

都市の環境負荷に世帯構成が及ぼす影響に関する研究

野村, 幸司
九州大学総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門

林, 徹夫
九州大学総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門

大橋, 真紀
積水ハウス株式会社

<https://doi.org/10.15017/14612>

出版情報：九州大学大学院総合理工学報告. 30 (2), pp.313-321, 2008-09. 九州大学大学院総合理工学府
バージョン：
権利関係：

都市の環境負荷に世帯構成が及ぼす影響に関する研究

野村 幸司*1・林 徹夫*1・大橋 真紀*2

(平成20年7月31日 受理)

Environmental Loads Forecast and Proportion of Households in a City

Koji NOMURA, Tetsuo HAYASHI and Maki OHASHI

†E-mail of corresponding author: nomura@hrmbox.eee.kyushu-u.ac.jp

Energy consumption and CO₂ emission of building materials or living activities are estimated using building structure and behavior of residences. In our former research, residence has seven variations (Male/female worker, Homemaker, Elementary school/Junior high school, Senior high school, Elderly male/female), and environmental loads of single-person household, parents and children household, elderly household are estimated. Proportion and number of households are important indexes of environmental loads forecast of cities. In addition, age variations of residences are important factor too. In this research, we make new schedules for age variations, and assess environmental loads of houses and a city.

Key words: *Environmental load, Energy consumption, CO₂ emission, Family composition, Age composition, Proportion of households, City, Energy saving*

1. 緒 言

筆者らは、住宅および都市の環境負荷評価を行うシミュレータを開発している¹⁾。住宅の環境負荷評価には、住宅の使用資材量や居住者の生活行為に伴う項目があり、エネルギー消費量やCO₂排出量等を評価指標としている。これまで、生活行為に伴うエネルギー消費に関する評価対象は、文献²⁾を参考とした居住者7属性(男女有業者, 主婦, 小中学生, 高校生, 男女高齢者)を用い、単身世帯や複数居住者の組み合わせである夫婦と子供世帯や高齢者世帯などの評価を行ってきた。都市における環境負荷評価では、将来における都市の人口や世帯構成の変化を考慮した予測を行っている。予測に用いた世帯は、家族人数1~5人における一般的と考えられる居住者を想定している。

都市における環境負荷評価を行う場合、都市人口の変化に加えて、多様な世帯構成や、都市の形成要件によっても変化する世帯割合を考慮する必要がある。これまで、住宅に居住する家族の成長を考慮した評価³⁾や世帯の高齢化について検討した研究⁴⁾が散見される。住宅におけるエネルギー消費量予測を行う際に重要な要素である生活スケジュールの作成方法に関しては、谷本らによる提案も行われている^{3),4)}。また、住宅と都

市の環境負荷予測を行う試みとして、下田^{7),8)}らによる大阪市における都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発や、細木⁹⁾らによる福岡県における環境負荷削減対策の検討などがある。

本研究では、これまでの居住者属性では考慮し得ない条件、例えば家族人数が同一であっても年齢や職種が多様に変化する家族構成等について検討するため、より詳細に区分した居住者属性(以下、属性)を用いて、住宅と都市の環境負荷将来予測を行う。また、住宅に省エネルギー手法を適用し、都市における環境負荷の試算を行い、環境負荷削減効果を評価する。

2. 属性と生活行為スケジュール

これまで使用してきた属性は、7種類(男女有業者, 主婦, 小中学生, 高校生, 男女高齢者)であり、年齢や職業の有無などの条件により大別される。家族構成は、上記属性を組み合わせることにより設定する。一方、家族構成員の職業や年齢は多種多様であり、家族に複数の構成員がいる場合には、ライフスタイルに相互の影響を考慮する必要がある。例えば、子どもと生活する家族は、成人のみの家族と生活パターンに違いがあると考えられる¹⁰⁾。以上より、新たな属性の検討を行い、生活スケジュールの作成を行う。

*1 エネルギー環境共生工学部門

*2 積水ハウス株式会社

2.1 属性

生活行為スケジュール作成手法の参考文献²⁾では、NHK国民生活時間調査¹⁾に準じて、属性とスケジュールを決定している。この調査は行為分類数が多く、重複行為や在宅状況のデータも有するが、調査対象が年齢や性別、職業などで区分されており、こどもの有無などは調査項目にない。また、他の統計資料として、総務省の社会生活基本調査¹²⁾では、NHK調査よりも属

性に関係するより詳細な区分についての調査が行われている。一方、この調査の行為分類数はNHK調査よりも少なく、重複行為や在宅状況の調査がなされていないため、1属性に対するデータ数も少ない(Table 1)。しかし、スケジュール作成に使用する住宅内行為においては、総務省調査データの項目でも十分であり、より多くの属性に関する検討を優先事項として、総務省調査を用いた52属性(Table 2)を評価対象属性とする。

Table 1 Detail of Statistics.

