

愛知県における炭素税、炭素クレジット導入の環境・経済的影響評価

豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学専攻
福田堯秀*, 宮田 謙, 洪澤博幸

近年、地球温暖化が地球規模の問題として認識されている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書によると、1880～2012年において、世界平均地上気温は0.85°C上昇しており、最近30年の各10年間の世界平均地上気温は、1850年以降のどの10年間よりも高温であることが発表されている。こうした自然環境の変化は真水資源の枯渇、農業・漁業などへの影響を通じた食料問題の深刻化、生物相の変化により、利益の減少または対策コストの増大によって世界がGDPの約20%に相当する損失を被るリスクがあると予測されている。このコストに比べ、温室効果ガスの排出量を抑えるコストは小さくなると予想されるため、地球温暖化対策が必要であると考えられている。

地球温暖化対策の一つとして炭素税や炭素クレジットが注目されているが、導入による経済的影響を予測すること極めて重要である。本研究では地球温暖化対策手段である炭素税と炭素クレジットに注目している。国レベルの炭素税や炭素クレジット導入による経済・環境影響に関する研究は存在するが、都市や都道府県レベルにおける炭素クレジット導入による環境・経済影響分析はほとんどない。本研究では愛知県を対象とし、CGEモデルを適用し炭素税や炭素クレジット導入による各産業、環境への影響分析を目的としている。

炭素税は二酸化炭素の排出量に応じて徴収する租税制度であり、環境税の一種である。具体的には、石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料に、炭素の含有量に応じて税金をかけて、化石燃料やそれを利用した製品の製造、使用の価格を引き上げることで需要を抑制し、結果としてCO₂排出量を抑えるという経済的な政策手段である。CO₂排出削減に努力した企業や個人が得をし、努力を怠った企業や個人はそれなりの負担をすることになるという、環境保全への努力が報われるという考えに基づいた仕組みである。炭素税収入を省エネ、新エネルギー分野に投資することで技術の進歩を促し、温室効果ガスの削減をすることができる。他にも温暖化対策の必要性の認識を広めたり、省エネへの意識を高めたりするアナウンスメント効果が期待できるとされている。

炭素クレジットとは温室効果ガスの排出権利に財産権をつけて売買することにより、削減しなければ損失が発生し、削減努力が利益に表れるという考え方に基づいている。したがって炭素クレジットは地域間で取引可能な温室効果ガスの削減量証明を意味する。自国の排出削減だけでの削減しきれないCO₂等の温室効果ガスについては、排出枠を余らせている国からその分を買い取ることができる。この排出量はクレジットとして取引可能となっている。

愛知県における炭素税導入により等価的偏差は30,224百万円になり、基準ケースに比べ厚生改善になった。炭素税収入を家計所得に移転することにより、CO₂排出量を削減しつつ、厚生水準を高めることが可能となった。炭素クレジットを導入した場合の等価的偏差は45,345百万円となり、やはり厚生改善となった。これは炭素税及び炭素クレジットの制度設計によってはCO₂排出量を削減しつつ家計効用を増加させる可能性を示しており、環境共生型社会への道筋を示すものである。

Environmental and Economic Impacts of Carbon Tax and Carbon Credit in Aichi Prefecture in Japan

Graduate School of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology
Takahide Fukuda*, Yuzuru Miyata and Hiroyuki Shibusawa

Recently, global warming is recognized as a global-scale problem. The average world ground temperature has risen during 1880-2012 at 0.85°C according to the fourth evaluation report of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). And it is also clarified that the average world ground temperature in each ten years in the past 30 years shows higher temperatures as compared with those in any ten years after 1850. Moreover, it has been reported that there is a possibility that the water temperature rises in the oceanic depths of more than 3000m for 1992-2005. It has been said that, in order to suppress an increase in the global temperature as compared with that at the end of 20th century by 2°C , it is necessary to reduce 15-50% of current CO_2 emissions by 2050. It is thought that such a change in the natural environment exerts a large impact on our society. It is forecasted that there is a risk of receiving the loss of about 20% of world GDP in our society due to a decrease in firms profits or an increase in countermeasure costs through the dryness of the fresh water resource and the aggravation of the food problem through the impact on agriculture and fishery industries and a change of the biota. It is considered that measures for controlling global warming are urgent matters because it is expected that the cost for suppressing the global warming gases is estimated to be smaller than the recovering cost of the damage by the global warming.

