

2020年日本の経済活動によるCO2排出量予測 ～環境分析用産業関連モデルを使用した試算～

環境問題研究会¹

(財)国際貿易投資研究所

要約

国際貿易投資研究所 (ITI) が開発・維持している産業関連ダイナミック・モデル (JIDEA) の日本産業構造の未来推計 (1985 年～2006 年をベースに 2020 年まで予測) を元にして、それに環境 I-O 表を接続することにより、2000 年から 2020 年までの我が国の CO₂ の排出量の実績推計および予測を行った。

CO₂ の排出量は、2008 年からの世界同時不況による生産活動の低下により 2010 年まで低下を続け、その後、経済回復により CO₂ の発生も上昇に転じる。景気回復の予想される 2010 年以降、企業等の生産活動による CO₂ 排出は横ばいに推移、この間の増大は家計部門からの排出が主な原因である。

CO₂ 排出量は 2000 年を基準として 2020 年には 1.6% の微増にとどまるが、実質 GDP 一単位当たりの CO₂ 排出量は約 3.8% と減少し、この間 GDP 当たりのエネルギー原単位はゆるやかに減少するという予測結果となった。なお、人口一人当たりの CO₂ 排出量は、5.8% の増大となり、とくに 2010 年代以降、一人当たりの CO₂ 排出量は増大すると予測される。

CO₂ 排出量全体に占める家計からの排出量の比率は 20% 程度であるが、ゆるやかながら増大傾向にあり、人口の減少にもかかわらず、今後も増大が予測されている。企業部門のエネルギー消費は横ばいと予測され、今後

予定される CO2 排出量大幅削減のためには、画期的なエネルギー転換の努力が必要であり、また家計部門における省エネも一層推進されなければならない。

CO2 削減のためには各産業のエネルギー原単位の縮小が必要であるが、日本の CO2 排出の上位 20 部門のうち、多くの部門でエネルギー原単位の低下は見られず、今後とも CO2 排出量の増大は避けられないと予想される。

1. CO2 排出量実績推計と予測結果

経済活動により排出される CO2 の過去の実績と予測の推計結果をみると、図 1-1 に示すとおりである。CO2 の排出量は、2008 年からの世界同時不況による生産活動の低下により 2010 年まで低下を続け、その後、経済回復により CO2 の発生も上昇に転じる。景気回復の予想される 2010 年以降、企業等の生産活動による CO2 排出は横ばいに推移、この間の増大は家計部門からの排出が主な原因である。

CO2 の排出量は生産の増大に比例し、産業および家計のエネルギー効率の向上に反比例する。この状況をみるため、GDP 当たりの CO2 排出量、人口一人当たりの CO2 排出量を

指数化して表に示した(表 1-1)。CO2 排出量は 2000 年を基準として 2020 年には 1.6%の微増にとどまるが、実質 GDP 当たりの CO2 排出量は約 3.8%減少し、この間の GDP 当たりのエネルギー効率はゆるやかに上昇するという予測結果となった(図 1-2)。一方、この間の人口一人当たりの CO2 排出量は、5.8%の増大となる(図 1-3)。生活水準、生活の利便性の向上に伴い、今後の人口縮小にもかかわらず、家計のエネルギー消費、特に電力消費は増大すると予測される。

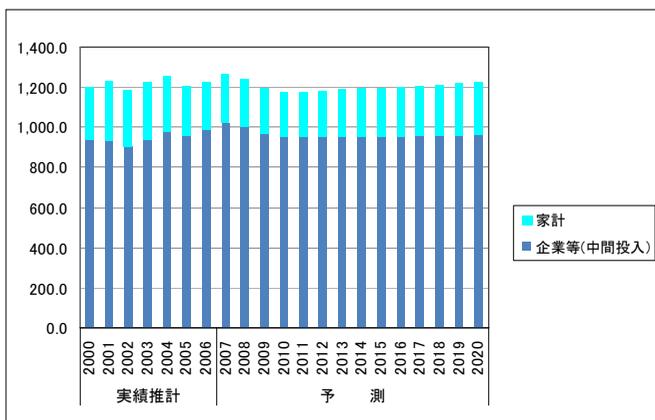
CO2 排出量全体に占める家計の比率は 20%程度であるが、この比率は経済危機下の 2008 年以降、ゆるやかに増大傾向に転ずるとみられ、人口の減少にもかかわらず、今後の増大が予測される。従来の産業構造

の変化傾向がこれまでのようにゆるやかなものにとどまるとみられ、企業部門のエネルギー消費は減少せず、家計のエネルギー消費はむしろ増大すると予測される。このため、今後

予定されるCO2排出量の大幅削減のためには強力なエネルギー転換策が必要であり、さらに家計部門における省エネも一層推進されなければならない。

図1-1. エネルギー最終消費者帰属CO2排出量

(単位: 100万トン)



注: 2006年までは実績推計、2007年以降は予測値である。

出所: ITI 環境問題研究会による計測

表1-1. 経済活動によるCO2発生の実績推計と予測

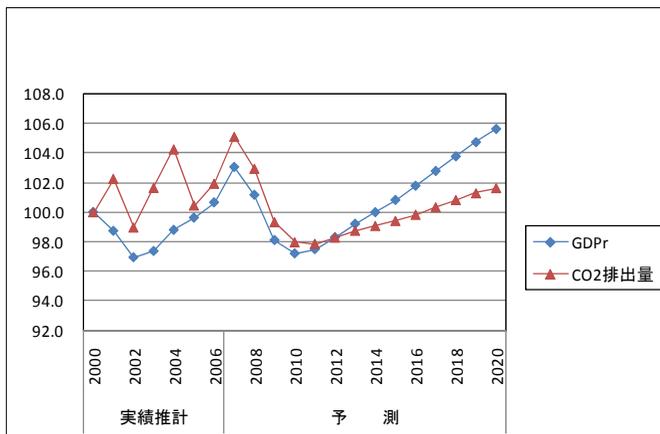
	年	生産活動によるCO2排出量	家計によるCO2排出量	CO2排出量計	家計部門比率	実質GDP	CO2排出量	CO2/GDP	CO2/人口
		実数(100万トン)			%	指数(2000年=100)			
実績推計	2000	941.4	261.7	1,203.1	21.8	100.0	100.0	100.0	100.0
	2005	957.4	251.2	1,208.6	20.8	99.6	100.5	100.8	99.8
予測	2010	952.2	226.3	1,178.5	19.2	97.2	98.0	100.8	97.9
	2015	953.8	242.1	1,195.9	20.2	100.8	99.4	98.6	101.0
	2020	961.4	261.4	1,222.8	21.4	105.6	101.6	96.2	105.8

