

# ガスコージェネレーションシステム利用における寒冷地世帯の熱需要予測

## Prediction of Demand for Cold Regions Household in Gas Cogeneration System

今野 陽子\*<sup>1</sup>  
Yohko Konno

川村 秀憲\*<sup>1</sup>  
Hidenori Kawamura

鈴木 恵二\*<sup>1</sup>  
Keiji Suzuki

\*<sup>1</sup> 北海道大学  
Hokkaido University

\*<sup>1</sup> 北海道大学  
Hokkaido University

\*<sup>1</sup> 北海道大学  
Hokkaido University

A residential cogeneration system has attracted attention for its high energy saving and environmental performance, and systems using fuel cells have recently been introduced into the market in Japan. It is necessary for the cogeneration system to decide an appropriate operating time because the exhaust heat of the system is used for hot-water supply. For this control, the system has a function to predict the demand of electricity and heat. This study develops the demand prediction model of the cogeneration for cold regions. This paper shows about the prediction method of electricity demand for one household by applying a neural network.

### 1. はじめに

東日本大震災での原子力発電所の事故を契機に我が国のエネルギー事情は激変し、大規模火力発電と再生可能エネルギーの併用によって電力の需要を支えて行くことが社会的なコンセンサスとなりつつある。太陽光発電や風力発電に代表される再生可能エネルギーが安定的に電力需要の一部を賄うことができれば、火力発電の負荷を減らすことができるが、現実的には再生可能エネルギーは発電量が不安定であり、その全てを電力系統に受け入れることは困難である。また環境問題への配慮や光熱費の抑制に対する社会的な要請があるなか、民生部門のエネルギー消費量は増加傾向にあり、住宅における省エネルギーへの対応が求められている[佐野 12]。このような状況を背景に、家庭向けの分散型発電として天然ガス等から発電するコージェネレーション(Cogeneration)が注目されており、ガスエンジン、燃料電池等を用いたシステムが開発されている。コージェネレーションは天然ガス等から発電するだけでなく、発生する熱を同時に有効利用することが可能で、環境面と経済面において優れた分散電源として普及が進んでいる。また将来的には、再生可能エネルギーとの連携によって、電力市場の自由化およびエネルギーネットワークの形成に向けて系統の安定化に資する可能性を持っていると期待されている[川村 05]。本研究では寒冷地においてコージェネレーションを効率的に活用するための基盤として、寒冷地の世帯における電力・熱需要パタンの分析と予測手法の開発を行う。

### 2. コージェネレーションシステム

#### 2.1 寒冷地におけるコージェネレーション利用の課題

コージェネレーションシステムは排熱の併用にあたり、需要予測のための学習制御機能を有する。この熱は給湯と暖房に利用するのが一般的であるが、予め使用する時間帯を見越して貯湯しておく必要がある。すなわちコージェネレーションを効率的に運用するためには、実際にどの時間帯に需要があるかを実績から予測して、それに合わせて運転計画を最適化することが必要である。全国と寒冷地における年間の月別電力需要実績

を比較すると、全国平均は夏季と冬季に電力負荷が高くなる傾向にあり、一方で寒冷地においては夏季の電力負荷は低く冬季には高くなる[武田 14]。また給湯負荷の実績は、全国平均と寒冷地ともに夏季に低く冬季に高い傾向にある。さらに北海道の家庭部門における一人当たりのエネルギー使用量は全国平均の 1.5 倍程度である。現在、北海道で市販化されている燃料電池コージェネレーションシステムは、全国平均の気候をモデルケースとして設計されたものであり、需要予測の機構は寒冷地特有の熱需要に関する予測について考慮していない。そこで寒冷地でのコージェネレーション運転効率化のためには、寒冷地に有効な需要予測手法の開発が重要であると考えられる。

