

建設資材製造時の二酸化炭素排出量経時変化と土木分野への影響

Carbon Dioxide Emissions during Producing Construction Materials in 1985 and 1990
and It's Influence on the Civil Works

○酒井寛二* 漆崎 昇* 中原智哉**
Kanji SAKAI Noboru URUSHIZAKI Tomoya NAKAHARA

ABSTRACT : Using the 1990's Input-Output Tables, the environmental loads — natural resources consumption, energy consumption and carbon dioxide emissions — of different types of civil construction activities are quantitatively analyzed and compared with the 1985's results of analysis. It is shown that 37.3 percent of the total Japanese carbon emissions in 1990 is construction-related. It is increased 3.5 percent from the result in 1985. In this research, the influence of industrial structure change from 1985 to 1990 and the bubble-economy on the environmental loads of civil work is able to be estimated. Recommendable basic data for calculating the environmental loads of civil work are shown here.

KEYWORDS : Carbon Dioxide Emission, Natural Resources Consumption, Energy Consumption, Global Warming

はじめに

大気中に排出される二酸化炭素量は、地球温暖化の主たる要因として抑制が強く求められている。土木分野からの排出量については、1985年の産業連関表を基礎資料として解析した例が筆者らによって報告^{(1)・(2)}されているが、その後1990年の産業連関表が公表されより最新のデータによる解析の更新が求められていた。

今回の報告は、最新の1990年産業連関表を活用し、単純な連関分析ではなく、積上法による解析結果と対比可能な「限定間接効果算入法」を用いて分析し、1985年のデータによる解析結果と比較した。比較した対象は、日本全体の二酸化炭素排出量における建設関連活動の占める比率、主な建設資材生産段階におけるエネルギー使用量と二酸化炭素排出量、建築分野における構造種別毎の資材消費量、二酸化炭素排出量、土木分野における各土木工種の資材消費量、二酸化炭素排出量などである。

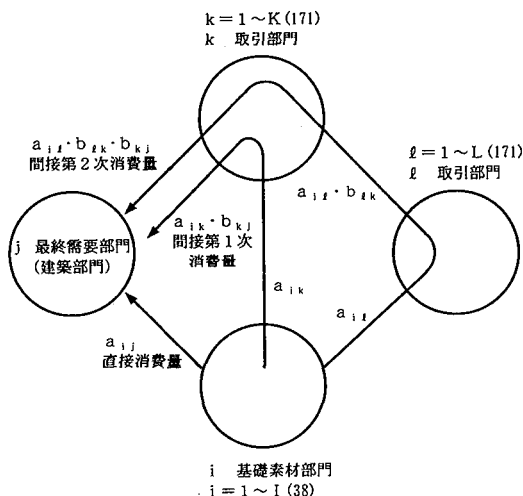
1. 資源消費量解析

1. 1 解析方法

1990年産業連関表の取引基本表と1990年建設部門分析用産業連関表を用い、建設活動において、直接及び間接的に消費する原材料（以後、基礎資材と呼ぶことにする）を計算した。間接的に消費する基礎資材量は、各産業部門の投入金額に比例した量が原材料に伴われて消費され、影響が一定量以下になると間接分を打ち切るという前提の基に計算した（「限定間接効果算入法」）。図-1は、計算手法を示したもので、i基礎資材部門からk部門のみを経由してj部門へ流れ込むのが間接第1次消費量である。資源消費量は直接消費量と間接消費量との和であるが、今回は、間接消費量としては間接第7次消費量まで計算を行った。取引部門数は、農林水産部門（素材を除く）、食料品部門、商業部門、通信・放送部門、サービス業部門などの建設資材の直接的流通には関連しない部門を除く171部門とし、基礎資材部門として砂利・石材、繊維製品、木材、紙製品、塗料、合成樹脂製品、ガラス、セメント、陶磁器類、鉄、銅、アルミニウム、その他の金属

* (株)大林組 OBAYASHI CORPORATION

** 科学技術振興事業団 CREST, Japan Science and Technology Corporation



I. 基礎素材部門数
 K, L. 建設部門基本分類部門数
 a_{ij} i 部門から j 部門への直接消費量
 b_{kj} k 部門から j 部門への投入係数
 $b_{kj} = \frac{A_{kij}}{A_k}$
 A_{kij} k 部門から j 部門への投入金額
 A_k k 部門の国内総生産額