注: 電力・ガスの生産の際に発生したCO2は、電力・ガスを消費した企業(生産活動)および家計に帰属させ、電力およびガスの生産者からは控除した。

出所: ITI 環境問題研究会による計測

図 1 - 2. 実質 GDP と CO2 排出量比較

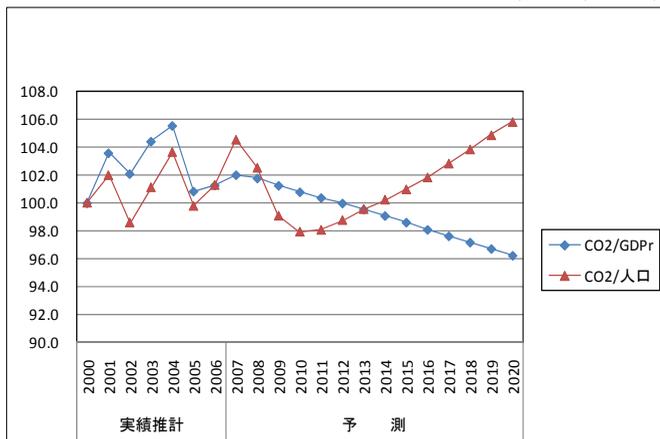
(2000 年=100)



出所：ITI 環境問題研究会による計測

図 1 - 3. 実質 GDP および人口一人当たり CO2 排出量

(2000 年=100)



出所：ITI 環境問題研究会による計測

＜エネルギー最終消費者による CO2排出量＞

電力部門は事業用発電部門と自家発電部門、都市ガス部門は都市ガス供給と熱エネルギー供給に分かれている。これらの二次エネルギー生産部門は、たとえば電力の生産のために投入した一次エネルギーがその生産時にすべて消費されるわけではなく、エネルギーの形態が変換されたと考えてよい。これらの変換されたエネルギーを総称して二次エネルギーと呼び、最終消費者がそれを使うことによって、当初投入されたエネルギーが最終的に放出され、エネルギーがすべて消費されたことになる。

したがって、エネルギーは自然から直接採集される一次エネルギーと一次エネルギーの転換によって生成される二次エネルギーに分けて考える必要がある。エネルギー使用によって発生するCO2は基本的には化石燃料（石炭、石油等）を燃焼させることにより発生するものであり²、一次エネルギー使用者の化石燃料使用割合に基づいて発生CO2を振り分けることで、経済活動に伴う全CO2量を計算することは可能である。

しかし、電力、都市ガスなどの二次エネルギー生産部門においては、その生産時点ですべてのエネルギーが消費されるわけではないことを考えれば、二次エネルギー生産時点で発生するCO2は、電力、ガスの最終消費者にそのCO2を帰属させることが妥当であろう。したがって、経済部門別のCO2排出量を考える場合、一次エネルギーのみで考える場合と、二次エネルギーによるCO2排出量を最終消費者に帰属させて考える場合の二通りがあることになる。後者においては、二次エネルギー製造時に発生するCO2をそのまま加算すると二重計算となるため、電力、都市ガス部門からはそれを控除しなければならない。以上の考えに基づいて、エネルギー最終消費者を家計と企業に分けてCO2の排出量を計測した結果が表1-1であり、家計と企業のCO2排出量をグラフ化したのが図1-1である。

2007年から2020年までの予測結果には、電気自動車や太陽光発電の普及といった大きな技術変化は想定に入れず、1985年以降2006年までの中間投入係数の変化の傾向が

2007 年以降もほぼそのまま持続するとの仮定に立っている。また、2008、2009 年の世界同時不況から脱却した後、経済成長は 1%以下の低い伸びにとどまることを前提としている。経済成長率がこれより高まるならば、CO2 排出量は一層増えることになる。

＜エネルギー源別消費予測＞

CO2 排出の原因であるエネルギー消費の実績および予測を見ると、電力消費の増大が顕著である。原油・天然ガスの消費は 2005 年以降緩やかに低下しているのに対し、石炭は

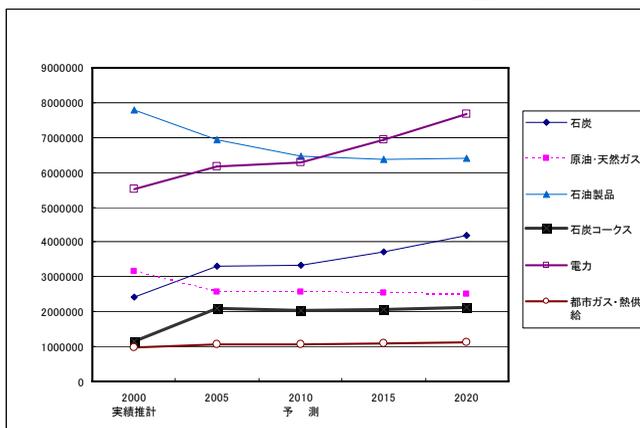
逆に消費の増大が予測されている（図 1-4）。その要因は鉄鋼生産の増大のためと見られる。

家計のエネルギー消費で見ると、2005 年以降電力の消費が石油製品の消費を上回り、電力の消費の伸びが顕著である（図 1-5）。化石燃料の使用によらない電気自動車、太陽光発電が普及すれば、石油製品の消費量低下の傾向はさらに加速するものと考えられる。

