

## 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 166）

### CGS を利用したデマンドレスポンス対応コントローラの開発

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

#### Part 166 Development of Demand Response Controller using Cogeneration system

正 会 員	○ 辻丸のりえ	(佐藤エネルギーリサーチ)	正 会 員	佐藤 誠	(佐藤エネルギーリサーチ)
正 会 員	工月良太	(東京ガス)	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	藤居達郎	(日立製作所)

Norie TSUJIMARU\*1 Makoto SATOH\*1 Ryota KUZUKI\*2 Shuzo MURAKAMI\*3 Takashi AKIMOTO\*4  
Hisaya ISHINO\*5 Kenichi SASAJIMA\*6 Fumio NOHARA\*7 Hiroshi NINOMIYA\*7 Tatsuo FUJII\*8

\*1 Satoh Energy Research Co., Ltd. \*2 Tokyo Gas 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 Hitachi, Ltd.

As part of the electricity system reform, Demand Response (DR) is expected to be one of the effective method of power supply in Japan. This study proposes simulating demand side efforts using the BEST to predict peak cut effect of DR implementation and verify incentives. This paper reports the simulation model of DR compliant controller for the BEST professional edition. We have considered flexible simulation model to simulate variety control methods. We especially have focused on demand side effort during DR control period. Alternative self-supporting power supply such as cogeneration system for system power is an example of such efforts.

#### はじめに

東日本大震災以降、電力供給を担う電源容量の制約が強く認識され、国が進めている電力システム改革では、我が国全体の電力供給を効果的に行う方策が模索されている。その一手法としてデマンドレスポンス(DR)が期待されている。電力システム改革専門委員会報告書<sup>1)</sup>によれば、

- ・ 我が国全体の電力供給を効果的に行うためには、デマンドレスポンスやネガワットなど、需要家の取組をその特性を踏まえて市場取引に取り入れることが有効
- ・ スポット市場での取引のみならず、1時間前市場やリアルタイム市場における供給力・供給予備力の確保や、容量市場での取引においても、こうした需要側の取組の導入を最大限進めていくことが適当
- ・ 節電や省エネにより生み出される供給余力の活用(ネガワット取引)、需給ひっ迫の状況に応じた電力需要の

削減(デマンドレスポンス)などにより企業や個人の力を活用することで、安定供給を確保しつつ、供給コストの低減を実現していく

等の記載がある。

こうした状況を背景として、本研究では、需要家が建物側で行う取組を BEST によって再現することで、シミュレーション結果を DR 実施がもたらすピークカット効果の予測や、インセンティブの検証に活用することを提案する。

DR が先行する米国では既に様々な手法が存在するが、ここでは DR 発動時の需要家の取組として、以下の対策に焦点を当てる。

- 1) 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)を用いた系統電力からの電力供給の代替
- 2) 空調システムにおける電動熱源から熱駆動式熱源へのシフト

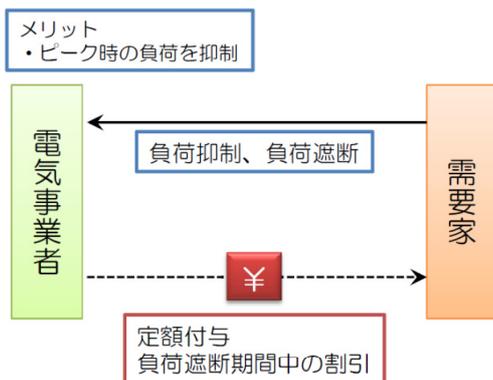


図1 デマンドレスポンス(DR)によるピークカット効果のイメージ(出典:電力システム改革専門委員会報告書<sup>1)</sup>)

## 1. DR 対応コントローラのモデル概要

DR 制御のシミュレーションを実現するため、DR 対応コントローラの計算モデルを整理した。DR 制御にはさまざまな手法が存在するため、可能な限りいろいろな制御方法をシミュレーションできるように柔軟なモデルを検討し、BEST 専門版での実装を行った。

