



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. McGlynn ²⁾, 河合 繁 ³⁾

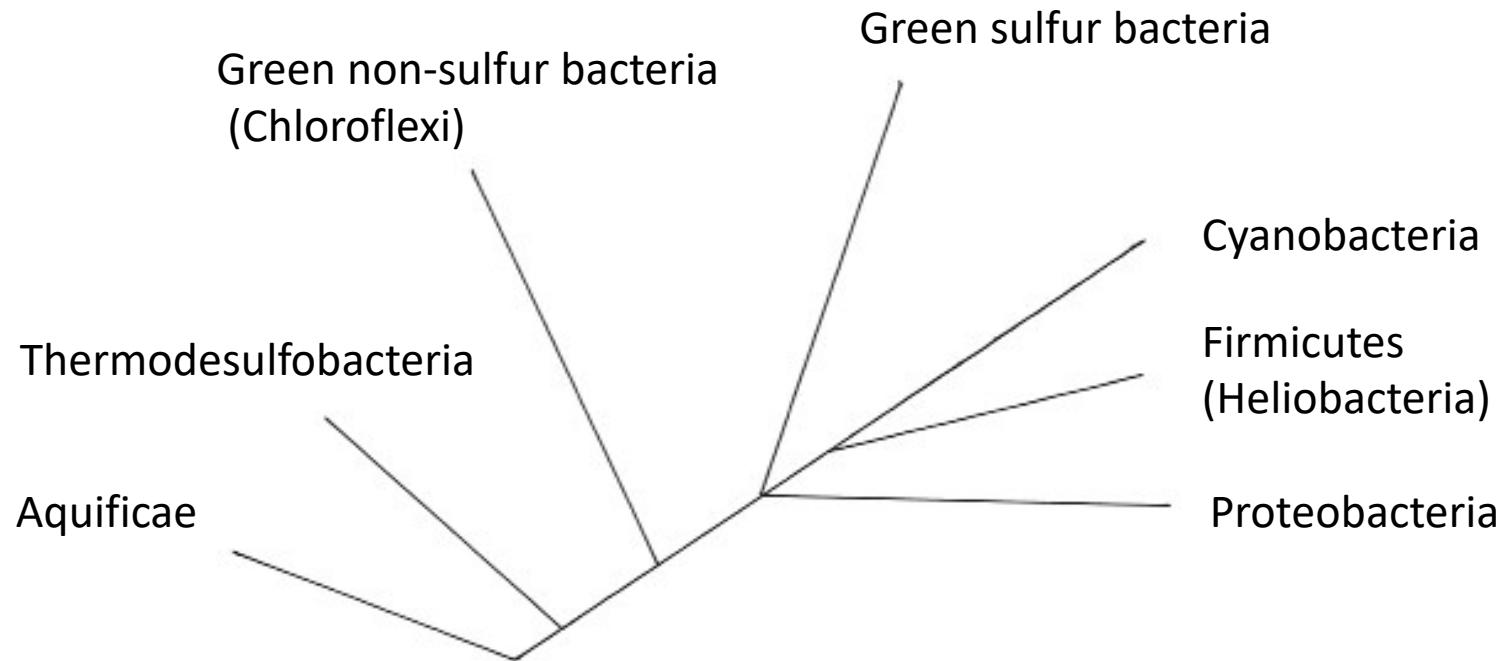
¹⁾ 代謝初期進化研, ²⁾東工大 ELSI, ³⁾JAMSTEC

Oyaizu & Woese : *Chloroflexus* が系統的に深い分岐の提案 1987

The green non-sulfur bacteria: A deep branching in the eubacterial line of descent

H.Oyaizu B.Debrunner-Vossbrinck L.Mandelco J.A.Studier C.R.Woese

Systematic and Applied Microbiology Volume 9, 1987, 47-53



大きな問い合わせ

1. 初めは、どのような光合成だったのか.

酸素発生型：独立栄養

酸素非発生型：従属栄養

酸素非発生型：独立栄養

2. どのようなエネルギー代謝の生物群集の中で、
光合成が始まった.

