

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 167）

デマンドレスポンスを想定したコージェネレーションの運用シミュレーションの基礎検討

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST

Part 167 A Pilot Study on Simulation of Cogeneration System Operation

Predicting Demand Response Situation

正 会 員 ○ 工 月 良 太 （東京ガス）
 正 会 員 武 田 尚 吾 （日建設計総合研究所）
 特 別 会 員 村 上 周 三 （建築環境・省エネルギー機構） 技 術 フ ェ ロ ー 秋 元 孝 之 （芝浦工業大学）
 技 術 フ ェ ロ ー 石 野 久 彌 （首都大学東京名誉教授） 正 会 員 笹 嶋 賢 一 （日本設計）
 技 術 フ ェ ロ ー 野 原 文 男 （日建設計） 正 会 員 二 宮 博 史 （日建設計）
 正 会 員 佐 藤 誠 （佐藤エネルギーリサーチ） 正 会 員 辻 丸 の り え （佐藤エネルギーリサーチ）
 正 会 員 藤 居 達 郎 （日立製作所）

Ryota KUZUKI^{*1} Shogo TAKEDA^{*2} Shuzo MURAKAMI^{*3} Takashi AKIMOTO^{*4} Hisaya ISHINO^{*5}
 Kenichi SASAJIMA^{*6} Fumio NOHARA^{*7} Hiroshi NINOMIYA^{*7} Makoto SATO^{*8} Norie TSUJIMARU^{*8} Tatsuo FUJII^{*9}

^{*1} Tokyo Gas Co., Ltd. ^{*2} Nikken Sekkei Research Institute, Co.,Ltd ^{*3} Institute for Building Environment and Energy Conservation
^{*4} Shibaura Institute of Technology ^{*5} Tokyo Metropolitan University ^{*6} Nihon Sekkei Co.,Ltd. ^{*7} Nikken Sekkei, Co.,Ltd.
^{*8} Satoh Energy Research Co.,Ltd. ^{*9} Hitachi, Ltd.

Based on the experience of East Japan Earthquake in 2011, demand response is expected to be one of the effective measures to deal with tight supply-demand balance by motivating consumers to contribute peak cutting of electric power demand. Cogeneration systems, which are currently introduced in buildings for the purpose of increasing self-sufficiency of power supply, would play a major part of demand response in the electric power market. They would also contribute to reduce fluctuation of power supply caused by certain amount of renewable energy in the future. A pilot study using the BEST simulation is being planned to assess performance of cogeneration system predicting demand response situation.

1. はじめに

東日本大震災およびその後の電力の需給逼迫を経験した我が国において、電源の制約がもたらすリスクを回避する手段の一つとして、デマンドレスポンス (DR) が期待されている。政府はエネルギーシステム改革の一環として再生可能エネルギーの導入促進などとともに市場の整備を進めており、DR 推進に向けた環境が整いつつある¹⁾。

DR が実施され、電力使用が制限される場合、需要家側では過度の節電により経済活動や生活に支障が出ることを

回避したいというニーズが顕在化する。そのための対策としては、需要家側で自立型電源 (コージェネレーション、太陽光発電等) や、電動熱源機器以外に熱駆動式の熱源機を併用すること、蓄電・蓄熱機能を備えることが有効と考えられる。システム構成例、運用イメージを図 1 に示す。

本報では、将来 DR が実施されることを想定し、建築設備側でこれに対処できるコージェネレーションシステムを導入する場合の、適切なシステム構成や運用計画のためのツールとして BEST を活用することについて検討する。

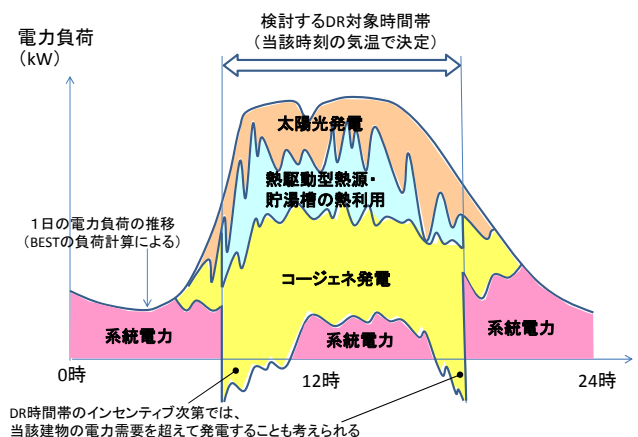
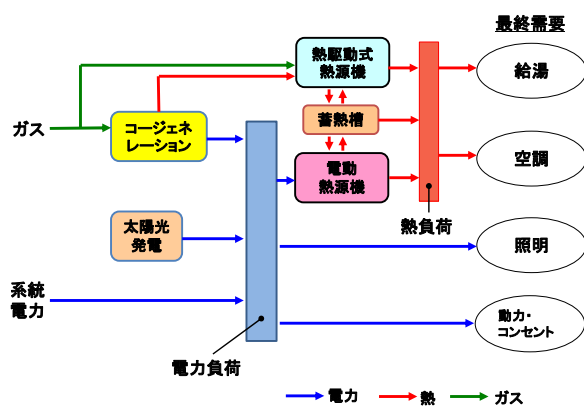


