

温暖化ガス排出削減が世界貿易を通じてマクロ経済に与える影響

高瀬 香絵 室田 泰弘 (SERF, 湘南環境リサーチ・フォース)

Macroeconomic Effect of Greenhouse Gas Mitigation in Japan through international trade

Kae Takase, Yasuhiro Murota (SERF, Shonan Environmental Research Force)

1. はじめに

アメリカは本年 3 月に京都議定書からの離脱を明らかにした。その理由の一つとして、議定書にしたがって温暖化ガス排出量を削減すると、エネルギーコストの上昇から、アメリカ経済にマイナスの影響が及ぶことを上げている¹。しかし一方で、エネルギー価格の上昇は、過去において省エネルギーや新製品の開発が進む原動力となった。本研究は、温暖化ガスの削減といった制約が、マクロ経済に及ぼす影響を分析する。その分析には、応用一般均衡モデル (Applied General Equilibrium: AGE) として定評のある GTAP を採用した。

本研究では、過去 2 回の石油危機を通じて、大幅な省エネルギーと新製品開発のチャンスとした日本にフォーカスを当てた。温室効果ガス排出削減による経済へのマイナス影響は、一国が単独で排出削減を行う場合最も大きいと考えられるが、そのような場合を想定したのである。具体的には、日本が単独で温室効果ガス排出削減を行った際の影響を、分析した。排出削減はエネルギー財への追加的な従価税という形で実装した。税率は 20% としたが、これは約 30 ドル/炭素トンに相当する。

エネルギーコストの上昇のみが起こるケース (受身ケース) と、コスト上昇に対し、省エネルギーや新製品の開発等が行われるケース (変革ケース) を想定した。基準データセットと比較して、これら 2 ケースについてどのような変化が起こったかを検討した。

2. GTAP について

GTAP は、アメリカ合衆国・パーデュー大学のハートル教授を中心に、国際貿易自由化が世界各国に与える影響を評価する目的のもとに 1992 年に設立された、Global Trade Analysis Project によって開発された応用一般均衡 (Applied General Equilibrium: AGE) モデルである²。

GTAP 等の応用一般均衡モデルでは、経済政策に変更があったとき、相対価格の変化とそれに対応する各経済主体の (効用/利潤最大化を基準とした) 行動による変化を通じて、産業構造、資源配分、所得分配などに及ぶ影響を数量的に評価できる。今回の分析では、日本経済の動きを世界経済との関係で見えていくため、GTAP を採用することにした。つまり、温暖化対策を論じる際に最も懸念される国際市場における競争力に及ぼす影響を捉えるためである。

今回の分析においては、Version 4 データベースを利用した。地域は 9 区分、産業分類は 8 部門とした。

3. モデルの内容と主な想定

3.1 地域区分

地域は 9 区分とした。その際に、日本とアメリカについては単独で扱うこととした。

表 1 地域区分

記号	地域区分
USA	アメリカ合衆国
JPN	日本
CHN	中国
OAS	その他アジア
OOE	西欧
FSU	旧ソ連・東欧
OPC	OPEC(除インドネシア、ペルシア)
LAM	中南米
ROW	その他(含他アジア、カナダ)

3.2 産業分類

通常の地球環境モデルでは、エネルギー分野は極めて詳しく、他方で他の産業部門は極めて粗く扱われている³。今回の計算は、エネルギー価格の変更に伴う産業構造変化の影響を見ていくため、エネルギー部門以外の産業を機械、サービス、その他製造などに分けていることが、

一つの特徴となっている。これは上で述べたように、温室効果ガス排出削減政策に伴う、産業構造の変化と、それがもたらす一般的経済利益の変化を見ていくためである。

表2 産業分類

記号	産業	詳細
AGR	農業	農業・林業・漁業
ENE	エネルギー(一次)	石油・石炭・ガス
PCP	石油石炭製品	石油石炭製品
MCN	機械	自動車・機械
ELG	電力・ガス供給	電気・ガス製造、供給
SVC	サービス	水道、貿易、輸送、行政サービス、教育、住宅等
OTM	その他製造業	食料品、化学、鉄鋼、金属、紙等
OTH	その他産業	その他鉱物、建設