Economic measures are advanced for environmental problems in EU nations. The economic approach imposes a constant economic load on activities negatively affecting the environment, and it is also a technique for giving a constant profit for activities conserving the environment. The whole society is expected to be environmental-friendly state by this incentive. Moreover, this method has the advantage for inventing new technologies and efficient production processes. The direct regulation is pointed out as an environmental conservation measure. However dependence on the regulatory control has the anxiety to decline the economic vitality of firms. Therefore, the economic approach that does not decrease inventiveness and the autonomy of each firm becomes important.

Carbon credit can be taken as one of the economic measures for controlling global warming. The upper limits of CO_2 emissions are assigned to each firm or country, and the carbon credit is defined as a credit of the volume of CO_2 emissions generated by economic activities. The mechanism in which the total CO_2 emission is controlled by buying and selling the carbon credit is called emission right trading.

The present study focusses on a carbon tax and a carbon credit. Although researches on environmental and economic impact by carbon tax and carbon credit at a country level have already been conducted, studies on such a topic in Japan's prefectures emitting large CO_2 have hardly been found. Hence, the present study analyzes the environmental and economic impact of introduction of carbon tax and carbon credit in Aichi Prefecture, which is a one of big prefectures in Japan, by employing a computable general equilibrium (CGE) model.

The reason selecting Aichi Prefecture as a study region is that there is an enough forest in Aichi Prefecture and a big amount of the CO_2 forest absorption can be expected for issuing the carbon credit. Moreover, it is another reason that there is an input-output table and a prefectural account in Aichi Prefecture, and data that is necessary to construct a computable general equilibrium model is available.

In this paper, Aichi Prefecture is assumed to issue a carbon credit and sell it to other regions. Numerical simulations are implemented to analyze the environmental and economic impact of the carbon tax and the carbon credit. The simulation results show a decrease in CO_2 emissions and an increase in household utility in Aichi Prefecture by selling the carbon credit to other regions.

愛知県における炭素税、炭素クレジット導入の環境・経済的影響評価

豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学専攻
福田亮秀*, 宮田 謙, 洪澤博幸

1. はじめに

近年、地球温暖化が地球規模の問題として認識されている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次評価報告書によると、1880～2012年において、世界平均地上気温は0.85℃上昇しており、最近30年の各10年間の世界平均地上気温は、1850年以降のどの10年間よりも高温であることが発表されている。こうした自然環境の変化は真水資源の枯渇、農業・漁業などへの影響を通じた食料問題の深刻化、生物相の変化により、利益の減少または対策コストの増大によって世界がGDPの約20%に相当する損失を被るリスクがあると予測されている。このコストに比べ、温室効果ガスの排出量を抑えるコストは小さくなると予想されるため、地球温暖化対策が必要であると考えられている。

地球温暖化対策の一つとして炭素税や炭素クレジットが注目されているが、導入による経済的影響を予測することは極めて重要である。本研究では地球温暖化対策手段である炭素税と炭素クレジットに注目している。炭素税は二酸化炭素の排出量に応じて徴収する租税制度であり、日本では他に環境税として揮発油税、石油ガス税等に盛り込まれている。低炭素社会作りを目指すものであるが、都道府県レベルの炭素税導入の研究において各産業の影響を分析しているものは少ない。各事業者または国ごとにCO₂の排出許容量を設定し、その排出枠をクレジットとしたものが炭素クレジットである。炭素クレジットを売買することで全体の排出量をコントロールする仕組みを排出権取引という。国レベルの炭素クレジット導入による経済・環境影響に関する研究は存在するが、都市や都道府県レベルにおける炭素クレジット導入による環境・経済影響分析はほとんどない。本研究では愛知県を対象とし、CGEモデルを構築し炭素税、炭素クレジット導入による各産業、環境への影響を分析する。

