

街区群の世帯構成の違いから見た 電気使用量分布推計による環境政策効果分析

早川 諒¹・北詰 恵一²

¹学生会員 関西大学大学院 理工学研究科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:k871750@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)
E-mail:kitazume@kansai-u.ac.jp

環境未来都市や環境モデル都市などに代表されるさまざまな環境政策効果を計測、評価する実践的取り組みは、各公的機関、民間企業などで行われている。しかし、それらは先進的な地区や建造物に対するものが主であり、今後これらの政策が広い地域に幅広く行われる時には、一般的な地区での効果を判断することが必要になる。本研究は、この中でも特に複数の街区群で構成される地区への電気利用の平準化、節電に関する環境政策の効果を判断するモデルを構築した。特に、住宅群に対するこれらの政策が、その街区の世帯構成によって異なる効果となる点に着目し、性別、年齢、就業状況などの属性別の1日の30分ごと電力使用量を推計し、家族構成別、さらに町丁目別に集計することで街区群としての住宅用電気使用量分布を計算した。これに、平準化や節電政策の効果を織り込み、街区群の世帯構成別の違いからみても、その政策効果が異なってくることを示した。

Key Words : smart city, environmental policy, leveling energy consumption

1. はじめに

(1) 研究の背景

世界の都市人口は急速に増加しており、急激な都市化に伴った様々な環境問題や都市問題を生じさせている。都市の時代といわれる21世紀において都市環境に対する負荷を増加させずに、いかに生活の豊かさを実現するかという、いわゆる低炭素社会の実現は都市を基軸とした人類共通の課題であり、もちろん日本も例外ではない。

現在日本では、低炭素社会の実現に向け様々な政策が行われているが、本研究では『地域で賢く電力を使う考え方「スマートコミュニティ」』に着目する。代表的な例として、家庭内エネルギー管理システム (HEMS) や太陽光発電、モーター駆動自動車などを駆使した政策が挙げられる。しかしながら、スマートコミュニティを実現する際の効果をはっきりとわかる研究はなされていない。さらにいえば、一部の地区で先進的な実験が行われたとしても、一般的な地区を対象に評価することはさらに難しい。様々な世帯構成・住宅体系・地域条件・交通条件などが混在する街区で、老若男女が生活していくとき、都市が効率的に機能するためにはどのような政策が必要なのか分析・検討する必要がある。

(2) 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究では世帯構成・利用交通手段・住宅体系に着目し、各地域特性による街区分類を行い、街区群別に算出した環境政策をもとに空間的な評価を加え、より効率的な提案を行うことを目的とする。なお、本アンケートの概要および結果の一部は、本研究グループが別途発表している。

2. 街区分類方法

(1) 地域特性による街区分類

分析空間単位を街区 (町丁目) または街区群 (複数の町丁目) として分類作業を行う。類型化指標には世帯構成・住宅体系・地域条件・交通条件・環境条件を用いる。

まず、世帯が属する地域特性からA~Dの4タイプに分類する。考慮する項目は、戸建比率と平成12年から平成22年の10年間ににおける人口の増減である。戸建比率について、式(1)に示すように、戸建居住世帯数を総世帯数で除することで各地域の戸建比率を算出する。

$$\text{戸建比率} = \text{戸建居住世帯数} / \text{総世帯数} \quad (1)$$

$$\text{人口の増減} = \text{増加} / \text{増減(絶対値の合計)} \quad (2)$$

分類の際には、各市全体の戸建比率の中間値を求め、その値より高いか低いかの2分類で分類する。人口の増減については、式(2)に示すように、人口の増加を人口の増減の絶対値を合計した数で除する。これは、人口の総変動から増加のみの割合を算出する意味であり、例えば解が0ならば減少のみ、0.5ならば増加と減少が同数、1ならば増加のみという具合である。分類については図-1に示す。

