

人口・世帯構成と 環境負荷発生量の係わりについて

山下 隆久¹・金森有子²・松岡 譲³

¹非会員 野村総合研究所

²正会員 (独) 国立環境研究所 (〒305-8506) 茨城県つくば市小野川 16-2

E-mail: kanamori@nies.go.jp

³正会員 京都大学大学院教授 工学研究科都市環境工学専攻

環境問題対策の必要性が高まる中、家庭からの環境負荷発生特性は、少子高齢化をはじめとする人口構成の変化や世帯構成の変化に伴い大きく変化することが予想される。このような状況に対応して環境問題に対する有効な対策を講じるためには、人口構成や世帯構成といった社会変化の考慮が一つの焦点となる。本研究では人口構成や世帯構成の推移を推計できる人口・世帯数推計モデル、そして人口構成や世帯構成の変化に伴う環境負荷発生量変化を動的に捉えることが可能な世帯内環境負荷発生量推計モデルを構築した。構築したモデルを用いて 1985 年から 2050 年までの家庭構造の変化に起因する環境負荷量変化の推計を行った。その結果、環境負荷発生量の変化要因となる個人属性、世帯属性を明らかにし、かつその要因の影響量を定量的に評価できた。

Key words: population and household dynamics model, environmental load generation bottom-up model, individual attribute, household attribute

1. 序論

現代の我々の生活は、エネルギーの消費や財・サービスの消費、排出など、様々な環境負荷の発生の上に成り立っている。そのため、大量消費、大量廃棄という物質的豊かさの追求により、我々は様々な環境問題を引き起こしてきた。

我々の生活に目を向けてみると、家庭から発生する環境負荷量には、依然として環境問題の解決につながるような改善が見られない。家庭部門でのエネルギー消費量は、1973 年のエネルギー消費量を 100 とすると、2004 年時点で 212 となり、第一次石油ショック当時に比べて、現在の家庭では 2 倍以上のエネルギーを消費している(エネルギー白書 2006, 2006)¹⁾。また、家庭ごみ排出量は、2004 年時点で 2000 年から継続的に減少しているが(環境省、ホームページ)²⁾、最終処分場の残余容量の切迫状況を考慮すると、妥当な量とは言いがたい。

このように家庭部門における環境問題対策の必要性が高まる中、家庭からの環境負荷発生特性は今後大きく変化することが予想される。それは、①個人の出生年、年齢、性別といった個人を特徴付ける性質(以後、個人属性)や、世帯を構成する人数の違いや属する世帯類型の

違い、世帯の収入状況などの世帯を特徴付ける性質(以後、世帯属性)により、個人の環境負荷発生特性が一律でない可能性があり、②これらの違いは少子高齢化をはじめとする人口構成の変化や世帯構成の変化に伴い、家庭での環境負荷発生量に大きく寄与することが予想されるからである。

このような状況に対応するためには、家庭部門における環境問題対策を考えていく上で、人口構成や世帯構成といった社会変化の考慮が一つの焦点となる。

このような背景を踏まえ、本研究では、(1) 個人属性や世帯属性と環境負荷発生量の係わりを明らかにすること、(2) 今後の人口・世帯構成の変化が環境負荷発生量に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とする。そのために、家計調査の個票を利用した個人属性や世帯属性と環境・エネルギー負荷発生量の関係の解析を行い、その後本研究で開発した人口・世帯数推計モデルを用いることで、家庭構造の変化に起因する環境負荷量変化の推計を行った。

2. 既往の研究と本研究の位置付け

本章では上述の観点から、家計調査個票を用いた解析と世帯属性に着目した環境・エネルギー負荷発生量の推計に関する研究について紹介する。これまでも、家計調査の個票を用いた研究が行われてきた。例えば石橋³⁾は、社会の高齢化に伴う食料需要の変化や若い世代の食料消費の特徴を明らかにするため、家計調査の個票データを使用して、1984年から1999年までの食料消費傾向を分析した。各年齢階級に含まれる世帯の構成人員の人数を独立変数、その世帯での食料の消費量を従属変数とした重回帰分析を行った結果、若年世帯の生鮮食品離れ、全ての年齢層での調理食品志向、高齢世帯での外食の延び等の特徴を明らかにした。上田ら⁴⁾は、世帯類型や世帯の収入といった世帯属性による世帯消費への影響の把握を目的とし、集計データとして全国消費実態調査、ミクロデータとして消費生活に関するパネル調査の個票データを用いた分析を行った。その結果、世帯収入に加え、妻の就業・所得割合が家計の消費行動に影響する可能性が示された。また、子供の学歴が高くなるほど、消費支出・消費性向とも高くなること、さらには未就学児がいる場合、常勤共働き世帯の消費支出・消費性向が高くなることが示された。以上のように、家計調査の個票は消費行動の分析には利用されているが、環境・エネルギー負荷発生量の分析にはあまり利用されていないのが現状である。

次に、世帯属性と環境・エネルギー負荷の関係について分析した研究を紹介する。三浦ら⁵⁾は、日本の地域別エネルギー消費構造とその増加要因を明らかにするため、家庭内のエネルギー消費量を都道府県別に推計する手法を開発した。その結果、エネルギー消費の増加は実質的な消費の増加による影響以外に、世帯規模の縮小などの世帯構成の変化が大きな影響を与えており、世帯構成の変化のみでこの10年間で10%程度増加したことを明らかにした。また今後10年で、世帯数の変化だけでエネルギー消費は5%増加することを明らかにした。

中口⁶⁾は、家庭における市町村別のエネルギー消費量の推計と、その特徴を明らかにすることを目的とし、2000年の市町村別エネルギー消費量の推計手法を開発した。なお、家計調査の個票データを使用することで、世帯属性とエネルギーの消費量との関係を明らかにし、さらにその分析を基に世帯人員別消費原単位を求めた。その結果、全国の傾向としては電気、LPG、灯油は人口規模が小さくなるほど使用比率が大きくなるのに対し、都市ガスは人口規模が大きくなるほど使用比率が大きくなることなど、市町村のエネルギー消費特性は人口規模によって異なることを明らかにした。

金森ら⁷⁾は、「環境に優しいライフスタイル」を定量的

に評価するため、消費支出金額や時間の使い方から、世帯分類別環境・エネルギー負荷発生量を推計するモデルを構築した。環境負荷発生量としては家庭ごみ、粗大ごみ、排水発生量、エネルギー消費量、水質汚濁物質、大気汚染物質、住宅建設廃棄物を対象とした。その結果、日本における2030年までの家計消費支出と家計生産活動に伴う環境・エネルギー負荷発生量を明らかにした。

