

地球温暖化による日本の農産物の収量変動が地域経済に及ぼす影響 —多地域間 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

地球温暖化による我が国の気候変動への影響について、気象庁（2013）が IPCC 温室効果ガス排出シナリオ A1B を用いた非静力学地域気候モデルから日本の気候変化を予測している。それによると、21 世紀末（将来気候：2076-2095 年想定）には 20 世紀末（現在気候：1980-1999 年）と比較して年平均気温は各地域で 3℃程度の上昇がみられ、低緯度より高緯度、夏季より冬季の気温上昇が大きいと述べている。また、夏季の極端な高温の日の最高気温は 2～3℃の上昇が予想され、冬季の極端な低温の日の最低気温は 2.5～4℃の上昇が予想されると指摘している。こうした我が国の気候変化による我が国の農産物の生産への影響分析については、これまでの先行研究から幾つかの知見が示されている（西森・横沢（2001）、河津ら（2007）、下野（2008）、横沢ら（2009）、Kunimitsu et al.（2014）、沖山ら（2013））。例えば、河津ら（2007）は水稻の出穂盛期後 10 から 30 日までの平均最低気温が 1℃上昇すると、一等米比率が平均 3.57%低下し、同期間で日射量が 1Mj 増加すると 2.59%上昇すると指摘している。また、横沢ら（2009）は暖候期（5-10 月）で 3℃程度の気温上昇までは全国平均のコメ収量は現在と同程度かあるいはやや増加するが、それ以上になると北海道と東北地域を除く地域ではコメの収量は減少すると予測している。さらに、Kunimitsu et al.（2014）は、水稻作の全要素生産性（TFP）を気候要因に加えて社会経済要因などの要因を織り込んで TFP 関数を推計し、その関数を基に日本の 9 地域の 2100 年までの TFP を予測している。その結果として、北海道と東北地域では 2100 年まで気候変動がもたらす TFP への影響はプラスに働き、それ以外の地域でも 2050 年まではプラスに働くものの、それ以降では気候要因は TFP に対してマイナスに働くと指摘している。

我々はこうした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 5 地域間社会会計表（SAM）を作成し、同 SAM から 5 地域間 CGE モデルを構築した。そして、同 CGE モデルを用いて先行研究から得られた知見を基にした与件から地球温暖化による我が国の気候変動がもたらす地域経済への影響を計測した。

2. 5 地域間 SAM と 5 地域間 CGE モデルの構築

2.1 5 地域間 SAM の概要

本論文で作成した 5 地域間 SAM の概要は、表 1 に示しているように北海道、東北、関東（関東の 1 都 6 県に、新潟、長野、山梨、静岡の 4 県が含まれる）、中部・近畿・中四国・沖縄の各地域計、九州の 5 地域から成る。そしてそれぞれの地域には地域内 SAM と各地域との移出と移入部門を持ち、それらの部門には 30 の生産活動部門、労働と資本の 2 つの生産要素、制度部門として家計、企業、地方政府の 3 つ経済主体、そして貯蓄・投資部門から構成されている。加えて、税部門、財産部門、その他経常移転部門、中央政府から成るその他部門と海外部門がある。なお、表 2 で示したように生産活動部門を 30 部門から 13 部門に集約した CGE モデル用の 5 地域間 SAM

をデータベースとした5地域間CGEモデルを構築した。

表 1. 5 地域間 SAM の概要

	北海道	東北	関東	中部・近畿・ 中四国・沖縄	九州	その他部門	海外部門
北海道	北海道内SAM	北海道の移出	同左	同左	同左	税部門、財産所得・その他経常移転・中央政府	輸出、 労働・資本移転
東北	北海道の移入	東北地域内SAM	東北地域の移出	同左	同左	同上	同上
関東	同上	東北地域の移入	関東地域内SAM	関東地域の移出	同左	同上	同上
中部・近畿・ 中四国・沖縄	同上	同上	関東地域の移入	中部・近畿・ 中四国・沖縄 地域内SAM	中部・近畿・ 中四国・沖縄 地域の移出	同上	同上
九州	同上	同上	同上	中部・近畿・ 中四国・沖縄 地域の移入	九州地域内SAM	同上	同上
その他部門	税部門、財産所得・その他経常移転・中央政府	同左	同左	同左	同左	税部門と中央政府とのやり取り	海外から財産所得、その他経常移転
海外部門	輸入、 労働・資本移転	同左	同左	同左	同左	海外への財産所得、 その他経常移転	

