりやすい  
→ 新しい性質で **新手の病原体**の攻撃に対抗

## 第3話:細胞性粘菌の原始的な**農業**



タマホコリカビ



コタマホコリカビ

植え継いだのは胞子のうだけ → **黄色いコロニー**の  
生物(細菌?)はもともと胞子のうに入っていた?

## 農業をする細胞性粘菌

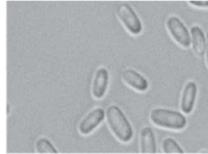
細菌のいる胞子のう  
= **農家**



**農家**の胞子を栄養培  
地に植え継いだ



細菌のいない胞子のう  
= **非農家**



**非農家**の胞子を栄養  
培地に植え継いだ



Brock, D. A., Douglas, T. E., Queller, D. C., & Strassmann, J. E. (2011). Primitive agriculture in a social amoeba. *Nature*, 469(7330), 393-396.

## 粘菌が農業を?

胞子のうの中は 胞子と粘液

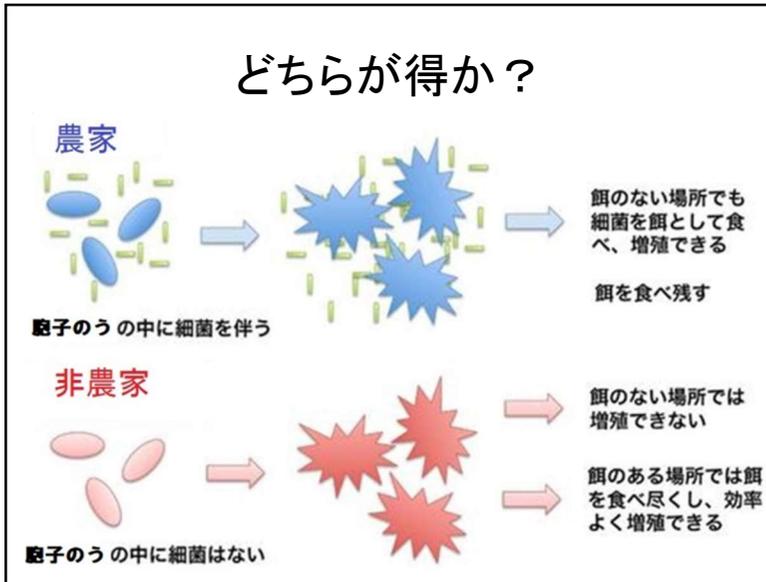
胞子のうの粘液にエサとなる  
**細菌**が含まれている場合が



胞子のうが 土壤に移動すると

そこにエサになる細菌がない場合

→ 持ってきた**細菌**が増殖しエサとなる



### 第4話: 大腸菌が粘液を出して共存する

大腸菌は 粘菌と最少培地上に植えると  
粘液を出して粘菌と共生する

粘菌がないときは 大腸菌は粘液を出さない

粘菌と大腸菌の共生コロニー

大腸菌のみのコロニー

(a) 細胞性粘菌の細胞

(b) 大腸菌

(c) 大腸菌

(d) 大腸菌

粘菌アメーバは最初は大腸菌を食べるが...

やがて粘菌と大腸菌は共存するようになる

等々力 政彦 (2007) 実験的共生: 大腸菌と細胞性粘菌を用いた実験系. 大阪大学理学博士論文. <http://hdl.handle.net/11094/2761>

### 共生実験の説明

- 大腸菌
- 細胞性粘菌

粘菌と大腸菌を栄養培地に植えるとはじめは分裂速度の速い**大腸菌**が培地上を占める

続いて**粘菌**アメーバが大腸菌を捕食しつつ分裂

大腸菌がほぼ食べ尽くされた培地上から半透明の**粘性**のある**大腸菌**コロニーが出現

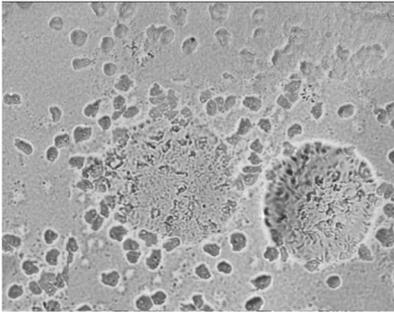
粘性大腸菌コロニーはそのサイズを増長させつつ捕食者である粘菌と安定して共存する

**納豆菌**で細胞性粘菌を培養すると

粘菌アメーバは納豆菌を食べようと襲いかかってくるが 粘液中にいる納豆菌はなかなか食べられない

納豆菌があんなネバネバをつくる理由の1つはこれ？

大腸菌は ふううはそのような粘液をつくらないが...

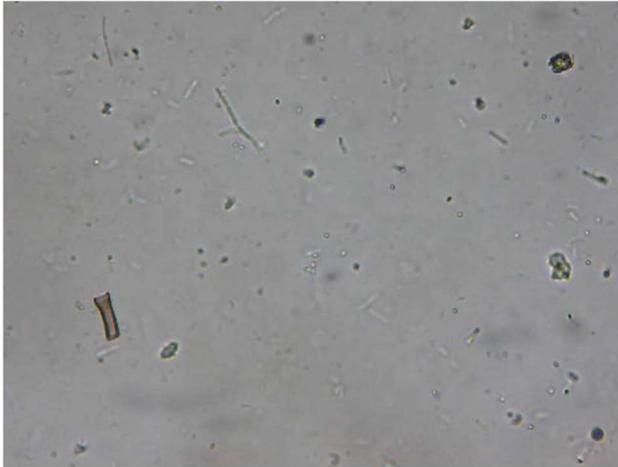


2008年 納豆菌を使った細胞性粘菌の簡易培養法. 生物教育, 48(3),128-135.日本生物教育学会

納豆菌を水中で培養

納豆の粘液を水に溶かした

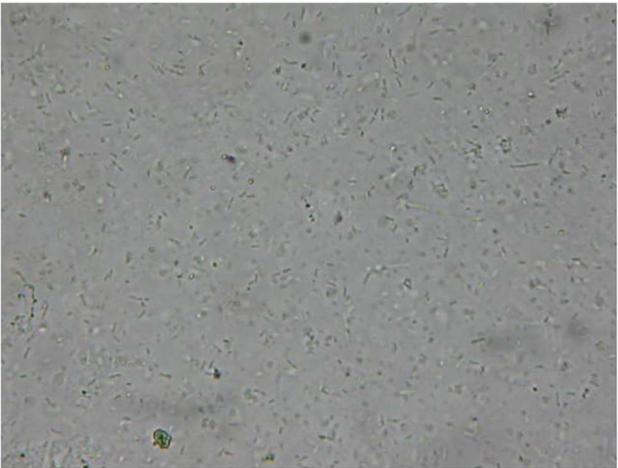
長い菌がながっている？



低温処理して水中で培養

納豆を低温処理後水に溶かした

短い菌が多数



ムダが多いからこそ続く生きもの

生物は ある環境変化に効率的に適応し  
より個体数を増やして勝ち残ってきた

しかしあまり効率化をすると  
ムダな動きが減ってゆらぎが小さくなる

ゆらぎが減って柔軟性を失うと  
環境変化に対応できない