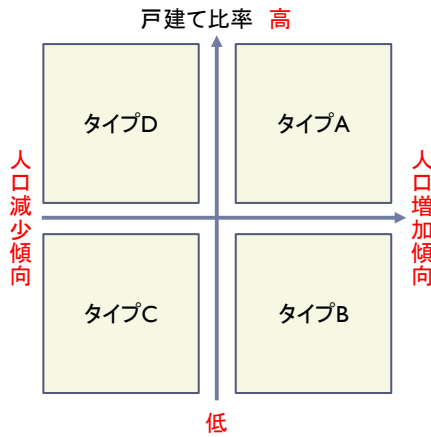


図-1 A~Dタイプの振り分け

(2) 個人・世帯属性による街区分類

次に、個人属性による分類作業を行う。個人行動データから家庭内行動と外出行動の2パターンを考える。本研究では、外出行動は利用交通手段のみ分析対象とする。家庭内行動は個人別電力使用パターンとし、世帯構成により世帯別電力使用パターンを算出し、街区での電力量積上げにより街別電力使用パターンを算出する。それぞれの関係性を図-2に示す。

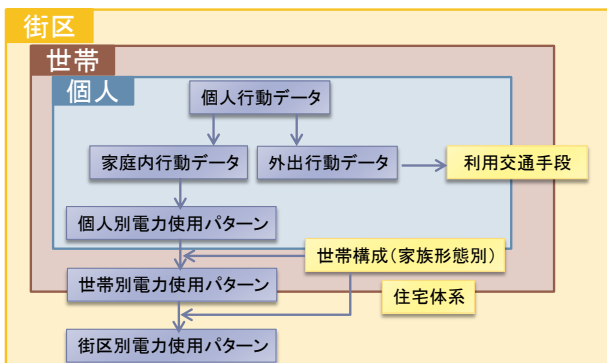


図-2 電力使用分布の関係性

評価指標には、世帯構成・利用交通手段・住宅体系を用いる。世帯構成について、単独世帯は65歳以上か否かの2パターン、2人世帯、3人以上世帯は高齢者を含むか否かの各2パターンの計6パターンで分析を行う。高齢者の有無、生活スタイルの違いによる個人・世帯別の時間

帯別電力使用分布の推計が目的である。利用交通手段について、公共交通、自動車、自転車・徒歩の3パターンで分析を行う。EV車や新しい交通手段への潜在的なニーズの違いを分析することが目的である。住宅体系について、戸建、集合住宅、長屋・その他の3パターンで分析を行う。街区全体としての電力使用量を算出し、地域特性を分析・検討ことが目的である。先述した(1)地域特性による街区分類と(2)個人・世帯属性による分類の結果を表-1に示す。

表-1 神戸市における街区分類詳細

神戸市									
タイプ	世帯分類	交通分類	数	タイプ	A	B	C	D	
1	単独世帯	公共交通	787	1	32	366	310	79	
2	単独世帯	自動車	25	2	0	11	6	8	
3	単独世帯	自転車・徒歩	103	3	3	34	56	10	
4	単独世帯(高齢)	公共交通	128	4	6	14	72	36	
5	単独世帯(高齢)	自動車	5	5	0	1	1	3	
6	単独世帯(高齢)	自転車・徒歩	23	6	1	2	17	3	
7	2人世帯	公共交通	0	7	0	0	0	0	
8	2人世帯	自動車	0	8	0	0	0	0	
9	2人世帯	自転車・徒歩	0	9	0	0	0	0	
10	2人世帯(高齢)	公共交通	49	10	1	1	10	37	
11	2人世帯(高齢)	自動車	8	11	0	0	0	8	
12	2人世帯(高齢)	自転車・徒歩	6	12	0	0	2	4	
13	3人以上世帯	公共交通	1157	13	202	262	304	389	
14	3人以上世帯	自動車	126	14	50	13	12	51	
15	3人以上世帯	自転車・徒歩	41	15	9	11	10	11	
16	3人以上世帯(高齢)	公共交通	53	16	7	0	7	39	
17	3人以上世帯(高齢)	自動車	76	17	5	0	2	69	
18	3人以上世帯(高齢)	自転車・徒歩	6	18	2	0	1	3	
-	その他		177	-				177	
	合計		2770		合計			2770	

(3) 市街地形成時期からみた評価指標

本研究を進めるにあたり、市街地形成時期を考えることは重要である。新興住宅地やニュータウンといわれる地域と旧住宅地では人々の動きや年齢層に大きな違いがあり、環境対策にも違いがみられると予想される。計算方法について、総人口の増減と増加の割合から算出している。図3に示すように、神戸市北区上津台では増加傾向を見せており、30~40代と0~9歳に人口が集中していることからニュータウンであると予想される。一方北区ひよどり台北町では人口は減少傾向にある。このように局面が異なる地域への環境対策も重要となる。