発酵

嫌気呼吸 好気呼吸

嫌氣化学合成 好氣化学合成

最初の光合成生物の候補としての *Chloroflexus*

1. 光合成生物としての最高温度（70°C付近）まで成育する。



2. 16s rRNAの 系統解析で光合成生物で一番深く分岐する。

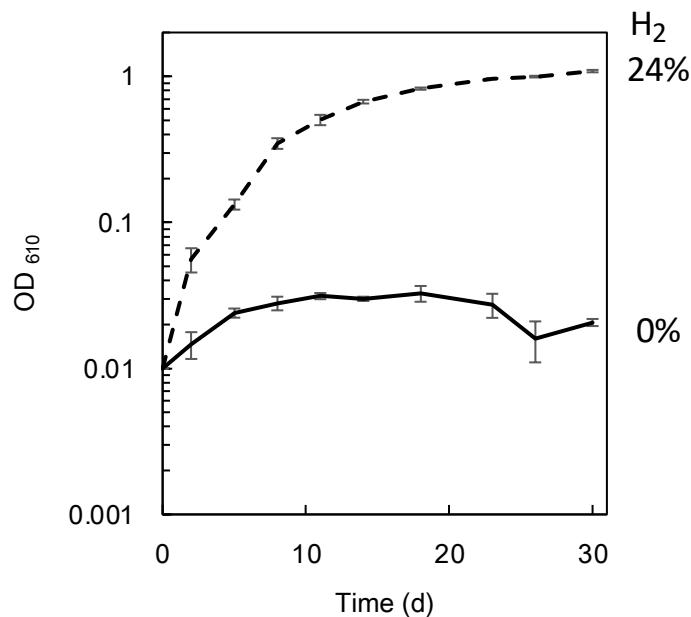
3. 従来は、従属栄養光合成と好気呼吸で良く成育することが知られていた。

4. 2019年, *Chloroflexus aggregans* は *in vitro* で独立栄養光合成でも良く成育すること, 化学合成でも少し成育することが明らかとなった. ⇒ 次2枚のスライド

C. aggregans は水素を電子源として光合成と化学合成で成育する

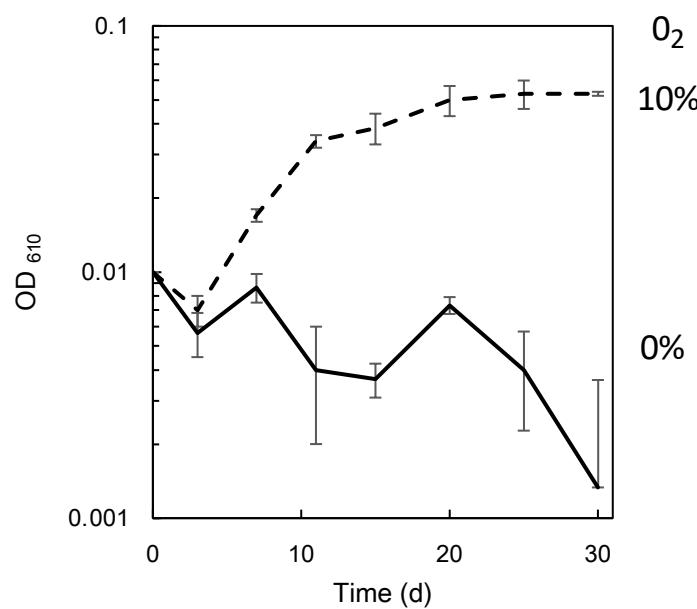
Kawai, Nishihara, Matsuura, Haruta, 2019

