

## 温暖化の進行で世界の穀物収量の伸びは鈍化する

— 新たな将来予測の結果、世界の増加する食料需要を満たすためには、気候変動に適応した穀物生産技術がますます重要に —

### ポイント

- ・世界の主要穀物の将来の収量変化について、気候変動（気温上昇）の影響に加えて、経済発展に伴う既存の増収技術の開発途上国への普及や、播種期の移動などの簡易な対策技術の導入を考慮した、新たな予測を行いました。
- ・トウモロコシとダイズは今世紀末までの気温上昇が 1.8℃未満でも、また、コメとコムギは気温上昇が 3.2℃を超えると収量増加が停滞し始めることが分かりました。
- ・本成果から、将来の気候変動下で収量増加を維持するためには、2000 年頃までに開発された増収技術の普及を開発途上国でさらに進めることに加え、より積極的な気候変動への適応技術を開発し、取り入れていくことが世界的に重要と示唆されます。

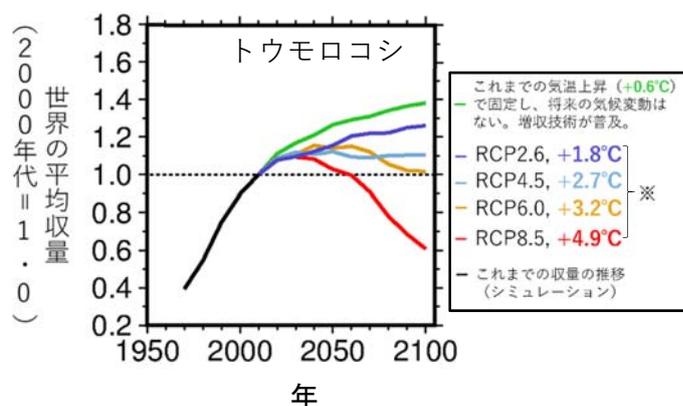
### 概要

1. 農研機構農業環境変動研究センターは国際農林水産業研究センター、国立環境研究所と共同で、開発途上国での窒素肥料の投入量の増加や改良品種の利用増加などによる収量増加と、播種日の移動など簡易な対策を考慮した上で、気候変動が世界の主要穀物（トウモロコシ、コメ、コムギ、ダイズ）の収量に及ぼす影響を予測しました。なお、収量は単位面積当たりの生産量で、生産性を意味します。

2. その結果、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℃でも世界平均での収量増加が抑制され、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分かりました（トウモロコシは上図参照）。コメとコムギについては、今世紀末の気温上昇が 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では悪影響を受ける場合があります。

3. 上記の予測結果から、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、従

穀物の世界平均収量の推移（予測）



※産業革命以前（1850-1900年）に対する今世紀末（2091-2100年）の世界の平均気温の上昇。気候変動が進行し、増収技術と簡易な対策技術が普及。

来の増収技術（施肥管理や高収量品種の利用）の開発途上国での一層の普及に加えて、高温耐性品種や灌漑・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ことが示唆されました。

4. 本研究成果は国際科学雑誌「Scientific Reports」(8月10日付け)に掲載されました。

#### <関連情報>

予算：環境省・独立行政法人環境再生保全機構 環境研究総合推進費 S-14「気候変動の緩和策と適応策の統合的戦略研究」（2015-現在）、運営費交付金

#### 問い合わせ先など

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

農業環境変動研究センター

研究推進責任者：	所長		渡邊 朋也
研究担当者：	気候変動対応研究領域	主任研究員	飯泉 仁之直
広報担当者：	企画管理部企画連携室	広報プランナー	大浦 典子

TEL:029-838-8191

FAX:029-838-8199

E-mail: niaes\_kouhou@ml.affrc.go.jp

国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター（JIRCAS）

研究推進責任者：	プログラムディレクター		飛田 哲
研究担当者：	社会科学領域	プロジェクトリーダー	古家 淳
広報担当者：	企画連携部	情報広報室長	辰巳 英三

