

参考資料 1

ICT 革新の温暖化問題へのインパクト

室田泰弘(湘南エコノメトリクス)

1. はじめに

ここでは以下の問題を扱う。

- ・ ICT 革新の経済構造へのインパクトを整理する。
- ・ ICT 先進国であるアメリカで、ICT 革新は、CO₂原単位にどのような影響を与えたか。
- ・ 日本における、ICT 革新の成果を生かした脱温暖化の可能性と、定量分析を行い、GDP の CO₂ 離れの可能性を探る。

なおここでは、温暖化問題をエネルギー起源の CO₂ 排出量の増大に絞って論じていくことにする。つまり ICT 革新が CO₂ 排出量の増大とどのような関係を持つかに関して、検討を加えることにする。

2. ICT 革新の社会・経済構造へのインパクト

ICT 革新の社会経済へのインパクトは図-1 のようにまとめられる。

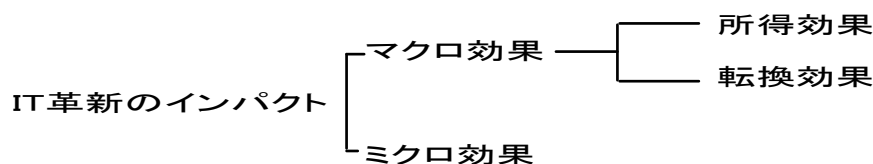


図-1：ICT 革新のインパクト

マクロ効果とは、ICT 革新が社会全体に及ぼす効果のことである。これはさらに所得効果と転換効果に分けられる。

所得効果は、ICT革新によるGDPのかさ上げ効果である。つまりICT革新によって、グーグルのようなICT企業が登場することにより新市場が生まれたり、企業のICT投資が進むことで設備投資が増大する。こうしたことから、ICT革新は、GDPにプラスの効果を与えることが期待される。これが典型的に現れたのが、ICT発信国であるアメリカで、米国商務省の検討¹によると、2003年でGDP成長率2.9%に対し、ICT革新の寄与は0.8%であるという。成長率の約4分の1強が、ICT革新によるものであることがわかる。

転換効果とは、ICT革新による社会構造の転換を意味する。連邦準備理事会前議長のグリ

¹米国商務省、「デジタル・エコノミー」、室田泰弘編訳、東洋経済新報社、2004

一スパンが 1997 年に喝破したように、ICT革新は「100 年に 1 度か 2 度の技術革新である」。経済史では、こうした社会構造を一変するような技術革新のことをマクロインベンションと名付けている²。つまり ICT 革新は産業革命に匹敵する大革新であることになる。産業革命は工業社会をもたらした。ICT 革新は、ICT 社会をもたらすことになる。

表-1 に ICT 社会と工業社会の対比を整理しておく。生産形態、就業構造など様々な面で、現在の工業社会とは大きく様変わりするだろう。温暖化問題（エネルギー消費）との関連で言えば、水色で彩色された項目が重要である。社会の基本財がエネルギーから情報に転換すること、交通機関による移動が、ネットワークを介した通信に取って代わることなどに注目する必要がある。ここでは、ICT 革新の転換効果として、エネルギーの情報による代替、移動の通信による代替などに注目していくことにする。

表-1: IT 社会と工業社会の比較

	IT 社会	工業社会
働き方	好きな場所で好きな時間にソフト開発	定時に職場に行き、モノを作る
就業形態	プロジェクトチームを臨機応変に組む	サラリーマン
生産組織	水平型	垂直型
基本財	情報	エネルギー
余暇	仕事と遊びの区別がなくなる	遊びは仕事以外のとき
消費	時間の消費(例:ユー・チューブ)、家族と過ごす時間が増える	モノの消費(例:食品)、金が必要。家族とは週末に会う
住居	住みやすい場所に住む	会社勤め:大都市近郊に住む
ネットワーク	情報ネットワーク(通信)	交通網(移動)
国という枠組み	なくなる(ハブ)	国という枠組みの中で存在(国民国家)
モノ作り	工業社会における農業と同じ	生産の中心活動
希少財	知恵	資本
生産の仕組み	集合知をどのように効率よく集めるか(コモンズ)	資本をどのように効率よく集めるか(株式会社)
取引の場所	ネット	市場

ICT 革新のミクロ効果とは、ICT 機器の普及による個別企業や産業へのインパクトなどである。たとえば ICT 革新によって、サーバが普及するとき、それは電力需要にどのような影

² Mokyr J., *Lever of Riches*, Oxford Univ. Press, 1990

響を与えるかなどが、現在検討されている³。マクロ効果を実際に機器やシステムで具体化する内容と言ってもよい。

よく ICT 革新のエネルギー消費への影響を議論するに当たり、増加と見る人と、減少と見る人の意見が別れるが、これは所得効果と転換効果を分別しないで議論するために生じる問題である。経済学で言う、所得効果と代替効果があるわけで、前者は増大に利き、後者は減少に利く。したがって増加になるか減少になるかは、どちらの効果が強いかに依存することになる。またマクロ効果とミクロ効果を分けて考えないと、一部門における効果と、経済全体に及ぼす効果とを混ぜて議論することになる。

