

地方都市の新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
Study on Possibility of Electricity Self-Sufficiency Using Renewable Energy
on Newly Developed Area in the Local City

菅野 智之*
Tomoyuki Kanno

鈴木 道哉**
Michiya Suzuki

Keywords: Low-energy urban development, Energy self-sufficiency, Photovoltaic generation,
Electricity interchange, Energy-saving

低エネルギー都市開発, エネルギー自給, 太陽光発電, 電力融通, 省エネルギー

1. 研究の背景と目的

近年地球温暖化を始めとした多くの環境問題が懸念される中、再生可能エネルギーを利用した様々な発電への転換が重要視されている。太陽光発電はその中でも最も普及の進んでいる一つといえ、騒音や振動、汚染物質等の発生リスクがないことから、多くの人々が居住する市街地においても大規模な導入が可能となっている。特に最近の新規のまちづくりにおいては、低エネルギー都市開発の一環として低炭素化に向けた目標が掲げられ、その街区内で電力の自給を目指した事例も増えている。また災害発生等により発電所からの電力供給が滞った場合、都市部ではその機能が大きく停止するリスクがあるが、街区内の電力の自給を推進することはその打開策となり、非常時の電力確保が可能となる。

そこで本検討では、新興のまちづくりが行われている「仙台市富沢駅西土地区画整理事業」を対象に、太陽光発電の大規模な導入を想定したシミュレーションを行った。そして新たに整備される街区内にて必要な電力需要量と導入した太陽光発電による発電量を推計・比較することで、街区内においてどの程度の電力の自給が達成されるかを明らかにした。さらにその達成に寄与する方策を併せて評価することで、今後のまちづくりの一助となることを本検討の目的とする。

2. 対象街区の概要と建物用途の設定

対象街区は、仙台市太白区の仙台市地下鉄南北線富沢駅から西に直線距離約0.8km(徒歩約1.2km)の場所に立地する。表1は、環境影響評価書¹⁾より入手した土地利用計画敷地面積と、公開情報より入手した各土地利用計画敷地内における立地建物用途の敷地面積の内訳をまとめたものである。このうち公益用地内の一部には小学校、病院、保育園が既に立地し、それ以外には新規に建物が建設される予定である。次にその詳細を記す。

住宅用地には、郊外かつ最寄駅から少し距離のある街区立地条件を考慮し、全て戸建住宅が建設されることを想定した。同様に広い道路に面する沿道業務用地には、全て店舗が建設されることを想定した。さらに店舗は食品店舗と雑貨店舗に細分し、その立地比率は対象街区と土地利用計画の類似する「仙台市荒井西土地区画整理事業」より決定した。また業務用地の一部には雑貨店舗、病院、老人ホーム、保育園の建設計画があり、それらの敷地面積を除いた残りの業務用地には事務所が建設されることを想定した。そして公益用地の既存の小学校、病院、保育園の敷地面積を除いた残りの公益用地には、その特性を考慮し、事務所が建設されることを想定した。

なお新規に建設される建物の規模は建物用途毎に全て統一し、戸建住宅は一般的な地上2階建とした。事務所と食品店舗および雑貨店舗(以下、食品店舗と雑貨店舗を併せて「店舗共通

表1 対象街区の土地利用計画のまとめ

土地利用計画	土地利用計画敷地面積 (ha)	割合 (%)	立地建物用途	建物用途敷地面積 (ha)	既存・新規区分	
宅地	住宅用地	28.4	39.5	戸建住宅	28.4	新規
	沿道業務用地	12.7	17.7	食品店舗	1.5	新規
				雑貨店舗	11.2	新規
	業務用地	6.5	9.0	事務所	2.4	新規
				雑貨店舗	1.7	新規
				病院	1.7	新規
				老人ホーム	0.4	新規
保育園				0.3	新規	
公共公益用地	5.1	7.1	事務所	1.8	新規	
			小学校	1.9	既存	
			病院	1.1	既存	
			保育園	0.3	既存	
			道路	16.2	22.5	道路
公園緑地	2.8	3.9	公園緑地	2.8		
調整池	0.2	0.3	調整池	0.2		
計	71.9	100.0	計	71.9		

表2 容積率および建ぺい率のまとめ

建物用途	戸建住宅	事務所	店舗共通
容積率 (%)	48.3	102.2	35.0
建ぺい率 (%)	29.5	51.1	35.0
算出建物データ	総務省統計	3棟	3棟
小学校	病院	老人ホーム	保育園
56.5	101.5	165.8	38.3
26.9	29.5	49.8	35.0
1棟	1棟	1棟	1棟

表3 敷地面積および各想定面積のまとめ

建物用途	敷地面積 (千㎡)		想定延床面積 (千㎡)		想定建築面積 (千㎡)
	敷地面積	比率 (%)	延床面積	比率 (%)	
戸建住宅	284.0	53.9	137.2	49.1	83.8
事務所	43.9	8.3	44.9	16.1	22.4
食品店舗	14.5	2.7	5.1	1.8	5.1
雑貨店舗	129.0	24.5	45.1	16.1	45.1
小学校	19.2	3.6	10.8	3.9	5.2
病院	27.2	5.2	27.6	9.9	8.0
老人ホーム	4.0	0.8	6.6	2.4	2.0
保育園	5.2	1.0	2.0	0.7	1.8
計	527.0	100.0	279.3	100.0	173.4

* 想定延床面積 = 街区内敷地面積 × 容積率 …(1)
* 想定建築面積 = 街区内敷地面積 × 建ぺい率 …(2)

と表記)は、仙台市郊外において多くみられる建物規模を考慮し、それぞれ地上2階建、平屋建とした。小学校、病院、保育園はそれぞれ対象街区内に立地する既存のものと同じの建物規模とした。老人ホームは対象街区内に建設が計画されているものと類似の建物規模とした。

続いて表2に示す通り、建物用途毎に容積率および建ぺい率の値を設定した。このうち戸建住宅は総務省統計²⁾より入手した仙台市の平均値を採用し、事務所および店舗共通はそれぞれ仙

* 東北学院大学大学院 工学研究科 環境建設工学専攻
** 東北学院大学 工学部 教授・博士(工学)

Graduate Student, Tohoku Gakuin Univ.
Prof., Tohoku Gakuin Univ., Dr. Eng.

