



# 好熱性糸状光合成細菌を含む細菌群集における 光合成色素および色素合成遺伝子の存在比と 酸化還元条件の関係

【意義：最初の光合成生物誕生への由来に迫る】

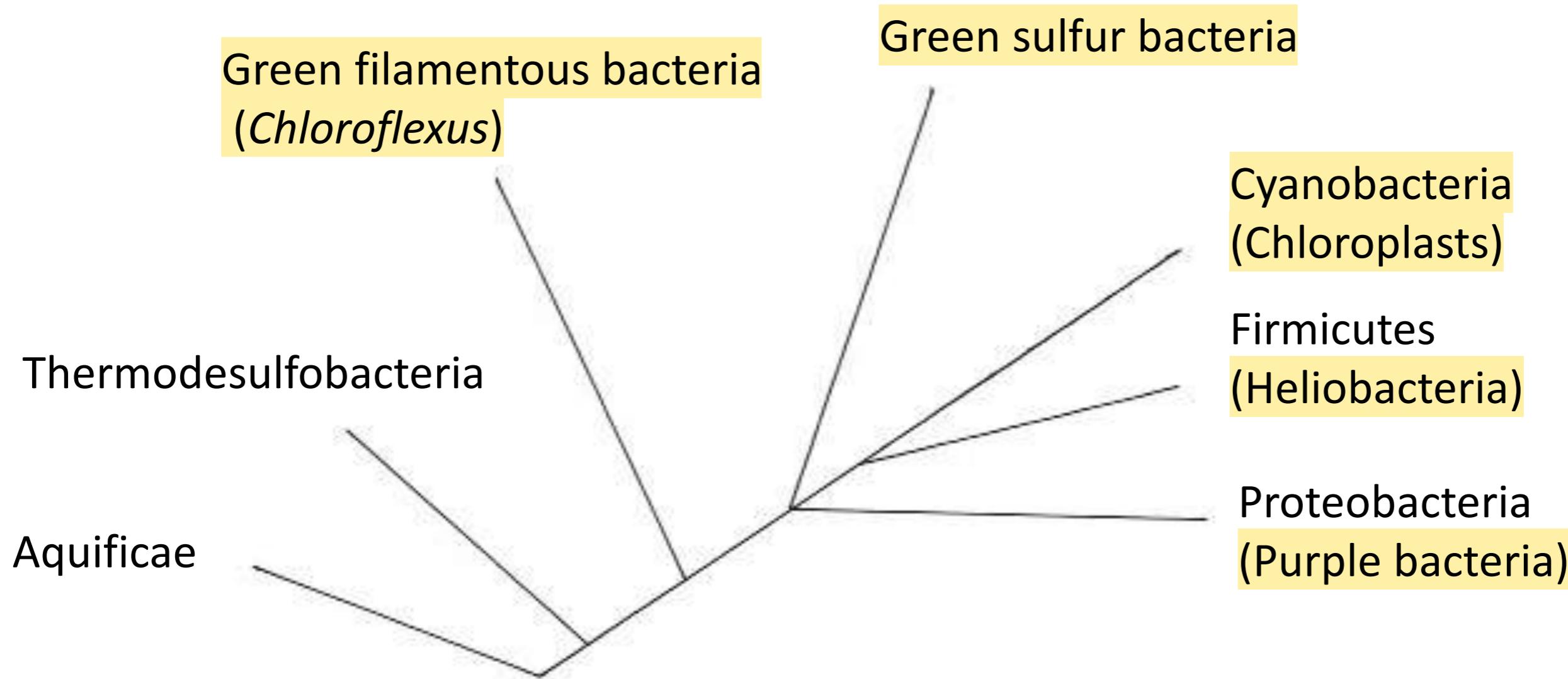
松浦 克美<sup>1), 2)</sup>, Shawn E. McGlynn<sup>2)</sup>, 河合 繁<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>代謝初期進化研, <sup>2)</sup>東工大 ELSI, <sup>3)</sup>JAMSTEC

# 好熱性糸状光合成細菌 *Chloroflexus* は系統的に古い光合成生物である

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  
(1987) Systematic and Applied Microbiology 9, 47-53



