

2019-2020 年度 東三河地域防災協議会  
受託研究 研究成果報告書

災害時における再生可能エネルギーを利用した  
電力供給システムの有効活用について

2021 年 2 月

研究代表者 見目喜重  
豊橋創造大学 経営学部経営学科 教授



## 【目次】

### 第1章 はじめに

1-1 研究背景と目的	1
1-2 研究内容	1

### 第2章 東三河地域の避難所の状況

2-1 避難所の整備状況	3
2-2 避難所への再生可能エネルギーシステムの導入事例	4

### 第3章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成の検討方法

3-1 システムの構成	7
3-2 システム構成の検討方法	7
3-3 太陽光・風力発電の設備容量の検討方法	8
(1) 太陽光発電出力の計算方法	8
(2) 風力発電出力の計算方法	9
3-4 蓄電池容量の検討方法	9
3-5 年間コストの計算方法	10

### 第4章 避難所の想定電力需要

4-1 モデル避難所の想定	12
4-2 避難所の運営に必要な電力需要の想定	13
(1) 千葉県による電力需要の想定	13
(2) 四国経済産業局による電力需要の想定	14
(3) 避難所運営における千葉縣市原市の聞き取り調査	14
(4) 電力需要の想定結果	15
4-3 避難所の環境維持に必要な電力需要の想定	15
4-4 平常時の電力需要の想定	17
(1) 小学校・中学校	17
(2) 市民館	18

### 第5章 東三河地域の気象概況

5-1 気象データの概要	20
5-2 傾斜面全日射量	20
5-3 気温	21
5-4 風速	21

### 第6章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成の検討結果

6-1 太陽光発電・風力発電の単位出力当たりの平均日発電量	25
-------------------------------	----

(1) 太陽光発電	25
(2) 風力発電	25
6-2 避難所の運営に必要なシステム構成の検討	28
6-3 避難所全体で必要となるシステム構成の検討	30
<b>第7章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの平常時の運用法</b>	
7-1 システムの運用法	32
7-2 システム運用の年間シミュレーション	32
<b>第8章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの経済性評価</b>	
8-1 各モデル避難所の年間コスト	34
(1) 小学校	34
(2) 中学校	39
(3) 市民館	43
(4) 市民館（多目的ホール）	47
(5) 市民館（複合施設）	51
(6) 基本料金によるシステムの運用法および年間コストへの影響	55
(7) 太陽光発電だけを導入したシステムの年間コスト	59
8-2 まとめ	60
<b>第9章 おわりに</b>	62

# 第1章 はじめに

## 1-1 研究背景と目的

日本はその地形、地質、気候などの自然条件から、自然災害の発生リスクが高いと言われており、また災害の発生件数も年による変動はあるものの増加傾向にあると言われている<sup>(1)</sup>。ここ数年を見ても、例えば2015年9月の関東・東北豪雨、2016年4月の熊本地震（M6.5）、2017年7月の九州北部豪雨、2018年6月下旬から7月上旬の西日本豪雨、9月の北海道胆振東部地震（M6.7）、台風21号、24号など毎年のように大規模な自然災害が発生している<sup>(2)</sup>。

大規模な災害の発生時には、水道や電力などのインフラ網が断たれ、市民生活に大きな影響を与える恐れがある。上記の北海道胆振東部地震では、北海道全域の停電「ブラックアウト」が発生し、約295万戸が停電した。また、9月の台風24号では豊橋市をはじめ、東三河域内の多くの地域で大規模な停電が数日間続いた。隣接する浜松市では、停電の完全復旧までに実に7日間を要した。さらに、2019年9月の台風15号では千葉県市原市の一部地域で大規模な停電が長期間続き、テレビ等で連日その状況が報道されたことは記憶に新しい。この台風による停電では最大停電戸数は少なかったものの、停電解消には約16日を要した<sup>(3)</sup>。

このように、台風や震災などの災害の発生時には、断水や停電が発生し、その結果避難所への電力供給にも支障が生じる危険性が極めて高い。また災害が大規模であるほど、電力供給が復旧するまでに要する日数は長くなることが予想される。

こうした状況への対応策として、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせることで電力の自給が可能な自立型電力システムを避難所へ導入し、有効に活用することが期待されている。とりわけ地理的な状況で復興が難航すると予想される地域では、その期待が大きい。実際、平成28年の熊本地震に関して行われた調査でも、避難所に備えられていて役に立った機能として、「停電時に自立運転機能等を備えた太陽光発電設備が役に立った」との回答が多かったことが報告されている<sup>(4)</sup>。

本研究では、このような再生可能エネルギーを利用した電力供給システムを避難所に導入する際の適切な規模とその運用について検討する。具体的には、災害時（電力供給が断たれた状況）において、再生可能エネルギーを主電力として避難所を運営する際に必要となる電力需要を想定し、そのために必要となるシステム構成（各設備の容量）を検討する。

導入したシステムを災害時のみならず、平常時にいかに有効に活用するかがシステム導入の経済性確保や災害時にシステムを確実に稼働させるために重要である。そのため、本研究では平常時におけるシステムの運用を踏まえてシステムの有効活用とその経済性を評価する。

## 1-2 研究内容

避難所で必要となる電力量は、避難所の規模、そこでの電力の需要の形態（用途、使用時間および時間帯）により大きく異なる。東三河地域全体では非常に多くの避難所が設置されているが、その形態や規模は様々であり、これら全てについて詳細な検討を行うことは難しい。そのため、避難所の形態に合わせて平均的なモデルとなる避難所を想定する。

次に、各自治体の防災計画や災害で避難所となった施設を調査して、避難所で必要となる電力需要を想

定する。電力需要は大きく避難所の運営自体に必要な電力需要と避難所の環境維持に必要な電力需要とに分けられる。前者は基本的な電力需要であり、どの避難所でも最低限必要になるものである。一方で、後者は避難所の規模や施設により大きく異なる。本研究では、まず避難所の運営自体に必要な電力需要を想定する。次に、モデル避難所ごとに、避難環境の維持に必要な電力需要を想定する。

導入した電力供給システムを災害発生時に正常に稼働させるとともにシステム導入の経済的効果を高めるためには、災害発生時のみならず、日ごろからシステムを運転して活用することも重要である。平常時のシステムの導入効果を検討するために、モデル避難所ごとに年間の電力負荷パターン（毎時の電力負荷）を想定する。電力負荷パターンの作成においては、各施設の電力の使用実績値と文献等で得られた日負荷パターンを活用する。

次に、モデル避難所ごとに想定した電力需要の供給に必要な太陽光発電および風力発電の設備容量、蓄電池容量を検討する。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーにより供給できる電力量は、設置場所の気象条件（日射量や風速、気温）により大きく異なる。本研究では気象データを用いた年間シミュレーションから各設備容量を検討する。まずは、避難所の運営自体に必要な電力需要に合わせた電力供給システムの設備容量を検討する。その後、モデル避難所ごとに避難所全体で必要となる電力需要に合わせたシステムの設備容量を検討する。

このように決定した電力供給システムを平常時から有効に活用するために、本研究では太陽光発電の余剰電力を蓄電池に充電して電力不足時に蓄電池から供給する運用法や、最大電力需要を抑制する運用法（ピーク負荷軽減）を対象に、平常時の適切なシステムの運用を検討するとともに、それによる経済性を年間シミュレーションから検討する。

以上の結果をもとに、再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの有効活用についてまとめる。

#### 【参考文献】

- (1) 中小企業庁：[https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2019/2019/html/b3\\_2\\_1\\_2.html](https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2019/2019/html/b3_2_1_2.html) (2019/08/30)
- (2) セコムトラストシステムズ 大規模災害年表：<https://www.secomtrust.net/secword/table.html> (2019/11/30)
- (3) 今井伸一：「令和元年台風15号による電力設備への影響と今後の対策」、電気学会誌、Vol.140、No.20、pp.766-769 (2020)
- (4) 熊本県教育委員会：「避難所となった学校における施設面の課題等について」  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shisetu/043/shiryo/\\_icsFiles/afieldfile/2016/06/20/1372530\\_6.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/043/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/06/20/1372530_6.pdf)  
(2019/12/23)

## 第2章 東三河地域の避難所の状況

本章では、各市町村の避難所の設置状況の概要を確認するとともに、避難所への再生可能エネルギーシステムの主な導入事例を示す。

### 2-1 避難所の整備状況

避難所の整備状況の現状を把握するために、表 2-1 には東三河地域各市町村の避難所数、人口、想定収容可能人数について愛知県の資料でまとめられている値を示す（令和2年11月1日現在）<sup>(1)(2)</sup>。なお、避難所数および想定収容可能人数は、指定避難所と福祉避難所を合わせた値である。また、想定収容可能人数については、自治体により発災3日間の収容人員（2m<sup>2</sup>/人）の値と長期収容人員（3m<sup>2</sup>/人）の値とが混在している。いずれにしても、各市町村はその人口や地理的な事情に応じて避難所を設定しており、少なくとも人口の約20%程度が収容可能となるように整備されている。

表 2-1 東三河地域各市町村の避難所・収容可能人数（令和2年11月1日現在）

市町村	避難所数 [箇所]	人口 [人]	想定収容可能人数 [人]		
			合計	最大	最小
豊橋市	176	371,925	77,374	1,517	26
豊川市	110	184,022	37,431	1,775	5
蒲郡市	48	79,458	14,345	820	10
田原市	36	59,257	70,674	6,339	137
新城市	53	43,845	11,059	913	8
設楽町	35	4,422	1,360	130	10
東栄町	24	2,940	2,220	500	30
豊根村	8	1,000	1,150	500	26

このように整備されている避難所であるが、その形態には様々なものがある。内閣府による各自治体への調査では、避難所の形態として小中学校・高校が95.4%、公民館が78.6%、その他社会施設が34.3%、高齢者施設が29.7%などという結果が示されている<sup>(3)</sup>。文献(1)や各市町村の避難所一覧<sup>(4)(11)</sup>を見ると、東三河地域でも小学校や中学校、地区・校区市民館（公民館）、地域の交流センターなどが指定避難所となっていることが分かる。

こうした避難所の形態や各地域の状況により、個々の避難所の規模も大きく異なる。例えば豊橋市の場合、第一指定避難所（主に地区・校区市民館）と第二指定避難所（主に小中学校）に分かれているが、表 2-2 に示すように、それぞれの形態でも個々の規模は大きく異なる<sup>(4)</sup>。

本研究では、再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの避難所への導入について検討を行うが、このように避難所の形態・規模が大きく異なることから、形態ごとに平均的なモデル避難所を想定して検討を行う。

表 2-2 豊橋市の指定避難所別の想定収容可能人数

	避難所数 [箇所]	想定収容可能人数 [人]		
		最大	最小	中央値
第一指定避難所	71	603	26	70
第二指定避難所	95	1420	32	732

## 2-2 避難所への再生可能エネルギーシステムの導入事例

これまでに環境省の二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金や愛知県再生可能エネルギー等導入推進基金事業費補助金を活用して、避難所への再生可能エネルギーシステムの導入が進められてきた。表 2-3 には主な導入事例を示す<sup>(12)~(15)</sup>。

表 2-3 東三河地域における避難所等施設への再生可能エネルギーシステムの主な導入事例

市町村名	施設名	導入設備	導入年度
豊橋市	牟呂校区市民館	太陽光発電システム：5.5 kW リチウムイオン蓄電池：10 kWh LED照明：0.7 kW	平成27年度
豊橋市	大清水地域福祉センター	太陽光発電システム：10.1 kW リチウムイオン蓄電池：20 kWh 太陽熱温水器：46 MJ LED照明	平成27年度
新城市	鳳来中学校	太陽光発電システム：17.22 kW 蓄電池設備：16.9 kWh LED照明：19灯	平成28年度
新城市	作手高齢者生活福祉センター「虹の郷」	太陽光発電システム：20.67 kW 蓄電池設備：16.9 kWh LED照明：32灯	平成28年度
田原市	田原福祉専門学校	太陽光発電システム：10 kW リチウムイオン蓄電池：15 kWh	平成28年度
東栄町	放課後児童クラブ	太陽光発電システム：4.2 kW リチウムイオン蓄電池：7.2 kWh	平成27年度
東栄町	食生活支援センター	太陽光発電システム：10.1 kW リチウムイオン蓄電池：15 kWh	平成28年度

同表に示すように、多くの事例では太陽光発電システムと蓄電池が設置されている。

図 2-1 には豊橋市牟呂校区市民館に設置された太陽光発電システムを示す。この施設では、鉄製の架台ではなくレール上に太陽電池パネルを設置している。また、図 2-2 に示すように新城市立新城小学校ではコンクリートブロックの上に太陽電池パネルを設置している。このようにすることで、架台の重量を抑制するとともに、基礎工事を無くすことでシステム設置による雨漏りの発生を回避することも期待されている。ただし、このような設置方法の場合には太陽電池パネルの傾斜角度が低くなるため、単位容量あたりの発電量は低下する。





図 2-1 太陽電池パネルの設置例（豊橋市牟呂校区市民館）



図 2-2 太陽電池パネルの設置例（新城市立新城小学校）

二酸化炭素排出量の削減を目的に LED 照明を導入するケースも見られる。新城市立鳳来中学校では太陽光発電電力が体育館に設置した LED 照明に供給されるよう設計されている。LED 照明の導入は平時の電力消費を抑制できるだけでなく、照明負荷自体を減らすことで災害時の避難所の運営に必要な電力需要も削減できる。そのため、まずは避難所の照明の LED 化を進めることも有効である。

#### 【参考文献】

- (1) 愛知県地域防災計画附属資料（令和 2 年修正） 第 9 避難場所・避難所関係  
[https://www.pref.aichi.jp/bousai/boukei/fuzoku/02fuzoku/20\\_fuzoku\\_09.pdf](https://www.pref.aichi.jp/bousai/boukei/fuzoku/02fuzoku/20_fuzoku_09.pdf)（2020/11/15）
- (2) 愛知県の人口 愛知県人口動向調査結果 年報（2020 年）  
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/0000077332.html>（2020/11/15）
- (3) 内閣府 平成 28 年度避難所における被災者支援に関する事例等報告書、p.9、平成 29 年 4 月
- (4) 豊橋市避難所運営マニュアル資料集（平成 29 年 7 月）
- (5) 新城市指定緊急避難場所一覧：  
<https://www.city.shinshiro.lg.jp/kurashi/kyukyu-bosai/hinan/hinanbasyo.files/hinanbasyo20200601.pdf>  
 （2019/10/23）
- (6) 豊川市避難所・避難地一覧表：  
<https://www.city.toyokawa.lg.jp/smph/kurashi/anzenshin/bosai/hinansho/shiteihinanchi.html>（2019/10/23）

- (7) 蒲郡市 指定避難所と指定緊急避難場所 : <https://www.city.gamagori.lg.jp/site/kinkyu/hinanba.html>  
(2019/10/23)
- (8) 田原市 避難場所・避難所一覧 : <http://www.city.tahara.aichi.jp/kurashi/saigai/1000658/1000659.html>  
(2019/10/23)
- (9) 設楽町避難所一覧 : [https://www.town.shitara.lg.jp/\\_resources/content/8798/20180711-131302.pdf](https://www.town.shitara.lg.jp/_resources/content/8798/20180711-131302.pdf)  
(2019/10/23)
- (10) 東栄町防災マップ : <http://www.town.toei.aichi.jp/secure/1107/bosaimap.pdf> (2019/10/23)
- (11) 豊根村避難所一覧表 : <http://www.vill.toyone.aichi.jp/cms/wp-content/uploads/2014/01/hinan01.pdf>  
(2019/10/23)
- (12) 豊橋市 防災拠点等への再生可能エネルギー等導入推進事業 : <http://www.city.toyohashi.lg.jp/24831.htm>  
(2019/08/05)
- (13) 新城市 鳳来寺中学校・虹の郷に太陽光発電設備、蓄電池設備等を設置しました :  
<https://www.city.shinshiro.lg.jp/kurashi/kankyo/energy-taisaku/taiyoko.html> (2019/10/02)
- (14) 田原市 : 「2018 環境に関する報告書 (平成 29 年度の環境状況)」、p.15、2018
- (15) 環境省 平成 26 年度再生可能エネルギー等導入推進基金事業状況報告書 (各年度報告書) (平成 27 年度報告書) (別紙 2) : [https://www.env.go.jp/policy/23\\_aichi-26rpt-fyH27.pdf](https://www.env.go.jp/policy/23_aichi-26rpt-fyH27.pdf).15 (2019/10/2)

### 第3章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成の検討方法

本章では再生可能エネルギーを利用した電力供給システムについて、システム構成の検討の流れとそこで必要となる発電量の計算法、ならびに年間コストの計算法について示す。

#### 3-1 システムの構成

大規模な災害の発生時には、水道や電力などのインフラ網が長期間断たれ、避難所への電力供給にも多大な影響が生じる恐れがある。そうした状況への対応策として、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせて電力の自給が可能な自立型電力供給システムの避難所への導入を検討する。

図3-1には再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成を示す。災害時に太陽光・風力発電電力が避難所で必要となる電力需要を上回る場合、その余剰分を蓄電池に充電し、逆に不足する場合には蓄電池からの放電で不足分の電力需要を賄う。災害時にシステムを有効に活用するためには、平常時からシステムを効果的に運用することが重要である。そこで、平常時には余剰電力の有効活用やピーク負荷(最大購入電力)の抑制などに蓄電池を活用するようシステムを運用する。その詳細については、第7章で示す。

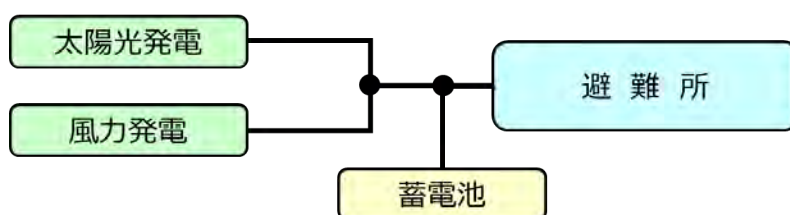


図3-1 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成

#### 3-2 システム構成の検討方法

図3-2にはシステム構成の検討の方針を示す。



図3-2 システム構成の検討の方針

電力供給システムの規模を決定するためには、そこで必要となる電力需要を想定する必要がある。この電力需要は避難所の規模や使用する電力の用途、使用時間等により異なる。一方で、太陽光発電や風力発電で供給可能な電力量は、その地域の気象条件により異なる。こうしたことを考え合わせて、適切なシステム構成（太陽光・風力発電の設備容量、蓄電池容量）を検討する。以下にシステム構成決定の流れを示す。

- ① 災害時の避難所の運営、ならびに避難所の環境保持に必要な日電力需要の検討（想定）
- ② 気象データ（一時間ごとの傾斜面全天日射量、気温、風速）の整備
- ③ 気象データを用いた年間シミュレーションによる単位出力当たりの太陽光・風力発電量の計算
- ④ 災害時の避難所の電力需要および単位出力当たりの太陽光・風力発電量に基づく電力供給システムの構成の検討
- ⑤ 平常時のシステム運用の検討と年間コストによるシステムの評価

電力供給システムの導入対象となる避難所であるが、第2章で述べたように避難所には様々な形態があり、その規模も大きく異なる。そうしたことから、本研究では平均的な避難所のモデルを設定し、それぞれについて適切なシステム構成およびシステムの運用法を検討する。なお、設定するモデル避難所の詳細については第4章で述べる。

### 3-3 太陽光・風力発電の設備容量の検討方法

本研究では、災害時に太陽光・風力発電だけで電力を供給することを考える。そうした場合、それらの発電電力は必ずしも直接電力負荷に供給されるわけではなく、一度蓄電池に充電されてから供給される場合が多い。そうしたことを考えると、実際に発電により必要とされる電力量は、蓄電池の充放電損失や直流・交流変換時の損失を考慮して、想定した1日の電力需要を充放電効率と直交変換効率で割った値となる。そのように求めた電力量を1日の発電量で確保できるように、太陽光・風力発電の設備容量を決定する必要がある。そこで、太陽光・風力発電の設備容量の決定に際して、まず各月の単位出力（1kW）当りの日平均発電量を計算する。次に、その最低値を求め、その値で1日に必要な発電量を除算して、基本となる設備容量を求める。これにより、最も発電量が少ない月（季節）においても平均的には1日に必要な電力需要を発電で賄えることになる。

#### (1) 太陽光発電出力の計算方法

太陽光発電出力は、太陽電池パネルへの入射日射量に変換効率を掛け合わせて求める（式3.1）<sup>①</sup>。ただし、太陽電池パネルの温度上昇による変換効率の低下を考慮する。一般的に、太陽電池パネル温度は日射の状況がよい場合には外気温よりも30℃程度高くなると言われている。本研究では、式（3.2）のように日射量の影響を温度上昇に反映させて太陽電池パネル温度を求める。

$$\text{太陽光発電出力 } P_W = I_S \times A_{PV} \times \eta_S \times (1 - 0.005(T_a + T_{up} - 25)) \text{ [W]} \quad \dots (3.1)$$

$$\text{太陽電池パネルの温度上昇 } T_{UP} = 30 \times I_S \div 1000 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \dots (3.2)$$

ここで、太陽光発電出力： $P_{PV}$  [W]  
 傾斜面全天日射量： $I_S$  [W/m<sup>2</sup>]  
 太陽電池面積： $A_{PV}$  [m<sup>2</sup>]  
 基準変換効率： $\eta_S$   
 外気温： $T_a$  [°C]  
 太陽電池パネルの温度上昇： $T_{UP}$  [°C]

なお、太陽光発電の発電効率は使用年数により低下し、一般的には20年で約20%の効率低下が生じる恐れがあるとされている。このことを考慮すると、20年間での平均効率は本来の基準効率の90%の値となる。そうしたことから、本研究では市販の単結晶型太陽電池の平均的な基準変換効率（15%）に0.9を乗じた13.5%を基準変換効率として太陽光発電出力を計算する。

## (2) 風力発電出力の計算方法

避難所近隣への設置を考慮すると、ハブ高さが10 mを超えるような大型の風力発電機の設置は現実的ではない。そこで、本研究では小型の垂直翼型風力発電機の導入を想定する。その発電特性をモデルに、以下のように風力発電電力を計算する（式3.3）<sup>(2)</sup>。なお、計算にあたっては、風速の計測値（高さ：10 m）をハブ高さ（5.8 m）の風速に換算して用いる（式3.4）<sup>(3)</sup>。

$$\begin{aligned} \text{風力発電機出力} \quad P_W &= 0 \text{ [W]} \quad (W_H \leq W_{in}) \\ P_W &= W_H^2 \times 6.95 \text{ [W]} \quad (W_{in} \leq W_H \leq W_{out}) \\ P_W &= 0 \text{ [W]} \quad (W_{out} \leq W_H) \end{aligned} \quad \dots (3.3)$$

$$\text{風速の高さ補正} \quad W_H = W_S \times \left( \frac{5.8}{10} \right)^{0.15} \text{ [m/s]} \quad \dots (3.4)$$

ここで、風力発電機出力： $P_W$  [W]  
 カットイン風速： $W_{in}$  [m/s] (= 2 m/s)  
 カットアウト風速： $W_{out}$  [m/s] (= 14 m/s)  
 基準風速（高さ10 m）： $W_S$  [m/s]  
 風速（高さ5.8 m/s）： $W_H$  [m/s]

### 3-4 蓄電池容量の検討方法

太陽光・風力発電の出力は気象状況により大きく変動する。再生可能エネルギーだけで電力供給を行うシステムでは、それらの発電出力が得られない場合への対応を考えると大容量の蓄電池が必要となる。しかしながら、電力不足を完全に回避するような過大な容量の蓄電池の導入は現実的ではない。

そこで本研究では、災害時の電力負荷が1年間継続する場合を想定して年間シミュレーションを行い、年間で不足電力が発生する時間数が5%以下となるような蓄電池容量を太陽光・風力発電の設備容量との関係を考慮しながら求める。

蓄電池を長期間効率的に使用するためには、実際の容量の80%程度（蓄電池充電率の20~100%の範囲

内) で使用することが好ましい。年間シミュレーションでは、この蓄電池の使用範囲も考慮しながら電力の流れを計算する。

### 3-5 年間コストの計算方法

太陽光発電や風力発電の導入により、平常時においては避難所自体の電気料金削減や売電による電力収入が期待できる(実際には、売電については様々な制約が生じる恐れがある)。こうしたことから、システムの経済性を設備費と年間の電気料金とを足し合わせた年間コストにより評価する。

設備費は、以下に示すシステム機器の導入費用(単価)<sup>(4)-(6)</sup>をそれぞれの耐用年数で割った年あたりの値を用いて計算する。なお、蓄電池はリチウム蓄電池とする。また、太陽光発電の設備費には10年後のインバータの交換費も加える。

太陽光発電	: 30 万円/kWp (耐用年数 20 年)
蓄電池	: 10 万円/kWh (耐用年数 10 年)
風力発電	: 40 万円/kW (耐用年数 20 年)

年間電気料金はシステムの運用方法により大きく異なる。本研究では、年間シミュレーションにより年間の余剰電力量(電力系統への売電電力量)、系統からの購入電力量、契約電力を求め、年間電気料金を計算する。ここで、契約電力は系統からの購入電力の最大値と余剰電力(系統への売電電力)の最大値の大きい方を取ることとする。

電気料金の単価については、一般電気事業者の値<sup>(7)(8)</sup>を参考に、以下のように設定する。

【低圧電力】	基本料金	: 1,100 円/kW・月
	電力量料金	: 16 円/kWh
【高圧業務用電力】	基本料金	: 1,600 円/kW・月
	電力量料金	: 16 円/kWh

ここ数年、一部の自治体では電気の調達先を特定電気事業者に変更しているケースも見られる。特定電気事業者では、一般電気事業者と比較して特に基本料金単価が低く設定されている場合が多い。この基本料金単価はシステムの運用法の選択にも影響を与えるため、基本料金単価を一般電気事業者のおおよそ1/3以下である500円/kW・月とした場合についても検討する。

太陽光・風力発電が余剰となった場合には電気事業者に売電する。その際の売電価格であるが、例えば住宅用太陽光発電の調達期間終了後の売電価格については、各小売電気事業者が公表している買取メニューの中央値は9.0円/kWhとなっている(2020年10月末)<sup>(9)</sup>。一部事業者の買取価格は7円/kWh台であり、また2025年に運転開始する太陽光発電システムの平均的な発電コストの目標が7円/kWh<sup>(10)</sup>とされていることなどを踏まえ、さらに余剰電力の買取が今後厳しくなることも予想されることから、本研究では余剰電力の売電単価を6円/kWhに設定する。

以上のような価格設定から年間コストを計算し、各避難所に適したシステムの運用法を検討するととも

に、システム導入の経済性を示す。

#### 【参考文献】

- (1) 谷辰夫 他：「系統連係型太陽光発電システムの最適設計」、電気学会論文誌 D、Vol.111-D、No.6, pp.475-481 (1991)
- (2) SINFONIA 再生可能エネルギー：[https://www.sinfo-t.jp/eco\\_gene/index.htm](https://www.sinfo-t.jp/eco_gene/index.htm) (2019/10/10)
- (3) 理科年表オフィシャルサイト：[https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/kisyo/kisyo\\_011.html](https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/kisyo/kisyo_011.html) (2019/10/10)
- (4) 調達価格等算定委員会：「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」、p.24、令和3年1月27日
- (5) 経済産業省生産動態統計年報 機械統計編 (2018年)
- (6) 経済産業省生産動態統計年報 機械統計編 (2019年)
- (7) 中部電力ミライズ：<https://miraiz.chuden.co.jp/business/electric/menu/pricelist/index.html> (2020/12/15)
- (8) 東京電力エナジーパートナー：<https://www.tepco.co.jp/ep/private/plan/chargelist02.html> (2020/12/15)
- (9) 調達価格等算定委員会：「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」、p.49、令和3年1月27日
- (10) 調達価格等算定委員会：「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」、p.35、令和3年1月27日