台市内郊外にある実際の建物 3 棟より値を算出し、その平均値を採用した。ここで店舗共通は平屋建想定のため、容積率と建ぺい率は同値としている。小学校、病院、保育園は対象街区に立地する既存のものより算出した値を採用した。老人ホームは対象街区内に建設が計画されているものと階数や延床面積が類似する老人ホームを仙台市内で選定し、その値を採用した。そして式(1)および式(2)より、建物用途毎の各面積の想定値を算出し、表3の通りまとめた。

3. 電力需要量の推計方法

街区にて必要とされる電力需要量を推計するにあたり、建物用途毎に年間の時刻別電力消費データを作成した。データ作成において空調のエネルギーは全て電力を想定し、空調に加え照明、機器の電力消費量を The BEST Program の「平成 25 年省エネ基準対応ツール」を使用して、算出を行った。その際、建物用途毎に設定した建物モデルを表 4 にまとめた。さらに結果を比較するため、各建物モデルの仕様は通常一般的な建物仕様（以下、「通常仕様」と表記）と省エネルギー化を想定した建物仕様（以下、「省エネ仕様」と表記）の 2 仕様を設定した。省エネ仕様において採用した省エネルギー手法は、断熱材の強化、窓仕様の強化、照明の LED 化、空調機器の最新化、全熱交換器の設置とし、病院のみ CO2 制御も加えた。

また表 5 に各建物モデルの内部発熱量の 100%値とそのスケジュールをまとめた（スケジュールが空白の欄は 0 である）。このうち「人数」の 100%値に関しては、戸建住宅は 4 人世帯を想定し、それ以外の建物用途は文献⁹⁾より入手した値を使用した。さらに「人数」のスケジュールに関しては独自に設定した。「照明」と「機器」に関しては電力消費に与える影響が大きいため一般性を考慮し、事務所、小学校、病院は DECC⁴⁾より入手したデータを使用し、100%値とスケジュールの設定を行った^{注1) 注2)}。同様に老人ホームは DECC の病院の診療・手術室を除いた病室部のデータを使用し、設定を行った。また食品店舗と雑貨店舗では内部発熱量とスケジュールが大きく異なると考えられたため、食品店舗は既往研究⁵⁾、雑貨店舗は DECC より入手したデータを使用し、設定を行った^{注3)}。その他、戸建住宅は WEB 上で公開されている電力消費データ⁶⁾および文献⁷⁾を使用、保育園は仙台市の周辺都市にある 6 施設の実態を調べ、一般的な内部発熱量とそのスケジュールを組み立てた^{注4) 注5)}。

空調稼働期間は、病院のみ冷房：5 月～10 月・暖房：11 月～4 月、それ以外の建物用途は冷房：7 月～9 月・暖房：11 月～4 月とし、室ごとの設定温度、換気回数および空調稼働時間に関しては表 6 にまとめた。空調方式は戸建住宅：ルームエアコン、病院：セントラル空調、それ以外の建物用途：パッケージスプリット空調とした。

そして空調、照明、機器以外の電力消費量に関しては、建物用途毎に個別計算した。まず戸建住宅、事務所、食品店舗に関しては給湯、小学校に関してはポンプ動力を計算した^{注6) 注7)}。病院、老人ホームに関しては給湯、ポンプ動力を計算し、加えてエレベータ（それぞれ 2 台設置想定）の電力消費量を「平成 25 年省エネ基準対応ツール」より算出した^{注8)}。これらの電力消費量は建物仕様に依らず共通とした。

以上より、通常仕様および省エネ仕様における 365 各日の時刻別電力消費データを作成し、建物用途毎に延床面積あたりに換算を行った。換算した時刻別電力消費データに、表 3 の想定延床面積を乗じることで、対象街区内における建物用途毎の電力需要量を推計した。また年間のうち、戸建住宅、事務所、店舗共通は 1/2～1/3・8/14～8/16・12/30～12/31 を特別休日とし、小学校および保育園は 3/27～4/7・7/21～8/24・10/10～10/11・12/25～1/6 を長期休暇期間として計算した。

