

地球温暖化による農産物の生産変動が地域経済に及ぼす影響

—9 地域間 CGE モデルを用いて—

麗澤大学経済社会総合研究センター 沖山 充*

麗澤大学大学院経済研究科・経済学部 徳永 澄憲

要旨

我々は、先行研究から地球温暖化による気候変動が我が国の農業に対してどの地域でも同程度に影響を及ぼすのではなく、地域間で異なる影響を与え、また、農作物によってもその影響にバラツキがあることに着目した。そして、本論文ではこうした温暖化の直接的な影響を受ける農業部門だけではなく、農業との産業連関のある産業部門への波及効果などを含めて、地域経済への影響を明らかにすることを目的とした。そのために、本論文では CGE モデルを用いて分析する方法を採用した。そこで、本論文では経済産業省の 9 地域間産業連関表 (2005 年) を基に農林水産業と飲食料品の産業を細分化した 9 地域間社会会計表 (SAM) を作成し、同 SAM から 9 地域間 CGE モデルを構築した。そして、同 CGE モデルを用いて気象庁の将来気温予測を基にした日本の気候変動が各地域の農作物の生産変動を通じてもたらす地域経済への影響を計測した。

本論文では、まず「適応技術無し温暖化シミュレーション」を 3 つの設定 (将来気温が最大値になる場合、将来気温が平均値になる場合、将来気温が最小値になる場合) について行った。次に、将来気温が平均値になる場合における温暖化パラメータが「1」以下になる地域の農作物に限定し、「高温耐性品質の技術が開発されたことで、温暖化による生産性の低下幅が縮小した」(=適応技術有り・平均値) と仮定し、「適応技術有りの温暖化シミュレーション」を行った。そして前者の結果と対比させることで負の経済的な影響をどの程度まで軽減することが可能になるのかを計測した。このシミュレーションでは 2 つの設定で行った。一つは、温暖化パラメータの設定だけを変更したケースと、もう一つは適応技術の開発に加えて、温暖化による市場への農作物の供給量の減少をできるだけ抑えるために、輸入農作物の市場への供給量を増加させる輸入政策も付加するケースである。

こうしたシナリオ設定に基づいたシミュレーション結果から次の結論が得られた。全国の等価変分 (経済厚生) は 2005 年の基準値として温暖化の影響が最小値である場合で 3,821.6 億円のマイナスとなり、最大値では 6,859.4 億円のマイナスに達する。これを 1 人当たり換算すると、3,007 円から 5,397 円までの範囲の減少になる。地域別では、温暖化によって地域住民がプラスの効用を受けるのは最小値の北海道のみとなる。それ以外のどの地域の住民の効用はマイナスになる。とりわけ、温暖化の影響を最大に受けた場合、四国は一人当たり 13,813 円の減少となり、592 円の減少となる北海道と 13,221 円ほど格差が生じることになる。同様に、各地域の地域経済への影響も北海道の実質 GRP は 0.04% 増になるのに対して、四国は 0.35-0.61% 減と最も大きく、北海道を除くどの地域の実質 GRP は温暖化の影響でマイナスになる。また、適応技術有りに輸入政策を加えたシミュレーションでは、市場への農作物の供給量の減少分は 91 億円まで縮小する一方で、輸入量は 6,008 億円と 11.6 倍に増加する。そして、農家の売上高は輸入財によって国内財の価格上昇が抑制されるために、マイナスに転じるが、各地域の等価変分は改善され、北海道と同様に中部と近畿の等価変分はプラスになり、マイナスであったそれ以外の地域の等価変分も減少分が縮小する。また、各地域の実質 GRP は輸入政策の有無に関係なく、大きな変化は見られないが、域内総生産量は改善され、増加に転じる。このように温暖化への適応技術を開発することに加えて、輸入政策 (輸入補助金措置) などで農作物の輸入を増加させることは、農家の売上にとってマイナスになるものの、各地域の等価変分や総生産量の視点からみると、同時に輸入政策を追加する政策は各地域経済への温暖化対策として検討に値すると言えよう。

Impact of Climate Change on Regional Economy through Fluctuations in Japan's Crops Production
: Utilizing the 9 Inter-Regional CGE model

Mitsuru OKIYAMA (Reitaku University) ※
Suminori TOKUNAGA (Reitaku University)

