

## 地域を対象とした環境資源勘定体系の構築に関する研究

谷川, 寛樹

<https://doi.org/10.11501/3175087>

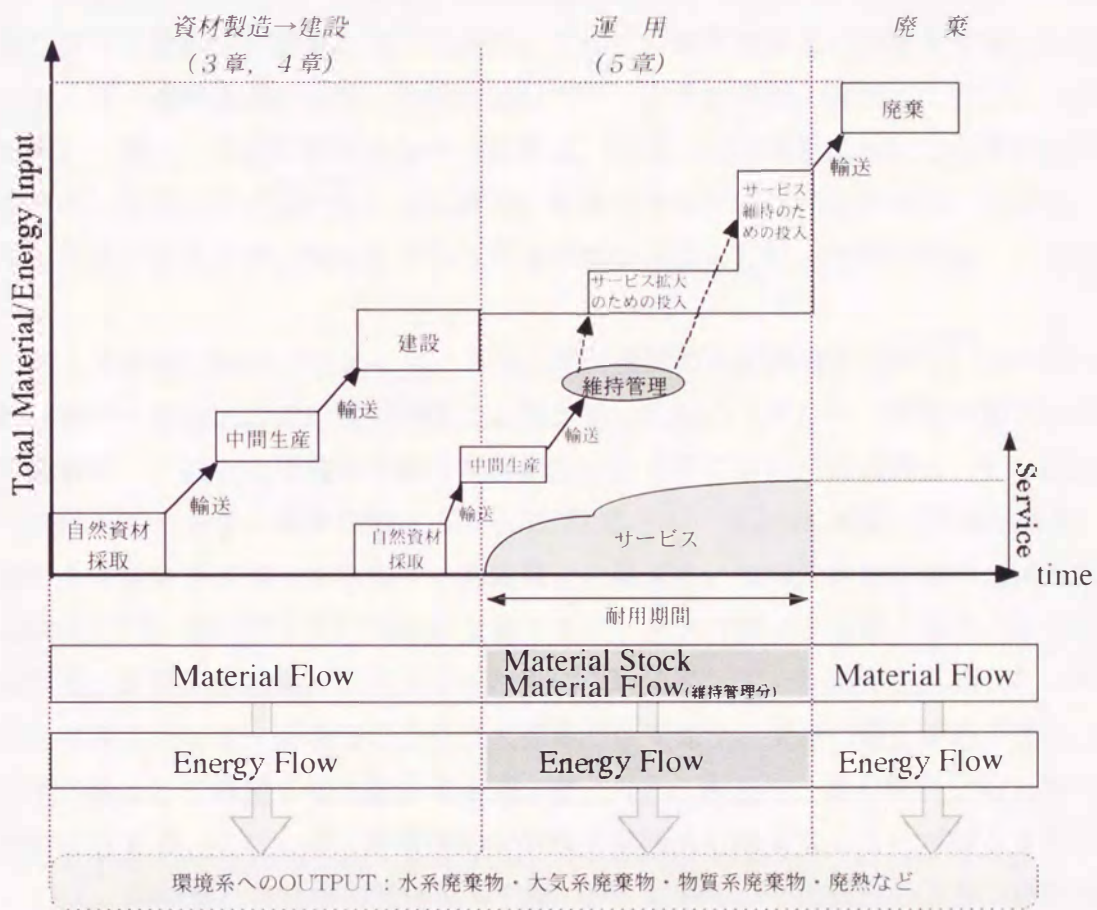
---

出版情報 : 九州大学, 2000, 博士 (工学), 論文博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第5章 家庭レベルでのマテリアルフロー分析

### 5.1 はじめに

前章では都市整備時における物質投入量と隠れたフローについて、住宅団地建設をケーススタディとして取り上げ、定量化を行った。その推計で対象としたステージは、原料採取から資材製造、建設までであった（図5-1）。本章では、住宅団地建設後の運用段階における物質・エネルギー投入量について、家庭レベルで定量化することを目的とする。家庭レベルで詳細な分析を行うためには、居住地区の周辺環境や家族構成



本章における算定・評価対象ステージ

表5-1 本章における評価対象ステージ

といった世帯属性、環境配慮意識等を考慮することが必要となる。そこで、本章では、まず、既存資料、統計データを用いて一般的な家庭の物質・エネルギーの投入動向を整理し、さらにアンケート調査を行いライフスタイルや意識等を考慮した家庭におけるエネルギー投入量（消費量）を分析する。

近年、我々のライフスタイルは節約型から環境負荷の大きい消費型へと変化している<sup>1)</sup>。世界的な課題であるCO<sub>2</sub>排出量の抑制・削減のために、エネルギー消費と密接に結び付いている我々のライフスタイルを見直すことの重要性が指摘されている。このためには、家庭のエネルギー消費構造や、ライフスタイルを規定する都市熱環境について把握する必要があるが、既に多数の調査、研究が行われている<sup>2) 3) 4)</sup> (1.2.3参照)。これらの調査・研究によって、単位床面積、家族数当たりのエネルギー消費量や地域による家庭のエネルギー消費量の差、都市の熱環境の実態が明らかにされつつある。しかし、各家庭のエネルギー消費は、都市の地理的位置、住居の周辺環境、エネルギー消費に対する意識等の影響を受けており、これらの影響要因との関連を考慮した詳細なエネルギー消費構造の把握・分析については、従来の調査・研究ではまだ不十分な点も多い。特に、各家庭のエネルギー消費は、冷房・暖房需要において住居地区周辺の熱環境に影響を受けていることは容易に想像できるが、それらが住民の意識やエネルギー消費とどのように関係しているかを詳細に調査・分析した例はほとんど見られない。

こうした問題の分析のためには、エネルギー消費の実態調査と同時に、都市内の地理的位置や居住地区の周辺環境特性による影響、家庭のエネルギー消費に対する意識等を調査し、これらの諸情報の関係を詳細に分析することが必要である。そこで、本章におけるエネルギー消費に関する分析では、都市内の各地点、地区の熱環境特性、各家庭のライフスタイルとエネルギー消費量との関連性について定量的解析を試みた。

具体的には、福岡市と大野城市の2都市をケーススタディー対象として、居住地区の熱環境と環境配慮意識、エネルギー消費についてアンケート調査を実施した。調査地選定にあたっては、福岡市のような大都市だけではサンプルに偏りがあるため、中小都市の例として隣接する大野城市を選んだ。なお、同市は、海岸線から約12kmと内陸に位置する。このため、熱環境的な特性も福岡市とは異なることが報告されている<sup>5)</sup>。また、熱環境との直接的関係はやや薄いだが、エネルギー消費量のうちの自動車用ガソリンの消費特性において福岡市とは大きな差がある。以上のような理由から福岡市の調査と対照させるためにここを選んだ。



アンケートによって得られたデータについては、まず、世帯属性を類型化し、類型化した世帯ごとにエネルギー消費への影響を調べた。次に、数量化理論第III類を用いて、各家庭を「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャスゆとり型」、「エココンシャス型」の4つに類型化し、各分類型について、ライフスタイルとエネルギー消費の関係を分析した。また、環境配慮意識と周辺環境を説明変数、エネルギー消費を被説明変数として、多変量解析により各変数の関係を定量的に解析した。

## 5.2 一般家庭における物質・エネルギー投入量

住宅における物質、エネルギー投入量については、ライフサイクルエネルギー(LCE)を推計する過程において、基礎データとして用いられ、すでに「家庭生活のライフサイクルエネルギー(資源協会, 1994)」<sup>6)</sup>の中で詳しく報告されている。これらのデータをもとに、統計調査、ヒアリング調査のデータを加え、モデル家庭におけるマテリアルフローの集計を行った(表5-1, 表5-2, 図5-2)。

### 5.2.1 モデル家庭の概要と推計方法

資源協会ではライフサイクルエネルギー(LCE)推計の際、モデル家庭を以下のよう

- ・家族数：4人
- ・家族構成：世帯主・妻・長男・長女
- ・収入：年収700万前後
- ・住宅：2×4戸建住宅、耐久年数30年、延床面積100m<sup>2</sup>

資源協会による推計では、ライフサイクルエネルギーの定量化を念頭に置いたものであるため、いくつかの項目で、物質量のデータを用いず、直接エネルギーを推計している項目がある。ここで、物質量の設定を行っていないものは、主に耐久消費財である。住宅の重量を除くと、耐久消費財は、家庭における物質総重量の中でも大きな割合を占めると考えられる。そこで、本章では、資源協会のデータに、物質量の推計を補うことで、家庭におけるマテリアルフローの推計を行う。

家庭における耐久消費財について、その単位重量と普及率をまとめたものを表5-1に示す。ここで、耐久消費財の普及率は、経済企画庁の調査値<sup>7)</sup>を用い、耐久消費財の単位重量は、メーカーのカタログ値、またはメーカーへのヒアリングによる値を用



第5章 家庭レベルでのマテリアルフロー分析

表5-1 耐久消費財の単位重量と普及率

分類	品目	重量(kg)	普及率	1世帯あたり(kg)	メーカー名・品番など	消費電力		
設備器具	システムキッチン	175	0.273	47.775	ヒアリング			
	太陽熱温水器	110	0.236	25.960	"	4.5kWh/日		
	給湯機(ガス瞬間湯沸器を除く)	60	0.506	30.360	"	3100kcal/h		
	浄水器(購入価格が10万円以上)	24.0	0.068	1.632	"			
	洗髪洗面化粧台	70	0.374	26.180	1m50cm			
	温水洗浄便座	6.0	0.150	0.900	松下CW251.250	45W		
家庭用耐久財	家事用耐久財	電子レンジ(電子レンジを含まず)	16.5	0.907	14.966	東芝ER-S8	1250W	
		自動炊飯器(遠赤差IH型)	4.0	0.798	3.192	東芝RCK-10BG	1100W	
		自動食器洗機	21.1	0.107	2.258	松下NP820	1200W	
		ガス瞬間湯沸器	6.2	0.412	2.554	リナックスRUS-S1GT		
		電気冷蔵庫、内容積300ℓ未満	49.0	0.553	27.097	三菱MR-V38S	26kWh/月	
		電気冷蔵庫、内容積300ℓ以上	80.0	0.640	51.200	三菱MR-23R	43kWh/月	
		電気掃除機	4.2	0.989	4.154	松下MC-S150XM	1000~200W	
		電気洗濯機、全自動式	41.0	0.567	23.247	東芝AW-C70VP	500W	
		電気洗濯機、その他	25.0	0.575	14.375	東芝VH-M50	235W、140W	
		衣類乾燥機	22.0	0.334	7.348	東芝ED-C50H	1200W	
		電動ミシン	8.5	0.764	6.494	ヒアリング		
		ふとん乾燥機	2.6	0.362	0.941	三菱ADBEI	530W	
		電動工具一式(日曜大工用2点以上)	5.0	0.252	1.260	ドリドリババ+丸ノコ	710、1050W	
		冷暖房器具	ルームエアコン、冷房用	36.0	0.580	20.880	松下CS-C25T	665/833W
	ルームエアコン、冷暖房兼用		41.5	0.673	27.930	松下CS-G25K	585/740W	
	石油ストーブ		7.7	0.743	5.721	松下OS-C26D		
	FF式温風ヒーター(石油ガス)		13.4	0.468	6.271	松下OH-C40D	660W	
	電気こたつ(家具調のもの)		23.8	0.866	20.492	松下DK-W90CU-T	500W	
	電気カーペット		5.0	0.755	3.775	松下DC-15LCI	400W	
	一般家具	和たんず(作り付けを除く)	40.0	0.925	37.000	ヒアリング		
		洋服たんず(作り付けを除く)	30.0	0.954	28.620	"		
		整理たんず(作り付けを除く)	40.0	0.975	39.000	"		
		食堂セット(食卓と椅子のセット)	18.0	0.816	14.688	"		
		茶たんず・食器戸棚	20.0	0.970	19.400	"		
		サイドボード・リビングボード	25.0	0.491	12.275	"		
		鏡台(ドレッサー)	18.0	0.922	16.596	"		
		ユニット家具(価格が20万円以上)	20.0	0.060	1.200	"		
	室内装備・装飾品	応接セット(3点以上)	12.0	0.357	4.284	ヒアリング		
		応接用座卓(食卓を除く)	18.0	0.493	8.874	"		
		ソファ(セットに含まれないもの)	5.0	0.255	1.275	"		
寝具類	じゅうたん	2.5	0.527	1.318	ヒアリング			
	ベッド・ソファベッド	15.0	0.550	8.250	ヒアリング			
交通・通信	自動車	軽自動車(660cc以下)	750	0.467	350.250	ダイハツ、ミラTR		
		小型自動車A(661~1000cc)	790	0.044	34.760	日産、マーチ		
		小型自動車B(1001~1500cc)	1040	0.260	270.400	日産、パルサー		
		小型自動車C(1501~2000cc)	1250	0.386	482.500	日産、アルパード		
		普通自動車A(2001~3000cc)	1630	0.144	234.720	日産、セリック		
		普通自動車B(3001cc以上)	1870	0.014	26.180	日産、シーマ		
		輸入自動車A(2000cc以下)	1340	0.016	21.440	ホンダ、190E25-16		
		輸入自動車B(2001~3000cc)	1260	0.040	50.400	ホンダ、190E23-16		
		輸入自動車C(3001cc以上)	1500	0.040	60.000	ホンダ、AMGC6		
		原動機付自転車(50cc以下)	69.0	0.461	31.809	LIVE DIO		
	オートバイスクータ	自動二輪車A(51~125cc)	85.0	0.137	11.645	STREET MAGIC15		
		自動二輪車B(126~250cc)	204.0	0.022	4.488	DRAG4		
		自動二輪車C(251~500cc)	117.0	0.022	2.574	DJBEL250GPS		
		自動二輪車D(501cc以上)	249.0	0.009	2.241	ホンダ、X4		
	通信機器	マウンテンバイク	11.9	0.114	1.357	GIANT ATX850K		
		コードレス電話機(子機付)	1.1	0.429	0.472	松下VE-D91L/NW		
	教養娯楽耐久財	カラーテレビ	ファクシミリ(コピー付を含む)	3.5	0.110	0.385	松下FKX-PWHCLK	
			29インチ未満	27.0	0.922	24.894	松下TH-25ERI	103W
29インチ以上			61.0	0.363	22.143	松下TH-29FBI	157W	
ハイビジョンテレビ		ハイビジョンテレビ	61.0	0.012	0.732	松下TH-32FH10	228W	
		ステレオセット	17.7	0.543	9.611	ビクター、MX-WMD	500W	
		CDラジオカセット	4.5	0.673	3.029	ビクター、RX-DS18	5W	
		ビデオテープレコーダー	3.9	0.659	2.570	ビクター、NV-H2204	3.5W	
		レーザーディスクプレーヤ	2.9	0.091	0.264	パイオニア、DV505	17W	
		ワードプロセッサ	4.8	0.397	1.906	シャープ、WD-C20	52W	
		パーソナルコンピュータ	11.4	0.142	1.619	NEC、VC35D/5	32W+36W	
		カメラ	0.2	0.872	0.198	ミノルタ、VECTIS300		
		一眼レフカメラ	0.5	0.438	0.219	ミノルタ、α303super		
		ビデオカメラ	0.9	0.359	0.323	DCR-TRV900		
		カラオケ装置	2.4	0.141	0.338	TAITO、マイクボックス		
		ピアノ	250.0	0.314	78.500	ヒアリング		
		教養娯楽用品	電子鍵盤楽器	5.2	0.183	0.952	ヤマハPSR-220	
			書斎・学習用机	50.0	0.604	30.200	コクヨ	
書棚(作り付けを除く)			18.5	0.613	11.341	コクヨ		
ゴルフ用具一式(ハーフセットを含む)			6.0	0.378	2.276	ヒアリング		
テレビゲーム機			1.4	0.475	0.665	SONY、プレイステーション	9.8W	



