

住宅における再エネ設備導入効果の検証 ー太陽エネルギー住宅「響の杜」の分析からの考察ー

森と木のクリエイター科 木造建築専攻 斎藤 真梨乃

1. 研究の背景と目的

住宅で省エネを図る手法として、太陽光発電や太陽熱給湯器などの再生可能エネルギー利用設備（以下「再エネ設備」という）を導入するという方法がある。省エネの要求は、環境問題や昨今の燃料費高騰により切迫しており、重要性は年々高まっている。しかしながら、実情としては普及が遅れており、導入効果を検証する必要があると考えられた。そのような中、エネルギー自給実験を行う住宅「響の杜」を検証できる機会を得た。

本研究では、「響の杜」の分析により、エネルギー自給の実態を把握するとともに、再エネ設備を様々な指標で評価し、導入効果を検証することを目的とする。

2. 研究対象「響の杜」概要

研究対象である「響の杜」は、内保製材株式会社（滋賀県長浜市）のモデルハウスである。熱系統としてソーラーシステム及び木質ペレットボイラー、電気系統として太陽光パネル及び蓄電池が導入されている（図 1）。ソーラーシステムとは、不凍液を媒体として間接的に太陽熱から温水を取り出す装置で、冬でも凍らないため通年で使用できるという利点がある。熱は温水として貯湯槽に貯められ、給湯及びパネルヒーターによる暖房に運用され、電力は照明や家電などに運用される。調査は 2022 年 2 月から 2023 年 1 月まで実施した。

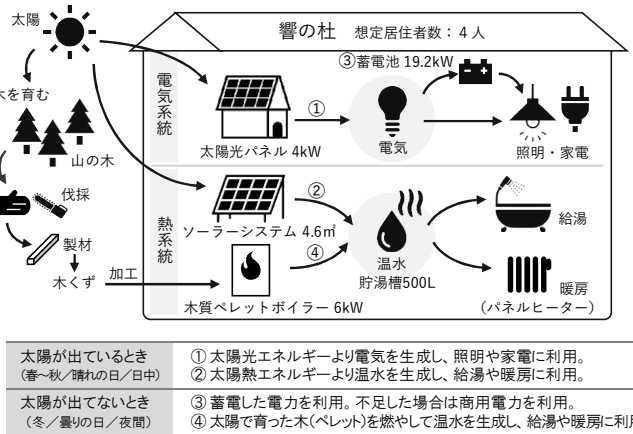


図 1 「響の杜」エネルギーシステム

3. エネルギー需給状況の推計

「響の杜」は宿泊可能なモデルハウスとして運用されており、実測値からは通常居住した場合のエネルギー消費量を計れなかった。そこで、同じ条件下にお

るエネルギー需給の推計を行った。ソーラーシステム及び太陽光パネルのエネルギー取得量は日射量データをもとに推計した（表 1）。それ以外の項目については「自立循環型住宅への省エネルギー効果の推計プログラム（一般財団法人住宅・建築 SDGs 推進センター）」を用いて推計した。

表 1 エネルギー取得量の推計式

ソーラーシステム： $Q = H \times A \times f_p \times f_s$	
Q = 基準集熱量 (kWh/月)	
H = 設置面の月平均日射量 (kWh/m ² /日：NEDO より取得) × 日数 (日)	
A = ソーラーシステムの有効集熱面積 (m ²)	
f_p = 集熱効率：0.4 とする	
f_s = システム効率：0.83 とする	
太陽光パネル： $E_p = H \times P \times K + 1$	
E_p = 月予想発電量 (kWh/年)	
H = 設置面の月平均日射量 (kWh/m ² /日：NEDO より取得) × 日数 (日)	
P = 太陽光パネルの容量 (kW)	
K = 損失係数 (温度、交流変換、雪などの影響)：0.6~0.8	
1 = 標準状態における日射強度 (kW/m ²)	

4. 熱エネルギーの需給

実測と推計より熱エネルギーの需給状況を確認した（図 2）。モデルハウスのため、実測の消費量は推計の 4 割程度だった。ソーラーシステムの集熱量は日射熱量と外気温によるため、冬季には集熱量が低下していたが、その分を天候に左右されない木質燃料が充足していることが確認できた。

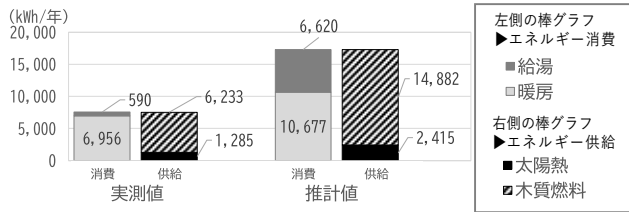


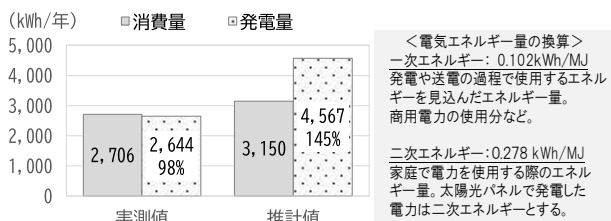
図 2 年間の熱エネルギーの需給状況

年間の太陽熱取得量は、推計値 2,415kWh に対し、実測値は 1,285kWh と 5 割程度少ない結果となった。また、実測値では冬季における熱取得量が大幅に減少することが確認された。以上の要因として、貯湯槽が単一であることによる集熱温度の条件が厳しい点が考えられた。ソーラーシステムが稼働するのは、集熱温度と貯湯槽内温度との差が十分（7℃以上）ある場合である。また、衛生の観点より貯湯槽の水温は 60℃以上が設定された。よって、集熱温度は 67℃以上が必要となる。温度差が 3℃以下、つまり集熱温度が 63℃以下の場合は、取得した熱を活用できない。温水を直接利用する太陽熱温水器に比べ、貯湯槽分離型のソーラーシステムでは、高い集熱温度が必要となることが分かった。対応として、①衛生上問題のない範囲で貯

