

## 低炭素型ライフスタイル導入による電力需要及び電源構成への影響の検討

創造理工学専攻 環境都市コース 6164090025-2 谷口 侑希  
(指導教員 近本智行)

### 1. はじめに

近年、日本政府が「温室効果ガスを2020年までに1990年比25%削減を目標」とする表明を行ったことに伴い、20～50年先を目標とする中長期エネルギーロードマップに示されるシナリオの中では、再生可能エネルギーの大幅導入やエコカーの普及といった新技術の普及が示されている。特に自動車の電化による新たな電力需要や太陽光発電（以下PV）の普及の場となる家庭部門において電力の需給バランスの変化が予想される。その一方で再生可能エネルギーの持つ性質として、不安定かつ低電圧であるため、高電圧な送電系統では需給バランスを構築することが困難である。よって系統電源内での需給バランスの円滑なマネジメントが課題であり、今後、PVを代表とする再生可能エネルギーの普及に備え、スマートグリッドといった系統電源に頼らないネットワーク環境での電力の需給バランスの把握と安定化が望まれている。

既往研究<sup>文1)</sup>では家庭部門において、電気自動車（以下EV車）やPVの普及による電力の需給バランスの変化や環境を配慮したライフスタイル導入による電力需要量の変化を検証し、負荷平準化による発電構成への影響を検証してきた。しかし、余剰に生成された再生可能エネルギーについては考慮されておらず、家庭部門に含め業務部門及び変電所単位での検証が把握と検証が必要である。

そこで本研究では、再生可能エネルギーの影響を考慮し、同一系統電源である変電所エリア内に対象地区を設定したうえで、家庭部門および業務部門における電力需要の把握を行い、EV車やPVによる影響や省エネ行動による電力需給バランスの検証とともに需要電力量の負荷平準化について検証を行う。

### 2. 研究概要

図1に研究の流れを示す。再生可能エネルギーを考慮し、変電所エリア内に対象地域を想定する。対象地域は都心型と郊外型に分類し、地域特性の影響も分析の対象とする(表1)。家庭部門においては、既往モデル<sup>文1)</sup>を基にEV車の算出方法を再構築し、地域特性の影響を反映させる。業務部門においては、「オフィス」「病院」「ホテル」「デパート」の4業種を想定し、標準的なモデルを設定したうえで、時刻別の需要電力量を推計、検証を行った。また、家庭部門・業務部門合わせた需要電力量において低炭素化の影響および負荷平準化の影響を行う。

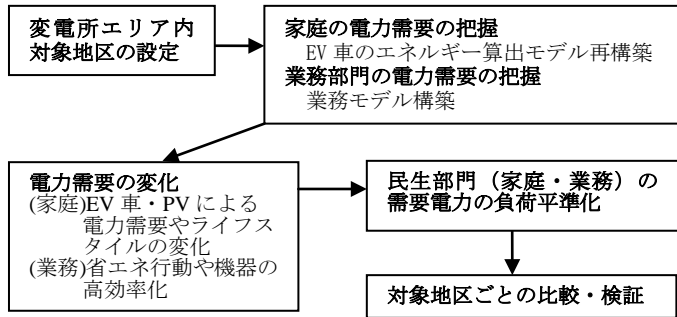


図1 研究の流れ

表1 設定対象地区

	対象都市	地域特性
都心地区	大阪市 (北区・中央区)	商業・業務系ビル群が多く存在するビジネス街地区
郊外地区	守口市・門真市	近隣都市のベッドタウンとして成立つ住宅街地区

### 3. 民生部門の時刻別の消費エネルギー予測

#### 3.1 家庭部門における消費エネルギー推計

既往モデル<sup>文1)</sup>を用いて、対象地域の時刻別の消費エネルギーを推計する。また対象地区の世帯モデルの消費エネルギーに世帯数<sup>注1)</sup>を乗じ、全体の消費エネルギーを予測する。