図 1 デマンドレスポンスに対応したエネルギーシステムの構成例と1日の運用イメージ

2. 基本的な考え方

コージェネレーションを保有しようとする建築物は、将来のDR実施を想定した場合、以下の事項に配慮した適切な容量の電源、熱源の選定とともに、システムの柔軟な運用が行えるよう計画されることが必要と考えられる。

- (1) DR発動期間中の業務や生活の制約の回避
- (2) DR発動期間中の省エネ性の維持
- (3) 設備保有者への経済面のインセンティブ

これらの要求を計画段階で検証するために、DR発動を想定したBESTによる設備運用シミュレーションが有効と考えられる。

以下では、具体的なケースを用い、試行的な検討を行った状況について述べる。

3. ケースの設定

ここでは、需要側に事務所、公益施設や集合住宅で構成される拠点に、エネルギーの自立度を高める観点から相当の容量のガスエンジンコージェネレーションを保有するケースを取上げる。概要を図2に示す。

各種の想定について以下に述べる。

(1) 建築物の仕様

拠点を構成する各建物の仕様を表1に、設備構成を

表2に示す。これらはいずれも既往研究²⁾のサンプルケースの建物のデータを用いているが、入力を簡略化するため一部の仕様を変更している。

(2) DR発動条件

既往のDRの実証実験等を参考として、BESTの気象データを活用し、気温が一定水準を上回る時間帯(夏季)、および下回る時間帯(冬季)にDRが発動されると想定する。

(3) コージェネレーションの容量

表1、表2の建物構成に対し、災害時に想定されるピーク電力の100%をカバーするよう、400kWのガスエンジン3台で構成するコージェネレーションシステムを想定した。この容量は既往研究³⁾におけるレベル2の災害時(発災時から通常機能への回復まで長時間にわたる供給途絶時(発生後～数日間))において、BLCPとして維持すべき機能をカバーできる自立分散型電源の規模に相当する。

以上の条件のもとで、BESTにより平常時にコージェネレーションを熱主電従運転で運用した場合のシミュレーションを行い、年間を通じた電力需要および熱負荷の変化の状況を把握する。代表的な結果を図4に示す。

