

熱負荷量を制御するための 熱・電気を統合したデマンドレスポンスの検討

杉本 一郎＊（(株)エネルギー・生活科学研究所）

安芸 裕久（(独)産業技術総合研究所）

1. はじめに

本研究では、電力および都市ガスの小売事業者等からの電力量・都市ガス量の抑制要請に対応して、集合住宅モデルの一括受電点／一括供給点からみた棟屋全体の電力負荷プロファイル／熱負荷量を各戸に設置された定置用燃料電池（以下、FCという）を利用して制御する「熱・電気を統合したデマンドレスポンス」について検討を行っている。

本稿は、第 1 報の「電力負荷プロファイルの制御機構」[1]に続く第 2 報と位置付け、各戸の FC を利用した「熱負荷量の制御機構」について報告する。

2. ネガワット・ガス取引の仕組み

2017 年以降のエネルギー小売事業者にとっては、電気における「デマンドレスポンスを活用したネガワット取引」と同様の考え方を都市ガスに適用した、「ガス総量抑制によるネガワット取引」も理論的には可能となる。ここで、都市ガスのデマンドレスポンスとは「特定の期間において 1 日単位で対象とする需要家の需給総量を計画値より抑制すること」と定義する。

電気のネガワット取引の制度設計は審議中であるが、将来的にはスポット市場と同様の方式が採用されると予想される。また、都市ガスのネガワット取引（ネガワット・ガス取引という）は、「電気の先渡し型市場」と同様の取引形態が想定される。

表 1 に、都市ガスの市場で想定されるネガワット・ガス取引の概要を示す。

3. 熱負荷量の制御機構

第 2 章での議論から、都市ガスの需給調整を日単位（24 時間）の総量管理とすると、ガス小売事業者が集合住宅モデルに供給する 24 時間の都市ガス総量（Supply_G (kWh)）と一括供給点での都市ガス総量（LOAD(G)_{POI} (kWh)；以下、熱負荷量という）は等しく、通常モードの棟屋全体の熱負荷量は式(1)のように表される。

$$\begin{aligned} \text{Supply}_G(24\text{hours}) &= \text{LOAD}(G)_{\text{POI}}(24\text{hours}) = \sum_{i=1}^N \int_{24\text{hours}} G_{\text{meter}}(t) dt \\ &= \sum_{i=1}^N \int_{24\text{hours}} (G_{\text{CHP}}(t) + G_{\text{boiler}}(t) + G_{\text{cook}}(t)) dt \end{aligned} \quad (1)$$

表 1 都市ガスのネガワット取引の概要（筆者の推定）

ネガワット・ガス取引（都市ガス）	
取引形態	先渡し型市場
取引商品	1日単位抑制都市ガス総量（1-4単位期間）
取引期間	受け渡し1ヶ月前 - 受け渡し前日
価格決定	ザラバ方式
最低取引単位	抑制都市ガス総量 2,400 kWh/単位

小売事業者等からの都市ガス総量抑制の要請に対して、棟屋全 N 戸の内 M 戸の居住者が同意し、M 台の FC が自律群制御（例えば、DSS-熱主制御）の熱主運転を行い、デマンドレスポンスを実行する場合（以下、DR-G モードという）、棟屋全体の熱負荷量（LOAD(G)_{POI-DR} (KWh)）は、式(2)に示すように、通常モードの棟屋全体の熱負荷量から M 台の FC の停止時間帯の都市ガス消費量（推定量）を差し引いた値となる。

$$\begin{aligned} \text{LOAD}(G)_{\text{POI-DR}}(24\text{hours}) &= \sum_{i=1}^N \int_{24\text{hours}} (G_{\text{CHP}}(t) + G_{\text{boiler}}(t) + G_{\text{cook}}(t)) dt \\ &\quad - \sum_{j=1}^M \left(\int_{T_{\text{daily-start}}}^{T_{\text{daily-stop}}} G_{\text{CHP}}(t) dt + \int_{T_{\text{daily-stop}}}^{24} G_{\text{CHP}}(t) dt \right) \quad (2) \end{aligned}$$

4. 自律群制御 - DSS-熱主制御

通常モードで稼働中の FC が小売事業者等からの都市ガス総量抑制の要請を受けると、翌日の DR-G モードの基準時刻から「24 時間単位の熱負荷量を低減する」自律群制御に切り替わる。その群制御の一例として、FC が自律的に棟屋全体の熱負荷量（抑制量）をモニタして熱主電従の DSS 運転を行う制御が挙げられる（以下、DSS-熱主制御という）。

DSS-熱主制御では、FC の運転時間帯（開始時刻・終了時刻）を熱生成の観点から設定し 24 時間稼働する。その結果棟屋全体の抑制量（実績）が要請量に達していない場合には、翌日の FC の運転時間帯を再設定（短縮）し熱負荷量を低減する。

5. 電力消費シフト行動

電力消費シフト行動とは、FC が排熱回収（熱生成）を最も効率よくかつ最も有効な時間帯に行うために、定格発電出力に相当する電気需要を創出する機器操作または行為・行動であり、自動化による手法と人為的な行動による手法がある。

DR-G モードにおいて FC が DSS-熱主制御で稼働する最大時間は、冬期の場合でも（給水温度 = 5℃）排熱回収効率等の仕様から 8.5 時間程度と算定される。よって、冬期の最大給湯需要時刻が夕刻とすると、電力消費シフト行動はそれ以前に 8.5 時間継続する必要がある、居住者が在宅の場合は「暖房のエネルギーシフト行動」および「家事の PM シフト行動」により、居住者が不在の場合は「棟屋内逆流による電力消費」により FC の定格発電出力とその運転時間が担保される

6. まとめ

本稿では、将来のネガワット・ガス取引を想定して、棟屋単位の都市ガス総量のデマンドレスポンスを実現する、熱負荷量の制御機構と電力消費シフト行動を提案した。

（参考文献）

- [1] 杉本, 毛笠：電力負荷プロファイルを制御するための熱・電気を統合したデマンドレスポンスの検討, 第 9 回新エネルギー技術シンポジウム一般講演論文集, E-4, 2014 年 3 月