

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

松浦克美

東京都立大学 名誉教授

東京工業大学 地球生命研究所施設利用研究者

(Shawn McGlynn准教授の共同研究者)

日本語学校アンランゲージスクール成増校校長

微生物の光合成・化学合成・呼吸などの

分子機構・生態・進化を研究

都立大附属高校長，学習指導要領高校生物改訂チーフ，

SSH企画協力者 歴任

- 「相手が自分の考えと異なることを容認しているのに，相手は容認されていると思わない」と検索して伊藤亜紗先生を紹介するページがヒット。「多様性」「利他」「身体感覚」「美学」に引かれてメールを差し上げる。
- 生物の利他について議論する機会をいただく。
(20分話題提供，100分議論．微生物以外の，生物一般についての議論も歓迎します．)

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

問い

1. 微生物の利他には、どのような例があるのか。
(自分の研究から)
2. 微生物の利他は、進化の過程でどのように獲得されてきたか.

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

生物における「利他」とは何か：ここでの仮の考え方

- ・ 自己に不利なことがあっても、他者の利益を優先する行動や性質
【Give and Take (共生) は含まない】

【ここでの「自己」・「他者」とは何か】

場合 1：自己 = “同じ” 遺伝子をもつ集団とその子孫
他者 = “異なる” 遺伝子をもつ集団とその子孫

場合 2：自己 = 個体としての存在の誕生から死まで
他者 = 同じ遺伝子をもつ集団の「自己」以外

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

生物とはどんな存在か：利他を考えるにあたって

1. 必要な資源（エネルギー・物質・空間）を獲得・活用して自己の子孫を殖やす
 2. 必要な資源が限られるときは、競争に勝った種や集団が生き残る（偶然性の要素もある）
 3. 進化の過程で大多数の種・集団は絶滅し、現在地球上に存在する生物は、競争に勝ってきた種や集団である
- ⇒ このような条件の下でなぜ「利他」が獲得できるのか

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

生物における「利他」とは何か：ここでの仮の考え方

- ・ 自己に不利なことがあっても、他者の利益を優先する行動や性質
【Give and Take (共生) は含まない】

【ここでの「自己」・「他者」とは何か】

場合 1：自己 = “同じ” 遺伝子をもつ集団とその子孫
他者 = “異なる” 遺伝子をもつ集団とその子孫

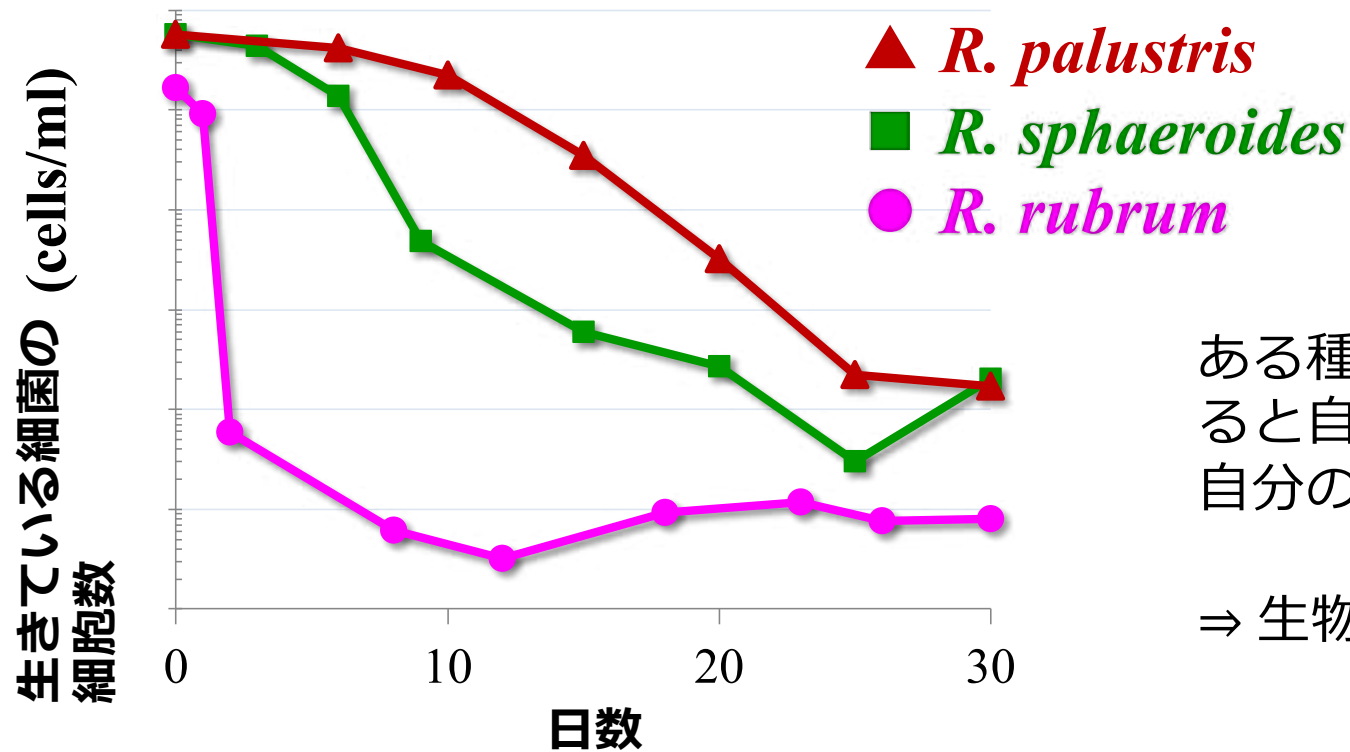
場合 2：自己 = 個体としての存在の誕生から死まで
他者 = 同じ遺伝子をもつ集団の「自己」以外

