

大気 CO₂ 濃度の上昇と群落微気象要因を考慮したイネの穂温推定モデル

大気環境研究領域 吉本 真由美

はじめに

現在約360ppmの大気中のCO₂濃度は、今世紀半ばから末までに約550ppmに達し、全球の平均気温は1.4～5.8℃上昇すると予測され、これに伴う将来の農作物の収量予測が求められています。イネは開花時に温度の影響を最も強く受け、穂の温度が限界温度を数℃超えるだけで高温不稔が生じ、コメの収量が激減します。予測されている大気CO₂濃度の上昇は、イネの成長促進と増収効果を持つ一方、気孔開度を減少させ葉の蒸散を抑制するため、イネ群落内の温度が上昇し、開花期の高温不稔を激化させる可能性があります。

高温と高CO₂濃度環境下における不稔発生を予測するためには、的確なイネの穂温の予測が必要ですが、穂温は水田の微気象条件に強く依存するため、チャンバー実験などの閉鎖系実験結果をそのまま予測に適用することができません。そこで本研究では、開放系大気CO₂増加 (FACE) 実験水田で微気象観測を行い、イネの穂を取り巻く微気象環境が穂温に影響を及ぼすプロセスを考慮した穂温推定モデルを開発し、大気CO₂濃度上昇に伴う穂温の上昇程度を明らかにしました。

開放系大気CO₂増加 (FACE) 実験によるイネ群落の微気象変化の測定

FACEとはFree-Air CO₂ Enrichmentの略で、チャンバーや覆いのない屋外の農耕地（たとえば、水田）に設置したFACEリングから高濃度CO₂ガスを吹き出し、リングに囲まれた区域のCO₂濃度を周囲より常に約200ppm増加させます（図1）。これにより、自然状態での水田生態系の高CO₂濃度に対する応答を調べることができます。

中国江蘇省にあるFACE実験水田（31° 37' N、120° 28' E、イネ品種：武香粳14号）で、出穂・開花期頃に、現在の大気CO₂濃度区（以後、現CO₂濃度区という）と現在の大気CO₂濃度に200ppmを増加させた区（以後、高CO₂濃度区という）



図1 開放系大気CO₂増加 (FACE) 実験水田 (中国江蘇省無錫)
外側の金属製リングに沿った黒いチューブからの高濃度CO₂ガスの噴出を制御して、リング内のCO₂濃度を外気より約200 ppm増加させる。リング内には、CO₂ガス濃度測定用のテフロンチューブ (白いチューブ)、温度、湿度などを測定する測器がある。

で微気象観測を行い、両区の群落内外の温湿度や放射収支、葉の気孔コンダクタンス（水蒸気の通しやすさの指標）や穂の蒸散コンダクタンスなどを測定しました。高CO₂濃度により葉の気孔コンダクタンスは約30%減少して、葉温が1～2℃上昇しました。これに伴い、高CO₂濃度区では現CO₂濃度区に比べて、群落内気温は0.5～1℃上昇し、群落内の相対湿度は5～8%低下しました（図2 (a)）。すなわち、高CO₂濃度区の群落内は現CO₂濃度区に比べて、やや高温で乾燥した微気象環境であることがわかりました。

一方、イネの穂の表面には気孔がなく、穂表面のクチクラワックスの小さい隙間からのみ蒸散しているため、穂の蒸散コンダクタンスは高CO₂濃度による影響は認められませんでした。開花日には1 cm/sと葉の気孔コンダクタンスに匹敵する大きさの穂の蒸散がありましたが、開花後日数が経つにつれて穂の乾燥化が進み、蒸散コンダクタンスが徐々に減る傾向が認められました。

