

気候変動で世界の主要穀物の収量は将来どうなる？

飯泉 仁之直

気候変動対応研究領域 影響予測ユニット



収量増加に気候変動の影響

現在、76億人の世界人口は2050年には98億人に達すると予測されており、世界の食料需要も2050年には2016年の約1.6倍に達すると見込まれています。一方、農地面積はアジアやアフリカなどでは近年も拡大していますが、ヨーロッパなどでは減少しており、世界全体でみると1990年代以降、ほぼ横ばいとなっています。気候変動（地球温暖化）の原因となる温室効果ガスの排出削減や、生物多様性の保全といった側面から、今後農地面積の大幅な拡大は難しく、収量（単位面積あたりの生産量）を増やすことで、食料需要に対応することが求められています。しかしながら、近年、ヨーロッパのコムギなどで、技術の進歩による収量の伸びが鈍化しており、気候変動がその理由の一つとも考えられています。このため、世界の食料状況の将来像を描くうえで、気候変動が将来の収量増加に与える影響を予測することが重要です。

収量モデルと将来シナリオ

予測をおこなうために、作物の生理・生態的な生育過程と栽培管理を数式で表現した収量モデルを使います。世界には様々な収量モデルがありますが、ここでは、最近、農業環境変動研究センターで開発された、世界全体を対象に主要穀物の収量を50kmメッシュで予測できる高解像度モデルを用いました。メッシュごとの収量予測値は、2010年の世界の収穫面積分布と灌漑・天水面積割合についての地理情報を考慮して、世界平均収量に集計しました。将来シナリオには、開発途上国で普及すると見込まれる「既存の増収技術」（施肥量の増加や既存の高収量品種の利用）と、気候変動への「簡易な対策技術」（播種日の移動や高温でも生育期間が短縮しない既存品種の利用拡大）を考慮しています。既存の増収技術の普及は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）で使用されている

社会経済シナリオのうち、中庸なシナリオ（SSP2）に沿うと仮定し、簡易な対策技術は気候条件の変化に応じて利用が拡大すると仮定しました。また、気候変動シナリオとして、IPCCで使われている4つの排出シナリオ（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5）を用いました。これらは、それぞれ、産業革命以前（1850-1900年）から今世紀末（2091-2100年）までの気温上昇が1.8℃、2.7℃、3.2℃、4.9℃に対応します。

将来の世界の主要穀物収量を予測

予測の結果、トウモロコシとダイズでは、産業革命以前から今世紀末までの気温上昇が1.8℃でも世界の平均収量の増加が抑制され、気温の上昇が大きいほど将来の収量増加が低くなることがわかりました（図1）。コムとコムギについては、今世

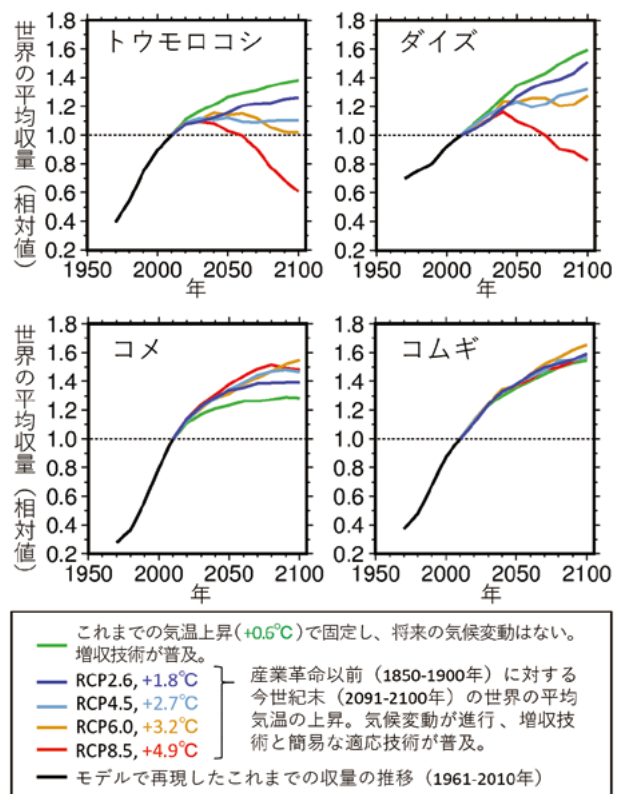


図1 主要穀物の世界平均収量予測値の推移

平均収量のこれまでの推移とそれぞれの排出シナリオのもとでの収量予測値。いずれも2000年代の値を基準（1.0）とした相対値。10年間ごとに平均値を計算し、それらを結んだ線グラフ。

紀末の気温上昇が 3.2℃を超えると収量増加が停滞し始めるものの、気温上昇がそれ未満の場合は世界の平均収量への影響はあまりないことが分かりました。ただし、コメやコムギでも、低緯度地域など、現在すでに気温が高い地域では、気温上昇が 1.8℃や 2.3℃でも悪影響を受ける場合があることが示されました（図 2）。