3. ICT 先進国アメリカを対象とした計測

では実際に ICT 革新は、CO₂にどのような影響を及ぼしているだろうか。ICT 発信国のアメリカを例にとってみることにしよう。

図-2 はアメリカの CO₂ 原単位と ICT 資本ストックの産出係数との相関を取ってみたものである。計測期間は 1990-2005 年で、ICT 資本ストックは、BEA の SNA 勘定から ICT 投資の実質系列をとり、それを減耗率 15%として推定している。

$$UCO2/UGDP*1000 = +730.4857 - 825.6974*(ICT_KP/UGDP)$$

(173.39) (-28.23)

決定係数= 0.9815 標準誤差= 7.441 ダービン・ワトソン比= 0.749

UCO2 : アメリカ:CO₂排出量, UGDP : 国内総生産(GDP)(実)
ICT_KP : ICT資本ストック

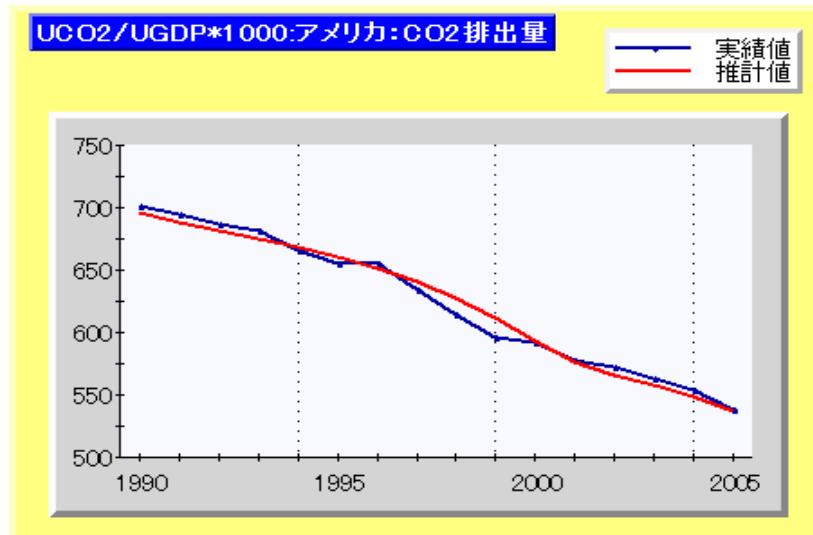


図-2 : CO₂原単位と ICT 資本算出係数との関係 (計測期間 : 1990-2005 年)

³ Koomey J., "Estimating Total Power Consumption by Servers in the U.S. and the World", Lawrence Berkeley NL. Feb. 2007

これをみると、CO₂原単位は推定期間中に低下を続けるが、ICT 資本ストック産出係数の増加ときれいな反比例関係を持つことが見て取れる。T 値の絶対値は 28 と高いし、決定係数も 0.98 とよくフィットしている。単純に言えば、CO₂原単位の低下は ICT 投資の増加によって支えられたと見ることができる。

通常は、CO₂原単位低下は、実質エネルギー価格の上昇と結びつけられて議論される。図-3 は、この関係を推定してみたものである。計測期間は図-2 と同じく 1990-2005 年である。ここではエネルギー価格として原油価格を採用している。これをみると、たしかに両者の関係は、反比例的である。つまり原油の実質価格が上昇すると、CO₂原単位は低下する。しかし原油価格の T 値の絶対値は 2.5 とあまり大きくなく、決定係数も 0.26 とあまり高くない。

$$UCO2/UGDP*1000 = +715.1096 - 366.5901*(POILJ/UPGDP)$$

(18.72) (-2.51)

決定係数= 0.2617 標準誤差= 47.008 ダービン・ワトソン比= 0.260

UCO2 : アメリカ:CO₂排出量, UGDP : 国内総生産 (GDP) (実)
 POILJ : 原油価格 (通関ベース), UPGDP : 国内総生産 (GDP) (デフレータ)

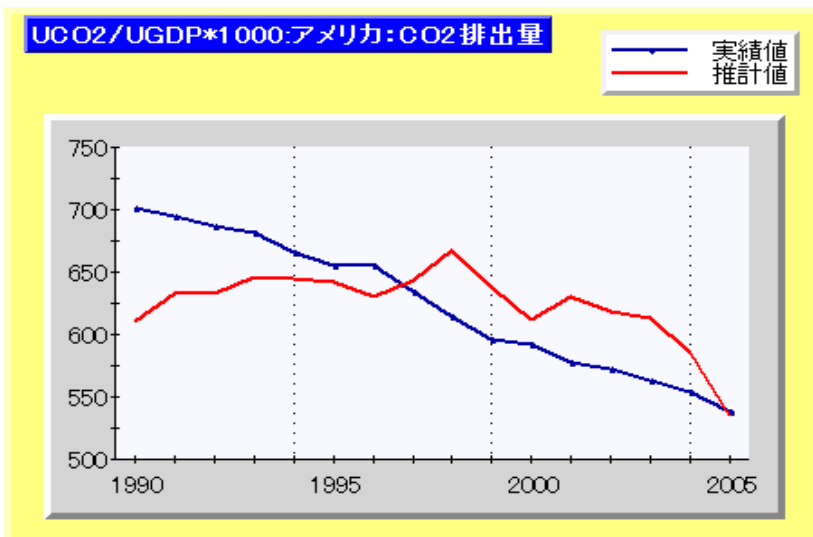


図-3 : CO₂原単位と実質原油価格との関係 (計測期間 : 1990-2005 年)

