T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	建築物におけるコージェネレーションシステムの適用に関する研究 －エネルギー有効利用に基づくシステム評価－
Title(English)	
著者(和文)	湯淺和博
Author(English)	KAZUHIRO YUASA
出典(和文)	学位:工学博士, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第2169号, 授与年月日:1990年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:
Citation(English)	Degree:Doctor of Engineering, Conferring organization: , Report number:甲第2169号, Conferred date:1990/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

建築物におけるコージェネレーション システムの適用に関する研究

（　エネルギー有効利用に基づくシステム評価　）

指導教官　　藤井　修二　助教授

東京工業大学大学院　理工学研究科

建築学専攻

博士課程　７０８９　湯浅　和博

建築物におけるコージェネレーションシステムの適用に関する研究

――― エネルギー有効利用に基づくシステム評価 ―――

目　次

第１章　序論

１－１　研究の目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２
１－２　研究の背景 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３
１－３　本論文の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・６

第２章　建築設備システムとしてのコージェネレーション

２－１　コージェネレーションシステム
（１）コージェネレーションシステムの概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１
（２）建築設備システムとしてのコージェネレーションの位置付け ・・・・・・１６
（３）コージェネレーションシステムの建築計画 ・・・・・・・・・・・・・・・・２２
２－２　コージェネレーションシステムの問題点に関する考察
（１）環境保全性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２６
（２）電力系統との連系 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３３
２－３　コージェネレーションシステムの評価手法
（１）建築設備システムの評価指標 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３５
（２）本研究におけるコージェネレーションシステムの評価手法 ・・・・・・・３７
２－４　コージェネレーションにおけるエネルギー利用評価の基礎 ・・・・・・・・・・３９
２－５　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４４

第３章　建築物のエネルギー需要に関する解析

３－１　建築物におけるエネルギー需要
（１）エネルギーを使用する建築設備機器 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４７
（２）文献調査に基づく建物用途別のエネルギー需要 ・・・・・・・・・・・・・・４９
３－２　事務所およびホテルにおけるエネルギー需要の実態調査
（１）調査概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５４
（２）電力・蒸気・冷水使用量データの解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・６７
３－３　エネルギー需要のパターン化
（１）エネルギー需要のパターン化手法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９６
（２）年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンの作成・・・・・・・・・・１０４
３－４　熱電力需要比率からみた建築物のエネルギー需要
（１）熱電力需要比率の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１１
（２）エネルギー需要の発生分布 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１３
３－５　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２０

第４章　コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルと
　　エネルギー特性に関する解析

４－１　シミュレーションモデルに関する基礎的考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・１２４
４－２　システムシミュレーションモデルの基本構成
　（１）設備システムの構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２５
　（２）システムシミュレーションのフロー ・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２９
　（３）シミュレーションモデルにおける運転方式 ・・・・・・・・・・・・・・１３２
４－３　システムのエネルギー特性に関する解析
　（１）システム構成機器の定格効率と部分負荷特性 ・・・・・・・・・・・・・１３７
　（２）熱電力需要比率からみたシステムの省エネルギー性 ・・・・・・・・・１４２
４－４　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１４９

第５章　コージェネレーションシステムのエネルギー利用評価

５－１　システムシミュレーションモデルの適用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・１５２
　（１）システム構成機器容量と年間入力エネルギー量の算定 ・・・・・・・・１５７
　（２）省エネルギー率と駆動源稼働率に基づくシステム評価 ・・・・・・・・１６４
　（３）評価指標値の月変動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１７０
５－２　エネルギー有効利用に基づくコージェネレーションシステムの適用評価
　（１）建物規模と省エネルギー効果の関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・１７４
　（２）システム構成機器の台数および容量の影響 ・・・・・・・・・・・・・・１７７
　（３）システムの運転時間帯による評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・１８３
　（４）建築物の熱・電力需要の省エネルギー効果への影響 ・・・・・・・・・１８７
　（５）発電効率による省エネルギー効果の変化 ・・・・・・・・・・・・・・・１９８
５－３　蓄熱システムの効果に関する解析 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２０５
　（１）蓄熱による省エネルギー効果の基礎的考察 ・・・・・・・・・・・・・・２０６
　（２）蓄熱モデルの適用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２１０
５－４　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２２

第６章　建築物の熱電力需要比率に基づくエネルギー評価手法の検討

６－１　エネルギー評価手法に関する考察 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２６
６－２　熱電力需要比率の分布と省エネルギー効果の関係
　（１）熱電力需要比率のΓ分布近似 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２７
　（２）分布形態による省エネルギー効果の変化 ・・・・・・・・・・・・・・・２２９
６－３　建築物の熱電力需要比率の分布に基づく適用効果の推定
　（１）省エネルギー効果の推定手法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２３３
　（２）シミュレーション結果との対応 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２４１
６－４　まとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２４７

第７章　結論

７－１　研究の成果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２５０
７－２　今後の課題 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２５３

謝辞
付録
発表論文一覧

第１章　序論

１－１　研究の目的 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

１－２　研究の背景 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

１－３　本論文の構成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・6

1－1　研究の目的

コージェネレーションシステムは、発電に伴い発生する排熱を回収して利用するため、エネルギーの総合利用効率を高め得るシステムであり、また、分散型電源システムとしての利用も可能なことから、生産部門に限らず民生部門においても適用例が増加しつつある。特に、民生建築物を対象とした場合、回収排熱を冷暖房・給湯へと利用できることから導入に対する期待が大きいが、一方では、民生建築物の特徴である電力・熱需要の年間を通じた変動に起因する問題が、コージェネレーションシステムの適用効果の把握を困難なものとしている。

本研究では、民生建築物におけるエネルギー有効利用の観点から、コージェネレーションを取り入れた建築設備システムの構成に関する検討を前提として、建築物のエネルギー需要の変動を考慮したシステムシミュレーションモデルの作成と適用評価を通じ、建物用途に適した設備システムや運転方式を明らかにするとともに、建築設備をとりまく諸要素がシステムの適用効果に与える影響について把握することを目的としている。

さらに、建築物のエネルギー需要とコージェネレーションシステムにおけるエネルギー消費特性を熱と電力の量的なバランスの面から明らかにした上で、両者の特性を利用したエネルギー評価手法を提案し、シミュレーション結果との対応に基づき、その有効性について検討することを目的としている。

1－2　研究の背景

エネルギー資源の採掘から精製・輸送・変換・消費に至るプロセスは、現代社会の中で長大かつ複雑なシステムを構成しており、社会活動の維持・発展において、エネルギーは今後とも必要不可欠なものと考えられる。しかしながら、一般に非枯渇エネルギーと考えられている太陽熱・地熱・潮力・風力等を除き、エネルギー資源の大半は地球の有限な地下資源を利用していることを考慮すると、人口増加・生活レベルの向上とともに増大するエネルギー需要は、いずれ供給とのバランスを崩すであろうことは容易に推察される。

地下エネルギー資源の代替としては、原子力エネルギー等を中心とした開発が進められているが、その供給量は少なく、これらが主流となるにはかなりの年月を要すると考えられ、現状では、地下エネルギー資源を無駄なく、可能な限り有効に使用することが重要と思われる。

1973年の石油危機を１つの契機として、このようなエネルギー資源に関する問題とともに、エネルギーシステムの在り方を見直そうとする動きが強まってきている。その１つとして、従来の設備の集中化・大規模化に対する、分散化・小規模化の主張を挙げることができる。エネルギーに限らず、一般の工業生産において、生産設備がスケールメリットを有することは周知の通りである。しかし、大規模な設備で対応するシステムでは、需要の成長にかげりを生じた場合には設備稼働率が低下し、スケールの大きいことがディメリットとなる可能性がある。

エネルギーの代表的な電力についてみると、我が国においては、産業需要に比し相対的に民生需要が増大していること、さらに、民生部門では産業部門と比較して大きな需要変動を有すること等から、一般に、大規模系統ほど負荷率の劣化する傾向にある。また、大規模電源においては、計画・建設に多大な時間を要すること、遠隔立地を余儀なくされることにより送電コストが増大すること、総合

効率の向上が困難であること等、単機容量の大きいことに起因する種々の問題が挙げられる。

全体を表わすギリシャ語Holosと中性子（neutron）や電子（electron）のように“子”を表わす－onを合成して作り出されたHolon（全体子）という語がある。人体において中枢神経系（全体）と自律神経系あるいは末端の細胞（子）の関係が良好な状態で機能している場合には柔軟な動作が可能となるように、巨大集中システムと小型分散システムとが有機的に結合して機能を分担しあった場合に、理想的に柔軟でオプティマムなシステム、即ち、ホロニックシステムが構築されることとなる。エネルギーシステムにおいても、巨大集中システムでベースロードを担い、小型分散システムでピークロードを賄うベストミックス法が注目を集めつつある。

このような状況下で、需要地に駆動・発電システムを設置し（搬送ロスが無）、発電に伴う排熱を回収・利用するコージェネレーションシステムは、省エネルギー性・経済性の観点から有効なシステムとして注目され、現在、急速な普及段階にある。1989年9月末における国内の民生用コージェネレーションシステムは350件あり、中にはホテル等においてかなりの運転効果を上げているとの報告もあるが、民生部門ではエネルギー需要の時間的変動が大きいためにシステムの適用効果に関する評価が困難なものとなっている状況にある。

コージェネレーションに関する研究としては、①システム全体についての一般的論述、②システムまたはその構成機器自体の性能に関する研究、③システムの設計手法に関する研究、④特定のモデルまたは導入例に関する研究、に分類することが可能と思われる。

①については、国内では茅[1]、平田[2]等に代表され、エネルギーの高効率化や集中と分散によるメリット等について将来予測を含めて論じられている。海外では、Orlando[3]、McMahan[4]等の研究があり、コージェネレーションの入門書とし

て優れたものである。

②については、システムを構成する各機器については、国内外を問わず、メーカーやガス会社等で技術革新が盛んに行われており、システム全体の性能に関する研究としては、藤井[5]による研究があり、システムをエクセルギーの面から検討したものである。

③については、海外ではCardon[6]による研究があり、駆動源の最適容量を求める手法について論じている。国内では、岡崎[7]、伊東[8]等による研究があり、最適化手法によるシステム構成や運用方策を明らかにしている。

④については、フィージビリティスタディや調査研究が盛んに行われており、海外では、Limaye[9]、Guinn[10] 等により、病院や大学を対象とした詳細なシミュレーションによる結果が報告されている。国内では、早川[11]、井上[12]等による研究が代表的であり、ケーススタディに基づく省エネルギー性や経済性が報告されている。

コージェネレーションシステムに関する既往の研究を要するに、海外における研究成果は有益ではあるが、法制度等の相違から、我が国においては直接その成果を取り入れることは困難なものである。国内の研究成果を建築物におけるエネルギー有効利用の観点からみると、特定の地域・建物・使用条件におけるコージェネレーションの効果を示すに留っており、システムの適用効果に影響を及ぼす因子等を含めた建築設備としての面からシステムを評価した報告はみられない。

1－3　本論文の構成

本論文は、「建築物におけるコージェネレーションシステムの適用に関する研究（エネルギー有効利用からみたシステム評価）」と題し、7章より構成されている。

第1章「序論」では、建築設備システムとしてのコージェネレーションに関して、本研究の目的とするところを明らかにし、既往の研究成果をふまえ、エネルギー有効利用の観点から本研究に至る背景について述べている。また、本論文の全体的な構成を示している。

第2章「建築設備システムとしてのコージェネレーション」では、まず、コージェネレーションシステムの概要として、その定義・歴史・種類等について述べ、このシステムを建築設備システムの一形態として把握する。また、コージェネレーションシステムの問題点として、環境保全性および系統電力との連系について述べる。次に、建築設備システムの評価指標からエネルギー有効利用に関する評価指標を抽出した過程について述べ、本研究におけるコージェネレーションシステムの評価手法を述べている。さらに、コージェネレーションによるエネルギー有効利用の基礎的検討として、建築物の熱・電力需要の比率から省エネルギー効果を考察している。

第3章「建築物のエネルギー需要に関する解析」では、エネルギー需要形態の異なる事務所・ホテルを対象として、エネルギー需要を構成する電力・温熱・冷熱のバランスを把握するために、エネルギー消費量について文献調査および実態調査を行い、実態調査の統計解析結果を基に、年間・時刻別のエネルギー需要の変動パターンを作成している。また、電力需要量および熱電力需要比率を指標として、建築物のエネルギー需要特性を把握している。

第４章「コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルとエネルギー特性に関する解析」では、まず、システムシミュレーションモデルとしての基本的な要件として、エネルギー需要の時間的変動を考慮したものである必要性について述べ、作成したシミュレーションモデルの基本構成や本研究における運転方式について述べている。また、基本的な構成機器の部分負荷特性を把握した後に、電力需要量および熱電力需要比率を指標として、コージェネレーションシステムの省エネルギー性を考察している。

第５章「コージェネレーションシステムのエネルギー利用評価」では、まず、第４章で作成したシステムシミュレーションモデルを適用し、建物用途に適したシステム構成・運転方式について検討を行っている。次に、システムの適用効果に影響を与える因子として建物規模・運転時間帯・エネルギー需要の変化・発電効率の変化等を取り上げたことを述べ、これらの因子による適用効果の変化について考察している。さらに、コージェネレーションシステムにおける余剰回収排熱の有効利用の方法として蓄熱システムを取り上げ、このシステムの付加による省エネルギー効果について述べている。

第６章「建築物の熱電力需要比率に基づくエネルギー評価手法の検討」では、まず、建築物における熱電力需要比率の分布形態に基づく省エネルギー効果の予測について述べている。次に、コージェネレーションシステムのエネルギー消費特性を電力需要量および熱電力需要比率を指標として捉え、これと第３章で得られた結果から、システムへの年間入力エネルギー量を算定する手法を提案し、シミュレーション結果との対応について述べている。

第７章「結論」では、本研究を総括し、本論文の成果について結論するとともに、今後の課題を提示している。

[参考文献]

1) 茅陽一：エネルギ源・システム開発の方向、日本機械学会誌 VOL.89 NO.806、1986年

2) 平田賢：コミュニティエネルギーシステム、環境工学連合講演会講演論文集、1988年

3) J.A.Orlando：Cogeneration Technology Handbook、Goverment Institute Inc

4) R.H.McMahan：Cogeneration、Marcel Dekker Inc

5) 藤井照重、他：ガスタービンを用いたコージェネレーションシステムの性能解析、エネルギー資源研究会研究発表会講演論文集、1988年

6) R.Cardon：Optimizing the Power Capacity of Cogeneration Plants for Independent Electrical and Heat Demands、IEE Conference Publ、1984

7) 岡崎俊春：オンサイトエネルギーシステムに関する基礎的研究（エネルギーの利用効率から見た設計手法の検討）、東京工業大学学位論文、1980年

8) 伊東弘一、他：ガスタービン・コージェネレーション・システムの設計計画法Ⅰ（ガスタービン発電・廃熱ボイラ方式の最適運用計画モデル）、日本機械学会論文集C、1988年

9) D.R.Limaye：Planning Cogeneration Systems、The Fairmont Press Inc、1984

10) G.R.Guinn：The Use of Detailed Simulation for the Study of the Feasibility of Cogeneration at a University Campus、ASHRAE Transactions Part 1、1988

11) 早川一也、他：コジェネレーションシステムの導入に関する研究（第1～10報）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1983～1985年

12) 井上宇一、他：Total Energy System に関する研究（Gas Engine Cogeneration System の Simulation 結果について）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1984年

13) 茅陽一：エネルギーシステム、計測と制御 VOL.26 NO.1、1987年

14) 茅陽一、他：エネルギー新時代（ホロニックパスへ向けて）、省エネルギーセンター、1988年

第２章　建築設備システムとしてのコージェネレーション

２－１　コージェネレーションシステム
（１）コージェネレーションシステムの概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１
（２）建築設備システムとしてのコージェネレーションの位置付け　・・・・・１６
（３）コージェネレーションシステムの建築計画　・・・・・・・・・・・・・・・２２
２－２　コージェネレーションシステムの問題点に関する考察
（１）環境保全性　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２６
（２）電力系統との連系　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３３
２－３　コージェネレーションシステムの評価手法
（１）建築設備システムの評価指標　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・３５
（２）本研究におけるコージェネレーションシステムの評価手法　・・・・・・３７
２－４　コージェネレーションにおけるエネルギー利用評価の基礎　・・・・・・・・・３９
２－５　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４４

２－１　コージェネレーションシステム

（１）コージェネレーションシステムの概要

①コージェネレーションシステム

コージェネレーションシステム（Cogeneration System）とは、１つのエネルギー源から２つ以上の有効な二次エネルギーを同時に発生させるシステムと定義され、一般的には、この有効な二次エネルギーとしては電力と熱が考えられる。米国における”Cogeneration System”は「熱電併給システム」と訳され、また、欧州における”ＣＨＰ（Combined System with Heat and Power）”や日本における”Total Energy System”という名称も現在では”コージェネレーションシステム”に統一されつつある。

コージェネレーションシステムは、発電に伴い発生する排熱を回収して利用することにより、エネルギーの総合熱利用効率を高め得るシステムで、より具体的には、ディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービン等の熱機関の軸出力で発電機を回転させ、その際生じる排熱を冷房・暖房・給湯（民生建築物の場合）等の熱需要に利用するものと言うことができる。

②コージェネレーションシステムの歴史と現状

コージェネレーションの歴史は、 戦前の北欧（デンマーク、スウェーデン）や東欧（チェコ、ハンガリー）における地域暖房を１つの源点としている。これらの諸国では、暖房期間が長いため温水需要が大きかったこと、地方分権のコミュニティが発展しており、各コミュニティが中規模発電所を核として有していたこと等から、発電所におけるディーゼルエンジンの排熱を回収して温水を製造し、コミュニティ内に供給するという”Community Energy System”としてのコージ

ェネレーションシステムが発展した。しかし、時代と共にその規模が大型化し、熱の搬送ロスや設備コストの増大による経済性の低下から、1960年以降は新設されないこととなった。

コージェネレーションの他の源点として、大規模工場における蒸気併給発電が挙げられる。石油・石炭・ガスを燃料とするボイラーにより高圧蒸気を製造し、スチームタービンの駆動による発電と蒸気の一部を直接利用する方式は、大規模工場においては経済的メリットを生じ、戦前から欧米・日本において設置され、今日でも産業分野におけるエネルギー供給の主要な一形態として利用されている。

本研究の主題である小規模分散型のコージェネレーションシステムについては、米国および西独における普及の歴史について述べる必要がある。

米国においては、1900年には全発電量の50%が初歩的なコージェネレーションで賄われていたと言われており、その後の工業化に伴ってコージェネレーションの比率は減少し、大規模電力会社による電力供給に代替され、また、発電所からの熱供給は経済性を失った。小規模分散型のコージェネレーションシステムは、1960年以降、トータルエネルギーシステムとしてスタートしたが、石油が低価格である期間が長く続いたこともあり、企業に依る省エネルギーの努力が行われず、コージェネレーションの効果は評価されなかった。

しかし、第一次石油危機による石油価格の暴騰により、省エネルギーシステムの再評価が行われた。米国政府は、石油依存度の低減をエネルギー政策の最重要課題の一つとして掲げ、「National Energy Act 1978」を成立させ、コージェネレーション等小規模発電の普及促進を計った。この法の一部として「ＰＵＲＰＡ（Public Utility Regulatory Policy Act of 1978）」が成立し、バイオマス・太陽・風力等の再生可能なエネルギーを利用する小規模発電システムや省エネルギー性の高いコージェネレーションシステムの普及が促進された。1980年の80万kWの増加に対し、1982～1985年にかけては毎年500万kW程度の増加があり、1986

年3月末の認定コージェネレーションシステムは918件、総発電規模2729万kWと報告されている。

一方、欧州の工業先進国では、石油危機後、資源有限の認識から新エネルギー開発の必要性が高まったが、開発に伴う莫大な投資等の面から、”損失の忌避”に基づくエネルギーの有効利用（回収利用）が重視されるようになった。西独では、州単位の大規模発電から、都市単位の集中式熱電併給システム、さらに都市内に複数のプラントを分散的に配置する分散式熱電併給システム（BHKW：Block Heiz Kraft Werke）と発展してきている。1987年4月においてBHKWは340施設との報告がされている。

日本における本格的なコージェネレーションは、1974年の昭和シェル石油日野研修所（DE150kW×2）、1979年の石和観光ホテル（DE130×2）が最初であり、近年の小型コージェネレーション機器の技術開発により、都心部においても民生用コージェネレーションシステムの導入が増加しつつある。日本コージェネレーション研究会の調査によれば、1989年9月末現在の民生用コージェネレーションは、350件、総発電出力148000kWである。図－２－１に日本における民生用コージェネレーションシステムの分布を示す。

③コージェネレーションシステムの分類

コージェネレーションシステムには、一次エネルギー・使用形態・システムのハードおよびソフト・需要家等により種々の形態が考えられるが、一次エネルギーを電力に変換する装置、即ち、駆動源としては、現在、ディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービンに大きく分類される。

ディーゼルエンジンシステムでは、液体燃料を使用し、圧縮着火方式をとるディーゼルエンジンを駆動源とし、排熱は排ガスとジャケット冷却水から回収される。このシステムの大きな特徴としては、発電効率（定格、部分負荷とも）が高

いこと、低沸点燃料（軽油、Ａ重油等）が使用できること、還元作用による窒素酸化物の処理が困難であること等が挙げられる。現状では194件（97652kW）と導入例が最も多い。

