

<地球環境・省エネルギー>

## ハーバード＝ジャパンエネルギー環境セミナー に参加して

キーワード：ハーバード，ジョーゲンソンモデル，炭素税

門 多 治

昨年秋より本年3月まで約5カ月弱，表記セミナーの一環としてハーバード大学ケネディスクール経営・政策センターのジョーゲンソン・ホーガン両教授のもとに客員研究員として滞在した。4年前にスタートし，通産省も含め7機関が参加している当セミナーは研究テーマを世界エネルギー需給分析と日米生産性上昇比較分析から昨年より環境問題にまで広げている。以下では，著名な計量経済モデルであるジョーゲンソンモデルによる環境問題シミュレーション（炭素税導入の経済成長・産業活動に及ぼす影響試算等）の紹介を中心に今回の当セミナーの概要を報告する。

### 1. ジョーゲンソンモデルによる環境政策シミュレーションについて

米国の化石燃料消費を原因とする二酸化炭素排出量は1972年と1987年とはほぼ同水準（1兆2,240億t/c）であった。この間に二回の石油ショック（'73-75，78-80）があったが，経

済成長に対してはこの大規模な価格ショックと，石油価格水準自体の上昇という二点がマイナスに影響している。米国経済計量モデルを用いて二つの要因の経済成長率引下げに対する寄与度を試算すると，価格ショックによる成長率低下幅が全体の約2/3を占める（表1）。

この結果から以下の政策的含意が得られる。

a) エネルギー価格の突然の大幅な変動は過去，米国経済にとって非常に費用のかかるものであった。

b) この点は二酸化炭素排出安定化を目的とする化石燃料への課税の際にも考慮しなければならない。

また，米国の二酸化炭素排出削減を目標とする炭素税導入のマクロ経済及び産業への影響を試算したシミュレーションの主な結論は以下の通りである（表2）。

a) 炭素税の影響は主に産業レベルで表れる。マクロ経済全体に対して与える影響は小さい（ケース①で実質GNPはベースケース比-0.5%）。産業別には特に石炭（炭鉱業）に与える影響が大きい。最も緩やかなケース③でも16%，最も厳しい②では約50%もの生産減少となる。電気事業も①では5%の生産減少となる。また，その他の業種では生産減少は5%以

表1 成長率低下の要因（1974-1985）（%）

	成長率の変化
成長率低下幅	.216
価格ショックによるもの	.136
価格水準上昇によるもの	.080

下に留まる（いずれも2020年でのベースケース比）（図1）。

b) 炭素税導入のタイミングが重要である。3ケースの長期解を比較すると、排出削減目標が急であるほどコスト増を招くことがわかる（図2）。従って、米国内あるいは国際的な削減目標を選択するさいには費用便益を慎重に比較すべきである。早急で恣意的な目標設定は避けるべきであろう。

## 2. ジョーゲンソンモデルの概要

ジョーゲンソングループの米国経済計量モデルは当セミナーでの日本側からの要望をとりいれつつ改良を重ね、経済成長を内生化し産業別予測データを得られるモデルとしては米国でト

表2 炭素税長期シミュレーション結果

	単位	二酸化炭素排出目標		
		①1990年水準	②1990年水準の80%	③2000年水準
二酸化炭素排出量	%△	-14.4	-31.6	-8.4
炭素税	\$/ton	16.96	60.09	8.55
対石炭	\$/ton	11.01	39.01	5.55
対石油	\$/bbl	2.32	8.20	1.17
対ガス	\$/kcf	0.28	0.98	0.14
労働税率	△	-0.45	-1.22	-0.25
税収計	Bil.\$	26.7	75.8	14.4
発熱量 (BTU)	%△	-12.2	-27.4	-7.1
資本ストック	%△	-0.7	-2.2	-0.4
実質GNP	%△	-0.5	-1.6	-0.3
石炭価格	%△	40.0	137.4	20.3
石炭生産	%△	-26.3	-53.2	-15.6
電気料金	%△	5.6	17.9	2.9
販売電力量	%△	-5.3	-15.3	-2.9
石油価格	%△	3.6	13.3	1.8

- (注) 1) 各ケース共、2020年に於けるベースケースとの乖離幅を表わす（1989年価格）  
 2) 3つのケースは、二酸化炭素排出量を、①90年水準に留める、②90年水準の80%に削減し維持、③90年代は自然体、2000年から炭素税を賦課して2000年水準に維持すること、を各々目標に一次燃料の炭素含有量に比例する内生的炭素税を設定したものの  
 3) 人口増加率、各種税率、外貨建輸入物価、財政赤字、経常収支は外生的に与え、炭素税の税収は家計部門に戻す減税を想定