表 4 建物モデルの諸元と仕様のもとめ

建物用途	設定項目	通常仕様	省エネ仕様	
戸建住宅	構造	木造2階建		
	延床面積 (m ²)	120.2 (計算対象面積111.1)		
	空調面積 (m ²):	LDK	29.9	
	64.7	寝室	13.3	
		子供室1	9.9	
		子供室2	11.6	
	非空調部分 (m ²)	46.4		
	断熱材厚 (mm)	屋根	50	160
	熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	60	90
		1階床	50	90
	熱源性能	冷房平均COP	2.73	3.35
	暖房平均COP	3.72	4.38	
窓仕様	窓ガラス	複層 (透明+透明)	複層 (透明+透明)	
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	
事務所	構造	RC造2階建		
	延床面積 (m ²)	954.7 (計算対象面積814.7)		
	空調面積 (m ²):	ホール	97.2	
	757.5	廊下	94.4	
		事務室	565.9	
	非空調部分 (m ²)	57.2		
	断熱材厚 (mm)	屋根	50	75
	熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	15	50
		1階床	0	30
	熱源性能	冷房平均COP	3.54	4.46
		暖房平均COP	3.72	5.50
窓仕様	窓ガラス	単板 (透明)	複層 (熱反射シルバー+透明)	
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	
店舗共通	構造	S造平屋建		
	延床面積 (m ²)	940.6 (計算対象面積902.1)		
	空調面積 (m ²):	売場	735.1	
	827.2	作業調理室	74.3	
		事務室	17.9	
	非空調部分 (m ²)	74.9		
	断熱材厚 (mm)	屋根	15	75
	熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	15	50
		1階床	0	45
	熱源性能	冷房平均COP	3.16	3.92
		暖房平均COP	3.56	5.24
窓仕様	窓ガラス	単板 (透明)	複層 (透明+透明)	
	ブラインド	無	有	
全熱交換器の有無		無	有	
小学校	構造	RC造3階建		
	延床面積 (m ²)	4,011.2 (計算対象面積4,011.2)		
	空調面積 (m ²):	教室	1,408.0	
	1,536.0	職員室	128.0	
	非空調部分 (m ²)	2,475.2		
	断熱材厚 (mm)	屋根	50	75
	熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	25	50
		1階床	0	30
	熱源性能	冷房平均COP	3.17	4.41
		暖房平均COP	3.59	5.82
	窓仕様	窓ガラス	単板 (透明)	複層 (透明+透明)
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	
病院	構造	RC造4階建		
	延床面積 (m ²)	9,716.2 (計算対象面積9,145.6)		
	空調面積 (m ²):	1階ロビー・廊下	1,121.8	
	8,504.0	2-4階廊下	1,272.0	
		病室	2,241.4	
		事務・スタッフ室	1,626.4	
		ナースステーション	345.1	
		売店	389.1	
		診療・手術室	1,508.2	
	非空調部分 (m ²)	641.6		
	断熱材厚 (mm)	屋根	50	75
熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	25	50	
	1階床	0	30	
熱源性能	冷房平均COP	3.53	3.56	
	暖房平均COP	3.51	3.71	
窓仕様	窓ガラス	複層 (透明+透明)	複層 (透明+透明)	
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	
老人ホーム	構造	RC造7階建		
	延床面積 (m ²)	9,562.6 (計算対象面積8,745.0)		
	空調面積 (m ²):	廊下	2,154.9	
	7,737.0	居室	5,022.1	
		ナースステーション	560.0	
	非空調部分 (m ²)	1,008.0		
	断熱材厚 (mm)	屋根	50	75
	熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	25	50
		1階床	0	30
	熱源性能	冷房平均COP	3.23	3.85
		暖房平均COP	3.55	5.44
窓仕様	窓ガラス	複層 (透明+透明)	複層 (透明+透明)	
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	
保育園	構造	RC造平屋建		
	延床面積 (m ²)	941.5 (計算対象面積916.0)		
	空調面積 (m ²):	遊戯室	255.8	
	692.0	保育室1	90.0	
		保育室2	100.0	
		保育室3	100.0	
		職員室	62.4	
		未登室	26.2	
		保健室	23.7	
		読書スペース	34.0	
	非空調部分 (m ²)	224.0		
断熱材厚 (mm)	屋根	25	100	
熱伝導率 λ = 0.04 (W/mK)	外壁	38	50	
	1階床	50	75	
熱源性能	冷房平均COP	3.31	4.91	
	暖房平均COP	3.71	5.99	
窓仕様	窓ガラス	単板 (透明)	複層 (透明+透明)	
	ブラインド	中間色	白色	
全熱交換器の有無		無	有	

4. 太陽光発電による発電量の推計方法

4.1 太陽光発電全般の条件設定

太陽光発電の導入にあたり太陽電池パネルの設置場所は、建物屋根・屋上のみを設置した場合（パターンA）と、建物屋根・屋上に加え戸建住宅以外の建物用途の駐車場における駐車スペース上部に設置した場合（パターンB）を想定した^(注9)。なおパターンBでは、駐車場は全て平置きを想定した。

建物屋根・屋上への設置面積は、建物用途毎に建築面積に対する太陽電池パネルの設置割合を設定し、表3の想定建築面積を乗じて算出した。駐車スペース上部への設置面積は、容積率および建ぺい率を求めた際と同一の建物において、敷地面積に占める駐車スペースの割合を算出し、これを敷地面積に対する設置割合として、表3の想定敷地面積を乗じて算出した。以上の設置割合を表7、設置面積を表8にそれぞれまとめた。また併せて建物用途毎の太陽電池パネルのアレイ出力の合計も算出した。この太陽電池パネルのアレイ出力は、市販の中での最高クラスのもの値を採用し、戸建住宅の場合は201W/m²、戸建住宅以外の建物用途の場合は212W/m²とした^(注10)。

4.2 発電量の算出式

発電量 E_h(kWh)は式(3)で推計した。この算出式は文献⁸⁾より入手したが、本検討では365各日の時刻別発電量を算出するため、式の一部を時刻ベースに置き換えている。式(3)中の時刻別アレイ面日射量は日射量データベース⁹⁾から入手した。なお、アレイ面の傾斜角度は戸建住宅の場合は宮城県平均屋根勾配より27°、戸建住宅以外の建物用途の場合は年間日射量積算が最多となる37°を設置傾斜角度とした。またパワーコンディショナは、最高クラスのものの変換効率を採用し、戸建住宅の場合は98.0%、戸建住宅以外の建物用途の場合は98.6%とした^(注11)。

$$* E_h = (P_{AS} \cdot H \cdot K) / G_s \quad \dots(3)$$

P_{AS}: 標準状態下の各太陽電池アレイ出力の合計 (kW)

H: 時刻別アレイ面日射量 (kWh/m²)