以上のように、これまでの研究では個人属性や世帯属性の消費行動への影響を分析されてきたが、これらの研究は目的が家計の消費行動の分析であるため、消費量や消費支出を分析するに留まっている。個票データを用いた環境・エネルギー負荷発生量の分析としては、中口の研究が挙げられるが、これは解析対象を特にエネルギー消費量に限定している。本研究では家計調査個票データを用いて家庭からの環境負荷発生量を世帯属性から分析する。なお、家庭ごみなどの環境負荷に、エネルギー消費量も対象とする。このように個票データを用いて環境・エネルギー負荷発生量を網羅的に分析する研究は、これまでに類を見ないものである。

3. 家計調査個票データによる個人属性別・世帯属性別環境負荷発生特性の分析

(1) 対象世帯、使用データについて

はじめに、個人属性と世帯属性に着目し、環境・エネルギー負荷発生特性の分析をおこなった。対象とする世帯は表-1に示すように五つの世帯類型とした。また、使用データとしては、個人属性、世帯属性に関して家計調査個票を使用した。このデータは、総務省統計局に平成18年5月に申請し、同年6月に使用許可を受けたものである。なお、データの期間は1985年1月から2004年12月までの20年間分である。単身世帯については、世帯の性格上、世帯の消費量と世帯人員の消費量が1対1に対応しており集計結果で分析が可能であること、また単身世帯の個票データは平成12年以降のものしか入手できず、中期的な分析ができないことの二点により、全国消費実態調査報告⁸⁾と家計調査年報⁹⁾のデータを使用した。

表-1 対象とする世帯類型

夫婦のみ世帯
夫婦と子から成る世帯
片親世帯
その他の世帯
単身世帯

(2) 対象環境・エネルギー負荷について

環境負荷が排出されるまでのプロセスは、財・サービスを個人が購入するフェーズ、財・サービスが消費され

環境負荷発生量となるフェーズ、さらに環境負荷排出量として排出されるフェーズの三つに分けることができる。一般に環境負荷発生量とは、家計が財を消費することにより、発生する環境負荷の量のことで、環境負荷排出量とは、発生した環境負荷のうちリサイクルにまわす分を除き、環境負荷として排出する量のことである。

個人属性や世帯属性は、財・サービスの購入時と環境負荷の発生、排出時の間で変化する可能性がある。そこで本研究では、環境負荷発生量を財・サービスの購入時の個人属性や世帯属性で評価することにした。以下の表-2に本研究で対象とする環境・エネルギー負荷の一覧を示す。

表-2 対象とする環境・エネルギー負荷

家庭ごみ発生量	紙類
	プラスチック・ゴム・皮革類
	繊維類
	ガラス・陶磁器類
	金属類
	木・竹・わら類
	厨芥 その他
エネルギー消費量	電気
	都市ガス
	LPG
	灯油
	ガソリン
家庭排水発生量	軽油

(3) 分析手法

a) 分析データの作成

分析データは、単身世帯と単身世帯以外の世帯に分けて作成した。単身世帯の分析データは、まず全国消費実態調査報告⁸⁾の単身世帯のデータを基に、その調査年の間は家計調査年報⁹⁾の全世帯のデータで補完し、収入階級別(世帯属性)・年齢階級(10歳階級)別・男女別(以上、個人属性)1世帯あたり1ヶ月間の品目分類別支出金額を算出した。さらにそれに物質・エネルギー収支モデル⁷⁾を用いて同分類の環境・エネルギー負荷発生量に変換した。ここで、物質・エネルギー収支モデルとは、財の実物単位の購入量、耐久財の蓄積・更新及びそれらの廃棄に伴う環境負荷発生量を定式化したものである。すなわち、1) 財・サービス選好モデルで算定した金銭単位の家計購入量を、財価格により実物単位の購入量に換算し、2) 耐久財については投資、減耗を考慮して蓄積量の更新を行う。3) 耐久財については退役や更新に伴う廃棄物排出を算定し、4) 廃棄物については、財・廃棄物種変換マトリクスを使用し、廃棄物種別の排出量に変換する。本モデルにおける重要なパラメータである財価格の設定は、家計調査の単価データを基に、不足部分については小売物価統計や、

各製品のHPからデータを得た。これらの定式化については金森⁷⁾に記述しているので、詳細はそれを参考にされたい。

単身世帯以外の世帯では、まず個票データから世帯別の世帯属性(世帯類型、収入5分位階級、世帯構成人数)情報が付記された品目別1ヶ月間の消費支出金額データを抽出した。また各世帯の世帯構成人員の個人属性として性別、年齢階級データを抽出した。さらに支出金額データについては、単身世帯のデータと同様に、物質・エネルギー収支モデル⁷⁾を用いて同分類の環境・エネルギー負荷発生量に変換した。

b) 分析手法

単身世帯の個人属性別・世帯属性別の環境・エネルギー負荷発生特性の分析は、一世帯あたりの環境・エネルギー負荷発生量を従属変数、世帯属性と個人属性を独立変数として重回帰モデル¹⁾にあてはめた。また、単身世帯以外の世帯については、世帯別の環境・エネルギー負荷発生量から抽出した個人属性データを用いて世帯人員別の環境・エネルギー負荷発生量を推定し、さらに世帯人員別の環境・エネルギー負荷発生量を従属変数、個人属性、世帯属性を独立変数として重回帰モデル¹⁾にあてはめた。以下の式(1)に例として単身世帯以外の世帯の重回帰モデルを示す。なお、式(1)の左辺は環境・エネルギー負荷発生量の自然対数値としているが、これは、自然対数を取る場合と、取らない場合の二通りのモデルを試した結果、自然対数を取った方が良い結果が得られたためである。

$$\ln(KAo_{t,s,jjo,HH,ICMo,NM}^n) = Kbo_s^n \cdot Dbo_s^n + Kco_{jjo}^n \cdot Dco_{jjo}^n + Kdo_{HH}^n \cdot Ddo_{HH}^n + Keo_{ICMo}^n \cdot Deo_{ICMo}^n + Kfo_{NM}^n \cdot Dfo_{NM}^n + Co \quad (1)$$

$KAo_{t,s,jjo,HH,ICMo,NM}^n$: 性別 s , 年齢階級別 jjo , 世帯類型別 HH , 収入5分位階級別 $ICMo$, 世帯人数別 NM , 1人あたりの1ヶ月間の環境・エネルギー負荷 n の発生量

Kbo_s^n : 性別 s に関する回帰係数

Kco_{jjo}^n : 年齢階級 jjo に関する回帰係数

Kdo_{HH}^n : 世帯類型 HH に関する回帰係数

Keo_{ICMo}^n : 収入5分位階級 $ICMo$ に関する回帰係数

Kfo_{NM}^n : 世帯人数 NM に関する回帰係数

Dbo_s^n : 性別 s に関するダミー変数

Dco_{jjo}^n : 年齢階級 jjo に関するダミー変数

Ddo_{HH}^n : 世帯類型 HH に関するダミー変数

Deo_{ICMo}^n : 収入5分位階級 $ICMo$ に関するダミー変数

表-3 分析結果のまとめ (表中の値は式(1)の係数値)

