

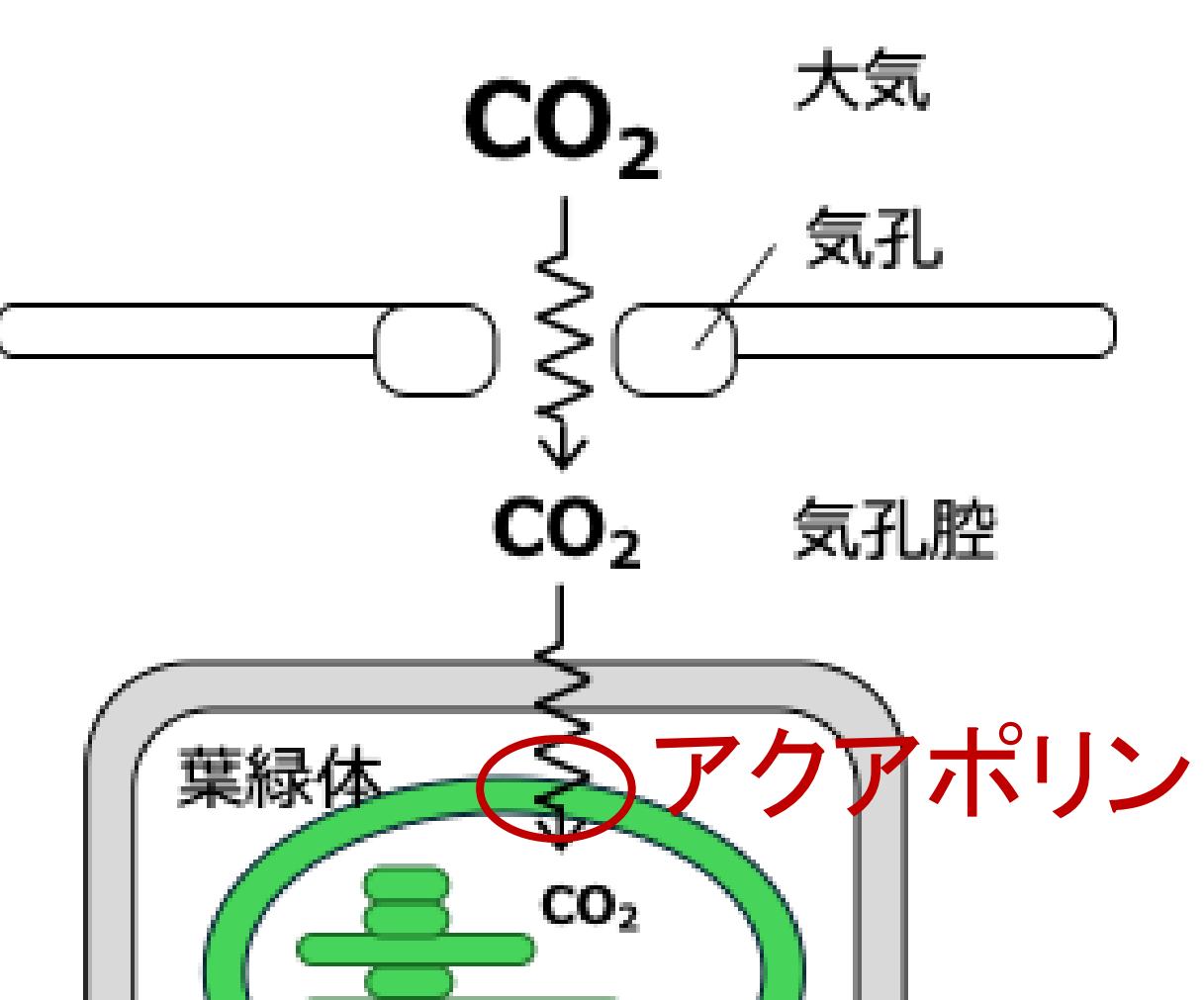
CO₂を選択的に分別するタンパク質

学術研究院先鋭研究領域(資源植物)

森 泉

- ・ アクアポリンタンパク質の大部分は水分子とCO₂分子の両方もしくは水分子のみを輸送する。
- ・ 水を輸送せず、CO₂を選択的に輸送するアクアポリンを発見した。
- ・ アクアポリンをCO₂選択的透過型に改変する方法を見出した。

植物はなぜCO₂を透過するタンパク質をもっているの？



アクアポリンは、細胞膜などに局在する膜貫通タンパク質で、低分子化合物を膜の内外へと輸送する関所の役割をしる。植物のゲノムには30種以上のアクアポリン遺伝子があり、それぞれ輸送する化合物が異なる。