この二つの推定式を比較すると、常識とは逆に、アメリカの CO₂原単位低下をもたらしたものは、エネルギー価格の上昇ではなく、むしろ ICT 革新の進行であったことが推察できる。この解釈としては、生産関数としての理解 (例 エネルギーと ICT 資本ストックとの代替) もあり得るが、むしろ ICT 革新の転換効果、すなわち産業の基本財がエネルギーから情報へ転換する過程を示しているとみることもできる。もちろん ICT 革新は始まったばかりであり、今後の経緯を注意深く見ていく必要があるだろうが、いずれにせよ、ICT 革新が CO₂排出量の削減に大きな役割を果たす可能性のあることが見て取れる。なおこの計測

は、日本に関してもほぼ同様な結果が得られる。ただし日本は ICT 発信国ではないため、若干フィットは低下する。

4. ICT 革新による脱温暖化の可能性：日本の場合

ここでは ICT 革新のマクロ効果に注目して、日本の 2050 年における CO₂ 排出量を試算してみることにする。日本の場合、ICT 革新の所得効果はあまり大きくない⁴。

そこで転換効果に注目して分析をすすめる。ここでは、これに産業連関表を用いることにする。

4. 1 分析の方法

2050 年の日本経済、産業構造、エネルギー需要・CO₂ 排出量は、すでに試算が行われている⁵。これは、環境省 2050 年脱温暖化社会プロジェクトの IT チーム（主査：藤本淳東大先端科学技術センター特任教授）のために行ったものである。

マクロ経済の姿は表-2 のようになる。つまり、

- ・ 2050 年の人口は 9,500 万人（これは 2005 年の 75%）、
 - ・ 経済成長率（年平均）は、2000-2010 年に 1.5%、2010-2030 年に 1.0%、2030-2050 年に 0.2%となる、
 - ・ GNP が GDP を上回る、つまり海外投資の収益が所得をかさ上げする、
 - ・ 一人あたり所得は 2050 年で 4.7 万ドル/人（2005 年で 3.6 万ドル/人）
- などである。

表-2：マクロ経済の姿：2050 年

	単位	1985	2000	2010	2030	2050	85/00	00/10	10/30	30/50
GDP (実)	10億円、2000年価格	354,257	504,333	585,193	709,982	737,299	2.4	1.5	1.0	0.2
民間最終消費(実)	"	197,211	283,405	320,385	390,160	433,748	2.4	1.2	1.0	0.5
政府最終消費(実)	"	53,475	85,605	108,413	145,165	154,205	3.2	2.4	1.5	0.3
民間設備投資(実)	"	49,218	72,761	104,981	143,723	150,804	2.6	3.7	1.6	0.2
民間住宅投資(実)	"	17,437	20,366	20,334	21,293	10,174	1.0	0.0	0.2	-3.6
公的固定資本形成(実)	"	24,116	34,485	25,412	23,776	19,738	2.4	-3.0	-0.3	-0.9
財貨・サービス輸出	"	31,116	55,376	74,565	78,990	74,117	3.9	3.0	0.3	-0.3
財貨・サービス輸入(実)	"	19,405	49,077	69,247	93,495	105,856	6.4	3.5	1.5	0.6
GNP	"	355,619	511,206	588,271	735,590	830,636	2.4	1.4	1.1	0.6
GDPデフレーター	2000=100	91.8	99.7	91.3	108.7	133.5	0.6	-0.9	0.9	1
GDP(名)	10億円	325,042	502,783	534,005	771,997	984,470	3.0	0.6	1.9	1.2
民間設備資本ストック	10億円、2000年価格	318,185	581,727	678,436	1,006,150	1,131,653	4.1	1.5	2.0	0.6
就業者数 合計	万人	5,817	6,453	6,122	5,177	3,818	0.7	-0.5	-0.8	-1.5
人口 総数	万人	12,105	12,693	12,667	11,412	9,429	0.3	0.0	-0.5	-1
年齢別人口(15-64歳人口)	"	8,251	8,622	8,113	6,691	4,896	0.3	-0.6	-1.0	-1.6
為替レート	円/ドル	221.7	110.5	111.3	139.9	188.4	-4.5	0.1	1.1	1.5
世界貿易	90年価格、10億ドル	2,615	6,843	9,368	17,201	29,883	6.6	3.2	3.1	2.8

将来の産業構造をみていくために、連関表の予測表が推定された(2010, 2030, 2050 年表)。

⁴ Bart van Ark et al. "The EU KLEMS Productivity report", March, 2007

⁵ 湘南エコノメトリクス、「ICT チーム：定量化分析報告書」、2008 年 2 月

この推定には、EU法を用いており、マクロ経済の変化（成長率の鈍化、消費の拡大など）や産業構造の変化（サービス化の進展）などが反映されている（EU法に関しては、“EU全体の産業連関表とその経済構造”⁶参照）。2050年までの生産額の推移を表-3に示す。これをbauケースとする。

