

炭素税導入がもたらす短期経済効果の産業連関分析：「決して非常に大きくない」のか？

中村慎一郎 近藤康之 早稲田大学政治経済学部

平成16年5月24日

1 序

中央環境審議会から応用一般均衡モデルを用いた炭素税導入効果の試算結果が報告されている [1]。それによれば、炭素税導入が経済活動に及ぼす負の影響は「決して非常に大きいものでない」とされている [1, p. 25]。当然のことながら、モデル計算の結果はモデルの設定に依存して決まる。モデル計算の結果を議論する場合には、先ず、そのモデルが対象とする事象の基本的性格を適切にとらえるべく設定されているか否かを吟味することが重要である。この作業を経ずに計算結果を云々するのは、モデル計算の性格を正しく理解しない非科学的態度であると言わざるを得ない。特に、炭素税は仮に導入されたとしたら国民経済に与える影響が広範にわたるものであるから、特定のモデル計算結果のみを鵜呑みにした議論は慎重さを欠くと言えよう。

生産要素間の代替性、特に、「エネルギー」・「資本」と「労働」が十分に代替的であれば、「エネルギー」価格の上昇が「エネルギー」・「資本」の「労働」による代替を促すであろう。その結果、「エネルギー」投入低下が環境負荷を軽減するとともに、雇用が増加し失業が解消するといういわゆる「二重配当」が得られることになる [2]。しかし、現代社会の工業技術において、「エネルギー」・「資本」と「労働」は本当に十分に代替的なのだろうか。たとえば、電力が高価になれば、研究者はPCを使う代わりに昔のように計算尺を使って長時間の計算をするようになるのだろうか。燃料が高騰したからといって、人々は車や航空機から自転車や帆船に乗り換えるのだろうか。経済理論が教えるところによれば、そもそも、「エネルギー」、「資本」、「労働」と言った「集計量」が経済理論的に意味を持つためには、各構成要素間に相似分離可能性が成立しなくてはならない [3]。現実には、エネルギー構成とエネルギー使用機器は密接不可分に関連しているし（ガソリン車を軽油で走らせることはできない）、専門機器の操作は特殊訓練を受けた労働力を必要とする（航空機や大型船舶の操縦を想起せよ）から、この条件が成り立つ経験的根拠を見いだすことは難しい。

「決して非常に大きいものではない」根拠として、この生産要素間の十分な代替可能性に加え、中長期的な脱炭素技術開発の可能性（例えば、「我が国が世界に先駆けた燃料電池自動車普及社会となる」 [1, p. 20] やサービス中心社会の到来 [4, p. 21] に対する期待が言

及されている。しかし、前者の可能性はあくまでも期待であって、客観的な根拠に基づくわけではない。この文脈では、例えば、我が国が核融合技術を手に入れる場合を想定することも許されるであろう。また、「サービス中心社会」の実態がいかなる物なのか明確ではない。仮にそうなったとして、我が国がその製造基盤を外国に依存する事が地球規模の問題である温暖化ガス対策になり得るのか、大いに疑問である。

炭素税導入によって中長期的にどのような技術が開発されるのか、我々の生活形態がどのように変わるのか、極めて不確実性が高いと言わざるを得ない。これに対し、少なくとも短期的に明らかなのは、それによって我が国の国際競争力が低下し、経済活動が低迷するであろうということである。我が国の主要な貿易相手国である米国と中国が京都議定書を批准していないのであるから。しかるに、中央環境審議会報告 [1] における試算で用いられている AIM モデルはこの国際競争力に関わる点を考慮していない [5, 6]。

経済活動の低迷は2つの経路を通じて生じると予想される。一つ目は、炭素税導入による国産材価格上昇が国内において国産投入を減じ、輸入を増加させることである。二つ目は、価格上昇の結果、我が国の輸出財が世界市場における競争力を失うことである。

本稿では、基礎的な産業連関分析の手法を用いて、炭素税導入がこの2つの経路を通じて我が国の経済活動、特に雇用に及ぼす影響を試算した。産業連関分析では通常固定係数が仮定されるが、応用一般均衡モデルの立場からはこの点が制約的であるとして批判されることが多い。そこで本稿では、国産と競合輸入財の代替関係に関しては応用一般均衡モデル、特にその代表格である GTAP モデルで用いられている特定化と基本的に同じ物を用いている。

産業連関分析を用いる利点は、詳細な部門分類を用いることができること(企業関係者は自分の業種を特定することができる)、計算方法が単純であり透明性が高いこと、従って基本的な演算能力を有する人であれば誰でも計算結果を自ら確認することができる点にある。

2 方法と設定

2.1 モデル

2.1.1 基本固定係数モデル

基本的には通常の産業連関価格モデルを用いる [7]。今、 A_d を国産財投入係数行列、 A_m を輸入財投入係数行列、 p_d を国産財価格ベクトル、 p_m を輸入財価格ベクトル、 v を付加価値率ベクトル(いずれも行ベクトル)とすると、費用恒等式は以下で与えられる：

$$p_d = p_d A_d + p_m A_m + v. \quad (1)$$

p_m と v を所与、 I を単位行列とし、これを p_d について解いて以下を得る：

$$p_d = (p_m A_m + v)(I - A_d)^{-1}. \quad (2)$$

2.1.2 輸入・国産代替可能なモデル

上のモデルでは固定係数を仮定しているから、 A_d と A_m は所与である。しかし、国産財とそれに競合する輸入財は代替的である場合が一般的であろう。その場合、 A_d と A_m は所与ではなく、国産財と輸入財の相対価格に依存する。今、ある財 i について国産か輸入かの由来を問わないその部門 j への投入係数を a_{ij} とする。財 i の調達先としては国産と輸入があるので、 $a_{d,ij}$ を国産財投入係数、 $a_{m,ij}$ を輸入財投入係数として、

$$a_{ij} := a_{d,ij} + a_{m,ij} \quad (3)$$

である。財 i の国内総需要に占める輸入財の比率 m_i は相対価格 $p_{d,i}/p_{m,i}$ に依存している。輸入財価格 $p_{m,i}$ は所与としているので、 m_i は $p_{d,i}$ の関数であり、

