

地球温暖化で日本のコメの収量はどうなる？

大気環境研究領域

横沢 正幸

1. はじめに

人間活動によって排出される二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスと呼ばれる物質の大気中濃度が増加すると、地球の気候は変化します。ここで気候というのは、ある地域での天気のある時間にわたって平均した状態とその変動を指します。つまり気候変化とは、ある地域の気温や降水量などが過去の長期の傾向から変化する現象です。

温室効果ガスはもともと、地球が太陽から受ける熱エネルギーを大気中に蓄えて、地球表面の気温を現在の生物が生育できるような環境に維持する重要な役割を担っています。しかし、その量が多くなりすぎると、エネルギーのバランスが変化し、気温が平均的に上昇するとともに地球全体の環境が変化します。厳密には、地球温暖化というと気温の平均的上昇を指しますが、ここでは気候変化と同じ意味で使用します。

昨年発表された IPCC 第4次報告書の第2作業部会報告書は、地球温暖化が農業へ及ぼす影響に関して、中緯度、高緯度地域は、熱帯などの低緯度地域に比べて影響は比較的小さいと指摘しています。現在に比べて2～3℃程度の気温上昇であれば、中高緯度地域では温暖化による好影響を受けて、農業生産性はむしろ向上すると予測しています。しかし、IPCCの報告書は、影響がおおよそ時期、地域およびその程度の詳細については触れていません。

ここでは、わが国の主食であるコメの生産を対象として、温暖化、気候変化が及ぼす影響を定量的に評価した結果、その適応策と今後の課題について紹介します。

2. 地球温暖化による影響の将来推計

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ます。したがって、適度な環境条件下では、高二酸化炭素濃度の環境は、バイオマスと同程度に作物の収量も増加させる効果を持ちます。しかし、出穂後の開花・受粉する時期に高温に遭遇すると稔実歩合が低下し（高温不稔）、コメの収量は激減する可能性が指摘されています。

地球温暖化の影響に関する将来予測の研究では、モデルを用いたシミュレーションが行なわれます。モデルというのは、例えば温度上昇に対する作物の応答を数式として表したものです。具体的には、実験室などで将来の高温や高二酸化炭素濃度の環境を作り作物を栽培します。そして、その観察や測定によって得られた環境条件と作物生長などのデータに基づいてモデルを作成します。このような「作物モデル」に、将来の気候条件を入力すると、将来の気候条件に応じて作物がどのように育つか、どのくらいのコメが収穫可能かなどをモデルが推計してくれます。将来の気候条件は、「気候モデル」と「温室効果ガス排出シナリオ」を用いて大型コンピュータにより計算されます。

ここで紹介する推計結果は、日本全国の影響を見積るために、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モデルに基づくものです。当然ですが、作物モデルにしても、気候モデルにしても、複雑な自然現象を単純化してモデルをつくれますので、モデルはあくまでモデルで、現実そのものではありません。また、予測結果には不確実性があることには気をつけるべきです。そのことを理解した上で、「今わかっていることから判断すると、将来はこんなことが起こりそうだ」、という情報を発信することが重要です。

図1は、2046～2065年および2081～2100年に想定される気候条件でのコメ収量の平均と変動係数（平均値の異なる変動を比較するための指標で、標準偏差を平均で除したもの）の分布を、現在（1979～2003年）の値に対する変化率として表したものです。ここでは、東京大学、海洋研究開発機構および国立環境研究所が開発し、地球シミュレータを用いて計算した気候モデル（MIROC）による出力を将来の気候条件として使用しました。水稻の移植日、品種や管理は現在のままで変えないと仮定した場合の推計結果です。

推計結果を全国的に見ると、温暖化によって東北、北海道では増収、中部、西日本では減収する傾向が見られます。また、減収する場所とほぼ同じ地域を中心として、収量の変動も大きくなることが推定されています。このことは、年ごとの豊凶の差が大きくなることを意味しており、生産および食料供給が不安定になると推定されます。ただし、この年々の変動は、先に述べた自然のゆらぎとは異なることに注意してください。気候モデルは自然のゆらぎについては予測できません。この変動は温室効果ガスの濃度が上昇した結果、引き起こされる気候変化に伴う変動を表しています。

図2は全国平均収量の変化について、世界と日本の平均気温の変化、およびその気温上昇が起きると推計された年代（MIROCを用いた気候シナリオによる）との関係を示しています。この図から、はじめに述べたように、ある程度の気温上昇は農業生産、この場合はコメの生産を向上させる効果があることが示されています。2.5℃くらいまでの気温上昇では、全国平均収量は増加するが、その後は減少することが推計されています。

繰り返しになりますが、このような将来推計にはモデル、環境の設定などに多くの不確実性が含まれています。したがって、単一のモデルや気候シナリオの結果だけでなく、できるだけ多くのモデル、シナリオに基づく予測結果を総合して、推計を行う必要があります。