### 1.1 DR 発動条件

表 1 に本モデルで対応する DR 発動条件を示す。DR 発動条件は外気温度だけでなく受電電力量など複数の要因により判断することもあるため、両方の条件を扱えるようにした。外気温度は翌日の予想最高(最低)気温を用いる例もあるが、BEST では未来の予想値を扱うことが難しいため、当該時刻の外気温度とした。同様に受電電力量も当該時刻の受電電力とし、DR 発動判断は計算時間間隔ごと(最小 5 分おき)に行うこととした。

### 1.2 DR 発動時の制御内容

表 2 に本モデルによる DR 発動時の制御の開発内容案を示す。発電機は受電電力を減らすようにコージェネレーションシステム(CGS)の運転制御方式を「発電出力一定運転」に変更する。この際に発電出力も自由に設定できるようにした。空調(二次側)は設定温度や送風温度などの温度条件の緩和、外気取入れ量の制限、空調機の間歇運転などの制御を行う。同様に熱源においても送水温度の緩和、電気式熱源の停止などの制御を行う。蓄熱槽の「余剰熱を蓄熱」は、CGS の運転制御方式を「発電出力一定運転」とした場合に熱需要以上に排熱が出るため、一時的に蓄熱することを想定している。蓄熱槽、照明、蓄電池については各関連 SWG と実装方法について調整方法を検討中であるが、それ以外の制御内容については概ね開発を完了している。

表 1 DR 発動条件

項目	備考	備考
期間	DR 制御を行う期間	
時間帯	DR 制御を行う時間帯	
外気温度	当該時刻の外気温度	
受電電力量	当該時刻の受電電力	

表 2 DR 発動時の制御の開発内容(案)

分類	制御対象	制御方法	備考
発電	発電機	発電制御方式を「発電出力一定運転」に変更	
		発電出力を変更	
空調 (二次側)	室(ゾーン)	設定室温を緩和	
	空調機	送風温度を緩和	
		外気取入れ量(CO <sub>2</sub> 濃度)を制限	
		空調機を停止(間歇運転)	開発中
空調 (一次側)	熱源	熱源出口温度を緩和	
		二次側送水温度を緩和	
		電気式熱源を停止	
	蓄熱槽	DR 時間帯に放熱	検討中
		余剰熱を蓄熱	検討中
照明	照明	間引き点灯	検討中
蓄電池	蓄電池	DR 時間帯に放電開始	検討中

## 1.3 DR 対応コントローラの実装方法

DR 発動時の制御対象は前述のように多岐に渡るため、関連する各モジュールを DR 制御に対応できるように変更する必要がある。開発を容易にするため、DR 発動の判断を行う DR 対応コントローラ(親)のみを新たに開発し、DR 発動信号を受けて実際に機器を制御する DR コントローラ(子)は既存の各種コントローラを改良することで対応した。DR 対応コントローラの実装方法のイメージを図 2 に示す。

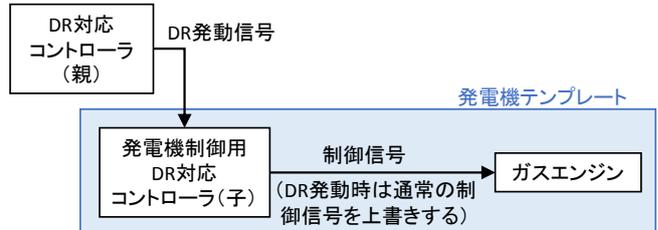


図 2 DR 対応コントローラの実装方法のイメージ

## 1.4 DR 制御レベルの設定

実際の DR 制御では、外気温度条件に応じて制御内容を変更するなど、DR 制御に複数の段階を設けることが行われている。そこで本モデルではレベル 1~5 まで DR 制御レベルを設定できるようにした。レベルは節電要請の厳しさを意味しており、レベルが上がるごとに各機器の制御内容を厳しくするなどの設定を行うことができる。また、制御を安定させるための動作すき間(ディファレンシャル)も任意に設定できるようにした。DR 制御レベルのイメージを図 3 に示す。

