

スマートにエネルギーマネジメントする マイクログリッド技術

沼田 茂生

マイクログリッドは、熱電併給するコージェネレーションシステム（以下、CGS）や蓄電池などの分散型電源をネットワークし、情報通信技術（以下、ICT）を用いて特定エリア内での需要変化に合わせて最適制御することで、既存商用系統から独立可能な電力供給システムである。その制御戦略としてCGSを蓄電・蓄熱設備がアシストすることにより平常時にCGSを高効率で稼働させて、電力ピーク削減と一次エネルギー消費量最小化を同時に実現し、加えて商用系統の停電等の非常時にもCGSによる安定した自立運転を実現するエネルギーマネジメントシステム（以下、EMS）を開発した。

キーワード：マイクログリッド、分散型電源、コージェネレーション、蓄電池、エネルギーマネジメントシステム

1. はじめに

電力市場自由化や地球環境問題への対応を目指したエネルギーの有効利用の観点から、2000年代初頭、需要家側に再生可能エネルギー電源などの分散型電源を導入して、電力品質や電力供給信頼度の維持向上、環境負荷の低減、エネルギー効率・経済性の向上を目的とする「新電力供給システム」の議論が始まった。自立・分散型エネルギーシステムの一形態である、マイクログリッドの実証試験が国内外で進められた。その構築目的は、米国では既存電力系統の供給信頼度が低いため、主として需要家側における供給信頼度の向上対策として位置付けられた。欧州では風力発電、太陽光発電、CGSの導入割合が高まるにつれて既存電力系統との調和をとることが主たる目的であった。

わが国におけるマイクログリッドは分散型電源を中心とした小規模電力系統（ミニ電力会社）を意味しており、太陽光や風力を始めとする出力変動の大きな再生可能エネルギー電源が大量連系された場合でも、その影響を既存電力系統に与えないよう蓄電池やCGSなどの複数の分散型電源をネットワークし、ICTを用いて特定エリア内での需要変化に合わせて設備群を最適制御することで、既存商用系統から独立可能なオンサイト型の電力供給システムである¹⁾。

2003年度からNEDOによる委託事業「新エネルギー等地域集中実証研究」が進められ、例えば再生可能エネルギー電源のみで構成する八戸市「水の流れを電気

で返すプロジェクト」、回転機を含まないインバータ連携型の発電設備で構成された愛知県「日本国際博覧会プロジェクト」等の特徴を有するプロジェクトが2007年度まで実施された。

その後、再生可能エネルギーを始めとする多様な分散型エネルギー資源をネットワークして無駄なく使うことを目指すスマートコミュニティ構想が動き出し、国内では2010年から横浜市、愛知県豊田市、けいはんな学研都市、北九州市の4プロジェクトにて実証実験²⁾が進められた。

2. CGSを蓄電・蓄熱設備がアシストするマイクログリッド制御

(1) 当社のマイクログリッド開発

当社では、個別建物や都市再開発等、都市部に適用するマイクログリッド実用化を目的に、技術研究所の一つの実験棟を対象にマイクログリッド試験設備を構築した。自然エネルギーとして太陽光発電（最大出力10kW）、一定の出力運転を得意とするマイクロガスタービン（同27kW）、緩やかな需要変化に追従可能なガスエンジン（同22kW）、非常に速い変化にも追従可能な蓄電池（同20kW）を組み合わせた合計最大出力79kWのシステムの実証運転を2004年1月から開始した。各電源が有する応答速度に応じて電源を順序付けて、順番に、分担する周波数帯域を変動補償する分散型電源制御技術（つまり、CGSを蓄電・蓄熱

設備がアシスト)を開発・適用し、負荷追従運転を実現した。

2006年7月からは、この分散型電源制御技術を活用してガスエンジンCGS2基(発電容量合計440kW)を主要電源にした発電出力600kW級の実用規模の都市型マイクログリッドを構築し、所内エネルギーインフラとして実用運転し実験棟12棟に電力・熱の供給を開始した。図-1に、CGSを蓄電・蓄熱設備がアシストすることにより、平常時にはCGSを高効率で稼働させ、商用系統の停電時などの非常時にはCGSによる安定した自立運転を実現するシステムの代表的な構成設備を示す。

