

研究代表者 建設省建築研究所 河中 俊

建設省 建築研究所

第六研究部 都市計画研究室 河中 俊・林田 康孝

平成2 - 4年度合計予算額 11,611千円

[要旨] 本研究は都市開発活動に着目し、地球温暖化防止に資するため、都市分野における建設活動に直接、間接に起因するCO₂の発生について総合的に推計する手法を開発し、都市開発活動に伴うCO₂排出量削減のための対策技術とその評価手法を明らかにする目的で実施した。まず、1985年産業連関表基本表をもとに本研究の目的に適した正方441部門産業連関表を作成し、それに基づき誘発CO₂排出量の推計を行った。また、CO₂排出削減対策の導入効果検討を、セメント、鉄鋼、運輸の3項目に関して定量的に行った。

[キーワード] 建設活動、産業連関表、CO₂、セメント、鉄鋼、運輸

1. 序

今日、わが国においては、人口の約7割が都市に集中し、生産、流通、消費など高密度な社会経済活動が営まれている。近年特に活発化しつつある都市機能の集積・高度化や都市活動の広域化は、道路、下水道等の公共施設や交通施設への需要を増大させるとともに、建築物の新築・更新や新たな市街地開発を促進するなど都市開発活動を活発化させている。

現在、建設投資はGNPの約2割に及んでおり、これを充足する建設活動は大きな産業活動である。一方、建設活動の大きさに比べてその活動によって直接生ずるCO₂等の地球環境負荷は他の産業活動のものよりはるかに小さい。しかしながら、セメント等窯業土石製品や鉄骨、鉄筋等鉄鋼製品の生産あるいは建設資材輸送におけるCO₂の排出などの建設活動から間接的に環境負荷が派生している。即ち建設活動に係わるCO₂の発生については、造成や施工等の建設技術と同時に、それに係わる間接的な資材の生産や輸送事情をも総合して評価する必要がある。

2. 研究の目的

建設活動は都市において最も集中的に行われており、街路整備、公園、下水道、区画整理、再開発、港湾整備等の公共事業をはじめ、鉄道、ビル、住宅の建築・更新等の民間活動など様々な事業が展開され、都市活動全体のなかでも相当の割合を占めるCO₂の発生要因となっている。

こうしたことから、本研究においては、都市開発活動に着目し、地球温暖化防止に資するため、都市分野における建設活動に直接起因するCO₂の発生及び建設活動に関連する資材の生産・流通等を通じて間接的なCO₂の発生について総合的に推計する手法を開発し、都市開発活動に伴うCO₂排出量削減のための対策技術及びその評価手法について明らかにすることを目的とする。

3. 研究手法

本研究テーマは(1)都市開発活動全般に係わるCO₂発生量の推計、(2)CO₂発生削減対策の導入効果の検討評価、に分けられる。資材生産等の間接的な排出が大きいため、産業連関表を用いたCO₂発生量推計手法を開発し、誘発CO₂排出量とその削減可能性について検討を行った。

(1) 産業連関表による誘発CO₂排出量の推計

図-1に示すように、1985年産業連関表基本表(529行×408列)より正方化した406行406列の投入産出表を作り、うち建設部門11列について建設部門産業連関表の66列(中間計を除くと31列)×213行(基本表529行のうち建設部門への直接投入があった行のみ抽出)を用いて細分割し、建設部門を組み込んだ441行×441列の正方投入産出表を作成した。この正方441部門表を用いて(I-A)⁻¹型と(I-(I-M))A型の逆行列を作成し、誘発生産額を求めた。誘発額と誘発された生産部門でのCO₂排出量より誘発CO₂排出量を算出し、誘発元の生産額100万円当たりの誘発CO₂排出量を求めた。これより建設部門に投入された各投入要素の生産が誘発するCO₂排出量を求め、建設部門への直接投入要素別誘発CO₂排出量を推計した。

その際、鉄鋼製品の高炉転炉鋼と電炉鋼製品の割合を想定して鉄鋼製品毎にCO₂排出原単位を与え、鉄鋼製品の誘発CO₂排出量を補正した。これにより屑鉄リサイクル利用向上の排出削減効果を正確に評価できる。

(2) CO₂排出削減対策の導入効果検討

削減対策の対象としてセメント、鉄鋼、貨物輸送に係る排出について、削減の方法として、a. 建設部門の生産技術対策による投入要素の需要構造変革、b. 資材生産技術等投入要素側の排出削減対策について導入効果を定量的に検討した。

4. 研究成果及び考察

(1) 誘発CO₂排出量

図-2に示すように建設部門のCO₂誘発排出量は1.95億トン(1985年)うち都市開発分野は5.5千万トン(28%)である。建設分野に直接投入された資材の生産における誘発CO₂排出量はセメント窯業製品、鉄鋼・非鉄、機械金属、運輸からの排出が多い。間接的投入を含む誘発CO₂排出量では電力の排出も多い。

建設部門別の排出構成は図-3に示すようにいずれの部門でもセメント、鉄鋼を通じた誘発排出が大きい。土木に比べて建設では陶磁器等の窯業品や機械金属製品等、鉄鋼以外の多様な資材投入からの排出割合が大きい。

セメント排出を誘発元の建設活動別に見ると図-4に示すように土木部門が過半を占めているが、鉄鋼では建築が過半を占めている。他の窯業品、運輸については7割近くが、建築からの誘発であり、電力は土木からの誘発が多い。

建設部門に投入される主要な資材等生産要素についてCO₂排出原単位を整理して、表-1を得た。

建築の工事床面積当たり排出を住宅、非住宅、構造別に見ると図-5、6に事務所と住宅の例を示すようにSRC(鉄骨鉄筋コンクリート造)、RC(鉄筋コンクリート造)、S(鉄骨造)、木造の順となっており、低CO₂構法の選択がCO₂排出削減に寄与することを示唆している。

(2) 排出削減対策効果

① セメント

セメント消費量の削減については混和材（AE剤、発泡剤等）の利用向上等のコンクリート調合技術、プレストレスコンクリート、繊維補強コンクリート等の省コンクリート構法、柱、梁のスパンや鉄筋かぶり厚さ等の適正設計、コンクリート塊等建設廃材のリサイクルの推進、石材等代替素材利用技術の開発等による削減が考えられ、10%の消費量削減を見込み、セメント製造工程において、スラグセメント等混合セメントの生産を増大させ、CO₂排出の大きいポルトランドセメントの生産割合を削減し、全セメント生産量の35%が混合セメントになると想定した。それにより、建設部門に投入されたセメント、生コンについてあわせて23%のCO₂排出が削減される場合を設定した。

その結果建設部門のセメント関連排出のうち1.1千万t CO₂（20%）の排出削減が見込まれ、建築部門で5百万t、土木部門で6百万t CO₂、うち都市分野で3.5百万t CO₂の排出削減が見込まれた。

② 鉄鋼

鉄鋼のCO₂排出は高炉転炉製鋼法とくず鉄を原料とした電炉製鋼法では原単位が大幅に異なり、表-2に示すように高炉転炉鋼製品平均1トン当たり1913.4kg CO₂の排出（鉄鋼統計ベース）があるのに対し、電炉鋼製品では平均508.9kg CO₂となっている。

建設業で使用する鉄鋼の消費量は削減困難と見て現況のままとし、転炉鋼から電炉鋼への代替を主とするくず鉄利用率の向上によってCO₂排出の削減が期待できるものとした。すなわち建設部門産業連関表に示された建設部門別投入各種鉄鋼製品について、転炉鋼のシェアが現況の20%低下した場合を想定してその分のCO₂排出削減を見込んだ。

又、鉄鋼業での省エネルギーは既存対策技術はかなり導入されており、今後の削減余地は大きくないとされているが、残された省エネルギー対策の導入促進によって高炉転炉鋼について5%のCO₂排出が削減できるものとした。電炉は直流電炉等省エネルギーが期待される技術の普及も見込まれるが、2次精練等高級品製造のための増エネルギー要因もあるので現況のままとした。

この想定のもとで建設部門に投入される鉄鋼製品の誘発CO₂排出量は約12%削減可能であることが明らかになった。建設部門全体で3百万t、建築部門で1.4百万t CO₂、土木部門で1.5百万t CO₂、うち都市分野で1百万t CO₂の排出削減が見込まれた。