ガスエンジンは、ガス燃料をシリンダー内に取り込み燃焼させる往復動機関であり、排熱の回収は、ディーゼルエンジンと同様に、排ガスと冷却水から可能である。ガスエンジンを駆動源としたシステムでは、エネルギーの総合効率が非常に高く、排気中の有害放出物（窒素酸化物、一酸化炭素等）に関して他の機関より対応が容易であることがメリットとして挙げられる。また、都市ガスを燃料とする場合、供給の安定性、燃料貯蔵設備の不要、ガス中の硫黄分が少なく大気汚染上の問題がないこと等のメリットがある。現状では147件（39513kW）で、比較的小規模のものが多い。

ガスタービンは連続燃焼による回転機関であり、高速で大容量のガスを流すことが可能なため、大出力向きのエンジンと言える。現状では9件（10480kW）の導入例があり、相対的に規模は大きいが、民生利用の範囲（1000kW程度以下）では、発電効率が低いことがディメリットとなる。メリットとしては、冷却水が不要、排ガス中の窒素酸化物が少ない、振動が小さい、種々の燃料への対応が可能であること等が挙げられる。

以上の他に、コージェネレーションシステムの駆動源としては、二元燃料機関（２種類の燃料を使用する往復動エンジン、現在数件の導入例がある。）、燃料電池や外燃機関（汽力プラント、スターリングエンジン）が考えられている。

PM	NUM	CAP	CHW	CH	CW	HW	C	H	W

*PM (PRIME MOVER)
GE:GAS ENGINE DE:DIESEL ENGINE
GT:GAS TURBINE
*NUM (NUMBER OB PLANTS)
*CAP (GENERATOR CAPACITY :KW)
*HEAT USAGE
C:COOLING H:HEATING W:HOT-WATER

TOTAL (238, 108503 KW)

GE	114	31031	40	31		14		6	20
DE	116	67692	18	11	1	31	3	6	43
GT	8	9780	5	2		1			

1 HOKKAIDO (40, 22444 KW)

GE	10	4945	3	1		4		1	1
DE	30	17499		2		17		3	8

2 AOMORI (3, 97 KW)

GE	2	45		1				1	
DE	1	52				1			

3 IWATE (3, 319 KW)

GE	1	29	1						
DE	2	290							2

4 MIYAGI (9, 2527 KW)

GE	4	151	2			1		1	
DE	5	2376				1			3

5 AKITA (1, 30 KW)

GE	1	30	1						

7 FUKUSHIMA (3, 1264 KW)

GE	1	32		1					
DE	2	1232				1			1

8 IBARAKI (1, 40 KW)

DE	1	40							1

9 TOCHIGI (2, 416 KW)

DE	2	416	1						1

10 GUNMA (1, 96 KW)

DE	1	96	1						

11 SAITAMA (6, 1808 KW)

GE	2	500		1					1
DE	4	1308	2			1			1

12 CHIBA (15, 3322 KW)

GE	8	830	4	2		1			1
DE	6	1292	1	2		1			2
GT	1	1200				1			

13 TOKYO (27, 10091 KW)

GE	19	4671	5	4		3		1	6
DE	5	1440	2	1		1			1
GT	3	3980	3						

14 KANAGAWA (20, 5779 KW)

GE	12	1897	2	2		2		1	4
DE	8	3882	1	3		1	1		2

15 YAMANASHI (4, 1360 KW)

GE	1	24		1					
DE	3	1336	1			1			1

16 NAGANO (3, 516 KW)

GE	1	72							1
DE	2	444							

17 NIIGATA (1, 16 KW)

GE	1	16						1	

19 ISHIKAWA (2, 2300 KW)

GE	1	1500							1
DE	1	800				1			

20 FUKUI (5, 1542 KW)

GE	1	30				1			
DE	4	1512				1			3

21 GIFU (3, 390 KW)

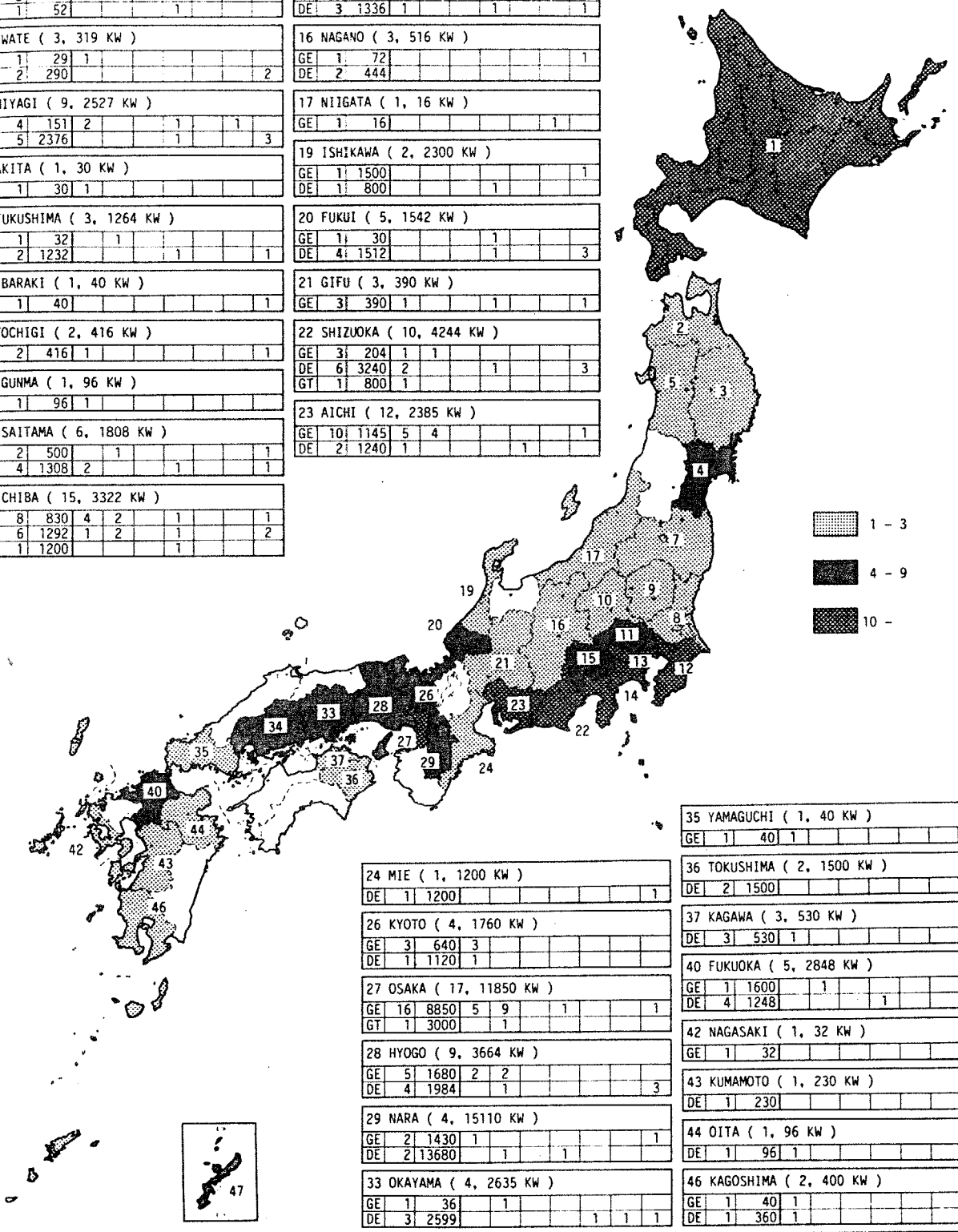
GE	3	390	1			1			1

22 SHIZUOKA (10, 4244 KW)

GE	3	204	1	1					
DE	6	3240	2			1			3
GT	1	800	1						

23 AICHI (12, 2385 KW)

GE	10	1145	5	4					1
DE	2	1240	1				1		



24 MIE (1, 1200 KW)

DE	1	1200							1

26 KYOTO (4, 1760 KW)

GE	3	640	3						
DE	1	1120	1						

27 OSAKA (17, 11850 KW)

GE	16	8850	5	9		1			1
GT	1	3000		1					

28 HYOGO (9, 3664 KW)

GE	5	1680	2	2					
DE	4	1984		1					3

29 NARA (4, 15110 KW)

GE	2	1430	1						1
DE	2	13680		1		1			

33 OKAYAMA (4, 2635 KW)

GE	1	36		1					
DE	3	2599					1	1	1

34 HIROSHIMA (7, 2782 KW)

GE	2	172	2						
DE	5	2610	1	1				2	1

35 YAMAGUCHI (1, 40 KW)

GE	1	40	1						

36 TOKUSHIMA (2, 1500 KW)

DE	2	1500							2

37 KAGAWA (3, 530 KW)

DE	3	530	1						2

40 FUKUOKA (5, 2848 KW)

GE	1	1600		1					
DE	4	1248				1			3

42 NAGASAKI (1, 32 KW)

GE	1	32							1

43 KUMAMOTO (1, 230 KW)

DE	1	230							1

44 OITA (1, 96 KW)

DE	1	96	1						

46 KAGOSHIMA (2, 400 KW)

GE	1	40	1						
DE	1	360	1						

47 OKINAWA (4, 2600 KW)

DE	2	1800	1		1				
GT	2	800	1	1					

図－２－１　民生用コージェネレーションシステムの分布
（日本コージェネレーション研究会、1988年9月末現在）

（２）建築設備システムとしてのコージェネレーションの位置付け

コージェネレーションシステムは、一般に、単体建築物を対象としたものから地域規模のエネルギー供給システムまでの幅広い範囲に存在する。本論文では、地域を建築物の集合体として捉えることにより、単体建築物を対象とするコージェネレーションシステムの研究が最も基本的かつ不可欠であると考えた。従って、本論文で扱うコージェネレーションシステムは、建築設備システムを構成する要素として捉えることができる。

建築設備の目的は、空間を形成する建築物の特性に適合した環境調節・供給・処理等の機能を発揮することにより、建築の総合性能を向上させることにある。建築外部からの外乱要素に対し性能の良い建築空間を創造する要素として室内気候環境・光環境・音環境・衛生環境・生活環境があるが、建築設備はこれらの環境性能を整えるために、環境調節・供給処理・安全確保の役割を果している。

本論文を進めるに当たり、まず、建築設備システムを、エネルギーの供給という面からみることにより、図－２－２に示すように、建築内部環境をある一定基準に保つために外部から燃料・電力・地域熱媒等を取り込み、調和された空気・音・光等各種のエネルギーを建築内部空間に供給するシステムとして捉えた。

建築設備は、一般に、設計・施工の作業上、空気調和・換気設備、給排水衛生設備、電気設備の３つに分類されるが、ここではこの分類にとらわれずに、建築内部環境の調整に直結した機器に供給すべきエネルギー（電力、温熱、冷熱）に着目し、これを発生・供給するシステムと使用するシステムの２つに分類し、前者を一次側システム、後者を二次側システムとする（この定義は空気調和設備や電気設備において従来から用いられている用語法と矛盾しない。）。建築設備二次側システムは、建築内部空間の環境調整に直結した機器（照明機器、空気調和機、輸送機器等）を主たる構成要素としており、建築設備一次側システムは、ボ

イラー・冷凍機・ヒートポンプ等の熱源機器を主たる構成要素とするために熱源システムとも呼ばれる。以上の関係は、図－２－３に示すように、二次側システムのエネルギー需要を媒介として建築設備システムを二分する形式で表わすことができる。

次に、建築における省エネルギー手法については、図－２－４に示すような分類がなされており、コージェネレーションは設備システム上の省エネルギー手法として位置付けられるが、一般に、建築設備システムを、外部空間からエネルギー資源を取り込み、建築内部空間に必要なエネルギー形態に変換・供給するものと捉えた場合、エネルギー資源の節約の面からみた省エネルギー手法は以下に述べる３つに要約できる。

①省資源的エネルギー源の利用

一般に非枯渇エネルギー源（Nondepletable Energy Sources）と考えられている太陽熱・地熱・潮力・風力等のの利用、外気・地下水の熱源的利用、焼却炉排熱・プロセス冷却水等の従来廃棄されていた熱エネルギーの回収利用。

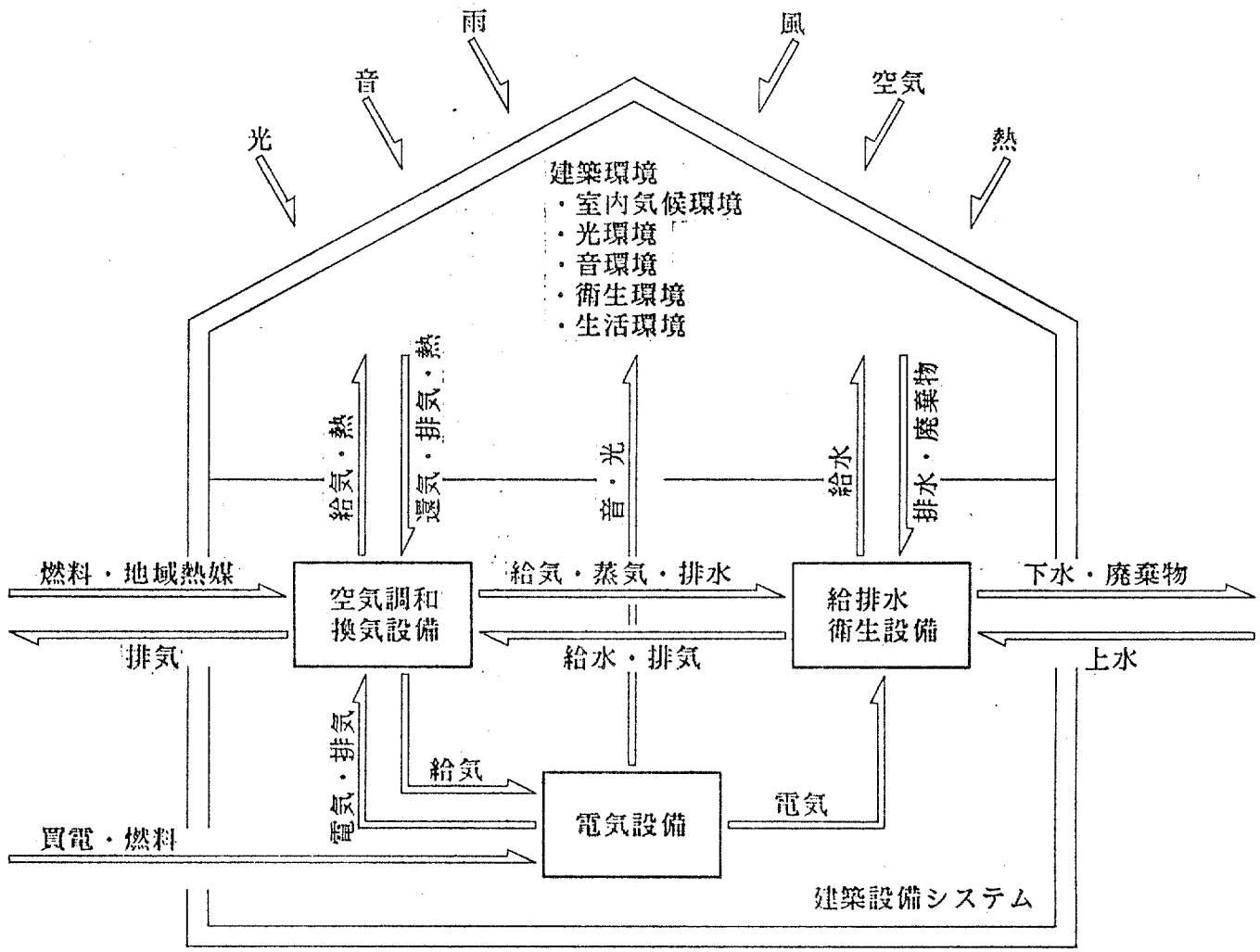
②エネルギー需要量の削減

建築環境面においては、室内の照明計画・設定温湿度条件の緩和・取り入れ外気量の削減等がある。設備計画としては、高効率機器の使用・過冷却等を生じない空調システムの利用等がある。また、建築計画における平面・立面計画上の処置（方位、窓面積）や外壁・屋根等の構造に起因する熱的特性の適性化等が挙げられる。

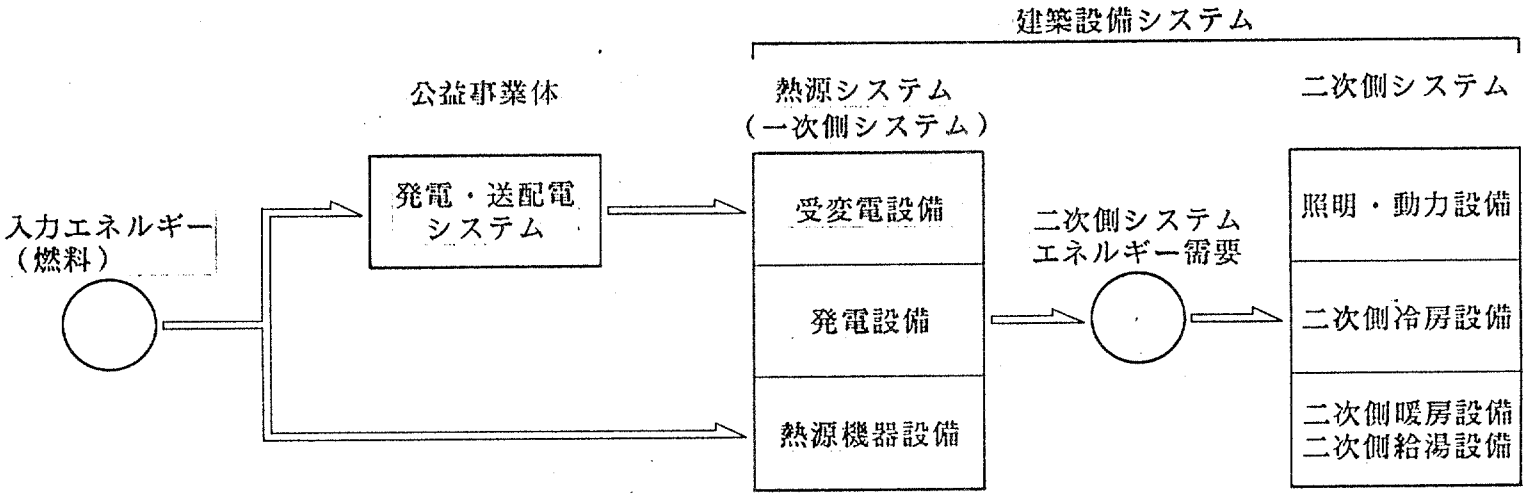
③熱回収システム

建築設備システムの対象とする範囲における、熱エネルギーの段階的利用・回収再利用によりシステムのエネルギー効率を高める。熱の需要家サイドからみた場合、照明器具・電子計算機等の機器排熱の回収や排水からの熱回収等が挙げられる。

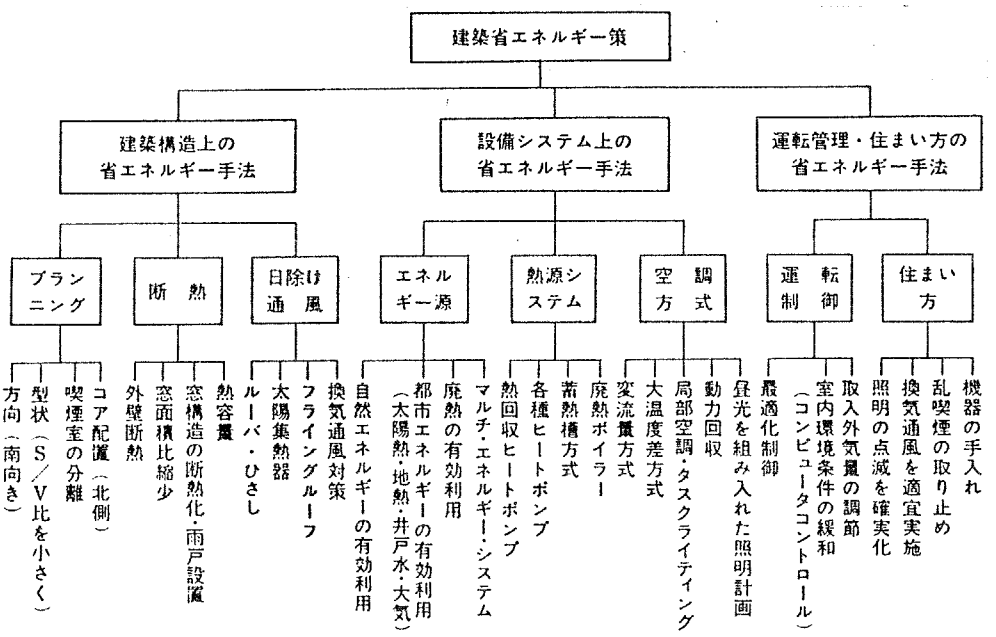
以上より、需要地に駆動・発電システムを設置し、排熱を回収・利用するコージェネレーションシステムは、建築設備における省エネルギー手法のうち、熱源システムの総合効率向上を目的とする熱回収システムであると言える。



図－２－２　エネルギー面からみた建築設備システム



図－２－３　建築設備における熱源システムと二次側システム



図－２－４　建築における省エネルギー手法の要素

（３）コージェネレーションシステムの建築計画

コージェネレーションシステムはエネルギーの有効利用面で有益なシステムと考えられるが、これを組み込んだ建築物の設備システム全体についてみると、従来の方式とは異なった観点、例えば、エネルギー供給の安全性を確保する等の面から建築計画および設備計画を進める必要が生じてくると考えられる。本項では、建設省住宅局建築指導課監修の「建築物に係るコージェネレーションシステムの導入指針」に基づき、機械室の計画、設備の安全対策等について建築計画を行う立場からみたコージェネレーションシステムの設置について述べる。