いた。

### 5.2.2 モデル家庭におけるマテリアルフロー

家庭におけるエネルギー・マテリアル投入量を表5-2、表5-3に示す。表5-2は住宅を建設して解体するまでの30年間に於ける総エネルギー投入量、総物質投入量である。また、表5-3は、一年間あたりのエネルギー投入量、物質投入量である。なお、総物質投入量には隠れたフロー（HMF）は計上されておらず、直接投入量のみである。

モデル家庭におけるマテリアルフロー（30年間合計）を図5-2に示す。ここでは、最も耐久期間の長い建築物に合わせて、評価期間を30年とした。30年間で一世帯に投入される物質量は、78トン（物質量合計87トンから廃棄物9トンを除く、2.6トン/年）であり、直接一世帯に投入されるエネルギーは、859Gcal（29Gcal/年）であった。また、これらのマテリアルフローの背後に、製造エネルギーとして675Gcal

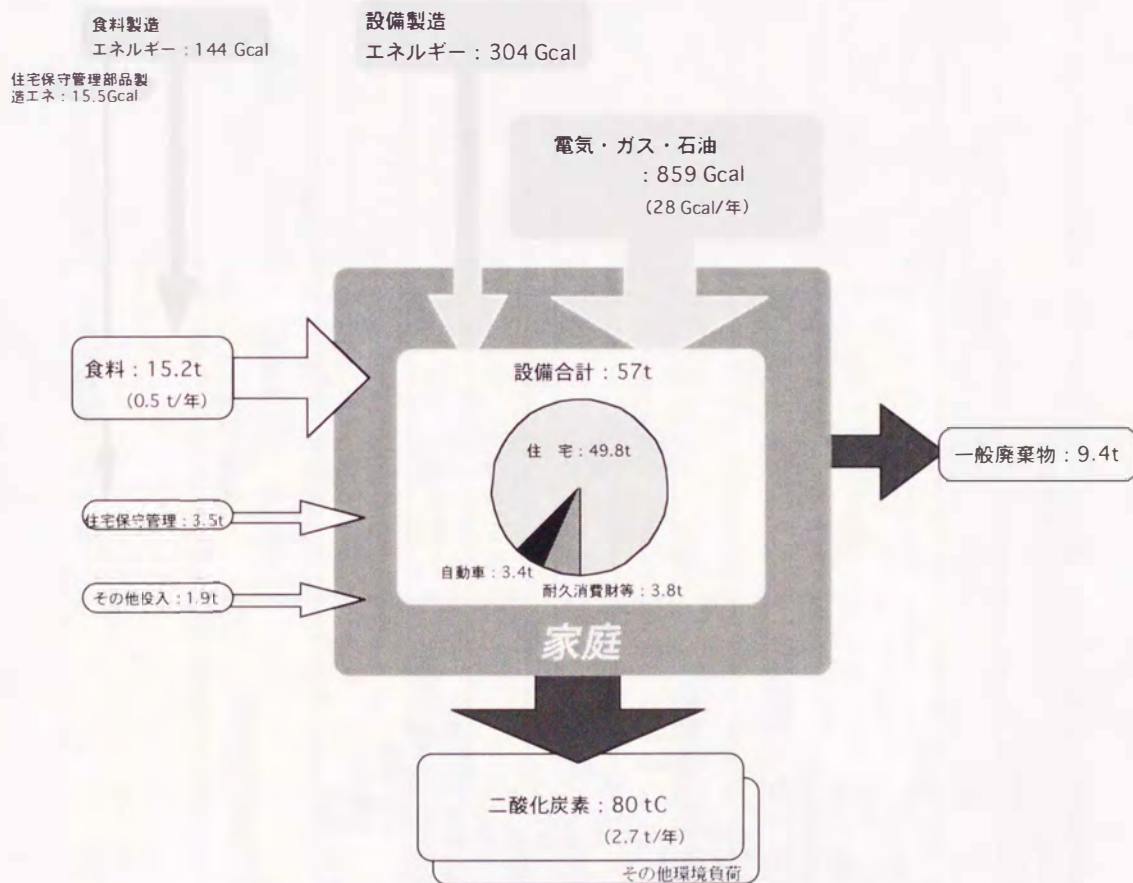


図5-2 家庭におけるマテリアルフロー



表5-2 家庭におけるエネルギー・マテリアル投入量 30年間)

モデル家庭, 30年間		設備投入量		消費量				エネルギー合計 (Gcal)	物質量合計 (t)
		エネルギー (Gcal)	物質量 (t)	消耗品		電気・ガス・石油			
				エネルギー (Gcal)	物質量 (t)	エネルギー (Gcal)	物質量 (参考*) (tC)		
住生活	住宅 建設	87.7	49.8					88	50
	家具等*	13.0	0.7					13	1
	保守管理			15.5	3.5			15	4
	電気機器 (冷暖房・照明)	13.1	0.5			284.7	34.5	298	0
	ガス器具 (風呂等)	7.0	0.3			177.5	10.4	185	0
	石油器具	0.4	0.0			39.6	3.1	40	0
	自動車	48.6	3.4			211.8	16.2	260	3
食生活	台所用品*	21.2	0.1					21	0
	電気機器 (冷蔵庫等)	6.2	0.4			66.3	8.0	72	0
	ガス器具 (ガステーブル等)	0.9	0.1			30.7	1.8	32	0
	食料品			144.4	15.2			144	15
衣生活	衣類	73.9	0.7					74	1
	電気機器 (掃除機等)	2.0	0.1			12.2	1.5	14	0
	洗剤類			7.8	1.1			8	1
共通	上水道			24.1				24	0
	裁縫, 園芸, 大工道具*	2.9	0.0					3	0
	趣味娯楽用品*	17.6	0.3					18	0
	医療・保険	0.2	0.0	133.8				134	0
情報	図書・新聞	0.2		34.7	0.6			35	1
	情報機器	7.7	0.5			36.0	4.4	44	0
廃棄物処理, 処分 (焼却)		1.5		11.1	9.4			13	9
合計		304	57	371	30	859	80	1,534	87
		20%	66%	24%	34%	56%	-		

\*物質量の原単位は本調査によった。

\*\*エネルギーの物質量換算の例として二酸化炭素排出量を示す。

二酸化炭素排出原単位 (環境庁) は次の通り。電気: 0.12128kgC/Mcal, ガス: 0.05839kgC/Mcal, 灯油: 0.07748kgC/Mcal, ガソリン: 0.07658kgC/Mcal。

表 5-3 家庭におけるエネルギー・マテリアル投入量（1年あたり）

モデル家庭，年間			設備投入量		消費量			エネルギー合計 (Mcal/年)	物質量合計 (kg/年)	
					消耗品		電気・ガス・石油			
			エネルギー (Mcal/年)	物質量 (kg/年)	エネルギー (Mcal/年)	物質量 (kg/年)	エネルギー (Mcal/年)			物質量(参考) (kgC/年)
住生活	住宅	建設	2,924.3	1,661.4				2,924.3	1,661.4	
		家具等*	434.0	22.6				434.0	22.6	
		保守管理			515.2	118.3			515.2	118.3
		電気機器（冷暖房・照明）	435.1	16.2			9,489.4	1,150.9	9,924.5	16.2
		ガス器具（風呂等）	234.3	10.6			5,918.0	345.6	6,152.3	10.6
		石油器具	14.6	1.4			1,320.0	102.2	1,334.6	1.4
		自動車	1,621.0	112.2			7,060.0	540.7	8,681.0	112.2
食生活		台所用品*	707.0	4.6				707.0	4.6	
		電気機器（冷蔵庫等）	205.8	13.9			2,208.5	267.8	2,414.3	13.9
		ガス器具（ガステーブル等）	30.4	1.7			1,023.0	59.7	1,053.4	1.7
		食料品			4,812.8	508.2			4,812.8	508.2
衣生活		衣類	2,464.0	22.1				2,464.0	22.1	
		電気機器（掃除機等）	65.4	4.9			405.6	49.2	471.0	4.9
		洗剤類			258.9	38.1			258.9	38.1
共通		上水道			803.2				803.2	0.0
		裁縫，園芸，大工道具*	98.0	0.9					98.0	0.9
		趣味娯楽用品*	586.0	9.2					586.0	9.2
		医療・保険	6.8	0.6	4,461.0				4,467.8	0.6
情報		図書・新聞	5.4		1,156.1	21.5			1,161.5	21.5
		情報機器	256.5	15.7			1,201.2	145.7	1,457.7	15.7
	廃棄物処理，処分（焼却）	48.7		369.2	312.3			417.9	312.3	
合計			10,137.3	1,897.9	12,376.4	998.4	28,625.7	2,661.7	51,139.4	2,896.3
			20%	66%	24%	34%	56%	-		

\*物質量の原単位は本調査によった。

\*\*エネルギーの物質量換算の例として二酸化炭素排出量を示す。

二酸化炭素排出原単位（環境庁）は次の通り。電気：0.12128kgC/Mcal，ガス：0.05839kgC/Mcal，灯油：0.07748kgC/Mcal，ガソリン：0.07658kgC/Mcal。



(22.4Gcal/年)のエネルギーフローがあり、ここでは推計できなかったが物質のフローも背後に存在する。

家庭におけるマテリアルフローを概観すると、フローの中で最も大きいものは二酸化炭素で、電気や、ガス、石油等の使用に伴い30年間で約80トン(2.7トン/年)の炭素を大気中に排出する。この量は一般廃棄物の発生量に比べて約8.5倍であり、最も大きな廃棄物といえる。

エネルギー投入量、物質投入量について、その内訳をグラフ化したものが、図5-3である。エネルギー投入量では、冷房や照明に使う電気機器へのエネルギー投入が最も大きく19%(9,925Mcal/年)、次いで自動車へのエネルギー投入で17%(8,681Mcal/年)である。両者とも設備にかかるエネルギーよりも、利用によるエネルギーがはるかに大きく、電気機器については設備投入435Mcal/年、電力消費9,489Mcal/年、自動車については、設備投入1,621Mcal/年、電力消費7,060Mcal/年である。一方、物質投入については、住宅建設によるものが最も大きく57%(1,161kg/年)、次いで食料品が18%(4,812kg/年)である。

このように、住宅建築から30年間における家庭のマテリアルフローにおいて、最も大きなものは設備利用によるエネルギー消費とそれによる二酸化炭素発生量であり、住宅による物質投入も大きい。設備利用に関しては、居住者の意識や家族構成等により利用方法・利用量が多様であるため、家庭におけるマテリアルフロー分析では、利用方法・利用量について定量化を行う必要がある。

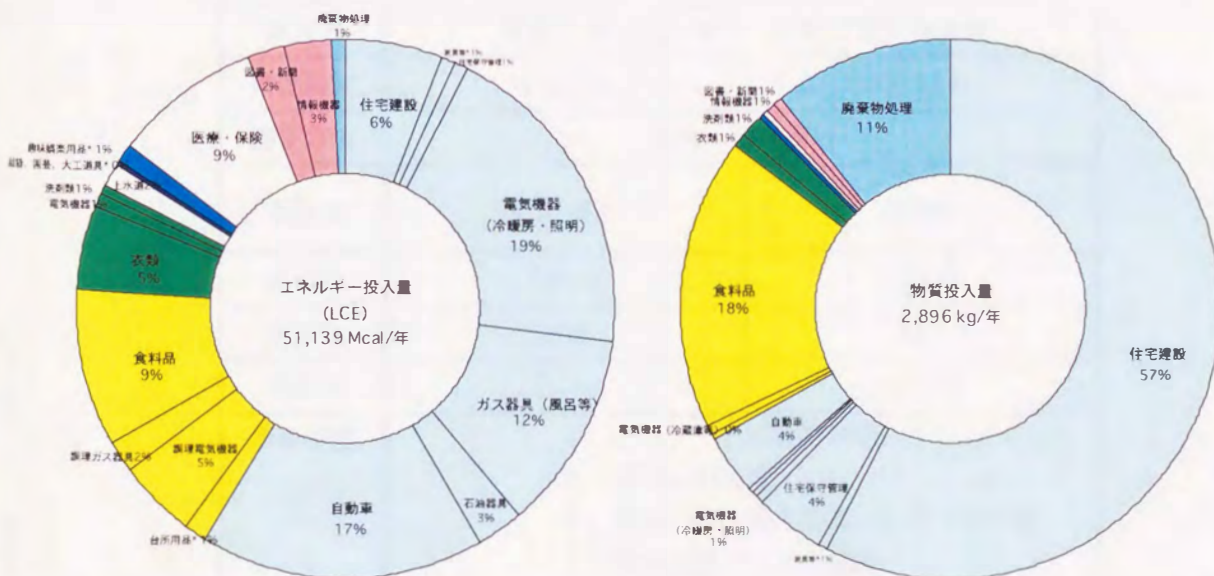


図5-3 家庭におけるエネルギー・物質投入量内訳

## 5.3 家庭のエネルギー消費に関するアンケート調査の概要

福岡市、大野城市（福岡県）を対象として、市民の熱環境に対する意識と環境配慮意識、エネルギー消費量等について、アンケート調査を実施した。表5-4にその概要を示す。サンプル数は、有効回答数600（福岡市）、300（大野城市）を目標とし、回答率30%前後として設定した。サンプル法は、層別抽出法を用い、選挙人名簿を居住行政区・性別・年齢別に分けた上で、無作為抽出を行った。