表 2. 5 地域間 SAM と CGE モデルの生産活動部門の対比表



2.2 5 地域間 CGE モデルの概要

5 地域間 CGE モデル（以下では SSCGE モデルと呼ぶ）は、図 1 が示すように 3 地域を 5 地域に拡張し、5 地域間 CGE モデルを構築した。それぞれの地域の経済主体として 1 家計、13 の産業、1 企業、1 地方政府、投資バンクの 17 のエージェントを持ち、13 の商品市場、労働と資本の 2 つの生産要素市場から成る。それを中央政府と海外部門の 2 つのエージェントが加わる。労働と資本は地域外の移動がないものの、域内の産業間では移動でき、それぞれの総賦存量は固定される。

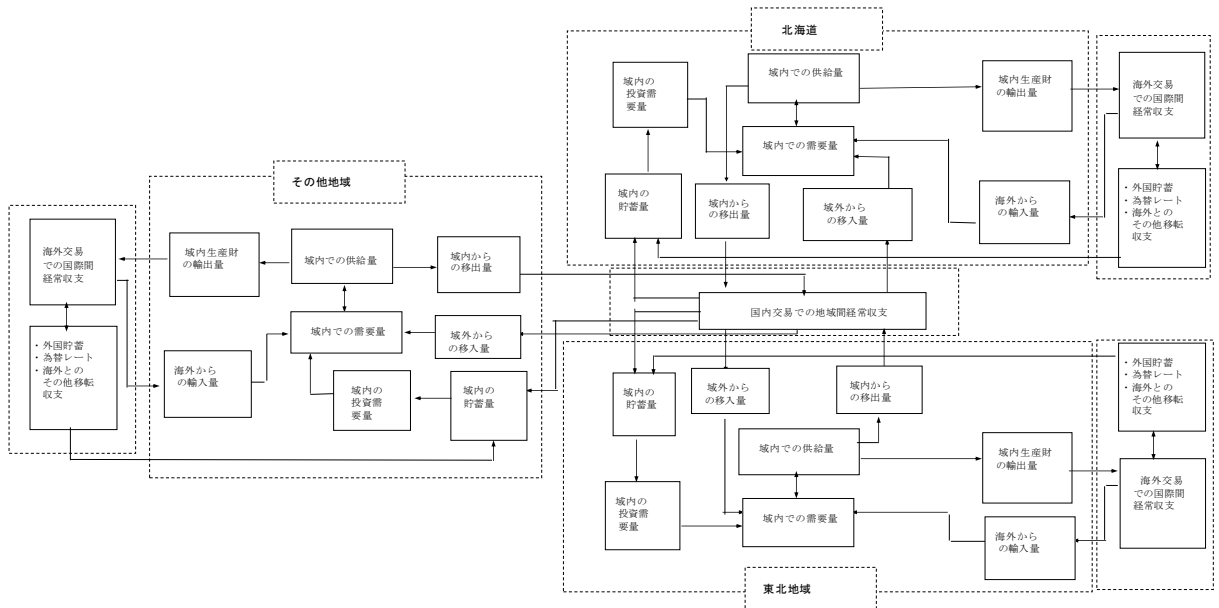


図1. 3地域間CGEモデルの概要

3. シミュレーションの与件と結果

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産物の生産量の変化に関するシミュレーションの与件設定を示す。本論文では下記の米類、麦類・いも類、野菜類、そして果樹類の各生産関数に関して、キャリブレーションで得られた aF_a^o 効率パラメータを変化させることで各農産物の生産量を変化させることにする。

$$XD_a^o = (\alpha_a^o \cdot aF_a^o) \left(\gamma F_a^o \cdot K_a^o \frac{-(1-\sigma F_a)}{\sigma F_a} + (1-\gamma F_a^o) L_a^o \frac{-(1-\sigma F_a)}{\sigma F_a} \right)^{\frac{-\sigma F_a}{1-\sigma F_a}}$$

ここでの α_a^o は地球温暖化による各地域の農産物の生産性に影響を与えるパラメータ(以下では「温暖化パラメータ」と呼ぶ)、 σF_a は労働と資本の代替弾力性、 γF_a^o は o 地域の a 部門の分配パラメータである。

