

街の低炭素化と強靱化に貢献するエネルギーインフラに関する研究

ーコージェネレーションシステムと蓄電池の連携による向上効果の検討ー

建築学専攻

都市環境工学研究

1. はじめに

1.1 研究背景

まちづくりにおいて、日本では大都市の弱みである災害に対する脆弱性を克服していくことが必要である。そのため、災害に対する対応力の強化として、業務継続に必要なエネルギーの安定供給が確保される業務継続地区（BCD）の構築が重要となっている。そこで、国土交通省では図 1 に示すように、防災力向上のために分散電源を核とした面的エネルギー（スマートエネルギー）の整備を推進している。推進内容として、地区内の CGS や蓄電池、自営線等の整備や、カーボンニュートラル社会の実現を背景に、未利用エネルギー利用施設やオフサイトの再エネ電源施設の整備などがある。

しかし再エネ電源（PV）は、天候によって出力が不安定になるため、安定的に利用するには図 2 に示すように地区内のプラントでの出力変動調整が必要になる。従来の研究では CGS や蓄熱槽を用いた出力変動調整については研究されてきたが、今後の普及が期待される蓄電池を含めた出力変動調整については研究されていなかった。

1.2 研究目的

本研究では、平常時と災害時の 2 つの観点で CGS と蓄電池の連携による優位性を分析した。平常時では、街の低炭素化に貢献するために、PV の出力変動調整による受電電力の平準化効果や、熱源システム効率の向上効果について分析した。また災害時では、街の強靱化に貢献するために、エネルギーレジリエンス強化にどの程度貢献可能であるかを分析した。

2. 分析対象地区の概要

対象地域はさいたま新都心の地域熱供給地区であり、供給面積は約 270,000 m²、延床面積は約 895,000 m²である。本地区の需要家にはオフィス、ホテル、商業施設、病院など多様な建物用途から構成されており、エネルギーの平準化が図られている。

熱源設備には吸収冷凍機、INV ターボ冷凍機、ボイラなどがあり、需要家には冷水と蒸気を供給している。CGS は 2,000kW のガスタービン CGS と 7,800kW のガスエンジン CGS(定格発電効率：47.7%(LHV 基準))が整備されている。なお、本地区では CGS で発電した電力は需要家に供給されていないが、本研究では系統電力と一括で受変電をし、需要家にも電力を供給するという想定で分析を行った。

3. 平常時の CGS と蓄電池の連携による向上効果の検討

3.1 検討概要

図 3 に CGS 単体による PV の出力変動調整のイメージと CGS と蓄電池の連携による PV の出力変動調整のイメージを示す。CGS 単体調整では PV 発電量に応じて CGS の発電量を調整する必要があるため、CGS の出力が時刻ごとに不安定になってしまう。それに対して CGS と蓄電池の連携による調整では、CGS を一定の調整幅で運転し、その際の余剰電力を蓄電池に蓄電し CGS の運転のない時間帯で放電することにより、受電電力の安定化や CGS の高負荷運転に貢献できると考えられる。そこで、CGS と蓄電池の連携による受電電力の変動削減や CGS 負荷率向上、熱源システム効率向上にどの程度貢献するかを分析した。

図 4 に本研究での検討システムモデルを示す。分析対象地区の現状システムに PV を導入し、PV 発電の不安定を CGS で調整するケースと CGS と蓄電池によって調整するケースの 2 つを想定した。PV 導入量は CGS の出力を 50%にした際に 100%調整可能な 3,900kW を、蓄電池出力量は再エネ電源と概ね同量

MJ22112 平田 耕大

指導教員 村上 公哉



図 1 国際競争業務継続拠点整備事業のイメージ
(出典：国土交通省「都市局市街地整備課」)