湯槽温度の設定を調整する、②別の貯熱ルートを確保する、③「響の杜」に搭載された平板式に比べ、冬季でも外気温の影響を受けにくく、高温給湯が可能な真空管式を採用することが考えられた。②③は現実的に実行することは難しいが、今後のシステム設計をする際の参考として留意しておきたい。

5. 電気エネルギーの需給

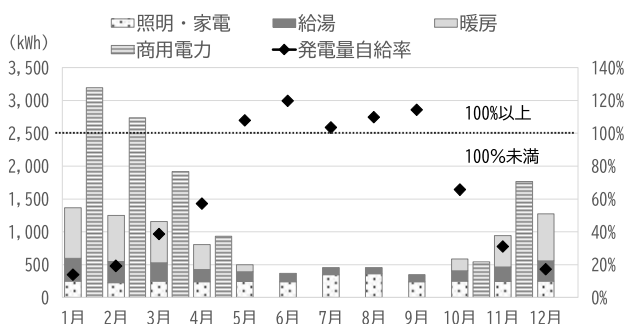
次に電気エネルギーの需給状況を整理した（図3）。



実測では、モデルハウスのため電力消費が少なく、蓄電池が充足すると、売電は行わず発電が停止する設定となっていた。実測値としても毎月の発電量と消費量がほぼ釣り合う結果が得られた。推計では、年間で消費量の145%分を充足できると推計できた。なお、余剰分は蓄電され、蓄電容量以上になると売電されると仮定する。発電量の最大月は5月で、消費量の2倍以上発電できると推計された。一方、1月と12月は100%を下回った。

6. 暖房・給湯設備の選択

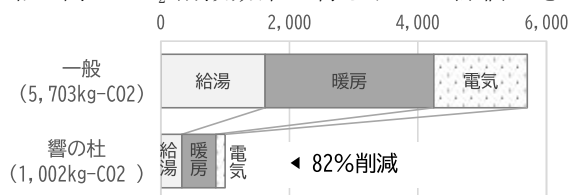
前章は暖房と給湯を除いた結果であり、これらも電気でも運用した場合の充足率を推計した（図4 暖房：エアコン、給湯：エコキュート）。5月～9月は充足率100%を達成しているが、10月～4月は充足できない結果となった。不足分は商用電力を使用することになる。図からもわかるとおり、冬季には発電量・太陽熱取得量ともに減少する一方、暖房・給湯の需要は高まるため、太陽エネルギー利用設備には不利となる。よって他のエネルギーが妥当である。自然エネルギーを使用するという観点では、木質燃料が選択肢として挙げられる。



7. 「響の杜」エネルギーシステムの評価

(1) CO₂削減量

木質燃料が燃焼時に発生するCO₂量は化石燃料の約2倍である。これは木が成長する期間で既に地表にあったCO₂であり、長期的には増減は±0とみなされる。よって木質燃料使用時のCO₂排出量を評価するにあたり、燃焼を除いた伐採、収集、加工、運送時の排出量を計上した。以上よりCO₂排出量を推計したところ、一般的な条件（給湯・暖房：灯油、電気：商用電力）に比べ82%の削減が見込めた（図5）。この結果は、非常に高いCO₂削減効果が得られたと評価できる。



(2) 経済性

ソーラーシステムは灯油（120 円/L）換算で年間2.8万円、LPガス（557 円/m³）換算で4.3万円の削減に貢献することが推計された。初期費用が40万円の場合、10年前後で投資回収可能となる。

木質ペレットの燃料費は年間18～23万円と推計され、灯油とほぼ同等の価格になることが確認できた。初期費用は、木質ボイラー150万円、灯油ボイラー20万円と7倍の開きがあり、単純に費用面のみで覆すことは困難だと考えられた。

(3) 暖房の快適性

1月に宿泊体験し、エアコンとパネルヒーターとの体感の比較を行った。前者は送風や音の存在感が気になったが、後者はそれらがなく、静かで快適性が高いと感じられた。パネルヒーターや薪ストーブは「輻射式」と呼ばれ、温度の高い方から低い方へ熱が伝わり、寒いほど多くの熱が伝わるという特性がある。また、熱は仕上げ材に蓄熱されるため、換気をしていても温度が維持されやすい。このような特性から、輻射式暖房の快適性・質は高いと評価でき、木質燃料の優位性を示せる重要な要素になると考えられた。

8. まとめ

研究を通じ、再エネ設備の季節別変動やその要因に関する理解が進んだ。ソーラーシステムについては、冬季における稼働率低下を抑制することが課題となった。太陽光発電については、半年間は自給できるが、もう半年間、特に冬季の自給は困難になることが分かった。同時に、そこに木質燃料の活路があると考えられた。また、木質燃料は環境面に加えて、輻射式暖房の快適性という体感しやすい優位性があることを見出した。今後は研究で得た知見を活かし、再エネ設備の導入を検討する際に役立てたい。