本論文では aF_a^o 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 (=初期値として5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)をこれまでの先行研究の結果を参考にしてシナリオごとに設定し、2つのシミュレーションを行う。

シミュレーションⅠは、温暖化の影響が米類だけであると、それ以外の農産物は温暖化の影響からニュートラルであると仮定したシミュレーションである(以下では「水稻への温暖化シミュレーション」と呼ぶ)。もう一つのシミュレーションは、温暖化の影響は水稻だけではなく、それ以外の農産物にも少なからず影響を及ぼすことが考えられるために、それ以外の農産物が温暖化の影響からニュートラルであるという仮定を外したシミュレーションである(以下では「農産物への温暖化シミュレーション」と呼ぶ)。この2つのシミュレーションにおいて以下の2つのシナリオを設定する。まず、一つのシナリオとは温暖化影響・中位シナリオである。このシナリオでの温暖化パラメータのうち、米類のパラメータは、Kunimitsu et al. (2014)のFig6で示されている9地域ごとの水稻作の全要素生産性(TFP)の2081-2100年の「平均」値を参考にて設定した。もう一つのシナリオは温暖化影響・高位シナリオである。このシナリオにおいてもKunimitsu et al. (2014)のFig6で示されている9地域ごとの水稻作の全要素生産性(TFP)の2081-2100年の「最低」値を参考にて設定した。そしてそれ以外の農産物においては沖山ら(2013)で得られたパラメータを利用してそれ以外の農産物の影響パラメータを求めた。

表3. シミュレーション与件の一覧表

		水稲への温暖化シミュレーション				農産物への温暖化シミュレーション			
温暖化パラメータ= α		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
温暖化影響・中位シナリオ	北海道	1.07	1.00	1.00	1.00	1.07	0.96	0.96	1.00
	東北地域	1.03	1.00	1.00	1.00	1.03	1.00	0.96	0.96
	関東地域	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	0.96
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.96	0.96
	九州地域	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	0.96	0.96
温暖化影響・高位シナリオ	北海道	1.04	1.00	1.00	1.00	1.04	0.92	0.92	1.00
	東北地域	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.93
	関東地域	0.98	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.92	0.93
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.92	0.93
	九州地域	0.90	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.92	0.93

3.2 シミュレーションの結果

ここでは、紙面の制約から両者の温暖化シミュレーションの結果のみを示すことにする。なお、本論文では数値解析ソフト GAMS(General Algebraic Modeling Systems)を用いてシミュレーションを行い、そのシミュレーション結果に関する文中及び表中の数値(等価変分を除く)は、いずれも 2005 年の 5 地域間 SAM の数値(=基準値)からの変化率であり、パーセンテージ表示になっている。

1) 水稲への温暖化シミュレーション

表4. 「水稲への温暖化シミュレーション」結果

	ベース値からの変化率	等価変分(億円)	貸金率	資本収益	域内生産量	実質GRP	物価	名目家計所得	家計の効用水準	総貯蓄	所得移転増減分(億円)	為替レート
温暖化影響・中位シナリオ	北海道	27.5	0.016	0.011	0.026	0.024	-0.010	0.011	0.019	-0.043	-23.8	-0.001
	東北地域	28.0	0.004	0.001	0.027	0.029	-0.025	0.003	0.011	-0.089	-74.3	
	関東地域	27.3	—	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	27.2	
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	-88.6	-0.004	0.000	-0.006	-0.007	0.005	-0.002	-0.007	0.016	71.5	
	九州地域	-45.3	-0.008	0.000	-0.015	-0.013	0.009	-0.005	-0.014	-0.003	-0.7	
温暖化影響・高位シナリオ	北海道	5.9	0.009	0.017	0.012	0.014	-0.001	0.008	0.001	-0.053	-29.8	0.002
	東北地域	-25.7	-0.017	0.031	-0.013	0.000	0.004	-0.005	-0.016	-0.319	-264.7	
	関東地域	-94.9	—	0.004	-0.003	-0.003	0.005	0.000	-0.011	0.028	125.9	
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	-334.6	-0.008	0.005	-0.017	-0.018	0.016	-0.004	-0.029	0.041	174.8	
	九州地域	-134.9	-0.021	0.006	-0.040	-0.034	0.025	-0.011	-0.045	-0.010	-6.2	

