# 中長期時における技術普及と生活習慣の変化による 家庭内需要電力の変化が社会に与える影響の検討

創造理工学専攻 環境都市コース 6164080038-0 平尾 吉晃 (指導教員 近本智行)

# 1.はじめに

気候変動問題を背景に 2009 年に 8 月に「温室効果ガス 2050 年 80%削減のためのビジョン」と題して達成シナリオが環境省から発表され、長期目標や目標達成のためのロードマップ等が示された。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、自動車の電化による新たな電力の需要や太陽光発電による電力の需給バランスの変化が予想される。

本研究は電気自動車(以下 EV 車)の充電や太陽光発電の場となる民生家庭部門に着目する。家庭部門はエコポイントによる省エネ家電の普及の促進等の様々な施策の対象とされるも、CO2の排出量は増加し続けている。太陽光発電は家庭の消費エネルギーを減らす対策として非常に有効であるが、電力の需給バランスに変化を与える対策としても効果が高い。また近年マイクログリッドを代表に系統電源に頼らない電力供給の自立を目指した技術が研究され、電力の需給バランスの把握と安定が望まれている。そこで本研究は家庭の需給バランスに影響を与える技術に加え、初期投資のかからない生活習慣の省エネ化に着目し、機器の性能と同時に使われ方の検討を行い家庭内の負荷平準化を目指し、自立循環型の住宅の可能性について検討する。

一方で現状の発電構成では、昼間のピーク電力に対応するために発電効率の悪い旧型の火力発電などの非効率な発電が行われている。家庭部門の負荷を平準化することで社会全体の需要電力の発電構成の改善を促し、低効率な発電の低減についても検討を行う。研究フローを図1に示す。

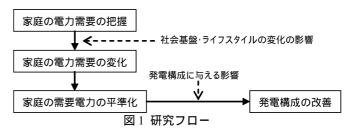
# 2 . 家庭部門の時刻別の消費エネルギー予測

# 2-1 予測方法の概要

様々な種類の世帯を平均的に評価することは困難であるため標準世帯を想定し、時刻別の居住者の生活パターンを決定する。次に居住者の生活行動に伴いて使用する機器を定義し、各機器の消費エネルギーを通算することで時刻別の消費エネルギーを推測する。また標準世帯の消費エネルギーに世帯数<sup>注1)</sup>を乗じる事で全体の消費エネルギーを予測する。

# 2-2 予測に伴う設定

<u>家族構成</u> 勤め人(男) 専業主婦、高校生、中学生の 4 人家族とする。



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																																
主婦	0	1	2	3	4	5	6	3	7	8	9	1	0	11	1	2	13	1.	4	15	16	1	7	18	3 1	19	20	2	1	22	2	3
在宅	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	П		Ш	Ш	II	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	
睡眠	Ш	Ш		Ш	Ш	Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	
食事	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш		Ш	П	Ш	Ш	П	Ш	Ш	П		Ш	Ш	П		Ш	Ш		П	П	П	Ш	П	Ш	Ш	П	Π
洗顔	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	П	Ш	П	П	Π	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	I
着替え	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П		Ш	Ш		П	Ш	П	Ш	П	Ш	Ш	Ш	П
入浴	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	П	Ш	П	П	Π	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	I
炊事	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	П	П	П	П	Ш	Ш	П	П	П	Ш	Ш	П	П	П	П	П	П	П	Ш	I
掃除	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	П	П	П	П	Ш	Ш	П	Ш	П	П	Π	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	Ι
洗濯	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш		Ш	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П		Ш	Ш		Ш	Ш	П	Ш	П	Ш	Ш	Ш	I
家庭雑事	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П		П	П	П	П	Ш	Ш	П	Ш	П	П	Π	П	П	П	П	П	П	Ш	Ш	Ι
テレビ	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	П	П	П	Ш	Ш	Ш	П	Ш	П	П	П	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	Ш	П	I
買い物	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш	П	Ш	Ш	Ш		П	П	П	П	П	Ш		Ш	Ι
起床在宅	起床在宅																															
					义	2	図 2 専業主婦の行動																									