K: 総合設計係数

(各パワーコンディショナ変換効率、結晶系シリコン太陽電池の月毎の補正係数参考値¹⁰⁾およびその他汚れ等の損失補正係数として0.95を乗じた値)

G_s: 標準状態下の日射強度 (kW/m²) = 1

5. 電力需要量および発電量の推計結果

対象街区における建物用途毎の年間積算電力需要量および発電量を図1~2、建物用途毎の各パターン・各仕様における時刻別電力需要量および発電量の推計結果を図3~図11に示す。ここでは365各日のうち中間期（5月）の、電力需要量に関しては

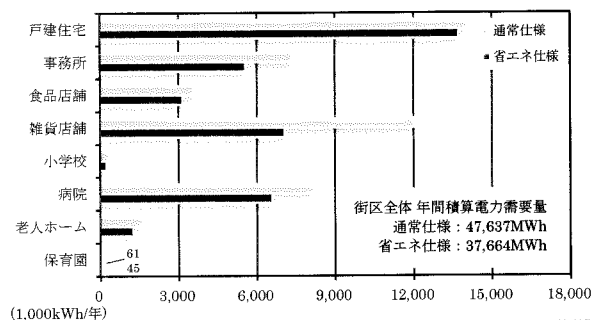


図1 建物用途毎の年間積算電力需要量

表6 空調設定関連のまとめ

建物用途	室用途	設定温度 (冷房℃/暖房℃)	換気回数 (回/時)	曜日	空調時間 (h)
戸建住宅	LDK	27/22	0.5	平日 土曜・日曜・祝日	6~8, 17~22 8~22
	寝室	27/22	0.5	全日	22~23
	子供室1	27/22	0.5	全日	20~23
	子供室2	27/22	0.5	全日	20~23
事務所	ホール	26/22	1.8	平日 土曜	7~18 8~18
	廊下	26/22	0.7	平日 土曜	7~18 8~18
	事務室	26/22	1.5	平日 土曜	7~23 8~22
	売場	26/22	2.2	全日	9~22
店舗共通	作業調理室	26/22	0.9	全日	8~23
	事務室	26/22	1.3	全日	8~23
小学校	教室	28/20	3.8	平日	7~16
	職員室	26/20	1.3	平日・土曜	7~19 8~18
病院	1階ロビー・廊下	26/22	0.7	平日・土曜	8~18
	2-4階廊下	26/22	0.7	全日	6~22
	病室	28/20	0.7	全日	0~24
	事務・スタッフ室	26/22	1.6	平日 土曜	8~18 8~16
	ナースステーション	26/22	1.6	全日	0~24
	売店	26/22	2.4	全日	9~17
老人ホーム	廊下	26/22	0.7	全日	6~22
	病室	28/20	0.7	全日	0~24
	ナースステーション	26/22	1.6	全日	0~24
保育園	遊戯室	26/20	3.1	平日	8~11, 13~15
	保育室1	28/20	2.6	平日	8~10, 11~15
	保育室2	28/20	2.7	平日	8~10, 11~15
	保育室3	28/20	2.7	平日	8~10, 11~18
	職員室	26/20	1.2	平日	7~18
	来客室	26/20	1.7	平日	8~9, 11~12 14~15, 17~18
	保健室	26/20	1.5	平日	8~15
読書スペース	26/20	4.3	平日	8~10, 13~15	

表7 太陽電池パネルの設置割合のまとめ^(注12)

建物用途	戸建住宅	事務所	店舗共通
建築面積に対する設置割合 (%)	53.0	64.0	80.0
敷地面積に対する設置割合 (%)	設置しない	21.9	23.1
小学校	病院	老人ホーム	保育園
66.0	65.0	65.0	80.0
1.9	21.3	7.5	3.9

表8 太陽電池パネルの設置面積とアレイ出力のまとめ

建物用途	想定太陽電池 パネル面積 (千 m ²)		想定太陽電池 アレイ出力の合計 (kW)	
	建物 屋上・ 屋根	駐車 スペース 上部	パターンA	パターンB
戸建住宅	44.4	設置しない	8,923	8,923
事務所	14.3	9.6	3,025	5,055
食品店舗	4.1	3.3	867	1,565
雑貨店舗	36.1	29.8	7,636	13,940
小学校	3.4	0.4	719	804
病院	5.2	5.8	1,100	2,327
老人ホーム	1.3	0.3	275	338
保育園	1.5	0.2	317	360
計	110.3	49.4	22,862	33,312

代表日、発電量に関しては時刻別の月平均の推計結果を示している。また図3~図11中の凡例は全て共通であり、図11は立地を想定した8建物用途の時刻毎の合計を示している。