Statistics	Survey on Time Use and Leisure Activities	National Time Use Survey
Investigation	Ministry of Internal Affairs and Communications, Statistics Bureau	NHK Broadcasting Culture Research Institute
Consultation period	2006-10-20 Time schedule:2006-10-14~10-22(2days)	2005-10-11~24
Target age	10 and above	
Number of samples	Around 80,000 households	7,718 people
Assorted traits	Average action time, Action ratio in a day, Hourly action ratio	
Number of actions	20 types	28types
Overlap action	Impossible	Possible
Categories of research	Age, Gender, Work, Life stage (Couple with children, Two incomes, etc.)	Age, Gender, Work (Thirtysomething, Worker, etc.)

Table 2 Categories of family members.

Family member		Age	Family member		Age
Man	Single, Married couple	35 and below	Woman	Single, Married couple (female*)	35 and below
		35~44			35~44
		45~64			45~64
		~5(youngest)			~5(youngest)
	Married couple, child or children	6~12(youngest)		Married couple, (female*) child or children	6~12(youngest)
		13~15(youngest)			13~15(youngest)
		16~18(youngest)			16~18(youngest)
		Others(youngest)			Others(youngest)
	Single person	65 and above*		Single person	65 and above*
	Married couple			Married couple	
Single person, child	Single person, child				
Married couple, child	Married couple, child				
Married couple, child	Junior high school	*Worker / Homemaker	Single person, child	~5(youngest)	
	senior high school			5~(youngest)	
	High school				
	Student(others)				

2.2 生活行為スケジュールの作成

評価対象属性について、ライフステージや夫婦の就業状況などの細分類データを用いて、生活行為スケジュールの作成を行う。ここで、在室時間に関するデータの一部については、NHK国民生活時間調査のデータを用いた。スケジュールは、文献²⁾に準拠した方法で平日、土曜日、日曜日について作成し、全156ケースである。本研究では、従来より多くの属性についての検討を行うことを主眼とし、生活時間調査データから簡便にスケジュールデータを作成できる方法を採用した。以下に作成手順を述べる。

(1) 1日の行為抽出

1日の行為者率から、行為者率が高い順にその平均時間を積算し、積算時間が24時間を超える行為までを1日の行為とする。ここで重複行為は考慮しない。抽出行為の積算時間が24時間を超過する場合、最も行為者率が低い行為の時間を短縮して24時間とする。

(2) 行為分離と細分行為の継続時間の決定

抽出行為を1日に行う回数を、時刻別の行為者率分布を用いて細分行為として分類する。細分行為の継続時間は、分離前の行為継続時間と細分行為における行為者率積算値から時間配分した。

(3) 行為時間帯

行為時間帯は、行為継続時間となるまで時刻別行為者率の高い時刻から配置する。ここで、在宅状況に大

きく影響する外出を伴う行為(仕事, 学業, 通勤・通学, 買い物, スポーツ)の設定を優先し、終了後に1日行為者率が高い行為から行為時間帯を決定する。細分行為時刻が既に設定した他行為と重複する場合は、次に行為者率が高い行為時間帯を検索し、全行為の行為時間帯を満たすスケジュールを作成する。

3. 世帯の環境負荷

作成した時刻別スケジュールを用いて、住宅における環境負荷を算定する。また、エネルギー消費量算定結果をクラスター分析し、世帯別エネルギー消費量の特徴を解析する。

3.1 評価条件

環境負荷評価の対象住宅は、既往研究¹⁾の戸建て住宅(5タイプ: 1~5人)と共同住宅(3タイプ: 1~4人)を用いる。同一の家族人数において、家族構成員が異なる事例を検討するため、世帯人数別に構成員を変化させたケースを検討する(Table 3)。検討ケースの合計は387である。

環境負荷算出には筆者らが開発しているトータルエネルギーシミュレータ²⁾を用いた。暖冷房負荷計算には多数室室温変動・熱負荷計算プログラムTrP¹⁴⁾のスキームを使用している。環境負荷の算定項目は、冷房、暖房、照明、機器、給湯、調理の6項目である。Table 4に暖冷房、照明および機器効率の設定を示す。暖冷房は、居間と寝室をヒートポンプエアコンで行い、成績係数(COP)は3.0とした。空調機のON/OFF設定は、各

Table 3 Number of household types.

	Family size / construction	Types
1	Single person	10
2	Married couple	10
	Single parent, child	5
3	Couple, child	14
	Couple, parent	28
4	Couple, child, parent	56
	Couple, two children	28
	Couple(young, senior)	26
5	Couple(young, senior), child	56
	Couple, two children, parent	112
	Couple, three children	42

Table 4 Power consumption of equipment.

Appliances		Appliances	
Microwave	200 W	Electric pot	66 W
Washer	126 W	Refrigerator	78W
Rice cooker	200 W		86 W (Summer)
Dryer	450 W		62 W (Winter)
Desk light	30 W	Heated toilet seat	24 W
Cleaner	200 W		12 W (Summer)
Television	120 W		40W(Winter)

Table 5 Schedules and Settings.