#### 3.2 家庭部門における設定条件

**居住者の生活パターン** 国民生活時間調査<sup>文2)</sup>から一人一人の15分毎の行動を決定し、居住者の生活パターンを設定。(図2)

**家族構成** 勤め人(男)、専業主婦、高校生、中学生の4人家族とする。

**所要機器** 所有率が高く、消費量が小さく無いと判断される物(冷蔵庫,食洗器,テレビ,洗濯機,掃除機等)とする。

**建物条件** 戸建住宅は日本建築学会、集合住宅は建築・環境省エネルギー機構が提示する住宅を標準モデルとし、対象地域ごとの地域特性<sup>注2)</sup>を反映させる。(表2)

**冷暖房** 冷暖房消費エネルギーは吉野ら<sup>文3)</sup>の研究を元に1時間当たりの消費エネルギーを設定した。

**給湯** 消費エネルギーを次式で算出。

$$E = \text{水量} \times (\text{給湯温度} - \text{水道水温度}) \times \text{給湯効率}$$

[ℓ]    [K]    [α]

入浴にかかる使用水量は団野ら<sup>文4)</sup>の研究を元に一人当たりの使用水量算出をした。

**その他の設定条件** 家族構成、所要機器、建物条件、給湯条件については吉野ら<sup>文3)</sup>の研究を参考に設定した。

主婦	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
在宅	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
睡眠	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
食事	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
洗顔	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
着替え	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
入浴	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
炊事	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
掃除	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
洗濯	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
家庭雑事	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
テレビ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
買い物	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
起床在宅	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

図2 専業主婦の生活パターン

表2 対象地区ごとの住宅モデル設定

標準モデル	都心地区モデル		郊外地区モデル		
戸建					
居間	20.5 m <sup>2</sup>	居間	17.8 m <sup>2</sup>	居間	18.6 m <sup>2</sup>
兄部屋	13.2 m <sup>2</sup>	兄部屋	11.5 m <sup>2</sup>	兄部屋	12.0 m <sup>2</sup>
弟部屋	9.9 m <sup>2</sup>	弟部屋	8.6 m <sup>2</sup>	弟部屋	9.0 m <sup>2</sup>
両親部屋	20.5 m <sup>2</sup>	両親部屋	17.8 m <sup>2</sup>	両親部屋	18.6 m <sup>2</sup>
集合					
居間	21.4 m <sup>2</sup>	居間	19.7 m <sup>2</sup>	居間	21.0 m <sup>2</sup>
兄部屋	10.4 m <sup>2</sup>	兄部屋	9.5 m <sup>2</sup>	兄部屋	10.2 m <sup>2</sup>
弟部屋	8.5 m <sup>2</sup>	弟部屋	7.9 m <sup>2</sup>	弟部屋	8.4 m <sup>2</sup>
両親部屋	11.7 m <sup>2</sup>	両親部屋	10.8 m <sup>2</sup>	両親部屋	11.5 m <sup>2</sup>

### 3.3 家庭部門における試算結果

夏期における都心および郊外地区の家庭の時刻別消費電力の推移を図3に示す。都心・郊外地区間に僅かながら消費電力の違いが見られる。これは住宅面積の違いによる冷房および照明の電力負荷の影響だと考えられる。

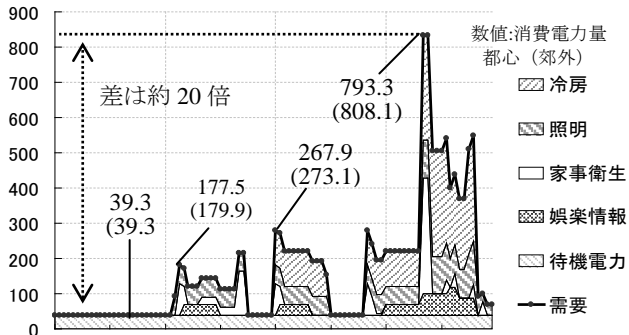


図3 世帯あたりの15分毎の使用電力量(夏期)