3. 温暖化への適応へむけて

これまで、温暖化によるわが国のコメ生産への影響について紹介してきましたが、このような影響に対する「適応策」は、大きく分けて品種の開発と栽培技術の開発に分けられます。

先に見たように、高温による障害は出穂や登熟の時期の環境が最も影響します。したがって、その期間の高温を避けるために、田植えの時期を変えることで出穂時期をずらす、遅植えや直播栽培が行われています。また、元肥や移植密度の調整、追肥の増量、または早期の落水などによって、もみ数の過剰や登熟期の栄養不足を回避する対策も取られています。

これまで九州の主力品種であった「ヒノヒカリ」は、高温による白未熟粒の発生率が大きいという弱点がありました。これに対して、高温でも白未熟粒が少なく外観品質の

優れた水稻品種「にこまる」（2005 年命名登録）が育成されています。にこまるは暖地向けの中生種で、収量もヒノヒカリに比べて 5～10%多く、気象や栽培条件の変動に対し品質が安定していることがわかっています。

4. 今後の課題

ここでの将来推計では、コメ生産に関係する気象環境として、気温、日射および大気中の二酸化炭素濃度のみを考慮し、降水量は入力として取り入れていません。なぜならば、過去のわが国のコメ生産において、とりわけ降水量不足に起因する被害は報告されておらず、モデル構築に利用すべきデータがないことが理由です。また、将来の気候変化シナリオにおいても、わが国のコメ生産に対して降水量が総量的に不足するという推計はありませんが、例えば、降雪が減少して田植え時期に水不足が起きる可能性は指摘されています。水資源量の変化を考慮した気候変化影響の評価は、今後の課題です。また、ここで使用したモデルは県平均の生育、収量の変動を対象としているため、特定の品種に対する影響を表しているわけではありません。すなわち、対象とする県でこれまで用いられてきたコメ品種の平均的特性を反映しています。品種ごとの影響についても今後の課題です。

参考文献

- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996pp.
- Iizumi T, Yokozawa M, Nishimori M. 2008. Parameter estimation and uncertainty analysis of a large-scale crop model for paddy rice: Application of a Bayesian approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, doi:10.1016/j.agrformet.2008.08.015.
- 環境省, 2008. 地球温暖化影響・適応研究委員会報告書「気候変動への賢い適応」, http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rc_eff-adp/index.html
- 環境省, 2008. 温暖化影響総合予測プロジェクト報告書「地球温暖化日本への影響－最新の科学的知見－」, <http://www-cger.nies.go.jp/climate/rrpj-impact-s4report/20080815report.pdf>
- 横沢正幸, 陶福祿, 飯泉仁之直 2007. 気候変動が農業へおよぼす影響－日本と中国への影響を中心として－. *国際農林業協力* 30: 10-20.
- 横沢正幸 2008. 気候変動により食料供給はどう変わるのか? *土木學會誌* 93: 24-25.

