

[成果情報名] 圃場とチャンバー実験で得られたイネの光合成パラメータと葉身窒素の密接な関係

[要約] 大気 CO₂ 濃度の上昇が水稻に及ぼす影響を数値予測する上で核となる光合成モデルの主要パラメータは、圃場における開放系大気 CO₂ 増加実験やチャンバー実験に関わらず、葉身の窒素含量の関数として表すことができる。

[キーワード] FvCB 光合成モデル、開放系大気 CO₂ 増加実験、気候変動、ダウンレギュレーション、チャンバー実験

[担当] 東北農業研究センター・生産環境研究領域・農業気象グループ

[代表連絡先] 電話 019-643-3462

[区分] 東北農業・生産環境（農業気象）

[分類] 研究成果情報

[背景・ねらい]

大気 CO₂ 濃度の上昇が水稻に及ぼす影響をシミュレーションモデルで予測するためには、CO₂ 濃度に対する光合成の反応を的確に再現する必要がある。高 CO₂ 濃度（以下、高 CO₂）に対する作物の反応は、ポットを利用した閉鎖型の人工気象室（チャンバー）や屋外圃場での開放系大気 CO₂ 増加（FACE）実験で試されているが、光合成の CO₂ 濃度に対する反応が、実験手法などで異なるかは知られていない。そこで、本研究では、CO₂ 濃度に対する光合成反応で広く用いられる Farquhar ら（1980）の光合成モデル（以下、FvCB モデル）のパラメータが、2 地点で実施した FACE と閉鎖型人工気象室（チャンバー）実験でどのように異なるかを明らかにし、将来の作物生産の予測精度の向上に役立てる。

[成果の内容・特徴]

1. 岩手県雫石町と茨城県つくばみらい市の農家水田における FACE 実験、盛岡市の温度勾配型チャンバー（グラディオトロン）、つくば市の閉鎖型チャンバーにおけるポット実験で、2 水準の CO₂ 濃度でイネを栽培し（図 1）、異なる生育ステージに測定した個葉の光合成速度から、FvCB モデルの主要パラメータ（最大 CO₂ 固定速度、Vcmax と最大電子伝達速度、Jmax）を推定した（図 2）。高 CO₂ 処理の濃度は、約 50 年後を想定した対照区 + 200ppm（約 580ppm）で、各パラメータの対照区に対する高 CO₂ 区の比を対数変換し、統計解析を行った。
2. Vcmax、Jmax は、高 CO₂ によって、それぞれ 9%、6% 程度低く（図 3）、高 CO₂ 条件生育したイネは、高 CO₂ による光合成の促進が鈍る「ダウンレギュレーション」が起きる。ダウンレギュレーションの程度は、有意ではないが、FACE よりもチャンバーの方、出穂前よりも出穂後の方が大きい傾向にある（図 3）。
3. Vcmax と Jmax は、葉面積当たりの葉身窒素含有量と極めて高い正の相関にあり、折れ線回帰分析で表すことができる（図 4）。以上から、光合成に関わる主要パラメータは、チャンバー実験でも一般性の高い値が得られ、生育ステージによるパラメータの変動は、葉身の窒素含量から予測可能である。

[成果の活用面・留意点]

1. 葉身の窒素含量を推定できる作物モデルでは、本成果を光合成サブモデルに容易に導入することができる。
2. 光合成関連のパラメータと窒素含量との関係は、異なる生育ステージ、肥料水準、4 品種の結果を解析したもので、一般性が高く、作物モデルや陸面過程モデル（地表面と大気との間の水やエネルギーのやりとりを表すモデル）の CO₂ 応答に活用できる。

[具体的データ]

雫石 FACE (岩手県雫石町)



つくばみらい FACE (茨城県つくばみらい市)



温度勾配型チャンバー (盛岡市、グラディオトロン)



閉鎖型自然光チャンバー (つくば市、クライマトロン)



最上位完全展開葉の一部を光合成測定装置の小型チャンバーではさみ (図中の↑)、光合成速度を測定。測定後、葉の窒素成分を分析。

図1 開放系大気 CO₂ 増加 (FACE) とチャンバー実験の様子
2 地点の FACE 実験施設と 2 種類のチャンバーで現在よりも 200ppm 高めた CO₂ 処理を実施。異なる生育ステージで個葉光合成速度を光合成測定装置で測定 (右図)。