つまり9地域、8産業分類で、各国の生産高、輸出入量、消費などを計算することになる。

3.3 ケース設定

温室効果ガス排出削減による経済へのマイナス影響は、一国が単独で排出削減を行う場合最も大きいと考えられるが、そのような厳しい場合を想定した。つまり、日本が単独で温室効果ガス排出削減を行った際の影響を分析した。その際に、日本が温室効果ガス排出削減という制約に対し、技術革新等を行わず、エネルギーコストの上昇を甘んじて受けるケース(受身ケース)と、それに対して積極的な技術革新を行うケース(変革ケース)を設定した。それら2ケースと、基準データセットとの比較において、温室効果ガス排出削減が経済にもたらす影響を評価する。

日本の温室効果ガス排出削減は、エネルギー税によって推進するとした。これは、現実社会において、エネルギー使用企業の対応などを考えれば、排出削減はエネルギーコストの上昇によって実現されると考えられるからである。日本のエネルギー価格は、現在の税込み価格の20%増と設定した。これは炭素トン当たり約30ドルに相当する。

表3 ケース設定

ケース名	CO2削減対策	変革
基準ケース	×	×
受身ケース		×
変革ケース		

3.4 変革ケースの詳細

アメリカが主張するには、議定書に盛り込まれた目標を達成するために、たとえばエネルギー税を掛けた場合、GDPが減少し、価格は上昇し、失業が増えるとのことである。たしかに、生産者がこうしたエネルギー価格の引き上げに対して、それを外部環境の変化ととらえ、受身の行動をとればこうなる可能性が高いであろう。このケースが**受身ケース**である。

通常、資源などの制約があると、経済効率や産出は低下する。しかし、企業はそうした制約をむしろ飛躍のチャンスとして生かし、それが結果的に全体としての経済効率や産出を引き上げることになる可能性がある。本シミュレーションでは、**変革ケース**でこうした、企業のダイナミックな対応を想定に取り入れた。具体的には、エネルギー税の上昇によって、日本の機械工業の付加価値率が上昇するという想定を導入した。(従来のモデルでは、付加価値率はエネルギー価格の変動によって影響を受けないと想定されているのが一般的である。)

この想定根拠は、以下の通りである。図1に、日本の機械工業の、1985年から1997年に掛けての付加価値率の変化を示した。これを見ると、付加価値率は通常AGEモデルなどが想定するように一定ではなく、変化していることが分かる。その変化要因を推定したのが次式である。

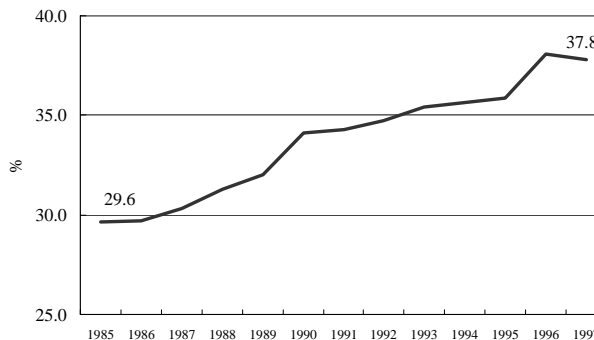


図1 日本の機械産業における付加価値率(%)の変化

推定期間：1986 - 1997 年

$$\text{機械工業付加価値率} = 10.8 + 0.67 \cdot \text{タイムトレンド} + 19.2 \cdot \text{実質原油価格}$$

(10.9) (14.5) (2.8)

決定係数=0.97、標準誤差=0.45、DW 比=2.1

これを見ると、日本の機械工業の付加価値率は、技術進歩（タイムトレンド）とエネルギー価格の上昇によって、上昇してきたことが分かる。つまり、日本の機械工業は、石油危機を高付加価値化への転換で乗り切ったと見ることもできる。変革ケースでは、これを仮定に入れることにした。つまりエネルギー税の付加によってエネルギー価格が上昇し、それによって日本の機械工業の付加価値率が 0.9%ポイント上昇したと想定した。また、そのスピルオーバー効果として、その他アジア地域(OAS)と西欧(OOE)における機械工業の付加価値率も上昇すると仮定した(OAS:0.7%ポイント, OOE:0.5%ポイント)。

