

2023 年度年次報告書
植物分子の機能と制御
2021 年度採択研究代表者

高橋 洋平

名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所
特任准教授

二酸化炭素濃度を感知する植物細胞内装置と作用分子

研究成果の概要

陸上植物は、表皮に存在する気孔を介して光合成に必要な二酸化炭素(CO₂)のほとんどを取り込んでいるが、CO₂ 濃度そのものを感知して気孔を開閉することが知られている。このことは、陸上植物が、外部環境を感知して気孔を介した CO₂ の取り込みや蒸散量を適切に調節する分子メカニズムを有することを示唆している。しかしながら、気孔がどのように CO₂ 濃度を感知し、どのような仕組みで気孔閉鎖が導かれるのかは、長らく未解明な部分が多かった。

私は昨年度、植物の気孔における初めての CO₂/HCO₃⁻センサー分子を報告した(Takahashi et al., *Science Adv.*, 2022)。シロイヌナズナにおいて気孔を構成する孔辺細胞において、Raf-like プロテインキナーゼである HT1 と、進化的によく保存された MAP キナーゼである MPK4/12 が CO₂ に応答して互いに結合し、複合体を形成することを明らかにした(Takahashi et al., *Science Adv.*, 2022)。

さらに、この CO₂ センサー複合体が気孔閉鎖を導くメカニズムを解明するため、CO₂ に応答して引き起こされるタンパク質リン酸化反応を網羅的に調査し、CO₂ 情報伝達を仲介する可能性がある複数のタンパク質を見出した。これらの遺伝子破壊株における気孔 CO₂ 応答を詳細に調査した。

さらに、別のアプローチとして、気孔における CO₂ 感知と気孔閉鎖に直接作用する低分子化合物を探索した。約 15,000 化合物のスクリーニングを行い、2 次、3 次選抜によって、複数の低分子化合物を単離することができた。これらの中には、CO₂ による気孔閉鎖を阻害するが、別の気孔閉鎖シグナルである植物ホルモンのアブシジン酸による気孔閉鎖は阻害しないなど、CO₂ 感知・情報伝達に特異的に作用する可能性をもつ薬剤を単離することができつつあると思われる。今後、これらの薬剤の標的や作用機序を調査することにより、CO₂ 情報伝達の分子メカニズムの解明につながると期待される。

最近、国際共同研究により、単子葉類のモデル植物として受け入れられているブラキポディウムにおいても、MAP キナーゼと HT1 を介した CO₂ 感知メカニズムが存在することを示した(1)。このことは、我々が見出した CO₂ センサーが進化的に保存されていることを示唆しており、本研究で明らかにする細胞機能のメカニズムとその活用の普遍性を支持する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) "Forward Genetic Stomatal CO₂ Response Screen in Grass *Brachypodium distachyon* Reveals Central Function of a MAP Kinase in Early Stomatal CO₂ Signal Transduction" Bryn N. K. Lopez, Paulo H. O. Ceciliato, Felipe Rangel, Evana Salem, Klara Kernig, Yohei Takahashi, Kelly Chow, Li Zhang, Morgana Sidhom, Christian Seitz, Richard Sibout, Debbie Laudencia, Daniel P. Woods, J. Andrew McCammon, John Vogel, Julian I. Schroeder, *bioRxiv* 2023.09.28.559842; doi: <https://doi.org/10.1101/2023.09.28.559842>