## 第4章 避難所の想定電力需要

本章では、電力供給システムの規模決定に必要となる避難所の電力需要を、これまでに検討されている事例および訪問調査で得られた情報を基に想定する。

### 4.1 モデル避難所の想定

災害時に避難所で必要となる電力需要は、避難所の運営自体に必要な電力需要と、避難所の環境を適切に保つための電力需要に分けられる。前者は基本的な電力需要であり、どの避難所でも最低限必要になるものである。一方で、後者は避難所の形態や規模（面積、部屋数）や設備の内容により大きく異なる。第2章で述べたように、避難所には様々なタイプがあり、またその規模も大きく異なる。本研究では、①小学校、②中学校、③市民館、④市民館（多目的ホールを併設）、⑤市民館（図書館などを併設した複合施設）というそれぞれの形態に対して平均的な規模を想定した5つのモデル避難所について検討を行う。表4-1にはその概要を示す。なお、表中の「収容可能人数」は長期での想定値である。また、「照明の容量」は各施設で避難場所となる部分の照明を対象に、ポンプ類の容量については主な給排水ポンプの設置容量を基に想定した。

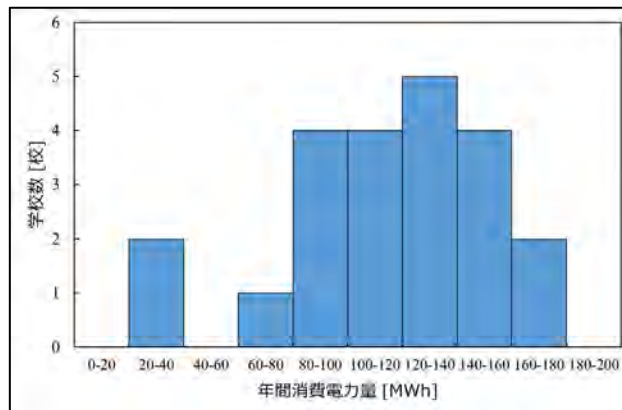
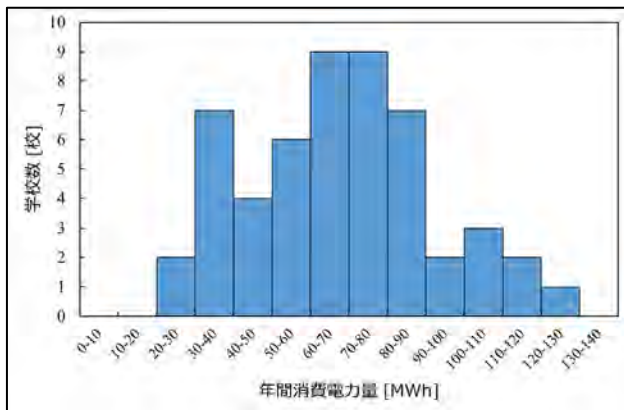
表4-1 想定したモデル避難所の概要

	①小学校 (体育館)	②中学校 (体育館)	③市民館	④市民館 (多目的ホール)	⑤市民館 (複合施設)
収容可能人数 (人)	330	330	70	330	135
年間消費電力量 [kWh]	80,000	130,000	16,000	43,000	165,000
照明の容量 [W]					
体育館・多目的ホール	16,000	16,000		25,600	
会議室・和室等			2,800	1,400	6,600
ポンプ類容量 [kW]	4.4	4.4	なし	4.4	4.4
空調	GHPエアコン	GHPエアコン	電気式エアコン	電気式エアコン	GHPエアコン

モデル避難所の①小学校および②中学校については、避難場所としては基本的に体育館が使用されるケースが多い。市町村あるいは学校によっては教室の利用も想定されているが、そうしたケースでも一部の教室の使用にとどめることが多い。そのため、本研究ではどちらのモデルも体育館だけを対象に災害時の電力需要を想定した。なお、体育館の床面積は文献(1)・(2)などの値を参考に1,000 m<sup>2</sup>に設定した。

平常時の年間電力消費量については、豊橋市の小中学校の年間消費電力量の分布(図4-1)を例に、その中央値となる規模に設定した。なお、豊橋市では全小中学校に太陽光発電システム(5~10kW)が設置されているため、それらの発電量が差し引かれた値として消費電力量がまとめられている。そのため、第5章で述べるMETPV-11<sup>③</sup>の値から各月の太陽光発電量を計算し、その値を加えて想定した消費電力量に基づいて設定した。





(a) 小学校

(b) 中学校

図4-1 小中学校の年間電力消費量の分布図（豊橋市、2019年度）

③市民館については、豊橋市の第一指定避難所を例に、その想定収容可能人数が中央値になる規模の施設（豊橋市M校区市民館）の値を参考に設定した。この施設では、会議室・和室など計5室が避難場所として使用される。なお、この市民館についても設置されている太陽光発電の発電量が差し引かれた値が消費電力としてまとめられていたため、METPV-11の値から各月の太陽光発電量を計算し、その値を加えて求めた消費電力量に基づいて年間消費電力量を想定した。

④市民館（多目的ホール）は、会議室・和室などの他に中規模のホールやアリーナが併設されている施設であり、市民館としては大規模な施設である。本研究では、その収容可能人数や電力需要などを、田原市T市民館の値を参考に想定した。この施設では、多目的ホールの他、会議室・2室が避難場所として使用される。

⑤市民館（複合施設）は、図書館や行政の窓口センターが併設された施設であり、その市民館部分が災害時には避難所として使用される。本研究では、豊橋市N地区市民館の値を参考に、収容可能人数や電力需要などを想定した。この施設では、会議室・和室など計11室が避難場所として使用される。

これらモデル避難所について、まずは避難所の規模・形態によらず避難所の運営自体に共通して必要となる電力需要を想定する。次に、モデル避難所ごとに避難所の環境維持のために必要な電力需要を想定する。

## 4-2 避難所の運営に必要な電力需要の想定

避難所の運営で必要となる電力需要については、様々な自治体で検討されている。それらの中から主な事例について以下に示す。また、訪問調査で得られた情報の中で、電力需要の想定に関連するもので、2つの事例に追加的なものについて記す。

### (1) 千葉県による電力需要の想定<sup>(4)</sup>

千葉県は、防災拠点の情報管理を行うための通信設備に必要な電力を24時間確保すること、また避難所の運営委員会で活用できる量を定め、継続的な電力利用が可能となるように電力需要を想定している。その詳細を表4-2に示す。この想定の下で1日の電力需要を求めると19.8kWhとなる。

表 4-2 千葉県による電力需要の想定

必要な設備	消費電力(W)	必要数	昼 (6～17時)	夜間 (17～21時)	深夜 (21～6時)
連絡用パソコン、通信設備	100	1	100		100
防災無線等	30	1	30	30	30
バッテリー制御装置	150	1	150	150	150
防災本部照明	40	1	40	40	40
保健室照明	40	1	40	40	40
照明（避難所LED灯等）	180	22		3,960	
テレビ	150	1	150	150	
携帯電話	10	20	200		
湯沸かしポット（3L）	900	6回	900		
1時間あたりの必要電力量 [Wh]			1,610	4,370	360

## (2) 四国経済産業局による電力需要の想定<sup>(5)</sup>

四国経済産業局では、地域避難所（公民館）で非常時に必要とされる負荷を、電灯負荷、動力負荷に分類している。

電灯負荷：照明、通信機能、事務機能、付属施設関係

動力負荷：給排水ポンプ、空調、エレベーター、消火ポンプ

これらのうち、避難所の運営自体に必要な電力需要は電灯負荷部分に相当すると思われる。その詳細を表 4-3 に示す。この想定の下で1日の電力需要を求めると 21.3 kWh となる。

表 4-3 四国経済産業局による電力需要の想定（地域避難所：公民館）

必要な設備	特定負荷	消費電力 [kW]		
		昼 (7～17時)	夜 (17～24時)	深夜 (24～7時)
照明	事務室	0.2	0.2	0.2
	会議室等	0.1	0.5	0.1
	倉庫、廊下、階段	0.0	0.0	0.0
通信機器	放送設備 100 W、 テレビ 100 W×1台、電話等	0.3	0.3	0.3
事務機器	デスクトップパソコン 20 W×3台、 コピー機 50 W×2台他	0.2	0.2	0.1
付属設備	防犯設備、トイレ、暖房設備	0.0	0.0	0.0
計		0.8	1.2	0.7

## (3) 避難所運営における千葉縣市原市の聞き取り調査

災害時に実際にどのような電力が必要となるのかについて、2019年9月の台風15号で大規模な停電が発生した千葉縣市原市にて聞き取り調査を行った。なお、市原市では実際に1カ所の避難所が停電の影響

を受けたとのことであった。

聞き取り調査の中で、携帯電話の充電が大きな問題になるとのことであった。被害状況や被害への対応状況など、多くの情報が市の Web サイトから発信される。それらの情報を職員や避難者は携帯電話により入手するが、そのためにも携帯電話の電池切れが大きな問題になるとのことである。

#### (4) 電力需要の想定結果

以上の内容を基に、本研究では表 4-4 のように電力需要を想定した。災害時には避難所は 24 時間フル稼働となるが、そのための照明や通信機器用の電力が重要になる。また、情報通信・事務作業管理それぞれにパソコンが必要になる。これに、千葉県市原市での調査結果を参考に、夜間の携帯電話の充電を加えた。その結果、1 日の想定電力需要は 23.1 kWh となった。

表 4-4 避難所の運営に必要な電力需要の想定結果

必要な設備	特定負荷	1時間当たりの消費電力量 [Wh]		
		昼 (7~17時)	夜 (17~24時)	深夜 (24~7時)
照明	事務室	200	200	200
	会議室等	100	500	100
	倉庫、廊下、階段	100	100	100
通信機器	放送設備 100 W テレビ 100 W×1台、電話 携帯電話（充電）100 W ※夜および深夜のみ	250	350	350
事務機器	デスクトップパソコン 50 W×2台 コピー機 50 W×1台他	150	150	100
各時間帯の合計消費電力量		800	1,300	850
1日の合計消費電力量 [kWh]		23.1		

#### 4-3 避難所の環境維持に必要な電力需要の想定

前節では避難所の運営で共通して必要となる電力需要を想定した。次に、モデル避難所ごとに避難所の環境維持に必要な電力需要を想定した。必要となる電力としては、以下のものが考えられる。

電灯負荷：照明、付属施設関係

動力負荷：給排水ポンプ、空調、エレベーター、消火ポンプ

災害時における電灯負荷について、前述の四国経済産業局による電力需要の想定では昼間・深夜時間帯は設備容量の 1/10 に抑制、夜間は設備容量の 1/3 に抑制とされている<sup>6)</sup>。これを参考に、本研究では照明について、以下のように想定した。

- ・夜間は 1/3 点灯（ただし多目的ホールは 1/4 点灯）
- ・昼間は 1/10 点灯

- ・深夜は 1/10 点灯（ただし、体育館・多目的ホールは 1/20 点灯）
- ・廊下・階段は全時間 100 W

空調については、多くの自治体では避難所を運営する際に空調は使用しない方針であること、現実的に小中学校の体育館など大規模な施設への空調施設の早期導入は困難であること、また多くの小中学校や市民館（複合施設）などの大規模な施設ではガスヒートポンプが導入されているため電力需要の想定には関連しないこと、さらに空調に対するニーズは災害発生 1 週間後からそのニーズが急激に高まること<sup>(6)</sup>などの理由から、本研究では考慮しない（不使用）とした。

給排水ポンプについては、実際には導入されていない施設も多いが、市原市での調査では避難所の環境を保つために給水用ポンプの電源確保が大きな問題になったとのことから、本研究では 2.2 kW×2 台を 1 日 3 時間運転する際に必要となる電力量を各時間に均して需要を想定した。

以上のような想定から得られた各モデル避難所で必要となる電力需要の想定値を表 4-5 に示す。

表 4-5 避難所の環境維持に必要な電力需要の想定結果

必要な設備	特定負荷	1時間当たりの消費電力量 [Wh]		
		昼 (7～17時)	夜 (17～24時)	深夜 (24～7時)
<b>モデル避難所：小学校、中学校</b>				
照明	体育館	1,600	5,300	800
	廊下・階段	100	100	100
ポンプ類	給排水ポンプ	500	500	500
各時間帯の合計消費電力量		2,200	5,900	1,400
1日の合計消費電力量 [kWh]		73.1		
<b>モデル避難所：市民館</b>				
照明	会議室・和室等	300	1,000	300
	廊下・階段	100	100	100
各時間帯の合計消費電力量		400	1,100	400
1日の合計消費電力量 [kWh]		14.5		
<b>モデル避難所：市民館（多目的ホール）</b>				
照明	会議室・和室等	200	500	200
	多目的ホール	2,600	6,400	1,300
	廊下・階段	100	100	100
ポンプ類	給排水ポンプ	500	500	500
各時間帯の合計消費電力量		3,400	7,500	2,100
1日の合計消費電力量 [kWh]		101.2		
<b>モデル避難所：市民館（複合施設）</b>				
照明	会議室・和室等	700	2,100	700
	廊下・階段	100	100	100
ポンプ類	給排水ポンプ	500	500	500
各時間帯の合計消費電力量		1,300	2,700	1,300
1日の合計消費電力量 [kWh]		41.0		

この表 4-5 と表 4-4 の結果から、1 日で必要となる全消費電力量の想定値は表 4-6 のようになる。

表 4-6 各モデル避難所で災害時に必要となる全消費電力量の想定結果

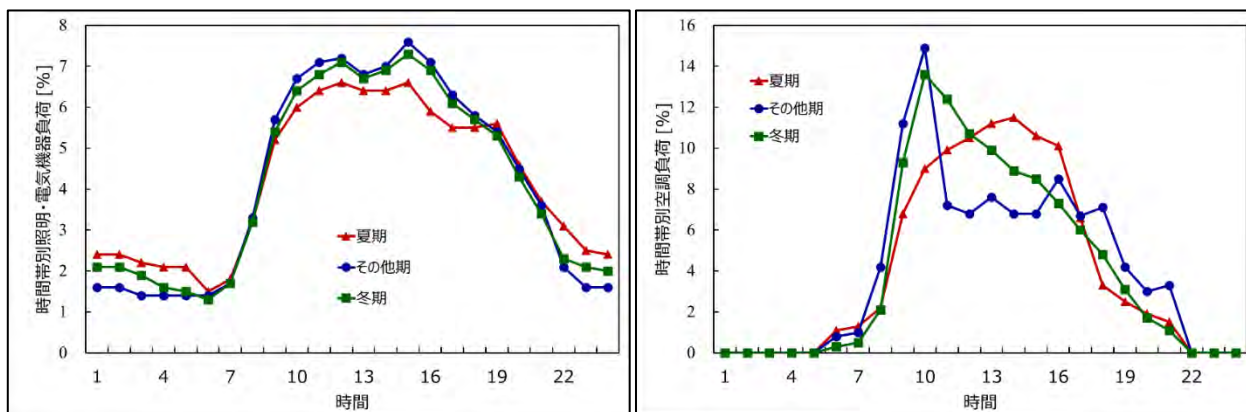
	小学校	中学校	市民館	市民館 (多目的ホール)	市民館 (複合施設)
全消費電力量 [kWh]	96.2	96.2	37.6	124.3	64.1

#### 4.4 平常時の電力需要の想定

災害用に導入した電力供給システムの平常時の経済的効果を検討するためには、年間の日負荷電力パターン（各時間の電力負荷）を想定する必要がある。電力負荷パターンについて、例えば角田・金島は小中学校の用途別エネルギー需要とその日負荷パターンについて詳細な分析を行っている<sup>7)</sup>。図 4-2 には文献(7)で示されている小中学校の照明・電気機器（コンセント）負荷および空調の日負荷パターンを示す。1 年間で 3 つの期間（夏期：6～9 月、中間期：4、5、10、11 月、冬期：12～3 月）に分けて、それぞれの期間の時間帯別電力需要比率が示されている。

本研究では、この文献(7)の分析結果を基にして、モデル避難所の年間の電力負荷を想定した。なお、文献(7)では日負荷に平日・休日の差はあまりないと結論付けられているため、本研究でもこの点を考慮せずに電力負荷を想定した。また、市民館の電力負荷についても、この負荷パターンを基に想定した。

以下にその詳細な流れを示す。



(a) 照明・電気機器類

(b) 空調

図 4-2 小中学校のエネルギー負荷の日負荷パターン

##### (1) 小学校・中学校

小中学校については、豊橋市内小中学校の消費電力量の実績値と文献の日負荷パターンから電力負荷を想定した。その際、空調には GHP が使用されているため、照明・電気機器類の負荷を対象に電力負荷を想定した。まず、年間の電力消費量に各月の電力消費量の割合を掛け、得られた値を各月の日数で割ることにより月ごとの日負荷電力量を求めた。その値に図 4-2(a)の照明・電気機器類の時間帯別需要比率を掛け

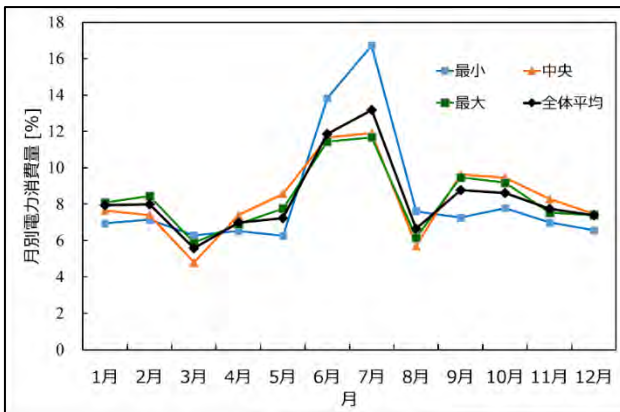


合わせて、1時間ごとの電力負荷を想定した。ここで、各月の電力消費量の割合には、図4-3に示す豊橋市内小中学校の全体平均値を使用した。

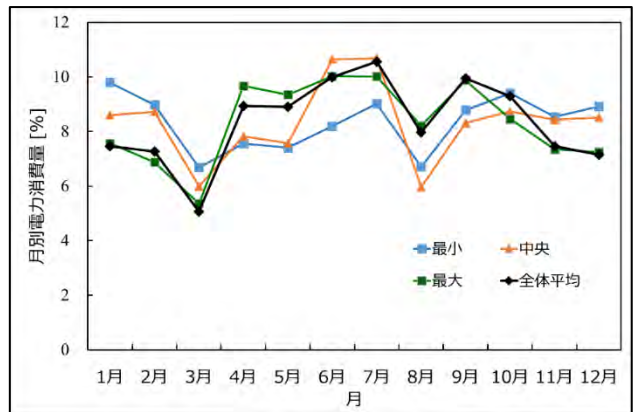
## (2) 市民館

市民館については、複合施設ではGHPが使用されているために空調は考慮せず、それ以外については空調も考慮して電力負荷を想定した。まず、年間の電力消費量に各月の電力消費量の割合を掛け合わせ、得られた値を各月の日数で割ることにより月ごとに日負荷電力量を求めた。次に、空調負荷を考慮する場合には、各月の照明・電気機器類と空調の割合を日負荷電力量に掛け合わせてそれぞれの日負荷電力量を求めた。

それらの値に図4-2の照明・電気機器類ならびに空調の時間帯別需要比率を掛け合わせて、1時間ごとの電力負荷を想定した。ここで、各月の電力消費量の割合には、豊橋市M校区市民館、豊橋市N地区市民館、田原市T市民館の実績値を参考にした値(図4-4)を使用した。

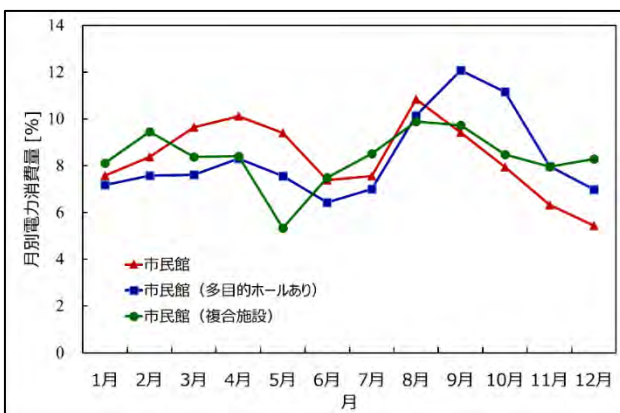


(a) 小学校

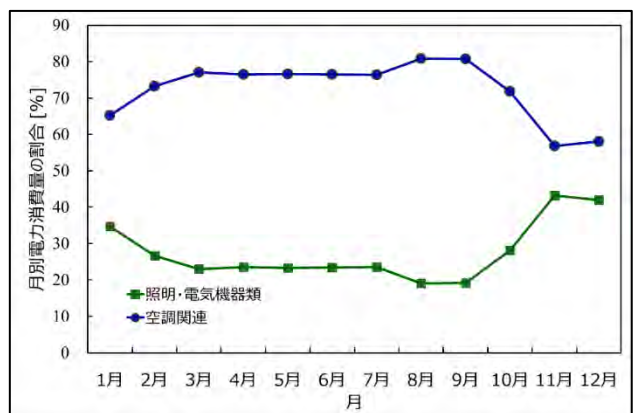


(b) 中学校

図4-3 小中学校の各月の電力消費量の割合(豊橋市、2019年度)



(a) 各月の電力消費量の割合



(b) 各月の電力負荷の内訳

図4-4 市民館の電力消費量の想定

以上のように想定したモデル避難所の電力負荷の概要を表 4-7 に示す。

表 4-7 想定したモデル避難所の電力負荷の概要

モデル避難所	年間負荷電力量 [kWh]	最大電力 [kW]	平均電力 [kW]	負荷率 [%]
小学校	80,000	22.5	9.1	40.7
中学校	130,000	26.9	14.8	50.1
市民館	16,000	7.0	1.8	26.2
市民館（多目的ホール）	43,000	19.5	4.9	25.2
市民館（複合施設）	165,000	40.7	18.8	46.3

### 【参考文献】

- (1) 茅ヶ崎市 小学校及び中学校施設の概要：  
<https://www.city.chigasaki.kanagawa.jp/kyouiku/shogakko/shisetsu/1005202.html> (2020/09/15)
- (2) 熊本市 教育施設一覧：  
[https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c\\_id=5&id=2147&sub\\_id=1&flid=11551](https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=2147&sub_id=1&flid=11551)  
 (2020/10/02)
- (3) NEDO 日射量データベース閲覧システム：<http://app0.infoc.nedo.go.jp> (2019/08/10)
- (4) 千葉県：防災拠点再生可能エネルギーの導入設備の検討（資料 8）：  
<https://www.city.chiba.jp/kankyo/kankyohozen/hozen/ondanka/documents/gnd1-8.pdf> (2019/10/23)
- (5) 四国経済産業局：平成 29 年度新エネルギー等導入促進基礎調査委託事業 調査報告書、平成 30 年 2 月
- (6) 熊本県教育委員会：「避難所となった学校における施設面の課題等について」  
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shisetu/043/shiryo/\\_icsFiles/afieldfile/2016/06/20/1372530\\_6.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/043/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2016/06/20/1372530_6.pdf)  
 (2019/12/23)
- (7) 角田曄平、金島正治：「教育施設における用途別エネルギー需要に関する調査研究 ―エネルギー需要想定に向けた小中学校における用途別エネルギー需要単位―」、日本建築学会環境系論文集、Vol.81、No.725、pp.633-640、2016 年 7 月

## 第5章 東三河地域の気象概況

本章では、東三河地域各市町村における再生可能エネルギーの年間発電量・平均日発電量を算出するために必要となる気象データ（傾斜面全天日射量、気温、風速）についてまとめる。

### 5-1 気象データの概要

太陽光・風力発電量を計算するために、一時間ごとの傾斜面全天日射量（方位角：南、傾斜角度：30度）、気温、風速データが必要となる。本研究では、これらのデータとしてNEDOが公開している日射量データベース（METPV-11）を使用する。このMETPV-11では、各時間の任意の方位角・傾斜角の傾斜面全天日射量が求められる。また、気温や風速データも備えられている。さらに、気象状況は年により変化するため、本来は複数年の気象データを用いてシステムの評価・設計をすることが望ましいが、METPV-11では平均的な年のデータに加えて、日照条件の良い年（多照年）や、逆に日照条件の悪い年（寡照年）のデータが用意されている。こうしたデータが準備されていることから、METPV-11のデータを用いる。

なお、METPV-11では東三河地域の一部市町村ではデータを得ることができない。そのため、市町村によっては近隣地点のデータを使用することとした。表5-1には各市町村の気象データとして使用したMETPV-11の地点名を示す。

表5-1 各市町村の気象データとして使用したMETPV-11の地点名

市町村名	METPVの地点名	市町村名	METPVの地点名
豊橋市	豊橋	田原市	伊良湖
新城市	新城	設楽町	稲武
豊川市	蒲郡	豊根村	佐久間
蒲郡市		東栄町	

### 5-2 傾斜面全天日射量

図5-1には各市町村の各月の傾斜面全天日射量の平均日積算日射量を示す。また、この結果から求めた各市町村の年平均日積算日射量を表5-2に示す。

表5-2 各市町村の年平均日積算日射量

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
平均年	4.20	3.89	4.37	4.19	3.70	3.90
多照年	5.15	4.90	5.16	5.05	4.49	4.74
寡照年	3.32	3.00	3.97	3.34	2.99	3.11

※単位：kWh/m<sup>2</sup>



同じ地域内で隣接しているということもあり、日射量の季節変化の傾向はどの市町村でもほぼ同じである。一方、日射量の大きさ自体には差が見られる。表 5-2 に示すように、海岸部の豊橋市、田原市、豊川市および蒲郡市では平均年で 4.2 kWh/m<sup>2</sup> を超えるが、山間部の新城市、設楽町、東栄町、豊根村では 3.9 kWh/m<sup>2</sup> を下回る。最も高い田原市の日射量は、最も低い設楽町の約 1.2 倍となる。

### 5-3 気温

図 5-2 には各市町村の各月の平均気温を示す。また、この結果から求めた各市町村の年平均気温を表 5-3 に示す。日射量同様、気温の季節変化の傾向はほぼ同じである。一方で、表 5-3 に示すように、海岸部と山間部の市町村では平均気温に大きな差が見られる。最も高い田原市の気温は、最も低い設楽町よりも 5℃ 程度高いことが分かる。

表 5-3 各市町村の年平均気温

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
平均年	16.0	15.0	16.1	16.0	11.1	14.8
多照年	16.3	15.1	16.0	16.4	10.9	14.7
寡照年	16.4	16.3	16.3	16.2	12.2	15.3

※単位：℃

### 5-4 風速

図 5-3 には各市町村の各月の平均風速を示す。また、この結果から求めた各市町村の年平均風速を表 5-4 に示す。風速の季節変化の傾向および平均風速を見ると、豊橋市と田原市では夏場と冬場の風速に大きな差があり、また年平均風速が概ね 3 m/s を超えることが分かる。その他の市町村では風速は低く、年平均風速は風力発電導入の目安と言われる 3 m/s を下回る結果となった。

