

# 医療施設における再生可能エネルギー利用拡大の可能性

## —持続可能な地域コミュニティづくりを支える再エネによる分散型エネルギーシステムの拡大と医療施設—

株式会社 H&S エナジー・コンサルタンツ  
パートナー

いし まる み な  
石 丸 美 奈

### アブストラクト

昼夜を問わず安定したエネルギー供給が不可欠で、しかもエネルギーを大量消費する医療機関にとって、緊急時や災害時に独立した電・熱源となり、CO<sub>2</sub>排出の少ない再生可能エネルギー（再エネ）の利活用は理想的である。だが、現在のところ、質の高い電力の安定供給への不安、コストの問題、再エネを包含するエネルギーシステムの管理・運営の難しさなどにより、個々の医療施設での再エネ導入はあまり進んでいない。しかし、気候変動の影響などで頻発するようになった大規模な自然災害等に備えた地域のエネルギー自立は重要性を増している。加えて、再エネが地域社会にもたらす経済、社会、環境面での多様な付加価値に対する理解が深まる中、日本のエネルギー供給システムは、従来の中央集中型への全面的な依存から、再エネを最大限導入し、地域で持続可能となる分散型システムにより補完される二元的な方向へと向かうようになるだろう。医療施設における再エネ利用の拡大は、こうした分散型の地域エネルギーシステムへと統合される形で進むのではないかと。

(キーワード) 病院 再エネ 分散型エネルギーシステム

### 目次

1. はじめに
2. 病院とエネルギー
3. 病院と再エネ
4. 病院経営とエネルギー
5. 地域コミュニティ、分散型エネルギーシステム、そして医療施設の今後
6. おわりに

## 1. はじめに

東日本大震災時の電力不足の経験を踏まえて、我が国では分散型エネルギーへの関心が高まっている。また、昨今の超大型台風やゲリラ豪雨といった異常気象（極端現象）の増加などへの危惧から、こうした気候変動に大きな影響を及ぼす地球温暖化と、その人為的な要因となる化石燃料の大量消費（大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇）への懸念が増大している。現行の化石燃料を中心とする、効率を重視した大規模集中型のエネルギー供給システムを、エネルギーの地産地消を主とした分散型のシステムで補完し、その双方でCO<sub>2</sub>削減となる再エネの導入を拡大していくことが、様々な自然災害に強くレジリエントな地域コミュニティの形成を可能にするのみならず、自立し、持続可能な地域共生社会の再構築に資するという認識が広まりつつある。

一方、現在のところ、医療施設における再エネの利活用はあまり進展をみせていない。既存の集中型エネルギーシステムの下で、医療施設はエネルギーに関する「安全性（セキュリティ）」、「経済性（コスト）」、「環境性（CO<sub>2</sub>削減）」のトリレンマを抱えており、すべてを同時に最善な状態に保つことはできないとされている。

本稿ではまず、主に病院を対象として、先進的な導入事例を織り交ぜながら、エネルギ

ーセキュリティや経済的・技術的な観点から、医療施設での再エネ普及を阻む要因を考察する。

ついで、こうした個々の医療施設における再エネ導入の限界が、今後の地域コミュニティづくりの進展の中でいかに克服され得るか、その可能性を探る。

## 2. 病院とエネルギー

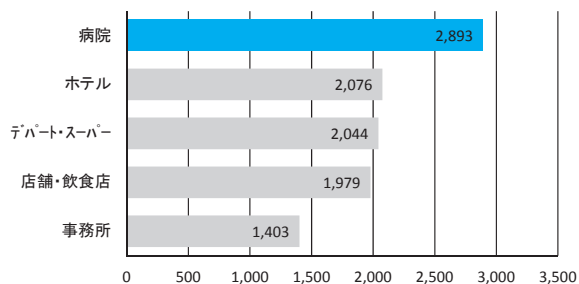
### (1) 病院におけるエネルギー利用の特性

24時間365日エネルギーを必要とする病院は、年間エネルギー消費原単位<sup>1</sup>が平均2,893 MJ/m<sup>2</sup>（2016年度）<sup>2</sup>で、一般的な事務所ビルの2倍、ホテル、デパートやスーパー、ショッピングセンターなどの店舗・飲食店のおよそ1.4倍と大きい（次頁図表1）。ホテルなどと同様に夜間もエネルギー消費量が多く、滅菌用の蒸気や給湯のため熱利用の比率が約4割と、ホテルの3割、その他の2割程度に比べて高い<sup>3</sup>。

過去からのトレンドを見てみると、大震災を境にして確実に減少を続けてきた病院のエネルギー消費原単位であるが、調査<sup>4</sup>対象となった48の病院の加重平均値が、2016年度は前年比プラス16.5%と大きく増加した（次頁図表2）。3年間の継続的なデータがある44の病院の平均でも2.3%増となっている。2016年度は例年に比べて平均気温が1～2度高かったため冷房需要が増し、また暖冬であった2015年度に比べて暖房需要が増えた可能

1 エネルギー使用量を生産数量、建物床面積など、エネルギー使用量と密接な関連を持つ値で除したもの。この場合は面積。  
2 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会「建築物エネルギー消費量調査報告書【第40報】」、2018年4月。ジュール（J）はエネルギーの大きさを表す単位。1メガジュール（MJ）は10<sup>6</sup>ジュール。  
3 財団法人省エネルギーセンター「平成15年度ビルのエネルギー使用に係る実態調査」  
4 脚注2を参照

(図表1) 施設の用途別エネルギー消費原単位  
(2016年度、単位：MJ/m<sup>2</sup>・年)



(出所) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会「建築物エネルギー消費量調査報告書【第40報】」、2018年4月をもとに筆者作成

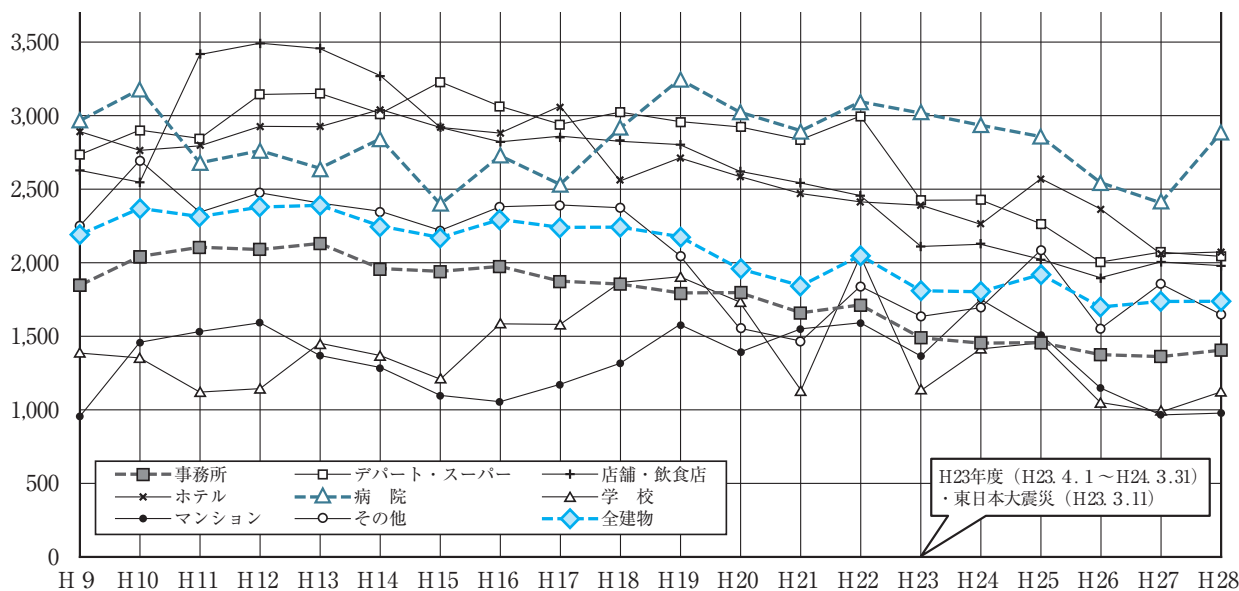
性も考えられるが、病院関係者の中には、大震災後の省エネ疲れや、記憶の薄れを指摘する向きもある。

