

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：82113

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22455

研究課題名（和文）レジリエンスを備えた地域エネルギー供給システムの長期最適化手法の開発

研究課題名（英文）Development of a long-term optimization method for resilient district energy supply systems

研究代表者

上野 貴広（Ueno, Takahiro）

国立研究開発法人建築研究所・環境研究グループ・研究員

研究者番号：80881804

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究開発課題は、地域情勢の変遷にも対応した地域エネルギー供給システムの長期最適化手法の構築を目的としている。本システムの事例調査を基に空気熱源式ヒートポンプやターボ冷凍機といった空調熱源設備、コージェネレーションシステム、太陽光発電パネル、蓄電池、蓄熱槽を組み込んだ地域エネルギー供給システムのシミュレーションモデルを開発した。開発したシミュレーションモデルを用いて、複数の計算対象地域に対して、モデル上にてシステムを構築し、ライフパンにおける一次エネルギー消費量やCO2排出量などの削減効果を5分間隔で計算し評価することで、各削減効果に対して最適な設備構成や運転設定について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本における地域エネルギー供給システムは50年の歴史を有しており、累計導入数も150を超えている。その多くは熱供給システムとして1990年代に導入されているため、30年近く経過した現在では、多くの供給設備が改修時期を迎えていると考えられる。このことから、本研究は国内の地域エネルギー供給システムにおいて、これまでの知見を活かした長期間における最適な設備構成・運用計画へのニーズに応えるものである。

研究成果の概要（英文）：The Japanese government is promoting the spread of local energy supply systems to reduce CO2 emissions and decentralize energy supply. This system has various advantages in terms of energy conservation by sending heat and electricity from energy supply facilities centralized in a local area to multiple consumer buildings. However, because the system will operate for several decades, changes in regional conditions, such as changes in consumer buildings and improvements in grid power efficiency, will have a significant impact on the system's performance. Therefore, this study constructs a long-term optimization method for local energy supply systems that can respond to changes in local conditions. Based on the results of a survey of case studies of this system, multiple possible future scenarios were developed over several decades, and system performance was evaluated using simulations to derive highly efficient equipment configurations and operational settings.

研究分野：都市エネルギー

キーワード：地域熱電併給 地域冷暖房 電力需要 熱需要 カーボンニュートラル レジリエンス ライフサイクルCO2排出量 ライフパン

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

本研究の着想経緯は、研究成果の社会的な貢献性の大きさへの気付きである。これまでの研究で、非住宅建築物も住宅と同様にエネルギー需要が時々刻々と変動し、その影響は地域平準化を特徴とする地域エネルギー供給システムの効率にも及ぶことを確認した際に、将来の働き方改革の普及や、自然災害の発生などによるエネルギー需要の変化がシステムに与える影響、およびそれらに対応した設備構成や運用計画の検討は社会的な意義があると考えた。

地域エネルギー供給システムは、発電設備や熱源設備などのエネルギー供給設備を地域単位で集約したものであり、冷房、暖房、および給湯用の熱や、電力を複数の需要家建物に供給する。本システムは高いエネルギー利用効率、天候に左右される太陽光および風力発電に対する調整力、災害時に地域活動を継続するためのエネルギー供給源といった利点を持つため、日本政府はエネルギー基本計画の中で本システムの普及推進を謳っている。パリ協定を代表とする世界的な脱炭素化の潮流、また 2011 年の東日本大震災や 2018 年の北海道胆振東部地震による国内の電力供給制約の顕在化から、国内エネルギー需要の相当部分を占める都市部においても、高効率な地域エネルギー供給システムを構築することが期待されている。

しかし、本システムは数十年単位で稼働するため、需要家建物の変遷や系統電力の効率向上といった地域情勢の変遷が、システムの運用や性能に大きな影響を与える。需要家建物の数や使われ方が変化した場合や、系統電力における太陽光発電などの割合が大きくなった場合は、蓄電池や蓄熱槽といった蓄エネルギー設備の利用や、供給設備の台数制御で調整する。しかし、それらの変化が激しいと、時間帯によっては高効率な運用が困難になる。これらのことから、本システムに対して、外的要因の変化に対して高いレジリエンスを持ちながら、高いエネルギー利用効率を有する設備構成や運用計画の検討は喫緊の課題であると言える。

日本における地域エネルギー供給システムは 50 年の歴史を有しており、累計導入数も 150 を超えている。その多くは熱供給システムとして 1990 年代に導入されているため、30 年近く経過した現在では、多くの供給設備が改修時期を迎えていると考えられる。このことから、導入から設備更新までの 1 ライフスパンにおける運用の時系列データが国内に多く眠っており、さらに国内の地域エネルギー供給システムにおいて、これまでの知見を活かした長期間における最適な設備構成・運用計画へのニーズが高まっていると考えられる。