嫌気光合成成育



初期倍加時間 1 日程度で
よく成育する

微好気化学合成成育

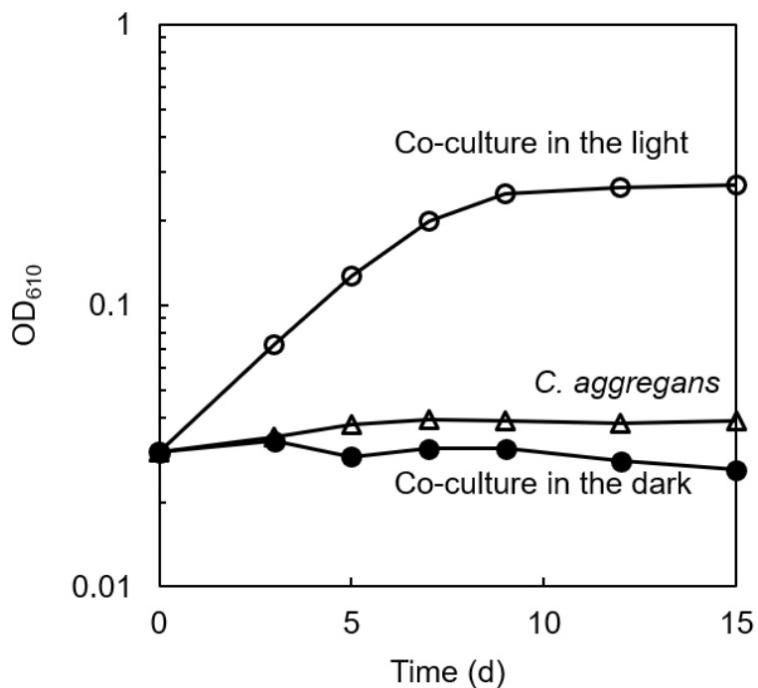


初期倍加時間 5 日程度で
少し成育する

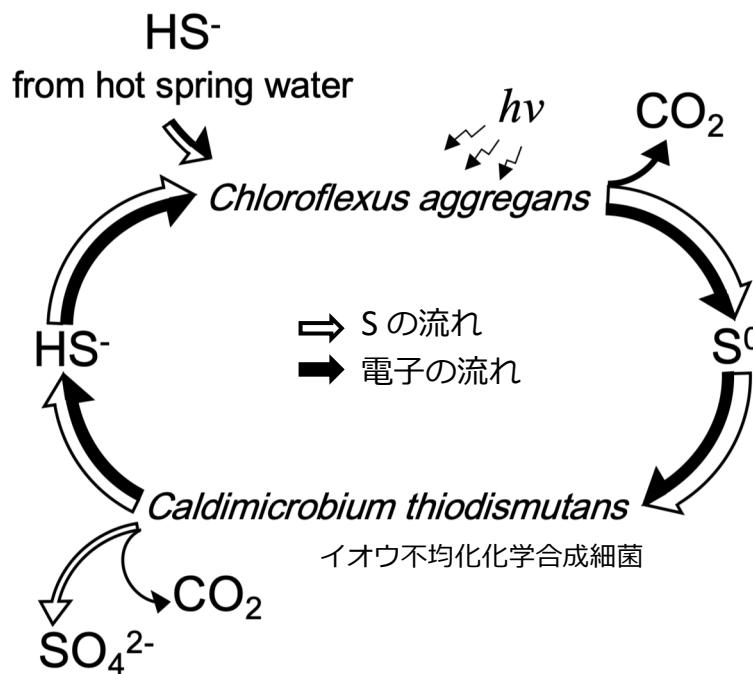
C. aggregans は 硫黄不均化菌との共存で HS⁻ を電子源として成育する

