

〈研究報告〉

多目的ビルの季時別料金制に対する反応解析

Multi-Purpose Buildings' Response to Time-of-Use Rates

キーワード：コージェネ，デマンドサイドマネジメント，最適設計，
最適運用，多目的ビル

今村 栄一 浅野 浩志

【要旨】

コージェネレーションシステム(CGS)の最適機器容量と運用方策を求めるモデルを用いて，コージェネ（ガスエンジン発電機を主機とする）が設置された多目的ビル（店舗+ホテル）の電力・熱需要が業務用需要家のシステム構成機器に与える影響と季時別料金に対する反応を解析した。

主な結果は，次の通りである。

- ①夜間のエネルギー需要が大きい需要家に対しては，季時別料金制による夜間買電創出効果は大きい。
- ②昼夜間のエネルギー需要の差が大きくても，昼間及び夜間でのエネルギー需要変化が小さい需要家に対しては季時別料金による夜間買電創出効果は大きい。
- ③ビルの用途面積比率が契約電力量や発電機容量に与える影響よりも，ガスを直接利用するガス吸収式冷温水機やガスボイラーに与える影響の方が大きく，夜間買電率の向上が図れるのは発電機容量よりも契約電力量が大きい時である。

【政策的含意】

従来，業務用需要は料金制度による需要の誘導は難しいとされてきた。また，現状ではCGSを設置した需要家には季時別料金制は適用されないため，CGSがベース運転され，電気事業者の負荷平準化には悪影響を及ぼす恐れが再三指摘されてきた。本研究を含む一連の需要家反応解析により，CGSを設置した需要家は季時別料金制にかなり弾力的に反応することがわかった。大口需要，電灯需要のみならず業務用需要にも季時別料金制が選択制で導入されることが望ましいといえよう。その際，季時別料金の従量料金比は3程度で十分である。

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. はじめに 2. 解析対象施設 <ol style="list-style-type: none"> 2.1 ビル用途とCGS導入による影響 2.2 エネルギー需要特性 3. 最適設計計画モデルの概観 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 対象システムと解析手法の概要 | <ol style="list-style-type: none"> 3.2 解析における仮定 4. 業種間比率による最適容量の変化 5. 最適運用 <ol style="list-style-type: none"> 5.1 季時別料金制による買電夜間率の増加 5.2 季時別料金制による運用費の節減効果 6. おわりに |
|---|--|

1. はじめに

1991年3月末時点での業務用CGS設置件数は616件，発電容量は約27.4万kWである（日本コージェネレーション研究会調べ）。電気利用の効率

化を促す季時別料金制の適用が拡大されつつある今，急速な普及の見込まれるコージェネレーション・システム(CGS)の運転方式や機器容量が電気料金によってどのような影響を受けるかを検討する必要がある。

著者らは、業務部門におけるコージェネレーション設置需要家に対する季時別料金制の影響について反応解析を行ってきた^{[1][2]}。

業務用需要家の代表的なエネルギー需要特性を持つホテル、病院、事務所について解析を行い、以下のような結果を得ている。

- ① 季時別料金制を適切に設計すれば、需要家の満足度は確保しつつ、買電夜間率向上により電力系統の負荷平準化を図れる。
- ② 昼夜間料金比5程度（昼間の従量料金が夜間の従量料金の5倍）で効果は飽和する。
- ③ 昼夜間料金比が上昇すると安価な夜間電力がガスエンジン発電機の燃料であるガスと代替するため電力支出は増加するが、その増分以上にガス料金分が減少するため総エネルギーコストは低減する。
- ④ 上記①～③の効果はコージェネレーションを既に設置した需要家に対しても認められる効果である。

以上の結果は、すべて単一目的のビルに対する影響であり、多目的ビルにおける効果については不明な点が多い。本報告は、多目的ビルに対して季時別料金制がどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的としている。

2. 解析対象施設

2.1 ビル用途とCGS導入による影響

空気調和衛生工学会が毎年調査している「新規竣工設備一覧」を見ると、平成元年7月から平成2年6月に竣工されたビルは全国で500件、そのうち多目的ビルは85件存在する。多目的ビルにおける用途の組み合わせは、事務所+店舗、ホテル+事務所、ホテル+店舗、店舗+共同住宅が主であり、3種以上の用途を持つビルは比較的少ない。これら85件の多目的ビルの平均延

