

仙台駅エリアの熱源設備におけるAIを活用した省エネルギーの研究



石澤 世順*1



中谷 興司*2

Investigation of energy conservation for heat source equipment in Sendai station area by using AI

Seijun ISHIZAWA*1, Koji NAKATANI*2

*1 Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*2 Chief Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR East Group

Abstract

JR East consumes a lot of energy at stations and facilities nearby stations, and works on saving energy by the installation of high-efficiency equipment and BEMS. In this paper, we discuss the energy conservation attempt in Sendai station area by using AI to predict demand in order to achieve further energy conservation, plan optimal operation of heat source equipment, and coordinate control with the equipment.

●**Keywords:** Energy conservation, Artificial intelligence, Demand forecast, Operational optimization, Equipment control

*1JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 研究員
*2JR東日本研究開発センター 環境技術研究所 主幹研究員

1. はじめに

これまでの熱源機器の省エネルギーの取り組みは、高効率な機器に更新することで効果を上げてきた。しかし、今後さらに省エネルギー化を図っていくためには、熱源機器の運用をより効率的に行う必要がある。熱源機器の能力は施設の最大需要に合わせて設計されており、最大需要以外で運用される場合は、需要変動に合わせて都度機器の運転や停止、切り替えが必要となる。この時、供給側のエネルギー特性が異なる複数の熱源機器で構成される場合は、エネルギー効率の高い機器を負荷に基づき振り分けることで、施設全体で省エネルギー効果が得られることがわかっている。従来の熱源機器の運用は、あらかじめ決められた時間や季節に機器を選択し、省エネルギー化を図ってきたが、設備の複雑化や、エネルギー契約における制約、需要変動やガス・電気のエネルギー単価の変動に応じて省エネルギーとなるように各設備の運用を人が実施するには限界がある。

そこで、これらを解決するために駅、駅ビル、ホテルと用途や需要変動時間が異なる建物にエネルギーの供給を行っている仙台駅エリアを対象に、AIを活用した省エネルギーの取り組みを実施した。

2. 仙台駅エリアの熱源システムとエネルギー供給先

本研究の対象である仙台駅エリアは、ガスコージェネレーションシステム (CGS:GAS Co-Generation System) を2台採用し、都市ガスを利用して発電すると共に、同時に発生する排熱を利用できる設備を導入している。運転時の発電量は1台当たり900kWで、568kg/hの排ガスボイラを有している。冷凍機はエネルギー特性が異なる機器を計4台有し、500RTの蒸気焚吸収式冷凍機1台、800RTのターボ冷凍機3台である。その他に2,000kg/hの貫流ボイラ6台を有している。蒸気焚吸収式冷凍機はCGSからの廃熱を利用できるジェネリンクで、蒸気の燃料消費量(冷房時)を削減することが可能である。現行の冷凍機の運用はCGSの排熱蒸気を最大限活用することを目標にしており、需要変動に関わりなく蒸気焚吸収式冷凍機を優先して運用している。蒸気焚吸収式冷凍機の定格出力時に要する蒸気量はCGS2台の排ガスボイラ蒸気量が必要で、蒸気量が不足する場合は貫流ボイラより蒸気を融通する設計である。

これらの熱源機器を使用する為、仙台駅エリアは電気を東北電力(特別高圧受電)、都市ガス(13A)を仙台市ガス局より購入し、供給先である駅のコンコースや鉄道関係社員が利用する建物、駅ビル、ホテルにエネルギーを供給している(図1)。供給しているのは、冷水、温水、蒸気、給湯、電気である。

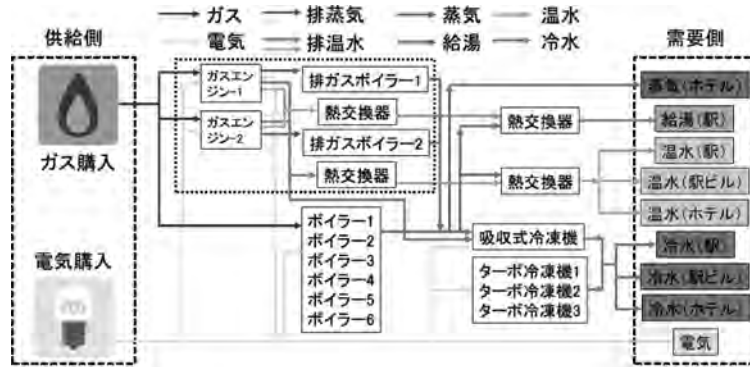


図1 仙台駅エリアエネルギー供給フロー

3. エネルギー契約の制約と運転制約

3・1 エネルギー制約

(1) 電気契約

契約電力として30分毎の電力使用量の上限値が定められている。また季節別時間帯別単価の契約を結んでおり、季節は7月～9月の夏季とその他季に区別される(表1)。夏季については13時～16時のピーク時間が設定されており単価が最も高くなる。さらに燃料費調整単価と再生可能エネルギー発電促進賦課金単価が課され、毎月価格が変動する。