2. 愛知県のCO₂排出量

2011年度の温室効果ガス排出量は二酸化炭素換算にして8,056万トンとなっている。産業部門ではCO₂排出量が前年度に比べて5.4%の増加である。エネルギー使用量は減少しているため、単位電力量当たりのCO₂排出量が増加したものと解釈される。各部門のCO₂排出量の前年度比を見ると、家庭部門で14.6%の増加、業務部門で20.9%の増加であった。増加の原因はいずれも消費電力量当たりのCO₂排出量の増加によるものである。運輸部門では1.4%の減少である。これは自動車の走行量、保有台数の減少等が原因である。単位電力量当たりのCO₂排出量の増加は東日本大震災による電力不足を補うための火力発電所の稼働によるものである。

3. 炭素税および炭素クレジット

炭素税は二酸化炭素の排出量に応じて徴収する租税制度であり、環境税の一種である。具体的には

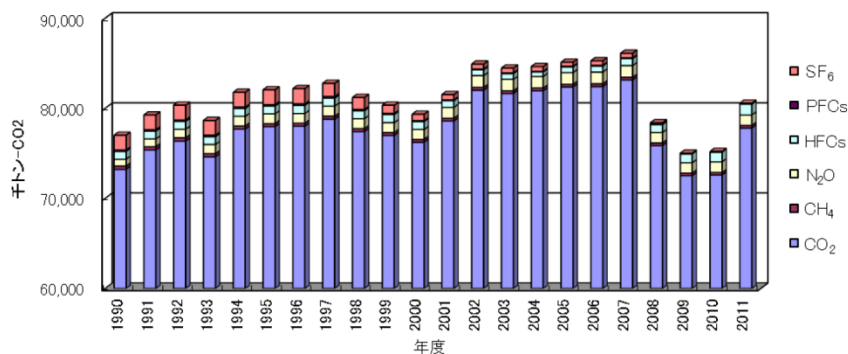


図1 愛知県のCO₂排出量等の推移

石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料に、炭素の含有量に応じて税金を課し、化石燃料やそれを利用した製品の生産、消費の価格を引き上げることで需要を抑制し、結果としてCO₂排出量を抑えるという経済的な政策手段である。CO₂排出削減に努力した企業や個人が得をし、努力を怠った企業や個人はそれなりの負担をすることになるという、環境保全への努力が報われるという考えに基づいた仕組みである。炭素税収入を省エネ、新エネルギー分野に投資することで技術の進歩を促し、温室効果ガスの削減をすることができる。他にも温暖化対策の必要性の認識を広めたり、省エネへの意識を高めたりするアナウンスメント効果が期待できるとされている。

炭素クレジットとは温室効果ガスの排出権利に財産権をつけて売買することにより、削減しなければ損失が発生し、削減努力が利益に表れるという考え方に基づく。したがって炭素クレジットは地域間で取引可能な温室効果ガスの削減量証明のことを意味する。自国の排出削減だけでの削減しきれないCO₂等の温室効果ガスについては、排出枠を余らせている国からその分を買い取ることができる。この排出量はクレジットとして取引可能となっている。

4. 本研究のモデルの構造

本研究では応用一般均衡モデルを用いて、炭素税、炭素クレジット発行による愛知県経済への波及効果をシミュレーション分析する。本研究では2005年の愛知県経済を対象とし、経済主体は愛知県の家計、33産業、政府、市外部門とする。市場は33生産市場、労働市場、資本市場の35市場とし、これらの市場は競争的で、2005年時点で均衡状態にあるとする。