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

＜微生物における【場合2】の利他の例＞

光合成細菌の

暗条件下での生存性比較



ある種の細菌は、資源が不足すると自己溶解（集団自殺）して、自分の仲間の一部を残す。

⇒ 生物のあり方として自然

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

生物における「利他」とは何か：ここでの仮の考え方

- ・ 自己に不利なことがあっても、他者の利益を優先する行動や性質
【Give and Take (共生) は含まない】

【ここでの「自己」・「他者」とは何か】

場合 1：自己 = “同じ” 遺伝子をもつ集団とその子孫
他者 = “異なる” 遺伝子をもつ集団とその子孫

場合 2：自己 = 個体としての存在の誕生から死まで
他者 = 同じ遺伝子をもつ集団の「自己」以外

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

<微生物における【場合1】の利他の例>

2021 日本光合成学会発表

化学合成から光合成出現の仮説モデルとしての 中房温泉の *Chloroflexus aggregans* を含む 独立栄養微生物群集

松浦 克美^{1), 2)}, Shawn E. McGlynn²⁾, 河合 繁³⁾

1) 代謝初期進化研, 2) 東工大 ELSI, 3) 海洋開発研究機構

中房温泉：長野県安曇野市 硫黄泉（硫化水素型，アルカリ泉）



源泉数 30力所以上
温度 60℃～95℃
湧出量 1500 L/min 以上