(2) ガス契約

契約最大使用量(1時間あたり)、年間引取量、年間負荷率、年間最大使用量が定められており、ガスの使用量に応じて課金される。基準単位料金の他に燃料調整単価が定められ、原料費が変動した分をガス料金に加算・減算する為、電気契約と同様に毎月価格が変動する(表1)。

表1 仙台駅エリアのエネルギー制約(電気・ガス)

エネルギー契約項目		適用する制約
電力契約	使用量契約	契約電力 30分毎の電力使用量の上限値(契約値)
	単価	基本料金 契約電力に応じて課金される料金
		季節別時間帯別単価(従量料金) 季節(7月～9月)とその他季、ピーク(13時～16時)、昼間(夜間以外の時間帯)、夜間(22時～8時)時間帯で電力単価が変動する金額
		燃料費調整単価 燃料価格が変動した分を電力料金に加算・減算する金額
		再生可能エネルギー発電促進賦課金単価 再生エネルギー買い取りに要する費用を電力料金に加算する金額
ガス契約	使用量契約	契約最大使用量 1時間あたりのガス使用量の上限値(契約値)
	使用量契約	契約年間引取量 1年間のガス使用量の下限値(契約値)
		契約年間負荷率 年間の月平均使用量を最大需要期(12月～3月)の月平均使用量で除した値の下限(契約値)
		年間最大使用量 年間(8月～翌年7月)の累計使用量の上限値(契約値)
		単価
	燃料調整単価 原料費が変動した分をガス料金に加算・減算する金額	

3・2 運転制約

CGSの運転は宿泊所等への騒音対応の関係で運転時間を6時から23時の17時間に限定されている。また電力会社系統への逆潮流を防止する為500kWの裕度を設けており、施設の需要電力量が高まり受電電力が1,400kW以上でCGSを1台運転、2,300kW以上でCGSを2台運転することができる。さらに年間累積運転時間はCGSの耐用年数とメンテナンス契約により、1台当たり1年間5,400時間程度に限定している。よって、1年間の中で2台運転と1台運転を月別等で振り分け、運転時間の制約を守っている。仙台駅エリアは設備の仕様上、冷水・温水の切り替えがあり、温水切り替えを行った後は配管設備の制約から、吸収式冷凍機のみ冷水供給が可能で、ターボ冷凍機では冷水供給をすることができない。

4. AIシステムの機能

本研究で活用したAIシステムは仙台駅エリアの熱源システムが消費するエネルギーの年間CO₂換算量が最小となることを目的に運転計画を立案する。現地の中央監視から集約したデータを無線でクラウドに送信し、AIの最適化技術を用いて需要予測と(図2)、目的にあう熱源機器の運用と制御を現地機器と連携して行う(図3)。なおAIシステムは各エネルギー制約と運転制約を遵守して立案する。

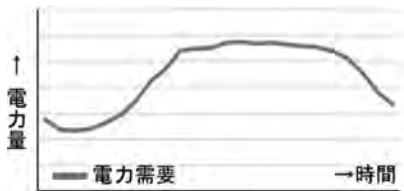


図2 電力需要予測

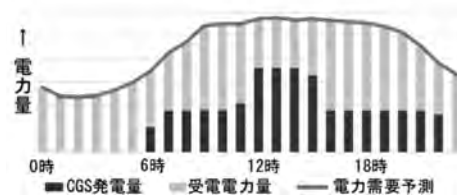


図3 熱源機器運用計画最適化

5. エネルギー削減効果の検証

5・1 エネルギー削減効果の評価方法

2021年10月1日より2022年7月31日まで、CO₂およびコストで運転効果を検証した。なお効果を確認比較する上で季節や年度により変動する供給エネルギー量に影響されない様に、原単位で評価を行った。評価に用いたのは、購入エネルギー(電気・ガス)をCO₂排出量換算(kg-CO₂)し、供給エネルギー量(GJ)で除する単位CO₂排出量(kg-CO₂/GJ)と、購入エネルギー(電気・ガス)をコスト換算(円)し、同じく供給エネルギー量(GJ)で除するエネルギー供給単価(円/GJ)を用いている。電気のCO₂換算係数は0.53kg-CO₂/kWh(2018年度東北電力:小数点第三位四捨五入)、ガスは2.23kg-CO₂/m³(2018年度仙台市ガス局)、供給するエネルギーは冷水、温水、蒸気、給湯、電気で全てエネルギー量(GJ)に換算した。