なお、本推計では原油・天然ガス、石炭いずれの輸入価格とも 2020 年まで 2006 年の値で固定³し、価格変化は織り込んでいない。

図 1-4. 熱量換算エネルギー種類別消費量

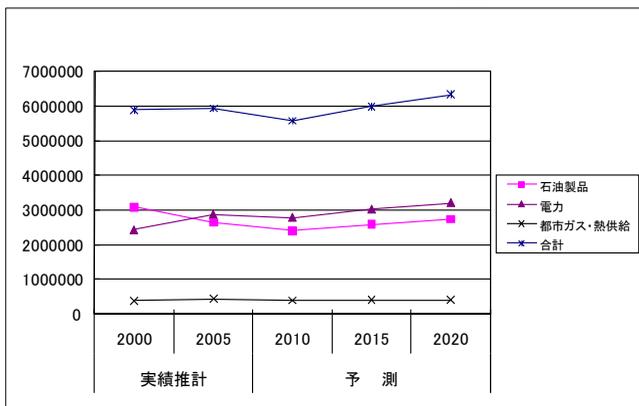
(単位：テラジュール)



出所：ITI 環境問題研究会による計測

図1-5. 家計消費エネルギー量

(単位：テラジュール)



出所：ITI 環境問題研究会による計測

2. 産業部門別排出量予測

＜二次エネルギー生産部門＞

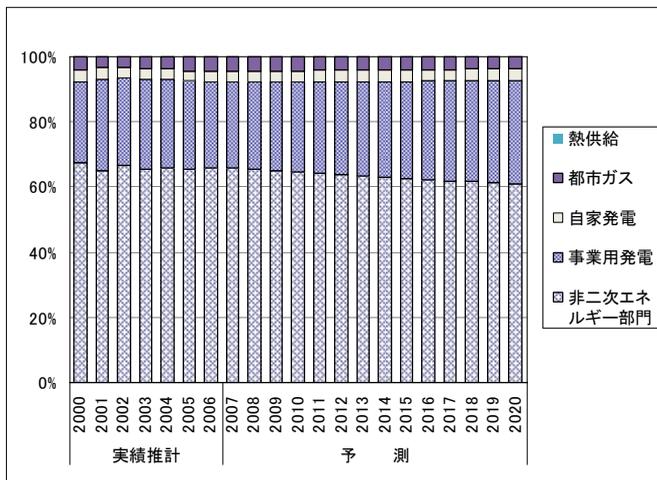
まず、電力や都市ガスなど、二次エネルギー生産部門のCO2排出量をみてみよう。電力部門は事業用発電と自家発電、ガス・熱供給部門は都市ガス部門と熱供給部門に分けて推計した。CO2排出量全体に占める二次エネルギー生産部門の推移を見ると、その比重は2005年の34.4%から2020年には39.1%へと年々増大すると予測されている。特に事業用発電の増大は明らかである（図2-1、表2-1）。

＜その他の生産部門CO2排出量＞

今回の推計では日本の産業を66部門に分類したモデルを使っているが、この分類においてCO2の排出量の多い上位20部門を採り上げ、その動向をみてみよう（表2-2）。上位20部門の産業が産業全体のCO2排出量に占める比率は約86%と大きく、20年間ほぼ同じ比率を維持している。

鉄鋼、セメント、運輸部門が生産活動における3大CO2排出部門であり、突出している。鉄鋼は2000年代半ばまで持続して省エネを推進し、CO2排出量を減らしたものの、2000

図 2-1. 産業に占める二次エネルギー生産部門の CO2 構成比



出所：ITI 環境問題研究会による計測

表 2-1. 二次エネルギー生産部門の推移と比重

	年	二次エネルギー生産部門				非二次エネルギー生産部門	合計	二次エネ	非二次エ
		事業用発電	自家発電	都市ガス	熱供給			ルギー生産部門	ネルギー生産部門
		指 数 (2000年=100)						構成比 %	
実績推計	2000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	32.6	67.4	
	2005	108.0	95.5	102.5	77.7	97.8	100.5	34.4	65.6
予測	2010	109.1	98.1	100.3	105.7	93.7	98.0	35.5	64.5
	2015	118.4	104.0	94.0	101.0	92.5	99.4	37.3	62.7
	2020	129.0	110.6	88.3	97.2	91.9	101.6	39.1	60.9

注：二次エネルギー消費による CO2 発生量は非二次エネルギー部門に帰属させていない。

出所：ITI 環境問題研究会による計測

表2-2. 非二次エネルギー生産部門CO2排出量上位20部門
(2020年時点)の推移

(単位:100万トン)

番号	部門	2000	2005	2010	2015	2020
		実績推計		予 測		
29	鉄鋼	156.432	199.407	199.154	205.268	212.521
26	セメント	208.147	128.948	135.035	125.846	114.529
61	運輸	118.793	115.323	121.353	117.054	113.956
50	その他製造業	1.855	70.300	63.778	62.473	61.614
64	教育・研究・医療	51.981	56.996	55.211	58.485	62.758
67	個人サービス	39.555	38.212	39.668	39.471	39.438
12	パルプ・紙	30.030	31.015	28.101	27.410	26.899
59	商業	29.237	25.512	23.511	24.625	26.054
63	公務	23.630	24.578	22.957	22.321	21.822
16	有機化学品	18.911	17.819	18.520	19.768	21.519
58	水道・廃棄物	13.988	14.384	12.875	13.795	14.996
6	食料	17.318	18.215	15.650	15.285	15.042
14	無機化学	15.005	13.597	13.999	14.288	14.780
66	広告・事業所サービス	12.852	12.205	12.188	13.223	14.409
47	その他自動車	9.144	10.015	11.823	12.701	13.705
23	プラスチック	8.894	9.761	9.438	10.116	11.115
60	金融・不動産	9.684	9.733	9.603	9.869	10.290
1	農林水産	17.731	13.511	12.718	10.951	9.391
51	建設	8.250	6.911	6.861	7.262	7.362
30	非鉄金属	4.528	5.532	6.624	7.041	7.505
合 計		795.964	821.972	819.066	817.252	819.704
内生産部門計		941.382	957.384	952.229	953.826	961.423
上位20位比率 (%)		84.6	85.9	86.0	85.7	85.3

