

気候変化が日本の米生産に及ぼす影響に関する 実証研究

Empirical Study on an Impact of Climate Change on Rice
Production in Japan

制度設計理論(経済学)プログラム
07-14952 関根 光翼 Kosuke Sekine
指導教員 日引 聡 Adviser Akira Hibiki

1. はじめに

農業は気象環境への依存度が非常に高い産業である。記録的な猛暑を記録した昨年、農林水産省が発表した2010年産の米の品質検査結果(12月31日時点)によれば、1等米が全体に占める割合は61.9%に留まり、過去5年間で最低であった2006年産の78.6%をはるかに下回った。その要因として特に注目されているのが、稲の高温障害である。米の場合、稲穂が出る出穂が全国的に夏季にあたり、この出穂前後の気候が米の品質・収量を大きく左右することに米農家は長年頭を悩ませてきた。このため気候条件に強い品種の開発は、戦前は食料確保の喫緊の課題であり、戦後～現代においてはより高品質を求める消費者の嗜好を反映して、大変な労力が注がれてきた。1993年の米騒動が教訓とされるように、今後の温暖化に伴う気候変動が米の収量に及ぼす影響を明らかにすることは重要な課題である。

2. 既存研究の整理と本研究の目的

気象と米の収量との関係について、近年では、農業試験場などの特定の環境において管理された結果を分析したものが多い(若松ら2007, 2009)。しかし、人為的な環境条件に基づく予測は、実際の水田で発生する現象を正確に表現出来ないという批判もあり、実証分析の重要性が認められる。また、気候データの正確性は大きな意味を持つが、過去、全国規模での実証分析は都道府県単位での例があるものの、市町村単位では行われてこなかった。このため本研究の目的は、市町村レベルのパネルデータを用いて、気象条件(気温、降水量、日照時間)が米の土地生産性(単位作付面積あたりの水陸稲収穫量)にどのような影響を及ぼすかを明らかにする。

3. 実証モデル

基本モデルの推定式は以下の通りとする。

$$\frac{Production_{it}}{Acreage_{it}} = \alpha + \beta_1 Year_t + \beta_2 Rain_{it} + \beta_3 Rain_{it}^2 + \beta_4 Temp_{it} + \beta_5 Temp_{it}^2 + \beta_6 Sun_{it} + \beta_7 Sun_{it}^2 + \beta_8 Fixcap_{it} + \beta_9 Other_{it} + \beta_{10} Labor_{it} + \beta_{11} N_{it} + \mu_{it}$$

添字の*i*は市町村、*t*は年、左辺の被説明変数(単収量)は作付面積(Acreage)あたりの生産量(Production)である。右辺の説明変数として、Yearは時系列の下降、上昇トレンドを除去するためのタイムトレンド、Rainは降水量、Tempは気温、Sunは日照時間である。気候条件と単収量の関係は線形相関

ではなく、2次相関を持つ可能性があるため、気候変数の2乗項を導入した。その他の要素として固定資本(Fixcap)、その他の要素投入量(種苗費、肥料費、農薬費など)(Other)、賃金(Labor)、単位面積あたりの窒素施肥量(N)を導入した。 μ は誤差項である。

4. 使用変数の説明とデータ

本研究では1996～2005年の10年分、全国1727市町村のパネルデータを利用する。ここで、使用データは市町村合併を考慮して各値の加算を行い、2010年3月31日時点の1727市町村に統一している。降水量、気温、日照時間を記録しているアメダスは、全国840地点(約21km平方に1地点)に存在する。本研究では全国1727の市町村にて分析を行うため、各アメダスの経度緯度情報から、各市町村代表点との距離を計測し、最短距離に存在するアメダスの月別値を、その市町村の気象データとして利用した。この結果、全市町村のうち、96.8%の地点において、代表点から20km以内にアメダスの観測地点が存在していた。また、米の土地生産性に影響を与える出穂期前後の時期の特定のために、農水省の「水稲の耕種期日(最盛期)一覧表(都道府県別)・出穂期」を基に、都道府県の出穂期を特定し、推計に応じて利用する気候データの期間を対応させた。また、「作物統計」から水稲・陸稲の収穫量、作付面積の市町村別データを調査年分それぞれ取得し、水稲・陸稲の合計値を、米の収穫量・作付面積とした。また農林水産省の「米の生産費」より、調査年(1996～2005年)の「調査農家の生産概要・経営概況」から、都道府県別の10aあたりの「固定資本額(農機具、生産管理器具など)」「流動資本額(種苗費、肥料費、農薬費など)」「労賃資本額(家族労働費、雇用労働費など)」を取得した。窒素施肥量は農業環境技術研究所より、都道府県平均を提供してもらった。