## 最初の光合成生物の候補としての *Chloroflexus* の性質

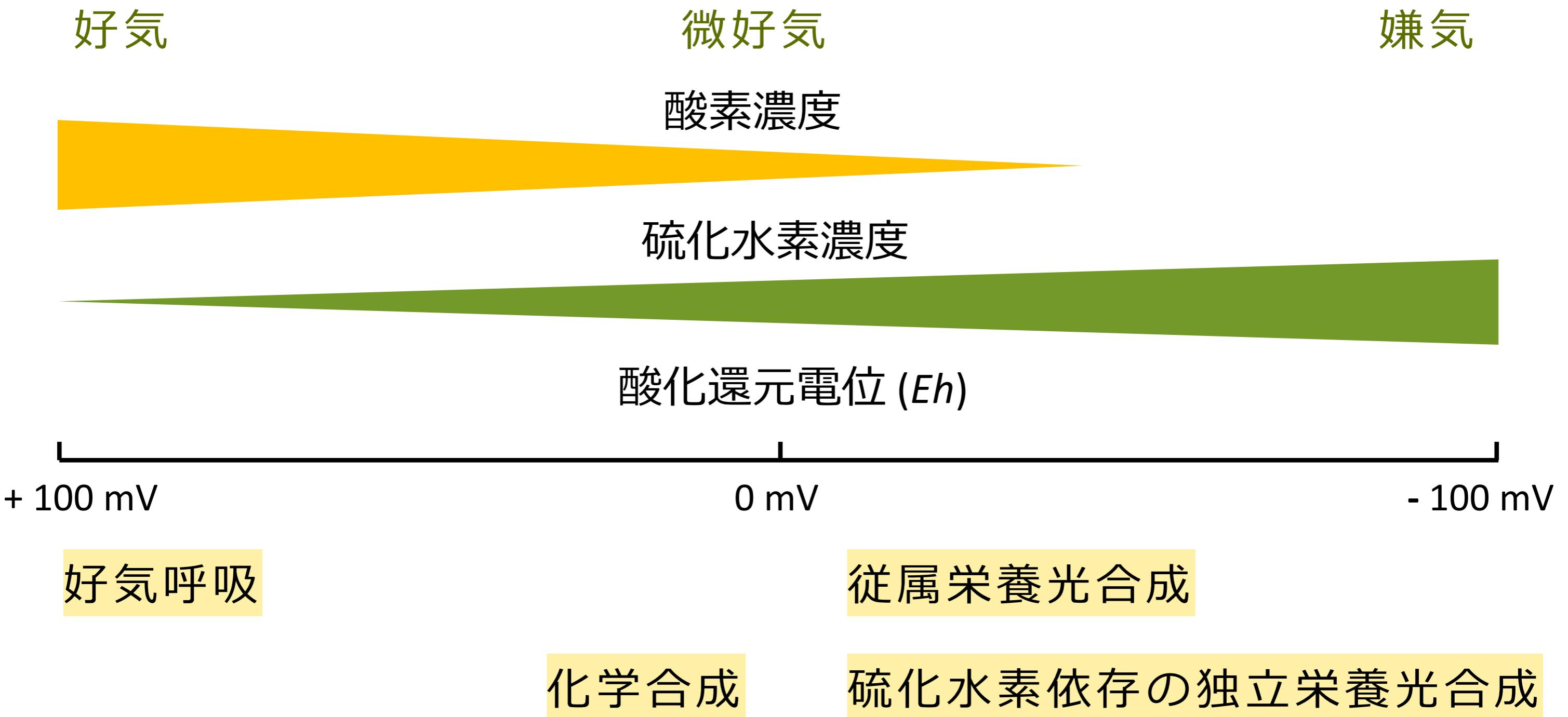
1. 16s rRNAの 系統解析で光合成生物で一番深く分岐する.
2. 光合成生物としての最高温度 (70°C付近) まで成育する.
3. 従来から, 従属栄養光合成と好気呼吸で良く成育することが知られていた.
4. 2019年, *Chloroflexus aggregans* は硫化水素依存の独立栄養光合成でも良く成育すること, 化学合成でも少し成育することが明らかとなった.

Kawai, Nishihara, Matsuura, Haruta, 2019, FEMS Microbiol. Lett. 366, fnz122

Kawai, Kamiya, Matsuura, Haruta, 2019, Front. Microbiol. 24, 1550



# 酸化還元条件・硫化水素濃度・酸素濃度と *Chloroflexus* の成育（予想）



## 本研究の背景と目的

### 背景：

1. *Chloroflexus* の野外での成育を、環境条件との関係で調べた研究はこれまでにない。
2. *Chloroflexus* の光合成や他のエネルギー代謝との関係がわかれば、光合成の誕生に至ったヒントが得られる可能性がある。

### 目的と方法：

1. 中房温泉の、光合成生物として *Chloroflexus* のみが成育している微生物群集で、成育と酸化還元条件の関係を調べる。
2. *Chloroflexus* の成育は、光合成色素の吸収スペクトル、光合成反応中心遺伝子、バクテリオクロロフィル合成遺伝子で調べる。