③ 運輸

建設部門で運輸交通を通じてのCO₂排出が多いのは、砂利、砂等の骨材、残土、建設廃材、セメント、鉄鋼等、重量品を主として貨物自動車で輸送している（誘発tkmの自動車の機関分担率65%）からである。

貨物輸送におけるCO₂削減の可能性として、自動車から鉄道、船舶への輸送代替を検討してみた。現況の鉄道、船舶のtkmシェアを10%増大させ、その分自動車貨物輸送が減少したとすると4%のCO₂排出減となる。さらに自動車車両の省エネ技術向上と輸送効率改善により自動車のtkm当たり排出が10%削減されることを見込むとあわせて貨物輸送の13%の排出削減が見込まれた。

その結果建設部門の運輸関連排出のうち2百万t CO₂（10%）の排出削減が見込まれ、建築部門で1.4百万t、土木部門で0.7百万t CO₂、うち都市分野で0.4百万t CO₂の排出削減が見込まれた。

以上の削減効果を総合すると、図-7に示すように建設部門全体で16.4 t CO₂、8.4%の削減が見込まれる。セメントの排出削減率が大きいので土木部門で10.0%、建築部門で7.1%の削減率となっている。

(3) 建設分野における削減対策

以上の検討から建設部門のCO₂排出削減対策として次のことが挙げられる。

- ①低CO₂構法として床面積当たりセメント、鉄鋼消費量の小さい構法を開発、優先採用する。
- ②セメント消費量の小さいコンクリート技術を開発する。
- ③骨材の供給体制及び残土の処理体制として自動車輸送 t kmの小さい体制を確立する。

研究発表の状況

河中俊他「大気汚染排出構造に関する研究(その13)産業連関表を用いた建設部門CO₂排出構造とその削減可能性の検討」『日本建築学会大会学術講演梗概集(D)』1993年9月, p. 433-434

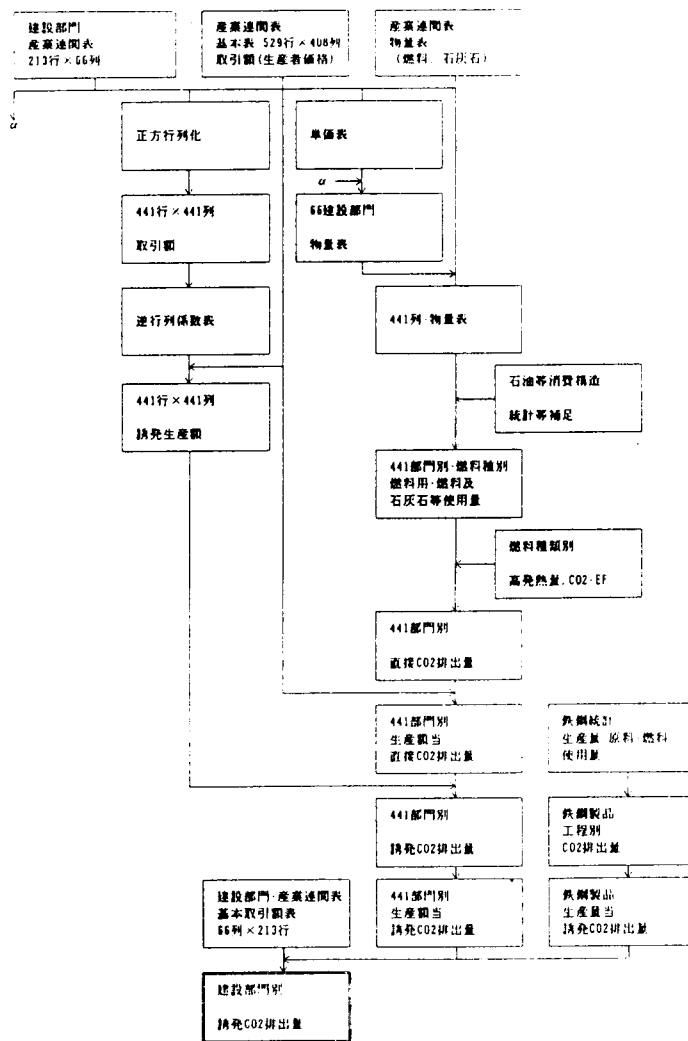


図-1 建設部門・誘発CO₂排出量の推計手順概要
(441行・441列 逆行列表及び鉄鋼製品別生産額当たり誘発CO₂排出量ベース)