独立変数		家庭ごみ発生量								エネルギー消費量						家庭排水
		紙類	プラスチック・ゴム・皮革類	繊維類・陶磁器類	ガラス類	金属類	木・竹・わら類	厨芥類	その他	電気	都市ガス	LPG	灯油	ガソリン	軽油	
世帯類型	夫婦のみの世帯	0.82	(1.04)	0.80	0.79	0.50	1.09	0.77	0.87	(1.04)	1.08	(0.97)	(0.94)	(1.03)	1.07	(0.99)
	夫婦と子から成る世帯*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	片親世帯	1.74	2.39	2.08	1.61	2.11	1.65	1.51	1.87	1.68	1.77	1.76	1.81	1.47	1.48	1.67
世帯構成人数	その他の世帯	0.87	1.10	0.91	1.21	0.79	0.93	0.88	1.21	(1.01)	1.03	(0.99)	1.15	1.12	1.18	0.90
収入5分位	2人	1.22	1.31	1.49	1.49	1.81	1.26	1.74	1.30	1.25	1.17	1.28	1.20	1.29	1.25	1.09
	3人*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	4人	0.82	0.80	0.82	0.77	1.13	0.91	0.50	0.76	0.89	(0.97)	0.90	0.85	0.79	0.83	1.07
	5人以上	0.70	0.74	0.91	0.63	0.81	0.85	0.39	0.61	0.88	0.94	0.88	0.69	0.71	0.75	1.13
	第Ⅰ5分位階級	0.76	0.72	0.72	0.70	0.79	0.80	0.47	0.56	0.80	0.91	0.86	0.86	0.80	0.82	0.83
年齢階級	第Ⅱ5分位階級	0.90	(0.96)	1.08	(0.74)	0.97	0.92	0.63	0.67	0.87	0.94	0.93	0.91	0.88	0.91	0.97
	第Ⅲ5分位階級*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	第Ⅳ5分位階級	1.23	1.27	1.20	1.07	1.20	(1.13)	1.88	1.01	1.06	(1.03)	1.04	1.03	1.07	1.07	1.07
	第Ⅴ5分位階級	1.56	1.80	1.68	1.46	1.88	1.34	1.83	1.34	1.32	1.13	1.10	1.18	1.18	1.18	1.21
	0歳以上10歳未満	1.71	1.60	1.99	3.07	1.08	1.02	1.49	2.68	1.15	(0.97)	1.00	0.94	0.96	0.94	0.89
	10歳以上20歳未満	1.19	1.30	1.32	1.42	1.02	0.99	1.58	1.60	1.15	(1.01)	1.01	0.98	0.91	0.91	1.01
	20歳以上30歳未満	1.06	(1.00)	1.12	(0.95)	0.98	0.85	(1.32)	1.06	1.06	0.96	(0.99)	0.87	(1.01)	(1.03)	0.89
	30歳以上40歳未満	1.02	1.07	1.04	1.11	1.00	0.93	1.11	1.07	1.00	(1.00)	(1.00)	0.98	(1.01)	(1.01)	0.96
	40歳以上50歳未満*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	50歳以上60歳未満	1.00	0.99	0.98	(0.98)	1.04	1.06	1.06	0.98	1.05	(1.01)	0.96	0.98	(0.98)	(1.00)	0.99
	60歳以上70歳未満	(1.02)	1.04	1.39	1.31	1.23	1.10	(1.09)	1.35	1.26	1.05	(1.04)	1.05	(0.96)	(0.97)	1.17
	70歳以上80歳以上	(1.15)	0.99	1.54	(1.25)	1.19	1.06	(1.65)	1.38	1.58	1.07	1.08	1.14	(1.03)	1.00	1.24
	80歳以上	(1.42)	1.19	2.57	1.22	1.82	1.20	(2.05)	1.30	1.50	1.05	1.27	1.15	0.97	0.96	1.19
性別	男	(1.01)	1.05	1.04	1.04	1.17	1.07	1.11	1.11	1.13	1.06	1.08	(1.02)	1.12	1.12	1.03
	女*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

(*) 世帯類型が夫婦と子から成る世帯、世帯構成人数が3人、収入5分位階級が第35分位階級、年齢階級が40歳以上50歳未満、性別が女性をそれぞれ基準とした各独立変数をダミー変数として設定。
表中で()内係数は、t値が2未満のもの。

Dfo_{NM} : 世帯構成人数 NM に関するダミー変数

Co : 定数項

(4) 分析結果

はじめに、分析結果のまとめとして、表-3 に式(1)で推計した単身世帯以外の世帯の回帰係数の値を示した。分析結果の一例として、厨芥類について説明する。なお、式(1)に示したように、左辺に環境・エネルギー負荷発生量の自然対数をとった。そのため、 $\exp$ (回帰係数)を環境負荷発生特性の指標とし、個人属性別、世帯属性別の性状を分析した。

まず、個人属性と環境負荷発生特性の係わりの例として、図-1に年齢階級による環境負荷発生特性を示す。これは、年齢階級が40歳以上50歳未満の人を基準に年齢階級による環境負荷発生特性の違いを相対的に表したものである。厨芥類では低年齢層、高年齢層について、環境負荷を発生する傾向が強くなることが示された。特に70歳以上の階級にかけて、その傾向が顕著に見られた。また、世帯属性と環境負荷発生量の係わりの例として、図-2、図-3に世帯類型と世帯人数による環境負荷発生特性を示す。世帯類型では、他の世帯と比較して、片親世帯の環境負荷を発生する傾向が強くなった。また世帯人数では、世帯人数が少ないほど、環境負荷を発生する傾向が強くなった。

4. 構築モデルの説明

(1) モデルの概要

3の分析結果を踏まえ、人口・世帯構成の変化に伴う環境・エネルギー負荷発生量の動向を分析するモデルを構築

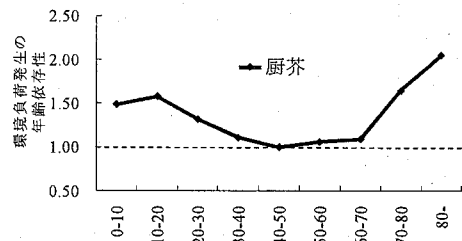


図-1 年齢階級による環境負荷発生特性
(基準：40歳以上50歳未満)

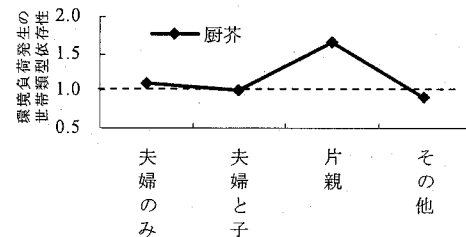


図-2 世帯類型による環境負荷発生特性
(基準：夫婦と子から成る世帯)