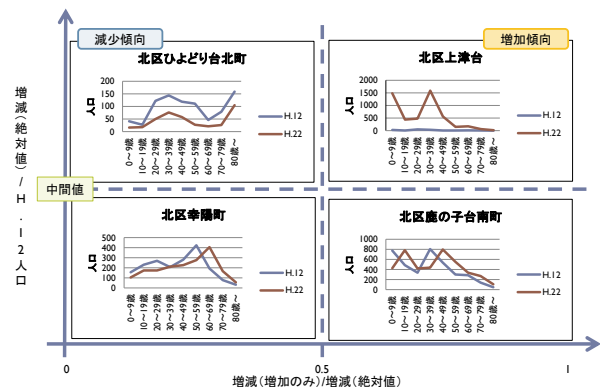


図-3 人口推移による地域特性

3. 電気使用量の算出

(1) 算出の基本的考え方

電力使用量は、個人の家庭内行動による電力消費として炊事・掃除・洗濯、家事雑事、ネット、テレビ、ビデオ・ラジオ・CDプレーヤー、世帯で発生する電力消費として空調電力、照明電力、待機電力（冷蔵庫含む）とその他で算出する。また、個人属性として学生、10-20代男女、勤め人男女、無職（男性）、専業主婦、65歳以上男女の9パターンで算出する。後述する各電力消費の計算結果を家庭内消費電力とし、その割合を図4に示す。

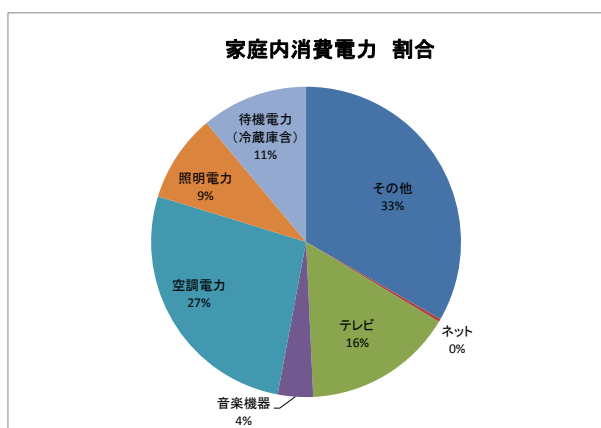


図-4 家庭内消費電力の割合

また、本研究における1日の電力使用量を2009年資源エネルギー庁のデータをもとに比較した表を表-2に示す。

表-2 1日の電力消費量比較

1日の電力消費量(全国平均)	
資源エネルギー庁(2009)	本研究
12.65kWh	12.71kWh

(2) 個人の家庭内行動による電力消費

NHK国民生活時間調査2010から各項目の30分毎の使用率を個人属性別に算出する。電気機器の一般的な電力消費と待機電力を算出し、各世帯の保有台数[台/100世帯]と時間別(0-4時、4-10時、10-17時、17-24時)の機器使用確率から1日の消費電力量を求める。各項目の電気機器は表-3に示す。

(3) 空調設備による電力消費

本研究では、夏季をベースに空調設備は冷房を基準としている。空調設備による電力消費は世帯で発生する電力とし、各世帯属性で算出する。計算方法について、時間別消費電力と起床在宅確率から算出する。2人以上の世帯では、誰かひとりでも在宅する場合を考え、個人属

性の組み合わせ(重複なし)の平均から算出している。3人以上世帯については、3人世帯と4人世帯を計算し、その平均値を3人以上世帯の空調設備による電力消費と考える。

表-3 項目別使用機器一覧

項目	使用機器
その他	炊飯器
	食器洗い乾燥機
	電気ジャーボット
	電子レンジ
	電気オーブン
	電気トースター
	換気扇
	洗濯機
	衣類乾燥機
	掃除機
音楽機器	ビデオ
	ラジオ
照明器具	蛍光灯各種
	スタンド
ネット	パソコン
テレビ	テレビ
暖房	衛星放送チューナー
	電気こたつ
	電気カーペット
冷房	暖房機器
	エアコン
待機電力	FAX
	電話
	温水洗浄便座
	温水器
	冷蔵庫

(4) 照明器具による電力消費

照明器具による電力消費についても各世帯属性で算出する。計算方法について、各世帯属性7パターンの延べ床面積の平均値を算出する。さらに平成23年財団法人日本エネルギー経済研究所より日本の家庭で使われている照明器具の割合(蛍光灯、電球型蛍光灯、白熱灯)を算出し、オーデリック株式会社規定の各照明器具の消費電力をもとに1m²を照らすために必要なワット数を算出した。以上から、各世帯属性での照明器具による電力消費を算出し、起床在宅確率により1日の電力消費を算出する。