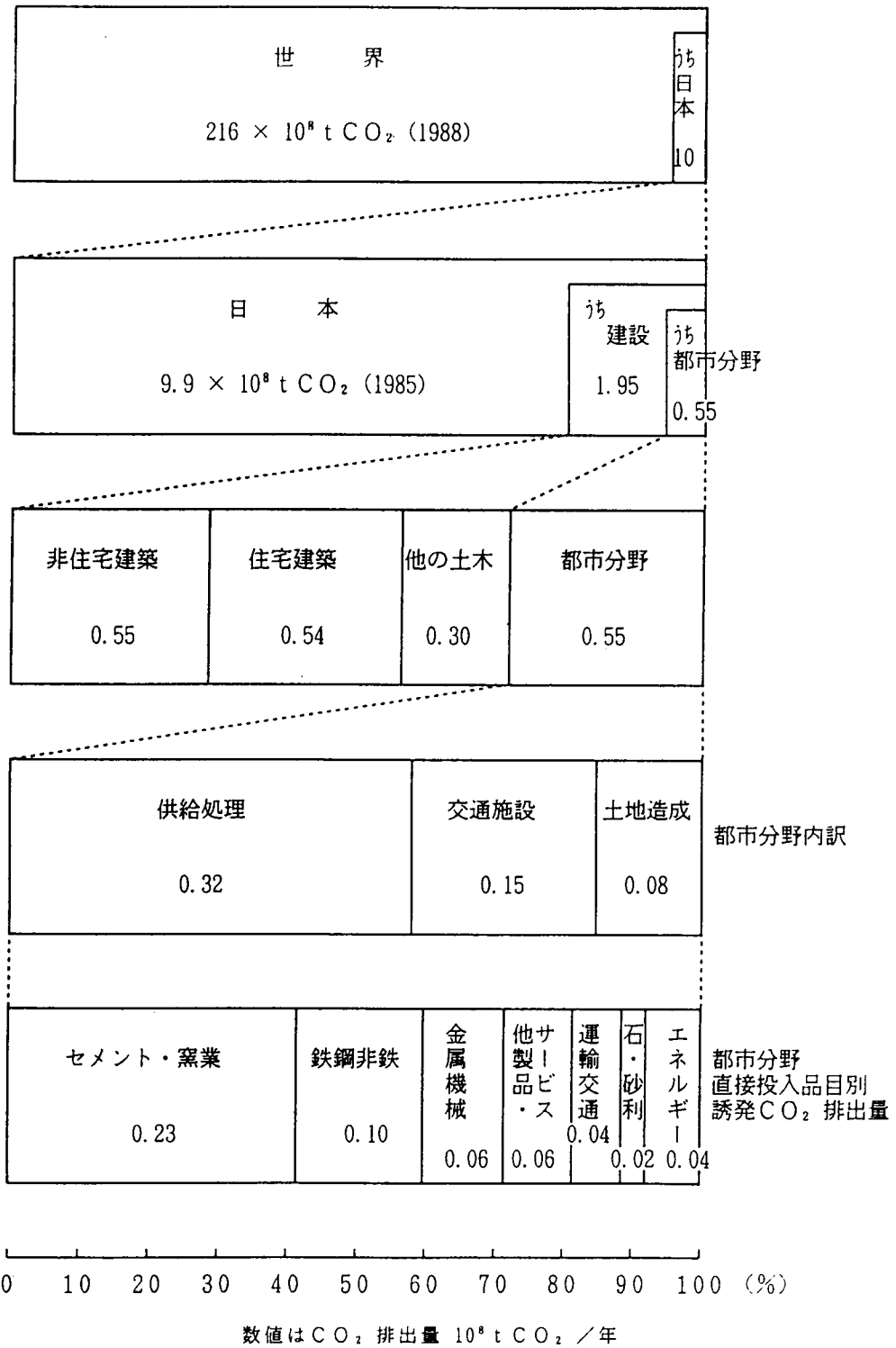


図-2 都市分野CO₂排出の位置付けと構成
産業連関表(1985年)による誘発CO₂排出量

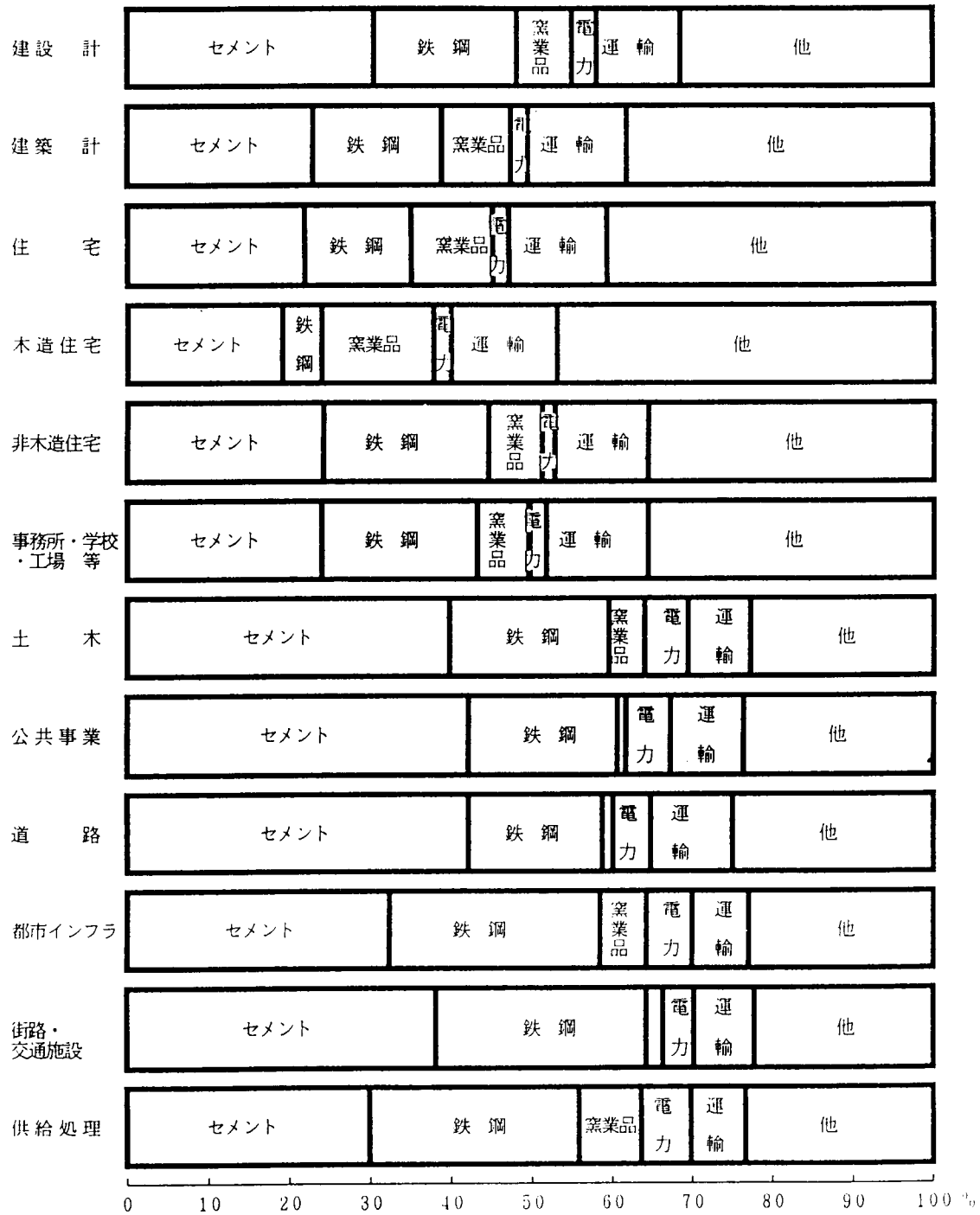


図-3 建設部門別投入資材構成

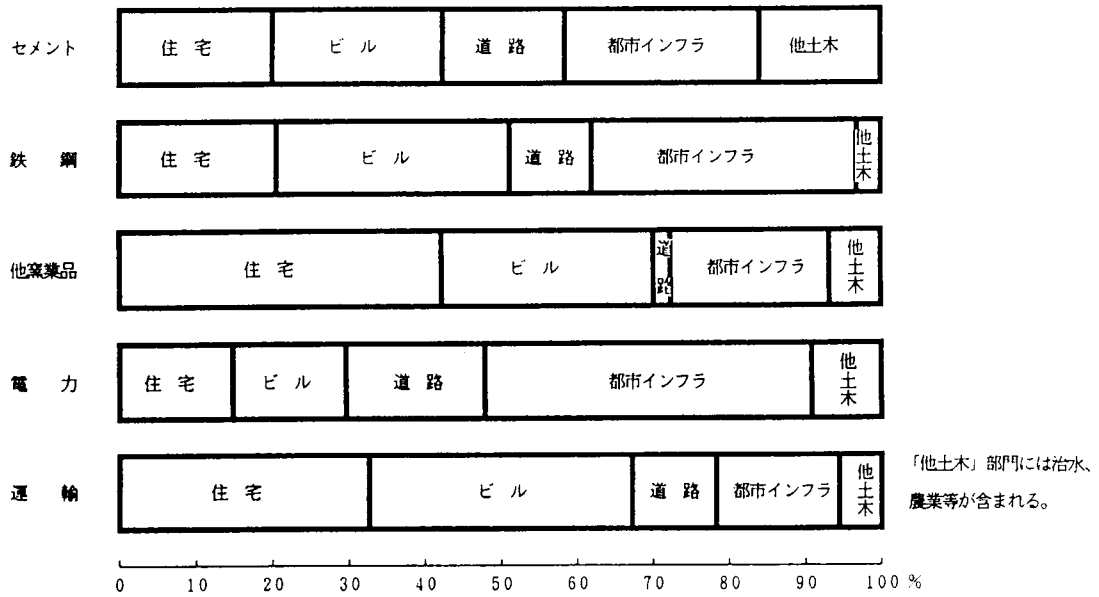


図-4 主要資材の投入先建設部門構成

表-1 生産量当たり平均誘発CO₂排出量（建設部門・主要生産要素）

部門名	a (I-A)-1表 誘発CO ₂ 排出量 kg/100万円	b=a/c		c	
		生産量当 誘発CO ₂ 排出量	単位	平均単価	単位
鉄鋼（粗鋼）	23996.1	1286.4	kg/t	53608	円/t
熱間圧延鋼材	18918.3	1489.5	kg/t	78732	円/t
セメント	77782.1	819.0	kg/t	10530	円/t
生コンクリート m ³ 当*1	19721.7	230.1	kg/m ³	11668	円/m ³
陶磁器	5480.3	782.3	kg/t	142753	円/t
耐火物	8625.7	1053.6	kg/t	122147	円/t
その他の建設用土石製品	11369.1	183.7	kg/t	16155	円/t
板ガラス・安全ガラス	6847.1	1980.5	kg/t	289244	円/t
ガラス繊維・同製品	8367.3	3704.2	kg/t	442700	円/t
アルミニウム（含再生）	12711.5	4727.0	kg/t	371870	円/t
銅	6512.2	2422.1	kg/t	371938	円/t
鉛（含再生）	12036.3	3226.5	kg/t	268063	円/t
亜鉛（含再生）	12102.2	2756.6	kg/t	227779	円/t
塗料	5474.6	1932.0	kg/t	352896	円/t
プラスチック製品	4229.6	2100.2	kg/t	496555	円/t
製材 m ³ 当*2	1706.1	86.1	kg/m ³	50453	円/m ³
合板 m ³ 当*2	2555.3	239.2	kg/m ³	93624	円/m ³
洋紙・和紙	16274.1	2955.8	kg/t	181623	円/t
板紙	17522.6	1506.9	kg/t	85999	円/t
綿・スフ織物	4133.7	806.5	kg/千m ²	195.1	円/m ²
絹・人絹織物	5850.5	1899.1	kg/千m ²	324.6	円/m ²
毛織物	4051.6	4994.1	kg/千m ²	1232.6	円/m ²
その他の織物	4255.6	2140.9	kg/千m ²	503.1	円/m ²
砂利・採石	4761.5	6.40	kg/t	1344.0	円/t
碎石	6067.6	7.82	kg/t	1289.1	円/t
道路貨物輸送	4130.2	216.9	kg/千tkm	52.53	円/tkm
自家用貨物輸送	11964.6	678.8	kg/千tkm	56.74	円/tkm