2. 研究の目的

本課題の目的は、地域情勢の変遷にも対応した地域エネルギー供給システムの長期最適化手法の構築である。本システムの事例調査を基にシミュレーションを用いて、外的要因の変化に高いレジリエンスを持ちながら、高効率な設備構成や運転設定を明らかにする。

本研究に関連した先行研究のほとんどが 1 年単位での最適化を行っている中で、地域エネルギー供給システムが数十年間稼働することに着目し、ライフスパン全体の最適化を行う本研究は十分な学術的独自性を有している。また、本研究は対象地域の各建物における電力および熱の 5 分間隔でのエネルギー需給解析に基づく、地理条件やエネルギーの搬送制限まで考慮した非常に現実的なエネルギー供給システムのシミュレーションモデルであり、本モデルを用いた、将来起こりうる様々な状況下で高い効率を担保するシステムの導出には創造性があると考えた。

3. 研究の方法

本研究への準備として、計算対象都市における各建物の地理情報システムデータ(GIS データ)から、それぞれの電力需要と、暖房、冷房、給湯の各熱需要の計 4 つのエネルギー用途の需要をそれぞれ 5 分間隔で 1 年間推定する手法を開発した(図 1)。

まず地域エネルギー供給システムの導入事例調査として、1998 年から 2020 年までの 20 年以上の地域エネルギー供給システムをまとめた熱供給事業便覧から、システムのライフスパンにおいて接続される需要家建物数やエネルギー需要、システムの運転設定の変遷を把握し、地理条件などでその変遷傾向を分類した。

さらに、空気熱源式ヒートポンプやターボ冷凍機といった空調熱源設備、コージェネレーションシステム、太陽光発電パネル、蓄電池、蓄熱槽を組み込んだ地域エネルギー供給システムのシミュレーションモデル(図 2)を開発した¹⁾。このモデルは CHP と電力熱源モデルに分か

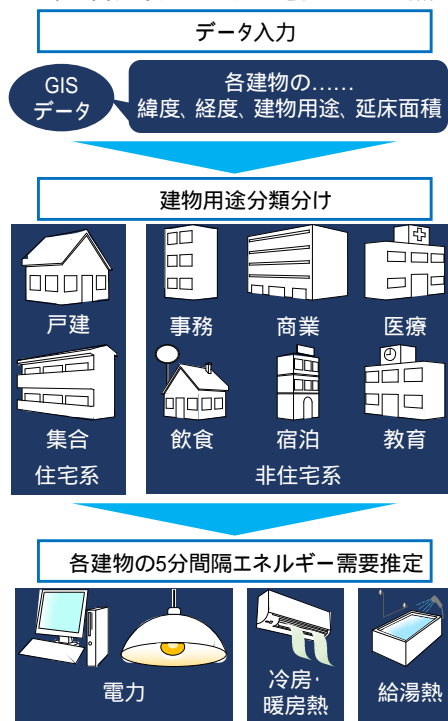


図 1 エネルギー需要推定手法の概要

CT : Cooling tower, CHP : Combined heat and power, EHP : Air heat pump, HEX : Heat exchanger, ITR : Inverter turbo refrigerator machine,
TR : Turbo refrigerator machine, SB : Storage battery, TST : Thermal storage tank, RHA : Absorption chiller - heater