$$m_i = \mu_i(p_{d,i}), \quad (4)$$

と書ける。また、

$$a_{d,ij} = (1 - m_i) a_{ij} = (1 - \mu_i(p_{d,i})) a_{ij}, \quad (5)$$

$$a_{m,ij} = m_i a_{ij} = \mu_i(p_{d,i}) a_{ij}, \quad (6)$$

とする。

輸入率 $\mu_i(p_{d,i})$ を第 i 対角要素として持つ対角行列を $\hat{M}(p_d)$ とすると、(1) は、

$$p_d = p_d \{ I - \hat{M}(p_d) \} A + p_m \hat{M}(p_d) A + v \quad (7)$$

となり、価格決定は p_d について不動点を求めることになる

次に数量モデルについて述べる。今、 f_d を国内最終需要ベクトル、 E を輸出ベクトルとする（いずれも列ベクトル）。上の議論から、価格が決まれば $\hat{M}(p_d)$ が決まるので、 f_d のうち国産財に対する部分は $\{ I - \hat{M}(p_d) \} f_d$ となる。輸入が相対価格に依存するならば、世界の我が国からの輸入である E も相対価格に依存するはずである。以上から、 x を数量列ベクトルとして、以下の数量モデルを得る

$$x = [I - \{ I - \hat{M}(p_d) \} A]^{-1} [\{ I - \hat{M}(p_d) \} f_d + E(p_d)] \quad (8)$$

計算の流れ図を図1に示す。

関数 μ_i は CGE モデルでしばしば Armington モデルと称されるものであり、特定化する場合に CES 関数が主に用いられる（例えば、[8, p. 94]。本稿もこれに準じているが物質収支関係(3)を考慮した点が通常的方式と若干異なっている。詳細については付録Aを参照されたい。

表 1: GTAP 部門分類と国産輸入代替弾性値

番号	部門名	σ	番号	部門名	σ
1	pdr 水稲	2.2	30	lum 木製品	2.8
2	wht 小麦	2.2	31	ppp 紙製品, 出版業	1.8
3	gro 穀物 nec	2.2	32	pc 石油, 石炭製品	1.9
4	vf 野菜, 果実, ナット	2.2	33	crp 化学ゴム製のプラスチックの製品	1.9
5	osd 油糧作物	2.2	34	nmm 鉱産物 nec	2.8
6	cb 砂糖きび, テンサイ	2.2	35	is 鉄・鉄鋼	2.8
7	pfb 綿花	2.2	36	nfm 金属 nec	2.8
8	ocr 作物 nec	2.2	37	fmp 金属製品	2.8
9	ctl 牛, 畜牛, 羊, 及び, ヤギ, 馬,	2.8	38	mvh 自動車, 及び, パーツ	5.2
10	oap 動物製品 nec	2.8	39	otn 輸送設備 nec	5.2
11	rmk 生乳	2.2	40	ele 電子装置	2.8
12	wol 羊毛, 蚕繭	2.2	41	ome その他機械設備	2.8
13	for 林業	2.8	42	omf その他製造業	2.8
14	fish 漁業	2.8	43	ely 電気	2.8
15	col 石炭	2.8	44	gdt 都市ガス	2.8
16	oil 原油	2.8	45	wtr 水	2.8
17	gas 天然ガス	2.8	46	cns 建設	1.9
18	omn 鉱物 nec	2.8	47	trd 商業	1.9
19	cmt 牛肉製品	2.2	48	otp その他輸送	1.9
20	omt 肉製品 nec	2.2	49	wtp 水運	1.9
21	vol 植物油, 及び, 脂肪	2.2	50	atp 空輸	1.9
22	mil 乳製品	2.2	51	omn 通信	1.9
23	pcr 加工米	2.2	52	ofi 金融サービス nec	1.9
24	sgr 砂糖	2.2	53	isr 保険	1.9
25	ofd 食料製品 nec	2.2	54	obs ビジネスサービス	1.9
26	bt 飲み物, 及び, 煙草製品	3.1	55	ros レクリエーションの, そして他のサービス	1.9
27	tex 繊維	2.2	56	osg 官公庁, 防衛, 教育, 健康	1.9
28	wap 衣服	4.4	57	dwe 住宅賃貸	1.9
29	lea 皮製品	4.4			

σ は国産財と輸入財の代替弾性値

2.2 設定

2.2.1 産業連関表

産業連関表としては平成7年基本表を用いた。炭素税の課税対象となる燃料データは [9] を用いた。なお、計算上、炭素税収はすべて政府支出の一部として環流されている。ただし、支出の構成は平成7年基本表のそれをそのまま用いている。

2.2.2 代替弾性値

代替弾性値は基本的に GTAP[10] が用いているものと同じものを用いた (表 1)。ただし、我々の分類が遙かに詳細なため、設定を現実的にするために変更を行った (表 4)。たとえば、我が国では事業用電力を輸入で代替することは不可能であるし、公務などの行政サービス、学校教育、映画館なども輸入代替を想定することができない。

計算プログラム (MATLAB) を付録 B に示す。

3 結果と考察

3.1 マクロ効果

表2は主な結果を示す3,400円/炭素トン程度の炭素税(シナリオA)はCO₂削減は0.6%とほとんど有効ではない。これに対し、45,000円/炭素トンの税率では7%弱の有効な削減が実現される可能性があるが、これは我が国の輸出が世界市場においてどの程度の非価格競争力を持つかに依存する。輸出の価格弾力性が我が国への輸入と同じ程度である場合(シナリオB)、GDPは1.3%減少し、CO₂は6.6%減少する。この場合、雇用は約1%、67万人減少する。輸出の価格弾力性が1であるばあい(シナリオB1)、CO₂削減は5%になり、雇用減少は42万人である。我が国輸出の非価格競争力がきわめて強く、非弾力的である場合(シナリオB2)、雇用減少は10万人にとどまるが、CO₂減少率も1%未満に留まる。

3.2 個別部門における効果

表3は、雇用が67万人減少する場合(シナリオB)について、雇用規模1万人以上の部門における雇用(生産)減少率が5%以上のものを示す。雇用減少は、化学、輸送(航空港湾)、漁業、金属、機械、繊維、雑貨(衣服、皮革など)など広範な業種に渡ることが分かる。特に、乗用車と自動車部品における10%以上の雇用減少は注目に値しよう。素材産業のみならず、自動車のような組み立て産業においても、雇用への大きな負の影響の可能性が示唆されるのである。