べ床面積は約13000m²である。

既に解析したホテル、病院、事務所以外には店舗についてCGSの導入可能性を検討する必要がある。店舗の需要特性は事務所に近いものの、予備的な検討の結果、季時別料金制による夜間買電増加が見込めなかった。そこで、夜間にある程度エネルギー需要が存在する施設と適切な延べ床面積比で組み合わせることによって、季時別料金制による買電の誘導を図ることが可能である。一般的に、店舗と組み合わせられる施設の中である程度夜間需要を持つものとして、住宅やホテルが考えられる。

しかし、共同住宅との多目的化は職住近接等の政策的な問題として今後増加する可能性を持っているものの、住宅では電気料金体系が業務部門需要家と著しく異なるため、今回は検討の対象から除外した。

従って、本研究ではホテルと店舗からなる多目的ビルを対象として解析を行う。

2.2 エネルギー需要特性

本研究で想定したエネルギー需要特性は、ホテル、店舗である。

各需要家はエネルギー需要において次のような特徴を持つ。

- ①ホテル：

年間を通して一日の電力需要はほぼ一定しており、夜間及び朝に大きな熱需要が発生する。
- ②店舗：

年間を通して総エネルギー需要は昼間負荷型であり、電力需要の変動は大きくない。熱需要は店舗開店時に大量に発生し、夕刻には減少する。給湯需要は年間を通して殆ど無い。

図1にホテル・店舗多目的ビルの夏季ピーク日、冬季ピーク日のエネルギー需要パターンを床面積比率別に示す。なお、延べ床面積の合計

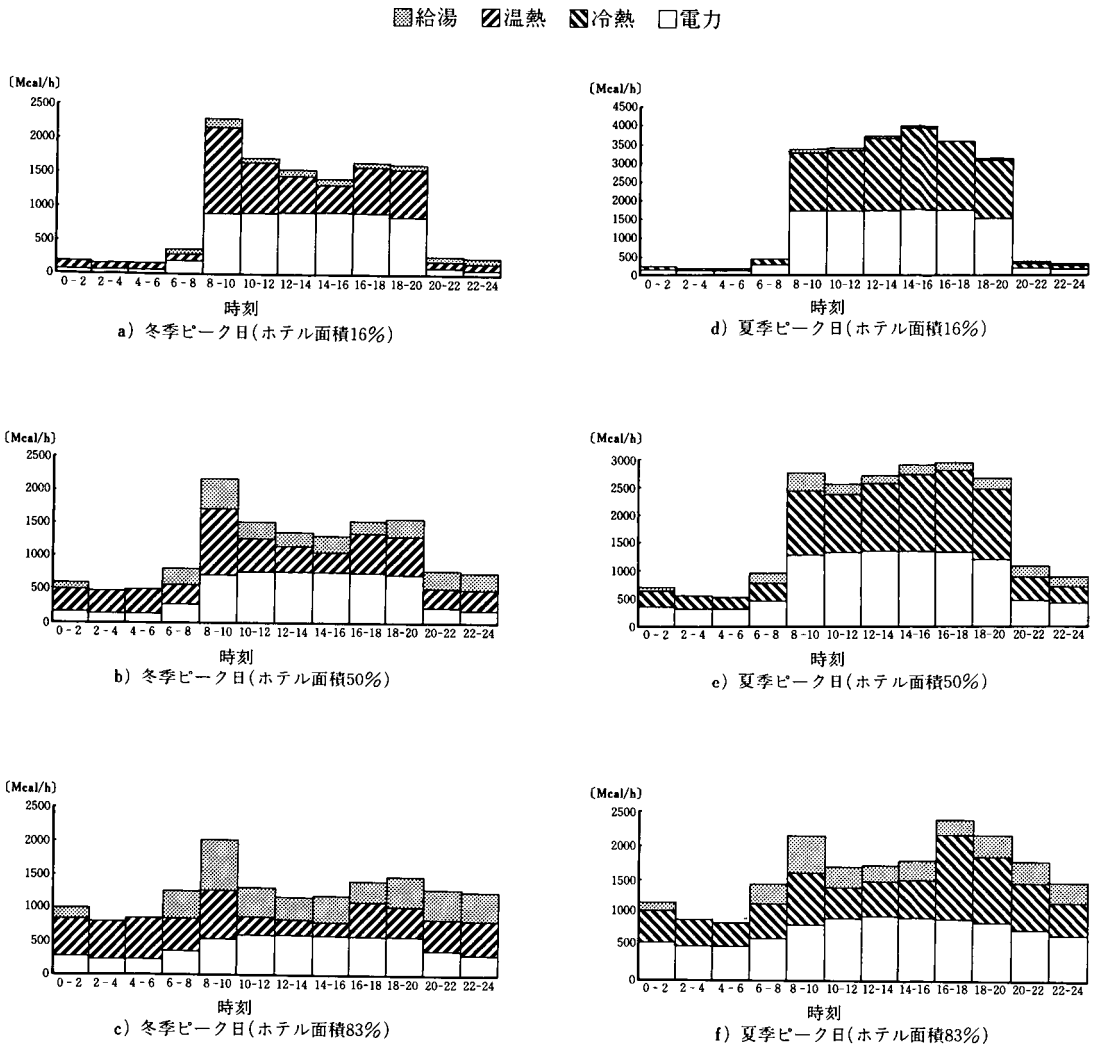


図1 多目的ビルにおけるエネルギー需要特性

を20000m²とする。

3. 最適設計計画モデルの概観

3.1 対象システムと解析手法の概要

図2に示すガスエンジンを原動機とするCGSを解析の対象とする。民生用CGSに対して、そのシステム構成機器の容量と運用を最適化する

ような手法が伊東らによって開発された(図3)^[3]。ここでは季時別料金制を扱えるようにこの手法を拡張した。同時に考慮すべき変数や制約条件を少なくし、ペナルティ法を導入することで、機器容量と運用方策を階層的に決定する。