(1) 産業

産業は中間財、労働、資本を投入し、財を生産する。産業の技術は中間投入に関して *Leontief* 型技術、資本と労働については *Cobb-Douglas* 型技術とし、規模に関する収穫一定を仮定する。産業の行動は技術の一次同次性から、与えられた産出量に対し、費用最小化行動として定式化される。

$$\min \sum_{i=1}^{33} p_i x_{ij} + (1 + tp_j) (wL_j + rK_j) \quad (1)$$

with respect to x_{ij} , L_j , K_j

subject to

$$X_j = \min \left[\frac{1}{a_{10j}} f_j(L_j, K_j), \frac{x_{1j}}{a_{1j}}, \dots, \frac{x_{ij}}{a_{ij}}, \dots, \frac{x_{33j}}{a_{33j}} \right] \quad (2)$$

ここで、 p_i : 産業 i の生産物価格、 x_{ij} : 産業 j の中間投入量、 tp_j : 産業 j の純間接税率、 w : 賃金率、 r : 資本収益率、 L_j : 産業 j の労働投入量、 K_j : 産業 j の資本投入量、 a_{0j} : 産業 j の付加価値率、 a_{ij} : 産業 j の中間投入係数、 A_j 、 α_j : 産業 j の技術パラメータ

上式(1),(2)の最適化問題から、生産量 X_j に伴う産業 j の中間投入、労働、資本の条件付き需要関数を得る。

$$x_{ij} = a_{ij} X_j \quad (3)$$

$$LD_j = \left[\frac{(1 - \alpha_j)r}{\alpha_j w} \right]^{\alpha_j} \frac{a_{0j} X_j}{A_j} \quad (4)$$

$$KD_j = \left[\frac{\alpha_j w}{(1 - \alpha_j)r} \right]^{(1 - \alpha_j)} \frac{a_{0j} X_j}{A_j} \quad (5)$$

ここで、 LD_j : 産業 j の労働需要、 KD_j : 産業 j の資本需要

さらに完全競争下における長期均衡の仮定から、以下のゼロ利潤条件を得る。

$$\text{利潤} = p_j X_j - \sum_{i=1}^{33} p_i x_{ij} - (1 + tp_j) [w \cdot LD_j + r \cdot KD_j] = 0 \quad (6)$$

(2) 家計

家計は愛知県における集計化された家計を考える。家計は現在消費と余暇との消費合成財である現在財と、貯蓄に

よる将来財に関して CES 型効用関数を持つとし、予算制約のもとで効用を最大化するような現在財と将来財を選択する。家計の予算制約については、家計の全保有時間を労働供給した場合に得られる賃金所得、家計が保有する資本から得られる固定資本減耗控除後の資本所得、政府からの経常移転、市外からの雇用者所得、財産所得、その他経常移転を総所得とし、賃金所得、資本所得の一部については市外への移転所得となる。移転所得控除後の総所得をタックスベースとして、税率一定の直接税を控除した所得を現在財と将来財に配分するものとする。将来財は貯蓄による将来消費を意味するが、貯蓄は現在時点においてそのまま投資を形成する。従って投資合成財を貯蓄財と見なすことができる。いま投資は各生産財を用いてなされるが、それを *Leontief* タイプと想定する。

$$I = \min \{I_1/b_1, \dots, I_{33}/b_{33}\} \quad (7)$$

ここで、 I_i : 投資 I に伴う各生産財の投入量 b_i : 投資 I と I_i との技術的關係 ($b_i > 0$, $\sum_{i=1}^{33} b_i = 1$)

投資 I は投資費用 $\sum_{i=1}^{33} p_i I_i$ が最小となるようになされるものとすれば、投資 I に伴う生産財需要は $I = b_i I$ となる。

この時、投資の価格を p_I とすれば、 $p_I I = \sum_{i=1}^{33} p_i I_i$ が成立し、これより投資財価格は $p_I = \sum_{i=1}^{33} b_i p_i$ として求め

ることができる。さらにこれを貯蓄財価格 p_s と見なす。

投資 1 単位による直接税等控除後の収益は $(1-ty)(1-k_o)(1-k_r)r\delta$ で表されるので、貯蓄財価格 p_s に対する期待収益率、すなわち貯蓄の期待純収益率 r_s は以下となる。

$$r_s = (1-ty)(1-k_o)(1-k_r)r\delta / p_s \quad (8)$$

ここで、 ty : 家計の直接税率 k_o : 市外への財産所得移転率 k_r : 資本ストックの固定資本減耗率 δ : 生産財で測った資本ストックとサービス単位で測った資本ストックとの比率