コージェネレーションシステムは発電に伴う排熱を回収・利用するエネルギーの有効利用システムであり、建築物における重要なエネルギー供給システムと成り得ることから、その計画に当たっては、地震・水害等に対する安全に十分対処するとともに、建築物本体および地域の環境を損わずに稼働できるように、発生する振動・騒音・廃ガス等の対策に十分留意する必要がある。以下に、基本的な機械室の計画、耐震、防火、水害防止、環境対策について述べる。

①機械室計画

コージェネレーションシステムの機械室は一般に建築物の地階・屋上階等の専用室あるいは独立建屋・屋外キュービクル等建物の規模・用途・種類・構造・負荷の分布状態等により種々の形態がある。まず、機械室の配置については、以下の項目に留意し、計画することが望ましい。

・電気室、空調機械室等の関連諸室との平面的、立体的関連が十分に取れていること。

・湿気が少なく、水が侵入または浸透する恐れのないこと。

・機器の搬出入に便利で、日常の保守点検が容易に行えること。

・建物外部からの経路が明確で、かつ二方向避難が可能であること。

・火災危険箇所から十分離れていること。

・騒音、振動を考慮し、居室との隔離が十分であること。

・外気の取り入れが容易で、室内の換気が十分可能であること。

・地震時における加速度は高層部ほど大きくなるため、可能な限り低層部に設置することが望ましい。

・煙突は排気ガスや騒音を考慮した位置とし、十分な断熱性能と耐久性を有すること。

次に、機械室の室内環境については、騒音、振動、換気、照明等について適切な処置が施される必要があり、これらの関連法令等としては、建築基準法の他、騒音規制法、振動規制法、電気事業法、労働安全衛生規則および電気設備に関する技術基準を定める省令がある。

また、コージェネレーションシステムはその機器構成により法的に全分解点検を求められることがあり、保守点検スペースに十分配慮する必要がある。以下にスペース計画、ルート計画等について留意する点を挙げる。

・燃料系配管は、燃料漏れの有無を容易に点検できる配管方法とすること。

・ガスタービンの場合、現在、1年毎に材質劣化防止の検査（全分解検査）が義務付けられており、一般的には、工場への持ち帰り点検法を採用しているが、その際、搬出入および取り付け作業が容易に行えるスペースおよびルートの確保が必要となる。

・ディーゼルエンジン、ガスエンジンの場合には全分解点検の法による義務付けは無いが、保安規定に定められた日常点検、各種消耗部品の交換作業が容易に行えるスペースが必要となる。

②耐震計画

コージェネレーションシステムの耐震計画に当たっては、機器・配管・ダクト等を建築構造体に緊結することにより、地震時には建築物と一体になって振動するように機器系の剛性と強度を高めることが望ましく、さらに、以下の点に留意する必要がある。

・地震後における建築設備の機能を確保するとともに、直接的、間接的に人命の安全、財産の保全等を確保すること。

・地震によりコージェネレーションシステムが損傷した場合でも、人身、建築物、他の設備等に二次的な被害を及ぼさないように配慮し、さらに、その復旧、点検が速やかに行えること。

関連法令としては建築基準法、建築基準法施工令および建設省告示がある。耐震計画に関しては、通常の建築設備計画と大きく異なる点は無いと考えられる。

③水害防止計画

水害防止計画の関連法令としては、建築基準法、電気事業法、消防法、都市計画法および宅地造成等規制法があり、コージェネレーションシステムが水害等により機能上影響を受けない対策が必要となる。

・システムに関係しない水系設備に極力近づけない設備配置とすること。

・水系設備と隣接する配置や、換気等による結露防止のため、吹き出し口の直下に電気的設備を配置しないこと。

・水系設備の漏水検地設備、排水設備を必要に応じて設置すること。

・蒸気や高温水系等の圧力が比較的高い他の設備の配管は、万一の設備事故に備えて電気系設備の接近を避けること。

・コージェネレーションの重要設備は、必要に応じて、一般の機械類の基礎より水没しにくい高さにしておくことが望ましい。

④防火計画

防火対策については、コージェネレーションシステムを屋内に設置する場合には、耐火構造で区画された専用室に設置することが望ましく、関連法令としては建築基準法、建築基準法施工令、消防法等がある。また、自動火災報知設備および消防用設備についても関連法令、通達に基づき適切な計画が望まれる。

将来的にはガスを燃料としたコージェネレーションシステムの増加が予想されており、この場合の安全対策はガスを漏出させないことを基本とするが、屋内等のガスが滞留する恐れのある場所に設置される場合には、ガス漏れ警報設備の設置により、ガス漏出を早期に検地し、速やかにガス供給を遮断する対策を講じる必要がある。また、電気設備を原因とする爆発または火災を防止するため、危険物の規制に関する政令等に基づき、適切な防爆対策をとることが望ましい。

⑤地域環境計画

コージェネレーションシステムの地域環境への影響については、大気汚染防止対策、騒音対策、振動対策を考慮する必要がある。大気汚染防止対策としては、大気汚染防止法に基づく排出基準を満足する必要があり、総量規制地域においては、地方自治体が定める総量規制基準を満足する等、地方自治体の規制に対応した対策を講ずる必要がある（２－２参照）。また、騒音および振動についても、地方自治体の定める規制基準に基づく対策が必要となる。なお、騒音規制法および振動規制法では、コージェネレーション設備が直接規制を受ける対象とはならず、施設に付帯する補機（圧縮機・送風機の原動機出力7.5kW以上）により対象となる場合がある。しかし、ガスタービン、エンジンについても、法の定める特定施設と同様の対策が必要と考えられている。

2－2　コージェネレーションシステムの問題点に関する考察

（1）環境保全性

コージェネレーションシステムは、一般に、需要地に駆動・発電システムおよび排熱回収システムを設置するものであり、日本において一建築物を対象とした場合、別棟でコージェネレーションシステムを中心としたエネルギーセンターを設けることは困難であり、通常の建築設備に組み込まれ、建築物の地下等に設置されることが多い。

建築は本来、人間の居住または仕事等の環境空間を造り上げるものであり、機能性・快適性・自己表現性を有するものと考えられる。建築物におけるコージェネレーションシステムの適用を考えた場合、それぞれに対してプラスの効果はあるものの、マイナスの効果としては、快適性に対して、コージェネレーションシステムの運転に伴う騒音・振動（建築内部環境に直接影響するもの）や大気汚染（建築周辺環境に影響するもの）があり、これらのマイナス要因を最小なものとすることが重要となる。

このようなコージェネレーションシステムの問題点（騒音・振動、大気汚染）は、コージェネレーションの中枢である駆動機関、即ち、ディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービンの問題に集約される。以下では、騒音・振動・大気汚染について、駆動機関別に考察する。

①騒音

ディーゼルエンジンは、500Hzと2000Hzに中心を持つ90～100dBの騒音の発生源であり、ガスエンジンの場合にはやや小さいものの80～90dBの騒音源となる。また、ガスタービンの単体騒音は100～120dBであり、高周波数成分が強いことが特

徴である。このうち、高周波数のものは、比較的建築物の各部分の固有振動周期と離れているため、防音カバー・消音チャンバーによる遮音は比較的容易に処置できる。問題となるのは、ディーゼルエンジン・ガスエンジンの低周波音であり、上述の処置の他、発電機室から給排気系統を伝わることによる漏音に対しても充分な配慮が必要となる。

②振動

ガスタービンの場合には、往復動機構がないために、特別な防振装置または建築的配慮はほとんど必要とされない。ディーゼルエンジン・ガスエンジンの場合には、ガスタービンと比較して振動を発生しやすいため、建築的には、基礎を浮き基礎あるいは独立基礎とする等、建築躯体に直接振動が伝播しないような配慮が必要となる。また、計画面でコージェネレーションシステムを中間階に設置することは、防振上、極力避けるべきであり、さらに、建築部材の固有振動数についても検討し共振を防ぐ配慮が必要と考えられる。

③大気汚染

コージェネレーションシステムにおける駆動機関については、1988年2月から、ガスタービンとディーゼル機関（１時間の燃焼能力が重油換算で50リットル以上）が大気汚染防止法にいう「ばい煙発生施設」として規制対象となっており、SOx、ばいじんおよびNOxについて、排出量や濃度基準の遵守、届出等、管理規制を受けることになっている（表－２－１）。また、法律では対象とされていないガスエンジンについても、以下に述べるように条令等で規制されることが多い。

＜SOx＞

SOxは従来、日本の大気汚染防止の主眼点とされていたが、主として燃料油中のＳ分減少と排煙脱硫技術の進歩により、現在ではかなり改善されている。実際、日本のSO_2濃度は、一般環境大気測定局（一般局）継続15局の年平均値でみると、1967年の0.59ppmから漸減して最近は安定しており、1987年では0.10ppmとなっている。環境基準の達成度についても、長期的評価（日平均値の年間98パーセンタイル値≦0.04ppm）では99％以上達成し、短期的評価（1時間値≦0.1ppm）でも95％程度の地点で達成となっている。

SOxの排出規制は、地域毎に施設単位の一般排出基準（Ｋ値規制：着値濃度予測に基づく排出量の規制）と事業場単位の総量規制基準（24指定地域）ならびに特定地域の燃料使用基準（14都市）がある他、総理府令で定める特別排出基準（新設のみ対象、Ｋ値規制、28地域）によって実施されている。

コージェネレーションシステムにおける駆動機関からのSOx排出量については、設置地域のあらゆる規制に対応しなければならないことは当然であるが、一般的に言って、ガスでは問題がなく、石油では低硫黄油の使用により解決できると考えられている。総量規制で排煙脱硫が必要な場合は、各種吸収法・吸着法・酸化法等の技術が採用可能である。

＜NOx＞

日本の広域大気汚染防止対策において現在未解決の最大の課題は、窒素酸化物対策である。実際に、NO_2の濃度は1978年のピーク以降のわずかな漸減傾向から、1986－87年と反転して若干増加傾向がみられ、特に総量規制が導入されている大都市域３地域（東京都特別区等地域、横浜市等地域、大阪市等地域）についてみると、環境基準（日平均値の年間98パーセンタイル値≦0.06ppm）の未達成割合が一般局で56％、自動車排ガス測定局（自排局）で91％と極めて悪い状態にある

ばかりでなく、若干ながらさらに悪化の傾向を示している。NOxの排出量は、自動車をはじめとする移動発生源によるものが多く、東京で70%、横浜で40%、大阪で50%を占めており、かつ、物や人の輸送に自動車の利用がさらに高まりつつある現状で、従来の規制では十分な改善の見込が立っていない状況にある。

固定発生源に係わるNOxの排出規制は、全国一律の排出濃度規制（表－２－１）と総量規制（３指定地域）の他、都道府県による上乗せ基準および特別総量規制基準によって実施されている。自動車については、交通管理面の対策と合わせて一層の排出濃度規制強化が必要と考えられている。

コージェネレーションシステムの駆動機関においては、自動車と比較して施設規模が大きく、排出濃度が高いことから、特に都市部において規制を強化する必要があると考えられている。現在実施されている上乗せ基準の中では最も厳しい東京都の規制基準によれば、対象施設の範囲が拡大されている他、排出濃度も1992年4月以降では、ガスタービン（2000kW以上）で100ppm、ディーゼル機関（重油換算25㎥／h以上）では300ppm、ガスエンジン（重油換算50㎥／h以上）においても200ppmとされている（表－２－２、O_2－0%換算）等、国の基準と比較して大幅に強化された内容で、徹底した対策を求めている。

コージェネレーションシステムにおける駆動機関からのNOx排出量の抑制技術については、現在概して開発途上にあり、今後の進展を待つ所が多いが、一般的には燃焼室の酸素濃度の低減・燃焼温度の低下・滞留時間の短縮等の燃焼技術の改良によって排出が抑制される。この他、触媒利用を含め各種還元法・吸収法等の排煙脱硝技術の利用も考えられる。

<その他：ばいじん、CO、HC>

浮遊粒子状物質の環境基準達成率は50～60％程度で横這いとなっている。コージェネレーションシステムの駆動機関からのばいじんの発生については、一般にディーゼル機関のすすが問題になると考えられるが、通常、排ガス排熱回収装置が設置されることを考慮すると、十分な公害防止効果を期待できるような対策により、排熱回収装置の維持管理にも資するべく計画・管理が必要と思われる。

COおよびHCの主たる発生源は自動車等の移動発生源と考えられており、固定発生源については規制はない。また、現状ではほぼ全ての測定局で環境基準を達成している。

表－２－１　大気汚染防止法におけるばい煙発生施設の排出基準
（コージェネレーションシステム関連原動機*1）

令別表第1の項番号*2	施設の種類と規模の区分			標準酸素濃度*4	排出基準					
					ばいじん		NOx（()内は O₂ 0%換算濃度）*7			
			（最大定格排ガス量）（万Nm³/h）		一般*5（g/Nm³）	特別*6（g/Nm³）	-88.1（ppm）	88.2-89.7（ppm）	89.8-91.1（ppm）	91.2-（ppm）
29	ガスタービン*3	ガス専焼	4.5以上	16%	0.05	0.04	-	70（294）	70（294）	70（294）
			4.5未満				-	90（378）		
		液体燃焼	4.5以上				-	100（420）	100（420）	70（294）
			4.5未満				-	120（504）		
30	ディーゼル機関*3	ｼﾘﾝﾀﾞｰ内径 400mm以上		13%	0.10	0.08	-	1600(4200)	1400(3675)	1200(3150)
		ｼﾘﾝﾀﾞｰ内径 400mm未満					-	950(2494)	950(2494)	950(2494)

*1　SO_x の排出に係る規制については省略
*2　大気汚染防止法施行令において、1988年 2月より、29、30番が追加された
*3　規制対象とされる規模は、両者とも、重油換算で燃料の燃焼能力が１時間当たり50㍑以上とされている
*4　排ガス中に残存する酸素濃度の標準値
*5　1988年 1月31日までに設置された施設については当分の間適用を猶予する
*6　ばいじんの特別排出基準(新設のみ対象)は、東京特別区、大阪市・堺市等、横浜市・川崎市等、尼崎市等、四日市市等その他の9地域について定められている
*7　設置時期による区分がある（1988年 1月31日までに設置された施設については適用除外）

表－２－２　定置型内燃機関に係わる東京都の窒素酸化物排出低減化指導基準値
（O_2－0％換算濃度）

施設の種類と規模の区分				排出基準		
		燃料の燃焼能力〈重油換算〉(㎘/h)	発電出力 (kW)	第１種地域*4*5 -92.3 (ppm)	第１種地域*4*5 92.4- (ppm)	第２種地域*6*7 (ppm)
ガスタービン*2	ガス燃焼		2000以上	150	100	150
			2000未満	200	150	200
	液体燃焼		2000以上	200	100	200
			2000未満	250	150	250
ディーゼル機関*3		25以上	2000以上	500	300	700 (1000)
			2000未満			1300 (1600)
		5以上、25未満		1300	1000	1300 (1600)
ガスエンジン*3		50以上		300	200	500
		5以上、50未満		500	300	

*1　総量規制関連については省略
*2　規制対象とされるガスタービンの規模は、重油換算で燃料の燃焼能力が１時間当たり50㎘以上である
*3　規制対象とされるディーゼル機関及びガスエンジンの規模は、重油換算で燃料の燃焼能力が１時間当たり 5㎘以上である
*4　第１種地域とは、23区、武蔵野市、三鷹市、調布市、保谷市及び狛江市の区域をいう
*5　設置時期による区分がある
*6　第２種地域とは、対象地域（東京都の内、特別区及び市の存する区域、並びに西多摩郡羽村町及び瑞穂町の区域）の内、第１種地域以外の区域をいう
*7　()内は、1991年 3月31日までの間適用する暫定基準値を示す

（２）電力系統との連系

コージェネレーションシステムから得られる発電電力を商用電力系統と連系した場合には、連系しないで単独に運転する場合に比べ、以下に示すような種々の効果が期待できるため、コージェネレーションシステムにおける系統連系技術は極めて重要な課題となる。即ち、

①コージェネレーションシステムの高効率運転が可能となり供給信頼度が高まる。

②コージェネレーションシステムの発電機負荷を特定負荷に限定する必要がなくなる。負荷にとっては電源の２重化により、電源の信頼性が高まる。

③電圧および周波数の変動が商用電源により定まるので、極めて安定した質の高い電源が得られる。

④負荷側の配電系統構成が単純化される。

⑤エンジンの瞬時負荷投入容量の限界について検討が不必要となる。

である。

これらの状況を踏まえ、通商産業省・資源エネルギー庁公益事業部内に関係業界を含めた「コージェネレーション運営基準検討委員会」が設置され、コージェネレーションシステムの導入に当たっての運営基準について具体的結論を得るための検討が行われ、その結果、次の２条件が満たされる場合に、併入しても技術的に問題ないとの基本的な考え方が示された。即ち、

①コージェネレーションシステムの併入によって供給信頼度（停電等）、電力品質（電圧、周波数、力率）の面で他の電力需要家に悪影響を及ぼさないこと。

②コージェネレーションシステムの併入によって公衆および作業者の安全確保と、電力供給設備あるいは他の熱需要家の設備の安全に悪影響を生じないこと。

であり、このような条件を満たすために必要な具体的事項を示した「系統連系技術要件ガイドライン」が発行され、資源エネルギー庁公益事業部達（1986年8月1

日付）により連系に際してはこのガイドラインにより運用されることになった。

このガイドラインは電気事業法に基づく技術基準を遵守した上で、コージェネレーションシステムを商用電力系統と連系する場合の技術的要件を示すもので、ガスタービン・ガスエンジン・ディーゼルエンジン等の回転機を用いたコージェネレーションシステムを高圧以上の商用電力系統と連系する場合に適用される。

２－３　コージェネレーションシステムの評価手法

（１）建築設備システムの評価指標

建築は必ずある目的の上に造られるものであるから、その目的に適合するような諸要素を備えたものである必要があり、また、建築内部空間さらには建築外部空間に対しても豊かな環境を造り出すものでなければならない。即ち、目的にかなう物理的要素と美的要素を伴ったものであることが必要となる。一般的には、美的要素として形・色・寸法があり、これらの調和に対しては意匠が対応する。また、物理的要素は、スペースの他、快適のための物理的要素と安全のための物理的要素から構成されると考えられる。

以上から、建築設備システムは、建築を構成する諸要素のうち、人間を最も近い範囲で取り巻く空間の物理的要素を対象とするものであって、建築空間を最も安全で快適な状態として保つための役割を演ずるものと言うことができる。

コージェネレーションシステムは建築設備システムを構成するものであり、建築設備システムの一般的な指標として、以下に、安全性・快適性について述べる。

①安全性

建築物に係わるすべての人・物に対して安全な空間を提供することは、建築計画上最低限の条件であると考えられる。災害時における被害の最小化とともに、日常においても関係者の健康を損わず、関係物に影響を与えないことが重要である。建築設備システムはエネルギーを扱うものであり、エネルギーの搬入・貯蔵・変換・供給・利用・排出の全ての経路における事故防止等について考慮する必要がある。

②快適性

建築設備システムは、目的とする機能、即ち、空気調和設備、給排水衛生設備、電気設備が建築物の関係者または関係物にとって満足のいく状態を与える場合には利便性を満たすものであり、特に優れた機能を発揮する場合に快適性を満たしていると言うことができる。

ここで、建築設備システムにとって、安全性がシステムの前提条件であり、快適性がシステムの目的であることを考慮すると、これらはシステムの設計条件として捉えられ、与えられた設計条件下で望ましいシステムを設計するための指標として効率・経済性が考えられる。また、その際、建築設備システムが安全性および快適性に対して本来の能力を発揮するためには、定期点検等のメインテナンスを行う必要があり、これを含めた効率・経済性として検討される必要がある。

③効率・経済性

建築設備システムにおいては、無駄のない効率的なシステムが望ましいものであり、そのようなシステムは、一般的には、費用のかからない経済的なシステムとなる。

（２）本研究におけるコージェネレーションシステムの評価手法

コージェネレーションシステムの評価に当たっては、２－２で述べたコージェネレーションシステムの位置付けを考慮すると、システムにおけるエネルギー流量を基礎とした指標を取り上げるべきと考えられる。また、前項で述べたように、安全性がシステムの前提条件であり、快適性がシステムの目的であることを考慮すると、これらはシステムの設計条件として捉えられ、与えられた設計条件下でシステムを評価するための指標として効率・経済性を取り上げる必要がある。

本論文では、システム評価に当たり最も基礎的なエネルギー利用効率について検討することとした。総合的な経済性についても、ランニングコストの算定はエネルギー利用効率を基礎とするものであるからである。

コージェネレーションシステムは、発電に伴い発生する排熱を回収して利用することから、従来のシステムと比較して一次エネルギー消費量を低減させ得るものである。この省エネルギー性を評価するための指標として、本論文では、省エネルギー率・排熱回収率・排熱利用率・総合熱利用効率を取り上げた。また、経済性を反映する指標として、発電容量当たりの省エネルギー率・設備稼働率を取り上げている。表－２－３に本研究におけるコージェネレーションシステムの評価指標をまとめる。

