

**蓄電池・電気自動車を連携させた ZEH 住宅の性能評価**  
**第 3 報 数値シミュレーションを用いた居住者の世帯構成と住宅規模の違いによる影響の検討**  
 Performance Evaluation of the ZEH Linked with the Storage Batteries and the Electric Vehicle  
 -Part 3 Study on the Effect of Difference in Household Composition and Housing Size by Numerical Simulation-

野村 颯太\*, 三田村 輝章\*\*, 佐藤 廉\*\*\*  
 Sota Nomura, Teruaki Mitamura and Ren Sato

*Keywords:* ZEH, Photovoltaic, Electric Vehicle, Storage Batteries, Numerical simulation  
 ZEH, 太陽光発電, 電気自動車, 蓄電池, 数値シミュレーション

**1. はじめに**

本研究では、太陽光発電（以下、PV）、蓄電池（以下、BT）、電気自動車（以下、EV）を連携させた ZEH 住宅を対象に、エネルギー自給自足の可能性を検証することを目的として、数値シミュレーションにより、EV の蓄電容量や充電方法、走行量の違いが電力の自給自足に与える影響について報告してきた<sup>1)</sup>。

本報では、前報<sup>1)</sup>に引き続き、計算条件として各設備容量の組み合わせを増やした条件を追加した他、今後、多様化が予想される居住者の世帯構成や、2 階建て・平屋といった住宅規模の違いなどにも着目し、これらの要素が電力自給率や、自家消費率に与える影響に関して、数値シミュレーションにより検討した結果について報告する。

**2. 数値シミュレーション概要**

**2.1 対象住宅**

計算対象の住宅は、2 階建て及び平屋の 2 種類である。2 階建ては前報<sup>1)</sup>と同一のモデルを使用し、平屋は図 1 に示す平面図の住宅モデルを使用する。それぞれの概要を表 1 に示す。平屋モデルの壁体構成と窓性能については、2 階建てモデルと同一の値を使用する。

**2.2 シミュレーションモデル**

計算には、システム・シミュレーションツール TRNSYS18 を用いる。図 2 に消費電力量計算モデルの概要を示す。今回の計算では、建物の冷暖房負荷は、Type 56（多数室モデルコンポーネント）を用いて多数室モデルにより計算する点で前報<sup>1)</sup>と異なる。また、後述する世帯構成や住宅規模の条件ごとに消費電力量を算出し、得られた消費電力量データを前報<sup>1)</sup>で構築した電力収支の計算モデルで使用する。

**2.3 計算条件**

最適な PV 発電容量、BT・EV の蓄電容量、及び EV の使用条件について検討するため、計算ケースは表 2 に示す 32 条件を設定し、EV 走行に関しては脚注に示す 2 パターンを設定する。

表 3 に今回の計算で対象とする、家族世帯と居住する住宅規模を組み合わせた 7 条件を示す。各家族構成の生活パターンはスケジュール自動生成プログラム（スケジュール ver. 2、（一社）空気調和・衛生工学会）を使用して作成する。

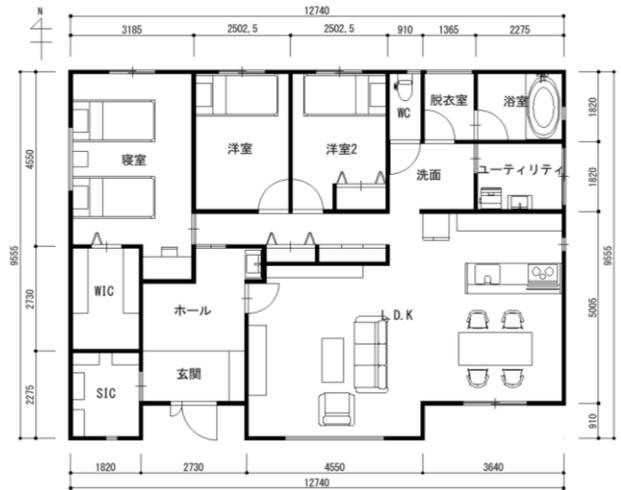


図 1 平屋モデルの平面図

表 1 住宅概要

	延べ床面積 [m <sup>2</sup> ]	U <sub>A</sub> 値 [W/m <sup>2</sup> K]
2 階建て	146.15	0.51
平屋	115.93	0.59