図-1 「限定間接効果算入法」の計算手順

表-1 1985年と1990年の解析条件の比較

	1985年	1990年
産業連関表	529×408部門	527×411部門
建設部門分析用産業連関表	213×61部門	207×68部門
対象とした取引部門	163	171
基礎素材部門	13部門 (38種類)	13部門 (38種類) 粗鋼は転炉と電炉に分類 アルミは再生を含むを分野に統合
その他	コークスの等の副産物の取り扱いを考慮しない	コークスの等の副産物の取り扱いを考慮した

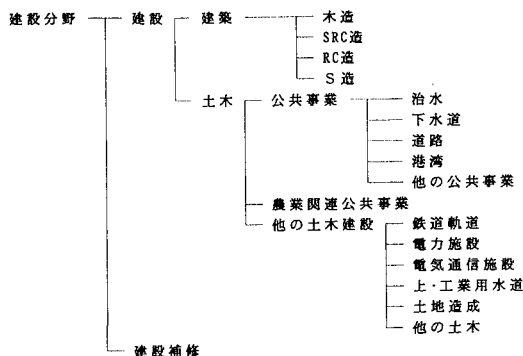


図-2 解析の対象分野

の13部門（取引部門としては38）とした。尚、1985年と1990年計算条件の主な相違点を表-1に示す

また、解析の対象は図-2に示すように、ここでは建設分野とは、建築分野、土木分野、建設補修を含むこととした。

1. 2 解析結果

(1) 建設分野の結果

建設分野にて消費される資源量解析の結果を1985年の結果と比較して表-2、図-3に示す。これらより、総資材消費量は1.35倍になっている。この間、国内総生産額は1.29倍、建設業の生産額が1.63倍になっていることから、経済的にも資材の消費の面からも建設業がバブルの影響を大きく受けたことが分かる。1985年、1990年とも建設分野では砂利が総資源量の86.4%、87.1%を占めている。経時変化を資材別に見れば、砂利は、建築分野でほぼ横這いであるが、土木分野で1.5倍になっており、また、鉄は、逆に建築分野で1.6倍、土木分野で横這いになっている。このことは、建築分野ではRC造からS造へのシフトがあったことを示している。

表-2 建設分野の基礎資材消費量の経時変化

	1985年 (万t)	構成 比率	1990年 (万t)	構成 比率	比率 (90/85)
総消費資材量建設	107,994		144,799		1.34
建築	29,152	27.0	33,355	23.0	1.14
土木	72,658	67.3	104,621	72.3	1.44
補修	5,179	4.8	4,846	3.3	0.94
砂利石材	93,257	86.4	126,076	87.1	1.35
建築	22,499	20.8	24,822	17.1	1.10
土木	66,915	62.0	97,480	67.3	1.46
補修	3,843	3.6	3,774	2.6	0.98
木材	1,740	1.6	2,278	1.6	1.31
建築	1,565	1.4	2,047	1.4	1.31
土木	66	0.1	106	0.1	1.60
補修	109	0.1	126	0.1	1.15
セメント	6,939	6.4	8,589	5.9	1.24
建築	2,547	2.4	3,297	2.3	1.29
土木	3,635	3.4	4,844	3.3	1.33
補修	757	0.7	448	0.3	0.59
鉄	3,297	3.1	4,623	3.2	1.40
建築	1,690	1.6	2,807	1.9	1.66
土木	1,329	1.2	1,494	1.0	1.12
補修	278	0.3	322	0.2	1.16
銅	40.5	0.0	59.2	0.0	1.46
建築	15.7	0.0	15.1	0.0	0.96
土木	19.4	0.0	39.3	0.0	2.03
補修	5.4	0.0	4.8	0.0	0.89
アルミニウム	73.8	0.1	93.2	0.1	1.26
建築	53.8	0.0	67.8	0.0	1.26
土木	9.4	0.0	13.6	0.0	1.45
補修	10.6	0.0	11.8	0.0	1.11
その他の資材	3,381	3.1	3,381	2.3	1.00
建築	2,346	2.2	2,346	1.6	1.00
土木	750	0.7	750	0.5	1.00
補修	285	0.3	285	0.2	1.00