建築物におけるコージェネレーションシステムの適用をエネルギーの流量から評価するに当たっては、民生建築物のエネルギー需要、即ち、電力需要と熱需要のバランスおよびそれらが独立して変動することを考慮する必要があり、先の評価指標についても、毎時のエネルギー需要に基づいて算定することが重要となる。このようなことから、本論文では、建築物におけるエネルギー需要の時間的変動を考慮したシミュレーション（数値実験）により評価を行うこととした。

表－２－３　本研究におけるコージェネレーションシステムの評価指標

省エネルギー率：$S = (Q_1 - Q_2) / Q_1 \times 100$ (%)
　　Q_1：従来システムにおける入力エネルギー量
　　Q_2：コージェネレーションシステムにおける入力エネルギー量
排熱回収率：駆動源への入力エネルギー量に対する回収排熱量の割合
排熱利用率：回収排熱量に対する利用排熱量の割合
設備稼働率：各システム構成機器について、１時間ごとの負荷を機器容量で除した値
　　（機器が稼働しない時間帯の稼働率は 0%とする。）

2－4　コージェネレーションにおけるエネルギー利用評価の基礎

コージェネレーションシステムでは、発電に伴い発生する排熱を回収・利用するため、エネルギーの総合熱効率を70～80％まで高められ、この点で系統電力における火力発電所のシステム（発電効率35～45％程度）と比較されることが多い。しかし、建築物におけるコージェネレーションシステムの適用を考える場合、従来システムの熱源であるボイラーの効率（80～90％程度）を含めて検討を行わなければ、電力・熱需要に対するシステム効率の評価とは成り得ない。そこで本節では、コージェネレーションシステムにおけるエネルギー有効利用評価の基礎として、一定条件下において得られる省エネルギー効果について検討し、建物用途と適用システムの関係について考察する。

２－３でも述べたように、民生建築物におけるコージェネレーションシステムのエネルギー利用評価には、エネルギー需要の時間的変動およびシステムの部分負荷特性が大きく影響すると考えられるが、これらを一定と仮定した場合、省エネルギー効果は、以下で述べるように、簡単な一次式の展開で求められる。

まず、検討する任意の建築物の電力需要量をＡ（kWh／h）、熱需要をＢ（kcal／h）とする。従来システムとして系統電力からの買電とボイラーの組み合わせを考えると、電力需要に関するエネルギー消費熱量Q_{1A}（kcal／h）は、

$$Q_{1A} = \frac{A \times 860}{\eta_T}$$

ここに、η_T：送配電による熱損失を考慮した商用系統電力の受電端の熱効率

また、熱需要に関するエネルギー消費熱量Q_{1B}（kcal／h）は、

$$Q_{1B} = \frac{B}{\eta_B}$$

ここに、η_B：ボイラー効率

従って、従来システムにおけるエネルギー消費熱量Q_1（kcal／h）は、

$$Q_1 = Q_{1A} + Q_{1B} = \frac{A \times 860}{\eta_T} + \frac{B}{\eta_B}$$

と表わされる。

次に、電力需要に合わせて運転を行う（電力追従方式）コージェネレーションシステムの場合について考えると、電力需要に対するエネルギー消費熱量Q_{2A}（kcal／h）は、

$$Q_{2A} = \frac{A \times 860 \times (1-k)}{\eta_T} + \frac{A \times 860 \times k}{\eta_P}$$

ここに、k　：電力需要に占める自家発電量の割合（$0 \leqq k \leqq 1$）

η_P：自家発電効率

熱需要に対するエネルギー消費熱量Q_{2B}（kcal／h）は、発電に伴う排熱の回収を考慮して、

$$Q_{2B} = \frac{B - \frac{A \times 860 \times k}{\eta_P} \times (\eta_C - \eta_P)}{\eta_B}$$

ただし、$Q_{2B} < 0$の時は$Q_{2B} = 0$

ここに、η_C：コージェネレーションシステムにおける総合熱効率（発電電力の熱量換算値と回収排熱量の和を使用燃料の発熱量で除した値）

従って、コージェネレーションシステムにおけるエネルギー消費熱量Q_2（kcal／h）は、

$Q_{2B} > 0$の時、

$$Q_2 = Q_{2A} + Q_{2B} = A \times 860 \times \left(\frac{1-k}{\eta_T} + \frac{k}{\eta_P} - \frac{k \times (\eta_C - \eta_P)}{\eta_B \times \eta_P} \right) + \frac{B}{\eta_B}$$

$Q_{2B} \leqq 0$の時、

$$Q_2 = Q_{2A} = A \times 860 \times \left(\frac{1-k}{\eta_T} + \frac{k}{\eta_P} \right)$$

で表わされる。

式(1)～(3)を用いて、省エネルギー率S（％）は次式で算定される。

$$S = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$$

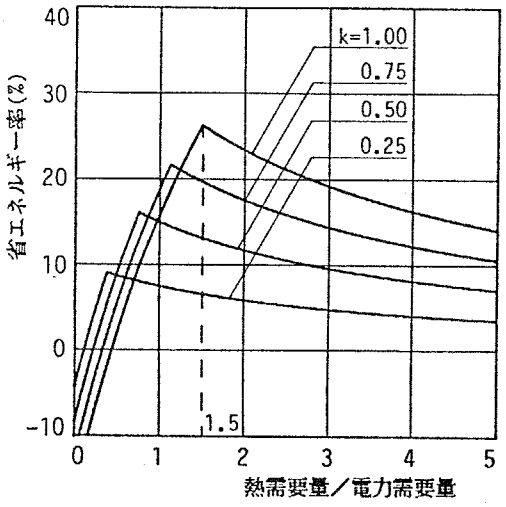
各効率の一般的な値として、$\eta_T = 0.35$、$\eta_B = 0.90$、$\eta_C = 0.75$を設定し、$\eta_P = 0.30$（エンジンを想定）と$\eta_P = 0.20$（タービンを想定）の場合について省エネルギー率を算定した結果を図－２－５に示す。ここでは、横軸に熱需要量と電力需要量（熱量換算値）の比をとり、縦軸に省エネルギー率をとっている。４本の曲線は、電力需要量に占める自家発電量の割合を25、50、75、100％と変化させたもので、電力需要をすべてコージェネレーションシステムで賄った場合に、最も高いピークを有する曲線が得られている。最大の省エネルギー率は、$\eta_P = 0.30$の場合に26％、$\eta_P = 0.20$の場合には15％程度であり、その際、電力需要量に対する熱需要量の割合は、各々、1.50、2.75となる。

次に、買電を行わないコージェネレーションシステムにおいて、自家発電効率を変化させた場合（0.15～0.45）の省エネルギー率の算定結果を図－２－６に示す。自家発電効率が高い程省エネルギー率が大きく、ピーク値でみて$\eta_P = 0.45$の場合には38％と、$\eta_P = 0.15$の場合と比較して30％程度の差を生じている。

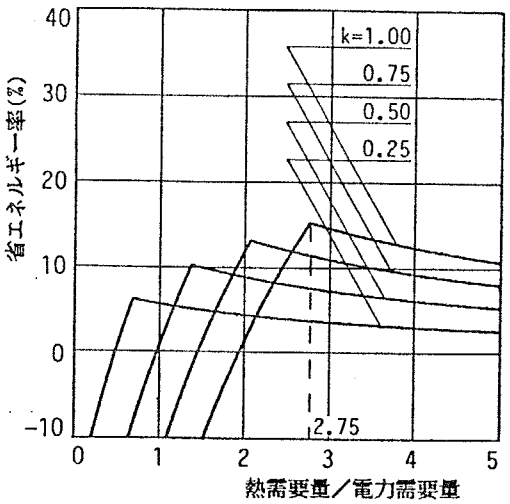
現状において、コージェネレーションシステムの自家発電効率は、民生部門を対象とする場合、0.20（タービン）～0.30（エンジン）程度であるが、図－２－６によると、効率の高い$\eta_P = 0.30$の場合でも、熱需要量と電力需要量との比率が1.50より小さくなると省エネルギー効果が急激に低下している。このことは、ホテル等の比較的熱需要の大きな建物用途へのコージェネレーションの適用例が

多いことと符合するとともに、事務所のように熱需要の比較的小さい建物用途への適用を考える場合には、自家発電効率の高いシステムとすることが必要であることを示していると言える。

以上の基礎的検討では、熱機関等の効率や電力・熱利用の割合を基に、コージェネレーションシステムによって得られる省エネルギー効果について述べたが、ここで得られた値は、初期条件（一定需要、一定効率）を考慮すると、省エネルギー効果の上限値と考えられる。実際の建物においては、電力・熱需要に季節および時刻変動があり、また、発生したエネルギーを全て利用できるとは限らないため、上述の省エネルギー効果はより小さなものになることが予想される。従って、コージェネレーションシステムの民生建築物への適用に際しては、建物の電力・熱需要特性の他、システムの部分負荷時の効率を考慮した評価が必要となる。

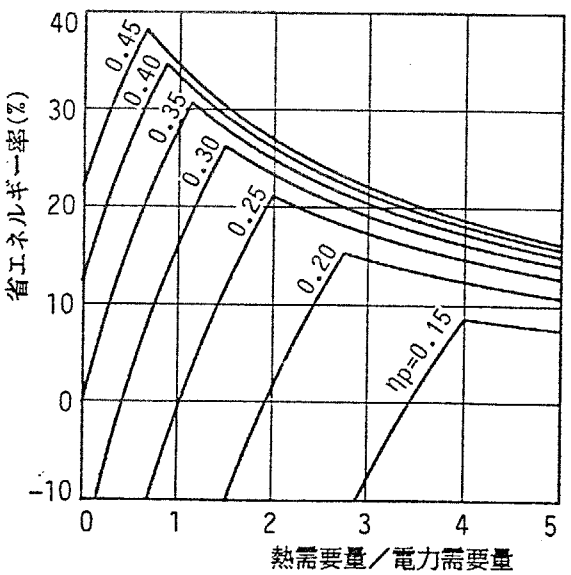


(1) 発電効率30%の場合



(2) 発電効率20%の場合

図－２－５　省エネルギー率の算定結果



図－２－６　発電効率による省エネルギー率の変化

２－５　まとめ

本章においては、建築設備システムとしてのコージェネレーションシステムについて、まず、エネルギーの総合効率を向上させることを目的とした熱回収システムとして位置付け、建築計画上配慮すべき点や環境保全性をはじめとする問題点について述べた。

次に、コージェネレーションシステムの評価指標として、特に、従来システムに対する省エネルギー効果を取り上げたことを述べ、その評価に当たっては、建築物における電力・熱需要の時間的変動や量的なバランスを考慮する必要のあることを述べた。

さらに、コージェネレーションによるエネルギー利用評価の基礎として、建築物における熱・電力需要の比率と省エネルギー効果の関係について検討した。

[参考文献]

1) コージェネレーション VOL.4 NO.1、日本コージェネレーション研究会、1989年

2) 早川一也、中根滋：コージェネレーションハンドブック、井上書院、1989年

3) 中島康孝、紀谷文樹、仁平幸治：建築設備、朝倉書店、1987年

4) 岡崎俊春：オンサイトエネルギーシステムに関する基礎的研究（エネルギーの利用効率から見た設計手法の検討）、東京工業大学学位論文、1980年

5) 建設省住宅局建築指導課：建築物に係るコージェネレーションシステムの導入指針、（財）住宅・建築省エネルギー機構、1989年4月

6) コージェネレーション計画マニュアル、日本コージェネレーション研究会、1988年9月

第３章　建築物のエネルギー需要に関する解析

３－１　建築物におけるエネルギー需要

（１）エネルギーを使用する建築設備機器　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・４７

（２）文献調査に基づく建物用途別のエネルギー需要　・・・・・・・・・・・・・４９

３－２　事務所およびホテルにおけるエネルギー需要の実態調査

（１）調査概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・５４

（２）電力・蒸気・冷水使用量データの解析　・・・・・・・・・・・・・・・・・６７

３－３　エネルギー需要のパターン化

（１）エネルギー需要のパターン化手法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・９６

（２）年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンの作成・・・・・・・・・・１０４

３－４　熱電力需要比率からみた建築物のエネルギー需要

（１）熱電力需要比率の定義　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１１

（２）エネルギー需要の発生分布　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１１３

３－５　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２０

３－１　建築物におけるエネルギー需要

（１）エネルギーを使用する建築設備機器

建築物においてエネルギーを使用する機器を、一般的な設備の分類に基づいて整理すると以下のようになる。

①空気調和・換気設備

・熱源機器

…ボイラー、冷凍機、ヒートポンプ、冷却塔、ポンプ、全熱交換器等

・空調機器

…空調機、ファンコイルユニット、給排気ファン等

・換気設備

…給排気ファン、加熱・冷却コイル等

・排煙設備

②給排水・衛生設備

・給排水設備

…揚水ポンプ、排水ポンプ、湧水ポンプ、井戸ポンプ等

・給湯設備

…給湯ボイラー、湯沸し器、電気温水器、循環ポンプ、貯湯槽等

・浄化槽設備

…撹拌機、ブロワー、ファン、ポンプ等

・消火設備

③電気設備

・電源

…変圧器、発電機、蓄電池等

・照明

…一般照明、外灯等

・コンセント

…事務機器、机上照明、小型計算機、視聴覚設備等

・弱電設備

…電話、時計、通信等

・輸送設備

…エレベーター、エスカレーター等

・搬送設備

…ダムウェーター、エアシューター、クレーン等

・防災設備

…火災報知器、非常照明、避難誘導灯等

・防犯設備

以上の他にも、建物用途による特殊設備として、コンピューター・厨房設備・プール設備・医療機器・計測機器等のエネルギーを消費する機器がある。

（２）文献調査に基づく建物用途別のエネルギー需要

前項で挙げたように、建築物においては非常に多くのエネルギー使用機器が設置される。個々の設備機器について、その稼働状況やエネルギー消費量を捉えることは困難であり、また、そのような調査事例はほとんどないが、建築物全体としてのエネルギー消費量調査については多くの報告がなされている。

エネルギー消費量調査の報告としては、まず、尾島・根津[1)-4)]による一連の研究が挙げられる。都市における諸施設を対象として、生産施設・ごみ焼却施設・建物の熱消費および熱排出指標に関する調査を行っており、月別や時刻別のエネルギー消費量についても一部報告されている。その他にも尾島[5)-9)、13)-16)]、井上[10)]、相良・中原[11)]、片山[12)]らの調査研究が行われている。また、日本ビルエネルギー総合管理技術協会による「建築物エネルギー消費量調査報告書」による報告もある（表－３－１）。しかしながらこれらの報告には、年間のエネルギー消費量を建物用途や建築設備機器の稼働状況と対応させたものやエネルギー消費量と気候の関係について論述したものが多く、コージェネレーションシステムの建築物への適用をエネルギー有効利用の面から把握するためのベースデータとは成り得ない。

２－３でも述べたように、システムシミュレーションによるエネルギー有効利用評価に当たっては、建築物の電力・熱需要の年間を通じた時刻別の変動特性とともに量的なバランスを把握する必要があるが、エネルギー（電力、温熱、冷熱）需要量を年間・時刻別に調査した報告としては、早川・岡崎[17)]、垂水・早川[18)]らの研究がみられるに過ぎない。前者では、東京都内の８事務所におけるエネルギー使用量の実態調査（1971～1975年）から、

・平日昼間（または定常）における日平均としてのエネルギー使用量は、その期待値（平均値）および標準偏差として、月別に捉えることができる。

・１日の時刻別変動は、平日昼間（または定常）エネルギー使用量の期待値に対する比としての時刻別期待値（平均値）および標準偏差として曜日別に捉えることができる。

の特性を得ており、さらに、一般電力需要・冷房用熱需要・暖房給湯用熱需要の月別および時刻別の変動パターンを作成している（図－３－１）。

また、後者では、池袋副都心再開発地区地域冷暖房における実態調査（1980～1981年）より、事務所・ホテルを含む民生建築物の月別・時刻別の温熱需要量および冷熱需要量を得ている。（なお、電力使用量については調査されていない。）このうち事務所およびホテルにおける時刻別温冷熱需要量を図－３－２に示す。建物用途により比較すると、温熱需要量について、事務所においては午前10時頃に尖塔負荷を生じた後、徐々に減少する傾向があり、ホテルでは午前8時頃と午後22時頃に２つのピークを有するものの24時間を通じて需要が存在する等の特徴が認められている。

以上、文献調査による建築物のエネルギー需要について述べたが、本研究の主題であるエネルギー有効利用に基づくシステム評価を進めるに当たって、システムシミュレーションによる必要入力エネルギー量評価の基礎データとなるエネルギー需要に関しては、

・需要特性の大きく異なる複数の建物用途についてのデータが望ましい。

・単体建築物における電力・温熱・冷熱の各需要の年間・時刻別の変動および量的なバランスの把握が必要である。

の理由から、エネルギー消費量に関する実態調査を行うこととした。ここでは、既往の研究を参考に、エネルギー需要特性の異なる建物用途としては、事務所とホテルを取り上げている。

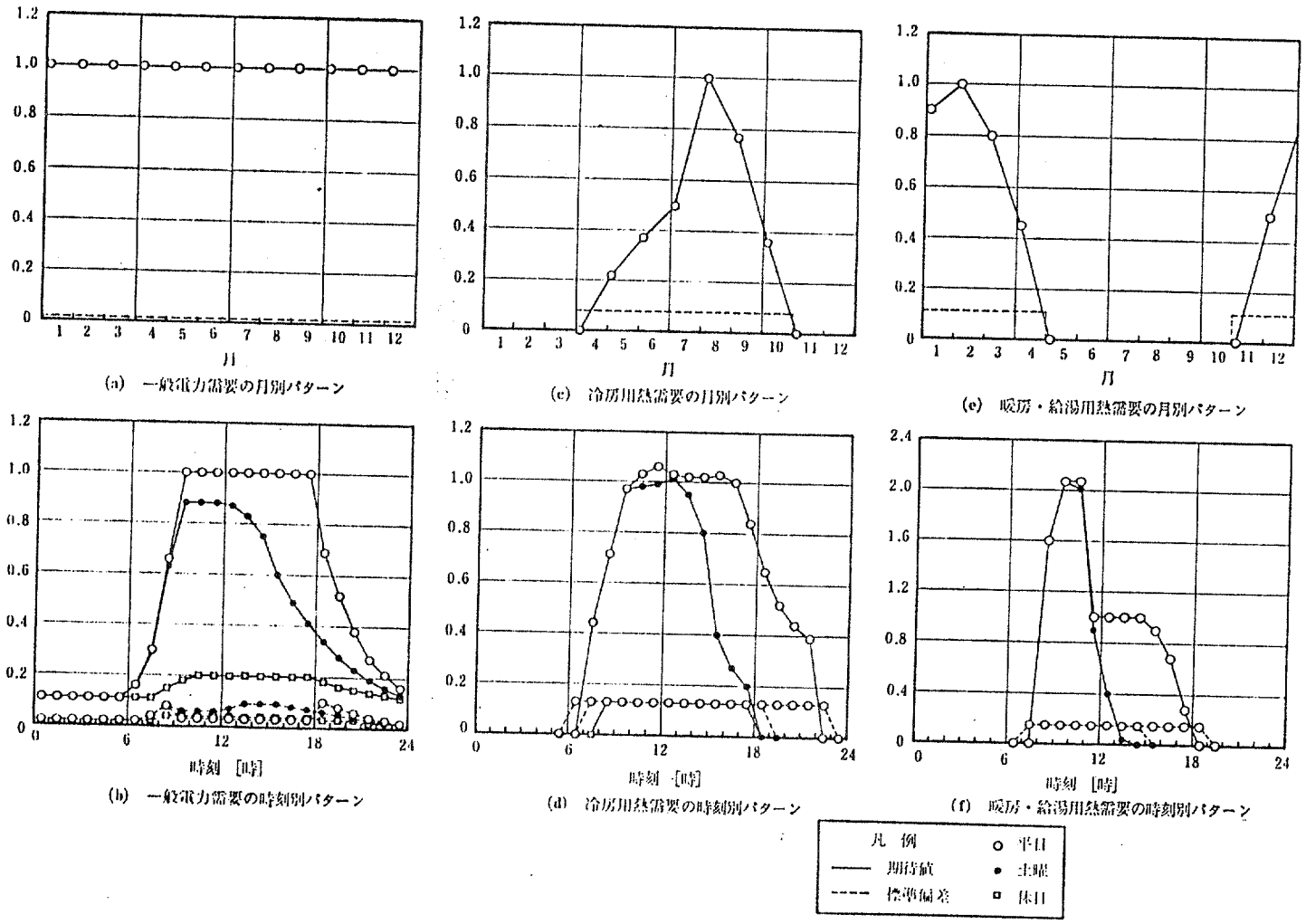
表－３－１　エネルギー別消費量と原単位の例
（昭和62年度建築物エネルギー消費量調査報告書）