断熱材 (2 モデル共通)		厚み [mm]
床	ネオマフォーム	95
外壁	セルローズファイバー	105
天井	セルローズファイバー	300
屋根	ロックウール	310

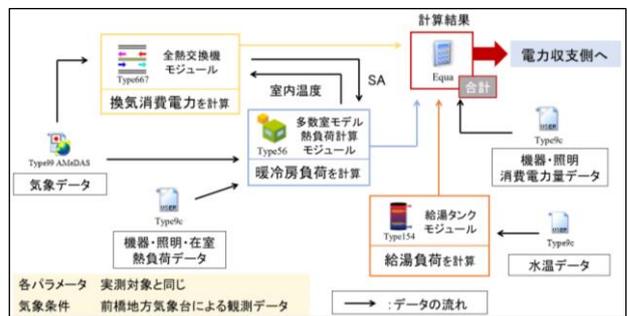


図 2 消費電力計算モデルの概要

\* 前橋工科大学大学院・工学研究科 博士前期課程  
 Master's Program., Graduate School of Engineering, Maebashi Institute of Technology  
 \*\* 前橋工科大学・工学部 准教授・博士(工学)  
 Assoc. Professor, Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.  
 \*\*\* 株式会社石井設計 修士(工学)  
 ISHII Sekkei Co., Ltd., M. Eng

表3 世帯構成と住宅規模の組み合わせ

	住宅規模	世帯構成	在室スケジュール
Type A	2階建て	4人(片働き)	勤め人男 / 家庭婦人 / 中学生 / 小学生
Type B		4人(共働き)	勤め人男 / 勤め人女 / 中学生 / 小学生
Type C		2人(共働き)	勤め人男 / 勤め人女
Type D	平屋	4人(片働き)	勤め人男 / 家庭婦人 / 中学生 / 小学生
Type E		2人(共働き)	勤め人男 / 勤め人女
Type F		老夫婦	70歳以上男 / 70歳以上女
Type G		単身	家庭婦人

表2 計算ケース

		PV (kW)	BT (kWh)	EV (kWh)	朝充電	走行パターン※
EVなし	Case 1	4.90	-	-	-	-
	Case 2	10.29	-	-	-	-
	Case 3	4.90	5.60	-	-	-
	Case 4		11.20	-	-	-
	Case 5	10.29	5.60	-	-	-
	Case 6		11.20	-	-	-
基本条件	Case 7	4.90	5.60	40	有	①
	Case 8					②
	Case 9				無	①
	Case 10					②
EV: 通勤利用	Case 11	4.90	5.60	20	有	①
	Case 12			60		
	Case 13			20		
	Case 14	11.20	40			
	Case 15		60			
	Case 16	10.29	5.60	20		
	Case 17			40		
	Case 18			60		
	Case 19	11.20	20	40		
	Case 20			60		
	Case 21			60		
EV: 買物利用	Case 22	4.90	5.60	20	無	②
	Case 23			60		
	Case 24			20		
	Case 25	11.20	40			
	Case 26		60			
	Case 27	10.29	5.60	20		
	Case 28			40		
	Case 29			60		
	Case 30	11.20	20	40		
	Case 31			60		
	Case 32			60		

※走行パターン  
 ① 通勤想定：8-19時に往復22km走行  
 ② 買物想定：15-17時に往復8km走行

図3に在室スケジュールを示す。厨房と居間については間仕切り壁が無い場合、冷暖房設定時にはまとめてLDKとする。単身世帯については在宅勤務者を想定しており、家事を行うことや日中の在宅時間などを考慮し、家庭婦人の生活スケジュールを使用する。家電と照明の使用については前述のスケジュール自動生成プログラムを用いて設定する。冷暖房は前報<sup>1)</sup>と同様の居室を対象に、在室時のみ使用する設定とし、換気、給湯についても前報<sup>1)</sup>と同じ条件とする。計算期間は1年間とし、助走期間を1か月間設定する。また屋外の気象条件には、群馬県前橋市の標準年の拡張アメダス気象データを用いる。