質問項目は、回答者の属性、月別エネルギー消費（電気、ガス、灯油、水道、ガソリン）、周辺の熱環境、環境への配慮の主に4項目である。回答者の属性としては、住居形態、家族構成の他に、住居の市内における概略の位置等を質問した。エネルギー消費については、電気、都市ガスまたはプロパンガス、灯油について毎月の消費量（または支出金額）を記入してもらった。周辺の熱環境については、予め夏と冬の熱環境に対する主観的意識を説明する項目（表5-5）を示し、複数選択式によって、回答者の意識を調べた。

環境への配慮については、表5-6に示すように、「テレビや照明のつけっぱなしをしない」、「自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う」等の環境に配慮した行動を、ど

表5-4 アンケート調査の概要

調査名	家庭生活とエネルギー消費に関する調査	
調査時期	平成8年12月20日～平成9年3月31日	
調査方法	配布，郵送回収	
調査地	大野城市	福岡市
配布数	1000	2200
回収数	269	585
回収率	27%	27%
調査概要	1. アンケートの趣旨説明 2. 回答者の属性 3. 家庭における月別エネルギー消費量 4. 周辺環境に対する意識 5. 環境配慮意識	



第5章 家庭レベルでのマテリアルフロー分析

の程度意識して実行しているかを、「全く気にしていない」(1点)から「常に実行している」(4点)の4段階で回答してもらった。そして、総合点で各回答者の「環境配慮意識」を評価した。ここで、周辺の熱環境(表5-5)と環境への配慮(表5-6)に関する質問は回答者個人の意識を問う質問が多いが、今回の解析では、調査票の記入者が世帯を代表しているものと仮定し、各回答を世帯の意識とみなすことにした。そのため、本解析中の意識項目については、回答が最も多かった主婦層(全回答中45%)の意識を強く反映しているものと考えられる。

表5-5 周辺環境に対する意識に関する質問項目

	番号	質問項目
夏	夏-1	蒸し暑くて過ごしにくい
	夏-2	周辺に樹木が多いので過ごしやすい
	夏-3	コンクリートの照り返しが強い
	夏-4	あまり風が吹かず、過ごしにくい
	夏-5	海風が吹くので、過ごしやすい
	夏-6	そばに川が流れているので気持ちよい
冬	冬-1	比較的暖かくて過ごしやすい
	冬-2	夜は冷え込みが厳しく、過ごしにくい
	冬-3	海風が強くて、寒さが厳しい
	冬-4	周囲に住宅がないので、冷え込みが厳しい
	冬-5	市街地なので、冷え込みはそれほど厳しくない
	冬-6	ビル風が冷たい
	冬-7	内陸なので冷え込みが厳しい

表5-6 環境配慮意識に関する質問項目

質問項目	
1. テレビや照明はつけっぱなしにしない	9. 冷暖房の温度設定は控えめにしている
2. 自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う	10. 風呂の残り湯は洗濯や掃除に利用している
3. はみがきや洗顔の時、水を出しっぱなしにしない	11. ソーラーシステムや省エネ型家電製品など、環境にやさしい製品を取り入れるようにしている
4. エコマーク商品など地球にやさしい製品を選んで買う	12. 食材は無駄がないように計画的に購入している
5. 新聞紙、トレー、牛乳パック等はリサイクルに出している	13. スーパーに行くときは、買い物袋をもっていく
6. 壊れた製品も修理してなるべく長く使う	14. 自然とふれあう機会を持つように心がけている
7. 買い物をするとき包装は簡素にもらう	15. 地球環境問題のニュースや記事はすすんでみている
8. ゴミは決められた分別方法で出している	
回答項目	
常に実行している →4点	気にはしているが実行していない →2点
時々実行している →3点	全く気にしていない →1点



5.4 世帯属性による類型化とエネルギー消費への影響分析

アンケート回収データに基づいて、各世帯をその属性によって類型化し、各属性ごとにエネルギー消費特性を見た。ここで取り上げた属性は、世帯員数、住居面積、住居の種類（戸建住宅、集合住宅）である。

表5-7に回答者全体の属性についての集計結果を示す。表5-7左に、従来の調査と比較するため、今回の調査の集計結果と文献値<sup>9)</sup>を示す。サンプル数の少ない欄については、かなり差がある部分もあるが、今回の調査と文献値は概ね一致した値となっている。

表5-7右は、調査結果を戸建住宅と集合住宅に分けて集計したものである。この住居形態によるエネルギー消費の違いを見ると、ほとんどの項目において、戸建住宅世

表5-7 エネルギー種別原単位集計結果

		(単位: Mcal/世帯・年)					(単位: Mcal/世帯・年)					
福岡市		電気	ガス	灯油	合計	サンプル数	H8本調査	電気	ガス	灯油	合計	サンプル数
平均		H8本調査 4,655	3,661	2,850	11,166	373	戸建住宅 5,220	3,549	3,511	12,280	180	
		H3調査* 4,212	3,884	2,630	10,726	98	集合住宅 3,997	3,641	1,777	9,415	171	
世帯員数別	1人	H8本調査 3,157	2,390	1,564	7,111	40	戸建住宅 3,789	3,873	1,705	9,368	15	
		H3調査* 2,109	826	641	3,576	4	集合住宅 2,464	1,649	1,116	5,229	24	
	2人	H8本調査 4,016	2,942	2,655	9,613	102	戸建住宅 4,702	2,913	2,757	10,372	49	
		H3調査* 3,419	3,450	2,039	8,908	29	集合住宅 3,372	3,042	2,009	8,423	48	
	3人	H8本調査 4,990	3,731	2,703	11,424	90	戸建住宅 5,440	3,795	3,129	12,363	57	
		H3調査* 4,633	3,652	2,732	11,017	24	集合住宅 4,208	3,631	1,718	9,557	30	
	4人	H8本調査 5,304	4,182	2,604	12,090	92	戸建住宅 5,819	3,611	3,609	13,038	36	
		H3調査* 4,459	4,727	2,099	11,285	29	集合住宅 5,099	4,493	1,449	11,041	48	
	5人	H8本調査 4,990	4,623	3,705	13,318	32	戸建住宅 5,579	3,464	4,208	13,251	13	
		H3調査* 5,344	3,003	4,036	12,382	7	集合住宅 4,744	5,500	3,260	13,504	17	
	6人	H8本調査 7,381	6,780	6,825	20,986	11	戸建住宅 6,848	5,680	8,608	21,135	7	
		H3調査* 5,222	4,741	10,894	20,857	3	集合住宅 3,270	5,125	2,367	10,762	3	
	7人以上	H8本調査 5,821	2,049	17,017	24,887	1	戸建住宅 5,821	2,049	17,017	24,887	1	
		H3調査* 5,823	8,668	4,343	18,834	2	集合住宅 -	-	-	-	0	
世帯の収入別	300万未満	H8本調査 3,236	2,229	2,501	7,965	36	戸建住宅 3,343	2,222	1,833	7,398	15	
		H3調査* 2,483	2,855	1,982	7,321	8	集合住宅 2,589	2,239	1,383	6,211	18	
	300万以上 500万未満	H8本調査 3,873	3,004	2,502	9,380	70	戸建住宅 4,509	2,806	3,456	10,771	34	
		H3調査* 2,115	3,732	1,052	6,900	10	集合住宅 3,232	3,058	1,491	7,782	35	
	500万以上 600万未満	H8本調査 3,878	3,743	2,820	10,441	34	戸建住宅 4,867	4,074	3,365	12,306	13	
		H3調査* 4,462	4,042	1,584	10,088	15	集合住宅 3,357	3,720	2,078	9,155	18	
	600万以上 800万未満	H8本調査 4,650	3,893	2,245	10,788	56	戸建住宅 5,349	4,077	2,772	12,197	23	
		H3調査* 3,459	4,792	3,114	11,365	15	集合住宅 4,116	3,686	1,706	9,508	27	
	800万以上 1000万未満	H8本調査 5,866	3,911	3,645	13,422	43	戸建住宅 6,165	2,799	4,150	13,114	23	
		H3調査* 5,207	3,649	2,892	11,748	23	集合住宅 4,580	4,207	2,635	11,422	19	
	1000万以上 1500万未満	H8本調査 5,335	4,218	3,284	12,838	58	戸建住宅 5,370	3,826	4,391	13,587	27	
		H3調査* 5,002	3,622	4,135	12,759	19	集合住宅 5,462	4,544	1,676	11,681	28	
1500万以上 2000万未満	H8本調査 6,312	4,738	3,180	14,229	13	戸建住宅 6,356	4,764	3,337	14,457	12		
	H3調査* 5,414	5,134	1,912	12,460	6	集合住宅 5,778	4,580	2,314	12,673	1		
2000万以上	H8本調査 7,496	4,932	3,845	16,274	2	戸建住宅 7,496	4,932	3,845	16,274	2		
	H3調査* -	-	-	-	0	集合住宅 -	-	-	-	0		
住居面積	30㎡未満	H8本調査 2,689	2,026	1,635	6,350	6	戸建住宅 3,403	2,058	1,213	6,674	2	
		H3調査* 2,175	929	0	3,104	2	集合住宅 2,207	1,580	0	3,787	3	
	30~49㎡	H8本調査 3,130	2,606	2,014	7,750	20	戸建住宅 2,776	3,118	2,246	8,139	3	
		H3調査* 2,022	2,718	1,538	6,278	5	集合住宅 3,260	2,441	1,849	7,550	15	
	50~69㎡	H8本調査 3,986	3,682	1,885	9,552	50	戸建住宅 4,823	3,084	2,725	10,631	10	
		H3調査* 2,999	3,218	1,440	7,657	13	集合住宅 3,594	3,653	1,328	8,575	35	
	70~99㎡	H8本調査 4,626	3,831	2,384	10,842	116	戸建住宅 4,543	3,278	2,671	10,492	38	
		H3調査* 4,678	3,274	2,047	10,000	29	集合住宅 4,744	4,169	1,888	10,801	71	
	100~149㎡	H8本調査 5,181	3,704	3,088	11,973	76	戸建住宅 5,437	3,626	3,369	12,433	63	
		H3調査* 4,732	4,459	3,528	12,718	40	集合住宅 3,952	3,744	1,262	8,957	11	
	150㎡以上	H8本調査 5,027	3,753	3,728	12,507	105	戸建住宅 5,641	3,817	4,503	13,960	64	
		H3調査* 3,867	5,156	3,858	12,881	8	集合住宅 3,385	3,190	2,013	8,588	36	



帯の値の方が集合住宅世帯の値を上回っていることがわかる。そこで、住居形態別に、年収とエネルギー消費量の関係について散布図を作成した。これを図5-4に示す。年収とエネルギー消費の関係を見ると、戸建住宅世帯の方が集合住宅世帯よりもエネルギー消費の分布幅が広いことがわかる。このことより、戸建住宅世帯では、ここで取り上げた年収以外の項目、例えば住居周辺の熱環境条件や環境に対する意識等が、集合住宅世帯の場合よりも大きく影響しているものと推量される。

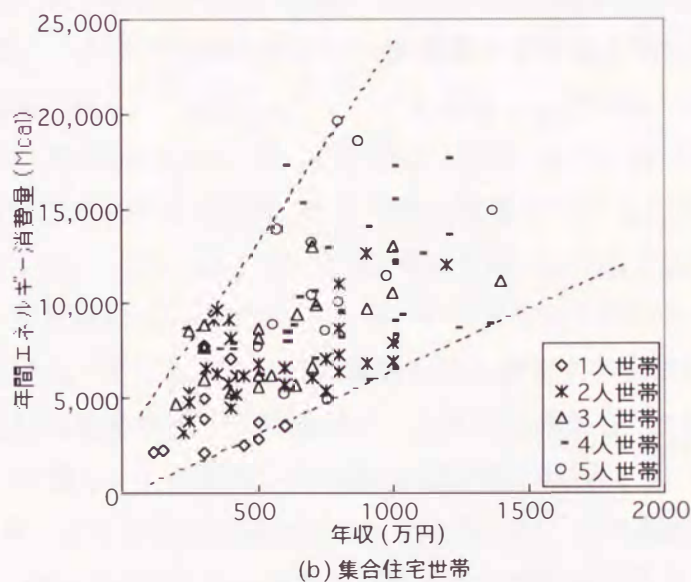
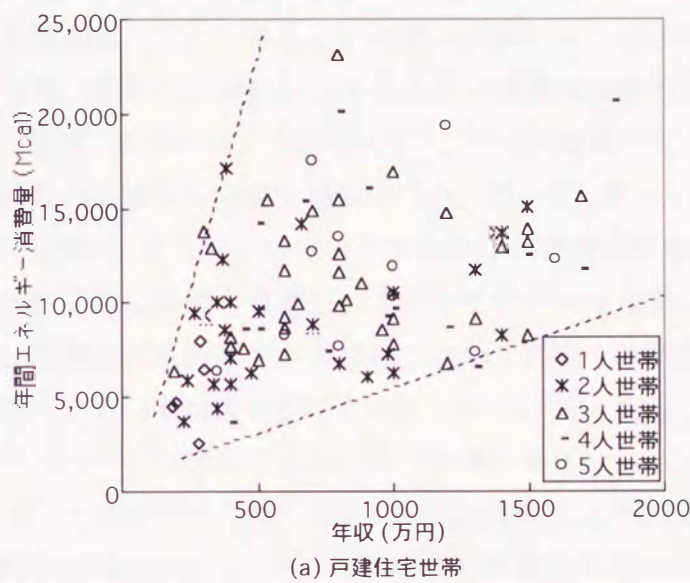


図5-4 属性値とエネルギー消費量（福岡市）

## 5.5 熱環境に対する意識とエネルギー消費の関連

5.4では、特に一戸建世帯について、年収等の世帯属性だけでは十分にエネルギー消費を説明しきれないことがわかった。そこで、環境に対する意識に注目しエネルギー消費との関連を調べた。

### 5.5.1 居住地区の熱環境に対する意識とエネルギー消費

まず、冷暖房需要の面から、エネルギー消費に影響すると思われる居住地区周辺の熱環境に対する意識（表5-5の項目）とエネルギー消費の関係をみた。ここで、エネルギー消費量は、電気、都市ガス、プロパンガス、灯油の直接エネルギー消費量で、ガソリンは入っていない。表5-5の質問項目のうち、夏-3、夏-5、冬-6、冬-7について、該当する世帯と、そうでない世帯のエネルギー消費の年変化を図5-5に示す。ここでは、世帯人数による影響を考慮し、1人当たりのエネルギー消費量を分析することになっている。母数は405世帯で、各項目において該当する世帯と、そうでない世帯の分散に差はなく、その平均値の差は夏-3、夏-5、冬-6については危険率1%レベル、冬-7については危険率5%レベルで有意であった。