一般的に、病棟では気温や湿度の変化に敏感な患者のために空調や換気が昼夜を問わず不可欠で、ナースステーションや医局は照明が常時点灯されている。照明用電力はエネル

ギー使用量の25%程度を占めるとも言われている<sup>5</sup>。中央診療部門では高度精密医療機器が増えており電力消費が増す傾向にある。たとえばMRIやCT等は待機電力が大きく、検体検査室などとともに通年で冷房が必要となる。加えて滅菌のための蒸気や洗浄用の給湯等で熱消費が多い。厨房は冷凍庫・冷蔵庫の電気、蒸気・給湯用の熱に加えて、ガスを使用するため空調に多量のエネルギーを要する。管理部門においては、近年、OA・IT機器関連の電力消費比率が増加しており、サーバー冷却のための24時間空調などでエネルギー消費が増えている。

2016年度における日本の最終エネルギー消費量は13,321PJ<sup>6</sup>で1973年のおよそ1.2倍となった。その間GDPは2.5倍の伸びを見せてい

(図表2) 施設の用途別エネルギー消費原単位比較 (縦軸：加重平均値MJ/m<sup>2</sup>・年、横軸：年度)



(出所) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会「建築物エネルギー消費量調査報告書【第40報】」、2018年4月を筆者加工

5 東京都環境公社『病院の省エネルギー対策 改訂版』2016年3月  
6 資源エネルギー庁、エネルギー需給実績(確報)、2018年4月。1ペタジュール(PJ)は10<sup>15</sup>J。

るので、高効率なエネルギー利用に向けた努力はそれなりの成果を上げている。しかし、同時期、病院を始めとする医療施設が含まれる「業務その他部門」のエネルギー消費量は2.1倍に増加し、エネルギー消費全体の16%を占め、シェアは1973年度比6.8ポイントの増加（9.2%から16%へ）であった。

2015年12月の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）で採択された「パリ協定」では、地球の平均気温の上昇を産業革命前と比べて2℃未満（努力目標は1.5℃）に抑え、21世紀後半には温室効果ガス排出を実質ゼロにすることが世界共通の長期目標として謳われている。締約国はCOP21に先立ち2020年以降の削減目標である約束草案（INDC）を提出しているが、日本は対策が遅れている「業務その他部門」と「家庭部門」でのCO<sub>2</sub>排出量を、それぞれ2030年度に2013年度比で約40%削減するという目標を国際的に明示している。従って、省エネ性能の高い建築物（病院、オフィスビル、小売店舗、学校、住宅等）の普及促進が急務となっており、とりわけエネルギー消費量の大きい医療施設での対応が望まれる。

## （2）病院におけるエネルギーセキュリティ

現代の病院では精密な医療機器が導入され、電子カルテを始めとするICT化が進んでいるため、医療業務の継続には質の高い電力を始めとするエネルギーの安定供給が不可欠である。東日本大震災以降は、災害時に備えた中

長期的な業務継続計画（Business Continuity Plan、BCP）<sup>7</sup>を基にしたエネルギーセキュリティがとりわけ重要視されており、燃料の種類（油、電力、ガス、再エネなど）を多様化し、設備を多重化・冗長化して、安全性を高める取組みが課題となっている。

非常時の電源確保の一般的な方策は①二本の別系統からの電力引き込み、②ガスによるコージェネレーション（熱電併給、コジェネ）の導入、③非常用発電機【燃料はA重油や軽油（ディーゼル）】の整備、などの組み合わせとなる。概ね150床以上の病院では、商用電源からの受電を複数回線化（多重化）している<sup>8</sup>が、都市ガスが利用できる地域では電力とガスをミックスし、燃料を多様化する方式が望ましい。

コジェネでは、天然ガス、石油、LPガス等を燃料としてガスエンジン、ガスタービン、燃料電池などで発電し、その排熱を回収して利用する。需要地に隣接して発電が行えるので送電のロスが最小限に抑えられる。また、電気と熱が利用できることでエネルギーの総合効率は75～80%に上り、1次エネルギーとCO<sub>2</sub>の削減効果が得られる。特に天然ガスコジェネは、石油燃料を利用する場合に比べ、CO<sub>2</sub>排出量が少ない。

加えて商用電力を代替できるためコスト削減になる。特に電力需要のピーク時に稼働させればピークカットが可能になるので、電力負荷の平準化に寄与するとともに、電力の契約料金を下げることができて経済性が高い。

7 被災しても被害を最小限に抑えるための事前準備や、速やかに機能を回復し、診療を続けるための段取りなどを規定するBCPの策定は2012年から努力目標となり、2017年度から災害拠点病院に対しては義務化（2017年3月31日付、厚生労働省）されている。

8 蒲田剛「病院の電力供給計画」『電気設備学会誌』2014年7月

何よりも独立電源を持つことで、非常時に最低限の医療機能を維持でき、医療施設のレジリエンスを高める。耐震性にすぐれた中圧管によるガス供給は東日本大震災でもほとんど破損がなく信頼性が高い<sup>9</sup>。

コージェネの導入は、燃料価格の高騰やリーマンショック（2008年）等の影響で2000年代半ばから伸び悩んでいたが、2011年の震災後は、災害対応への意識が高まったことなどにより再び増加傾向にある。2017年3月末現在の病院・介護施設での累積導入台数は3,408台、累積導入容量は438MWで、民生用<sup>10</sup>の建物用途別では台数・容量ともシェアが一番大きい（図表3）。

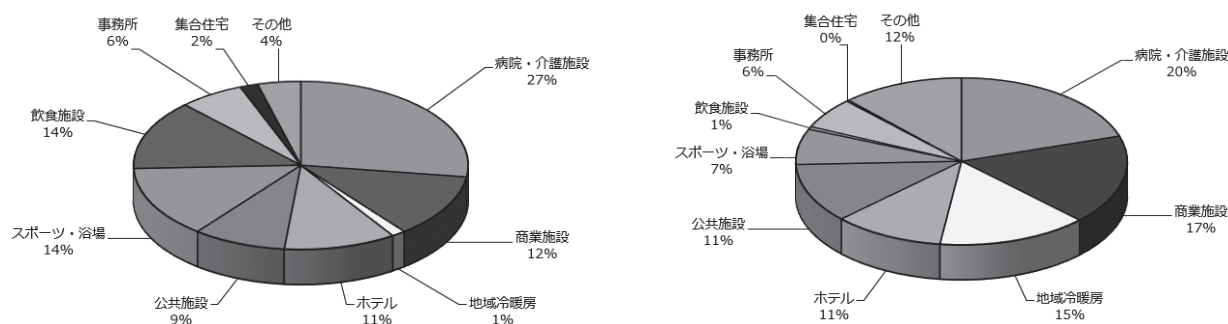
商用電力や中圧ガス等の大規模集中型エネルギーライフラインがすべて途絶えた場合、電力供給の最終的な拠り所は無停電電源装置（Uninterruptible Power Supply、UPS）と非常用発電機、そして再エネ由来の電力ということになる。蓄電池を内蔵するUPSは人命に係わる負荷に瞬時（0.5秒以内）に対応し、

非常用発電機が立ち上がった後（最長で40秒後）はそこから電力供給を行う。一方、自立した電源であり非常時の役割が期待される再エネ発電だが、現状、個々の医療施設での積極的な導入事例は太陽光発電を除くとまだまだ少ない。