Cooling period	July ~ September, 27°C
Heating period	November ~ March, 20°C
Cooling / Heating area and Operation	Living room : person in the room Bed room : Wake up person(0~20), person(20~24)
Illumination schedule	person in the room
Efficiency of air conditioner	Heat pump air conditioner (COP=3.0)
Heat efficiency of hot water heater	Gas hot water heater (80%)

室における在室者の有無(1時間毎)により決定する。暖冷房は、居間は在室者、寝室は起床在室者(午前0時～午後8時)と就寝在室者(午後8時～午前0時)が有る場合に行う。家電機器は、居住者の行為と連動するものと、冷蔵庫などの終日運転を行う機器を選定し、消費電力量を設定した(Table 5)。入浴に伴う浴槽への給湯は、最初の入浴行為の前に設定する。給湯にはガス給湯器を用い、熱効率は80%とした。調理はガスコンロ(熱効率50%)で行い、調理行為時の食事人数によりガス消費量が変化する。複数人が調理行為を行うスケジュールとなる場合、ガス消費量の重複加算は行わない。

3.2 世帯人数別算定結果

①戸建て住宅

戸建て住宅の世帯人数別エネルギー消費量およびCO₂排出量をFig.1に示す。図中の棒グラフは各世帯人数における平均値であり、世帯構成別の年間合計値(凡例○)と標準偏差を併記する。環境負荷の平均値を見ると、世帯人数と環境負荷に正の相関が見られる。1人世帯は機器の割合が高く、全体の40.1%(15.1GJ)を占める。一方、冷房と照明の割合は6～7%と小さい。エネルギー消費量の多い機器は、冷蔵庫等の在宅スケジュールに影響を受けない機器である。居住者の行為に関係があるテレビ等のエネルギー消費は、世帯人数による影響が比較的小さいため、エネルギー消費量に他の

消費要素ほどの顕著な差は見られない。エネルギー消費量が平日の在宅時間に影響を受ける冷房と照明の割合は、平日の在宅時間が少ない単身世帯が他世帯と比較して小さい。一人あたり(Fig.2)では、1人世帯の環境負荷が他世帯と比較して大きく、2人以上世帯における環境負荷の減少量とは異なる傾向を示す。全世帯に共通する機器のエネルギー消費量の差異が小さいことに加え、エネルギー消費が大きい浴槽の湯張りなどを複数人で分配負担するため、多人数世帯は1人世帯よりも環境負荷が小さくなる。

②共同住宅

共同住宅の環境負荷(Fig.3)は、戸建て住宅と同様に世帯人数に伴い増加している。戸建て住宅との比較では、床面積の影響がない機器や給湯のエネルギー消費量は戸建て住宅と同様であるが、暖冷房や照明の環境負荷は床面積の減少に伴い、小さくなる傾向がある。1人世帯の平均エネルギー消費量は戸建て住宅のそれよりも3.5GJ少ない34GJである。3,4人世帯も戸建て住宅の環境負荷が大きい、2人世帯はほぼ同じ値となった。これは、2人世帯に用いた戸建て住宅プランにおけるリビング面積が共同住宅よりも小さいため、照明エネルギー消費が減少し、消費量が増加する他項目との合計値では近い値になると考えられる。1人あたりの環境負荷は、世帯人数の増加に伴い減少し、特に機器と給湯の減少割合が大きくなる。

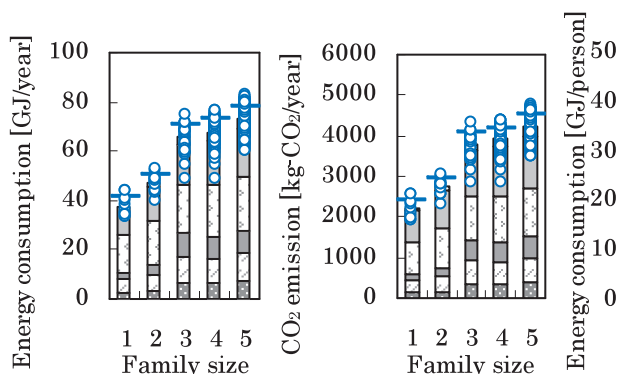


Fig.1 Energy consumption and CO₂ emission (Detached house).

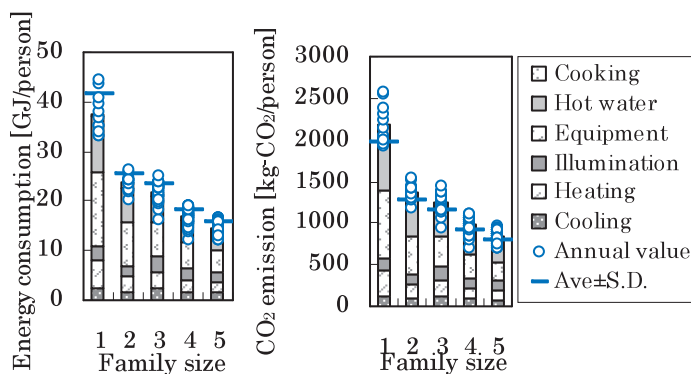


Fig.2 Energy consumption and CO₂ emission per person.