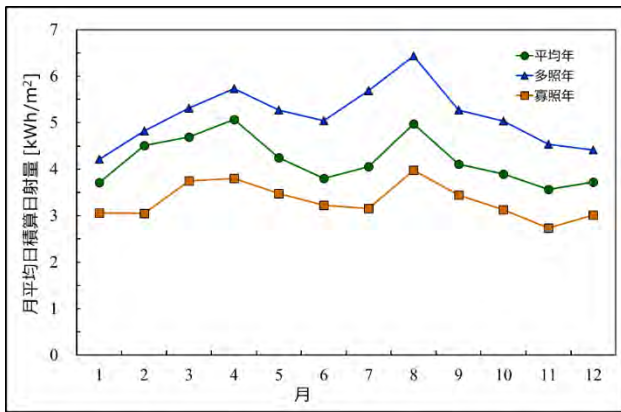
表 5-4 各市町村の年平均風速

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
平均年	3.20	1.54	3.73	1.72	1.12	1.46
多照年	3.21	1.72	3.98	1.84	1.23	1.36
寡照年	2.53	1.00	3.97	1.49	0.96	3.97

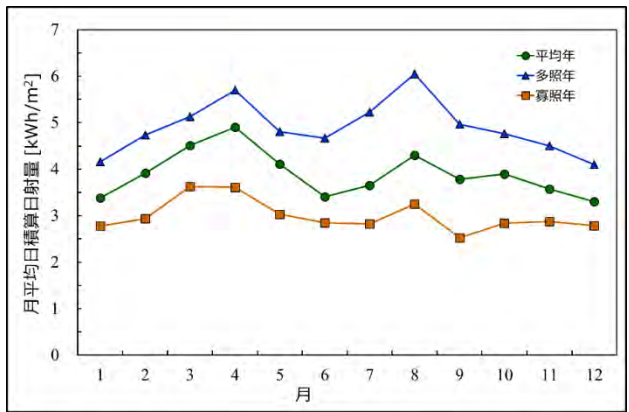
※単位：m/s

#### 【参考文献】

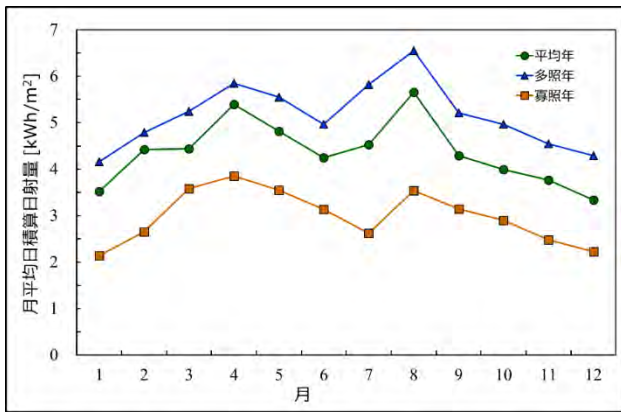
- (1) NEDO 日射量データベース閲覧システム：<http://app0.infoc.nedo.go.jp> (2019/08/10)



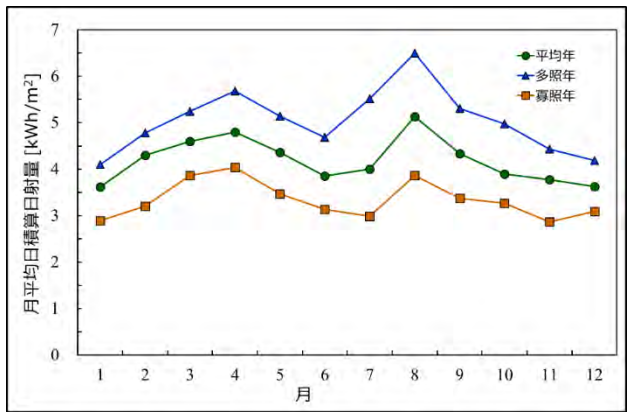
(a) 豊橋市



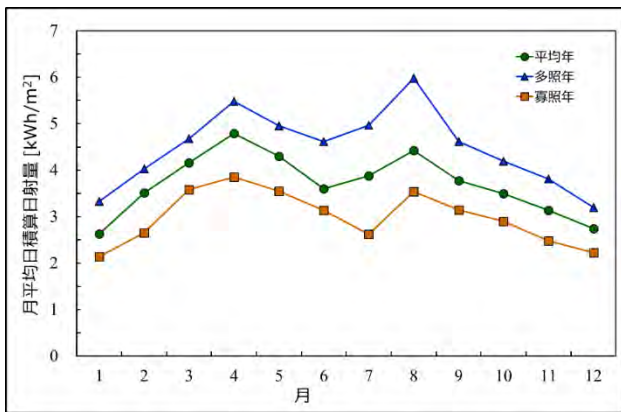
(b) 新城市



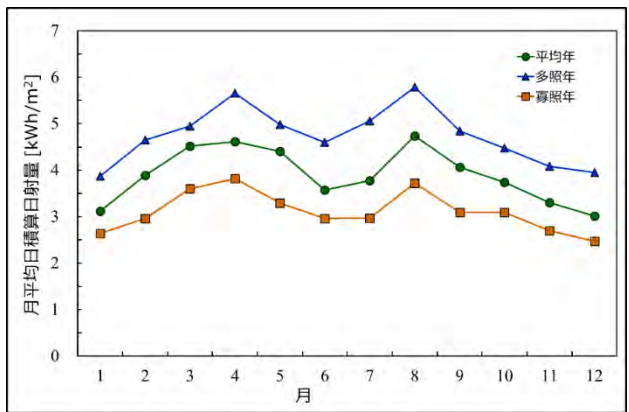
(c) 田原市



(d) 豊川市・蒲郡市 (蒲郡)

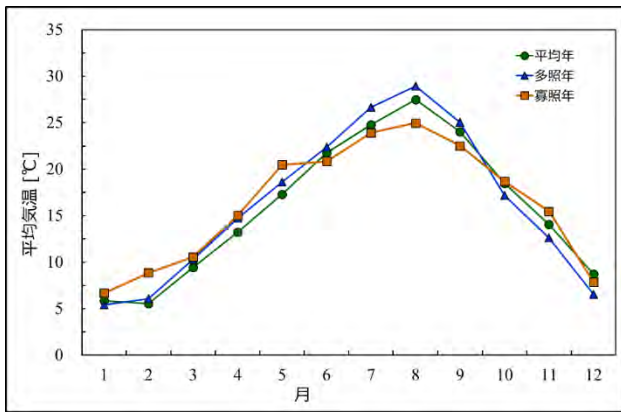


(e) 設楽町 (稲武)

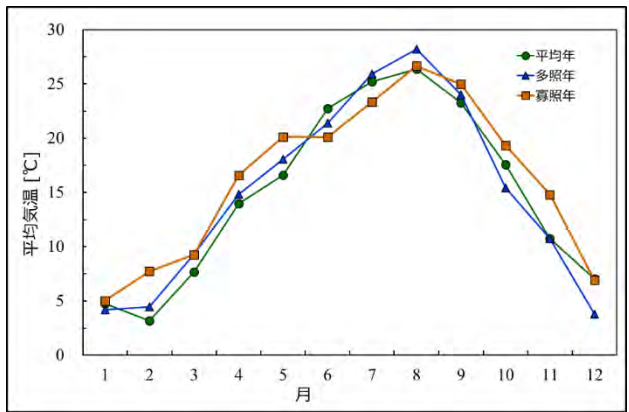


(f) 豊根村・東栄町 (佐久間)

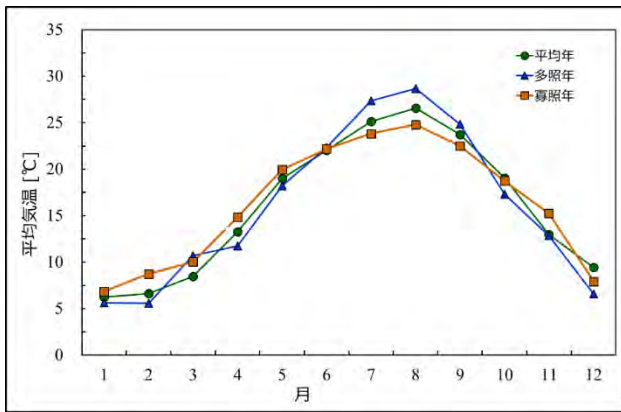
図 5-1 各市町村の各月の傾斜面全天日射量の平均日積算日射量



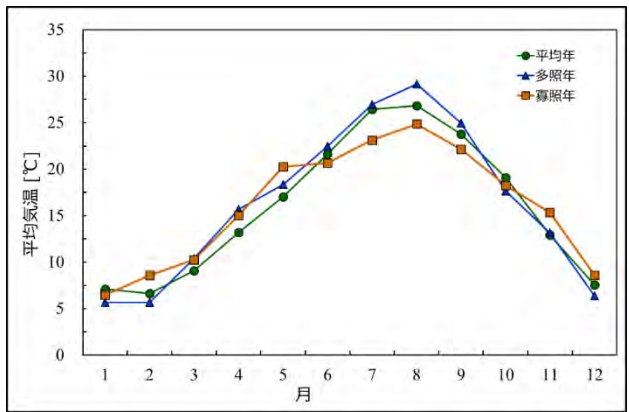
(a) 豊橋市



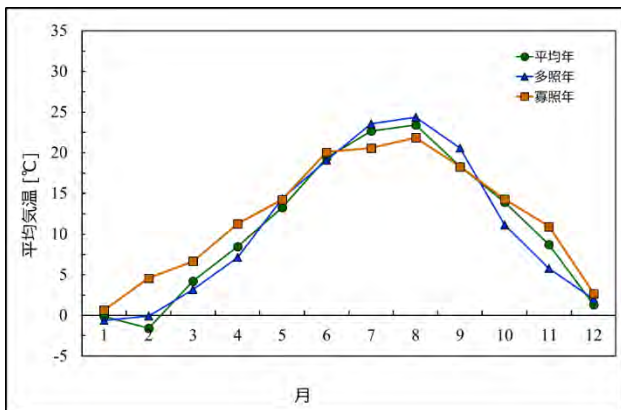
(b) 新城市



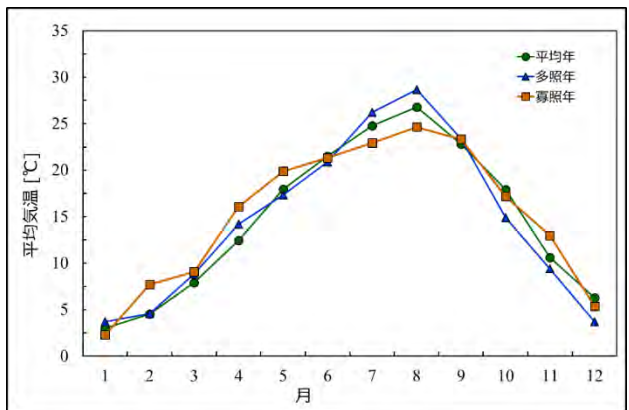
(c) 田原市



(d) 豊川市・蒲郡市 (蒲郡)

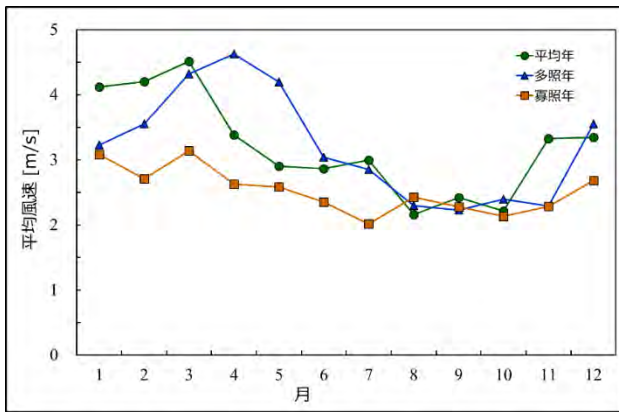


(e) 設楽町 (稲武)

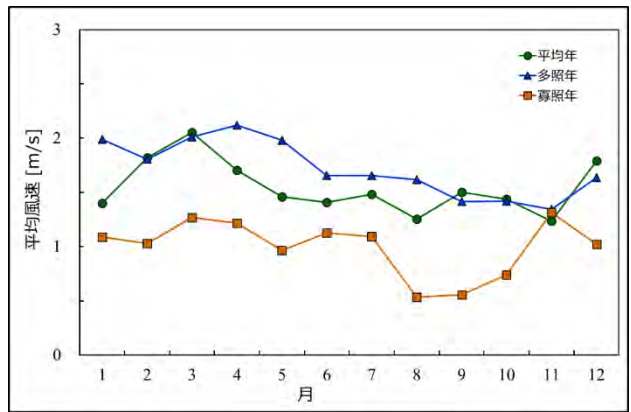


(f) 豊根村・東栄町 (佐久間)

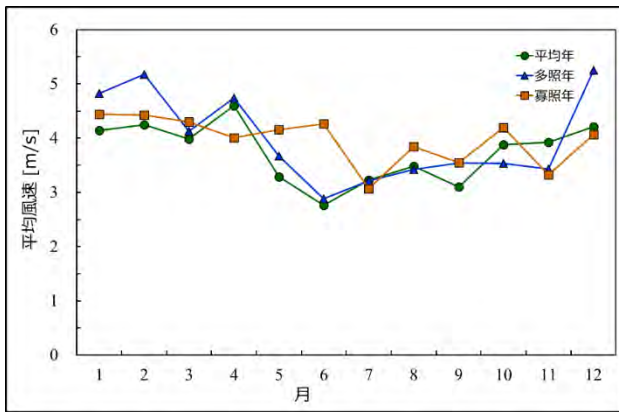
図 5-2 各市町村の月平均気温



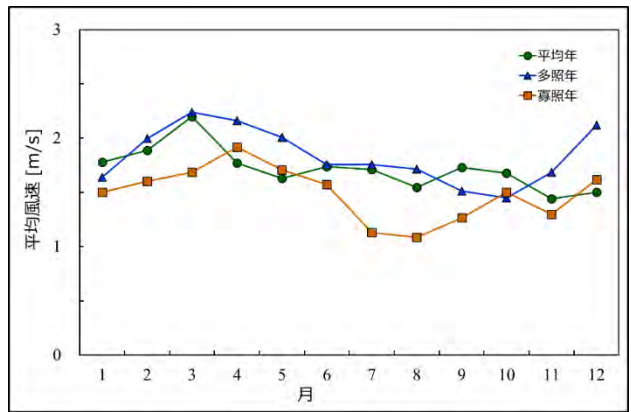
(a) 豊橋市



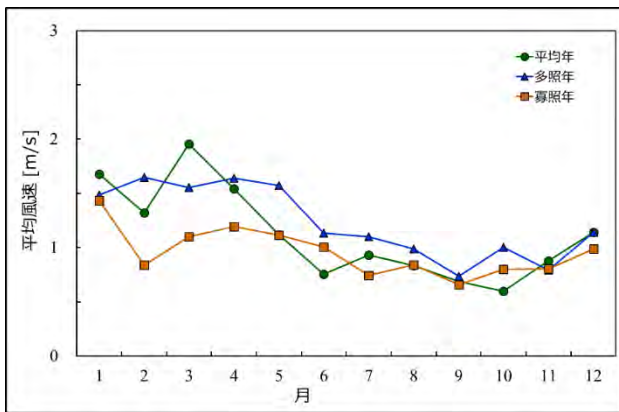
(b) 新城市



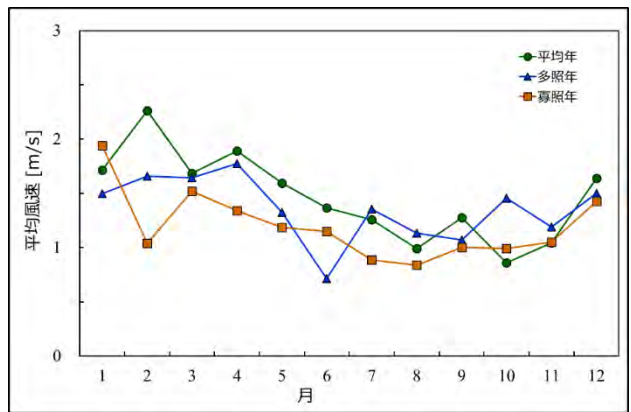
(c) 田原市



(d) 豊川市・蒲郡市 (蒲郡)



(e) 設楽町 (稲武)



(f) 豊根村・東栄町 (佐久間)

図 5-3 各市町村の月平均風速

## 第6章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成の検討結果

本章では第5章でまとめた気象データを利用して、再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの構成を検討する。

### 6-1 太陽光発電・風力発電の単位出力当たりの平均日発電量

#### (1) 太陽光発電

図 6-1 には各市町村の太陽光発電の各月の平均日発電量（単位出力当り）を示す。また、この結果から求めた平均年の各市町村の太陽光発電の年平均日発電量および最低月の平均日発電量を表 6-1 に示す。

表 6-1 各市町村の太陽光発電の年平均および最低月の日発電量（平均年）

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
年平均	3.56	3.32	3.69	3.55	3.22	3.29
最低月	3.06	2.82	2.97	3.22	2.44	2.67

※単位：kWh/kWp

#### (2) 風力発電

本研究では、周囲への影響を考慮して、小型風力発電機の導入を想定している。そのため、小型風力発電機の形状に合わせて風速を高度補正した。その結果として、表 6-2 には各市町村の年平均風速（高度補正後）を示す。風力発電機のハブ高さが風速計測の高度よりも低いため、表 5-4 に示した各市町村の年平均風速よりも低下している。なお、一般的な大型風車（ハブ高さ：70m 以上）の導入であれば、風速は大幅に増大する。

表 6-2 各市町村の年平均風速（高度補正後）

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
平均年	2.95	1.42	3.44	1.58	1.03	1.34
多照年	2.96	1.59	3.66	1.69	1.16	1.87
寡照年	2.94	0.94	3.65	1.38	0.89	1.11

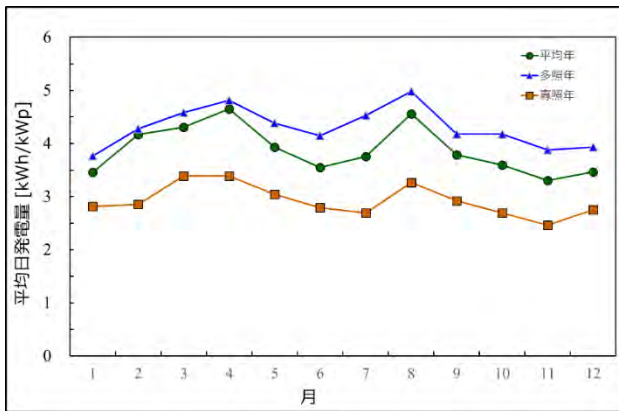
※単位：m/s

このように補正した風速を用いて単位出力当たりの風力発電機出力を計算した。図 6-2 には各市町村の風力発電の各月の平均日発電量（単位出力当り）を示す。また、この結果から求めた平均年の各市町村の風力発電の年平均日発電量、および最低月の平均日発電量を表 6-3 に示す。

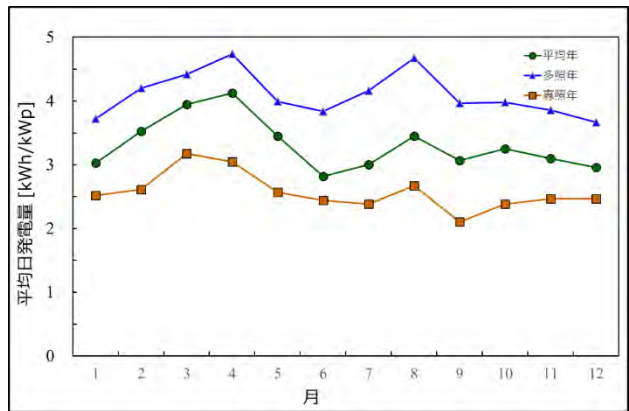
小型風力発電機の導入を想定したため、単位出力当たりの日発電量は非常に小さくなり、太陽光発電（表



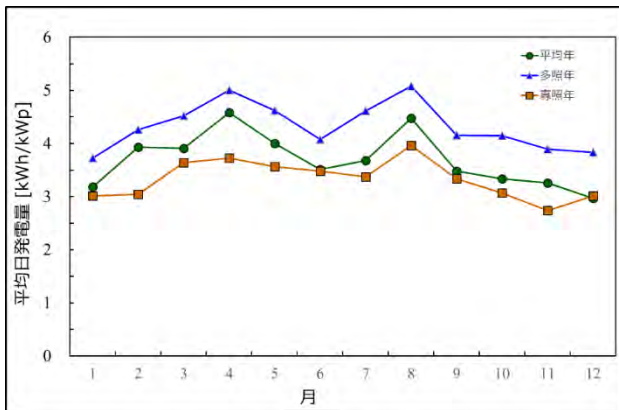
6-1) と比較しても 1/10 以下になっている。この結果から、小型風力発電の導入は現実的には困難であることが分かる。



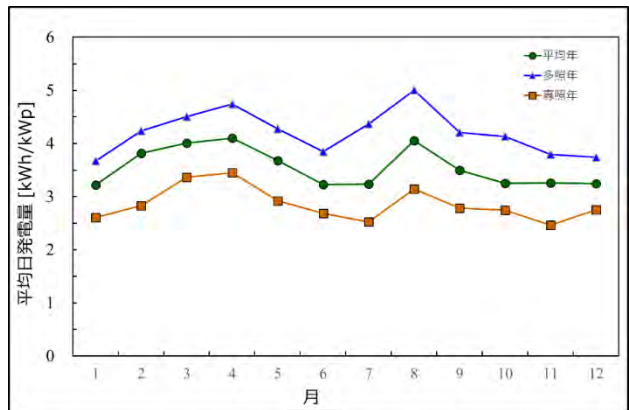
(a) 豊橋市



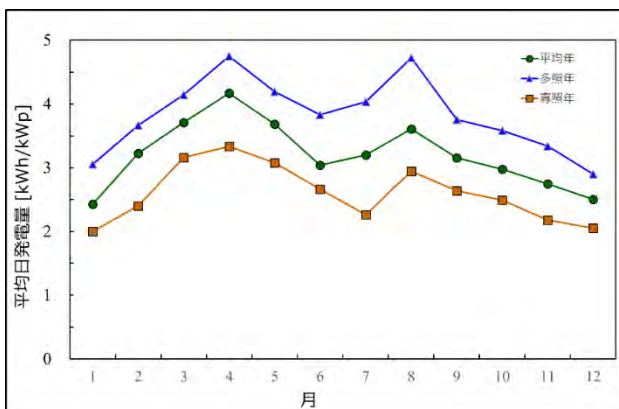
(b) 新城市



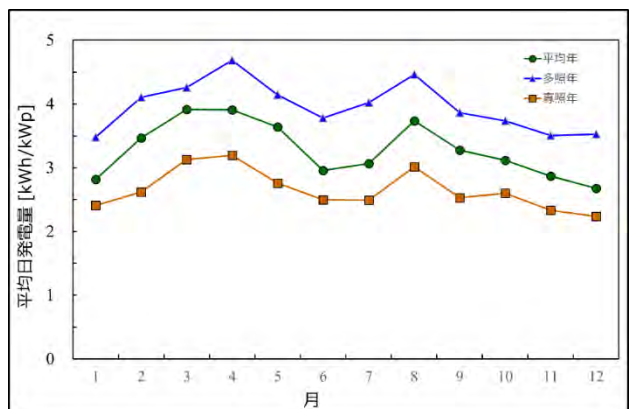
(c) 田原市



(d) 豊川市・蒲郡市 (蒲郡)

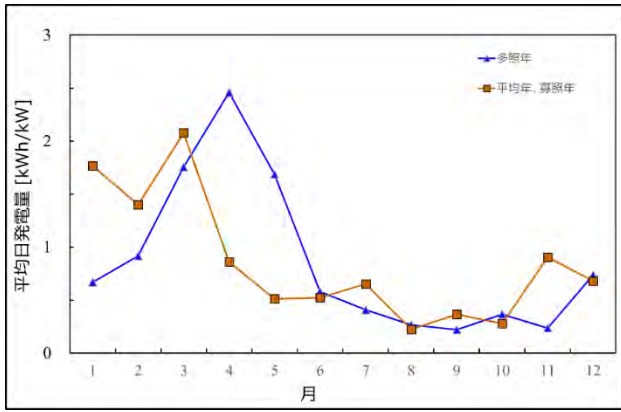


(e) 設楽町 (稲武)

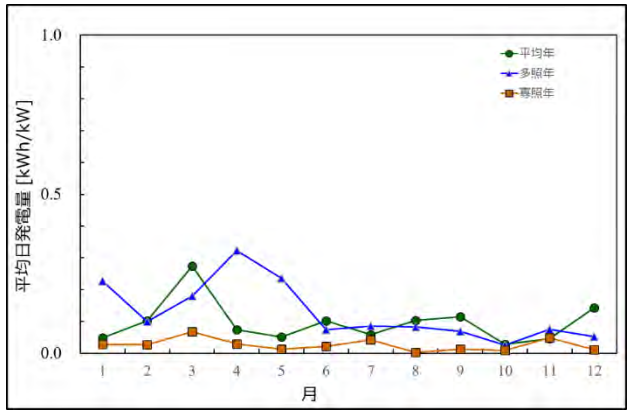


(f) 豊根村・東栄町 (佐久間)

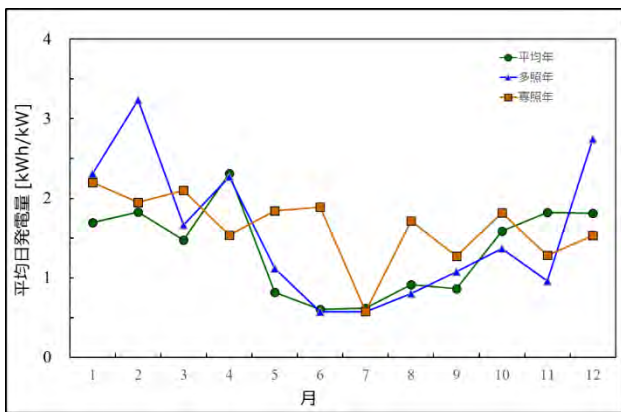
図 6-1 各市町村の太陽光発電の各月の平均日発電量 (単位出力当り)