注:「セメント」、「その他製造業」のデータ(観測値)に定義変更があり、2001年以降に段差がみられる。

出所: ITI 環境問題研究会による計測

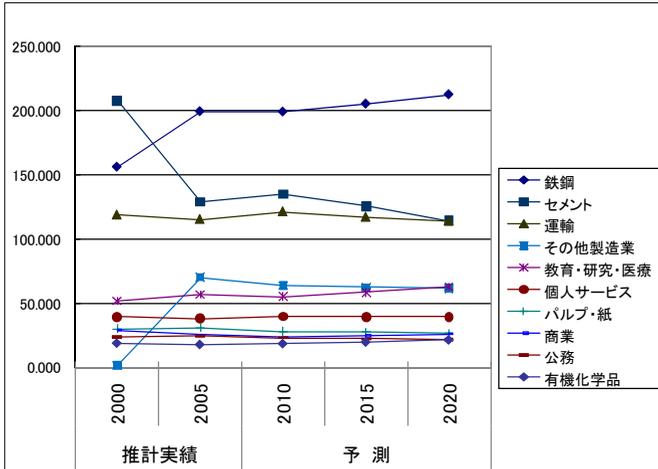
年代後半以降、再び増大に転じ、今後でも微増を続けると予測される(図2-2)。

これに対しセメント部門はほぼ一貫してCO2の排出量縮小が続いている。運輸部門のCO2排出量はほぼ安定した横ばい傾向を維持するとみられる。

さらにCO2排出量上位11位から20位までの生産部門を見ると、農林水産業、食料品部門の排出量の低下がみられる(図2-3)。無機化学品部門は2005年までは低下したが、その後はゆるやかな増大に転じた。その他の部門は、2008年の経済危機の影響で2010年までは低下したものの、

図2-2. CO2 排出量推移：上位 10 業種

(単位：100 万トン)

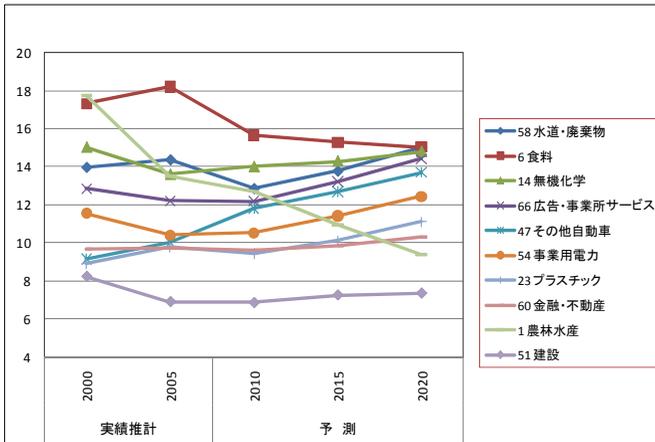


注：表 2-2 の注を参照。

出所：ITI 環境問題研究会による計測

図2-3. CO2 排出量推移：上位 11 位～20 位

(単位：100 万トン)



出所：ITI 環境問題研究会による計測

経済回復に伴って緩やかな増大傾向が予測される。

次に、66部門に分類した産業部門において、2010年から2020年までにCO2排出量上昇比率の高い上位20部門と減少比率の高い上位20部門を表2-3に示す。変化率は2010年から2020年までの年平均変化率である。これらの部門のCO2排出量には電力、ガス等の二次エネルギー起因のCO2量も帰属させてある。

CO2排出量は、それぞれの部門の生産量の増大と順相関、エネルギー原単位の上昇とは逆相関関係があり、それらの要因を分解して示したのが図2-4である。図の縦軸には2010年と2020年の各部門(非二次エネルギー部門のうちCO2排出量上位30部門)の実質生産額の変化率をとり、横軸には同期間のエネルギー原単位(=投入エネルギー量/生産額(実質))の変化率をとった。エネルギー原単位の値は増えれば増えるほど、すなわち図2-4で右に行けばいくほど、エネルギー効率が悪化することを意味している。

第Ⅰ象限には生産の伸び率、エネルギー原単位の伸び率ともにプラスの

伸びを示す産業であり、今後の日本のCO2排出量を大きく増大させる産業である。ここには対事業所サービス、教育・研究・医療、商業、個人サービスなどのサービス産業、有機化学、石油精製、その他自動車、特殊機械、非鉄金属、その他窯業、ガラス、プラスチック、鉄鋼、無機化学、パルプ・紙などの製造業、さらに土木建設、水道・廃棄物処理が含まれる。

第Ⅱ象限にある産業は、生産の伸び率はプラスと好調を維持しつつ、エネルギー原単位の伸び率はマイナスとエネルギー効率が高まる部門であり、金融不動産、運輸、最終化学品、食料、公務サービスが含まれる。非鉄金属製品は生産は横ばいであるが、エネルギー原単位の伸び率はマイナスとなっている。運輸はエネルギー原単位の縮小が著しいが、これは化石燃料エネルギー消費の縮小、電気エネルギー消費の拡大へとエネルギー転換が進むという予測の結果を反映したものである。

第Ⅲ象限は、今後の生産額およびエネルギー原単位の伸び率が共にマイナスとなる産業で、ここには農林水産業、電子部品、その他製造業など、わ

ずかな産業が含まれるにすぎない。農林水産業のエネルギー原単位の縮小が大きいが、これも運輸と同様、省エネおよびエネルギー転換の過去のトレンドを反映したものである。

第IV象限は、生産額の伸び率はマイナスであるが、エネルギー原単位の伸び率はプラスとなる産業で、セメントおよび建設が含まれる。

図 2-4 のマイナス 45 度線（生産の伸び率にエネルギー原単位の伸び率を加えてその値がゼロとなる線）よりも上にある産業、すなわち金融不動産から建設まで、多くの産業部門は、今後生産の伸びに対してエネルギー原単位の縮小が十分でないことから、エネルギー消費全体は増えることになり、CO2 排出量も増大する。

表 2-3. 2010 年～2020 年 CO2 排出量年平均変化率（%）上位 20 部門*

CO2 排出量増大上位 20 部門		
番号	部門	2020/2010
42	半導体・IC	2.31
48	その他輸送機器	1.82
43	電子部品	1.77
66	広告・事業所サービス	1.69
23	プラスチック	1.65
8	繊維	1.61
62	通信・放送	1.56
58	水道・廃棄物	1.54
16	有機化学品	1.51
47	その他自動車	1.49
46	乗用車	1.46
32	建設用金属	1.45
20	医薬品	1.39
64	教育・研究・医療	1.29
65	情報	1.28
30	非鉄金属	1.26
22	石炭製品	1.25
36	その他一般機械	1.08
41	電子応用装置	1.05
59	商業	1.03