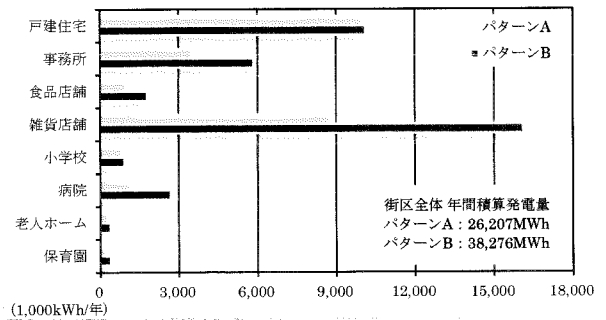


図2 建物用途毎の年間積算発電量

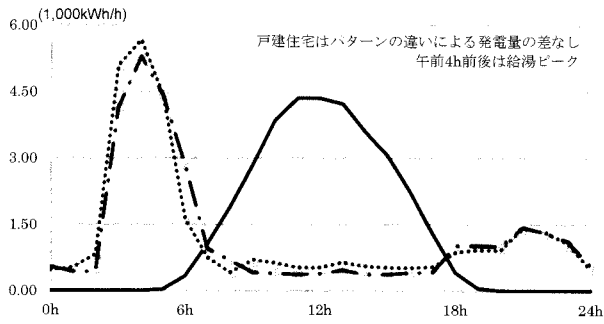


図3 戸建住宅の推計結果まとめ

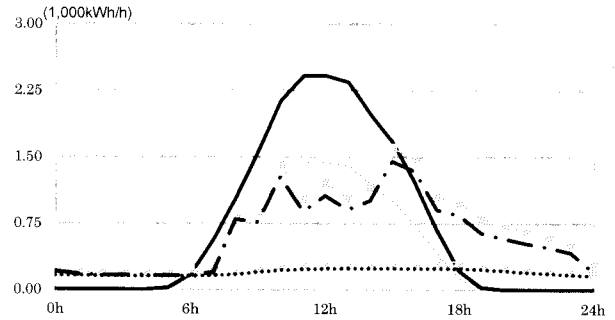


図4 事務所の推計結果まとめ

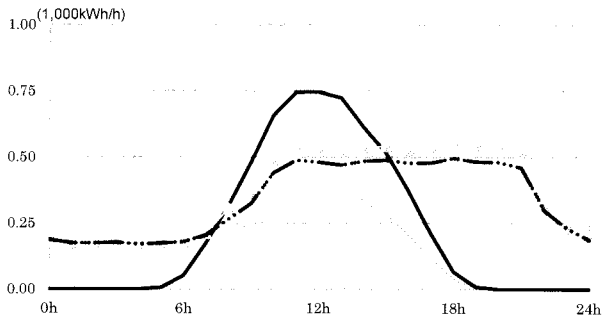


図5 食品店舗の推計結果まとめ

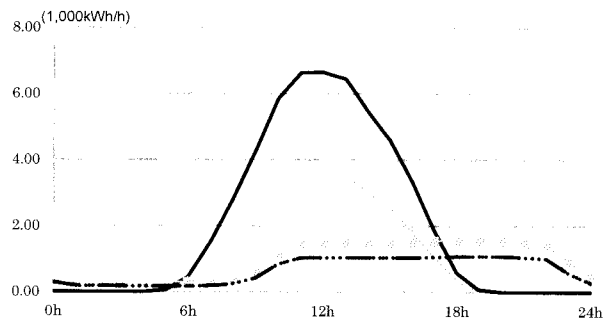


図6 雑貨店舗の推計結果まとめ

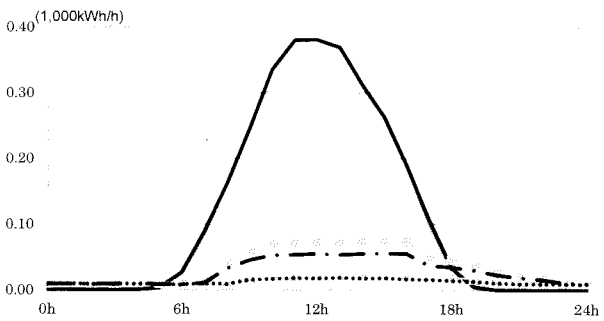


図7 小学校の推計結果まとめ

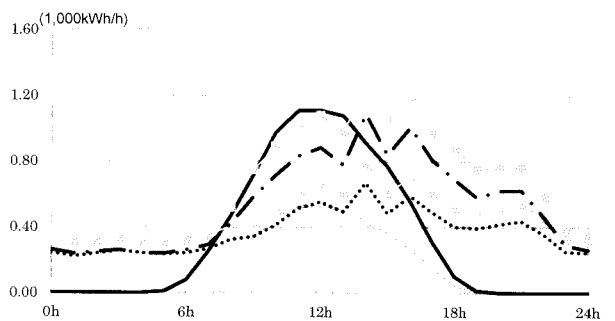


図8 病院の推計結果まとめ

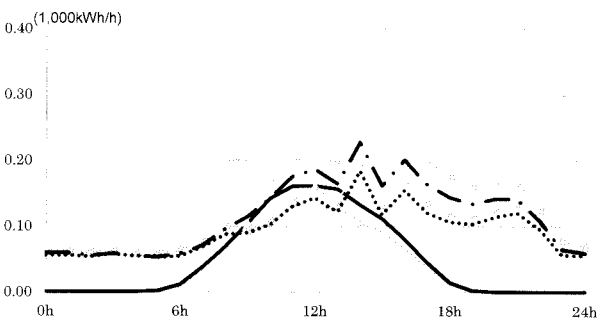


図9 老人ホームの推計結果まとめ

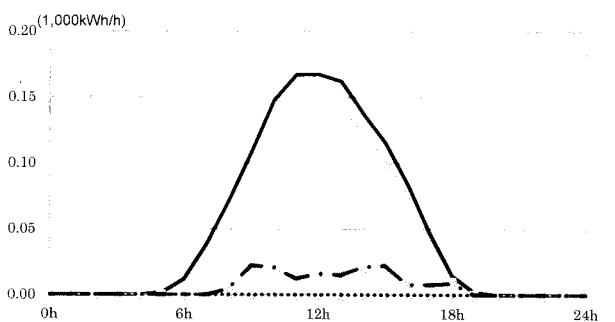


図10 保育園の推計結果まとめ

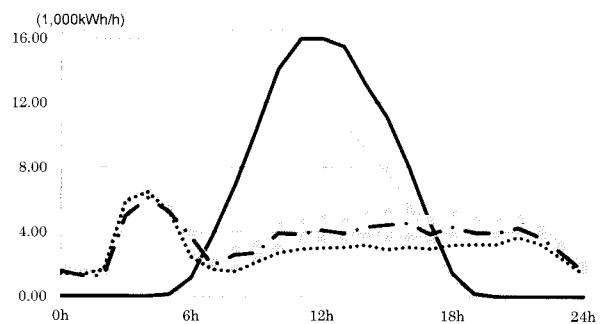
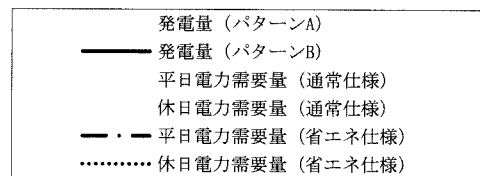


