

FACE（開放系大気CO₂増加）圃場では米の収量が増え，タンパク含量が減る

地球環境部気象研究グループ生態系影響ユニット 小林 和彦

大気CO₂濃度上昇とFACE実験

約1万年前に氷河期が終わってから1800年代まで，大気中のCO₂濃度は約280 ppm (0.028%)でほぼ一定だったが，産業革命とともに上昇し始めた。特に20世紀半ば以降の増加は著しく，2002年現在は約370 ppmで，今世紀後半には550 ppmつまり産業革命以前のほぼ2倍に達するとみられる。地球の歴史で何億年も前には，これよりもCO₂濃度が高かったというが，人類はもちろん，現存するほとんどの動植物は，これほど高い大気CO₂濃度を経験したことが無い。植物は，太陽の光を利用して大気中のCO₂から炭素を取り込んで（光合成）生長しており，CO₂濃度が高まると光合成が盛んになる。農作物についても，温室やチャンバーを用いた従来の実験結果から，高CO₂濃度下で光合成速度が高まり，生長と収量が増加すると予想される。しかし，従来の実験装置内の環境は実際の圃場と違うので，高CO₂濃度に対する農作物の応答も現実とは異なる可能性が高い。FACE（開放系大気CO₂増加）は，屋外の圃場でCO₂濃度を高めて植物や生態系の変化を調べる実験手法で，1987年にアメリカで初めて開発された。私たちは，イネを対象とした世界最初のFACE実験を行い，大気CO₂濃度上昇が実際の農家水田におけるイネの生長と収量に及ぼす影響を明らかにした。

高CO₂濃度が水稻の生長と収量に及ぼす影響

岩手県雫石町の農家水田で，1998～2000年の3年間，CO₂濃度2段階（対照区：外気CO₂濃度，高CO₂濃度区：外気CO₂濃度+200～250 ppm）と窒素肥料3段階（多窒素，標準窒素，少窒素）を組み合わせるFACE実験を行い（図1），水稻（品種：あきたこまち）の生長，収量，品質を調べた。高CO₂濃度下では水稻の生長が促進され，収穫時の全乾物重は，高CO₂濃度のほうが11～13%多かった。米収量は，多窒素と標準窒素では高CO₂濃度により約15%増えたが，少窒素では7%の増収に止まった（図2上段）。高CO₂濃度による米収量増加は，土地面積当たりのモミ数が増加したことが原因だった（図2中段）。モミ数は，窒素吸収量と密接に関係することが知られており，FACE実験でもCO₂濃度上昇によって幼穂形成期（穂のもとができ始まる時期）までの窒素吸収量が増えた結果，モミ数

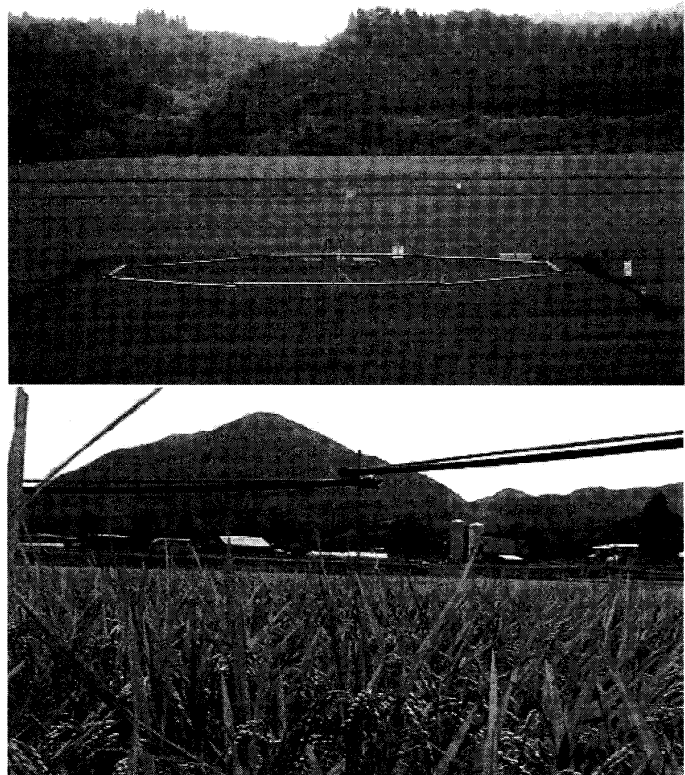


図1 雫石町の農家水田におけるFACE実験の状況

上段：手前の8角形の区域が高CO₂濃度区，水田2枚おいて向こう側に白い箱が見える部分の左側が対照区。

下段：高CO₂濃度区内の登熟期のイネ。中央上部を横切る黒いチューブからCO₂が放出される。中央右手，遠くに見える白い円筒2基は，液化CO₂タンク（合計容量23トン）。