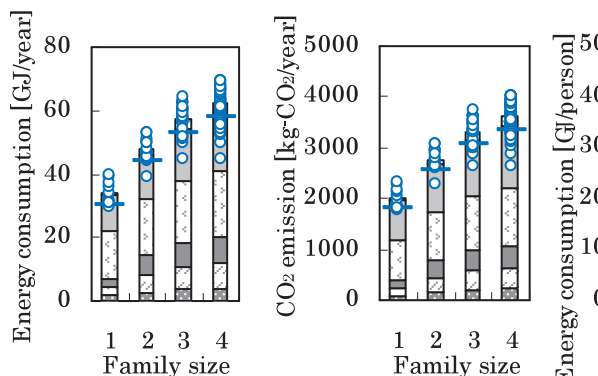


Fig.3 Energy consumption and CO₂ emission (Condominium).

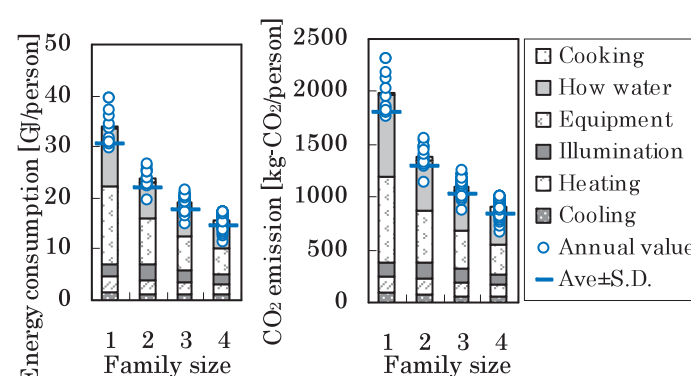


Fig.4 Energy consumption and CO₂ emission per person.

3.2 エネルギー消費量による世帯分類

世帯のエネルギー消費量について、その特徴を把握するため、年間エネルギー消費量と用途別エネルギー消費量を変数としてクラスター分析を行う。分類には統計パッケージSPSS¹⁵⁾を使用し、Ward法(平方ユークリッド距離)を用いて解析を行った。なお、戸建て住宅と共同住宅の分類結果は、世帯人数別でほぼ同様の傾向が見られたため、以下は戸建て住宅の結果について報告する。世帯人数別の分類タイプにおける用途別消費量をTable 6に示す。

<1人世帯> 2タイプに分類した。年間エネルギー消費量は、Type1(34.46GJ)、Type2(41.26GJ)であり、Type1はType2よりも若年居住者の傾向が見られた。暖房、機器の割合はType1がType2よりも高いが、冷房、照明では割合が逆転している。Type1は在宅時間が短い若年者が分類されており、平日の日中は不在である。一方、夜間の在宅時間に両タイプの差はない。冷房と照明のエネルギー消費量は在宅時間に影響を受けるため、全エネルギーに対するその割合は、在宅時間が長いType2の方がType1よりも大きくなる。また、Type2は相対的に冷房と照明の割合が高くなる。

<2人世帯> 3タイプに分類した。年間消費量は、Type1(42.90GJ)、Type2(48.02GJ)、Type3(52.39GJ)である。エネルギー消費量が最大のType3は、高齢夫婦の夫が無職もしくは共に無職の場合である。Type1の

代表的な世帯構成は共働きの夫婦であり、在宅時間が短い特徴がある。Type2は、日中に在宅者は居るが、Type3より在宅時間が短い、在宅人数が少ない世帯である。高齢化が進行し、在宅時間が長い世帯が増加すると、エネルギー消費量が増大する可能性がある。

<3人世帯> 2タイプに分類した。年間消費量は、Type1(61.00GJ)、Type2(69.06GJ)である。専業主婦と無職親がいる世帯、高齢夫婦と親の世帯は在宅時間が長い、消費量の大きなType2に属している。

<4人世帯> 3タイプに分類した。年間消費量は、Type1(60.17GJ)、Type2(67.32GJ)、Type3(73.22GJ)である。Type1には、共働き夫婦と子ども2人の場合が当てはまる。Type2と3の主な違いは、夫婦と子供の世帯では専業主婦、夫婦と親がいる世帯では専業主婦や親の職業の有無によるものであり、在宅時間が長い場合は消費量が多いType3となる。各項目の全消費量に対する割合に顕著な違いは見られない。

<5人世帯> 3タイプに分類した。年間消費量は、Type1(66.05GJ)、Type2(72.94GJ)、Type3(78.71GJ)であり、Type1の消費量は4人世帯のType2と同程度となる。また、Type2と4人世帯のType3は、年間消費量や用途別割合も類似しており、世帯人数が異なるにも関わらず、同様のエネルギー消費構造を持つ。消費エネルギー量が最大のType3は、在宅時間の長い専業主婦と無職の高齢男女が組み合わされた世帯が該当する。

Table 6 Energy consumption types and energy consumption by use.

