

燃料電池と太陽光発電によるエネルギー自立型街区の可能性に関する検討  
Study on Electricity Self-Sufficient Urban Development Area by Fuel Cell and Photovoltaic

片方 一成\* 鈴木 道哉\*\*  
Kazunari Katagata Michiya Suzuki

keywords : Photovoltaic, Fuel Cell, Electricity Self-Sufficient Urban Development Area  
太陽光発電、燃料電池、エネルギー自立型街区

1. 研究の目的

近年、東日本大震災をはじめとする大規模災害が多発しており、災害に対するレジリエンス向上が求められている。その対策の一つとして、再生可能エネルギーやコージェネレーション機器等を用いてエネルギーを効率的に利用し、自立性を高めることが挙げられる。浜 匡ら<sup>1)</sup>は家庭用燃料電池をマイクログリッドに近い概念を用いてネットワーク化した、街区単位での省エネルギーシステムを検討し、そのエネルギー削減量を明らかにしているが、冷暖房による電力需要を含まないシミュレーションであるといった課題も残されている。また、高村ら<sup>2)</sup>は大阪の実在する4地域を対象に将来エネルギーの需要推計を行った。結果としては地域に蓄電池を設置した場合、地域内の電力需要をほぼ全て賄えることが分かった。そこで本研究では、仙台市内を対象に、再生可能エネルギーやコージェネレーション機器等の街区への導入を想定し、エネルギー自給の観点から、これらによるエネルギー自立型街区の実現可能性を明らかにすることを目的とした。

2. シミュレーション条件の設定

2-1. 再生可能エネルギー及びコージェネレーション機器の選定

各種再生可能エネルギー及びコージェネレーション機器の中から、本研究では太陽光発電と燃料電池を選定した。燃料電池は発電の際に、大気汚染の原因となる物質を発生させないことが大きなメリットとして挙げられる。また、両者とも騒音をほとんど発生させないため、住宅街等への導入事例が多く見受けられる。

2-2. 街区の条件設定

電力の自給を検討するにあたって、シミュレーションの対象とする仮想的な街区の設定を行った。対象とする街区敷地面積の想定は、近年の仙台市内を代表する2つの開発地区「仙台市富沢駅周辺土地区画整理事業」および「仙台市荒井東土地区画整理事業」の平均値より41.0[ha]とし、仙台

市中心市街地に隣接する街区とした。図-1に近年の全国の土地区画整理事業面積の分布を示す。ここで図-1において土地区画整理事業面積の平均をとると、52.1[ha]となり本検討の街区とかけ離れた数値でないことが分かる。また街区内に立地する建物用途は、日本全国の延床面積の統計の上位6用途を選定した(ただし工場等、立地を不適当と考えた一部の建物用途は除外した)仮想的なものとした。

続いて各面積の想定値を算出した。まず街区敷地面積41.0[ha]のうち、三分の一にあたる13.67[ha]を道路・公園等とし、残りの27.33[ha]に建物の立地を想定した。そこで今回立地する6建物用途の日本全国の延床面積の統計より得られた延床面積に、文献<sup>3)</sup>より得られた表-1に示すそれぞれの容積率の値の逆数を乗じることで敷地面積に換算した。その際、文献<sup>3)</sup>に記載のなかった集合住宅については、仙台市内および周辺都市に実在する低層の集合住宅数棟を代表として調査し、その平均をとり決定した。その比率を街区内における「敷地面積比率」とし、27.33[ha]に適用させた。また建物用途の構成割合もその統計に準じるものとし、面積の内訳を表-2に示す。なお、文献<sup>4)</sup>より1戸あたりの延床面積は戸建住宅131.19[m<sup>2</sup>]、集合住宅71.99[m<sup>2</sup>]とした。