5・2 従来運転とAI運転のエネルギー量、単位CO₂排出量およびエネルギー供給単価比較(月別)

AI運転のエネルギー量は11・12月を除き増加したが(図4)、従来運転とAI運転を単位CO₂排出量で比較するとAI運転は中間需要期を中心に減少し、10月と5月で最大6.0%減少した(図5)。また、エネルギー供給単価で比較すると6月に最大5.1%減少した(図6)。最大減少月の5月を単位CO₂排出量と供給エネルギー量で比較すると、AI運転を行った2022年5月は同供給エネルギー量で単位CO₂排出量が減少したことがわかる(図7)。

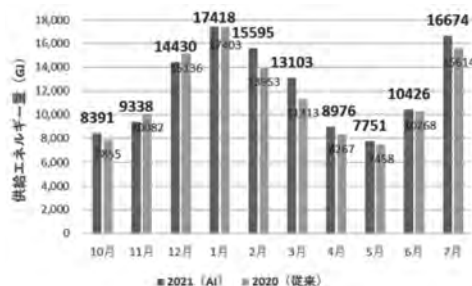


図4 従来運転とAI運転のエネルギー量比較(月別)

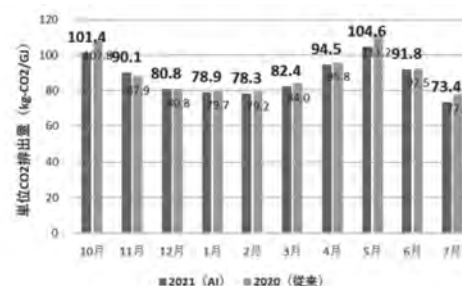


図5 単位CO₂排出量比較(月別)

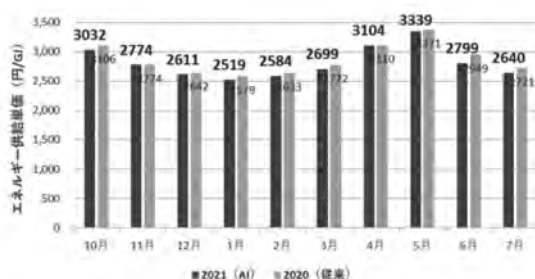


図6 エネルギー供給単価比較(月別)

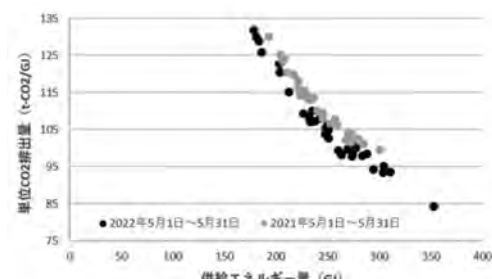


図7 中間需要期(5月)における従来運転とAI運転の比較

5・3 AI運転によるCO₂排出量の減少(1日単位)

中間需要期(5月)においてエネルギー供給量と外気温の推移が近い日時にAI運転と従来運転を比較した。従来運転はCGS1台運転(図8)に対し、AI運転は13時から16時の間は2台運転(図9)を行っていた。