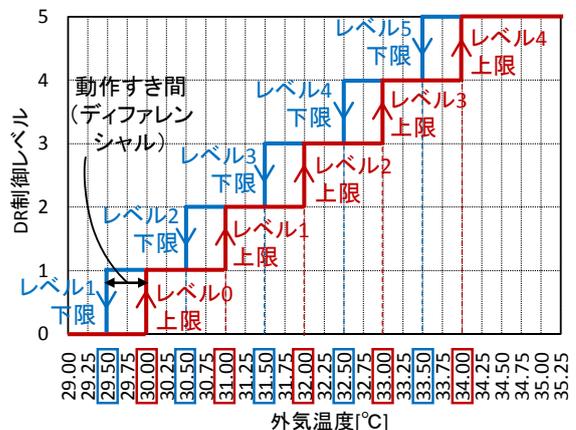


図 3 DR 制御レベルのイメージ

## 2. DR 対応コントローラの入力画面

### 2.1 DR 対応コントローラ(親)の入力画面

図 4 に DR 対応コントローラ(親)の入力画面を示す。外気温度と受電電力量の DR 発動時の制御レベル判断設定値を左からレベル 1~5 まで半角スペースで区切って数値リストとして入力する。もしレベル 3 までの 3 段階の制御のみとしたい場合は、数値を 3 つのみ入力すればよい。数値リストの最後に半角スラッシュ(/)で区切ったレベル移行時の動作すき間(全レベルで共通)を入力する。OPE1(冷房)、OPE2(暖房)、OPE3(中間期)の各運転期間で設定を変更することができる。この運転期間の開始・終了日もユーザーが自由

に設定できる。DR 発動対象とする時間帯も運転期間ごとに曜日別に設定できる。

## 2.2 DR 対応コントローラ(子)の入力画面

### (1) 発電機

発電機の DR 対応コントローラ(子)は、既存の発電機台数制御コントローラを改良して対応した。発電機台数制御コントローラの入力画面の DR 制御対応部分を図 5 に示す。

運転期間ごとに DR 制御を実施するかしないかを設定でき、実施しない場合はチェックを外す。DR 制御時の設定発電出力リストは DR 制御レベル別に発電出力を設定し、DR 発動時はそのレベルの発電出力一定で運転するように発電機の運転台数を調整する。発電出力リストは左からレベル 1、レベル 2... の順に半角スペースで区切って入力する。DR 発動時も通常制御(発電機運転方式として設定された制御方式)としたい場合はそのレベルの値を負の値とする。

### (2) 室(ゾーン)、空調機

室(ゾーン)および空調機の DR 対応コントローラ(子)は、空調用の制御モジュールを改良して対応した。空調用制御モジュールの DR 制御対応部分を図 6 に示す。DR 制御時の設定温度リストは半角スペースで区切って入力し、DR 発動時にそのレベルに応じた設定温度を指定した送信ノードから送信する。DR 発動時も通常の制御を行いたい場合は、そのレベルの値を負の値として設定する。温度制御の場合は、対象とする空調機器の運転容量制御を行う PID 制御モジュールに各送信ノードを接続する。主な空調方式別の接続先を表 3 に示す。

### (3) 熱源

熱源の DR 対応コントローラ(子)は、既存の熱源制御コン

表 3 空調方式別の DR 制御信号接続先

制御内容	制御対象	接続先
設定室温	ビルマルチ、パッケージ室内機	室内機容量制御用 PID 制御モジュールへ室温目標値を送信
	ファンコイルユニット(FCU)	FCU 冷温水コイル二方弁用 PID 制御モジュールへ RA 目標値を送信
	VAV ユニット	ユニット風量制御用 PID 制御モジュールへ室温目標値を送信
送風温度	CAV 方式空調機	冷温水コイル二方弁用 PID 制御モジュールへ RA 目標値を送信
	VAV 方式空調機	冷温水コイル二方弁用 PID 制御モジュールへ SA 目標値を送信
外気取入れ量	OA チャンバー	CO2 濃度制御用 PID 制御モジュールに RA の CO2 濃度目標値を送信