解析の結果、夏-3の「コンクリートの照り返しが強い」と回答した世帯の1人あたり年間消費量は3,770Mcal/人・年、そうでない世帯は3,520Mcal/人・年となり、その差は250Mcal/人・年となった。月別に見ると、この質問項目に該当する世帯は、6月から9月の間、一人当たりのエネルギー消費量が2割ほど高いことがわかる。また、夏-5の「海風が吹くので過ごしやすい」と回答した世帯は3,650Mcal/人・年、そうでない世帯は3,010Mcal/人・年、その差は640Mcal/人・年となった。月別に見ると、この質問項目に該当する世帯は、そうでない世帯に比べて6月から9月の間、2~3割低くなっている。一方、冬については、冬-2の「夜は冷え込みが厳しく過ごしにくい」と回答した世帯は4,100Mcal/人・年、そうでない世帯は3,420Mcal/人・年、その差は680Mcal/人・年となった。この質問項目に該当する世帯は、特に11月~3月の間、一人当たりのエネルギー消費量が2~3割ほど高かった。また、冬-7の「内陸なので冷え込みが厳しい」と回答した世帯は4,240Mcal/人・年、そうでない世帯は3,530Mcal/人・年、その差は710Mcal/人・年となった。この質問項目でも冬-2と同じように冬季においてエネルギー消費量が高くなる傾向を示した。



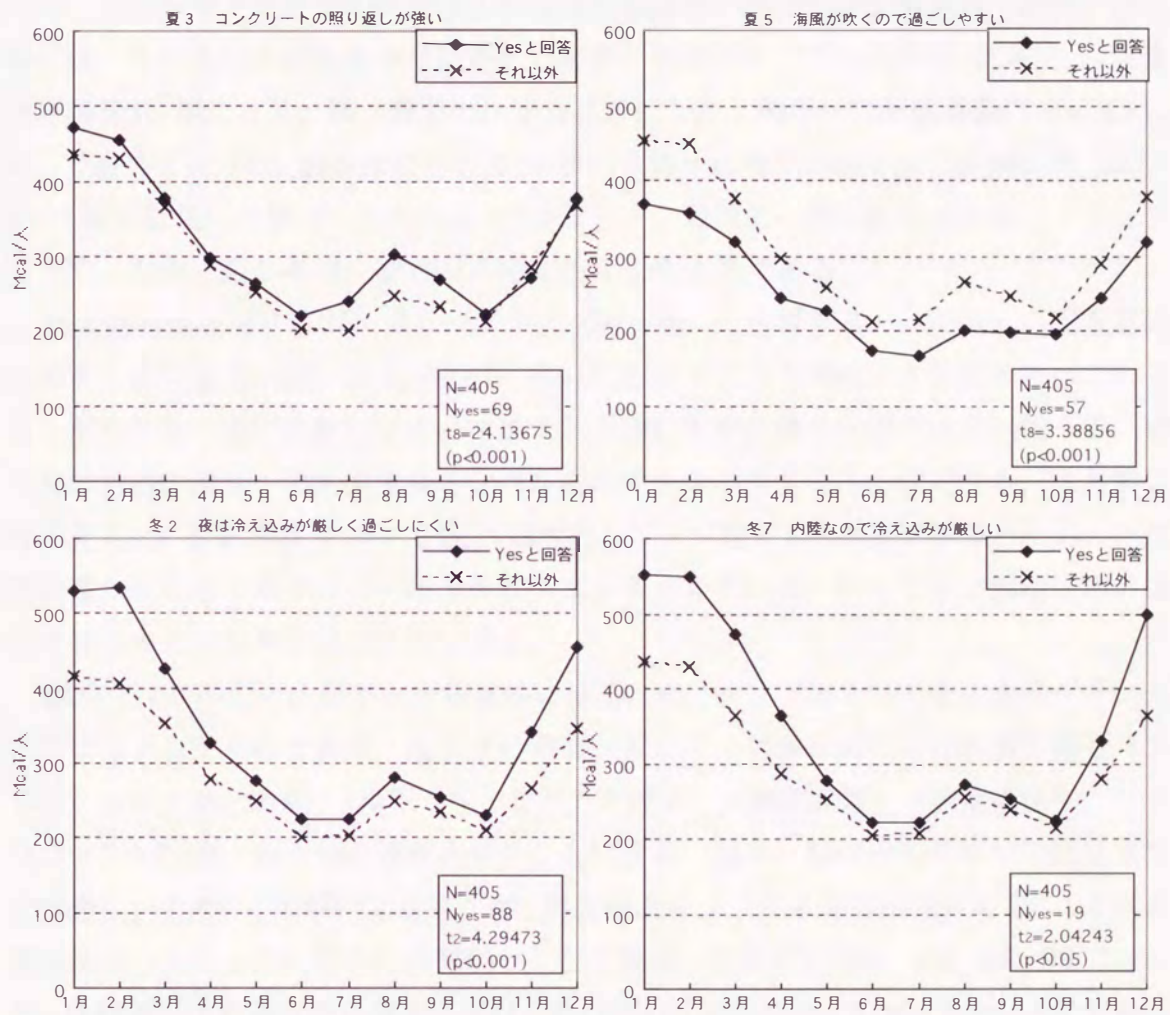


図5-5 周辺環境に対する意識とエネルギー消費量（福岡市）

以上、何れのケースについても日常主観的に感じているローカルな熱環境条件とエネルギー消費との間には、かなり強い相関があることが示された。

### 5.5.2 世帯の属性と環境への配慮意識による世帯の分類

次に、世帯の属性と環境への配慮意識の面からエネルギー消費の説明を試みた。ここで、エネルギー消費をその要因となる世帯の属性と環境への配慮意識で説明するためには、それぞれの相互関係を把握する必要がある。そこで、各関係について、数量化理論第III類により分類（類型化）することにした。環境への配慮意識については、2. で述べたように、表5-6に示した15項目を各4点満点の総合点で評価した。表5-8に、解析に用いた標本・アイテム・カテゴリー、解析より得られたカテゴリースコアを示す。なお、図5-6は、総合点の分布を示したものである。

最大固有値を有するカテゴリースコア（第一軸）に注目すると、環境への配慮意識に関する質問事項（表5-6）について、良い反応はプラス方向に大きな値をとっていることがわかる。逆に、悪い反応はマイナス方向に大きな値をとっている。従って、第1軸は世帯の環境への配慮意識のレベルを示すものと考えることができる。また第2軸を見ると、世帯の属性の中でも、「高所得」、「一戸建て」、「部屋が多数」といった生活の豊かさを表すカテゴリーが大きなスコアを占めている。従って第2軸は生活の豊かさを示すものと考えることができる。

図5-7は世帯ごとの類型化を視覚的に見るため、サンプルスコアを2次元グラフ上にプロットしたものである。図5-7の布置状況から、対象地域における各世帯を「エココンシャスゆとり型」（以下「ゆとり型」と呼ぶ）、「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャス型」の4つに類型化することにする。なお、軸付近のサンプルは特徴づけが難しいため、この解析では第1軸、第2軸のサンプルスコアが絶対値で0.1未満の値は使用しなかった。このため有効サンプル数は、それぞれ100、58、55、99であった。各類型の1世帯当たり平均人員は、それぞれ3.13、3.07、3.05、2.96（人）であったが、平均値の差を検定した結果、統計的に有意差はみられなかった。そこで、以下では世帯当たりのエネルギー消費量に着目して分析することにする。



表5-8 類型化に用いたサンプル・カテゴリーとカテゴリースコア

		第1軸	第2軸
相関係数		0.481	0.391
カテゴリースコア			
rank家族数			
1人		0.698	-3.338
2人~3人		-0.094	0.242
4人~5人		-0.117	0.379
6人以上		0.328	2.180
rank世帯全体の年収			
~400万		-0.048	-1.203
400~600万		0.485	-1.594
600~1000万		0.129	0.222
1000万~		-0.448	1.756
住居形態			
一戸建て		0.257	2.266
集合住宅		-0.272	-2.395
住居構造			
木造		0.310	2.150
鉄筋コンクリート		-0.307	-2.126
rank築年数			
~10年		-0.457	-0.278
10年~20年		0.269	-0.079
20年~30年		0.244	0.336
30年~		0.154	0.357
rank部屋数			
1部屋		-0.277	-5.666
2~3部屋		0.310	-2.923
4~5部屋		-0.264	0.088
6部屋以上		0.353	2.653
1. テレビや照明はつけっぱなしにしない			
0 気にしていない		-5.853	0.365
1 気にはしている		-1.507	0.332
2 時々実行している		-0.449	-0.301
3 常に実行している		0.658	0.146
2. 自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う			
0 気にしていない		-2.322	0.279
1 気にはしている		-0.149	0.756
2 時々実行している		0.574	0.697
3 常に実行している		0.579	-1.165
3. はみがきや洗顔の時、水を出しっぱなしにしない			
0 気にしていない		-6.296	0.769
1 気にはしている		-1.208	0.094
2 時々実行している		-0.199	0.099
3 常に実行している		0.546	-0.103
4. エコマーク商品など地球にやさしい製品を選んで買う			
0 気にしていない		-2.871	-0.191
1 気にはしている		-0.140	0.548
2 時々実行している		0.696	0.184
3 常に実行している		1.021	-0.993
5. 新聞紙、トレー、牛乳パックはリサイクルに出している			
0 気にしていない		-4.190	-0.976
1 気にはしている		-0.343	-0.560
2 時々実行している		-0.040	0.312
3 常に実行している		1.077	0.204
6. 壊れた製品も修理してなるべく長く使う			
0 気にしていない		-5.116	-0.458
1 気にはしている		-0.424	-0.498
2 時々実行している		0.127	0.608
3 常に実行している		0.954	-0.576
7. 買い物をするとき包装は簡素にしよう			
0 気にしていない		-3.966	0.179
1 気にはしている		-0.557	0.623
2 時々実行している		0.203	0.362
3 常に実行している		1.166	-0.999
8. ゴミは決められた分別方法で出している			
0 気にしていない		-1.236	4.349
1 気にはしている		-1.163	-1.289
2 時々実行している		-0.541	1.244
3 常に実行している		0.093	-0.129
9. 冷暖房の温度設定は控えめにしている			
0 気にしていない		-6.163	-0.299
1 気にはしている		-1.867	-1.176
2 時々実行している		-0.358	0.487
3 常に実行している		0.725	-0.123
10. 風呂の残り湯は洗濯や掃除に利用している			
0 気にしていない		-3.566	0.103
1 気にはしている		0.125	0.061
2 時々実行している		-0.048	0.453
3 常に実行している		0.343	-0.169
11. 環境にやさしい製品を取り入れるようにしている			
0 気にしていない		-2.946	0.273
1 気にはしている		-0.011	-0.190
2 時々実行している		0.456	0.568
3 常に実行している		1.324	-0.643
12. 食材は無駄がないように計画的に購入している			
0 気にしていない		-5.036	-0.174
1 気にはしている		-1.363	0.641
2 時々実行している		0.124	0.091
3 常に実行している		0.689	-0.227
13. スーパーに行くときは、買い物袋をもっていく			
0 気にしていない		-2.259	0.277
1 気にはしている		0.357	-0.128
2 時々実行している		1.010	0.130
3 常に実行している		1.228	-0.478
14. 自然とふれあう機会を持つように心がけている			
0 気にしていない		-4.124	0.242
1 気にはしている		-0.827	0.278
2 時々実行している		0.222	0.203
3 常に実行している		0.759	-0.520
15. 地球環境問題ニュースや記事はすすんでみている			
0 気にしていない		-5.760	-1.919
1 気にはしている		-0.747	0.683
2 時々実行している		0.298	0.310
3 常に実行している		0.981	-0.851



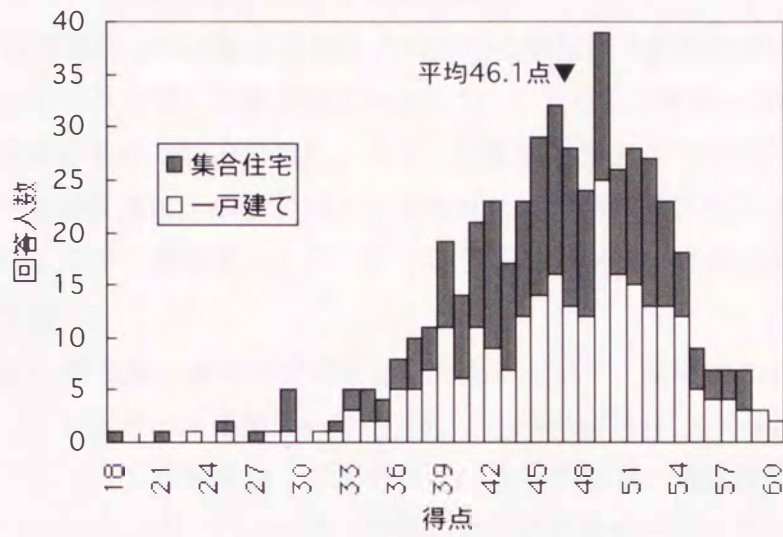


図5-6 環境配慮意識得点分布（福岡市）

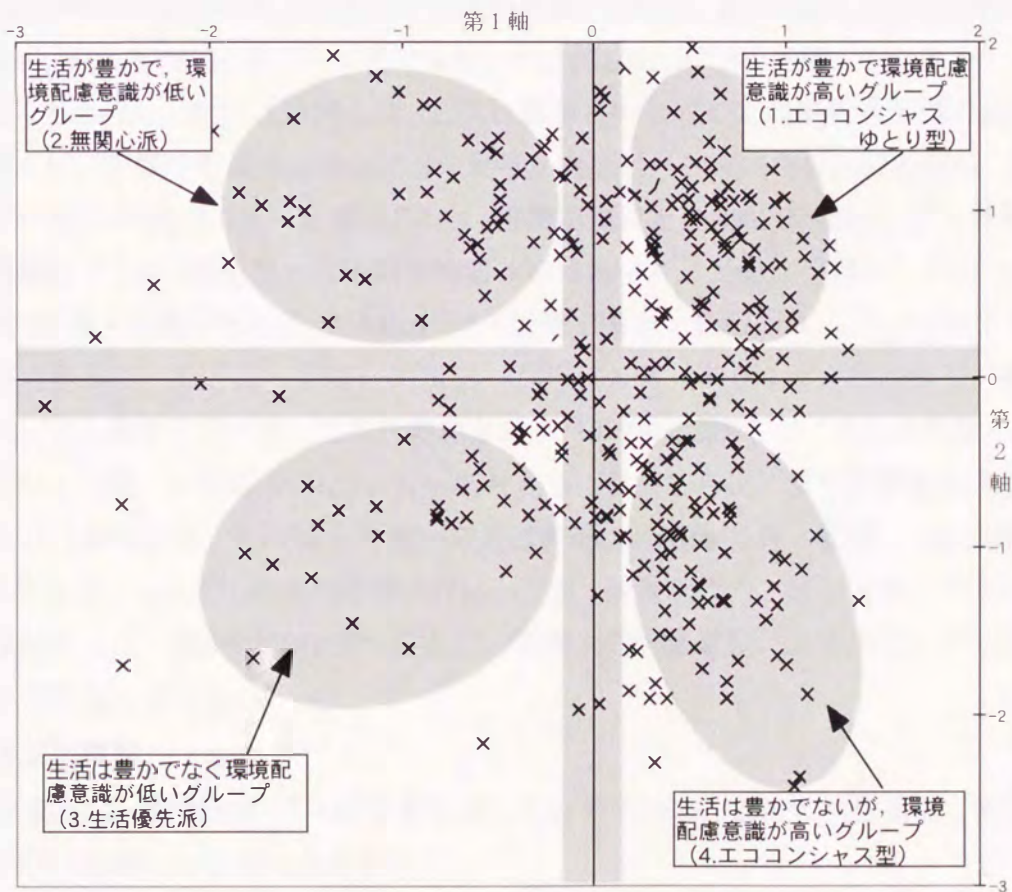


図5-7 類型化結果：サンプルスコアのプロット



### 5.5.3 エネルギー消費形態における類型別比較

5.5.2で、世帯属性と環境配慮意識から各世帯の類型化を行ったが、この結果を使って各類型ごとのエネルギー消費実態を分析した。エネルギー消費の分析項目として、電気、ガス、灯油のそれぞれと、電気、ガス、灯油の総和の4項目についての月別消費量を用いた。各消費量は、調査地域の小売単価により物理量に換算し、直接発熱原単位を乗じてエネルギー消費量とした。以下に各項目の分析結果を示す。

