

太陽光発電を利用した独立系直流 LED 照明システムに関する総合的評価

Comprehensive evaluation related to DC LED lighting system utilizing photovoltaic system

○土居義浩*¹⁾、吉川直樹¹⁾、天野耕二¹⁾

Yoshihiro DOI, Koji AMANO, Naoki YOSHIKAWA

1) 立命館大学

*rv004079@ed.ritsumei.ac.jp

1. はじめに

我が国の家庭部門におけるエネルギー消費実態として、2009 年度における消費量全体の 14.2%を占め、基準年からみて約 26.9%の増加となっている¹⁾。また、家庭内のエネルギー消費の内訳をみれば、エアコン・照明器具・冷蔵庫は特に高い割合を占め、順に 25.2%、16.1%、16.1%となっており、家庭部門におけるエネルギー消費量を削減するためには、これらの機器に対して優先して対策することが合理的であると考えられる。これらの背景のもと、照明に関して対策を講じることには意義があると考え、本研究では、照明システムを新たな利用形態へ転換することが可能である「独立系直流 LED 照明システム」に着目することとした。

独立系直流 LED 照明システムとは、太陽光発電システム(PV)により発電された直流電力を蓄電池に蓄電し、交直変換を行わず夜間照明(LED 照明)に利用するシステムである。特徴として、交直変換の際のエネルギーロスがない、PV の余剰電力により夜間の照明負荷を賄うことが可能、停電時に安定供給が可能、等が挙げられ、特性上、PV と蓄電池の導入は必須である。

本研究では、前述システムによる、環境負荷削減効果及び経済的效果、更には、停電時の安定供給面を総合的に評価する。

2. 方法

2.1 各種設定

評価範囲に関しては、製造段階及び運用段階、廃棄段階を対象とし、LCA による環境負荷削減効果の評価、売電制度等を考慮に入れた経済性の評価、供給安定性の評価を行う。運用段階の CO₂ 排出量には建築物内の電力消費による排出を含む。

導入条件に関しては、対象都市を札幌、仙台、東京、名古屋、大坂、広島、高松、福岡の全 8 都市に設定し、それぞれ一般戸建住宅及び集合住宅を想定した。照明システムに関しては、設定した建築物間取における各部屋全てに対して利用用途を設定し、それらの用途に対する必要照度を満たすよう照明設計を行う。導入する蓄電池に関しては、照明分のみを賄う蓄電池容量にすることが経済的な面から一般的とされるが、本研究では、災害時

における有用性を考慮に入れ、照明分以外の夜間電力消費を賄うことが可能である様々な容量の蓄電池を導入する場合に関しても考察する。

- i. 夜間照明分と同等容量のケース
- ii. 一般的 PV 規模での余剰電力を全て蓄電可能な容量とするケース
- iii. 全負荷を賄うことの出来る PV 規模での余剰電力を全て蓄電可能な容量とするケース

また、蓄電池を導入することで余剰電力の利用方法も多種多様となるが、本研究では以下のシナリオを考えることとする。

- a. 余剰電力を全負荷に対して利用するケース
- b. 余剰電力は夜間照明にのみ利用するケース
- c. 発電時間帯の余剰電力を全て売電するケース

なお、評価するシステムに関しては逆潮流が可能であることを前提とする。

2.2 評価手法

METPV-11 の日射量データ²⁾より、都市別月別時刻別の PV の発電電力量を分析し、前述の各シナリオ設定に応じて年間の電力消費量及び売電量を算出する。以上の結果と、管轄電力会社の電力 CO₂ 排出原単位及び電力価格等のデータから年間の CO₂ 排出削減量[kg-CO₂]及び年間コスト削減額[円]を算出する。供給安定性に関しては、各都市の地震発生リスク及び停電リスク、災害時のライフライン復旧率と日数の関係から、停電発生時において電力復旧までに賄う電力量期待値を算出する。また、蓄電池の耐用年数は放電深度に依存しており、利用方法によって非常に大きな差異を生じるため、本研究では、各シナリオ別の電池の限界サイクル数を考慮することとした。

製造段階及び廃棄段階、イニシャルコスト等の詳細に関しては要旨では割愛することとする。

2.3 統合化

評価対象の環境負荷面及び供給安定面を汎用システムと比較した際の経済的便益として統合化する。環境負荷面に関しては、既存の手法(LIME2)³⁾を用いることとし、CO₂ 排出削減が社会資産及び人間の健康(損失余命)に与える影響を経済的便益として統合する。供給安定面の統合化では、2.2 に示した電力量期待値及び停電回避に対する支払意思額[円/kWh]から経済的便益の期待値を算出す

る。停電回避に対する支払意思額に関しては既存の研究⁴⁾を参照する。最後に費用便益分析を行うこととし、汎用システムと比較した際のイニシャルコスト増加額で経済的便益を除くことにより費用対効果を分析する。