Family size and type		Cooling [GJ]	Heating [GJ]	Illumination [GJ]	Equipment [GJ]	How water Supply[GJ]	Cooking [GJ]	Total [GJ]
1	Type1	2.02	5.67	1.97	14.28	10.52	0.01	34.46
	Type2	2.58	6.03	3.30	16.04	12.53	0.77	41.26
	Average	2.28	5.83	2.57	15.08	11.43	0.36	37.55
2	Type1	2.38	5.69	3.42	16.75	13.29	1.37	42.90
	Type2	3.30	6.68	4.40	17.67	13.99	1.97	48.02
	Type3	4.18	6.73	5.52	18.70	15.08	2.18	52.39
	Average	3.17	6.42	4.29	17.56	13.95	1.84	47.24
3	Type1	5.87	10.23	8.14	18.97	15.53	2.27	61.00
	Type2	7.38	10.90	10.24	20.63	16.68	3.24	69.06
	Average	6.73	10.61	9.34	19.92	16.18	2.82	65.61
4	Type1	5.53	9.29	7.32	19.17	16.47	2.39	60.17
	Type2	6.53	10.16	8.74	20.77	17.59	3.53	67.32
	Type3	7.28	10.48	9.60	22.38	18.90	4.58	73.22
	Average	6.57	10.09	8.73	20.96	17.78	3.64	67.78
5	Type1	6.41	10.45	8.30	19.85	17.99	3.05	66.05
	Type2	7.27	11.18	9.41	21.44	19.29	4.35	72.94
	Type3	8.19	11.64	10.51	22.77	20.33	5.28	78.71
	Average	7.37	11.16	9.51	21.50	19.32	4.35	73.20

4. 福岡市の環境負荷予測

福岡市における2000～2050年の環境負荷予測を行う。評価対象期間における世帯数の推移と世帯のエネルギー消費量から、都市規模のエネルギー消費量を積算計算する。また、高齢化や共働き世帯の増加など、都市における人口構成の変化を考慮した場合の環境負荷推定を行い、環境負荷についての評価を行う。

4.1 計算条件

人口、建て方による世帯人数別世帯数の推移は、既往研究¹⁶⁾の数値を用いる(Fig.5)。人口と世帯数のピークは、2024年と2043年である。世帯人数別の構成割合を国勢調査¹⁷⁾より決定し、世帯数を算定した。福岡市の2005年における世帯人数別世帯構成は、1人世帯で35歳未満が50%、高齢者が16%であり、2人世帯では高齢夫婦が40%を占める。3,4人世帯は夫婦+子供の世帯が95%であり、5人世帯では60%となる。都市の環境負荷は、世帯人数別のタイプ割合から各世帯数を算定し、住戸の環境負荷を積算して計算する。前述の戸建て住宅と共同住宅における世帯人数別エネルギー消費のクラスター分類タイプを用いて、各世帯のタイプ別割合を算定した(Table 7)。

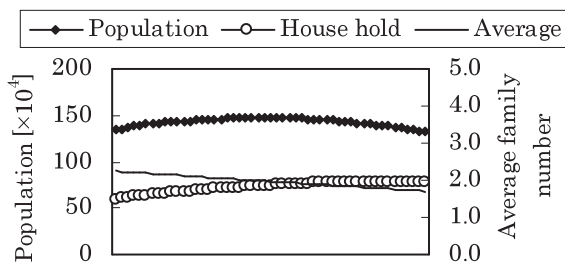


Fig.5 Population and average family number.

Table 7 Ratio of energy consumption types.

	Detached house	Condominium
1 person	(Type1) 3.03%	25.16%
	(Type2) 1.28%	11.18%
2 people	(Type1) 2.05%	7.67%
	(Type2) 4.37%	8.19%
	(Type3) 2.01%	6.35%
3 people	(Type1) 4.14%	2.65%
	(Type2) 1.98%	0.44%
4 people	(Type1) 3.72%	2.50%
	(Type2) 3.61%	2.95%
	(Type3) 0.20%	0.17%
5 people	(Type1) 3.24%	—
	(Type2) 1.50%	—
	(Type3) 1.58%	—

4.2 世帯人数構成割合の変化と環境負荷(Case1)

都市内の住戸における世帯人数構成割合を変化させ、世帯人数別構成割合を2005年の割合で固定した場合の環境負荷予測を行う(以下、Case1)。エネルギー消費量(Fig.6)の最大値は、2039年の 33.9×10^8 TJ/年であり、二酸化炭素排出量(Fig.7)も同年に 197×10^7 kg-CO₂/年となる。環境負荷のピークは、人口と世帯数のそれとは一致していない。人口は2024年まで増加し、その後は減少に転じるが、減少する3～5人世帯に対して1,2人世帯が増加するため、世帯数は減少しない。多人数世帯の減少数に対して、少人数世帯の増加数が大きい。人口が減少するにも関わらず、環境負荷が増大する現象が発生している。2039年以降は、環境負荷が減少し、世帯数のピークよりも早期であるが、世帯数別の環境負荷が異なるために時間差が生じている。

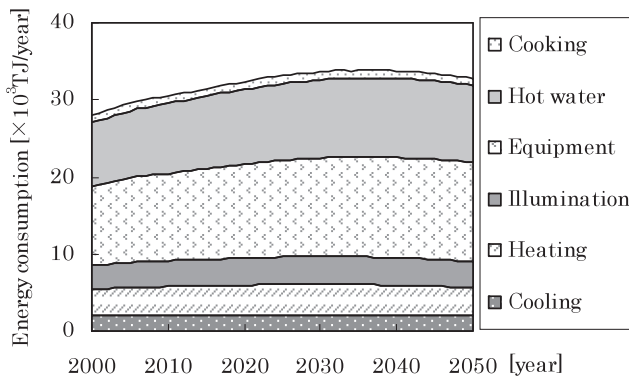


Fig.6 Energy consumption forecast (Case1).