#### (1) 電気消費量

図5-8(a)は、類型別の電気消費量を示したものである。類型とエネルギー消費の関係を見ると、エネルギー使用量は一年を通して、「無関心型」>「ゆとり型」>「生活優先型」>「エココンシャス型」の順で少なくなっている。電気使用量は、冷房のため夏季にピークがあるが、7月～9月の類型毎の使用量の合計に着目して、使用量の最も低い「エココンシャス型」と他の3類型との間の平均値の差を検定した。その結果、いずれの類型とも平均値に有意な差が出た。

各類型値の年間平均値と冷房ピーク月の差は、「無関心型」が最も多く、年間平均値456Mcal/月・世帯、冷房ピーク月（9月）では616Mcal/月・世帯、その差160Mcal/月・世帯であった。また、「無関心型」と同じ豊かさのレベルで環境配慮意識の高い「ゆとり型」は、年間平均値444Mcal/月・世帯、冷房ピーク月（9月）577Mcal/月・世帯、その差133Mcal/月・世帯であり、「無関心型」との差は27Mcal/月・世帯である。同様に、「生活優先型」は年間平均値402Mcal/月・世帯、冷房ピーク月（8月）517Mcal/月・世帯、その差115Mcal/月・世帯である。また、「エココンシャス型」は年間平均値341Mcal/月・世帯、冷房ピーク月（8月）410Mcal/月・世帯、その差69Mcal/月・世帯となった。これら豊かさのレベルがほぼ等しい「生活優先型」と「エココンシャス型」の差は46Mcal/月・世帯となった。さらに、電力消費量の月差を積分すると「無関心型」と「ゆとり型」の差は年間135Mcal/月・世帯、「生活優先型」と「エココンシャス型」の差は年間737Mcal/月・世帯となり、豊かさのレベルが高くなればなるほど（豊かになればなるほど）環境への配慮意識によるエネルギー消費の差は小さくなっている。

#### (2) ガス消費量

図5-8(b)は、類型別のガス消費量を示したものである。ガスの消費量は、電気の場合ほどには類型による違いが見られない。

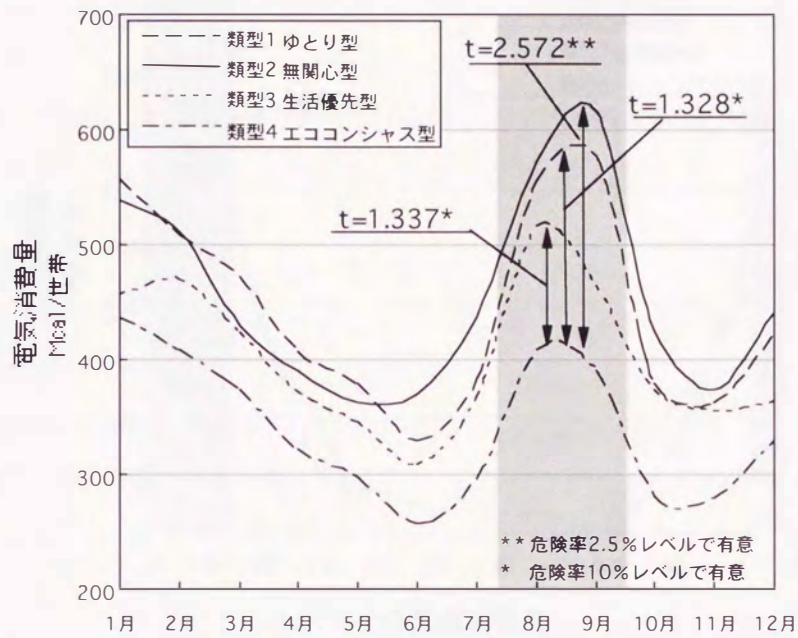
### (3) 灯油消費量

図5-8(c)は、類型別の灯油消費量を示したものである。灯油は、給湯に使用される以外は殆ど冬季の暖房に使われるものと思われる。冬季の暖房は、環境への配慮意識等と強く相関するものと予想されるが、解析結果からも電気消費量の場合と同様に、類型による差が明確に現れた。12月～2月の3カ月間の灯油消費量に着目して、類型毎に平均値の差を検定した。その結果、「ゆとり型」と「生活優先型」との間には有意な差が出たが、その他は、サンプル数不足のため良好な結果が得られなかった。「無関心型」の灯油消費量は、3,210Mcal/年・世帯、「ゆとり型」は2,890Mcal/年・世帯となり、その差は320Mcal/年・世帯であった。また、「生活優先型」の灯油消費量は2,120Mcal/年・世帯、「エココンシャス型」は1,510Mcal/年・世帯となり、その差は610Mcal/年・世帯であった。灯油の消費量も豊かさのレベルが高ければ、絶対量は多いが、意識によるエネルギー消費の差は小さくなることがわかる。

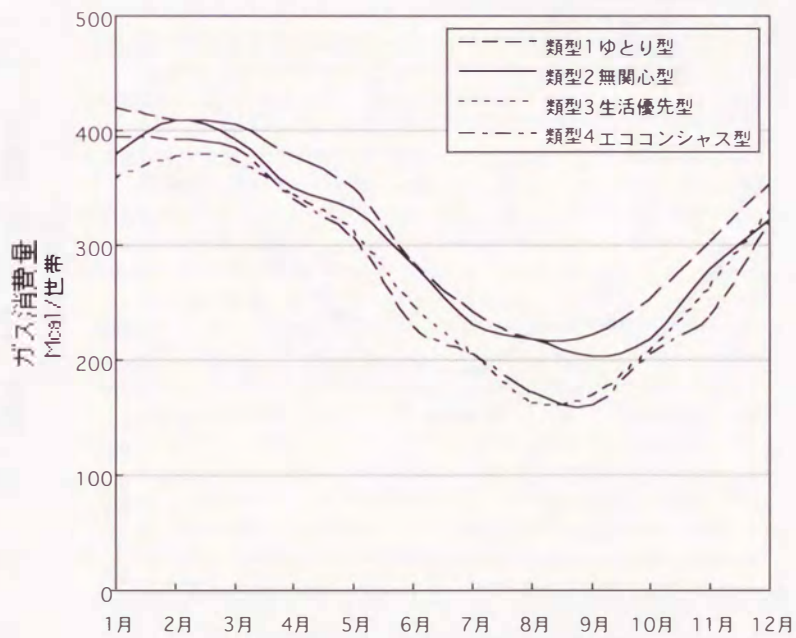
### (4) エネルギー消費総量（電気＋ガス＋灯油）

図5-8(d)は、電気、ガス、灯油の月別の総和を示したものである。「無関心型」は12,300Mcal/年・世帯、「ゆとり型」は12,270Mcal/年・世帯と、ほぼ等しい値となった。また月別推移を見ると、年間を通してほぼ同じである。しかし、「生活優先型」と「エココンシャス型」の消費量については、前者が10,310Mcal/年・世帯、後者が8,950Mcal/年・世帯と、年間差を見ると1,360Mcal/年・世帯であり大きな差があることがわかる。



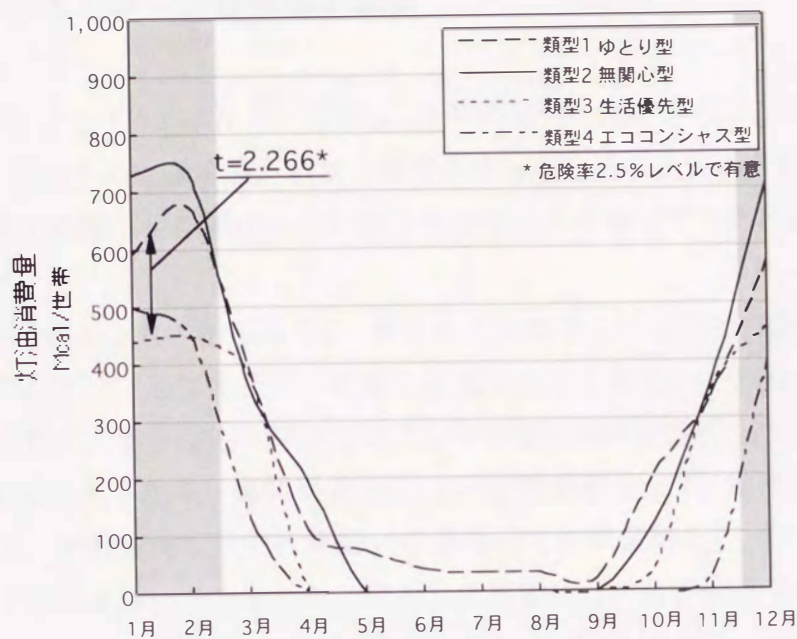


(a)電気消費量

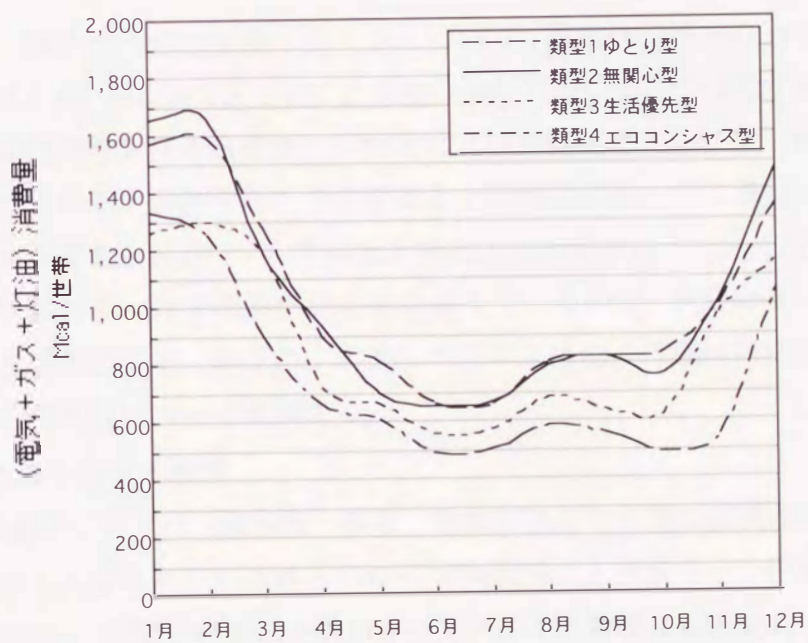


(b)ガス消費量

図5-8 類型別1世帯当たりの月別エネルギー消費



(c)灯油消費量



(d)電気+ガス+灯油消費量

図5-8 類型別1世帯当たりの月別エネルギー消費(つづき)



## 5.6 世帯の属性、環境への配慮意識、周辺環境を被説明変数とした多変量解析によるエネルギー消費形態の解析

5.5の解析によって、エネルギー消費は、世帯の属性の他に居住地区周辺の熱環境に対する意識、環境への配慮意識と密接な関連を持っていることが示された。そこで、エネルギー消費の形態と世帯属性などの因子との関係を定量化するため重回帰分析を用いて解析した。

5.4の解析結果からもわかるように、集合住宅の世帯と戸建住宅の世帯とでは、世帯の属性が類似していてもエネルギー消費の形態は大きく異なっている。そこで、多変量解析を行う前に、集合住宅と戸建住宅に分けて重回帰分析を行った。重回帰分析では、住居形態別のエネルギー種別消費量(E)を被説明変数として、世帯属性(A), 環境への配慮意識(x), 周辺環境に対する意識(y)の各項目を説明変数とし、以下の式をもとにステップワイズ法を用いて分析した。使用した変数及び、分析結果を表5-9に示す。

$$E = \sum_{k=1}^3 \alpha_k A_k + \beta x + \sum_{k=1}^{13} \gamma_k y_k + C \quad (1)$$

戸建住宅、集合住宅の両世帯グループについて、重回帰分析を行った結果、両者とも相関係数は0.45～0.64であった。この値は決して高いものではないが、得られた回帰式自体の統計的有意性の検定を、F検定により評価する。ここで、F値は、回帰式によって説明される1自由度あたりの変動と、回帰式によっては説明されない1自由度あたりの誤差変動との比で、大きいほど統計的に有意であることになる<sup>9)</sup>。各回帰式のF値は、有意水準0.01でのF分布の値を超えているので、各回帰式は有意と判断して良いものと考えられる。以下に、ステップワイズ法により選ばれた各変数とエネルギー消費との関連性について考察する。