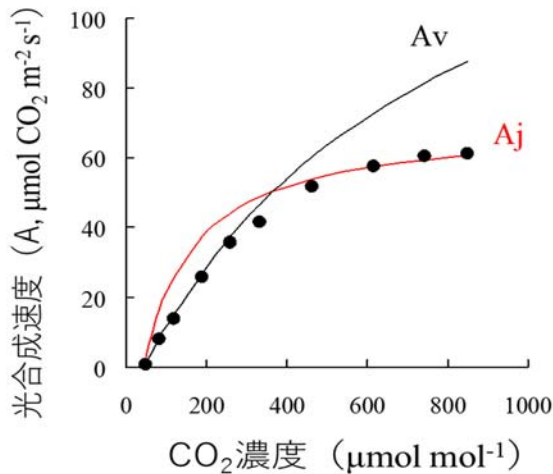


図2 個葉光合成速度の CO₂ 濃度に対する反応の一例

FvCB モデルでは、Av は RuBP (リブローズ 1、5 ニリン酸) が飽和しているときの、Aj は RuBP が不足しているときの光合成速度で、実際の光合成速度 A は、両者のいずれかに律速される。Vcmax、Jmax はそれぞれ Aj、Av の反応曲線を決定する主要パラメータ。

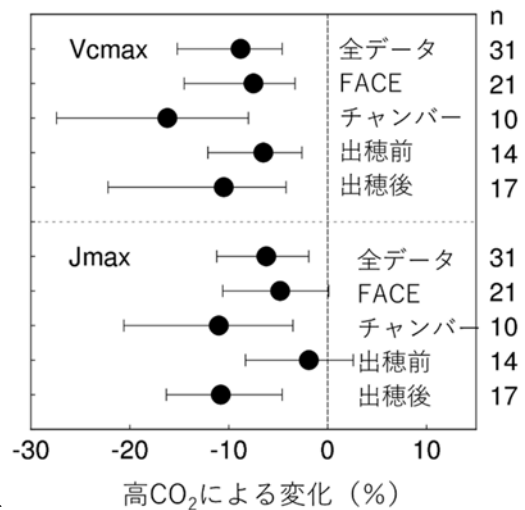


図3 高 CO₂ が光合成パラメータに及ぼす影響

対照区に対する高 CO₂ 区の変化率 (±95%信頼区間)。n はデータ数。

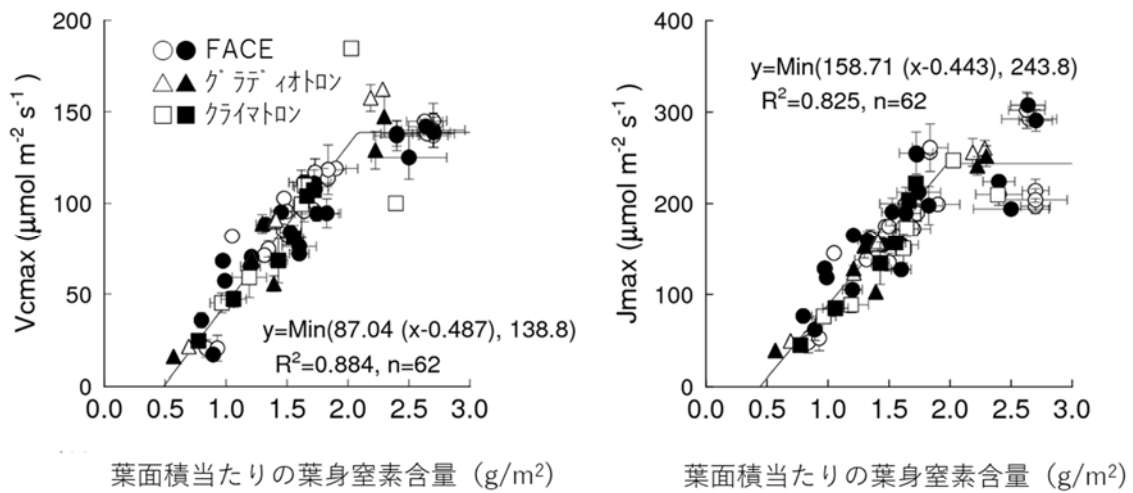


図4 光合成パラメータ V_{cmax} 、 J_{max} と葉身窒素含有量との関係

黒塗りは高 CO_2 区、白抜きは対照区。シンボルに付した縦横バーは標準誤差。

(長谷川利拡、酒井英光、常田岳志、臼井靖浩、吉本真由美、福岡峰彦)

[その他]

研究担当者：長谷川利拡、酒井英光、常田岳志、臼井靖浩、吉本真由美、福岡峰彦、中村浩史（太陽計器（株））、下野裕之（岩手大農）、岡田益己（岩手大農）

発表論文等：Hasegawa T. et al. (2016) Adv. Agric. Syst. Model. 7: 45-68