

熱電一体型地域エネルギーシステムにおける災害時の熱供給ポテンシャルに関する研究

—熱供給ポテンシャルの評価手法及び向上方法の提案と検証—

建築学専攻
都市環境工学研究

MJ22037 小澤 かずま
指導教員 村上 公哉

1. はじめに

1.1 研究背景

図1(上図)に地域熱供給システム(DHC)、図1(下図)に熱電一体型地域熱供給システム(熱電一体型DHC)のエネルギー供給フローを示す。一部の再開発地区では、地域熱導管のみならず、系統電力の一括受電+高効率コージェネレーションシステム(CGS)+自営配電網(MG:マイクログリッド)が導入された熱電一体型DHCが普及しつつあり、街の低炭素化及びエネルギーレジリエンス強化が期待されている。

熱電一体型DHC地区では、一般的に大規模CGSを導入し、平常時及び災害時ともに需要家の電力需要の50%を確保するシステム計画が多い。

平常時には、さらに系統からの受電電力と併せて100%の電力供給を行う。停電時には、系統電力は途絶するが非常用発電機とCGSによってガス供給が続く限り電力供給を維持できる。

それに対して災害時における熱供給に関しては、一般的に災害時の供給義務はない。そのため、災害時にはCGSの余剰電力や備蓄燃料を使用し、供給可能な熱を成り行き的に供給する計画であると考えられる。一方で、最近では災害時における熱供給も重要視する需要家が増加傾向にあるため、今後は災害時の熱供給ポテンシャルに関する評価が重要となる。

1.2 研究目的

本研究では、災害時における熱供給計画の検討に関する提案及び再開発地区の熱供給ポテンシャルの評価を行った。そしてMGが導入された熱電一体型DHCにおける災害時の熱供給ポテンシャルの優位性を検証した。また、さらなる熱供給ポテンシャル向上に向けた熱源システムの運用方法を検討した。

2. 分析対象地区の概要

本検討では大阪府のU地区を対象とし、DHC及び熱電一体型DHCの基準モデルを設定した。本地区は、北街区と南街区の2つから成る。本検討で参考とする南街区には西棟と東棟の2棟があり、総延床面積は約314,000㎡である。主な建物構成はオフィス、ホテル、商業施設等である。図2に検討モデル地区の熱電供給フローの想定図、図3にシステム系統図を示す。

2.1 DHCモデルの設定

図2(左図)より、熱源プラントが設置される東棟のみでCGS発電電力を使用し、西棟では個別受電を想定した。CGS容量は東棟ピーク電力需要の30%(415kW×3台)とした。これは一般的なDHC地区に設置されるCGS容量から想定した。

2.2 熱電一体型DHCモデルの設定

図2(右図)より、熱源プラントが設置される東棟で系統電力を一括受電し、CGS発電電力と併せて東棟と西棟に電力を供給する。CGS容量は東棟+西棟のピーク電力需要の50%(1,660kW×3台)、60%(1,990kW×3台)の2ケースとした。これは給電力需要の増加に伴うCGS容量の増大から想定した。

3. 災害時における熱供給ポテンシャルの検討

通常、平常時のエネルギー供給計画を考える際、需要家の電力需要と熱需要を基に運転計画を定め、システムシミュレーションによってプラント消費電力量を分析する。逆に、災害時におけるエネルギー供給計画では、確保できる電力や燃料を基に稼働機器を定め、供給可能な電力・熱量を分析する。そのため、通常のシミュレーションでは検討することが難しい。よって、災害時に特化した分析手法を検討し、熱供給ポテンシャルを評価する必要がある。以下に災害時における検討方法を示す。