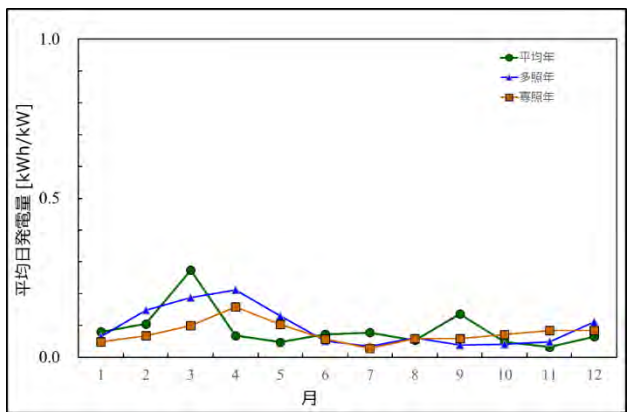
(a) 豊橋市



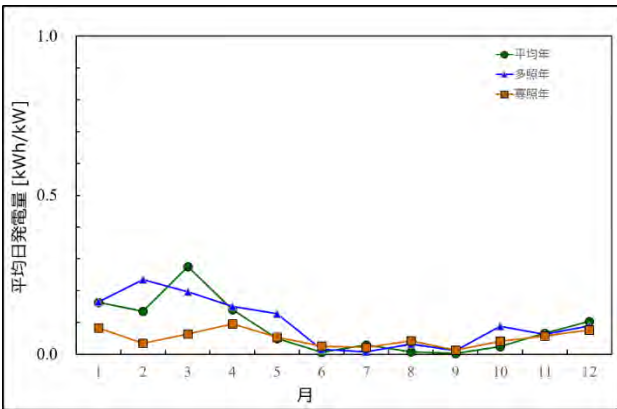
(b) 新城市



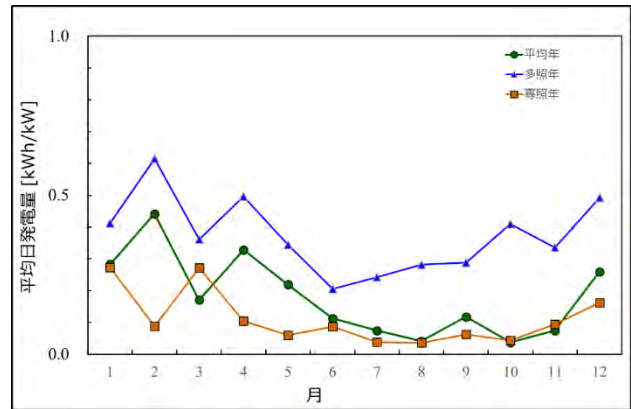
(c) 田原市



(d) 豊川市・蒲郡市 (蒲郡)



(e) 設楽町 (稲武)



(f) 豊根村・東栄町 (佐久間)

図 6-2 各市町村の風力発電の各月の平均日発電量 (単位出力当り)

表 6-3 各市町村の風力発電の年平均および最低月の日発電量 (平均年)

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
年平均	1.11	0.09	1.36	0.09	0.08	0.18
最低月	0.23	0.01	0.46	0.02	0.01	0.03

※単位 : kWh/kW

## 6-2 避難所の運営に必要なシステム構成の検討

表 6-1 および表 6-3 に示した太陽光・風力発電の単位出力当り平均日発電量（最低月の値）と避難所の運営に必要な電力需要の想定値から必要な設備容量を求めた結果を表 6-4 に示す。前述したように、小型風力発電機では必要な設備容量が過剰となり、現実的に導入することは困難である。そのため、これ以降は太陽光発電に限定して、システムの規模およびその運用について検討する。

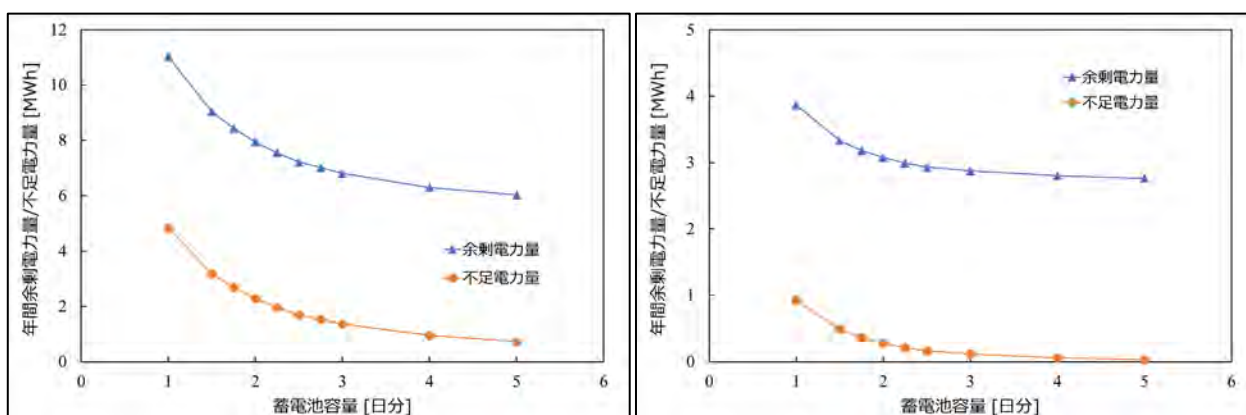
表 6-4 避難所の運営に必要な設備容量（平均年）

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	豊根村 東栄町
太陽光発電	8.8	9.6	9.1	8.4	11.1	10.1
風力発電	117.5	2,701.8	58.7	1,350.9	2,701.8	900.6

※単位：kW

次に、蓄電池容量の検討を行う。太陽光発電だけで電力供給を行う場合、天候により発電量が低下する場合や夜間の電力供給のために蓄電池の導入は不可欠である。しかしながら、電力不足を完全に回避するためには過大な容量の蓄電池が必要となる。

そこでまず、避難所の運営に必要な電力負荷を表 6-4 に示した太陽光発電で1年間賄うとした場合に蓄電池容量によって年間の不足電力量と余剰電力量がどのように変化するかを求めた。その結果を図 6-3 に示す。同図には太陽光発電の設備容量が小さい豊橋市と設備容量が大きい設楽町の結果を示す。なお、横軸の蓄電池容量は1日の電力需要の想定値で規格化した値である。この図より、豊橋市では日電力需要の5日分の蓄電池を導入しても不足電力量を0にすることができないことが分かる。一方で、太陽光発電の設備容量が豊橋市よりも大きい設楽町では、同じ蓄電池容量でも不足電力量は減少し、5日分の蓄電池容量では不足電力量は25 kWhまで低下している。また、どちらの場合も蓄電池容量を5日分以上にしても余剰電力量は減少しないことが分かる。



(a) 豊橋市

(b) 設楽町

図 6-3 蓄電池容量と年間余剰電力量／不足電力量の関係

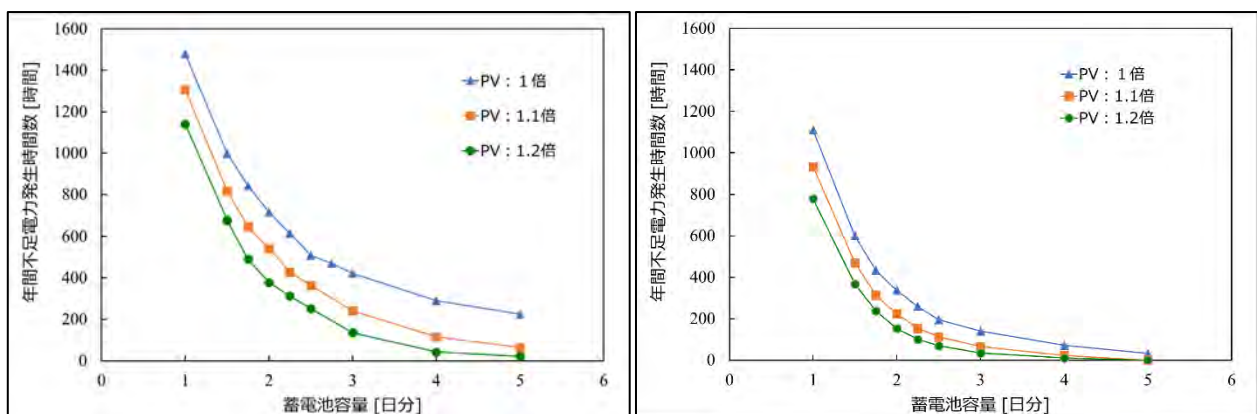


次に、太陽光発電の設備容量を表 6-4 の値、1.1 倍、1.2 倍と変化させたときに蓄電池容量によって 1 年間に不足電力が発生する時間数と余剰電力量がどのように変わるのかを求めた。その結果を図 6-4 および図 6-5 に示す。

図 6-4 より、同じ蓄電池容量でも太陽光発電の設備容量が大きい方が不足電力の発生時間数が減少していることが分かる。この理由を検討するために、太陽光発電電力と蓄電池充電率の日変化を調べた。図 6-6 には 1 月の 4 日間の日変化の結果を示す。太陽光発電容量が 1 倍の場合、1 月 9 日の深夜で蓄電池充電率が 20% となり、電力供給不足が発生している。一方で、太陽光発電容量が 1.2 倍の場合、1 月 8 日の昼間の蓄電池の充電量が大きく、蓄電池の充電率を 100% 近くまで上昇させることができ、結果として 1 月 9 日深夜に電力不足を生じることなく電力を供給している。

こうした結果から、不足電力が発生する要因には、次の二つがあることが分かる。

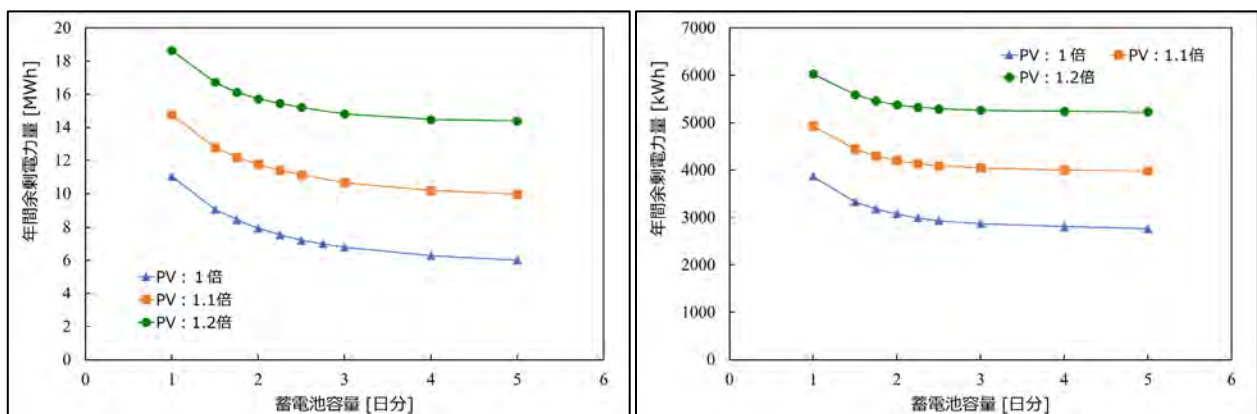
- ①蓄電池容量が少なく、天候が悪い日が続いた場合に必要となる電力量を充電できず、不足電力が生じる
- ②太陽光発電の容量が少なく、天候がある程度回復しても充電のための発電量が確保できず、蓄電池を充電しきれないために電力不足が生じる



(a) 豊橋市

(b) 設楽町

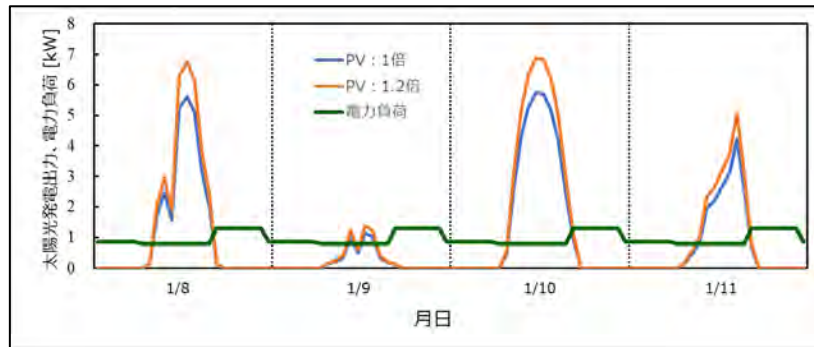
図 6-4 蓄電池容量と年間不足電力発生時間数の関係



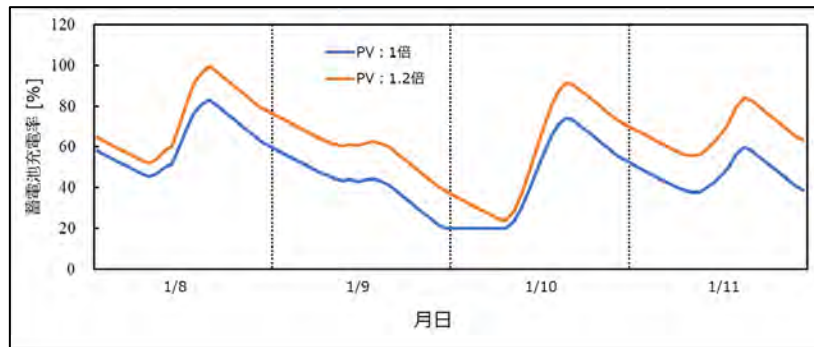
(a) 豊橋市

(b) 設楽町

図 6-5 蓄電池容量と年間余剰電力量の関係（太陽光発電の設備容量の影響）



(a) 太陽光発電電力、電力負荷



(b) 蓄電池充電率

図 6-6 太陽光発電の設備容量による蓄電池充電率の日変化の比較  
(対象地域：豊橋市)

以上のことを踏まえて、太陽光発電の設備容量との関係を考慮しながら年間で不足電力が発生する時間数が5%以下となるような蓄電池容量を、災害時の電力負荷が1年間継続する場合を想定した年間シミュレーションから求める。ただし、太陽光発電容量については、過剰になると余剰電力量が急増(図6-5)してシステムの経済性に悪影響を与えること、また設置可能な規模への影響を考え、最低月の平均日発電量から求めた設備容量の1.2倍までとする。

このようにして求めた避難所の運営に必要なとなる設備容量の結果を表6-5に示す。太陽光発電の容量が1.1倍となった豊橋市、設楽町、豊根村・東栄町では蓄電池容量は日負荷電力量の1.75日分に、その他の市では太陽光発電の容量は変わらず、蓄電池容量は2日分となった。

表 6-5 避難所の運営に必要なとなる設備容量

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
太陽光発電 [kW]	10.6	9.6	9.1	9.3	12.2	11.1
蓄電池容量 [kWh]	40.4	46.2	46.2	46.2	40.4	40.4

### 6-3 避難所全体で必要となるシステム構成の検討

次に、前節と同様の手順により運営所全体で必要となるシステム構成をモデル避難所ごとに検討した。その結果を表6-6に示す。なお、小学校と中学校は電力需要の想定が同じであるため、設備容量も同じに

なっている。いずれの場合も、蓄電池容量は日負荷電力量（電力需要）の1.75日分もしくは2日分となっている。

表 6-6 避難所全体に必要な設備容量

	豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	豊根村 東栄町
<b>モデル避難所：小学校、中学校</b>						
電力需要 [kWh]	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2
太陽光発電 [kW]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
蓄電池容量 [kWh]	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4
<b>モデル避難所：市民館</b>						
電力需要 [kWh]	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6	37.6
太陽光発電 [kW]	17.3	17.2	16.3	15.1	18.0	18.2
蓄電池容量 [kWh]	75.2	65.8	75.2	75.2	75.2	75.2
<b>モデル避難所：市民館（多目的ホール）</b>						
電力需要 [kWh]	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3	124.3
太陽光発電 [kW]	57.0	56.8	53.8	54.1	59.6	59.8
蓄電池容量 [kWh]	248.6	248.6	248.6	217.5	248.6	248.6
<b>モデル避難所：市民館（複合施設）</b>						
電力需要 [kWh]	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1
太陽光発電 [kW]	29.4	29.3	27.7	25.6	30.7	30.9
蓄電池容量 [kWh]	128.2	112.2	128.2	128.2	128.2	128.2

## 第7章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの平常時の運用法

災害用に導入した電力供給システムを災害時に正常に稼働させるとともに、システム導入の経済的効果をも高めるためには、平常時からシステムを活用することが重要である。本章では、再生可能のエネルギーを利用した電力供給システムの平常時の運用について、蓄電池を活用した二つの運用法について示す。

### 7-1 システムの運用法

本研究では平常時のシステムの運用について、①蓄電池を活用して太陽光発電電力をできる限り自家消費に使用する運用法（運用法1）と、②蓄電池を活用して系統からの最大購入電力を抑制する運用法（運用法2）の二つの運用法について検討する。

これら二つの運用法は基本的な方針が大きく異なるものの、どちらも蓄電池を活用した運用法である。そこで、これらの運用法との比較のために、そもそも蓄電池を活用しない運用法（運用法0）についても検討し、蓄電池の活用効果を明確にする。

以下に、各運用法の特徴をまとめる。

#### 運用法0：蓄電池を活用しない運用法

太陽光発電の余剰電力は全量売電し、また不足電力は全量を系統から購入する。

蓄電池を活用した運用法との比較のために、本運用法についても検討する。

#### 運用法1：太陽光発電電力の自家消費を促進する運用法

太陽光発電の余剰電力は蓄電池に充電し、できる限り自家消費に使用する。ただし、蓄電池の充電率が100%を超える場合には、その余剰分は電力系統に売電する。

また、不足電力が発生した際には、蓄電池からの放電で負荷に電力を供給する。ただし、蓄電池からの放電だけでは賅えない場合には、その不足分を電力系統から購入する。

#### 運用法2：ピーク負荷軽減法

蓄電池に充電された電力を使用して、系統からの購入電力の最大値を設定した値（ピークカット電力）以下に抑制する。これにより、契約電力の抑制、すなわち電気料金の基本料金の削減を目指す。

ピークカット電力の抑制のために、電力負荷がピークカット電力を下回る場合には系統から電力を購入して蓄電池を充電する。ただし、本研究では、蓄電池充電のための系統からの電力の購入時間を深夜時間帯の24～7時に制限する。

また、余剰電力が発生した場合には、蓄電池の充電率が100%を超えない範囲内で蓄電池に充電する。

### 7-2 システム運用の年間シミュレーション

システムを上記の運用法で運用した場合にどのような効果が得られるのかは、システムの規模やモデル避難所の電力負荷、導入対象地域の気象条件等により異なる。そこで本研究では、第4章で述べた年間の

各日時の電力負荷（モデル避難所の電力負荷パターン）および太陽光発電電力データ（METPV-11 の値から計算）を用いて1時間ごとの電力の流れを年間シミュレーションから求め、システムの導入効果を検討する。具体的には、年間シミュレーションではシステムの運用法に合わせて、実質的な電力負荷（電力負荷－太陽光発電電力）および余剰電力（系統への売電電力）、系統からの購入電力、蓄電池への充電電力、蓄電池からの放電電力、蓄電池の充電率を1時間ごとに計算する。1年間の計算が終了した後にこれらの値をまとめ、年間の余剰電力量（売電電力量）および系統からの購入電力量を計算する。さらに、年間の最大購入電力と最大余剰電力から契約電力を検討し、年間電気料金を計算する。

なお、運用法2（ピーク負荷軽減法）については、ピークカット電力の設定値を変更しながら年間シミュレーションを繰り返し実行し、設定可能なピークカット電力の最低値を求める。

## 第8章 再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの経済性評価

第6章では避難所の運用に必要な設備容量を決定するとともに、モデル避難所ごとに避難所全体で必要となる設備容量を決定した。本章ではそれらのシステムについて、第7章で示した平常時のシステムの運用を考慮して、モデル避難所ごとにその導入効果（経済性）を検討する。

検討に当たっては、以下の内容について分析を行う。

- ・システムの運用時の系統からの購入電力および蓄電池充電率の時系列結果  
蓄電池の使い方进行分析する。
- ・電力負荷持続曲線  
電力負荷持続曲線とは、ある値以上の電力負荷が何時間存在するのを示す曲線である。例えば、横軸の値が1,000時間、その時の縦軸の値が20kWであれば、「電力負荷が20kW以上の時間が1,000時間ある」ということになる。  
システム導入に伴う実質的な電力負荷の変化や、系統からの購入電力の全体像进行分析する。
- ・年間コスト  
設備費に加えて、余剰電力量（系統への売電電力量）、系統からの購入電力量、契約電力などから評価する。

以上の内容から平常時にどのようにシステムを運用すべきか、それに伴ってどの程度の年間コストが必要になるのかを検討する。

### 8-1 各モデル避難所の年間コスト

#### (1) 小学校

システムの運用による系統からの購入電力、蓄電池の充電率の時系列結果を図8-1に示す。

図(a)には1月の結果を示す。運用法1では昼間に余剰電力を充電し、夜間に放電して電力負荷に電力を供給している。そのため、系統への売電力・系統からの買電電力がなく、購入電力が0になっている時間帯が非常に多い。

一方で、運用法2では電力負荷から太陽光発電電力を差し引いた実質的な電力負荷の値が12kW（ピークカット電力）未満のために蓄電池からの放電はなく、必要な電力は系統から購入している。それにより蓄電池の充電率は100%で推移している。そのため、太陽光発電電力が負荷電力を上回っても蓄電池には充電できず、余剰電力となって系統に売電されている。

図(b)には7月の結果を示す。運用法1では電力負荷が太陽光発電電力を上回る時間帯がほとんどであり、太陽光発電電力が直接負荷に供給されている。従って、蓄電池に充電する電力はほとんどないため、蓄電池があまり使われず、充電率は20%付近で推移している。

運用法2では夕方から夜間にかけて蓄電池からの放電により系統からの購入電力がピークカット電力以下に抑制されている。また、深夜時間帯には電力負荷を上回る電力を系統から購入して蓄電池を充電している。その結果、朝方には蓄電池の充電率が100%まで回復している。

図8-2には電力負荷持続曲線を示す。ここでは、太陽光発電設備容量が異なる3つの地域について、年

間シミュレーションから得られた電力負荷持続曲線を比較し、各運用法の特徴を分析する。

図(a)の電力負荷持続曲線はシステム導入前、および電力負荷から太陽光発電電力を差し引いた実質的な電力負荷の持続曲線である。同図より、どの地域でもシステム導入前に対して実質的な電力負荷は太陽光発電電力分低下し、最大電力負荷はシステム導入前の 22 kW から 19~20 kW に低下していることが分かる。また、7,000 時間以降で電力負荷がマイナスになっている。すなわち、余剰電力が 1,700 時間程度発生している。その最大値も 21~24 kW に達している。

図(b)には運用法 1 の場合の電力負荷持続曲線を示す。この図より、地域により差があるものの、概ね 5,000~8,600 時間の部分で電力負荷（購入電力）が 0 kW になっている。この約 3,600 時間が蓄電池の充電・放電により系統からの購入電力がない時間ということになる。一方で、蓄電池で吸収しきれなかった電力が系統に売電されている。持続曲線の形状がスパイク上になっていることから、きわめて大きな電力が短時間だけ余剰電力として発生していることが分かる。

図(c)には運用法 2 の場合の電力負荷持続曲線を示す。同図から、系統からの購入電力が 1,000 時間程度、ピークカット電力に抑制されていることが分かる。また、蓄電池の充電のために系統からの購入電力量も増えるため、系統から電力を購入する時間が 7,000 時間程度あることが分かる。さらに、時系列結果で示したように、余剰電力が蓄電池には積極的に充電されないため、運用法 0 と同様に系統への余剰電力も 1,700 時間程度発生することが分かる。

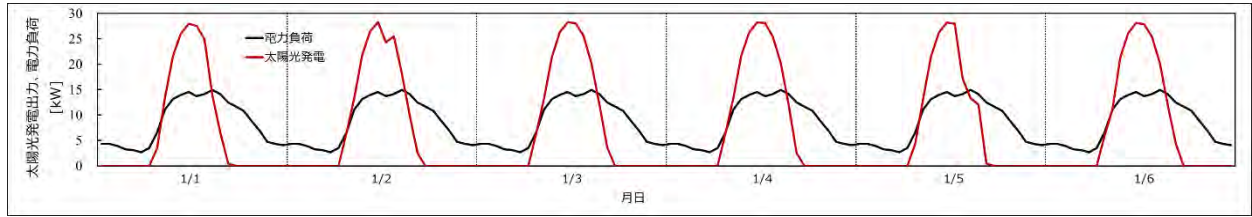
表 8-1 には年間コストの比較結果を示す。蓄電池を活用しない運用法 0 では余剰電力が売電されるため、また余剰電力の最大値が大きいこともあり、年間電気料金は減少するものの、年間のトータルコストは 119~133%の増大となる。

運用法 1 では蓄電池の利用で余剰電力量および購入電力量が抑制されるものの、年間コストは 111~124%の増大となる。

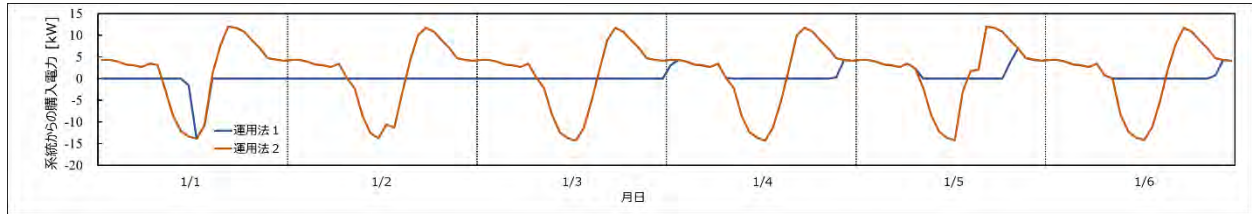
運用法 2 ではピークカットを行うことで最大購入電力は 12 kW に低下するが、余剰電力でピークが発生する。これに合わせて基本料金を求めると、基本料金の低下は見られない。時系列結果や電力負荷持続曲線でも示したように、余剰電力の抑制はなく、また購入電力量は蓄電池の充電のために増大する。そのため、年間のトータルコストは 119~133%の増大となる。

以上のことから、小学校については運用法 1 によるシステム運用が適切であり、その際に年間コストは 111~124%の増大となることが分かる。蓄電池を活用しながら余剰電力を抑制して効果的に太陽光発電電力を自家消費しているものの、設備費（特に蓄電池）の負担が大きいことがその要因である。

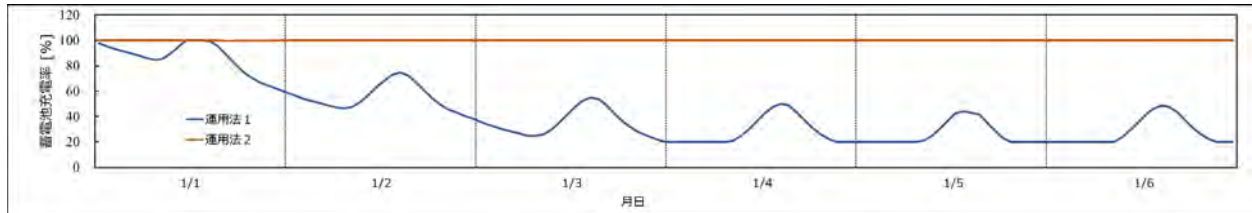




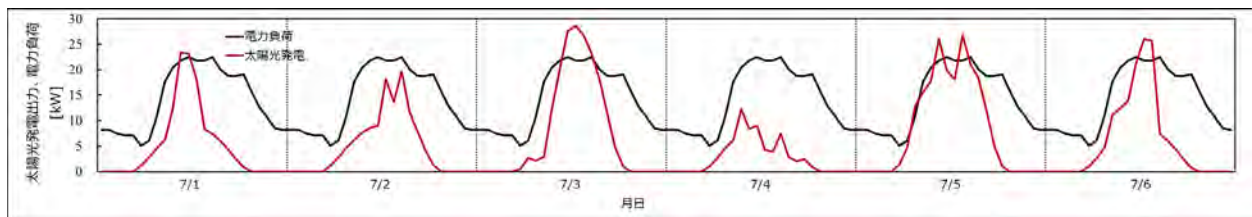
(a-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (1月)



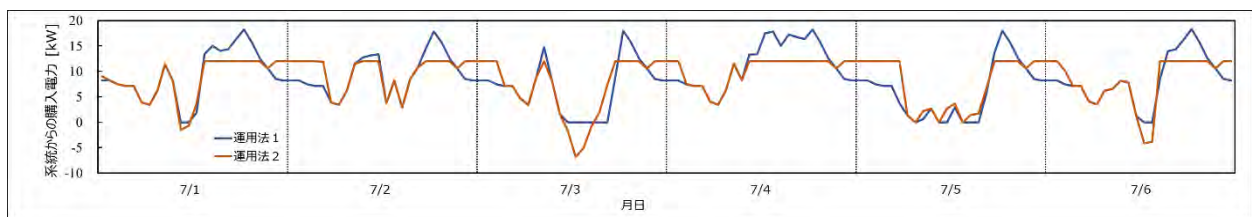
(a-2) 系統からの購入電力 (1月)