下位レベルにある運用最適化問題は、運転・停止条件に対応する0-1整数変数と負荷レベ

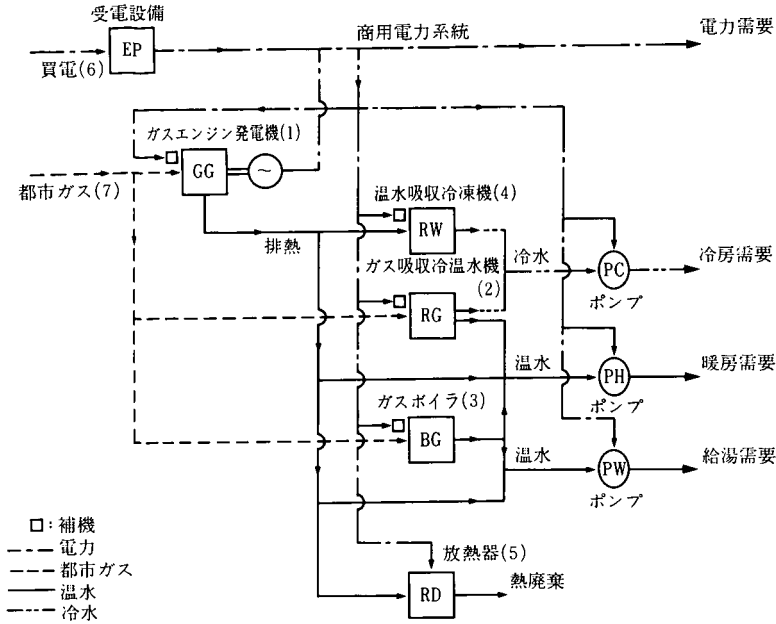


図2 ガスエンジン・コージェネレーション・システムの機器構成

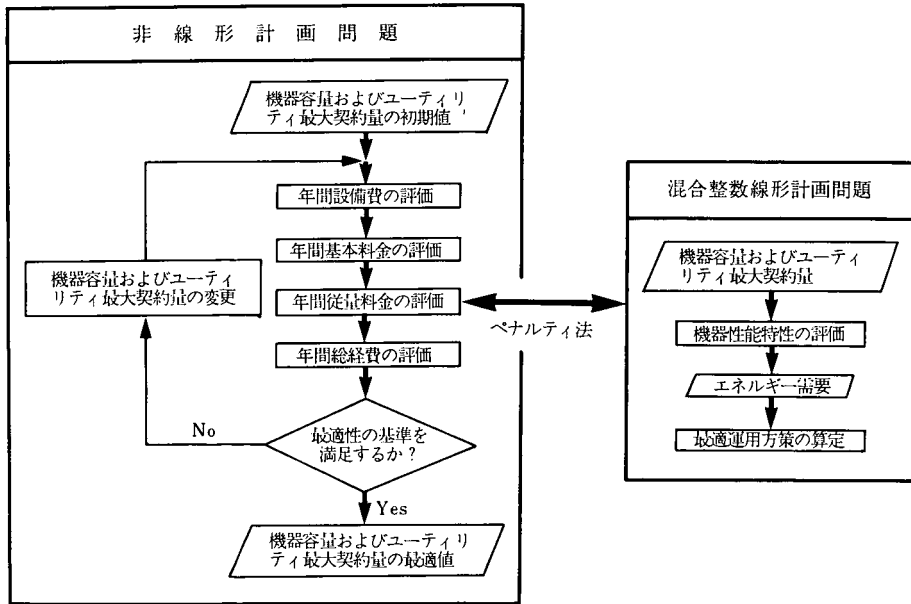


図3 ペナルティ法による機器規模及び機器運用方策の階層的決定法

ルに対応する連続変数によって表されるため、混合整数計画法を用いて定式化する。設計変数は、各代表日における購入電力量，都市ガス量および各機器の出力である。目的関数は，電力と都市ガスの従量料金の和である。制約条件は、

各機器の性能特性を表す入出力関係（1次式で近似される）および各エネルギー・フローに関するエネルギー・バランスである。

上位レベルにある構成機器容量の最適化に際しては，容量を表す変数の上下制限約と，仮想

的なエネルギーを発生させないための制約条件のみをもつ非線形計画問題として定式化し、分枝限定法で解く。仮想的なエネルギーの詳細については文献^(3), P118)を参照されたい。目的関数については、長期的経済性の観点から年間総経費を想定する。年間総経費は年間設備費と年間運用費の和とし、運用費は電力と都市ガスの従量料金および基本料金の和とする。解析の範囲内では人件費等のコストは設備容量に殆ど依存しないため、最適化の対象としない。