### 3.4 業務部門における消費エネルギー予測

代表的な業務用建築物として「オフィス」「病院」「ホテル」「デパート」の4業種を設定し、対象地区ごとに床面積あたりの時刻別消費エネルギーを推計する。

### 3.5 業務部門における設定条件

**用途別分類**：政府統計で用いられる日本標準産業分類を参考に設定。

**建物用途別延べ床面積**：過去21年分の建築着工統計データ<sup>注3)</sup>より用途ごとの平均延べ床面積(標準モデル)を算出。次式で用途別総床面積を算出。(表3)

**用途別総延べ床面積** = 用途別平均延べ床面積 × 事業所数<sup>注4)</sup>

**室用途構成・照明および空調スケジュール**：空調エネルギー消費係数(CEC/AC)計算法で提示されているデータより作成。(表4・5)

**建物用途別電力負荷**：都市ガス空調システムより提示されているデータを基に時刻別電力負荷を作成。

**エネルギー消費構造・空調熱源エネルギー比率**：省エネルギーセンターが提示しているデータを基に季節ごとの熱電気使用比率(表6)を算出。

表3 建物用途別総延べ床面積

用途分類(床面積) [m <sup>2</sup> ]	オフィス	病院	ホテル	物販・店舗
都心地区	11,510,888	792,357	197,702	5,098,091
郊外地区	1,807,025	288,224	22,812	1,801,102
1建物あたり延べ床面積	491	1,033	950	656

表4 室用途分類および設定値一例

室用途	室用途分類			
	A	B	C	D
物販店舗等	○			
店舗				
事務室・教室		○		
会議室			○	
ロビー・ホール				○
設定値	0.762	0.081	0.026	0.131

表5 照明スケジュール一例

照明スケジュール	時刻別																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A																								
B																								
C																								

表6 空調エネルギー源比率一例

	電気	熱源
近畿	71.3%	28.7%
中間期(春)	72.5%	27.5%
夏期	67.4%	32.6%
中間期(秋)	74.1%	25.9%
冬期	71.1%	28.9%

### 3.6 業務部門における試算結果

試算結果として、1建物あたり(標準モデル)における夏期の時刻別需要電力量の推移を図4に示す。12時台に消費電力量のピークとして86kWhに達しているのに対し、深夜の3時に最小値の22.3kWhになり、ピーク時との差は3.8倍になる。日中稼働するオフィスおよびデパートの空調熱源の電力負荷がピークに達するためだと考えられる。

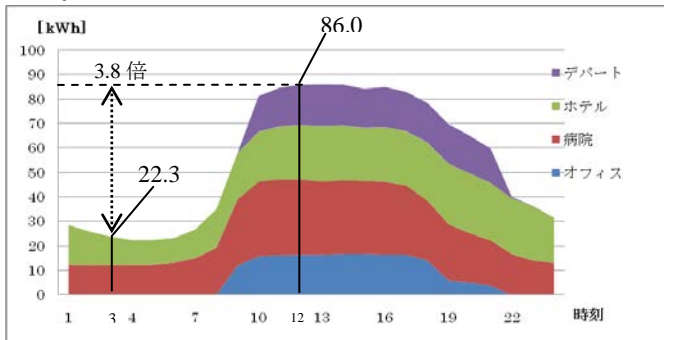


図4 時刻別消費電力量の推移(夏期)

## 4. EV・PV・エコ行動による影響

### 4.1 概要

家庭部門においては、EV車やPVなどの新技術の普及や環境に配慮したライフスタイルの導入により住宅における電力の需給バランスは変化が予測される。EV車の地域特性を考慮した消費エネルギー算出モデルを再構築する。一方、業務部門においても利用者によるエコ行動および管理者側によるエコ対策の導入による電力需要の変化が

期待できる。これらの影響を考察するため変動する電力量を試算する。また電力負荷のピークを迎える夏期に着目して行う。

## 4.2 EV車による消費エネルギー算出モデルの構築

### 4.2.1 自動車分担率モデルの作成

地域特性の影響を反映させるため算出方法の再構築を行う。全国都市交通統計調査<sup>注1)</sup>や社会経済指標データ<sup>注1)</sup>を基にパラメータ推定および重回帰分析を行い、自動車分担率モデルを作成する。作成にあたり既往研究<sup>文5)</sup>の自動車分担率モデルを参考とする。