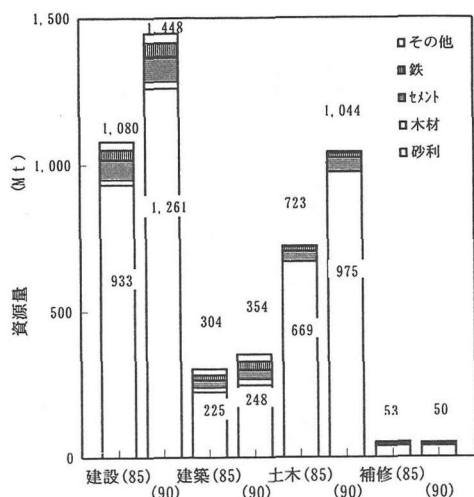


図-3 建設分野の資源消費量の比較

(2) 建築分野の結果

図-4に、建築構造毎の単位延床面積当りの資材消費量を示す。全ての構造種別で砂利の消費量が減少しており、その結果、単位延床面積当りの資材消費量も減少している。建築物の平均で資源消費量は1,500kg/m²から1,250kg/m²へ減少、構造種別では資材消費量は1985年のRC造、SRC造、S造の順からSRC造、RC造、S造の順になった。これは、RC造の砂利の単位延床面積当りの資材消費量が減少したためである。

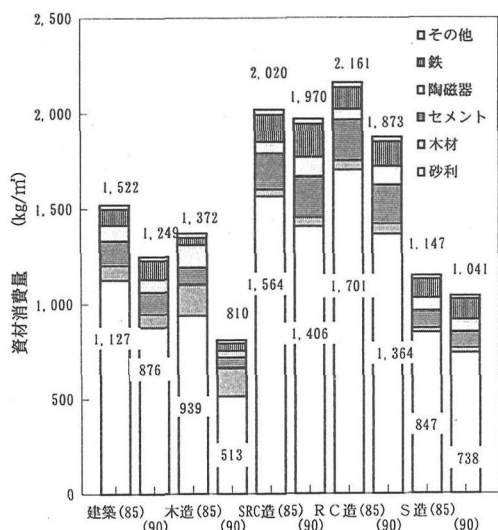


図-4 建築構造種別資源消費量の比較

(3) 土木分野の結果

図-5、図-6に土木分野の資源消費量の結果を示す。図-5は、総資材消費量を示しており、砂利が土木分野の資材消費量全体の92.8%から93.4%へ比率を上げておりその総量は1.46倍になった。特に「他建設」では1.88倍に増加している。図-6は、単位工事100万円あたりの資材消費量を比較した物で、「他建設」以外では単位工事あたりの消費量が減少している。これは価格が上昇しているためと考えられる。

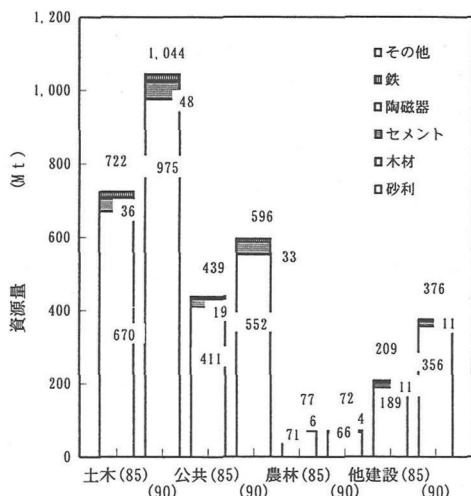


図-5 土木分野の資源消費量の比較

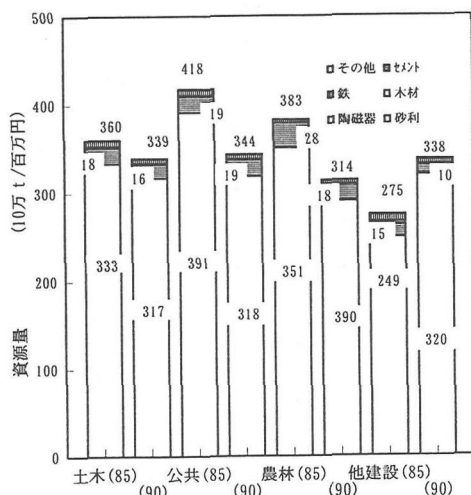


図-6 土木分野の資源消費量の比較
(単位工事100万円当たり)

2 エネルギー消費分析

2. 1 解析方法

解析方法は資源消費解析と同様とした。ここで、資源消費解析の基礎資材に相当するエネルギー部門としては石炭、原油、天然ガス、石油製品、電力とし、各々のエネルギー毎に消費金額を計算し、各エネルギー部門の平均単価、エネルギー源別単位発熱量を乗除して、各基礎資材の製造に関するエネルギー原単位と建設分野の消費エネルギー量を算出した。ここで石油製品と電力については、一次エネルギー源として石炭、原油、天然ガス部門から購入している部分については、石炭、原油、天然ガス部門に計上する。エネルギー消費解析において、間接消費量としては、間接第7次消費量まで計算を行った。