### (1) 属性とエネルギー消費

電気消費量については、家族数、年収、世帯面積とも有意な結果が得られた。例えば、家族数が1人増え年収が300万円から400万円に上昇すると、戸建住宅の世帯では年間441Mcalの増加があることがわかった。ガス消費量は家族数に主に依存していることがわかった。灯油は住居面積に依存しており、特に戸建住宅の世帯では、家族数や収入の如何に関わらず、家が広いほど消費量が大きいという結果が得られた。

表5-9 重回帰分析により推定されたパラメータ

	戸建住宅居住世帯						集合住宅居住世帯						備考
	電気		ガス		灯油		電気		ガス		灯油		
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	
定数項 C (Mcal)	4843.65	4.961	4437.26	6.290	5724.30	4.812	2242.11	1.867	15036.37	4.652	2918.63	3.146	
家族数 A1 (人)	$\alpha_1$ 203.77	2.207	380.23	4.572	N.A		354.71	2.905	363.76	3.426	420.78	3.049	
世帯年収 A2 (円)	$\alpha_2$ 237.11	3.344	N.A		N.A		395.89	4.768	268.79	3.659	N.A		表4の分類
世帯面積 A3 (㎡)	$\alpha_3$ 487.20	5.194	N.A		480.21	3.748	337.96	2.902	N.A		N.A		表4の分類
環境配慮意識 x (点)	$\beta$ -83.99	-5.385	-44.20	-3.420	-107.96	-5.179	-32.22	-1.779	N.A		-51.36	-2.679	60点満点
周辺環境	夏1 y1 (ダミー)	$\gamma_1$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	該当=1, 非該当=0
	夏2 y2 (〃)	$\gamma_2$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	夏3 y3 (〃)	$\gamma_3$ 912.72	2.188	N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	夏4 y4 (〃)	$\gamma_4$ N.A		N.A		-864.78	-2.008	N.A		N.A		N.A	〃
	夏5 y5 (〃)	$\gamma_5$ -932.05	-2.679	N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	夏6 y6 (〃)	$\gamma_6$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬1 y7 (〃)	$\gamma_7$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬2 y8 (〃)	$\gamma_8$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬3 y9 (〃)	$\gamma_9$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬4 y10 (〃)	$\gamma_{10}$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬5 y11 (〃)	$\gamma_{11}$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬6 y12 (〃)	$\gamma_{12}$ N.A		N.A		N.A		N.A		N.A		N.A	〃
	冬7 y13 (〃)	$\gamma_{13}$ N.A		N.A		1801.00	3.390	N.A		N.A		N.A	〃
サンプル数	221		164		112		163		148		65		
相関係数	0.643		0.459		0.644		0.554		0.492		0.449		
F値 (p値)	25.175 (p=0.0001)		21.448 (p=0.0001)		18.994 (p=0.0001)		17.474 (p=0.0001)		23.211 (p=0.0001)		7.815 (p=0.0009)		

N.A.: Not Adopted



(2) 環境への配慮意識とエネルギー消費

環境への配慮意識が最も影響しているのは、戸建住宅の世帯の灯油消費量であった。環境への配慮意識が1ポイント上がると、年間108Mcalのエネルギー低減効果があることがわかる。図5-9に示すとおり、戸建て住宅世帯において、環境配慮意識が10ポイント上昇すると、電気、ガス、灯油の使用量が年間2.4Gcal減少することが分かった。それに伴い、二酸化炭素排出量も年間0.2tc減少するが、一般廃棄物の発生量が年間0.3tであることと比較すると、意識変化によるエネルギー使用量の減少は、マテリアルフローの削減効果が非常に大きいことが分かる。また、環境への配慮意識の影響が見られなかったのは、唯一、集合住宅のガス消費量だけであった。

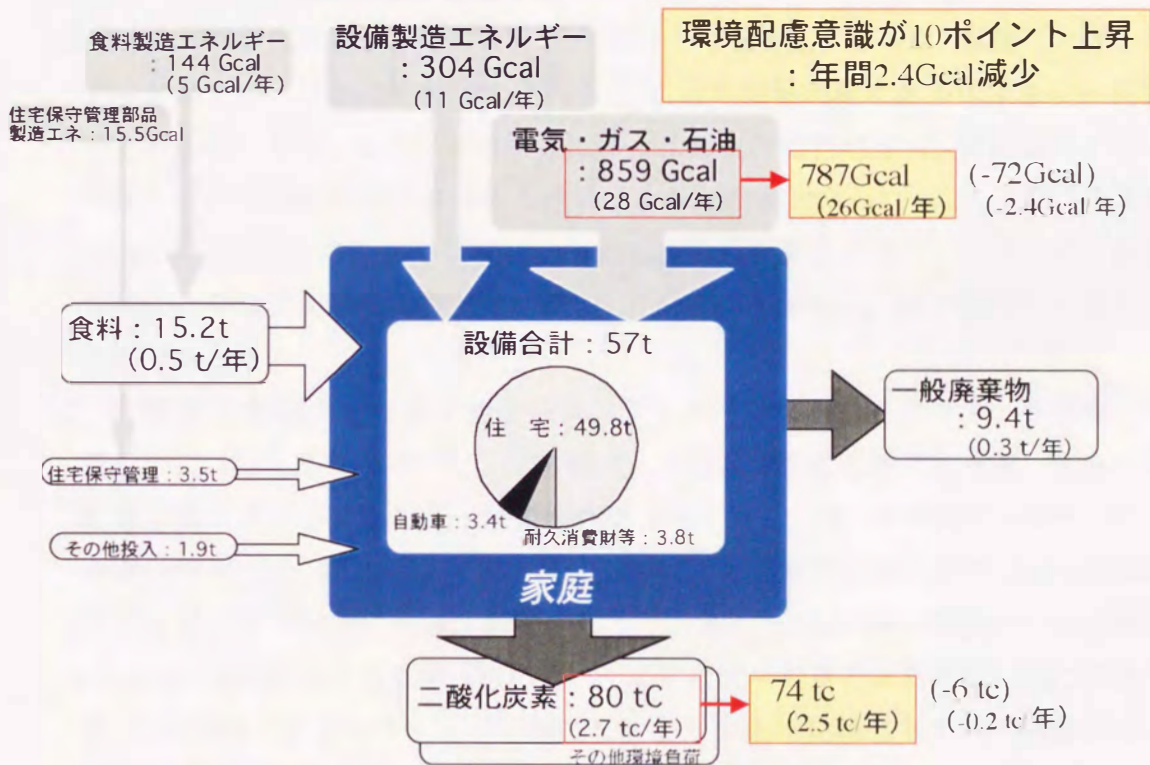


図5-9 環境配慮意識の変化が家庭におけるマテリアルフローに与える影響 (戸建住宅世帯, 30年間)

### (3) 周辺の熱環境に対する意識とエネルギー消費

一戸建住宅のみ周辺環境との相関が見られ、集合住宅では相関は見られなかった。電気消費量については、「コンクリートの照り返しが強い」(夏-3)、「海風が吹くので気持ちよい」(夏-5)の2つの項目について有意であった。灯油については「内陸なので冷え込みが厳しい」(冬-7)の項目について有意であった。しかし「あまり風が吹かず、過ごしにくい」(夏-4)の項目についても有意という結果がでているが、この理由についてはより詳細な調査によって解明する必要がある。

## 5.7 まとめ

本章で得られた結論を以下にまとめる。

- (1) モデル家庭を対象としたマテリアルフローの定量化を行った。家庭におけるマテリアルフローにおいて最も大きいものは、住宅設備利用に伴うエネルギー消費によるものであり、エネルギー消費に伴う二酸化炭素排出量は、住宅建設において投入される建設資材量よりも大きいことが明らかになった。エネルギー消費を用途別に見ると、冷暖房や照明に伴う電気消費量が最も大きく、エネルギー利用方法による電気消費量の削減は、マテリアルフロー全体への減少効果も大きいことが分かった。
- (2) 福岡市、大野城市の2都市をケーススタディー対象としてアンケート調査を実施し、この調査結果をもとに、世帯属性、周辺の熱環境に対する意識、環境への配慮意識の面からエネルギー消費特性について分析した。世帯属性とエネルギー消費の解析では、特に一戸建の世帯について、世帯属性では説明できない他の要因がエネルギー消費に大きな影響を与えていることが明らかになった。住居地区周辺の熱環境に対する意識(感じ方)とエネルギー消費の解析では、例えば夏の場合、風が吹くかどうかによって過ごしやすさが異なればエネルギー消費が2～4割程度違ってくることがわかった。
- (3) 世帯属性及び環境への配慮意識とエネルギー消費の解析では、まず、数量化理論第III類によって世帯属性と環境への配慮意識から各世帯を「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャス型」、「エココンシャスゆとり型」の4つに類型化し、各類型ごとにエネルギー消費の特徴を調べた。その結果、類型によって、エネル



ギー消費量がかなり異なることがわかった。一例として、電気消費量は、「無関心型」>「ゆとり型」>「生活優先型」>「エココンシャス型」の順で一年を通して少なくなることがわかった。

- (4) 次に、世帯属性、環境への配慮意識、周辺環境を説明変数とし、エネルギー消費を被説明変数とした重回帰分析による多変量解析を行った。世帯属性についての解析の結果、電気消費量、ガス、灯油の各消費に対して有意の因子を見出すことができた。また、環境への配慮意識について解析した結果、環境への配慮意識が最も影響しているのは、戸建住宅の世帯における灯油の消費量であることがわかった。戸建て住宅世帯において、環境配慮意識が10ポイント上昇すると、電気、ガス、灯油の使用量が年間2.4Gcal減少することが分かった。それに伴い、二酸化炭素排出量も年間0.2tc減少するが、一般廃棄物の発生量が年間0.3tであることと比較すると、意識変化によるエネルギー使用量の減少は、マテリアルフローの削減効果が非常に大きいことが分かる。一方、集合住宅のガス消費量だけは、唯一、環境への配慮意識の影響が見られなかった。周辺の熱環境に対する意識についての解析では、戸建住宅では周辺環境との相関が見られたが、集合住宅では相関が見られなかった。

以上、本章における各解析結果は、福岡市、大野城市の2都市のみを対象としたアンケート調査に基づくものであるが、我々の生活する住居の位置や周辺環境に対する意識、環境に対する意識が実際のエネルギー消費にどのように関係、或いは影響しているかを定量的に示したものであり、今後、両者の関係を探る上での手がかりになるものと思われる。

本章において明らかになった課題は以下の通りである。

- (1) 家庭におけるマテリアルフローの効果的な削減策を考える場合、その方策ごとの削減量を定量化することが必要である。そこで、住宅の耐久年数にあわせた家庭におけるマテリアルフロー分析を行う際、時間の経過に伴う家族構成の変化や、ライフスタイルの変化を考慮に入れたエネルギー消費関数を作成し、マテリアルフローへ及ぼす影響を細かく定量化する必要がある。
- (2) 周辺環境に対する意識について、市民の主観によるデータを用いて解析を行ったが、現地調査等に基づく客観的なデータを説明変数として導入し、客観データと主観データを関係づけた上でエネルギー消費を説明することが必要である。また、民生部門における総合的なエネルギー消費モデルを構築するためには、都市

熱環境だけではなく、交通の利便性や耐久消費財保有状況などにも着目することが必要である。

### 参考文献

- 1) 環境庁：平成8年度 環境白書，pp.37-45，1996.
- 2) 青柳みどり，森口祐一，近藤美則，清水浩：家計のエネルギー支出の特性について，エネルギー・資源，Vol16，No.6，1995.
- 3) 花木啓祐，一ノ瀬俊明：土木工学分野での都市熱環境研究の動向－都市熱環境に配慮したインフラストラクチャ整備に関する総合的研究，平成6年度～8年度 科学研究費研究成果報告書，pp.1-6，1997.
- 4) 守田優：都市のエネルギー消費と熱環境，平成6年度～8年度 科学研究費研究成果報告書，pp.40-49，1997.
- 5) 大濱隆司，金子慎治，上野賢仁，井村秀文：三次元クロージャーマodelによる都市熱環境構造の解析－福岡市周辺地域への適応－，環境システム研究，Vol23，pp.214-221，1995.
- 6) 資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー，あんほるめ，1995.
- 7) 経済企画庁調査局：家計消費の動向，大蔵省印刷局，1996.
- 8) 日本エネルギー経済研究所：民生部門エネルギー消費実態調査調査，1994.
- 9) 杉山高一：応用多変量解析，pp.24，インフォメーションサイエンス，1986.



## 家庭生活とエネルギー消費に関する調査

—地球温暖化防止のために—

現在、地球温暖化が全世界的な問題となっています。今年の秋には、その防止方法について話し合うための国際会議（COP3）が京都で開催される予定です。

本調査は、私たちの日常生活における電気、ガス、ガソリン等の使用によって、地球温暖化の原因となる二酸化炭素がどれくらい排出されているかを調査するためのものです。

調査の主旨をご理解の上、是非ご協力をお願いします。

平成9年3月

福岡市

九州大学

### ご記入にあたって

「自分では分からないことがあれば、家族のどなたかに相談して記入してください。」  
回答は無記名でお断りしております。回答結果は、統計処理によって解析しますので、個人情報等をそのまま発表するようなことは絶対にありません。

大変お手数ですが、ご記入いただきましたアンケートは、3月31日（月）までに、同封の返信用封筒にて投函くださいますようお願い申し上げます。

ご不明な点は下記にお問い合わせください。

〒812-86 九州大学工学部 環境システム工学研究室センター  
〒812-86 九州大学工学部 環境システム工学研究室センター  
TEL: 092-642-4091 FAX: 092-642-3448  
担当 貴森・谷川・松本

このアンケート用紙は、森林資源保護のための用紙を使用しています。

## 地球温暖化と本調査について

### 進行する地球温暖化

地球の温暖化は、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出が原因で起きている。

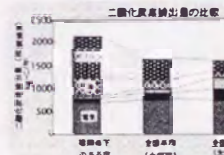
1995年12月、世界の科学者の集まりであるIPCCは、温暖化を防止するための政策が実施されないと2100年には約2度の平均気温の上昇、約50cmの海面上昇が予測され、さらにその後気温上昇が続くこと、こうした地球の温暖化に伴い広範囲で深刻な影響が生ずることを警告しています。

近年の二酸化炭素排出量は、国民のライフスタイルに密接に関連した家庭部門と運輸部門で一貫して増加しています。

地球温暖化対策を効率的に遂行するためには、国民一人ひとりが、大量消費・大量廃棄型のライフスタイルを改めていくことが重要です。

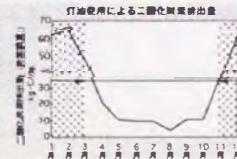
このアンケートは、当研究室で行っている地球温暖化対策のための研究の一環として、家庭を対象に実施しているものです。