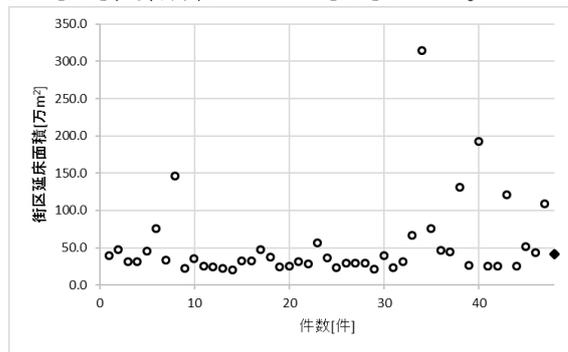


図-1 全国土地区画整理事業面積分布  
H12-27 を年代別に記載  
◆ : 本検討対象街区

\* 東北学院大学大学院・工学研究科・環境建設工学専攻 博士前期課程

\*\* 東北学院大学・工学部・環境建設工学科 教授 博(工)

表-1 各設定値<sup>文献3)</sup>

建物用途区分	容積率 [設定値]	建ぺい率 [設定値]
住宅	戸建住宅	48.3%
	集合住宅	75.3%
事務所	102.2%	51.1%
店舗	35.0%	35.0%
小学校	56.5%	26.9%
病院	101.5%	29.5%

表-2 想定した街区の各面積

	敷地面積(m <sup>2</sup> )	延床面積(m <sup>2</sup> )	街区の敷地 構成割合
戸建住宅	194,500	93,938	71.1%
集合住宅	38,700	29,154	14.2%
事務所	9,400	9,652	3.4%
小売店	18,900	6,599	6.9%
学校	8,100	4,564	3.0%
病院	3,700	3,774	1.4%
道路・公園等	136,700	-	-
計	41,000	147,681	100%

## 2-3. 燃料電池を導入する建物用途の選定

燃料電池を導入する建物用途は、燃料電池の発電の際に発電量とほぼ同等量排出される排熱を有効利用できることが理想である。そこで本研究では、想定した街区内における電力と給湯の年間需要量から戸建住宅、集合住宅、病院の3用途に燃料電池を導入する建物用途として選定した。また、建物用途間における熱融通については、そのための設備コストが大きく、融通の際のロスが見込まれるため本検討では行わないこととした。

## 3. シミュレーション手法

### 3-1. 時刻別電力消費量の算出

選定した6つの建物用途のうち、事務所、小売店、学校、病院の電力消費量は文献<sup>5)</sup>にて算出されたものを用いた。本研究では、新たに燃料電池を導入する戸建住宅、集合住宅における電力消費量を算出した。

戸建住宅および集合住宅の電力消費量を算出するにあたって、①空調による電力消費量②空調以外による電力消費量、の2つに区分して算出し、最終的にこの2つの数値を足し合わせたものを電力消費量とした。

#### ①空調による電力消費量の算出

本検討の街区は、仙台市中心市街地に隣接していることを条件としているため、寒冷地特有の電力消費量となると考え、エネルギー消費シミュレーションツール「BEST-H(住宅版)」を用いて戸建住宅及び集合住宅の電力消費量を算出した。戸建住宅については仙台市内に実在する2住宅をモデ

ルとし、これらのシミュレーション結果を平均したものを本検討の戸建住宅の電力消費量として用いることとした。集合住宅については、仙台市内に多く見られる、住戸が東西方向に連なり南向きであるマンションを想定し、1層あたり西端に1戸、東端に1戸、その中間に5戸の配置としてシミュレーションした。それらの結果を”西端:東端:中間=1:1:5”で合計することにより集合住宅の電力消費量を算出し用いることとした。表-3にこれら戸建住宅及び集合住宅の概要を示す。なお、仙台市及び隣接する市の戸建住宅及び集合住宅居住者を対象に一世帯あたりの居住者数をアンケート<sup>\*1</sup>にて集計したところ、それぞれ3.75人、3.16人となったため、本研究ではそれぞれの住宅での住み方に差を持たせるために、家族構成を戸建住宅4人、集合住宅3人としてシミュレーションした。

表-3 各住宅の概要

	戸建住宅①	戸建住宅②	戸建住宅③	集合住宅
構造	軽量鉄骨造	木造	木造	RC造
階数	2階	2階	2階	-
延床面積[m <sup>2</sup> /戸]	150	145	122	72
気候条件	仙台市			
家族構成	父親、母親、長女、長男			父親、母親、長男