5. 推定結果と考察

本節では、まず、5-1節において、基本モデルの分析結果を示し、次いで、5-2節において、各地域で主に生産されている品種の違いを考慮した分析結果を示す。

5-1. 基本モデルの推計

まず、出穂前40日～後40日に月平均気温を対応させた気候データを用いて、総合的な推計を行った。F検定とハウスマン検定の結果、今回は固定効果モデルを利用した。結果は表1に示す通りである。サンプルサイズが15000となったのは米農業の行われていない市町村が推計から外れたためである。その他の要素投入以外は1%水準で有意な結果となった。降水量は収量に対して強い負の影響をもつ(下に凸の二次曲線の左半分)、これは出穂期前後の稲の冠水に伴う、いもち病の感染拡大や、不稔状態の影響を反映している。米の土地生産性の関数は24.6℃において最大値(以下では、これを適温と呼ぶ)をとる上に凸の2次関数となった。日照時間についても気温と同様に上に凸の2次関数となった。しかし、すべてのサンプルが、凸関数の頂点の左側に位置していることから、日照時間の増加は、土地生産性を上昇させ、その上昇度合いは、日照時間が長いほど小さくなることがわかった。このことは、出穂前後の日照条件が千粒重や登熟歩合の低下に直結

することを裏付ける結果であるといえる。

表 1：全国の推計結果

| 米の単位あたり生産量 | パラメータ | 標準誤差 | t値 |
|-------------------------|---------------|----------|--------|
| タイムトレンド | 0.907E-02*** | 1.68E-04 | 5.39 |
| 降水量 | -0.128E-02*** | 9.40E-05 | -13.61 |
| 降水量の2乗 | 0.911E-06*** | 1.46E-07 | 6.26 |
| 気温 | 2.129*** | 3.80E-02 | 56.06 |
| 気温の2乗 | -4.330E-02*** | 8.18E-04 | -52.97 |
| 日照時間 | 1.191E-02*** | 6.31E-04 | 18.89 |
| 日照時間の2乗 | -0.238E-04*** | 2.16E-05 | -11.01 |
| 固定資本 | 0.361E-07*** | 7.54E-11 | 4.79 |
| その他要素投入量 | -2.98E-08 | 1.38E-09 | -0.22 |
| 賃金 | -0.399E-06*** | 1.17E-09 | -3.42 |
| 窒素施肥量 | 0.706E-02*** | 1.27E-03 | 5.55 |
| 観測数 | 15000 | | |
| R ² (within) | 0.4081 | | |

(***:有意水準 1%)

また、出穂期前、後について気候データを分けて分析した結果、どちらも気温、日照時間について表 1 の分析と同様の符号の強い相関を持つことがわかった。なお、出穂前・後の適温はそれぞれ、25.3℃、23.2℃であった。

5-2. 気温の感応度の品種間差の推計

気温への感応度には品種差がある。本研究ではこの違いを推計するために、各都道府県における、調査年分の品種シェアを調べ、各都道府県が作付する主な品種を特定した。この結果、日本の都道府県の米品種は、特殊な米を栽培している岐阜県(ハツシモ)や品種データのない東京など7都県を除いて、「1・コシヒカリ、2・ひとめぼれ、3・ヒノヒカリ(H21年の品種シェアトップ3)と、4・北海道、東北地域の主要品種(あきたこまち etc)」の4カテゴリーに分類できた。これを基に、コシヒカリを基準にして3つのダミー変数を作成し、それらと気候変数との交差項を、5-1節で分析した基準モデルに導入することによって、品種間の気温感応度の違いを考慮した分析を行った。表 2 に示すのは、コシヒカリを基準にダミー変数を作成したときの推計結果である。各品種ダミーと気温の交差項の係数は、コシヒカリとの気温感応度の品種差を示すものである。

表 2：気温感応度の品種間差の推計結果(コシヒカリ基準)