3.5 GTAP への変革ケースの実装

GTAP モデルにおいては、生産関数が以下のレオンチエフ型として定式化されている。

$$QO_{jr} = e^{ao_{jr}} \min\{QVA_{jr} e^{ava_{jr}}, QF_{ijr} e^{afi_{jr}}\}$$

- QO_{jr} : r 国 j 産業の生産量
- QVA_{jr} : r 国 j 産業における生産要素投入
- QF_{ijr} : r 国 j 産業における i 財中間投入
- ao_{jr} : r 国 j 産業における全要素集約的技術進歩率
- ava_{jr} : r 国 j 産業における生産要素集約的技術進歩率
- afi_{jr} : r 国 j 産業における i 財の中間投入集約的技術進歩率

つまり、付加価値を生み出す生産要素が結合生産要素として扱われ、ゆえに、生産要素と中間投入が、生産量と固定係数型の関係式によって表されている。よって、上述の前提である付加価値率の上昇には、ava_{jr}（付加価値率の技術進歩率）を上昇させることでモデルへの実装を行った。

評価に際しては、変革ケースと受身ケースについて、基準データとの比較を行う。これは比較静学(comparative statics)の応用で、GTAPは本来パラメータなどが変わらない静学体系だが、パラメータを変える前と後の結果を比較することによって、2つの状態を比べ

ようというものである。

4. 計算結果

4.1 まとめ (GDP と価格への影響)

< GDP への影響 >

受身ケースでは、基準と比較して、日本の GDP のみが 65 億ドル減少し (GDP の 0.1% に相当)、アメリカの GDP は 52 億ドル増加する。

一方、変革ケースでは、日本の GDP は 473 億ドル増加する (GDP の 0.9% に相当)。その場合、その他アジア・西欧の GDP も、各 115 億ドル、139 億ドル増加するが、アメリカの GDP は 455 億ドル減少する。

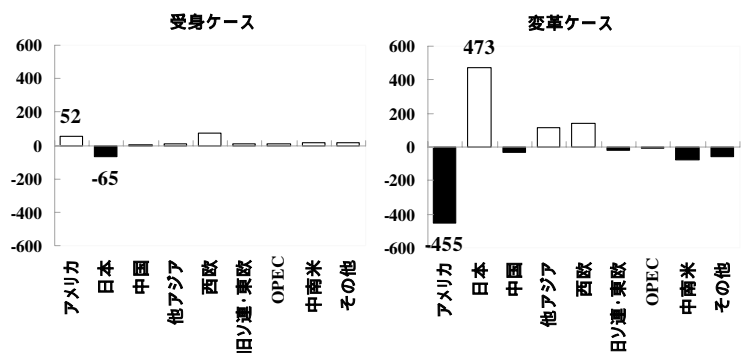


図2 各ケースにおける GDP の変化(億ドル)

< 価格への影響 >

受身ケースと変革ケースの両ケースにおける、国内市場価格の変化を表 4 に示す。これを見ると日本のエネルギー価格が、両ケースにおいて約 17% 上昇していることが分かる。また、日本における二次エネルギー産業である石油・石炭製品と電力・ガスにおいて、約 1~2% の価格上昇が見られる⁴。

表 4 国内市場価格の変化(基準データからの%変化)

a) 受身ケース

%	USA	JPN	CHN	OAS	OOE	FSU	OPC	LAM	ROW
AGR	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ENE	0.1	17.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
PCP	0.1	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MCN	0.1	-0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
ELG	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
SVC	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
OTM	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
OTH	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

b) 変革ケース

%	USA	JPN	CHN	OAS	OOE	FSU	OPC	LAM	ROW
AGR	-0.4	0.5	-0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.3	-0.2
ENE	-0.3	17.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
PCP	-0.3	1.9	-0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2
MCN	-0.6	-1.3	-0.5	-1.5	-1.1	-0.3	-0.3	-0.5	-0.4
ELG	-0.5	1.8	-0.4	0.5	0.0	-0.2	-0.1	-0.5	-0.3
SVC	-0.6	0.8	-0.4	0.6	0.1	-0.3	-0.1	-0.5	-0.3
OTM	-0.6	0.9	-0.3	0.5	0.1	-0.2	-0.1	-0.5	-0.3
OTH	-0.6	0.8	-0.4	0.4	0.1	-0.3	-0.1	-0.5	-0.3