表 1 所有機器の設定条件

衣 1 円 7	表 1 所有機能の設定未計										
分類	対象機器	条件	‡設定	定格電力[W]							
換気	台所換気扇	使用タイプ	調理時使用	20							
機器	空調換気扇	使用タイプ	常時使用	50							
	冷蔵庫	機器タイプ	普及型	62/78/86(冬							
厨房	/マ版/中	設定強度	中	/中間期/夏)							
機器	電気ポット	使用タイプ	沸騰のみ使用	475							
	炊飯器	使用タイプ	炊飯のみ使用	180							
	食洗器	使用タイプ	1回/日使用	1318							
	テレビ	機器タイプ	標準21型	121							
	700	待機電力	あり	0.4							
娯楽	ビデオ	機器タイプ	普及型	12							
情報 機器	LJA	待機電力	あり	2							
	オーディオ	機器タイプ	普及型	74							
'IXX TIE	2 712	待機電力	あり	0.5							
	コンピューター	機器タイプ	デスクトップ型	86.6							
	1/61 /	待機電力	あり	6.2							
	温水洗浄便座	強度設定	季節毎設定	40/24/12(冬							
				/中間期/夏)							
家庭	洗濯機	機器タイプ	インバータ式	86							
衛生		機器タイプ	普及型								
機器	掃除機	使用タイプ	床種類毎に	333							
1茂百百		使用71フ	強度変更								
	ドライヤー	機器タイプ	普及型	450							
	アイロン	機器タイプ	普及型	500							
		机中土油	床面積当たり	40							
照明	室照明	設定方法	の値で定義	10							
	スタンド	機器タイプ	普及型	30							
* /二まり!-	(をわるエカルナ	- 出典記字									

\* 行動に係わるエネルギー消費設定

炊事:食事前に炊飯器を 30 分、開始 15 分に電気ポット使用 掃除:掃除時に掃除機使用 洗濯:洗濯時に洗濯機使用 アイロン:洗濯後に 30 分使用 食洗機:夕食後に 30 分使用 室内灯:居間:起床在宅時に子供部屋は学外勉強時に点灯 スタンド:子供の勉強時に点灯 テレビ:居間と兄の部屋に設置。兄の在室時は部屋のテレビ視聴。両親と弟は居間で視聴 オーディオ:兄の在室時に使用 ドライヤー:入浴後 5 分使用 待機電力:空調換気扇、冷蔵庫、テレビ、ビデオ、オーディオ、コンピューター、温水洗浄便座を設定 居住者の生活パターン 国民生活時間調査から家族一人 一人の 15 分毎の行動を決定し、居住者の生活パターンを 決定し、家庭内でどの様な行動を平均的に行っているか を把握する。(図2)

所要機器 所有機器は一般家庭の所有率が高く、消費量が小さく無いと判断された物とした注2)。表 1 に標準家庭の所要機器、及び居住者の行動に係わる設定条件を示す。 建物条件 戸建て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している住宅モデルを使用する。

冷暖房 冷暖房消費エネルギーは吉野ら<sup>文1)</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。

使用時間及び使用期間を表2に示す。

給湯 消費エネルギーを次式で算出。

$$E =$$
水量  $\times$  (給湯温度 - 水道水温度)  $\times$  給湯効率  $[\ell]$   $[K]$   $[\alpha]$ 

入浴にかかる使用水量は団野ら<sup>文2)</sup>の研究を元に一人当たりの使用水量算出をした。その他設定条件を表 3 に示す。

# 2-3 試算結果

集合住宅、戸建住宅の試算と建て方別世帯数から家庭の平均的な消費エネルギーを算出した。試算結果と 2005年の統計値との大きな乖離は無く、試算の妥当性を確認した(表4)。

全体の電力ピークを向かえる夏期における家庭での時刻別消費電力に着目する(図3)。家庭での需要電力は食事時を期に増加する傾向があり、居住者の帰宅後の夕食以降にピークを向かえる。最大消費量と待機電力を比べると20倍以上の開きがあり、居住者の行動が多い夜間の使用電力を減らす対策や、深夜の使用電力を底上げする対策が家庭における需要電力の平準化に必要である。

# 3.技術普及・ライフスタイルの変化による影響

太陽光発電や EV 車等の新技術の普及や、住宅内のエネルギー需給を考慮したライフスタイルの導入によって家庭内の時刻別使用エネルギーは変化することが予想される。これらの影響を考察するために変化する電力量を時刻別に試算し、一世帯当たりの平均として標準世帯に反映させ影響の把握を行う。

# 3-1 EV 車の普及による需要電力

EV 車の普及により、家庭内に充電という新しい電力需要が生まれる。影響力の把握のため充電量の試算を行う。 3-1-1 需要電力量の試算

世帯当たりの 1 日に必要な充電量を以下の式で算出する。以下表 5 に設定条件を示す。

E =車数  $\times$  走行距離  $\times$  燃費  $\times$  燃費補正  $\times$  普及率 [n] [km] [km/kWh]  $[c_b]$   $[\alpha]$ 