Abstract

The purpose of this paper is that we try to measure the impact of climate change caused by global warming on the regional economies with agriculture and the industries associated with agriculture. We have some knowledge of the previous studies that climate change will not affect the rice production of every region in Japan at the same level, but affects at different level between regions. So, first, we tried to create 9 inter-regional social accounting matrix including the production activities that are subdivided into agriculture and industry of food and beverage. Next, we have constructed a 9 inter-regional CGE model from this SAM. The nine regions is composed of Hokkaido, Tohoku, Kanto, Chubu, Kinki, Chugoku, Shikoku, Kyushu and Okinawa. And, in this paper, we conduct "scenario setting of global warming simulations without adaptation technology" in three scenarios: a) when the future temperature becomes the maximum value; b) when the future temperature becomes the mean value; and 3) when the future temperature becomes the minimum value. Next, we carry out "scenario settings of global warming simulation with adaptation technology" under an assumption being made that "development of high-temperature tolerant agricultural crop varieties has results in curbing global warming-induced productivity decline" (with adaptation technologies, mean value) for regions whose global warming parameter when the temperature has a mean value of 1 or below. And by comparing with the former result, we measure how much negative economic impact can be reduced. In this simulation it was done with two settings. One is to change only the setting of the global warming parameter and the other is not only to develop adaptive technology but also to add an import policy to increase the supply of imported agricultural crops to the market to compensate for the decrease in the supply of crops to the market due to global warming.

The following conclusions were obtained from simulation results based on such scenario setting. Climate change caused by global warming has different influence on the region, and it turns out that the regional economic gap is generated. Equivalent variations (economic welfare) across the country are the negative value of 382.16 billion yen when the impact of global warming is the minimum value as the base value of 2005, reaching the minus of 685.94 billion yen at the maximum value. Converting this to per capita will result in a decrease in the range from 3,007 yen to 5,397 yen. By region, only Hokkaido with the minimum value receives benefits due to global warming. The utility of the residents in any other regions will be negative. In particular, Shikoku which receives the greatest negative impact of global warming, will decrease by 13,813 yen per capita, and there will be a gap of 13,221 yen from Hokkaido which will decrease by 592 yen. Similarly, the real GRP in Hokkaido is the increase in 0.04%, while the real GRP in Shikoku is the largest decrease in 0.35-0.61%, while the real GRP in any region except Hokkaido becomes a negative due to negative impact of global warming. In addition, with the adaptation technology with an import policy added, the farmer's sale turns negative because domestic goods price rise is suppressed by imported goods, but equivalent variations in each region are improved. Equivalent variations in Chubu and Kinki turn the increase as well as in Hokkaido, and the decrease in equivalent variations in other regions that were negative also shrinks. In addition, regardless of whether or not import policy, there is not much change in real GRP in each region, but the total output will improve and turn to increase.

地球温暖化による農産物の生産変動が地域経済に及ぼす影響

—9 地域間 CGE モデルを用いて—

麗澤大学経済社会総合研究センター 沖山 充*

麗澤大学大学院経済研究科・経済学部 徳永 澄憲

1. はじめに

我々は、これまでの先行研究から地球温暖化による気候変動が我が国の農業に対してどの地域でも同程度に影響を及ぼすのではなく、地域間で異なる影響を与え、また、農作物によってもその影響にバラツキがあることに着目した。そして、本論文ではこうした温暖化の直接的な影響を受ける農業部門だけではなく、農業との産業連関のある産業部門への波及効果などを含めて、地域経済への影響を明らかにすることを目的とする。そのために、本論文では CGE モデルを用いて分析する方法を採用する。同モデルの特徴は、先行研究で用いられている作物モデルや農作物の生産関数のように単なる温暖化の影響のみを反映するだけではなく、一般均衡モデルであるために、温暖化による地域間のバラツキを地域間の農作物価格差を通じて地域間移出・移入量の変化が生産量に与える影響も反映することができることと、農作物の生産量の変化が他産業、とりわけ農作物を原料とした食品加工業の生産に影響し、それが地域経済への影響を通じて間接的に農作物の生産に影響する点も反映できる。さらに、温暖化による地域経済への影響を「等価変分」という指標を通じて各地域の経済厚生について数値化することもできるからである。そこで、まず本論文では経済産業省の9地域間産業連関表(2005年)を基に農林水産業と飲食料品の産業を細分化した9地域間社会会計表(SAM)を作成し、同SAMから9地域間CGEモデルを構築する。そして、同CGEモデルを用いて気象庁の将来気温予測を基にした日本の気候変動が各地域の農作物の生産変動を通じてもたらす地域経済への影響を計測する。