以下、個別にケースの内容を見ていく。

表6 輸出入構成の変化(百万ドル)

4.2 受身ケース

まず日本に20%のエネルギー税(これは現在の石油価格を前提とすれば、約30ドル/炭素トンに相当する)を賦課し、技術革新等の変革が起こらないケースについて考察する。

この場合、日本のGDPのみが65億ドル程度減少し(GDPの0.1%に相当)アメリカのGDPは52億ドルほど増加した。物価は、日本においては、炭素税賦課によってエネルギー(一次)価格が17%程度上昇するが、他部門の物価は経済の停滞により低下するため、全体としては0.4%程度の上昇にとどまる。一方、アメリカは好景気による需要拡大のため、0.8%程度の物価上昇が生じる。経常収支はアメリカが14億ドルの赤字増加、日本が55億ドルの黒字増加となる(表5)。アメリカの赤字拡大については、機械とその他製造部門の輸入拡大と、機械の輸出減少がその主な原因である。また、日本の黒字拡大については、主に機械における輸出の拡大が寄与している(表6)。技術革新等の変革がなくても、日本はエネルギー高価格化に対応して、機械輸出に励むことが分かる。

産業構造(生産額を部門別国内物価指数で割った値)は、アメリカにおいてはエネルギー、サービス、その他製造、その他産業が生産を拡大する(図3)。他方で日本は、機械・サービスが生産を拡大するものの、エネルギー関係(エネルギー、石油石炭製品、電力・ガス)とその他製造、その他産業の生産は縮小する。

エネルギー税の賦課により、日本のエネルギー消費額は9%程度減少する。

表5 経常収支の変化(百万ドル)

	受身	変革
USA	-1,427	7,331
JPN	5,463	-5,357
CHN	-73	737
OAS	-416	-1,401
OOE	-2,207	-5,436
FSU	-172	689
OPC	-386	100
LAM	-359	1,785
ROW	-427	1,545

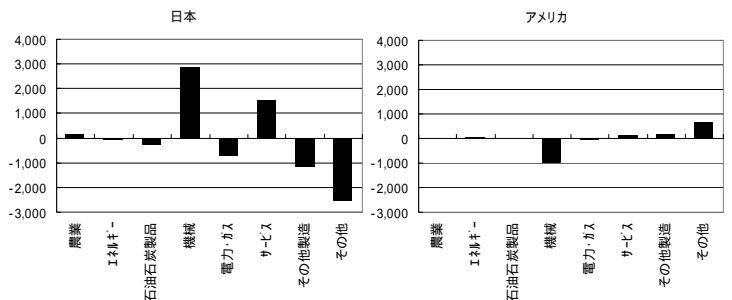
a)受身ケース

	アメリカ		日本		他アジア	
	輸出	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入
AGR	-6	-10	5	109	-1	-21
ENE	7	-46	-151	114	6	-66
PCP	11	-8	-34	-90	53	-7
MCN	-440	-745	3438	620	-181	-179
ELG	0	-1	0	0	0	0
SVC	17	-73	352	338	-6	-54
OTM	140	-265	431	272	241	-193
OTH	3	-7	8	46	9	-16
合計	-269	-1155	4050	1409	123	-537

a)変革ケース

	アメリカ		日本		他アジア	
	輸出	輸入	輸出	輸入	輸出	輸入
AGR	280	84	-13	-190	-201	-82
ENE	12	276	-153	355	-123	22
PCP	29	47	-72	-167	52	-17
MCN	-8753	1717	2250	1611	4381	3521
ELG	0	9	0	0	-2	-9
SVC	1990	1049	-850	-1117	-1496	-781
OTM	6011	4383	-3623	-3280	-4434	-1890
OTH	107	93	-21	-135	-215	-127
合計	-325	7656	-2481	-2873	-2037	637