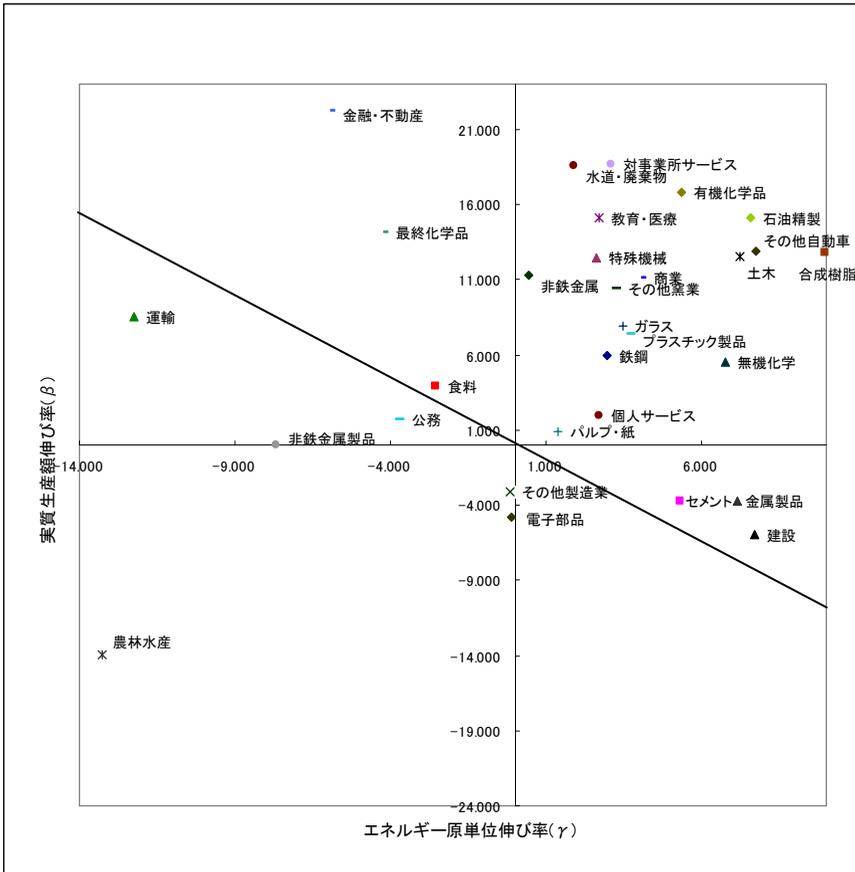
CO2 排出量減少上位 20 部門		
番号	部門	2020/2010
9	衣料品	-5.76
2	金属鉱業	-5.33
15	石油化学品	-5.25
4	石炭	-4.15
1	農林水産	-2.99
39	電子計算機	-2.16
26	セメント	-1.63
13	印刷・出版	-1.45
27	陶磁器	-1.21
3	非金属鉱業	-1.06
52	公共土木	-1.03
11	家具	-0.99
28	その他窯業	-0.84
5	原油・天然ガス	-0.82
10	木製品	-0.82
38	民生用電気機械	-0.65
61	運輸	-0.63
63	公務	-0.51
7	飲料	-0.47
12	パルプ・紙	-0.44

*注：二次エネルギー生産部門を除く

出所：ITI 環境問題研究会による計測

図2-4. 2010~2020年間の生産額とエネルギー原単位の年平均伸び率

(単位：%)



注：Co2 排出量=Co2 排出係数×実質生産額×エネルギー原単位 という関係がある。

ここで、Co2 排出量、実質生産額、エネルギー原単位の伸び率をそれぞれ α 、 β 、 γ とすると、

$(1+\alpha)$ Co2 排出量= $\text{Co2 排出係数} \times (1+\beta)$ 実質生産額 $\times (1+\gamma)$ エネルギー原単位 となり、

$\alpha = \beta + \gamma + \beta\gamma \approx \beta + \gamma$ という関係が導きだせる。(但し、 $\beta\gamma$ は交絡項)

よって、マイナス 45 度線上は、Co2 排出量が増加しないことを意味し、これより上に位置する産業は排出量が増加、下に位置する産業は減少する産業を意味する。

出所：ITI 環境問題研究会による計測

3. 予測結果についての考察

<他の予測機関との比較>

まず、我々のCO2排出量合計値推計結果を他の機関の推計結果と比較してみよう。データベース、推計方法の違いなどがある⁴ため正確な比較は出来ないが、2000年で見ると、中野(2008)の値がいちばん大きく、次いで環境省(2009)、当研究会の順となっている(表3-1)。2008年(環境庁推計の最新値)では我々の推計

が環境庁をやや上回った。環境省の推計、当研究会の推計ともに2000年以降CO2の排出量は多少の波はあるものの、ほぼ横ばいに推移する(図3-1)。当研究会の予測では、世界同時不況を脱した2011年以降は緩やかな上昇が予測されている。この間のGDPとの格差の拡大は、エネルギー効率の上昇を意味しよう。

このように、他の予測機関との結果の違いが生じる原因について、当面考えられる3点を指摘しておきたい。

表3-1. CO2排出量推計各機関比較

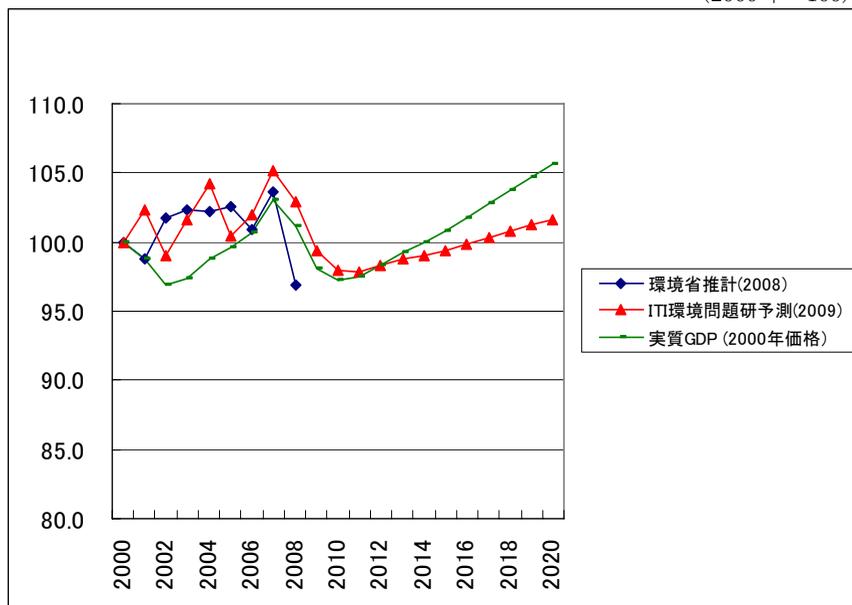
(単位: 100万トン)

