

**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（概要版）

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



## 1. はじめに

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て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。こうした状況への対応策として、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。

## 2. 東三河地域の避難所の状況

東三河地域の各市町村では人口や地理的な事情に応じて避難所が設置されており、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が進められている。避難所の形態には様々なものがあるが、主に小学校や中学校、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。

東三河地域の避難所の一部には、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等を活用して、再生可能エネルギーシステムの導入が進められてきた<sup>(1)~(4)</sup>。多くの場合、太陽光発電システムと蓄電池が設置されているが、CO<sub>2</sub>排出削減を目的にLED照明を導入するケースも見られる。このLED照明の導入により、避難所の運営に必要な電力需要も削減できる。

## 3. 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

再生可能エネルギーを利用した電力供給システムの規模（構成）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。また、太陽光発電や風力発電で供給可能な電力量は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、以下の流れでシステム構成決定を決定する。

- 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

太陽光・風力発電の設備容量の決定に際しては、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、それらの最低値で1日に必要な発電量を除算して設備容量を求める。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。太陽光・風力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、電力不足を完全に回避する容量の蓄電池の導入は現実的ではない。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。

## 4. 避難所の想定電力需要

### (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）、設備の内容により大きく異なる。避難所には様々な形態があり、またその規模も大きく異なるため、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それぞれ想定した。

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

## (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、これまでに検討されている千葉県<sup>6)</sup>および四国経済産業局<sup>7)</sup>の事例、ならびに市原市での調査で得られた情報を基に表4-2のように想定した。その結果、1日の想定電力需要は23.1kWhとなった。

表4-2 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
計		800	1300	850

## (3) 避難所の環境維持に必要な電力需要の想定

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(表4-3)。必要となる電力としては、電灯負荷(照明、付属施設関係)、動力負荷(給排水ポンプ)を想定した。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、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などの理由から、本研究では考慮しない(不使用)とした。

この表 4-3 と表 4-2 の結果から、1 日で必要となる全消費電力量を表 4-4 のように想定した。

表 4-3 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		

表 4-4 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

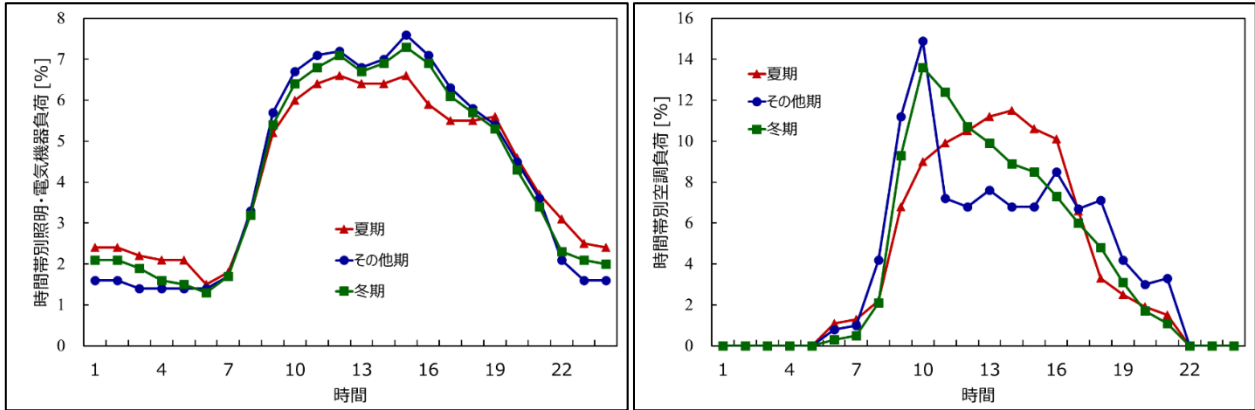
#### (4) 平常時の電力需要の想定

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、年間の日負荷電力パターンを文献(8)を参考に想定した。図 4-1 には文献(8)で示されている各期の小中学校の照明・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(夏期:6~9月、中間期:4、5、10、11月、冬期:12~3月)。

モデル避難所の内、小学校および中学校、市民館(複合施設)については、年間の電力消費量、各月の電力消費量の割合、各月の日数から月ごとの日負荷電力量を求め、その値に図 4-1(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。