## 調査と解析の流れ

2020年7月–9月

- ・温泉水の流れ方と温度を調整し、安定的な群集と環境条件を確認

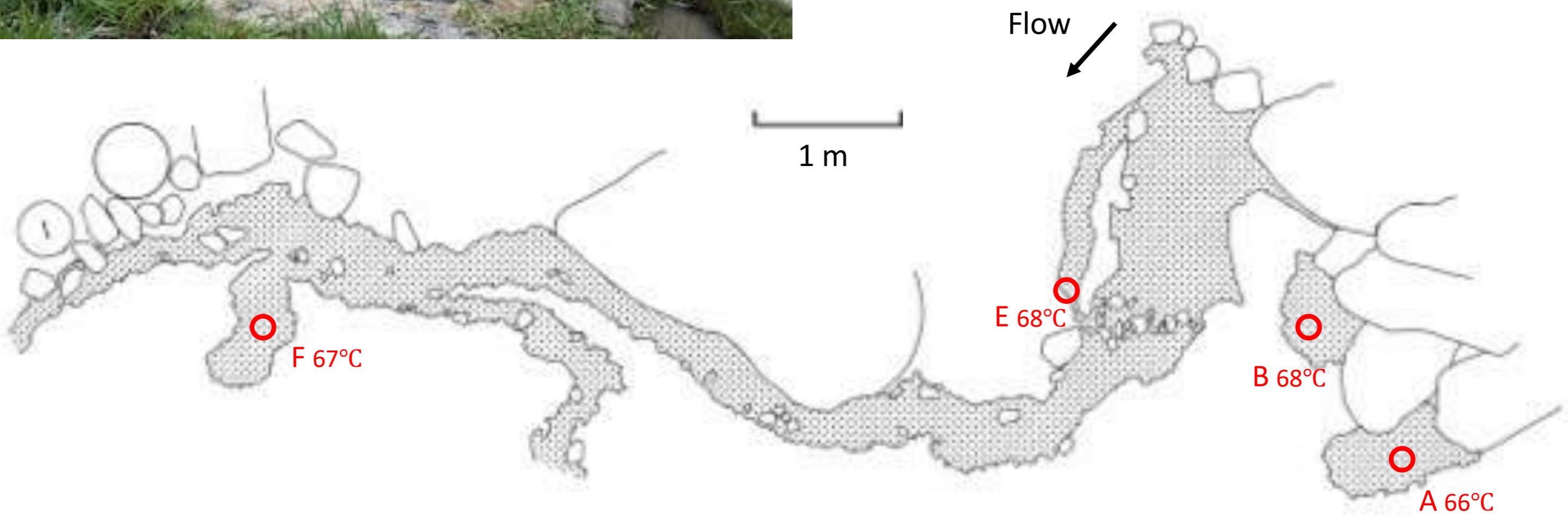
2020年9月26日–9月28日

- ・色調や源泉からの距離の異なる 7 種類の *Chloroflexus* を含む微生物群集のサンプリング
- ・サンプリングした場所の周囲の水中の硫化水素濃度、酸素濃度、酸化還元電位の測定