#### ②空調以外による電力消費量の算出

空調以外による電力消費量はコンセントや照明等が考えられ、地域による差が薄いと思われるため既存の統計データの一部を用いることとし、以下の手順で算出した。

1)文献<sup>6)</sup>を参考にした図-2の2008年度における年間の世帯あたり用途別エネルギー源別エネルギー消費量に関するデータを用い、グラフ中の「照明・動力など」を文献<sup>7)</sup>中に記載の一次エネルギー換算係数9760[kJ/kWh]<sup>7)</sup>を引用し、単位を[GJ]から[kWh]へ換算した。なお、図-2より読み取った「照明・動力など」の値は「照明・動力など」41[GJ]となり、変換後の値は4201[kWh]となる。

2)次にこの「照明・動力など」の年間エネルギー消費量を月別電力消費量にする。文献<sup>6)</sup>を参考にした図-3の月別エネルギー消費量のグラフから「一般電力」の各月の消費量を毎月21[MJ/(m<sup>2</sup>・月)]と読み取ると、年間消費量が252[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]となるのに対して毎月およそ8.3%の割合で「一般電力」を消費していることとなる。ここで、図-2の「照明・動力など」と図-3の「一般電力」を同意義とし、1)にて算出した4201[kWh]を各月に8.3%の消費割合で割り振った。その結果、毎月「一般電力」としての電力消費量は

348.7[kWh/月]となる。

3)求めた月別電力消費量 348.7[kWh/月]をそれぞれの月の日数で除することで日別電力消費量にする。なお、2月は28日間あるとして算出した。

4)最後にこの日別電力消費量を、図-3より参照した「一般電力」の「夏期」「冬期」「中間期」のそれぞれにおける時刻別電力消費割合[%]と乗じることで空調以外による時刻別電力消費量[kWh/h]を算出した。なお、戸建住宅および集合住宅について、どちらも同様の手法で算出した。このようにして求められた①および②を足し合わせた結果を時刻別電力消費量消費割合とし、季節別代表日を図-4及び図-5に示す。

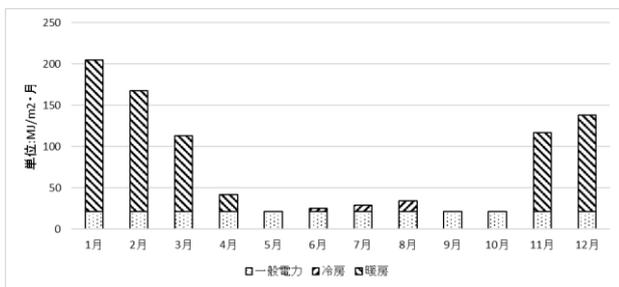


図-2 年間の世帯あたり用途別エネルギー源別エネルギー消費量(2008年度) 文献 5)  
(参考文献 5)を基に再構成)

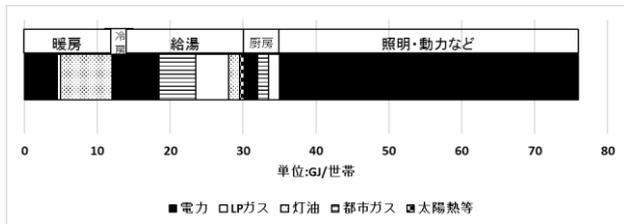


図-3 月別エネルギー消費量 文献 8)  
(参考文献 7)を基に再構成)