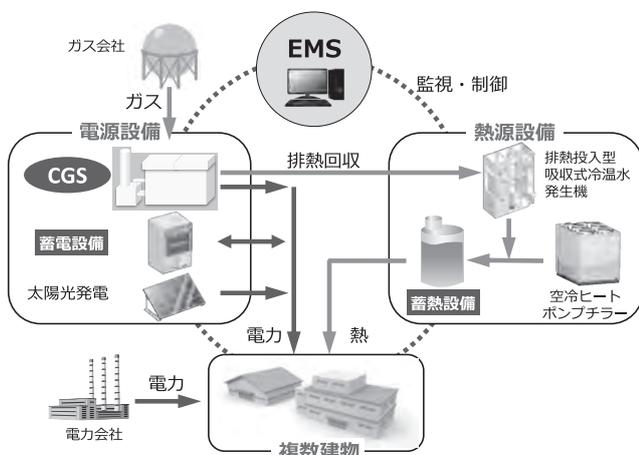


図-1 CGSを蓄電・蓄熱設備がアシストし、省エネ性・防災性を向上させるシステム構成

(2) 電力ピーク削減と省エネ性を向上させるエネルギーマネジメント

当社は建設業界で唯一、1970年代より建物内の電気設備、空調設備、給排水衛生設備などの安定的、効率的な稼働状況を常時監視する中央監視システムを自社開発してきた実績を持つ。この従来型監視システムをICT基盤として、マイクログリッド制御ならびに空調機や照明などの設備機器の動的制御によるデマンドレスポンスに準拠したピークシフト/カットを一体化して統合制御するEMSを開発し、2010年10月に技術研究所のエネルギーマネジメントを開始した。

その半年後、東日本大震災によって引き起こされた電力需給ひっ迫では、建物・街区など需要家側でのエネルギーマネジメント、特に「確実な節電」=電力ピーク対策の重要性が強く認識された。600kW級マイクログリッドによる電力ピーク削減が、2011年夏期の電力使用制限令への対策として大きな効果を発揮した³⁾。

翌2012年夏期には実験棟群12棟を対象に複数建物間で消費電力の情報を共有し使用電力の調整能力の低

い建物と協調することによって、全体での電力ピーク削減と同時に熱供給システムの効率向上による一次エネルギー消費量最小化を実現する電力・熱マネジメントが一定の成果を取めた。

2013年2月の新実験棟竣工に伴う電力・熱需要の増大による熱源設備の運用管理の複雑化が懸念された。これまではCGS排熱の有効活用を左右する蓄熱設備の運転管理を、建物管理者が経験を基に行っており、予想外れ、安全率を確保し過ぎ等、の理由で蓄熱量を使い切る運用が十分には実現できていなかった。2013年夏期に向けて電力ピーク対策ならびに一次エネルギー消費量最小化を同時に満足させるためには、電力・熱の需要予測と、予測された電力・熱の必要量をどの設備を稼働させて賄うか?を決定する「予測/計画」の自動運転ロジックが必要と判断し、図-1の各設備を制御対象とする自動運転ロジックをEMSに実装した。

2013年夏期の当社技術研究所のエネルギーマネジメント結果の電力プロファイルを図-2に示す。大型実験設備約800kWが午前/午後に稼働するため、フタコブ型を示している。9:00~11:30のピーク時間帯にはCGSと蓄電設備による創エネと、その後蓄電池枯渇後はCGSと設備機器(空調機、照明等)の目標値に対する電力自動抑制により、商用系統からの買電を目標値(1000kW)内に維持している。11:30~14:30もCGSは排熱回収を利用し冷熱製造する事前計画に従い運転している。14:30以降は午前中より電力需要が少ないためCGSのみで買電を目標値以下に抑えている。

2012年ならびに2013年の夏期三か月間で、一日の電力ピークを最も削減できた状況を比較して図-3に示す。買電抑制すべき時間帯に熱源設備を可能な限り停止して電力消費を約120kW低減したことなどに