計算条件は

①輸送エネルギーを含まない条件（取引部門に輸送部門を除く）

②輸送エネルギーを含む条件（取引部門に輸送部門を含む）

で、①と②の差をもって建設部門の輸送エネルギー消費量とした。

表-3⁽⁵⁾⁽⁶⁾に各エネルギー源別単位発熱量及び炭素発生量を示す。

2. 2 解析結果

表-4に基礎素材の製造に関するエネルギー原単位を示す。ここで合板の製造における人工乾燥のエネルギーとして、合板製造に発生する廃材を利用するものとした。また、合板製造の歩留まりを70%とし、廃材の70%を人工乾燥のエネルギーとした。廃材の発熱量は3,000 kcal/kgとした。

図-7に日本のエネルギー消費における建設業の比率を1985年の結果と比較して示す。図-7において建設工事に係わるエネルギー消費量は総合エネルギー統計⁽⁵⁾より推定、業務用、家庭用施設運用に係わるエネルギー消費量は建築業協会の「我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態」⁽³⁾⁽⁴⁾を引用した。図-7より、日本の消費エネルギーに占める建設業の比率は約36.8%から41.9%に増加している。特に業務用、家庭用施設運用に係わる部分が増加していることから尚一層の省エネ対策が必要と考えられる。

表-3 各エネルギー源別発熱量及び炭素発生量

エネルギー部門		単位発熱量*1	炭素発生量*2
石炭	原料炭 国産	7,700 kcal/kg	103.1 kg/Gcal
	輸入	7,600 kcal/kg	103.1 kg/Gcal
	一般炭等 国産	5,800 kcal/kg	99.9 kg/Gcal
原油	輸入	6,200 kcal/kg	101.4 kg/Gcal
	国産	9,250 kcal/l	78.1 kg/Gcal
	輸入	9,250 kcal/l	78.1 kg/Gcal
天然ガス	天然ガス 国産	9,800 kcal/m3	57.4 kg/Gcal
	LNG 輸入	13,000 kcal/kg	56.9 kg/Gcal
	揮発油 輸入	8,400 kcal/l	80.4 kg/Gcal
石油製品	ジェット燃料 輸入	8,700 kcal/l	80.4 kg/Gcal
	灯油 輸入	8,900 kcal/l	73.4 kg/Gcal
	軽油 輸入	9,200 kcal/l	80.4 kg/Gcal
	A重油 輸入	9,300 kcal/l	75.8 kg/Gcal
	B・C重油 輸入	9,700 kcal/l	83.5 kg/Gcal
	ナフサ 輸入	8,000 kcal/l	77.3 kg/Gcal
	液化石油 輸入	12,000 kcal/kg	67.3 kg/Gcal
	他石油製品 輸入	10,100 kcal/kg	88.0 kg/Gcal