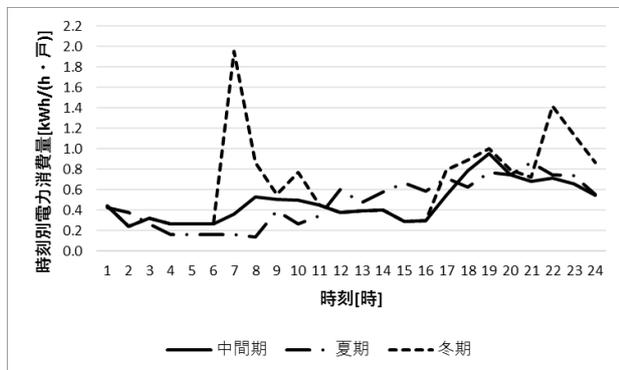


図-4 戸建住宅の時刻別電力消費量(代表日)\*2

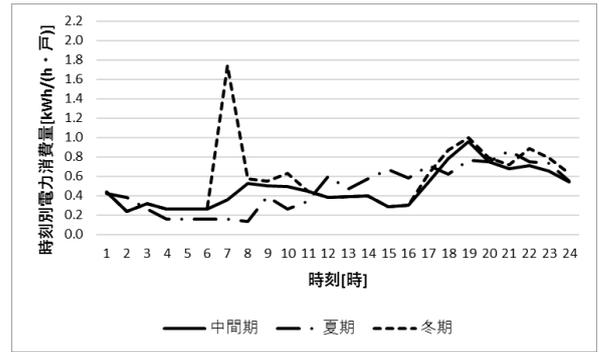


図-5 集合住宅の時刻別電力消費量(代表日)\*2

### 3-2. 時刻別給湯需要量の算出

燃料電池を導入する戸建住宅、集合住宅、病院について時刻別給湯需要の算出を行った。

初めに戸建住宅と集合住宅について、文献 8)より得られた日別給湯需要量に文献 7)より得られた表-4の時刻別の給湯需要量スケジュールを乗じることで算出した。

次に病院の給湯需要量の算出を行う。住宅と同様に、文献 9)より得られた日別給湯需要量に文献 8)にて算出された給湯需要スケジュールの割合[%]を乗じることで算出した。これら建物用途の規模と年間給湯需要量を表-5に示す。

表-4 戸建住宅と集合住宅の時刻別給湯使用割合

時刻[時]	給湯使用割合[%]		時刻[時]	給湯使用割合[%]	
	戸建住宅	集合住宅		戸建住宅	集合住宅
1	3.2	3.9	13	4.5	2.3
2	0.6	3.2	14	1.5	1.1
3	0	0.4	15	0.9	2
4	0	0	16	1.2	2.2
5	0	0	17	2.9	1.8
6	0	0.1	18	3.3	3.8
7	2.2	1.7	19	3.6	10
8	4.5	4.4	20	11	17
9	2.6	1.8	21	9.4	14.7
10	6.4	0.6	22	11.2	13.3
11	7	0.4	23	17.1	8.9
12	5.4	1.2	24	1.5	5.2

表-5 各建物用途の建物規模と年間給湯需要量

	戸建住宅	集合住宅	病院
延床面積 [m <sup>2</sup> /戸または棟]	131.2	72.0	2,829
年間給湯需要量 [l/年]	91,250	91,250	4,132,530

### 3-3. 燃料電池による発電量の算出

燃料電池による発電量を算出するにあたって、回収した排熱を貯める貯湯タンクに蓄熱できる熱量を求める必要があるが、それぞれの月の水道水の温度によって蓄熱できる熱量が変わってくるの

で、貯湯温度を後述する燃料電池の仕様より60[°C]、文献<sup>10)</sup>より平均を取り給湯温度を39.5[°C]と設定し、式1によって算出し、その結果を表-6に示す。また、各月の水道水の温度は表-7の通りである。また、本研究では太陽光発電との併用であるので、電力需要量から太陽光発電の発電量を引いた差が正になる場合に運転するものとし、その差が発電負荷率30[%](戸建住宅、集合住宅の場合0.21[kW]、病院の場合15[kW])以下の場合には運転しないものとした。さらに、今回は冷却ユニットを導入していない想定となっているので、回収した排熱が表-6の建物用途別貯湯タンク蓄積熱量を超えてしまう場合は運転しないこととした。また、1時間ごとに燃料電池から排出される排熱は式2にて算出した。

$$Q = M \times (T_h - T_w) \times 4.186 [kJ / (l \cdot K)] / 3600 [s] \quad \dots (式 1)$$