### 3. 計算結果

#### 3.1 消費電力量

図4に各条件における年間の消費電力量及びその内訳を示す。

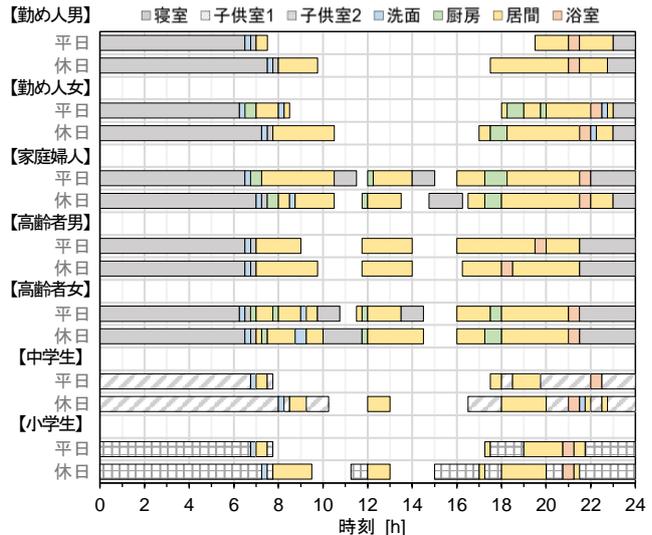


図3 在室スケジュール

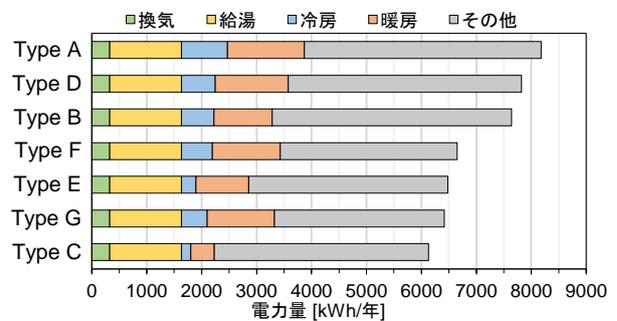


図4 消費電力量 (年間合計値)

合計値は、概ね世帯人数の影響を受けた大小関係にあるが、Type GとType Cに着目すると、人数の少ない単身世帯の方が、消費電力量が多い結果となっている。これらのType G、Type C及び同じ2人共働き世帯であるType Eにおける冷暖房に着目すると、単身世帯が他の2タイプを上回っており、日中の在宅時間の差が影響していることが読み取れる。一方、その他(家電や照明)の消費電力量は2人家族共働き世帯の2タイプの方が多いことから、世帯人数の影響を受けていると考えられる。

次に、同じ家族構成で住宅規模が異なるType AとType Dを比較すると、2階建てであるType Aの方が、消費電力量が多くなっており、特に冷房負荷に差が見られる。これらの世帯構成では、子供室と主寝室において日中の時間帯にも冷暖房を使用するため、子供室と主寝室の室容積が大きい、2階建てであるType Aの方が、冷暖房負荷が大きくなると考えられる。