3.3 考察

炭素税の導入は、少なくとも短期的には、経済活動の低下によって我が国におけるCO₂排出を6%超減少する可能性を持つ。しかし、それは70万人弱の雇用減少を伴う。

化石燃料起源のCO₂排出が懸念されるのは、その全地球的な温暖化効果である。従って、我が国産業の活動水準が低下した部分が、他国の産業活動増加によって賄われるならば、全地球的な効果としては何ら変わらないことになる。さらに、我が国産業のエネルギー効率が世界最高水準であること、従ってCO₂排出源単位も世界最低水準であることを考慮するならば、効率のよい我が国産業の稼働水準が低下し、非効率な貿易相手国の生産が増加するならば、地球温暖化に関してはむしろ状況を悪化させることになりかねないのである。

表 2: 炭素税と CO₂, GNP, 輸出, 雇用

シナリオ	A	B	B1	B2
国産・輸入代替弾性	GTAP ¹⁾			
輸出弾性	GTAP ²⁾	GTAP ²⁾	1 ³⁾	0
炭素税 (円//C-t)	3,400	45,000	45,000	45,000
GDP:変化率%	-0.109	-1.262	-0.768	-0.181
輸出変化率%	-0.957	-10.280	-4.054	0.00
雇用変化:人数(千人)	-57	-671	-422	-106
雇用:変化率%	-0.085	-0.997	-0.628	-0.157
CO ₂ :変化率%	-0.570	-6.565	-4.949	-0.952

変化率は 1995 年値に対する百分率。GDP は 1995 年付加価値率により求めた。1) GTAP の国産・輸入代替弾性値を使用。2) 輸出の価格弾力性に GTAP の国産・輸入代替弾性値を使用。3) 輸出の価格弾性値=1。

4 結語

経済モデルを用いた炭素税導入の議論において十分考慮されているとはいえない国際競争力への影響について単純な産業連関分析を用いた試算を行った。中長期的な技術開発動向についての予測は大きな不確実性を持っている。その一方、生産拠点の低賃金国への移転や国内製造業の空洞化は先進諸国に共通する減少である。国産財価格が輸入財に比べて高騰すれば、消費者が国産品の代わりに安価な輸入品の購入を増やし、生産者が安価な部品・資材の購入を増やすのは日常的に観察される場所である。この少なくとも短期的には妥当する「頑健な事実」に鑑みるならば、主要貿易相手国との共通実施を前提しない我が国単独の炭素税導入は、我が国経済社会に無視し得ない深刻な影響を及ぼすであろうと想像される。

表 3: 雇用1万人以上部門における効果

		国内生産額	変化率	輸出	変化率	雇用
121	環式中間物	1038660	-17.8	362500	-22.8	12305
253	鋼船	1109925	-14.1	761089	-19.2	31770
255	船用内燃機関	437766	-13.0	93204	-17.8	16554
316	港湾運送	1267287	-12.7	310572	-2.6	85022
120	脂肪族中間物	1624957	-12.7	192353	-24.4	11871
317	航空輸送	2144534	-11.2	326032	-21.0	51283
170	熱間圧延鋼材	4919210	-11.0	327179	-41.9	69416
168	粗鋼(転炉)	2143626	-10.9	0	0.0	23565
169	粗鋼(電気炉)	1182323	-10.6	580	-24.3	20334
256	船舶修理	277214	-9.4	32323	-15.9	11313
127	その他の有機化学工業製品	716776	-9.2	106909	-16.8	14242
171	鋼管	935737	-8.6	170670	-27.4	22328
133	合成繊維	548033	-8.5	110639	-16.1	18661
291	自家発電	594895	-8.1	0	0.0	12381
172	冷間仕上鋼材	2780707	-7.8	285309	-29.1	41314
251	自動車用内燃機関・同部分品	4677935	-7.7	819512	-13.9	160270
326	その他の航空付帯サービス	401980	-7.5	174657	-1.9	36044
26	海面漁業	1398443	-7.5	4799	-24.4	233333
216	ベアリング	887986	-7.3	230522	-12.5	33567
20	養蚕	19649	-7.2	54	-5.9	14152
79	絹・人絹織物(含合繊長織物)	406103	-7.0	154017	-10.6	56881
117	その他の無機化学工業製品	726612	-7.0	72341	-14.3	17371
86	その他の繊維工業製品	691530	-6.9	95805	-16.1	56733
173	めっき鋼材	1313865	-6.8	226361	-21.0	27162
77	紡績糸	468531	-6.6	20412	-8.7	47371
252	自動車部品	14213565	-6.5	1577924	-15.0	444935
245	内燃機関電装品	1823208	-6.2	155152	-6.3	94526
78	綿・スフ織物(含合繊短織物)	407692	-6.1	112324	-9.6	29126
89	その他の衣服・身の回り品	458294	-6.0	10974	-14.8	45023
81	ニット生地	199194	-5.9	36947	-7.9	24067
148	ゴム製履物	99083	-5.8	923	-9.2	11772
149	プラスチック製履物	155765	-5.8	2705	-13.4	16160
156	その他のガラス製品	845742	-5.6	126962	-16.4	34375
129	熱可塑性樹脂	1487113	-5.5	162937	-21.4	21361
233	電子管	811323	-5.5	409185	-7.8	23333
211	繊維機械	689404	-5.5	361725	-7.6	31520
247	乗用車	10215211	-5.5	3121666	-13.0	100776
235	磁気テープ・磁気ディスク	450881	-5.2	191020	-8.7	11767
9	その他の食用耕種作物	16575	-5.1	213	-3.8	10047
153	かばん・袋物・その他の革製品	369174	-5.0	4198	-8.7	56606
261	自転車	293735	-5.0	55429	-9.3	12067