pH 8.0～9.5
硫化水素 200～400 μmol/L
硫酸イオン 150～300 μmol/L
炭酸イオン 1.5～2.5 mmol/L



中房温泉の光合成微生物群集と化学合成微生物群集

合戦の湯: 泉源86°C 水平に近い流れ



86°C



66°C

古事記の湯: 泉源80°C 垂直に近い流れ



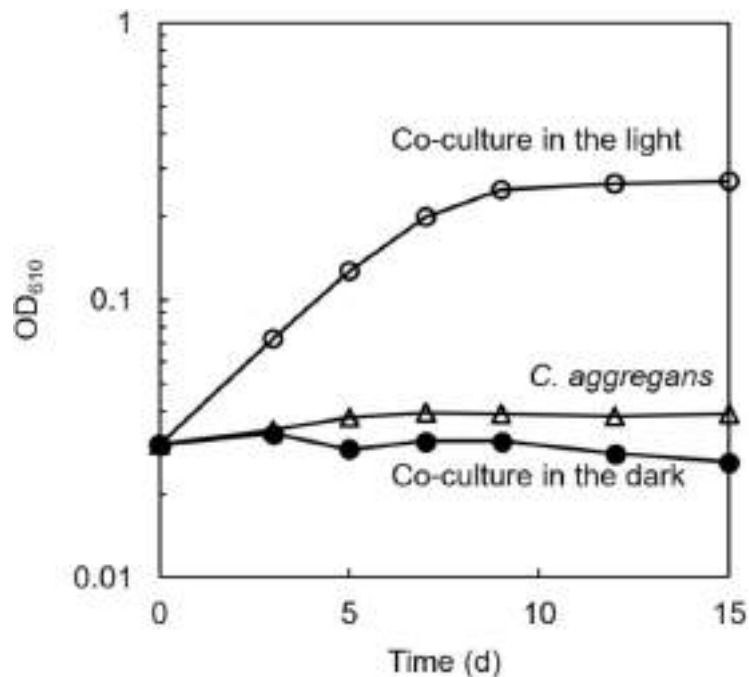
78°C



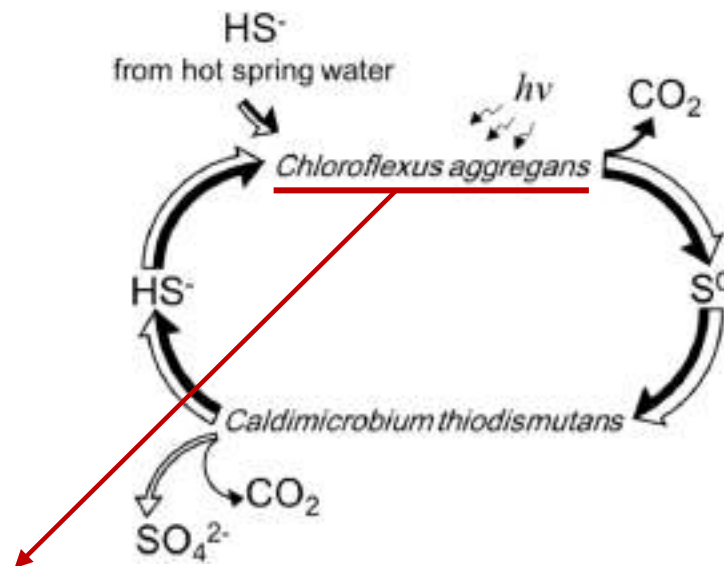
63°C

光合成細菌 *C. aggregans* は 硫黄不均化菌との共存で 硫化水素 を電子源として成育する

共培養系 HS-依存嫌気成育



共培養系での電子の流れとsの循環

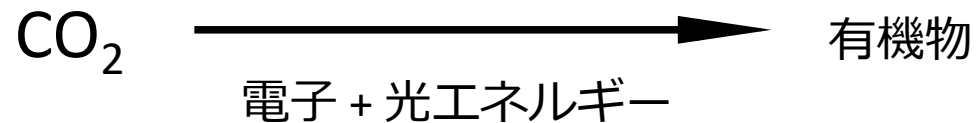


この細菌が、自分が使えるはずの電子の25%しか使わずに、75%の電子を他の細菌に分けてしまう利他菌

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

光合成にとって電子はとても重要

- ・ 光合成は、取り入れた電子に光のエネルギーを加えて、二酸化炭素を有機物にする。



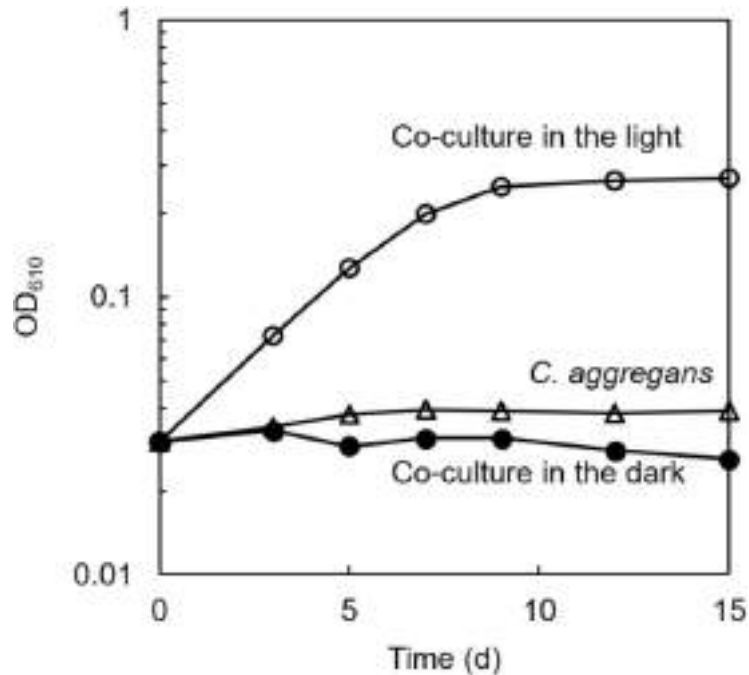
- ・ 植物は、1分子の水から、4つの電子を使える。
- ・ 光合成細菌は、1分子の硫化水素から、8つの電子を使える。

ところが、温泉の光合成細菌は、使えるはずの8つの電子のうちの2つの電子しか使わずに、残りの6つの電子を他の細菌（化学合成細菌）に渡してしまう。