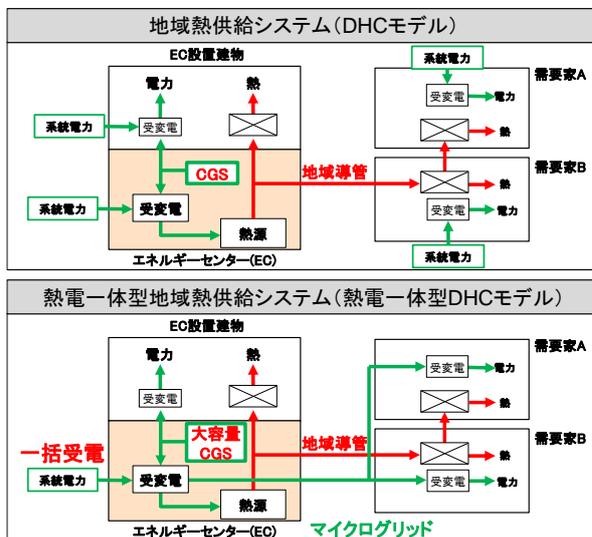


図1 DHC及び熱電一体型DHCの熱電供給フロー

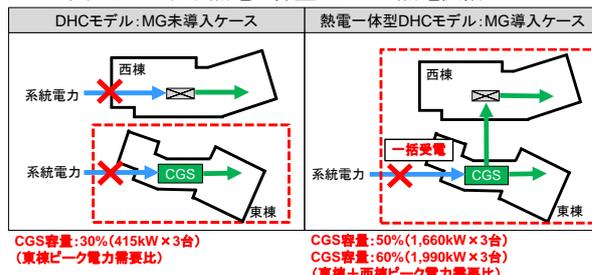


図2 U地区(南街区)の概要及び災害時の熱電供給フロー図

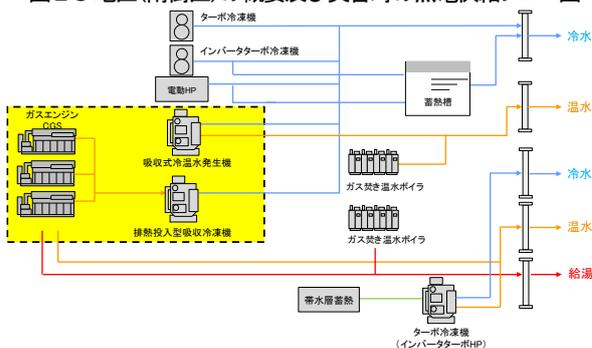


図3 U地区(南街区)のエネルギーシステムフロー図

3.1 検討方法

本検討では、災害時の中でも停電時を想定し、中圧ガスは継続供給される想定とした。そのため、CGS発電電力を需要家及び熱源プラントへ供給することで電力・熱負荷を賄う。

はじめに、CGSで発電可能な電力量のうち、需要家に対して平常時における電力需要量の50%まで供給する。そして残りのCGS発電電力を熱源プラントへ供給する。

次に、その電力量を災害時の優先稼働機器に供給し、各機器の消費電力量を算出する。本検討では、昨今における熱源の電化の動向を考慮して電気式熱源機器の稼働を優先とし、特にCGS排熱および夜間蓄熱の利用を最優先とした。本検討では、CGS排熱利用機器>蓄熱放熱>インバーターターボ冷凍機の順で稼働させる。

最後に、稼働機器の消費電力量に対する製造熱量を算出し、その時刻別の合計値を平常時の熱負荷量で除すことで熱供給割合を算出する。なお、部分負荷運転となる機器については各機器の部分負荷特性から製造熱量を算出する。

3.2 検討結果

図4に各モデルの各期間の時刻別熱供給割合を示す。熱電一体型DHCモデル(50%)では、冬期に平常時と同等の熱供給が可能であり、中間期にもCGS排熱や蓄熱利用が可能となる時間が増加した。さらに熱電一体型DHCモデル(60%)では、夏期にもCGS排熱や夜間蓄熱を最大利用できる結果であった。

一方で、昼間における熱源プラントへの十分な電力供給を確保できず、CGS排熱や夜間蓄熱を有効利用できていない場合があることや、夜間では電力・熱ともに需要が少なく、CGS発電電力量に活用する余地があることから、昼間における熱供給ポテンシャルのさらなる向上の可能性が示された。

4. 熱供給ポテンシャルの向上方法の検討

4.1 需要家への電力供給の一部抑制による向上効果の検討

(1) 検討概要

図5に本検討のイメージを示す。前章では、需要家に対して毎時平常時の50%分を電力供給することを前提としたが、昼間において熱源プラントへの電力供給ができないため、CGS排熱や夜間蓄熱等があるにも関わらず、利用できていないことが分かった。本検討では、熱電一体型DHCモデル(50%)において、最も電力需要が大きい8月を対象に、昼間の需要家に対する電力供給量を一部抑制し、その抑制電力分を熱源プラントへ融通することによる、昼間の熱供給増加量を分析した。

(2) 検討結果

図6に昼間の需要家供給電力の抑制割合と最低熱供給割合の推移を示す。需要家への電力供給割合を昼間平均47%から44%に3%抑制すると、CGS排熱利用機器と蓄熱放熱器を稼働することができ、熱供給量が増加し、最低熱供給割合を0%から30%まで向上可能であった。さらに、需要家への電力供給割合を昼間平均47%から34%に13%抑制すると、インバータターボ冷凍機も稼働でき、最低熱供給割合を50%まで向上可能であった。

本検討の結果、需要家への電力供給割合を全日平均で約9%、昼間平均で約13%抑制することで、熱供給割合を50%まで向上可能であることが分かった。

4.3 夜間蓄熱量の増大による向上効果の検討

(1) 検討概要

図5に本検討のイメージを示す。前章では、夜間は熱源機器の電力需要に対してCGS発電電力に余裕があり、熱源機器をより運転できることが分かった。本検討では、熱電一体型DHCモデル(60%)において、最も電力需要が大きい8月を対象に、ケースA(蓄熱容量1.3倍)、ケースB(蓄熱容量1.7倍)、ケースC(蓄熱容量2.0倍)と夜間蓄熱量を増大することによる、熱供給増加量を分析した。