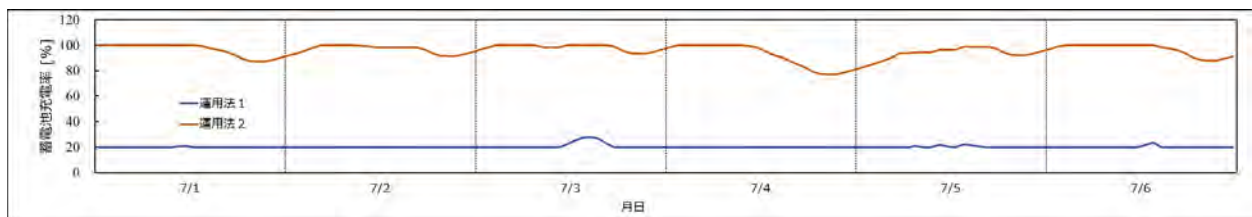
(a-3) 蓄電池充電率 (1月)



(b-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (7月)



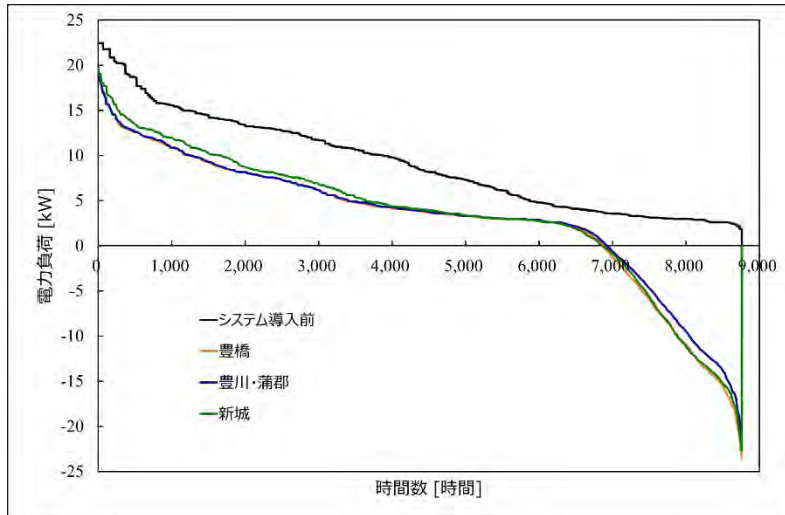
(b-2) 系統からの購入電力 (7月)



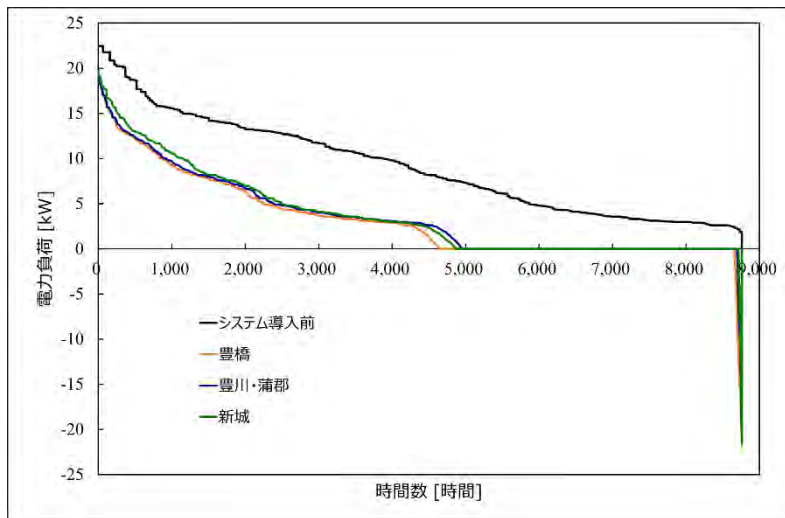
(b-3) 蓄電池充電率 (7月)

図 8-1 システムの運用による系統からの購入電力および蓄電池充電率の日変化  
(モデル避難所：小学校、地域：豊橋市)

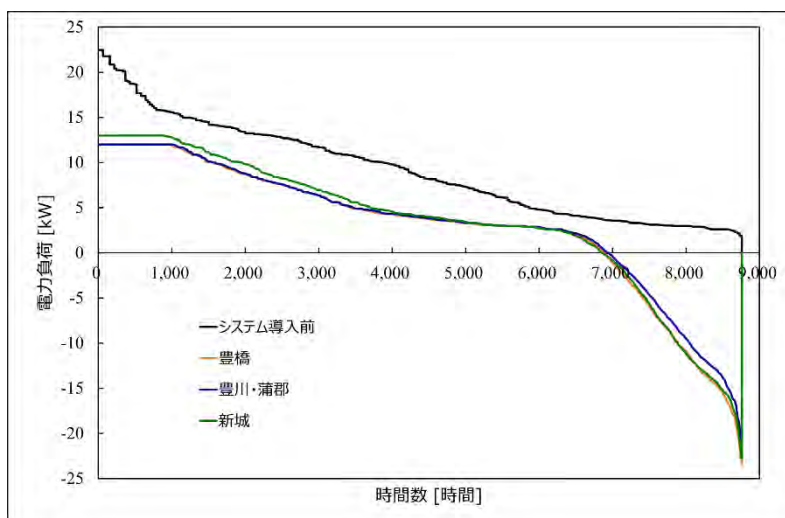




(a) 太陽光発電導入後



(b) 運用法1 (余剰発生時：充電、不足発生時：放電)



(c) 運用法2 (ピーク負荷軽減)

図 8-2 システムの運用による電力負荷持続曲線の変化  
(モデル避難所：小学校)

表 8-1 システムの年間コストの比較（モデル避難所：小学校）

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
	年間太陽光発電量	[kWh]	54,545	50,570	53,383	51,556	51,456	52,750
	蓄電池容量	[kWh]	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4
設備費	太陽光発電設備	[円]	883,200	877,800	833,800	837,600	922,000	926,000
	蓄電池	[円]	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000
	設備費合計	[円]	<b>2,807,200</b>	<b>2,801,800</b>	<b>2,757,800</b>	<b>2,761,600</b>	<b>2,846,000</b>	<b>2,850,000</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
年間購入電力量	[kWh]	80,031	80,031	80,031	80,031	80,031	80,031	80,031
最大購入電力	[kW]	22	22	22	22	22	22	22
年間電力量料金	[円]	1,280,488	1,280,488	1,280,488	1,280,488	1,280,488	1,280,488	1,280,488
年間基本料金	[円]	441,600	441,600	441,600	441,600	441,600	441,600	441,600
年間電気料金	[円]	1,722,088	1,722,088	1,722,088	1,722,088	1,722,088	1,722,088	1,722,088
年間コスト	[円]	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>	<b>1,722,088</b>
<b>システム導入後 年間コスト－運用法0</b>								
年間余剰電力量	[kWh]	17,531	16,981	15,993	15,006	18,391	17,086	
年間購入電力量	[kWh]	43,016	46,441	42,641	43,480	46,965	44,366	
最大購入電力	[kW]	19	20	19	19	20	19	
最大余剰電力	[kW]	24	23	22	21	26	25	
年間電力量料金	[円]	583,080	641,177	586,293	605,650	641,101	607,345	
年間基本料金	[円]	460,800	441,600	422,400	422,400	518,400	480,000	
年間電気料金	[円]	1,043,880	1,082,777	1,008,693	1,028,050	1,159,501	1,087,345	
年間コスト	[円]	<b>3,851,080</b>	<b>3,884,577</b>	<b>3,766,493</b>	<b>3,789,650</b>	<b>4,005,501</b>	<b>3,937,345</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>2,128,991</b>	<b>2,162,488</b>	<b>2,044,404</b>	<b>2,067,562</b>	<b>2,283,413</b>	<b>2,215,257</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>124</b>	<b>126</b>	<b>119</b>	<b>120</b>	<b>133</b>	<b>129</b>	
<b>システム導入後 年間コスト－運用法1</b>								
年間余剰電力量	[kWh]	1,083	496	506	638	866	914	
年間購入電力量	[kWh]	29,511	32,906	29,915	31,587	32,585	31,085	
最大購入電力	[kW]	19	20	19	19	20	19	
最大余剰電力	[kW]	22	22	21	20	25	24	
年間電力量料金	[円]	465,674	523,516	475,608	501,561	516,159	491,870	
年間基本料金	[円]	422,400	422,400	403,200	403,200	499,200	480,000	
年間電気料金	[円]	888,074	945,916	878,808	904,761	1,015,359	971,870	
年間コスト	[円]	<b>3,695,274</b>	<b>3,747,716</b>	<b>3,636,608</b>	<b>3,666,361</b>	<b>3,861,359</b>	<b>3,821,870</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,973,185</b>	<b>2,025,628</b>	<b>1,914,519</b>	<b>1,944,273</b>	<b>2,139,271</b>	<b>2,099,782</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>115</b>	<b>118</b>	<b>111</b>	<b>113</b>	<b>124</b>	<b>122</b>	
<b>システム導入後 年間コスト－運用法2</b>								
年間余剰電力量	[kWh]	17,455	16,979	15,701	14,928	18,390	17,027	
年間購入電力量	[kWh]	43,249	46,756	42,851	43,715	47,157	44,624	
最大購入電力	[kW]	12	13	11	12	14	12	
最大余剰電力	[kW]	24	23	22	21	26	25	
年間電力量料金	[円]	587,262	646,219	591,414	609,878	644,178	611,824	
年間基本料金	[円]	460,800	441,600	422,400	422,400	518,400	480,000	
年間電気料金	[円]	1,048,062	1,087,819	1,013,814	1,032,278	1,162,578	1,091,824	
年間コスト	[円]	<b>3,855,262</b>	<b>3,889,619</b>	<b>3,771,614</b>	<b>3,793,878</b>	<b>4,008,578</b>	<b>3,941,824</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>2,133,173</b>	<b>2,167,531</b>	<b>2,049,526</b>	<b>2,071,789</b>	<b>2,286,489</b>	<b>2,219,735</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>124</b>	<b>126</b>	<b>119</b>	<b>120</b>	<b>133</b>	<b>129</b>	

## (2) 中学校

図 8-3 にはシステムの運用による系統からの購入電力、蓄電池の充電率の時系列結果の比較を示す。

図(a)には1月の結果を示す。運用法1では昼間に余剰電力を充電し、夜間に放電して電力負荷に電力を供給しているが、小学校の場合と比較して電力需要が大きくなっていることもあり、太陽光発電電力が負荷電力を上回る時間が減少している。その結果、蓄電池の充電率は20%付近で推移している。

一方で、運用法2では電力負荷から太陽光発電電力を差し引いた実質的な電力負荷の値が17kW（ピークカット電力）未満のために蓄電池からの放電はなく、必要な電力は系統から購入している。それにより蓄電池の充電率は100%で推移している。また、太陽光発電電力が負荷電力を上回る時間帯では、余剰電力は系統に売電されている。

図(b)には7月の結果を示す。運用法1では電力負荷が太陽光発電電力を上回る時間帯がほとんどであり、蓄電池に充電する電力はほとんどない。そのため、蓄電池があまり使われず、充電率は20%付近で推移している。

運用法2では昼間から夜間にかけて蓄電池からの放電で系統からの購入電力がピークカット電力以下に抑制されている。また、深夜時間帯には電力負荷を上回る電力を系統から購入して蓄電池を充電し、朝方には蓄電池の充電率が100%まで回復している。

図 8-4 に電力負荷持続曲線を示す。図(a)の持続曲線を見ると、システム導入前に対して、どの地域でも実質的な電力負荷は太陽光発電電力分低下している。しかしながら、電力負荷がマイナスとなる時間は7,500時間以降と、小学校に比べて減少している。なお、余剰電力の最大値は17~20kWとなり、最大電力負荷はシステム導入前の30kWから27~28kWに低下している。

図(b)の運用法1の持続曲線を見ると、地域により差があるものの、概ね7,000~7,500時間以降で電力負荷（購入電力）が0kWになっている。また、余剰電力は発生していない。

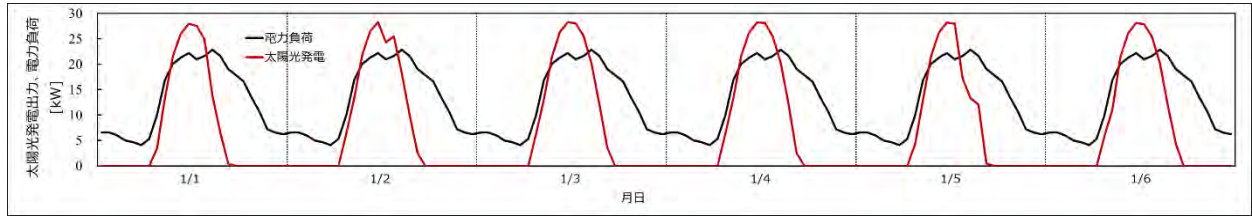
図(c)の運用法2の持続曲線を見ると、系統からの購入電力が2,200~2,600時間程度、ピークカット電力に抑制されていることが分かる。また、蓄電池の充電のために系統からの購入電力量も増えるため、系統から電力を購入する時間が7,500時間程度あることが分かる。さらに、運用法0と同様に系統への余剰電力も1,200時間程度発生する。

表 8-2 には年間コストを示す。運用法0では、小学校と比較して電力負荷が増大したため、年間の余剰電力量が減少し、年間のトータルコストは72~76%の増大となる。

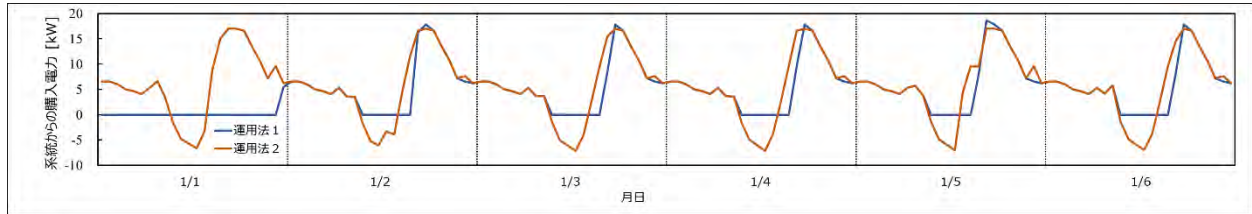
運用法1では、蓄電池の利用で年間の余剰電力量が0になり、年間コストは71~75%の増大となる。

運用法2では、ピークカットを行うことで最大購入電力は16~17kWに低下し、また余剰電力のピークも17~20kWにとどまっている。そのため、基本料金が大きく低下している。その結果、年間のトータルコストは64~71%の増大となる。

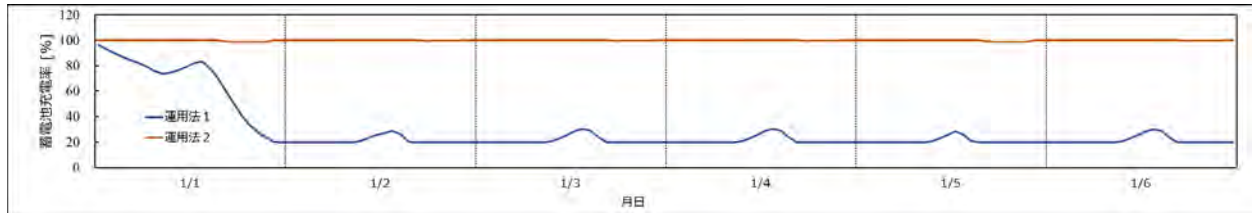
以上のことから、電力負荷が小学校よりも増大した中学校については、運用法2によるシステム運用が適切であり、その際に年間コストは64~71%の増大となることが分かる。年間の電力負荷が増大したことで、運用法1でも蓄電池を活用しながら余剰電力をゼロにして効果的に太陽光発電電力を自家消費することで、年間コストの増大を71~75%に抑制している。しかしながら、運用法2ではピークカットによる基本料金の削減もそれに上乗せされ、結果としてこの運用法の方が年間コストを抑制できる結果となった。



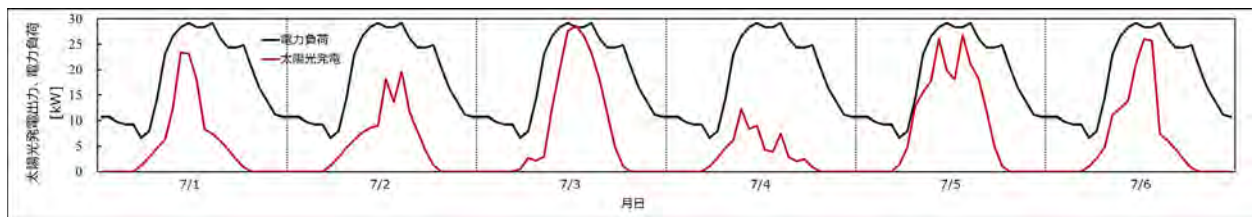
(a-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (1月)



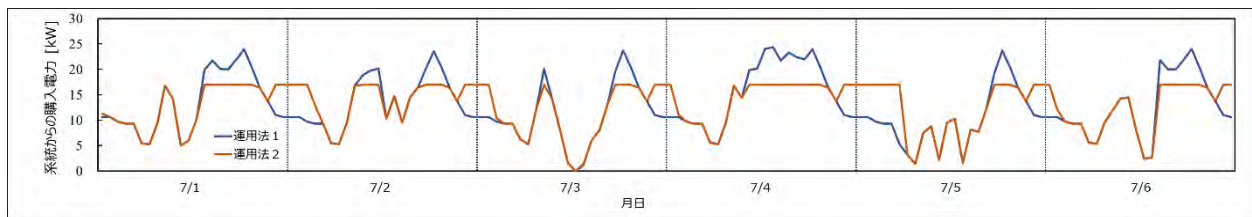
(a-2) 系統からの購入電力 (1月)



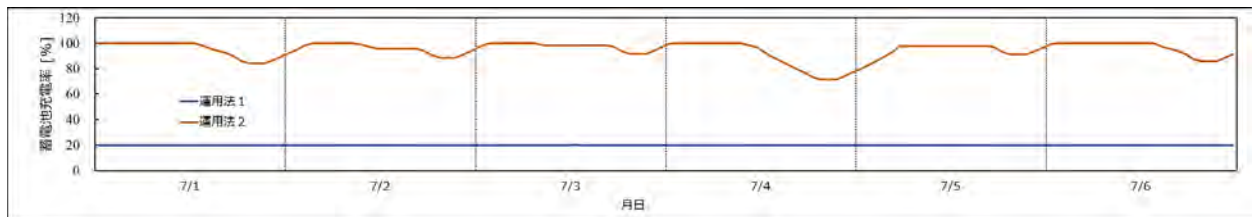
(a-3) 蓄電池充電率 (1月)



(b-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (7月)

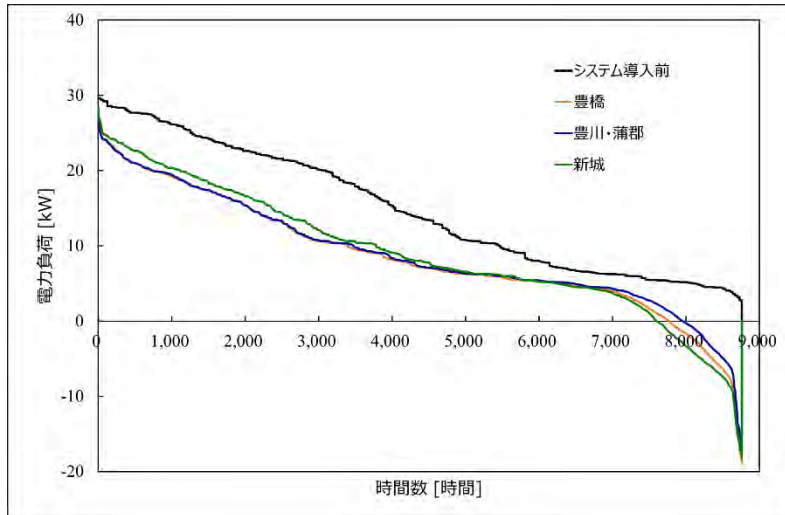


(b-2) 系統からの購入電力 (7月)

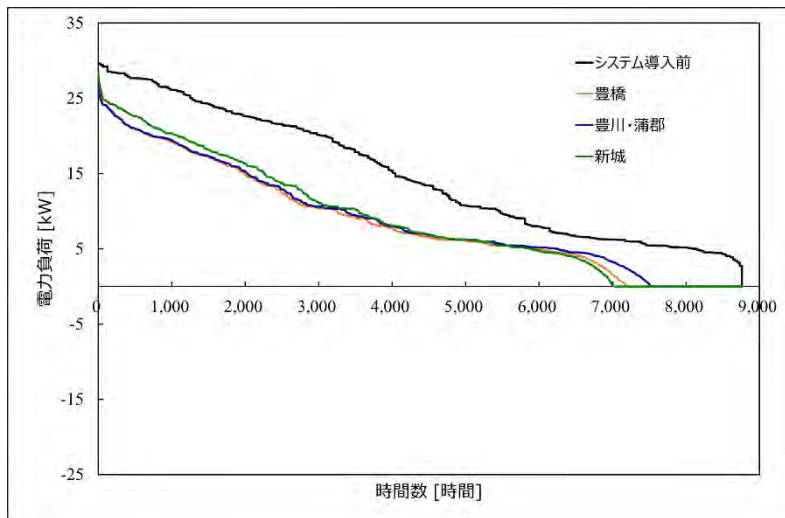


(b-3) 蓄電池充電率 (7月)

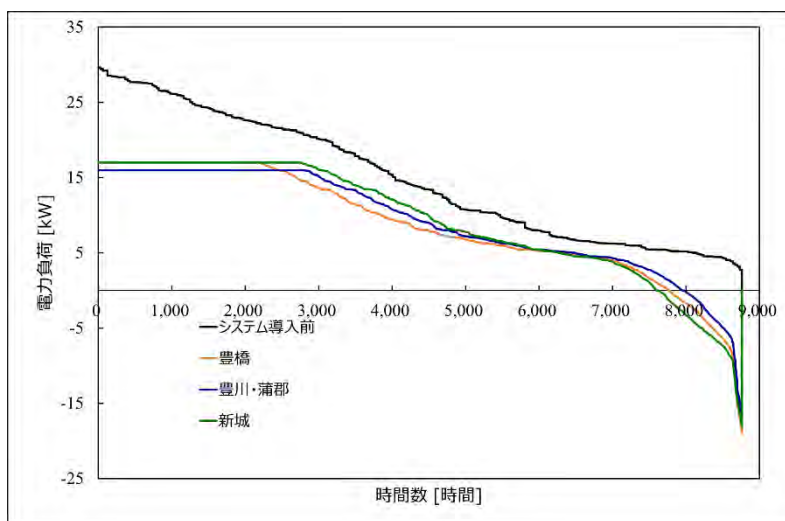
図 8-3 システムの運用による系統からの購入電力および蓄電池充電率の日変化  
(モデル避難所：中学校、地域：豊橋市)



(a) 太陽光発電導入後



(b) 運用法1 (余剰発生時：充電、不足発生時：放電)



(c) 運用法2 (ピーク負荷軽減)

図 8-4 システムの運用による電力負荷持続曲線の変化 (モデル避難所：中学校)

表 8-2 システムの年間コストの比較 (モデル避難所：中学校)

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
	年間太陽光発電電量	[kWh]	54,545	50,570	53,383	51,556	51,456	52,750
	蓄電池容量	[kWh]	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4
設備費	太陽光発電設備	[円]	883,200	877,800	833,800	837,600	922,000	926,000
	蓄電池	[円]	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000
	設備費合計	[円]	<b>2,807,200</b>	<b>2,801,800</b>	<b>2,757,800</b>	<b>2,761,600</b>	<b>2,846,000</b>	<b>2,850,000</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	130,039	130,039	130,039	130,039	130,039	130,039
	最大購入電力	[kW]	30	30	30	30	30	30
	年間電力量料金	[円]	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629
電気料金	年間基本料金	[円]	576,000	576,000	576,000	576,000	576,000	576,000
	年間電気料金	[円]	2,656,629	2,656,629	2,656,629	2,656,629	2,656,629	2,656,629
	年間コスト	[円]	<b>2,656,629</b>	<b>2,656,629</b>	<b>2,656,629</b>	<b>2,656,629</b>	<b>2,656,629</b>	<b>2,656,629</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,910	6,221	3,499	3,509	7,239	5,277
	年間購入電力量	[kWh]	80,405	85,691	80,156	81,993	85,823	82,567
	最大購入電力	[kW]	27	28	28	28	28	28
	最大余剰電力	[kW]	19	18	17	17	21	20
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,257,028	1,333,735	1,261,504	1,290,837	1,329,732	1,289,408
	年間基本料金	[円]	537,600	556,800	537,600	537,600	537,600	537,600
	年間電気料金	[円]	1,794,628	1,890,535	1,799,104	1,828,437	1,867,332	1,827,008
年間コスト	[円]	<b>4,601,828</b>	<b>4,692,335</b>	<b>4,556,904</b>	<b>4,590,037</b>	<b>4,713,332</b>	<b>4,677,008</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,945,199</b>	<b>2,035,705</b>	<b>1,900,275</b>	<b>1,933,408</b>	<b>2,056,703</b>	<b>2,020,379</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>73</b>	<b>77</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>77</b>	<b>76</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	0	0	0	0	0	0
	年間購入電力量	[kWh]	76,271	80,492	77,168	78,997	79,797	78,135
	最大購入電力	[kW]	27	28	28	28	28	28
	最大余剰電力	[kW]	0	0	0	0	0	0
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,220,340	1,287,873	1,234,688	1,263,951	1,276,751	1,250,153
	年間基本料金	[円]	537,600	556,800	537,600	537,600	537,600	537,600
	年間電気料金	[円]	1,757,940	1,844,673	1,772,288	1,801,551	1,814,351	1,787,753
年間コスト	[円]	<b>4,565,140</b>	<b>4,646,473</b>	<b>4,530,088</b>	<b>4,563,151</b>	<b>4,660,351</b>	<b>4,637,753</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,908,511</b>	<b>1,989,844</b>	<b>1,873,459</b>	<b>1,906,522</b>	<b>2,003,721</b>	<b>1,981,124</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>72</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>72</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,906	6,162	3,481	3,494	6,933	5,206
	年間購入電力量	[kWh]	81,557	87,302	81,654	83,552	87,701	84,030
	最大購入電力	[kW]	17	17	16	16	16	16
	最大余剰電力	[kW]	19	18	17	17	21	20
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,275,471	1,359,856	1,285,577	1,315,863	1,361,619	1,313,238
	年間基本料金	[円]	345,600	345,600	326,400	307,200	403,200	384,000
	年間電気料金	[円]	1,621,071	1,705,456	1,611,977	1,623,063	1,764,819	1,697,238
年間コスト	[円]	<b>4,428,271</b>	<b>4,507,256</b>	<b>4,369,777</b>	<b>4,384,663</b>	<b>4,610,819</b>	<b>4,547,238</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,771,641</b>	<b>1,850,627</b>	<b>1,713,148</b>	<b>1,728,034</b>	<b>1,954,190</b>	<b>1,890,609</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>67</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>74</b>	<b>71</b>	