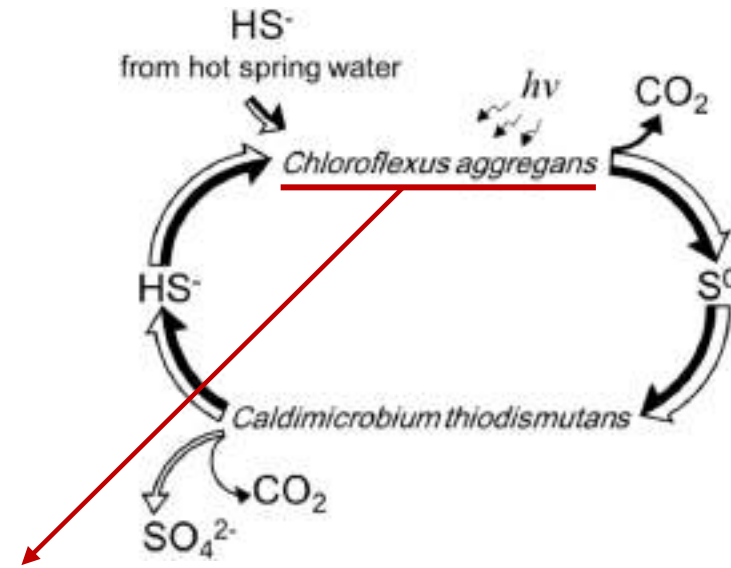
自分の有利さを犠牲にして多種を利する ⇒ 生物のあり方として一見不自然

光合成細菌 *C. aggregans* は 硫黄不均化菌との共存で 硫化水素 を電子源として成育する

共培養系 HS-依存嫌気成育



共培養系での電子の流れとsの循環



この細菌が、自分が使えるはずの電子の25%しか使わずに、75%の電子を他の細菌に分けてしまう利他菌

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

なぜ、一見不利にみえる利他的な性質（利用できるはずの8つの電子の内、2つしか利用せずに他の細菌に残りの電子を渡してしまう）が、進化の過程で残ったのか？

1. 電子が十分にあって、不足している資源でない ×
2. 8つの電子を使うこと自体に不利な面がある ×
3. その細菌は、それほど競争のない環境で進化した ×
4. 一見すると利他だけれど結局は自利になっている ○？

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

なぜ、貴重な電子の75%を多種にゆずるという利他的な性質が、自種の生存のための自利となるのか？

仮説 ⇒ 多種共存やそれによる環境の多様性の維持が、生態系の安定性をもたらし、長期的にはたびたびおこる環境の大変動を自種がのりこえて生存するのに役立つ

微生物における利他の進化：“自利利他円満”の視点を踏まえて

まとめのメッセージ

- ・ 生物界における種間の利他的な行動や性質は、それが長期的には自利になるから進化の中で獲得された