ハーバード=ジャパンエネルギー環境セミナーに参加してトップクラスのものである<sup>1)</sup>。

モデルは新古典派的なマクロ経済成長モデルに35業種の投入産出関係と家計・企業の最適化行動を織込んだ長期一般均衡動学モデルでありノンケイジアンタイプである。完全雇用、貯蓄・投資の恒等的均等を前提としているため、いわゆる乗数効果や短期的な不均衡調整過程は盛りこんでいない。エネルギー間の代替、あるいは生産要素（労働、資本、中間投入財）とエネルギーとの代替は計量経済学的に推計された35業種のトランスログ型生産関数により業種別に決定され、各業種の技術進歩・生産性上昇もこの関数により内生化されている。モデルは定義式まで含めると約2100本、推計式だけで約1500本に上る大規模なものである。

昨年度のモデル改良では、財・サービス消費だけでなく労働時間を除いた余暇時間も要素として含んだ家計消費 (full consumption) の概念を導入して家計の最適化行動（現在・将来間の効用最大化）のフォーミュラを改良し、このモデルで成長の決定要因として最も重要な家計部門の貯蓄決定を精緻化した点が注目される。

シミュレーションは、炭素税賦課の場合を例にとれば、温暖化ガスの過半を占める二酸化炭素排出量を内生化しており、一次燃料の炭素含有量・発熱量各々を課税基準に取る場合に加え、従価税の場合も試算可能である。1.の試算では炭素税の賦課は一次燃料に対して炭素含有量を基準に行なわれ、35業種の生産関数及び家計の最適化行動を通じて燃料価格上昇の影響が各年毎に計算される。モデルの安定性は高く

1) ハーバードの好敵手であるMITのエネルギー政策研究センター前所長故ウッド教授の言によれば、膨大なデータベース作成を必要とする産業別分析を盛り込んだ環境問題シミュレーションは米国ではジョーゲンソングループの独占下にある、との評であった。

2050年位までの超長期の外挿シミュレーションによって動学的経路を検討することができる。二酸化炭素排出削減目標の設定や課税開始期による経済・産業への影響度の差の比較検討なども可能である。

彼等自身が整理したモデルの特徴は以下のとおりである。

- ① (一) 対象が米国のみ
- ② (一) 便益面を分析に取込んでいない
- ③ (一) 完全雇用を前提
- ④ (一) 資本財の部門間可動性を前提
- ⑤ (+) セクター別影響の検討に十分な部門分割
- ⑥ (+) 計量経済学的に推定
- ⑦ (+) 産業と消費者行動の分析において代替効果を組入れることが可能

但し、試算効果を検討する際にはさらに以下の点を承知しておく必要があると思われる。

(1) ノンケインジアンタイプであることに由来する限界

1) 投資が常に家計貯蓄に等しく決定されるため、炭素税賦課時の企業投資誘発効果は盛りこむことが出来ない(上記②)。

2) 炭素税賦課と同時に実施が想定されている減税は家計への単純な戻し税の形で行なわれる。即ち、限界税率一定のまま平均税率だけを動かすことにより行なわれている。

3) 景気循環に伴う短期的な変動を捨象した長期分析用モデルであるため、新税導入の短期的なコストは測定できない(上記③)<sup>2)</sup>。

(2) エネルギー・中間投入財の代替可能性に関して

炭素税賦課の影響波及過程では特に電気事業の生産関数(コスト関数)での生産要素間の代替度の高いことが重要な役割を果たしている<sup>3)</sup>。

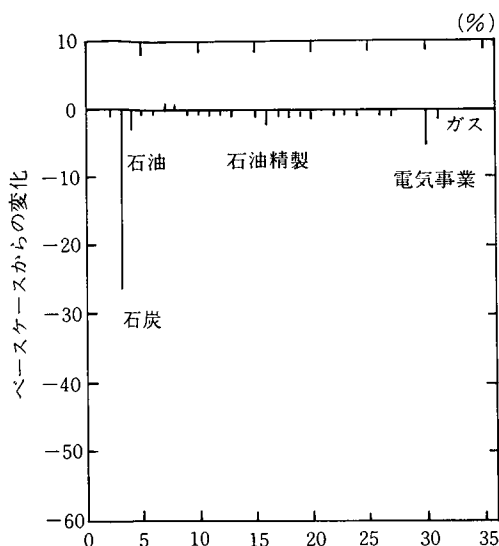


図1 炭素税の産業への影響(ケース①)

図1 続き 業種分類表

番号	業種	番号	業種
1	農林漁業	19	窯業・ガラス
2	金属鉱業	20	一次金属
③	炭鉱業	21	金属繊維製品
④	原油と天然ガス	22	機械(電気除く)
5	非金属鉱業	23	電気機械
6	建設	24	自動車
7	食料品	25	他の輸送機器
8	たばこ	26	計器
9	繊維・織物	27	その他製造
10	アパレル	28	輸送及び倉庫
11	製材業、木材製品	29	通信
12	家具、建具	⑩	電気事業
13	紙関連	⑪	ガス事業
14	印刷・出版	32	貿易
15	化学関連	33	金融、保険、不動産
⑬	石油精製	34	その他サービス
17	ゴム・プラスチック	35	政府機関
18	皮革・皮製品		