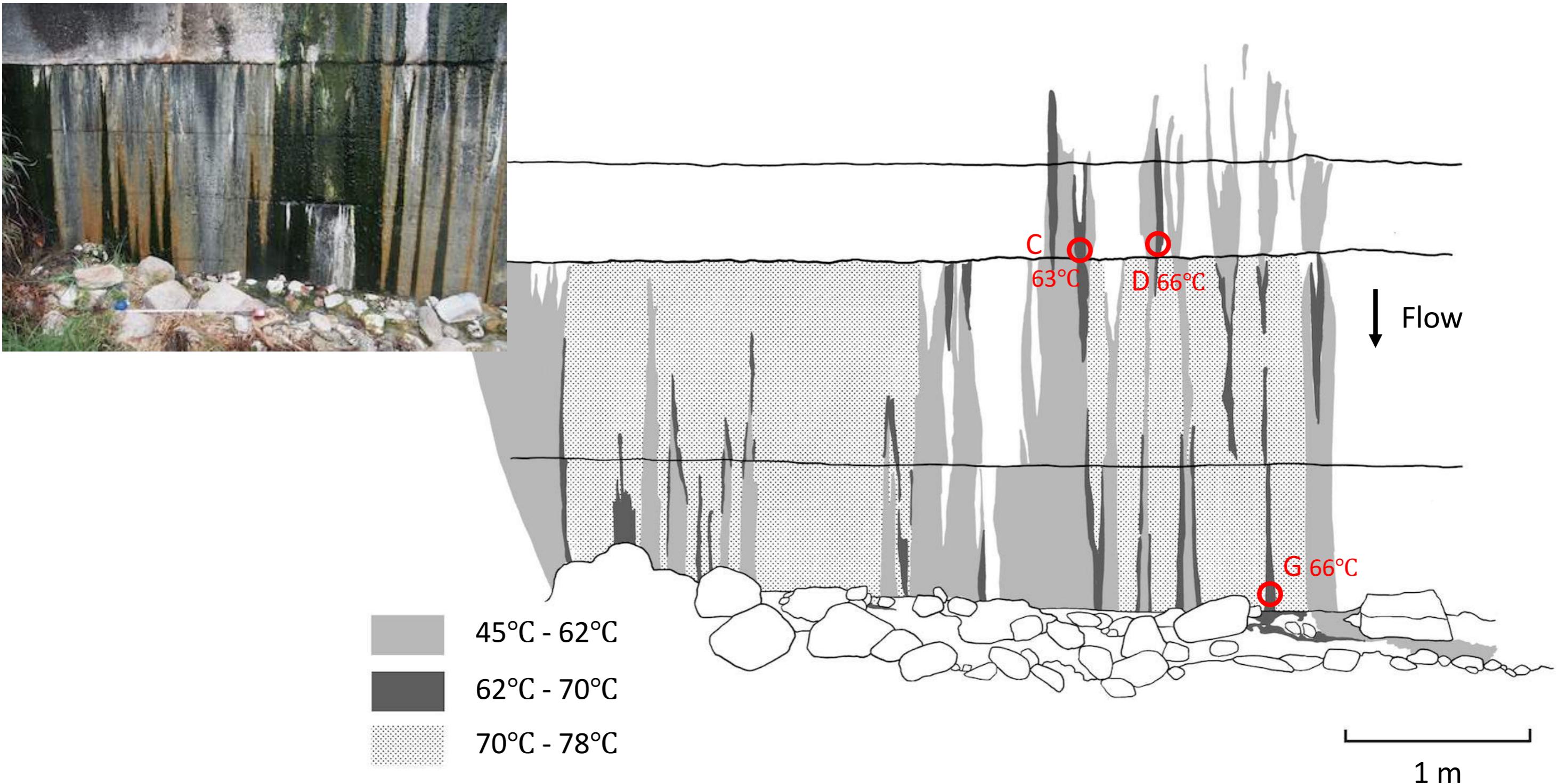
2020年10月以降

- ・光合成色素の吸収スペクトルと 2 次微分による相対値の定量
- ・リアルタイム定量 PCR による光合成反応中心遺伝子 *puf* の相対的定量
- ・アンプリコン配列解析によるバクテリオクロロフィル合成遺伝子 *bchX* と *bchL* の相対的定量