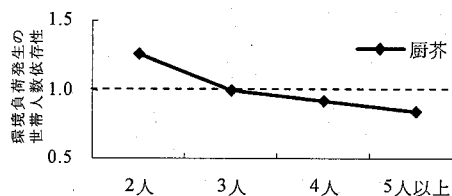


図-3 世帯人数による環境負荷発生特性
(基準：世帯人数3人)

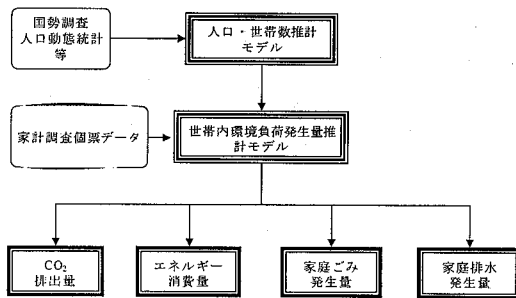


図-4 モデルの全体像

築した。このモデルは図-4に示すように、大きく二つのモデル、人口・世帯数推計モデルと世帯内環境・エネルギー負荷発生量推計モデルから構成される。本モデルを用い、2050年までの日本の家庭部門からの環境・エネルギー負荷発生量を推計した。対象とする環境・エネルギー負荷は表-2に示したものにCO₂排出量を加えたものである。

(2) 人口・世帯数推計モデル

人口・世帯数推計モデルは、全国または都道府県別にそれぞれ人口、世帯数を推計するモデルであり、人口推計フェーズと世帯数推計フェーズから構成される。社人研の人口・世帯数の推計方法^{(9),(11)}をベースとし、それに改良を加えたものである。

まず人口推計フェーズでは、コーホート要因法に基づいて、全国または都道府県別の男女別年齢(1歳階級)別将来人口を推計した。コーホート要因法とは、年齢別人口の加齢に伴って生ずる変化をその要因(死亡、出生、人口移動)ごとに計算して将来人口を求める方法である。推計の際、基準年を2000年とした。

一方、世帯数推計フェーズでは、人口推計フェーズでの推計値を基に、世帯推移率法を用いて全国または都道府県別の男女別・年齢(5歳階級)別・世帯類型別将来世帯人員数を推計した。世帯推移率法とは、生存者を複数の状態に分割し、状態間の推移確率行列により将来の状態別人口を推計する手法であり、社人研の報告書^{(9),(11)}に記載された方法に概ね準拠して構築した。推計の際、基準年を1980年とした。

(3) 世帯内環境・エネルギー負荷発生量推計モデル

世帯内環境・エネルギー負荷発生量推計モデルでは、日本全国でのエネルギー消費量、家庭ごみ発生量、家庭排水発生量、CO₂排出量を将来にわたり明らかにする。具体的には、(2)で既述した世帯属性別環境・エネルギー負荷発生特性の分析結果と人口・世帯数推計モデルで推計される全国の世帯属性別世帯人員数を用いて、個々の環

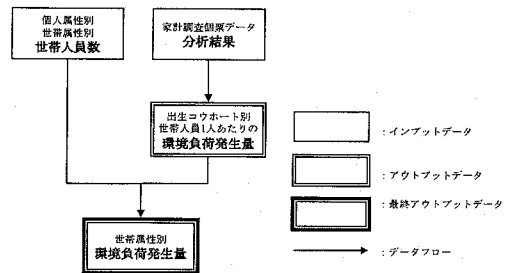


図-5 世帯内環境負荷発生量の推計フロー

境・エネルギー負荷発生量を個人属性別世帯属性別に推計する。なお、図-5に推計フローを示す。

a) 個人属性別・世帯属性別一人あたりの環境・エネルギー負荷発生量原単位の設定

まず、3の分析結果を用いて、個人属性別・世帯属性別1人あたりの環境・エネルギー負荷発生量原単位を設定した。具体的には、単身世帯、単身世帯以外の世帯ともに、分析結果から年齢階級別に1人あたりの1ヶ月間の環境・エネルギー負荷発生量を算出した。そしてさらに、それを世帯類型、環境・エネルギー負荷ごとに足し合わせた合計値が、分析に用いた分析データの世帯類型、環境・エネルギー負荷ごとの合計値と整合するよう補正した。

b) 個人属性別・世帯属性別環境・エネルギー負荷発生量の推計

個人属性別・世帯属性別の環境・エネルギー負荷発生量は、1人あたりの環境・エネルギー負荷発生量原単位と、世帯内地位別・世帯類型別・世帯人数別・収入階級別世帯人員数を乗じて推計する。ここで、世帯内地位別・世帯類型別・世帯人数別・収入階級別世帯人員数は、世帯内地位別・世帯類型別・世帯人数別世帯人員数に世帯類型別の収入階級割合を乗じて求めた。なお収入階級割合は、単身世帯については、2004年の全国消費実態調査⁽⁸⁾の報告値を基に設定した。また、単身世帯以外の世帯については、2000年の家計調査個票データを基に、各年で各分位に属する世帯人員数が等しくなるよう調整し、設定した。

以下の式(2)、式(3)に個人属性別・世帯属性別の環境・エネルギー負荷発生量の推計式を示す。なお、ここでの個人属性としては性別、年齢階級を設定し、世帯属性としては世帯類型、収入階級、世帯人数を設定した。但し、単身世帯に関しては、世帯類型と世帯人数が一意に決まるため、世帯属性として収入階級のみ取り扱う。

$$Q_{t,s,jjs,ICMs}^n = KAs_{t_cel,s,jjs,ICMs}^{nn} \cdot ppmis_{t,s,ICMs}^{jjs} \cdot 12 \quad (2)$$

$$Qo_{t,s,jjo,HH,ICMo,NM}^n$$

$$= KAo_{t,c,s,jjo,HH,ICMo,NM}^{nn} \cdot ppmio_{t,s,HH,NM,ICMo}^{jjo} \cdot \varphi^n \cdot 12 \quad (3)$$

$Qs_{t,s,jjs,ICMs}^n$: t 年における単身世帯の環境・エネルギー負荷 n の 1 年あたりの個人属性別・世帯類型別環境負荷発生量

$Qo_{t,s,jjo,HH,ICMo,NM}^n$: t 年における単身世帯以外の世帯の環境・エネルギー負荷 n の 1 年間の個人属性別・世帯類型別環境・エネルギー負荷発生量

$KA_{t,c,s,jjs,ICMs}^{nn}$: 単身世帯における環境・エネルギー負荷 n の 1 ヶ月間の個人属性別世帯属性別 1 人あたりの環境負荷発生量原単位

$KAo_{t,c,s,jjo,HH,ICMo,NM}^{nn}$: 単身世帯以外の世帯における環境負荷 n の 1 ヶ月間の個人属性別・世帯属性別 1 人あたりの環境・エネルギー負荷発生量原単位