シナリオ B(表 2) の結果。生産額・輸出は 100 万円, 雇用は人。変化率は 1995 年値に対する百分率。生産変化率と雇用変化率は等しい。

A 輸入・国産代替弾性値と輸入・国産比率

国産財と競争輸入財の間の代替弾性値が与えられている場合、相対価格変化が財の国産・輸入比率(国産・外国産を問わない総供給に占める産地の割合)に及ぼす効果を定式化する。財 i について輸入・国産の代替弾性値を σ 、輸入比率を $m_i \in (0, 1)$ 、国産比率を $d_i := 1 - m_i$ 、輸入価格指数を $p_{m,i}$ 、国産価格指数を $p_{d,i}$ とすると定義から(以下、財の添字 i は省略),

$$\frac{d \ln(d/m)}{d \ln(p_d/p_m)} = -\sigma. \quad (9)$$

以下、 p_d が Δp_d だけ変化したとして、国産・輸入比率が如何ほど変化するかを産業連関分析への応用を念頭に置いて検討する。

A.1 離散近似

輸入価格指数は $p_m = 1$ で一定とすると、離散近似より、

$$\frac{\Delta(d/m)}{d/m} \frac{p_d/p_m}{\Delta(p_d/p_m)} = \frac{\Delta(d/m)}{d/m} \frac{p_d}{\Delta p_d} = -\sigma$$

又は

$$\frac{\Delta(d/m)}{d/m} = -\sigma \frac{\Delta p_d}{p_d}. \quad (10)$$

今、価格変化後の輸入・国産比率を $*$ を付して表すことにすると(10) から

$$\frac{d^*}{m^*} = \frac{d}{m} \left[1 + \frac{\Delta(d/m)}{d/m} \right] = \frac{d}{m} \left(1 - \sigma \frac{\Delta p_d}{p_d} \right). \quad (11)$$

定義から $d = 1 - m$ なので、左辺は $(1 - m^*)/m^*$ と等しいから、

$$\frac{1}{m^*} = 1 + \frac{1 - m}{m} \left(1 - \sigma \frac{\Delta p_d}{p_d} \right).$$

故に

$$m^* = \left[1 + \frac{1 - m}{m} \left(1 - \sigma \frac{\Delta p_d}{p_d} \right) \right]^{-1}. \quad (12)$$

ところで、 $m^* \in (0, 1)$ のためには以下が成立しなくてはならない:

$$\sigma \frac{\Delta p_d}{p_d} < 1. \quad (13)$$

Δp_d がこの条件を満たす理論的制約は存在しない。これがこの近似方法の限界である。

A.2 対数近似

(9) から

$$\frac{\Delta \ln(d/m)}{\Delta \ln(p_d/p_m)} = \frac{\ln(d/m)^* - \ln(d/m)}{\ln(p_d/p_m)^* - \ln(p_d/p_m)} = \frac{\ln(d/m)^* - \ln(d/m)}{\ln p_d^*} = -\sigma. \quad (14)$$

第2等号は $p_d = p_m = 1$ との基準化に依る。これを書き換えて、

$$\ln(d/m)^* = -\sigma \ln p_d^* + \ln(d/m).$$

指数変換して、

$$\frac{d^*}{m^*} = \frac{d}{m} (p_d^*)^{-\sigma}$$

又は

$$\frac{1 - m^*}{m^*} = \frac{(1 - m)}{m} (p_d^*)^{-\sigma}.$$

これから m^* を求めると

$$m^* = \left(1 + \frac{1 - m}{m} (p_d^*)^{-\sigma} \right)^{-1}. \quad (15)$$

この場合、 $m^* \in (0, 1)$ は (13) の如き制約条件を必要としない。(12) よりも優れていると言える。

A.3 輸出への影響評価

日本からの輸出は世界から見れば輸入であるから、国内価格が日本の世界輸出シェアに与える影響も、基本的に、上の図式と同様に扱うことが出来る。今、ある財の世界総輸出 (= 総輸入) を E 、日本の輸出量を E_J 、その他の国の輸出を E_R 、日本の価格を p_J 、その他の国の価格を p_R とする。当該財に占める日本の輸出シェアを $e_J := E_J / (E_J + E_R)$ 、外国シェアを $e_R := 1 - e_J$ とする。 σ を日本財と外国財の世界における代替弾性値とすると、(9) と同様に、 σ の定義から以下を得る：

$$\frac{d \ln(e_J/e_R)}{d \ln(p_J/p_R)} = -\sigma. \quad (16)$$

国内での炭素税導入による変化後の値を * を付して表すと、(15) と同様に、以下を得る：

$$e_R^* = \left(1 + \frac{1 - e_R}{e_R} (p_J^*)^{-\sigma} \right)^{-1}. \quad (17)$$

日本の輸出量は以下で求められる：

$$E_J^* = (1 - e_R^*)E. \quad (18)$$

この計算を行うには、財毎の世界貿易量 E 、及びそこ占める日本のシェア e_J についての情報が必要である。

上の情報が入手できない場合の対応として、 E_J と E_R が CES 関数に従うとすれば、

$$\frac{E_J}{E_R} = a \left(\frac{p_J}{p_R} \right)^{-\sigma} \quad (19)$$

E_R を近似的に所与 (実際は E_J が変化するとき一定ではない)、 $p_R = 1$ として、国内価格変化の輸出への効果として以下を得る：

$$\left. \frac{d \ln E_J}{d \ln p_J} \right|_{E_R = \text{constant}} = \frac{\partial \ln E_J}{\partial \ln p_J} = -\sigma. \quad (20)$$

対数近似を行うと $p_J = 1$ より、

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \ln E_J}{\Delta \ln p_J} &= \frac{\ln E_J^* - \ln E_J}{\ln p_J^* - \ln p_J} = -\sigma \\ \ln(E_J^*/E_J) &= -\sigma \ln p_J^* \\ E_J^*/E_J &= (p_J^*)^{-\sigma} \\ E_J^* &= E_J / (p_J^*)^\sigma. \end{aligned} \quad (21)$$