#### 2.2 機器の構成

本研究が対象とするコージェネレーションシステムは学習制御機能を備える PEFC-CHP、すなわち固体高分子形燃料電池(PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell)を利用したシステムである。本システムは PEFC 発電ユニットと排熱利用給湯・暖房ユニットから構成される(図 1)。発電時に発生する熱は排熱利用給湯・暖房ユニット内の貯湯タンクに湯として貯める。発電時の排熱によって貯めたタンク内の湯で賄いきれない給湯負荷および暖房負荷については、ボイラによって供給する。住宅の電力負荷が発電ユニットの最大出力量より高い時、あるいは発電していない時(待機中, 起動停止中)に、不足分を系統から補う。需要を予測する必要がある負荷は電力、給湯の消費量と消費時刻である。システムは需要予測に従って必要であると判断する時間帯に発電する。予測が外れて貯湯タンクの湯が不足した場合にはボイラが稼働し、余剰が生じた場合には次に使用される時間帯まで繰越される。

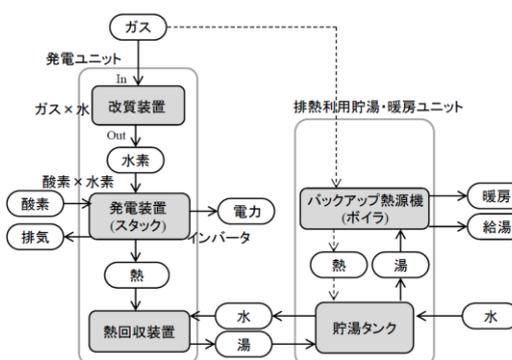


図1. コージェネレーションシステムの構成

連絡先: 今野陽子, 北海道大学 大学院情報科学研究科,  
〒001-0814 北海道札幌市北区北 14 西 9,  
ykonno@complex.ist.hokudai.ac.jp

### 3. 予測アルゴリズム

本研究では、特徴抽出を内部的に自動化しながら需要予測結果を出力するアルゴリズムを備えたニューラルネットワーク(NN: Neural Network)に着目し、個別の世帯の電力の消費パターンを学習して需要予測を行う。NNは3層として学習は誤差逆伝播法を用いる。

#### 3.1 実測負荷データ

本研究で扱うデータは札幌市における戸建住宅の1年分の電力、給湯、暖房の消費量を、それぞれ10分間隔で記録している時系列データである。図2はある1軒の世帯における1年間の電力、給湯、暖房の消費量の月別平均値の推移である。また図3は同世帯において消費された1月、4月、7月、10月の電力消費量の1日の推移である(月平均)。本研究のNN(前日)は、前日の各時刻の消費量を入力層に、当日の各時刻の消費量を出力層に指定する。NN(前2日)は前日および前々日の各時刻の消費量を入力層に、当日の消費量を出力層に指定する。