図11 街区全体の推計結果まとめ



6. 電力自給達成の評価

6.1 電力自給率の算出方法

電力需要量および発電量の推計結果をもとに、対象街区内の電力自給の達成度について評価を行った。ここで図3～図10をみると、建物用途によって余剰発電量が発生している時間帯がある。そのため、この余剰発電量の低減・活用策を講じない場合（ケースⅠ）と講じる場合（ケースⅡ・ケースⅢ）を想定した計3ケースで評価結果の比較を行った。

講じる低減・活用策は、異なる建物用途間の電力融通の実施と蓄電池の設置を想定した。また本検討の電力融通に関しては、送電に係る損失は考慮しないものとした。蓄電池に関しては、異なる建物用途間の電力融通を実施しても、なお発生する余剰発電量を全て蓄電できる大容量のものを街区全体で1つ設置するとし、その損失として充放電時5%を考慮した。

各ケースの想定は以下にまとめた通りとし、電力自給の達成度を評価する指標として、「電力自給率（単位：%）」を式(4)で定義した。

- (ケースⅠ) 異なる建物用途間で電力融通を行わない
- (ケースⅡ) 異なる建物用途間で電力融通を行う
- (ケースⅢ) 電力融通に加え、蓄電池を使用する

$$* \text{電力自給率} = \{(A-B+C)/D\} \times 100 \quad \dots(4)$$

A：月間または年間総発電量 (kWh)

B：月間または年間総余剰発電量 (kWh)

C：月間または年間総有効蓄電量 (kWh)

※ケースⅠ・Ⅱの場合は0であり、ケースⅢの場合は以下で算出
電力融通後の総余剰発電量 (kWh) × 0.95²

D：月間または年間総電力需要量 (kWh)

6.2 電力自給率の算出結果

各ケースにおける電力自給率の算出結果を表9にまとめた。また年間の電力自給率が最大となったパターンBかつケースⅢの月間の電力自給率の推移を図12に示す。

6.3 考察と検討

表9において、パターンに依らず電力融通を行わない場合（ケースⅠ）と電力融通のみ行う場合（ケースⅡ）の年間の電力自給率を比較すると、増加は10%未満であり、大きく改善したとはいえない結果となった。また省エネルギー手法を採用した場合の増加も1～2%程度に留まった。一方で蓄電池を使用することで、大きく電力自給率は向上し、この場合省エネ仕様とすることで更に20%に迫る増加を確認することができた。これより異なる建物用途間の電力融通のみでは、発生する余剰発電量を十分に活用できず、街区全体の電力自給率を大幅に向上させるには、蓄電池の使用が非常に有効であることが示された。しかし本検討では、同一の建物用途において全て同じ電力需要パターンとしているため、実際の電力融通を行うことによる電力自給率の向上効果は、より大きいものが期待できる可能性がある。

パターン毎に比較をすると、蓄電池を使用した場合（ケースⅢ）の年間の電力自給率は、太陽電池パネルを建物屋根・屋上へのみ設置した場合（パターンA）と駐車スペース上部へも設置した場合（パターンB）では、約1.5倍の差がついていた。これより街区内の駐車スペースを最大限有効に活用することで、電力自給率を大幅に向上できる可能性が示された。

また図12の結果をみると、暖房需要の大きい冬期や太陽電池

表9 年間の電力自給率のまとめ

ケース	低減・活用策の想定		年間の電力自給率(%)			
	建物用途間 電力融通	蓄電池 使用	パターンA		パターンB	
			通常仕様	省エネ仕様	通常仕様	省エネ仕様
(Ⅰ)	×	×	26.0	27.2	32.3	32.7
(Ⅱ)	○	×	32.7	33.8	36.5	37.0
(Ⅲ)	○	○	52.8	66.1	76.1	95.3

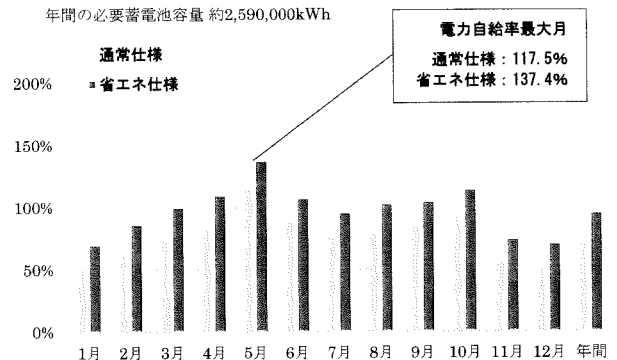


図12 電力自給率の推移（パターンB・ケースⅢ）

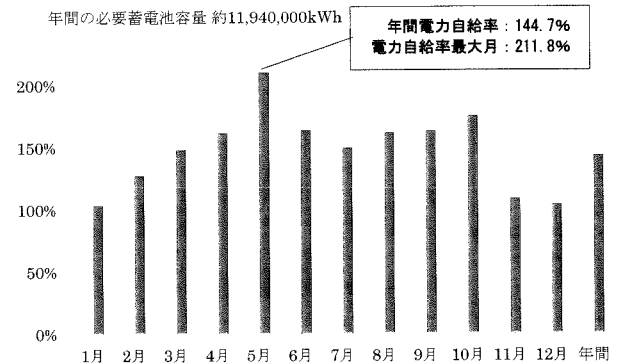


図13 非常時における電力自給率の推移
（省エネ仕様・パターンB・ケースⅢ）

パネル表面温度の関係で発電効率の下がる夏期は、電力自給率も下がる傾向にあるが、100%を超える月も存在し、高いレベルで電力自給がなされているといえる結果となった。