(5) 待機電力(冷蔵庫)とその他電力消費

待機電力は、全体の約6%、冷蔵庫による消費電力(主に待機電力)は約14%であることから全体の20%を待機電力(冷蔵庫)とする。よって、家庭で発生する電力と20/80の積で算出する。また、家庭で発生する電力消費は、様々なデータを参照した上で、全体の20%がその他電力消費として発生しているので、本研究においてもそれに従い家庭で発生する電力の総数と20/100の積を上乗せすることとする。

4. 街区別電力積み上げによる分析

この章では、2章で述べた分類と3章で述べた電力消費の算出をもとに街区別に電力の積み上げを行い、分析していく。後述するタイプ表記について、表1をもとに、例えばタイプ1のタイプAの場合A1、タイプ2のタイプBの場合B2と表記するものとする。

(1) 電力の積み上げ方法

各個人属性と世帯属性の組み合わせにより、街区ごとに電力の積み上げを行う。個人の家庭内行動による電力消費については、街区に存在する人口をもとに積み上げ計算を行い、空調設備による電力消費と照明器具による電力消費については、街区に存在する世帯数をもとに積み上げ計算を行う。積み上げ例を、神戸市東灘区魚崎北町1丁目（B13）を用いて図-5、6に示す。

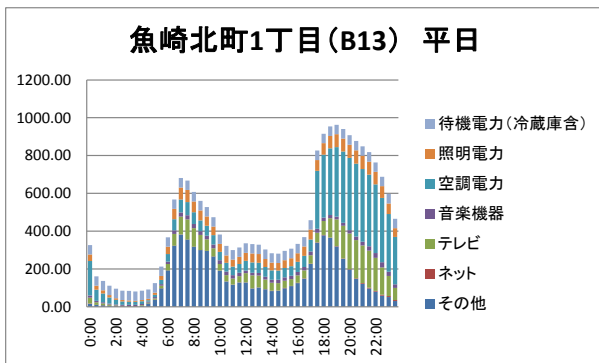


図-5 魚崎北町1丁目（B13）平日 電力積み上げ

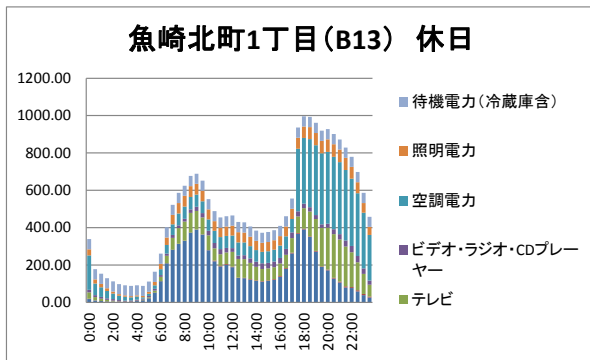


図-6 魚崎北町1丁目（B13）休日 電力積み上げ

(2) 電力の積み上げ結果による分析方法

想定するスマート化政策と積み上げによる指標の関係を表-4に示す。

表-4 想定するスマート化政策とその指標

想定するスマート化政策	指標
① 地区における1世帯あたり電力の最大値(30分単位)を下げる	1世帯あたり電力の最大値(30分単位)
② 地区における全電力消費量の最大値/平均値を下げる	最大値/平均値(30分単位)
③ 地区における昼間オフピークの蓄電を使ってピーク電力を下げる	(最大値-昼間最小値)/最大値
④ 地区における夜間オフピークの蓄電を使ってピーク電力を下げる	(最大値-夜間最小値)/最大値

スマート化政策①について、地域における1世帯あたりの電力の最大値を下げることはピーク時における電力の最大供給量を下げることが目的である。各世帯の最大供給量を下げることによって、各世帯の電力の基本料金を抑え、かつ地域に電力を供給する施設の規模を縮小させることが目的である。スマート化政策②について、平均値からの分散を測る指標となり、③や④のような蓄電した電力をどのように分配するかを計算する指標と考える。③について、昼間に太陽光発電による電力の蓄電を行い、ピーク時に電力を分配するための実現可能性を示す。④について、夜間の電力が安い時間帯に電力を蓄電し、ピーク時に分配するための評価指標となる。電力ピーク時の最大供給量を下げることが目的もある。これら4つのスマート化政策の実現可能性を分析・検討するため、神戸市東灘区を例に分析を進める。