国立研究開発法人 国立環境研究所

研究担当者：	社会環境システム研究センター		
	広域影響・対策モデル研究室	主任研究員	藤森 真一郎
	環境社会イノベーション研究室	研究員	長谷川 知子
	地域環境影響評価研究室	研究員	岡田 将誌

本資料は筑波研究学園都市記者会、農政クラブ、農林記者会、農業技術クラブ、環境省記者クラブに配付しています。

※農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。新聞、TV等の報道でも当機構の名称としては「農研機構」のご使用をお願い申し上げます。

## （開発の社会的）背景と経緯

人口増加と新興国の経済発展により、世界の食料需要は2050年には現在（2016年）の約1.6倍に達すると見込まれています。一方、温室効果ガスの排出削減や生物多様性の保全を考えると栽培面積の大幅な拡大は難しく、主に収量の増加を通じて、増大する食料需要に対応することが求められています。

近年、ヨーロッパのコムギなどに見られるように穀物収量の増加速度が緩やかになっており、気候変動がその理由の一つと考えられています。そのため、将来の気候変動がどの程度、収量増加の障害となるのかを正確に評価することが重要です。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、開発途上国での社会経済発展に伴って見込まれる、品種改良や施肥管理方法の改善など従来の増収技術の普及拡大の影響は考慮されていませんでした。

そこで農研機構を中心とした研究グループは、IPCC<sup>1)</sup>で使用される社会経済シナリオ<sup>2)</sup>に沿った開発途上国での技術進歩<sup>3)</sup>と簡易な対策技術<sup>4)</sup>を考慮した気候変動の穀物収量への影響を予測しました。

## （研究の）内容・意義

1. 作物の生理・生態的な生育過程を数式で表現した数値モデルを用いて、気候変動が世界各地の主要穀物の収量に及ぼす影響を50kmメッシュの高解像度で予測しました。予測の条件に、経済発展に伴い開発途上国で普及するであろう既存の増収技術と、気候変動への対処として簡易に取り組める対策技術を考慮した点が本研究の特徴です。これにより、より現実に近い将来予測が可能となります。技術進歩はIPCCで使用されている社会経済シナリオに沿うと仮定しました。また、気候変動はIPCCで使用されている4つの「排出量シナリオ（RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5）<sup>5)</sup>」に基づいており、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。
2. その結果、トウモロコシとダイズの今世紀末時点での収量増加は、産業革命以前から今世紀末までの気温上昇が1.8℃に留まった場合でも抑制され、気温の上昇が大きいほど収量増加が低くなることが分かりました。一方、コメとコムギについては、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、それ以下の気温上昇ではあまり影響がないことが分かりました（図1）。
3. 上記の予測結果から、今後、気候変動の下で収量増加を継続するためには、播種日の移動や生育期間の短縮を回避するといった簡易な対策では不十分であり、従来の増収技術を開発途上国に導入していくことに併せて、高温耐性品種の開発や灌漑・排水施設の整備などの、より積極的な気候変動への適応技術の開発・普及が必要と示唆されました。
4. パリ協定<sup>6)</sup>では世界の平均気温の上昇を2℃未満、可能ならば、1.5℃未満に抑えることを明記していますが、1.5℃気温上昇した場合の影響はほとんど調べられていません。現在、IPCCが「1.5℃特別報告書<sup>7)</sup>」の作成に取り組むなど、1.5℃上昇の影響評価は国際的な関心事となっています。このような中、本成果は、1.5℃の気温上昇が穀物の世界

平均収量に与える影響を推定するために役立つと期待されます。

5. なお、今回構築した収量モデルでは、2000年頃の開発途上国と先進国の農業研究開発支出の累積額の差を増収技術の使用割合の差と対応付けています。この収量モデルを用いて、各国の過去の平均収量を再現した結果、収量モデルによる再現値は各国政府から報告されたデータとよく一致しており、本予測の高い信頼性が確認されています。