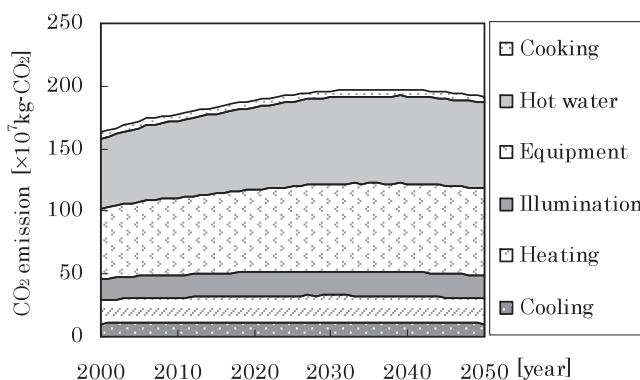


Fig.7 CO₂ emission forecast (Case1).

4.2 高齢化による環境負荷変化の検討(Case2)

国立社会保障・人口問題研究所¹⁸⁾(以下、社人研)と既往研究¹⁶⁾の将来人口推計値における年齢層別割合(Table 8)を比較すると、老年人口割合の変化が異なる。世帯構成割合を2005年で固定した環境負荷予測(Case1)は、都市の高齢化による影響が考慮されていない。高齢化の設定として、高齢単身世帯と高齢夫婦世帯の割合が増加し、若年層に単身世帯と夫婦世帯は減

Table 8 Population ratio of Case1 and National Institute of Population and Social Security Research.

	Case1 (Ratio of household composition is constant)			National Institute of Population and Social Security Research		
	Junior population	Productive population	Senior population	Junior population	Productive population	Senior population
2000	17.0%	71.4%	11.6%	14.3%	72.4%	13.3%
2030	11.8%	70.9%	17.3%	10.1%	66.2%	23.7%
2050	7.7%	70.9%	21.4%	9.3%	59.2%	31.5%

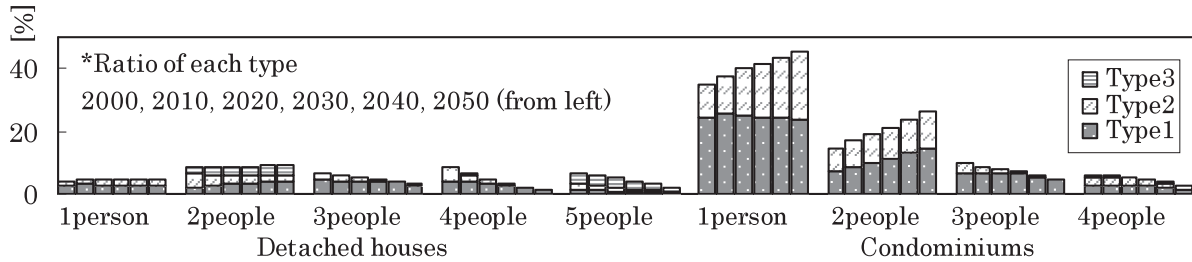


Fig. 10 The ratio of household by family number.

Table 9 The rate of senior number change.

Type	Age	2025	2050
Single person	65 and above	+10%	+20%
	Under 65	-5%	-10%
Married Couple	65 and above	+5%	+10%
	Under 65	-5%	-10%

クラスター分析タイプ別のエネルギー消費量 (Fig.10)では、1,2人世帯のエネルギー消費量が大きな世帯(Type2,3)における全エネルギー消費量に占める割合が増加することが分かる。高齢世帯は若年層世帯と比較して、エネルギー消費量が大きなType2,3に分類される世帯が多い。よって、高齢世帯増によるエネルギー消費割合の増大が発生する。

少する場合について検討する。社人研の推定値などを参考に、2005年比の高齢単身世帯数が、2025年に10%、2050年に20%増加するとした。また、高齢夫婦世帯は、2025年と2050年にそれぞれ5%、10%増加するものとし、65歳未満の夫婦世帯が減少する設定とした (Table 9)。これらを用いて、2000~2005年の各世帯構成割合を直線補完により決定した。高齢化考慮後の2050(2030)年の老年人口率は31.4(22.1%)となり、社人研の推定値である31.5(23.7%)に近い数値となる。

エネルギー消費量 (Fig.8)、CO₂排出量 (Fig.9)の最大値は34.4×10³TJ/年、約200×10⁷kg-CO₂/年であり、いずれも2039年となった。ピーク年はCase1と一致するが、ピーク値はエネルギー消費量で1.6%、CO₂排出量で1.55%大きく、2050年における両者の差は最大2.2%となる。Fig.8の折れ線グラフは、Case1とCase2におけるエネルギー消費量の差であり、機器、給湯、照明、冷房、調理、暖房の順となる。2050年におけるエネルギー消費量の増加率は、調理7%、照明5%、冷房5%であり、その他項目の数値は比較的低い。高齢化の進行によるエネルギー消費量は、冷房、照明、調理の増加率が高いと考えられる。