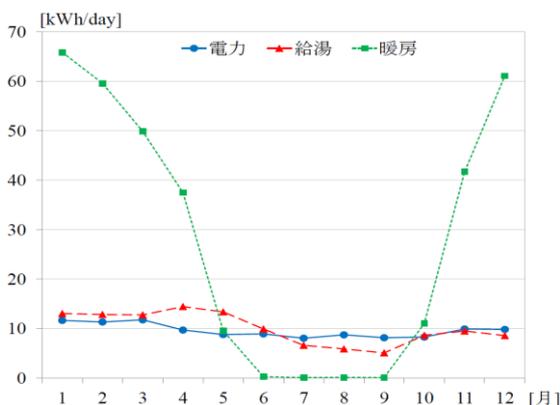


図2. 一世帯の月別平均電力、給湯、暖房負荷

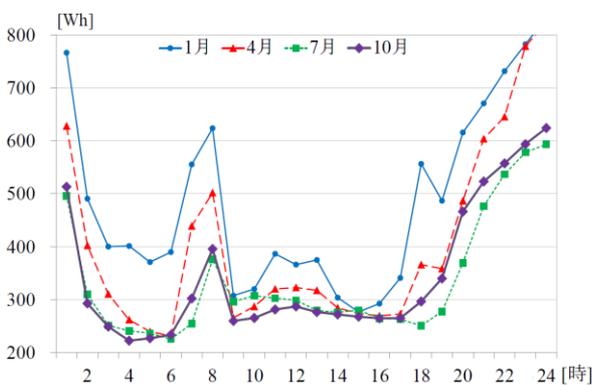


図3. 一世帯の月別一日の平均電力負荷の推移

#### 3.2 比較手法

NNによる需要予測との比較手法として、各時刻の消費量のコサイン距離に基づいた予測手法を用意する。当日最近傍は、予測したい日の消費量に最も似た日をそのまま予測値とする(参考値)。前日最近傍は、予測したい日の前日のデータに最も似た日を選び、その日の翌日のデータをそのまま予測値とする。

### 4. 実験

ある1軒の1年間の電力消費量を採用した実験結果について、1日の総消費量の平均誤差を表1に示す。同世帯の1年間に於ける1日の平均電力消費量は9,272Whであった。NN

は1万回のランダムサンプリングによる入力データに対して実行した。NNを用いることで前日近傍よりも誤差が改善され、さらに当日近傍よりもよい結果を獲得した。またNNの入力層には前2日分を用いることによって、前日分のみを用いるよりも誤差が改善した。図4は1日の消費量の誤差の頻度分布である。NNによって導出した予測結果について、誤差が1,000Whである予測値の分布は他手法とそれほど変わらないが、誤差が2,000Wh以下の予測結果が多くを占めた。また誤差が10,000Wh以上である予測結果は減少した。

手法	平均誤差 [Wh]
当日最近傍	1732
前日最近傍	2048
NN(前日)	1419
NN(前2日)	1386

表1. 一世帯の電力消費量の予測の平均誤差(1日の誤差は10分毎誤差の絶対値の累計)

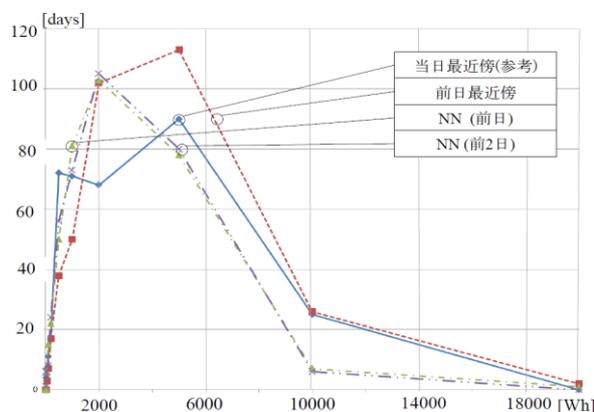


図4. 一世帯の電力消費量の予測の誤差の頻度分布

### 5. まとめと課題

寒冷地世帯におけるコージェネレーション効率化を目的として、個別世帯の10分間隔の電力負荷に対する需要予測についてNNを適用して検証を行った。NNの入力データとして前2日分の負荷を用いた結果は、前日負荷のみを入力した結果より平均誤差を改善した。今後は給湯、暖房および他の世帯群への適用、入力データ項目の拡張、および予想負荷におけるコージェネレーションの一次エネルギー消費量について検証を行う。

### 6. 謝辞

本研究は北海道ガス株式会社技術開発研究所との共同研究として行っています。同社の横川誠様、武田清賢様に多大なご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

### 参考文献

[佐野 12] 佐野雅彦, 浅野良晴, 高村英紀: 寒冷地における家庭用燃料電池コージェネレーション性能評価に関する研究, 日本建築学会学術講演, pp.1045-1046, 2012.  
 [川村 05] 川村秀憲, 車谷浩一, 大内東: コージェネレーションの普及が電力市場の価格形成に与える影響に関するマルチエージェント分析, 電気学会論文誌 C, Vol.125, No.6, pp.956-966, 2005.  
 [武田 14] 武田清賢, 濱田靖弘: 寒冷地における家庭用燃料電池システムの稼働特性と性能評価に関する研究, エネルギー資源学会誌, Vol.35, No.4, pp.1-6, 2014.