## 今後の予定・期待

---

本研究で得られた収量予測は、気候変動の影響に加えて、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予測であることから、これまでの予測結果に比べて、より現実的な結果となっています。そのため、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有用な情報として活用されることが期待されます。例えば、農林水産省気候変動適応計画には、気候変動が世界の食料需給に及ぼす超長期での影響の予測に取り組むことが明記されており、本研究はそうした予測への入力データとして利用できます。また、今後の研究として、本予測に使用した収量モデルにより、これまでの気候変動で既に収量増加が抑制されており、増収技術と適応技術の普及が特に急がれる国・地域を特定することを予定しています。

## 用語の解説

---

### 1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)

人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関して科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関 (WMO) と国連環境計画 (UNEP) により設立された政府間組織。

### 2) 社会経済シナリオ

共通社会経済経路 (Shared Socioeconomic Pathways、SSPs) と呼ばれ、今後 IPCC の第 6 次評価報告書などで使われる予定の、国内総生産や人口、技術革新の速度などについての将来シナリオ。本予測では、シナリオ 1～5のうち、中庸なシナリオ 2に基づいて開発途上国での従来の増収技術の普及を想定しています。

### 3) 技術進歩

本予測では、増収技術としては、窒素肥料の投入量の増加、改良品種とそれに付随する栽培管理手法の使用割合の増加を考慮しています。ここでの改良品種は従来品種よりも高温や低温、乾燥に強く、窒素肥料の利用効率が高いものの、あくまで現在の気候を想定しており、将来の気候変動は想定していません。これらの増収技術は 2000年頃に先進国で導入済みのもので、将来、開発途上国において、社会経済発展に応じて導入が進むと仮定しています。なお、先進国では、これらの増収技術の導入割合は現状と同じとしています。先進国など既に収量が高い地域で必要とされる、超多収性品種などの革新的な増収技術は、本予測には含まれていません。

本予測では、「国内総生産 (GDP) に応じて農業研究開発支出が増加し、その累積額から技術の陳腐化を差し引いた額に応じて改良品種の使用割合が増加する。一人当たり GDP の増加と一人当たり農地面積の減少に応じて窒素投入量が増加し、200kg/ha で頭打ちになる

(ダイズは 50kg/ha)。ただし、収穫面積と灌漑割合は 2010 年の水準から変化しない。」と仮定しています。

#### 4) 簡易な対策技術

播種日の移動と気温が上昇しても生育期間があまり短くならない品種の利用も本予測において考慮しています。これらは、将来の気温と湿度の変化に応じて、先進国と開発途上国のいずれでも導入されると仮定しています。

#### 5) 排出シナリオ

代表的濃度経路 (Representative Concentration Pathways、RCPs) と呼ばれ、IPCC の第 5 次評価報告書以降、広く使われている温室効果ガス排出シナリオ。RCP2.6 が最も排出量が少なく、RCP4.5、RCP6、RCP8.5 の順に排出量が多くなり、将来の気温上昇もこの順で大きくなります。

#### 6) パリ協定

国連気候変動枠組み条約第 21 回締約国会議 (COP21) で採択された、2020 年以降の地球温暖化対策の新たな枠組み。

#### 7) 1.5°C 特別報告書

IPCC が現在、作成中で、2018 年に公表される気温上昇 1.5°C の影響についての報告書。

### 発表論文

---

Toshichika Iizumi, Jun Furuya, Zhihong Shen, Wonsik Kim, Masashi Okada, Shinichiro Fujimori, Tomoko Hasegawa and Motoki Nishimori (2017) Responses of crop yield growth to global temperature and socioeconomic changes, *Scientific Reports*, doi:10.1038/s41598-017-08214-4.