φ^n : 世帯における環境・エネルギー負荷 n の発生割合
 $ppmis_{t,s,ICMs}^{jjs}$: t 年における年齢(単身世帯)別世帯人数別収入階級別世帯人員数

$ppmio_{t,s,HH,NM,ICMo}^{jjo}$: t 年における年齢(単身世帯以外)別世帯人数別収入階級別世帯類型(単身世帯以外)別世帯人員数

さらに、個人属性別・世帯属性別のCO₂排出量は、以下の式(4)に示すように、式(2)、式(3)から得られたエネルギー消費量にCO₂排出係数⁷⁾をかけることで推計される。

$$CO2_{t,s,jjs,ICMs}^{ne} = Qs_{t,s,jjs,ICMs}^{ne} \cdot \delta^{ne} \quad (4)$$

$$CO2o_{t,s,jjo,ICMo,NM}^{ne} = Qo_{t,s,jjo,ICMo,NM}^{ne} \cdot \delta^{ne} \quad (5)$$

$CO2_{t,s,jjs,ICMs}^{ne}$: t 年における単身世帯のエネルギー ne の

消費による 1 年あたりの個人属性別・世帯類型別CO₂排出量

$CO2o_{t,s,jjo,ICMo,NM}^{ne}$: t 年における単身世帯以外の世帯のエネルギー ne の消費による 1 年あたりの個人属性別・世帯類型別CO₂排出量

δ^{ne} : エネルギー ne のCO₂排出係数

(4) モデルの検証

(2)、(3)で述べたモデルの検証結果について説明する。まず、人口・世帯数推計モデルの検証として、全国人口と全国世帯数の推計値と報告値の比較を行った。実績値には、1985 年、2000 年の国勢調査⁷⁾の報告値を用いた。表-4、表-5 に検証結果を示す。表-4 に示すように、全国総人口の比較では過去 20 年において誤差が 1%未満となり、非常に良い一致を示した。また表-5 に示すように、全国世帯数の比較では過去 20 年において誤差が 2%程度となり、こちらも非常に良い一致を示した。

次に、世帯内環境・エネルギー負荷発生量推計モデルの検証を行う。本モデルで対象としている環境・エネルギー負荷発生量は、上述のように財・サービスの購入時で評価したものであるため、モデルの検証として実績値と比較できる環境・エネルギー負荷は、対象となる財・サービスが購入されてから短期間に消費されるものに限られる。そこで推計した環境・エネルギー負荷のうち、厨芥類、エネルギー消費量、家庭排水、CO₂排出量について、推計値の検証を行った。検証を行う期間は 1985 年から 2000 年とした。ここでは 2000 年の検証結果を表-6 に示す。なお、実績値は日本の廃棄物処理¹³⁾、一般廃棄物の排出及び処理状況等について¹⁴⁾、家庭ごみ細組成調査報告書¹⁵⁾、電力需要の概要¹⁶⁾、17)、総合エネルギー統計¹⁸⁾、水道統計¹⁹⁾、温室効果ガスインベントリオフィスホームページ²⁰⁾などから得た。実績値に対する推計値の値は 0.75

表-4 年齢階級別人口の過去と将来 (シナリオ A,B,C については 5 で説明)

年 齢	人口(1000人)								
	1985			1990			1995		
	推計値	報告値	誤差	推計値	報告値	誤差	推計値	報告値	誤差
総 数	120971	121008	0.0%	123831	123284	0.4%	125706	125439	0.2%
0歳以上10歳未満	17878	15991	11.8%	15684	13959	12.4%	14056	12536	12.1%
10歳以上20歳未満	18538	19022	-2.5%	18586	18534	0.3%	16393	16036	2.2%
20歳以上30歳未満	15976	16024	-0.3%	16631	16871	-1.4%	18480	18683	-1.1%
30歳以上40歳未満	19851	19792	0.3%	17598	16791	4.8%	15923	15949	-0.2%
40歳以上50歳未満	17745	17372	2.1%	19421	19676	-1.3%	19534	19624	-0.5%
50歳以上60歳未満	14747	14933	-1.2%	15761	15813	-0.3%	17045	16875	1.0%
60歳以上70歳未満	9264	9599	-3.5%	11530	11849	-2.7%	13508	13871	-2.6%
70歳以上80歳以上	5185	6057	-14.4%	6317	6836	-7.6%	7490	7984	-6.2%
80歳以上	1788	2218	-19.4%	2303	2955	-22.1%	3277	3881	-15.6%

*)推計手法上、2000年は推計値と報告値が一致する。

表-4 年齢階級別人口の過去と将来 (シナリオA,B,Cについては5で説明)

年 齢	人口(1000人)						
	2000	2015			2050		
		シナリオA	シナリオB	シナリオC	シナリオA	シナリオB	シナリオC
総 数	126697	123660	125590	123277	94041	102344	87486
0歳以上10歳未満	11926	9393	10461	8156	5573	7814	3909
10歳以上20歳未満	14035	11355	11276	11269	6515	8523	4966
20歳以上30歳未満	18212	12910	12910	12910	7941	9811	6568
30歳以上40歳未満	16891	16277	16277	16277	9395	10991	7977
40歳以上50歳未満	16716	18443	18443	18443	11020	11608	10469
50歳以上60歳未満	19176	15347	15347	15347	12202	12202	12202
60歳以上70歳未満	14842	16830	17773	17773	13328	13328	13328
70歳以上80歳以上	10051	13539	13539	13539	14860	14860	14860
80歳以上	4848	9565	9565	9565	13207	13207	13207

*)推計手法上、2000年は推計値と報告値が一致する。

表-5 世帯類型別世帯数の過去と将来 (シナリオA,B,Cについては5で説明)

	1985			1990			1995			2000		
	推計値	報告値	誤差(%)	推計値	報告値	誤差(%)	推計値	報告値	誤差(%)	推計値	報告値	誤差(%)
総数	38487	37908	-1.5%	41295	40672	-1.5%	42999	43899	2.1%	47645	46591	-2.2%
単独	7800	7896	1.2%	9337	9390	0.6%	10937	11239	2.8%	13257	12911	-2.6%
夫婦のみ	5318	5208	-2.1%	6348	6294	-0.9%	6856	7619	11.1%	8837	8835	0.0%
夫婦と子	15606	15188	-2.7%	15721	15172	-3.5%	15213	15032	-1.2%	15171	14919	-1.7%
ひとり親と子	2388	2411	0.9%	2725	2753	1.0%	3082	3108	0.8%	3657	3578	-2.2%
その他	7376	7205	-2.3%	7164	7063	-1.4%	6911	6901	-0.1%	6724	6347	-5.6%