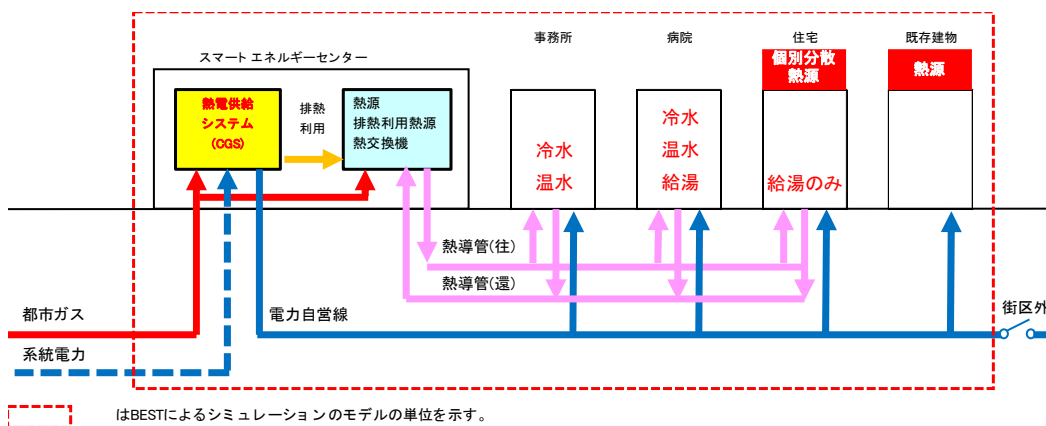


図2 試行に用いたケース概要

表1 想定した建物構成と仕様

	事務所	病院	集合住宅
延床面積	約20,000m ²	約20,000m ²	約12,000m ²
代表階面積	基準階：約1,500m ²	地下1~2階：約4,300m ² 3~6階(病棟)：約1,600m ² 7階：約800m ²	各階：約960m ² 8戸/階 LD(1階)：約21.5m ² /戸 和室(1階)：約16.6m ² /戸 主寝室(2階)：約13.2m ² /戸 子供室(2階)：約21.5m ² /戸
階数	地上14階 地下無し	地上7階 地下1階	地上13階 地下なし
階高	4.0m	病棟4.0m その他5.0m	各階4m
天井高	2.6m	病棟2.6m	2.4m
その他	1Fを基準階に置き換え簡略化 代表階(基準階)面積に対する事務室面積の比率：約75%	B1F、7Fは非空調室として簡略化 既往研究モデルの1、2階と3階を採用し簡略化 既往研究モデルの4階は簡略化した3階に置換え	冷暖房、換気、照明、給湯、コンセント等の機器利用スケジュールは既往研究に記載の条件に倣った。
外壁断熱	スチレン25mm	スチレン25mm	熱貫流率：0.76W/K・m ² (RC造の基準を採用)
窓仕様	透明フロート8mm	透明フロート8mm	熱貫流率：4.65W/K・m ² (日射侵入率は規定無し)
窓面積率	40%	25%	26.8%

注1) 黄色い部分は、既往研究のサンプルモデルに対し入力の簡略化のため変更した部分を示す

表2 想定した設備関連の仕様

	事務所	病院	集合住宅
熱源	スマートエネルギーセンターに熱源を集約設置。 (仕様は機器構成図に記載。)	スマートエネルギーセンターに熱源を集約設置。 (仕様は機器構成図に記載。)	ルームエアコン 系統数：52系統(4系統×13フロア) 能力：冷房:1914kw/台 暖房2215kw/台 COPc=5.26 COPh=4.71
	4管式(冷暖同時)	4管式(冷暖同時)	
	送水温度差7°C	送水温度差7°C	
	二次ポンプ：台数制御・インバータ	二次ポンプ：台数制御・インバータ	
空調	空調機CAV、外気冷房無し 外気導入：全熱交換器無し	外調機+FCU、外気冷房無し 外調機+PAC、外気冷房無し 外気導入：全熱交換器無し	
	電気温水器(一次COP：0.37)	スマートエネルギーセンターに熱源を集約設置。 (仕様は機器構成図(図3)に記載。)	スマートエネルギーセンターに熱源を集約設置。 (仕様は機器構成図に記載。)
照明	事務室16.3W/m2相当 省エネ制御無し	診察室16.3W/m2相当 病室10.3W/m2相当 省エネ制御無し	LDK 12.7~100W 寝室 66.7~100W 子供室 25~100W
	標準電動機 省エネ制御無し	標準電動機 省エネ制御無し	住宅全体で0.5回/h 台所 75~150m3/h 便所 0.8~6m3/h 浴室 25~100m3/h
昇降機	VVVF制御	VVVF制御	VVVF制御(事務所に倣う)