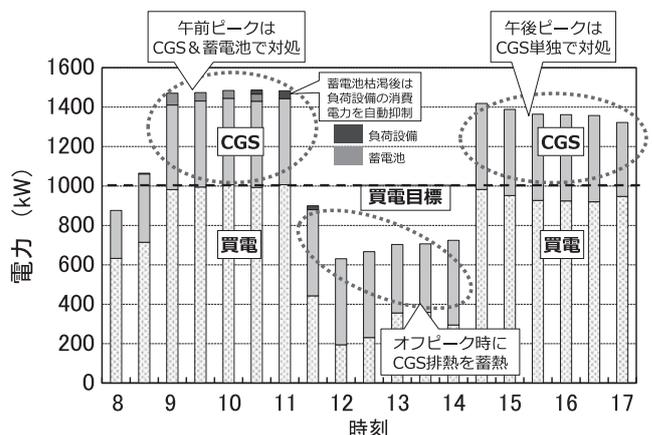


図-2 電力・熱マネジメントによる電力ピーク削減 (2013年8月8日)

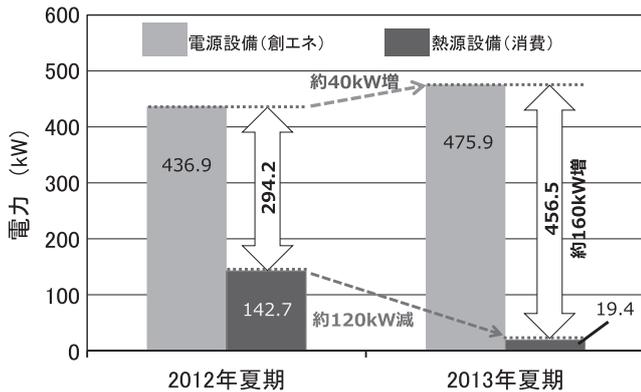


図-3 予測/計画に基づく電源・熱源設備の運用による電力ピーク削減量の拡大

よって、2013年には前年に比べて160kW削減して買電削減456.5kWを創出した。さらに2013年夏期はCGS排熱利用の増加と、それに伴い排熱投入型吸収式冷温水発生機の高効率運転、そして蓄熱を余すことなく使い切る効率利用が可能になったことで、一次エネルギー消費量が2012年と比べて12%削減された。2013年は地域冷暖房施設の上位クラスに匹敵する総合エネルギー効率(熱供給システムの生産熱量を一次エネルギー消費量で除した値)1.31を達成した⁴⁾。

(3) 自立運転の安定化・低コスト化させるエネルギーマネジメント

都市型マイクログリッドのもう一つの重要機能は、災害時における万一の商用系統停電時のバックアップ電源として個別建物や街区を電力供給範囲とする自立電力供給機能である。商用系統の停電時にCGSのガスエンジン発電機をブラックアウトスタートさせる場合、発電定格容量の20～30%以上の急激な負荷投入を行うと、異常停止や電力品質の悪化を引き起こすことが知られている。安定的な自立運転を実現するには発電容量を5倍程度に増強せざるを得ず、平常時の経済的運用と齟齬をきたした。

当社技術研究所では2014年11月に最大消費電力1100kWの大型振動台を有する先端地震防災研究棟竣工が予定され、電力需要の大幅増加が想定された。電力ピーク対策として700kWガスエンジン発電機を新規導入し、技術開発方針を平常時の経済的運用に見合うCGS容量での大型負荷設備への自立電力供給とした。

先端地震防災研究棟に設置された大型振動台を利用して700kW発電機定格出力の約40%に相当する急激な負荷変動260kWを発生させて、蓄電設備(リチウムイオンキャパシタ; 定格出力250kW, 蓄電容量4.2kWh)の最大充放電出力を134kW(負荷変動の

約50%)に設定してアシストさせた。ガスエンジン発電機を供給範囲の電圧と周波数が安定的に確立できる出力変動の範囲内で稼働させることができ、周波数の最大変動幅は0.175Hzとなり、電力会社の管理基準(50±0.2Hz)内の電力品質を実現した⁴⁾。