3. 結果

設定した評価範囲における LCCO₂、経済的便益への統合化、費用便益分析の結果を以下に示す。i~iii、a~b の記号は 2.1 で示したケースに対応している。

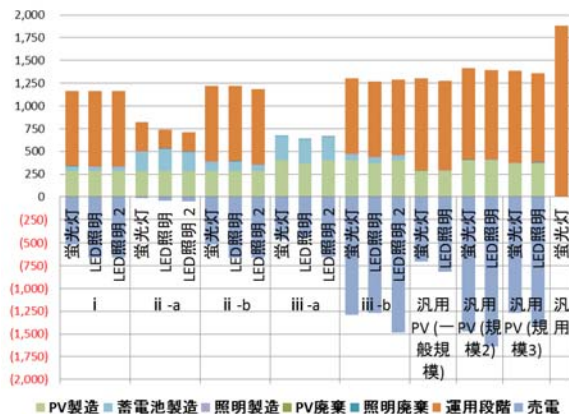


図1 LCCO₂算定結果(東京 戸建)

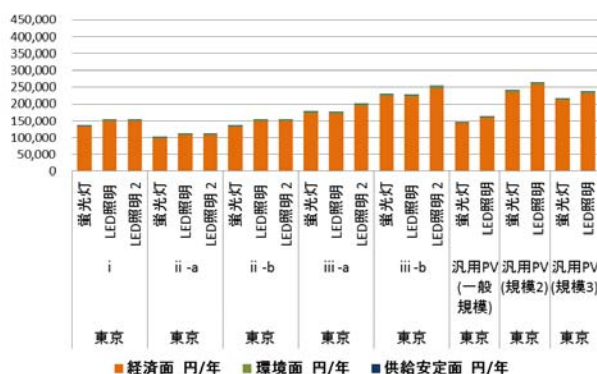


図2 経済的便益への統合化結果(東京 戸建)

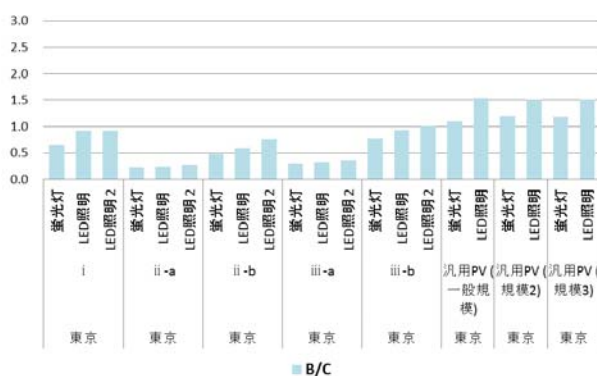


図3 費用便益分析(東京 戸建)

図 1 より、CO₂ 排出量に関しては、汎用システムと比較し、いずれのケースでも削減効果が期待できる。逆潮流を行った際の電力が損失なく全て利用されたと仮定すれば、売電分の電力も削減効果に繋がることとなり、その場合には、最も排出量の少ないケースは汎用 PV(規模 2)システムとなり、次いで、iii-b システムとなる。

統合化結果を図 2 に示す。電気料金の削減や逆潮流による経済的便益が大部分を占めており、環境面の占める割合は 5%未満となった。同様に、安定供給面に関しても、各ケースにより差異はあるが全体に占める割合は 1%未満となった。

費用便益分析の結果を図 3 に示す。汎用システムが最も費用対効果に優れている結果となり、次いで ii-b が優れている結果となった。ii-a、iii-a ケースでは、蓄電池を深放電で利用する必要があるため機器の寿命が極端に短くなり、買い替えが多くなるため費用対効果は小さい結果となった。

4. おわりに

本研究では、独立系直流 LED 照明システムに関する環境性・経済性・供給安定面を総合的に評価した。利用方法によるパフォーマンスの変化は顕著であったが、費用対効果として汎用 PV システムが最も優れている結果となった。これは、一つの建築物に対する電力安定供給による便益が機器のコストよりも大幅に低いことが理由として考えられる。今後の蓄電池の技術発展、新たな補助制度の導入が望まれる。また、逆潮流を行った際は全ての電力が損失なく全て利用されるとの仮定で評価を行ったが、対象建築物の周辺の需要によっては損失を生じる場合があるため、売電分の全てが環境負荷削減に繋がるとは一概には言えないことから、これを今後の課題とする。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：“エネルギー白書（2010 年度版）”，入手先
<<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2010energyhtml/index.html>>，（参照日 2013-1-7）
- 2) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：“METPV-11”，入手先
<<http://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html>>，（参照日 2013-1-8）
- 3) 伊坪徳宏：“LIME2 意思決定を支援する環境影響評価手法”，社団法人産業環境管理協会，（2010）
- 4) 金婷，松橋隆治，吉田好邦：“第 28 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス”，東京都，（2012），PP.463-466