表-3：生産額の推移（ICTの転換効果なし）（単位：10億円）

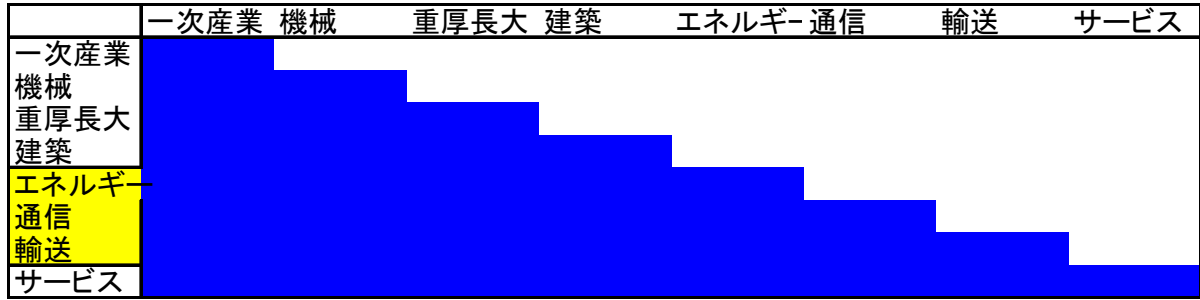
	2000	2010	2030	2050	00/10	10/30	30/50
1 鉱業	1,379	2,358	9,707	7,978	5.51	7.33	-0.98
2 軽工業	83,233	84,244	79,684	60,444	0.12	-0.28	-1.37
3 農林水産	14,370	13,913	11,875	7,915	-0.32	-0.79	-2.01
4 自動車	37,276	44,692	60,224	69,576	1.83	1.50	0.72
5 その他の輸送機械	5,391	5,451	5,286	4,230	0.11	-0.15	-1.11
6 ICT機械	12,949	19,928	47,229	91,566	4.41	4.41	3.37
7 民生用電子電機	7,524	9,529	14,945	21,636	2.39	2.28	1.87
8 一般機械等	32,526	35,843	41,627	44,840	0.98	0.75	0.37
9 重電機等	11,430	11,897	12,223	11,084	0.40	0.14	-0.49
10 電子部品等	21,500	35,808	95,954	222,181	5.23	5.05	4.29
11 鉄鋼	17,160	18,877	38,258	45,827	0.96	3.60	0.91
12 窯業土石	8,369	9,016	8,831	7,056	0.75	-0.10	-1.12
13 紙・パ	8,722	8,747	8,085	6,009	0.03	-0.39	-1.47
14 化学	26,102	29,045	35,651	35,801	1.07	1.03	0.02
15 建築・土木	77,311	80,760	81,882	60,577	0.44	0.07	-1.50
16 非鉄金属・金属製品	19,590	21,355	21,729	19,563	0.87	0.09	-0.52
17 電力・ガス	19,288	23,490	32,173	32,781	1.99	1.59	0.09
18 石油石炭製品	12,983	13,801	15,751	13,354	0.61	0.66	-0.82
19 卸・小売	97,230	105,397	113,000	95,872	0.81	0.35	-0.82
20 通信・放送	22,139	32,092	60,907	89,308	3.78	3.26	1.93
21 公務・教育・研究	72,535	85,897	106,457	101,095	1.71	1.08	-0.26
22 医療・保険・社会保障など	48,239	61,049	93,001	118,370	2.38	2.13	1.21
23 対個人サービス	58,449	64,207	74,321	66,857	0.94	0.73	-0.53
24 その他	13,767	15,187	17,120	14,970	0.99	0.60	-0.67
25 輸送	38,153	42,199	46,995	39,911	1.01	0.54	-0.81
26 金融・保険・不動産	104,002	123,869	162,548	167,978	1.76	1.37	0.16
27 対事業所サービス	76,246	93,813	129,063	139,904	2.10	1.61	0.40
28 合計	947,862	1,092,464	1,424,526	1,596,683	1.43	1.34	0.57

ICT転換効果の分析には、三角行列分析を用いる⁷。これは投入係数表の産業の順序を入れ替えることにより、連関表を三角行列として表現し、産業構造の特性を見ていくやり方である。三角行列化することによって、産業間の依存構造が明確になる。

図-4は、これを模式化したものである。通常は、一番上に農業などの一次産業、次に機械や重厚長大産業などの製造業や建築業、そして第3層にエネルギー、通信、輸送などの基幹インフラ部門が位置し、最下層にサービス業がくる。つまりサービス業はすべての産業に投入され、次いでその上に基幹インフラ部門があり、これらが各種の産業活動を支えることになる。逆に、一次産業は、他の産業への影響はないことがわかる。

⁶ 良永康平、“EU全体の産業連関表とその経済構造”、産業連関、Vol.7.No.4,1997

⁷ Simpson D. and Tsukui J.,” The fundamental structure of Input-output tables, an international comparison”,R.E.Stat.,1965



