

## 1) - 2 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【持続可能】

### Development of a long-term optimization method for resilient local energy supply systems

(研究開発期間 令和2~3年度)

環境研究グループ  
Dept. of Environmental Engineering

上野 貴広  
UENO Takahiro

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.

#### 【研究開発の目的及び経過】

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。

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の解明を図る。

#### 【研究開発の内容】

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。

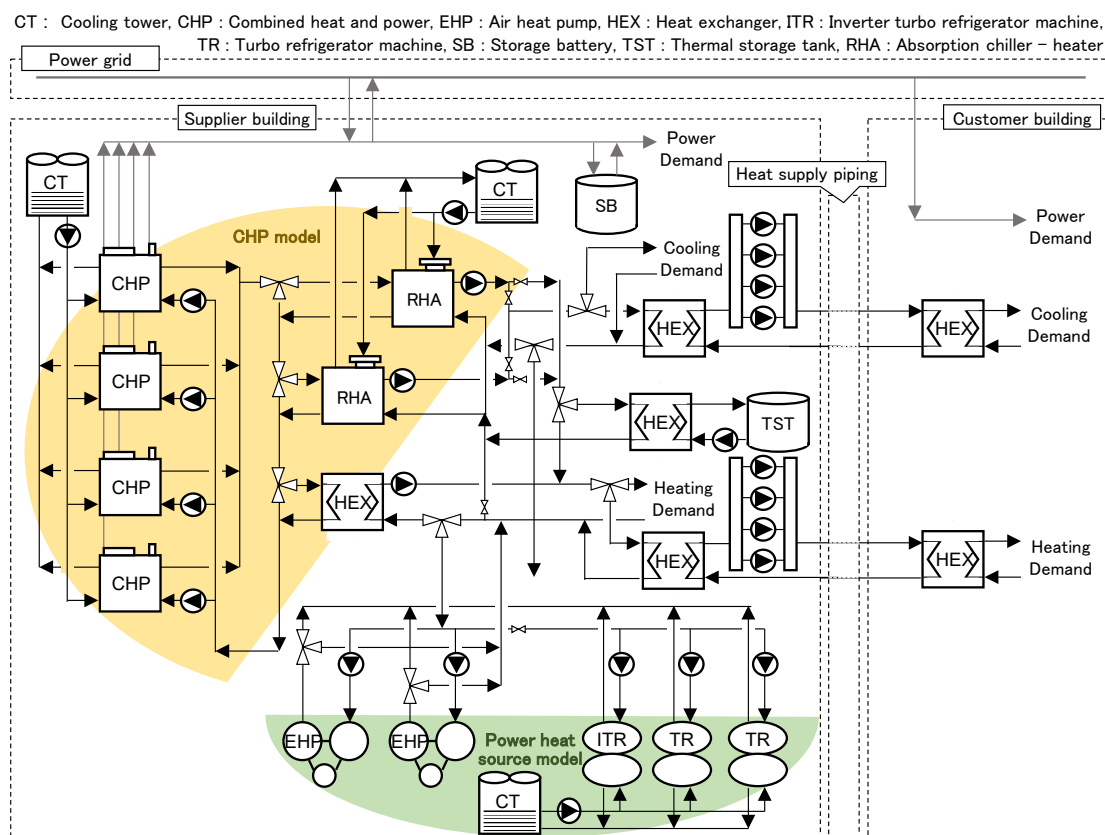


図 1 地域エネルギー供給システム

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 1)を開発した。このモデルは CHP と電力熱源モデルに分かれており、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

**[研究開発の結果]**

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 CO<sub>2</sub>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 CHP を運転している。また、RHA 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 RHA を導入し、CHP の前に TR と ITR を運転し、TST から蓄熱を供給して、

できるだけ排熱のみで RHA が運転できるようにしている。LCCO<sub>2</sub>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、CHP と RHA の容量を小さくし、TR と ITR 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 CHP を運転し、RHA を 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 LCCO<sub>2</sub>排出量が増加することを確認した。

**[参考文献]**

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