受身ケース



変革ケース

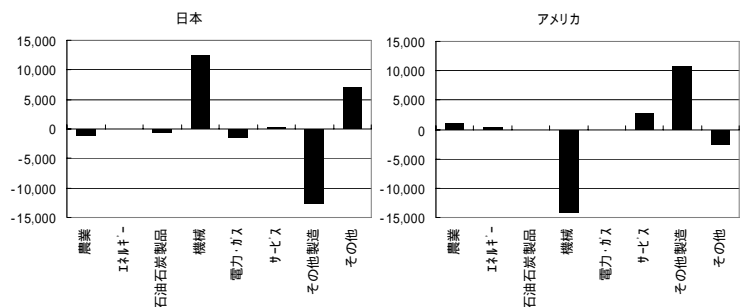


図3 各ケースにおける産業構造の変化(億ドル)

4.3 変革ケース

次いで日本の機械工業が、技術革新によって付加価値率が増大したケースを見ていく。これは、企業がエネルギー高価格化に反応し、新製品の開発や省エネルギーなどの革新に積極的に取り組むケースである。その結果、産業構造は脱エネルギー化に向けて変化する。日本の機械産業の付加価値率を 0.8%ポイント上昇させ、そのスピルオーバー効果としてその他アジア地域では付加価値率が 0.7%ポイント、ヨーロッパで 0.5%ポイント上昇するとした。エネルギー税に関する想定は、受身ケースと同じである。

この場合、日本の GDP は 473 億ドル程度増加した。これは GDP の 0.9%に相当する。同時に、その他アジアの GDP は 115 億ドル、西欧のそれは 139 億ドル増加した。他方で、アメリカの GDP は 455 億ドル程度減少した。これは同国 GDP の 0.6%に相当する。

物価に関しては、日本では、エネルギー価格は 17%程度上昇するが、機械産業は生産性が向上し価格が低下する。また他の部門は、景気拡大を反映して物価が上昇し、結局全体としては、0.7%の物価上昇となる。他方でアメリカは経済縮小によるデフレ効果で、0.8%程度の物価下落が生じる。

経常収支はアメリカが 73 億ドルの黒字増加、日本が 54 億ドルの赤字増加となる（表 5）。アメリカの黒字は、輸出の微減と、輸入の大幅減少による。輸出に関しては機械部門の減少が著し（表 6）。他方で日本の場合は、その他製造業の輸出減少と景気拡大に伴う輸入増加が主な赤字の原因となっている。

産業構造は、アメリカにおいて機械、その他産業部門が減少する（図 3）。エネルギー産業（一次）は生産が増加するものの、二次エネルギー部門である石油石炭製品、電力・ガス部門においては価格上昇により実質では減少する。他方で日本・他アジアにおいては、機械部門の生産が大幅に増大する。その他製造業においては、今回の計算では技術革新を想定しなかったため生産は減少しているが、技術革新が生じれば、機械同様の影響が期待できる部門であることを留意されたい。

日本の GDP は拡大するものの、エネルギー消費額は、脱エネルギー化を反映して 11%程度減少する。

5. まとめ

日本のみエネルギー税を賦課した場合、受身ケースではなく制約を乗り越えるための技術革新が機械産業で生じなければ、日本の GDP は減少し、一方で、アメリカ経済は好転する。しかし日本の機械工業が、エネルギー高価格をチャンスと見て、必要な技術革新を行い機械産業の高付加価値化に成功すれば（変革ケース）両者の立場は逆転する。過去において自動車を初めとする日本の機械工業は、制約のあるほど、それを乗り越えるための技術革新の導入に成功してきており、そう考える方が現実に近いと考える根拠はある。

また変革ケースにおいては、日本の機械産業は大きく生産を拡大し、一方でアメリカの機械産業は大きく低迷する。（しかし、アメリカのエネルギー産業の生産拡大はわずかである。）