*1: 生コンクリートを重量当に換算するには比重2.4

*2: 製材, 合板を重量当に換算するには比重0.4

a: 1985産業連関表・基本表より計算。(I-A)-1型逆行列より誘発CO₂排出量を計算した。

b: 生産額100万円当誘発排出量をc欄の単価で物量単位当に換算した。

c: 1985産業連関表・物量表より計算。

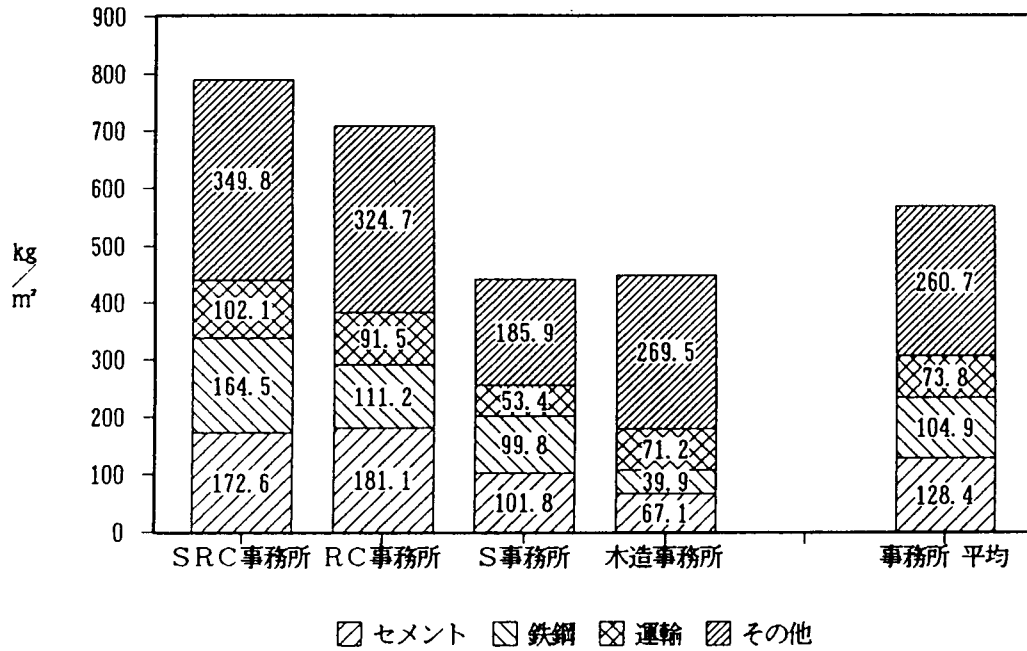


図-5 床面積当たり誘発CO₂排出量（事務所）

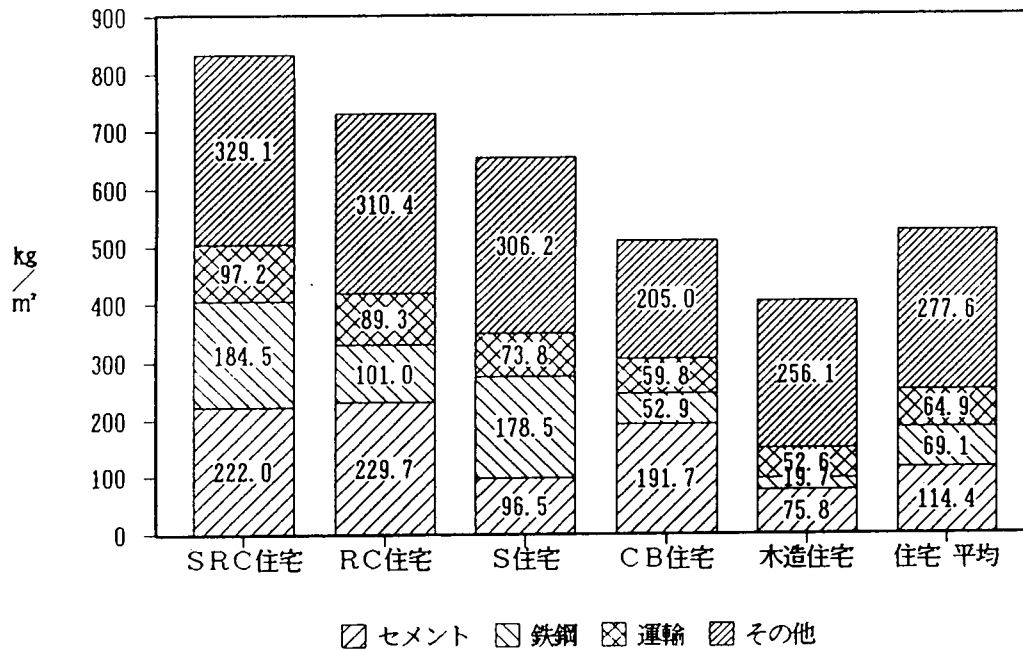


図-6 床面積当たり誘発CO₂排出量（住宅）

表-2 鉄鋼業CO₂排出量推計 1986(昭和61)年度

工程	生産量 10 ⁶ t	エネルギー 純消費 Pcal	CO ₂ 排出量 10 ⁶ t	2次熱量当 CO ₂ ・EF kg/Gcal	生産量当 CO ₂ ・EF kg/t prd.
鉄鉄生産	75	341	118	344.8	1578.7
転炉製鋼	69	-9	2	-257.4	33.6
電炉製鋼	29	14	7	511.6	244.8
粗鋼生産等	103	368	127	346.0	1240.1
圧延, 鍛造他	103	85	30	357.2	295.8
転炉鋼製品等	75	396	143	360.2	1913.4
電炉鋼製品	29	47	15	317.4	508.9
鉄鋼業計	103	443	158	355.7	1535.9

鉄鋼統計より推計。エネルギーは2次購入電力含。
 排出係数は2次燃料base、石灰石、銑鉄鉄鋼中C収支含む。
 銑鉄生産には、710704, 焼結, コークス, 発電部門含む。

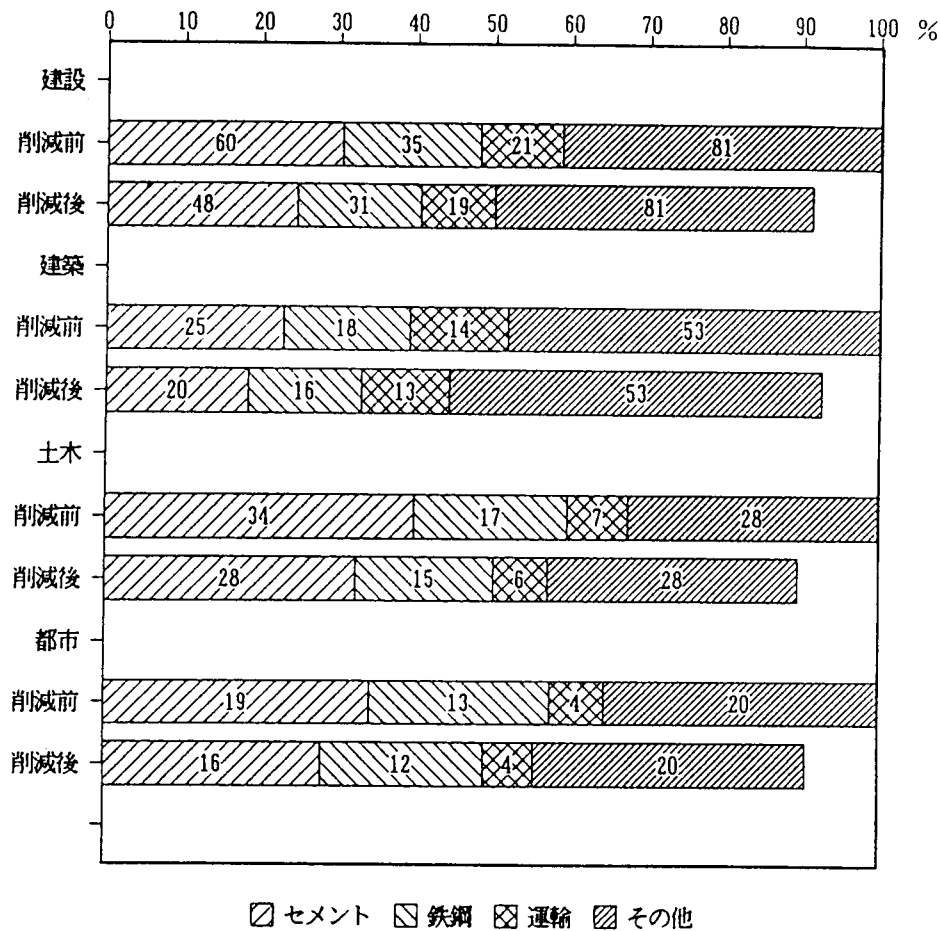


図-7 建設分野におけるCO₂排出量部門別構成比
 CO₂削減前・削減後比較 (削減前=100)