\* 燃費補正: EV 車の実燃費を現在の自動車と同程度とし、10.15 モードから 30%低下すると仮定した<sup>注3)</sup>。

# 3-1-2 試算結果

1 時間当たりの EV 車の充電電力と他の機器の時間当たり の消費電力を比べる(表 6)。EV 車の充電量は夜間に使われる機器と比べると比較的大きい事が分かる。普及率が 30%を越えると深夜に使われる電力が 2 倍以上となり、 平準化が期待できる。

表 2 冷暖房条件

	冷房	暖房
使用期間	7月5日~9月7日	11月18日~3月18日
使用時間	昼からの起床在宅中	朝・夕の起床在宅中

表 3 給湯条件

条件	暖房期	中間期	冷房期
給湯温度 (洗顔/入浴/シャワー / 炊事/湯はり)	38.0/39.0/39.0 /39.0/44.0	38.3/38.3/38.3 /39.7/42.5	39.0/37.7/37.7 /39.7/41.5
洗顔・炊事の湯の使用	湯	水	水
入浴形態	毎日入浴	一日おきに入 浴とシャワ <b>ー</b>	一日おきに入 浴とシャワ <b>ー</b>

表 4 家庭の消費エネルギー試算結果

代するため行兵	农· 家庭》/// - 以开加木											
[GJ]	統計值	戸建	集合	全体								
照明·動力	15.5	14.0	14.0	14.0								
給湯+厨房	15.8	13.7	13.7	13.7								
冷房	1.1	1.4	1.1	1.3								
暖房	10.8	16.5	13.3	15.2								
計	43.3	45.7	42.2	44.2								

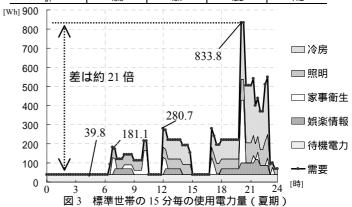


表 5 電気自動設定条件

EV	車設定				
一充電走行距離(10.15 モード)	160 [km]				
総電力量	16 [kWh]				
燃費(10.15 モード)	10 [km/kWh]				
充電時間	0 時~6 時				
普及率	case1:10% case2:30% case3:50%				
自家	用車統計				
保有台数	56.8 [百万台]				
年間走行距離	8.9[ <b>千</b> km]				
世帯当たりの保有台数	1.2[台]				
1日の走行距離	24.3[km]				

表 6 1 時間当たりの需要電力量[Wh]

EV	車充電量	10%	30%	50%			
	半儿电里	68.5	205.5	342.4			
昼間に使用	冷房	434.0					
される機器	照明 (平均)	191.2					
	換気扇	20.0					
深夜に使用	冷蔵庫	78.0					
される機器	温水洗浄便座	24					
	テレビ等の待機電力	10.9					

# 3-2 太陽光発電の発電電力

家庭内の需要電力への影響を検討するため、太陽光発 電の発電電力量と同時に時刻別の発電電力量の把握を行 う。

# 3-2-1 発電量の試算

発電量の全国平均推測注4)と8月における時刻別発電量 の実測値から時刻別の平均発電量を推測する。戸建て住 宅における普及率によって全体での発電量を算出する。 設置するシステムの発電量は 3kWh とし、普及割合は 10%、 20%、30%の3ケースで検討を行う。

$$E =$$
 実測値  $\times$  住宅数  $\times$  補正  $\times$  普及率  $[Wh]$   $[n]$   $[c_h]$   $[\alpha]$ 

# 3-2-2 試算結果

時刻別の使用電力量と発電量を比較すると、朝食・昼 食時の1次・2次ピークの電力を太陽光発電だけで賄う事 は難しいことが分かる。(表7)

一方で 11 時や 15 時、16 時には使用電力よりも発電電 力が高まっている。太陽光発電と電気自動車の普及が進 んだ場合、このような余剰電力を予備バッテリー等に充 電を行い、夜間に充電電力を使用する等の方法を取る事 が出来れば家庭の電力の自立に繋がっていく。

# 3-3 エネルギー需給バランスを考慮したライフスタイル

これまで住宅における省エネルギー対策は負荷の低減 を図ることや使用機器の効率の向上を重視して行われて きた。EV 車の普及や再生可能エネルギーの導入により、 今後は省エネルギーの対策に加えてエネルギーの需給バ ランスを考慮したライフスタイルが必要となってくる。

