

影響評価課題の概要と水稻収量・品質の将来予測

農研機構 農業環境変動研究センター
石郷岡 康史

1. 影響評価課題の概要

近年、高温による農作物への影響が顕在化しており、今後予測される温暖化に適切に対応するため、起こりうる作物生産への影響の解明と、影響軽減のための適応策の検討が喫緊の課題として捉えられている。気候変動対策プロジェクト研究「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発」では、農林業に係る気候変動の影響評価に関する中課題（A-8）を設定し、土地利用型作物（水稻、コムギ、ダイズ）、園芸作物（果樹、野菜）、飼料作物および森林から供給される水資源を対象として、これらの気候変動影響メカニズムを解明し、温暖化条件下における影響評価を適応技術の有効性を含めて高解像度・高精度で実施するための研究に取り組んできた（図1）。本稿ではこの中から、水稻の影響評価に関する成果を中心に紹介する。

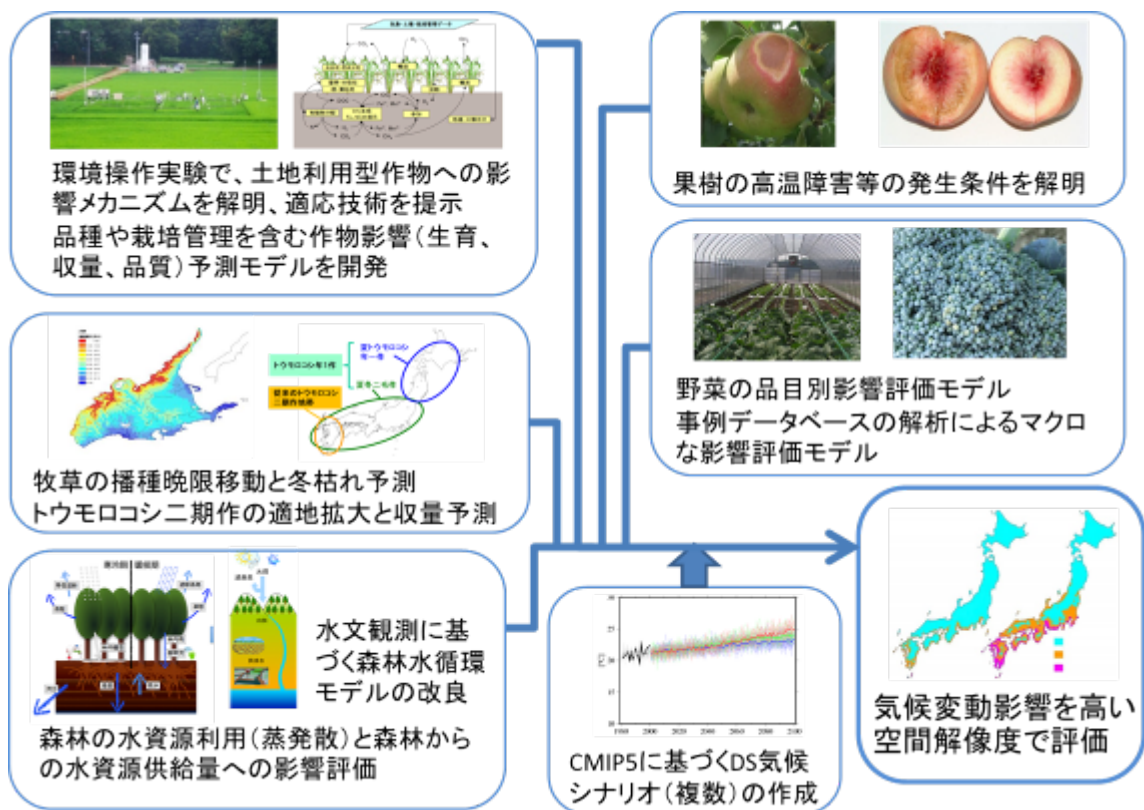


図1 中課題（A-8）「農林業に係る気候変動の影響評価」の構成

2. 我が国の水稲収量および品質への影響

水稲はわが国の最も主要な作物であり、変動する気候条件下における安定生産は、わが国の食料安全保障上の最重要課題として位置づけられている。過去、水稲の気候変動影響対策は冷害が主な対象であったが、1990年代以降の高温傾向の中で、外観品質の低下（白未熟粒等の増加）による一等米比率の低迷や、2010年のような極端な高温年には一部地域で減収が認められる等、高温に因る影響が深刻化している。また一方で、最近では大気中の二酸化炭素（CO₂）濃度が400ppmを超過するに至っており、今後の予測される人為的なCO₂濃度上昇を見据え、温度のみではなく高CO₂条件が収量や品質にどのような影響を及ぼすかを明らかにする必要がある。

本プロジェクトでは、将来の予測される温暖化条件を想定し、温度やCO₂濃度の上昇が水稲の生育・収量・品質に与える影響を実験的に明らかにする。そして、得られた知見をもとに既存の水稲生育・収量予測モデル（影響評価モデル）を改良し、地域スケールでの適切な空間解像度により、最新の気候シナリオを使用した広域スケールでの水稲収量および品質の影響予測と、適応策としての技術オプションの導入の効果を評価することを目的とした。