一次産業: 農林水産、鉱業
 機械: 一般機械、電気機械、輸送機械
 重厚長大: 鉄鋼、化学、窯業土石、紙パ
 エネルギー: 石油石炭製品、電力・ガス
 建築: 建築、土木
 通信: 通信・放送
 輸送: 陸運、海運など
 サービス: 卸売・小売、公共サービス、対事業所サービス、対個人サービスなど

図-4：産業連関表の三角行列化

ここでは ICT 革新の転換効果を、基幹インフラ部門におけるエネルギー・輸送から通信への代替ととらえる。

これを 27 部門（2000 年実績表）でみたのが、表-4 である。電力・ガス、石油石炭製品、通信・放送が基幹インフラ部門として隣り合わせていることがわかる。輸送はサービス部門の間に位置している。表-5 に部門の詳細を示す。

表-5-5:27部門表の部門対応

27部門	対応部門
1 農林水産	農林水産
2 鉱業	鉱業
3 軽工業	食料品
4 鉄鋼	粗鋼・銑鉄
5 化学	石油化学等
6 窯業土石	セメント・同製品
7 紙・パ	紙・パルプ
8 石油石炭製品	石油炭製品
9 非鉄金属・金属製品	
10 一般機械等	一般機械・事務サービス機器
11 民生用電子電機	民生用電子機械
12 ICT機械	パソコン・電子計算機
13 電子部品等	電子部品
14 重電機等	重電機等
15 自動車	自動車
16 その他の輸送機械	その他の輸送機械
17 建築・土木	建築
18 電力・ガス	電力
19 卸・小売	卸・小売
20 金融・保険・不動産	金融・保険・不動産
21 輸送	陸上輸送
22 通信・放送	電気通信
23 公務・教育・研究	公務・教育・研究
24 医療・保険・社会保障など	医療・保険・社会保障など
25 対事業所サービス	広告
26 対個人サービス	娯楽サービス
27 その他	水道・廃棄物処理
	繊維製品
	鋼材・鉄鋼製品
	医薬品・化粧品等
	ガラス等
	石炭製品
	産業用ロボット
	民生用電気機械
	通信機械
	その他の電子通信機器
	土木
	ガス
	印刷・出版
	その他の製造業
	半導体製造装置
	精密機械
	その他輸送
	その他の通信サービス
	放送
	調査・情報・会計サービスなど
	飲食店
	旅館など
	その他の対事業所サービス
	事務用品など
	その他個人サービス

4. 2 ICT化による代替過程の想定

ここでは、ICT革新に関して2つの代替過程を想定している。第1は、機械部門内の代替で、一般機械の電子機械による代替である。いわゆるエレクトロニクスを対象としている。第2は、通信のエネルギーと輸送に対する代替である。

前者に関しては、一般機械の電子部品による代替ととらえ、両者の投入係数の合計値の配分が2010年以降、2030年、2050年と徐々に変化していくものとした。同様に、後者に関しては、電力・ガスと石油石炭製品ならびに輸送部門が、通信・放送部門によって代替されていくものとした。

表-6に通信とエネルギー・輸送に関する代替の想定が示されている。これは、実績値の変化（2000年表と1990年表を比較したもの、第1列）、予測想定値の変化（2050年bau値と2000年値を比較したもの：第2列、2050年ICTケースと2050年bauを比較したもの：第3列）である。

表-6. 投入係数の変化（全部門平均）

	実績	予測	
	2000年-1990年	2050年bau-2000年実績	2050年IT-2050年bau
電力・ガス	0.00470	0.00294	-0.01343
石油石炭製品	-0.00072	-0.00150	-0.00661
輸送	-0.00025	-0.00482	-0.00947
通信・放送	0.00571	0.01499	0.02951

実績の変化を見ると（表-6第1列）、石油・石炭製品や輸送は減少しているのに対し、電力・ガスは増加している。他方で通信・放送は当然のことながら増加している。電力・ガスが増大しているからといって、通信・放送との間で代替過程が進行していないことにはならない。これはいわゆる粗弾力性と純弾力性との関係の問題である⁸。なおここで示した値は、各部門の平均値であるが、部門を個別にみると、なぜ電力・ガスが全体として増加したかが理解できる。これを示したのが、表-7だが、ICT機械と民生用電子機械に関しては、電力・ガスは減少していることがわかる（第1列、第2列）。他方で電力・ガスの増加分の大きかった2部門が、電力・ガス（電力・ガスは自己投入）と窯業土石である。ともに、通信によるエネルギーの代替のききにくい分野であることがわかる。つまり代替の利きやすい部門と利き難い部門があり、両者の合成として全体が決まってくるわけだ。

⁸ Berndt E.R. & Wood D.O., "Engineering and Econometric Interpretations of Energy-CapITal Complementarity", A.E.R., June, 1979

表-7. 電力・ガス投入係数の低下部門と上昇部門(2000年投入係数-1990年投入係数)