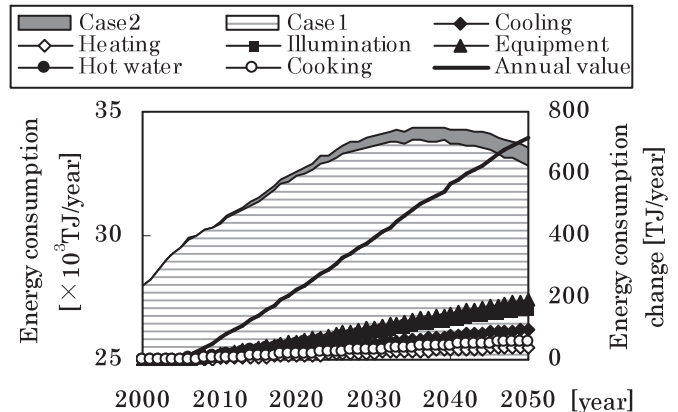


Fig.8 Energy consumption and value of change by use.

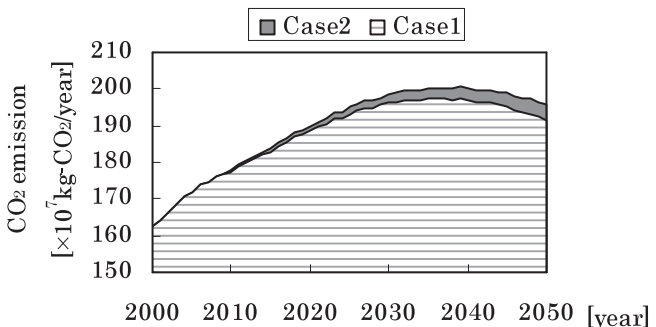


Fig.9 CO₂ emission forecast (Case1, 2).

5. 環境負荷削減の検討

前章のCase1,2を対象に、住宅の環境負荷削減が見込まれる省エネ手法を用いて、都市における環境負荷削減についての試算を行う。

5.1 省エネルギー手法

省エネルギー手法として、家電機器の更新と省エネライフスタイルについて検討する。対象家電機器はエアコン、冷蔵庫、電気ポット、暖房温水便座、ガス給湯器である。機器の種類と設定をTable 10に示す。機器更新開始年を2010年とし、耐用年数¹⁹⁾経過時点で、全数交換されるものとする。エアコンの耐用年数は15年、その他の家電製品は10年である。省エネケースの家電機器消費電力はカタログや文献²⁰⁾を参考に決定した。省エネライフスタイル(Table 10)は、文献²⁰⁾等から実現可能性の高い条件を検討して設定した。給湯エネルギー消費の大部分を占める入浴については、毎日湯張りする設定から、夏季に週3日シャワー使用とし、湯張り量を200Lから150Lへ変更する。また、照明は昼間消灯とし、冷房温度は28℃とした。省エネライフスタイルは、2010年から年5%の世帯が採用し、20年で全世帯が実行する。

Table 10 Energy saving settings.

Appliances	
Refrigerator	62W
Toilet seat	12W
Electric pot	20W
COP (A/C)	6.0 (5.0)
Hot water heater	85%
Life style	
Bathing (bathtub)	Four times a week (summer), 150Litter
Illumination	Off (daytime)
Set temperature	28℃

5.2 環境負荷削減値

Fig. 11, 12に、現状ケース(Case1,2)と省エネルギー手法採用ケース(Case1,2-ES)のエネルギー消費量とCO₂排出量の予測値を示す。CO₂排出量を見ると、Case1の2050年までの省エネケースによる積算削減量は8079×10⁷kg-CO₂となり、現状ケースから15.7%削減となる。Case2の削減割合は15.8%であり、削減量は8140×10⁷kg-CO₂である。両ケースにおける2050年のCO₂排出量は、2000年比で8.9%(Case1)と7.0%(Case2)の削減となる。Table.11は、Case2に環境対策を適用した場合の、無対策に対する削減割合である(10年毎)。

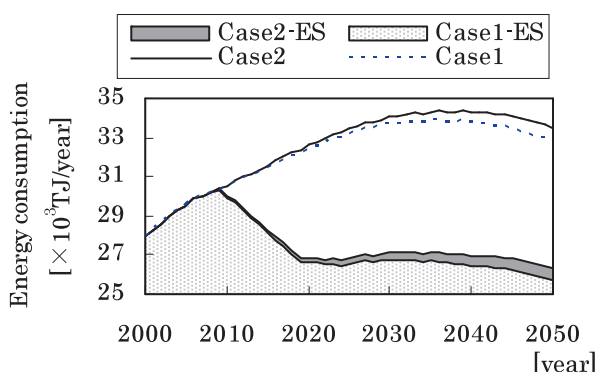


Fig.11 Energy consumption (energy saving).

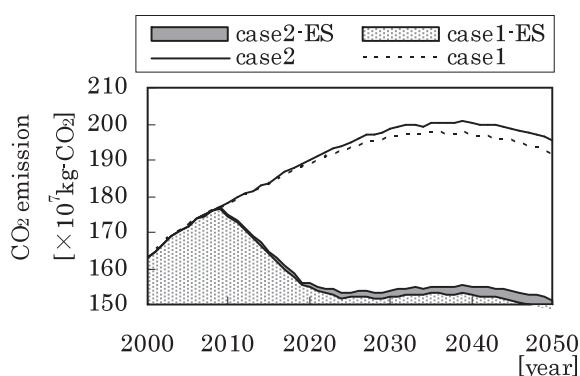


Fig.12 CO₂ emission (energy saving).