(3) スマート化政策

東灘区の特徴として、阪急線、JR線、阪神線が横断しており、また埋立地も存在していることから、阪急線以北・阪急線-阪神線間・阪神線-海間・埋立地の4地区に分類し分析する。またそれぞれのスマート化政策に係わる指標を5段階で評価し、特徴付けする。それらの分析結果を100分率で表したものを図-7~10に示す。

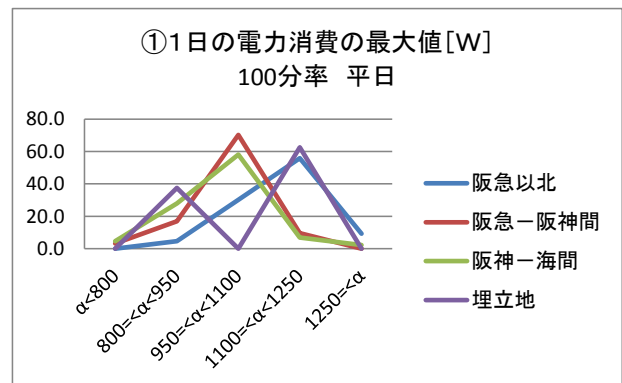


図-7 1日の電力消費の最大値 [W] 100分率

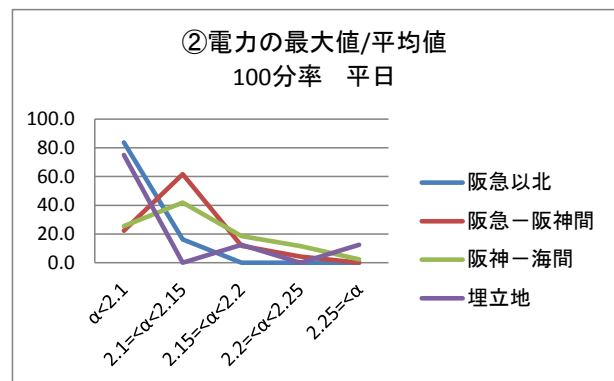


図-8 電力の最大値/平均値 100分率

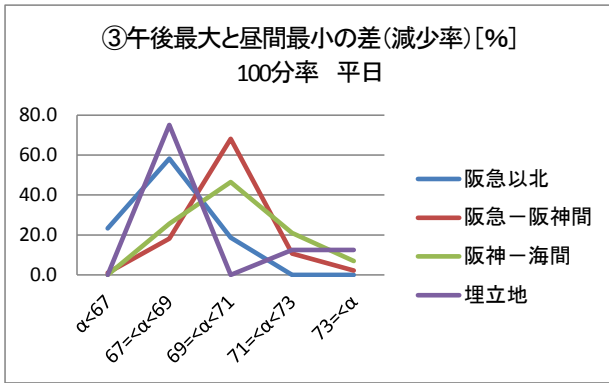


図-9 午後最大値と昼間最小値の差 100分率

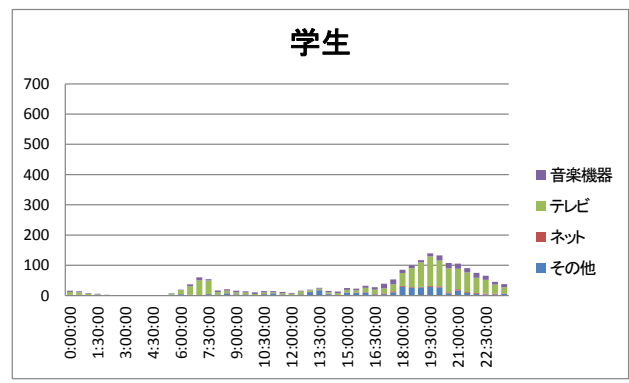


図-11 24時間電力使用分布 (学生)

