

第1回

都市エネルギー供給設備の 配置・運用シミュレータの開発

上野 貴広 国立研究開発法人 建築研究所 環境研究グループ 研究員
住吉 大輔 九州大学大学院 人間環境学研究院 准教授

2050年までに温室効果ガス排出ゼロを実現するという長期目標のためには、太陽光や風力などの変動を伴う再生可能エネルギー(再エネ)を大量に導入することが欠かせない。こうした再エネの導入を図る上で重要なことの一つが電力需給の調整力である。2016年度には調整役となるアグリゲータが各需要家(建物等)に電力消費の一次的な抑制や利用を依頼し、需給調整を行なうバーチャルパワープラントの実証事業が開始された。従来は受け取るだけだった電力を積極的に需要側で調整することが求められる時代となった。こうした中、エリア内の複数の建物と直接配管が繋がっている地域熱供給(地域冷暖房)事業には、再エネ等の分散型エネルギーを取り込みつつ、需要側の建物を束ね電力需給調整のプレイヤーとして発展していくことが期待される。本連載で紹介するのは、そうした将来を見据えて、都市内における再エネや地域熱供給(地域冷暖房)設備の配置と需給調整の方法について検討するためのシミュレータである。3回の連載でシミュレータの概要、地域熱供給設備の導入効果の検討、都心における将来に亘るCO₂削減目標設定の事例を紹介する。

1. エネルギー供給システムの最適なレイアウトのための都市シミュレータ

1.1 都市部における分散型エネルギーシステム構築への期待

日本政府は2030年に電力構成の22～24%を再エネにすることを目指している。日本におけるエネルギー需給の抜本的改善に向けて設定されたゼロエネルギービルディング等

(ZEB・ZEH)の政策目標の達成のためにも再エネの普及が喫緊の課題であるが、普及が拡大するにつれて電力系統における需要と供給の大きな不均衡が生じるといった様々な問題を抱えている。特に地方部における送配電網の送電容量が小さいことから太陽光発電の出力抑制が行なわれるといった形で、すでにこれらの問題は顕在化し、普及の足枷となっ

ている。

これらのことから、都市部への再エネの導入や、離島といった過疎・孤立地域のエネルギー供給を自立させる方法の検討が求められている。

1.2 システム構築への障害

都市部で再エネを電力として活用しようとするならば、図1.1のような問題を考えなければいけなくなる。

都市部で再エネを組み込んだ分散型エネルギーシステムを構築する際に、電力の場合は、幅広い用途に使えるメリットがある反面、扱いが難しい面もある。その点、再エネを「熱」で利用するならば、使用用途は限られるものの、扱いが易しいというメリットもある。

住吉 大輔 氏 略歴 Sumiyoshi Daisuke

1978年福岡県福岡市生まれ。2001年九州大学工学部建築学科卒業、2006年九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻博士後期課程修了。博士(工学)。2014年4月から現職。研究分野は建築設備・建築エネルギー。都市のエネルギー供給の最適化、非住宅建築物のコミショニング、デマンドレスポンス対応型の住宅、省エネ行動変容手法など建築のエネルギーに関して幅広く研究を行なっている。



上野 貴広 氏 略歴 Ueno Takahiro

1992年山口県山陽小野田市生まれ。2015年九州大学工学部建築学科卒業、2020年九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻博士後期課程修了。博士(工学)。2020年4月から現職。研究分野は建築設備・都市環境工学。現在は非住宅建築物における省エネルギー基準への適合性判定のためのエネルギー消費量計算プログラムの開発に携わっている。