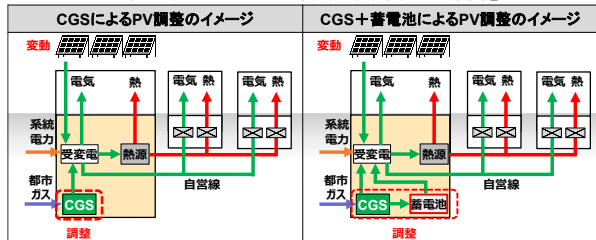


図 2 再エネ電源導入とその出力変動調整のイメージ

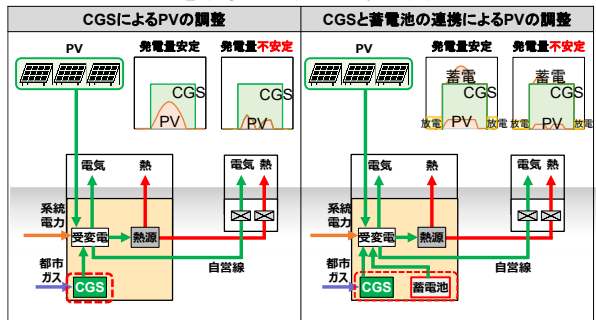


図 3 各モデルにおける PV の出力変動調整

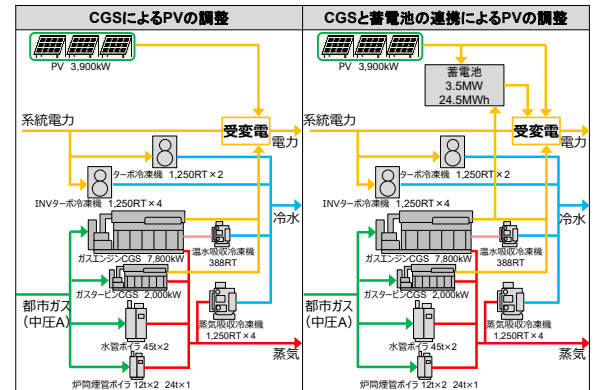


図 4 本研究における検討システムモデル

の 3,500kW、蓄電池容量は他スマエで導入されている蓄電池を参考に蓄電池出力量の 7 倍である 24,500kWh と設定した。

3.2 向上効果の検討結果

図 5 に CGS 単体による調整時、図 6 に CGS と蓄電池の連携による調整時の代表週電力バランスを示す。CGS 単体での調整では PV 発電がある時間に CGS 発電量を抑制する必要がある、時刻ごとに CGS 発電量が変動している。それに対して CGS と蓄電池の連携による調整では、CGS の最低負荷率を 90%に設定し余剰電力を蓄電池したことにより、CGS の高負荷運転が可能となった。年間での CGS 負荷率の比較では、CGS が運転可能な時間帯では 87%から 95%へと約 9%、PV 発電が発生している 7時から 18 時では 81%から 93%へと約 14%増加可能であると分かった。

また CGS 単体での調整では、CGS 運転開始・停止時に受電電力に急激な変動が発生してしまう。それに対して CGS と蓄電池の連携による調整では、蓄電した電力の適切な放電によって受電電力の急激な変動を抑制できた。これにより年間での受電電力の平均変動率は14%から9%へと約36%、最大変動率は225%から148%へと約34%減少可能であると分かった。

しかし、年間でのシステム効率率は CGS 単体での調整、CGS と蓄電池の連携での調整ともに1.56 と同値であった。この要因として、CGS と蓄電池による連携では CGS の発電量は増加したものの、PV 発電の使用可能量が蓄電ロスおよび放電ロスにより減少したためと考えられる。

3.3 PV 導入量を増加させた際における向上効果の検討

前節より CGS 単体で調整可能な PV 発電量を導入した際には、熱源システム効率向上への貢献度は小さいことが分かった。そこで、再エネ電源導入量を増加させた際の CGS と蓄電池の連携による熱源システムの向上効果について検討した。PV 導入量は、現状の3倍である11,700kW とした。

図7に代表月（8月）を対象に PV 発電を増加させた際の熱源システム効率の比較を示す。PV 発電が安定した日には CGS 単体、CGS と蓄電池の連携どちらの場合でも、昼間の電力使用量を PV で賄うことができ、受電電力の使用量が削減されている。これに加えて蓄電池との連携により、昼間の PV 余剰電力を夜間に放電することが可能になり、熱源システム効率は1.98 から2.12 と約6%向上可能であると分かった。

4. 災害時の CGS と蓄電池の連携による向上効果の検討

4.1 検討概要

図8に災害時の電力供給のイメージを示す。大規模災害が発生した際には系統からの電力途絶に加えて、本研究での PV はオフサイトからの供給を想定しているため、再エネ電源の供給も途絶してしまう。よって自立電源として機能するのは CGS と蓄電池のみである。そこで CGS 単体の導入と比較して、CGS と蓄電池の連携によって災害時のエネルギーレジリエンス強化にどの程度貢献可能であるかを分析した。

4.2 検討結果

電力需要の大きい夏期の代表日2日間に対し、一般的な熱供給地区で目標とされている災害時での需要電力の50%供給がどの程度達成可能であるかという観点で分析を行った。

図9に CGS 単体を導入した際、図10に CGS と蓄電池が連携した際の電力バランスを示す。CGS 単体での導入では、夜間は需要家へ50%の電力供給が可能であるが、その際に CGS の発電量を抑制する必要がある。一方昼間は、CGS を定格で運転させても目標を達成できていない。それに対して CGS と蓄電池の連携では、夜間で余剰となる CGS の電力を蓄電しそれを昼間に放電することにより、全日を通して需要電力の50%供給が可能であった。2日間での需要電力50%供給の達成可能時刻は26時間から48時間へと約1.9倍向上することが分かった。