### (3) 市民館

システムの運用による系統からの購入電力、蓄電池の充電率の時系列結果の比較を図 8-5 に示す。

図(a)には1月の結果を示す。運用法1では太陽光発電出力が電力負荷を大きく上回るため、余剰電力のほとんどが系統に売電されている。夜間には蓄電池の放電電力で負荷に電力供給を行っているが、昼間の充電でその放電分も賄われている。その結果、蓄電池の充電率は90~100%付近で推移している。

運用法2では、ピークカット電力が1kWと低く設定されているため、夕方から夜間にかけて蓄電池からの放電で系統からの購入電力がピークカット電力以下に抑制されている。また、深夜時間帯には電力負荷を上回る電力を系統から購入して蓄電池を充電し、朝方には充電率が100%に回復している。

図(b)には7月の結果を示す。運用法1では、1月と比較して電力負荷が太陽光発電電力を上回る時間帯が増えるものの、全体としては太陽光発電電力が直接負荷に供給されている。一方で、夜間については蓄電池からの放電で電力を供給している量が増大し、蓄電池の充電率は70~100%付近で推移している。

運用法2では電力負荷から太陽光発電電力を差し引いた実質負荷自体がピークカット電力を下回る時間が日中も多いため、系統からの購入電力が電力負荷に供給されている。そのため、蓄電池はあまり使われず、蓄電池の充電率も100%付近で推移している。

図 8-6 には電力負荷持続曲線を示す。図(a)の持続曲線を見ると、どの地域においても太陽光発電量が負荷電力量を大きく上回るため、電力負荷がマイナスになるのは6,000時間以降と長くなり、余剰電力量が増大している。その最大値も9~10kWに達している。

図(b)の運用法1の持続曲線を見ると、地域により差があるものの、蓄電池からの放電により電力を供給する時間が増大し、概ね1,000~7,500時間の部分で電力負荷(購入電力)が0kWになっている。一方で、余剰電力部分(電力負荷のマイナス部分)の持続曲線の形状がスパイク上になっていることから、きわめて大きな電力が短時間だけ余剰電力として発生していることが分かる。

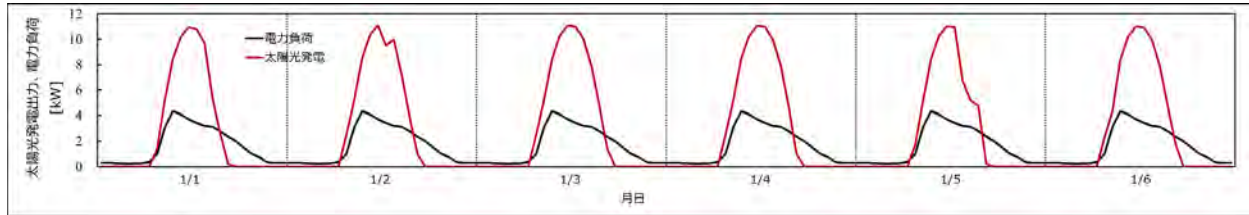
図(c)の運用法2の持続曲線を見ると、ピークカット電力が1kWと極めて低く設定されたため、系統からの購入電力が、5,500~4,600時間程度、ピークカット電力に抑制されていることが分かる。その一方で、6,500~6,700時間以降では余剰電力が発生している。

表 8-3 には年間コストを示す。運用法0では年間の太陽光発電量の半分近くが余剰電力となるため年間電気料金は減少する。しかしながら、設備費の増大の影響を大きく受け、年間のトータルコストは235~267%と大幅に増大する。

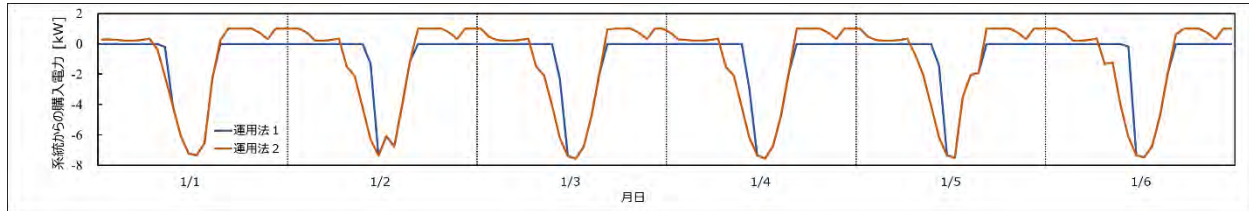
運用法1では、電池の利用で年間電力量料金はマイナスになるが、設備費の負担が大きく、年間コストは219~254%と大幅に増大する。

運用法2では、ピークカットを行うことで最大購入電力は1kWに低下するが、余剰電力でのピークが大きく、基本料金の低下にはつながらない。また、余剰電力を抑制することにもつながらないため、年間のトータルコストは232~262%と大幅に増大する。

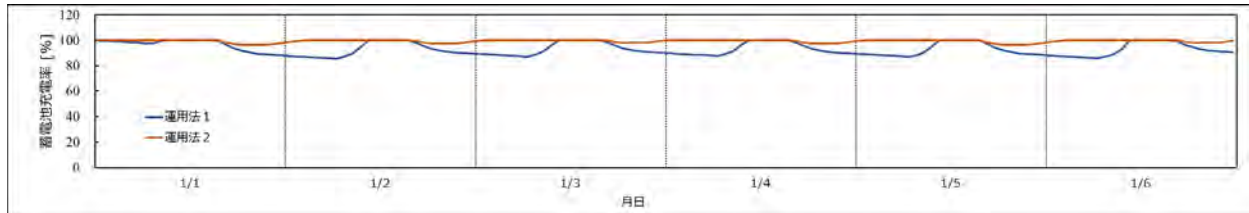
以上のことから、市民館については運用法1によるシステム運用が適切ではあるものの、年間コストは219~254%と大幅な増大になる。もともとの電力負荷以上の太陽光発電設備が設置されることで、設備費の負担が大きくなっていること、また発電した電力を安価に売電することで「発電して売電するだけ損となる」状況が生み出されていることなどが、その要因である。



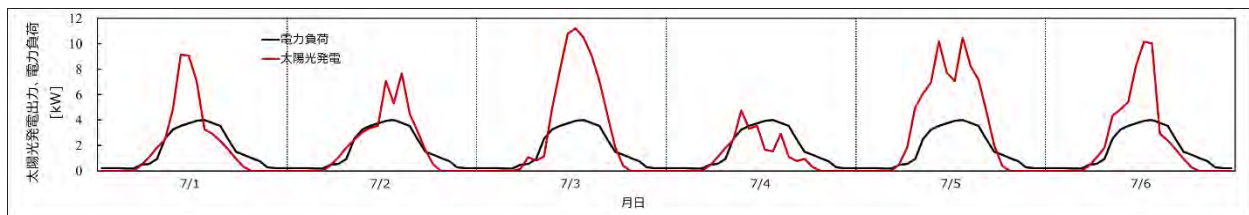
(a-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (1月)



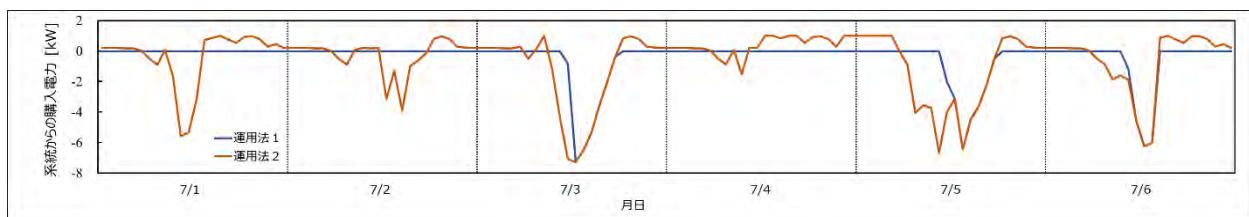
(a-2) 系統からの購入電力 (1月)



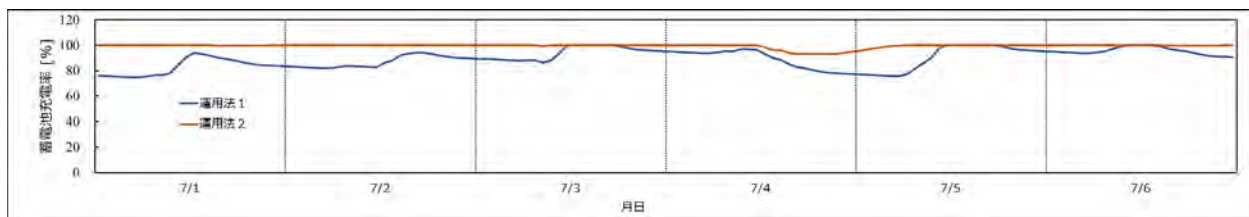
(a-3) 蓄電池充電率 (1月)



(b-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (7月)



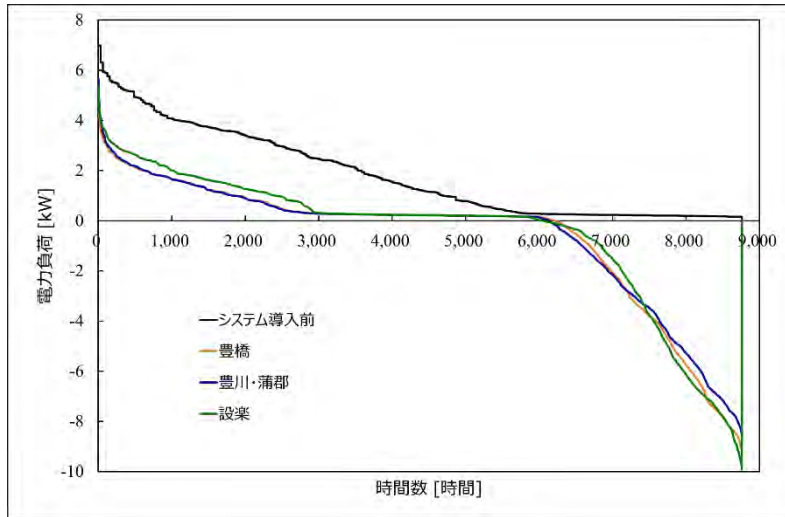
(b-2) 系統からの購入電力 (7月)



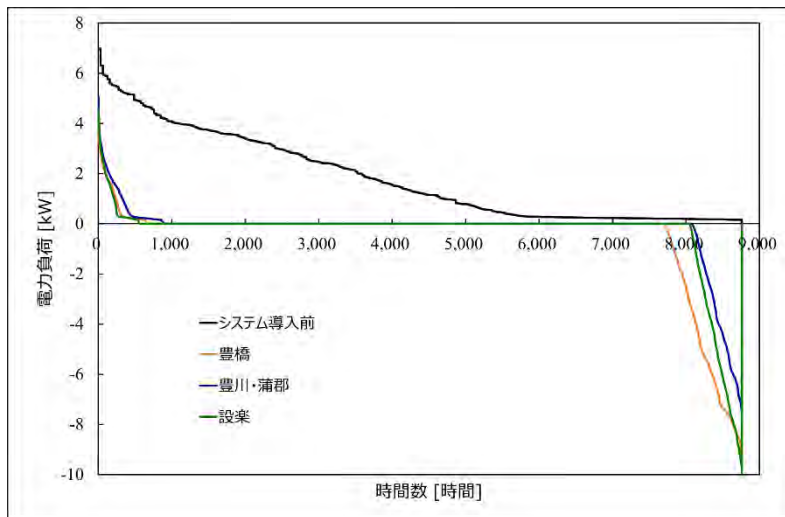
(b-3) 蓄電池充電率 (7月)

図 8-5 システムの運用による系統からの購入電力および蓄電池充電率の日変化  
(モデル避難所：市民館、地域：豊橋市)

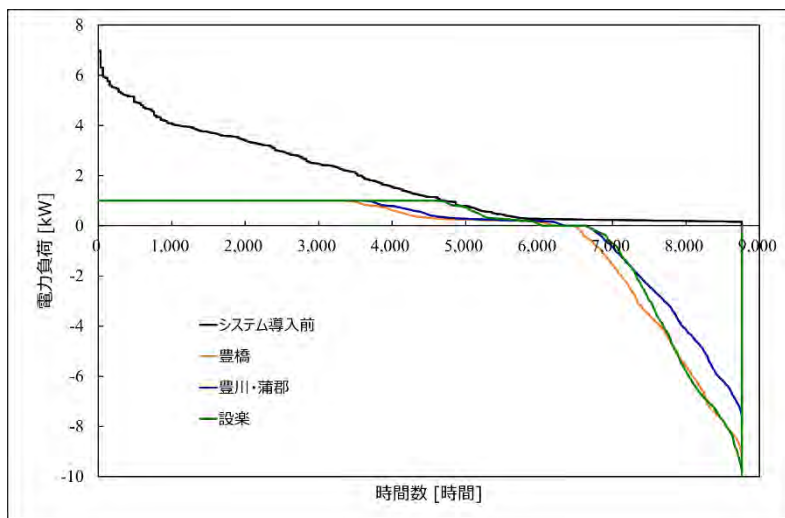




(a) 太陽光発電導入後



(b) 運用法1 (余剰発生時：充電、不足発生時：放電)



(c) 運用法2 (ピーク負荷軽減)

図 8-6 システムの運用による電力負荷持続曲線の変化 (モデル避難所：市民館)

表 8-3 システムの年間コストの比較（モデル避難所：市民館）

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	17.3	17.2	16.3	15.1	18.0	18.2
	年間太陽光発電電量	[kWh]	21,349	19,813	20,867	18,580	20,091	20,736
	蓄電池容量	[kWh]	75.2	65.8	75.2	75.2	75.2	75.2
設備費	太陽光発電設備	[円]	345,600	343,200	325,600	301,400	360,000	363,000
	蓄電池	[円]	752,000	658,000	752,000	752,000	752,000	752,000
	設備費合計	[円]	<b>1,097,600</b>	<b>1,001,200</b>	<b>1,077,600</b>	<b>1,053,400</b>	<b>1,112,000</b>	<b>1,115,000</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	16,012	16,012	16,012	16,012	16,012	16,012
	最大購入電力	[kW]	7	7	7	7	7	7
	年間電力量料金	[円]	256,195	256,195	256,195	256,195	256,195	256,195
電気料金	年間基本料金	[円]	92,400	92,400	92,400	92,400	92,400	92,400
	年間電気料金	[円]	348,595	348,595	348,595	348,595	348,595	348,595
年間コスト	[円]	<b>348,595</b>	<b>348,595</b>	<b>348,595</b>	<b>348,595</b>	<b>348,595</b>	<b>348,595</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	10,118	9,651	9,653	7,723	9,985	9,742
	年間購入電力量	[kWh]	4,781	5,850	4,798	5,155	5,906	5,018
	最大購入電力	[kW]	6	5	6	6	5	6
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	9	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	15,788	35,692	18,852	36,142	34,582	21,840
	年間基本料金	[円]	132,000	132,000	132,000	118,800	132,000	132,000
	年間電気料金	[円]	147,788	167,692	150,852	154,942	166,582	153,840
年間コスト	[円]	<b>1,245,388</b>	<b>1,168,892</b>	<b>1,228,452</b>	<b>1,208,342</b>	<b>1,278,582</b>	<b>1,268,840</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>896,793</b>	<b>820,297</b>	<b>879,857</b>	<b>859,747</b>	<b>929,987</b>	<b>920,245</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>257</b>	<b>235</b>	<b>252</b>	<b>247</b>	<b>267</b>	<b>264</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,992	3,511	4,304	2,429	3,408	4,069
	年間購入電力量	[kWh]	596	855	448	849	554	405
	最大購入電力	[kW]	5	5	5	5	5	5
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	8	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	-20,408	-7,391	-18,650	-992	-11,589	-17,938
	年間基本料金	[円]	132,000	118,800	118,800	105,600	132,000	132,000
	年間電気料金	[円]	111,592	111,409	100,150	104,608	120,411	114,062
年間コスト	[円]	<b>1,209,192</b>	<b>1,112,609</b>	<b>1,177,750</b>	<b>1,158,008</b>	<b>1,232,411</b>	<b>1,229,062</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>860,597</b>	<b>764,013</b>	<b>829,155</b>	<b>809,413</b>	<b>883,816</b>	<b>880,467</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>247</b>	<b>219</b>	<b>238</b>	<b>232</b>	<b>254</b>	<b>253</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	9,456	9,603	8,888	6,874	8,787	9,012
	年間購入電力量	[kWh]	4,482	5,972	4,408	4,719	5,266	4,676
	最大購入電力	[kW]	1	2	1	1	1	1
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	8	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	14,973	37,937	17,204	34,255	31,541	20,751
	年間基本料金	[円]	118,800	118,800	105,600	92,400	118,800	118,800
	年間電気料金	[円]	133,773	156,737	122,804	126,655	150,341	139,551
年間コスト	[円]	<b>1,231,373</b>	<b>1,157,937</b>	<b>1,200,404</b>	<b>1,180,055</b>	<b>1,262,341</b>	<b>1,254,551</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>882,778</b>	<b>809,342</b>	<b>851,809</b>	<b>831,460</b>	<b>913,746</b>	<b>905,956</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>253</b>	<b>232</b>	<b>244</b>	<b>239</b>	<b>262</b>	<b>260</b>	

#### (4) 市民館（多目的ホール）

システムの運用による系統からの購入電力、蓄電池の充電率の時系列結果の比較を図 8-7 に示す。

図(a)には 1 月の結果を示す。運用法 1 では市民館と同様に、太陽光発電出力が電力負荷を大きく上回るため、余剰電力のほとんどが系統に売電されている。夜間には蓄電池の放電電力で負荷に電力供給を行っているが、昼間の充電でその放電分も賄われている。その結果、蓄電池の充電率は 90~100%付近で推移している。

運用法 2 では、ピークカット電力が 4 kW と低く設定されているが、この期間は電力負荷から太陽光発電電力を差し引いた実質負荷自体がピークカット電力に達しないため、系統からの購入電力が負荷に供給されている。その結果、蓄電池はほとんど使われず、蓄電池の充電率はほぼ 100%付近で推移している。

図(b)には 10 月の結果を示す。運用法 1 では余剰電力を充電し、電力負荷が太陽光発電電力を上回る場合には蓄電池から電力を供給している。しかし、期間の後半では太陽光発電電力が電力負荷を下回る場合が増え、蓄電池からの放電では電力負荷を賄えない状況が生じている。こうしたことを受けて、蓄電池の充電率は 20~100%と幅広く変動している（図の例では、期間の後半は 20%付近で推移）。

運用法 2 では、実質負荷自体がピークカット電力を上回る時間帯が増え、蓄電池からの放電で電力を供給している時間帯が増えている。そのため、蓄電池の充電率は 80~100%付近で推移している。

図 8-8 には電力負荷持続曲線を示す。図(a)の持続曲線を見ると、どの地域においても太陽光発電量が負荷電力量を大きく上回るため、電力負荷がマイナスになるのは 5,800 時間以降と長くなり、余剰電力量が増大している。その最大値も 32~37 kW に達している。

図(b)の運用法 1 の持続曲線を見ると、地域により差があるものの、蓄電池からの放電により電力を供給する時間が増大し、概ね 400~7,300 時間の部分で電力負荷（購入電力）が 0 kW になっている。一方で、余剰電力部分（電力負荷のマイナス部分）の持続曲線の形状がスパイク上になっていることから、きわめて大きな電力が短時間だけ余剰電力として発生していることが分かる。

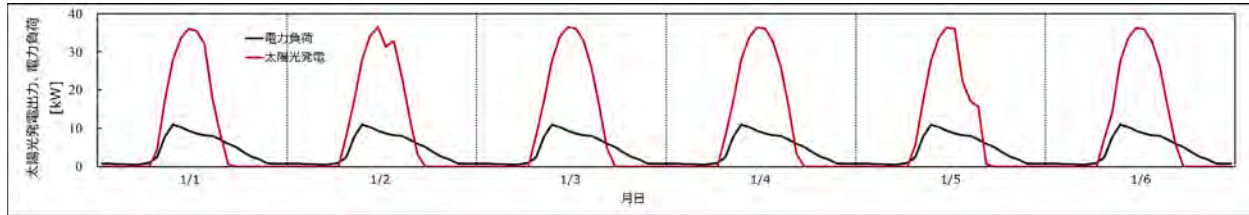
図(c)の運用法 2 の持続曲線を見ると、ピークカット電力が 4 kW と低く設定されたため、系統からの購入電力が 1,800~2,400 時間程度、ピークカット電力に抑制されていることが分かる。一方で、5,800 時間以降では余剰電力が発生している。

表 8-4 には年間コストを示す。運用法 0 では、年間の太陽光発電量の半分以上が余剰電力となるため、年間電気料金は減少する。しかしながら、設備費の増大の影響を大きく受け、年間のトータルコストは 261~310%と大幅に増大する。

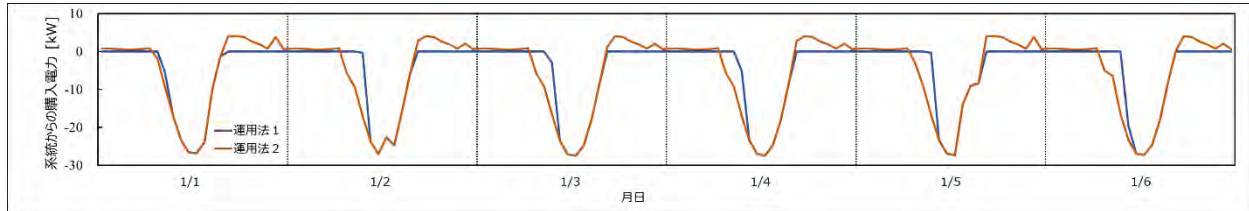
運用法 1 では、蓄電池の利用で余剰電力量および購入電力量を大きく削減し、年間電力量料金はマイナスとなる。しかしながら、設備費の負担が大きく、年間コストは 252~299%と大幅に増大する。

運用法 2 では、ピークカットを行うことで最大購入電力は 4 kW に低下するが、余剰電力でのピークが大きく、基本料金の低下にはつながらない。また、余剰電力の抑制効果も小さいことから、年間のトータルコストは 259~309%と大幅に増大する。

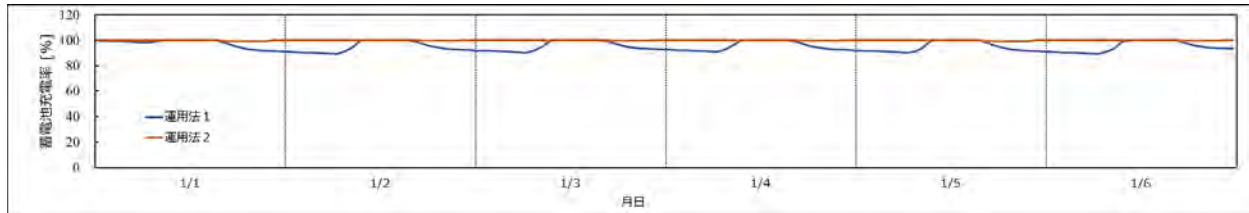
以上のことから、市民館（多目的ホール）については運用法 1 によるシステム運用が適切ではあるものの、年間コストは 252~299%と大幅な増大になる。市民館同様、過剰な太陽光発電設備が設置されることで設備費の負担が大きくなっていること、また発電した電力を安価に売電することが、その要因である。



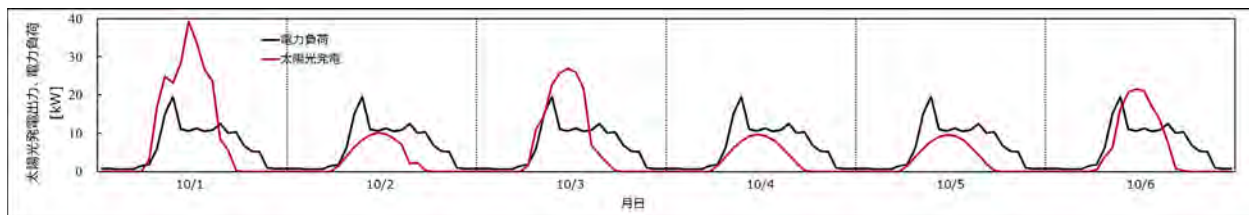
(a-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (1月)



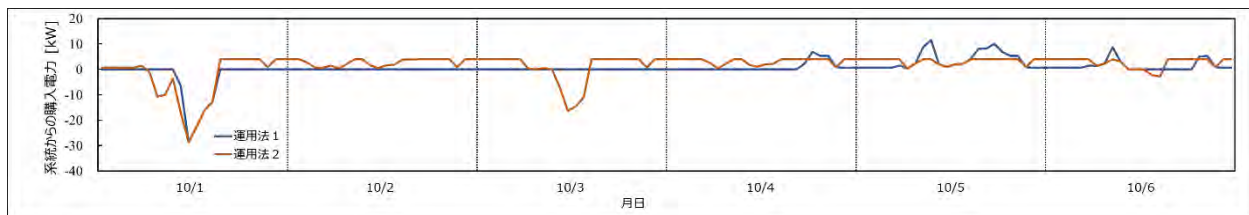
(a-2) 系統からの購入電力 (1月)



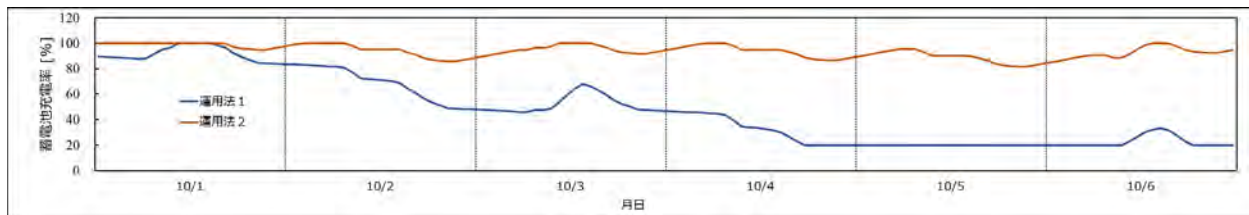
(a-3) 蓄電池充電率 (1月)



(b-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (10月)

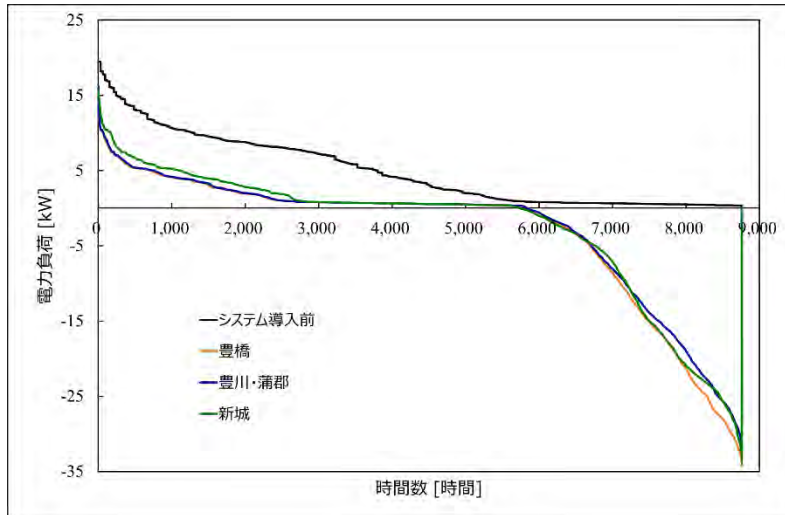


(b-2) 系統からの購入電力 (10月)