*1 総合エネルギー統計 平成4年度

*2 外岡 豊 調査（未発表）

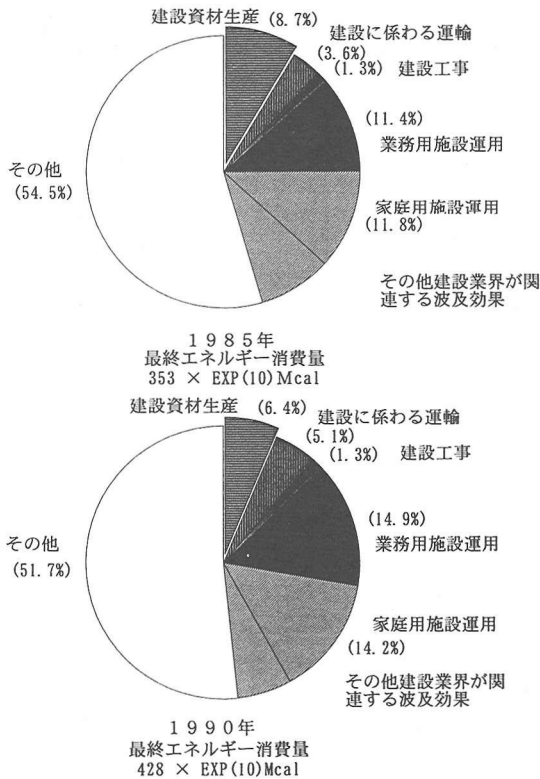
表-4 エネルギー原単位の比較

基礎素材	エネルギー原単位		
	1990年	1985年	単位
砂利・石材砂利・採石	3	4	kcal/kg
	砕石	5	kcal/kg
繊維製品	・スフ織物	831	kcal/m ²
	絹・人絹織物	1,565	kcal/m ²
	毛織物	2,470	kcal/m ²
	その他の織物	1,519	kcal/m ²
木材	製材	68,623	kcal/kg
	合板	883,794	kcal/kg
紙製品	洋紙・和紙	2,931	kcal/m ³
	板紙	2,546	kcal/m ³
塗料		2,381	kcal/kg
合成樹脂製品		3,067	kcal/kg
ガラス	板ガラス	5,410	kcal/kg
	ガラス繊維・同製品	7,970	kcal/kg
	その他のガラス製品	10,594	kcal/kg
セメント		908	kcal/kg
陶磁器類	設用陶磁器	1,681	kcal/kg
	耐火物	2,357	kcal/kg
鉄	他の建設用土石製品	387	kcal/kg
	鋼（高炉）	5,657	kcal/kg
銅	粗鋼（電炉）	-	kcal/kg
		3,742	kcal/kg
アルミニウム		10,528	kcal/kg
その他の金	鉛	5,920	kcal/kg
	亜鉛	7,588	kcal/kg
	その他の金属	25,645	kcal/kg

3 炭素排出量分析

3. 1 解析方法

エネルギー消費解析結果で求められた、基礎資材製造のエネルギー消費量にエネルギー源別炭素発生量（表-3）を乗じて求めた。表-5に基礎資材製造に



図－7 日本の消費エネルギーに占める建設分野の比率

関する炭素排出原単位を示す。

表－5において、鉄とアルミニウム原単位が大幅に減少している（エネルギー消費原単位も同様）。これは、鉄に関しては、1985年ではコークス、石炭製品などにおける副産物の取り扱いを考慮しなかったが、1990年では考慮したためより現実的と考えられ、筆者らが調査した積上法による値⁽⁷⁾に近づいている。

アルミニウムに関しては、1985年から1990年の間にアルミ缶を缶の状態で購入するような産業構造の変化が見られる為大きな変化が生じたのであろう。

尚、表－5において、セメントについては、原材料である石灰石から製造中に二酸化炭素が発生するが、その値を0.144 kg-C/kg-セメントとした。ガラスについては、原材料から製造中に発生する量を0.0252 kg-C/kg-ガラスとした。また、合板の製造における人工乾燥のエネルギーとして合板製造に発生する廃材を利用するものとした。この時発生する二酸化炭素発生量は、75kg-C/m³-合板である。

木材については、以下のに示す2通りの計算を行った。

①木材そのものが炭素を固定しているため固定炭素量をマイナスの放出量とする。その値は、製材で-250kg-C/m³-製材、合板で-248kg-C/m³-合板とする。

②木材は最終的には燃焼や微生物によって二酸化炭素を発生するので固定炭素量は0とする。

表－5 炭素排出原単位の比較

基礎素材	炭素排出原単位 (kg-C/kg)	
	1990年	1985年
砂利・石材砂利・採石	0.00022	0.00028
砕石	0.00042	0.00032
繊維製品		
・スフ織物	0.059	0.054
絹・人絹織物	0.100	0.091
毛織物	0.174	0.169
その他の織物	0.101	0.093
木材		
製材	0.015	0.008
合板	0.237	0.199
紙製品		
洋紙・和紙	0.177	0.217
板紙	0.091	0.184
塗料	0.150	0.179
合成樹脂製品	0.200	0.176
ガラス		
板ガラス	0.370	0.414
ガラス繊維・同製品	0.428	0.579
その他のガラス製品	0.492	0.768
セメント	0.216	0.225
陶磁器類		
設用陶磁器	0.115	0.114
耐火物	0.121	0.168
他の建設用土石製品	0.020	0.028
鉄		
鋼（高炉）	0.367	0.515
粗鋼（電炉）	0.163	—
銅	0.181	0.280
アルミニウム	0.142	0.616
その他の金		
鉛	0.491	0.525
亜鉛	0.603	0.502
その他の金属	1.348	1.672

3. 2 解析結果

(1) 建設分野の炭素排出量結果

図－8に日本における炭素発生量に占める建設分野の比率を示す（木材の炭素固定量を0とした場合）。なお、図－8における建設工事に係わる炭素排出量は総合エネルギー統計⁽⁵⁾より推定、業務用、家庭用施設運用に係わる炭素排出量は建築業協会の「我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態」⁽³⁾⁽⁴⁾を引用した。図－8より、日本における炭素排出量に占める建設分野の比率は、計33.8