### 4.2.2 自動車分析率の試算

文献<sup>文6)</sup>にて、次世代自動車の目標普及率が提示されている2020年を想定し、都心・郊外地区の自動車分担率を推計した。(表7) 都心および郊外地区ともに人口減少に反し、世帯数は増加するため、世帯数の多い郊外地区の自動車分担率が上昇したと考えられる。

$$S = \frac{100}{1 + \exp(4.117 - 1.134X_1 - 0.063X_2 - 0.651X_3 - 2.235X_4 - 0.882X_5)}$$

R = 0.966	R <sup>2</sup> = 0.933	補正R <sup>2</sup> = 0.922
S : 自動車分担率 [%]	X <sub>1</sub> : DID人口密度	
X <sub>2</sub> : 駅数/DID面積	X <sub>3</sub> : 自動車保有台数 [四輪/世帯]	
X <sub>4</sub> : 15~64歳人口	X <sub>5</sub> : 免許保有率 [保有者数/総人口]	

## 4.3 EV車の普及による電力需要

### 4.3.1 需要電力量試算

自動車分担率モデルを踏まえ、世帯あたりの1日に必要な充電量を以下の式で算出する。EV車の設定条件は表8に示す。EV車の普及率の段階的設定による需要電力の試算を行った。

$$E = \frac{\text{年間走行キロ} \times \text{トリップ数比率} \times \text{分担率} \times \text{普及率}}{\text{平均燃費効率} \times \text{実燃費補正}}$$

※国内で既に販売されている2社種を取上げ、当面の生産計画に沿った普及台数割合を平均燃費として反映。新たな基準であるJC008モードは、実例が乏しいため、ガソリン車と同程度の燃費基準とし、30%低下すると仮定した。

### 4.3.2 試算結果

対象地区ごとの1時間あたりのEV車の充電電力と他の機器の時間あたりの消費電力を表9に示す。都心地区と郊外地区とでは約6倍の充電量の開きが見られる。また郊外地区では普及率30%で深夜に使用される機器の消費電力を上回ることから負荷平準化が期待できる。

## 4.4 太陽光発電の発電電力

家庭内の太陽光発電の発電量を次式により算出を行う。

$$E = \text{実測値}^{注5)} \times \text{住宅数} \times \text{戸建比率} \times \text{普及}$$

[Wh]                      [n]                      [c<sub>b</sub>]                      [α]

システムの容量は3kWhとし、普及率10%、20%、30%の3ケースで検討を行う。

表7 自動車分担率推計結果

	2005年	2020年
都心地区	17.6%	15.2%
郊外地区	33.0%	35.7%

表8 消費エネルギー算出条件設定

EV車設定			
平均燃費効率	8.58 [km/kWh]		
充電時間	0時~6時		
EV車普及率	case1:10%	case2:15%	case3:20%
自動車統計データおよび推計値			
	都心地区	郊外地区	大阪府
自動車分担率	15.2%	35.7%	29.9%
自動車トリップ数 [千トリップ]	56.1	469.2	10993.5
年間走行キロ [百万km]	33.0	649.0	42592.0

表9 1時間当りの電力需要量

		10%	20%	30%	50%
EV車充電量 [Wh]	都心地区	19.5	39.0	58.5	97.5
	郊外地区	121.1	242.1	363.2	605.4
昼間に使用され	冷房	434.0			
	照明 (平均)	191.2			
深夜に使用される機器	換気扇	20.0			
	冷蔵庫	78.0			
	温水洗浄便座	24.0			
	テレビ等の待機電力	10.9			
夜間使用機器 (合計)		132.9			

## 4.5 ライフスタイルの変化・省エネ行動

家庭部門においては、環境に配慮したライフスタイルの変化による影響を検証し、業務部門においては利用者側による省エネ行動と管理者側による設備機器更新による高効率化の影響を検証し、需給バランスに与える影響を検証する。