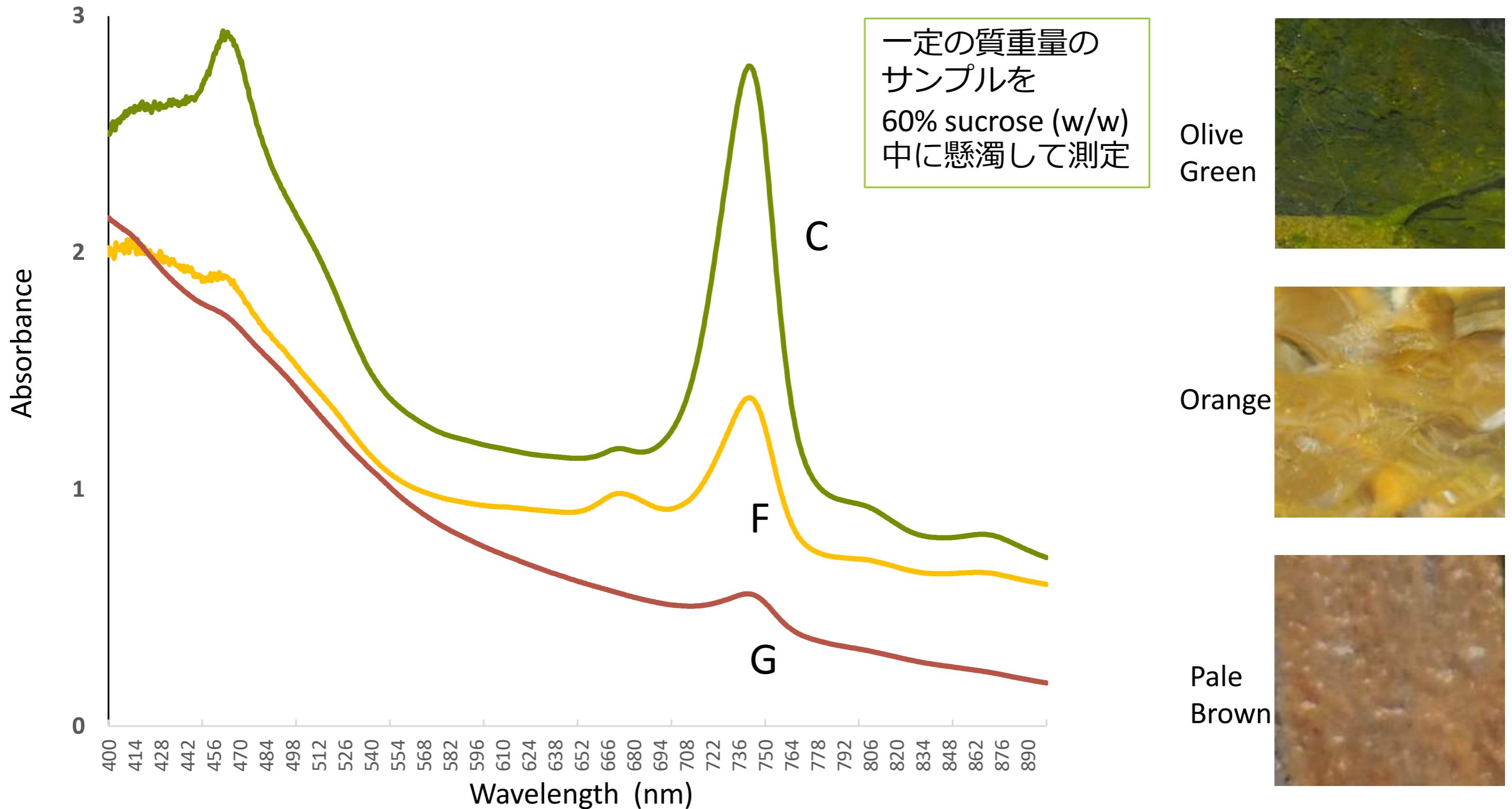
## 調査地 1 : 中房温泉・合戦の湯：川原の砂地上の流れ



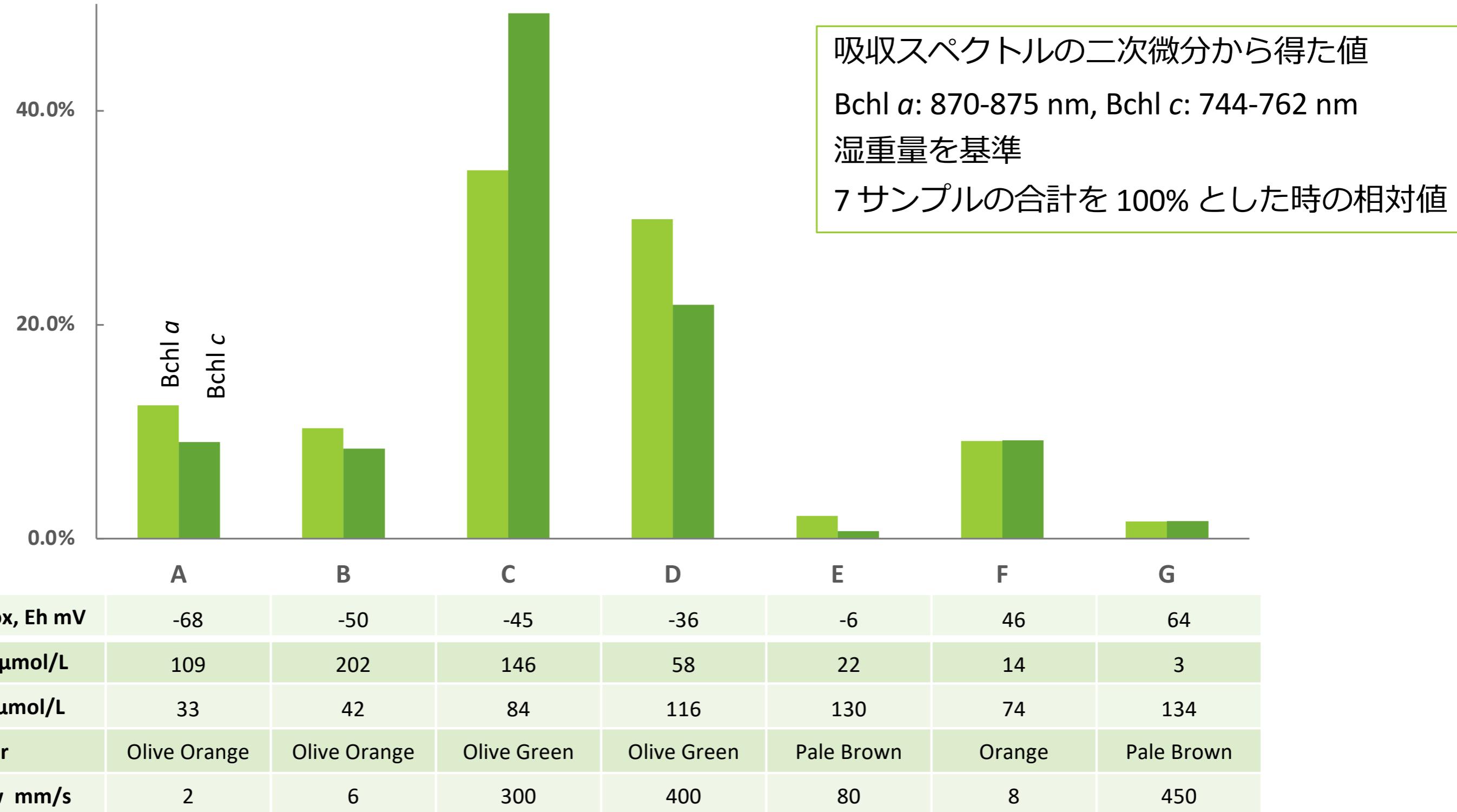
## 調査地 2 : 中房温泉・古事記の湯：砂防ダムの壁面の流れ



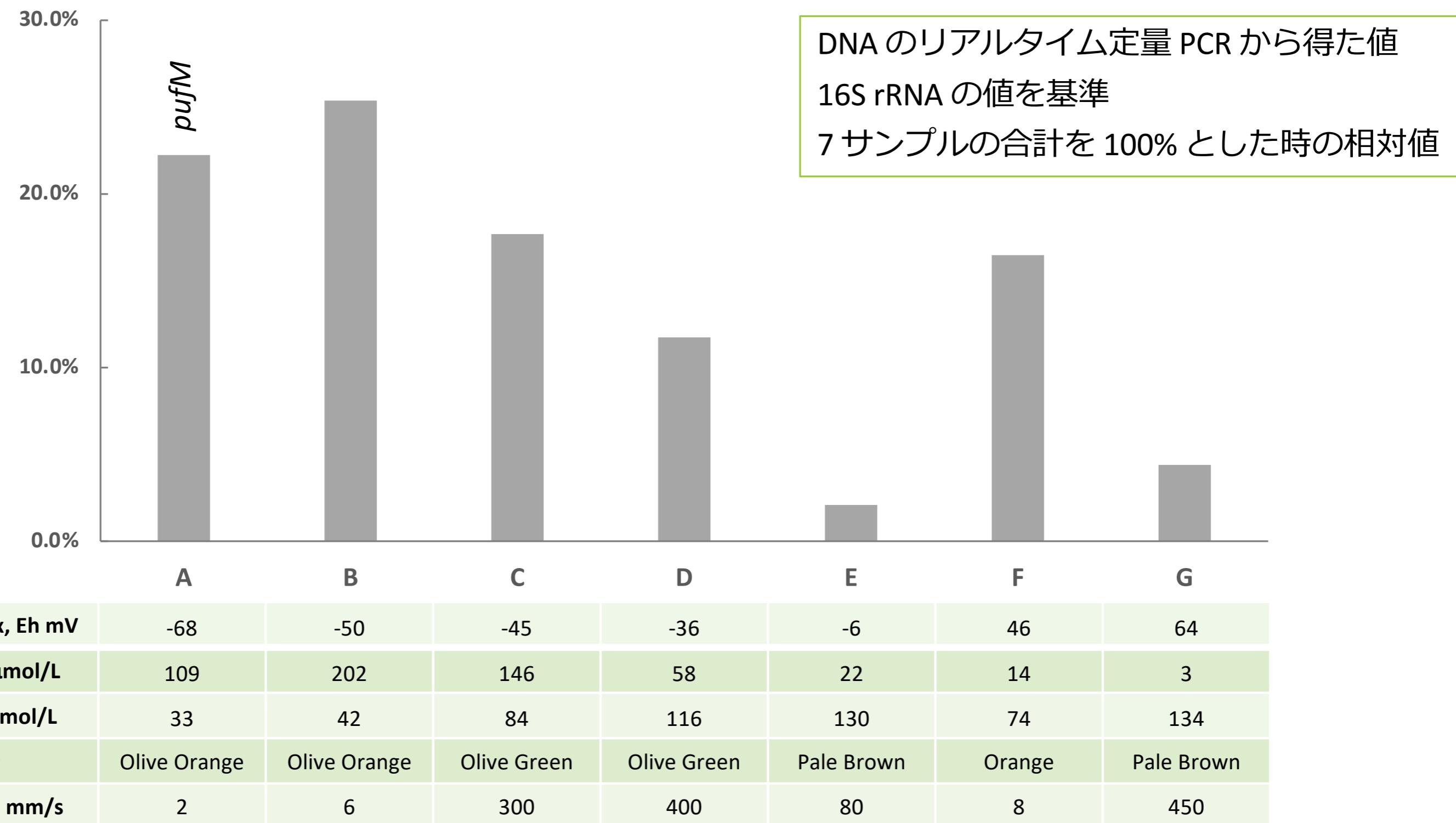