水とCO₂を輸送するアクアポリンの一部は、光合成の場である葉の内部を構成する葉肉細胞の細胞膜に局在して、気孔から葉内に入ったCO₂をスムーズに葉緑体へと運ぶために必要であると考えられている。

CO₂を透過するアクアポリンはどれくらいあるの？

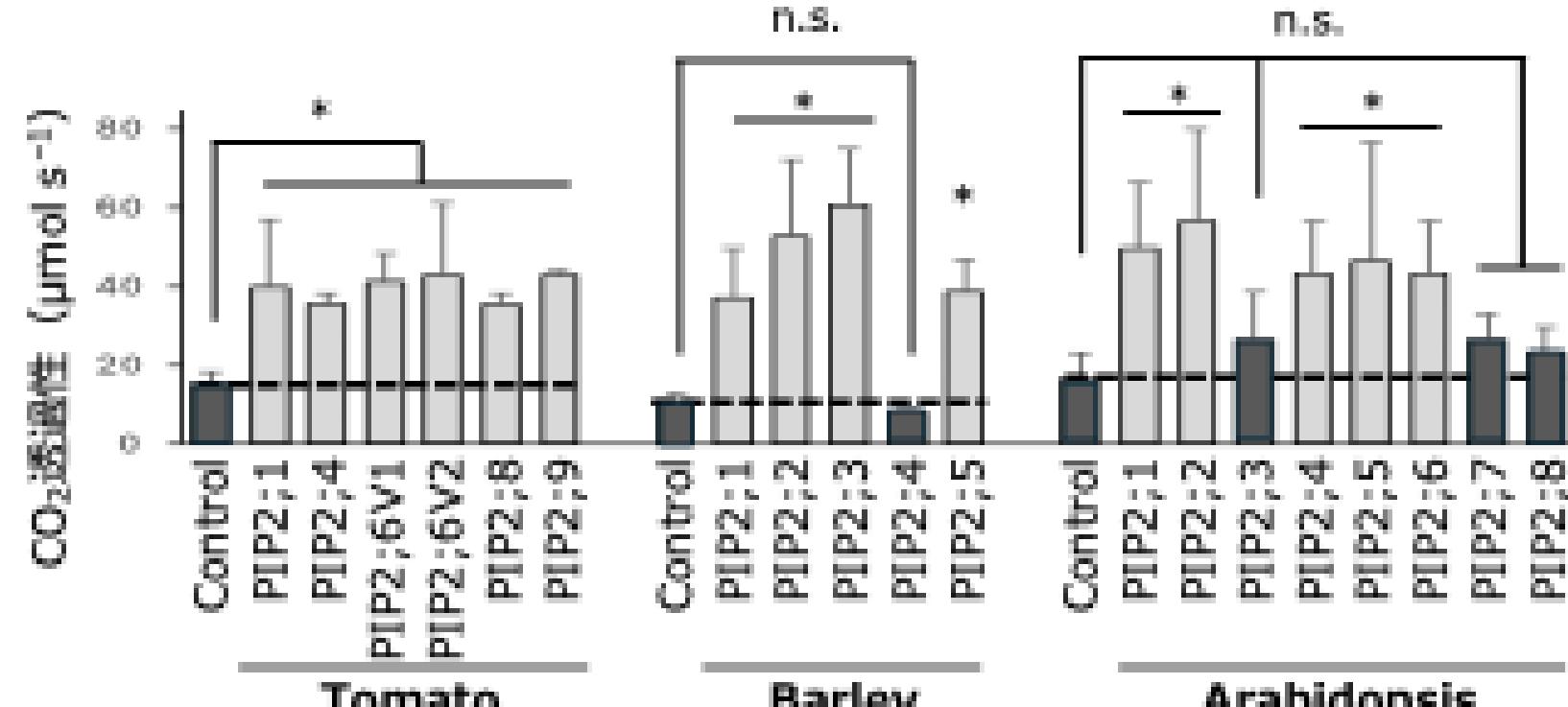


図2. トマト・オオムギ・シロイヌナズナPIP2型アクアポリンのCO₂透過性の解析
19分子種のアクアポリンのCO₂透過性を解析し、15種がCO₂を透過し、4種がCO₂を透過しないことが明らかにした（業績1, 2およびunpublished data）。
薄グレーは有意にCO₂を透過し、濃いグレーはCO₂を有意に透過しなかったもの。

植物の原形質膜型アクアポリンは、PIP1タイプとPIP2タイプに別れる。本研究では、PIP2タイプに注目した。トマトの6つのPIP2アクアポリンの全てがCO₂を透過させた。オオムギの5つのPIP2アクアポリンのうち4つがCO₂を透過した。シロイヌナズナの8つのPIP2アクアポリンのうち5つがCO₂を透過させた。
CO₂を透過させるものは多いが、全てではない。

