OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	住宅における太陽光発電の普及影響と電力需要調整の評価
Author(s)	藤本, 卓也
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67154
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　藤本 卓也　）	
論文題名	住宅における太陽光発電の普及影響と電力需要調整の評価

論文内容の要旨

太陽光発電は温室効果ガス削減のための重要な技術の１つとして注目されているが、太陽光発電が大量に導入された場合、電力系統および配電系統に悪影響を及ぼす可能性がある。また電力系統および配電系統に及ぼす影響の緩和策として、住宅における家電機器や住宅設備による電力需要調整が注目されている。本論文では、住宅における太陽光発電の大量導入がもたらす影響および住宅における電力需要調整効果を定量的に評価し、住宅地域における電力需要調整のあり方について述べた。

第１章では、太陽光発電の大量導入が電力系統に及ぼす影響として「電力需給バランスの不整合」、「周波数変動の増大」、「配電線電圧の上昇」、「再生可能エネルギー発電促進賦課金の増大」について解説し、特に住宅地域における電圧上昇問題が太陽光発電の大量普及の障壁となることを示した。また配電線電圧を適正範囲内に維持するための手段として住宅における電力需要調整を捉え、電力需要調整の課題について述べた。特に住宅の家電機器による電力需要調整では、家族構成・住宅形式・規模・断熱性能・機器保有状況・機器仕様などの世帯のばらつきや電力需要調整方法の違いに加え、機器の運用変更に伴う居住者の受容性を考慮した評価が必要であり、住宅地域における電力需要調整効果および配電線電圧への影響を定量的に評価することが必要であることを明らかにした。

第２章では、太陽光発電が大量導入された場合を想定し「電力需給バランスの不整合」、「周波数変動の増大」、「配電線電圧の上昇」、「再生可能エネルギー発電促進賦課金の増大」といった電力系統に及ぼす影響を評価した。この際、太陽光発電の導入世帯は太陽光発電の導入による経済的メリットに優れる世帯から優先して普及が進むものと仮定し、太陽光発電の普及世帯分布の違いが電力系統に及ぼす影響を評価した。太陽光発電の買取方式として余剰電力のみを買取対象とする余剰買取方式と発電量の全量を買取る全量買取方式を想定した。その結果、余剰買取方式では余剰電力の大きい世帯に普及分布が偏ることを示し、「再生可能エネルギー発電促進賦課金」の対象である各住宅から発生する余剰電力量の合計は、太陽光発電の普及世帯分布に依存することを明らかにした。また配電系統内の戸建住宅の40%以上に太陽光発電が導入された場合、配電線電圧が適正範囲を逸脱し、発電量の一部を有効に活用できないことが明らかとなり、配電線電圧の上昇が太陽光発電の大量導入による直近の課題であることを示した。特に配電系統の下流に太陽光発電が偏在する場合、配電線電圧が適正範囲を逸脱する機会が増加することが明らかとなった。

第３章では、配電線電圧の適正範囲維持策として住宅での家電機器による電力需要調整を想定し、各住宅が持つ電力需要調整効果を定量的に評価した。まず家族構成・住宅形式・規模・断熱性能・機器保有状況・機器仕様といった世帯のばらつきが住宅の電力需要調整効果に及ぼす影響を評価した。さらに家電機器による電力需要調整に関する制約条件として「稼働可能時間」、「温熱快適性」、「操作方法」を想定し、制約条件の違いが電力需給調整効果に及ぼす影響を評価した。その結果、「稼働可能時間」および「温熱快適性」により余剰電力削減効果が制約条件を考慮しない場合から約13%低下するが、「操作方法」の違いによる余剰電力削減効果の違いは小さいことを示した。