	2000			2015			2050		
	推計値	報告値	誤差(%)	シナリオA	シナリオB	シナリオC	シナリオA	シナリオB	シナリオC
総数	47645	46591	-2.2%	52052	51852	53092	44164	42532	47473
単独	13257	12911	-2.6%	16674	16313	17959	18806	15304	25766
夫婦のみ	8837	8835	0.0%	10367	10553	10830	7535	7469	7341
夫婦と子	15171	14919	-1.7%	13528	13274	13366	8360	7866	7171
ひとり親と子	3657	3578	-2.2%	5563	5461	5233	5005	4583	3573
その他	6724	6347	-5.6%	5920	6252	5705	4458	7311	3622

から1の間のものが多く、比較的良好一致を示した。ただ、全体として推計値のほうが過少評価の傾向があった。

5. 結果及び考察

(1) 将来シナリオの設定

将来シナリオとして将来の人口・世帯構成の変化の違いによって、シナリオA、シナリオB、シナリオCの三つを設定した。シナリオAとしては、人口・世帯構成の変化が今後も現状の少人数化の傾向のまま持続する「現状推移型」を設定した。またシナリオBとしては、人口・世帯構成の変化が現状の少人数化から大家族化へと変革する「推移変革型」を設定した。さらにシナリオCとしては、現状の少人数化の傾向がさらに加速する「推移加速型」を設定した。出生率に関しては、生涯未婚率や夫婦完結出生児数、離死別効果係数を仮定し、初婚率との調整を行い設定した。その時のシナリオ別の合計特殊出生率を表-7に示す。人口や世帯数の将来シナリオは表-4、表-5に

示した通りである。消費支出と発生する環境負荷の関係を変化させる大きな要因は、総消費支出の変化、人口・世帯構成の変化、③技術の変化が上げられる。このうち、過去の再現性の確認において、②は本論文で取り扱う部分であり、①、③は本研究では外生的に与えたものである。この解析では人口・世帯構造との関わりに焦点をあてたことにより、将来推計に関して、①、③に関する項目が2000年と一定とした点は本研究の課題の一つである。

(2) 環境・エネルギー負荷発生量の推計結果

家庭構造の変化に起因する環境負荷量変化について考察するために、まず各シナリオの下で推計した環境・エネルギー負荷発生量の推計結果の一例としてシナリオAの下でのエネルギー消費量の推計結果を図-6に示す。環境負荷発生量変化の分析は、次節以降で示す。エネルギー消費量の総量は、2050年まで一貫して増加傾向を示した。具体的には、2000年では2587PJであったものが、2050年には3693PJとなった。エネルギー種別にみると、電気の消費量が2000年の770PJから2050年には1716PJと

表-6 環境・エネルギー負荷発生量の実績値と推計値の比較

環境負荷		1985年			1990年					
		実績値	推計値	推計値/実績値	実績値	推計値	推計値/実績値			
厨芥類	10 ³ t	12732	9977	0.78	13483	10707	0.79			
電気*	10 ⁶ kWh	147597	(-)	112703	0.76	(-)	190150 (168974)	144568	0.76	(0.86)
エネルギー消費 量	都市ガス	10 ¹⁵ J	282	216	0.77	325	241	0.74		
	LPG	10 ³ t	4766	3617	0.76	5438	4148	0.76		
	灯油	10 ³ kl	12313	8502	0.69	12275	13165	1.07		
	ガソリン	10 ³ kl	18869	14523	0.77	20902	18317	0.88		
	軽油	10 ³ kl	1416	1065	0.75	2099	1342	0.64		
家庭排水	10 ⁶ m ³	5206	5406	1.04	5678	6661	1.17			
CO ₂ 排出量	10 ³ kgCO ₂	-	-	-	181393	159579	0.88			

(*)左:総合エネルギー統計、右:(電力需給の概要)

環境負荷		1995年			2000年			
		実績値	推計値	推計値/実績値	実績値	推計値	推計値/実績値	
厨芥類	10 ³ t	12045	9981	0.83	12572	9858	0.78	
電気*	10 ⁶ kWh	236641 (211882)	184925	0.78 (0.87)	257854 (237362)	213847	0.83 (0.90)	
エネルギー消費 量	都市ガス	10 ¹⁵ J	378	265	0.70	457	282	0.62
	LPG	10 ³ t	6155	4316	0.70	5041	4287	0.85
	灯油	10 ³ kl	14957	10404	0.70	13007	11959	0.92
	ガソリン	10 ³ kl	28141	19051	0.68	28767	23516	0.82
	軽油	10 ³ kl	4420	1396	0.32	3691	1721	0.47
家庭排水	10 ⁶ m ³	5269	7457	1.42	5651	7722	1.37	
CO ₂ 排出量	10 ³ kgCO ₂	223506	171516	0.77	230342	198572	0.86	

(*)左:総合エネルギー統計、右:(電力需給の概要)

表-7 合計特殊出生率の設定

シナリオA	シナリオB	シナリオC
1.26	1.55	1.06

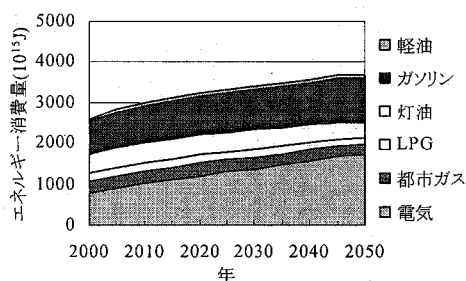


図-6 エネルギー消費量の推計結果(シナリオ A)

なり、大幅な増加を示した。

(3) 環境・エネルギー負荷発生量変化の要因分析手法

環境・エネルギー負荷発生量の変化要因を分析するため、変化要因として人口規模、年齢構成、世帯構成の三つを設定した。人口規模とは、人口数の変化が環境・エネルギー負荷発生量に与える要因のことであり、年齢構成とは、人口の年齢構成の変化が環境・エネルギー負荷

生量に与える要因のことである。また、世帯構成とは世帯類型の構成の変化が環境・エネルギー負荷発生量に与える要因である。この三つの変化要因を用いて、環境・エネルギー負荷発生量を式(6)のように表し、変化要因を分析した。

$$\Delta Q_{t_2-t_1}^n = \Delta P_{t_2-t_1}^n + \Delta AG_{t_2-t_1}^n + \Delta H_{t_2-t_1}^n + \Delta OTH_{t_2-t_1}^n \quad (6)$$

$$\Delta P_{t_2-t_1}^n = (P_{t_2} - P_{t_1}) \cdot \bar{q}_{t_1+\frac{\Delta t}{2}}^n$$

$$\Delta AG_{t_2-t_1}^n = \sum_{HH, NM} (q_{j+\Delta t, HH, NM}^n - q_{j, HH, NM}^n) \cdot \frac{P_{t_1, j, HH, NM}}{P_t}$$

$$\Delta H_{t_2-t_1}^n = \sum_{HH, NM} q_{j+\frac{\Delta t}{2}, HH, NM}^n \cdot \left(\frac{P_{t_2, j, HH, NM}}{P_t} - \frac{P_{t_1, j, HH, NM}}{P_t} \right)$$