### 4.5.1 ライフスタイルの設定

行動による抑制

1) 住宅の蓄熱性能による熱の反応遅れに対応した換気や打ち水 → 夜間の冷房負荷の低減

居住者の同空間での行動。→ 冷暖房や照明時間の短縮  
機器の直接抑制

2) 冷暖房の設定温度の変更 → 冷暖房電力の低減

3) 使用を控え、設定を変更 → 待機・使用電力の低減

### 4.5.2 省エネ行動および高効率化

省エネ対策として利用者側が行える省エネ行動と管理者側が行う省エネ対策を設定する。(表10)

表10 低炭素化対策一覧

エネルギー用途区分	項目	効果	削減効果設定		
利用者による省エネ対策	空調	室内温度の変更(政府推奨温(クールビズ・ウォームビズ))	(冷房) 26℃→28℃ (暖房) 22℃→20℃	10%	
		外気冷房の導入	冷熱負荷削減 (中間期)	10%	
		冷暖房終了時に機器停止	終了時30分前に停止 (冬期)	15%	
		冷暖房終了時に機器停止	終了時1時間前の空調負荷半減	50%	
	照明	昼休みは消灯	照明(12~13時)の電力負荷削減	60%	
	不使用室の消灯	照明の電力負荷削減	10%		
管理者による省エネ対策	空調	業務用高効率空調機導入	効率改善	20%	
	照明	業務用省エネ型冷蔵庫・冷凍機	LED化(普及率:80%)	照明の80%が消費電力削減	50%
	動力	換気、給排水、EVなど動力全般	効率改善	20%	

## 4.6 試算結果

### 4.6.1 家庭部門による結果

EV車普及20%、PV20%での家庭内電力需要変化の結果

を図 5 に示す。昼間の時間帯において、都心地区は家庭内で PV の発電量を消化できる一方、郊外地区では発電量の余剰分が発生している。家庭部門以外を含めた需給バランスの調整が必要であると考えられる。

#### 4.6.2 業務部門による結果

総延べ床面積における試算結果を示す。(表 11) 省エネ行動で 13%、高効率化で 22%程度の削減効果が見られた。標準モデルあたりの電力需要変化を図 6 に示す。エコ行動において、13 時前後の需要電力減少は昼休み時の消灯行動の影響が大きいと推察される。高効率化では、日中に大幅に削減され、全体で 20%の削減効果が見られた。

### 5. 民生部門（家庭・業務）の電力需要関係

家庭・業務部門合わせた時刻別需要電力量の推移と共に負荷平準化の可能性を検証する。

#### 5.1 設定条件

電力需要の平準化を把握するため分散分析を行う。家庭部門 [PV30%、省エネ型ライフスタイル] で固定のもと [EV20%、EV50%] の 2case、業務部門 [対策なし、エコ行動、高効率] の 3case の計 6case 行う。晴天日の設定においては、大阪府年間統計(平成 17 年)の月別日照時間を基に年間の晴天日数を設定した。

#### 5.2 分析結果

分散分析結果を表 12 に示す。Case6-(a) の場合が、最も分散値の値が小さく、負荷平準化の影響が見て取れる。Case1-(b) の結果を図 7 に示す。平準化の効果は期待できないものの、PV の余剰発電量が僅かながら業務部門の電力需要を賄い、家庭・業務を合わせた民生部門で需給バランスを構築しているのが見て取れる。

### 6. まとめ

変電所エリア内での民生部門（家庭・業務）による需要電力量の把握とともに平準化の影響について検証した。地域特性に応じ、民生部門間での需給バランスが構築されているが断片的な供給では平準化効果は薄い。低炭素化技術の一層の普及拡大とともに、継続的な供給体制を構築することが民生部門における電力需要の平準化および需給バランスの構築に重要であることを確認する。