# 群集サンプル懸濁液の光合成色素の吸収スペクトル



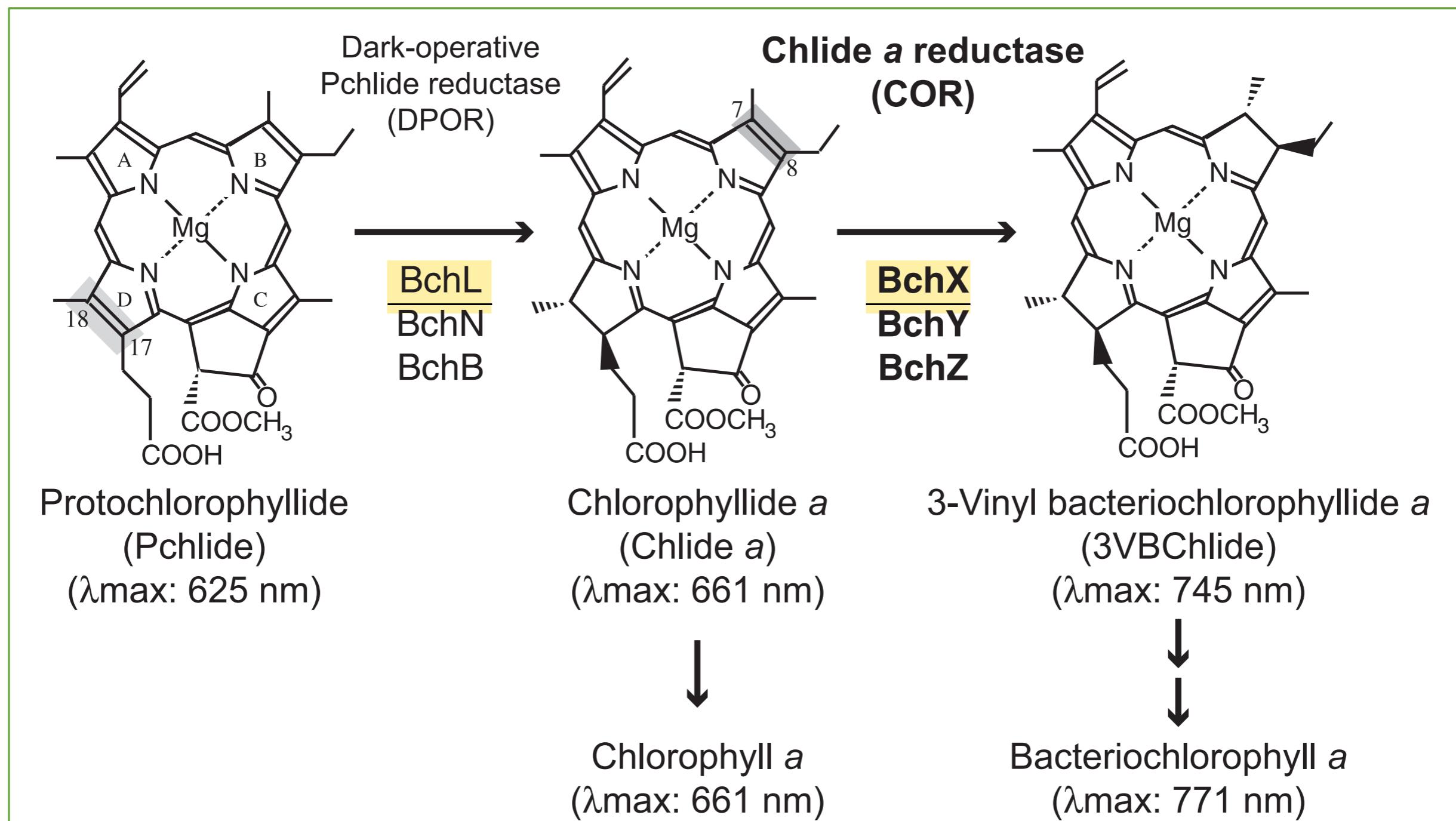
# 光合成色素 Bchl *a* と Bchl *c* の相対量と酸化還元条件



# 光合成反応中心遺伝子 *pufM* の相対量と酸化還元条件