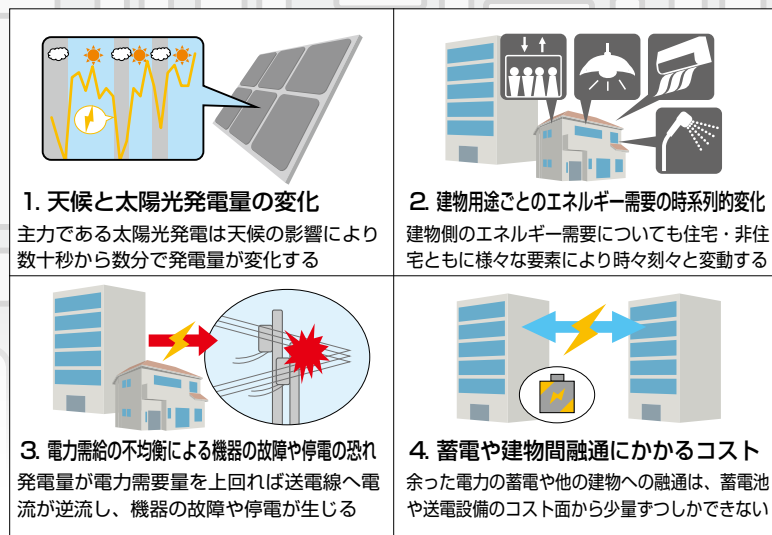


図1.1 都市部で再生可能エネルギーを電力として活用する時の問題

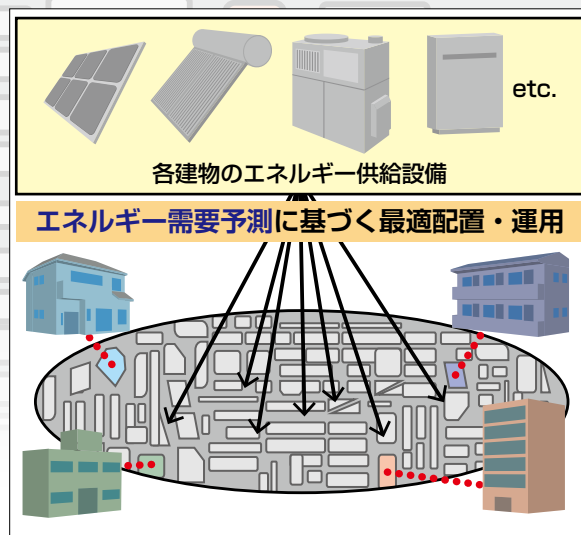


図1.2 研究目的のイメージ

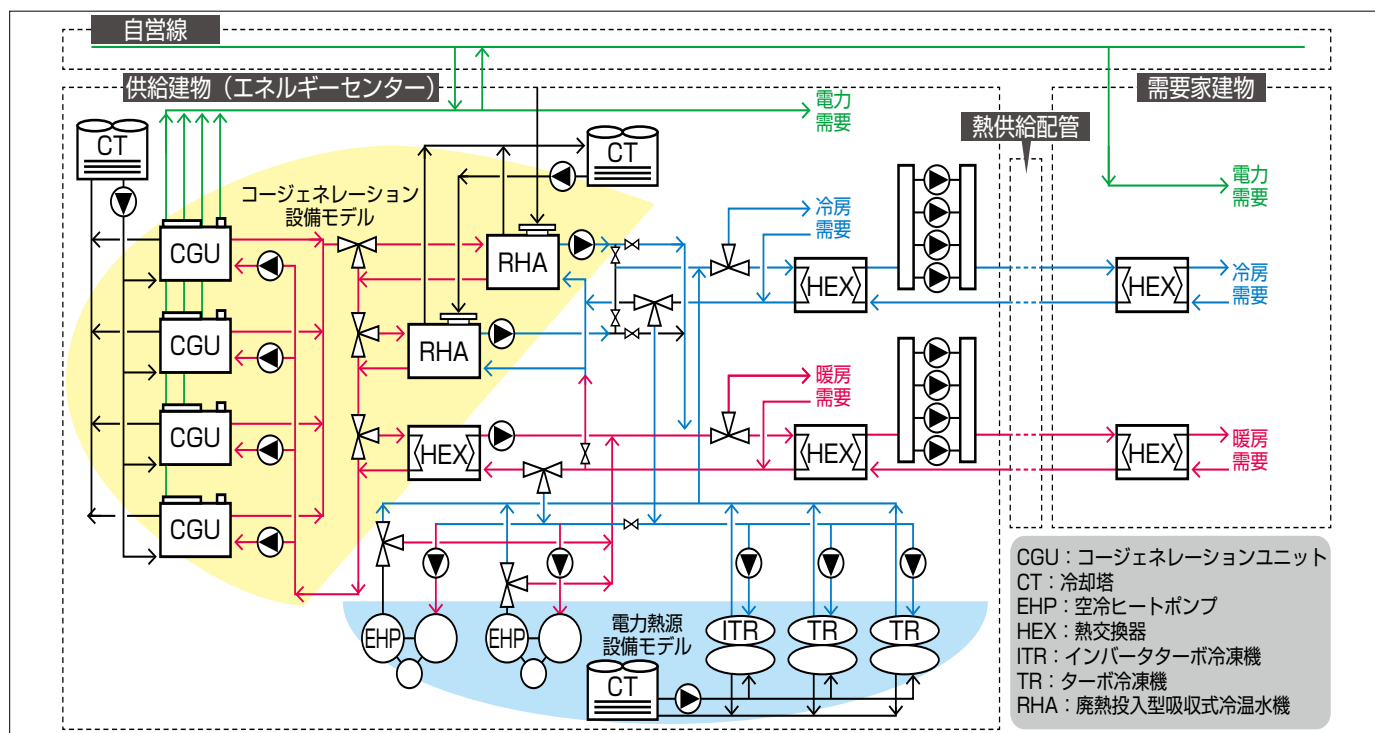


図1.3 検討した地域電熱供給システム

どちらの形が最適かを判断するには、エネルギー需要量と供給量の変化を、建物用途ごとに時系列で予測する必要がある。また、もし両者にズレがあっても、融通や貯蓄などの運用方法で調整可能かどうかにも考慮する必要がある。

1.3 最適なエネルギー供給形態を導く都市シミュレータの開発

そのような状況を踏まえて、私たちはエネルギー需要量と供給量の時

系列による解析から、再エネを組み入れた最適なエネルギー供給の形態を地域規模で導く手法「都市シミュレータ」を開発することにした（研究目的のイメージは図1.2の通り）。この手法により全国の各地域で時系列による解析に基づいたエネルギー供給設備の最適な配置・運用計画を検討可能にしようとしている。

この目的の下で現在開発をしているシミュレータは、電力については逆潮流によって売電を試みても金銭

的なメリットが生まれない設備機器があること、熱は搬送動力や配管の熱損失を考慮しなければならないことなどを検討条件に加えている。また各建物の位置情報や属性情報を、Geographic Information System: 地理情報システム（以下、GIS）を用いて反映させ、需要予測や発電量計算などを行なっている。