### 3. 病院と再エネ

再エネには太陽光<sup>11</sup>、風力、地中熱、地熱、バイオマス<sup>12</sup>、小水力などがある。基本的に枯渇することなく繰り返し使え、発電時や熱利用の際に地球温暖化の主たる原因となるCO<sub>2</sub>を排出しない再エネの積極的な導入は、化石由来のエネルギーに対する最良の「省エネ」となり、非常時の独立したエネルギー源の確保となり得る。しかし再エネ資源はそれぞれに特性があり、地域によって利用可能な量や種類が違う。またその利用技術やノウハウはまだ成熟していない。そのため再エネ対応のエネルギー機器は、広く普及している従来型の化石燃料を利用するものに比べて割高となる。

（図表3）民生用・建物用途別コージェネ累積導入台数割合（左）と累積導入容量割合（右）（2017年3月末）



（出所）「一般財団法人 コージェネレーションエネルギー高度利用センター」資料を筆者加工

- 9 但し、大地震の際には導管の破損の有無にかかわらず、安全確認のためにどうしても一日程度は供給が止まるので、そのための備えは必要である。
- 10 民生用に家庭用燃料電池（エネファーム）や家庭用ガスエンジン（エコウィル、コレモ）は含まない。
- 11 太陽熱を使った温水の利用については新技術とは呼べないため本稿では主眼をおかない。
- 12 生物由来の有機性資源で化石燃料を除いたもの。植物由来のバイオマスの炭素はもともと大気中の炭酸ガスを植物が光合成により固定したものであるため、燃やしてもカーボンニュートラル（大気中の炭酸ガスを増加させない）と考えられている。

さらに、再エネ導入にあたっては往々にして新たなインフラや燃料サプライチェーンの構築、既存のエネルギーシステムの再構築、専門知識を持つ人材などが必要となる。従って、病院での本格的な利活用は簡単ではない。

### (1) 再エネの導入状況

再エネのうち病院への導入が最も進んでいるのは太陽光発電である。太陽光はほとんどの地域で利用可能な資源であり、太陽光パネル（太陽電池）は以前に比べて価格が低下している。発電規模が自由に調節でき、設置に時間が掛からず、管理もそれほど難しくない。それ故、特に熊本地震以降は医療施設の屋上に太陽光パネルを設置するケースが増加した。

太陽光は風力とともに変動性再エネ（VRE）と称され、発電量が気象条件に左右されるので安定的な電力供給ができないという特徴がある。精密な医療機器等を扱うため電圧や周波数が安定した質の高い電力を必要とする病院では、発電出力の変動を制御し、電力の余剰時にはこれを蓄え、不足時にはこれを補うために蓄電池を始めとする装置が必要となる。しかし業務用の蓄電池価格は依然として高価（大まかに言って容量10kWh以上で1kWhあたり30万円を超える水準）で、災害時に病院機能を継続させられるような大容量で安価なものはまだない。加えて現在の太陽電池の変換効率はおよそ15%～20%と低いため、相当量の電力を確保するためには太陽

光パネルを設置できる日照条件のよい広大なスペース（1kWあたりおよそ10㎡）が必要となることもネックだ。それ故、現行の導入例の多くは補助的ないしは環境教育の為といった意味合いが強い。

次に、世界では太陽光と並んで再エネ大量導入時代の主役となっている風力だが、本格的な風力発電は設備が大がかりで高価な上、風況や景観を始めとする地域環境への影響等の問題があるため、小型のシンボリックなもの以外で病院に隣接して建設される例はほとんど見られない。

一方、比較的利用し易いのは、地下10～200mの深さに存在する熱エネルギーである地中熱だ。地域の外気温度は変化するが、地中の温度はその地域の平均気温と同程度で一年中安定している。この温度差を効率的に利用し冷暖房などを行う。日本中いたるところで利用でき、安定した熱源となるため省エネ効果にすぐれているが、初期コストが高い。熱交換井を掘る土木工事費がかさむので普及が進まず、そのため地中熱を利用するヒートポンプ（HP）<sup>13</sup>機器の価格も下がらない。また知名度が低いため、そもそも再エネ導入時の選択肢にのぼらない場合も多い。

地熱も安定的なエネルギー供給源であり、発電と熱利用の両方でポテンシャルは高い。しかし、利用可能な地域や場所に大きな制約がある点が最大のネックとなっている。また小規模な発電利用のための機器や技術は開発途上で、コスト的に普及は難しい。従って、

13 ヒートポンプは空気や地中熱（地盤や地下水等の低温の熱エネルギー）などを熱源として、投入したエネルギー以上の熱エネルギー（冷熱・温熱）を得ることのできる仕組み。物質には圧力をかければ温度が上昇し、圧力を下げると温度が下がる性質がある。これを利用して、水や空気などの冷媒（熱を運ぶもの）を圧縮機を用いて動かし、低温側から高温側に熱を移動させる。

個別の施設での導入は暖房・給湯が中心となる<sup>14</sup>。災害時の独立した熱源の存在は極めて貴重であるが、硫化水素による機器の腐食や、熱交換器・熱水配管などに沈積するスケール<sup>15</sup>対策などメンテナンスに手間やコストがかかる。

中山間地域での活用ポテンシャルが極めて大きいと考えられる木質バイオマス<sup>16</sup>を発電に利用するためには、地域の林産業が健在で副産物が多量に存在する場合以外、まずは燃料の安定した調達システムの構築が必須となる。また病院単体の規模では発電に係るコストの面から電源としての活用は難しい。しかし、もともと熱利用との相性がよい再エネであり、医療施設では大量の熱需要があるのだから、空調や給湯などに関しては導入拡大の余地がある。

木材バリューチェーンの川下における副産物（端材等）の燃料需要を創出することにより、川上での森林事業や川中・川下で再エネ事業に関わる様々な地元産業（たとえば土木・建築、ボイラや部品の製造、燃料の加工・流通、メンテナンスなど）を下支えし、雇用を創出する。エネルギーの地産地消により燃料費の外部流出を抑える。こうして域内で富が循環し、付加価値が生まれる仕組みができれば、地域経済の活性化によるコミュニティ再生や地域環境保全と災害への備えなど、そ

の波及効果は多方面にわたる。

最後に、井水の持つ熱は空調や給湯の熱源として利用されているものの、小水力発電の場合はある程度の水量と落差が必要となる。しかし、急峻で洪水の恐れがある場所は医療施設の立地には向かないため、電力供給源としての活用は難しい。

## （２）先進的な再エネ導入事例

### １）長野県佐久市「JA長野厚生連 佐久総合病院グループ」

風力と地熱を除くほぼすべての再エネ利用を行っている先進的な病院の例として、長野県佐久市の「JA長野厚生連 佐久総合病院グループ<sup>17</sup>」が挙げられる。同グループは長野県東信地域（人口およそ42万人）の中核となる地域密着型の医療施設である。2014年の3月に、高度急性期医療を担う機能が佐久総合病院（本院）から新築された佐久医療センター（以下、医療センター）に移転したが、移転後の本院では引き続き改築工事が進められており、全事業は2018年末に完成する予定である。新・改築にあたっては、まず自らが自然資源を活用したエネルギー消費量・CO<sub>2</sub>排出削減とエネルギーの地産地消を実践することで、県内の他の施設や近隣住民にも同様の取組みが広がる教育的効果<sup>18</sup>を考慮している。

14 大分県別府市の「社会福祉法人 農協共済 別府リハビリテーションセンター」では豊富な地熱を給湯や冷暖房に加えて、プチトマト用の農業ハウスで利用し、地域の障害者の農作業を通じたりハビリと自立を支援している。