ここに

Q: 月別貯湯タンク熱容量[kWh]  
M: 各建物用途貯湯タンク容量[L]  
T<sub>h</sub>: 給湯温度[°C]  
T<sub>w</sub>: 各月水道水温度[°C]

$$Q_e = E \times \eta_H / \eta_E \quad \dots (式 2)$$

ここに

Q<sub>e</sub>: 時刻別排熱量[kWh]  
E: 時刻別燃料電池発電量[kWh]  
η<sub>H</sub>: 排熱効率[%]  
η<sub>E</sub>: 発電効率[%]

表-6 建物用途別貯湯タンク熱容量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
最大貯湯タンク蓄積熱量[kWh]	戸建住宅	5.8	5.9	5.9	5.5	4.7	4.2	4.0	3.3	3.3	3.5	4.2	4.7
	集合住宅	6.1	6.2	6.2	5.7	4.9	4.5	4.2	3.4	3.4	3.7	4.4	4.9
	病院	621.3	630.0	630.0	586.3	498.8	455.0	428.8	350.0	350.0	376.3	446.3	498.8

表-7 各月の水道水の温度<sup>文献 11)</sup>

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水温(°C)	4	3.5	3.5	6	11	13.5	15	19.5	19.5	18	14	11

#### 4. 太陽光発電の仕様及び燃料電池の選定と仕様

現在、研究開発が進められている主要な燃料電池は4種類存在しており、それらは固体高分子形燃料電池(PEFC)、リン酸形燃料電池(PAFC)、熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)、固体酸化物形燃料電池(SOFC)に分類される。本研究ではこれらのうち、戸建住宅及び集合住宅については実用化されており、導入例も多い固体高分子形燃料電池(PEFC)、病院については、導入実績のあるリン酸形燃料電池(PAFC)を選定した。そこで本研究では固体高分子形燃料電池(PEFC)については、実在する燃料電池であるP社<sup>\*2)</sup>の燃料電池をモデルとした。また、リン酸形燃料電池(PAFC)につ

いては、F社<sup>\*3)</sup>の燃料電池をモデルとしたが、今回導入を想定した病院の電力需要量との兼ね合いや経済面で最も理想的だと考え、発電容量を約半分の50[kW]としたものを仮定した。また、太陽光発電のパネルとパワーコンディショナに関して、戸建住宅とそれ以外の建物では発電の規模が違うので、戸建住宅向けのものとしてそれ以外の建物用途向けのものとして区分し、現存する機器<sup>\*4-7)</sup>をモデルとした以下表-8から表-12に太陽光発電及び燃料電池の仕様を示す。

表-8 戸建住宅向け太陽光パネルおよびパワーコンディショナ仕様<sup>\*5\*6)</sup>

太陽光パネル仕様	
公称最大出力	250[W]
最大モジュール変換効率	20.1[%]
パワーコンディショナ仕様	
定格出力	4.4[kW]
電力変換効率	98.0[%]

表-9 戸建住宅以外向け太陽光パネルおよびパワーコンディショナ仕様<sup>\*7\*8)</sup>

太陽光パネル仕様	
公称最大出力	345[W]
最大モジュール変換効率	21.2[%]
パワーコンディショナ仕様	
定格出力	500[kW]
電力変換効率	98.6[%]

表-10 戸建住宅及び集合住宅向け燃料電池ユニット仕様<sup>\*3)</sup>

燃料電池タイプ	固体高分子型燃料電池
定格発電出力	0.7kW
定格熱出力	1.005kW
発電効率/排熱回収効率	35.2%/50.6%
最大消費電力	510W
貯湯温度	60°C
ガス消費量	2.0kW
熱回収温度	60~80°C