この期待収益は家計の将来消費をファイナンスするものとする。将来財 H の価格を近視眼的期待のもとで現在消費財価格 p と見なし、実質家計貯蓄を S で表せば、

$$p \cdot H = (1-ty)(1-k_o)(1-k_r)r\delta \cdot S \quad (9)$$

が成立する。これより $[p_s p (1-ty)(1-k_o)(1-k_r)r\delta] H = p_s S$ となり、実質貯蓄 S に伴う将来財価格 p_H を

$$p_H = p_s p / (1-ty)(1-k_o)(1-k_r)r\delta \quad (10)$$

とおけば、 $p_s S = p_H H$ が成立する。

さてこのように定式化された将来財、価格のもとで、効用最大化問題は以下のように記述される。

$$\max_{G,H} u(G,H) \equiv \{ \alpha^{1/v_1} G^{(v_1-1)/v_1} + (1-\alpha)^{1/v_1} H^{(v_1-1)/v_1} \}^{v_1/(v_1-1)} \quad (11)$$

subject to

$$p_G \cdot G + p_H \cdot H = (1-ty)FI - TrHC \quad (12)$$

$$FI \equiv (1-l)w \cdot E + LI + (1-k)(1-k_r)r \cdot KS + KH - TrGH - T \quad (13)$$

ここで、 α : 分配パラメータ、 v_1 : 現在財と将来財との代替弾力性、 G : 現在財消費量、 H : 将来財消費量、 p_G : 現在財価格、 p_H : 将来財価格、 FI : 完全所得、 $TrHO$: 家計から市外への経常移転、 l_o : 市外への雇用者所得率、 E : 家計の労働時間初期賦存量 (= 家計の初期働供給量の 2 倍と設定。これは愛知県における労働時間と余暇時間との実績値に基づく。)、 LI : 市外からの雇用者所得(外生値)、 KS : 家計の資本ストック初期賦存量、 KI : 市外からの財産所得(外生値)、 $TrGH$: 政府から家計への経常移転、 ToH : 市外から家計への経常移転

この効用最大化問題を解くことにより、現在財需要関数、将来財需要関数、家計貯蓄を得る。

$$G = \frac{\alpha[(1-ty)FI - TrHO]}{p_G^{v_1} \cdot \Delta} \quad (14)$$

$$H = \frac{(1-\alpha)[(1-ty)FI - TrHO]}{p_H^{v_1} \cdot \Delta} \quad (15)$$

$$S = p_H H / p_s \quad (16)$$

$$\Delta \equiv \alpha p_G^{1-v_1} + (1-\alpha) p_H^{1-v_1} \quad (17)$$

5. シミュレーションケースの設定とシミュレーション結果

本研究では以下の2種類のケースを設定してシミュレーションを行った。炭素税はCO₂排出量1トン当たり1000円、2000円、3000円、4000円、5000円を設定した。愛知県の排出枠は森林によるCO₂吸収量を考慮し、愛知県のCO₂排出量の10%となる8,871,483.5トンを設定した。この排出枠に1トン当たりの炭素クレジット価格となる1,000円を乗じたものが炭素クレジット取引額となる。

(1) 基準ケース：炭素税、炭素クレジットを導入しない。

(2) 政策ケース：炭素税あるいは炭素クレジットを導入し、その収入は家計への経常移転とする。

炭素税導入のシミュレーション結果を見ると、税率5,000円/トン-CO₂の産業産出量は78,624,422百万円(-0.57%)であり、基準ケース79,073,731百万円に比べ減少している。これは炭素税の導入による財価格上昇によるものと考えられる。特に大きな変化が見られた部門は、陶磁器(-1.65%)、自動車(-1.40%)その他の輸送機械(-1.61%)、電力・ガス・熱供給(-2.40%)であった。CO₂排出量の合計を見ると基準ケースに比べて税率5,000円/トン-CO₂のケースでは880,484トンで、-0.99%の減少であった。特に大きな変化が見られた部門は、陶磁器(-3,877トン、-1.65%)、自動車(-223,016トン、-1.40%)、その他の輸送機械(-7,098トン、-1.61%)、電力・ガス・熱供給(-31,423トン、-2.40%)であった。また等価的偏差を見ると30,224百万円の厚生改善であった。