(1) 事務所

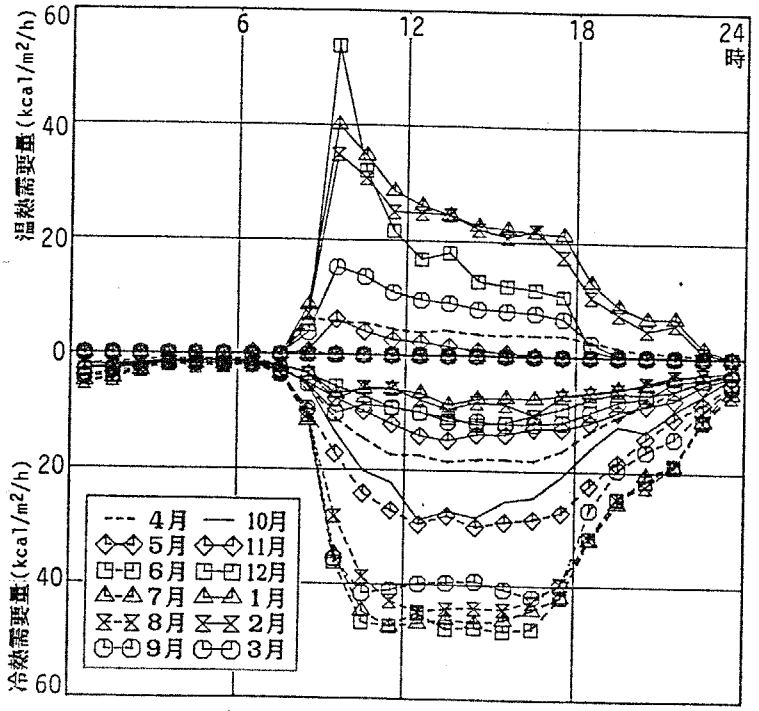
電気	資料数		484		(2SDカット資料数	466)
	有効延面積		5,886,843		m²	
	総消費量（年間）		9.99×10^8	kWh/Y	2.45×10^9	Mcal/Y
	原単位	平均値	170	kWh/m²・Y	416	Mcal/m²・Y
		単純平均値	161	kWh/m²・Y	395	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	138	kWh/m²・Y	339	Mcal/m²・Y
ガス	資料数		419		(2SDカット資料数	415)
	有効延面積		5,006,742		m²	
	総消費量（年間）		5.95×10^7	m³/Y	2.68×10^8	Mcal/Y
	原単位	平均値	11.9	m³/m²・Y	53.5	Mcal/m²・Y
		単純平均値	10.5	m³/m²・Y	47.2	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	9.18	m³/m²・Y	41.3	Mcal/m²・Y
油	資料数		271		(2SDカット資料数	265)
	有効延面積		3,013,560		m²	
	総消費量（年間）		1.84×10^7	l/Y	1.82×10^8	Mcal/Y
	原単位	平均値	6.09	l/m²・Y	60.3	Mcal/m²・Y
		単純平均値	6.11	l/m²・Y	60.4	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	5.59	l/m²・Y	55.3	Mcal/m²・Y
合計	資料数		486		(2SDカット資料数	465)
	有効延面積		5,927,325		m²	
	総消費量（年間）		*		2.90×10^9	Mcal/Y
	原単位	平均値	*		489	Mcal/m²・Y
		単純平均値	*		468	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	*		405	Mcal/m²・Y

(2) ホテル

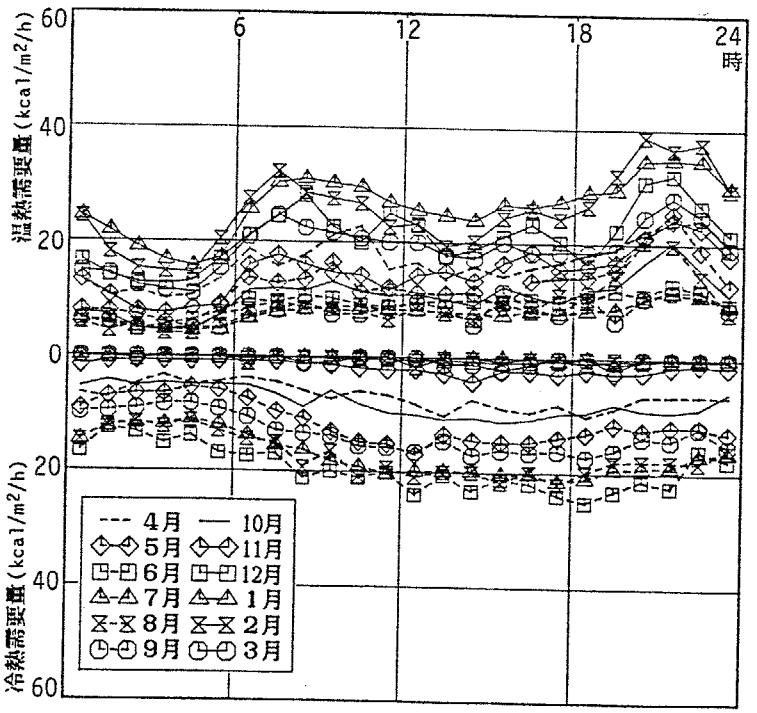
電気	資料数		44		(2SDカット資料数	43)
	有効延面積		742,201		m²	
	総消費量（年間）		1.53×10^8	kWh/Y	3.74×10^8	Mcal/Y
	原単位	平均値	206	kWh/m²・Y	504	Mcal/m²・Y
		単純平均値	170	kWh/m²・Y	417	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	163	kWh/m²・Y	401	Mcal/m²・Y
ガス	資料数		40		(2SDカット資料数	36)
	有効延面積		708,333		m²	
	総消費量（年間）		1.54×10^7	m³/Y	6.93×10^7	Mcal/Y
	原単位	平均値	21.7	m³/m²・Y	97.8	Mcal/m²・Y
		単純平均値	22.5	m³/m²・Y	101	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	15.6	m³/m²・Y	70.1	Mcal/m²・Y
油	資料数		32		(2SDカット資料数	30)
	有効延面積		488,166		m²	
	総消費量（年間）		1.42×10^7	l/Y	1.41×10^8	Mcal/Y
	原単位	平均値	29.2	l/m²・Y	289	Mcal/m²・Y
		単純平均値	26.3	l/m²・Y	260	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	26.0	l/m²・Y	257	Mcal/m²・Y
合計	資料数		44		(2SDカット資料数	42)
	有効延面積		742,201		m²	
	総消費量（年間）		*		5.84×10^8	Mcal/Y
	原単位	平均値	*		787	Mcal/m²・Y
		単純平均値	*		698	Mcal/m²・Y
		2SDカット値	*		677	Mcal/m²・Y



図－３－１　エネルギー需要変動パターンの例



(1) 事務所



(2) ホテル

図－３－２　エネルギー消費量調査の例

３－２　事務所およびホテルにおけるエネルギー需要の実態調査

（１）調査概要

コージェネレーションシステムのエネルギー利用評価にあたっては、２－３で述べたように、建築物のエネルギー需要を構成する電力・温熱・冷熱の各需要量に基づいたシステムへの必要入力エネルギー量の算定が基礎となる。また、このエネルギー需要量は、時間的な変動を考慮したものでなければならず、さらに、各需要の量的な比率がシステムのエネルギー利用評価に大きく影響する。

そこで、建築物における電力・温熱・冷熱需要について、季節別・曜日別・時刻別の変動特性および各需要の量的なバランスについて把握することを目的としたエネルギー使用量の実態調査を行い、統計解析によって検討した。なお、実態調査の対象とした建物用途は、エネルギー需要特性が大きく異なると考えられる事務所およびホテルの２種類であり、共に東京都区内に位置するものである。

①事務所（Ａビル）

実態調査を行った事務所は、東京都中央区銀座にあるＡビル内にある。この建築物は、表－３－２および図－３－３～図－３－４に建築概要を示す通り、Ｎ社（23862m²）とＳ劇場（11124m²）による区分所有ビルであり、地下に地域冷暖房プラントを有しており、蒸気および冷水の供給を行っている。このビルの空調換気設備については、原則的には専有としての設備区分が明確化されており、一方で防災設備・給排水設備の一部を共用として省スペース化を図っている。また、電力・蒸気・冷水・水・ガス等のエネルギー使用量に関しては、全て計量され、中央監視室のコンピューターにより料金計算が行われる。

地域冷暖房プラントは、地下５階の熱源機械室（約750m²）と地下２階の監視

室（約300m²）からなり、熱源機械は、

ガス焚炉筒煙管蒸気ボイラー	7.2 ton／hour	× 2基
	3.6 ton／hour	× 2基
蒸気吸収式冷凍機	550 USRT	× 2基
	500 USRT	× 1基

の構成からなり、蒸気（8.0kg／cm²）および冷水（7℃）を供給するものである。

本調査では、1988年４月～1989年３月における年間・時刻別の電力・蒸気・冷水の使用量を、電力日報および空調日報から得ている。それぞれの日報リストの例を表－３－３および表－３－４に示す。

また、事務所の場合には、エネルギー消費量が平日と休日で大きく異なることが予想され、同期間の稼働日数についても資料を入手した。図－３－５にＮ社の年間の稼働予定を示す。

②ホテル（Ｂホテル）

ホテルについては、東京都港区北赤坂のＢホテルを対象とした。延床面積約10万m²、地上36階・地下3階の高層ホテルである。建築概要・施設概要を、表－３－２および図－３－６～図－３－７に示す。この建築物においては、電力は電力会社からの買電（契約電力3300kW）で賄われ、防災用・保安用として1200kWの発電設備（単純開放サイクル１軸式タービン2000PS、回転界磁形同期発電機1500kVA）を有している。温熱および冷熱については、地域熱源プラントより年間を通じて24時間の供給を受けている他、一部自己熱源として水冷ヒートポンプパッケージと水冷チラーを採用している。

温熱源としての蒸気（7.5～8.5kg／cm²）は、プラントより地下ピット内を通じて地下３階サブステーションおよび屋上階二次側分岐機器へ供給され、さらに減圧蒸気（2kg／cm²他）または熱交換による温水として建物内に供給される。冷

熱源としての冷水（6～7℃）についても蒸気と同様に地下ピット内を通じて、地下３階、地下２階のサブステーションおよび４階の二次側分岐機器へ供給される。この建物では直接利用方式を採用しているため、二次側機器への送水は、地下３階～４階系統へはプラントの圧力を利用し、５階～20階系統へは地下２階設置の二次冷水ポンプにて供給し、屋上階系統へは４階に設置したブースターポンプにて昇圧し供給される。21階～36階系統へは屋上階に設置した二次冷水ポンプにて供給される。図－３－８に蒸気・温水・冷水の系統を示す。

このホテルにおいても、コンピューターによる中央管理方式が行われており、エネルギーの消費量については、パーソナルコンピューターにより定時日報としてのデータが作成される。事務所と同様に、1988年４月～1989年３月の年間・時刻別の電力・蒸気・冷水使用量を、電気日報および空調日報から入手した。日報リストの例を表－３－５に示す。

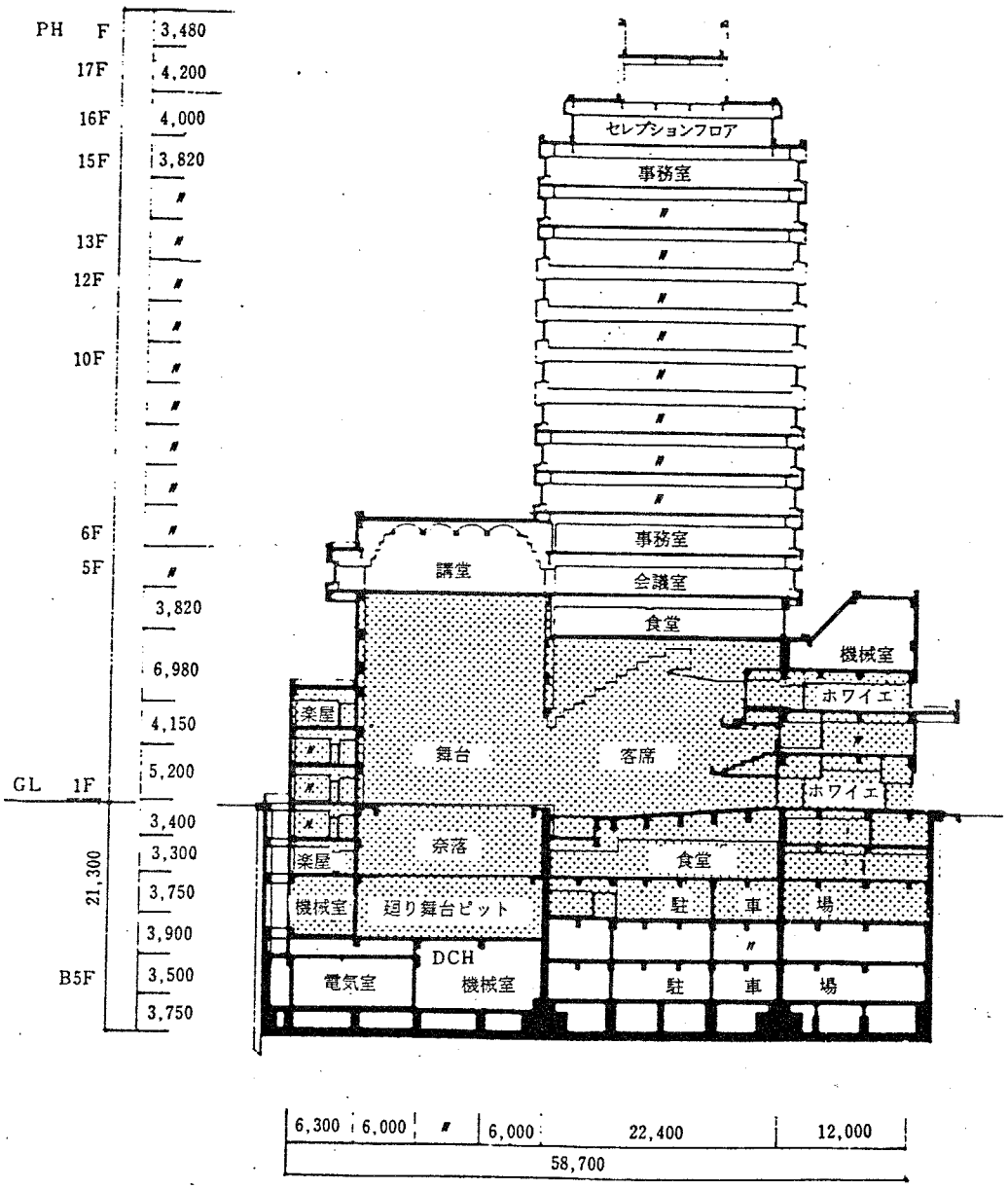
表－３－２　エネルギー消費量調査対象建築物の建築概要

(1) Aビル

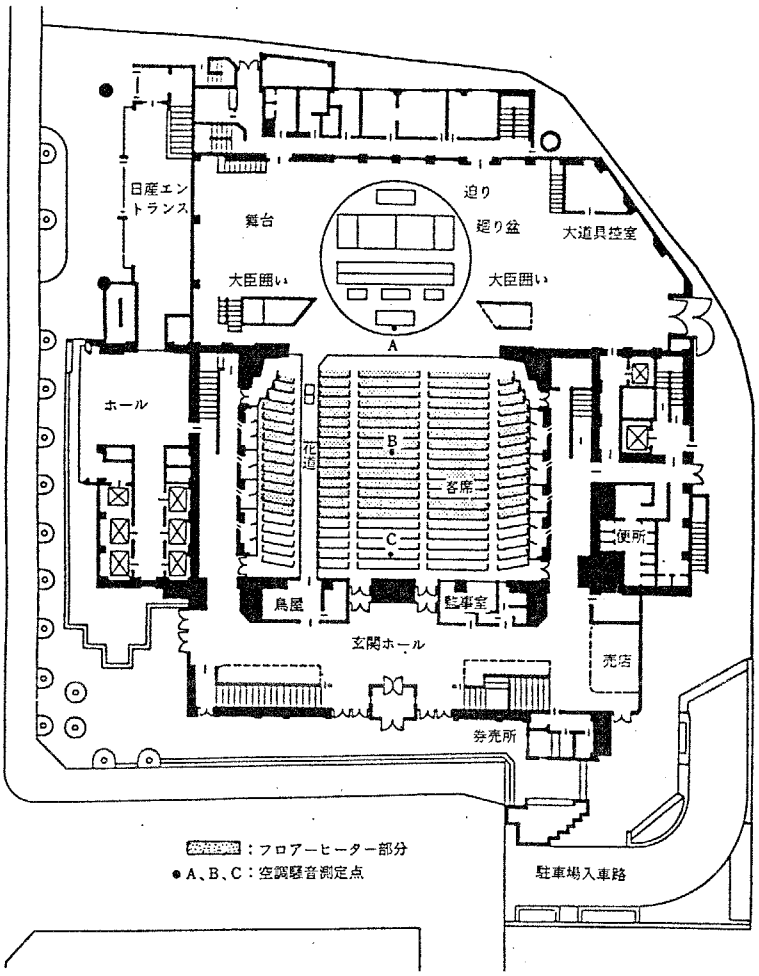
所在地	東京都中央区銀座
竣工年月	昭和57年3月
規模	敷地面積　4654m² 延床面積　38923m² N社　23862m² S劇場　11124m² 共用部　2865m² 地域冷暖房　1072m²
階数	地下　5階（高さ21m） 地上　17階（高さ74m）
用途	N社　事務所（1,4～17階） 駐車場（地下4,5階） S劇場　（地下3階～3階） 地域冷暖房　（地下5,2階） 飲食（10施設）
使用時間	N社　平日　8:30～17:30 昼休　12:00～13:00 土曜　8:30～12:00 休日（日,各土,祭）

(2) Bホテル

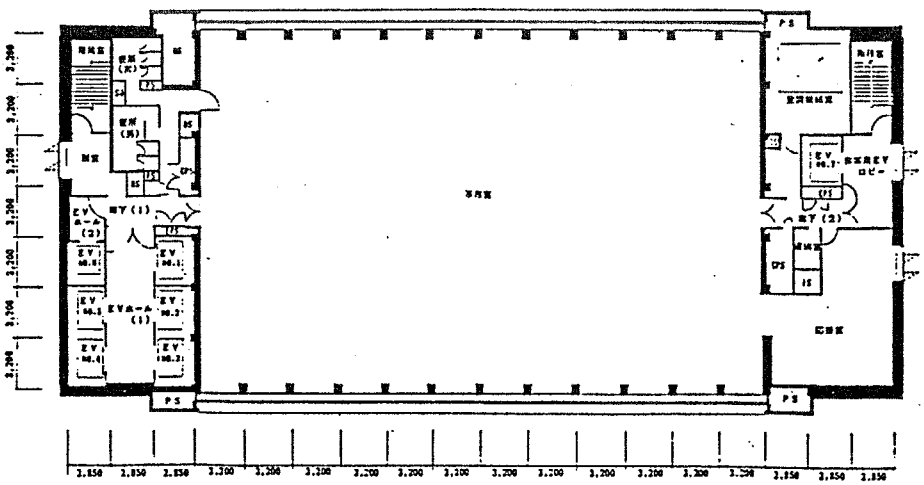
所在地	東京都港区北赤坂
開業	昭和61年6月7日
規模	敷地面積　10984.69m² 建築面積　8940.98m² 延床面積　98331.68m² 基準階面積　1489.95m²
階数	地下　3階 地上　36階 塔屋　2階 （高さ132.85m）
構造	地下3階～地下2階　RC造 地下1階～4階　SRC造 5階～36階　S造
工期	昭和59年3月～61年3月
用途	ホテル（客室数 900） 宴会場（22施設） 飲食店（12施設） その他（プール、駐車場等）


PH F
17F
16F
15F
13F
12F
10F
6F
5F
GL 1F
B5F
3,480
4,200
4,000
3,820
3,820
6,980
4,150
5,200
3,400
3,300
3,750
3,900
3,500
3,750
21,300
セレプションフロア
事務室
事務室
会議室
講堂
食堂
機械室
ホワイエ
ホワイエ
楽屋
舞台
客席
奈落
楽屋
食堂
機械室
廻り舞台ピット
駐
車
場
DCH
電気室
機械室
駐
車
場
6,300
6,000
6,000
22,400
12,000
58,700

図－３－３　Ａビル断面図



(1) 1階平面図



(2) 基準階平面図

図－3－4　Aビル平面図

- April -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	*	*	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

- May -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	*	*	*	*

- June -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	*	*

- July -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	*	*	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	*	*	*	*	*	*

- August -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	*	*	*

- September -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	*	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	*

- October -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	*	*	*	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	*	*	*	*	*

- November -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	*	*	*

- December -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	*	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