	電力・ガス低下		電力・ガス上昇	
	ICT機械	民生用電子電機	電力・ガス	窯業土石
鉱業	0.00000	0.00000	-0.03218	-0.01216
軽工業	-0.01735	-0.03172	-0.00016	-0.00019
農林水産	0.00000	0.00000	0.00000	0.00001
自動車	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
その他の輸送機械	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ICT機械	-0.01861	0.00002	0.00001	0.00001
民生用電子電機	0.00000	-0.05288	0.00000	0.00000
一般機械等	-0.00227	-0.00861	-0.00001	0.00045
重電機等	-0.01381	-0.01528	0.00000	0.00000
電子部品等	0.13590	0.04182	0.00001	0.00000
鉄鋼	-0.00142	-0.00486	0.00000	-0.00285
窯業土石	-0.00066	-0.00084	0.00000	-0.00092
紙・パ	-0.00039	-0.00440	0.00000	-0.00119
化学	-0.00332	-0.00767	-0.00014	0.00446
建築・土木	-0.00417	-0.00068	0.01487	0.00123
非鉄金属・金属製品	-0.01503	-0.02206	0.00022	0.00258
電力・ガス	-0.00313	-0.00053	0.02363	0.01109
石油石炭製品	-0.00013	-0.00146	-0.01938	-0.00341
卸・小売	-0.00202	-0.00653	0.00223	0.01013
通信・放送	0.00149	0.00108	-0.00020	0.00158
公務・教育・研究	-0.10086	-0.02220	0.00480	0.01810
医療・保険・社会保障など	0.00018	-0.00050	-0.00011	-0.00002
対個人サービス	-0.00018	-0.00369	-0.00050	0.00004
その他	-0.00679	-0.01519	-0.00487	-0.01341
輸送	-0.00884	-0.00915	0.00033	0.00588
金融・保険・不動産	-0.00937	-0.00615	-0.00229	0.00127
対事業所サービス	-0.00677	-0.02221	-0.02398	0.01343

2050年 bau と 2000年実績を比較すると(表-6 第2列)、傾向は実績と似ているが、電力・ガスの増加幅が減少し、他方で通信・放送の拡大傾向が強まることがわかる。さらに2050年 ICT と 2050年 bau を比較すると(表-6 第3列)、通信・放送のみが拡大し、後の部門は低下傾向を取ることがわかる。これは上の実績で見たように、通信によるエネルギーの代替の利きにくい部門(電力・ガス、窯業土石)自体が、サービス化など産業構造の変化により、シェアが低下することによってもたらされたと見ることができよう。

4. 3 試算結果

2050年の bau 値と ICT の転換効果を含んだ場合の生産額を比較したのが、表-8である。これを見ると、まず総生産額は bau が 1,596兆円、ICT 転換効果含みが 1,593兆円でほとんど変わらない。これは転換効果を見ているのだから、ある意味で当然である。しかし部門別に見ると、ICT 革新の転換効果のために、増加部門と減少部門が明確である。まずエレクトロニクス化で見ていくと、電子部品が 18兆円増加するのに対し、一般機械は 14兆円減少する。また情報によるエネルギー・輸送の代替に関しては、通信放送が 37兆円増加するのに対し、電力・ガスが 14兆円、石油石炭製品が 7兆円、輸送が 11兆円減少するこ

とになる。派生効果として、鉄鋼や鉱業が減少しているが、これは機械やエネルギーの減少によって生じたものであろう。

表-8. IT革新の転換効果(2050年)(単位:10億円)

	BAU	転換効果含む	差	% DIFF
1 鉱業	7,978	3,267	-4,711	-59.0
2 軽工業	60,444	60,471	27	0.0
3 農林水産	7,915	7,916	1	0.0
4 自動車	69,576	69,554	-22	0.0
5 その他の輸送機械	4,230	4,032	-198	-4.7
6 ICT機械	91,566	91,547	-19	0.0
7 民生用電子電機	21,636	21,636	0	0.0
8 一般機械等	44,840	30,829	-14,011	-31.2
9 重電機等	11,084	11,149	66	0.6
10 電子部品等	222,181	240,520	18,339	8.3
11 鉄鋼	45,827	41,419	-4,408	-9.6
12 窯業土石	7,056	7,151	95	1.4
13 紙・パ	6,009	5,993	-16	-0.3
14 化学	35,801	35,755	-46	-0.1
15 建築・土木	60,577	60,107	-470	-0.8
16 非鉄金属・金属製品	19,563	19,097	-466	-2.4
17 電力・ガス	32,781	18,450	-14,330	-43.7
18 石油石炭製品	13,354	6,275	-7,079	-53.0
19 卸・小売	95,872	95,207	-665	-0.7
20 通信・放送	89,308	126,044	36,735	41.1
21 公務・教育・研究	101,095	101,475	380	0.4
22 医療・保険・社会保障	118,370	118,302	-68	-0.1
23 対個人サービス	66,857	67,070	213	0.3
24 その他	14,970	14,785	-186	-1.2
25 輸送	39,911	29,112	-10,799	-27.1
26 金融・保険・不動産	167,978	166,432	-1,545	-0.9
27 対事業所サービス	139,904	139,791	-113	-0.1
28 合計	1,596,683	1,593,387	-3,297	-0.2