15 熱水に溶解している様々な成分が温度の低下により析出したもの。

16 本稿は医療施設を調査対象としているため、家畜排泄物、食品廃棄物、建築廃材、一般ゴミといった廃棄物系バイオマス利用は考察しない。

17 佐久総合病院は1944年の発足以来、農村地域における医療普及の取組みを続けてきた長い伝統を誇る医療機関。現在、同グループは佐久総合病院（本院）、佐久医療センター、小海分院、小海診療所、老人保健施設などから構成されている。

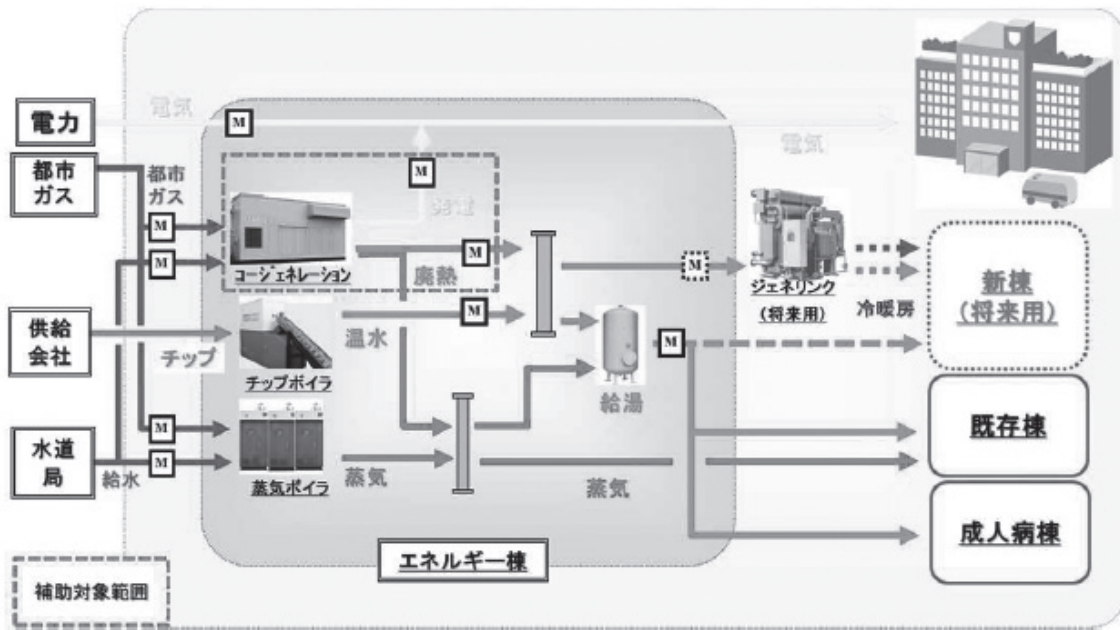
18 同病院グループでは、地域への啓蒙活動や地域との連携を目的として、1947年から毎年1回、2日間にわたる「病院祭」を開催しており、参加者は1万人を越える。

「佐久総合病院（本院）」（351床）では、2015年12月にコジェネシステム、貫流ボイラ<sup>19</sup>、木質バイオマスボイラを設置、2017年6月には排熱投入形吸収冷温水機（ジェネリンク）を導入し、①中圧の都市ガスによるコジェネと貫流ボイラ、②排熱から冷温水製造ができるジェネリンク、③木質バイオマスボイラ、を組み合わせた、極めて先進的かつ複雑な熱源システムを構築した（図表4）。コジェネで発電した電力は商用電力と合わせて使用し、排熱温水はバイオマスボイラからの温水と合流させ、敷地内の複数の建物に給湯する。また排熱蒸気は貫流ボイラからの蒸気と合流さ

せ、敷地内の複数の建物で蒸気・給湯用として使用する。新棟の完成後はコジェネからの排熱温水とバイオマスボイラの温水をジェネリンクに供給し、空調が必要となる時期（冷房：6月頃～9月頃、暖房：11月半ば頃～4月前半頃）の新棟への熱源としても利用する。

敢えて木質バイオマスボイラを導入するに至った背景には、地元産のカラマツ間伐材チップの余剰がある。県や市、森林組合から地域林業・林産業活性化と雇用創出への協力要請を受け、本病院が他に先駆けて地元貢献型・環境配慮型のエネルギー・モデルを実践することで、同様な動きが域内や県内の医療

（図表4）佐久総合病院（本院）のエネルギーシステム構成



注1) 空調期は①コジェネ、木質チップボイラの温水を新棟のジェネリンクに供給し、空調の熱源として利用、②貫流ボイラの蒸気は貯湯槽に供給し、既存棟・ドック棟・洗濯室・新棟への給湯の熱源として利用。

注2) 中間期は①コジェネ、木質チップボイラの温水を貯湯槽に供給し、既存棟・ドック棟・洗濯室・新棟への給湯の熱源として利用、②貫流ボイラの蒸気は貯湯槽の補助熱源として利用。

（出所）佐久総合病院（本院）資料を筆者加工

19 水を循環させるドラムのないボイラ。供給される水のうち蒸気にならなかった分をドラムで循環させず、そのまま排出する。





自然換気と地中熱利用に関しては、病棟の地下の6か所に、クール・ヒートトレンチと呼ばれる外気を取り入れ、予冷・予熱するスペース（溝）が設けられている。建物内部に設置された垂直に伸びるエコシャフトはこのクール・ヒートトレンチとつながっており、煙突効果により温まった空気を上部に運び、自然換気を行う。

また、太陽光発電・太陽熱利用については、日本でも有数の長い日照時間を利用し、屋上での太陽光発電（出力100kW）による電力供給、太陽熱集熱器（出力80kW）による給湯を行い、ビル・エネルギー管理システム（Building and Energy Management System、BEMS）<sup>22</sup>を通じて建物全体のエネルギーの効率的な集中管理と、「見える化」で、来院者に省エネと再エネの重要性に対する理解を促している。

さらに、年間を通じて水温15℃程度の井水については、空調機の冷却や給湯の熱源（HP利用）、トイレの洗浄など、多角的かつ段階的なカスケード利用がなされている。

## 2) 静岡県長泉町「ニコニコ水力発電所」

病院などへの導入が難しい小水力発電であるが、これを災害時の電力供給源として地域医療に活用するユニークな例として静岡県長泉町の取組みがある。

どこの地域にもあるような市街地を取り囲む幅2メートル程度の開放式農業用水路に、出力8kWの水車を取り付けた「ニコニコ水力発電所」は、年間発電量が一般家庭10戸の年間使用分程度で、民間事業者の自然エネ

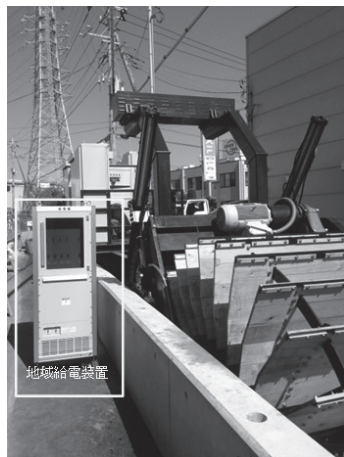
ギー利用推進協議会が設置した（次頁図表6）。平時は発電した電力を2012年に始まった再エネ由来の電力長期固定価格買取制度（FIT制度）で売電しているが、停電時や災害発生時は独立運転させる。発電装置内部では常時、小型携帯バッテリーパック6台が充電されている。1台あたり300Whを蓄電でき、緊急時には在宅医療機器を利用している住民や避難行動要支援者に届けられる。1台で3～4時間使用可能で、電気がなくなれば再度、充電済のパックを運ぶ。こうした配送のためにボランティア、高校生、社会福祉協議会が協働し、地域での配達ネットワークを構築している。

加えて移動式地域給電装置の備えもある。これは冷蔵庫程度の大きさのもので、平常時は防災倉庫に格納されている。緊急時に水力発電装置に接続すると、半径300m以内であれば診療所やコンビニの駐車場など人が集まる場所へ運べ、そこで炊飯器やパソコン、スマホや携帯などの非常用電源として活用できる。