Kawai, Kamiya, Matsuura, Haruta, 2019

共培養系 HS⁻ 依存嫌気成育



共培養系での電子と S の流れ

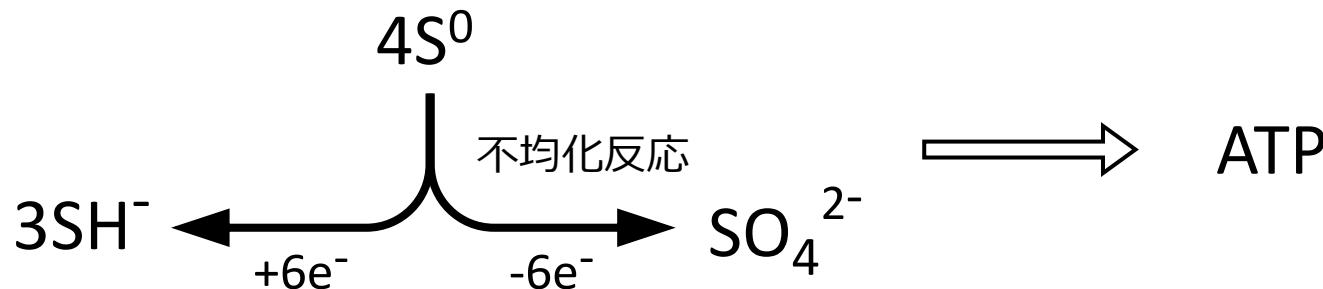


光と不均化菌との共培養依存で成育した

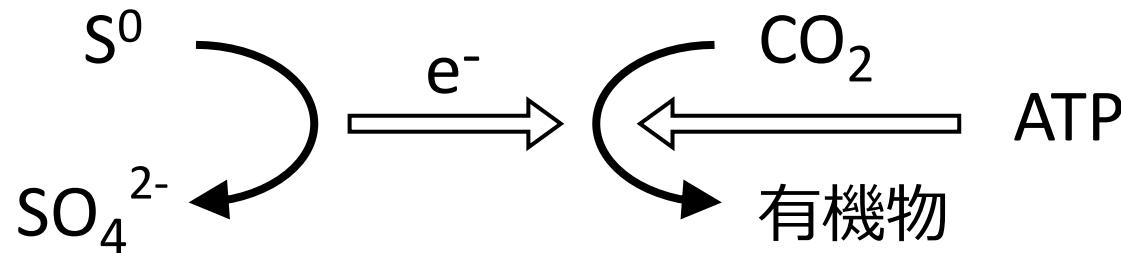
イオウ不均化菌の電子移動とエネルギー変換：模式図

1. エネルギー源としての S^0

硫黄不均化化学合成細菌



2. 電子源としての S^0



本研究の問い合わせ

1. 温泉水中の微生物群集中にイオウ不均化菌が十分量存在して、*C. aggregans* の光合成成育を支えていそうか
2. *C. aggregans* を含まない高温側 ($>70^{\circ}\text{C}$) の化学合成微生物群集は低温側 ($<70^{\circ}\text{C}$) の光合成微生物群集と代謝的類似性があるか
3. 化学合成から光合成出現の仮説モデルとして、中房温泉の独立栄養微生物群集の研究をさらに進める意味があるか