前回行った福岡県下のある市での調査結果は以下のようになりました。

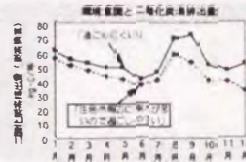


昨年12月に、福岡県のある市で調査したところ、1世帯で年間約2トンの二酸化炭素を排出していることがわかりました<sup>(注)</sup>。このうち約3分の1が自家用車の使用によるもので、この市では、全国平均と比べると、ガソリンの消費量がかなり多いことがわかりました。

(注) 日本全国では年間3.5億、約24億トンの二酸化炭素が排出されています。ここでは数値換算 (t-CO2) で表しています。

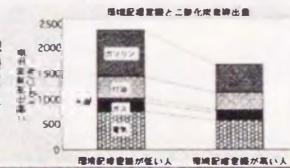


家庭における年間のエネルギー消費量には、電気や灯油の使用量のように季節ごとの変化が見られるものもあります。



「住居の周辺に樹木が多いので過ごしやすい」と答えた人は、「過ごしやすい」と答えた人に比較すると、年間を通して電気の消費量が少ないようです。

「自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う」人の方がガソリンの消費量が少ないだけでなく、生活全般での二酸化炭素排出量が少ない傾向があることがわかりました。



**地球温暖化対策の研究のため、あなたのデータが必要です。是非ご協力ください。**

**あなた自身について**

あなた自身についてお答え下さい。

- 年齢 ( ) 歳  
性別 1. 男 2. 女  
職業  
1. 会社員 2. 公務員  
3. 自営業 4. 主婦(仕事はしていない)  
5. 主婦(仕事(パート・アルバイトを含む)もしている)  
6. 学生 7. その他( )

同居している家族の構成

- 0歳～10歳 男( )人 女( )人  
10歳～20歳 男( )人 女( )人  
20歳～50歳 男( )人 女( )人  
50歳以上 男( )人 女( )人  
世帯全体の年収 約( )万円

あなたの住環境についてお答え下さい。

住居の形態

1. 一戸建 2. 賃貸の一戸建  
3. 分譲マンション \* \* \* \* \* 住んでいるのは( )階建ての( )階部分  
4. 賃貸マンション・アパート \* \* \* \* \* 住んでいるのは( )階建ての( )階部分  
5. その他

住居の構造

1. 木造 2. 鉄筋コンクリート  
3. フレハブ 4. その他( )

住居への断熱材の使用状況

1. 断熱材を使用している 2. 断熱材は使用していない  
3. 分からない

住居の窓

1. アルミサッシにしている 2. アルミサッシにしない  
3. 断熱構造にしている(二重窓、ペアガラス等)

住居の築年数 ( )年

住居の居住年数 ( )年

住居の面積 ( )㎡・畳・坪 (㎡・畳・坪を同時に記入して下さい)

住居の部屋構成 ( )風呂 1LDK 2DK 3LDK \* \* \*

あなたの交通機関使用状況についてお答え下さい。

最寄りの交通機関

- 駅 駅名 ( ) バス停 停留所名( )  
徒歩 ( )分 徒歩 ( )分  
使用頻度 週( )回 使用頻度 週( )回  
自転車使用時間(家庭全体の通へ時間)  
平日1日 ( )分 休日1日 ( )分

あなたのお住まい周辺の環境について、夏と冬は、どのように感じていますか。

あてはまるものに○を付けてください(複数回答可)

- 【夏】 【冬】  
1. 蒸し暑くて過ごしにくい 1. 比較的暖かくて過ごしやすい  
2. 朝晩に冷気が多いので過ごしやすい 2. 夜は冷え込みが厳しく、過ごしにくい  
3. コンクリートの壁り返しが強い 3. 海風が強くて、寒さが厳しい  
4. あまり風が吹かず、過ごしにくい 4. 周囲に住宅がないので、冷え込みが厳しい  
5. 海風が吹くので、過ごしやすい 5. 市街地なので、冷え込みはそれほど厳しくない  
6. そばに川が流れているので気持ちよい 6. じり風が冷たい  
7. その他( ) 7. 内陸なので冷え込みが厳しい  
8. その他( )

周辺環境についてお尋ねします。

たとえば、夏の夕涼みや、冬のひなたの暖かさなど、あなたのお住まいの暑さ、寒さの厳しさ、しめやすさについてうかがいます。昔と比べて、また、他の地域と比べて、あなたのお住まい周辺にはどんな特徴がありますが、ご自由にお書き下さい。

-----  
-----  
-----

あなたの住居地域のおおよその位置を下の地図にXをつけて下さい。



福岡市では、平成6年に「福岡市地球温暖化対策地域推進計画」を作成しています。あなたは、このことをご存じですか。

1. 全く知っている 2. 聞いたことはあるが内容はよく知らない  
3. 全く知らない 4. その他( )



光熱費・燃料費について

ご家庭でのエネルギーと水の消費量についてお聞きします。

これは、あなたのご家庭の生活からどれだけ二酸化炭素が排出されているかの推計のために必要なデータです。

詳細例とは思いますが、正しい推計を行うためには是非ご協力をお願いします。これを記入することは、あなた自身の消費生活を見直す良い機会にもなると思います。

下の表1に過去1年間に毎月払った料金を記入して下さい。  
旅行や郵便局の自動引き落としを利用されている方は、通帳から数字を拾って記入して下さい。定期料金または使用量のどちらか答えやすい方で、お答え下さい（記入した方の単位を○で囲んで下さい）。もし、料金の不明な項目、月がある場合、分かるところだけ記入して下さい。使用していない月は0を記入して下さい。

また、月別の料金が分からない方は、表2に毎月の平均的な料金を記入してください。

表1 月別の使用料金・使用量が分かる場合

	電気	都市ガス	プロパンガス	水道 <sup>1</sup>	灯油	ガソリン	軽油
記入例	8485円・kWh	5795円・m <sup>3</sup>	0円・m <sup>3</sup>	4031円・m <sup>3</sup>	30円・L	120円・L	0円・L
1月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
2月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
3月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
4月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
5月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
6月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
7月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
8月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
9月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
10月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
11月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
12月	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L

(注) 水道水の供給や下水の処理のためにもエネルギーが使われています。

表2 月別の使用料金・使用量がわからない場合

項目	円・kWh	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・m <sup>3</sup>	円・L	円・L	円・L
電気							
都市ガス							
プロパンガス							
水道							
灯油							
ガソリン							
軽油							

自営業の方にお聞きします。

上で回答いただいた数字は、次の内どれに該当しますか。

- 1. 生活用と営業用の両方を含む
- 2. 生活用のみ
- 3. 営業用のみ
- 4. 分からない

5

環境に配慮した生活—自己点検—

二酸化炭素は、私達が日常生活で使用する様々な製品の製造や流通の過程でも排出されています。つまり、私達の消費生活の全体が二酸化炭素排出の原素になってしまっていると考えると良いでしょう。地球温暖化防止のためには、私達のライフスタイル全体を見直す必要があります。

そこで、あなたのライフスタイル（生活様式）についてお聞きします。

下の表の項目で、あなたの毎日の生活にあてはまる項目に○をつけて下さい。  
常に実行している →3  
時々実行している →2  
気にはしているが実行していない →1  
全く気にしていない →0

	回答値
1. テレビや照明はつけっぱなしにしない。	3 + 2 + 1 + 0
2. 自家用車よりもなるべく公共交通機関を使う。	3 + 2 + 1 + 0
3. はみがきや洗顔をのし、水を出しっぱなしにしない。	3 + 2 + 1 + 0
4. エコマーク商品など地球にやさしい製品を選んで買う。	3 + 2 + 1 + 0
5. 新聞紙、トレー、牛乳パックなどはリサイクルに出している。	3 + 2 + 1 + 0
6. 壊れた製品も修理してなるべく長く使う。	3 + 2 + 1 + 0
7. 買い物をするとき包装は簡単にしてもらう。	3 + 2 + 1 + 0
8. ゴミは決められた分別方法で出している。	3 + 2 + 1 + 0
9. 冷暖房の温度設定は控えめにしている。	3 + 2 + 1 + 0
10. 風呂の残り湯は洗濯や掃除に利用している。	3 + 2 + 1 + 0
11. ソーラーシステムや省エネ型家電製品など、 環境にやさしい製品を取り入れるようにしている。	3 + 2 + 1 + 0
12. 食材は無駄がないように計画的に購入している。	3 + 2 + 1 + 0
13. スーパーに行くときは、買い物袋をもって行く。	3 + 2 + 1 + 0
14. 自然とふれあう機会を持つように心がけている。	3 + 2 + 1 + 0
15. 地球環境問題についてのニュースや記事はすすんでみている。	3 + 2 + 1 + 0

ご協力ありがとうございました。  
本調査へのご意見・ご感想がありましたら、ご自由にお書き下さい。

.....

.....

.....

6

## 第6章 結論

本研究では、国レベルで整備が進んでいる環境資源勘定を地域へ適用するために、その体系の構築を行い、ベースとなるマテリアルフロー分析を行うことを目的とした。これにより、地域レベルでのマテリアルフロー分析を行い、地域における環境へのインパクトとして、従来のエネルギー評価に加えて、マテリアルフローによる評価を可能とした。

具体的には、環境資源勘定体系を地域へ適用するためのフレームワークの作成を行い、環境資源勘定の基礎となるマテリアルフロー分析について推計手法の構築を行った。さらに、マテリアルフロー分析を用いた評価指標について、MIPSを取り上げ、その地域への適用手法の開発を行った。次に、自治体レベル、街区レベル、家庭レベルにおいてマテリアルフロー分析を行い、それぞれの評価レベルにおいて、マテリアルフロー、エネルギーフローを定量化した。

以下、本研究で得られた知見を整理し、総括する。

第1章では、研究の背景として、物質移動に伴う環境問題を整理し、マテリアルフロー、エネルギーフローの現状を、世界レベル、国レベルでまとめた。マテリアルフローの増大から引き起こされる環境問題を取り上げ、環境問題を従来のエネルギー的側面からアプローチする方法に加えて、物量的側面からアプローチすることの重要性及び、マテリアルフロー分析の必要性を論じた。それらを踏まえたうえで、地域での環境管理施策におけるマテリアルフロー分析が必要性を論じ、本研究では、自治体レベル、街区レベル、家庭レベルでのマテリアルフロー分析を行うこととした。さらに、それぞれの評価レベルにおけるマテリアルフロー、エネルギーフロー分析に関する既往研究を概観したうえで、本研究の構成を示した。

第2章では、環境資源勘定体系の地域への適用を念頭に、環境負荷及び環境恵沢の両面から、その基本的考え方とその方法について議論の整理を試みた。さらに、環境資源勘定体系を構築するための基礎となるマテリアルフロー分析についてその推計手法を整理した。さらに、マテリアルフロー分析データを用いた指標として、MIPSを取



り上げ、その都市構造物への適用手法を明らかにした。その際、評価対象による便益（サービス）を定量化する手法として、一般統計で得られる指標をサービス量として採用することで、様々な地域における適用を可能とした。

第3章では、自治体レベルでのマテリアルフロー分析として、都道府県および政令指定都市を対象に都市のマテリアルストックの定量化を行い、都市におけるマテリアルフロー、エネルギーフローを定量化した。本章により得られた知見を要約すると、以下の通りである。

- (1) 全国都道府県および政令指定都市の建築物・道路を対象としたマテリアルストックの集積量について、1995年の全国におけるマテリアルストックは約140億トン（111 t / 人）となった。ストック集積量が最も多かったのは東京都で約10億トン（全国総量の7%）、最も少なかったのは、鳥取県で約8800万トンであった。
- (2) マテリアルストックの集積傾向からみた都市の特性を定量化するために、クラスター分析を用いて都市規模による類型化を行い、全国の都道府県を3グループに分け、それぞれの特性を明らかにした。その結果、大都市では、マテリアルストックの増加率より県内総生産の増加率が大きくなる傾向が強くなっていることが分かった。これは、大都市における物質投入が飽和状態に近づきつつあり、資源ストックの活用効率を上げていることが分かった。また、地方都市においては、マテリアルストックの伸びは大都市に比べて高いものの、徐々にストックの伸びが低くなっていることが分かった。
- (3) 都市におけるマテリアルフローを推計した結果、福岡市（1990年）に投入される資材は561万トン、電力は350万Gcalで、排出される廃棄物は195万トンであった。さらに、91万トン（炭素換算）のCO<sub>2</sub>を排出している。このCO<sub>2</sub>の値は炭素に換算したものであるため、実際には91万トンの炭素に加えて、242万トンの酸素が自然界から投入されたことになる。つまり、CO<sub>2</sub>として大気中に排出された量は、333万トンとなり、廃棄物発生量の1.7倍である。一方、都市内のストックは約1億トンあり、年々蓄積する傾向にあることが分かった。
- (4) 北九州市において、建築物と道路によるマテリアルストックを定量化した。その結果、市域全体で128 × 10<sup>6</sup>t、人口1人あたり126tであることが分かった。さらに、同市において、MIPS評価を適用した。建築物を対象としたMIPS値と

して、建築物のマテリアルストックと「居住年数×居住人口×居住面積」の推移を比較すると、MIPSの値は増加しており、サービスの増加よりもストックの増加の方が大きいことがわかった。北九州市全域の道路を対象とした推計では、1966年から1996年までの30年間で、マテリアルストックが3.3倍、道路のサービス量が27倍になっていることがわかった。

また、マテリアルフロー分析を用いた指標の作成過程で明らかになった課題は、次の通りである。今回の算定では、「何人がどれだけ利用したか」という概念を定式化した。式中に、居住施設整備による住みやすさや、道路整備による時間短縮効果といったサービスの質がこの指標ですべて表されているわけではない。そこで、居住年数の増加に伴う快適性の低下率や、道路拡幅や立体交差の導入による可能交通容量の増大率といった変数を式中に導入するなどの工夫が必要である。また、今回行った道路のサービス量算定において除外した貨物輸送のように、最終消費者が都市構造物を間接的に利用している場合、2.5.2で定義した算定式ではサービス量が評価されない。例えば、貨物輸送のための都市構造物（貨物鉄道や港湾）は多大なマテリアルストックがあるのに直接的にはサービスは発生しておらず、間接的にサービスを発生しているということになる。そこで、今回2.5.2で定義した方法に加えて間接的なサービス量を定量化する手法を検討する必要がある。また、今後、国外における都市についてマテリアルストック、マテリアルフローの推計を行い、国際比較を行うことで、今回の推計量の検討を行うことも必要である。

第4章では、住宅団地建設に伴う総物質必要量を明らかにするために、街区レベルでのマテリアルフロー分析手法を提案し、ケーススタディ地区を対象に総物質必要量の推計を行った。推計を行うために、造成前と造成後のGISデータベースを構築し、土壌移動量、原生林伐採量、建築物・土木構造物による資源固定量を定量化し、さらに資材利用に伴う国内、海外でのフローを検討した。本章により得られた知見を要約すると、以下の通りである。

- (1) 建設における基本資材である鉄、コンクリート、木材について、資材1トンあたりのMFAを行った。その結果、鉄については、DMI 1.62トン、HMF 2.38トン、コンクリートは、DMI 1.07トン、HMF 0.14トン、木材は、DMI 1.87トン、HMF 0.79トンであった。3つの資材のうち、製品1トンに関わる物質量が最も多いのは鉄であった。



- (2) 大規模な新興住宅団地(面積1,312,945 $\text{m}^2$ , 建築物数1757棟, 居住世帯数2,042世帯, 居住人口7,535人)をケーススタディ対象として, 住宅団地建設のMFAを行った結果, TMRは1,040万トンであった. このうち最も多くを占めたのは, 住宅地建設における土地造成工事で958万トンであった.
- (3) 住民一人が居住するために投入された資材量は54トン/人であった. その背後で行われる資材生産や原料採取, 宅地建設に関わる自然の改変を合計すると, 住民一人あたり1,586トン/人になることが分かった.
- (4) 住宅形態を戸建住宅から集合住宅に変更した場合, 建築床面積縮小に伴って住宅地も建設エリアも縮小されるため, 住宅地建設における土地造成工事が290万トンに減少した. 一方, 構造を変更し, 鉄をより多く使うため, 輸入相手国のHMFが増加し8万トンになった. 集合住宅に変更した場合, 域内の自然改変は押さえることができるが, 輸入相手国での自然改変は増加させてしまうことが明らかになった.