市民館および市民館（多目的ホール）については、空調も考慮して電力負荷を想定した。月ごとに日負荷電力量を求めた後、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、それらの値に図4-1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。

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。



(a) 照明・電気機器類

(b) 空調

図4-1 小中学校のエネルギー負荷の日負荷パターン

表4-5 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

## 5. 東三河地域の気象概況

太陽光・風力発電量を計算するために、本研究ではNEDOが公開している日射量データベース（METPV-11）<sup>9)</sup>の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、風速データを使用する。なお、METPV-11では東三河地域の一部市町村ではデータを取得できないため、豊川市については蒲郡、設楽町については稲武、豊根村・東栄町については佐久間のデータを使用した。

これらの気象データについてまとめたところ、傾斜面全天日射量や気温は、同じ地域内ということもあり、それらの季節変化の傾向はどの市町村でもほぼ同じであった。一方、日射量の大きさ自体には差が見られる。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。

風速については、季節変化の傾向および年平均風速を見ると、豊橋市と田原市以外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。

## 6. 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

気象データを基に求めた太陽光・風力発電の単位出力当たり平均日発電量（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、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ことが分かった。そのため、これ以降は太陽光発電に限定して、シ

システムの規模およびその運用について検討する。

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のかを求めた。その結果、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、一方で太陽光発電の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大幅に減少すること、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った。

次に、年間の不足電力の発生時間数が5%以下となるように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6-1に示す。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6-1 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

## 7. 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。本研究では、平常時のシステムの運用について、以下の二つについて検討する。

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。

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。

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値（ピークカット電力）

以下に抑制する。電力負荷がピークカット電力を下回る場合には電力を購入して蓄電池を充電する。

比較のために、蓄電池を活用しない運用法（運用法 0、余剰電力は全量売電）についても検討し、蓄電池の活用効果を明確にする。

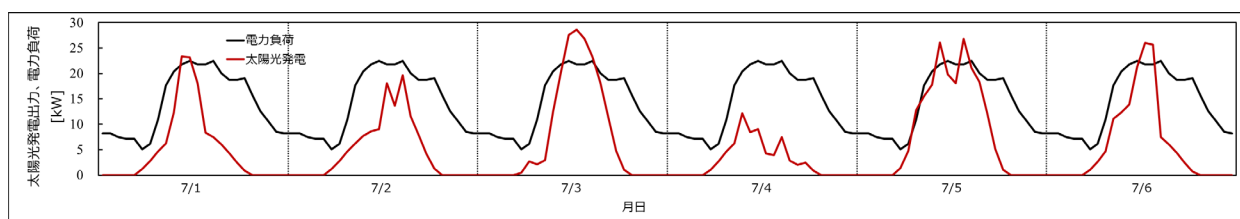
これらの運用法でシステムを運用した場合にどのような効果が得られるのかを、年間シミュレーションから求める。その結果から得られた年間の余剰電力量（売電電力量）および系統からの購入電力量、契約電力から年間電気料金を計算する。なお、運用法 2 については、ピークカット電力の設定値を変更しながら年間シミュレーションを繰り返し実行し、設定可能なピークカット電力の最低値を求める。

## 8. 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

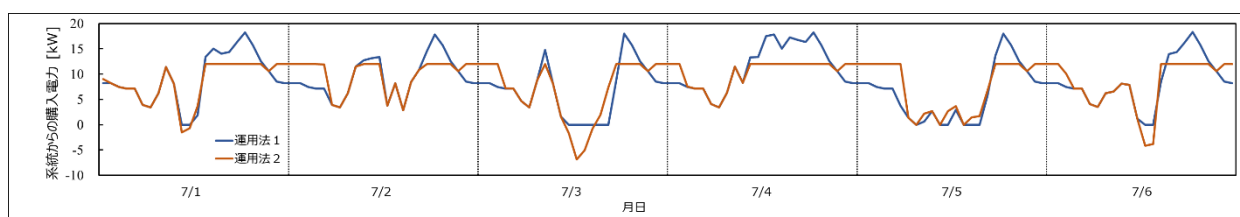
モデル避難所ごとに決定したシステムについて、平常時のシステムの運用を考慮して、その導入効果を①システム運用時の系統からの購入電力および蓄電池充電率の時系列結果、②電力負荷持続曲線、③年間コスト（年あたり設備費＋年間電気料金）から検討する。