そこでもう一つの検討として、電力自給率が最大となった場合（省エネ仕様・パターンB・ケースⅢ）において、非常時を想定した電力自給率の算出を行った。非常時の計算条件は、街区内に立地する8建物用途のうち、必要性の低い雑貨店舗、小学校、保育園は休業を想定した。次に一般的な戸建住宅、事務所は節電することを想定し、各時刻の電力需要量を3割低減した。そして必要性の高いと考えられる食品店舗、病院、老人ホームは電力需要量の低減はないものとした。以上の計算条件における電力自給率の算出結果を図13に示す。これを見ると、全ての月において電力自給率100%を達成し、さらに年間を通して100%を大きく上回る電力自給がなされていた。これより、非常時においては完全な電力自給を達成できる見込みがあるだけでなく、さらにその周辺街区に向けても電力の融通を行うことができる可能性も示されたといえる。

7. 結論

本検討において得られた知見を以下にまとめる。

- (i) 一般的な建物と省エネルギー化を想定した建物の電力消費量計算を行い、建物用途毎の電力需要量推計を行った。
- (ii) 本検討の対象街区においては、建物の仕様に依らず、異なる建物用途間の電力融通を行わないまたは電力融通のみ行う場合では電力自給率の上昇は少ないことが明らかとなった。
- (iii) 本研究の対象街区においては、太陽電池パネルを建物屋根・屋上だけでなく駐車スペース上部へも設置し、また異なる建物用途間の電力融通と蓄電池の設置および建物の省エネルギー手法採用という電力自給率の向上策を加えることで、街区全体の年間の電力自給率は90%を超えるレベルまで上げることができた。このとき、月間の電力自給率も1年を通して70%を超えるレベルで推移していることが明らかとなった。また太陽電池パネルを建物屋上・屋根のみに設置した場合と比べ、電力自給率は約1.5倍まで増加することから、駐車スペースの有効活用が電力自給の促進に有効である可能性が占められた。
- (iv) 非常時を想定し、(iii)の計算条件に加え、建物用途毎の電力需要量を必要性に応じてそれぞれ低減した場合の電力自給率は、全ての月において100%を超えて算出され、完全な電力自給の達成ができる可能性が示された。同時に周辺街区への電力融通を行う余裕のある可能性も示された。

8. 今後の課題

今後検討すべきこととしては、対費用の面での実現性が挙げられる。例えば電力自給率が最大となった場合（省エネ仕様・パターンB・ケースⅢ）においては、年間を通じた必要蓄電池容量の最大値が約2,590,000kWhと算出された。これは大容量化に適したNAS電池の設置を想定し、コストを文献¹¹⁾より4万円/kWhと仮定した場合、街区全体の延床面積あたり約37万円/m²程度の追加コストが発生する計算となる。ここで図12の月別電力自給率をみると、7月を除いた3月～10月にかけて100%を超え、月をまたいだ蓄電量が発生していることから、必要蓄電池容量の最大値が大幅に増大したと考えられる。

そこで必要蓄電池容量の最大値を割合に応じて低減させ、蓄電池容量に制限を設けた場合の年間の電力自給率を算出した。結果を表10にまとめ、制限を設けていない場合（省エネ仕様・パターンB・ケースⅢ）との電力自給率の差を「差分」として載せた。比較すると、低減率92%までは年間の電力自給率の低下も10%以内に抑えられる結果となった。これより蓄電池容量に制限を設けた場合、発生する余剰発電量を充電することで、蓄電池分の追加コストを大幅に削減できる可能性があり、電力自給率の低下と追加コストの検討が今後の課題の1つといえる。

また本検討では、太陽光発電装置および蓄電池設備の経年劣化による性能低下に起因する電力自給率低下などは検討の対象外としており、これらも今後の課題と考えられる。

表10 蓄電池容量制限における電力自給率のまとめ

最大値 低減率(%)	年間の電力 自給率(%)	差分 (%)	最大値 低減率(%)	年間の電力 自給率(%)	差分 (%)
10	94.7	-0.6	91	86.4	-8.9
20	94.0	-1.3	92	85.9	-9.4
30	93.4	-1.9	93	85.2	-10.1
40	92.7	-2.6	94	84.2	-11.1
50	92.1	-3.2	95	82.8	-12.5
60	91.4	-3.9	96	80.7	-14.6
70	90.7	-4.6	97	77.3	-18.0
80	89.7	-5.6	98	70.2	-25.1
90	86.8	-8.5	99	55.8	-39.5

【注釈】

注1) データ個数の充実度、計測年の気象を考慮し、関東地方における2007年のデータを使用した。このとき小学校は高等学校のデータで代替したが、高等学校は2007年のデータが存在しなかったため、2006年のものを使用した。またDECCのデータでは照明と機器の電力消費量が一体となっていたため、年平均したものを1:1で分けて100%値を設定し、内部発熱量の積算値に大差がないようにした。さらに省エネ仕様にて照明のLED化を想定するにあたり、事務所の事務室を代表に照明発熱量の計算を行い、その低減率(約49.5%)を他の建物用途にも適用した。

注2) 病院の機器の内部発熱量の100%値は、診療・手術室に関してはDECCより入手した値をそのまま使用し、それ以外の室に関しては既往研究¹²⁾の機器全体の電力消費量に占める医療器の電力消費量の割合に応じて低減させ、設定した。