また, 街区レベルでのマテリアルフロー分析を行う課程において, 明らかになった課題として, 以下の3点が挙げられる.

- (1) 過小推計の見直しを行うことが必要である. 原因は以下の3点が考えられる.
  - 1点目は, 発電所・上水場・下水処理場の建設重量の配分の問題がある. 今回は電線や配管についてのみの算定を行った. しかし, 実際には発電所, 下水処理施設, 浄水処理施設をMFAに含めることが必要である.
  - 2点目は, 建設に伴う燃料消費(ガソリン等)のHMFを計上していない点である. これは, HMF原単位が把握できなかったことが原因である.
  - 3点目は, 資材別のDMI, HMFのデータが少ないことである. 本研究において資材別のDMI, HMFを代表的な3資材(鉄, コンクリート, 木材)のみに絞ったが, その他の資材についてもDMI, HMFを算定し, 正確な算定を行うことが必要である.
- (2) マテリアルフロー分析とLC-CO<sub>2</sub>分析との相関関係を定量化することが必要である. 物質移動とエネルギー消費は密接に関係していると考えられるが, その相関性を定量化することで, 現在行われているLC-CO<sub>2</sub>分析とマテリアルフロー分析を合わせた新しい指標体系を構築することができる. LC-CO<sub>2</sub>は, 地球環境への負荷を定量化する指標として用いられているが, 大規模な自然改変等を評価することができるマテリアルフローとリンクすることで, 環境管理施策に新たな指標を提供することができる.

(3) TMR 推計結果について、宅地を建設する際、丘陵地に作るより平地に作る方が、良いように見える。しかし、実際には、農地等から宅地へ土地利用の転換を行っていたり、貴重な自然資源を犠牲にして宅地造成しているケースがある。このような要因を考慮に入れて総合的に評価するためには、自然資源から得られる便益（サービス）や、農地の生産性を定量化し、議論することが必要である。環境資源勘定体系には、自然資源ストックの変化や、それに伴う便益（サービス）の変化を記述するプロセスが含まれている。今後、環境資源勘定体系の構築を行い、体系全体を用いて評価することが必要である。

第5章では、モデル家庭を対象としたマテリアルフローの定量化を行った。さらに、マテリアルフローにおいて大きな割合を占めるエネルギーに関して、ライフスタイル等との関連性をアンケート調査により定量化した。本章により得られた知見を要約すると、以下の通りである。

- (1) 家庭におけるマテリアルフローにおいて最も大きいものは、住宅設備利用に伴うエネルギー消費によるものであり、エネルギー消費に伴う二酸化炭素排出量は、住宅建設において投入される建設資材量よりも大きいことが明らかになった。エネルギー消費を用途別に見ると、冷暖房や照明に伴う電気消費量が最も大きく、エネルギー利用方法による電気消費量の削減は、マテリアルフロー全体への減少効果も大きいことが分かった。
- (2) 福岡市、大野城市の2都市をケーススタディー対象としてアンケート調査を実施し、この調査結果をもとに、世帯属性、周辺の熱環境に対する意識、環境への配慮意識の面からエネルギー消費特性について分析した。世帯属性とエネルギー消費の解析では、特に一戸建の世帯について、世帯属性では説明できない他の要因がエネルギー消費に大きな影響を与えていることが明らかになった。住居地区周辺の熱環境に対する意識（感じ方）とエネルギー消費の解析では、例えば夏の場合、風が吹くかどうかによって過ごしやすさが異なればエネルギー消費が2～4割程度違ってくることがわかった。
- (3) 世帯属性及び環境への配慮意識とエネルギー消費の解析では、数量化理論第III類を用いて、世帯属性と環境への配慮意識から各世帯を「無関心型」、「生活優先型」、「エココンシャス型」、「エココンシャスゆとり型」の4つに類型化し、各類型ごとにエネルギー消費の特徴を調べた。その結果、電気消費量は、「無関心



型」>「ゆとり型」>「生活優先型」>「エココンシャス型」の順で一年を通して少なくなることがわかった。

- (4) 世帯属性、環境への配慮意識、周辺環境を説明変数とし、エネルギー消費を被説明変数とした重回帰分析による多変量解析を行った。世帯属性についての解析の結果、電気消費量、ガス、灯油の各消費に対して有意の因子を見出すことができた。また、環境への配慮意識について解析した結果、環境への配慮意識が最も影響しているのは、戸建住宅の世帯における灯油の消費量であることがわかった。戸建て住宅世帯において、環境配慮意識が10ポイント上昇すると、電気、ガス、灯油の使用量が年間2.4Gcal減少することが分かった。それに伴い、二酸化炭素排出量も年間0.2tc減少するが、一般廃棄物の発生量が年間0.3tであることと比較すると、意識変化によるエネルギー使用量の減少は、マテリアルフローの削減効果が非常に大きいことが分かる。一方、集合住宅のガス消費量だけは、唯一、環境への配慮意識の影響が見られなかった。周辺の熱環境に対する意識についての解析では、戸建住宅では周辺環境との相関が見られたが、集合住宅では相関が見られなかった。

以上、本章における各解析結果は、福岡市、大野城市の2都市のみを対象としたアンケート調査に基づくものであるが、我々の生活する住居の位置や周辺環境に対する意識、環境に対する意識が実際のエネルギー消費にどのように関係、或いは影響しているかを定量的に示したものであり、今後、両者の関係を探る上での手がかりになるものと思われる。

また、本章で明らかにされた課題は次の通りである。エネルギー消費に関するアンケート調査では、周辺環境に対する意識について、市民の主観によるデータを用いて解析を行ったが、現地調査等に基づく客観的なデータを説明変数として導入し、客観データと主観データを関係づけた上でエネルギー消費を説明することが必要である。また、民生部門における総合的なエネルギー消費モデルを構築するためには、都市熱環境だけではなく、交通の利便性や耐久消費財保有状況などにも着目することが必要である。





## 謝 辞

本研究は、九州大学大学院工学研究科付属環境システム科学研究センター環境制御研究分野（旧 環境システム工学研究センター）において、著者が行ってきた研究成果をとりまとめたものです。また一部は、平成10年4月に和歌山大学システム工学部環境システム学科に助手として採用されてからの研究成果です。

本研究を遂行するにあたり、九州大学大学院工学研究科教授 井村秀文 博士には、著者が当研究室に在籍して以来、今日まで終始懇切丁寧に御指導、御助言を賜りました。また、GISをはじめとする最新鋭の研究設備や貴重な研究資料などの研究環境、海外調査などへの参加機会などを与えて頂いたばかりでなく、科学技術振興事業団「自立型都市をめざした都市代謝システムの開発」研究グループへ参加させていただくなど、数々の知見を学ぶ機会を得ました。ここに謹んで心より深甚なる謝意を表します。

本論文をとりまとめるにあたり、九州大学大学院工学研究科教授 楠田哲也博士、同工学研究科教授 江崎哲郎博士には、本論文の査読を通じて貴重な御助言と御指導を賜りました。心より感謝の意を表します。

本研究のとりまとめにあたっては、九州大学大学院工学研究科付属環境システム科学研究センター環境制御研究室および和歌山大学システム工学部環境システム学科の教職員ならびに学生の皆様にご支援をいただきました。立命館大学経済学部教授 藤倉良 博士（平成10年まで九州大学助教授）には、研究だけでなく公私に渡り、懇切丁寧に御指導、ご助言をいただきました。九州大学大学院工学研究科助教授 松本亨 博士、崇城大学環境建設工学科講師 上野賢仁 博士、産業医科大学助教授 二渡了 博士には、研究の細部にわたり御助言、御協力を賜りました。和歌山大学システム工学部教授 日下正基 博士、同教授 平田健正 博士、同 金子泰純 助教授、同 吉田登 助教授には、筆者が和歌山大学にて研究に専心できるよう格段の御配慮を賜りました。ここに謹んで御礼申し上げます。

北九州市における解析では、当時の北九州市都市計画局土地利用係長 深堀秀敏氏をはじめ北九州市役所の方々に、GISデータ等、貴重なデータを提供していただき、さらに御指導ご助言を賜りました。さらに、データ収集および解析において、当時九州大学および同大学院の学生であった白濱康弘氏（JR西日本）、森麻衣子氏（東和科学）、大迫洋子氏（九州電力）、和歌山大学の廣瀬耕二氏（大学院生）、徳元真一氏（万代）には多大な御協力をいただきました。また、九州大学在学中に同じ博士課程であった金子慎治 博士（地球環境戦略機関）、中山裕文 博士（九州大学助手）、陳晋 博士（北京師範大学副教授）には、常日頃から有益な御討議、御指導を賜りました。ここに、厚く御礼申し上げます。

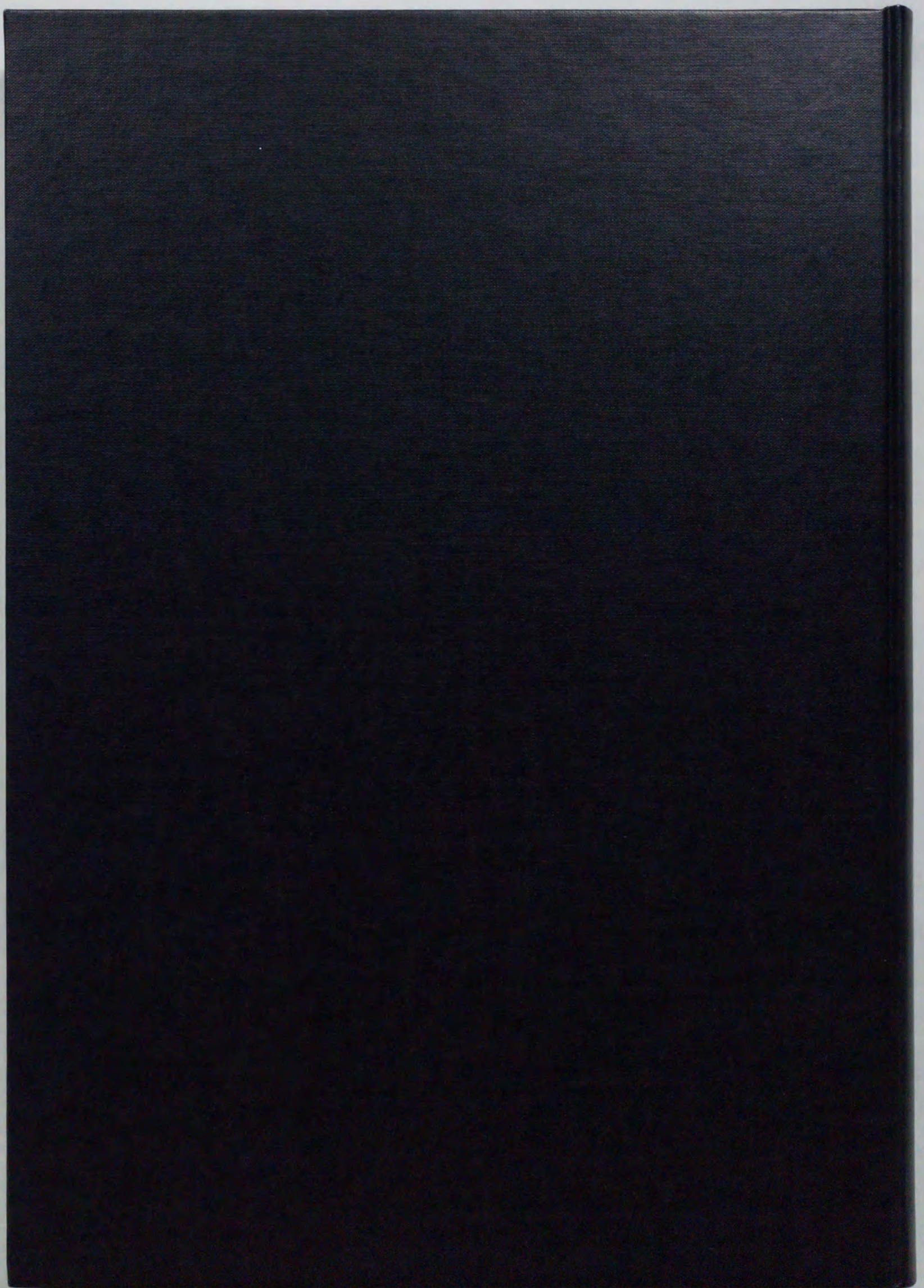
また、本研究を遂行するにあたり、科学技術振興事業団「自立型都市をめざした都市代謝システムの開発（代表 柏木孝夫 東京農工大学教授）」の研究会合において、多くの先生方に御指導いただきました。ここに感謝申し上げます。

最後に、この場を借りて、著者に今日まで様々な勉学の機会を与えてくれた両親と、著者の研究生生活を支え励まし続けてくれた妻 昌子に感謝します。

2000年6月









inches 1 2 3 4 5 6 7 8  
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

# Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black

# Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