表-11 戸建住宅及び集合住宅向け貯湯タンクユニット仕様<sup>\*3)</sup>

熱源機タイプ	潜熱回収型ガス瞬間式
貯湯タンク容量	140L
最大消費電力	310W
最大ガス消費量	44.1kW

表-12 病院へ導入を想定した燃料電池の仕様<sup>\*4)</sup>

燃料電池タイプ	リン酸形燃料電池
定格発電出力	50kW
定格熱出力	62.5kW
発電効率/排熱回収効率	42%/49%
貯湯タンク容量	15,000L

#### 5. 電力自給の評価方法と評価結果

電力自給率を算出するにあたって、各建物用途

の概要を表-13に示す。

電力自給の評価指標は「電力自給率」とし、式-3にて算出した。ここで「電力自給率」を評価するシミュレーションのパターンとして、①建物用途間で電力融通を行わない場合、②建物用途間で電力融通を行う場合、③建物用途間での電力融通に加えて街区に蓄電池設置した場合の3つを設定した。

$$\text{電力自給率}[\%] = (1 - \Sigma A / \Sigma B) \times 100 \dots \text{(式 3)}$$

A:買電量[kWh]  
B:電力消費量[kWh]

この式3において、買電量と電力消費量へそれぞれの各月の積算値を代入することで1月~12月の月別の電力自給率を算出することができる。また同様にそれぞれの年積算値を代入することにより、年間の電力自給率を算出することができる。ここで、蓄電池の容量について上記の手法と式2において算出された電力自給率をもとに、蓄電池の容量に制限を与えなければ100%を大きく上回ってしまい過剰な電力が余ってしまうため、蓄電池の容量に制限を与えた。そこで最も電力自給率が低くなった月の1月でも電力自給率100%を達成できるように蓄電池の容量に制限を与えたところ、177,000[kWh]となった。さらに、同様の式において、蓄電池の容量を小さいものにコスト削減を図るために街区全体で1月の電力自給率が90%となるように計算を行った。これは非常時に無理のない電力削減を街区全体で図り、需要量を10%削減することとほぼ同意義と考えたこ

表-13 各建物用途の概要と各工種別電力量算出結果

	建物用途						全体
	戸建住宅	集合住宅	事務所	小売店	学校(大学)	病院	
延床面積[m <sup>2</sup> ]	93,938	29,154	9,652	6,599	4,564	3,774	154,053
電力需要量[MWh/年]	4,307	2,111	716	2,143	360	567	10,205
太陽光パネル設置面積[m <sup>2</sup> ]	22,536	9,230	2,877	10,985	1,173	1,245	48,046
太陽光発電による発電量[MWh/年]	5,186	2,240	560	2,251	143	405	11,348
燃料電池容量[1戸、1棟あたりkWh]	0.7	0.7	-	-	-	50	-
燃料電池による発電量[MWh/年]	1,875	593	-	-	-	262	2,730

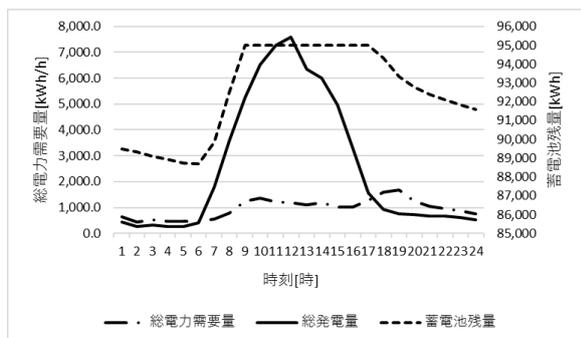


図-6 代表日におけるシミュレーション結果

とによる。その結果、蓄電池の容量は95,000[kWh]となった。図-6に代表日におけるシミュレーション結果を、表-14に各条件下における電力自給率をそれぞれ示す。なお、各建物用途における電力需要量に対する発電機器の稼働率を表-15に示す。電力融通を行わない場合の電力自給率は最低月で33%、年間で45%となり、電力融通を行う場合での電力自給率は最低月で36%、年間で50%となった。

また、街区に蓄電池を設置した場合について、蓄電池の容量が177,000[kWh]のとき最低月と年間の両方で電力自給率100%を達成することができた。これより、蓄電池の設置は街区の電力自給率に大きな影響を与えていることが分かった。さらに、蓄電池の容量が95,000[kWh]のときで最低月の電力自給率が90%、年間の電力自給率が99%となり、蓄電池の容量について177,000[kWh]と比較すると、およそ1/2となり大幅なコスト削減となった。蓄電池の価格としては、文献(11)より二次電池の1[kWh]あたり2.3万円とした。これを表-16に示す街区全体の電需要量に対して各建物用途が占める電力需要量の割合で蓄電池コストを配分すると、蓄電池容量95,000[kWh]の場合、例として戸建住宅1戸あたり130.1万円の負担で設置できる結果となった。