なお、これまで本シミュレータは、商業地域における地域電熱供給システムの最適構成の検討（図1.3）や、

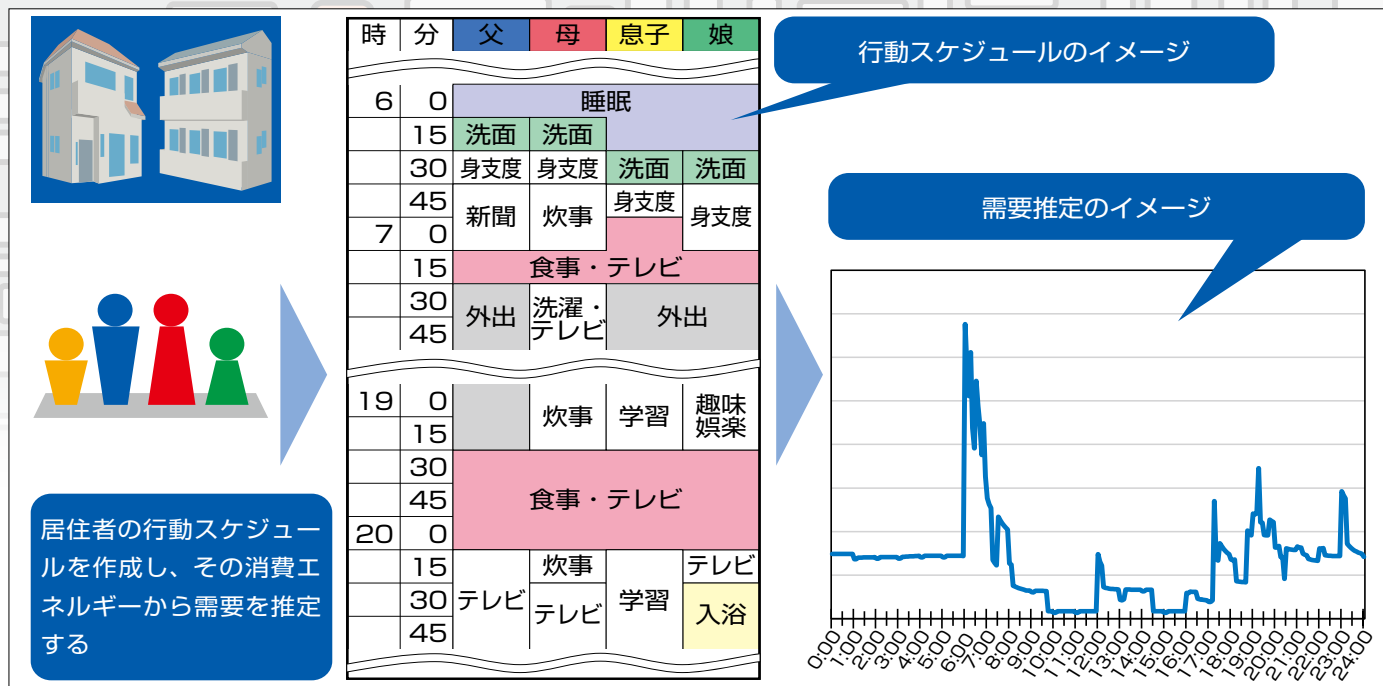


図2.2 住宅の需要推定

離島の住宅地における太陽エネルギー利用の最適化の検討などに活用してきた。現在は、電気自動車をモデル化してシミュレータに組み込むことにより、地域において電気自動車を蓄電池として共有する効果の検討などを行っている。

2. 建築物の時系列エネルギー需要推定手法

2.1 考え方

都市シミュレータで採用したエネ



図2.1 エネルギー需要推定フロー

ルギー需要の推定手法は、対象地域の建物構成や密度といった特徴を反映しつつ、時々刻々と変化する各建物のエネルギー需要のばらつきも再現できるようにした。GIS データから、建物を8つの用途に分類し、住宅建築と非住宅建築それぞれ別の方法で、各建物における5分間隔の電力需要と、冷房・暖房・給湯の各熱需要を推定する(図2.1)。

推定した各住宅、各非住宅建築のエネルギー需要を地域で集計することで、対象地域のエネルギー需要を求めている。

2.2 住宅建築物のエネルギー需要

住宅建築のエネルギー需要の推定は、街区単位の統計情報を基に、住宅ごとの断熱性能や各世帯の家族構成を作成して行なっている。居住者ごとの行動スケジュールを、確率密度分布と乱数を用いて作成し、一つの行動による電力やガスの消費エネルギーを積み上げて各住宅の需要を推定している(図2.2)。行動

スケジュールの作成では、入浴時間はそれぞれ異なることや、夕食はなるべく一緒にとるといった調整を加えている。

家庭内空調負荷については、世帯ごとに負荷を計算すると時間がかかるため、簡易的に算出している。予め基準となる空調負荷を設定し、その基準空調負荷に対して、各住宅の面積や断熱性能などによって補正をかけ、人体や家電機器、調理などによる発熱を足し合わせて5分間隔の空調負荷を求めている。

2.3 非住宅建築物のエネルギー需要

非住宅建築物のエネルギー需要の推定は、GIS データと統計情報から、基準となる5分間隔需要に対し、確率密度分布と乱数によってばらつかせた係数を掛け合わせて行なっている(図2.3)。基準となる5分間隔需要は、病院、ホテル、事務所、商業施設、飲食店、学校と研究教育施設の7用途それぞれで、電力需要と3つの熱需要(冷房、暖房、給湯)