日本が温暖化対策を実施するに当たって、過去起こったような構造改革（付加価値率の上昇）が行われる限り、国際貿易を通じて経済的メリットとなる可能性が高いと言える。

なお、この研究は、WWF の委託により、アメリカが議定書離脱を表明した後、日本が独自に京都議定書を批准した場合に、経済的にどんな影響が及ぼされるかを測るために行われた。

謝辞

本研究の完成にあたっては以下の方々のお世話になった。アメリカ Purdue 大学 (Research Assistant, Ph.D.candidate) の Ken Itakura 氏、Hertel 教授、オーストラリア Monash 大学の Ken Pearson 教授、富士通総合研究所経済研究所の濱崎博氏、矢野&アソシエーツの矢野裕子氏には、特に厚く感謝の意を表したい。また、研究のきっかけを与えてくれた WWF ジャパンの鮎川ゆりか氏、WWF International のスタッフメンバーにも、感謝の意を表したい。しかしながら、本報告書で示された見解やあり得る誤りは、筆者等に帰するのは当然である。

参考文献

[1] Shoven, J.B. and J. Whalley (1995). *Applying General Equilibrium*. Cambridge and New York: Cambridge

University Press. [邦訳 ジョン・B・ショウヴン+ジョン・ウ
ォーリ著/小平裕訳(1993年)『応用一般均衡分析:理論と実
際』東洋経済出版社。]

[2] Ginsburgh, V. and M. Keyzer (1997). *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. Cambridge, Mass.: MIT Press

[3] Hertel, T.W. ed. (1998). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press

[4] 川崎研一(1999年)『応用一般均衡モデルの基礎と応用:経済構造改革のシミュレーション分析』日本評論社。

[5] 経済企画庁経済研究所(1998年3月)「応用一般均衡モデルによる貿易・投資自由化と環境政策の評価」『経済分析』156号。

[6] Borges, A.M. (1986). "Applied general equilibrium models: An assessment of their usefulness for policy analysis." *OECD Economic Studies* No.7: 15

[7] McKittrick, R.R. (1998). "The economic critique of computable general equilibrium modelling: The role of functional forms." *Journal of Economic Modelling* 15: 455-467

[8] Alston, J.M., C.A. Carter, R. Green and D. Pick (May 1990). "Whither Armington Trade Models?" *American Journal of Agricultural Economics*: 455-467.

[9] アーサー・ヘイリー著/永井淳訳(1979年)『自動車』新潮文庫。

[Arthur Hailey (1971). *Wheels*. New York: Doubleday.]

[10] Murota, Y. and K Ito (1996). "Global warming and developing countries." *Energy Policy* 24 (12).

[11] McKibbin, W.J., M.T. Ross, R. Shackleton and P.J.Wilcoxon (May 1999). "Emissions trading, capital flows and the Kyoto Protocol." *The Energy Journal*:

[12] 室田泰弘・高瀬香絵、『京都議定書批准は経済的損失をもたらすか』WWFレポート(2001.7)

(注)

¹ Remarks by the President on Global Climate Change, June 11, 2001

www.whitehouse.gov/news/releases/2001/06/20010611-2.html

² 一般均衡モデルに関しては、Shoven and Whalley [1]や Ginsburgh and Keyzer [2]を参照されたい。G T A Pに関しては、Hertel[3]、川崎[4] 経済企画庁[5]などを参照のこと。なおここで使用中のG T A PはデータベースがVer.4.0、RunGtapはVer.2.00である。

³ たとえばMCKibbinet, Al[11]では、産業分類は12部門に分かれているが、そのうち鉱業まで含めれば、6部門が資源関連で、製造業は耐久財と非耐久財に分かれているに過ぎない。

⁴ 日本のエネルギー部門における17%の価格上昇を、産業連関表(経済企画庁,1995年データ)において、100%他部門の価格に転嫁したとした場合(垂直の需要曲線を仮定)石油石炭製品部門で6%程度、電力部門で1.5%、ガス部門で2.3%の価格上昇と計算された。ただし、実際の経済においては、100%の価格転嫁は現実的ではないため、石油石炭製品部門、電力・ガス供給部門では、6%、1.5%、2.3%よりも大幅に小さな価格上昇が期待される。