B-14. 地球温暖化対策技術の評価及び評価手法の開発に関する研究

(4) 民生・生活関連分野の温室効果ガスアナリシス、対策技術探索、個別技術評価に関する研究

① 二酸化炭素の発生アナリシスと対策技術探索、評価に関する研究

研究代表者

国立環境研究所 清水 浩

環境庁 国立環境研究所

地域環境研究グループ	交通公害防止研究チーム	清水 浩・森口祐一
地球環境研究グループ	温暖化影響・対策研究チーム	森田恒幸
社会環境システム部	環境経済研究室	青柳みどり
	環境計画研究室	近藤美則

平成2-5年度合計予算額 32,959 千円
(平成5年度予算額 9,256 千円)

<要旨>

本研究は、最近エネルギー消費の伸びが著しい民生部門の二酸化炭素（CO₂）の排出実態を明らかにした上で、排出量を抑制するための対策技術を探求し、その効果、経済性、社会的受容性等の評価を行うことが目的である。このため第一に、わが国のCO₂排出量の体系的な推定を行った。民生部門を家庭と業務に分け燃料別・用途別にCO₂排出構造を過去25年間分析し、両部門とも燃料別では電力、用途別では動力用の消費が急増したことを示した。また、エネルギーバランス表に基づく部門別・起源別のCO₂排出構造の推計方法を開発し、国内排出量全体の伸び以上に民生部門は増加し、温暖化問題に占める民生部門の重要性が増したことを明らかにした。第二に、産業連関分析を応用し、エネルギー以外の財・サービスの消費による間接的なCO₂排出を推計し、家庭の消費活動に伴うCO₂排出は国内排出量の約半分に達し過去15年間家計支出による排出が増加中なこと、収入と世帯人数の増加に伴い排出量が増加すること等を示した。さらに、家庭の消費活動に伴う排出をより広い視野から検討するため、輸入品に伴う国外のCO₂排出を推計し、最近では国内需要により輸入が拡大して国外での排出が増加していることを明らかにした。第三に、家庭でできる対策のリストアップ、社会的受容性の調査を行った結果から、家庭で実行可能な対策行動による排出削減量を推計し、国内排出量の約5%の15Mt-Cが削減可能と見積った。また、世帯属性と対策の実行度とから行動の阻害要因を分析し主婦の年齢、世帯人数や転勤の有無等が影響すること、全国消費実態調査の家計支出データを世帯属性とライフスタイルの関係という視点から分析し、大型冷蔵庫や大型テレビの保有率の増加がエネルギー消費量の増加に大きく影響すること等を明らかにした。第四に、鉄を例にマテリアルフローを明らかにし、資源リサイクルによるCO₂の削減ポテンシャルを把握し、リサイクル率向上の余地はあるが消費財に含まれる鉄は全生産量の1割程度であり、資本財からのリサイクルを重視すべきことを明らかにした。

<キーワード> 二酸化炭素、省エネルギー、ライフスタイル、家計消費、アンケート調査

1. 序

地球温暖化は不確実性を残しながらも、来世紀に現実に起こる可能性の高い問題として認識されるようになり、その防止に向けた取り組みが本格的に検討されるようになってきた。日本政府は1990年10月、地球温暖化防止行動計画を策定し、2000年以降の二酸化炭素排出量を1990年レベルで安定化させるという具体的目標を立て、国際的にも1992年6月の地球サミットにおいて気候変動防止のための枠組み条約が締結され、1994年3月に発効した。温暖化防止に向けて温室効果ガス排出削減のための具体的対策に着手すべき時期に来ているが、代表的な温室効果ガスである二酸化炭素は、現代社会のすみずみで消費されている化石燃料から排出されるため、これを削減する対策はきわめて多岐にわたり、どこから着手すべきかを判断するための知見が十分に蓄積されていないのが現状である。

2. 研究目的

このような状況下では、数多くの対策技術について、温室効果ガスの削減効果の定量化をはじめ幅広い観点からの評価を行い、具体的な行動に移すための知見を早急に集積する必要がある。そこで本研究課題では、課題全体の目的として、エネルギー転換・製造業、都市・交通、民生・生活、農業の各活動分野ごとに、対策技術のリストアップと有効な対策技術を見いだすための評価手法の開発を進めるとともに、こうした分野別の個別評価を総合化するためのモデル開発を目指している。本サブテーマはこのうち民生・生活分野における二酸化炭素排出削減のための対策技術とその評価手法に関する研究を行うものである。

3. 研究方法

本研究課題では、個別分野ごとの対策技術評価の共通的手順として以下のような方法を適用している。まず第一に、対策技術を適用すべき対象を明らかにするために、どこから、あるいはどのような目的の活動のためにどれだけの温室効果ガスが排出されているかを体系的に把握する（温室効果ガスアナリシス）。第二に各分野において有効と考えられる既存の技術、あるいは新たに開発すべき技術を同定する（対策技術の探索）。第三にこれらの技術について、温暖化防止の効果のほか、経済性、技術的困難度、社会的受容性などの幅広い視点からの評価を行う。

初（平成2）年度は、温室効果ガスアナリシスを中心に研究を進め、家庭部門、業務部門について、燃料種別および用途別に二酸化炭素（以下、CO₂と略記する）排出量を過去25年間について推計し、その構造の変化を分析した。第2（平成3）年度は、わが国の部門別・起源別にCO₂排出量の推計を行い、民生・生活分野の位置づけを明らかにするとともに、産業連関分析の応用により、エネルギー以外の財やサービスの消費による間接的なCO₂排出量の推計を行った。また、対策技術の探索および評価に着手し、家庭で実行できると考えられる対策項目のリストアップ、社会的受容性の調査、対策が実行された場合のCO₂排出削減量の推定を行った。平成4年度は、平成3年度までの調査研究成果を踏まえ、産業連関表を用いた最終需要別のCO₂排出構造分析をより詳細に行い、とくに家計消費支出に伴うCO₂排出構造の分析に力点をおいた。また、これを家計消費実態調査データと結び付けることにより、家計消費支出と世帯の属性との関係の分析に着手した。さらに、平成3年度に行った家庭で実行できる対策行動について、社会的受容性を考慮した上でのCO₂排出削減可能量の試算を行うとともに、対策行動の実行を阻害する要因の分析、

世帯の属性と実行可能度の関係の解析を行った。

最終（平成5）年度はまず、産業連関表を使って平成4年度までに行った分析を拡張し、輸出入の影響を考慮したCO₂排出構造の分析を行った。日本に輸入される財が日本国内と同じエネルギー効率・生産構造で生産されたと仮定するモデルを用いて、日本への輸入財の生産に伴う海外での排出分を算出した。一方、国内で排出される量のうち、海外への輸出需要に伴う排出量をも算出し、輸出入に伴う排出量を比較した。また、民生部門での対策については、全国消費実態調査による家計の消費支出データを世帯の属性別に詳細に分析し、一般家庭におけるエネルギーの消費要因をライフスタイルの関係という視点を交えながら解析した。さらに、資源リサイクルによるCO₂排出削減効果を推定する目的で、わが国の鉄の材料フローの分析を産業連関表を利用して行った。