表-14 各条件下における電力自給率

	①電力融通無	②電力融通有	③電力融通有+蓄電池	
			容量177,000kWh	容量95,000kWh
電力自給率最低月	33%	36%	100%	90%
年間電力自給率	46%	50%	100%	99%

表-15 各建物用途における電力需要量に対する発電機器の稼働率

	戸建住宅	集合住宅	事務所	小売店	学校(大学)	病院
太陽光発電稼働率[%]	120%	106%	78%	105%	40%	71%
燃料電池稼働率[%]	44%	28%	-	-	-	46%

表-16 街区全体の電力需要量に対して各建物用途が占める電力需要量の割合

戸建住宅	集合住宅	事務所	小売店	学校	病院	全体
42%	21%	7%	21%	4%	6%	100%

## 6. 経済性の検討

街区の経済性を検討するにあたって指標として単純回収年数を用い、以下の式4にて算出した。

$$\text{単純回収年数} = \frac{\text{イニシャルコストの差額}}{\text{ランニングコストの差額}} \dots \text{(式 4)}$$

イニシャルコストの差額の内訳は燃料電池(燃料電池本体、貯湯槽ユニット、工事費の和<sup>13)</sup>)と太陽光発電(太陽光パネル、パワーコンディショナ、工事費の和<sup>14)</sup>)の和とこれらを導入していない場合との差額とした。ランニングコストの差額の内訳は燃料電池と太陽光発電を導入している場合とそれらを導入していない場合の電気料金及びガス料金の差額とした。ここで電気料金については、東北地方でT社と契約する料金を用い、戸建住宅と集合住宅では住宅向けの契約プラン\*9、それ以外の建物用途では業務用の契約プラン\*10とした。ガス料金については仙台市の都市ガスの契約プラン\*11とした。また、蓄電池価格を加味した単純回収年数は以下の(式4)におけるイニシャルコストの差額に蓄電池の価格を加算したもので算出した。結果を表-16に示す。

表-16 各建物用途における単純回収年数

	建物用途		
	戸建住宅	集合住宅	事務所
イニシャルコスト[円]	3,142,484	2,586,879	193,637,885
ランニングコスト[円]	230,869	168,215	20,363,163
単純回収年数[年]	14	15	10
蓄電池価格込みイニシャルコスト[円]	4,443,954	3,702,896	346,954,109
蓄電池価格込み単純回収年数[年]	19	22	17
	小売店	学校	病院
イニシャルコスト[円]	739,522,008	78,914,174	111,007,900
ランニングコスト[円]	78,025,355	8,048,425	7,868,839
単純回収年数[年]	9	10	14
蓄電池価格込みイニシャルコスト[円]	1,198,353,756	156,095,773	188,189,499
蓄電池価格込み単純回収年数[年]	15	19	24

戸建住宅、集合住宅、病院については、燃料電池を導入しているため他用途より回収年数が大きくなった。また、蓄電池を加味した単純回収年数は全ての建物用途において大幅に増加しており、電力自給率の向上が見込めた反面、コスト面では不利な結果となった。しかし今後、エネルギー自立型街区のニーズが高まれば、導入推進策として行政からの補助金などのインセンティブ採用の可能性も考えられる。その様な場合は、単純回収年数が今回の推計値より短くなり、実現可能性が高くなると推測される。

## 7. 結論

設定した街区において太陽光発電、燃料電池及び蓄電池を用いた場合の電力自給率を評価した。電力自給率としては、蓄電池を使用せず電力融通

を行わない場合で年間46%、電力融通を行う場合で50%となり、発電した電力を効率的に消費できていない可能性がある。そこで蓄電池を用いると蓄電池の容量が177,000[kW]で電力自給率100%を達成することができた。