ベース値からの変化率			米類	麦類・いも類	野菜類	果樹類	畜産	漁業	と畜、畜産食料品	水産食料品	農産食料品	その他の食料品、飲料、タバコ	鉱工業・建設業	公益事業、サービス業	商業、運輸業
各地域の生産量	温暖化影響・中位シナリオ	北海道	5.442	0.012	0.013	0.043	0.026	-0.010	0.031	-0.009	0.671	0.035	-0.024	0.006	-0.002
		東北地域	2.570	0.077	0.027	-0.003	0.047	0.002	0.033	0.000	0.517	0.028	-0.024	0.010	0.000
		関東地域	-0.411	0.018	0.006	0.008	0.016	0.003	0.019	0.000	0.042	0.005	0.000	0.000	0.000
		中部・近畿・中四国・沖縄地域	-2.610	-0.116	-0.012	0.006	-0.008	-0.003	-0.003	-0.003	-0.298	-0.015	0.005	-0.002	-0.003
		九州地域	-1.845	-0.183	-0.036	-0.019	-0.024	-0.002	-0.012	-0.005	-0.605	-0.026	0.001	-0.003	-0.003
	温暖化影響・高位シナリオ	北海道	5.618	-0.170	-0.036	-0.030	-0.042	-0.021	-0.014	-0.022	0.300	0.003	-0.031	0.002	-0.010
		東北地域	2.824	-0.094	-0.029	-0.075	-0.008	-0.017	-0.023	-0.012	-0.112	-0.012	-0.096	-0.004	-0.018
		関東地域	0.040	-0.111	-0.021	-0.025	-0.021	-0.010	-0.022	-0.009	-0.251	-0.016	0.005	-0.002	-0.006
		中部・近畿・中四国・沖縄地域	-4.748	-0.413	-0.066	-0.031	-0.069	-0.018	-0.070	-0.016	-0.993	-0.070	0.011	-0.005	-0.011
		九州地域	-3.832	-0.563	-0.114	-0.077	-0.097	-0.013	-0.078	-0.017	-1.672	-0.085	0.002	-0.008	-0.011

2) 農産物への温暖化シミュレーション

表 5. 「農産物への温暖化シミュレーション」結果

	ベース値からの変化率	等価変分(億円)	賃金率	資本収益	域内生産量	実質GRP	物価	名目家計所得	家計の効用水準	総貯蓄	所得移転増減分(億円)	為替レート
温暖化影響・中位シナリオ	北海道	-10.6	0.006	0.023	-0.019	-0.017	0.030	0.007	-0.015	-0.030	-19.8	0.006
	東北地域	-28.1	-0.004	0.016	-0.003	-0.001	0.006	0.000	-0.019	-0.154	-128.8	
	関東地域	-306.2	—	0.005	-0.010	-0.012	0.014	0.000	-0.024	0.015	67.9	
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	-366.5	-0.002	0.007	-0.014	-0.017	0.019	0.000	-0.031	0.039	156.2	
	九州地域	-121.1	-0.016	0.015	-0.044	-0.041	0.038	-0.007	-0.043	-0.069	-75.5	
温暖化影響・高位シナリオ	北海道	-72.6	-0.012	0.040	-0.079	-0.069	0.078	-0.001	-0.067	-0.029	-23.5	0.017
	東北地域	-136.6	-0.033	0.060	-0.072	-0.059	0.065	-0.009	-0.076	-0.443	-369.6	
	関東地域	-758.2	—	0.017	-0.024	-0.026	0.034	0.002	-0.061	0.048	205.1	
	中部・近畿・中四国・沖縄地域	-885.8	-0.005	0.020	-0.034	-0.037	0.043	0.000	-0.077	0.087	344.9	
	九州地域	-285.2	-0.036	0.035	-0.097	-0.090	0.084	-0.015	-0.102	-0.144	-156.8	