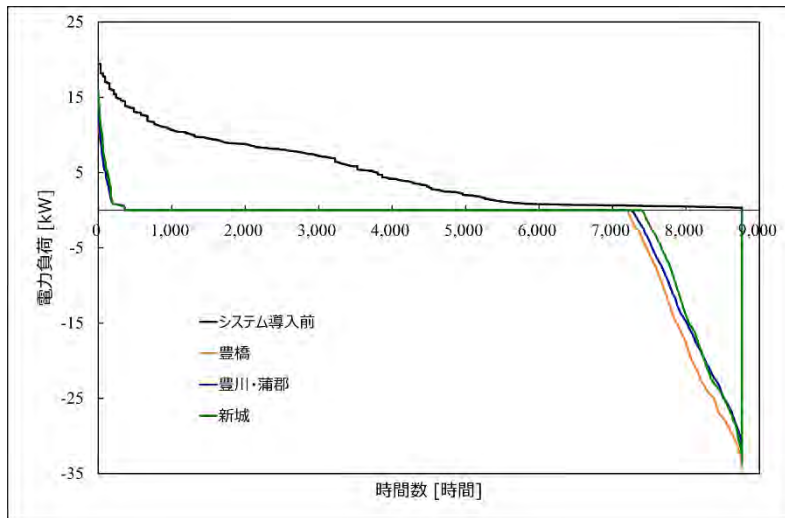


(b-3) 蓄電池充電率 (10月)

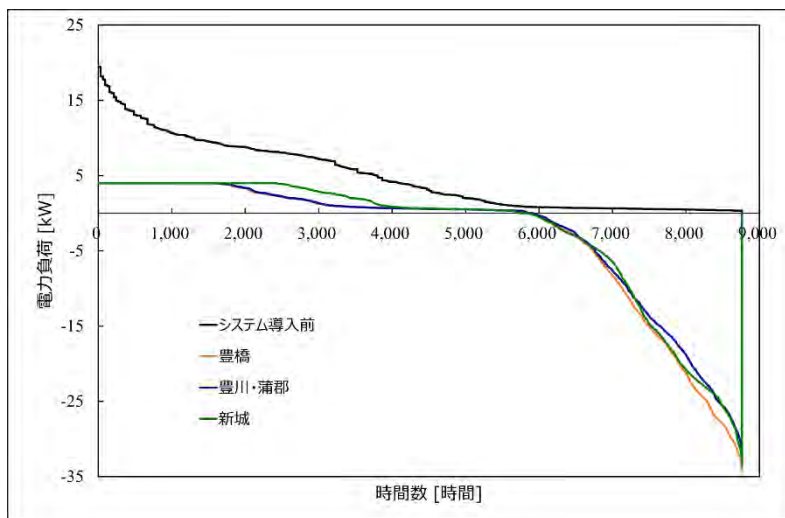
図 8-7 システムの運用による系統からの購入電力および蓄電池充電率の日変化  
(モデル避難所：市民館 (多目的ホール)、地域：豊橋市)



(a) 太陽光発電導入後



(b) 運用法1 (余剰発生時：充電、不足発生時：放電)



(c) 運用法2 (ピーク負荷軽減)

図 8-8 システムの運用による電力負荷持続曲線の変化 (モデル避難所：市民館 (多目的ホール))

表 8-4 システムの年間コストの比較（モデル避難所：市民館（多目的ホール））

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	57.0	56.8	53.8	54.1	59.6	59.8
	年間太陽光発電量	[kWh]	70,341	65,430	68,873	66,568	66,525	68,131
	蓄電池容量	[kWh]	248.6	248.6	248.6	217.5	248.6	248.6
設備費	太陽光発電設備	[円]	1,140,000	1,135,200	1,075,800	1,082,400	1,192,000	1,196,800
	蓄電池	[円]	2,486,000	2,486,000	2,486,000	2,175,250	2,486,000	2,486,000
	設備費合計	[円]	<b>3,626,000</b>	<b>3,621,200</b>	<b>3,561,800</b>	<b>3,257,650</b>	<b>3,678,000</b>	<b>3,682,800</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	43,030	43,030	43,030	43,030	43,030	43,030
	最大購入電力	[kW]	19	19	19	19	19	19
	年間電力量料金	[円]	688,486	688,486	688,486	688,486	688,486	688,486
電気料金	年間基本料金	[円]	384,000	384,000	384,000	384,000	384,000	384,000
	年間電気料金	[円]	1,072,486	1,072,486	1,072,486	1,072,486	1,072,486	1,072,486
	年間コスト	[円]	<b>1,072,486</b>	<b>1,072,486</b>	<b>1,072,486</b>	<b>1,072,486</b>	<b>1,072,486</b>	<b>1,072,486</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	39,228	37,072	37,988	35,719	38,466	37,649
	年間購入電力量	[kWh]	11,918	14,672	12,146	12,182	14,972	12,549
	最大購入電力	[kW]	14	16	16	16	16	14
	最大余剰電力	[kW]	34	34	32	32	37	36
電気料金	年間電力量料金	[円]	-44,677	12,328	-33,596	-19,404	8,754	-25,115
	年間基本料金	[円]	672,000	652,800	633,600	633,600	710,400	710,400
	年間電気料金	[円]	627,323	665,128	600,004	614,196	719,154	685,285
年間コスト	[円]	<b>4,253,323</b>	<b>4,286,328</b>	<b>4,161,804</b>	<b>3,871,846</b>	<b>4,397,154</b>	<b>4,368,085</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>3,180,836</b>	<b>3,213,841</b>	<b>3,089,317</b>	<b>2,799,360</b>	<b>3,324,668</b>	<b>3,295,599</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>297</b>	<b>300</b>	<b>288</b>	<b>261</b>	<b>310</b>	<b>307</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	26,115	20,817	24,514	22,192	21,271	23,496
	年間購入電力量	[kWh]	1,193	1,443	1,184	1,173	971	1,033
	最大購入電力	[kW]	14	16	16	14	15	14
	最大余剰電力	[kW]	34	34	32	32	37	36
電気料金	年間電力量料金	[円]	-137,602	-101,818	-128,144	-114,382	-112,084	-124,454
	年間基本料金	[円]	672,000	652,800	633,600	633,600	710,400	710,400
	年間電気料金	[円]	534,398	550,982	505,456	519,218	598,316	585,946
年間コスト	[円]	<b>4,160,398</b>	<b>4,172,182</b>	<b>4,067,256</b>	<b>3,776,868</b>	<b>4,276,316</b>	<b>4,268,746</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>3,087,912</b>	<b>3,099,696</b>	<b>2,994,770</b>	<b>2,704,382</b>	<b>3,203,829</b>	<b>3,196,259</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>288</b>	<b>289</b>	<b>279</b>	<b>252</b>	<b>299</b>	<b>298</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	38,688	36,141	37,238	35,002	37,582	37,034
	年間購入電力量	[kWh]	11,860	14,581	11,918	11,980	14,948	12,442
	最大購入電力	[kW]	4	4	4	4	4	4
	最大余剰電力	[kW]	34	34	32	32	37	36
電気料金	年間電力量料金	[円]	-42,375	16,442	-32,737	-18,328	13,679	-23,127
	年間基本料金	[円]	652,800	633,600	614,400	614,400	691,200	691,200
	年間電気料金	[円]	610,425	650,042	581,663	596,072	704,879	668,073
年間コスト	[円]	<b>4,236,425</b>	<b>4,271,242</b>	<b>4,143,463</b>	<b>3,853,722</b>	<b>4,382,879</b>	<b>4,350,873</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>3,163,939</b>	<b>3,198,756</b>	<b>3,070,977</b>	<b>2,781,235</b>	<b>3,310,393</b>	<b>3,278,387</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>295</b>	<b>298</b>	<b>286</b>	<b>259</b>	<b>309</b>	<b>306</b>	



## (5) 市民館（複合施設）

システムの運用による系統からの購入電力、蓄電池の充電率の時系列結果の比較を図 8-9 に示す。

図(a)には1月の結果を示す。運用法1では電力負荷が太陽光発電電力を上回るため、太陽光発電電力は直接負荷に供給され、蓄電池は充電されない。そのため、夜間に蓄電池から負荷への電力供給は行えず、結果として蓄電池は活用されない（蓄電池の充電率も20%で推移）。

運用法2では、ピークカット電力が25kWに設定されているため、この値を超える一部の時間帯ではピーク負荷抑制が行われている。しかしながら、この期間ではそうした運用が行われるのはごく短時間である。なお、その他の時間帯については運用法1と同様、太陽光発電電力は負荷に供給され、余剰電力は生じていない。

図(b)には9月の結果を示す。運用法1では、1月同様に電力負荷が太陽光発電電力を上回るため、太陽光発電電力は直接負荷に供給され、蓄電池は活用されていない。

運用法2では、昼間から夜間にかけて蓄電池からの放電で系統からの購入電力がピークカット電力以下に抑制されている。また、深夜時間帯には電力負荷を上回る電力を系統から購入して蓄電池を充電している。

図 8-10 には電力負荷持続曲線を示す。図(a)の持続曲線を見ると、年間の電力負荷が太陽光発電量よりも4倍程度大きいいため、余剰電力はほとんど発生しない（豊橋では数時間程度、新城では数十時間程度発生）。

図(b)の運用法1の持続曲線を見ると、蓄電池はほとんど活用されていない。余剰電力が発生する新城では、その部分で蓄電池が活用され、系統からの購入電力が数十時間程度0kWになっている。

図(c)の運用法2の持続曲線を見ると、系統からの購入電力が1,200時間程度、ピークカット電力に抑制されていることが分かる。また、余剰電力はほとんど発生していない（運用法0と同様に、豊橋で数時間程度、新城で数十時間程度みられる）。

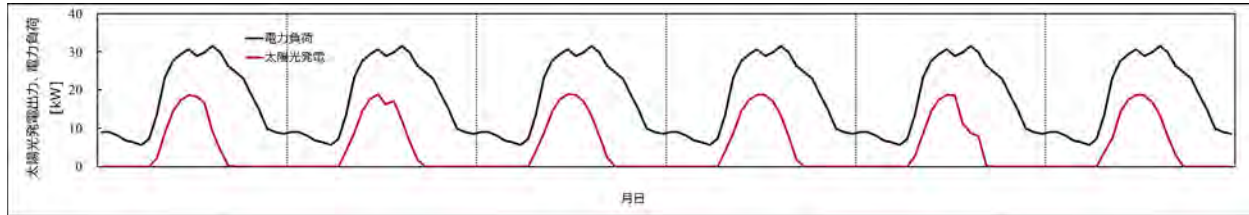
表 8-5 には年間コストの比較結果を示す。運用法0では、年間の余剰電力量がほとんどゼロに近いこともあり、発電した分が購入電力量の抑制につながり、年間コストは34～39%の増大となっている。

運用法1では、蓄電池がほとんど活用されず、運用法0と実質同様な運用結果となっているため、年間コストも同様に33～39%の増大となっている。

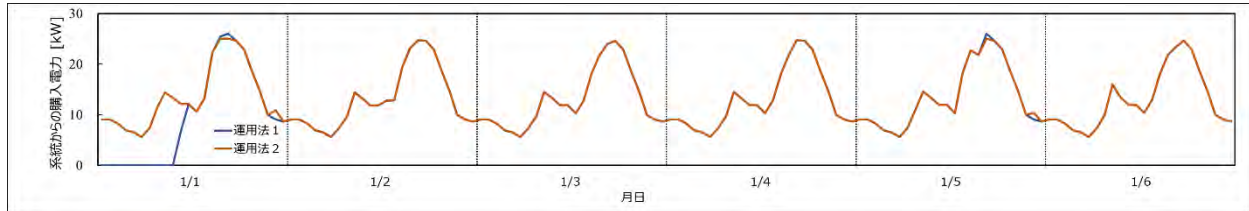
運用法2では、ピークカットを行うことで最大購入電力が25～27kWに低下したことで、基本料金が大きく低下している。そのため、年間のトータルコストは27～31%の増大となる。

以上のことから、市民館（複合施設）については運用法2によるシステム運用が適切であり、その際に年間コストは27～31%の増大となることが分かる。この要因としては、導入する太陽光発電の設備容量が施設全体の電力需要の1/4以下であることから太陽光発電電力をほぼ自家消費できたこと、また蓄電池との組み合わせで効果的に基本料金を抑制できたことがあげられる。

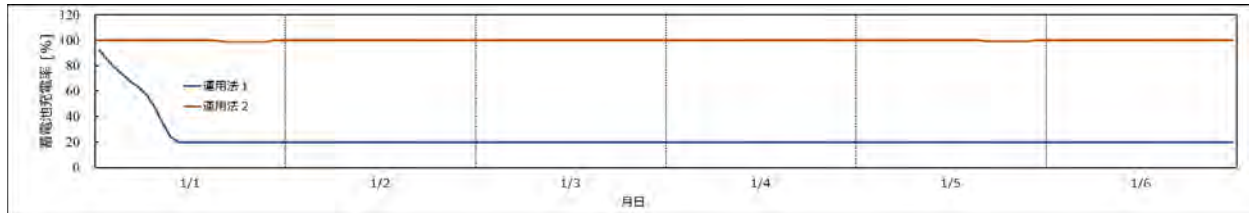




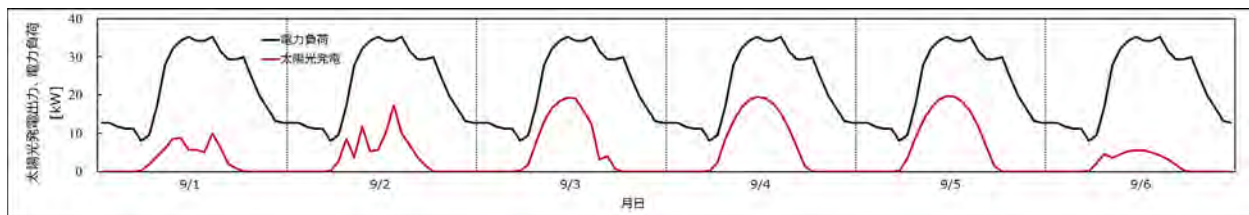
(a-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (1月)



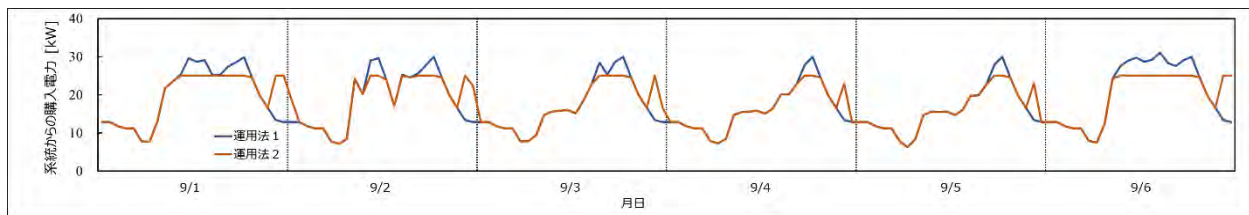
(a-2) 系統からの購入電力 (1月)



(a-3) 蓄電池充電率 (1月)



(b-1) 電力負荷、太陽光発電電力 (9月)

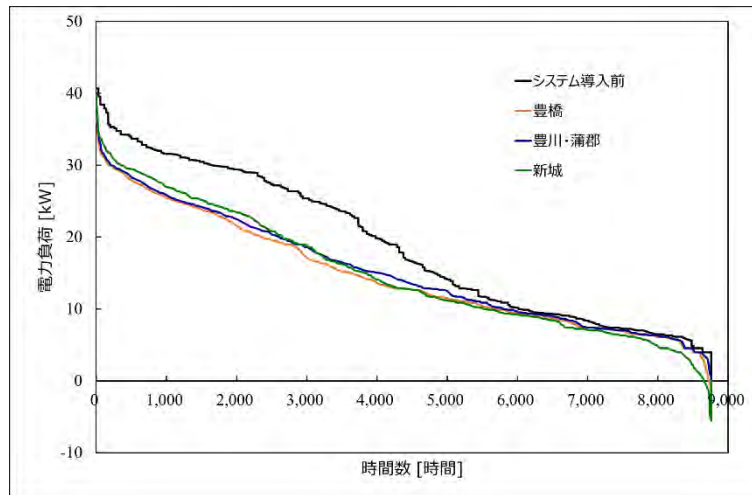


(b-2) 系統からの購入電力 (9月)

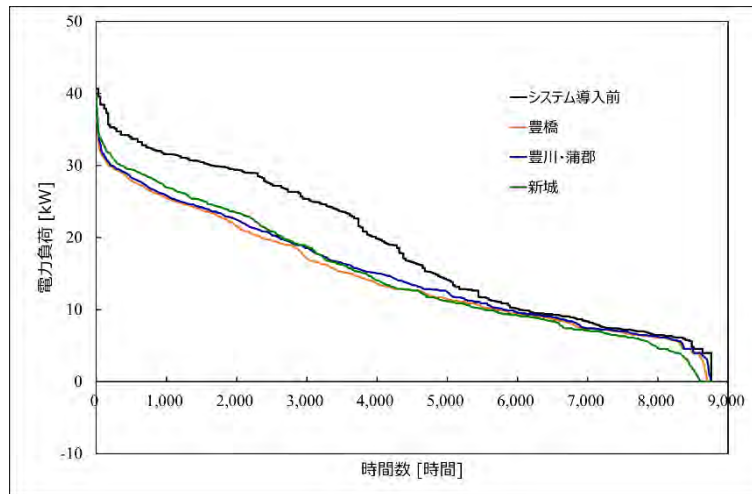


(b-3) 蓄電池充電率 (9月)

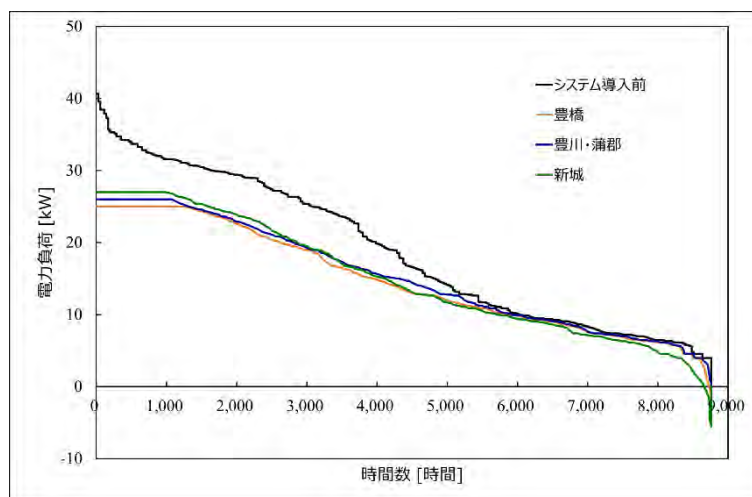
図 8-9 システムの運用による系統からの購入電力および蓄電池充電率の日変化  
(モデル避難所：市民館 (複合施設)、地域：豊橋市)



(a) 太陽光発電導入後



(b) 運用法1 (余剰発生時：充電、不足発生時：放電)



(c) 運用法2 (ピーク負荷軽減)

図 8-10 システムの運用による電力負荷持続曲線の変化 (モデル避難所：市民館 (複合施設))

表 8-5 システムの年間コストの比較（モデル避難所：市民館（複合施設））

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	29.4	29.3	27.7	25.6	30.7	30.9
	年間太陽光発電電量	[kWh]	36,281	33,752	35,461	31,500	34,267	35,205
	蓄電池容量	[kWh]	128.2	112.2	128.2	128.2	128.2	128.2
設備費	太陽光発電設備	[円]	588,000	585,200	554,400	512,600	614,000	618,200
	蓄電池	[円]	1,282,000	1,121,750	1,282,000	1,282,000	1,282,000	1,282,000
	設備費合計	[円]	<b>1,870,000</b>	<b>1,706,950</b>	<b>1,836,400</b>	<b>1,794,600</b>	<b>1,896,000</b>	<b>1,900,200</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	165,066	165,066	165,066	165,066	165,066	165,066
	最大購入電力	[kW]	41	41	41	41	41	41
	年間電力量料金	[円]	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059
電気料金	年間基本料金	[円]	787,200	787,200	787,200	787,200	787,200	787,200
	年間電気料金	[円]	3,428,259	3,428,259	3,428,259	3,428,259	3,428,259	3,428,259
	年間コスト	[円]	<b>3,428,259</b>	<b>3,428,259</b>	<b>3,428,259</b>	<b>3,428,259</b>	<b>3,428,259</b>	<b>3,428,259</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	18	193	0	0	333	27
	年間購入電力量	[kWh]	128,801	131,505	129,603	133,564	131,130	129,886
	最大購入電力	[kW]	37	40	39	39	40	37
	最大余剰電力	[kW]	2	6	0	0	6	2
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,060,709	2,102,927	2,073,648	2,137,029	2,096,076	2,078,010
	年間基本料金	[円]	729,600	768,000	768,000	768,000	768,000	729,600
	年間電気料金	[円]	2,790,309	2,870,927	2,841,648	2,905,029	2,864,076	2,807,610
年間コスト	[円]	<b>4,660,309</b>	<b>4,577,877</b>	<b>4,678,048</b>	<b>4,699,629</b>	<b>4,760,076</b>	<b>4,707,810</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,232,050</b>	<b>1,149,618</b>	<b>1,249,789</b>	<b>1,271,370</b>	<b>1,331,817</b>	<b>1,279,551</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>37</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	0	0	0	0	0	0
	年間購入電力量	[kWh]	128,689	131,263	129,506	133,467	130,762	129,766
	最大購入電力	[kW]	37	40	39	39	40	37
	最大余剰電力	[kW]	0	0	0	0	0	0
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,059,021	2,100,209	2,072,089	2,135,469	2,092,188	2,076,262
	年間基本料金	[円]	729,600	768,000	768,000	768,000	768,000	729,600
	年間電気料金	[円]	2,788,621	2,868,209	2,840,089	2,903,469	2,860,188	2,805,862
年間コスト	[円]	<b>4,658,621</b>	<b>4,575,159</b>	<b>4,676,489</b>	<b>4,698,069</b>	<b>4,756,188</b>	<b>4,706,062</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,230,362</b>	<b>1,146,900</b>	<b>1,248,230</b>	<b>1,269,810</b>	<b>1,327,929</b>	<b>1,277,803</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>37</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	18	193	0	0	333	27
	年間購入電力量	[kWh]	129,584	132,174	130,184	134,203	132,129	130,709
	最大購入電力	[kW]	25	27	26	26	26	25
	最大余剰電力	[kW]	2	6	0	0	6	2
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,073,229	2,113,630	2,082,949	2,147,245	2,112,074	2,091,179
	年間基本料金	[円]	480,000	518,400	499,200	499,200	499,200	480,000
	年間電気料金	[円]	2,553,229	2,632,030	2,582,149	2,646,445	2,611,274	2,571,179
年間コスト	[円]	<b>4,423,229</b>	<b>4,338,980</b>	<b>4,418,549</b>	<b>4,441,045</b>	<b>4,507,274</b>	<b>4,471,379</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>994,970</b>	<b>910,721</b>	<b>990,290</b>	<b>1,012,786</b>	<b>1,079,015</b>	<b>1,043,120</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	

## (6) 基本料金によるシステムの運用法および年間コストへの影響

これまでの検討から、小学校および市民館、市民館（多目的ホール）では運用法1が、中学校および市民館（複合施設）では運用法2が年間コストをより抑える適切な運用法ということが分かった。

運用法1と運用法2のどちらがよりコストを抑えられるのかは、基本料金の設定も大きく影響する。前述のように、特定電気事業者との契約では、基本料金が大きく低下する場合は想定される。そこで、基本料金を500円/kW・月（一般電気事業者の約1/3）とした場合について、年間コストの比較を行った。それらの結果から、特に大きな変化が見られた中学校、市民館、市民館（複合施設）の結果を表8-6から表8-8に示す。なお、この設定変更によりシステム導入前の年間コスト自体が減少するため、設備費による年間コストの上昇がより大きく影響し、年間コストの増大率はより大きくなる。

小学校の場合、基本料金の変更により運用法1では年間コストの増額率が111～124%から139～148%に増大した。また、運用法2では119～133%から145～157%に増大した。そのため、運用法1の優位性はほぼ同じである。

中学校の場合（表8-6）、運用法1では年間コストの増額率が71～75%から84～90%に増大した。一方で、運用法2では64～71%から83～92%に増大した。その結果、運用法2の優位性が地域（設楽）によっては失われている。

市民館の場合（表8-7）、運用法1では年間コストの増額率は219～254%から251～289%に増大した。また、運用法2では232～262%から267～302%に増大した。その結果、運用法1の優位性が拡大した。

市民館（多目的ホール）の場合、運用法1では年間コストの増額率は252～299%から313～369%に増大した。また、運用法2では259～309%から324～383%に増大した。その結果、市民館同様、運用法1の優位性が拡大した。

市民館（複合施設）の場合（表8-8）、運用法1では年間コストの増額率は33～39%から40～46%に増大した。一方、運用法2では27～31%から38～44%に増大した。その結果、運用法2の優位性が縮小した。

以上のように、基本料金単価が一般電気事業者の1/3になった場合、運用法2の年間コスト増額率は上昇し、運用法1との年間コストの差が大幅に縮小する。従って、中学校や市民館（複合施設）において運用法2を用いる場合、基本料金単価の設定額に留意する必要がある。

表 8-6 システムの年間コストの比較  
(モデル避難所：中学校、基本料金単価：500 円/kW・月)

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
	年間太陽光発電電量	[kWh]	54,545	50,570	53,383	51,556	51,456	52,750
	蓄電池容量	[kWh]	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4	192.4
設備費	太陽光発電設備	[円]	883,200	877,800	833,800	837,600	922,000	926,000
	蓄電池	[円]	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000	1,924,000
	設備費合計	[円]	<b>2,807,200</b>	<b>2,801,800</b>	<b>2,757,800</b>	<b>2,761,600</b>	<b>2,846,000</b>	<b>2,850,000</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	130,039	130,039	130,039	130,039	130,039	130,039
	最大購入電力	[kW]	30	30	30	30	30	30
	年間電力量料金	[円]	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629	2,080,629
電気料金	年間基本料金	[円]	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000	180,000
	年間電気料金	[円]	2,260,629	2,260,629	2,260,629	2,260,629	2,260,629	2,260,629
年間コスト	[円]	<b>2,260,629</b>	<b>2,260,629</b>	<b>2,260,629</b>	<b>2,260,629</b>	<b>2,260,629</b>	<b>2,260,629</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,910	6,221	3,499	3,509	7,239	5,277
	年間購入電力量	[kWh]	80,405	85,691	80,156	81,993	85,823	82,567
	最大購入電力	[kW]	27	28	28	28	28	28
	最大余剰電力	[kW]	19	18	17	17	21	20
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,257,028	1,333,735	1,261,504	1,290,837	1,329,732	1,289,408
	年間基本料金	[円]	168,000	174,000	168,000	168,000	168,000	168,000
	年間電気料金	[円]	1,425,028	1,507,735	1,429,504	1,458,837	1,497,732	1,457,408
年間コスト	[円]	<b>4,232,228</b>	<b>4,309,535</b>	<b>4,187,304</b>	<b>4,220,437</b>	<b>4,343,732</b>	<b>4,307,408</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,971,599</b>	<b>2,048,905</b>	<b>1,926,675</b>	<b>1,959,808</b>	<b>2,083,103</b>	<b>2,046,779</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>87</b>	<b>91</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>91</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	0	0	0	0	0	0
	年間購入電力量	[kWh]	76,271	80,492	77,168	78,997	79,797	78,135
	最大購入電力	[kW]	27	28	28	28	28	28
	最大余剰電力	[kW]	0	0	0	0	0	0
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,220,340	1,287,873	1,234,688	1,263,951	1,276,751	1,250,153
	年間基本料金	[円]	168,000	174,000	168,000	168,000	168,000	168,000
	年間電気料金	[円]	1,388,340	1,461,873	1,402,688	1,431,951	1,444,751	1,418,153
年間コスト	[円]	<b>4,195,540</b>	<b>4,263,673</b>	<b>4,160,488</b>	<b>4,193,551</b>	<b>4,290,751</b>	<b>4,268,153</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,934,911</b>	<b>2,003,044</b>	<b>1,899,859</b>	<b>1,932,922</b>	<b>2,030,121</b>	<b>2,007,524</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>86</b>	<b>89</b>	<b>84</b>	<b>86</b>	<b>90</b>	<b>89</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,906	6,162	3,481	3,494	6,933	5,206
	年間購入電力量	[kWh]	81,557	87,302	81,654	83,552	87,701	84,030
	最大購入電力	[kW]	17	17	16	16	16	16
	最大余剰電力	[kW]	19	18	17	17	21	20
電気料金	年間電力量料金	[円]	1,275,471	1,359,856	1,285,577	1,315,863	1,361,619	1,313,238
	年間基本料金	[円]	108,000	108,000	102,000	96,000	126,000	120,000
	年間電気料金	[円]	1,383,471	1,467,856	1,387,577	1,411,863	1,487,619	1,433,238
年間コスト	[円]	<b>4,190,671</b>	<b>4,269,656</b>	<b>4,145,377</b>	<b>4,173,463</b>	<b>4,333,619</b>	<b>4,283,238</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>1,930,041</b>	<b>2,009,027</b>	<b>1,884,748</b>	<b>1,912,834</b>	<b>2,072,990</b>	<b>2,022,609</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>85</b>	<b>89</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>92</b>	<b>89</b>	