注1) 黄色部分は、既往研究のサンプルモデルに対し入力簡略化のため変更した部分を示す

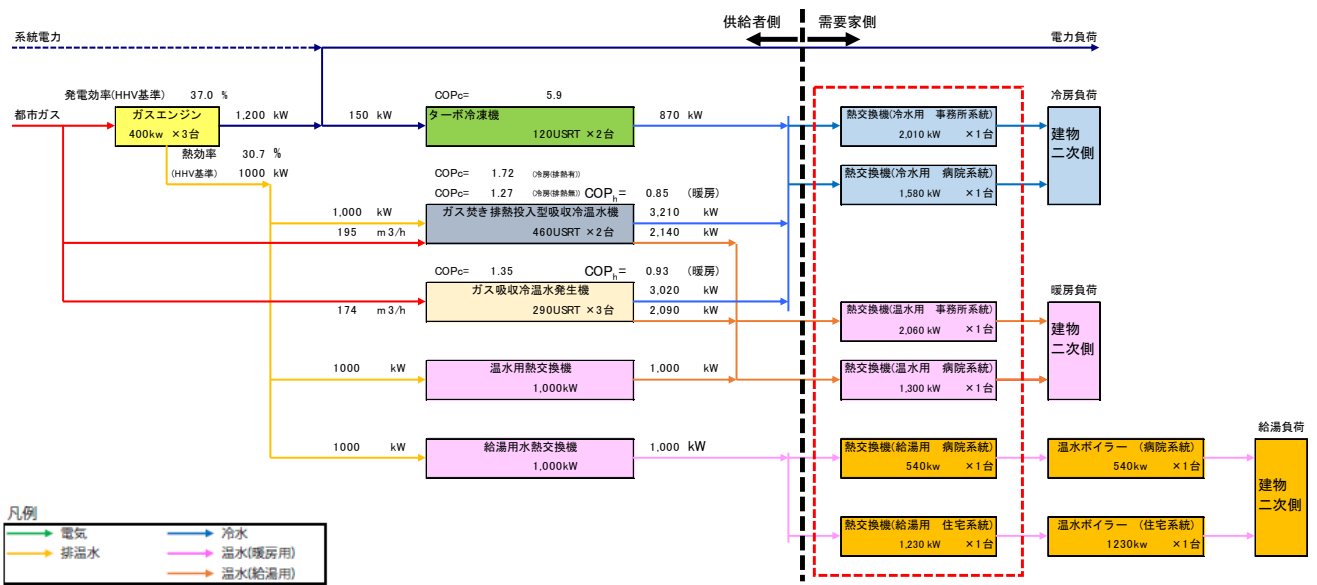


図3 想定した機器構成とシステムフロー

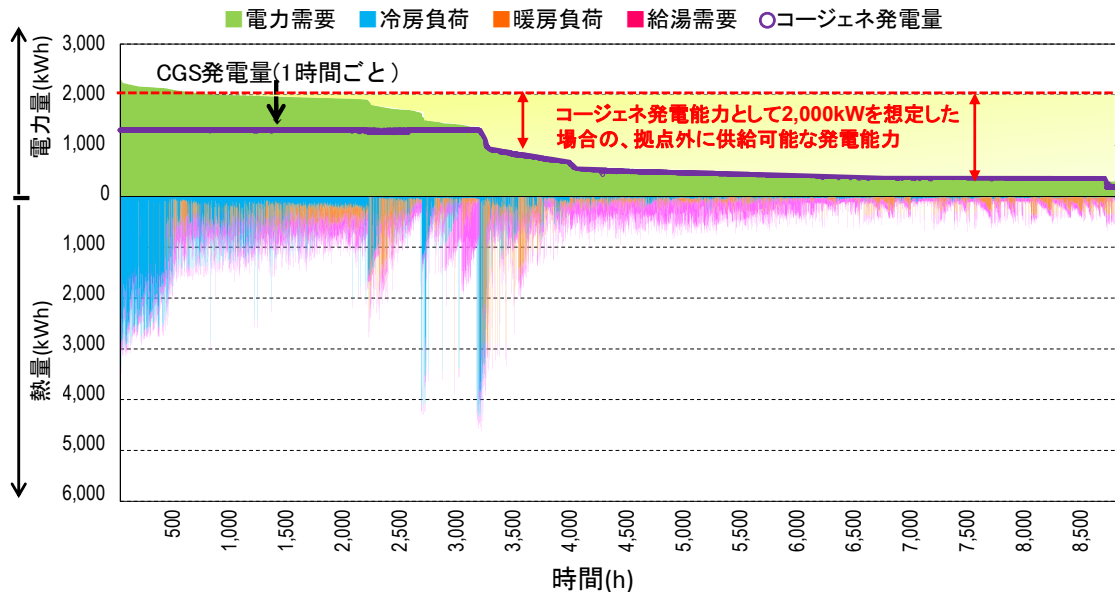


図4 BESTの出力を用いた年間負荷降順曲線(電力)と、同時刻の冷熱・温熱負荷状況の表現例

4. DRを想定したコージェネレーション容量・運用の検討

上に述べたケースではコージェネレーションの発電容量を計1,200kWとしたが、その場合は図4で見るとおり、約3,000時間は電力需要がコージェネレーションの能力を超え、系統電力の併用となる。

仮にデマンドレスポンスによるインセンティブが付与されることを前提として、保有するシステム容量を2,000kWとした場合、当該拠点のエネルギーの自立度が更に向上することと合わせて、DR発動時においてコージェネレーションの発電能力に余裕が生まれ、系統電力の需給逼迫への対処に貢献すると考えられる。

この場合、2.で基本的な考え方として示した(1)~(3)の事項について、以下の考察を行った。

(1)拠点内の需要家の業務や生活の制約面

2,000kWの容量は、DR発動時でも先に述べた「BLCPとして機能維持すべき項目(=平常時の約50%相当の負荷)」のみならず、「機能維持が望ましい項目」やそれ以上の電力需要もカバーすることが可能となり、我慢の省エネを回避できる。