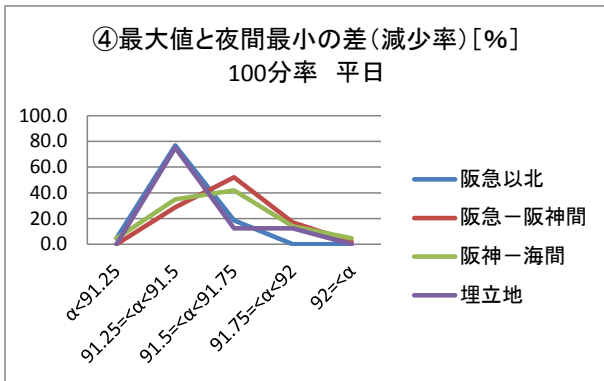


図-10 最大値と夜間最小値の差 100分率

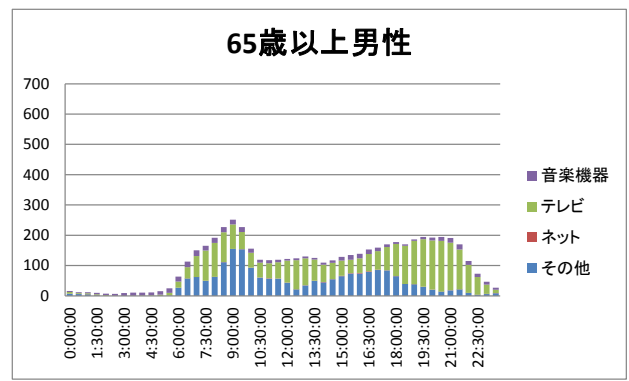


図-12 24時間電力使用分布 (65歳以上男性)

5. 推計結果

本研究において、街区(町丁目単位)の分析結果に変化を与えているのは、個人属性別の24時間電力使用分布の違いと町丁目の個人属性、世帯タイプ比率の違いである。例えば、学生の多い地域と高齢者の多い地域では24時間電力使用分布形は大きくことなる。また、単独世帯が多い地域と3人以上世帯が多い地域や高齢者を含む世帯が多い地域では24時間電力使用分布形はことなる。いくつかの例(平日の例)を図-11~13で紹介する。これらの違いは、図-7~10にその要因を見ることができる。阪急以北と埋立地が似通った傾向にあり、阪急-阪神間と阪神-海間が似通った傾向を見せている。沿線では、海側・山側と比べると電力消費の最大値は低いものの、ピーク時とオフピーク時の差が大きく、分散が大きい。これは、蓄電によるスマート化政策導入の実現可能性とポテンシャルが高いといえる。一方阪急以北と埋立地では、電力の分散は少なく安定しているものの、電力消費の最大値が大きい。街区分類から考察すると、沿線部は単独世帯が多く、阪急以北や埋立地は3人以上世帯が多くみられる。阪急以北については、3人以上世帯(高齢含む)が特化している地域もあり、個人属性や世帯タイプによる差が明らかとなった。

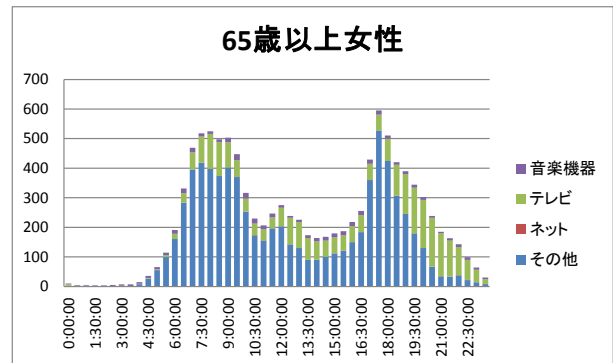


図-13 24時間電力使用分布 (65歳以上女性)

特徴的であった町丁目を例に挙げて図-14~16に示す。また、図-14~16は各町丁目の1世帯あたりの平均である。図-14は阪急以北であり、タイプDの人口減少傾向にある住宅地でタイプ16の3人以上世帯(高齢含む)である。全国の平均電力使用量は12.71kWhであるのに対し、渦森台4丁目では14.54kWhと高い数値になっている。一方、図-15は阪急-阪神間にある魚崎北町5丁目、集合住宅(マンション等)が集まる地域の単独世帯特化である。この地域では電力使用量が10.75kWhとなっており、大きな変化がみられた。図-16は埋立地であり、やはり阪急以北に似た形で、電力消費量も13.52kWhとやや高めである。

