

## 単細胞性紅藻 *Galdieria sulphuraria* における高濃度 CO<sub>2</sub> が光合成に与える影響

尾関 大徳 (筑波大学 生物学類)

指導教員：蓑田 歩 (筑波大学 生命環境系)

### 【背景・目的】

光合成には CO<sub>2</sub> が必要である一方、光合成生物は高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下で増殖することができない。例外的に、単細胞性紅藻のシアニジウムは 100%CO<sub>2</sub> 条件において通常大気条件よりも効率よく増殖することが報告されている (Seckbach *et al.*, 1970) が、そのメカニズムは未だ不明である。

そこで、本研究では、シアニジウム類のうち、100%CO<sub>2</sub> 耐性をもち全ゲノム配列が既知の *Galdieria sulphuraria* 074W (Schonknecht *et al.*, 2013) を研究材料として、高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下でも *G. sulphuraria* が増殖可能なメカニズムを解明することを目的として研究を行った。

### 【材料・方法】

- (1) 培養: *Galdieria sulphuraria* 074W を初期濁度 OD<sub>750</sub> = 0.2 となるように 2×Allen's medium (pH 2.5) で調整し、通気速度 100 mL min<sup>-1</sup>、40°C、100 μmol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> の連続光 (白色光) 照射で培養した。
- (2) 光合成活性測定: 酸素発生速度は、5-10 μg chlorophyll mL<sup>-1</sup>、40°C、飽和光 (150 μmol photons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) でクラーク型酸素電極を用いて測定を行った。全光合成電子伝達鎖の活性評価として 0.5 mM NaHCO<sub>3</sub> を電子受容体とした酸素発生速度を測定し、光化学系 (PSII) 活性は 0.4 mM 1,4-benzoquinone を電子受容体とした酸素発生速度を測定した。パルス変調 (PAM) クロロフィル蛍光測定は、Misumi & Sonoike, 2017 に従った。

### 【結果】

高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下での藻類の増殖や光合成についての先行研究では通気 CO<sub>2</sub> 濃度のみが記載されており、培養液中の溶存無機炭素 (DIC) 濃度や溶存酸素 (DO) 濃度が不明であるという問題が存在した。そこで、最初に、段階的に CO<sub>2</sub> 濃度を変えた培養系を作製し、通気 CO<sub>2</sub> 濃度ごとの培養液中の DIC 濃度や DO 濃度を決定した。この培養系を用いて、*G. sulphuraria* を培養したところ、75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度において増殖速度は顕著に低下し (Figure 1)、NaHCO<sub>3</sub> を電子受容体とした酸素発生速度 (全光合成電子伝達鎖の活性) も低下した。それに対して、呼吸活性は 75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度でも、通常大気条件と変わらなかった。

高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下での光合成活性の低下の原因を探るため、PAM クロロフィル蛍光法を用いたクエンチング分析を行った結果、75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度では通常大気条件と比較して電子伝達速度の指標である rETR は大きく低下した。rETR の低下は NaHCO<sub>3</sub> を電子受容体とした酸素発生速度の低下と同様に、75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度での光合成活性の低下を示す。また、PQ プールの酸化還元状態の指標である qP が低下していたことから、PQ プールの還元が示唆された。

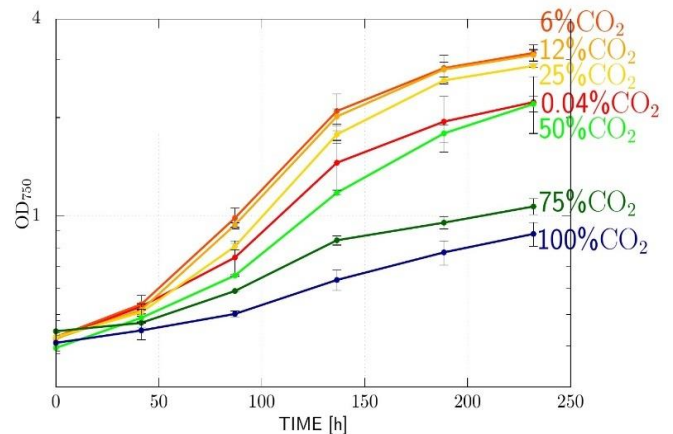


Figure 1 各 CO<sub>2</sub> 濃度で培養した *G. sulphuraria* の増殖曲線

一方で、PSII 活性は CO<sub>2</sub> 濃度に依存して低下した。PAM クロロフィル蛍光法により PSII の最大量子収率を測定すると同様に CO<sub>2</sub> 濃度に依存して低下していた。

### 【結果のまとめ・今後の展望】

本研究では、*G. sulphuraria* は高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下でも増殖可能であるが、先行研究とは異なり 75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度では増殖速度が低下することをみいだした。そこで、詳細な生理学的解析を行ったところ、*G. sulphuraria* は高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下でも呼吸活性を維持することで増殖可能である一方、PSII 活性は CO<sub>2</sub> 濃度に依存して低下し、増殖速度が低下する 75%以上の CO<sub>2</sub> 濃度では光合成活性の低下と PQ プールの還元が起きており、これらが増殖速度の低下につながっていると考えられた。

今後、高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下で光合成活性の低下が起きる原因について PSI 活性の測定や光化学系や集光装置タンパク質のイムノプロットにより詳細に調べるとともに、遺伝子発現解析や代謝物解析を行い、高濃度 CO<sub>2</sub> 条件下で *G. sulphuraria* が増殖可能なメカニズムを明らかにしたい。

### 【謝辞】

本研究を行うにあたり、光合成活性測定をはじめとする光合成研究に関してご指導を頂きました早稲田大学 園池公毅教授、三角将洋さんに深く感謝申し上げます。

### 【参考文献】

- [1] Seckbach *et al.*, Nature, 227, 744-745 (1970)
- [2] Schonknecht *et al.*, Science, 339, 1207-1210 (2013)
- [3] Misumi & Sonoike, Scientific Reports, 7, 46100 (2017)