2. 将来気温の変化と各農作物の収量変化

気象庁(2017)が予測している現在気候(1980-1999年を想定)と将来気候(2076-2095年を想定)との日本の地域別の平均気温変化差と標準偏差を基に、9地域の将来気温(2076-2095年)の年平均と4-10月期の平均気温について最大値、平均値、最小値を推計した。その推計結果が表1である。この表の年平均での平均値をみると、北海道の将来気温は東北の1990-2009年の平均気温よりも0.7°C高い水準まで上昇し、東北の将来気温は四国の1990-2009年の平均気温より0.7°Cほど低い水準まで上昇する。一方、東海以西の地域では将来気温が年平均で18°C~19°C半ばに、4-10月期平均気温でも24-25°Cに上昇する。だが、沖縄の1990-2009年の平均気温(年平均:23.8°C、4-10月期は26.7°C)の水準には至らない。そして、2005年時点の気温から各地域のこうした将来気温まで上昇した場合における各農作物の地域ごとの収量又は収穫量への影響を推計した結果が表2である。この表から次の3点が考察される。第1点は将来気温が最大値になっても北海道の米類の収量はマイナスの影響を受けないが、東北では最大値になると、初めて1.5%減とマイナスの影響を受ける。また、関東・東山以西の地域では、将来気温が最大値になると、10%以上の減少率になり、最小値でも四国の11.7%を除いて収量は4-7%の範囲の減少率となる。第2点は麦類・いも類と野菜類について米類に比べてどの地域でも気温上昇が収量又は収穫量に与える影響が大きい。特に、東北、北陸、関東・東山の東日本の地域では東海以西の地域よりも気温上昇による影響は大きい。第3点は果樹類について東海以西の地域で気温上昇による収穫量への影響を受け、かつ将来気温の最小値と最大値との影響度の差が大きい。四国では最大値で102%の収穫の減少率となり、最小値でも54.2%とより大きなマイナスの影響を受けることになる。また、東海、中国と九州の各地域でも将来気温の上昇の範囲が平均値レベルでも柑橘類の収穫量は36%~59%範囲で大幅に減少することが予想される。

表1. 気象庁の将来気温を基に9地域の将来気温の推定結果

地域 (℃、%)	1990-2009年の期間に おける平均気温		将来気温 (2076-2095年)						気温上昇率 (1990-2009年の期間平均気温→将来気温)					
	年平均	4-10月期	年平均			4-10月期平均			年平均			4-10月期平均		
			最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
北海道	7.1	14.0	12.4	11.7	11.0	19.2	18.4	17.6	73.6	63.7	53.9	36.9	31.3	25.7
東北	11.0	17.2	15.9	15.3	14.6	22.0	21.2	20.5	44.3	38.4	32.5	27.9	23.5	19.0
北陸	13.2	19.2	17.9	17.3	16.7	23.9	23.1	22.4	35.8	31.2	26.7	24.6	20.7	16.9
関東・東山	13.8	19.6	18.3	17.7	17.1	24.1	23.3	22.6	32.3	27.9	23.6	22.9	19.1	15.3
東海	15.1	20.9	19.4	18.9	18.3	25.1	24.4	23.7	28.5	24.9	21.3	20.3	16.9	13.5
近畿	14.6	20.5	19.1	18.5	18.0	24.9	24.2	23.5	30.1	26.3	22.6	21.2	17.8	14.3
中国	14.7	20.4	18.8	18.3	17.8	24.5	23.8	23.1	27.7	24.3	20.9	20.0	16.7	13.4
四国	16.0	22.0	20.1	19.6	19.1	26.4	25.7	25.1	25.7	22.6	19.4	20.2	17.1	14.1
九州	16.1	21.5	20.0	19.6	19.1	25.5	24.9	24.3	24.6	21.7	18.8	18.5	15.6	12.7

出所) 気象庁 (2017) のデータを基に筆者作成

表2. 将来気温から予測される各農作物の収量又は収穫量の変化率

地域、%	2005年時点気温を基準とした気温上昇による各農作物の収量又は収穫量変化率											
	米類			麦類・いも類			野菜類			果樹類		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
北海道	12.1	11.8	11.1	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
東北	-1.5	0.0	1.1	-33.5	-29.3	-25.1	-28.7	-25.3	-21.8	n.a	n.a	n.a
北陸	-9.2	-6.5	-4.3	-24.9	-22.0	-19.1	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
関東・東山	-10.0	-7.2	-4.8	-23.0	-20.2	-17.5	-21.0	-18.4	-15.9	n.a	n.a	n.a
東海	-13.2	-9.9	-7.0	-19.6	-17.3	-15.0	-17.9	-15.8	-13.7	-79.3	-59.1	-41.7
近畿	-12.4	-9.3	-6.5	-20.0	-17.7	-15.3	-18.3	-16.1	-14.0	-52.2	-36.8	-23.9
中国	-10.4	-7.7	-5.4	-20.8	-18.4	-16.0	-17.0	-15.1	-13.1	-83.6	-48.4	-29.3
四国	-19.0	-15.1	-11.7	-17.9	-15.8	-13.7	-15.3	-13.5	-11.8	-102.0	-72.2	-54.2
九州	-13.5	-10.4	-7.6	-16.5	-14.7	-12.9	-15.5	-13.9	-12.2	-45.1	-36.1	-28.1