4. 結果および考察

（1）わが国の部門別・起源別CO₂排出量と民生部門の位置づけ

①わが国の部門別・起源別CO₂排出量

エネルギーバランス表を基にした部門別・起源別のCO₂排出量の推計方法を開発した。1990年度のわが国のCO₂排出量は、燃料起源のものが292Mt-C（炭素換算百万トン）、石灰石起源および廃棄物起源のものを加えた排出総量が317Mt-Cと推計された。民生部門からの直接排出量は34Mt-Cであり、燃料起源計の12%、排出総量の11%を占める。これに、民生部門での電力消費に伴う火力発電所からの排出分37Mt-C、送電ロス相当分および石油製品の精製に要するエネルギー相当分8Mt-Cを加えた79Mt-Cが民生部門でのエネルギー消費による直接・間接排出量であり、燃料起源の排出量合計に占めるシェアは27%である。なお、一般廃棄物焼却による排出8Mt-Cを民生部門のものと解釈して加算すれば、排出総量に占めるシェアは28%となる。こうした部門別排出量の計算を過去25か年にわたって行った結果を、GDPの推移とともに図1に示した。

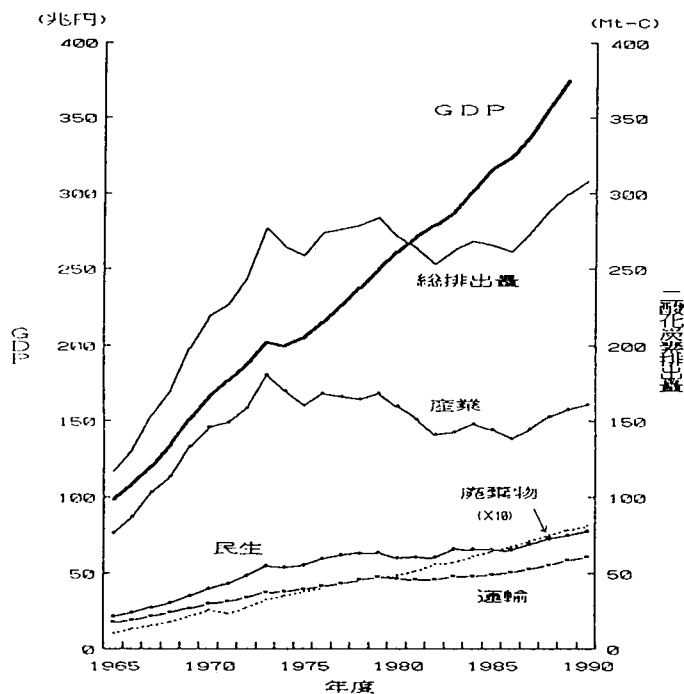


図1 部門別CO₂排出量とGDPの推移

オイルショック以降、産業部門からの排出が横ばいないしやや減少傾向にあったのに対し、運輸部門および民生部門の排出量は第2次オイルショック後の石油価格高騰時を除き、GDPとほぼ連動して増加していることが読み取れる。こうした中で民生部門の排出はシェアにして16.8%から22.6%へと約6%増加し、温暖化問題に占めるこの部門の重要性が増したことを示している。

②民生部門からのCO₂排出量の推移

民生部門からのCO₂排出量は年々増加しており、1965年度において約20Mt-Cであったものが、

1989年度には約66Mt-Cと約 3.3倍にもなった。更に、直接燃料消費による CO₂排出量と電力使用による間接的 CO₂排出量の比が1965年度は 2.4 : 1であったものが、1989年度には 1 : 1 近くにまで大きくなっており、電力使用に伴う CO₂排出量が大きな伸びを示している。表 1 に示す通り、原子力発電のシェアの拡大等により、電力の CO₂排出係数が低下してきたにもかかわらず、電力消費の大幅な増加が排出増につながっていることになる。

表 1 二次エネルギー製品の排出係数

会計年度 (FY)	単位(t-C/TOE)	
	都市ガス	事業用電力
1965	1.0516	1.5806
1970	0.9520	1.7501
1975	0.7730	1.5949
1980	0.6865	1.3704
1985	0.6249	1.2128
1990	0.5835	1.2128

民生部門はさらに家庭部門と業務部門に分かれる。家庭部門の CO₂排出量を用途別・燃料種別に求めたものを図 2、3 に示す。家庭部門からの CO₂排出は増加傾向にあり、1989年度は35.7Mt-Cであった。図 2 から用途別では、1965年度には給湯、暖房、動力（照明等を含む）、厨房の順であったが、1989年度には動力、給湯、暖房、厨房と変化したことが分かる。また、いずれの用途においてもその排出量は増加の傾向が見られ、特に動力の伸びが著しい。最近の給湯の増加も含め、多種多様な電化製品が家庭に入ってきたこと、ライフスタイルの変化などがその一因と考えられる。図 3 の燃料種別にみると、1965年度は石炭、電力、都市ガス、灯油の順であったが、1989年度には電力、灯油、LPG、都市ガスと変わった。燃料としては石炭が激減し、灯油、電力、LPGの消費量が、かなり伸びている。特に電力の伸びは注目に値する。

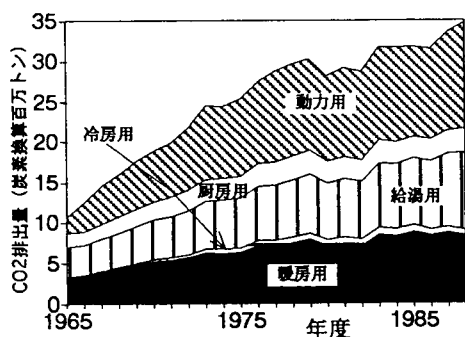


図 2 家庭部門の用途別CO₂排出量の推移

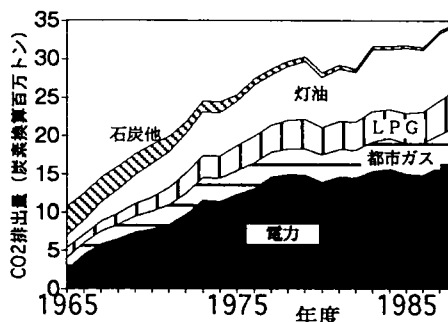


図 3 家庭部門の燃料種別CO₂排出量の推移

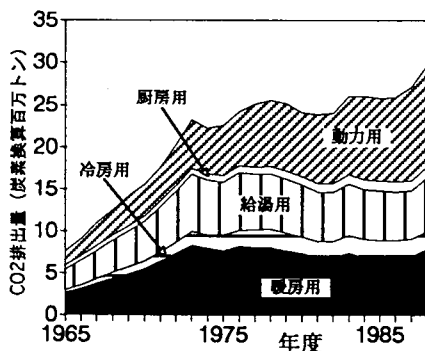


図 4 業務部門の用途別CO₂排出量の推移

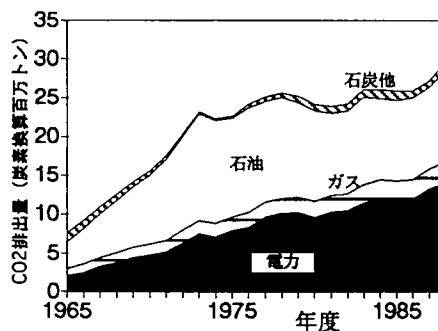


図 5 業務部門の燃料種別CO₂排出量の推移

業務部門の燃料消費による CO₂排出量もやはり増加傾向を示し、1989年度において30.7Mt-Cの排出量であった。用途別・燃料種別の CO₂排出量の推移を図4、5に示す。図4の用途別に見ると、1965年度は暖房、給湯、動力、厨房、冷房の順であったが、1989年度には動力、暖房、給湯、冷房、厨房と変わり、動力用途の構成比は22%から40%と特に増加した。ビル内のO A化や空調設備の設置、またコンビニエンスストアやファミリーレストランなど営業時間の長い店の増加も、動力用に消費される燃料からの CO₂排出量の増加の一因と考えられる。図5の燃料種別では、石油は1970年度前後は約5割を占めていたが、1985年度には約4割まで減少した。ガス、石炭などは増減を繰り返しているが、電力のみ一定の比率で増加する傾向が見られる。電力は1983年度に CO₂排出量において石油を追い抜き、1989年度には業務用燃料消費によるCO₂排出の過半を占めた。

(2) エネルギー以外の財の消費による間接排出量の推計

民生部門においては、燃料の消費により直接排出している CO₂以上の量を電力消費を通して間接的に排出していることを明らかにした。日常生活において、エネルギー以外の消費財を大量に利用していることを考えれば、これらの財の購入を通して間接的に排出されている CO₂にまで目を向けることがこの部門での対策を講じる上で重要である。