同協議会と長泉町と水利権を持つ大堰土地改良区はそれぞれ協定を結んでおり、通常時の売電（34円/kWh）収益の一部は水利関係者や水車が設置されているエリアの自治会住民に、地域づくり協力金として還元され、非常時は町が電力を使える。地域のための事業であることから、小水力発電事業で常に問題となる水利権の調整が可能になった。また、水車は部品製造（水車の羽根は地元の間伐材から作られている）、組み立て、設置までを、ほぼ全て地元企業が手掛けており、地域産業の活性化にも貢献している。

<sup>22</sup> BEMSでは様々なセンサーを通じて建物内のエネルギー使用状況や設備機器の運転状況を把握する。そして、需要予測に基づく負荷を勘案し、エネルギーの供給設備と需要設備が最適な運転を行うよう中央制御監視装置から自動制御を行う。

(図表6) 用水路に設置されたニコニコ水力発電装置と横におかれた移動式地域給電装置 (左)  
在宅医療機器利用者のもとに運ばれたバッテリーパック (右)



(出所) 岡本欣訓「小水力発電の地域多目的利用」、再生可能エネルギーシンポジウム「再エネで変わる SDGsで変える 再生可能エネルギーと持続可能な地域づくり」資料、2018年3月16日

#### 4. 病院経営とエネルギー

建物の新築や増改築の機会などを捉えて、先進的な設計手法の採用、高効率な設備やエネルギー機器の導入、エネルギーシステムの変更・再構築、最先端のマネジメントシステム採用などを行えば、効果的な省エネや再エネの導入が可能にはなるが、多額の初期投資が必要となる。とりわけ再エネに関しては、機材や付随する工事費用が割高となる、追加の施設を必要とする（たとえば追加機材の為の建屋や木質バイオマスの場合の燃料サイロ等）、システムの運用や管理が複雑になり、外部委託、専門知識を持った人材の雇用、担当者の研修等が必要になるなどの理由で、コスト負担が大きい。

#### (1) 病院経営の現状

病院の医業収入は、国により決定され、2年おきに改定される診療報酬に左右される。2018年度の改定では診療報酬本体部分<sup>23</sup>の改定率は2016年度の+0.49%から+0.55%へと引き上げになった。医科の診療報酬改定率も2016年度の+0.56%から+0.63%へと拡大しており、2016年度改定を上回る財源は確保されることになった<sup>24</sup>。しかし、前回改定では診療報酬全体<sup>25</sup>としての改定率が2008年度以来のマイナスになり、2010年から2016年までは、医科の診療報酬改定率のプラス幅が毎回、縮小してきていた。

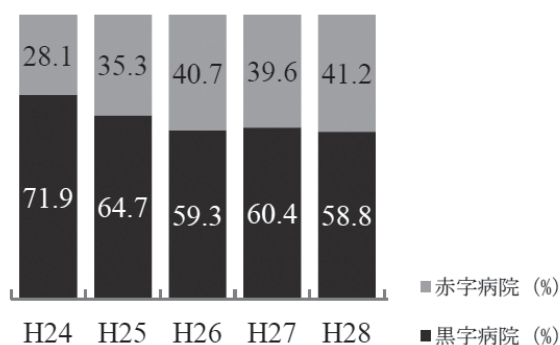
このような状況下、独立行政法人福祉医療機構の調査では、病院の赤字割合が上昇傾向にあり、とりわけ急性期の入院治療を必要とする患者のための一般病床の割合が50%を超

23 医科、歯科、調剤に関する部分で、薬価等（薬価と材料価格）は含まない。

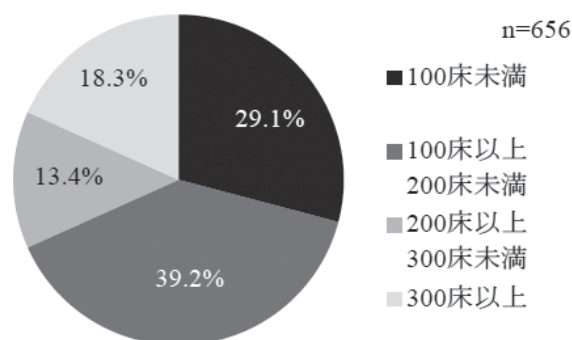
24 本体部分に関して言えば、2016年度の改定で500億円程度であった引き上げ額を上回る600億円程度の財源が確保された（日経メディカル記事、2018年2月7日）。

25 医科、歯科、調剤と薬価等（薬価と材料価格）をすべて含む。

(図表7) 一般病院における黒字病院と赤字病院の割合



(図表8) 調査対象の病床規模



(出所) 関悠希「平成28年度病院の経営状況について」『Research Report』2017年12月26日

(図表9) 佐久総合病院本院・医療センターにおける光熱水費・給与費および支出総額に占める割合

2016年度	本院	割合	医療センター	割合
支出総額 (円)	7,669,547,000		18,603,490,000	
光熱水費 (円)	224,340,000	2.93%	269,668,000	1.45%
給与費 (円)	4,567,293,000	59.55%	8,724,519,000	46.90%

(出所) 佐久総合病院提供資料から筆者作成

える「一般病院」ではその4割超(41.2%、2016年度)が赤字で、主因は人件費の増加である旨の結果が出ている<sup>26</sup>(図表7、8)。

病院の支出は人件費の割合が圧倒的で5割程度<sup>27</sup>を占めるのに対し、光熱水費は2~3%に過ぎない。たとえば佐久総合病院グループでは総支出に占める本院での光熱水費は3%弱、医療センターでは1.5%に満たない(図表9)。絶対額としては無視できない大きさであり、BCPの観点からもエネルギー消費を抑えた施設運営・管理は重要である。しかし、一般的に言って、最善の医療提供を支え

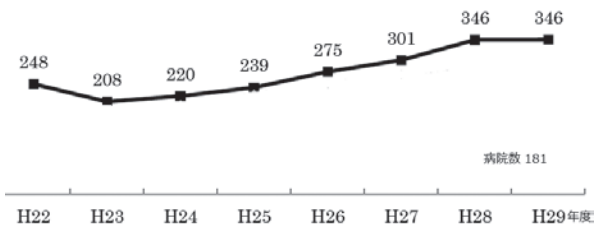
るための必要経費という考え方から、管理部門での細かいランニングコスト削減は相対的に軽視されがちになる。省エネ・再エネのために高額な投資を行ったとしても、患者数の増加による診療報酬増が見込めるわけではないため、短期的な病院経営の観点からは経済的なインセンティブが乏しい。

また、近年は病院建設費の高騰も大きな問題となっている。2017年度の㎡あたり単価は、新築病院の平均値で前年度と同じ34万6,000円と、震災後から続いた上昇には一服感がある(次頁図表10)。しかし、東京オリンピッ

26 関悠希「平成28年度病院の経営状況について」『Research Report』、2017年12月26日。2016年度は経常利益が0円未満のものを赤字、それ以前は収益率が0円未満のものを赤字としている。なお、開院後1年未満の病院、医育機関附属病院、医師会立病院は調査対象に含まれていない。

27 関(2017)によると医業収益の5~6割。

(図表10) 病院の㎡単価の推移 (単位:千円、平均値)



\* データは消費税込、新築工事が対象で設計管理費を含む。

(出所) 関悠希「平成29年度 福祉・医療施設の建設費について」『Research Report』、2018年6月27日を筆者加工

ク・パラリンピックに向けての工事や、相次ぐ大規模再開発による人手不足や資材の値上がりは続いており、病院建設費の高止まり傾向は今後も継続すると見られている<sup>28</sup>。省エネ仕様の高機能な病院を建てるところか、老朽化の進んだ病院の建て替え自体ができるのかどうか危ぶまれるという状況だ。このため、地域医療の中核として、高度・特殊医療などの不採算医療や離島・へき地医療などを担い、特に予算的な制約が厳しい公立病院では、構想段階での省エネや再エネ導入計画の具体化が困難になる可能性が大きい<sup>29</sup>。