居住者の行動の変化による需要電力量の変化について 検討を行う。行動により機器の使用が抑制される物と機 器の使用を直接控える物の2面から考察する。

# 3-3-1 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 夜間の冷房負荷の低減 打ち水
- 昼間に日射から受熱し壁に蓄熱され、日射の無い日没後にも室 内温度を上昇させている熱量を換気や打ち水により除去し、冷 房開始時の負荷を低減する。今回冷房負荷が 15%低減すると仮
- 2) 居住者の同空間での行動。 冷暖房や照明時間の短縮
- 夜間のピーク電力を考慮し、21 時まで居間にいると仮定した。 機器の直接抑制

### 3) 冷暖房の設定温度の変更 冷暖房電力の低減

### 表 7 太陽光の発電量と使用電力 時刻[時] 10 11 8 9 使用電力量[Wh] 914.1 351.1 537.0 573.0 452.0 511.5 157.1 994.9 885.5 366.0 157.1 157.1 885.5 5.3 111.3 132.5 164.3 159.0 153.7 121.9 84.8 47.7 普及率 10%[Wh] 37.1 90.1 143.1 5.3 普及率 20%[Wh] 10.6 74.2 180.2 222.6 265.0 328.6 318.0 307.4 286.2 243.8 169.6 95.4 10.6 普及率 30%[Wh] 254.4 15.9 111.3 270.3 333.9 397.5 492.9 477.0 461.1 429.3 365.7 143.1 15.9

# 4)機器の使用を控え、使用設定の変更 待機電力、使用電力の低減

3-3-2 ライフスタイルの変化による電力量変化の試算 ライフスタイルの変化に対する各機器の消費エネルギ

ーを再設定し、需要電力を算出する。各機器の標準型と 節約型の条件を表8に示す。

# 3-3-3 試算結果

ライフスタイルの変化による削減電力量を時刻別に比 較すると夜間のピークに対して効果が上がった事が分か る(図4)、対応遅れの熱負荷の除去により全体の冷房負 荷が減少したことや、家族が同じ部屋で過ごし、使用さ れていた個室の冷房の使用が抑制される事で夜間の冷房 電力が大きく減少した。居住者の生活習慣の変化により、 使用機器の制限や住宅の更新を伴わず使用電力を削減す る事が出来た。

一方で朝・昼の使用電力の減少が少ない理由としては 生活に必要な動きが多く、行動の抑制を行いづらいため だと考える。

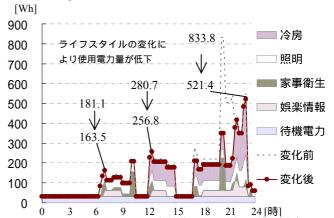


図 4 ライフスタイルの変化後の 15 分毎の使用電力

	— —			
表 8	省エネ型のライ	′ フスタイ	ルに対応し	た機器の設定

分類		対象機	機器		標準型			節約型		
	X	⋛蔵庫	設定強	镀		中		弱		
厨房	電	気ポット	使用ダ	イプ	沸騰のみ使用			使用なし		
機器	火	使用ダ	使用タイプ		炊飯のみ使用		炊飯のみ			
	1Ê	洗器	使用ダ	イプ	1回/日使用			0.5 回	/日使用	
	=	テレビ	待機電	力		あり		7	なし	
娯楽	t	ごデオ	待機電	力	あり			7	なし	
情報	オーディオ コンピューター		待機電	力	あり あり			なし なし		
			待機電	力						
家庭	温水	洗浄便座	強度設	淀	季	節毎設定		通知	丰最小	
衛生	:2	た濯機	風呂湯利用		なし			あり		
機器	"	b/隹1戌	まとめ洗い		なし			あり		
照明		照明時	間	個室の点灯時間の減少						
冷房		運転時	運転時間		個室+全体の運転時間の減少 負荷低減					
		温度設定		20			18			
	10	10				40		4-7	10	

# 3-3 家庭の電力需要に与える影響

太陽光や EV 車、エネルギー需給バランスを考慮したラ イフスタイルが家庭の電力需要の平準化にどの程度影響 を与えているかを考察するために、技術普及や生活習慣 の変更後の時刻別の消費エネルギーと平均消費エネルギ ーとで分散分析を行った(表9)。

平均使用電力量の低下により太陽光発電の普及は家庭 の使用電力の削減に対して有効な事が分かる。しかし需 要電力の平準化という観点においては、分散値に増加が 見られ単一の技術普及では平準化は難しい事が分かる。