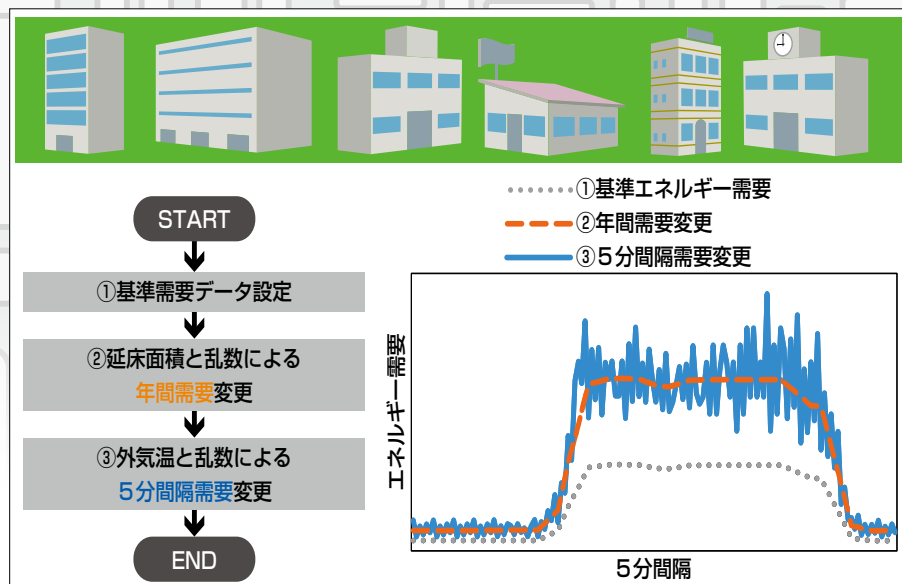


図2.3 非住宅の需要推定

で作成している。

事務所建物や商業施設については、営業時間帯の終了時刻を確率密度分布と乱数によって各建物でずらすことで、小細業種ごとの営業時間のばらつきを再現している。また、商業施設の中でもアパレル業といった調理の伴わない業種については、別途専用の給湯需要基準値を設けている。

3. エネルギー供給設備モデル

3.1 考え方

推定したエネルギー需要を基に、全建物に任意に設置した設備の運転を5分間隔で再現する。本研究におけるエネルギー供給設備のシミュレーションモデルは、各供給設備の運用の再現が、建物単体～地域規模までの様々なスケールで行なえるように作成し、さらに各建物のGISデータと需要推定データだけで計算できるように、機器特性などはモデルに予め組み込んでいる。出力や容量を適切な値に設定すれば、コージェネレーションシステムや蓄熱槽を組み込んだモデルを、建物単体あるいは地域規模のどちらの検討にも用い

ることができる。

また、需要の推定と設備の運転再現は現在5分間隔で行なっているが、将来的にはさらに細かい時間間隔で計算を行なう場合を想定し、任意の時間間隔で運用の再現が可能なモデルの開発も進めている。

3.2 エネルギー供給設備

本シミュレータで運用を再現できる設備としては、住宅についてはエアコン、燃料電池、太陽熱温水設備がある。非住宅についてはビル用マルチエアコン、コージェネレーションシステム、中央式熱源、蓄熱槽などがある。また、住宅と非住宅共通の設備として、太陽光発電、蓄電池などのモデルを作成している(図3.1)。

3.3 地域エネルギー供給用のエネルギー搬送設備

地域熱供給設備や大容量コージェネレーションシステムによる複数の需要家建物へのエネルギー供給についても本シミュレータで再現している。電力は自営線を、熱は熱交換器

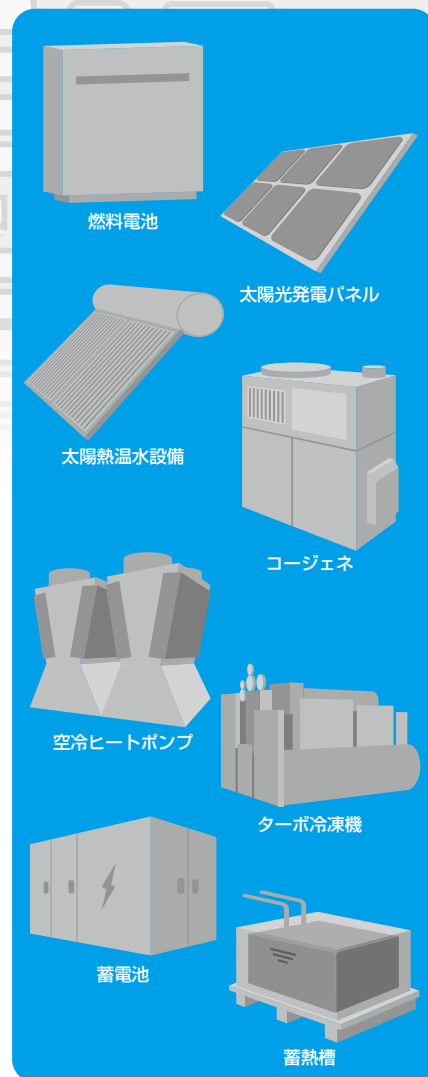


図3.1 作成したエネルギー供給設備モデル抜粋

および熱供給配管を通しての供給を想定している。熱供給配管については、建物間の最短距離を結んで設けられることは少ないため、熱源設置建物と需要家建物の経度差と緯度差それぞれに基づく距離の合計から片道の長さを求めている。また、ポンプの熱搬送動力や冷温水の熱損失も、配管の長さや紐付けて計算している。

4. まとめ

第一回は都市シミュレータ自体について説明した。

次回は本シミュレータを用いて実施した、商業地域におけるエネルギー供給設備の導入効果の推定について紹介する。