炭素クレジット導入のシミュレーション結果を見ると、産業産出量は79,006,236百万円(-0.085%)であり、基準ケース(79,073,731百万円)に比べ減少した。特に大きな変化が見られた部門は、パルプ・紙・木製品(-0.307%)、その他の窯業・土石製品(-0.335%)、非鉄金属(-0.595%)、建設(-0.707%)であった。CO₂排出量を見ると、導入ケースは88,645,847トン(-0.078%)となり基準ケース(88,714,835トン)と比べ減少した。特に大きな変化が見られた部門は、その他の窯業・土石製品(-5,381トン、-0.335%)、鉄鋼(-46,223トン、-0.253%)、非鉄金属(2,620トン、-0.595%)、建設(-5,098トン、-0.707%)であった。等価的偏差についてはやはり45,345百万円の厚生改善であった。

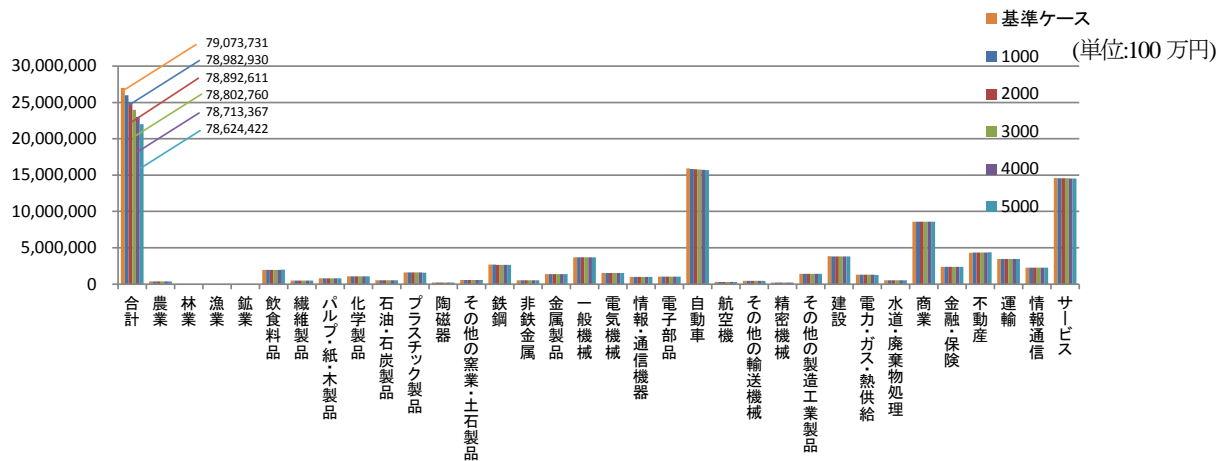


図2 産業産出量 (炭素税のケース)

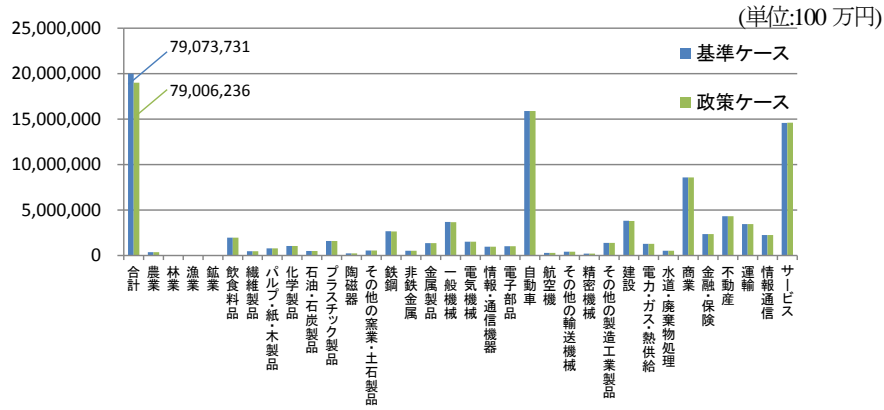


図3 産業産出量 (炭素クレジットのケース)

