

序論

光合成生物は環境の変化によって、光合成に関わる構成物質の量を様々に変化させることが知られている。また、環境が強いストレスとなるような環境条件においては、光合成の抑制的な調節や、阻害などが起こる。たとえば、高濃度の塩は光化学系 II に影響を与えるため、塩ストレス条件下で光が照射されることによって、光化学系 II が障害を受ける。これを避けるために、一部のシアノバクテリアは光化学系 I を増加させ、光化学系 I 循環型電子伝達により、塩排出のためのエネルギーを獲得する (Hibino et al. 1996)。一方、強光ストレス条件下のシアノバクテリアでは、光化学系 I と光化学系 II の相対比を変化させる光化学系量比調節が起こる。この量比調節に欠損が見られる遺伝子破壊株 (量比調節欠損株) が *Synechocystis*. sp. PCC6803 (以下 6803 株) において得られており、これらの解析によって光化学系 I 量の減少が強光ストレス下での生育に重要であることが、明らかになっている (Sonoike et al. 2001; Fujimori et al. 2005)。また、量比調節欠損株はグルコースがストレス因子となり、光混合栄養条件下で生育阻害 (光グルコース感受性) を示す (Hihara et al. 1997; Ozaki et al. 2007)。

このように、あるストレスに対する応答の変化が、別のストレスに対する応答の変化を誘導することはよく見られるが、そのクロストークがどのように引き起こされるのかについては未解明である。本研究においては、塩の添加によって、上記の量比調節欠損株における光グルコース感受性が緩和されることをきっかけに、塩またはグルコース、もしくは両方が存在するときの生育と光化学系量比調節を野生株と欠損株において比較することによって、光グルコース感受性が引き起こされる要因とストレス間の相互作用のメカニズムを探求することとした。

結果と考察

グルコース感受性の塩による緩和

これまでの研究で、量比調節欠損株 (*pmgA*, *sll1961*) は光グルコース感受性を示す事が知られていたが、本研究によって塩の添加により光グルコース感受性は緩和されることが明らかとなった (図 1)。6803 株は 6 つの Na^+/H^+ 対向輸送体と 1 つのグルコース/ H^+ 共輸送体を持つ。高塩濃度下では、細胞内への Na^+ の流入に応じて Na^+/H^+ 対向輸送体による Na^+ の細胞外への排出が行われる。同時に、細胞内へ H^+ が輸送されるため、他の輸送体による細胞内への H^+ の輸送は抑えられると考えられる。このため、グルコース/ H^+ 共輸送体の輸送活性は

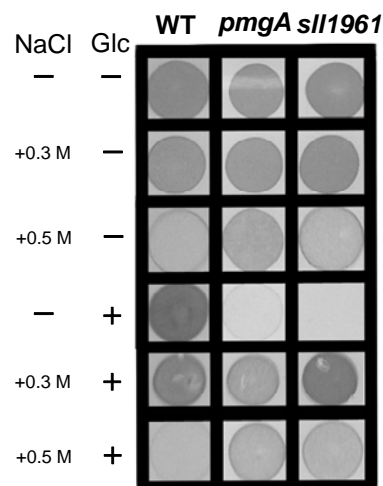


図 1: NaCl やグルコース (Glc) 存在下での生育。WT; 野生型。 *pmgA*, *sll1961*; 量比調節欠損株。

おさえられ、グルコースが細胞内に入りにくくなったためにグルコース感受性が見られなくなった可能性が考えられる。

光化学系量比の測定

先行研究では、一部の好塩性シアノバクテリアは、高塩濃度下で光化学系 I 量を増加させることが報告されている。また、量比調節欠損株の光グルコース感受性から、光化学系量比調節が光混合栄養条件での生育に重要であることが予想される。そこで、塩やグルコースがある条件で野生株と量比調節欠損株の光化学系量比を測定した。すると、野生株と量比調節欠損株はグルコースや塩によってその光化学系量比を変化させないことが明らかとなった。このことから、6803 株は好塩性のシアノバクテリアとは異なり塩ストレス下での光化学系量比調節を行わないことが分かった。このことは、好塩性シアノバクテリアが 2.0 M を超えるような NaCl 濃度に対しても耐性があるのに対し、淡水産である 6803 株では耐性が 1.2 M までであることの原因となっているのかもしれない。一方、グルコース存在下でも光化学系量比に変化が起こらなかったことから、光グルコース感受性の直接の原因が量比調節の欠損にあるのではないことが示唆された。

光グルコース感受性に影響を与える因子の探索

これまでの研究で、量比調節欠損株である *pmgA* での光グルコース感受性は、特定の pH や CO₂ 濃度で見られることが明らかとなっている。実際に pH および CO₂ 濃度を振って生育を検討すると、pH 8.0 では大気レベルの CO₂ (0.035%)、3%CO₂ のいずれ CO₂ 濃度でも光グルコース感受性は見られなかった。また、pH 7.0 のときに大気レベルの CO₂ 濃度では光グルコース感受性は見られず、3%CO₂ 条件下においてはグルコース感受性が見られた。一方、これらのときの培養終了時の pH を測定したところ、光グルコース感受性が見られる条件のみで pH が 7.0 以下に下がっていた。そこで、CO₂ 濃度は pH を下げる要因としてはたらしき、実際には培地の pH が重要なのではないかと考え、pH 6.8 において大気レベルの CO₂ 濃度での生育を測定した。すると、この条件において、*pmgA* 変異株において光グルコース感受性が見られた。低 pH 条件では培地中の H⁺濃度は高くなっていると考えられる。そのためグルコース/H⁺共輸送体の輸送活性が高められ、細胞内へのグルコースの輸送活性が高まったために光グルコース感受性が見えやすくなったと考えられる。

結論

本研究により、光グルコース感受性は、塩の添加によって緩和され、低 pH 条件で強められることが明らかになった。また、光グルコース感受性の直接の原因が光化学系量比調節の欠損ではないことが示唆された。塩ストレス下での光化学系 I 量の増加は、好塩性シアノバクテリア特異的に起こるものであり、6803 株において光化学系量比は塩によって変化せず、これが好塩性シアノバクテリアと淡水性シアノバクテリアの塩耐性の違いの原因となっている可能性が示唆された。