(2) 検討結果

図6に熱供給割合の向上効果を示す。調整前では、全日平均50%、昼間平均が37%であった。それに対する熱供給割合の向上効果は、ケースA(蓄熱容量1.3倍)では全日平均・昼間平均でともに約3%、ケースB(蓄熱容量1.7倍)では約10%、ケースC(蓄熱容量2.0倍)では約18%向上した。以上より、総蓄熱容量を2倍以上に増大させることで、電力・熱需要ともに平常時の50%程度以上の供給が可能であることが分かった。

5. まとめ

本研究では、災害時における熱供給ポテンシャルの評価手法を提案し検証した結果、以下の知見を得た。

- 1) 災害時の熱供給ポテンシャルは、熱電一体型DHCにおいて最大50%確保可能であったが、昼間供給割合は最低約34%であった。
- 2) 需要家への電力供給の一部抑制による向上効果の検討では、需要家への電力供給割合を昼間平均で47%から34%〜13%

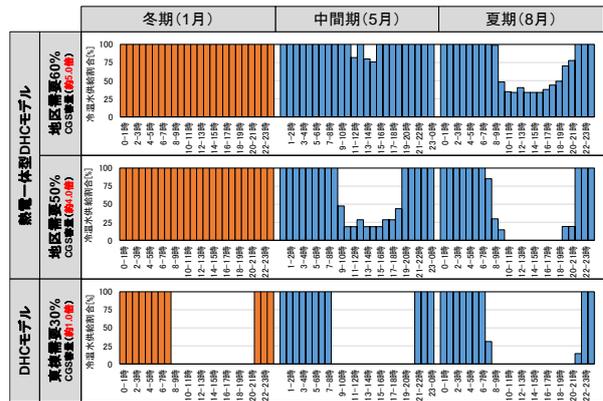


図4 U地区の災害時における熱供給ポテンシャルの検討結果

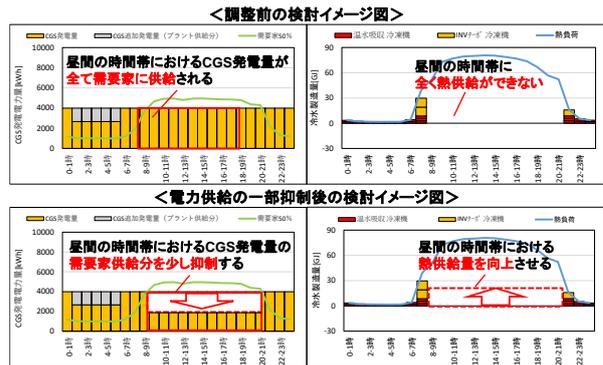


図5 需要家に対する電力供給抑制に関するイメージ図

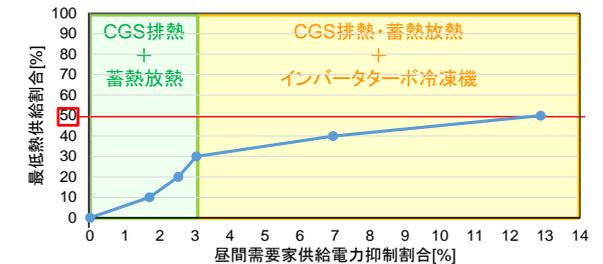


図6 昼間の需要家供給電力抑制割合と最低熱供給割合の推移

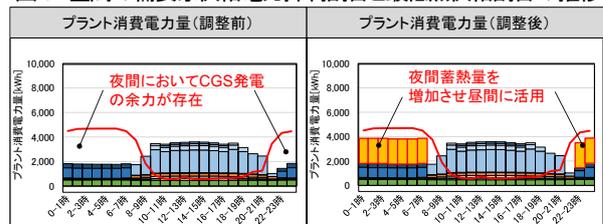


図7 夜間蓄熱の増大に関する検討のイメージ図

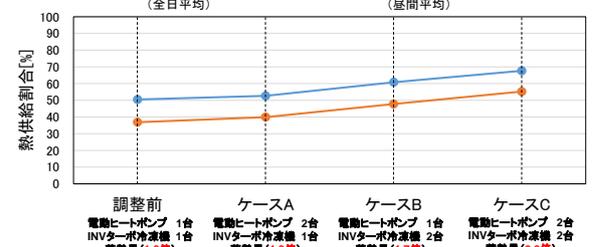


図8 各ケースにおける熱供給割合の向上効果

- 2) 抑制することで、災害時の最低熱供給割合が0%から50%に向上することが分かった。
- 3) 夜間蓄熱量の増大による向上効果の検討では、蓄熱容量を2倍にすることで、災害時の熱供給割合が昼間平均で50%以上に向上することが分かった。

【参考文献】竹田裕・小澤一真・村上公哉：スマートコミュニティにおける熱電一体型地域エネルギーシステムの計画に関する研究(第2報)災害時における熱供給ポテンシャルの検討、空気調和・衛生工学会大会梗概集(2023.9)