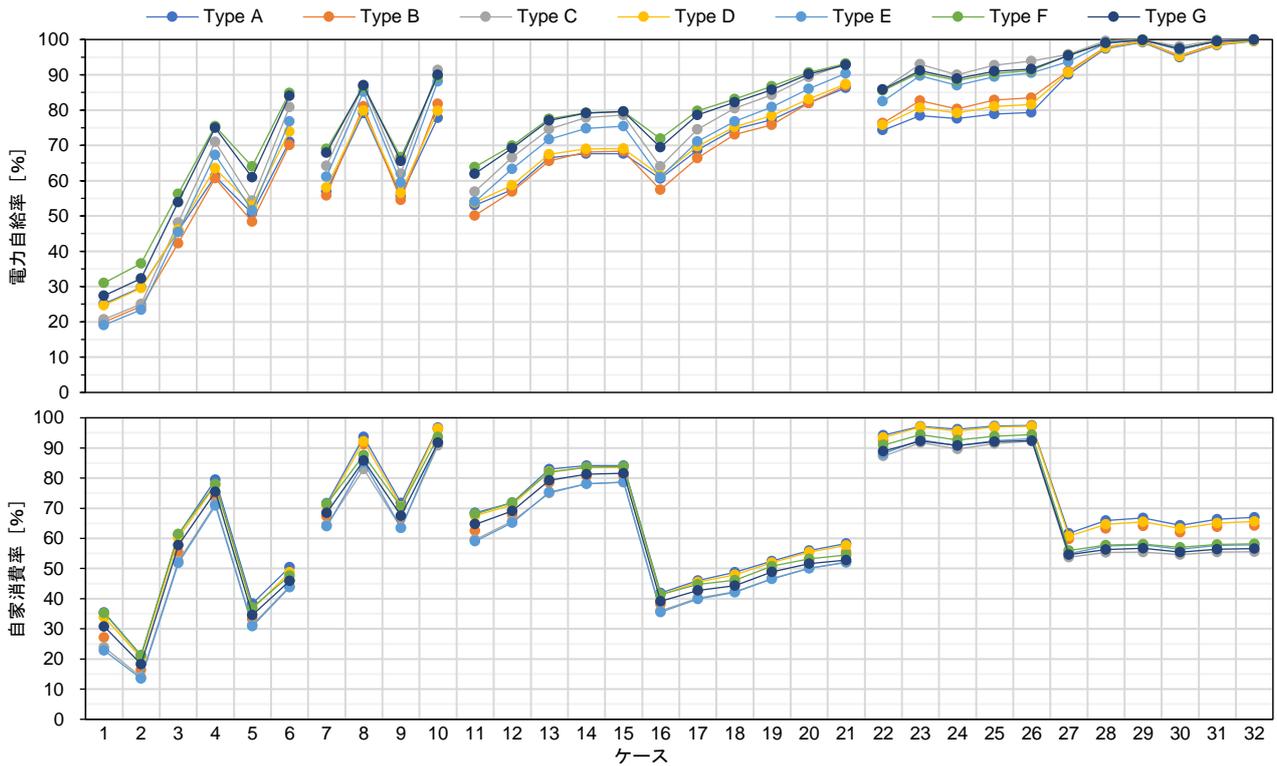


図5 電力自給率（上）、自家消費率（下）（※いずれも年間平均値）

一方、Type E と Type C を比較すると、平屋である Type E の方が冷房・暖房ともに多く、特に暖房では顕著な差が見られる。これらの2タイプはいずれも2人共働き世帯であり、子供室で冷暖房を使用せず、主寝室及びLDKのみで使用する。そのためLDKの室容積が大きい平屋の方が、冷暖房負荷が大きいと考えられる。併せて、平屋ではLDKにおける屋根からの熱損失が大きいことも、冷暖房負荷が増加する原因として考えられる。

### 3.2 電力自給率、自家消費率

図5に各タイプにおける、電力自給率と自家消費率の年間平均値をケース別に示す。電力自給率と自家消費率は前報<sup>1)</sup>と同様に次式により算出する。

$$\text{電力自給率} = \frac{\text{消費電力量} - \text{買電量}}{\text{消費電力量}} \times 100 [\%]$$

$$\text{自家消費率} = \frac{\text{PV 発電量} - \text{売電量}}{\text{PV 発電量}} \times 100 [\%]$$

全体の傾向として、PV発電容量及びBT・EVの蓄電容量が多くなるほど、電力自給率は向上する。しかし、自家消費率に関して、PV発電容量が10.29kWであるCase 16~21と、Case 27~32では、大きく減少する様子が見られる。これは、住宅内の消費を賅ったうえでの余剰電力が増加したためだと考えられる。よって、PV発電容量を10.29kWに設定した場合、発電量に対する余剰電力の割合が大きくなるため、PV発電の導入コストも考慮する場合、余剰電力とコストを抑えることができる、より最適な発電容量を検討する必要がある。

#### 3.2.1 EVの運用方法

EVの運用方法に関しては、朝充電を行わず買物のみで使用する方が、買電量を抑えられ、電力自給率も向上することがわかる。通勤で使用する場合でも、休日には朝充電を行わない設定に変更するなど、朝充電の利用方法によって年間の買電量に差が生