転換効果を含めて、エネルギー需給を計算すると、その結果は、表-9 と図-5 のようになる。つまり ICT 革新の転換効果を含めると、CO₂ 排出量の GDP 離れがもたらされることになる。GDP は 1990 年比で 2050 年には 1.6 倍に達するが、CO₂ 排出量は、1990 年の 43%にとどまる。もちろんこれは、ICT 革新の転換効果のみによるわけではなく、図-6 で見るように、すでに日本経済が、人口構造の変化、産業構造のサービス化、経済成長の鈍化などが進むことにより、CO₂ 排出量は 2010 年以降緩やかな低下を示すからである。ICT 革新の転換効果は、これを加速化させる役割を果たすことになる。

表-9 : CO₂ 排出量の比較

		単位	1990	2000	2010	2020	2030	2050
実質国内総生産	GDP	10億円、2000年価格	354,257	504,333	585,193	647,044	709,982	737,299
最終需要:計	TLFDX	PJ	13,323	15,982	16,008	15,987	15,706	13,376
エネ国内供給:計	TLPDX	"	19,842	22,769	23,099	22,697	21,721	17,539
CO ₂ 排出(エネ起源)	CO2ENX	100万トン _{CT}	305.1	328.8	323.1	315.2	292.0	195.2

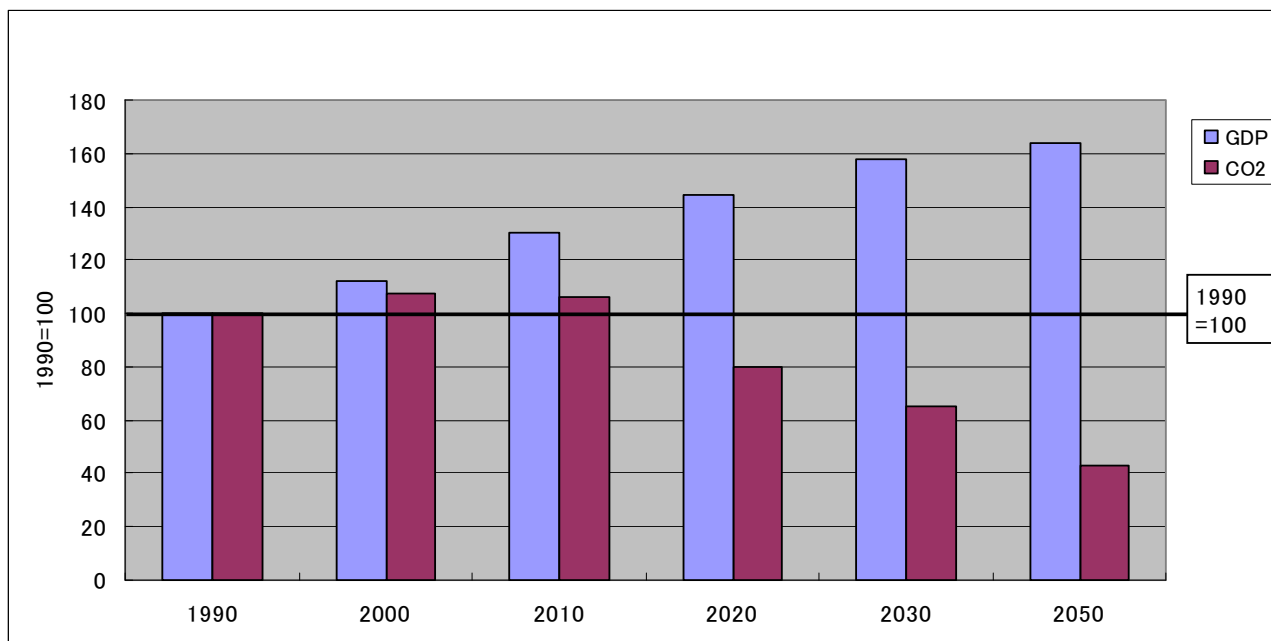


図-5 : ICT 転換効果を含めたときの GDP と CO₂

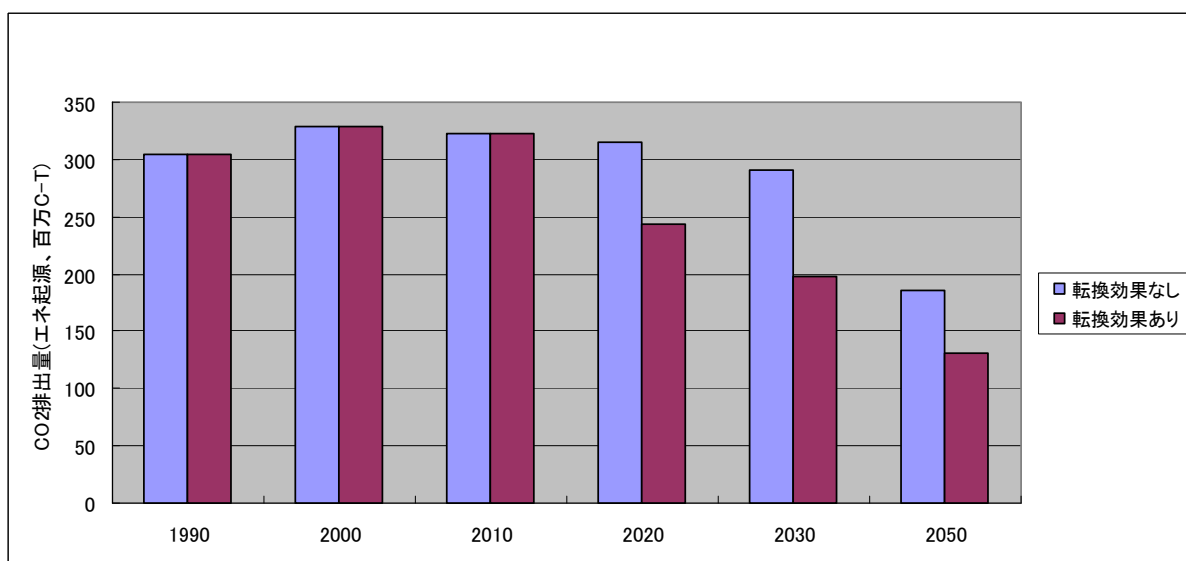


図-6 : ICT 革新による CO₂ 離れ

5. まとめに代えて

ここでは、まず ICT 革新が社会経済に及ぼす影響を、マクロ効果、ミクロ効果に分けて議論し、さらにマクロ効果を所得効果と転換効果に分類した。

次に ICT 革新発信国であるアメリカを例にとって、CO₂原単位の低下が、原油価格の上昇よりも、むしろ ICT 資本ストックの増加によって説明されることを見てきた。これは ICT 革新の転換効果が、経済の基本財をエネルギーから情報へ転換することによるものである可能性が高い。