3.2 解析における仮定

構成機器の性能特性値および設備費を表す関数は、実データに基づき設定した。年間設備費の計算においては、機器耐用年数を15年、利率を年率10%とする。解析上主要なパラメータは、電力料金構造（デマンド料金、従量料金、季時別の有無等）およびガス料金構造（基本料金（定額、従量）、従量料金）である。電気料金単価については業務用電力、ガス料金単価については空調用夏季契約料金（4～10月は従量料金を一般料金の46%に割引く）を基準とした。なお、発電機が運転される場合には、電力の逆潮流を防止するために最低20kWを買電するように制約条件を与える。

4. 業種間比率による最適容量の変化

季時別料金制の料金構造による構成機器容量の変化については、文献⁽²⁾を参照されたい。ここでは、均一料金の下でホテル+店舗の多目的ビルについて、各々構成の比率を1:5~5:1まで変化させたときの契約電力量、発電機容量及びガス吸収式冷温水機のピーク電力需要比を図4に示す。

店舗面積が大きくなった場合、夜間のエネルギー需要が極端に少なくなるため、CGSの運用

が一定の出力で運転できる。このため、契約電力を小さくし、昼間のガスエンジンの運転によって得られる電力と熱を有効に活用し、不足する熱需要に対してはガス吸収式冷温水機で対応することが最適である。