	中野他推計 (2008)	環境省推計 (2008)	ITI 環境問題研 究会予測(2009)
2000	1331	1255	1203
2001		1239	1230
2002		1277	1191
2003		1284	1223
2004		1282	1254
2005		1287	1209
2006		1267	1226
2007		1301	1265
2008		1216	1239
2009			1195
2010			1179
2011			1177
2012			1182
2013			1188
2014			1192
2015			1196
2016			1201
2017			1207
2018			1213
2019			1219
2020			1223

出所: 環境省推計「2008年度(平成20年度)の温室効果ガス排出量(速報値)」中野他『環境分析産業連関表とその応用』

図3-1. CO2排出量各機関推計とGDPの動き

(2000年=100)



出所：表3-1と同じ

①金額を物量に転換するコンバータ

当研究会の予測では、下記「4. 推計方法概要」で概説するとおり、各産業の生産量を金額（実質）として予測し、それを物量に変換しているが、その変換のためのコンバータ（転換係数表）はその基礎となる2000年の物量表によって固定し、2000年から2020年までのすべてのエネルギー投入量計測に使用している。す

なわち、金額表示の投入量を物量表示の投入量に転換する係数を一定と仮定していることになる。2000年から2020年の推計値は2000年の物量表基準で推計した理論値といえる。統計表作成の仕組み、精度によるが、金額と物量の関係は必ずしも一定でなく、当研究会の予測にバイアスが生じる要因の一つといえよう。

国立環境研究所（2002）では、物量表の値をそのまま用いることなく、

実際の価格、数量をそれらのエネルギー源毎に実際の消費実態に合わせた補正を行っているが、当研究会のモデルでは、物量表の値をそのまま用いている。

②部門統合によるひずみ

推計はJIDEAモデルによる将来推計と接合させるため、部門数は66部門と産業連関表の基本分類の部門数(527)と比較するとかなり小さい。環境省(2009)、あるいは中野(2008)の推計結果と比較すると差が出る要因の一つはここにあると思われる。たとえば、我々のモデルで推計される一次エネルギー部門は石炭、原油・天然ガス、石油製品、石炭製品の4部門のみであり、これを2000年の物量表で12部門⁵に分割している。より精緻な推計を行うためには、モデル本体の部門数を増やす必要があるかもしれない。

③輸出入の取り扱い

今回の推計において輸出入は直接的計測の対象にしなかった。政府公表の産業連関表は競争輸入型の産業連関表であり、輸出入は共に中間投入においては加算されていることになる。すなわち、輸入された原油は

石油化学部門、石油製品部門に投入され、さらにそこで生産された製品は各産業に投入されていることになる。中間投入部分(企業等の生産活動)を対象とする限り、輸出は国内需要分と一緒に生産されるので、当然含まれている。輸入エネルギーは国内で消費される限り、それらはCO₂の発生源としてよい。一方、最終需要としての輸出は国外で消費されるため、国内のCO₂排出量から控除すべきである。日本は島国であるため、電気、都市ガス等のエネルギー二次製品の輸出入はほとんどないといってよい。石油・石炭二次製品の輸出入に関しては、外国船、外国航空機に対する給油が大きな比重を占める。これらのいわゆるパンカー・オイルに関しては、本邦において給油を受けた外国船、外国航空機は輸出として、海外において給油された本邦船、本邦航空機に関しては輸入としてI-O表には計上されている。今回は最終需要の輸出・輸入分に関してはすべて計測から除外している。その輸出分は外国での消費となるが、それらの占める比重はジェット燃料油を除いてわずかであり、輸入は国

内需要に加算済み⁶と考えたからである。この部分の取り扱いが他の推計機関と異なっている可能性がある。

＜推計に含まれない外的要因— 今後の課題＞

我々の計測の特徴はもちろん未来予測にある。未来の予測結果に大きな影響を与える一つの要因は産業構造の変化であり、それを反映する中間投入係数である。既述のとおり、本モデルでは過去の中間投入係数の時系列変化のトレンドを計測し、その傾向を織り込んでいる。産業別のCO2排出量の変化は産業部門別の需要の変化と産業構造(中間投入係数)の変化に影響されるといえる。

当モデルの予測結果はあくまで過去に生じたトレンドをそのまま未来に反映させることを基本とする。トレンドを外れる今後の世界経済、社会の変化はもちろんこの推計には含まれていない。発展途上国、BRICsなどにおける需要増大により今後予想される石油資源価格の増大、太陽光発電、電気自動車の普及など新たな技術革新、新規原子力発電所建設、ガソリン税などエネルギー関連暫定

税率の廃止と新たな環境税導入などの新政策も含まれていない。今後の日本の経済動向、円高傾向など、日本を取り巻く情勢の変化も当初の見込みとは異なってくる可能性がある。

これらの変化をシナリオとしてモデルに与え、いくつかのシミュレーションを行ってみる必要がある。

4. 推計方法概要

推計方法の詳細については当研究所で3月発行予定のITI環境問題研究会(2010)を参照いただきたい。ここでは推計結果を評価する一助としてその概要を述べる。

1) 産業別CO2排出量計測における基本的考え方

我が国の生産・消費活動におけるCO2発生量の長期予測を行い、その結果からなんらかの政策的インプリケーションを引き出すことを可能とするためには、その予測方法に以下の4点が要素として含まれていなければならない。

①CO₂ の発生源が網羅的に含まれていること

産業活動によって二酸化炭素が排出される原因は大きく分けて2つあり、炭素が酸素と化合する反応、すなわち炭素の燃焼であり、他のものは炭素を含む物質が特定の化学反応の結果、二酸化炭素を排出する場合⁷である。