注) 「n.a」は、固定効果モデルによるパラメータを計測するためのサンプル対象外地域を指す

3. 9地域間CGEモデルによるシミュレーション与件と結果

3.1 シミュレーションの与件設定

ここでは、地球温暖化による気候変動がもたらす農作物の生産量の変化に関するシミュレーションの与件の設定を示す。まず、本節のシミュレーションの与件設定を述べる前に、表2で推定した各農作物の生産関数から得られた結果を9SCGEモデルにおいてどのように反映させたのかについて説明する。9地域間CGE(9SCGE)モデル内の生産ブロックの生産関数から直接に温暖化による気温上昇がもたらす各地域の農産物の生産への影響を反映することができない。そのため、本論文では気温変数を織り込んだ各農作物の生産関数から得られた表2の各農作物の生産量の変化率の結果を反映させる方法を採用する。具体的にどのような手続きを踏んで、シミュレーション前提与件として何のパラメータを求めたのかについて以下の通りである。

本論文では9SCGEモデルの生産ブロック内での米類、麦類・いも類、野菜類、そして果樹類の各生産関数(1)式に関して、キャリブレーションで得られた効率パラメータ aF_a^o に着目した。

$$XD_a^o = \frac{1}{b} \cdot (\alpha_a^o \cdot aF_a^o) \left(\gamma F_a^o \cdot R_a^o \frac{-(1-\sigma F_a)}{\sigma F_a} + (1-\gamma F_a^o) KL_a^o \frac{-(1-\sigma F_a)}{\sigma F_a} \right)^{\frac{-\sigma F_a}{1-\sigma F_a}} \quad (1)$$

ここでの α_a^o は地球温暖化による各地域の農作物の生産性に影響するパラメータ(以下では「温暖化パラメータ」と呼ぶ)、 b は「土地・労働・資本の組」の効率パラメータ、 σF_a は土地と「労働・資本の組」の代替弾力性、 γF_a^o は o 地域の a 部門の分配パラメータである。

しかし、直接に効率パラメータ aF_a^o を変化させることができないために、別の方法からこの効率パラメータを変化させた。それが、この効率パラメータを変化させる温暖化パラメータ α_a^o (このパラメータの初期値は9地域ごとのそれぞれの4つの農業部門の生産活動に対して「1.0」を与えている)を9SCGEモデルのシミュレーションから探索する方法である。その方法は、北海道の米類、果樹類を除く東北の3つの農作物、沖縄を除く6地域の4つの農作物の計28通りに最大値、平均値、最小値の3ケースごとに合わせて84通りについて表2で得られた収量又は収穫量の変化率を9SCGEモデルでほぼ再現できるような「温暖化パラメータ」をシミュレーションから求めた。9SCGEモデルで再現するために、変化させる地域の当該の農作物だけが変化するのではなく、自地域のみならず他地域の全ての内生変数が変化する。特に、当該の農作物の生産が変化することに合せて、当該の農産物の土地と労働そして資本の変数も変化するようになる。そのため、変化した土地と、資本、労働の変数をそれぞれの農作物で採用した気温変数を織り込んだ生産関数の推定式に挿入して、再度当該の農産物の生産の変化率を求め、それをもう一度9SCGEモデルに再現する。こうした繰り返しを通じて生産関数の推定式から得られた結果と9SCGEモデルの結果がほぼ一致するような「温暖化パラメータ」を求めた(図1)。