自立循環型の住宅を目指し家庭におけるゼロエミッシ ョンを達成するためには、徹底した省エネに加え、電力 需要に影響する技術普及や、住宅内の電力需要特性を考 慮した居住者の生活習慣等の複合的な対策が重要となる。

# 4.発電構成に与える影響

家庭部門の電力需要の変化が社会全体の電力需要に与 える影響を考察する。

# 4-1 社会全体の電力需要量

電源別の発電効率と時間当たりの発電量を詳細に記載 したデータを入手する事は困難である。そのため今回は 入手した火力・水力・原子力・その他・揚水発電の時刻 別発電量のデータを用い、その中の火力発電を石炭火力 と高効率火力、低効率火力と定義し考察を行う。

## 4-1-1 石油火力の設定

石炭火力割合:一次エネルギー供給の統計注5)から石炭 火力の使用割合を算出。(20.3%)

高効率・低効率発電割合:揚水発電から電力が供給さ れ始めた 1 時間後から供給が終わる 1 時間前の間、2 割が 低効率で発電されると仮定した。

# 4-2 家庭部門の影響が発電構成に与える影響

時刻別・電源別の発電構成と家庭部門での変化電力量 を用いて家庭の電力需要の変化が社会全体の電力需要に どの様な影響を与えるかの検討を行う。

# 4-2-1 設定条件

太陽光発電 30%普及、EV 車 50%普及、省エネ型ライフ スタイルの導入といった家庭の平準化が最も進んだケー スを case1。caae1 に対し省エネ型ライフスタイルの実行 度 50%にしたケースを case2 とする。

# 4-2-1 結果

昼間の電力が抑制させると低効率な火力発電が削減さ れ、深夜の電力需要の増加により電力の平準化が起こり

原子力発電の使用量の増加が期待出来る。しかし case 1 の場合、深夜の電力は増加しているが 21 時付近の需要が 現在の最低需要量を下回っており、平準化による原子力 の増加は望めない(図 5)。削減量は case2 よりも多いが、 排出量原単位では下回る結果となった。原子力発電の割 合の向上を目指し、全体の電力需要を改善するためには 極端な対策ではなく、需給バランスを考慮した対策の普 及が必要であることを確認した。

# 5.まとめ

太陽光発電、EV 車、省エネ型のライフスタイルの導入 による家庭内電力需要の平準化と全体の発電構成に与え る影響について検討した。家庭内の電力平準化は、需給 バランスを変化させる技術の普及に加えて電力需要を考 慮した行動が必要であり、電源構成の改善には対策の普 及バランス等による全体の発電に対する電力需給バラン スの考慮が重要である事を確認する。

表 9 消費電力の平均値との分散値

	平均	分散
case1:対策なし	165.2	27836.2
case2:太陽光発電(普及率 30%)	133.9	29501.0
case3:EV 車(普及率 50)	180.2	24704.4
case4:ライフスタイルの変化	127.9	12366.7
case5:対策網羅	103.6	6463.8

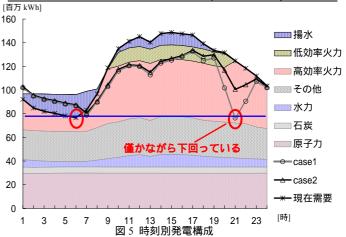


表 10 家庭部門の変化が発電構成へ与える影響

_	削減量 [百万 kWh]		低効率火力削減量 [百万 kWh]	原子力 増加 [%]	排出量原単位 [g-CO2] (現在:423.0)		
_	case1	370.5	129.2		354.7		
	case2	281.8	94.1	12.6	329.1		

- 注1)2005年度国政調査(統計局)を参考にした。

- 注 2 ) 文献 1) に記載のデータを参考にした 注 2 ) 文献 1) に記載のデータを参考にした 注 3 ) 燃費アワード 2007 (http://response.jp/e-nenpi/award20072008/) を参考に設定した。 注 4 ) 住環境研究所の SOLAR CLINIC (http://www.jyuri.co.jp/solarclinic/)を参考に月別の平均発電量と、沖縄での実測による時刻別の発電量を 基に時刻別発電量の平均値とした。(http://ameblo.jp/mixturet/entry-10383054355.html) 注 5 ) 資源エネルギー庁のエネルギー白書 2007 を参考に設定した。
- 文1) 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2) 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 回住宅エネルギーシンポジウム 2005年6月