さらに自然界では、植物、動物ともに炭水化物を燃焼させることによってエネルギーを取り出し、その結果CO₂を排出（呼吸）している。また微生物による有機物の分解過程でもCO₂は発生する。本報告では経済活動の結果としてのCO₂を考察しているため、これらのCO₂は考慮の対象としない。また、化石燃料以外に木炭の生産および消費によって、CO₂が発生するが、そのエネルギー消費全体に占める比率は非常にわずかであり、本報告では無視することにした。

②産業別生産活動に必要としたエネルギー消費量がその種類ごとに計測できること

次に解明しなければならないのはCO₂がどの産業において、どの程度

発生するかを知ることである。産業ごとのCO₂発生量は、基本的には産業が一定期間にいくらの量の生産物を生産し、その生産のためにいくらのエネルギーを消費したか（「エネルギー原単位」）で決まる。消費するエネルギーの種類により、発生するCO₂の量が異なるため、消費するエネルギーの種類ごとに消費量が測定されなければならない。「エネルギー原単位」は次の③にも述べるとおり、産業ごとの技術構造（投入産出構造）によって決まる⁸が、一般的に産業構造は絶えず変化するものであり、CO₂の排出量予測は産業構造の変化を背景にした産業別生産の変化の予測を行うことと同じになる。

エネルギーの種類ごとのエネルギー消費1単位当たりCO₂発生量は、消費する化石燃料⁹がすべて完全燃焼すると仮定すれば、一定の係数として求まる。このデータとしてはいくつかの先行研究の調査結果¹⁰をそのまま用いた。

さらに、産業別エネルギー消費量の計測に際して、二次エネルギーである電力を消費する場合、CO₂の発生時点（電力会社）での発生量を求

め、そこから電力生産1単位当たりのCO2排出量を計測し、それを各産業および家計の電力消費量に従って割り振ることにより、各産業および家計の電力消費に基づくCO2排出量を計算することができる。

③産業別に生産構造の変化とそれに基づく生産量が予測できること

したがって、日本の産業が部門ごとに今後どれほどの生産を行うか、そのためにどれだけのエネルギー投入が必要となるかを予測することが重要となる。産業ごとのエネルギー消費係数は必ずしも安定的なものではない(一定でない)。長期的な産業構造の変化により、同じ製品を1単位生産するにあたって必要とされるエネルギーの種類と量は変化するものと考えらるべきであろう。また、社会構造、消費構造の変化による産業そのものの大きな転換、すなわち、ガソリン自動車から電気自動車へ、あるいはソーラー発電の普及といった技術の枠組み変化によっても、産業別エネルギー原単位は変化するだろう。したがって、エネルギー消費の長期予測に当たっては、長期的な産

業構造の変化によるエネルギー原単位の変化を考慮するとともに、産業の技術的枠組み転換も考慮せざるを得ない。ただし、後者はもともと計量経済モデルによる計測は不可能で、定性的な情報を総合的に勘案し、いくつかのシナリオを想定するほかはない。

一方、長期的な産業構造(中間投入構造)の変化については、過去の中間投入構造の変化を観測し、その構造変化の傾向が今後も持続すると仮定して、中間投入構造の将来の変化を予測する代替方法が存在する。

産業連関表の長期時系列データを元にして、中間投入構造変化を織り込んだ中長期経済予測を可能とするモデルを当研究所は長年にわたって研究開発してきたが、その成果は産業連関ダイナミック・モデル(JIDEA)¹¹として結実している。このモデルの構造¹²は、1985年から2006年までの我が国の産業連関表によって2020年までの中間投入構造の変化を推定し、それを基礎に各産業の生産の変化を推計する構造となっている。中間投入構造の変化は過去の産業別中間投入係数の変化を

時系列の回帰方程式によって推計し、それをトレンドとして延長したもの¹³で、必ずしも将来に生じる中間投入構造を正確に反映できるとは断言できないが、現状においては十分蓋然性のある推計結果と考えられよう。

JIDEA モデルを使用することにより、構造変化を下敷きにした産業別生産量が求められ、これにエネルギー原単位、およびCO₂発生係数を掛けることにより、日本産業が排出するCO₂量を計測できることになる。すなわち、今から10年後の日本の国内総生産がどのレベルまで成長するか、その時の産業構造（産業別生産額のシェア）がどのような構成となっているか、その結果、日本の生産活動がどの程度のCO₂を排出することになるかを予測することができる。

④将来の生産レベルの予測

上記の産業構造の変化を背景としつつ、今後の日本経済がどのような経済成長を続け、生産レベルが将来どのレベルとなるかが次の重要な仮定となる。2006年から2020年までの日本の経済成長がどのような経路をたどるかは、モデルにより予測す

ることになるが、過去20年間の構造変化のトレンドを将来推計にあてはめるのがこのモデルの基本的コンセプトである。そして日本の社会経済の置かれている現状、人口の高齢化などに鑑み、サブプライムショックからの脱却以降も家計消費、民間設備投資、輸出はそれほど高い成長は望めないと仮定した結果、実質GDPが1パーセント内外の低い経済成長を持続するとの結果を得た。この前提に基づいてCO₂の発生量推計を行うこととした。

2) 環境分析用産業連関表の作成とそのモデル化

産業別生産量の予測結果から二酸化炭素の排出量を推計するには、「環境分析用産業連関表」の考え方が参考となる。

環境分析用産業連関表の基本的考え方については、主として先行研究の国立環境研究所（2002）および中野他（2008）があり、これらを参考として、環境分析用産業連関表を作成、これに当研究所の維持する日本産業連関ダイナミック・モデル（JIDEA7.8）を接続して日本の2020

年までの産業別CO2排出量を推計することとした。ちなみにJIDEA7.8により、2007年から2020年までの66×66の推計産業連関表の予測値が得られる。

＜環境分析用産業連関表の作成＞

産業連関表から産業部門別CO2の発生量を推計するためには、金額ベースの産業連関表（観測値および予測値）から産業別エネルギー源別投入表を抽出し、それを物量ベースの投入量表に転換する。それにCO2発生係数を掛けて、産業別CO2発生量を計測する、というステップを採ることになる（図4-1）。すなわち、