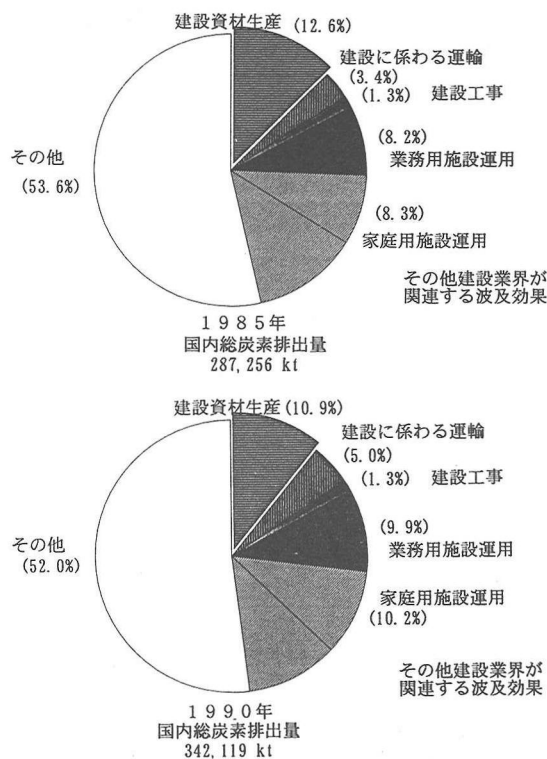


図-8 日本の炭素排出量に占める建設分野の比率

%から37.3%に増加した。建設資材製造時の排出は減少したが、運輸及び業務用、家庭用施設運用が増加した。このことから省エネ対策必要性が示されている。

表-6に主な建設資材の製造時に排出される炭素排出量、図-9に建設分野における資材生産時炭素排出量の結果を示す。建設分野（建設+建設補修）では1985年と1990年ではほぼ同じである。その内容は、1985年に比べ1990年は、セメントからの炭素排出量が増加したが、鉄の原単位が減少したことから鉄からの炭素排出量が減少した。図-10に木材の炭素固定を考慮した結果を示す。傾向は図-9と同様であるが、木材の消費量が増加したため1990年の炭素排出量は減少している（図-10における（）内の数値は、木材の炭素固定量を差し引いた値である）。

(2) 建築分野における炭素排出量の結果

建築構造別の単位延床面積当たりの炭素発生量を推定した（現在の各種構造物が平均的にどれだけ炭素を発生しているかを表したものであり、同一建物の構造

形式を変えた場合の比較ではない）。図-11は、炭素固定量を0とした場合、図-12は、木材の炭素固定量をマイナスの炭素放出量とした場合の結果である。各図とも鉄からの炭素排出量が減少しているため、建

表-6 建設分野の炭素排出量の経時変化

	1985年 (千 t)	構成 比率	1990年 (千 t)	構成 比率	比率 (90/85)
総炭素排出量	建設 36,651		37,188		1.01
建築	17,050	46.5	18,724	50.3	1.10
土木	15,929	43.5	16,028	43.1	1.01
補修	3,672	10.0	2,436	6.6	0.66
砂利石材	建設 279	0.8	416	1.1	1.49
建築	67	0.2	76	0.2	1.13
土木	201	0.5	328	0.9	1.63
補修	11	0.0	12	0.0	1.09
木材	建設 -7,955	-21.7	-10,089	-27.1	1.27
(炭素固定考慮) 建築	-7,202	-19.6	-9,106	-24.5	1.26
土木	-274	-0.7	-459	-1.2	1.68
補修	-479	-1.3	-524	-1.4	1.09
木材	建設 731	2.0	1,286	3.5	1.76
建築	611	1.7	1,113	3.0	1.82
土木	55	0.2	69	0.2	1.25
補修	65	0.2	104	0.3	1.60
セメント	建設 15,613	42.6	18,553	49.9	1.19
建築	5,731	15.6	7,122	19.2	1.24
土木	8,178	22.3	10,463	28.1	1.28
補修	1,704	4.6	968	2.6	0.57
鉄	建設 16,976	46.3	14,064	37.8	0.83
建築	8,702	23.7	8,541	23.0	0.98
土木	6,845	18.7	4,545	12.2	0.66
補修	1,429	3.9	978	2.6	0.68
鋼	建設 113	0.3	107	0.3	0.95
建築	44.0	0.1	27.0	0.1	0.61
土木	54.0	0.1	71.0	0.2	1.31
補修	15.0	0.0	9.0	0.0	0.60
アルミニウム	建設 454	1.2	132	0.4	0.29
建築	331	0.9	96	0.3	0.29
土木	58	0.2	19	0.1	0.33
補修	65	0.2	17	0.0	0.26
その他の資材	建設 2,485	1.6	2,630	1.4	1.06
建築	1,564	1.0	1,749	0.9	1.12
土木	538	0.3	533	0.3	0.99
補修	383	0.2	348	0.2	0.91