こうした分析を行うには、個々の商品ごとに利用された原材料や生産プロセスを調査し、それに消費されたエネルギーを加算する積み上げ法と、業種間の財やサービスのやりとりを記述した産業連関表をもとに、業種ごとに単位生産金額あたりの直接・間接エネルギー消費を求める産業連関分析法の二通りの方法がある。図6は、どのような最終需要が CO₂排出と結びついているかを1985年の408部門産業連関表により解析した結果であり、民間消費支出が約半分を占めることが示されている。灯油や都市ガス、マイカーのガソリンなどの直接燃焼分と電力消費による間接排出の合計が全排出の約20%を占め、

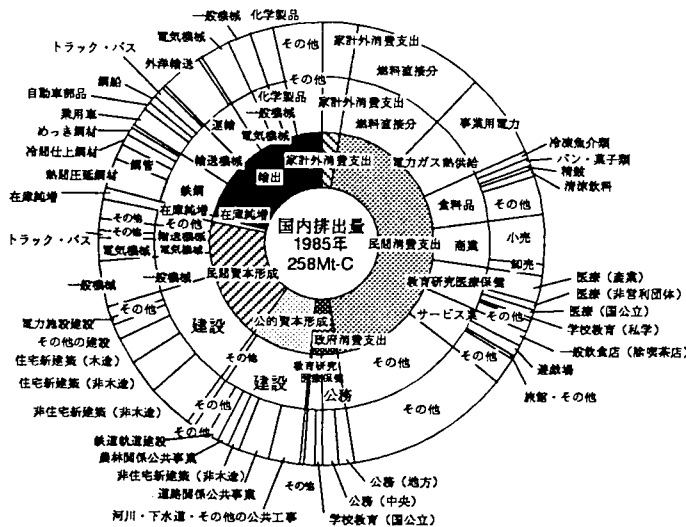


図6 最終需要からみたCO₂排出の内訳

それ以外に全排出の約30%に相当する量が日常生活でのエネルギー以外の財やサービスの消費に伴って排出されていることになる。図の3重の円グラフの中間の環はどの業種からの財の購入を通して CO₂排出に寄与したかを29分類で示している。たとえば、「運輸」には公共交通機関や宅配便のトラックの燃料、「食料品」には農業機械、ビニールハウスの燃料消費や食品工場での電力消費を意味する。また、外側の環は中間の業種を408分類で表したものである。

また、昭和50-55-60年の接続表および1990年の延長表を用いることにより、1975年から1990年までの5年おき4時点の排出構造の変化の分析を行った。図7は、最終需要からみた排出構造の経年変化を示したものである。1985年から1990年にかけて排出量が急増していること、輸出のための排出が減少し、国内需要のための排出が増加していること、民間消費支出による排出量が増

加を続けていることなどが読み取れる。さらに、同じ時点での輸出入に伴うCO₂量を分析した結果を図8に示す。1975年から1985年の間は、日本から輸出される財の生産のための国内排出が、日本に輸入される財の生産のための国外における排出を上回っていたが、1990年には逆転した。これは、鉄鋼など生産時の

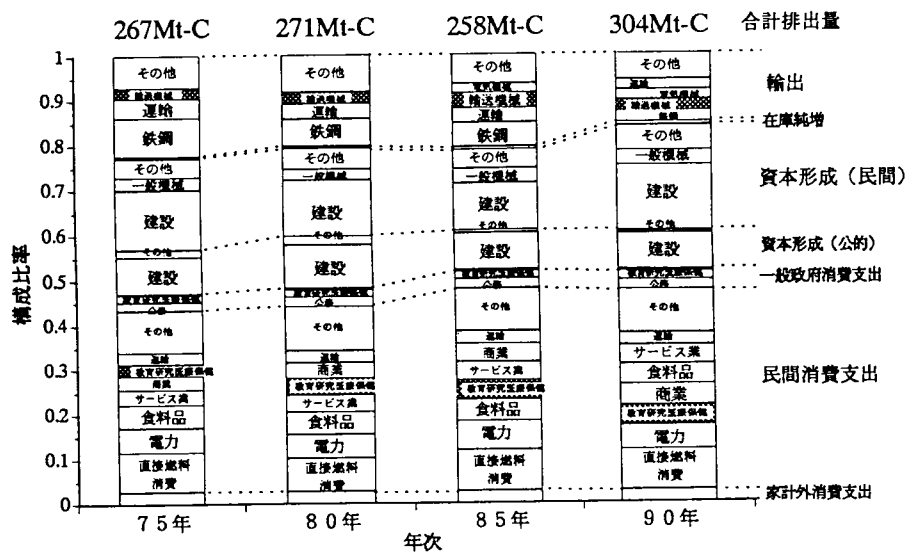


図7 最終需要から見たCO₂排出の経時変化

エネルギー消費の多い財の輸出が減る一方、輸入が拡大したことによる。国内と国外での製造業におけるエネルギー効率の差異を考慮すれば、日本への輸入品のための国外での排出はこの分析結果をかなり上回ると推定される。エネルギー多消費産業が国外に移転すれば、国内のCO₂排出は減っても、地球全体の総排出量はむしろ増加する懸念（いわゆる“Carbon Leakage”）が指摘されているが、この分析結果も対策の実施にあたってこうした視点を考慮に入れるべきことを示唆している。

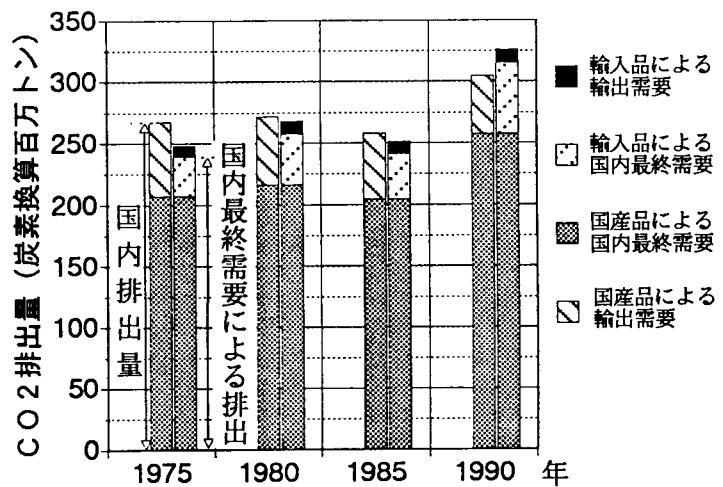


図8 輸出入品に伴うCO₂排出量の大きさ

(3) 家計消費支出に伴うCO₂排出構造の分析

産業連関表を用いた最終需要別の分析のうち、民生・生活部門に直接関係する、家計消費支出による排出構造をより詳細に分析した。まず、産業連関表データと家計消費実態調査データ等の統計資料とが整合するよう、これまで用いてきた生産者価格基準での排出強度に、商業マージンおよび国内貨物運賃相当分を加え、購入者価格基準での排出強度を求めた。図9は、縦軸に家計消費支出の部門別の金額、横軸に単位金額あたりの直接・間接のCO₂排出量（総排出強度）をとったもので、長方形の面積が各部門の財やサービスの消費に伴うCO₂排出量を表す。図9から、ガソリン、都市ガス、電力などのエネルギー関係費は、支出金額ではわずかでも排出量は大きいこと、一方、食料品や衣服、教育・医療といった費目は、排出強度は大きくないが、支出金額が大きいために、排出量はかなりの割合を占めることなどが読み取れる。こうした分析を各家庭の家計簿にあてはめれば、「CO₂家計簿」を作成することができ、暮らしの中でのCO₂排出を自ら把握

して、対策を考えることが可能となる。

また、この結果を家計調査年報の世帯毎の家計支出データと組み合わせることにより、世帯類型と家計の消費パターンとの関連について検討した。その結果、収入の上昇、世帯員数の増加に伴い CO₂排出量は増加するが、世帯主の年齢は排出総量にはそれほど影響ないことがわかった。ところが、個別に見た場合その状況は一変し、世帯主の年齢も少なからず影響する。光熱水費については、収入が増加しても一人当たりに直すとほぼ一定となる。世帯員数では世帯員が増えても、総排出量はそれに比例して増えず、世帯員一人当たりの排出量は激減する。世帯人数別の CO₂排出量を世帯員一人当たりに直した結果を図10に示す。8人以上の世帯の一人当たり排出量は2人世帯の約4割に過ぎないことが分かる。また、交通・通信の場合は、収入の増加に大きく関連するが、世帯員数にはあまり影響されない。