- January -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	*	*	*	*

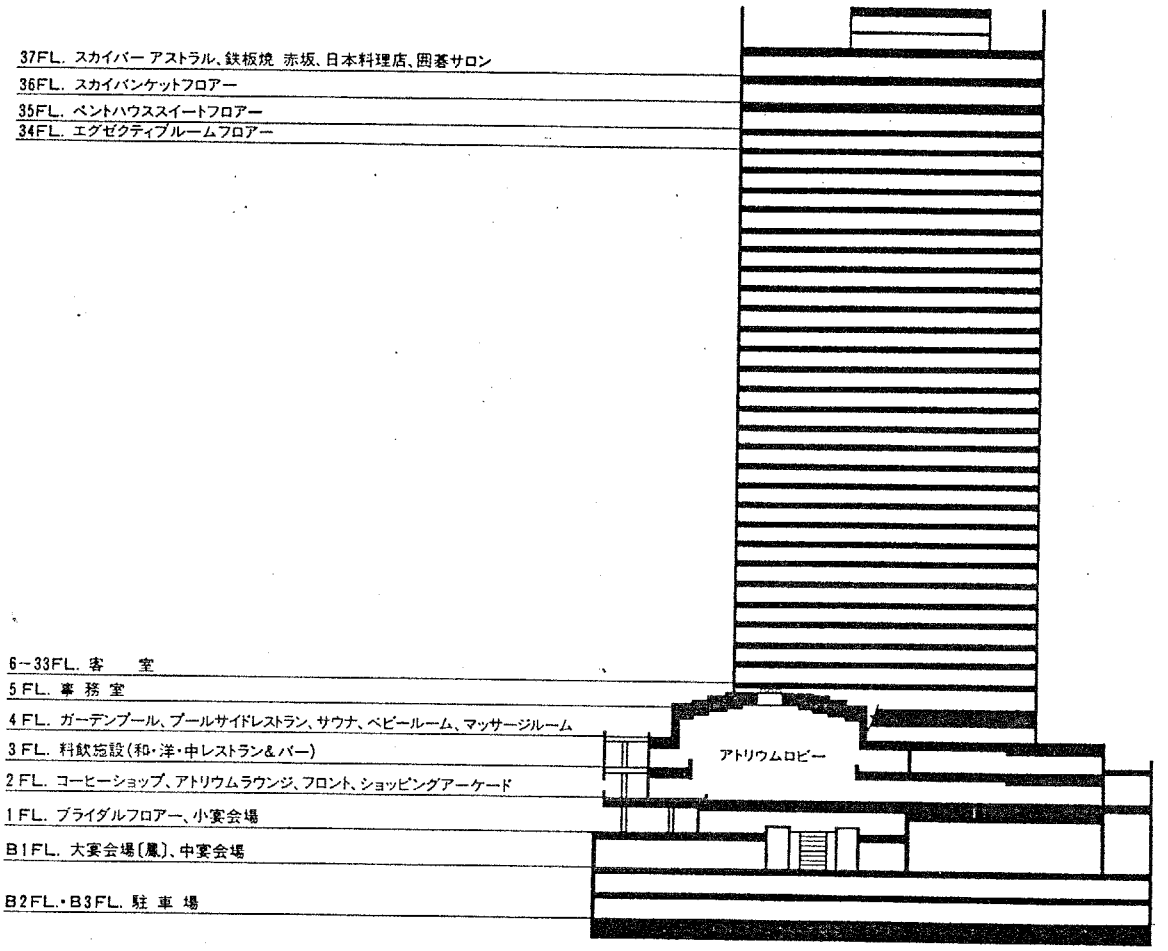
- February -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	*	*	*	*

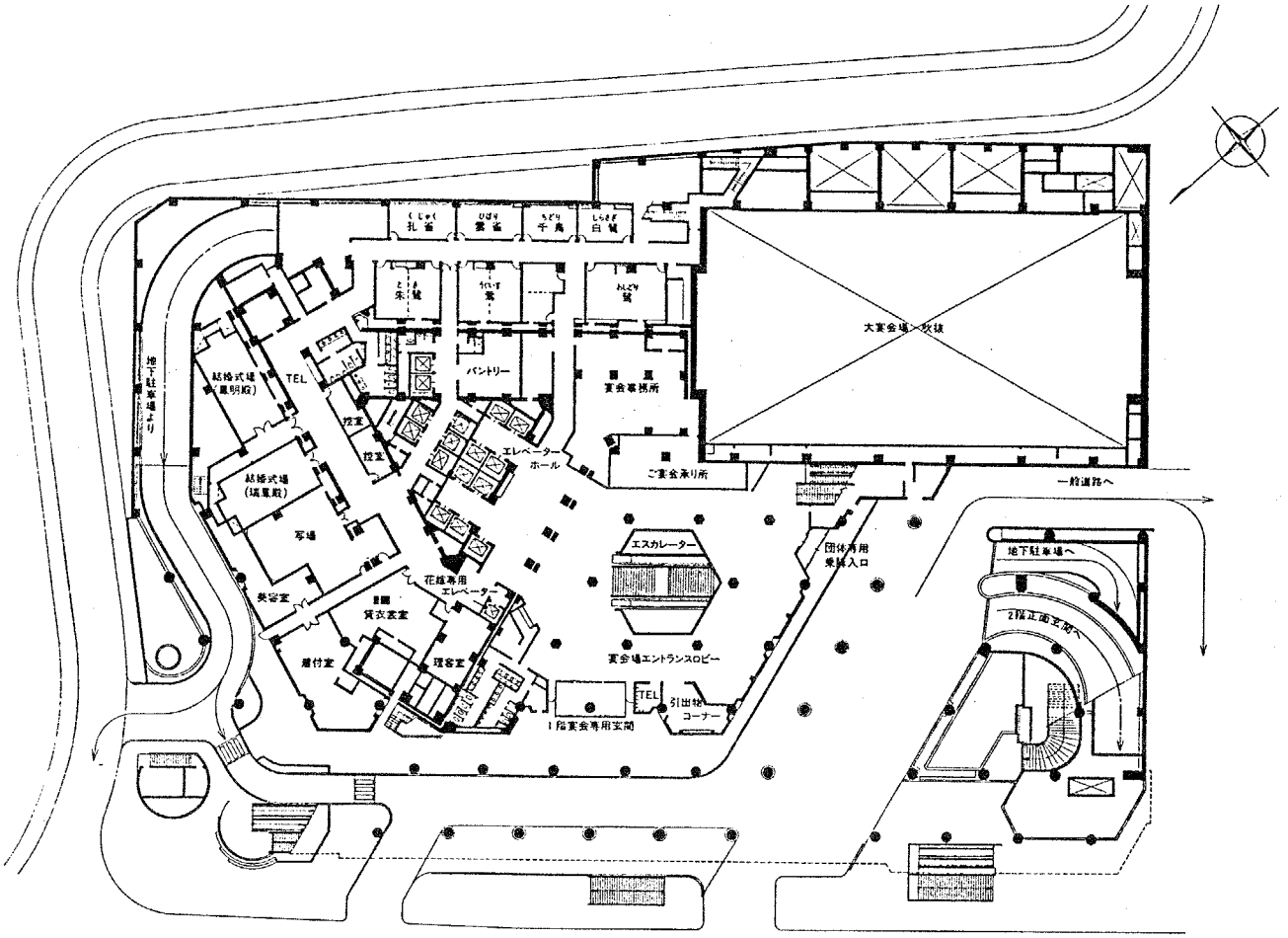
- March -

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
*	*	*	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	*

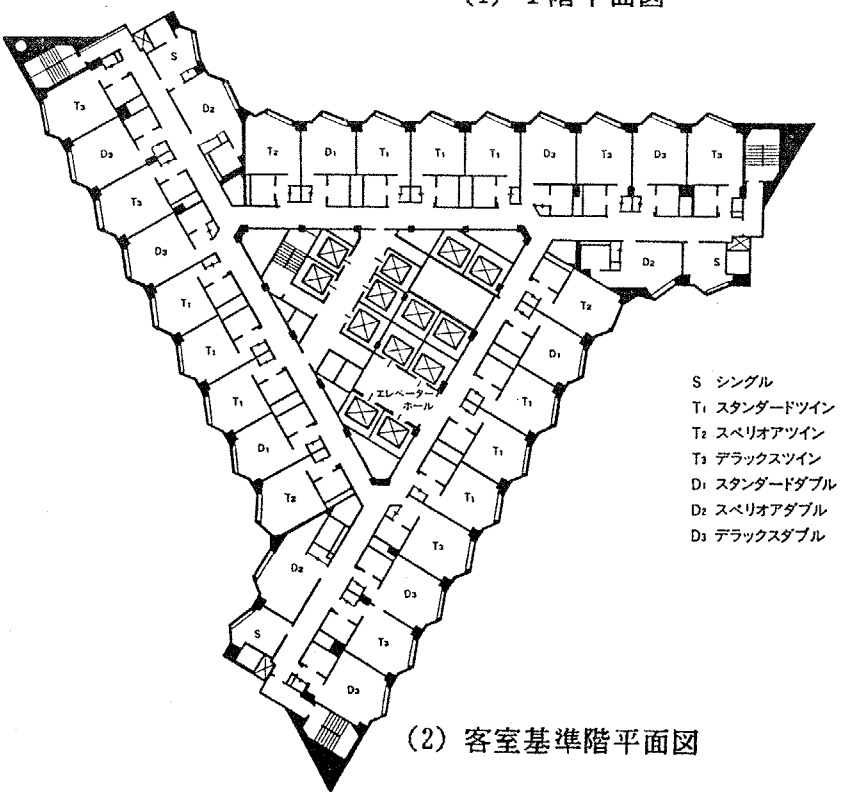
図－３－５　事務所における休日の調査結果（1988年度）
（下線のある日が休日）


37FL. スカイバー アストラル、鉄板焼 赤坂、日本料理店、囲碁サロン
36FL. スカイバンケットフロアー
35FL. ペントハウススイートフロアー
34FL. エグゼクティブルームフロアー
6～33FL. 客　室
5 FL. 事 務 室
4 FL. ガーデンプール、プールサイドレストラン、サウナ、ベビールーム、マッサージルーム
3 FL. 料飲施設(和・洋・中レストラン&バー)
2 FL. コーヒーショップ、アトリウムラウンジ、フロント、ショッピングアーケード
1 FL. ブライダルフロアー、小宴会場
B1FL. 大宴会場(鳳)、中宴会場
B2FL.・B3FL. 駐 車 場
アトリウムロビー

図－３－６　Ｂホテル断面図

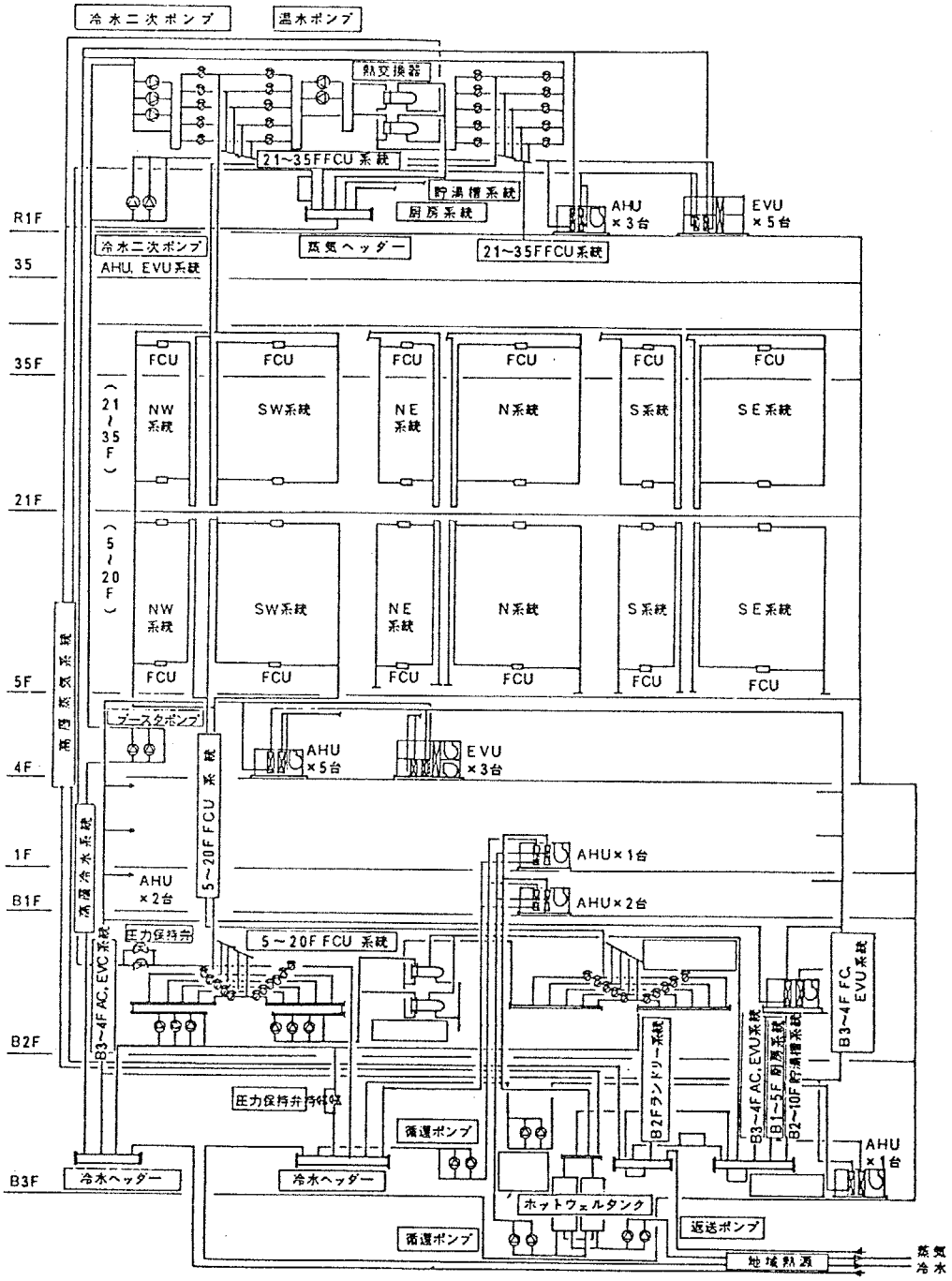


(1) 1階平面図



(2) 客室基準階平面図

図－3－7　Bホテル平面図



図－３－８　Ｂホテルのエネルギー系統

表－３－３　事務所における電力日報リストの例

新橋演舞場
日産自動車株式会社　本社ビル　新館
昭和 63年 6月14日 火曜日　　天候 晴

電　力　日　報

部長	次長	課長	係長	主任	石田	田中
(印) 63.6.16	(印) 63.6.16	(印) 63.6.16	(印) 63.6.16	(印) 63.6.16		

設備名	受電				NW回線	主幹フィーダ			フィーダ S部						フィーダ C部					フィーダ N部							発電機	主変圧器温度	
項目	No1NW電流 (kA)	No2NW電流 (kA)	No3NW電流 (kA)	受電電力量 (×10kWH)	電圧 (V)	F_{M1}電流 (kA)	F_{M2}電流 (kA)	F_{M3}電流 (kA)	F_1電流 (A)	F_2電流 (kA)	F_3電流 (A)	F_4電流 (A)	F_5電流 (A)	F_6電流 (A)	F_7電流 (A)	F_8電流 (A)	F_9電流 (A)	F_{10}電流 (A)	F_{11}電流 (kA)	F_{12}電流 (kA)	F_{13}電流 (A)	F_{14}電流 (kA)	F_{15}電流 (A)	F_{16}電流 (A)	F_{17}電流 (A)	SC電流 (kA)	AG電力量 (×100kWH)	No1 (℃)	No2 (℃)
時刻	ΣA (kA)	ΣW (MW)	ΣVar (MVar)	ΣPF (%)	周波数 (Hz)	F_{M1}電力量 (×100kWH)	F_{M2}電力量 (×100kWH)	F_{M3}電力量 (×100kWH)	F_1電力量 (×10kWH)	F_2電力量 (×10kWH)	F_3電力量 (×10kWH)	F_4電力量 (×10kWH)	F_5電力量 (×10kWH)	F_6電力量 (×10kWH)	F_7電力量 (×10kWH)	F_8電力量 (×10kWH)	F_9電力量 (×10kWH)	F_{10}電力量 (×10kWH)	F_{11}電力量 (×100kWH)	F_{12}電力量 (×100kWH)	F_{13}電力量 (×10kWH)	F_{14}電力量 (×10kWH)	F_{15}電力量 (×10kWH)	F_{16}電力量 (×10kWH)	F_{17}電力量 (kWH)			No3 (℃)	
1:00	0.12	0.09	0.09	21	412	0.09	0.21	0.12	30	0.00	33	4	9	8	7	20	0	144	0.03	0.02	38	0.02	19	9	0.6	0.38	0		
	0.36	0.17	0.02	-88.0	49.8	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	8	0	1	2	1	1	1	0				
2:00	0.12	0.09	0.09	20	412	0.09	0.19	0.12	30	0.00	30	4	9	8	7	20	0	140	0.02	0.03	43	0.02	19	9	0.6	0.38	0		
	0.28	0.17	0.05	-88.0	49.8	0	1	1	1	0	2	0	1	0	0	0	0	8	0	0	2	1	0	0	0				
3:00	0.12	0.09	0.09	20	412	0.09	0.20	0.12	30	0.00	28	4	4	8	7	20	0	144	0.02	0.02	43	0.02	18	9	0.6	0.38	0		
	0.28	0.17	0.05	-87.2	49.8	0	1	0	2	0	2	0	0	0	1	1	0	7	0	0	2	1	1	0	1				
4:00	0.12	0.09	0.09	20	417	0.09	0.20	0.12	26	0.00	33	4	4	8	7	20	0	144	0.02	0.02	43	0.02	16	9	0.6	0.38	0		
	0.28	0.17	0.05	-87.2	49.8	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	8	1	0	1	1	1	1	0				
5:00	0.12	0.09	0.09	20	417	0.09	0.20	0.12	24	0.00	33	4	9	8	7	20	0	132	0.04	0.02	43	0.02	16	9	0.6	0.38	0		
	0.28	0.17	0.05	-88.0	49.8	0	1	1	1	0	2	0	0	1	0	1	0	8	0	0	2	1	1	0	1				
6:00	0.12	0.12	0.09	20	412	0.08	0.22	0.12	24	0.00	30	4	4	8	8	20	0	176	0.02	0.03	43	0.02	19	9	0.6	0.38	0		
	0.36	0.23	0.02	-89.6	49.8	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	8	0	0	2	1	0	1	0				
7:00	0.18	0.18	0.18	25	412	0.19	0.19	0.31	36	0.00	33	4	57	39	10	27	0	116	0.03	0.10	86	0.02	19	9	37.3	0.38	0		
	0.57	0.34	-0.03	-89.6	49.9	1	1	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	9	0	1	2	1	1	0	3				
8:00	0.33	0.33	0.36	46	417	0.20	0.36	0.68	102	0.00	41	6	62	8	13	27	151	128	0.03	0.21	139	0.11	32	169	29.4	0.66	0		
	1.00	0.63	-0.09	-96.0	49.9	1	2	2	2	0	1	0	4	0	1	1	8	8	0	1	4	3	1	1	4				
9:00	0.48	0.48	0.52	88	408	0.24	0.36	1.22	102	0.00	41	4	86	8	14	25	146	132	0.03	0.39	240	0.34	54	195	30.6	0.90	0		
	1.51	0.92	-0.12	-98.4	49.8	1	2	5	7	0	3	0	4	1	1	1	8	8	0	2	8	18	2	5	5				
10:00	0.55	0.55	0.60	101	412	0.40	0.39	1.24	168	0.02	49	6	158	8	14	25	146	188	0.02	0.42	249	0.35	57	182	34.4	0.91	0		
	1.76	1.12	-0.20	-97.6	49.8	2	2	6	10	1	3	0	7	0	0	1	7	10	1	2	9	17	2	3	6				
11:00	0.67	0.67	0.69	124	408	0.76	0.37	1.29	240	0.13	54	6	316	40	15	27	144	156	0.03	0.45	254	0.39	64	170	28.8	1.03	0		
	2.08	1.32	-0.24	-97.6	49.8	4	2	6	14	5	4	0	16	3	1	1	8	9	0	3	10	19	4	4	7				
12:00	0.67	0.64	0.67	130	412	0.75	0.39	1.22	180	0.17	56	7	307	56	14	24	146	175	0.03	0.44	264	0.40	54	140	30.0	1.04	0		
	2.01	1.32	-0.15	-98.4	49.8	5	2	7	15	7	4	1	16	2	1	1	7	10	0	3	10	21	3	4	7				
13:00	0.67	0.67	0.69	129	408	0.73	0.40	1.27	228	0.10	54	7	312	48	15	24	144	188	0.03	0.42	230	0.40	92	182	30.0	1.03	0		
	2.08	1.26	-0.26	-97.6	49.8	4	2	6	14	8	3	0	17	3	1	1	8	9	0	2	10	21	2	4	6				
14:00	0.64	0.64	0.69	126	408	0.70	0.36	1.36	186	0.13	54	7	292	61	15	27	144	144	0.03	0.42	249	0.39	60	201	28.8	1.03	0		
	2.01	1.26	-0.30	-96.0	49.8	5	2	6	13	8	4	0	16	3	0	1	7	9	0	2	10	21	4	4	7				
15:00	0.60	0.60	0.64	125	408	0.59	0.36	1.32	168	0.04	51	7	292	56	15	25	146	132	0.03	0.39	249	0.39	57	198	31.2	1.03	0		
	1.94	1.23	-0.26	-96.8	49.8	4	2	6	13	7	4	0	16	3	1	1	8	9	1	3	10	21	3	4	7				
16:00	0.67	0.67	0.69	123	408	0.72	0.42	1.29	210	0.13	52	6	297	48	15	25	144	196	0.03	0.42	256	0.40	96	185	29.3	1.03	0		
	2.08	1.32	-0.26	-97.6	49.8	4	2	6	13	6	3	0	15	3	1	1	8	10	0	2	10	21	2	4	4				
17:00	0.64	0.64	0.67	128	412	0.78	0.37	1.10	186	0.17	56	7	312	63	14	25	146	152	0.03	0.39	249	0.40	60	103	28.8	1.04	0		
	1.95	1.26	-0.15	-98.4	49.9	5	2	7	14	7	3	1	16	3	1	0	7	10	0	3	9	22	3	4	5				
18:00	0.59	0.57	-0.59	120	414	0.75	0.37	1.06	204	0.14	56	7	312	48	14	27	146	156	0.02	0.34	230	0.27	96	168	32.9	1.04	0		
	1.80	1.20	-0.15	-98.4	49.8	4	2	5	15	8	4	0	16	3	0	1	8	9	0	2	10	15	2	3	4				
19:00	0.50	0.49	0.51	103	417	0.71	0.40	0.71	198	0.11	56	7	306	52	13	28	148	184	0.03	0.26	216	0.05	16	183	0.6	0.92	0		
	1.51	0.92	-0.10	-97.6	49.8	4	2	4	14	8	4	0	16	3	1	1	7	8	0	2	8	9	2	4	4				
20:00	0.41	0.41	0.41	91	417	0.60	0.36	0.52	156	0.06	46	7	292	56	13	30	148	140	0.03	0.22	196	0.04	22	113	0.6	0.79	0		
	1.29	0.74	-0.03	-98.4	49.8	5	2	3	13	6	3	0	16	3	1	2	8	10	0	1	7	3	1	2	2				
21:00	0.31	0.28	0.31	67	417	0.25	0.38	0.45	78	0.03	40	6	96	8	13	30	151	148	0.03	0.18	158	0.02	16	73	0.6	0.66	0		
	0.93	0.57	0.05	-99.2	49.8	2	2	2	7	3	3	0	11	1	0	1	7	8	1	1	7	2	1	2	1				
22:00	0.24	0.24	0.24	48	422	0.14	0.37	0.33	54	0.03	36	6	9	8	13	27	151	148	0.03	0.14	139	0.02	19	16	0.6	0.51	0		
	0.72	0.40	0.05	-98.4	49.8	1	2	2	4	2	2	0	1	0	1	1	8	9	0	1	5	1	0	1	1				
23:00	0.16	0.16	0.16	33	412	0.09	0.20	0.31	42	0.00	32	4	9	8	7	24	0	144	0.02	0.13	120	0.02	22	9	0.6	0.38	0		
	0.50	0.28	0.02	-96.0	49.8	1	1	1	3	1	3	1	0	0	0	1	0	8	0	1	4	1	1	0	0				
0:00	0.14	0.12	0.12	24	412	0.09	0.20	0.19	30	0.00	32	4	9	8	7	20	0	132	0.03	0.07	76	0.02	16	9	0.6	0.38	0		
	0.43	0.23	0.05	-93.6	49.8	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	8	0	0	3	1	1	1	1				