第４章では、1,200軒の住宅が立地する高低圧配電系統を想定し、電力需要調整が配電線電圧に及ぼす影響を定量的に評価した。その結果、電力需要調整を実施しない場合、年間発電量の11.9%が有効に活用できないが、余剰電力を最小化する電力需要調整により6.7%まで削減する可能性を示した。一方「稼働可能時間」、「温熱快適性」、「操作方法」といった制約条件を考慮する場合、有効に活用できない発電量の比率が8.1%まで増加することが明らかとなった。また配電線電圧が適正範囲を逸脱する時間帯に限定して、地域内の全戸建住宅で協調して余剰電力を抑制する電力需要調整を行った場合、制約条件を考慮した場合においても有効に活用できない発電量の比率を7.2%まで削減可能であり、配電線電圧の適正範囲の維持のためには、地域エネルギーマネジメントシステム等による地域内で協調した制御が望ましいことを示した。

第５章は本論文の総括であり、各章の成果をまとめるとともに、本論文の課題や今後の展望について述べた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名	（　藤本　卓也　）

	（職）	氏　名
論文審査担当者		
主 査	教授	下田　吉之
副 査	教授	東海　明宏
副 査	准教授	杉原　英治
副 査	准教授	山口　容平

論文審査の結果の要旨

我が国の地球温暖化対策の一つとして太陽光発電の普及が推進されており、電力システムにおける太陽光発電の連系容量増加が予想されている。太陽光発電の大量連系は電力システムの経済性や安定性を維持管理するうえで障害になると懸念されており、その緩和手法の確立は極めて重要な課題である。特に、蓄電池などの新規の設備を使用した緩和手法だけではなく、太陽光発電の発電変動に応じて電力需要家が保有している設備・機器により電力需要を増減させその影響を緩和するエネルギー管理が注目されている。しかしながら、電力需要家が有する電力需要調整力に関する知見は十分に蓄積されておらず、計画・設計に用いることができるデータやモデルは十分に整備されていない。特に、電力需要家と電力システムを統合的に扱い、エネルギー管理の検討を行った事例は少ない。

本研究は、電力需要の調整力を有する住宅需要家群と電力システムを統合システムとしてとらえ、住宅需要家群が有する電力需要調整力を用いたエネルギー管理が電力システムの性能維持管理にもたらす効果を定量化した。得られた成果を要約すると以下のとおりである。

（1）人間の行動、設備・機器の稼働、建物内の熱移動等を考慮して電力需要が決定される構造そのものを再現する数値シミュレーションモデルとして住宅のエネルギー需要モデルを開発した。本モデルを用いて世帯構成や住宅仕様などの各種条件が時刻別の電力需要に及ぼす影響を評価した。加えて、電力システムの動作・性能を模擬するシミュレーションモデルと統合し、電力の需要家と電力システムを統合的に扱うモデルを確立した。

（2）住宅需要家が有する電力需要調整力は、設備・機器の稼働時刻のシフト、稼働時のサービスレベルの変更などによる需要の増減によって提供される。開発したエネルギー需要モデルでは、住宅居住者の生活行為の推移を確率モデルにより生成し、生活行為に伴って使用される機器の稼働を決定し、稼動に応じた電力消費を積み上げて住宅の電力需要とする。このような仕様により、世帯構成などの各種条件を考慮したうえで、電力需要及び電力需要調整力を定量化することができる。本モデルを用いて、機器の稼働可能時間に関する制約、居住者の温熱快適性に関する制約、自動制御・手動制御といった制御方式を考慮し、それらにより電力需要調整力がどの程度変化するかを明らかにした。

（3）1,200 軒の住宅が連系する高低圧配電線を想定し、住宅が提供する電力需要調整能力を用いたエネルギー管理の導入効果を評価した。エネルギー管理の目的は配電線電圧の適正化であり、太陽光発電の大量連系に起因する配電線電圧上昇問題に対する対策として、太陽光発電の発電抑制量を指標として導入効果を評価した。この結果、住宅が有する電力需要調整能力を最大限活用することにより電圧上昇に起因する発電抑制量の大幅抑制が可能であること、機器稼働可能時間、居住者の温熱快適性に関する制約、自動・手動の制御方式を考慮する場合の効果の低減を定量的に示した。

以上のように、本論文は従来定量的に評価されていなかった住宅群における電力需要の調整力を定量化していること、建築学と電気工学分野にまたがる応用可能性を有していることなどから、社会的、学術的な価値が認められ、環境・エネルギー工学の発展に寄与すること大である。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。