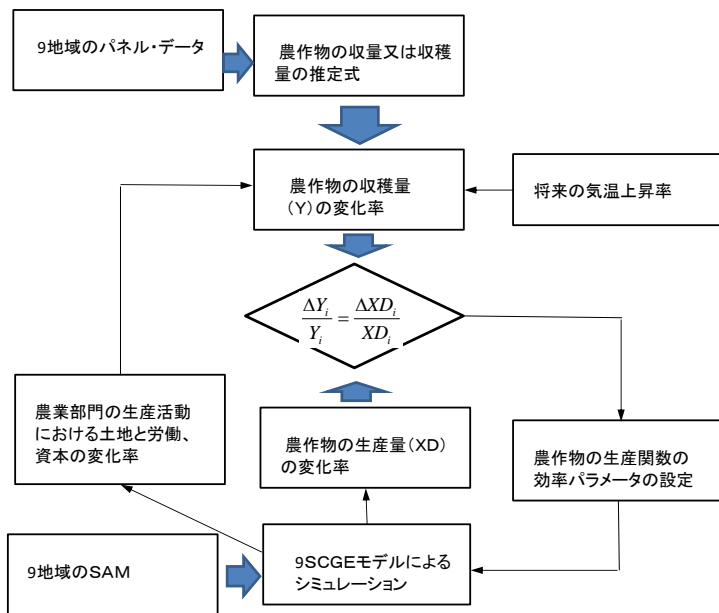


図1. 温暖化パラメータの探索のフレーム

こうした探索で得られた表3の「温暖化パラメータ」を与件としてまずは「適応技術無し温暖化シミュレーション」を3つの設定(将来気温が最大値になる場合、将来気温が平均値になる場合、将来気温が最小値になる場合)について行い、それぞれの設定の各地域の地域経済や経済厚生への影響、及び農林水産業や飲食料業等への経済波及効果を計測する。次に、将来気温が平均値になる場合における温暖化パラメータが「1」以下になる地域の農作物に限定し、「高温耐性品質の技術が開発されたことで、温暖化による生産性の低下幅が縮小した」(=適応技術有り・平均値)と仮定する。具体的には、米類を初め、それ以外の農作物は50%回復すると仮定し、温

暖化パラメータを算出した。このパラメータを用いて 9SCGE モデルから「適応技術有りの温暖化シミュレーション」を行い、前者の結果と対比させることで負の経済的な影響をどの程度まで軽減することが可能になるのかを計測する。このシミュレーションでは2つの設定で行う。一つは、温暖化パラメータの設定だけを変更したケースである。これは、国内市場への農作物の供給量の減少分を輸入農作物で補填する政策を行わない場合（「適応技術有り・輸入政策無し」）である。もう一つのケースは、温暖化による市場への農作物の供給量の減少をできるだけ抑えるために、輸入農作物の市場への供給量を増加させる政策（農作物の輸入関税を廃止し、代わりに輸入補助金を支給する：「適応技術有り・輸入政策有り」）である。このシミュレーションでは農作物のアーミントン関数の代替弾力性を5.0から10.0とし、輸入関税率を米類はマイナス20%、麦・いも類は0%、野菜類はマイナス30%、果樹類はマイナス10%と設定した。

表3. 「温暖化パラメータ」の与件

温暖化パラメータ (α)	適応技術無し (最大値)				適応技術無し (平均値)				適応技術無し (最小値)				適応技術有り (平均値)			
	米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類
北海道	1.129	1.000	1.000	1.000	1.125	1.000	1.000	1.000	1.117	1.000	1.000	1.000	1.125	1.000	1.000	1.000
東北地域	0.982	0.703	0.744	1.000	1.000	0.738	0.772	1.000	1.013	0.773	0.800	1.000	1.000	0.869	0.886	1.000
関東地域	0.881	0.799	0.801	0.766	0.913	0.823	0.823	0.822	0.941	0.847	0.846	0.872	0.957	0.912	0.912	0.911
中部地域	0.867	0.807	0.818	0.200	0.901	0.829	0.838	0.416	0.930	0.852	0.857	0.605	0.951	0.915	0.919	0.708
近畿地域	0.869	0.788	0.821	0.510	0.902	0.812	0.841	0.655	0.930	0.836	0.861	0.773	0.951	0.906	0.921	0.828
中国地域	0.872	0.842	0.837	0.250	0.904	0.860	0.854	0.452	0.932	0.878	0.872	0.637	0.952	0.930	0.927	0.726
四国地域	0.800	0.846	0.855	0.100	0.839	0.864	0.871	0.233	0.874	0.881	0.887	0.392	0.920	0.932	0.936	0.617
九州地域	0.850	0.821	0.851	0.454	0.883	0.839	0.866	0.561	0.913	0.858	0.881	0.645	0.942	0.920	0.933	0.781
沖縄県	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

3.2 シミュレーションの結果

ここでは、紙面の制約から表4のシミュレーション分析の結果のみを示すことにする。

表4. 9SCGE モデルを用いた温暖化シミュレーションの結果

ベース値からの変化率	適応技術有無	温暖化の影響度	等価変分 (億円)	1人当たり金額 (円)	実質GRP	域内総生産量	農家の売上高	域内農作物生産量	他産業の生産量への波及効果									
									米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	畜産	と畜、畜産食料品	農産食料品	その他の食料品、飲料、タバコ	鉱工業	サービス業
全国計	適応技術無し	最大値	-6,859.4	-5,397	-0.14%	-0.11%	3.20%	-10.31%	-3.44%	-14.21%	-9.10%	-29.68%	-0.78%	-0.63%	-3.22%	-0.88%	0.07%	-0.04%
		平均値	-5,146.0	-4,049	-0.10%	-0.09%	2.65%	-8.21%	-2.50%	-12.03%	-7.91%	-22.00%	-0.59%	-0.48%	-2.36%	-0.66%	0.04%	-0.03%
		最小値	-3,821.6	-3,007	-0.08%	-0.07%	1.92%	-6.33%	-1.70%	-9.86%	-6.74%	-15.44%	-0.42%	-0.34%	-1.61%	-0.48%	0.02%	-0.02%
	(平均値)	輸入政策無し	-2,237.1	-1,760	-0.04%	-0.04%	1.20%	-3.82%	-1.09%	-5.71%	-3.77%	-10.10%	-0.25%	-0.20%	-1.04%	-0.28%	0.01%	-0.01%
		輸入政策有り	-90.7	-71	-0.05%	0.01%	-8.10%	-10.57%	-2.08%	-6.33%	-13.47%	-28.46%	0.13%	0.27%	0.17%	-0.04%	0.28%	-0.04%