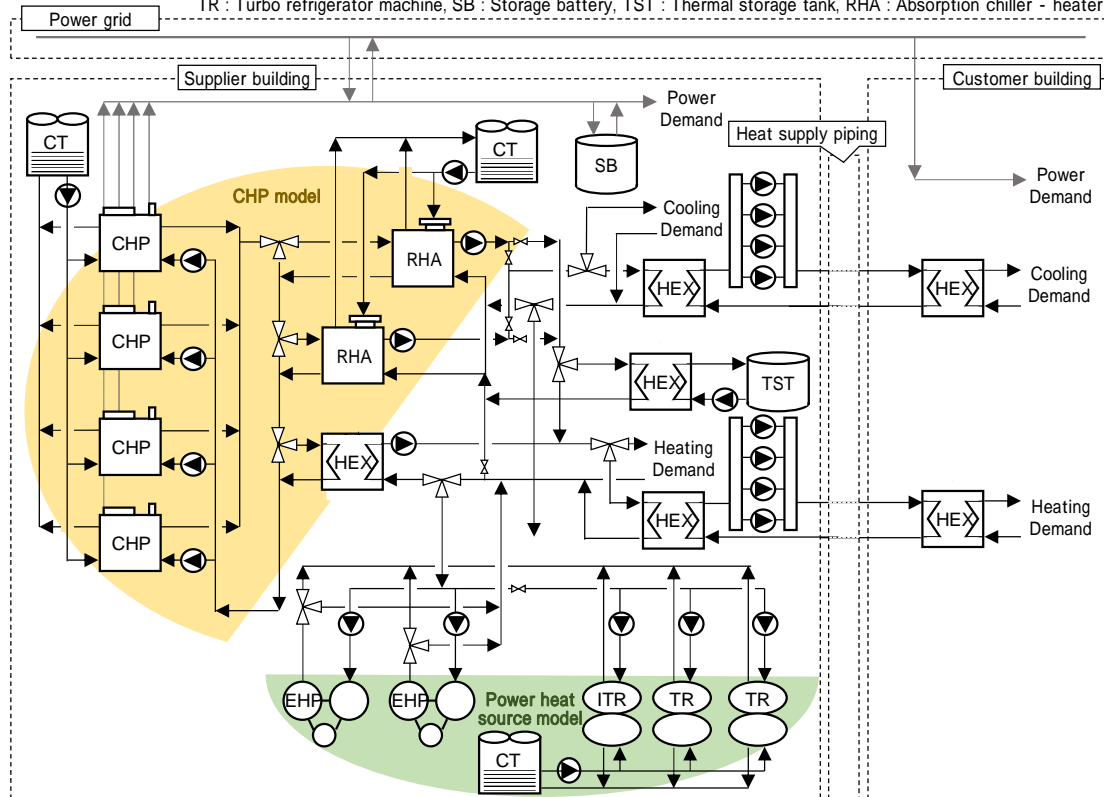


図2 地域エネルギー供給システム

れており、どちらを先に稼働させるかを選択することができる。また地域エネルギー供給システムから需要家ビルへの熱移動を再現する熱配管モデルも組み込んでいる

4. 研究成果

開発した手法を用いて、複数の計算対象地域に対して、シミュレーションモデル上にて地域エネルギー供給システムを構築し、ライフスパンにおける一次エネルギー消費量やCO₂排出量などの削減効果を5分間隔で計算し評価することで、各削減効果に対して最適な設備構成や運転設定について検討した。ケーススタディでは、最適化指標と地区の特性により、ベストケースの設定が変わることがわかった。対象地区の年間一次エネルギー消費量のベストケースは、いずれも熱需要に追従するようにコージェネレーションシステムを運転している。また、排熱投入型吸収式冷温水機は負荷率に応じて許容できる排熱量を減らすため、大容量の排熱投入型吸収式冷温水機を導入し、コージェネレーションシステムの前にターボ冷凍機とインバーターターボ冷凍機を運転し、蓄熱槽から蓄熱を供給して、できるだけ排熱のみで排熱投入型吸収式冷温水機が運転できるようにしている。LCCO₂排出量のベストケースは、一次エネルギー消費量と比較して、コージェネレーションシステムと排熱投入型吸収式冷温水機の容量を小さくし、ターボ冷凍機とインバーターターボ冷凍機の容量を大きくして系統電力を多く使用するように設定されている。電力需給の年間標準偏差のベストケースはすべて、電力需要に追従するようにコージェネレーションシステムを運転し、排熱投入型吸収式冷温水機を熱需要に対して100%の容量で導入していた。

また、特化した設定を行った地域エネルギー供給システムでは、ライフスパンで一次エネルギー消費量を25%以上、電力需給の標準偏差を90%以上削減できたことを確認した。一方で、一次エネルギー消費量や電力需給の標準偏差に特化した設定の地域エネルギー供給システムを導入すると、複数の地域でライフスパンの合計ではLCCO₂排出量が増加することを確認した。この結果から、上記地域への地域エネルギー供給導入は系統の火力発電量の効果的な削減や電力需給バランスの上昇に貢献するが、LCCO₂排出量の効果的な削減も併せて行うには別の検討も加える必要があると結論づけた。

<引用文献>

- 1) Takahiro Ueno, A simulation approach for the optimization of distributed energy supply systems based on multiple energy indicators in commercial districts., Building Simulation 2021

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 上野貴広
2. 発表標題 A simulation approach for the optimization of distributed energy supply systems based on multiple energy indicators in commercial districts.
3. 学会等名 Building Simulation 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------