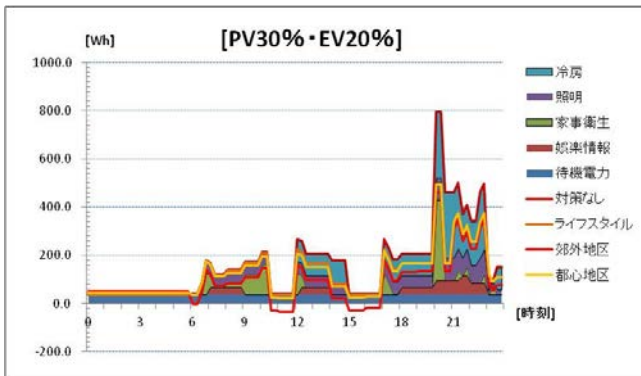


図 5 EV20%、EV30%導入ケースの電力需要変化

表 11 総延べ床面積における需要電力量推移

	対策なし	省エネ行動		高効率化	
	[MWh]	[MWh]	削減率	[MWh]	削減率
都心地区	8460	7374	12.8%	6624	21.7%
郊外地区	1864	1628	12.7%	1451	22.2%

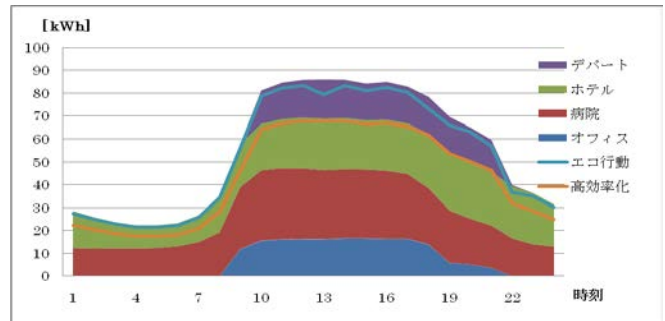


図 6 1 建物あたり(標準モデル)の電力需要変化

表 12 分散分析結果

CASE	家庭部門 [PV30% ライフスタイル変化]	業務部門	(a) 都心地区		(b) 郊外地区	
			分散値	平均値	分散値	平均値
1	EV車20%	対策なし	2519	66.8	11279	93.9
2		エコ行動	2355	62.6	11315	93.0
3		高効率化	2258	59.7	11347	92.3
4	EV車50%	対策なし	2474	67.1	10666	99.3
5		エコ行動	2313	63.0	10712	98.4
6		高効率化	2219	60.1	10750	97.7

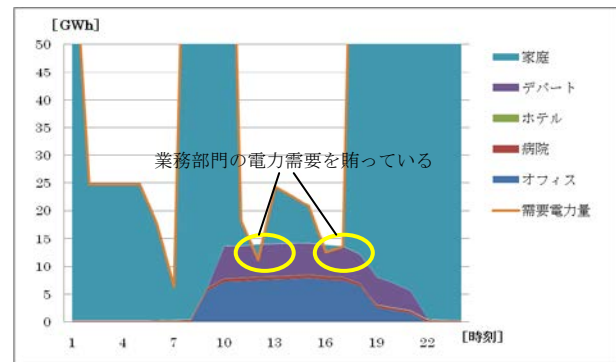


図 7 case1 (郊外地区) の需要電力量の推移

- 注 1) 政府統計 [e-stat] を参考にした。  
 注 2) 国土交通省「全国都市交通特性調査」を参考にした。  
 注 3) 国土交通省統計情報[建築着工統計]を参考に設定  
 注 4) 大阪府・市統計データを引用  
 注 5) 住環境研究所[SOLAR CLINIC]を参考に月別の平均発電量と、沖縄の実測値を基に時刻別発電量の平均値とした。  
<http://ameblo.jp/mixture/entry-10383054355.html>

#### 参考文献

- 文 1) 平尾、谷口、近本：民生家庭部門の電力需要変化による低炭素化の検討(その 2) 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 2010 年 9 月  
 文 2) NHK 国民生活時間調査(2005 年)  
 文 3) 吉野 博：ミクロモデルを用いた省エネライフスタイルによる省エネルギー効果の検討、回住宅エネルギーシンポジウム 2005 年 6 月  
 文 4) 団野直子、木谷文樹：入浴におけるミニマム水量算定のための基礎的検討、日本建築学会計画系論文集、第 461 号、pp81-86、1994 年  
 文 5) 林良嗣、加藤博和、木本仁、菅原敏文：都市交通のモーダル・シフト政策に伴う CO2 排出量削減効果の推計[土木計画学研究講演集 No.17 1995 年 1 月  
 文 6) 資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し」