じると考えられる。また以上の結果は、どの世帯構成や住宅規模のタイプにおいても同様であることが確認できる。

#### 3.2.2 世帯人数での比較

Type A~Gの条件において、世帯人数に着目すると、電力自給率に関してはCase 1~26において人数の違いが顕著に表れているが、Case 27~32では大きな差は見られない。また、Case 28~32では、95%以上の高い電力自給率を達成している。このことから、PV発電容量が大きく、かつEVの朝充電を行わない場合、世帯人数に関わらず電力消費を最小限に抑え、高い電力自給率を目指すことができると推測できる。一方、自家消費率に関しては、Case 27~32で世帯人数による差が見られた。これらのケースでは余剰電力が多く発生するため、特に消費電力量が少ない世帯の条件においては、余剰電力が顕著に増えると考えられる。

#### 3.2.3 世帯構成での比較

2階建て住宅における世帯構成間を比較するため、Type A~Cに着目する。電力自給率は世帯人数の影響により、Case 3~32のほぼ全てのケースにおいて、2人世帯のType Cが最も高い。Type AとBではケースによって大小関係が入れ替わっており、消費電力量が少ない共働きのType Bが概ねType Aを上回っているが、Case 7、9、11~13、16~20では逆転した結果が見られる。これらのケースはEVを通勤で使用するため、日中は住宅にEVが無く、蓄電ができない状態となる。また共働き世帯では、家事を帰宅後である夕方にとまとめるため、この時間帯は消費電力需要が高まる傾向がある。しかしその時間帯の消費電力をBT・EVによって補いきれず、買電が生じたことにより、Type Bの電力自給率が低下したと考えられる。一方、自家消費率は全てのケースでType Aが最も高い結果となった。これは、日中の在宅時間が影響しており、日中に電力を消費することで、BT・EVを充電した後の余剰電力が少なくなることが理由として考えられる。

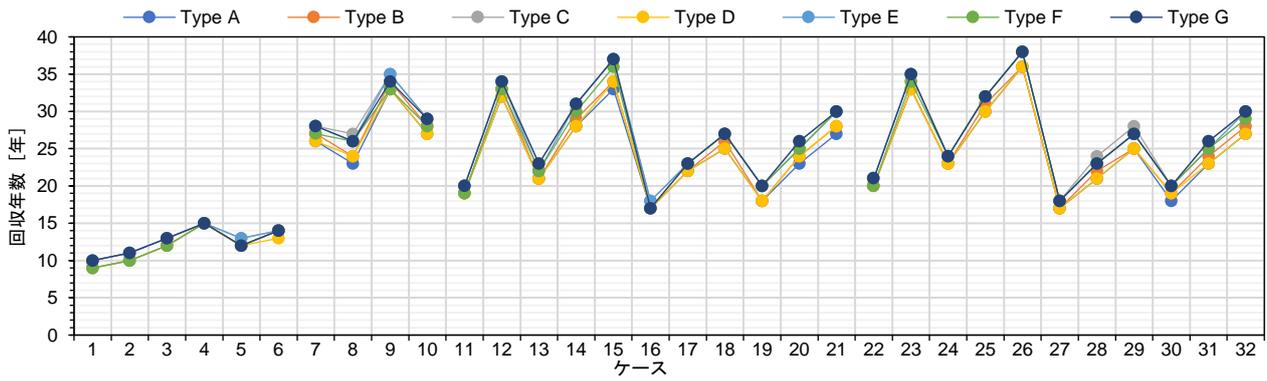


図7 初期費用回収年数

表3 費用

PV本体価格	25.5万円/kWh
BT本体価格	11.7万円/kWh
EV本体価格 (20kWh/40kWh/60kWh)	250/409/526万円
V2H本体価格	186万円
電気料金	32円/kWh
売電価格(FIT中)	15円/kWh
売電価格(FIT後)	10円/kWh
ガソリン代	175円/L
ガソリン車燃費	28.4 km/L
EV電費	8 km/kWh