図 8-1 にはシステム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の例を示す。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、運用法 1 では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。一方、運用法 2 では夕方から夜間にかけて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。

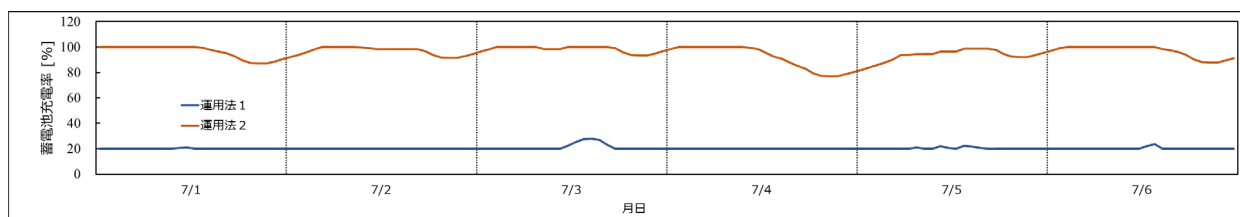
図 8-2 には電力負荷持続曲線の例を示す。図(a)より運用法 1 では概ね 5,000～8,600 時間の部分で電力負荷（購入電力）が 0 kW になり、蓄電池で吸収しきれなかった電力が短時間だけ余剰電力として発生していることが分かる。また、図(b)より運用法 2 では系統からの購入電力が 1,000 時間程度ピークカット電力に抑制されていること、系統への余剰電力が 1,700 時間程度発生することが分かる。



(a) 電力負荷、太陽光発電電力（7月）



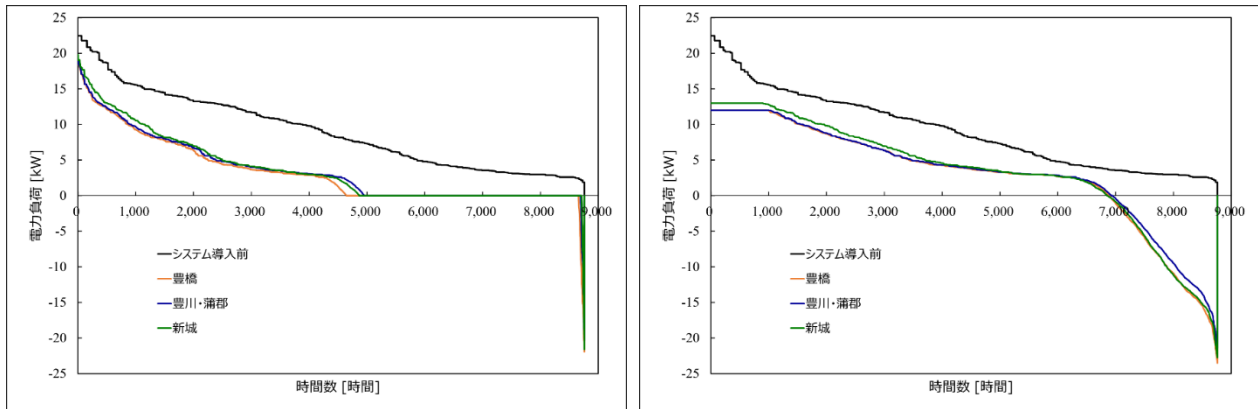
(b) 系統からの購入電力（7月）



(c) 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) 運用法 1

(b) 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)

シミュレーションの結果、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、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、システムの導入により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（多目的ホール）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策も考えられる。なお、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、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。今後、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効果的に活用する新たな運用法の検討が必要である。

## 9. おわりに

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。

避難所の形態や規模は様々であるため、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。その結果、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は23.1kWhとなった。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、小中学校：96.2kWh、市民館：37.6、市民館（多目的ホール）：124.3kWh、市民館（複合施設）：64.1kWhとなった。

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設備容量を検討した。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、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現状では太陽光発電・蓄電池システムの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。

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平常時の運用について、二つの運用法を検討した。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、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、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、蓄電池を設置して日常からそれを活用してシステムを運用した方が良いのか、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。

## 【参考文献】

- (1) 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)
- (2) 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)
- (3) 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
- (4) 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)
- (5) 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)
- (6) 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、p.19、平成 30 年 2 月
- (7) 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、p.35、平成 30 年 2 月
- (8) 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
- (9) 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)