さらに日本を例にとって、産業連関表に三角行列化を適用し、2050 年における GDP と CO₂ 排出量の関係を見てきた。その結果、人口の高齢化や産業構造のサービス化とともに、ICT 革新の転換効果によって、CO₂ 排出量の GDP 離れが進む可能性のあることが見いだされた。

CO₂削減は、エネルギー価格上昇より、ICT 革新によってもたらされる可能性が高い。図-3 で見た現象 (CO₂ 原単位のエネルギー価格離れ) は、より一般性を持つ可能性がある。最近の原油価格の上昇は 36 ドル/バーレル程度の値上げになるが、これは炭素税に換算すると、314 ドル/G-T 程度となる。図-7 に見るように、これだけの炭素税が付加されるとすると (原油価格上昇は、産油国による消費国に対する税金の賦課とみなすことができる)、これまでの CO₂ モデルで算出する限り、アメリカで 25% の CO₂ 削減が実現してもおかしくない。実際には、このようなことは生じていないようだ。この意味で、エネルギー価格上昇などの価格効果に頼るよりも ICT 革新をうまく活用することが、経済の CO₂ 離れに大きく貢献する可能性が高い。よく言われる低炭素社会や持続可能性社会は、実は工業社会から ICT 社会への転換によってもたらされるのではないだろうか。

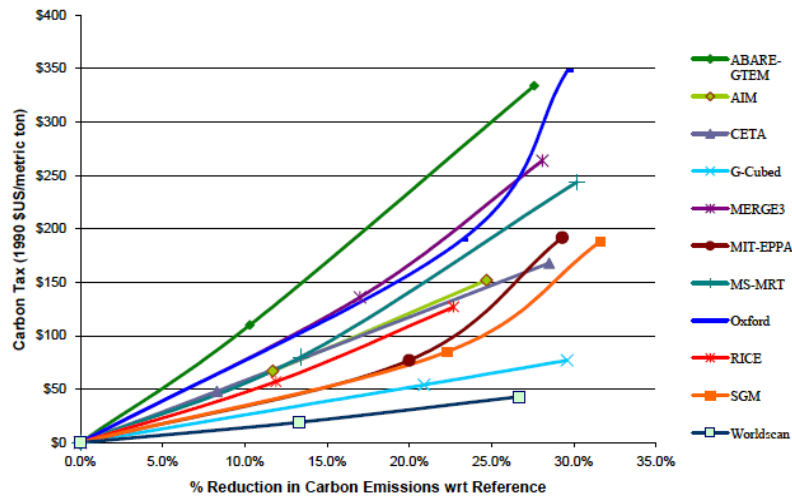


Figure 1: EMF-16 Model Predictions of Marginal Abatement Costs for the United States Derived from the “No Trade” and Annex I Trading Scenarios¹¹

図-7. 原油価格の上昇と CO₂ 排出量削減の可能性

本研究は、環境省、地球環境研究総合推進費・戦略的研究開発プロジェクト「脱温暖化社会に向けた中長期的オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト（2050年脱温暖化社会プロジェクト）」の支援により行ったものである。ただしここで示された結論は筆者の責任である。

IT チームのメンバー（藤本淳東大先端科学技術センター特任教授、西史郎、折口壮志（(株)NTT 情報流通基盤総合研究所）、松本光崇（(独)産業技術総合研究所））には、大変お世話になった。ここにお礼を申し上げる。