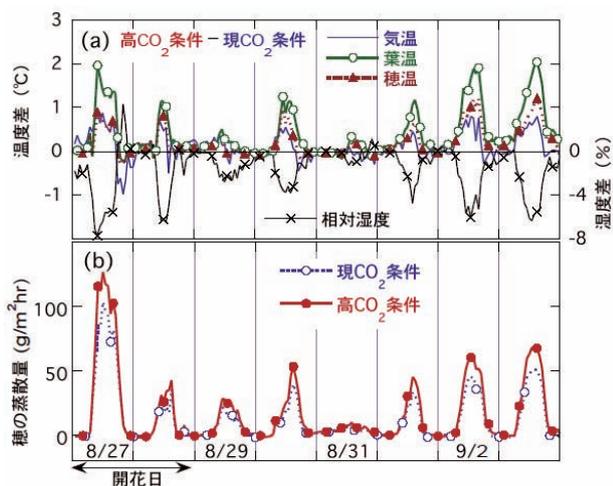


図2 穂周辺の微気象の日変化 (2003.8/27 ~ 9/3)

(a)は、高CO₂濃度区から現CO₂濃度区を差し引いた、群落内気温・相対湿度、葉温、穂温の差を表している。(b)は、モデルによる両区の穂の蒸散量の推定値である。

群落微気象モデルによるイネの穂温の推定

FACE実験での穂の蒸散コンダクタンスと群落微気象データを用いて、穂の熱収支に基づく穂温推定モデルを開発しました (図3)。モデル計算の結果、高CO₂濃度によって穂温は開花日頃に0.5 ~ 1℃、開花後日数が経つにつれて1℃以上上昇し (図2 (a)、穂温)、高CO₂濃度による群落微気象の変化が高温不稔を助長し得ることがわかりました。また、穂の蒸散量は、高CO₂濃度区の方が現CO₂濃度区より常に大きいこともわかりました (図2

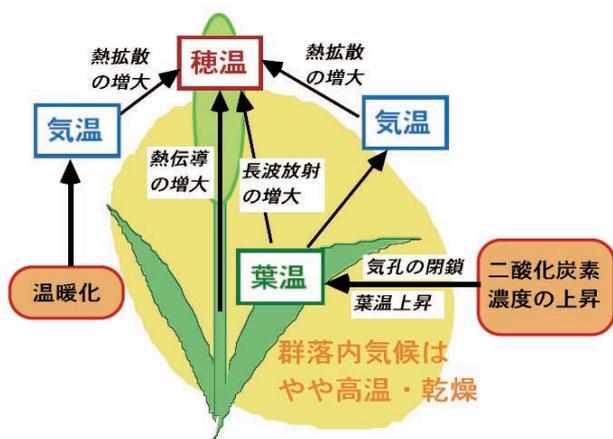


図3 大気CO₂濃度上昇による群落微気象の変化が穂温を変化させるプロセスのモデル化

(b))。これは、高CO₂濃度区の方が常に穂温が高いこと、群落内の湿度が低いこと (図2 (a))、従って穂-大気間の飽差 (水蒸気圧差) が大きいことが要因です。以上のことから、高CO₂濃度は、穂温を上昇させると同時に、穂の乾燥 (脱水) を促進させる可能性があることが示唆されました。

おわりに

高CO₂濃度による穂温の上昇と蒸散の増加は、開花期のみならず登熟期間全体にわたっていることから、高CO₂濃度は開花期の高温不稔だけでなく、未熟粒の増加といったコメの品質低下にも影響する可能性があります。穂温推定モデルの感度解析を行うと、風速や相対湿度の違いにより、穂温がさらに数℃も変動することがわかりました。また、最近の研究では、穂温に影響を及ぼす穂の蒸散コンダクタンスが、品種や栽培条件などによって大きく異なることもわかってきました。このことから、穂の蒸散特性をより詳細に調べて穂温推定モデルと組み合わせることにより、現在の高温不稔・登熟不良発生地域間差を把握し、今後の温暖化に対する品種の選抜や栽培方法の変更などを通じて、イネの高温不稔対策技術の開発に役立てることができると考えています。