## (2) 公立病院での再エネ導入事例：山口県山陽小野田市「山陽小野田市民病院」

こうした制約の中でも、病院の省エネと再エネ化に大きな成果を上げている公立病院の

ひとつが、2015年4月にグランドオープンした山口県山陽小野田市の「山陽小野田市民病院」(215床)である。同病院は、「地域の重要な財産である病院は経営的に持続可能であるとともに、人と環境に優しくあるべき」という信念のもとで、山陽市民病院と小野田市民病院との統合による新病院の建設にあたった。太陽光・太陽熱、地中熱、雨水の積極的な活用に取り組み、ランニングコストと環境負荷低減を図る一方で、ガスコージェネレーションと非常用電源に加えてリチウムイオン蓄電池を設置し、非常時のエネルギーセキュリティに万全を期した。また、BEMSの導入でエネルギー利用状況の24時間管理制御と「見える化」が可能になっている(図表11)。

特徴的なのは建設にあたって、「日本一安い公立病院」を基本方針とするものの、単なるコストカットで職員や関係者のモチベーション低下が起ころぬような工夫をしたことである。無駄は徹底して省くが、必要な部分はおろそかにせず、低コストでも環境的には最高水準の病院づくりを目指すため、建築環境総合性能評価システム(CASBEE)で最高のSランク認証取得<sup>30</sup>、という明確で具体的な目標を掲げた。職員たちの間では「地域と住民が誇れる病院を創る」という当事者意識が高まり、病院づくりへの積極的な参画が拡がり、その結果、目標達成が可能となった<sup>31</sup>。

28 関悠希「平成29年度 福祉・医療施設の建設費について」『Research Report』、2018年6月27日

29 総務省の「新公立病院改革ガイドラインQ&A」(2015年10月16日、改定2016年4月28日)からは、公立病院の建築単価上限の目安が36万円/㎡程度と読み取れるが、大手設計事務所からの聞き取りによると、これでは最新の技術を取り入れた建築は難しいとのコメントもあった。

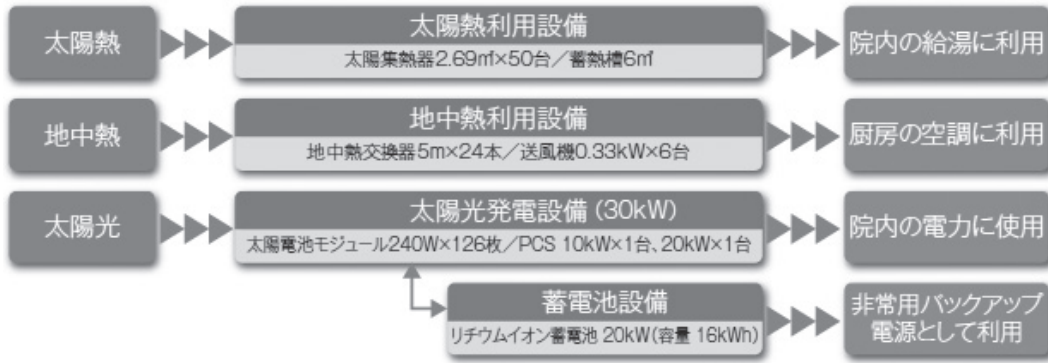
30 省エネ、環境負荷への配慮から、室内の快適性なども含めて建築物を総合的に評価するシステムで、最高がS(素晴らしい)ランク。これにA(大変良い)、B+(良い)、B-(やや劣る)、C(劣る)が続く。公立病院では他にも長野県岡谷市の「岡谷市民病院」、大阪府吹田市の「市立吹田市民病院」などがSランクを獲得している。なお、前出の「佐久医療センター」もSランク。

31 同病院関係者からのヒアリングによる。

(図表11) 山陽小野田市民病院全景と再エネ利用状況



	補助対象経費 (千円)	補助金 (千円)
太陽熱利用	35,300	14,971
地中熱利用	20,800	10,380
太陽光・蓄電池	27,500	11,216



(出所) 一般社団法人新エネルギー導入促進協議会「再生可能エネルギー設備導入事例集」2015年11月を筆者加工

ただし、こうした先進的な取組みの背景には、関係者の高い意識と献身的な努力に加えて、病院建設の実務にあたった責任者にエネルギーの専門知識があったことが大きい。各地の公立病院にこうした知識やノウハウのある専任スタッフがいるとは限らず、山陽小野田的なモデルを広めるためには、全国の公立病院がエネルギーや環境関連の専門知識・ノウハウ等の提供を受けたり、こうした情報や経験を共有できるような仕組みづくりが必要となろう。

## 5. 地域コミュニティ、分散型エネルギーシステム、そして医療施設の今後

### (1) 再エネをツールとしたまちづくりのこれから

従来型のエネルギー供給に象徴される、大規模で複雑化し、効率が最優先される「見え

ない」システムへの全面的な依存に対する気づきと不安が広がっており、再エネが有する多面的なポテンシャルの中でも、エネルギー自給とコミュニティ創生のツールとしての可能性に関心が向けられている。

FIT制度が導入されて以降、技術の進歩、コストの低減、ノウハウの蓄積等により、地域が主体となって再エネを活用するハードルは少しずつ下がりは始めている。既存の大規模集中型のエネルギーと比べた場合、安定性や経済合理性といった点が弱点となる再エネだが、地域という面的な広がりを持ったエネルギーネットワークの中に組み込み、地元が抱える課題解決のために役立てることで、こうしたデメリットを克服できるようになる。IT技術を駆使した柔軟なスマートシステムの中では、多様なエネルギー源を組み合わせることによりVREの変動吸収ができるように

なるし、再エネは地域社会に単なる経済的な付加価値を超えた、社会・環境面での広範な便益をもたらすからだ。日本の各地で再エネをツールとしたエネルギー自立、安全で安心な環境づくり、災害へのレジリエンス強化、地域再生と経済振興、高齢者福祉や子育て支援など、地域の実情とニーズにあった様々なまちづくりの取組みが始まっている。

## (2) 医療施設と再エネをつなぐ分散型エネルギーシステム

これからの日本は高齢化、人口減、財政難でこれまで通りの行政サービスを行うことも、老朽化したインフラをそのまま更新することもできない。新たなコミュニティでは中核となる公共施設が地域の実情にあった形で順次、人々が集うコアエリアに集積してゆくことになる。従って、今から地域の将来像を見据えて適切なまちづくりへの準備をしておけば、医療関連施設を中核とする地域エネルギーシステムの構築や、分散型のエネルギーネットワークに医療関連施設を組み入れることが可能となる。個々の施設単体では克服できなかった再エネ導入にあたってのエネルギーセキュリティ、高コスト、複雑なシステム管理といった諸問題も、こうした分散型システムのエネルギー源を可能な限り化石燃料から地元の特性にあった再エネに代替してゆくことで解消できる。

### 1) 山形県最上町「ウェルネスプラザ」

医療関連施設を中核とする地域エネルギー

システムの先駆的な事例のひとつに山形県最上町の「ウェルネスプラザ」がある。

山形県の北東部に位置し、森林が町の84%を占める人口約9,000人の最上町では、国の介護保険導入（2000年）に先駆けて、木質バイオマスによる地域熱供給システムで医療と福祉を中核に据えたコミュニティづくりに取り組んでいる。同町が整備した「ウェルネスプラザ」（敷地面積20,199㎡）では、地域熱供給システムに地元のスギ間伐材を燃料とする木質チップボイラを導入し、保健・医療・福祉施設などが集積したエリアでの冷暖房、給湯、融雪を行っている（図表12）。