ベース値からの変化率	適応技術有無	温暖化の影響度	1人当たり金額		他産業の生産量への波及効果													
			等価変分(億円)	(円)	実質GDP	域内総生産量	農家の売上高	域内農作物生産量	米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	畜産	と畜、畜産食料品	農産食料品	その他の食品、飲料、タバコ	鉱工業	サービス業
北海道	適応技術無し	最大値	-31.9	-592	0.04%	0.01%	6.78%	6.75%	19.42%	3.25%	1.97%	6.52%	-1.03%	-0.62%	-0.05%	-0.73%	-0.06%	0.03%
		平均値	-8.5	-158	0.04%	0.02%	5.46%	5.83%	15.89%	3.25%	1.84%	3.95%	-0.74%	-0.44%	0.28%	-0.45%	-0.06%	0.03%
		最小値	5.8	108	0.04%	0.02%	4.28%	4.91%	12.63%	3.10%	1.68%	2.44%	-0.51%	-0.29%	0.51%	-0.28%	-0.05%	0.02%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	12.8	237	0.04%	0.04%	2.85%	4.07%	12.47%	1.84%	0.87%	1.64%	-0.24%	-0.13%	0.74%	-0.14%	-0.03%	0.02%
		輸入政策有り	27.2	505	0.03%	0.07%	-1.09%	1.19%	8.89%	2.49%	-4.70%	-31.70%	0.12%	0.34%	1.39%	0.05%	0.24%	-0.01%
東北地域	適応技術無し	最大値	-299.2	-3,331	-0.17%	-0.19%	6.93%	-1.76%	1.76%	-37.60%	-13.29%	6.48%	-0.59%	-0.59%	-3.59%	-0.67%	-0.04%	-0.03%
		平均値	-251.0	-2,794	-0.13%	-0.14%	5.07%	-1.25%	2.39%	-31.54%	-11.48%	4.22%	-0.41%	-0.42%	-2.28%	-0.51%	-0.04%	-0.03%
		最小値	-207.2	-2,307	-0.09%	-0.10%	3.52%	-0.87%	2.59%	-25.86%	-9.79%	2.81%	-0.26%	-0.28%	-1.24%	-0.38%	-0.03%	-0.03%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-114.3	-1,273	-0.06%	-0.07%	2.05%	-0.76%	1.03%	-14.83%	-5.34%	1.26%	-0.19%	-0.18%	-1.01%	-0.22%	-0.02%	-0.01%
		輸入政策有り	-75.6	-842	-0.07%	0.00%	-3.62%	-4.56%	-0.21%	-20.52%	-13.31%	-4.95%	0.04%	0.19%	0.30%	-0.04%	0.32%	-0.06%
関東地域	適応技術無し	最大値	-2,511.3	-4,836	-0.10%	-0.09%	3.62%	-10.79%	-7.39%	-31.31%	-11.68%	-7.49%	-0.35%	-0.45%	-2.86%	-0.81%	0.05%	-0.03%
		平均値	-1,986.8	-3,826	-0.08%	-0.07%	2.46%	-8.93%	-5.52%	-26.56%	-10.11%	-5.95%	-0.25%	-0.33%	-2.04%	-0.61%	0.04%	-0.03%
		最小値	-1,528.3	-2,943	-0.06%	-0.05%	1.54%	-7.21%	-4.03%	-22.03%	-8.56%	-4.31%	-0.18%	-0.22%	-1.37%	-0.44%	0.02%	-0.02%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-890.6	-1,715	-0.04%	-0.03%	0.88%	-4.44%	-2.84%	-12.90%	-4.79%	-3.66%	-0.11%	-0.13%	-0.90%	-0.26%	0.01%	-0.01%
		輸入政策有り	-174.7	-336	-0.04%	0.02%	-10.05%	-13.01%	-3.37%	-16.16%	-15.80%	-28.59%	0.06%	0.24%	0.30%	-0.03%	0.35%	-0.03%
中部地域	適応技術無し	最大値	-852.4	-6,290	-0.12%	-0.06%	-0.53%	-15.09%	-4.92%	-27.20%	-9.41%	-85.17%	-0.29%	-0.47%	-3.14%	-0.95%	0.09%	-0.05%
		平均値	-611.1	-4,509	-0.09%	-0.05%	0.56%	-12.20%	-4.89%	-24.65%	-8.33%	-59.53%	-0.26%	-0.38%	-2.45%	-0.71%	0.05%	-0.04%
		最小値	-438.8	-3,238	-0.06%	-0.04%	0.72%	-9.19%	-4.01%	-20.63%	-7.22%	-37.57%	-0.19%	-0.27%	-1.74%	-0.51%	0.03%	-0.03%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-268.4	-1,980	-0.04%	-0.03%	0.42%	-5.94%	-2.75%	-12.37%	-4.03%	-27.03%	-0.11%	-0.16%	-1.16%	-0.31%	0.02%	-0.02%
		輸入政策有り	171.7	1,267	-0.04%	0.01%	-10.94%	-13.36%	-2.28%	-8.71%	-16.54%	-56.37%	0.13%	0.29%	0.11%	-0.01%	0.10%	-0.02%
近畿地域	適応技術無し	最大値	-1,103.6	-5,130	-0.08%	-0.06%	-0.98%	-17.24%	-6.61%	-25.82%	-12.39%	-46.32%	-0.74%	-0.57%	-2.47%	-0.82%	0.07%	-0.02%
		平均値	-818.7	-3,806	-0.06%	-0.05%	-0.31%	-12.84%	-5.23%	-21.84%	-10.67%	-30.75%	-0.52%	-0.43%	-1.80%	-0.63%	0.05%	-0.02%
		最小値	-594.6	-2,764	-0.04%	-0.03%	-0.46%	-9.39%	-4.18%	-17.94%	-9.02%	-19.16%	-0.33%	-0.30%	-1.23%	-0.46%	0.03%	-0.01%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-367.5	-1,708	-0.03%	-0.02%	-0.25%	-6.18%	-2.78%	-10.44%	-5.08%	-14.31%	-0.21%	-0.17%	-0.80%	-0.28%	0.02%	-0.01%
		輸入政策有り	156.2	726	-0.03%	0.02%	-15.68%	-17.83%	-3.76%	-6.86%	-26.02%	-39.84%	0.64%	0.39%	0.17%	-0.01%	0.27%	-0.05%
中国地域	適応技術無し	最大値	-676.9	-9,100	-0.20%	-0.12%	1.38%	-18.38%	-4.89%	-28.95%	-9.33%	-71.42%	-1.15%	-0.96%	-4.85%	-1.50%	0.09%	-0.07%
		平均値	-459.8	-6,182	-0.13%	-0.10%	2.69%	-12.98%	-3.62%	-25.39%	-8.26%	-46.21%	-0.98%	-0.78%	-3.71%	-1.11%	0.03%	-0.05%
		最小値	-311.5	-4,187	-0.09%	-0.08%	2.47%	-8.58%	-2.44%	-20.72%	-7.02%	-27.06%	-0.71%	-0.55%	-2.62%	-0.80%	0.01%	-0.04%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-196.5	-2,642	-0.06%	-0.05%	1.51%	-5.86%	-1.71%	-12.69%	-4.00%	-19.94%	-0.47%	-0.35%	-1.72%	-0.48%	0.01%	-0.02%
		輸入政策有り	-25.1	-337	-0.06%	0.03%	-10.85%	-14.47%	-4.04%	-8.55%	-16.67%	-43.19%	0.19%	0.32%	-0.28%	-0.14%	0.26%	-0.06%