(2)省エネ性の維持

コージェネレーションの発電能力増加に対し、より発電効率の高い機器の選定が可能となる。その出力の一部を拠点外に融通する一方で、発電排熱利用による排熱投入型吸収冷凍機の稼働率を上げること、さらには2013年度の省エネ法改正で新たに繰入れられた電気の需要の平準化に関する指針⁴⁾により、ピーク時間帯の1kWhの系統電力の消費削減効果が1.3kWh相当に評価されることを考慮することで、省エネ性が維持されると考えられる。(図5)

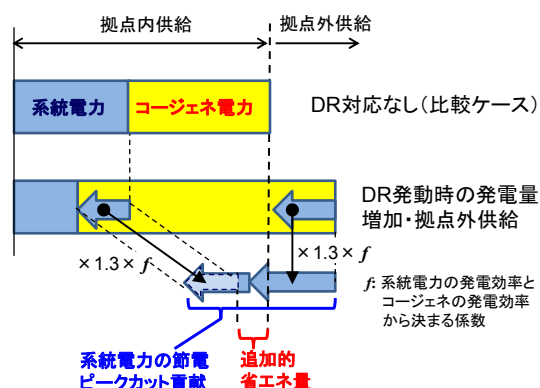


図5 DR発動時の省エネ性維持の考え方

(3)設備保有者のインセンティブ

米国のDRの事例や北九州市の実証実験等で、DR発動時は、電力1kWhに対し通常の電力料金に対し6~10倍のインセンティブが設けられた例がある。このような市場が形成されることにより、設備規模の増加が新たな付加価値をもたらす、プロシューマーとして積極的に市場に参加することが期待できる。

5. まとめ

本報では、将来予想されるデマンドレスポンス(DR)を想定し、建物側でこれに対処する1つの方法として、コージェネレーションを用いる場合のシステム構成や運用計画をBESTを用いて行うことを提案した。基礎検討として拠点レベルで建物群をカバーする規模のコージェネレーションを導入するケースを想定し、試行的なシミュレーションを行った。

BESTを用いてDRの発動時に熱主電従運転から定格運転に切り替える運用を再現することにより、適切なコージェネ容量の選定、熱の面的利用や貯湯槽の拡充等を検討する際に有用な示唆が得られると考えられる。

6. 今後の展開

前報(その166)で説明したコントローラは、季節・気温を指標としたDRの再現を目指している。再生可能エネルギー起源電力の拡大政策を踏まえると、将来的には季節や気温によらないDR発動の仕組みも採用される可能性がある。これもBESTが持つ気象データで、日照や風況などの要素を考慮しシミュレーションに反映することが可能と考えられる。

また、DR発動時の対処策として、コージェネレーション以外にも熱源システムを多様化し、空調や給湯を電動式から熱駆動式へシフトしたり、PMVを維持しつつデシカント空調機を用いてピークカットするなどの方策が考えられる。こうした検討においてもBESTによる再現・評価が有効と考えられる。

謝辞

本報は、(一財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BESTコンソーシアム」・「BEST企画委員会(村上周三委員長)」・「専門版開発委員会(石野久彌委員長)」および「コージェネレーション検討SWG(秋元孝之主査)」の活動成果の一部であり、SWG関係各位に謝意を表するものである。

コージェネレーション検討SWG名簿(順不同)主査:秋元孝之(芝浦工業大学)、副主査:笹嶋賢一(日本設計)、委員:野原文男、二宮博史(以上、日建設計)、佐藤誠、辻丸のりえ(以上、佐藤エネルギーリサーチ)、藤居達郎(日立製作所)、工月良太(東京ガス)、事務局:生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)

また本稿におけるケース設定、シミュレーション作業に協力いただいた飯田玲香氏(日建設計)に深く謝意を表する。

参考文献

- 1)資源エネルギー庁新産業・社会システム推進室:「ダイヤモンドリスボンズについて ~新たな省エネのかたち~」,2014.10
- 2)小林他:「外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その146)「平成25年省エネ基準対応ツールの基礎理論」一次エネルギー消費量の計算事例、空調調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.65-68, 2014.9
- 3)(一社)日本サステナブル建築協会:「スマートエネルギータウン調査報告書」,2012.3
- 4)電気需要平準化に関し事業者が取り組むべき措置に関する指針, 2013.12