| 米の単位あたり生産量 | パラメータ | 標準誤差 | t値 |
|-------------------------|---------------|----------|--------|
| タイムトレンド | 0.465E-02*** | 1.77E-03 | 2.63 |
| 降水量 | -0.111E-02*** | 1.00E-04 | -11.13 |
| 降水量の2乗 | 0.693E-06*** | 1.50E-07 | 4.61 |
| 気温 | 1.215*** | 8.54E-02 | 14.22 |
| 気温の2乗 | -0.246E-01*** | 1.79E-03 | -13.72 |
| ひとめぼれダミー×気温 | 5.500*** | 0.312 | 17.63 |
| ひとめぼれダミー×気温2乗 | -0.125*** | 7.35E-03 | -17.00 |
| ヒノヒカリダミー×気温 | -0.650*** | 0.21 | -3.10 |
| ヒノヒカリダミー×気温2乗 | 0.012*** | 4.18E-03 | 2.88 |
| あきたこまちetcダミー×気温 | 2.351*** | 0.132 | 17.77 |
| あきたこまちetcダミー×気温2乗 | -0.544E-01*** | 3.08E-03 | -17.69 |
| 日照時間 | 0.112E-01*** | 6.80E-04 | 16.45 |
| 日照時間の2乗 | -0.213E-04*** | 2.33E-06 | -9.14 |
| 固定資本 | 0.232E-07*** | 8.86E-09 | 2.62 |
| その他要素投入量 | 1.13E-07 | 1.46E-07 | 0.77 |
| 賃金 | -0.741E-06*** | 1.26E-07 | -5.89 |
| 窒素施肥量 | 0.671E-02*** | 1.34E-03 | 5.00 |
| 観測数 | 13070 | | |
| R ² (within) | 0.4515 | | |

(***:有意水準 1%)

この結果から、各品種の出穂期前後の適温はコシヒカリ 24.7℃、ひとめぼれ 22.5℃、ヒノヒカリ 22.5℃、あきたこまちほか、は 22.6℃となり、北日本を除いて全国的に栽培されているコシヒカリの耐暑性が裏付けられた。北日本の品種である、ひとめぼれ、あきたこまち etc は適地適作といえるが、

九州・四国で大きなシェアをもつヒノヒカリの耐暑性の弱さは、西日本の一等米比率が低い主要因であると考えられる。

5-3. 気温上昇が収量にもたらす影響の予測

本研究では、気象庁(2005)より、気象研究所で開発された、水平解像度 20km の地域気候モデル(RCM20)を用いた予測結果(2081~2100年)を参考として、調査年(1996~2005)の出穂期前後の気温平均値が 2.4℃気温上昇した場合を想定し、前節で算出した品種別の推計値を基に、土地利用が変化しなかった場合における、気温上昇が米生産に及ぼす影響(市町村別)を算出した。気温上昇がなかった場合と比較して、気温上昇の影響を変化率で表わすと、図 1 のようになる。なお、図は市町村別に計算した結果を都道府県レベルに集計したものを表している。

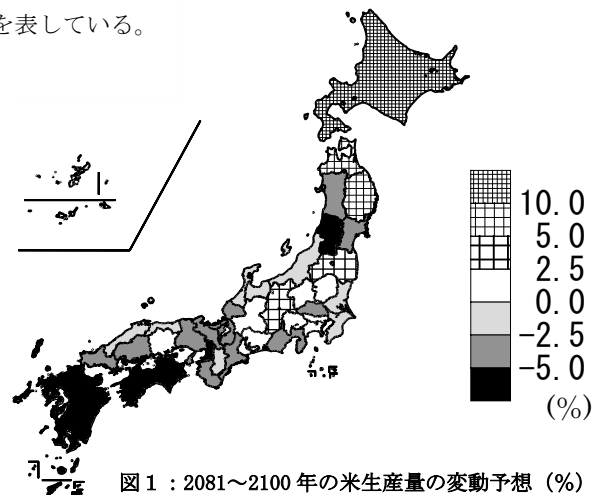


図 1：2081~2100年の米生産量の変動予想(%)

米生産量の変動は、主に北日本でプラス、西日本でマイナスの影響が認められた。これは、気温上昇により、今回算出した米生産の適温(22.4~24.7℃)に近づく北日本と、より遠ざかってしまう西日本の気候特性を反映している。なお、全国平均は-1.91%の減収となった。対策として、昨年記録的猛暑でも品質を落とさなかった「つや姫」など耐暑性の強い品種の導入、作付期の早期化、晩期化などが挙げられる。

6. 結論と今後の課題

本研究により、米の生産に大きな影響を与える出穂期前後の適温は全国的には 24.6℃であり、出穂期前・後双方が収量に対して大きな影響をもつことがわかった。また、品種差の分析により、コシヒカリの耐暑性の強さが全国的に安定した収量をあげる一因であること、ヒノヒカリの耐暑性の弱さが西日本の一等米比率低下の一因であることが明らかとなった。また、統計結果を用いた予想により気温上昇は北日本の収量増加、西日本の収量減少がもたらされることがわかった。本研究の課題として、より正確な資本投入変数の導入、気候データのより正確な適合、などが挙げられる。

7. 主要参考文献

- 若松謙一・佐々木修・上菌一郎・田中明男,(2007)「暖地水稻の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響」.日本作物学会紀事,76(1):71-78
- 河津俊作・本間香貴・堀江武・白岩立彦,(2007):「近年の日本における稲作気象の変化とその水稻収量・外観品質への影響」.日本作物学会紀事,76(3):423-4