3. 省エネ性・防災性に優れたスマートコミュニティ/シティの実現

2014年6月に「国土強靱化基本計画」が発表され、政策の柱としてCGSや再生可能エネルギー等の地域における自立・分散型エネルギーの導入促進や地域間におけるエネルギーの相互融通能力の強化などが位置付けられた。前章に記したマイクログリッド制御技術を適用して、2014年10月に東京都港区にてオフィス2棟と集合住宅1棟から構成される3街区連携のスマートコミュニティが実現⁵⁾された。中核となるオフィス棟にCGS25kW×4基が設置され、公道下に自営ライフラインを敷設することで、平常時はコミュニティEMSによる3街区合計の電力と熱需要に合わせた最適制御により優れた省エネ性能を発揮する。また非常時はCGSの自立電力供給により業務維持・生活継続することで、街区全体が防災拠点として機能させることができ、帰宅困難者の一時滞在スペースや防災備蓄倉庫などの地域の防災性能向上に大きく貢献する。この3街区連携の取組みは、省エネ性・防災性が評価されて国土交通省、関東経済産業局、港区などの行政機関と連携すると共に許認可を取得し市街地で初めてCGSによる「街区間の電力と熱エネルギーの面的利用」を行うスマートコミュニティ事例になった。

そして東京・日本橋地区にて2019年運用開始予定で進められている「(仮称)日本橋室町三丁目地区市街地再開発計画」では大型CGSによる地域への電気・熱供給事業が計画されている。新規開発ビルの地下に大型CGSを配置し、災害に強い中圧ガスを燃料にして広域停電が発生した場合でも継続的に既存オフィスや商業施設を含むエリアにピーク使用量の50%相当分の電力を供給する。CGSからの排熱利用により空調も稼働可能である。街区でのエネルギー地産地消の取組みにより、従来に比べCO₂排出量を約30%削減する都市型スマートシティ構築が目標に掲げられている。

また東京都は2017年6月に「低炭素」・「快適性」・「防災力」を兼ね備えたスマートエネルギー都市の実現を目指し、特に水素を活用したスマートエネルギーエリアの形成を推進する、と発表した。燃料電池CGS等

によりエネルギーマネジメントを実施しエネルギー効率の向上による省エネ実現と、災害時等にもエネルギー供給を維持する街区形成が促進されている。

4. おわりに

わが国は2016年11月に発効した「パリ協定」を着実に実施していくことを表明しており、温室効果ガス排出量を2030年度に26%削減（2013年度比）、2050年度に80%削減を目指す目標を掲げている。これに伴い2050年に向けた長期のエネルギー戦略を策定する「エネルギー基本計画」の見直しが進められている。徹底した省エネルギー社会の実現や、効率的で脱炭素化した分散型エネルギーシステムの成立の可能性を追求する方針が記されており、スマートコミュニティ／シティの構築はその具体的ソリューションの有力な一つである。

CGS導入ならびに電力自営線や熱導管、通信用光ファイバ敷設などのインフラ構築，それに加えてIoTやAI等の最新デジタル技術を活用したEMSの実用

化さらには街区での水素利用技術の実装など，スマートコミュニティ／シティ実現は建設業の総合力を發揮する重要な舞台である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 杉原英治, 辻毅一郎: 総論: 分散型電源を含む電力系統の動向と展望, 電気評論, 第93巻, 第4号, pp.7-10, 2008年4月
- 2) 次世代エネルギー・社会システム実証事業～総括と今後について～
http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/pdf/018_04_00.pdf
- 3) 沼田茂生: 分散型電源と負荷制御を統合した建物使用エネルギーのマネジメント技術, 建築電力懇話会誌 建築とエネルギー, Vol.45, pp.36-40, 2012年3月
- 4) コージェネ大賞2017優秀事例集, 一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター, pp.29-30, 2018年2月
- 5) コージェネ大賞2017優秀事例集, 一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター, pp.5-6, 2018年2月

【筆者紹介】

沼田 茂生 (ぬまた しげお)
清水建設
技術研究所 エネルギー技術センター
センター所長