ベース値からの変化率	適応技術有無	温暖化の影響度	等価変分(億円)	1人当たり金額(円)	実質GRP	域内総生産量	農家の売上高	域内農作物生産量	他産業の生産量への波及効果									
									米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	畜産	と畜、畜産食料品	農産食料品	その他の食品、飲料、タバコ	鉱工業	サービス業
四国地域	適応技術無し	最大値	-531.2	-13,813	-0.61%	-0.40%	-4.55%	-28.32%	-14.72%	-19.62%	-5.35%	-89.36%	-0.66%	-0.59%	-6.20%	-1.19%	0.41%	-0.15%
		平均値	-350.0	-9,101	-0.47%	-0.39%	-1.54%	-23.93%	-14.62%	-18.62%	-4.86%	-72.37%	-0.66%	-0.54%	-5.34%	-0.95%	0.15%	-0.13%
		最小値	-234.9	-6,108	-0.35%	-0.32%	-0.37%	-18.50%	-12.38%	-16.09%	-4.23%	-53.65%	-0.54%	-0.43%	-4.10%	-0.71%	0.05%	-0.10%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-122.7	-3,190	-0.20%	-0.19%	0.23%	-10.68%	-7.73%	-9.65%	-2.41%	-30.43%	-0.36%	-0.27%	-2.57%	-0.42%	0.01%	-0.06%
		輸入政策有り	-85.8	-2,231	-0.20%	-0.09%	-9.37%	-16.36%	-6.06%	-10.25%	-7.78%	-44.54%	-0.06%	0.16%	-0.49%	-0.09%	0.40%	-0.08%
九州地域	適応技術無し	最大値	-820.1	-6,300	-0.31%	-0.28%	3.03%	-14.95%	-9.49%	-20.34%	-6.81%	-44.44%	-1.20%	-1.11%	-5.57%	-1.09%	0.11%	-0.07%
		平均値	-636.7	-4,891	-0.24%	-0.23%	2.45%	-12.05%	-7.54%	-17.51%	-5.97%	-33.75%	-0.93%	-0.85%	-4.25%	-0.83%	0.06%	-0.06%
		最小値	-496.4	-3,814	-0.19%	-0.19%	1.78%	-9.78%	-5.87%	-14.78%	-5.18%	-26.39%	-0.69%	-0.63%	-3.13%	-0.63%	0.03%	-0.05%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-279.5	-2,147	-0.11%	-0.11%	1.17%	-5.62%	-3.67%	-8.33%	-2.89%	-14.98%	-0.42%	-0.37%	-1.93%	-0.36%	0.01%	-0.03%
		輸入政策有り	-93.8	-721	-0.12%	-0.03%	-7.02%	-11.32%	-4.99%	-10.13%	-8.78%	-31.08%	0.17%	0.24%	-0.57%	-0.11%	0.33%	-0.06%
沖縄県	適応技術無し	最大値	-32.9	-2,295	-0.01%	-0.01%	7.76%	6.56%	4.20%	-0.16%	4.35%	12.34%	-0.14%	-0.22%	-3.33%	-0.34%	0.07%	-0.02%
		平均値	-23.5	-1,642	-0.01%	-0.01%	5.77%	4.95%	2.66%	0.32%	3.89%	8.15%	-0.10%	-0.15%	-2.30%	-0.25%	0.05%	-0.02%
		最小値	-15.8	-1,104	0.00%	-0.01%	4.28%	3.74%	1.12%	0.64%	3.36%	5.37%	-0.06%	-0.10%	-1.42%	-0.18%	0.03%	-0.02%
	適応技術有り(平均値)	輸入政策無し	-10.3	-719	0.00%	0.00%	2.34%	2.03%	1.54%	0.24%	1.74%	3.01%	-0.04%	-0.07%	-1.02%	-0.11%	0.02%	-0.01%
		輸入政策有り	9.1	638	-0.01%	0.02%	-8.36%	-7.68%	-3.50%	0.64%	-9.37%	-6.62%	0.05%	0.14%	0.22%	0.03%	0.16%	-0.12%