CO₂を選択的に透過するアクアポリンはあるのか？

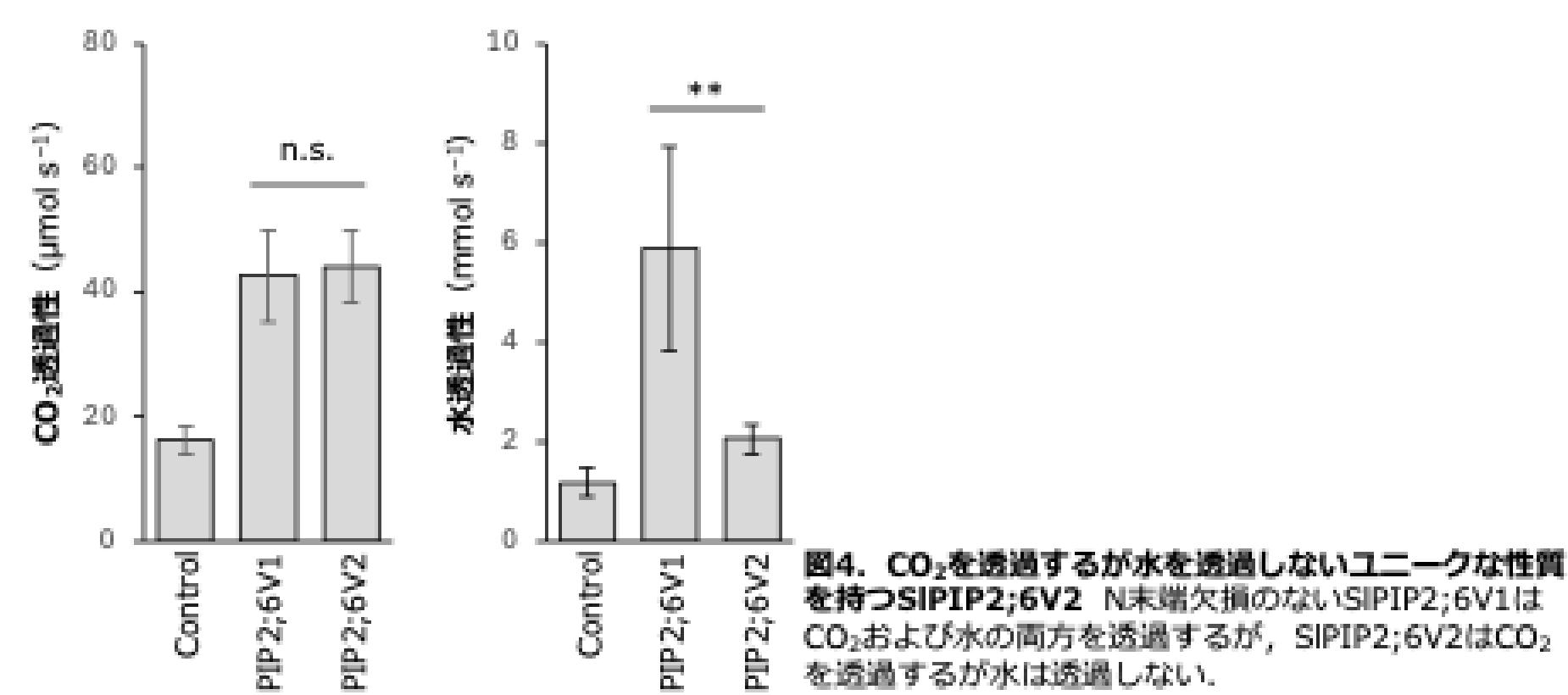
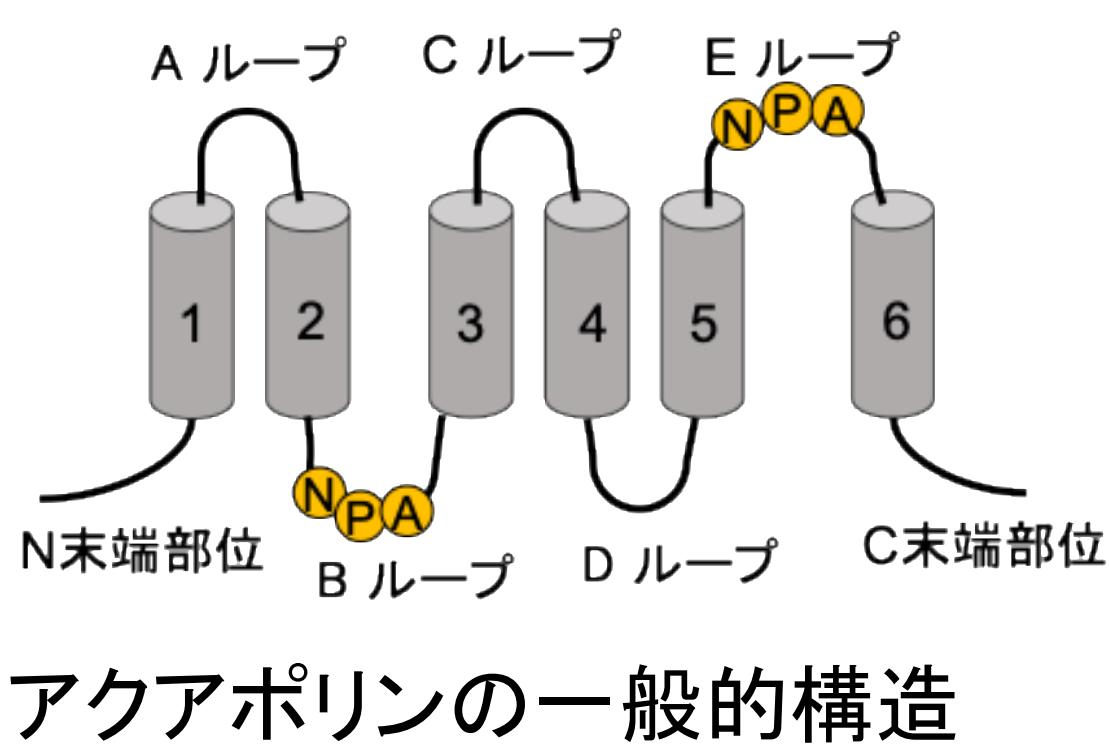