を得る。実際の計算では (21) を用いる。

B 計算プログラム

```
load io397;          % データ読み込み
load es;
N = length( cid.x ); % 産業部門数
CT = sum( [ X.xx, X.xf, X.xe, X.xm ], 2 ); % コントロール・トータル CT

Fd = sum( X.xf, 2 ); % 国内最終需要
Ex = sum( X.xe, 2 ); % 輸出
Im = -sum( X.xm, 2 ); % 輸入
ImRate = Im ./ sum( [ X.xx, Fd ], 2 ); % 輸入率

VA = sum( X.vx, 1 ); % 粗付加価値額
SC = sum( X.sx, 1 ); % 鉄屑・非鉄金属屑投入額
E.x = sum( CO2.x, 1 ); % 二酸化炭素排出量 (内生部門)
E.f = sum( CO2.f(:) ); % 最終需要部門

A.x = X.xx / diag( CT ); % 財・サービス投入係数
A.l = X.lx / diag( CT ); % 労働投入係数
R = sum( E.x, 1 ) / diag( CT ); % 二酸化炭素排出係数 (含 廃棄物, 石灰石起源)
va = VA / diag( CT ); % 粗付加価値係数
sc = SC / diag( CT ); % 鉄屑・非鉄金属屑投入係数

%%%%%%%%% 数量モデル計算 %%%%%%%%%%
x = ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x ) \ ( diag( 1 - ImRate ) * Fd + Ex );
n = A.l * x;
e = R * x + E.f;

%%%%%%%%% 価格モデル計算 %%%%%%%%%%
Pm = ones( 1, N );
```

```

Pd = ( Pm * diag( ImRate ) * A.x + va + sc ) / ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x );

% 炭素税課税対象原燃料 | D
tmpr = setdiff( 1:length( GenNenryo ), GetNum( { ...
    '回収黒液', ...
    '廃材', ...
    '廃タイヤ', ...
    '一般廃棄物', ...
    '産業廃棄物', ...
    '原子力発電', ...
    '水力・その他発電', ...
    '石灰石', ...
    '電気(消費電力)', ...
    '金属鉱石', ...
    '野焼き' }, GenNenryo ) );

if ( ~exist( 'TaxRate', 'var' ) );
    %TaxRate = 3400e-6; % 炭素トンあたり課税額 (百万円)
    TaxRate = 45000e-6; % 炭素トンあたり課税額 (百万円)
    %%% Case 1: 3,400 円/t-C
    %%% Case 2: 45,000 円/t-C
end;
tax = TaxRate * sum( CO2.x( tmpr, : ) ) / diag( CT ); % 粗付加価値係数に加算する単位生産額あたり税額
ImRate_init = ImRate; % 輸入率初期値

MaxIter = 100; EPS = 1e-8; IsConvergent = 0; ImRate_last = ImRate_init;
cnt = 0; wb = waitbar( 0, 'Now updating Import-Ratio...' );
while ( ~IsConvergent & cnt < MaxIter );
    cnt = cnt + 1;
    Pd = ( Pm * diag( ImRate ) * A.x + va + sc + tax ) / ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x ); % 新価格
    warning off;
    ImRate = ( 1 + ( 1 - ImRate_init ) ./ ImRate_init .* Pd(:).^( -Sigma ) ).^( -1 ); % 新輸入率
    ImRate( ~isfinite( ImRate ) ) = 0;
    err = abs( 2 * ( ImRate - ImRate_last ) ./ ( ImRate + ImRate_last ) ); % 輸入率誤差チェック
    warning on;
    if ( max( err ) < EPS );
        IsConvergent = 1;
    else;
        ImRate_last = ImRate;
    end;
    waitbar( cnt / MaxIter );
end;
close( wb );

% シナリオ A, B
x_ = ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x ) \ ( diag( 1 - ImRate ) * Fd + ( Ex ./ Pd(:).^Sigma ) );
%% シナリオ B1
% x_ = ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x ) \ ( diag( 1 - ImRate ) * Fd + ( Ex ./ Pd(:) ) );
%% シナリオ B2
% x_ = ( eye( N ) - diag( 1 - ImRate ) * A.x ) \ ( diag( 1 - ImRate ) * Fd + Ex;
n_ = A.l * x_;
e_ = R * x_ + E.f;

```

C 演算フロー

上は個別の財についての効果を示している。産業連関分析を用いて複数の財についての総合効果を見る場合には、価格変化と輸入・国産代替効果の相互作用(国産財価格上昇は輸入比率を上昇させるが、これは国産財価格上昇効果を弱め、輸入比率上昇効果を低下させる作用を持つ)を考慮すべく一定の収束条件の下で反復計算が必要である。これを図1