同エリアではバイオマスボイラ3台（出力500kW、700kW、900kW、チップ焚き）で最上病院（70床）、健康センター、老人保健施設・集合住宅（それぞれへの冷暖房・給湯）、福祉センター（冷暖房）、園芸ハウス（暖房）、特別養護老人ホーム（冷暖房・給湯・融雪）、学校給食センター（給湯）の熱需要を賄っている。寒冷地のため既に整備されていた熱供給インフラが使い、熱源となる機器を変えるだけで木質バイオマスへの燃料転換が可能とハードルが低かったこと、日本における先駆的な取組みであったため潤沢に補助金が得られたこと<sup>32</sup>などが成功の大きな支えとなった。

同町では森林整備を促進するために間伐補助事業を実施し、その負担金を補うために用材（マテリアル）としては利用できないままになっていた間伐材の副産物をチップ燃料化し、地域熱供給システムの燃料代替を進め

32 木質バイオマス利用の検討にNEDOの補助金を活用。500kWと700kWのボイラ導入にもNEDOから設備費用4.3億円が全額補助。900kWのボイラは森林整備加速化・林業再生事業として1.1億円が全額補助。

(図表12) 最上町「ウェルネスプラザ」の全体図



(出所) 最上町交流促進課資料「最上町における木質バイオマス利活用の取組み～バイオマス地域熱供給～」  
2017年9月16-17日

た。町は間伐を行う代わりに間伐材の無償提供を受け、地元企業2社（株式会社下山製材、株式会社結城林業）が2009年に設立した「株式会社もがみ木質エネルギー」が燃料製造・供給を担う。現在では間伐循環型林業サイクルが確立しており、燃料の安定供給に問題はないという。通常のボイラ管理は「最上町地域振興公社」（町の第三セクター）に委託されており、定期点検は全国に拠点を持つ株式会社トモエテクノが行っている。2016年度の主たるバイオマスボイラ関連経費は40,434,520円となっているが、A重油単価100円として計算した場合、燃料費で42,534,828円分の域外流失が止まっており、もがみ木質エネルギーでの雇用創出（7名）もある。林

業活性化と相まって地域経済への付加価値は大きい。また、2016年度のCO<sub>2</sub>削減量はバイオマスボイラ導入前の2004年に比較して30%減となっている。

ただし、エネルギーシステムの管理運営面では課題が残る。バイオマスボイラの稼働には電気が必要のため、停電になると停止してしまう。また、熱電併給も計画したが、現状では安価で発電効率のよい機器がなく断念している。さらに、バイオマスボイラは日々の管理（燃焼温度の高低、圧力、燃焼具合など）やメンテナンスが難しく、すべてを地元で対応することができない。加えて滅菌のために100℃以上の高温の水蒸気が必要で、これは重油ボイラ<sup>33</sup>で対応せざるを得ない。そのた

33 木質バイオマスボイラ導入以前にあった重油焼きボイラをバックアップ・非常用として活用。



め重油ボイラとバイオマスボイラの2系統での管理が必要で、管理費や機器の部品交換費用等のコスト負担が重い。

なお、最上町ではウェルネスプラザ以外でも、「すこやかプラザ」（町の中心的な子育て施設）で木質バイオマスボイラによる熱供給と太陽光発電（自家使用）、「若者定住環境モデルタウン」で木質バイオマスボイラ（チップ、ペレット、薪）による熱供給、太陽光発電（自家使用）、地下水熱を利用した融雪を行っている。ペレットボイラの燃料供給用として民間のペレット工場ができ、3名の雇用が生まれている。

## 2) 宮城県東松島市「スマート防災エコタウン」

一方、防災に主眼を置いた自立型コミュニティネットワークに医療施設を組み込んでいるのが宮城県東松島市「スマート防災エコタウン」である。

宮城県の中央に位置し、石巻市、松島町に隣接する東松島市【人口40,228人（2018年2月1日現在、震災前：43,142人）】では、震災により1,134名が命を落とし、市街地（住宅用地）の65%（全国の被災市町村中最大）が浸水する大きな被害にあった。そのため復興にあたって市は、環境にやさしい、エネルギーの地産地消による災害に強いまちづくりと雇用創出を目指している。その取組みの一つが積水ハウス株式会社と官民一体で推進する「スマート防災エコタウン」プロジェクト（敷地面積約40,000㎡）で、日本初のマイクログリッド自営線によるエネルギー自立都市

への試みである<sup>34</sup>（図表13）。

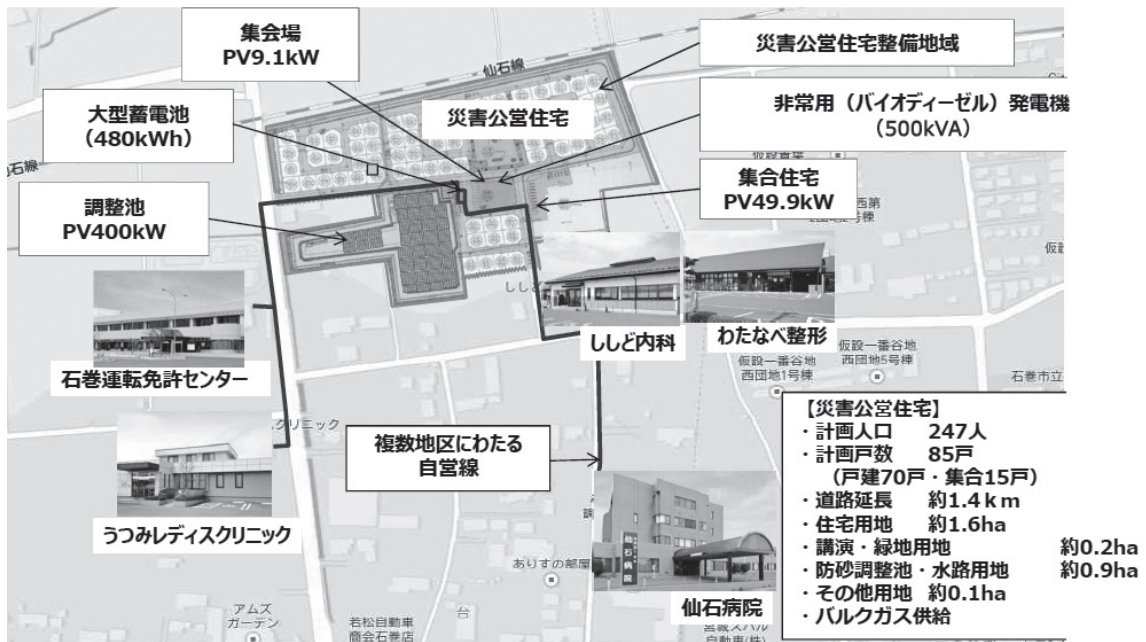
同プロジェクトでは太陽光発電設備からの電力を地消する。防災拠点となる仙石病院（120床／ICU12床）および3つの医療機関、集会所、災害公営住宅「柳の目東住宅」85戸（戸建70戸と集合住宅15戸）、宮城県警察石巻運転免許センターは、①防災調整池の上、②前出の集合住宅15戸の屋根、③集会所の屋根、の3か所の太陽光発電設備（①は出力400kW、②は同49.9kW、③は同9.1kW）、容量480kWhの大型鉛蓄電池、そして容量500kVAの非常用バイオディーゼル発電機と、自営線マイクログリッドで結ばれている。不足する電力は商用電力網から一括受電されてマイクログリッドに入り、地域エネルギーマネジメントシステム（Community Energy Management System、CEMS）により、電力需給が最適になるよう制御される（図表14）。

一時的な停電事故の場合は非常用ディーゼル発電機と太陽光発電及び蓄電池により、普段通りの電力供給が最大3日間は可能になっている。災害等で停電が長期化した場合でも、避難所となる集会場と病院には太陽光発電と蓄電池から最低限の電力供給が継続される。病院の自家発電が極力温存できるため、地域の災害対応力が高まる。