トローラに DR 制御機能を追加して対応した。熱源制御コントローラの入力画面の DR 制御対応部分を図 7 に示す。DR 発動時は、設定熱源出口温度リストおよび設定二次側送水温度リストで設定された出口温度および送水温度を、DR 制御レベルに応じて熱源に送信する。DR 発動時も通常制御を行いたい場合は、そのレベルの値を負の値とする。

DR 制御時の設定発停リストは、レベル別に発停条件(運転=1、停止=0)を半角スペースで区切って入力する。DR 発動時はそのレベルの発停信号を熱源に送信する。

## 3. DR 対応コントローラの接続方法

DR 対応コントローラを既存の CGS テンプレートおよび空調機テンプレートに接続した例を図 8 に示す。DR 対応コントローラ(親)のみを新たに設置し、DR 対応コントローラ(子)は既存の制御用コントローラを DR 対応のものに置き換える。室(ゾーン)、空調機、熱源が複数ある場合はそれぞれの制



図 4 DR 対応コントローラ(親)の入力画面

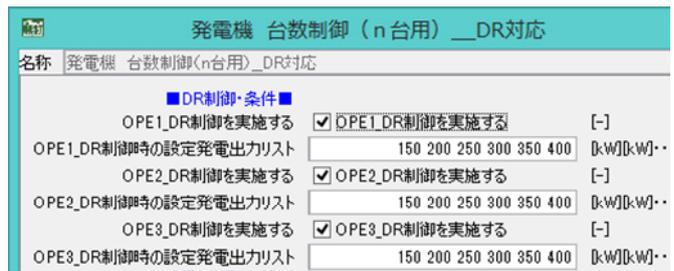


図 5 発電機台数制御コントローラ入力画面(DR 制御対応部分)



図 6 空調機制御コントローラ入力画面(DR 制御対応部分)



図 7 熱源制御コントローラ入力画面(DR 制御対応部分)