に示す。

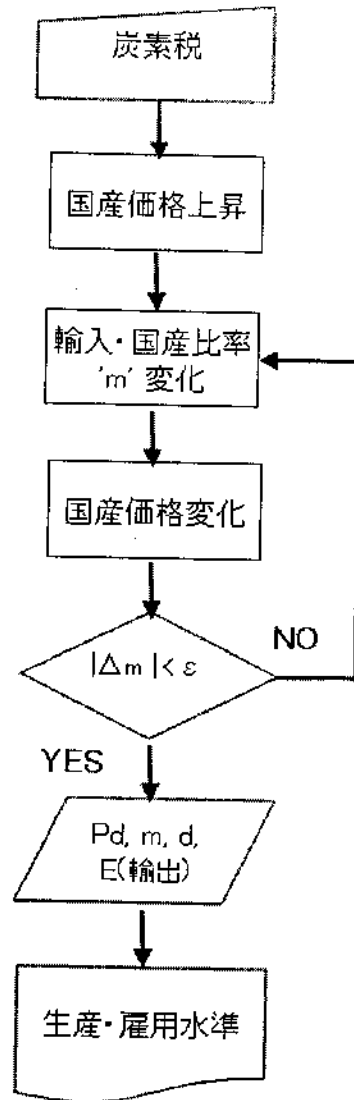


図 1: 炭素税導入効果の演算

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	列C	列名	代替弾性 σ
1	011101	米	2.2
2	011102	麦類	2.2
3	011201	いも類	2.2
4	011202	豆類	2.2
5	011300	野菜	2.2
6	011401	果実	2.2
7	011501	砂糖原料作物	2.2
8	011502	飲料用作物	2.2
9	011509	その他の食用耕種作物	2.2
10	011601	飼料作物	2.2
11	011602	種苗	2.2
12	011603	花き・花木類	2.2
13	011609	その他の非食用耕種作物	2.2
14	012101	酪農	2.8
15	012102	鶏卵	2.8
16	012103	肉鶏	2.8
17	012104	豚	2.8
18	012105	肉用牛	2.8
19	012109	その他の畜産	2.8
20	012201	養蚕	2.8
21	013101	獣医業	2.8
22	013102	農業サービス (除獣医業)	2.2
23	021101	育林	2.8
24	021201	素材	2.8
25	021301	特用林産物 (含狩猟業)	2.8
26	031100	海面漁業	2.8
27	031104	海面養殖業	2.8
28	031200	内水面漁業・養殖業	2.8
29	061101	金属鉱物	2.8
30	062101	窯業原料鉱物	2.8
31	062201	砂利・採石	2.8
32	062202	碎石	2.8
33	062909	その他の非金属鉱物	2.8
34	071101	石炭	2.8
35	072101	原油・天然ガス	2.8
36	111101	と畜 (含肉鶏処理)	2.2
37	111201	肉加工品	2.2
38	111202	畜産びん・かん詰	2.2
39	111203	動物油脂	2.2
40	111204	酪農品	2.2
41	111301	冷凍魚介類	2.2
42	111302	塩・干・くん製品	2.2
43	111303	水産びん・かん詰	2.2
44	111304	ねり製品	2.2
45	111305	魚油・魚かす	2.2
46	111309	その他の水産食品	2.2
47	111401	精穀	2.2
48	111402	製粉	2.2
49	111501	めん類	2.2
50	111502	パン類	2.2

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
51	111503	菓子類	2.2
52	111601	農産びん・かん詰	2.2
53	111602	農産保存食料品 (除びん・かん詰)	2.2
54	111701	砂糖	2.2
55	111702	でん粉	2.2
56	111703	ぶどう糖・水あめ・異性化糖	2.2
57	111704	植物油脂	2.2
58	111705	調味料	2.2
59	111901	冷凍調理食品	2.2
60	111902	レトルト食品	2.2
61	111903	そう菜・すし・弁当	2.2
62	111904	学校給食 (国公立) ★★	2.2
63	111905	学校給食 (私立) ★	2.2
64	111909	その他の食料品	2.2
65	112101	清酒	3.1
66	112102	ビール	3.1
67	112103	添加用アルコール	3.1
68	112104	ウイスキー類	3.1
69	112109	その他の酒類	3.1
70	112901	茶・コーヒー	3.1
71	112902	清涼飲料	3.1
72	112903	製氷	2.2
73	113101	飼料	2.2
74	113102	有機質肥料 (除別掲)	2.2
75	114101	たばこ	3.1
76	151101	製糸	2.2
77	151102	紡績糸	2.2
78	151201	綿・スフ織物 (含合繊短織物)	2.2
79	151202	絹・人絹織物 (含合繊長織物)	2.2
80	151203	毛織物・麻織物・その他の織物	2.2
81	151301	ニット生地	2.2
82	151401	染色整理	4.4
83	151901	綱・網	4.4
84	151902	じゅうたん・床敷物	4.4
85	151903	繊維製衛生材料	4.4
86	151909	その他の繊維工業製品	4.4
87	152101	織物製衣服	4.4
88	152102	ニット製衣服	4.4
89	152209	その他の衣服・身の回り品	4.4
90	152901	寝具	4.4
91	152909	その他の繊維既製品	4.4
92	161101	製材	2.8
93	161102	合板	2.8
94	161103	木材チップ	2.8
95	161909	その他の木製品	2.8
96	171101	木製家具・装備品	2.8
97	171102	木製建具	2.8
98	171103	金属製家具・装備品	2.8
99	181101	パルプ	1.8
100	181201	洋紙・和紙	1.8

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
101	181202	板紙	1.8
102	181301	段ボール	1.8
103	181302	塗工紙・建設用加工紙	1.8
104	182101	段ボール箱	1.8
105	182109	その他の紙製容器	1.8
106	182901	紙製衛生材料・用品	1.8
107	182909	その他のパルプ・紙・紙加工品	1.8
108	191101	新聞	1.8
109	191102	印刷・製版・製本	1.8
110	191103	出版	1.8
111	201101	アンモニア	1.9
112	201102	化学肥料	1.9
113	202101	ソーダ工業製品	1.9
114	202901	無機顔料	1.9
115	202902	圧縮ガス・液化ガス	1.9
116	202903	塩	1.9
117	202909	その他の無機化学工業製品	1.9
118	203101	石油化学基礎製品	1.9
119	203102	石油化学系芳香族製品	1.9
120	203201	脂肪族中間物	1.9
121	203202	環式中間物	1.9
122	203301	合成ゴム	1.9
123	203901	メタン誘導品	1.9
124	203902	油脂加工製品	1.9
125	203903	可塑剤	1.9
126	203904	合成染料	1.9
127	203909	その他の有機化学工業製品	1.9
128	204101	熱硬化性樹脂	1.9
129	204102	熱可塑性樹脂	1.9
130	204103	高機能性樹脂	1.9
131	204109	その他の合成樹脂	1.9
132	205101	レーヨン・アセテート	1.9
133	205102	合成繊維	1.9
134	206101	医薬品	1.9
135	207101	石けん・合成洗剤・界面活性剤	1.9
136	207102	化粧品・歯磨	1.9
137	207201	塗料	1.9
138	207202	印刷インキ	1.9
139	207301	写真感光材料	1.9
140	207401	農薬	1.9
141	207901	ゼラチン・接着剤	1.9
142	207909	その他の化学最終製品	1.9
143	211101	石油製品	1.9
144	212101	石炭製品	1.9
145	212102	舗装材料	1.9
146	221101	プラスチック製品	1.9
147	231101	タイヤ・チューブ	1.9
148	231901	ゴム製履物	4.4
149	231902	プラスチック製履物	4.4
150	231909	その他のゴム製品	4.4