項目／内容	受電 受電電力量 (×10kWH)	主幹フィーダ F_{M1}電力量 (×100kWH)	主幹フィーダ F_{M2}電力量 (×100kWH)	主幹フィーダ F_{M3}電力量 (×100kWH)	S部 F_1電力量 (×10kWH)	S部 F_2電力量 (×10kWH)	S部 F_3電力量 (×10kWH)	S部 F_4電力量 (×10kWH)	S部 F_5電力量 (×10kWH)	S部 F_6電力量 (×10kWH)	C部 F_7電力量 (×10kWH)	C部 F_8電力量 (×10kWH)	C部 F_9電力量 (×10kWH)	C部 F_{10}電力量 (×10kWH)	C部 F_{11}電力量 (×100kWH)	N部 F_{12}電力量 (×100kWH)	N部 F_{13}電力量 (×10kWH)	N部 F_{14}電力量 (×10kWH)	N部 F_{15}電力量 (×10kWH)	N部 F_{16}電力量 (×10kWH)	N部 F_{17}電力量 (kWH)	発電機 AG電力量 (×100kWH)
日合計	1752	55	39	79	181	77	63	3	190	32	13	22	114	208	4	33	147	223	39	53	76	0
月合計	21411	672	528	917	2117	918	828	53	2404	367	180	308	1496	2823	57	369	1735	2615	493	584	950	0

項目／内容	S内部 kk 電力量 (kWH)	S内部 ss 電力量 (kWH)	S内部 s 電力量 (kWH)	S内部 st₁ 電力量 (kWH)	S内部 st₂ 電力量 (kWH)	S内部 st₃ 電力量 (kWH)	記事
日合計	586	801	2342	13	22	22	
月合計	7044	9239	28250	142	253	256	

表－３－４　事務所における空調日報リストの例

新橋演算場
日産自動車株式会社　本社ビル　新館
昭和 63年 6月14日 火曜日　天候 晴

空　調　日　報

部長	次長	課長	係長	主任	担当	担当
63.6.16	63.6.16		63.6.16	63.6.16		

設備名	受入冷水			受入蒸気		給湯蒸気			上水流量							雑用水流量					ガス流量			外気温湿度		屋内温湿度				
項目	DC-1N	DC-3S	DC-5C	DH-1N	DH-6S	DH-3N	DH-5N	DH-9S	CW-1C	CW-3C	CW-4N	CW-6N	CW-8S	CW-WS	CW-US	MW-0C	MW-1C	MW-3C	MW-5N	MW-7S	G-1N	G-3S	G-5S	N取入れ	S取入れ	メインロビー	18F(S)	18F(N)	[illegible]1F	[illegible]2F
	×10Mcal	×10Mcal	m³	×100kg	×100kg	×10kg	×100kg	×100kg	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	×0.1m³	×0.1m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
	DC-2N	DC-4S		DH-2N	DH-7S	DH-4N	DH-8S	DH-HS	CW-2C		CW-5N	CW-7N	CW-9S	CW-HS	CW-US		MW-2C	MW-4C	MW-6N	MW-8S	G-2N	G-4S	G-6S	N取入れ	S取入れ	メインロビー	18F(S)	15F	[illegible]1F	[illegible]2F
時刻	×10m³	×10m³		×100t	×100t	×10kg	×100kg	m³	m³		m³	m³	m³	m³	m³		m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	%	%	℃	%	℃	%	%
1:00	0	0	6	0	0	0	0	0	5	0	1	0	2	0	2	69	75	0	0	0	0	0	0	25.4	25.6	26.7	26.1	26.2	25.7	25.2
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	1	0	0	0	0	56	62	25.1	45	23.1	48	48
2:00	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	68	57	0	0	0	0	0	0	25.0	25.5	26.6	26.1	26.1	25.8	25.3
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	55	62	25.1	46	23.3	48	48
3:00	0	0	6	0	0	0	0	0	8	0	1	1	2	0	1	68	9	0	0	0	0	0	0	25.0	25.4	26.4	26.1	26.0	25.8	25.3
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	56	63	24.9	46	23.4	48	48
4:00	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	68	53	0	0	0	0	0	0	24.9	25.7	26.3	25.9	25.9	25.9	25.4
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	57	63	24.9	46	23.5	48	48
5:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	67	77	0	0	0	0	0	0	24.9	25.2	26.2	25.9	25.9	25.9	25.4
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	57	63	25.0	46	23.4	48	48
6:00	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	67	57	0	0	0	0	0	0	24.8	25.3	26.1	25.8	25.9	25.9	25.4
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	58	64	25.0	46	23.5	48	48
7:00	0	0	6	0	0	0	0	0	6	0	0	1	2	0	1	67	19	0	0	0	0	0	0	24.7	23.5	25.9	25.9	26.0	25.9	25.4
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	72	64	24.9	47	23.7	48	48
8:00	16	0	6	1	4	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	66	60	0	0	1	0	2	0	24.5	23.2	25.9	26.1	26.1	25.9	25.5
	4	0		0	0	0	2	0	0		0	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	87	69	24.8	47	21.5	48	48
9:00	70	0	5	3	1	6	2	0	8	0	5	3	5	0	3	66	9	0	3	0	3	5	0	23.4	24.2	27.6	26.4	25.5	26.0	25.5
	17	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	1	0	0	5	0	0	68	66	25.8	45	16.6	48	51
10:00	51	20	6	2	3	1	1	2	17	0	4	3	7	0	6	68	68	0	4	1	2	10	1	24.0	25.3	28.1	27.0	26.1	26.0	25.5
	9	3		0	0	1	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	4	0	0	66	60	26.2	46	16.8	50	51
11:00	69	60	7	3	3	0	1	1	14	0	6	5	11	0	6	72	78	0	3	2	2	8	1	24.9	25.5	28.3	27.2	26.4	24.4	24.2
	9	14		0	0	0	1	0	0		1	0	0	0	0		0	0	1	1	5	1	0	75	61	26.4	47	18.6	50	48
12:00	69	63	6	3	4	0	2	0	15	0	7	5	8	0	6	72	72	0	4	8	4	8	1	25.5	26.3	28.3	26.7	26.1	25.3	24.8
	10	14		0	14	0	1	0	0		0	0	0	1	0		0	1	0	0	3	1	0	71	60	26.6	48	18.8	52	52
13:00	72	63	7	3	2	1	2	0	18	0	7	6	9	0	6	80	22	0	3	9	3	6	1	26.3	26.2	28.1	26.1	25.6	25.6	25.1
	10	14		0	0	0	1	0	0		1	0	1	0	0		0	0	0	0	1	1	0	56	59	26.3	50	19.0	51	51
14:00	68	62	6	3	3	0	2	0	22	0	10	6	8	0	6	71	48	0	4	3	2	4	0	26.4	26.2	28.6	27.0	26.6	25.4	25.1
	11	15		18	0	1	2	0	0		1	1	0	0	0		0	1	0	0	0	1	0	63	60	26.6	54	19.0	51	51
15:00	68	58	7	2	3	0	1	0	12	0	4	3	7	0	5	72	10	0	3	9	1	2	1	26.3	25.7	28.6	27.7	27.4	25.7	25.3
	10	10		0	0	0	1	0	0		1	0	0	0	0		0	0	1	1	1	1	0	62	59	26.7	50	19.1	50	51
16:00	73	56	7	2	2	0	0	0	9	0	4	3	6	0	3	70	55	0	3	3	0	2	0	25.4	25.0	28.6	27.3	27.6	24.7	24.4
	10	11		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	0	0	66	62	26.7	49	18.8	51	50
17:00	73	58	6	0	3	0	0	0	11	0	3	2	9	0	6	72	76	0	3	7	1	4	1	24.9	24.6	28.4	27.2	27.1	25.4	25.1
	10	10		0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0		0	1	0	0	1	0	0	72	65	26.6	51	18.2	53	53
18:00	59	57	6	0	3	0	0	1	9	0	2	2	8	0	5	71	76	0	4	9	0	3	1	24.2	24.5	28.4	27.4	26.9	25.9	25.9
	8	10		0	13	0	1	0	0		1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	82	69	26.6	52	18.3	54	52
19:00	36	57	5	0	2	0	0	0	8	0	2	1	7	0	5	72	76	0	2	2	1	1	0	26.7	23.7	28.1	27.6	27.3	25.5	26.1
	7	10		0	0	0	1	0	0		0	0	1	0	0		0	0	1	0	0	1	0	66	71	26.2	51	21.3	54	52
20:00	16	56	6	0	4	0	0	1	11	0	2	2	11	1	4	71	31	0	1	9	0	0	1	26.3	23.5	27.9	27.6	27.6	25.7	26.2
	5	10		0	0	0	1	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	63	69	25.5	51	23.1	54	52
21:00	2	27	6	0	3	0	0	3	15	0	2	2	7	0	2	71	59	0	0	2	0	0	0	25.1	26.8	27.7	27.4	27.6	25.9	25.5
	0	5		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	72	61	25.7	52	23.8	53	51
22:00	1	4	7	0	2	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	72	16	0	0	0	0	0	0	26.3	26.7	27.4	27.0	27.4	26.1	25.7
	0	2		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	66	57	25.5	53	24.0	51	50
23:00	1	0	7	0	0	0	0	0	6	0	0	1	3	0	2	71	2	0	1	0	0	0	0	26.1	26.8	27.2	26.7	27.1	26.2	25.7
	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	63	56	25.5	53	24.1	51	50
0:00	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	1	70	43	0	0	0	0	0	0	25.6	25.6	27.1	26.6	26.8	26.1	25.6
	0	0		0	0	0	0	1	0		1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	66	57	25.7	53	24.2	50	50

項目	受入冷水			受入蒸気		給湯蒸気				上水流量							雑用水流量					ガス流量		
	NC熱量	N使用量	S熱量	N使用量	S使用量	N使用量	16F厨房	S使用量	kk使用量	NS引込	N使用量	16F厨房	S使用量	kk使用量	st.使用量	C使用量	流入量	DCH補給	C使用量	N使用量	S使用量	16F厨房	B2F厨房	st.使用量
	×10Mcal	m³	×10Mcal	×100kg	×100kg	×10kg	×10kg	×100kg	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	×0.1m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³
	NC使用量	C使用量	S使用量	N給湯	S給湯	N一般	4F厨房	ss使用量		DCH引込	高層N	4F厨房		ss使用量	st.使用量		汚水量		高層C	高層N	ss使用量	4F厨房		st.使用量
	×10m³	m³	×10m³	×100t	×100t	×10kg	×100kg	×100kg		m³	m³	m³		m³	m³		×0.1m³		m³	m³	m³	m³		m³
内容				N空調	S空調			s使用量			低層N			s使用量	st.使用量				低層NC	低層N	s使用量			st.使用量
				×100t	×100t			×100kg			m³			m³	m³				m³	m³	m³			m³
日合計	745	1051	641	22	42	120	2	20	1	196	66	6	122	0	2	0	1681	0	0	42	65	19	55	8
	120	149	128	18	27	8	11	12		0	64	49		80	1		1148		0	38	2	21		8
				4	15			8			2			38	1				4	4	63			0
月合計	8938	16013	6779	272	467	1593	23	209	14	2312	778	56	1357	1	21	0	22644	0	13	466	674	208	527	74
	1779	1777	1202	278	454	110	146	133		0	747	597		958	8		14901		0	421	22	187		66
				- 6	13			76			31			358	11				58	45	652			0

表－３－５　ホテルにおける日報リストの例

1988年06月16日　(木)　　取引用計量日報　　1988年06月17日　(金)

	受電電力量	地熱冷水積算熱量	蒸気（往）積算流量	還水積算流量	建物本管上水	空調用本管上水	プール用本管上水	外気温度	外気湿度
	(10399)	(10113)	(10111)	(10112)	(10671)	(11024)	(11099)	(11707)	(11711)
	KWH	MCAL	KG	L	M3	M3	M3	℃	% RH
01：00	2040	1470	2080	2180	111	3	0	22.6	94
02：00	1810	1260	1470	1050	0	2	0	21.8	92
03：00	1610	1080	1120	1020	0	2	0	20.9	94
04：00	1600	980	950	1000	0	3	0	20.7	95
05：00	1550	1070	1200	1040	0	1	0	20.7	96
06：00	1820	1260	1900	1500	0	0	0	21.0	95
07：00	2290	1580	2480	2790	0	1	2	21.9	92
08：00	2490	1720	2620	2200	112	1	13	23.1	89
09：00	2820	1730	2230	2230	140	3	6	24.2	85
10：00	3170	2030	2210	1850	3	2	0	25.0	82
11：00	3220	2150	2150	1390	0	3	0	26.5	77
12：00	3150	2160	2310	2190	0	2	0	27.0	62
13：00	3240	2120	2640	2360	72	2	0	28.2	51
14：00	3080	1950	2430	2150	135	2	5	27.2	47
15：00	3270	2070	2620	2240	78	3	4	28.2	53
16：00	3170	2090	2140	2160	0	2	0	27.1	63
17：00	3080	1990	2160	2180	62	3	0	26.8	65
18：00	3240	1980	2120	2120	143	2	0	25.8	69
19：00	3120	1770	2010	1700	128	2	0	26.1	62
20：00	3040	2010	2430	2040	0	3	0	24.7	74
21：00	2790	1840	2260	1640	0	2	0	24.1	87
22：00	2790	1970	2470	2190	94	2	0	23.7	92
23：00	2500	1710	2000	2190	138	2	5	23.3	94
24：00	2120	1430	1610	2110	78	2	0	22.7	96
合計値	63010	41420	49610	45520	1294	50	35		
平均値	2625	1725	2067	1896	53	2	1	24.3	79
最大値	3270	2160	2640	2790	143	3	13	28.2	96
最小値	1550	980	950	1000	0	0	0	20.7	47
月合計値	950520	511400	785720	748310	19062	721	997		

（２）電力・蒸気・冷水使用量データの解析

①年間の総エネルギー消費量

前項で得られた日報リストより、まず、年間・月別の電力・冷水・蒸気消費量をまとめたものを表－３－６に示す。以下では、

電力：1 kWh ＝ 860 kcal

蒸気：1 kg ＝ 539 kcal

（供給蒸気は圧力8kg程度であるが、末端では減圧され2kg程度以下。）

と換算し、熱量単位で解析を行っている。

Ｎ事務所（以下、事務所と記す）では年間で約4300Gcal、Ｂホテル（以下、ホテルと記す）では約39000Gcalのエネルギーが消費されている。延床面積当たりの値でみると、事務所（延床面積約25000m²）では、電力が約103Mcal／m²、冷房用冷水が約45Mcal／m²、暖房・給湯用蒸気が約24Mcal／m²の合計172Mcal／m²程度である。ホテル（延床面積約98000m²）では、電力が約185Mcal／m²、冷水が約75Mcal／m²、蒸気が約137Mcal／m²の合計397Mcal／m²程度で、事務所と比較して約2.3倍のエネルギーが消費されている。

②事務所・ホテルのエネルギー消費量

次に、各エネルギー消費量（地域冷暖房プラントからの用途別のエネルギー供給であるため、以下では、冷房用冷水消費量を冷熱消費量、暖房・給湯用蒸気消費量を温熱消費量としている。）の年間・時刻別の変動を捉えることとした。その際、建築物の稼働状況が曜日により異なると考えられ、事務所では、入手した稼働予定表およびヒヤリングから、平日（月～金曜および土曜の一部）、土曜、日曜・祭日ごとに解析を行った。ホテルの場合には、休日はなく、ヒヤリング結果（週末の稼働が高いもののエネルギー的には大きな差はない。）も合わせ、特

に区別しないこととした。

＜事務所＞

図－３－９～図－３－11に事務所における電力消費量の時刻変動を示す。電力の消費用途には非常用照明等が含まれるため、24時間を通じて消費が認められるものの、昼間と夜間で大きな差を生じている。図－３－９には、平日243日分の線が月別に重ねて示されており、補機電力の使用による若干の変化はあるものの、年間を通じてほぼ一定であると言える。ピークを示す時間帯は8～18時の10時間で、電力使用量は約25kcal／m²となっており、その後徐々に減少している。土曜日（図－３－10）の場合には、ピークの電力使用量は25kcal／m²程度と平日と変わらないが、ピークをとる時間帯が8～12時程度と短くなっており、事務所の稼働状況と対応するものと考えられる。休日（図－３－11）の場合には、非常用照明等による電力消費が存在するだけと考えられ、24時間を通じて大きな変化は認められない。

次に、事務所の温熱消費量を図－３－12～図－３－14に示す。温熱についても年間を通じて需要が認められるが、夏期には暖房を行わないことから、5～10月にみられるのは給湯需要によるものと考えられる。11～4月においては、午前9時頃に尖塔負荷を生じた後徐々に減少する傾向を示し、夜間（23～8時）には需要が認められない。ピークの値は25～40kcal／m²程度で、その後の減少時間帯も含めて、電力と比較した場合、使用量のばらつきが大きなものとなっている。土曜日（図－３－13）の場合には、ピーク値が20～30kcal／m²と平日の80％程度の値となるが、その後の変動には大きな差は認められない。

また、冷熱消費量を図－３－15～図－３－17に示す。平日（図－３－15）についてみると、冷熱の場合には、温熱のようなはっきりした尖塔負荷は生じていないが、夏期には昼間（9～18時）で比較的安定した値を示した後減少し、夜間に

もわずかではあるが冷熱消費が認められる。昼間における冷熱消費量は、最大値を有する8月で、25～50kcal／m²程度と値に開きを生じているが、これには外気温の影響が大きいと考えられる。土曜日（図－３－16）には、電力消費量と同様に、12時以降では消費量が減少する傾向がある。

＜ホテル＞

ホテルの電力消費量を図－３－18に示す。事務所と同様に、年間を通じて安定した値を示している。月別にみた場合、夏期にはやや消費量が大きいが、これは冷房用の補機電力によるものと考えられる。電力消費量は朝の5時前後で最小値（10～15kcal／m²）をとり、その後徐々に増加して11～20時には25kcal／m²程度の値で安定している。

次に、温熱消費量を図－３－19に示す。ホテルの場合には、暖房需要と共に給湯需要が大きいと考えられ、年間を通じて１日中温熱の消費が認められる。１日における変動については、朝の5時頃に最小となる点では電力と同様であるが、その後電力と比較して急激に増加し、8～16時には安定した値を示し、さらに一度やや減少してから、再び22～23時頃にピークを有するという傾向がある。温熱消費量の最大値としては1月に約40kcal／m²の消費がみられている。年間の変化についてみると、5～10月における消費量はばらつきもなく値もほぼ等しいことから、これは給湯用の温熱消費量を示すと考えられる。11～4月においては、外気温に影響を受ける暖房用の温熱消費が生じるため、値のばらつきが大きくなる。

図－３－20は冷熱消費量を示したもので、１日における変動は電力と類似したものとなっている。8月における冷熱消費量は、11～20時には25kcal／m²程度以上となっており、最大で約35kcal／m²の値を示す。

③エネルギー消費量の月平均

前述のエネルギー消費量を月毎の平均値として把握した。表－３－７～表－３－12に事務所の平日におけるエネルギー消費量の月平均値および標準偏差を、表－３－13～表－３－18にホテルの場合を示す。電力消費量についてみると、事務所では夜間の最小値2.6kcal／m²から昼間の最大値26.3kcal／m²の消費量があり、消費量の大きい7～19時の12データについては変動係数が0.1程度と安定したものとなっている。ホテルでは12.2～27.9kcal／m²と事務所に比べて差が小さく、全24データについて変動係数が0.1程度以下と安定している。