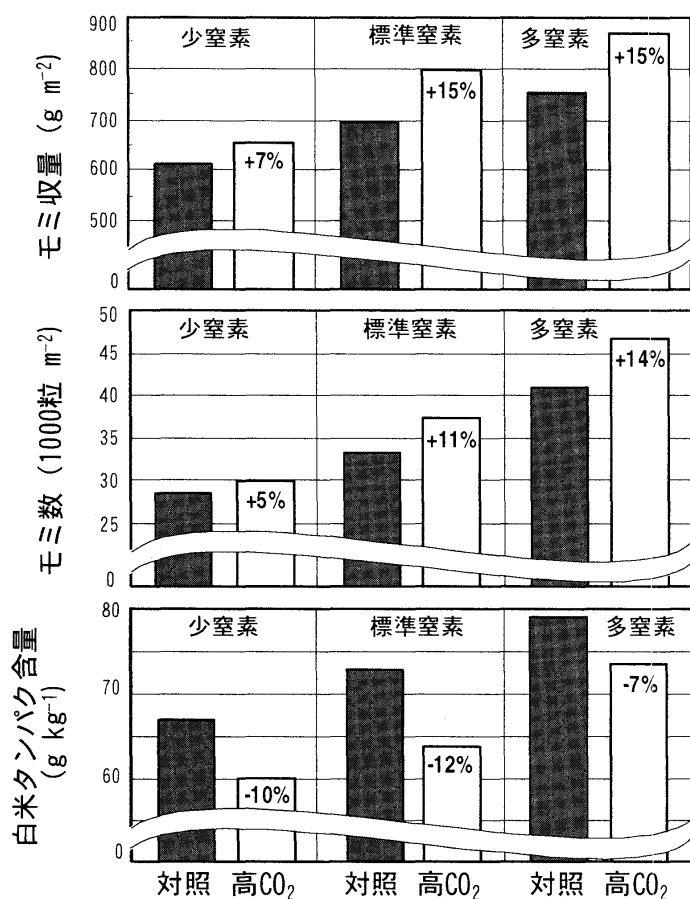


図2 CO₂濃度上昇によるモミ収量の増加(上段), 面積当たりモミ数の増加(中段), 白米タンパク含量の低下(下段)

モミ収量とモミ数は3年間の平均値, 白米タンパク含量は, 1999年の結果. 高CO₂区のパール部の%表示は, 対照区からの変化の相対比率. 多窒素は120 kg N ha⁻¹ (1998年)/150 kg N ha⁻¹ (1999・2000年), 標準窒素は80 kg N ha⁻¹ (1998年)/90 kg N ha⁻¹ (1999・2000年), 少窒素は40 kg N ha⁻¹ (1998 - 2000年).

に適した施肥法や品種を開発すれば, 大気CO₂濃度の上昇を食糧増産に利用できるかも知れない. 雲石では, 今年(2003年)から2年間の予定でFACE実験を実施しており, また中国江蘇省無錫市近郊でも, 中国科学院南京土壤科学研究所と共同で水稻と小麦のFACE実験を進めている. それらの実験結果も含めて解析すれば, 将来の農業生産をより良く予測できるばかりか, 将来の環境により良く適応した農業生産にも役立つと期待している.

本研究の大部分は, 科学技術振興事業団戦略的基礎研究予算(課題名: CO₂倍増時の生態系のFACE実験とモデリング)を用いて, 同事業団と農業環境技術研究所, 東北農業試験場(当時)ほかとの共同研究によって実施された.

が増えて増収したと考えられた. なお, 幼穂形成期以降の窒素吸収量は, 高CO₂濃度のほうがむしろ少なく, そのために生育期間全体を通しての窒素吸収量はCO₂濃度の影響を受けなかった. モミ数以外の稔実率やモミ千粒重はCO₂濃度の影響を受けなかった.

高CO₂濃度により, どの窒素施肥量でも白米のタンパク含量が6~9 g kg⁻¹ (比率では7~12%)低下した(図2下段). タンパク含量が低いと食味が向上することが知られているので, 食味試験を行ったところ, 確かに高CO₂濃度では食味が向上したが, 大きな違いではなかった.

FACE実験結果が意味するもの

FACE実験によって, 大気CO₂濃度が高まると米の収量が増えること, その増え方が窒素供給量によって異なることがわかった. しかも, 高CO₂濃度の増収効果は, 単に窒素量が増えるほど大きくなるものではなく, 穂ができ始める時期までの窒素吸収量の増加が重要と考えられた. なぜ窒素吸収が高CO₂濃度で増えるのか, しかも穂ができた後は, 高CO₂濃度で窒素吸収量が減少するのはなぜか, 現在追跡中である. 米のタンパク含量の低下も, 窒素吸収の変化で説明できそうである. さらに進んで, 高CO₂濃度環境

2003年7月