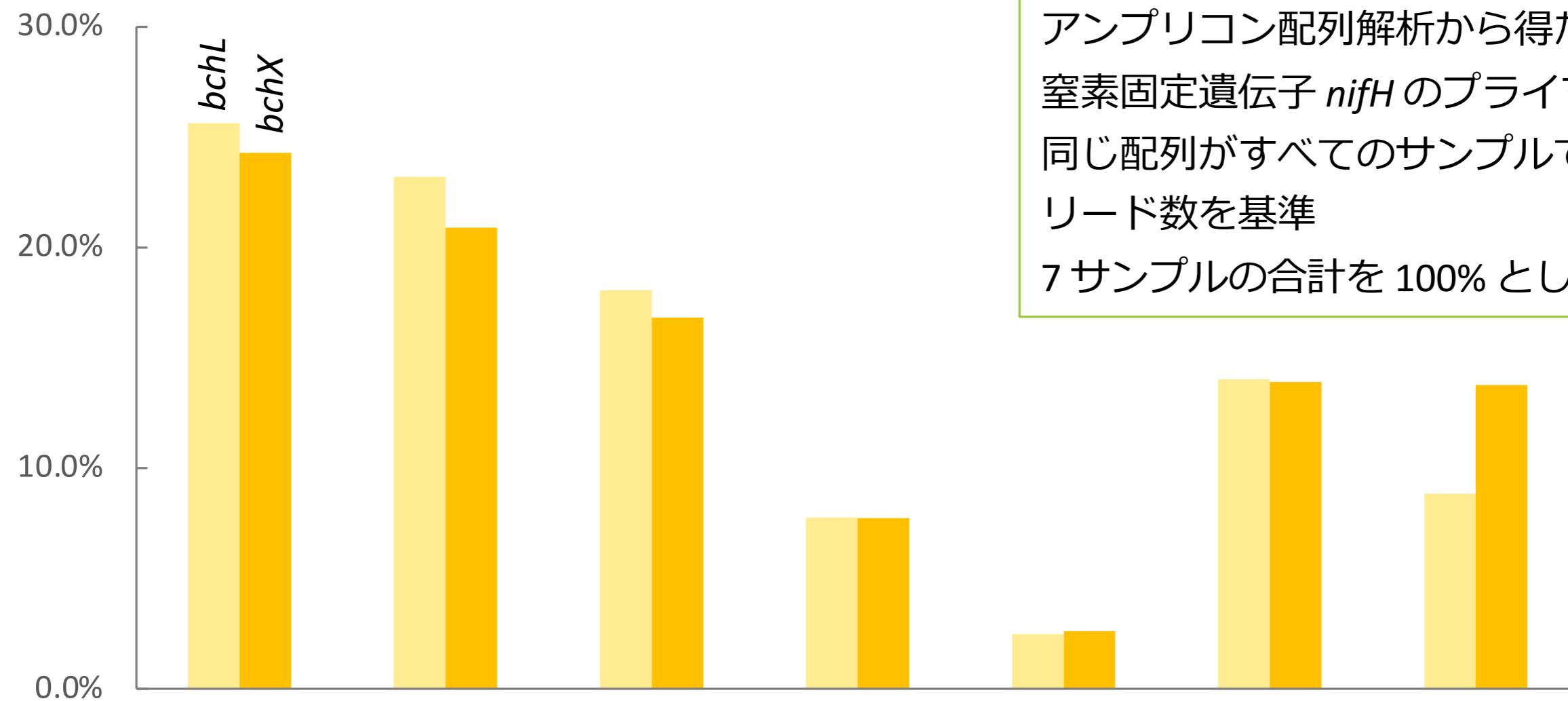


# バクテリオクロロフィル合成酵素 BchL とBchX の反応経路



From: J.Nomura, T.Mizoguchi, H.Tamiaki, Y.Fujita (2006) J. Biol. Chem. 15021-15028