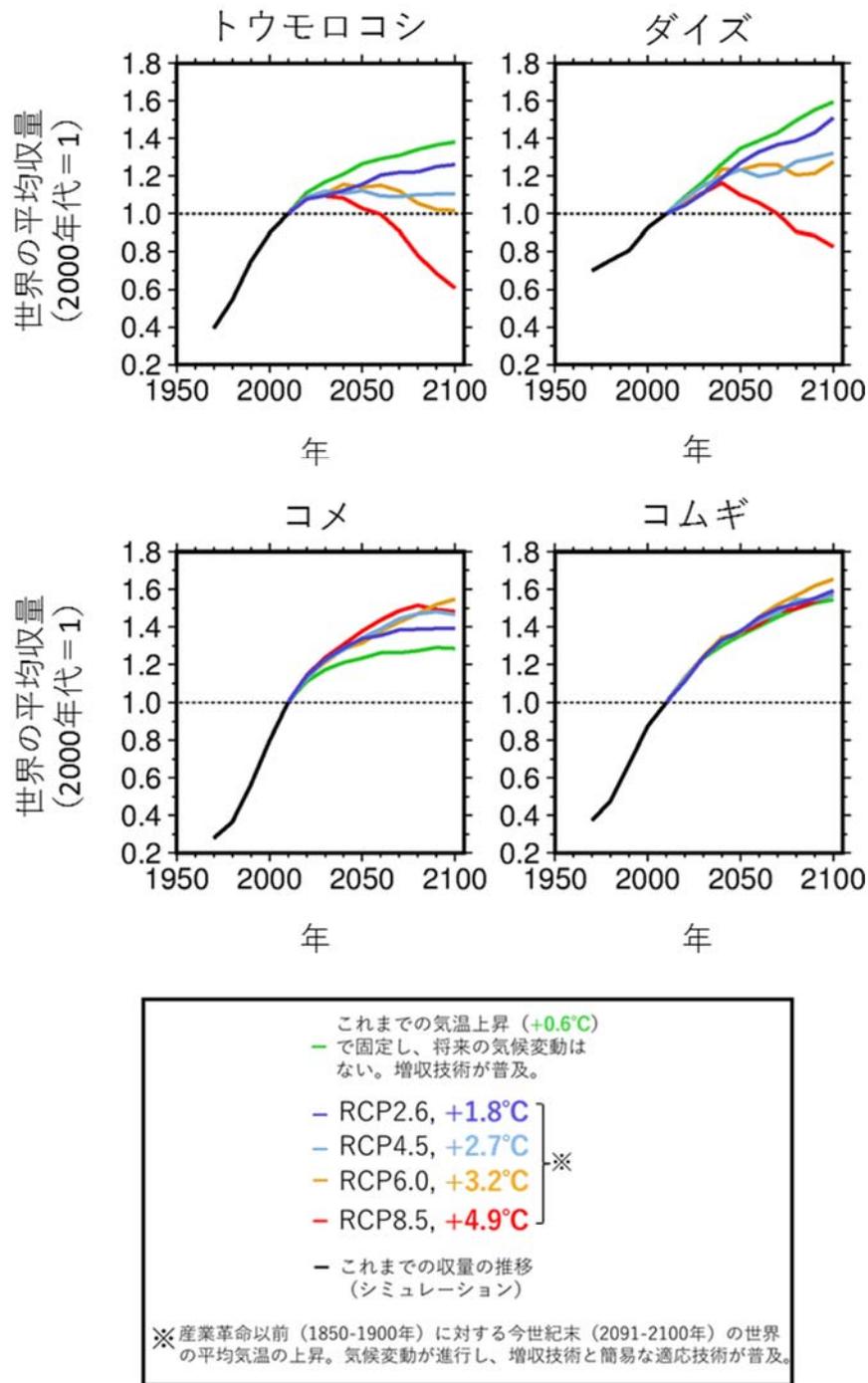


図 1 主要穀物の世界平均収量予測値の推移

黒線は収量モデルにより再現した過去 50 年間 (1961-2010 年) の世界の平均収量の推移、青～緑色の線はそれぞれの排出シナリオのもとでの収量予測値の推移で、いずれも 2000 年代値を基準 (1.0) とした相対値です。気温上昇はそれぞれの排出シナリオのもとで予測される今世紀末 (2091-2100 年) の気温上昇です。過去の収量の再現値・予測値はいずれも、10 年間ごとに平均値を計算し、それをつないだ線グラフとして示しています。