(注) エネルギーセクターは3, 4, 16, 30, 31

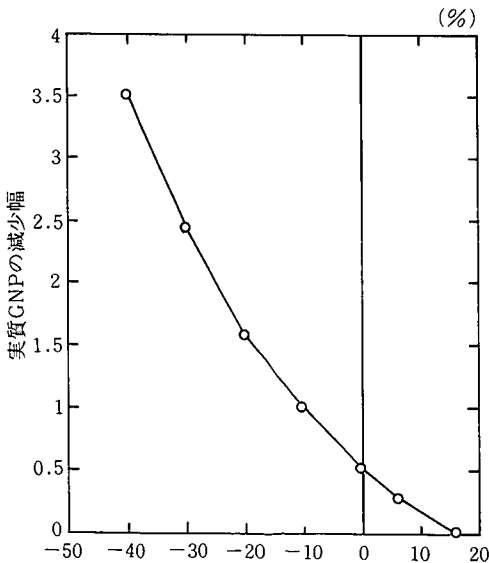
2) CBO [4] は炭素税導入の短期的なコストを DRI のマクロ計量経済モデル (I/O リンク四半期モデル) を用いて試算している。試算によれば、2000年に二酸化炭素排出量を1988年水準程度に抑えるには2000年に \$ 100/t/c ('88年価格, '91年の \$ 10/t/c から徐々に引上げ) 規模の炭素税が必要であり、その場合、実質GNPは'95-2000年にかけて2%減少、'95-97年にかけて失業率は約0.5%悪化、物価水準は2%上昇(いずれもベースケース比)する。この試算では炭素税による税収増の1/2を財政赤字削減に充当しているが総額を減税に回してもほとんど結論は変わらないとしている。

この結果、他のモデル試算に比べ必要とされる炭素税水準は低い<sup>4)</sup>。但し、同関数でのエネルギー間の代替弾力性は統計的にやや不安定であること、エネルギーと中間投入財との代替の寄与度が大きいと推測されることを指摘しておく<sup>5)</sup>。

### (3) 技術進歩の内生化

全要素生産性の形でヒックス流の中立的技術進歩を35業種で内生化しているが、逆に外挿シミュレーションではこの精緻化が操作性を低める場合もある。例えば、今後20年間の技術進歩が過去20年間の技術進歩の1/2であると想定した場合どうなるか、といった試算を行なうことは困難である。

地球温暖化とその対策についての科学研究やモデル分析は、米国が最先端に位置しているにもかかわらず、政策面の一つの重要なポイントである二酸化炭素排出削減目標の設定に慎重な背景にはこのような研究によるバックアップ



1990年排出水準からの削減幅

図2 様々な二酸化炭素削減目標値のコスト

ハーバード=ジャパンエネルギー環境セミナーに参加している。分析を進めるにあたって、学界だけでなく政府・業界の関係者も参加する会合で幅広くコメントを求める等様々な角度から徹底的に検討する姿勢には学ぶべきものがあつた。

また、計量モデル分析に関しては、環境問題シミュレーションのニーズが高まるに伴ない大型モデルがここ1~2年見直されているように感じられた。ジョーゲンソングループでも米国・日本だけに留まらず世界モデル構築を検討しているようであつた。

### 【参考文献】

- [1] Jorgenson, D. W., and P. J. Wilcoxon: Global Change, Energy Prices, and U. S. Economic Growth, Harvard Univ., Discussion Paper No. 1511, Aug. 1990
- [2] --- and ---: The Cost of Controlling U. S. Carbon Dioxide Emissions, Harvard Univ., Sep. 1990
- [3] --- and ---: Reducing U. S. Carbon Dioxide Emissions: The Cost of Different Goals, Harvard Univ., Dec. 1990
- [4] Congress of the United States, Congressional Budget Office: Carbon Charges as a Response to the Effects of Taxing Fossil Fuels, Aug. 1990
- [5] 森俊介: Workshop on Economic/Energy/Environmental Modeling for Climate Policy Analysis 出張経過報告, エネルギー-経済, 1991.4

(かどた おさむ  
経済部経営研究室)

3) 米国石炭消費に占める電気事業のシェアは86%。また、電気事業の燃料構成比は石炭56%、原子力19%、ガス・水力各々10%、石油6%(89年)。

4) 上記2)及び文献[5]参照。

5) 電気事業のコスト関数における石炭と石油の代替弾力性は文献[2]で2以上のところが最新推計(文献[3])では1以下に低下、また、エネルギーと中間投入財との代替弾力性は1以上となっているとのことであつた。