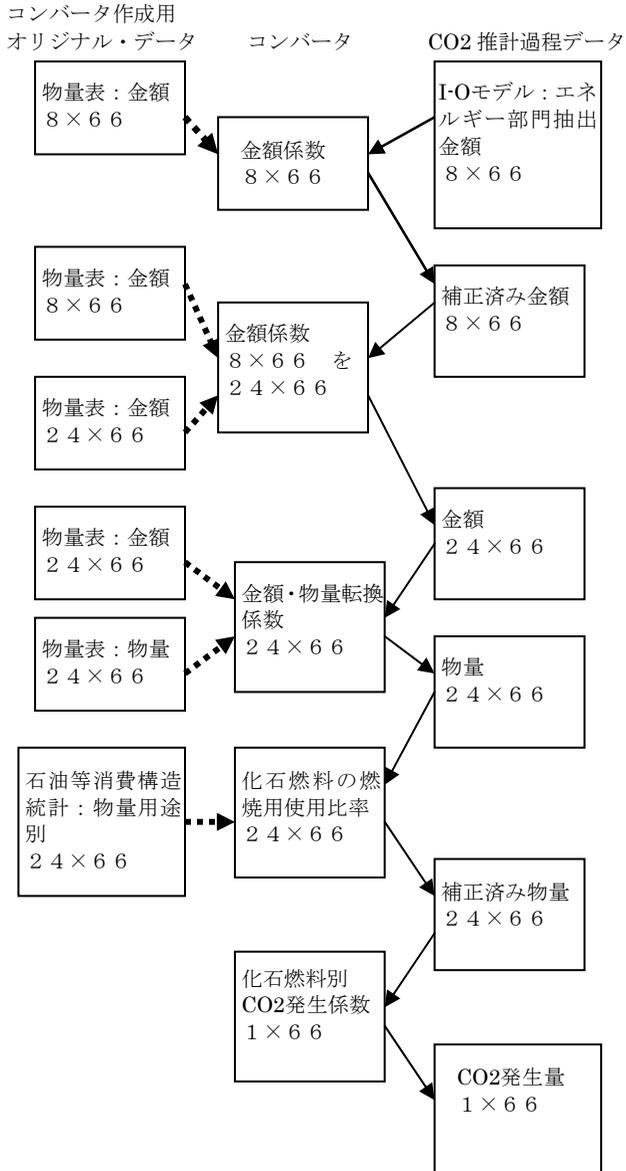
- ①産業連関表からエネルギー投入部分を抽出し、その金額表示を物量表示に転換する。
- ②物量補正：投入された化石燃料はそのすべてが燃焼されるわけではなく、一部は製品生産のための原材料として使われる。各産業部門で使用される化石燃料のうち燃焼に使われる部分のみを取り出す。
- ③補正されたエネルギー源別物量にCO2発生係数を掛けてCO2発生

量を推計¹⁴する。

以上のステップにおいて、JIDEAモデルが2000年基準であることに加え、化石燃料の用途別使用量をみるための『石油等消費構造統計』が2001年までしか公表されていないため、物量表などすべて2000年基準のデータを基礎に用いている。

図4-1のデータ転換概念図では、幾種類かのオリジナル・データを用いてコンバータを作り、I-Oモデルから抽出されたデータをそのコンバータにより次々に変換していく過程を示した。オリジナル・データは2000年のデータを用い、その結果コンバータも2000年値で固定される。I-OデータはJIDEAモデル（66×66部門）の推計値から必要な年のデータを取り出し、そのデータを概念図にしたがって転換すると、その年の産業別エネルギー源別消費量、CO2排出量が計算できる。

図4-1. データ転換概念図



<参考資料>

経済産業省『窯業・建材統計年報』平成12年

経済産業省『鉄鋼統計年報』平成12年

経済産業省資源エネルギー庁『エネルギーバランス』平成12年

経済産業省資源エネルギー庁『石油等消費構造統計』平成12年

戒能一成（（独）経済産業研究所）『日本の鉄鋼業の省エネルギー対策の費用対効果分析』補論3。「鉄鋼業内部での石炭のエネルギー転換」（2006年12月）

朝倉啓一郎、早見均、溝下雅子、中村政男、中野諭、篠崎美貴、鷺津明由、吉岡完治『環境分析用産業連関表』（慶応義塾大学出版会、2001年3月）

中野諭、早見均、中村政男、鈴木将之『環境分析産業連関表とその応用』（慶応義塾大学出版会、2008年6月）

独立行政法人国立環境研究所『産業連関表による環境負荷原単位データブック』（2002年3月）

環境省地球環境局地球温暖化対策課資料「国内各温室効果ガスの排出量の推移（2008年度速報値）」（2009年11月11日）

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2008sokuho.pdf>

環境省地球環境局地球温暖化対策課 報道

発表資料「2008年度（平成20年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について」（2009年11月11日）

<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11766>

国際貿易投資研究所 環境問題研究会「わが国経済の構造変化とCO2排出（平成21年度）」（2010年3月発行予定）

注

- 1 メンバーは（財）国際貿易投資研究所の篠井保彦客員研究員（座長）、小野充人研究主幹、今川健中央大学名誉教授、長谷川聰哲中央大学教授。
- 2 そのほか石灰石から生石灰を作るなど、化学変化を応用する工業生産過程で生じるCO2がある。
- 3 為替レートも同じく2006年値で固定。
- 4 環境庁の推計は年度、JIDEAモデルは暦年である。
- 5 石炭、原油、天然ガス、ガソリン、ジェット燃料油、灯油、軽油、A重油、B・C重油、ナフサ、液化石油ガス、コークスの12部門。
- 6 競争輸入型の産業連関表を使用。
- 7 石灰石から生石灰が生じる反応については、今回の推計に含まれている。

- 8 そのための基礎データとして、総務省発表の2000年産業連関表の付帯表「物量表」を用いている。
- 9 化石燃料の種類ごとに含まれる炭素の比率は一定と仮定する。
- 10 中野他（2008）および国立環境研究所（2002）
- 11 JIDEA モデルは（財）国際貿易投資研究所の篠井客員研究員、小野研究主幹、今川中央大学名誉教授、長谷川中央大学教授が共同して研究開発したモデルである。
- 12 環境問題研究会（2010）を参照。
- 13 同上
- 14 中野他（2008）ではエネルギー物量を一度発生熱量に換算、その熱量からCO₂発生量を推計している。