表 8-7 システムの年間コストの比較  
(モデル避難所：市民館、基本料金単価：500 円/kW・月)

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	17.3	17.2	16.3	15.1	18.0	18.2
	年間太陽光発電電量	[kWh]	21,349	19,813	20,867	18,580	20,091	20,736
	蓄電池容量	[kWh]	75.2	65.8	75.2	75.2	75.2	75.2
設備費	太陽光発電設備	[円]	345,600	343,200	325,600	301,400	360,000	363,000
	蓄電池	[円]	752,000	658,000	752,000	752,000	752,000	752,000
	設備費合計	[円]	<b>1,097,600</b>	<b>1,001,200</b>	<b>1,077,600</b>	<b>1,053,400</b>	<b>1,112,000</b>	<b>1,115,000</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	16,012	16,012	16,012	16,012	16,012	16,012
	最大購入電力	[kW]	7	7	7	7	7	7
	年間電力量料金	[円]	256,195	256,195	256,195	256,195	256,195	256,195
電気料金	年間基本料金	[円]	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000
	年間電気料金	[円]	298,195	298,195	298,195	298,195	298,195	298,195
年間コスト	[円]	<b>298,195</b>	<b>298,195</b>	<b>298,195</b>	<b>298,195</b>	<b>298,195</b>	<b>298,195</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	10,118	9,651	9,653	7,723	9,985	9,742
	年間購入電力量	[kWh]	4,781	5,850	4,798	5,155	5,906	5,018
	最大購入電力	[kW]	6	5	6	6	5	6
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	9	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	15,788	35,692	18,852	36,142	34,582	21,840
	年間基本料金	[円]	60,000	60,000	60,000	54,000	60,000	60,000
	年間電気料金	[円]	75,788	95,692	78,852	90,142	94,582	81,840
年間コスト	[円]	<b>1,173,388</b>	<b>1,096,892</b>	<b>1,156,452</b>	<b>1,143,542</b>	<b>1,206,582</b>	<b>1,196,840</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>875,193</b>	<b>798,697</b>	<b>858,257</b>	<b>845,347</b>	<b>908,387</b>	<b>898,645</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>293</b>	<b>268</b>	<b>288</b>	<b>283</b>	<b>305</b>	<b>301</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	4,992	3,511	4,304	2,429	3,408	4,069
	年間購入電力量	[kWh]	596	855	448	849	554	405
	最大購入電力	[kW]	5	5	5	5	5	5
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	8	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	-20,408	-7,391	-18,650	-992	-11,589	-17,938
	年間基本料金	[円]	60,000	54,000	54,000	48,000	60,000	60,000
	年間電気料金	[円]	39,592	46,609	35,350	47,008	48,411	42,062
年間コスト	[円]	<b>1,137,192</b>	<b>1,047,809</b>	<b>1,112,950</b>	<b>1,100,408</b>	<b>1,160,411</b>	<b>1,157,062</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>838,997</b>	<b>749,613</b>	<b>814,755</b>	<b>802,213</b>	<b>862,216</b>	<b>858,867</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>281</b>	<b>251</b>	<b>273</b>	<b>269</b>	<b>289</b>	<b>288</b>	
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	9,456	9,603	8,888	6,874	8,787	9,012
	年間購入電力量	[kWh]	4,482	5,972	4,408	4,719	5,266	4,676
	最大購入電力	[kW]	1	2	1	1	1	1
	最大余剰電力	[kW]	9	9	9	8	10	10
電気料金	年間電力量料金	[円]	14,973	37,937	17,204	34,255	31,541	20,751
	年間基本料金	[円]	54,000	54,000	48,000	42,000	54,000	54,000
	年間電気料金	[円]	68,973	91,937	65,204	76,255	85,541	74,751
年間コスト	[円]	<b>1,166,573</b>	<b>1,093,137</b>	<b>1,142,804</b>	<b>1,129,655</b>	<b>1,197,541</b>	<b>1,189,751</b>	
年間コストの増額	[円]	<b>868,378</b>	<b>794,942</b>	<b>844,609</b>	<b>831,460</b>	<b>899,346</b>	<b>891,556</b>	
年間コストの増額率	[%]	<b>291</b>	<b>267</b>	<b>283</b>	<b>279</b>	<b>302</b>	<b>299</b>	



表 8-8 システムの年間コストの比較

(モデル避難所：市民館（複合施設）、基本料金単価：500 円/kW・月)

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲郡市	設楽町	東栄町 豊根村
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	29.4	29.3	27.7	25.6	30.7	30.9
	年間太陽光発電電量	[kWh]	36,281	33,752	35,461	31,500	34,267	35,205
	蓄電池容量	[kWh]	128.2	112.2	128.2	128.2	128.2	128.2
設備費	太陽光発電設備	[円]	588,000	585,200	554,400	512,600	614,000	618,200
	蓄電池	[円]	1,282,000	1,121,750	1,282,000	1,282,000	1,282,000	1,282,000
	設備費合計	[円]	<b>1,870,000</b>	<b>1,706,950</b>	<b>1,836,400</b>	<b>1,794,600</b>	<b>1,896,000</b>	<b>1,900,200</b>
<b>システム導入前 年間コスト</b>								
電力関連	年間購入電力量	[kWh]	165,066	165,066	165,066	165,066	165,066	165,066
	最大購入電力	[kW]	41	41	41	41	41	41
	年間電力量料金	[円]	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059	2,641,059
電気料金	年間基本料金	[円]	246,000	246,000	246,000	246,000	246,000	246,000
	年間電気料金	[円]	2,887,059	2,887,059	2,887,059	2,887,059	2,887,059	2,887,059
	年間コスト	[円]	<b>2,887,059</b>	<b>2,887,059</b>	<b>2,887,059</b>	<b>2,887,059</b>	<b>2,887,059</b>	<b>2,887,059</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法0</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	18	193	0	0	333	27
	年間購入電力量	[kWh]	128,801	131,505	129,603	133,564	131,130	129,886
	最大購入電力	[kW]	37	40	39	39	40	37
	最大余剰電力	[kW]	2	6	0	0	6	2
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,060,709	2,102,927	2,073,648	2,137,029	2,096,076	2,078,010
	年間基本料金	[円]	228,000	240,000	240,000	240,000	240,000	228,000
	年間電気料金	[円]	2,288,709	2,342,927	2,313,648	2,377,029	2,336,076	2,306,010
	年間コスト	[円]	<b>4,158,709</b>	<b>4,049,877</b>	<b>4,150,048</b>	<b>4,171,629</b>	<b>4,232,076</b>	<b>4,206,210</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>1,271,650</b>	<b>1,162,818</b>	<b>1,262,989</b>	<b>1,284,570</b>	<b>1,345,017</b>	<b>1,319,151</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>46</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法1</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	0	0	0	0	0	0
	年間購入電力量	[kWh]	128,689	131,263	129,506	133,467	130,762	129,766
	最大購入電力	[kW]	37	40	39	39	40	37
	最大余剰電力	[kW]	0	0	0	0	0	0
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,059,021	2,100,209	2,072,089	2,135,469	2,092,188	2,076,262
	年間基本料金	[円]	228,000	240,000	240,000	240,000	240,000	228,000
	年間電気料金	[円]	2,287,021	2,340,209	2,312,089	2,375,469	2,332,188	2,304,262
	年間コスト	[円]	<b>4,157,021</b>	<b>4,047,159</b>	<b>4,148,489</b>	<b>4,170,069</b>	<b>4,228,188</b>	<b>4,204,462</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>1,269,962</b>	<b>1,160,100</b>	<b>1,261,430</b>	<b>1,283,010</b>	<b>1,341,129</b>	<b>1,317,403</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>46</b>
<b>システム導入後 年間コスト-運用法2</b>								
電力関連	年間余剰電力量	[kWh]	18	193	0	0	333	27
	年間購入電力量	[kWh]	129,584	132,174	130,184	134,203	132,129	130,709
	最大購入電力	[kW]	25	27	26	26	26	25
	最大余剰電力	[kW]	2	6	0	0	6	2
電気料金	年間電力量料金	[円]	2,073,229	2,113,630	2,082,949	2,147,245	2,112,074	2,091,179
	年間基本料金	[円]	150,000	162,000	156,000	156,000	156,000	150,000
	年間電気料金	[円]	2,223,229	2,275,630	2,238,949	2,303,245	2,268,074	2,241,179
	年間コスト	[円]	<b>4,093,229</b>	<b>3,982,580</b>	<b>4,075,349</b>	<b>4,097,845</b>	<b>4,164,074</b>	<b>4,141,379</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>1,206,170</b>	<b>1,095,521</b>	<b>1,188,290</b>	<b>1,210,786</b>	<b>1,277,015</b>	<b>1,254,320</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>42</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>43</b>



## (7) 太陽光発電だけを導入したシステムの年間コスト

これまでの検討から、太陽光発電・蓄電池システムの導入により、年間コストは大幅に上昇することが分かった。最もコスト上昇が抑えられる市民館（複合施設）では年間コストの増額率は27～31%、また中学校では64～71%であった。一方、小学校では増額率は111～124%、市民館や市民館（多目的ホール）では200%を超える上昇となった。その最大の理由は蓄電池の導入コストにある。その影響を明確にするために、蓄電池を導入せずに、太陽光発電だけを導入して余剰電力を全量売電する場合のシステムの年間コストを求めた。その結果を表8-11に示す。

表8-11 太陽光発電だけを導入したシステムの年間コスト

内訳			市町村					
			豊橋市	新城市	田原市	豊川市 蒲都市	設楽町	東栄町 豊根村
<b>モデル避難所：小学校</b>								
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
設備費	太陽光発電設備	[円]	883,200	877,800	833,800	837,600	922,000	926,000
電気料金	年間電気料金	[円]	1,043,880	1,082,777	1,008,693	1,028,050	1,159,501	1,087,345
	年間コスト	[円]	<b>1,927,080</b>	<b>1,960,577</b>	<b>1,842,493</b>	<b>1,865,650</b>	<b>2,081,501</b>	<b>2,013,345</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>204,991</b>	<b>238,488</b>	<b>120,404</b>	<b>143,562</b>	<b>359,413</b>	<b>291,257</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>17</b>
<b>モデル避難所：中学校</b>								
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	44.2	43.9	41.7	41.9	46.1	46.3
設備費	太陽光発電設備	[円]	883,200	877,800	833,800	837,600	922,000	926,000
電気料金	年間電気料金	[円]	1,794,628	1,890,535	1,799,104	1,828,437	1,867,332	1,827,008
	年間コスト	[円]	<b>2,677,828</b>	<b>2,768,335</b>	<b>2,632,904</b>	<b>2,666,037</b>	<b>2,789,332</b>	<b>2,753,008</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>21,199</b>	<b>111,705</b>	<b>-23,725</b>	<b>9,408</b>	<b>132,703</b>	<b>96,379</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>モデル避難所：市民館</b>								
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	17.3	17.2	16.3	15.1	18.0	18.2
設備費	太陽光発電設備	[円]	345,600	343,200	325,600	301,400	360,000	363,000
電気料金	年間電気料金	[円]	147,788	167,692	150,852	154,942	166,582	153,840
	年間コスト	[円]	<b>493,388</b>	<b>510,892</b>	<b>476,452</b>	<b>456,342</b>	<b>526,582</b>	<b>516,840</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>144,793</b>	<b>162,297</b>	<b>127,857</b>	<b>107,747</b>	<b>177,987</b>	<b>168,245</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>51</b>	<b>48</b>
<b>モデル避難所：市民館（多目的ホール）</b>								
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	57.0	56.8	53.8	54.1	59.6	59.8
設備費	太陽光発電設備	[円]	1,140,000	1,135,200	1,075,800	1,082,400	1,192,000	1,196,800
電気料金	年間電気料金	[円]	627,323	665,128	600,004	614,196	719,154	685,285
	年間コスト	[円]	<b>1,767,323</b>	<b>1,800,328</b>	<b>1,675,804</b>	<b>1,696,596</b>	<b>1,911,154</b>	<b>1,882,085</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>694,836</b>	<b>727,841</b>	<b>603,317</b>	<b>624,110</b>	<b>838,668</b>	<b>809,599</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>65</b>	<b>68</b>	<b>56</b>	<b>58</b>	<b>78</b>	<b>75</b>
<b>モデル避難所：市民館（複合施設）</b>								
導入設備	太陽光発電出力	[kWp]	29.4	29.3	27.7	25.6	30.7	30.9
設備費	太陽光発電設備	[円]	588,000	585,200	554,400	512,600	614,000	618,200
電気料金	年間電気料金	[円]	2,790,309	2,870,927	2,841,648	2,905,029	2,864,076	2,807,610
	年間コスト	[円]	<b>3,378,309</b>	<b>3,456,127</b>	<b>3,396,048</b>	<b>3,417,629</b>	<b>3,478,076</b>	<b>3,425,810</b>
	年間コストの増額	[円]	<b>-49,950</b>	<b>27,868</b>	<b>-32,211</b>	<b>-10,631</b>	<b>49,817</b>	<b>-2,449</b>
	年間コストの増額率	[%]	<b>-1</b>	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

同表から中学校や市民館（複合施設）では、年間コストがシステム導入前と同程度になることが分かる。また、小学校でも年間コストの増額率は8～21%、市民館でも31～51%、市民館（複合施設）でも56～78%と、大幅に低下している。このことから、特に余剰電力の発生が抑えられる設備容量であれば、太陽光発電の導入は経済的に成り立つことが分かる。そのため、そうした条件を満たす施設であれば、太陽光発電だけを導入することも一つの方策として考えられる。

また、太陽光発電だけを導入し、災害時には電気自動車を避難所に移動して、それを蓄電池として使用する方策も考えられる。例えば、市民館の場合には必要となる蓄電池容量は65～75 kWh であるが、現在の電気自動車でも蓄電池容量が60 kWh を超えるモデルも販売されている<sup>(1)</sup>。

実際、多くの自治体が災害時に避難所で電気自動車を蓄電池として使用する方策を採用・検討している。福岡県福岡市は日産自動車などと災害時に給電用のEVを避難所に貸し出す災害連携協定を結んでおり、市内の公民館など166か所の避難所に蓄電池から電池を供給する変換装置を今後2年かけて設置する<sup>(2)</sup>。また、神奈川県相模原市は日産自動車および日産系列の販売会社3社、東京電力パワーグリッドなどと電気自動車（EV）を活用した「災害連携協定」を締結したと発表した（2021年1月8日）<sup>(3)(4)</sup>。地震災害などにより大規模停電が発生した際、貸与されたEV「日産リーフ」を避難所などの電源として活用する。

このような動きは今後、特に2030年以降の電気自動車の本格的な普及とともに加速すると思われる。ただし、現段階で災害時に全ての避難所に必要となる蓄電池容量分の電気自動車を配置することは現実的ではない。特に、小中学校では1校当たり最低でも3台の電気自動車が必要となるが、その施設数の多さからも今後数年間で実際にそのような体制を整備することは困難なように思われる。

一方で、電気自動車の普及は定置用蓄電池コストの低下をもたらすと予想される。そうした状況において、定置用蓄電池を設置して日常から蓄電池を活用してシステムを運用した方が良いのか、あるいは災害時のみ電気自動車を蓄電池として活用したほうが良いのかは、さらに検討する必要がある。

## 8-2 まとめ

本章では、平常時のシステムの運用を考慮して、モデル避難所ごとにシステムの導入効果を検討した。システムの運用時の系統からの購入電力および蓄電池充電率の時系列結果、また電力負荷持続曲線から蓄電池の使い方とその効果を検討した。次に、年間コストを設備費、余剰電力量（系統への売電電力量）、系統からの購入電力量、契約電力などから求め、モデルごとに平常時の適切なシステム運用法を求めた。

その結果、導入する太陽光発電の設備容量が施設の年間電力需要の1/2以下となる中学校や市民館（複合施設）では太陽光発電電力をほぼ自家消費できること、蓄電池との組み合わせで効果的に基本料金を抑制できることから運用法2（ピーク負荷軽減）が適切であることが分かった。また、年間コストはシステム導入前と比較して、市民館（複合施設）では27～31%、中学校では64～71%上昇することが分かった。

一方で、太陽光発電の多くを余剰電力として売電する小学校、市民館、市民館（多目的ホール）では、運用法1が適切であることが分かった。ただし、年間コストはシステム導入前と比較して大幅に増大し、小学校では111～124%、市民館や市民館（多目的ホール）では200%を超える上昇となった。

また、運用法2が適切な中学校や市民館（複合施設）においても、電力の基本料金単価が一般電気事業者の1/3以下となるような場合には、運用法1に対する運用法2の経済的な優位性が低下することが分かった。

全体的に、現状では蓄電池の導入コストが高いため、太陽光発電・蓄電池システムの導入によりシステムの年間コストが大幅に上昇する。そこで、蓄電池を導入せずに、太陽光発電だけを導入して余剰電力を全量売電する場合のシステムの年間コストを求めた。その結果、中学校や市民館（複合施設）では、年間コストがシステム導入前と同程度になることが分かった。また、小学校でも年間コストの増額率は8～21%、市民館でも31～51%、市民館（複合施設）でも56～78%と、大幅に低下していることが分かった。このことから、特に余剰電力の発生が抑えられる設備容量であれば、太陽光発電の導入は経済的に成り立つことが分かる。

今後、まずは太陽光発電だけを導入し、災害時には電気自動車を避難所に移動して、それを蓄電池として使用する方法も考えられる。ただし、現段階で災害時に全ての避難所に必要となる蓄電池容量分の電気自動車を配置することは現実的には困難と思われる。今後の電気自動車の普及は、定置用蓄電池コストの低下をもたらすと予想されるが、そうした状況において、定置用蓄電池を設置して日常から蓄電池を活用してシステムを運用した方が良いのか、電気自動車の蓄電池を活用したほうが良いのかを、さらに検討する必要がある。

今回検討した二つのシステムの運用法では、蓄電池の活用法が全く異なる。運用法1では余剰電力を抑制するという観点からは蓄電池の充電率を低く抑えていくことが望ましい。一方で、運用法2ではピーク負荷を抑制するという観点からは蓄電池の充電率を高い状態で維持しておくことが望ましい。また、運用法1では太陽光発電電力が負荷電力を下回る期間には、蓄電池は活用されない。一方で、運用法2では蓄電池の充電率が高いために、余剰電力を蓄電池に充電する機会が大幅に抑制される。その結果、負荷電力が年間を通して設定したピークカット電力を上回る期間だけ、蓄電池が活用されている。

このように、二つの運用法には真逆の問題がある。これらの問題を解決するために、運用法2（ピーク負荷軽減）をベースに負荷電力の状況に応じて運用法1に近い運用を行い、年間を通して蓄電池を活用する新たな運用法の検討が今後の課題である。

#### 【参考文献】

- (1) 日産自動車 <https://ev.nissan.co.jp/LEAF/V2H/> (2020/11/26)
- (2) 日本経済新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO66613190V21C20A1LX0000/> (2020/11/26)
- (3) メガソーラービジネス <https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/01445/?ST=msb>  
(2021/01/15)
- (4) 相模原市 <https://www.city.sagamihara.kanagawa.jp/mayor/1009760/1020201/1022476.html> (2021/01/15)

## 第9章 おわりに

大規模な災害の発生時に水道や電力などのインフラ網が断たれて断水や停電が発生し、避難所への電力供給に支障が生じる危険性への対応策として、本研究では太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーと蓄電池を組み合わせることで電力の自給が可能な自立型電力システムの避難所への導入を提案し、その適切なシステム構成と運用について検討した。また、平常時におけるシステムの有効活用について、二つのシステムの運用法により検討するとともにその経済性を評価した。

東三河地域全体では非常に多くの避難所が設置されているが、その形態や規模は様々である。そのため、本研究では避難所の形態に合わせて5つの平均的なモデル避難所（小学校、中学校、市民館、市民館（多目的ホール）、市民館（複合施設））を想定し、検討を行った。これらのモデル避難所について、避難所の運営自体に必要な電力需要と、避難所の環境維持に必要な電力需要を想定し、避難所ごとに全体で必要となる電力需要を文献調査や各施設の状況を基に想定した。災害時に避難所の運営に必要な電力については、照明、通信機器、情報通信・事務作業管理用パソコン、また携帯電話の充電等を考慮して、1日に必要となる電力量を23.1 kWhとした。避難所の環境維持に必要な電力については、照明、ポンプ類等を考慮したが、空調については各施設の現状も踏まえて今回の想定では除外した。その結果、災害時に1日に必要となる電力量は、小中学校：96.2 kWh、市民館：37.6、市民館（多目的ホール）：124.3 kWh、市民館（複合施設）：64.1 kWhとなった。

また、これらモデル避難所について、平常時のシステムの有効運用について検討するために、文献の値や各施設の実績値をもとに電力負荷パターンを想定した。

次に、避難所の設置地域に合わせて供給可能な太陽光・風力発電量を気象データ（METPV-11）を用いた年間シミュレーションから算定し、災害時に必要となる太陽光発電および風力発電の設備容量、蓄電池容量を検討した。なお、蓄電池容量については、太陽光・風力発電の設備容量とも関連させながら、年間の不足電力発生時間数が5%以下になるように設定した。その結果、小型風力発電の導入は十分な風速が得られないために現実的ではないこと、蓄電池容量は概ね1日の負荷電力量の2日分程度が必要となることが分かった。

このように決定した電力供給システムを平常時から有効に活用するために、本研究では太陽光発電の余剰電力を蓄電池に充電・不足電力を蓄電池から供給する運用法（運用法1）、最大電力需要を抑制する運用法（運用法2）を検討した。それらの運用法でシステムを運用した場合の1時間ごとの電力の流れを、年間の各日時の電力負荷（モデル避難所の電力負荷パターンから作成）および太陽光発電電力データ（METPV-11の値から計算）を用いた年間シミュレーションから計算し、年間の余剰電力量（売電電力量）および系統からの購入電力量、契約電力を求めて年間電気料金を計算した。そして、この年間電気料金に年間の設備費を加えた年間コストから、システムの経済性を検討した。

その結果、導入する太陽光発電の設備容量が施設の年間電力需要の1/2以下となる中学校や市民館（複合施設）では太陽光発電電力をほぼ自家消費できること、また蓄電池との組み合わせで効果的に基本料金を抑制できることから、運用法2（ピーク負荷軽減）が適切であることが分かった。また、年間コストはシステム導入前と比較して、市民館（複合施設）では27～31%、中学校では64～71%上昇することが分かった。一方で、太陽光発電の多くを余剰電力として売電する小学校、市民館、市民館（多目的ホール）で

は、運用法1が適切であることが分かった。ただし、年間コストはシステム導入前と比較して大幅に増大し、小学校では111～124%、市民館や市民館（多目的ホール）では200%を超える上昇となった。

このように、蓄電池のコストが高いために現状では太陽光発電・蓄電池システムの導入により年間コストは大幅に上昇する。ただし、太陽光発電だけを導入した場合には、中学校や市民館（複合施設）など、余剰電力の発生が抑えられる施設では、年間コストがシステム導入前と同程度になることが分かった。

こうしたことから、まずは太陽光発電だけを導入し、災害時には電気自動車を避難所に移動して、それを蓄電池として使用する方策も考えられる。ただし、現段階で災害時に全ての避難所に必要となる蓄電池容量分の電気自動車を配置するには多くの課題があると思われる。

最後に、今後の主な課題について述べる。

再生可能エネルギーを利用した電力供給システムを平常時から有効に活用するためには、システムをどのように運用するのが重要である。今回は二つのシステムの運用法について検討を行ったが、両者の蓄電池の活用法は全く異なるものである。シミュレーションの結果から、運用法1では太陽光発電電力が負荷電力を下回る期間には蓄電池は活用されず、運用法2（ピーク負荷軽減）では負荷電力が年間を通して設定したピーク負荷を上回る期間だけ蓄電池が活用されていることが明確になった。これらの問題を解決するために、運用法2をベースに負荷電力の状況に応じて運用法1に近い運用を行い、年間を通して蓄電池を活用する新たな運用法の検討が今後の課題である。また、気象情報を利用して翌日の太陽光発電量を予測し、夜間に蓄電池の充電を行うかどうかを決定するような運用法についても、その効果を検討する価値があると思われる。

定置用蓄電池については、今後の電気自動車の普及によるコスト低下も期待されている。そうした状況において、定置用蓄電池を設置して日常から蓄電池を活用してシステムを運用した方が良いのか、電気自動車の蓄電池を活用したほうが良いのかを、さらに検討する必要がある。

また、一連の検討をより高精度に行うために、各避難所の電力需要データ（特に日負荷パターン）を収集・整備する体制を構築することも重要である。

## 【謝辞】

本研究を進めるにあたり、多くの方々にお世話になりました。

豊橋市防災危機管理課主事・土田大貴様、主事・村田泰人様には情報提供をはじめ、豊橋市内避難所の施設見学等で大変お世話になりました。また、千葉県市原市総務部防災危機管理課防災対策係長・大平圭一様、主査・三尾良憲様には、避難所の運営に関する実地調査にて多くの有益な情報を提供いただくとともに、実際の施設見学でも配慮を頂きました。

また、田原市防災局防災対策課防災対策係長・河合智永様、新城市総務部防災対策課主事・岡本晃治様、設楽町消防防災室主事補・岩瀬晃太様には施設見学や避難所運営に関する情報提供をはじめ大変お世話になりました。

データのとりまとめに際しては豊橋創造大学大学院経営情報学研究科・小林あゆみさん、豊橋創造大学経営学部経営学科・中山翔太さんに協力いただきました。

この場をお借りして深謝いたします。

令和3年2月25日

研究代表者

豊橋創造大学経営学部経営学科 教授

見目喜重