経済性としては、蓄電池を加味した場合、大幅なコスト増幅になってしまったため、今後イニシャルコストのさらなる低コスト化・行政による補助が必要と考えられる。

街区において、太陽光発電と燃料電池による建物用途間の電力融通及び蓄電池を使用することで、電力自給率100%を達成することができ、エネルギー自立型街区をつくれる可能性を見いだせた。今後の検討項目としては、燃料電池からの排熱を建物用途間で融通することによる、さらなるエネルギー自立型街区の可能性の検討やシミュレーション精度の向上が挙げられる。

## [注釈]

- \*1 戸建住宅 配布100部→回収率33%  
集合住宅 配布100部→回収率50%
- \*2 図-4、図-5の時刻によって電力消費量が季節間で逆転している箇所がある原因は、参照データの一般電力の時刻別消費割合が異なり、これに基づき電力消費量を割り振ったためである。また、夏期において、夕方以降の電力消費量が少ないことについては、外気温26度以下の場合、窓開け換気によって室内温度の調整を行うこととし、空調を作動させていないためである。冬期の夕方以降の電力消費量が少ないことについては、外壁を高断熱の仕様としているため、暖房をわずしか作動させていないためである。
- \*3 P社 「エネファーム」
- \*4 F社 「FP-100i」
- \*5 S社 「SPR-250NE-WHTJ」
- \*6 S社 「SPR-X21-345-COM」
- \*7 M社 「PV-PN44KX2」
- \*8 T社 「PVL-LO500E(J)」
- \*9 T社 「よりそう+ファミリーバリュー」
- \*10 T社 「高圧受電標準プラン 業務用電力」
- \*11 仙台市ガス局 「一般料金」

## [参考文献]

- 1) 浜 匡・吉田 聡・佐土原 聡：戸建て住宅街区における燃料電池を利用した省エネルギーシステムの構築に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) 2007年8月，pp887-888
- 2) 高村 しおり・山口 容平・羽原 宏美・下田 吉之：太陽光発電と省エネルギー技術の大規模導入を考慮した地域電力需要の将来設計，日本建築学会環境系論文集第77巻 第680号，2010年10月，pp.805-811
- 3) 菅野 智之・鈴木 道哉：地方都市の都市街地整備における再生可能エネルギーを利用した電力自給の可能性に関する検討，環境の管理 No.82, 2018, pp.7~14
- 4) 総務省 H25 住宅土地統計調査
- 5) 菅野 智之・鈴木 道哉：太陽光発電を用いたエネルギー自給型まちづくりの検討 その2 仙台地区における建物の省エネルギー化が街区内の電力自給率に与える影響の研究，空気調和・衛生工学会東北支部第6回学術・技術報告会論文集，2017 pp.55-56
- 6) 公益社団法人 空気調和・衛生工学会：建築の光熱水源単位&建築設備の省エネルギー技術指針住宅編・指針の更新・追補、エネルギー消費実態調査、建物改修・機器更新の実績評価(第1章)，2011, p.3
- 7) 一般財団法人省エネルギーセンター エネルギー原単位管理ツール Q&AA141, [https://www.eccj.or.jp/audit/esumt/faq\\_03.html](https://www.eccj.or.jp/audit/esumt/faq_03.html)
- 8) 尾島俊雄研究室：建築の光熱水源単位[東京版]，早稲田大学出版部，1995.6.30, pp.153-158, pp.175-177
- 9) 生沼 亜澄 他 5名：病院施設における給湯システムに関する研究(第1報)実態調査による給湯量の分析，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，2012
- 10) <https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/271000.pdf>
- 11) 土井巖：図解入門よく分かる最新給排水衛生設備の基本と仕組み，秀和システム，2011, p.129
- 12) NEDO：二次電池技術開発ロードマップ 2013,2013.8, p.6
- 13) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギーシステム課 水素・燃料電池戦略室：第8回水素・燃料電池戦略協議会事務局提出資料 水素・燃料電池戦略ロードマップの進捗状況，2017, p.2
- 14) 経済産業省調達価格等算定委員会：平成 29 年度以降の調圧価格等に関する意見，2016

(原稿受理日 2018年8月31日)  
(原稿採用決定日 2019年5月8日)