ΔQ_t^n : 環境・エネルギー負荷 n の発生量の変化

ΔP_t^n : 人口変化による環境・エネルギー負荷発生量変化

ΔAG_t^n : 年齢構成変化による環境・エネルギー負荷発生量変化

ΔH_t^n : 世帯構成変化による環境・エネルギー負荷発生量変化

ΔOTH_i^n : その他の変化要因

t_1, t_2 : 比較する二時点

Δt : $t_2 - t_1$

$\bar{t}$: $(t_2 - t_1)/2$

P_t : t 年における人口

$P_{t,jj,HH,NM}$: t 年における年齢階級 jj , 世帯類型 HH , 世帯人員数 NM 別人口

$q_{jj,HH,NM}^n$: 年齢階級 jj , 世帯類型 HH , 世帯人員数 NM 別環境・エネルギー・負荷 n の発生量原単位

(4) 過去と将来での変化要因の比較

過去と将来において見られる各環境・エネルギー・負荷の発生要因の変化についての分析結果を示す。なお、分析にはシナリオAの下でモデルから得られた1985年から2050年までの各環境・エネルギー・負荷発生量の推計結果を用いた。ここでは、例としてエネルギー消費量の結果を図-7、エネルギー消費量、家庭ごみ発生量、排水排出量、CO₂発生量の変化要因を図-8から図-11に示す。

エネルギー消費量について見てみると、2000年基準で、1985年から2000年までに35.8%の増加があり、また2015年まで、2050年までにそれぞれ20.3%、42.8%の増加があった。この変化要因の分析結果を見ると、1985年から2000年にかけての変化は、年齢構成の変化が大きく寄与している。また、将来の変化については、2000年から2050年にかけて増加要因としては、年齢構成の変化、世帯構成の変化の影響が増しており、減少要因としては人口規模の変化が大きな影響を示した。

家庭ごみについて1985年から2000年にかけての変化要因として、人口規模、年齢構成、世帯構成の変化の影響は同程度であった。一方、2000年から2015年にかけては、増加要因としては世帯構成が影響し、減少要因としては年齢構成の影響が強かった。さらに、2000年から2050年にかけての変化要因をみると、増加要因としては世帯構成の変化が影響し、減少要因としては人口規模、年齢構成の変化の影響が増大し、結果として全体として、減少傾向へと転じている。

家庭排水発生量について1985年から2000年にかけては年齢構成の変化が大きく影響し、2000年から2015年にかけては年齢構成の変化の影響は弱くなった。また、2000年から2050年にかけては、増加要因として年齢構成の変化が大きく影響した。一方、減少要因としては、人口規模の変化が大きく影響し、その影響から2025年以降では減少傾向へと転じた。また、世帯構成の変化は、家庭ごみ発生量、エネルギー消費量では増加要因として大きく影響したが、ここでの影響は弱いものであった。

CO₂発生量要因分析の結果は、エネルギー消費量の結果と類似しているため、説明を割愛する。

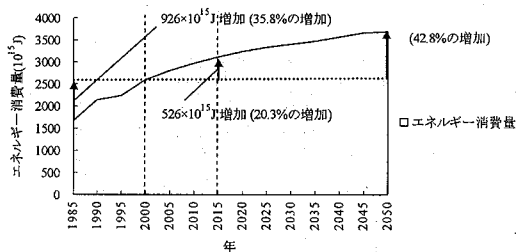


図-7 1985年から2050年までのエネルギー消費量の推移 (シナリオA)

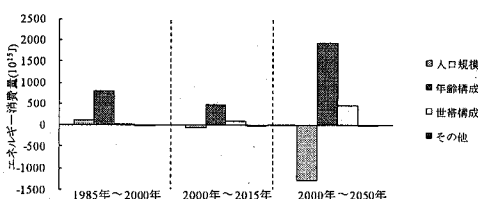


図-8 エネルギー消費量の変化要因の比較

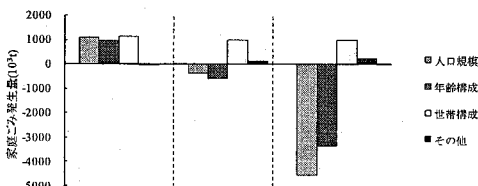


図-9 家庭ごみの変化要因の比較

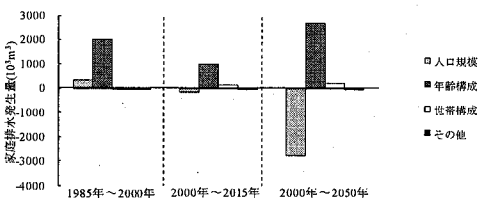


図-10 家庭排水発生量の変化要因の比較

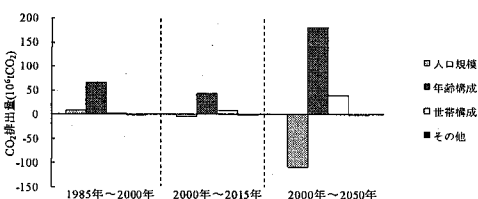


図-11 CO₂発生量の変化要因の比較

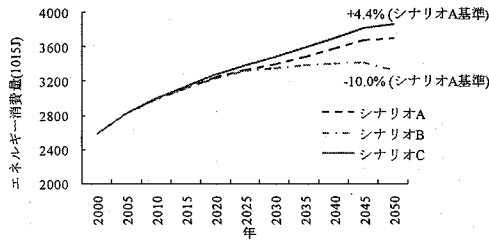


図-12 シナリオ別エネルギー消費量の推計結果

(5) シナリオ間での環境・エネルギー負荷発生量の比較

推計結果のシナリオ間での比較と、その変化要因を分析した。ここでは、環境・エネルギー負荷発生量の例としてエネルギー消費量の分析結果を図-12に示す。2050年において、シナリオAでは3693PJとなった。シナリオBでは2050年で3326PJとなり、シナリオAと比べて10.0%低くなった。シナリオCでは2050年で3856PJとなり、シナリオAと比べて4.4%高くなった。各シナリオを比較すると、シナリオBで最も環境・エネルギー負荷発生量は少ない結果となった。一方、シナリオBでは、シナリオAと比べて発生量が大きくなった。

次に、各シナリオ間の環境・エネルギー負荷発生量の違いが何に起因するものであるかを明らかにするため、要因比較を行った。まず、人口規模、年齢構成による影響を比較するため、シナリオBとシナリオCの世帯構成をシナリオAの世帯構成で固定し、各シナリオの比較を行った。以下の図-13は、シナリオAの世帯構成で固定した際の、2050年での各シナリオのエネルギー消費量を示したものである。エネルギー消費量は、シナリオBでシナリオAと比べて、2.5%多くなり、シナリオCでは3.8%少なくなることが明らかになった。