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

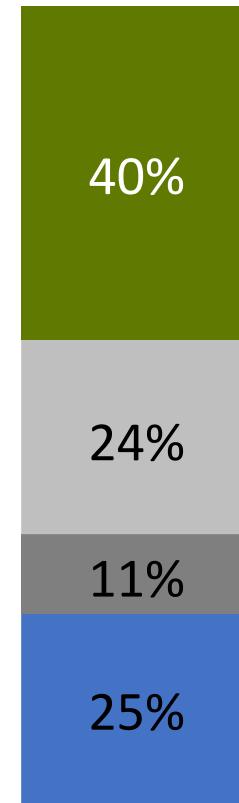


78°C



63°C

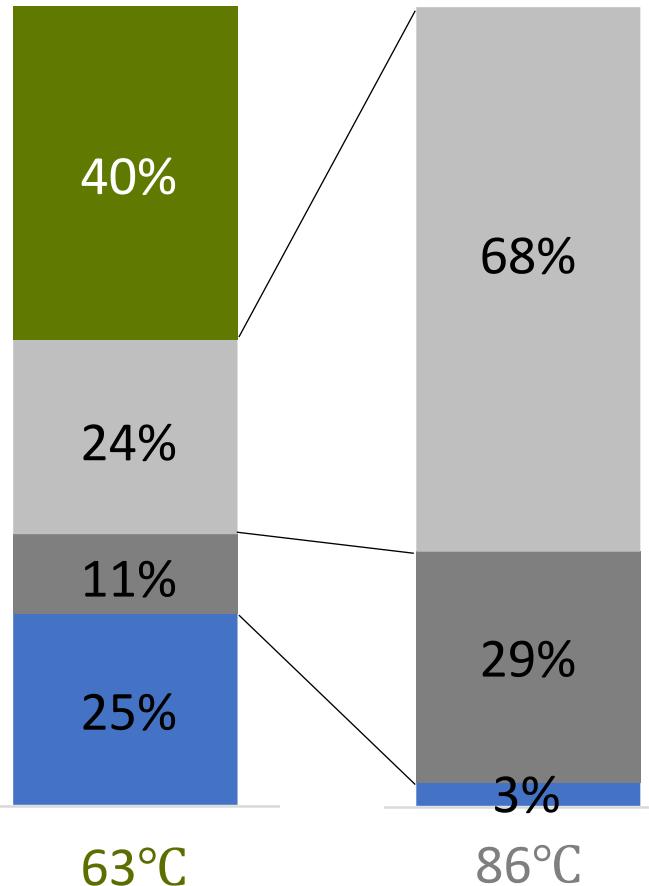
光合成微生物群集の中の主な微生物の構成



63°C

光合成微生物群集と化学合成微生物群集の微生物構成の比較

C. aggregans



HS⁻ 酸化化学合成細菌

イオウ不均化菌

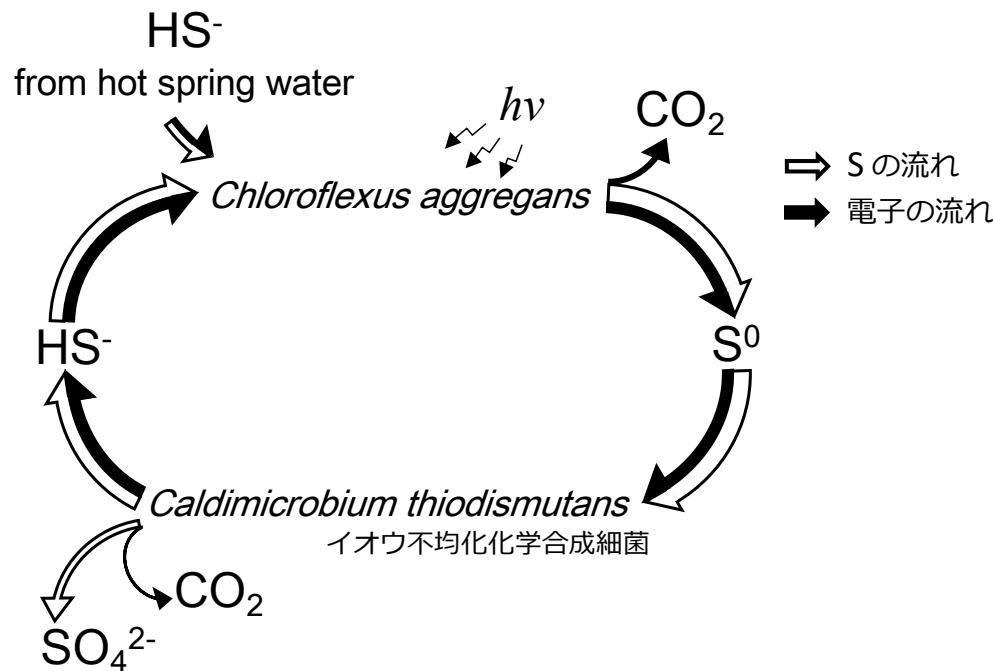
その他

環境条件と微生物の含有量

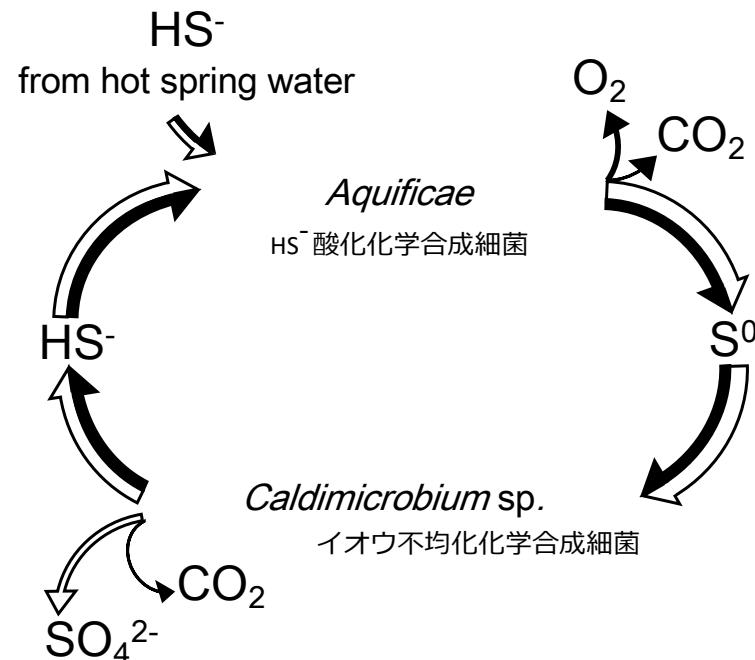
温度 (°C)	86	78	66	63	66
硫化水素 (μmol/L)	238	239	109	146	2
酸素 (μmol/L)	16	39	16	42	66
<i>C. aggregans</i> (%)	0	0	52	40	21
HS ⁻ 酸化 化学合成細菌 (%)	68	87	1	24	34
イオウ 不均化菌 (%)	29	8	14	11	10

光合成と化学合成微生物群集での主な電子の流れとSの流れ

光合成微生物群集 ($<70^{\circ}\text{C}$)
での電子とSの流れ



化学合成微生物群集 ($>70^{\circ}\text{C}$)
での電子とSの流れ



本研究の問い合わせに対する結論

- 温泉水中の *C. aggregans* を含む微生物群集中に
イオウ不均化菌が十分量存在して、
C. aggregans の光合成成育を支えていそうか →YES
- C. aggregans* を含まない高温側 ($>70^{\circ}\text{C}$) の化学合成微生物群集は
低温側 ($<70^{\circ}\text{C}$) の光合成微生物群集と代謝的類似性があるか
→YES
- 化学合成から光合成出現の仮説モデルとして、中房温泉の
独立栄養微生物群集の研究をさらに進める意味があるか
→YES

謝辞：百瀬孝仁様（中房温泉）：中房温泉の温泉水中の微生物の利用の許可と諸便宜
広瀬侑様（豊橋技術科学大学）：光合成微生物群集の 16s rRNA アンプリコン解析



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⁾JAMSTEC