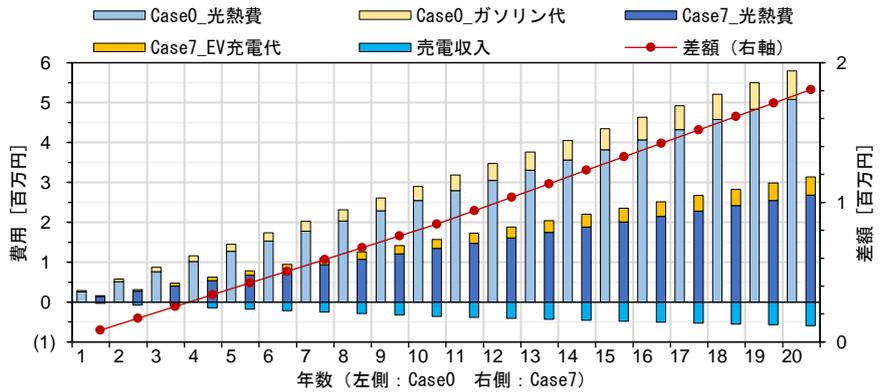


図8 光熱費等の累積値 (Case 7×Type A)

次に平屋住宅における世帯構成の違いについて、Type D~Gを比較する。世帯人数によってType Dは他のタイプに比べて買電量が大きく、電力自給率は低くなる傾向が見られる。これに対し、Type E~GのCase 22~32においては、買電量、電力自給率ともに概ね同程度の値であることがわかる。これらのケースはいずれもEVを買物のみで使用するため、日中にEVへの充電が可能となる。よって消費電力を蓄電分含めて賄うことができ、買電の発生を抑えていると考えられる。Type Eに着目すると、Case 11~21ではType Fの老夫婦世帯やType Gの単身世帯と比較して差が見られるが、Case 22~32では概ね近い値を示している。よって、EV走行距離が短く、日中にEVを充電できる条件下では、消費電力を十分に賄うことができ、単身世帯や老夫婦世帯と同程度の買電量に抑制できることがわかる。

### 3.2.4 住宅規模での比較

同じ世帯構成における住宅規模の違いについて、Type AとD、及びType CとEでそれぞれ比較を行う。電力自給率については、4人片働き世帯では平屋、2人共働き世帯では2階建ての方が高い結果となっており、これは消費電力量のうち、特に冷暖房負荷の影響を強く受けていると考えられる。

## 3.3 費用対効果

### 3.3.1 回収年数

図7に各設備における初期費用の回収年数を示す。算出にあたり、表3に示す価格を使用する。Case 1・2や、Case 11・22など、PV容量のみが異なる2つのケースに着目すると、いずれも回収年数には大きな差が見られない。同様にCase 11~21とCase 22~32で比較を行うと、EVの朝充電、運用方法についても、回収年数には大きな影響を与えていないことがわかる。一方でEVの容量に着目すると、容量20kWhのケースではいずれも25年未満であるのに対して、容量60kWhでは最小値がCase

18及びCase 29における25年、最大値はCase 26の38年となった。EVは本体価格が高額であるため、PVやBTと比べて回収年数に大きな影響を与えていると考えられる。

### 3.3.2 光熱費等の削減効果

図8に基本条件であるCase 7かつType Aにおける、光熱費等の累積値を示す。PV、BT、EVを設置せず、家庭内の消費電力量を全て電力会社からの買電で賄う場合をCase 0とし、また、EVの代わりにCase 7におけるEVと同規模のガソリン車を使用するものとして、比較対象とする。なお差額についてはCase 0とCase 7の収支の差を指す。年数が経過するほど差額は増加しており、20年経過時には約180万円となり、以降も年数に比例して増加すると考えられる。また今回は電気料金の年間上昇率を0%として計算を行っており、電気料金が高騰していく場合、Case 0とCase 7間の差額はさらに増えるため、PV発電電力を自家消費するメリットがより増えると言える。

## 4. まとめ

本報では数値シミュレーションを用いて、居住者の家族構成や住宅規模について検討を行い、各生活パターンに応じた最適な設備容量やEVの運用方法、また電力自給率や自家消費率に与える影響などについて検討した。

### 参考文献

- 1) 佐藤 廉 他:蓄電池・電気自動車を連携させたZEH住宅の性能評価 一第2報 数値シミュレーションを用いたEVの条件変更による効果の検討一, 日本環境管理学会大会, 2023年11月
- 2) 太陽光蓄電池シミュレーションの決定版「エネがえる」  
<https://www.enegaeru.com/> (2024.11.18 参照)