現在、エネルギーマネジメント業務を東松島市から受託して、自営線マイクログリッドを保守管理しているのは一般社団法人東松島みらいとし機構（HOPE）である。HOPEは地元復興の様々な活動を推進するため、市、商工会、社会福祉協議会により2012年10月に

34 環境省からの補助金を受け、一般社団法人低炭素社会創出促進協会が実施する「自立・分散型低炭素エネルギー社会構築推進事業」のひとつとなっている。

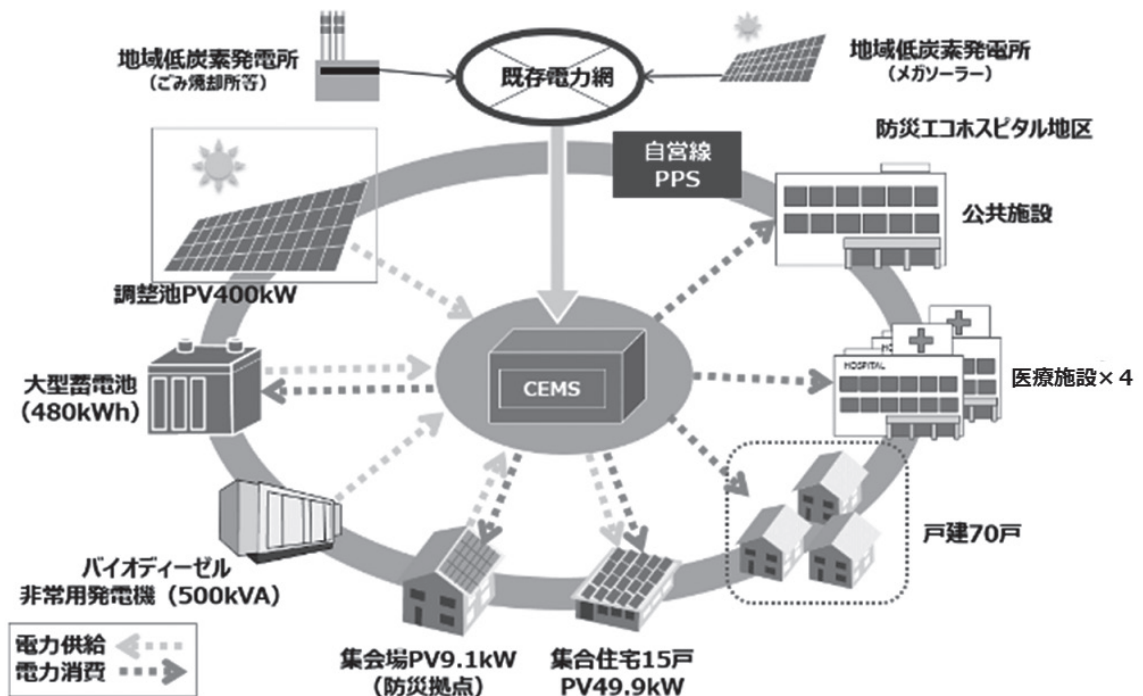
(図表13) 「スマート防災エコタウン」の概要



※自営線で結ばれる電力供給設備は太陽光発電460kW、大型蓄電池480kWh、非常用バイオディーゼル発電機500kVAで構成  
 ※VAは「皮相電力」を表す単位で、実際の仕事を行うために消費される電力 (W：有効電力) と、実際の仕事のためには使われない消費電力 (無効電力) の和。

(出所) 東松島市資料と積水ハウス資料を筆者加工

(図表14) 「スマート防災エコタウン」の地域エネルギー管理ネットワーク (CEMS)



(出所) Smart City News「日本初のマイクログリッドを有するまちづくり：積水ハウスが『東松島市スマート防災エコタウン』を実現するカギとなったのは?」、2017年7月7日を筆者加工

設立された行政と市民、企業や研究機関をつなぐ「官・民・産・学」連携の中間支援組織だが、この中に置かれた新電力事業部（職員3名）は、登録特定送配電事業者として自前の発電・送配電設備によりスマート防災エコタウンの電力供給を行う一方、2016年4月からは「HOPEのでんき」（東松島新電力）として電力の小売り事業も行っている。

HOPEのでんきは、スマート防災エコタウンの太陽光発電の余剰分、電力市場（日本卸電力取引所、JEPX）、市内の建設や運送事業者などの敷地に設置された太陽光発電施設（FIT電源）から電気を仕入れ、病院、介護・福祉施設、東松島市役所、東松島市コミュニティセンター、小中学校など市内145の公共施設と、いしのまき農業協同組合、宮城県漁業協同組合、民間事業所など143か所に電力供給を行っており、エコタウンへの供給を含めた契約電力量は10.7MW（2018年2月末現在）となっている<sup>35</sup>。

こうした事業で得た利益は地域活性化のために利用しており、2017年度はエネルギーの地産地消推進の目的で、市内の太陽光発電所（FIT電源）との接続工事費用や、「環境未来都市」の普及啓発のための「環境絵日記カレンダー2018」の製作費用に充てている。このカレンダーは「小学生が描く未来の東松島」をテーマに、地元の小学生から募集した作品から選ばれた16点の絵と文章を紹介したものだ。同市では子供たちが環境とまちの未来を考える機会とするため、2012年度から夏休みの課題として作品を募集しているが、今

回はHOPEが、入賞作品をカレンダーにすることでコミュニティ全体にも関心を広めようと市と共同企画した。

## 6. おわりに

社会的に意味があり、地域貢献が可能で、環境によいことであるとしても、医療機関にとって本業である医業から離れ、専門的な技術・知識・運用ノウハウの蓄積がないエネルギー分野への採算に合わない設備投資は難しい。そのため、再エネについてはその利用が技術的に安定して広く普及し、コストが十分に低下してからでなければ導入が出来ない。自立した電源や熱源になり得る再エネではあるが、個々の医療施設が積極的に取り入れてゆくにはまだまだハードルが高い。

しかし、医療施設が地域の中核となってゆくことが想定されるこれからのまちづくりの中で、従来のエネルギーシステムを補完する形で、再エネを最大限に取り込んだエネルギーの分散型ネットワーク化も進むであろう。エネルギー大量消費施設である医療機関での再エネ活用は、今後、こうした地域の独自ネットワークに組み込まれる形で進展してゆくのではないか。

### 参考文献

注)本文中に記載済みのものは省略した。

- ・一般社団法人日本医療福祉建築協会「特集：災害に備えた病院建築」『医療福祉建築』No.183、2014年4月
- ・白井信雄『再生可能エネルギーによる地域づくり～自立・共生社会への転換の道行き』環境新聞社、2018年1月31日

35 供給電力の電源内訳は約3割がエコタウンの太陽光発電と市内事業者の太陽光発電（FIT電力）、約5割が市場からの購入、約2割が東北電力からのバックアップとその他の相対取引。

- 
- ・新妻弘明「デュアル・エネルギー・パス」日本EIMY研究所報 EIMYJ-1106、2011年6月 <http://ve.cat-ve.jp/ni.eimy/niitsuma/dep.pdf>
  - ・一般社団法人日本医療福祉建築協会「特集 3.11その後」『病院設備』Vol.59、No. 2 (334号)、2017年3月
  - ・一般社団法人日本医療福祉建築協会「特集 グリーンホスピタル」『病院設備』Vol.58、No. 1 (327号)、2016年1月
  - ・一般社団法人日本医療福祉建築協会「特集 新しい防災の考え方と病院のBCP」『病院設備』Vol.52、No. 5 (296号)、2010年9月
  - ・諸富徹『再生可能エネルギーと地域再生』日本評論社、2015年10月20日