4. 結論

本論文では、地球温暖化の直接的な影響を受ける農業とその農業と産業連関のある産業部門への波及効果から地域経済への影響を明らかにした。その結果、地球温暖化がもたらす気候変動は地域間で及ぼす影響が異なり、地域経済の格差を生じることがわかった。北海道では温暖化による米類の生産がプラスに働くことに加え、関東以西の地域との米類の価格差から移出量が増加することでさらに生産が増加し、東北でも移出量の増加によって温暖化の影響を大きく上回る生産の増加が見込まれる。その一方で、関東以西の地域では米類や麦類・いも類、野菜類、果樹類の各農作物が温暖化の影響で生産量は減少し、地域経済にマイナスの影響を受けることになる。また、こうした地域で高温耐性品質のような適応技術が開発されると仮定すると、温暖化による農作物の生産への影響が軽減される。しかし、北海道以外の地域経済は引き続きマイナスの影響を受け、地域間格差は完全に解消されない。

本論文のCGEモデルのシミュレーション結果から地球温暖化によって日本の平均気温が4.5°C近くまで上昇すれば、農作物の生産変動を通じて日本全体で少なくとも5,146億円の経済損失を受けるという具体的な数値を提示することで、農業部門においては高温耐性品質の開発などの適応策が必要であるという情報を発信することができる。そして、こうした農作物の適応策や輸入政策の必要性に加えて、温暖化によって拡大した都市部（関東、中部、近畿）と西日本の地方部（中国、四国、九州）との地域間格差をさらに縮小させるためには、別の仕組みを構築する必要があることがわかった。そのためにも現在取り組まれている農業、食品加工業、サービス業を連携させる6次産業化をさらに促進させるために積極的な政策を講ずることが求められていると言える。