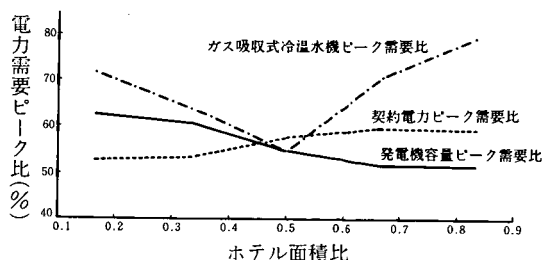


図4 用途面積変化による機器容量への影響

これに対して、ホテル面積が大きくなると夜間のエネルギー需要は大きくなるが、朝と夜間に発生する大量のエネルギー需要に対応するため、ガスエンジン容量を小さくし契約電力を大きくすることが最適となる。このとき、店舗面積が大きい時と同様にガスエンジン容量が小さいことからエンジン排熱も少なく、温水吸収冷凍機の容量が大きくできないため、ガス吸収式冷温水機で熱需要に対応することが最適となる。このとき、ビルの用途面積が契約電力量や発電機容量に与える影響よりも、ガスを直接利用するガス吸収式冷温水機やガスボイラーに与える影響の方が大きい。

また、ホテル面積と店舗面積が同程度になったときにはエネルギー特性上、昼夜間の需要の差が大きいものの、それぞれの時間帯においてフラットな負荷形態を示す。このため、ガス吸収式冷温水機で熱需要の不足を補うこと無しに排熱が有効に活用されるため、ガス吸収式冷温水機の最適容量は検討ケースの中で最も小さい。

5. 最適運用

前節において求めた均一料金下の最適CGS構

成機器設備容量を変化させずに、季時別料金の昼夜間比を変化させた場合の、発電機稼働と買電パターンへの影響を検討する。

季時別料金の想定に際して、均一料金下での買電パターンを変化させなければ年間の電力コストが等しくなるような条件（収入中立）をおいた。夏季を7～9月、残りを冬季、また、時間帯については、昼間を8：00～22：00、残りを夜間と設定した。

5.1 季時別料金制による買電夜間率の増加

ホテル+店舗の多目的ビルについて、ホテルの面積比が50%ケースにおける、昼夜間料金比が変化したときの夜間買電率への影響を図5に示す。

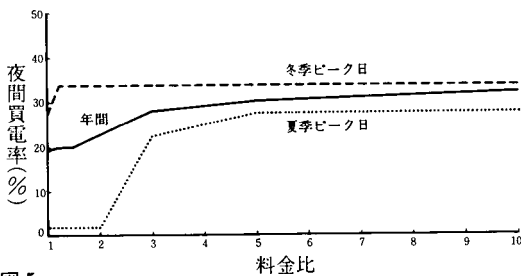


図5 多目的ビルにおける季時別料金制下での夜間買電率の変化

この場合、昼夜間料金比が5に達するまでの間に夏季ピーク日、冬季ピーク日共に買電夜間率の上昇は飽和する。夜間買電率飽和点では、季時別料金制による買電夜間率向上の効果は、単一目的ビル（ホテル、病院、事務所）と同様の傾向が得られた。年間を通じてみると、料金比が5以上になってもわずかながら買電夜間率の向上ははかれるが、料金比が5～10に変化したときの買電夜間率の上昇は1%程度であり、ほぼ飽和しているといえる。このわずかな上昇は、中間期において昼夜間料金にわずかながら反応しているためである。

また、各々の用途比率を1：5～5：1まで

変化させたケースにおける、均一料金及び季時別料金下での買電夜間率の変化を図6に示す。

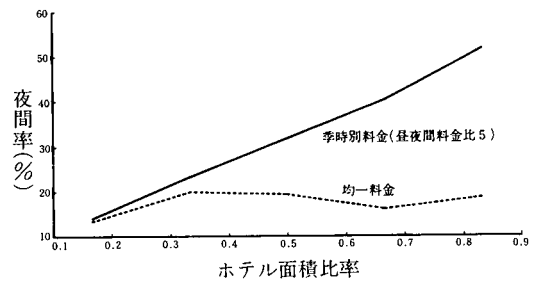


図6 用途面積変化による夜間率への影響

均一料金制下においては、夜間のエネルギー需要の有無に関わらず買電夜間率は低い。季時別料金制による、買電夜間率の向上が見込めるのは、夜間電力需要の大きさに比例するといえる。

また、ホテルの面積が大きい場合、契約電力が大きく、発電機の容量は小さい。したがって季時別料金制が夜間率の向上に寄与するためには需要家がある程度の大きさの電力を契約している必要がある。