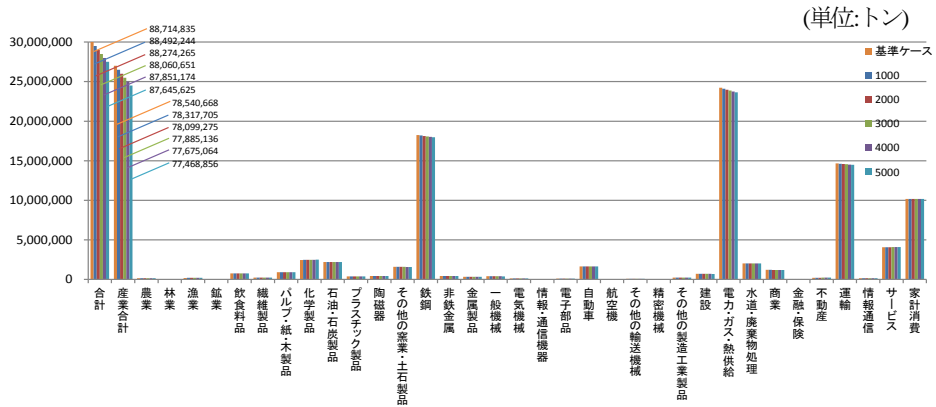


図4 CO₂排出量 (炭素税のケース)

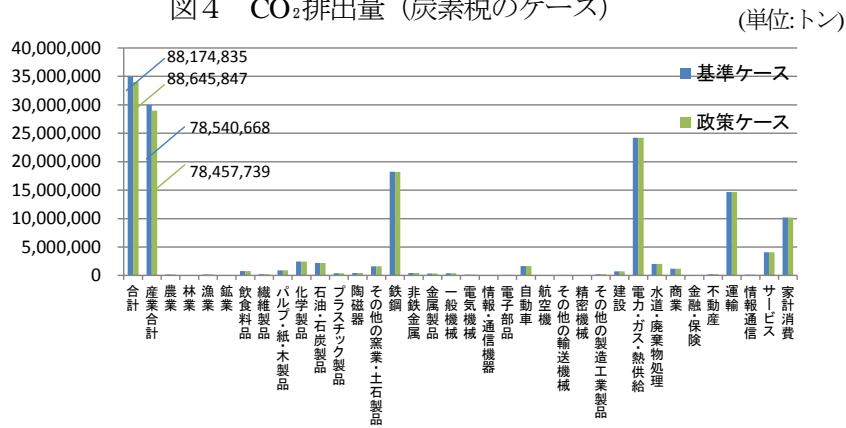


図5 CO₂排出量 (炭素クレジットのケース)

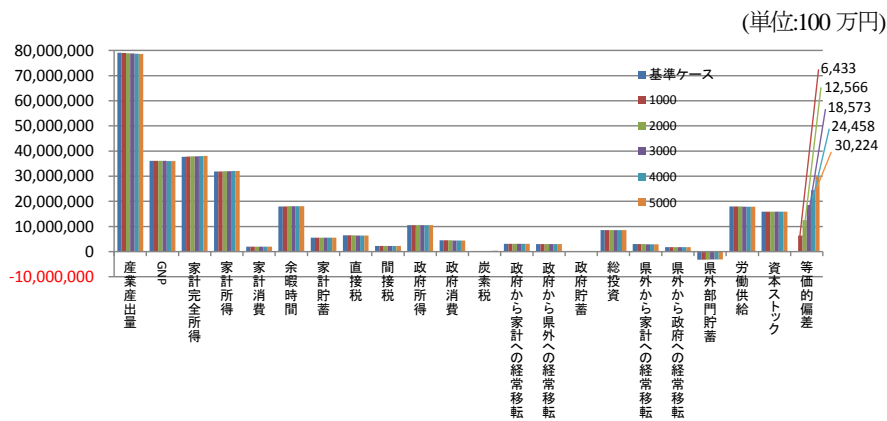


図6 その他変数 (炭素税のケース)