1) 高温・高CO₂に対する水稲収量反応特性

大気CO₂濃度の上昇が水稲生産に与える影響を、実際の水田圃場での栽培条件で明らかにするため、岩手県雫石町および茨城県つくばみらい市の2か所において開放系大気CO₂増加（FACE）実験を行った。FACE実験では、試験区内のCO₂濃度を周辺外気より200ppm高い条件で栽培を行い、周辺外気条件での栽培結果と比較することによりCO₂の影響を調べた。雫石、つくばみらいの2か所で共通に用いた品種「あきたこまち」の年々の収量を調べた結果、高CO₂濃度により収量は平均で11%増加したが、この増収効果は温度条件で異なり、登熟期間の気温が高いほど増収率は低下することが判明した。FACE実験により、高CO₂濃度が高温によるコメの外観品質の低下を助長する、そして品質低下の程度は品種により異なる等、多くの新たな知見が得られている。

2) 地域スケールでの影響評価に適した空間解像度の検討

広域を対象とした水稲生産の気候変動影響評価を、地方や都道府県といった地域スケールで集計し解析するにあたり、計算単位としての空間解像度（メッシュサイズ）の違いによる不確実性を明らかにする必要がある。そこで、二次メッシュ（約10km）、三次メッシュ（約1km）、1/10細分メッシュ（約100m）の3種類の異なるメッシュサイズによる水稲生育収量予測モデルによる計算を行い、100mメッシュを基準に、1kmと10kmメッシュの結果を比較した。その結果、中部山岳地域を中心に、10kmメッシュと100mメッシュによる算定値の差が大きくなった。これは、地形が複雑で水田土地利用の空間スケールが小さい地域では、メッシュサイズが大きいほどメッシュ平均標高がメッシュ内の水田標高よりも高く（一般に水田は標高の低い地域に分布するため）、計算に使用されるメッシュ気温が低めになることに起因する。なお、1kmメッシュと100mメッシュによる算定値の差は比較的小さいことが分かった。この結果から、地域スケールでの影響評価には1kmの高解像度メッシュサイズを使用することが必要であることが明らかになった。

3) 高解像度気候シナリオの作成整備

IPCC の第 5 次報告書 (AR5) に掲載された複数の全球気候モデル (CMIP5) の出力値を、農業影響評価に適した空間解像度 (三次メッシュ: 約 1km) にダウンスケールし、20 世紀末の 20 年間 (1981~2000) を基準期間としてバイアス補正を施し、ウェザージェネレータを使用して月別値から日別値を生成した。このデータは、本プロジェクトの国内影響評価用の共通気候シナリオとして整備した。また同じく CMIP5 を用い、「正規分布型スケーリング法」による気候シナリオや、複数の領域気候モデル出力をバイアス補正した気候シナリオ (「地球温暖化予測情報第 8 巻 1km メッシュシナリオ」、「中部日本域領域気候モデルシナリオ」) や気圧配置パターンに基づく「統計的ダウンスケーリング地点気候シナリオ」を含めた多種多様な気候シナリオを作成した。

4) 最新の影響評価モデルによる気候変動影響

FACE 実験等により明らかになった高温に因る高 CO₂ 増収効果の抑制作用を、既存の水稻生育・収量予測モデル (H/H モデル) に組み込むことで最新の影響評価モデルとして整備した。これに上記の共通気候シナリオの中の 18 の予測気候シナリオ (6 つの気候モデル (GCM) × 3 つの温室効果ガス排出シナリオ (RCP)) を外力としてシミュレーションを行い、将来予測される気候変動が水稻の収量および品質に及ぼす影響の広域評価を実施した。計算期間は、基準期間 (1981 年~2000 年) および近未来期間 (2041 年~2060 年) の 2 期間とした。算定された近未来の収量と基準期間の収量を比較した結果、北日本や中部地方の標高の高い地域で増収が予測される一方、関東や北陸、東海地方の平野部で減収となる地域があることが判明した。従来は、将来気温が上昇しても CO₂ 濃度上昇による増収効果で収量は大きく減少しないとの予測もあったが、今回 FACE 実験で得られた「CO₂ 増収効果の高温に因る抑制」を考慮したことにより、将来期待されていたほどの増収が見込めない可能性が示唆された。

3. 今後の展望

FACE 実験等により、CO₂ 濃度上昇はコメの外観品質の低下を促進すること、またその程度は品種により異なることが明らかになっている。今後はこのような新たな知見をモデルに組み込み、より精緻な気候変動影響評価を行うとともに、得られた結果が自治体等における気候変動適応策立案に貢献できるよう、普及に努める。

論文として公表した成果は、研究参画機関の成果情報として、研究部門や地域の推進会議等を通じて普及を図るほか、本プロジェクトが運営するウェブサイト「地球温暖化と農林水産業」(<http://ccaff.dc.affrc.go.jp/>)、環境省と関係省庁との連携による気候変動適応計画の策定支援ポータルサイト「気候変動適応情報プラットフォーム (A-PLAT)」(<http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/>)、研究参画各機関のウェブサイトで広報に努めるとともに、地域の普及指導機関や農業関係団体からの講演要請等に積極的に対応する。気候シナリオについては、利用者への浸透を図る。さらに、農業モデルの相互比較・改良プロジェクト (AgMIP) などの国際プロジェクトを通じて情報発信を行う。