Table 11 The reduction rate of environmental load.

2010	2020	2030	2040	2050
Energy consumption[%]				
98.2	80.8	76.2	76.1	76.1
CO ₂ emission[%]				
98.3	82.0	77.5	77.4	77.4

Case2における環境負荷値は、省エネ対策を講じることにより、現状ケースよりも2030年で約23~24%減少し、その後は同様の割合で推移する。

6. 結 言

本研究では、都市における環境負荷評価を行う際に、世帯構成の複雑さを考慮するため、世帯人数別世帯構成について検討した。エネルギー消費量算定結果を用いたクラスター分析から、世帯人数別にエネルギー消費量の傾向を把握し、世帯を2~3タイプに分類した。また、福岡市における環境負荷将来予測を2ケースにより行い、高齢化による環境負荷の変化について述べた。同時に、住宅において省エネルギー手法を適用した場合の環境負荷削減量を試算し、環境負荷削減効果の把握を行った。更なる対策の検討や、新エネルギー導入の効果などの評価も必要と考える。

参考文献

- 1) Nomura, K. Development of Total Energy Simulator, Prediction of environmental load from residential buildings in Fukuoka city, The Yellow Sea Rim International Exchange Meeting on Building Environment and Energy, pp. 375-382, (2007)
- 2) 平松義久, 浅森智子, 垂水弘夫, : "家族成長を考慮した住宅エネルギーシステムの評価", 日本建築学会環境系論文集, 第 594 号, pp.45-52, 日本建築学会(2005).
- 3) 谷本潤, 藤井晴行: "エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第 1 報 確率プロセスに基づく発生法の基礎的検討", 空気調和・衛生工学会論文集, No.89, pp.29-35, 空気調和・衛生工学会(2003).
- 4) 相良博喜, 谷本潤, 萩島理: "エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第 3 報 普遍的データ生成法", 空気調和・衛生工学会論文集, No.105, pp.29-35, 空気調和・衛生工学会(2005).
- 5) 平松義久, 浅森智子, 垂水弘夫, : "家族成長を考慮した住宅エネルギーシステムの評価", 日本建築学会環境系論文集, 第 594 号, pp.45-52, 日本建築学会(2005).
- 6) 浅森智子, 垂水弘夫, : "世帯の高齢化を考慮した住宅エネルギーシステムの評価", 日本建築学会環境系論文集, 第 618 号, pp.93-100, 日本建築学会(2007).
- 7) 藤井拓郎, 下田吉之, 森川貴夫, 水野稔: "熱付加計算を組み込んだ都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発 世帯詳細区分型都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発と応用(1)", 日本建築学会環境系論文集, 第 589 号, pp.51-58, 日本建築学会(2005).
- 8) 水野稔, 下田吉之, 森川貴夫, : "住宅や機器の性能分布を考慮した大阪市住宅エネルギー需要の推計 世帯詳細区分型都市住宅エネルギーエンドユースモデルの開発と応用(2)", 日本建築学会環境系論文集, 第 595 号, pp.97-104, 日本建築学会(2005).
- 9) 細木翼, 高井智広, 高口洋人, 渡辺俊行: "既存住宅ストックの活用による環境負荷削減効果に関する研究 福岡県における CO₂ 排出量削減対策の検討", 日本建築学会環境系論文集, 第 625 号, pp.409-414, 日本建築学会(2008).
- 10) NHK 国民生活時間調査: "日本人の生活時間 2005", NHK 放送文化研究所(2006).
- 11) NHK 国民生活時間調査: "データブック日本人の生活時間 2005", NHK 放送文化研究所(2006).
- 12) 総務省統計: "平成 18 年社会生活基本調査報告全国生活時間編(調査票 A) 時間帯編(調査票 A)", 総務省統計局(2007).
- 13) 野村幸司: "住宅・都市の環境負荷予測シミュレータの開発", 6th COE Forum on Sustainable Habitat System, pp. 69-77, Kyushu University(2008).
- 14) 林徹夫: "マイコンによる住宅の多数室温変動・熱負荷計算プログラムの開発", 住宅総合研究財団研究年報, No.20, pp.334-346, (1992)
- 15) SPSS13.0J for Windows, SPSS 株式会社
- 16) 中山成和: "都市における住宅の環境負荷将来予測", 九州大学大学院総合理工学府修士論文(2007)
- 17) 総務省統計局: "平成 17 年度国勢調査", (2005)
- 18) 国立社会保障・人口問題研究所: 将来人口推計データベース, <http://www.ipss.go.jp/>
- 19) (財)家電製品協会, "家電産業ハンドブック", (2003)
- 20) 長谷川兼一, 吉野博, 伊香賀俊治, 他: "低負荷型ライフスタイルの省エネルギー効果に関する調査研究 その 7", 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.167-168, (2007)