注3) 雑貨店舗においては、既往研究¹³⁾の機器全体の電力消費量に占める冷凍ケースの電力消費量の割合に応じて、DECCより入手した機器の内部発熱量の100%値を低減させ、設定した。

注4) 東北地方の戸建住宅4戸の電力消費量データの平均をとり、100%値とスケジュールを決定した。しかし照明に関してはデータ欠失の関係上、室ごとに100%値を計算し、スケジュールも在室時間に合わせ設定した。計算に使用した照明器の型番は以下の通り選定した。

通常仕様：HFA7457C (P社)

省エネ仕様：LGBZ2417 (P社)

注5) 保育園の照明の100%値は室ごとに計算し、決定した。計算に使用した照明器の型番は以下の通り選定した。また機器の発熱量は職員室のみ考慮し、100%値は事務所の値で代替した。

通常仕様：XF327BA VPH9 (P社)

省エネ仕様：XLX460UHWK LE9 (P社)

注6) 戸建住宅は、公開データ⁴⁾における東北地方のオール電化住宅2戸の月毎の給湯電力消費量を入手し、その平均を計算に使用した。事務所は、文献¹⁴⁾より1日の給湯量とスケジュールを入手し、給湯電力消費量を計算した。食品店舗は、文献¹⁵⁾の「飲食施設」の少ない方の1日の給湯量を代替値として使用し、給湯電力消費量を計算した。

注7) 建物用途毎にそれぞれ文献¹⁶⁾より1日の給水量を入手し、ポンプ効率は文献¹⁷⁾を参照し、ポンプ動力を計算した。ただし、老人ホームの1日給水量はホテル客室部で代替した。

注8) 病院は、文献¹⁸⁾より1日の給湯量とスケジュールを入手し、給湯電力消費量を計算した。老人ホームは、既往研究¹⁹⁾より入手した入浴用給湯量に、文献¹⁸⁾より入手した洗面用給湯量を加え、給湯電力消費量を計算した。

注9) 戸建住宅においては1戸あたりの駐車場面積や日照の関係上、駐車スペース上部への太陽電池パネルの設置を想定しなかった。

注10) 太陽電池パネルの型番は以下の通り選定した。

戸建住宅：SPR-250NE-WHT-J (S社)

戸建住宅以外：SPR-X21-345-COM (S社)

注11) パワーコンディショナの型番は以下の通り選定した。

戸建住宅：PV-PN44KX22 (M社)

戸建住宅以外：PVL-LO500E(J) (T社)

注12) 建築面積に対する設置割合は、それぞれ戸建住宅、事務所、小学校は既往研究¹⁶⁾より決定した。また店舗共通は平屋建想定のため、メンテナンススペース2割を考慮して決定した。その他の建物用途は、既往研究¹⁶⁾における「業務」と「学校」の中間値をとり決定した。

[参考文献]

- 1) 仙台市富沢駅西土地地区画整理組合：
仙台市富沢駅西土地地区画整理事業環境影響評価事後調査報告書
(工事中その1)，2016年3月，pp.9-11
- 2) 総務省統計局：平成25年住宅・土地統計調査，
<<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/>> (2017年7月最終閲覧)
- 3) 株式会社テクノ菱和：空調・衛生技術データブック(第4版)，
森北出版株式会社，2009年10月，p.329
- 4) 日本サステナブル建築協会：
非住宅建築物の環境関連データベース
<http://www.jsbc.or.jp/decc_download/> (2017年2月最終閲覧)
- 5) 白石かおり ほか4名：低炭素社会に向けた住宅・非住宅建築
におけるエネルギー削減のシナリオと政府提言 その12 食料品
スーパーマーケットにおけるエネルギー消費構造の実態把握，
日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)，2010年9月，
pp.1003-1004
- 6) 住宅内のエネルギー消費量に関する調査研究委員会：
住宅におけるエネルギー消費量データベース，
<<http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/HP/HP/database/index.htm>> (2017年7月最終閲覧)
- 7) 日本建築学会：日本の住宅におけるエネルギー消費，日本建
築学会，2006年10月
- 8) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：
太陽光発電導入ガイドブック(本編)，1998年8月，pp.76-77
- 9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：日射量データベース閲
覧システム<<http://app0.infoc.nedo.go.jp/metpv/metpv.html>>
(2016年4月最終閲覧)
- 10) 太陽光発電協会：太陽光発電協会 表示ガイドライン，
2014年9月，p.3
- 11) 経済産業省資源エネルギー庁：蓄電池戦略，2012年7月，
pp.9-10
- 12) 熊田瑤子 ほか6名：都市型病院の室内環境評価とエネルギ
ー性能検証に関する研究 第8報 性能検証・評価期間の運転実績，
日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，2015年9月，
pp.981-982
- 13) 空気調和・衛生工学会：
第14版 空気調和・衛生工学便覧 4 給排水衛生設備編，
空気調和・衛生工学会，2010年2月，p.113，pp.160-163
- 14) 空気調和・衛生工学会：
空気調和設備計画設計の実務の知識(改訂2版)，オーム社，
2002年2月，p.217
- 15) 佐藤秋成 ほか7名：非住宅(民生業務部門)建築物の環境
関連データベース構築に関する研究 その119 特別養護老人ホ
ームのエネルギー消費特性，日本建築学会大会学術講演梗概集
(近畿)，2014年9月，pp.1071-1072
- 16) 金栄暁，鳴海大典：発電効率ならびに経済性を考慮した太陽
光発電導入推進方策に関する検討—横浜市を対象として—，
日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)，2015年9月，
pp.759-760

(原稿受理日 2017年9月5日)

(原稿採用決定日 2018年3月6日)