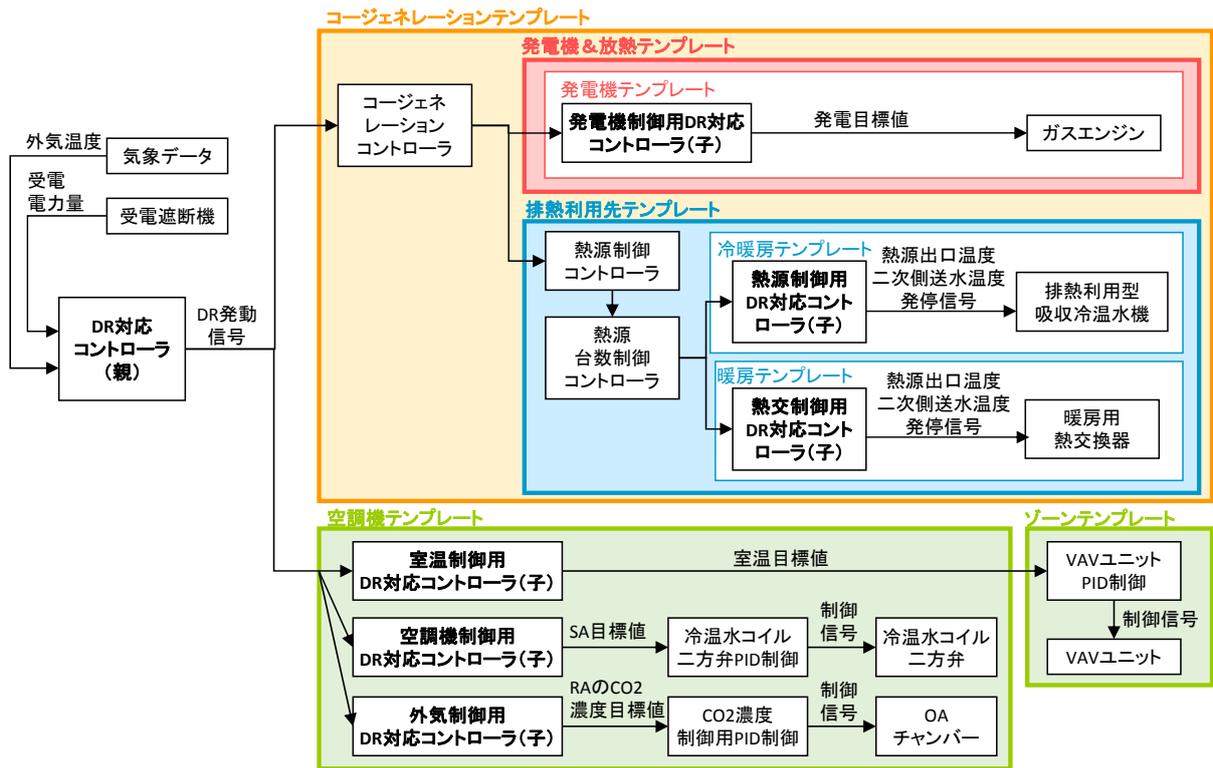


図8 DR対応コントローラの接続方法(CGS+VAV方式空調機の場合)

御コントローラも複数存在するため、機器ごとに DR 発動時の制御内容を自由に設定することができる。DR 発動時も特別な制御を行わない場合は、制御コントローラを既存のままとしてもよい。

#### 4. シミュレーション試算結果

図9に事務所ビルにおけるDR制御シミュレーションの計算例を示す。DR発動条件は外気温度が30℃、31℃、32℃のときにDR制御レベルをレベル1、2、3の3段階で変化するようにした。DR発動時の制御内容は①ガスエンジン発電出力を250kW、300kW、350kWの順に変化させる、②熱源出口温度を7℃、8℃、9℃の順に変化させる、とした。外気

温度に応じてDR発令信号が発行され、ガスエンジンと熱源が設定通りに制御されていることが確認できた。

#### 5. まとめと今後の課題

考えうる様々なケースを想定した DR 対応コントローラの計算モデルを整理し、BEST 専門版での実装を行った。今回開発した DR 対応コントローラを活用し、今後ますます注目を集める DR 制御のケーススタディを充実させ、有益なデータを提供できるようにしたい。また、現在検討中の制御項目(蓄熱、蓄電、照明)についても他 SWG との調整を進め、BEST で DR 制御のシミュレーションが行えるようにしたい。

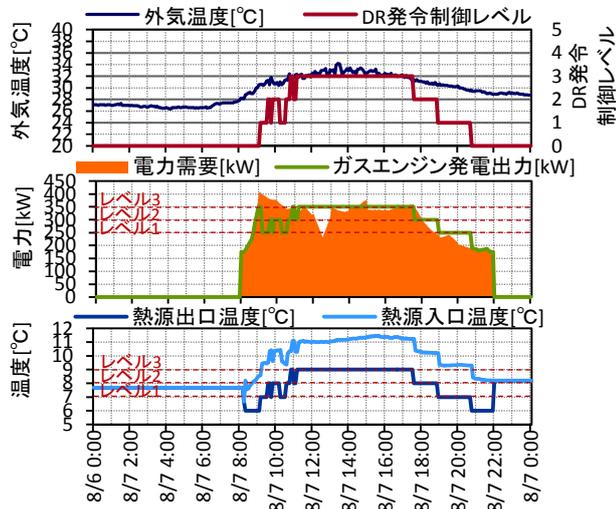


図9 DR制御シミュレーションの計算結果例

#### 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)」および「専門版開発委員会(石野久彌委員長)」、「BEST 省エネ基準対応ツール開発委員会(石野久彌委員長)」、「統合化WG(石野久彌主査)」、「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、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、田端康宏(以上、日建設計)、藤居達郎(日立製作所)、佐藤誠、辻丸のりえ(佐藤エネルギーリサーチ)、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)

#### 参考文献

1) 資源エネルギー庁:ディマンドリスポンスについて(長期エネルギー需給見通し小委員会第5回会合資料),2015.3