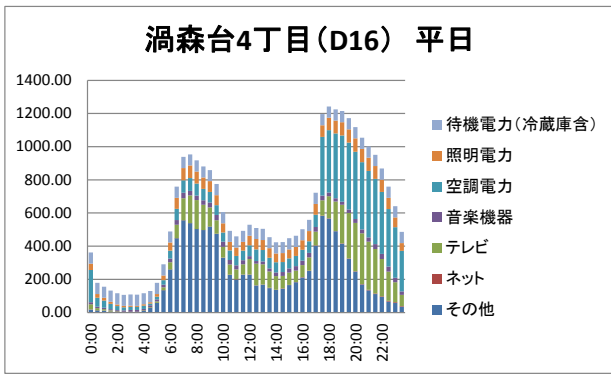


図-14 1日の世帯における電力使用分布

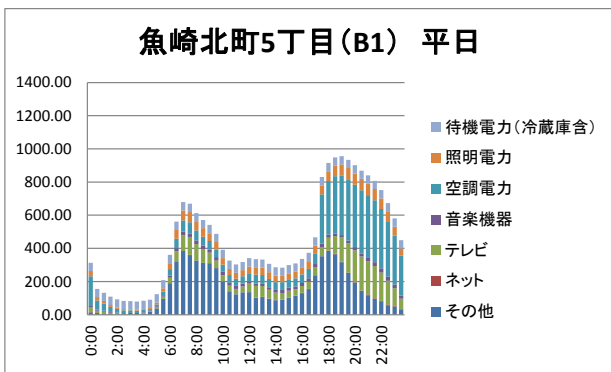


図-15 1日の世帯における電力使用分布

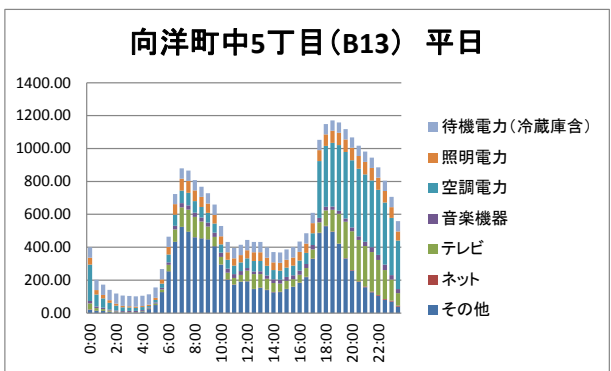


図-16 1日の世帯における電力使用分布

6. まとめ

本研究では、個人属性と世帯属性に重点を置き、様々な世帯構成における電力消費パターンを計算し、平均値を用いて計算している。また、地域特性を明らかにするための分類指標を考え、あえて細かな分類を行っている。結果として、5章で考察した通り街区による地域特性や

個人属性・世帯属性の偏りが地域の電力消費に大きく影響を及ぼすことが明らかとなった。

街区群単位での消費電力の平準化や情報システムによるコントロールを想定した場合、一定範囲のエリアでの土地利用に対する30分単位程度の時間区分での電力消費量推計が必要となる。もちろん本来は電力使用分布が大きく異なることが考えられる商業や業務などの他の土地利用との混在を前提とすべきであるが、ここでは仮に住宅単一の土地利用をとったとしても町丁目単位で住民・住宅属性の違いによる差異が見られる点をひとつの成果としたい。すなわち朝夕にピークを迎える類似分布であっても、そのピーク率やピーク発生時刻のずれが見られ、住宅開発を得意とする主体だけでも街区群単位の集計効果が見られることが重要である。

なお、本研究での分析は、住宅体系による電力使用分布の変化や利用交通手段による電力使用分布の変化が分析できていない。また空間的な評価もGISを用いるなどしてもっと分かりやすく、より繊細に評価することができるはずである。本研究では東灘区のみで分析を行ったが、今後は神戸市全体で分析を行うことを目標とし、全国の街区への汎用性を分析・検討することで明らかにしていきたい。

なお、本研究は、環境省環境研究総合推進費(IE-1202)の一環として行ったものである。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 例えば、
仲田俊亮・北詰恵一、家庭内における電力節約のための属性別協調・協力行動分析、土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、CD-ROM、2014(投稿中)。
- 2) 総務省 統計局：平成22年度国勢調査
- 3) 藤井拓郎、下田吉之、森川貴夫、水野稔：熱負荷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 日本建築学会環境系論文集 第589号、51-58、2005年3月
- 4) NHK 国民生活時間調査2010
- 5) オーデリック株式会社：明るさの目安

(2014.4.25.受付)