

気候変化・気象変動と農業・食料

Climate change/variability and agricultural productivity

農業環境技術研究所 大気環境研究領域 横沢正幸

Masayuki Yokozawa, NIAES

2007 年 4 月に発表された気候変動に関する政府間パネル第 4 次評価報告書 (以下、IPCC・AR4 と略する) では、地球温暖化は確実に進行しており、その原因は人為起源の温室効果ガスの大気濃度上昇によるものであると断定されている。そして、このような地球規模の気候変化に対する作物の応答は、特定の地域だけではなく世界の農業生産を変化させると懸念されている。

地球温暖化を引き起こす大気中の二酸化炭素濃度の上昇は、一般に植物の光合成速度を増加させることから、適度な環境条件下では、大気二酸化炭素濃度の上昇は、バイオマスだけでなく作物の収量も増加させる効果を持つと考えられる。実際 IPCC・AR4 では、中緯度、高緯度地域における影響は、熱帯などの低緯度地域に比べて比較的小さいと指摘されており、現在に比べて 2~3℃程度の気温上昇であれば、温暖化による好影響を受けて中高緯度地域における農業生産性はむしろ向上するとの見通しが示されている。しかし、IPCC・AR4 は、それらの影響がおよぶ時期、地域および程度の詳細については触れていない。

気候変化と農業生産

ここでは気候変化が農業生産、とりわけ作物収量におよぼす影響の例として、わが国の主食であるコメ収量への影響を日本スケールで見積もった研究を紹介する。全国都道府県別の平均気象環境と平均収量との関係を説明できるように設計した作物収量推定モデルに基づくものである。図 1 は気候変化がコメ収量へおよぼす影響を地域別に、暖候期 (5 月~10 月) の平均気温の上昇度に対して示した結果である。この結果は、一つの気候変化シナリオだけでなく、さまざまな温室効果ガス排出シナリオや気候モデル出力による気候変化シナリオをモデルに入力した結果をまとめたものである。シナリオにより気候変化の状況にばらつきがあり、年次による影響の比較は困難なため、現在 (1981 年~2000 年の平均気温) からの気温上昇度を指標として結果を表現している。

その結果、北海道・東北地域では気温上昇 (気候変化) に伴ってコメ収量は増加すると推計された。他の地域では、3℃付近までの気温上昇では収量は現在と同程度かあるいはやや増加するが、それ以上の気温上昇 (気候変化) では、収量は減少すると推計された。ただし、この推計は、移植日、品種、栽培条件などが現在のままであるとした場合の推計である。移植日の移動や品種改良といった適応策によって負の影響を緩和することが可能である。

作物収量へおよぼす気候変化影響についてまとめるとおおむね次のようになる。作付け (田植え) から出穂までの栄養生長期では、一般に気温上昇は生育期間の短縮をもたらすものの、大気二酸化炭素濃度の上昇による光合成速度の増加により、バイオマスは増加する傾向がみられる。その後の生殖生長期では、これまで気温の低かった地域では冷害の危険性が減少し子実形成が促進され、栄養生長期に蓄えたバイオマス増加の効果が反映されて最終収量が増加する。しかし一方、気温が高めの地域では、受粉などが阻害されて高温不稔が起きやすくなり、栄養生長期のメリットが生かせず減収になる頻度が増加する。

図 1 には地域平均コメ収量の年々変動の大きさを表す変動係数についても示してある。どの地域においても気温上昇 (気候変化) に伴い、年々変動の大きさも増大する傾向が見られる。とりわけ東海・中部・近畿地域の変動係数の増加傾向が最も大きく、4℃の平均気温の上昇で変動が現在の 2 倍以上になると推計された。

この収量変動が増幅される原因は、高温不稔の環境応答によって説明される。ここでは、開花期における日最高気温の平均が 33℃以上になると高温による登熟障害が発生し、収量が急激に (指数関数的に) 低下する応答のモデルが含まれている。すなわち、開花時期の気温が高温側へシフトすることにより、たとえ気温の変動幅が現在と同じ程度であっても、高温不稔発生のしきい値付近での気温変動は、この応答の非線形性

により増幅された不稔率の変動として出力され、その結果、収量の年々変動が気温上昇とともに増大することになる。ただし、この応答性の不確実性はまだまだ大きく、作物生理的側面からの研究が続けられている。