(4) 家庭で実行できる対策行動の効果

とその阻害要因の分析

① 対策のリストアップ

以上の温室効果ガスアナリシスの結果を参考にしつつ、日常生活において実行可能性のある対策をリストアップし、家電製品の省エネ、ライフスタイルなどに関する56項目にまとめた。これらの項目の実行可能性を調査するため、関東地方の2都市の1000世帯を対象に郵送によるアンケート調査を行い、60%近い回収率を得た。図11は56の対策項目に対する実行可能性の回答結果を示している。蛍光灯の使用など、既に実行しているとの回答が過半を占める項目もあるが、全体としては取り入れられる、一部取り入れられるとの回答が多い。反面、自家用車やタクシーの相乗りのように、ほとんどできないとの回答率の高い項目もあった。

② 対策行動の効果の推定

一方、こうした項目が実行された場合に、CO₂排出がその程度削減可能かを推定した。その方法は項目により異なるが、例えば家電製品や暖房器具等の消費については節約されるエネルギー量から、耐久消費財については耐用年数を考慮した生産時の消費エネルギーとランニングエネルギーから、使い捨て商品の不買やリサイクルなどの行動については、日本全国の消費量の変化から推算を行った。実行された場合の排出削減効果が高い項目としては、自家用車の使用の抑制、

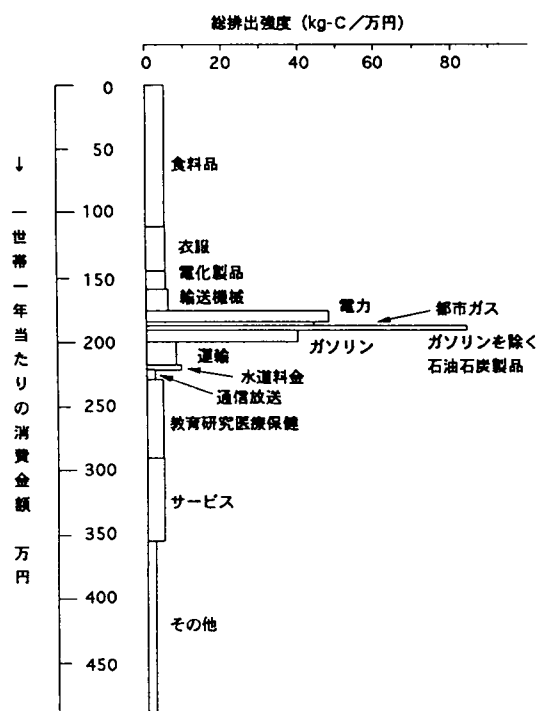


図9 家計消費支出によるCO₂排出構造

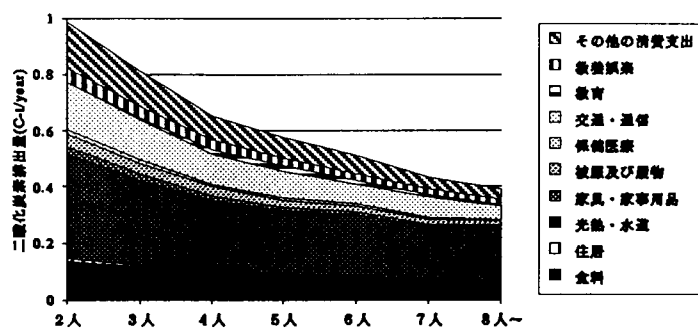


図10 世帯人数別CO₂排出量（一人当たり）

自家用車の燃費・排気量の考慮、断熱に配慮した住宅の建設、太陽熱温水器の利用などが挙げられた。つぎに、これらの結果を組み合わせ、23項目について実行可能性を考慮した排出削減量を計算し、図12のようにまとめた。削減可能、一部削減可能、削減不可能とは、各々、対策を実行できる、一部実行できる、実行できない、との回答者に相当する。「実行できる」に相当する削減量は合計で約6 Mt-C、日本の全排出量の約2%であり、「一部実行できる」とした者がすべて実行した場合を加えると約15Mt-C、全排出量の約5%が削減可能と試算される。効果が大きいのは、自家用車の使用に関する項目および住宅設備に関する項目であった。

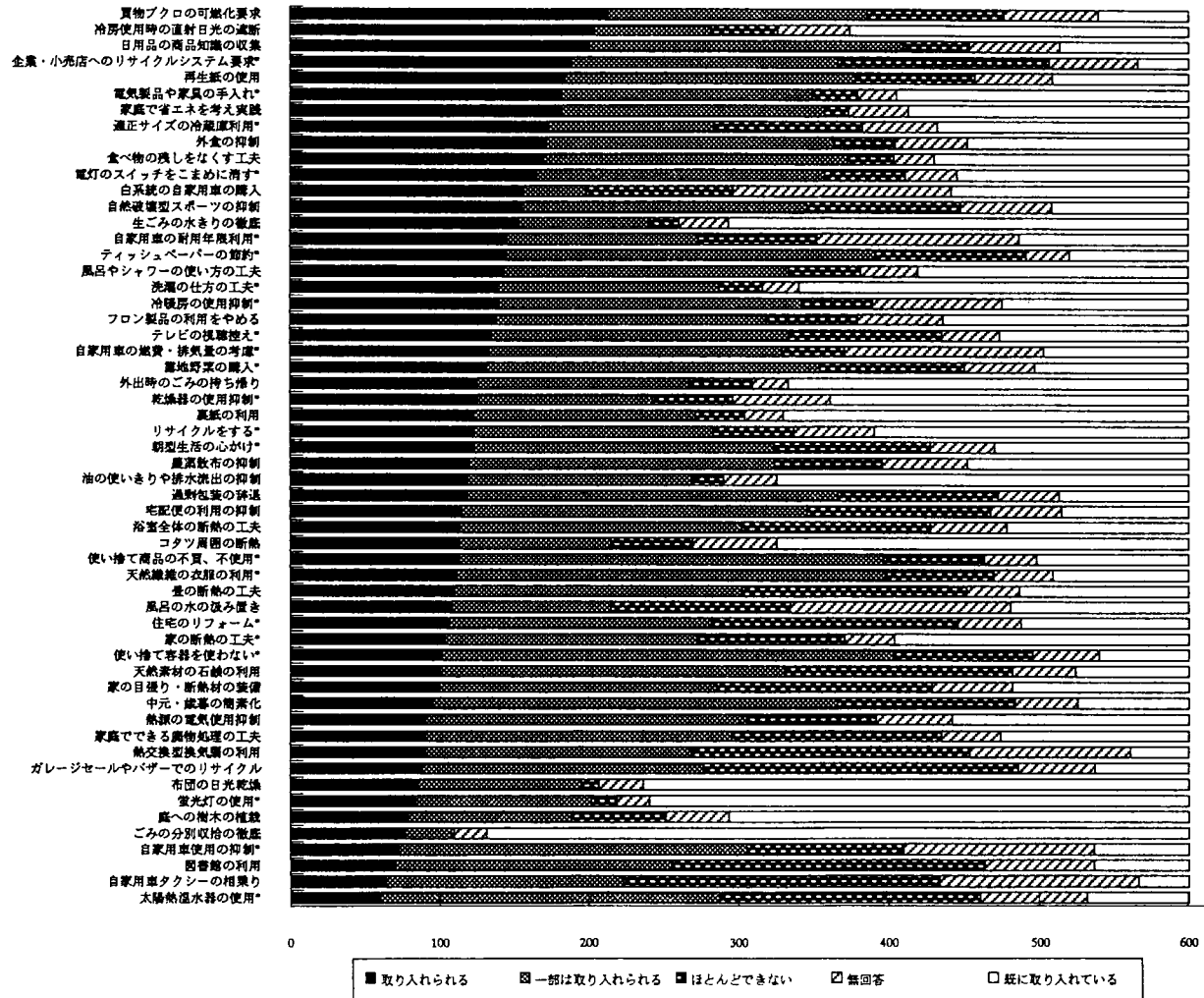


図11 CO₂排出削減行動56項目の実行可能性の回答結果

③ 対策の阻害要因の分析

こうした対策行動の実行を阻害する要因を明らかにするため、7つのグループに分類した対策項目と、10種類の阻害要因およびこれらを因子分析により集約した4つの要因との関係を分析した。実行された場合の効果の高い項目についてみると、家屋の断熱については費用や個々の住宅