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
151	241101	革製履物	4.4
152	241201	製革・毛皮	4.4
153	241202	かばん・袋物・その他の革製品	4.4
154	251101	板ガラス・安全ガラス	2.8
155	251201	ガラス繊維・同製品	2.8
156	251909	その他のガラス製品	2.8
157	252101	セメント	2.8
158	252201	生コンクリート	2.8
159	252301	セメント製品	2.8
160	253101	陶磁器	2.8
161	259901	耐火物	2.8
162	259902	その他の建設用土石製品	2.8
163	259903	炭素・黒鉛製品	2.8
164	259904	研磨材	2.8
165	259909	その他の窯業・土石製品	2.8
166	261101	銑鉄	2.8
167	261102	フェロアロイ	2.8
168	261103	粗鋼（転炉）	2.8
169	261104	粗鋼（電気炉）	2.8
170	262101	熱間圧延鋼材	2.8
171	262201	鋼管	2.8
172	262301	冷間仕上鋼材	2.8
173	262302	めっき鋼材	2.8
174	263101	鑄鍛鋼	2.8
175	263102	鑄鉄管	2.8
176	263103	鑄鉄品及び鍛工品（鉄）	2.8
177	264901	鉄鋼シャースリット業	2.8
178	264909	その他の鉄鋼製品	2.8
179	271101	銅	2.8
180	271102	鉛・亜鉛（含再生）	2.8
181	271103	アルミニウム（含再生）	2.8
182	271109	その他の非鉄金属地金	2.8
183	272101	電線・ケーブル	2.8
184	272102	光ファイバケーブル	2.8
185	272201	伸鋼品	2.8
186	272202	アルミ圧延製品	2.8
187	272203	非鉄金属素形材	2.8
188	272204	核燃料	2.8
189	272209	その他の非鉄金属製品	2.8
190	281101	建設用金属製品	2.8
191	281201	建築用金属製品	2.8
192	289101	ガス・石油機器及び暖厨房機器	2.8
193	289901	ボルト・ナット・リベット及びスプリング	2.8
194	289902	金属製容器及び製缶板金製品	2.8
195	289903	配管工事付属品・粉末冶金製品・道具類	2.8
196	289909	その他の金属製品	2.8
197	301101	ボイラ	2.8
198	301102	タービン	2.8
199	301103	原動機	2.8
200	301201	運搬機械	2.8

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
201	301301	冷凍機・温湿調整装置	2.8
202	301901	ポンプ及び圧縮機	2.8
203	301902	機械工具	2.8
204	301909	その他の一般産業機械及び装置	2.8
205	302101	鉱山・土木建設機械	2.8
206	302201	化学機械	2.8
207	302301	産業用ロボット	2.8
208	302401	金属工作機械	2.8
209	302402	金属加工機械	2.8
210	302901	農業機械	2.8
211	302902	繊維機械	2.8
212	302903	食料品加工機械	2.8
213	302904	半導体製造装置	2.8
214	302909	その他の特殊産業機械	2.8
215	303101	金型	2.8
216	303102	ベアリング	2.8
217	303109	その他の一般機械器具及び部品	2.8
218	311101	複写機	2.8
219	311109	その他の事務用機械	2.8
220	311201	サービス用機器	2.8
221	321101	電気音響機器	2.8
222	321102	ラジオ・テレビ受信機	2.8
223	321103	ビデオ機器	2.8
224	321201	民生用電気機器	2.8
225	331101	電子計算機本体	2.8
226	331102	電子計算機付属装置	2.8
227	332101	有線電気通信機器	2.8
228	332102	無線電気通信機器	2.8
229	332109	その他の電気通信機器	2.8
230	333101	電子応用装置	2.8
231	333201	電気計測器	2.8
232	334101	半導体素子・集積回路	2.8
233	335901	電子管	2.8
234	335902	液晶素子	2.8
235	335903	磁気テープ・磁気ディスク	2.8
236	335909	その他の電子部品	2.8
237	341101	回転電気機械	2.8
238	341102	開閉制御装置及び配電盤	2.8
239	341103	変圧器・変成器	2.8
240	341109	その他の産業用重電機器	2.8
241	342101	電気照明器具	2.8
242	342102	電池	2.8
243	342103	電球類	2.8
244	342104	配線器具	2.8
245	342105	内燃機関電装品	2.8
246	342109	その他の電気機械器具	2.8
247	351101	乗用車	5.2
248	352101	トラック・バス・その他の自動車	5.2
249	353101	二輪自動車	5.2
250	354101	自動車車体	5.2

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
251	354102	自動車用内燃機関・同部分品	5.2
252	354103	自動車部品	5.2
253	361101	鋼船	5.2
254	361102	その他の船舶	5.2
255	361103	船用内燃機関	5.2
256	361110	船舶修理	5.2
257	362101	鉄道車両	5.2
258	362110	鉄道車両修理	5.2
259	362201	航空機	5.2
260	362210	航空機修理	5.2
261	362901	自転車	5.2
262	362909	その他の輸送機械	5.2
263	371101	カメラ	2.8
264	371109	その他の光学機械	2.8
265	371201	時計	2.8
266	371901	理化学機械器具	2.8
267	371902	分析器・試験機・計量器・測定器	2.8
268	371903	医療用機械器具	2.8
269	391101	玩具	2.8
270	391102	運動用品	2.8
271	391901	楽器	2.8
272	391902	情報記録物	2.8
273	391903	筆記具・文具	2.8
274	391904	身辺細貨品	2.8
275	391905	畳・わら加工品	2.8
276	391906	武器	2.8
277	391909	その他の製造工業製品	2.8
278	411101	住宅建築(木造)	1.9
279	411102	住宅建築(非木造)	1.9
280	411201	非住宅建築(木造)	1.9
281	411202	非住宅建築(非木造)	1.9
282	412101	建設補修	1.9
283	413101	道路関係公共事業	1.9
284	413102	河川・下水道・その他の公共事業	1.9
285	413103	農林関係公共事業	1.9
286	413201	鉄道軌道建設	1.9
287	413202	電力施設建設	1.9
288	413203	電気通信施設建設	1.9
289	413209	その他の土木建設	1.9
290	511100	事業用電力	0
291	511104	自家発電	0
292	512101	都市ガス	0
293	512201	熱供給業	0
294	521101	上水道・簡易水道	0
295	521102	工業用水	0
296	521103	下水道★★	0
297	521201	廃棄物処理(公営)★★	0
298	521202	廃棄物処理(産業)	0
299	611101	卸売	1.9
300	611201	小売	1.9