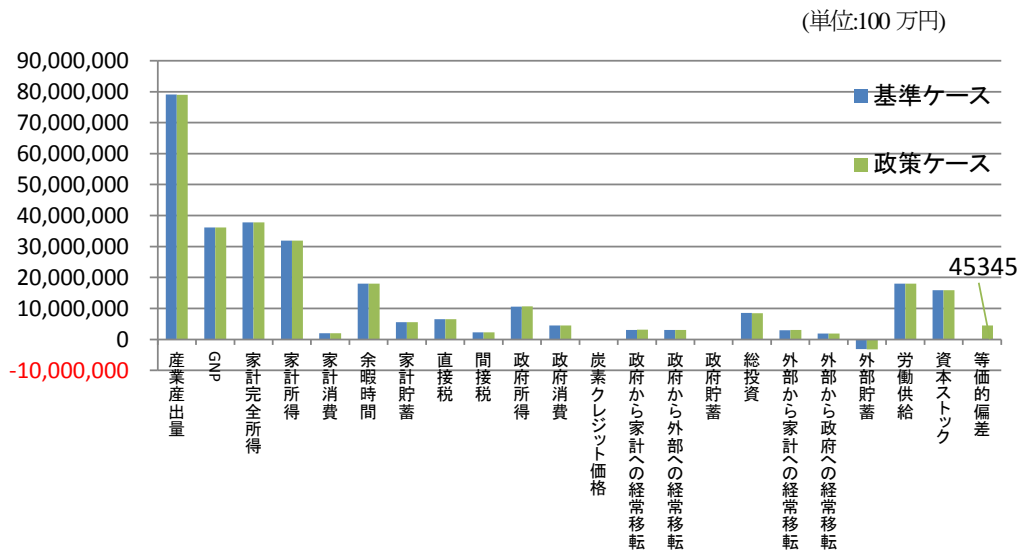


図7 その他変数（炭素クレジットのケース）

6. おわりに

炭素税導入により等価的偏差は正の値となり、基準ケースに対して厚生改善となった。炭素税収入を家計所得に移転することで、CO₂排出量を削減しつつ、家計効用を高めることが可能となった。炭素クレジットを導入した場合の等価的偏差はやはり正值であり、厚生改善であった。これは炭素税及び炭素クレジットの制度設計によってはCO₂排出量を削減しつつ家計効用を増加させる可能性を示したものであり、愛知県における環境共生型社会への道筋を示すものである。今後愛知県における2010年産業連関表が公表される予定であり、新たなデータに基づく分析を課題としたい。

7. 参考文献

- [1]環境省：地球温暖化対策のための税の導入
<http://www.env.go.jp/policy/tax/about.html>
- [2]愛知県における温室効果ガス排出量
<http://www.pref.aichi.jp/0000004708.html>
- [8]遠藤正弘：排出量取引をめぐる動向
www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/issue/0616.pdf
- [4]独立行政法人・国立環境研究所・地球環境研究センター
http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/11/11-1/qa_11-1-j.html
- [5]愛知県統計年鑑
<http://www.pref.aichi.jp/0000037935.html>
- [6]環境省：IPCC 第4次評価報告書について
http://www.env.go.jp/earth/ipcc/4th_rep.html
- [7]環境省：諸外国における排出権取引の実施・検討状況 <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/det/os-info/>
- [8]遠藤正弘：排出量取引をめぐる動向
www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/issue/0616.pdf