気象変動と食料生産

気候変化と農業生産との関連はこれまで、平均的な変化に対する応答という文脈で研究されてきた。しかし、いうまでもなく気象は年々変動し、気候変化、温暖化に伴い気象の変動も大きくなる可能性も指摘されている。気象環境の変化が農業への影響を考える際には、このような突発的な変化、あるいは年々の変動の推計が重要である。すなわち前節の例で言えば、変動係数の変化などの情報が有用である。

わが国は先進諸国の中で食料自給率が低く、輸出用食料の生産変動の影響は大きいと言われている。最近でも、オーストラリアのコムギ不作の影響で世界市場価格が高騰したことは記憶に新しい。とりわけトウモロコシ、ダイズについては中国、アメリカ、ブラジルが世界総量の80%以上を生産しており、生産国、地域が偏在している。図2は、トウモロコシ、ダイズの主要生産地域分布とあわせて、過去におけるエルニーニョ発生時の異常気象の分布を示している。これまで、異常気象が主要生産地域で同時に発生したことはないが、将来、気候変化に伴って干ばつ、洪水などの異常気象がこれらの主要生産地域における栽培期間に同期して発生すれば、穀物供給の世界的な不安定化が起きる可能性がある。

図3はアメリカ・アイオワ州におけるトウモロコシ収量の過去の経年変化を示したものである。トレンド（過去の推移から期待される平均収量）と各年の収量との差分で定義される変化率の頻度分布図が示すように、収量の変化率が-20%以下になるケースが、回数は少ないが実際に起きていることを示している。このような「まれ」な現象を如何に前もって捉えるか、は食料供給の安定化に向けた課題である。

また、アメリカ、ブラジルおよび中国について、1961年から2007年までの国別平均収量の時系列の相互相関を分析したところ、対象期間の前半（1961年～1983年）にあった負の依存関係が、後半（1984年～2007年）では見られなくなっていた。つまり、ある国が減収なら

他の国は増収というような補完的關係にあった傾向が、近年になって消失していることが示された。この結果が示唆することは、収量変動の同期（位相が一致する）が起きる可能性が、以前より高くなったということである。

現在、中国、アメリカ、ブラジルにおけるトウモロコシ、ダイズ主要生産地帯の生産性変動を、同じモデル、同じ時間軸で解析する研究を実施中である。今後、過去の収量変動に関する統計解析を進めるとともに、わが国のコメ収量変動評価で利用したような、気象変動応答を記述するモデルを利用して、気候システムの変化とともに世界の生産性変動を解析する予定である。

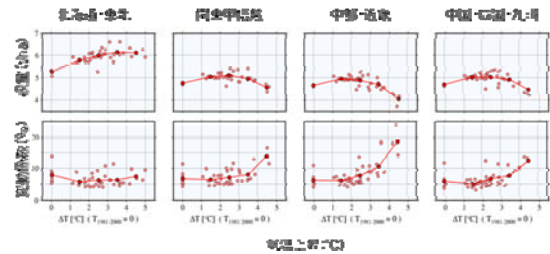


図1. 気候変化が地域別コメ収量に及ぼす影響

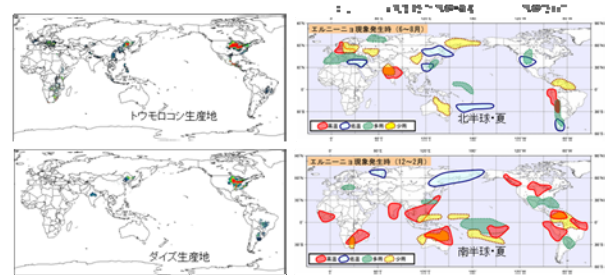


図2. 世界のトウモロコシ、ダイズの生産地域分布（左）とエルニーニョ現象に伴う異常気象の分布（右）

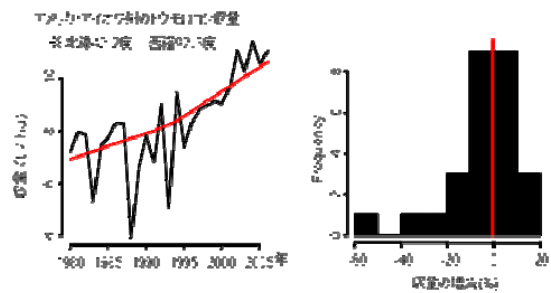


図3. アメリカ・アイオワ州のトウモロコシ収量の変化と変化率（トレンドからのずれ）の頻度分布