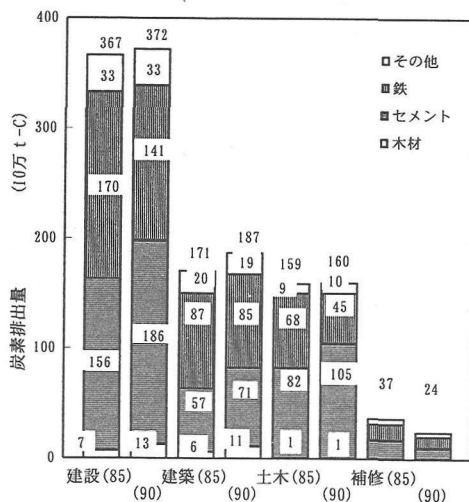


図-9 建設分野の炭素排出量の比較

築構造別の単位延床面積当りの炭素排出量は減少しているが、構造種別間の順位は変化していない。実際は、RC造の鉄の大半は電炉によるリサイクル材が使用されているがこの解析手法では、最終消費部門での電炉材と高炉材の比率が一定となるため、リサイクルによる効果が把握できない。

(3) 土木分野における炭素排出量の結果

図-12、13、14に土木分野における単位工費100万円当たりの炭素排出量の結果を示す。全体的に鉄の原単位の減少により各工種共炭素排出量は大幅に減少しているが資材のコスト上昇による単位工費当たりの資材量が減少していることも要因である

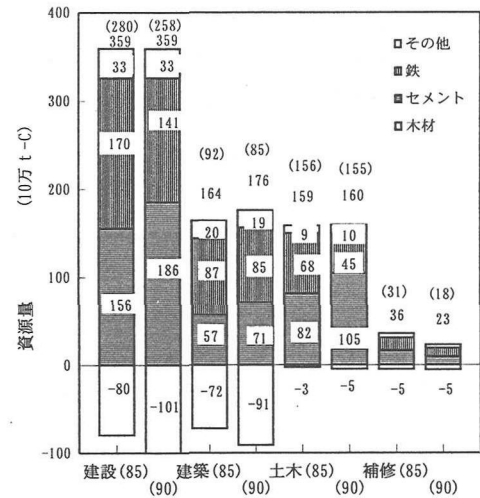


図-10 建設分野の炭素排出量の比較 (木材の炭素固定を考慮)

おわりに

産業連関表を活用し「限定間接効果算入法」を用いて建設分野における資源消費量、エネルギー消費量、建設資材製造時炭素排出量、建築構造種別、土木工種別の炭素排出量などの解析を通じて1985年から1990年の5年間の産業構造の変化、バブル経済の影響が建設分野の環境負荷に及ぼす影響を推察することが可能となった。その結果、資材の消費量は1.36倍、日本の炭素排出量に占める建設分野関連の占める割合は33.8%から37.3%に増加した。