5. まとめ

本研究では CGS と蓄電池の連携による、平常時では街の低炭素化に貢献する PV の出力変動調整による向上効果を、災害時には街の強靱化に貢献するエネルギーレジリエンス向上効果について分析し、以下の知見を得た。図11に CGS と蓄電池の連携による向上効果の分析結果を示す。

- 1) 平常時での CGS と蓄電池の連携による PV 発電調整により、CGS の負荷率向上や受電電力の安定化といった向上効果があることが分かった。また PV 導入量を増加させた際には、熱源システム効率の向上効果があることが分かった。
- 2) 災害時での CGS と蓄電池の連携により全日を通して需要電力50%供給を達成でき、エネルギーレジリエンス強化に大きく貢献可能であると分かった。

【参考文献】

- 1) 平田耕大・他6名：『スマートエネルギーネットワークの需給調整による系統電力の貢献に関する研究（第1報）大規模CGSによる太陽光発電の出力変動調整手法とその有効性の検証』日本建築学会学術論文集2023年9月

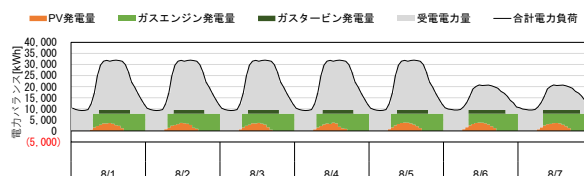


図5 CGS 単体での PV 調整による電力バランス

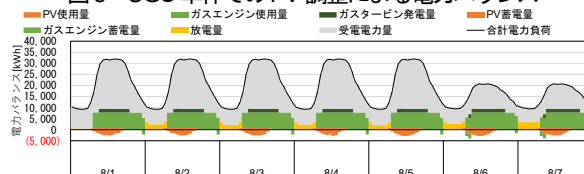


図6 CGS と蓄電池の連携による電力バランス

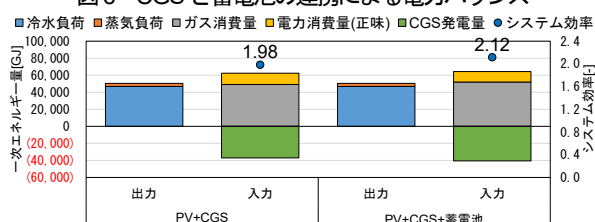


図7 PV 発電量を増大させた際の熱源システム効率の比較

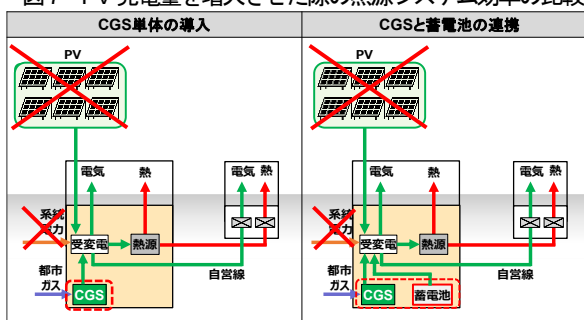


図8 災害時の電力供給のイメージ

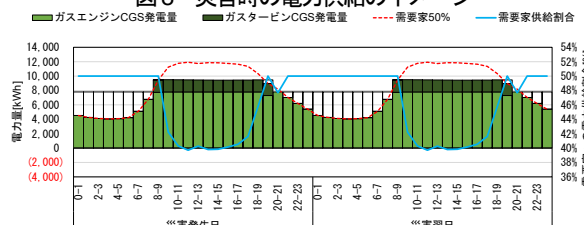


図9 CGS 単体を導入した際の電力バランス

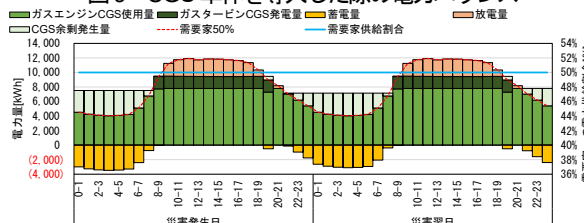


図10 CGS と蓄電池が連携した際の電力バランス

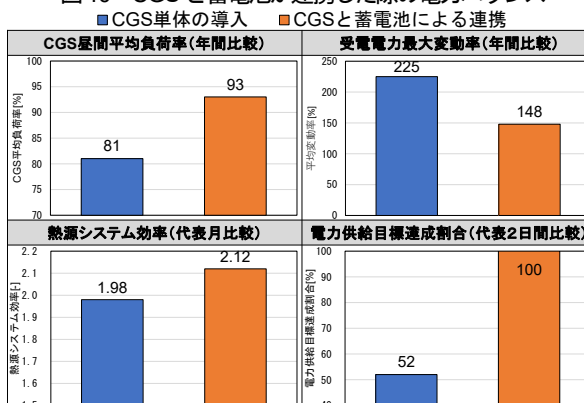


図11 CGS と蓄電池の連携による向上効果の分析結果