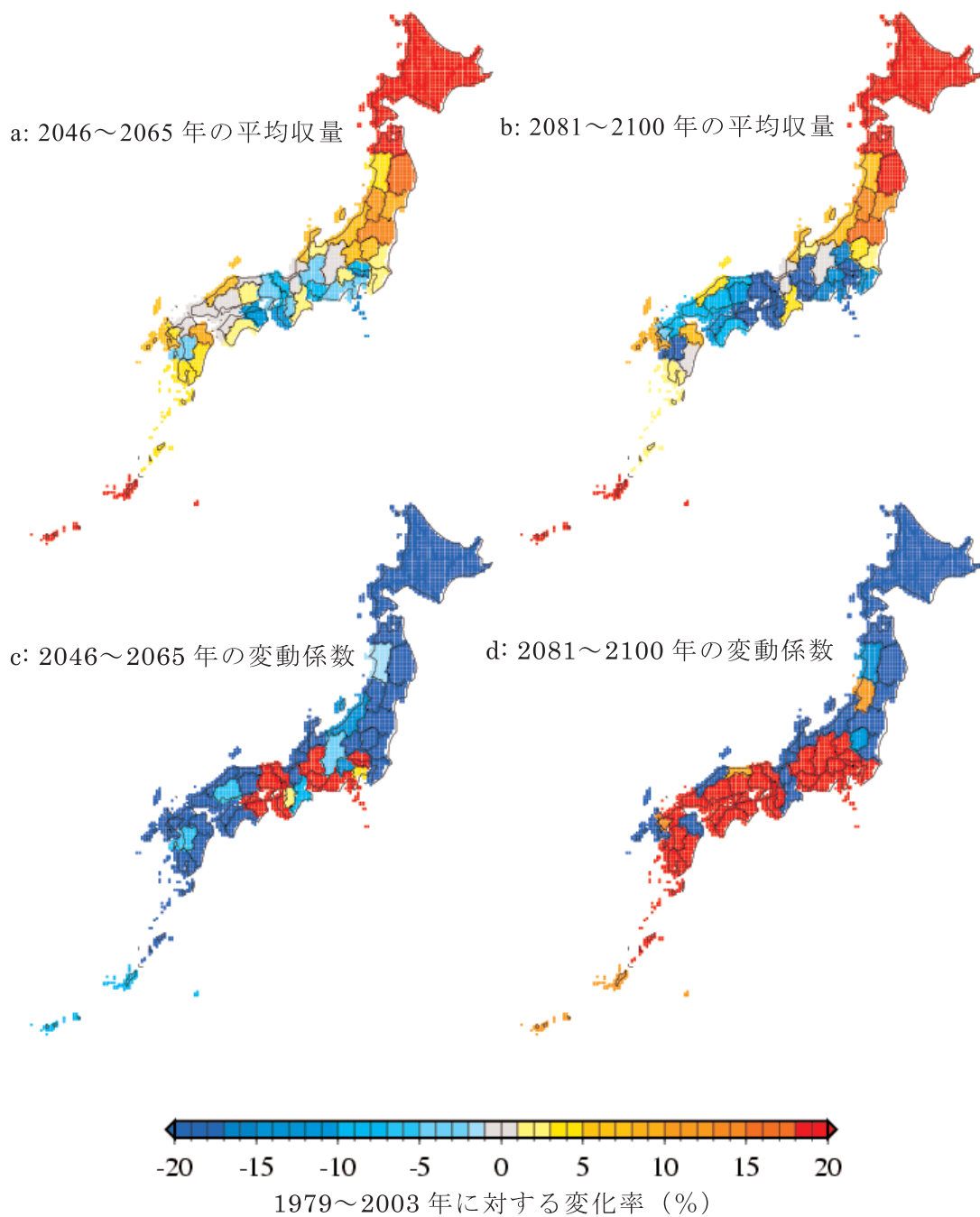


図1 気候変化シナリオ（MIROC 高解像度版、排出シナリオは A1B）に基づく県別コメ収量の変化（a, b: 平均収量、c, d: 変動係数）

地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－（温暖化影響総合予測プロジェクトチーム、2008）より抜粋

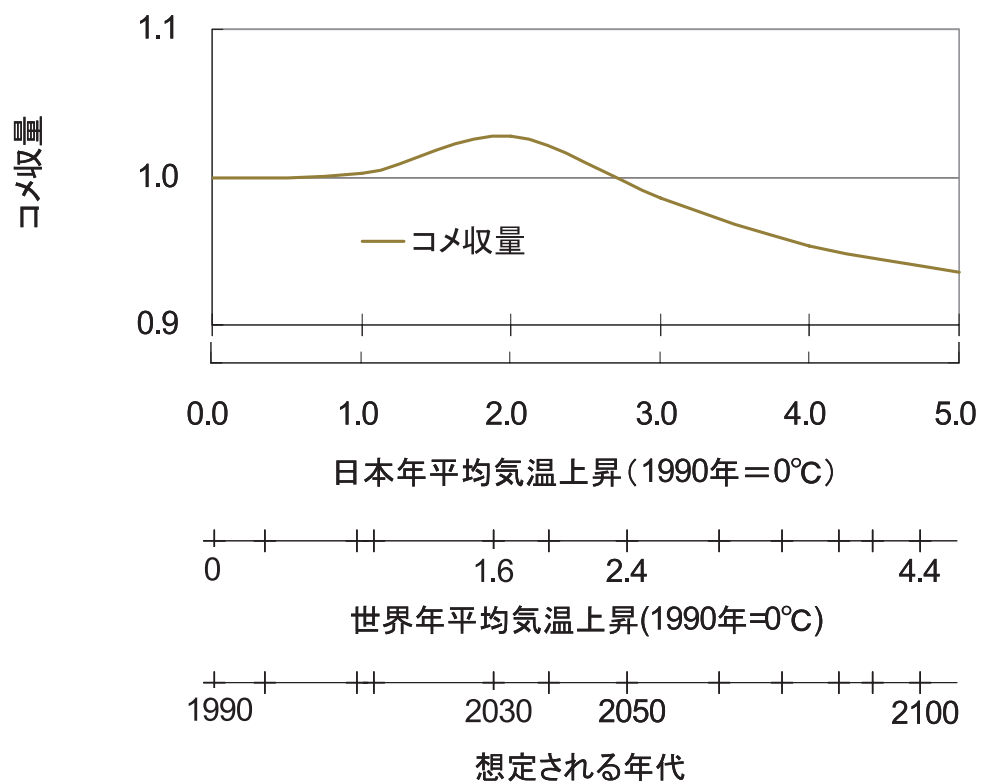


図2 全国平均コメ収量の変化：1979～2003年の平均収量に対する変化率

地球温暖化「日本への影響」－最新の科学的知見－（温暖化影響総合予測プロジェクトチーム、2008）より抜粋