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
301	621101	金融	1.9
302	621201	生命保険	1.9
303	621202	損害保険	1.9
304	641101	不動産仲介・管理業	1.9
305	641102	不動産賃貸業	1.9
306	642101	住宅賃貸料	0
307	711101	鉄道旅客輸送	0
308	711201	鉄道貨物輸送	0
309	712101	バス	0
310	712102	ハイヤー・タクシー	0
311	712201	道路貨物輸送	0
312	713101	自家用旅客自動車輸送	0
313	713201	自家用貨物自動車輸送	0
314	714101	外洋輸送	1.9
315	714201	沿海・内水面輸送	1.9
316	714301	港湾運送	1.9
317	715101	航空輸送	1.9
318	716101	貨物輸送取扱	0
319	717101	倉庫	0
320	718101	こん包	1.9
321	718901	道路輸送施設提供	0
322	718902	水運施設管理★★	1.9
323	718903	その他の水運付帯サービス	1.9
324	718904	航空施設管理（国営）★★	1.9
325	718905	航空施設管理（産業）	1.9
326	718906	その他の航空付帯サービス	1.9
327	718909	旅行・その他の運輸付帯サービス	1.9
328	731101	郵便	0
329	731201	国内電気通信（除移動通信）	1.9
330	731202	移動通信	1.9
331	731203	国際電気通信	1.9
332	731909	その他の通信サービス	1.9
333	732101	公共放送	1.9
334	732102	民間放送	1.9
335	732103	有線放送	1.9
336	811101	公務（中央）★★	0
337	811201	公務（地方）★★	0
338	821101	学校教育（国公立）★★	0
339	821102	学校教育（私立）★	0
340	821301	社会教育（国公立）★★	0
341	821302	社会教育（非営利）★	0
342	821303	その他の教育訓練機関（国公立）★★	0
343	821304	その他の教育訓練機関（産業）	1.9
344	822101	自然科学研究機関（国公立）★★	1.9
345	822102	人文科学研究機関（国公立）★★	1.9
346	822103	自然科学研究機関（非営利）★	1.9
347	822104	人文科学研究機関（非営利）★	1.9
348	822105	自然科学研究機関（産業）	1.9
349	822106	人文科学研究機関（産業）	1.9
350	822201	企業内研究開発	1.9

表 4: 国産・輸入代替弾性値

連番	コード	列名	代替弾性 σ
351	831101	医療（国公立）	0
352	831102	医療（公益法人等）	0
353	831103	医療（医療法人等）	0
354	831201	保健衛生（国公立）★★	0
355	831202	保健衛生（非営利）★	0
356	831203	保健衛生（産業）	0
357	831301	社会保険事業（国公立）★★	0
358	831302	社会保険事業（非営利）★	0
359	831303	社会福祉（国公立）★★	0
360	831304	社会福祉（非営利）★	0
361	841101	対企業民間非営利団体	1.9
362	841102	対家計民間非営利団体（除別掲）★	1.9
363	851101	広告	1.9
364	851201	情報サービス	1.9
365	851202	ニュース供給・興信所	1.9
366	851301	物品賃貸業（除貸自動車）	1.9
367	851401	貸自動車業	0
368	851510	自動車修理	1.9
369	851610	機械修理	1.9
370	851901	建物サービス	0
371	851902	法務・財務・会計サービス	1.9
372	851903	土木建築サービス	1.9
373	851904	労働者派遣サービス	1.9
374	851909	その他の対事業所サービス	1.9
375	861101	映画・ビデオ制作・配給業	1.9
376	861102	映画館	0
377	861103	劇場・興行場	0
378	861104	遊戯場	0
379	861105	競輪・競馬等の競走場・競技団	0
380	861106	スポーツ施設提供業・公園・遊園地	0
381	861107	興行団	1.9
382	861109	その他の娯楽	1.9
383	861201	一般飲食店（除喫茶店）	1.9
384	861202	喫茶店	1.9
385	861203	遊興飲食店	1.9
386	861301	旅館・その他の宿泊所	1.9
387	861901	洗濯・洗張・染物業	1.9
388	861902	理容業	0
389	861903	美容業	0
390	861904	浴場業	0
391	861905	写真業	1.9
392	861906	冠婚葬祭業	0
393	861907	各種修理業（除別掲）	0
394	861908	個人教授所	0
395	861909	その他の対個人サービス	0
396	890000	事務用品	0
397	900000	分類不明	1.9

参考文献

- [1] 中央環境審議会, 総合政策・地球環境合同部会, 地球温暖化対策税制専門委員会: 『温暖化対策税制の具体的な制度の案～国民による検討・議論のための提案～ (報告)』, 2003年8月29日
- [2] Heady, C. J. et al: Study on the relationship between environmental taxation and employment creation, Revised final report prepared for The European Commission: Directive General XI, (2000).
<http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/taxation/entaxemp.pdf>
- [3] Blackorby C., D. Primont and R. Russel: Duality, Separability and the Functional Structure, American ELsevier, New York (1978)
- [4] 諸富徹: 『環境政策における経済的手段の理論と実際—環境税を中心として—』第67回 ESRI セミナー, (2003).
<http://www.esri.go.jp/jp/prj/seminar/seminar067a.pdf>,
- [5] 増井利彦・松岡譲・森田恒幸: 『応用一般均衡モデルを用いた総合環境税の効果分析—地球温暖化・廃棄物対策のマクロ経済影響—』
<http://www.env.go.jp/council/04recycle/y040-09/mat1-2.pdf>
- [6] 国立環境研究所: Theoretical Formulation of AIM/Enduse,
http://www.nies.go.jp/social/aim/india0210/presentation/AIM_Enduse_manual/02_MANUAL_SECTION2.pdf
- [7] 中村 慎一郎: 『Excel で学ぶ産業連関分析』, エコノミスト社, (2000).
- [8] 川崎研一: 『応用一般均衡モデルの基礎と応用』, 日本評論社, (1999).
- [9] 南斉規介, 森口祐一, 東野進: 『産業連関表による環境負荷原単位データブック』, 国立環境研究所, (2002)
- [10] Dimaranan B., R. McDougall and T. Hertel: Chapter 20 Behavioral Parameters,
<http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/861.pdf>