作物によって気候変動の影響が違う訳は？

このように、世界の平均収量への気候変動の影響は、作物によって大きく異なると予測されます。トウモロコシとダイズでは、コメやコムギに比べて、収量への悪影響が顕著です。トウモロコシの光合成回路（C4 型）は、現在の二酸化炭素（CO₂）濃度で効率の良い光合成が可能ですが、CO₂濃度が高くなっても光合成効率が大きく上昇しません。このため、気温上昇の悪影響がCO₂施肥効果により相殺されず、将来の収量は、増加が抑制されたり、低下したりします。ダイズ（C3型）では、CO₂施肥効果が期待できるため、気温上昇により収量増加が抑制されるものの、収量への悪影響はトウモロコシよりも小さくなります。コメはCO₂施肥効果に加えて、生育に適した気温が他の 3 つの作物より高く、灌漑されている場合が多いため、収量増加があまり抑制されません。加えて、東南アジアや南アジアなど開発途上国で生産されているため、既存の増収技術が、将来広く普及する余地が残っていることも寄与しています。コムギは、世界各地で栽培されており、低緯度地域では気温上昇に

より収量が低下するものの、現在、低温が収量の制限要因となっている高緯度地域では、気温上昇により収量が増加します。この結果、世界全体で見ると収量の増加が維持されます。なお、この予測では春コムギを想定しており、冬コムギへの影響はここで示した予測と異なる可能性があります。

この予測から得られる示唆

今回の予測では、例えば、革新的な増収技術（超多収性品種など）の開発・普及や灌漑面積割合の増加、収穫面積の増加などは考慮されていません。このため、将来達成される穀物収量はここで示した予測よりも高いかもしれません。しかしながら、これらの要素を加えたとしても今回の予測結果から示唆される結論、「今後、気候変動の下で継続的に収量を増加させるためには、既存の増収技術を開発途上国で一層普及させることに加え、高温耐性品種や気象災害にそなえた灌漑・排水設備の整備といった、より積極的な気候変動への適応技術の開発・普及を加速していく必要がある」に変わりはありません。

気候変動が収量に与える影響を予測した研究はこれまでもありましたが、今回の予測は、開発途上国への増収技術の普及と簡易な対策技術の導入とを組み込んだ点で、これまでより高度な予測です。今後、世界の気候変動への適応策、開発途上国への農業技術支援等を巡る施策決定の場において広く活用されることが期待されます。

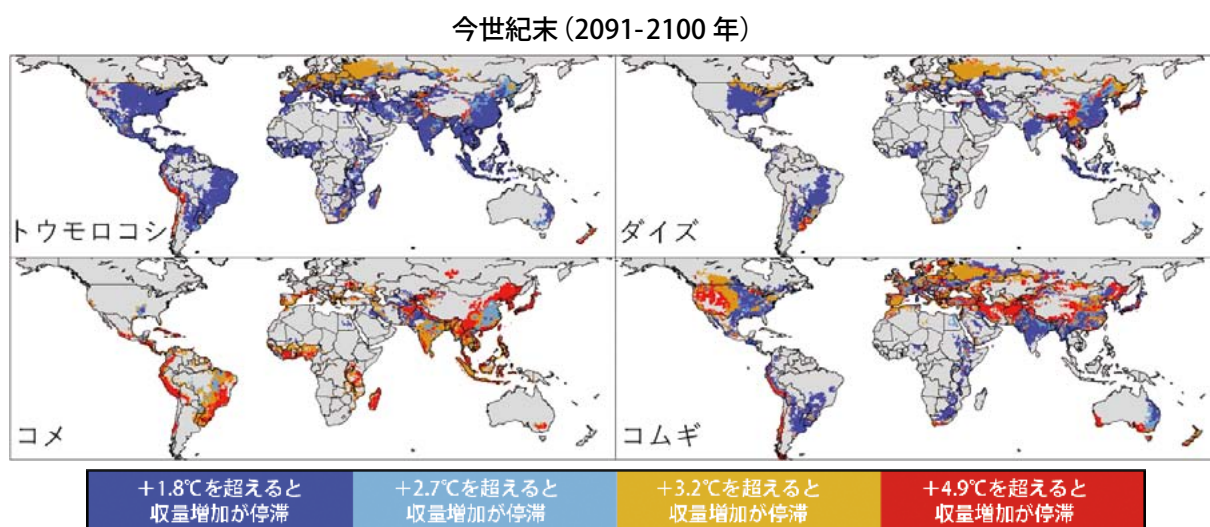


図 2 世界各地における収量増加が抑制され始める気温上昇

濃い青は今世紀末における世界の平均気温の上昇が 1.8℃でも収量増加が停滞すると予測された地域、赤は気温上昇が 4.9℃を超えるまで収量増加が停滞しないと予測された地域。