5. 結論と今後の課題

地球温暖化がもたらす気候変動によって最も影響を受ける産業が農林水産業とこれらとの産業連関がある産業であり、こうした産業によって地域経済が支えられている地域ほど、地域経済は悪化し、その地域住民の生活水準を低下させることになる。さらに、こうした地域の鉱工業・建設業、第三次産業の生産量にも負の波及効果をもたらす。また、温暖化による農作物の生産量減少から農産物の生産者価格は上昇することになるものの、結果的に地域経済や住民の生活水準を悪化させることになる。また、温室ガスを排出する鉱工業・建設業、第三次産業の比重が高い地域、つまり大都市を抱える地域であっても温暖化によって農業の生産性が低下すれば、同地域

でも農業やそれに関連する産業の生産量の減少はその地域の地域経済にマイナスの影響を与える。しかし、その地域では、温暖化の影響をより大きく受ける地域との移出・移入の変化から所得移転は増加する。それが同地域の貯蓄率を上昇させ、投資需要を生む。その結果として鉱工業・建設業、第三次産業の生産量は増加するという波及効果をもたらすことがわかった。言い換えると、温室ガスを発生させる製造業や第三次産業が産業の中核を占める都市部の地域であればあるほど、その地域の地域経済は温暖化の影響を受けつつも、その要因によって緩和させることができる。その一方で、温暖化の影響から生産性の低下をより大きく受ける農業とその関連産業が産業の中核である地方部の地域であればあるほど、温暖化の影響からその地域の地域経済はより大きなマイナスを受けることになるという点が本論文の結論である。そして、こうした結論を踏まえて、次のインプリケーションが導き出せる。

それは、都市部の地域に居住する家計や企業から環境税などの税を徴収し、その税収を地方部の地方政府に財政移転をする。その財源を基に地方の地域経済を活性化させるとともに、農業生産への温暖化の影響を緩和させる技術開発や農業への生産補助金を支給するなど財政移転措置を講ずる必要がある。それによって温暖化の影響で生じた地域間の社会厚生のパラツキを縮小させることができるであろう。

今後の課題としては、シミュレーションの与件精度を高めることである。水稻作に関しては先行研究から知見を得ることができるが、それ以外の農作物についての地域別生産性への影響についての知見がほとんどない。例えば、沖山ら（2013）が作成した地域パネルデータを県レベルまで拡張し、改めて地域ごとに気象変数を織り込んだ動学的パネル分析からより精度の高いパラメータを導き出すことも一案であろう。

参 考 文 献

- [1] 伴金美(2007), “日本経済の多地域動学的応用一般均衡モデルの開発：Forward Looking の視点に基づく地域経済分析,” 『RIETI Discussion Paper Series, 07-J-043』, 2007 年.
- [2] EcoMod Modeling School, “Advanced Techniques in CGE Modeling with GAMS,” *Global Economic Modeling Network*, Singapore, January 9-13, 2012
- [3] 林山泰久・阿部雅浩・武藤真一, “47 都道府県 Multi-Regional CGE による GHG 排出削減政策の評価”, 『応用地域学研究』, No.16, 2011 年, pp. 67-91.
- [4] 河津俊作・本間香貴・堀江武・白岩立彦, “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』, 第 76 号, 2007 年, pp.423-432.
- [5] 気象庁, 『地球温暖化予測情報 第 8 巻』, 2013 年 3 月.
- [6] Kunimitsu Y., Iizumi Y. and Yokozawa M., “Is Long-term climate change beneficial or harmful for rice total factor productivity in Japan: Evidence from a panel data analysis”, *Paddy and Water Environment*, DOI 10.1007/s10333-013-0368-0(online first), 2014.
- [7] 西森基貴・横沢正幸, “気候変動・異常気象による日本の水稻単収変動の地域的变化”, 『地球環境』, Vol.6 No.2, 2001 年, pp.149-158.
- [8] 沖山充・池川真里亜・徳永澄憲, “気候変動による我が国農業生産に及ぼす影響分析—8 地域パネルデータを用いて”, 『筑大農林社会経済研究』, 第 29 号, 2013 年, pp.1-17.
- [9] 下野裕之, “地球温暖化が北日本のイネの収量変動に及ぼす影響”, 『日本作物学会紀事』, 第 77 号, 2008 年, pp.489-497.
- [10] 横沢正幸・飯泉仁之直・岡田将誌, “気候変化がわが国におけるコメ収量変動に及ぼす影響の広域評価”, 『地球環境』, Vol.14 No.2, 2009 年, pp.199-206.