図4. CO₂を透過するが水を透過しないユニークな性質を持つSIPPIP2;6V2 N末端欠損のないSIPPIP2;6V1はCO₂および水の両方を透過するが、SIPPIP2;6V2はCO₂を透過するが水は透過しない。

CO₂を透過するアクアポリンのほとんどが、水も透過する中、この研究ではCO₂を透過するにも関わらず、水透過活性が低いアクアポリン（トマトPIP2;6V2）を発見した。このようなアクアポリンは比較的希少であると思われる。



トマトPIP2;6V2の構造的特徴



アクアポリンの一般的構造

S1PIP2;6 v1	1	ATGACGAAAGAAGTCGAAGCGGCTCACGAGCAGGCAGTGG	40
S1PIP2;6 v2	1	ATGACGAAAGAAGTCGAAGC-----	20

S1PIP2;6 v1	41	AGTACTCCGCAAAGGATTACACTGATCCACCGCCTGCTCC	80
S1PIP2;6 v2	21	-----TGCTCC	26

アクアポリンは、例外なく細胞膜を6回貫通する構造を持っている。

トマトPIP2;6V1とPIP2;6V2は同一の遺伝子から作られるタンパク質で、N末端部位に近い領域で18アミノ酸が除去されたものがV2である。それ以外の構造はV1と同一である。

このアミノ酸領域のDNAを欠落させると、トマトPIP2;6だけでなく他のCO₂/水の両方を透過するアクアポリンをCO₂のみを透過するアクアポリンに改変することができた。

CO₂選択性アクアポリンの産業利用

農業生産の向上

イネ・コムギ・ジャガイモをはじめ多くの作物はC3型光合成を行う。C3型光合成の大きな弱点は、日中にCO₂不足により光呼吸と呼ばれる現象を生じるため、生産性が低下することである。光呼吸は、CO₂の供給が促進されれば改善できることが知られている。CO₂不足となる要因として、日中の蒸散過多による気孔閉鎖が挙げられる。

CO₂を選択性的に透過するアクアポリンを利用することにより、水損失を抑えながら、CO₂の供給を最大化する作物の育種に利用できる。

早生樹木に応用することで、よりCO₂吸収させつつ、新しい産業素材に用いていくことが期待される。

DAC*(Direct Air Capture)の膜素材として利用

DACによるCO₂の直接吸収技術がますます発展している。しかし、高いCO₂選択性をもつ膜素材は非常に高価である。また、安価な素材はCO₂選択性が低い。デザインされたCO₂選択性アクアポリンは、安価で且つ非常に高いCO₂選択性をもつCO₂分別膜素材となる可能性を有している。

*DAC (Direct Air Capture), 大気から直接、CO₂を分離・回収する技術。分離膜と吸着材のハイブリッド法の開発が進んでいる。