5.2 季時別料金制による運用費の節減効果

ホテル+店舗の多目的ビルについて各々の比率を1：5～5：1まで変化させたケースに関して、均一料金下及び季時別料金下における年間エネルギーコスト（電気とガスの従量料金）の変化を図7に示す。

ホテル面積比が大きくなると発電機容量は小さくなるが、ガス吸収式冷温水機容量は大きくなる（4節を参照）。このため、ガス吸収式冷温水機を利用する頻度が大きくなり、結果的にガス従量料金支出がわずかながらも増加している。

年間経費は、ホテルの面積比が83%においておよそ20%節減できる。このときのコスト節減の主要因は、ガス料金的大幅削減である。しかし、電気料金支出の増加はきわめてわずかとなる。

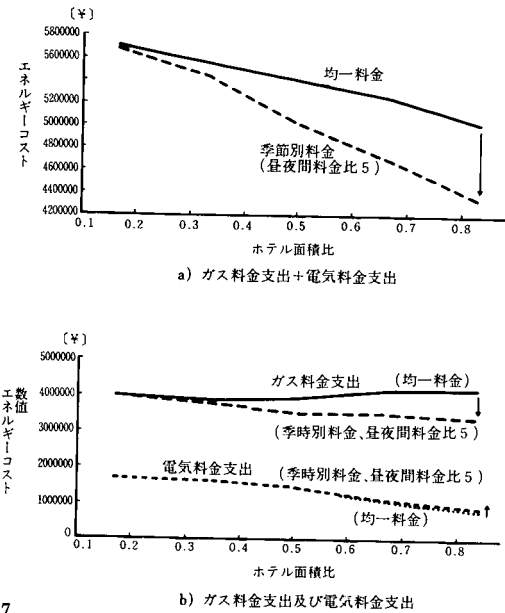


図7 用途面積比とエネルギーコストに対する季時別料金制の影響

また、4節において店舗型の需要特性を持つ需要家においては比較的な大きなCGSが導入されることを示したが、店舗型の需要家比率が高い場合、季時別料金制により需要家の年間エネルギーコストは増加しないが、年間エネルギーコストの削減も図れない。

6. おわりに

本研究は、CGSの最適機器容量と運用方策を求めるモデルを用いて、店舗とホテルによる多目的ビルの用途面積を変化させた時の電力・熱需要を与えることで、エネルギー需要特性が業務用需要家のシステム構成機器に与える影響と季時別料金に対する反応を解析した。

以下に主要な結果を要約する。

- ①夜間のエネルギー需要が大きい需要家に対しては、季時別料金制による夜間買電創出効果は大きい。
- ②昼夜間のエネルギー需要の差が大きくても、

昼間及び夜間でのエネルギー需要変化が小さい需要家に対しては季時別料金による夜間買電創出効果は大きい。

③ビルの用途面積が契約電力量や発電機容量に与える影響よりも、ガスを直接利用するガス吸収式冷水機やガスボイラーに与える影響の方が大きく、夜間買電率の向上が図れるのは発電機容量よりも契約電力量が大きい時である。

④季時別料金制による夜間買電率の向上は夏季、冬季ピーク日において料金比5までに飽和するが、年間を通じては料金比5以上でもわずかに夜間買電率が向上する。この一因として、今回の店舗に関する需要データの妥当性が考えられることから、今後店舗に関する需要データの整備が必要であろう。

⑤今回の研究により得られた知見は、様々な需要形態が存在する地域に対して熱エネルギーを供給する地域熱供給システムに対する料金体系の反応解析に活用する予定である。

【参考文献】

- [1] 浅野, 佐賀井, 今村, 伊東, 横山: 「業務用需要の季時別料金に対する反応解析」, 第7回エネルギーシステム経済コンファレンス講演論文集(1991)
- [2] 浅野, 今村, 佐賀井, 「コージェネレーション設置需要家の季時別料金制に対する反応解析」, 電中研研究報告Y91001, (1991)
- [3] 伊東, 横山: コージェネレーションの最適計画, 産業図書(1990)

いまむら えいいち
あきの ひろし
経済部 エネルギー研究室