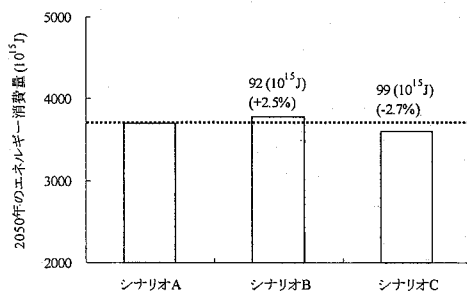


図-13 2050年におけるシナリオ別エネルギー消費量の比較 (世帯構成固定)

次に、世帯構成による影響を比較するため、シナリオBとシナリオCの人口規模、年齢構成をシナリオAにおける人口規模、年齢構成で固定し、各シナリオの比較を行った。図-14にその比較結果を示す。

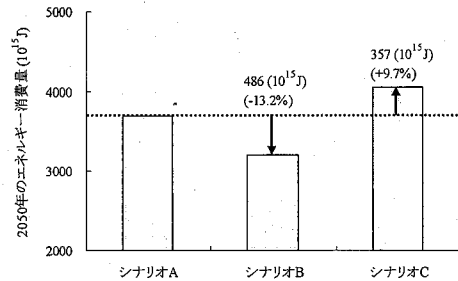


図-14 2050年におけるシナリオ別エネルギー消費量の比較 (人口規模、年齢構成固定)

エネルギー消費量は、大家族化へと世帯構造が変革するシナリオBではシナリオAと比べて13.2%少なくなり、さらに世帯の少人数化が進行するシナリオCでは9.7%多くなることが明らかになった。

6. まとめ

本研究では、まず家計調査個票データを用いて個人の環境・エネルギー負荷発生特性の分析を行い、個人属性別・世帯属性別の個人の環境・エネルギー負荷発生特性を明らかにした。さらに、その分析結果を受けて、日本の人口・世帯数推計モデルの構築、世帯内環境・エネルギー負荷発生量推計モデルの構築を行った。これらのモデルに用いて、1985年から2050年における日本を対象として、家庭構造の変化に起因する環境・エネルギー負荷量の変化を推計した。

環境負荷の発生特性の分析では、次のことがわかった。

- ・個人属性との関係では、家庭ごみ発生量とエネルギー消費量、家庭排水で関係に大きな違いが見られた。具体的には家庭ごみ発生量では低年齢層や高年齢層で環境・エネルギー負荷発生の傾向が強くなることが明らかになった。一方、エネルギー消費量と家庭排水発生量では、年齢階級が上がるほど、環境負荷発生の傾向が強くなることが明らかになった。
- ・世帯属性との関係では、家庭ごみ発生量とエネルギー消費量、家庭排水で共通の関係が見られた。具体的には、世帯類型では片親世帯で環境・エネルギー負荷発生の傾向が強くなり、また世帯人数が少ないほど、さらには収入階級が上がるほど環境・エネルギー負荷発生の傾向が強くなることが明らかになった。

また、2050年までの環境・エネルギー負荷発生量の推計では以下の点を示された。

- ・世帯規模の縮小による世帯構成の変化は環境負荷発生量の増加要因となり、一方、現在の世帯が少人数化へと

向かう傾向から大家族化へと世帯構成に変革が起こる場合、世帯構成の変化は環境負荷発生量を減少させる要因となることが明らかになった。

最後に今後の課題について簡単に示す。本研究では、個人属性のうち年齢階級が環境・エネルギー負荷発生量に与える影響が大きいことが示された。ただし、この年齢階級の影響には出生コーホートの影響や時代の影響などが混在しており、今後はこれらについても分析することが望ましい。また、本研究では家庭からの環境・エネルギー負荷発生量について人口学的な観点からのみ解析した。実際には、その他の社会要因、経済要因が環境・エネルギー負荷発生量の変化に影響を与えることが予想される。今後は本研究の成果に、経済成長の影響や、女性の社会進出や社会制度の影響、家計生産技術の変化による影響を考慮するモデルと組合せ、より現実的な将来像の推計を可能にしたい。

謝辞：本研究は環境省地球環境推進費(S-3-1)の支援を受けている。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：エネルギー白書 2006, 2006.
- 2) 環境省(ホームページ):<http://www.env.go.jp/>.
- 3) 石橋喜美子：食料消費のリスク評価に関する経済分析, 専修大学社会科学研究所社会科学叢書, 専修大学出版局, 2, 187-217, 2001.
- 4) 上田貴子, 佐々木明果：家計消費と家族属性「消費生活に関するパネル調査」個票データによるミクロ分析, 財務省財務総合政策研究所「フィナンシャル・レビュー」, August, 2005, 2005.
- 5) 三浦秀一, 外岡豊：日本の住宅における地域的エネルギー需要構造とその増加要因に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 日本建築学会, 562, 105-112, 2002.
- 6) 中口毅博, 三浦秀一：民生部門家庭における市町村別CO₂排出量の推計, 環境情報科学論文集, 18, 2005.
- 7) 金森有子, 松岡謙：家計の消費活動とそれに伴う環境負荷発生量の推計, 環境システム研究論文集, 環境システム学会, Vol.32, 127-136, 2004.
- 8) 総務省統計局：全国消費実態調査報告, 1984, 1994, 1999, 2004.
- 9) 総務省統計局：家計調査, 1984-2004.
- 10) 国立社会保障・人口問題研究所編：日本の将来推計人口, 2002.
- 11) 国立社会保障・人口問題研究所編：日本の世帯数の将来推計(全国推計), 2003.
- 12) 総務省統計局：国勢調査, 1980-2000.
- 13) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課：日本の廃棄物処理, 1988, 1993, 1998.
- 14) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課：一般廃棄物の排出及び処理状況等について(平成12年度実績), 2000.
- 15) 京都市環境局：家庭ごみ細組成調査報告書, 2001.
- 16) 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部：電力需給の概要, 1999.
- 17) 資源エネルギー庁電力・ガス事業部：電力需給の概要, 2002.
- 18) 資源エネルギー庁長官官房総合政策課：総合エネルギー統計, 2001.
- 19) 日本水道協会：水道統計, 1985, 1990, 1995, 2000.
- 20) 温室効果ガスインベントリオフィス(ホームページ): <http://www-gio.nies.go.jp/>.

RELATIONSHIP BETWEEN DEMOGRAPHIC CHANGES AND ENVIRONMENTAL LOAD GENERATION

Takahisa YAMASHITA, Yuko KANAMORI and Yuzuru MATSUOKA

In this study, we analyzed the effect of household attributes and individual attributes on the environmental load generation using the family income and expenditure survey. Based on this analysis, the Population and household dynamic model and the environmental load generation Bottom-up model reflecting the household attributes and the individual attributes were developed. Using these models, the environmental load generation in Japan from 1985 to 2050 was estimated. The result shows that the past energy consumption changes are strongly affected by the birth-cohort change. The future energy consumption changes are affected by the population change, the household consumption change, and the birth-cohort change.