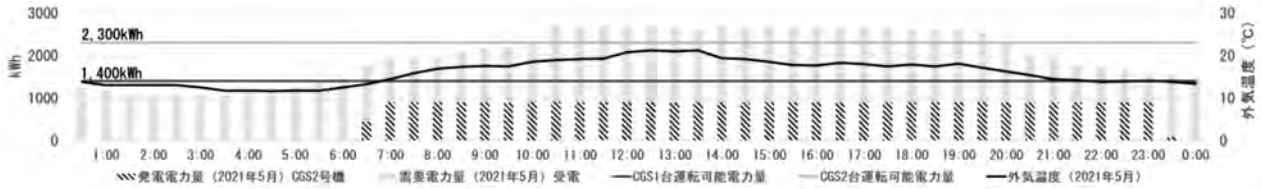


図8 従来運転における中間需要期(2021年5月11日)の外気温と需要電力量(CGS発電・受電)の時間推移

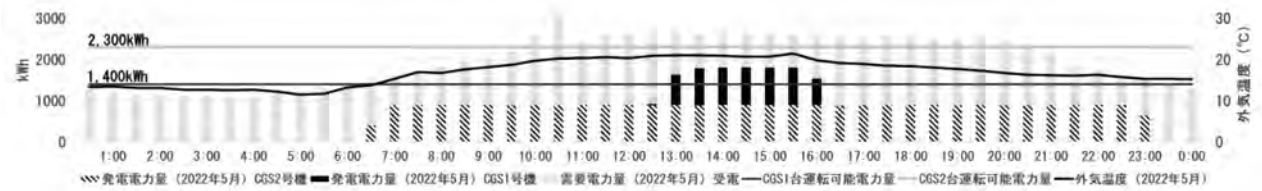


図9 AI運転における中間需要期(2022年5月19日)の外気温と需要電力量(CGS発電・受電)の時間推移

この時の単位CO₂排出量を時間単位で従来運転と比較するとAI運転は単位CO₂排出量が5.6%から13.4%低く、ガス使用量やCGS運転時間等のエネルギー制約を遵守しながら省エネ運転になることがわかった(図10)。

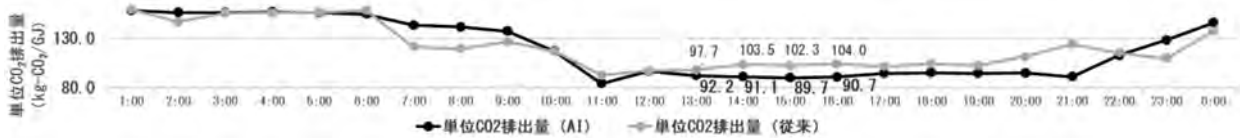


図10 AI運転と従来運転における単位CO₂排出量の比較(時間単位)

5・4 従来運転とAI運転の単位CO₂排出量およびエネルギー供給単価比較(検証期間)と冷凍機の割合

検証期間においてAI運転は従来運転より単位CO₂排出量およびエネルギー供給単価が2.1%減少した(図11)。これは冷凍機の運用を需要に応じて選択している為であり、中間需要期(10・5・6月)に吸収式冷凍機の能力を超える負荷となる場合は運用を抑え、エネルギー効率が高く単位CO₂排出量が減少するターボ冷凍機の運用割合を高めることで施設全体が省エネルギーとなる運用を行った結果であると考えられる(図12)。

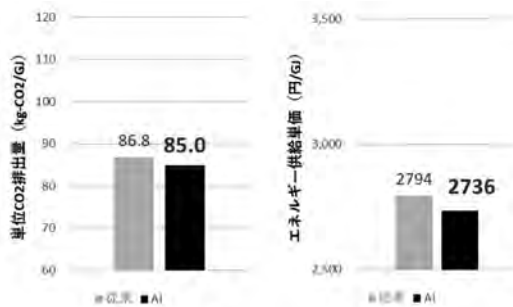


図11 検証期間における単位CO₂排出量とエネルギー供給単価の比較

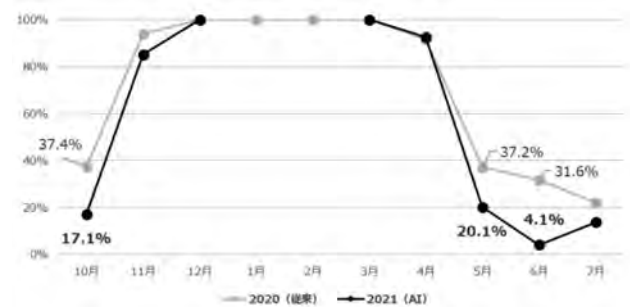


図12 吸収式冷凍機の運用比率(月別)

6. おわりに

中間需要期においてAIを活用した運転を行った結果、CO₂は最大6.0%、コストは最大5.1%減少し、人では運用し得ない新しい省エネの運用を行うことができた。特に最大需要以外の時期においてもCGSを積極的に運転することは施設全体の省CO₂化に寄与することができることがわかった。

年々高まる環境負荷への対応、多種多様な熱源設備の組み合わせ、建物内の熱源システムの運用は今後さらに複雑化していくことが予想される。AIを活用し省エネルギーに取り組むことで、これらの助力としていきたい。