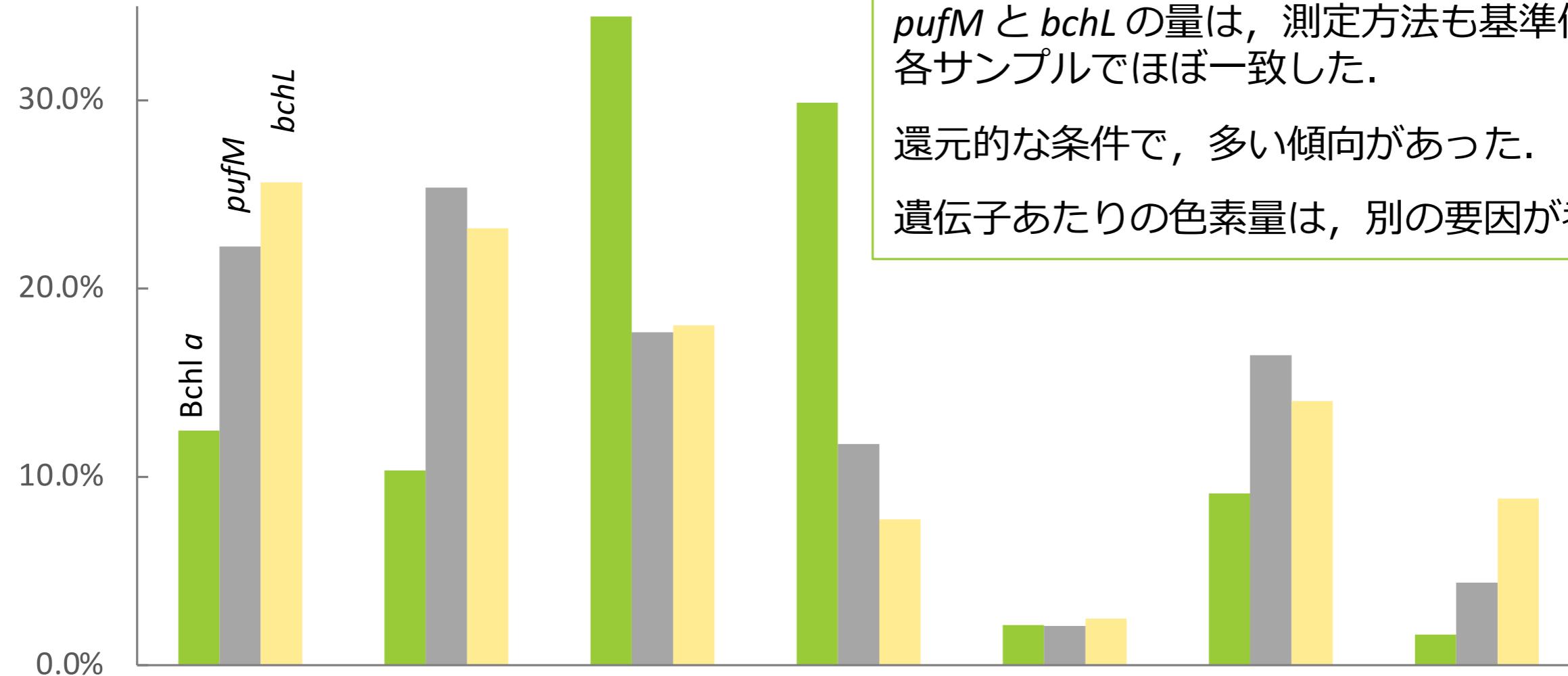
# 合成酵素遺伝子 *bchL* と *bchX* の相対量と酸化還元条件



アンプリコン配列解析から得た値  
 窒素固定遺伝子 *nifH* のプライマーを使用  
 同じ配列がすべてのサンプルで得られた  
 リード数を基準  
 7サンプルの合計を 100% とした時の相対値

	A	B	C	D	E	F	G
redox, Eh mV	-68	-50	-45	-36	-6	46	64
SH <sup>-</sup> μmol/L	109	202	146	58	22	14	3
O <sub>2</sub> μmol/L	33	42	84	116	130	74	134
Color	Olive Orange	Olive Orange	Olive Green	Olive Green	Pale Brown	Orange	Pale Brown
Flow mm/s	2	6	300	400	80	8	450

# データのまとめ：Bchl *a* 量, *pufM* 遺伝子量, *bchL* 量と酸化還元条件



*pufM* と *bchL* の量は、測定方法も基準値も異なるのに各サンプルでほぼ一致した。  
還元的な条件で、多い傾向があった。  
遺伝子あたりの色素量は、別の要因が考えられた。

	A	B	C	D	E	F	G
redox, Eh mV	-68	-50	-45	-36	-6	46	64
SH <sup>-</sup> μmol/L	109	202	146	58	22	14	3
O <sub>2</sub> μmol/L	33	42	84	116	130	74	134
Color	Olive Orange	Olive Orange	Olive Green	Olive Green	Pale Brown	Orange	Pale Brown
Flow mm/s	2	6	300	400	80	8	450

## 結論

1. 中房温泉の多様な酸化還元条件・硫化水素濃度・酸素濃度の中で、同じ *Chloroflexus* が成育していた.  

2. *Chloroflexus* の相対存在量は、還元性が高く、硫化水素が多く、酸素が少ないほど、多く存在した.  

3. 中房温泉の *Chloroflexus* は、主に、硫化水素依存の独立栄養光合成で成育していると考えられた.  

4. 今後、さらに研究を進めることにより、最初の光合成誕生への由来に迫れる可能性があると考えている.