また、建設分野の環境負荷を算出するにあたって必要な、基礎的な原単位の参考値が提示出来たと同時に、産業連関表による分析の限界についても明らかにされたと考えている。

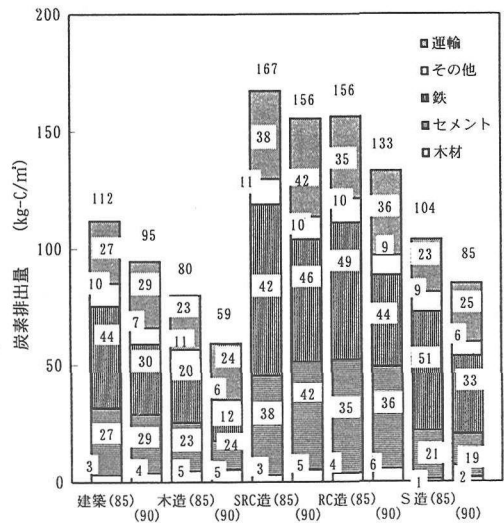


図-11 建築構造種別炭素排出量の比較

参考文献

- (1) 酒井寛二、漆崎昇 「建設業の資源消費量解析と環境負荷の推定」 環境科学情報第21巻第2号 1992年5月
- (2) 岡本英靖、酒井寛二、漆崎昇 「土木工事における炭素排出量の推定」 土木学会第1回地球環境シンポジウム講演集 1993年7月
- (3) 建築業協会(1991)「我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態」
- (4) 建築業協会(1994)「我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態」
- (5) 資源エネルギー庁長官官房企画調査課編 総合エネルギー統計 平成4年度版
- (6) 外岡 豊 (財)計量計画研究所)調査(未発表)
- (7) 漆崎昇、酒井寛二、岡本英靖 「建設資材製造時の炭素排出原単位調査」 日本建築学会大会学術講演会梗概集 1993年9月

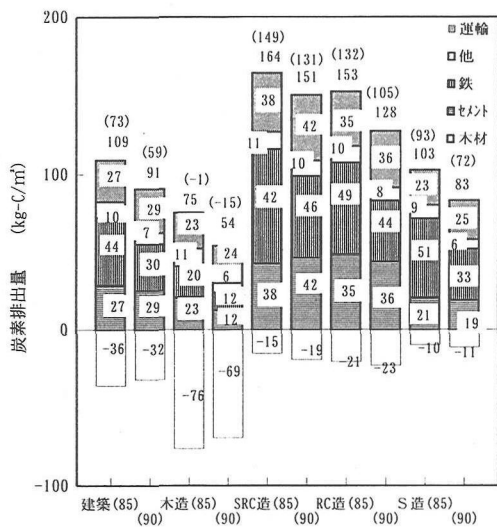


図-1 2 建築構造種別炭素排出量の比較
(木材の炭素固定を考慮)

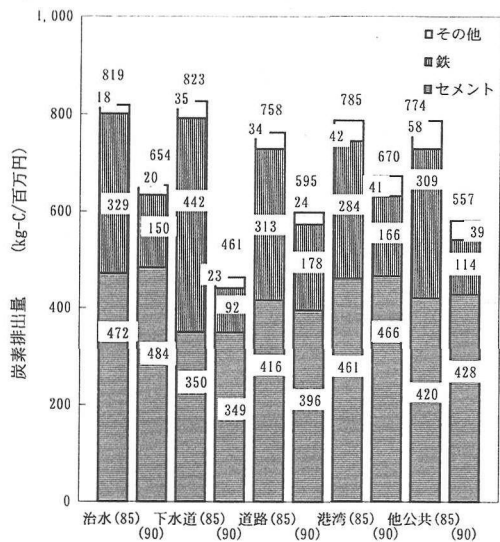


図-1 4 土木分野の単位工費当たりの
炭素排出量の比較 (その1)

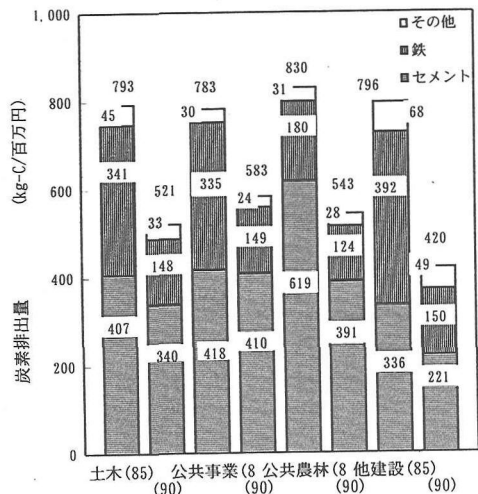


図-1 3 土木分野の単位工費当たりの
炭素排出量の比較 (その1)

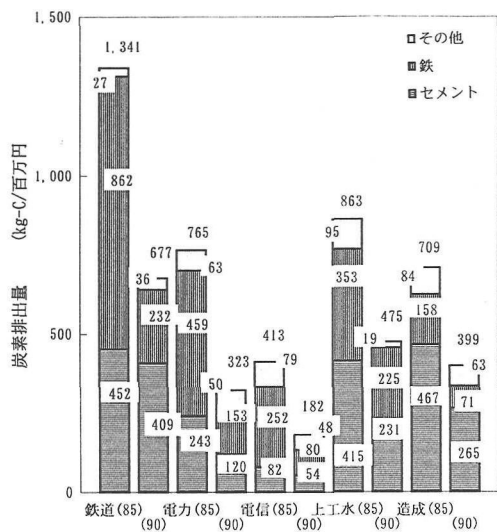


図-1 5 土木分野の単位工費当たりの
炭素排出量の比較 (その1)