温熱については、事務所の場合、1月の8～9時における28.0kcal／m²が最大で、消費量の多い冬期の8～17時では比較的変動が小さなものとなっている（変動係数で0.2～0.3程度）。ホテルの場合には、24時間における消費量の最大値と最小値の差が10kcal／m²程度と小さく、給湯用の消費量のみが存在すると考えられる夏期には変動係数が0.1程度、他の時期には0.1～0.5の値を示している。

また、冷熱については、事務所（最大値36.5kcal／m²）・ホテル（最大値29.9kcal／m²）とも、消費量の最も多い8月で変動係数が0.1程度、他の時期で0.2前後または0.2以上の値をとる。

エネルギー消費量は、本来、建築物の立地条件や設備等により異なるものであり、さらに、ホテルの場合には都市型ホテルとリゾートホテルに分類されるものと考えられるが、本研究では、以上の実態調査結果が表－３－１に示す年間エネルギー消費量の調査結果と比較的一致していること、また、前述の通り、エネルギー消費量を時系列的に調査した報告例が少ないこと等から、実態調査を行った事務所およびホテル（都市型）のエネルギー消費量を対象として研究を進めることとした。

表－３－６　総エネルギー消費量

(1) 事務所（延床面積23862m²）

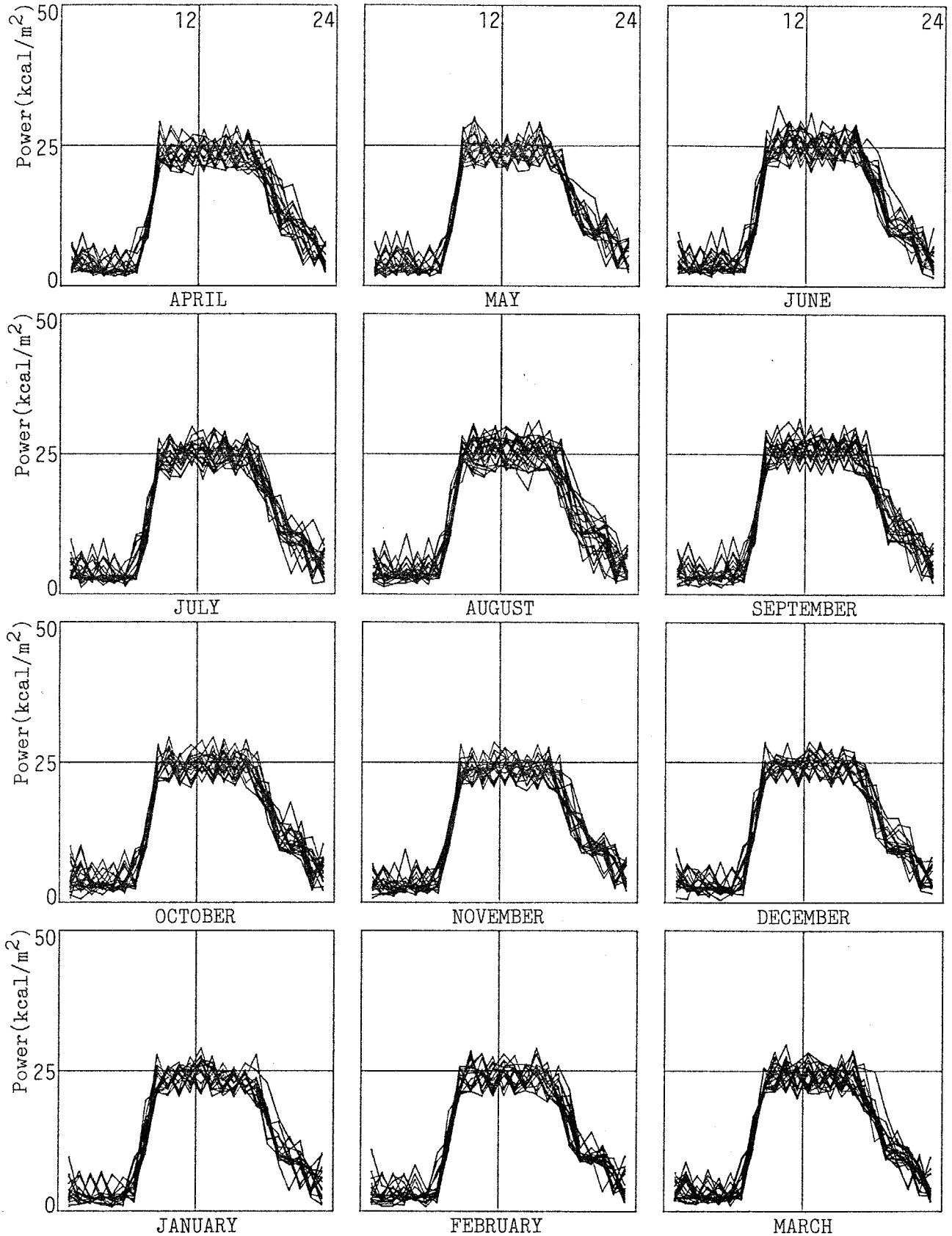
	受電電力 (kWh)	受入冷水 (Mcal)	受入蒸気 (kg)	受入蒸気 (Mcal)
Apr.	244730	39450	88800	47860
May	231530	88540	49600	26730
Jun.	267310	190650	55400	29860
Jul.	265860	179570	51300	27650
Aug.	281850	291290	48400	26090
Sep.	262670	186290	44300	23880
Oct.	261670	86820	53700	28940
Nov.	239880	33240	79300	42740
Dec.	243830	9450	152200	82040
Jan.	226710	8020	168200	90660
Feb.	224540	8420	171300	92330
Mar.	260470	12150	165400	89150
	3011050	1133890	1127900	607940

(0.539 Mcal/kg)

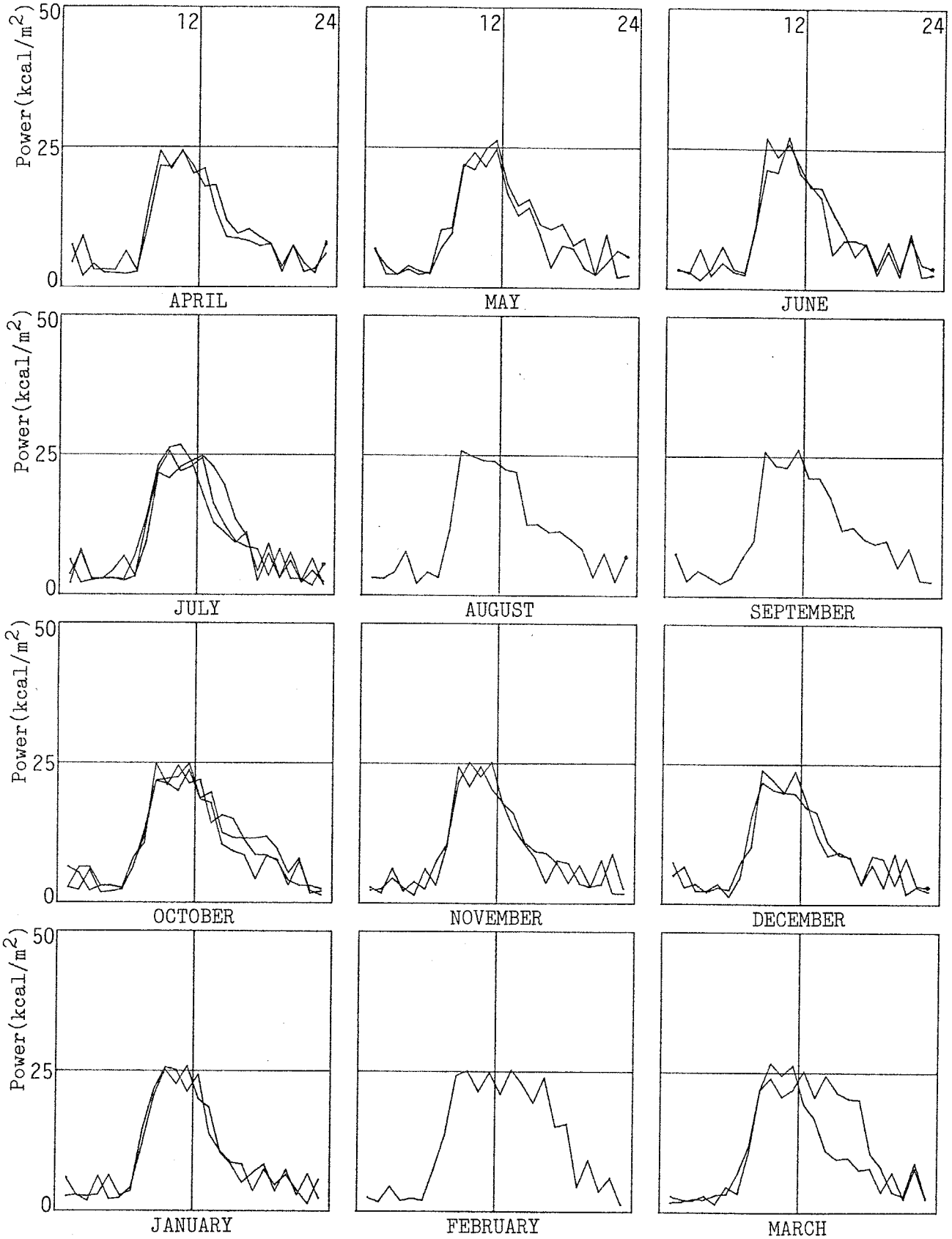
(2) ホテル（延床面積98332m²）

	受電電力 (kWh)	受入冷水 (Mcal)	受入蒸気 (kg)	受入蒸気 (Mcal)
Apr.	1710520	340780	2037580	1098260
May	1792830	582890	1754920	945900
Jun.	1802100	990030	1451570	782400
Jul.	1880050	1278760	1583900	853720
Aug.	1915050	1786420	1366880	736750
Sep.	1869760	1217590	1348290	726730
Oct.	1798570	494760	1659410	894420
Nov.	1698420	235750	2282570	1230310
Dec.	1728680	95420	2797950	1508100
Jan.	1710680	82620	3100780	1671320
Feb.	1593030	98290	2759510	1487380
Mar.	1733650	133570	2805170	1511990
	21233340	7336880	24848530	13447260

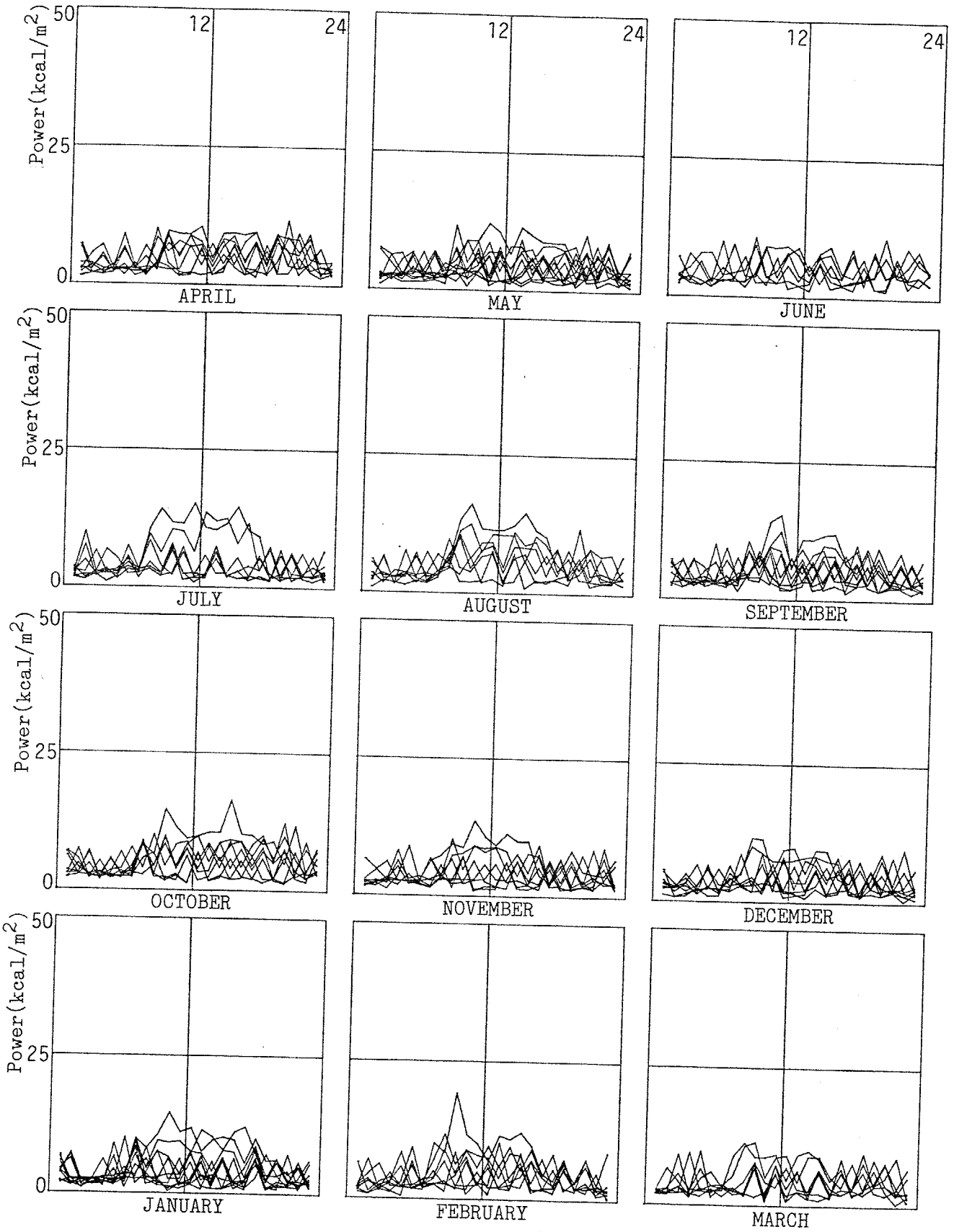
(0.539 Mcal/kg)



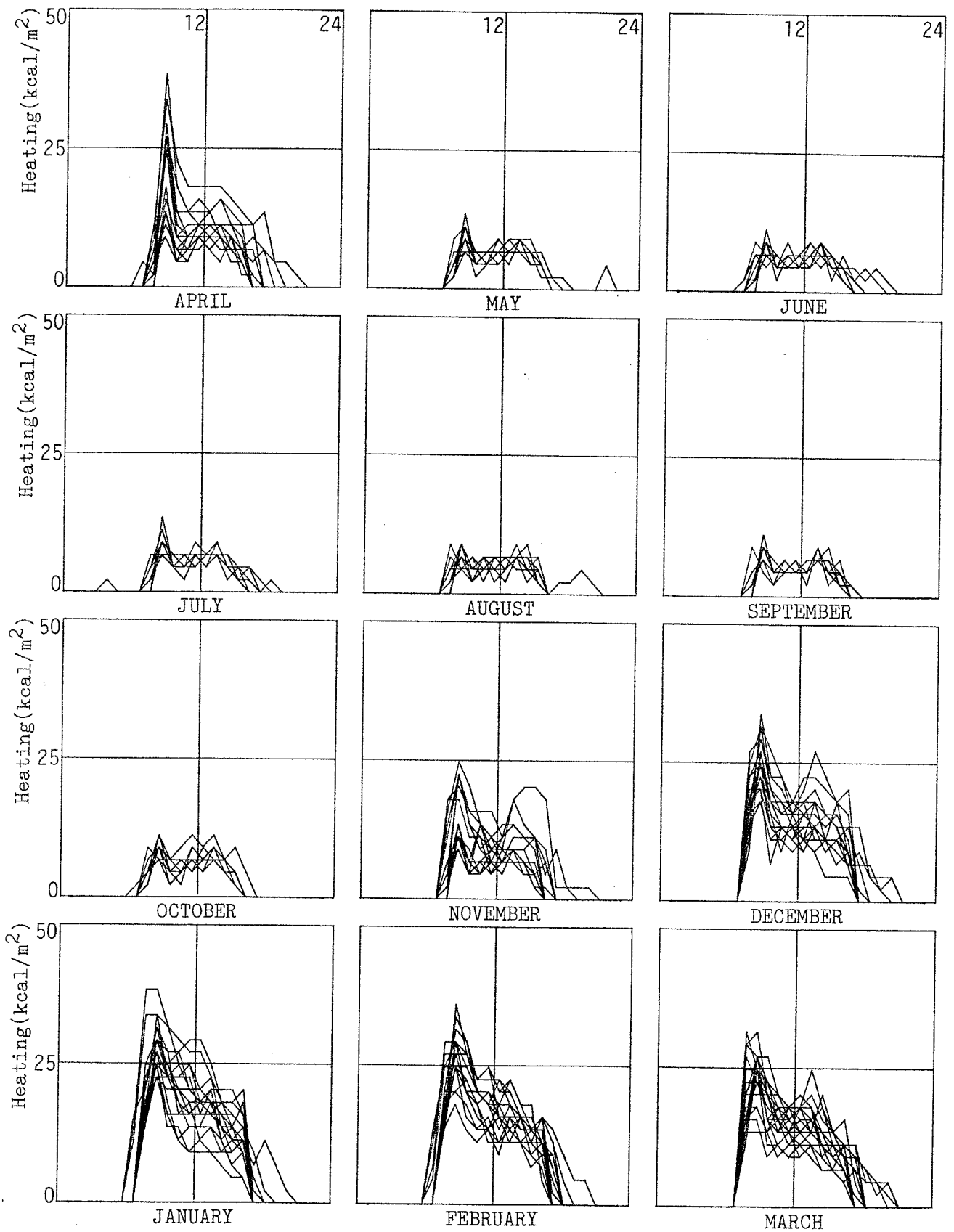
図－３－９　事務所における電力消費量の時間変動（平日）



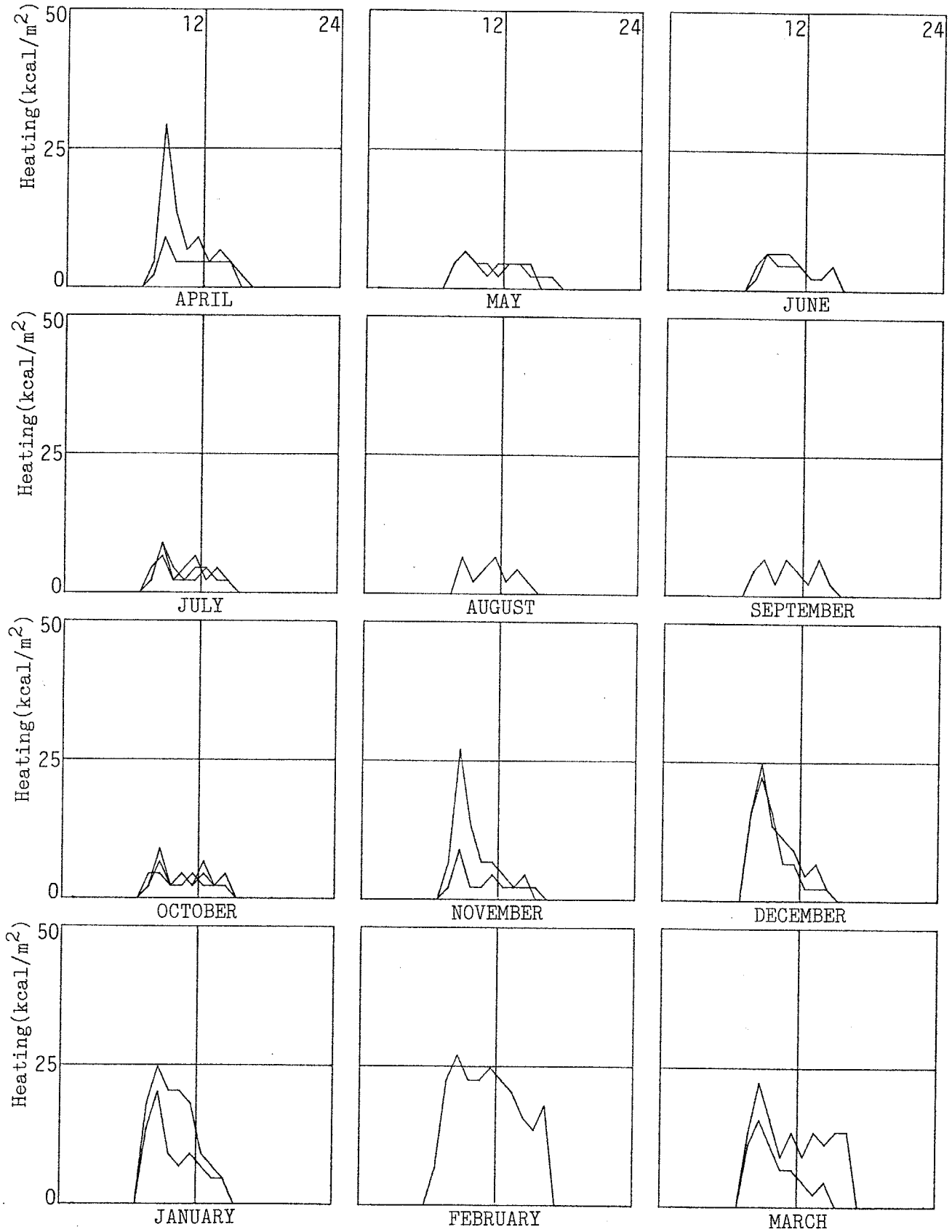
図－３－10　事務所における電力消費量の時間変動（土曜日）



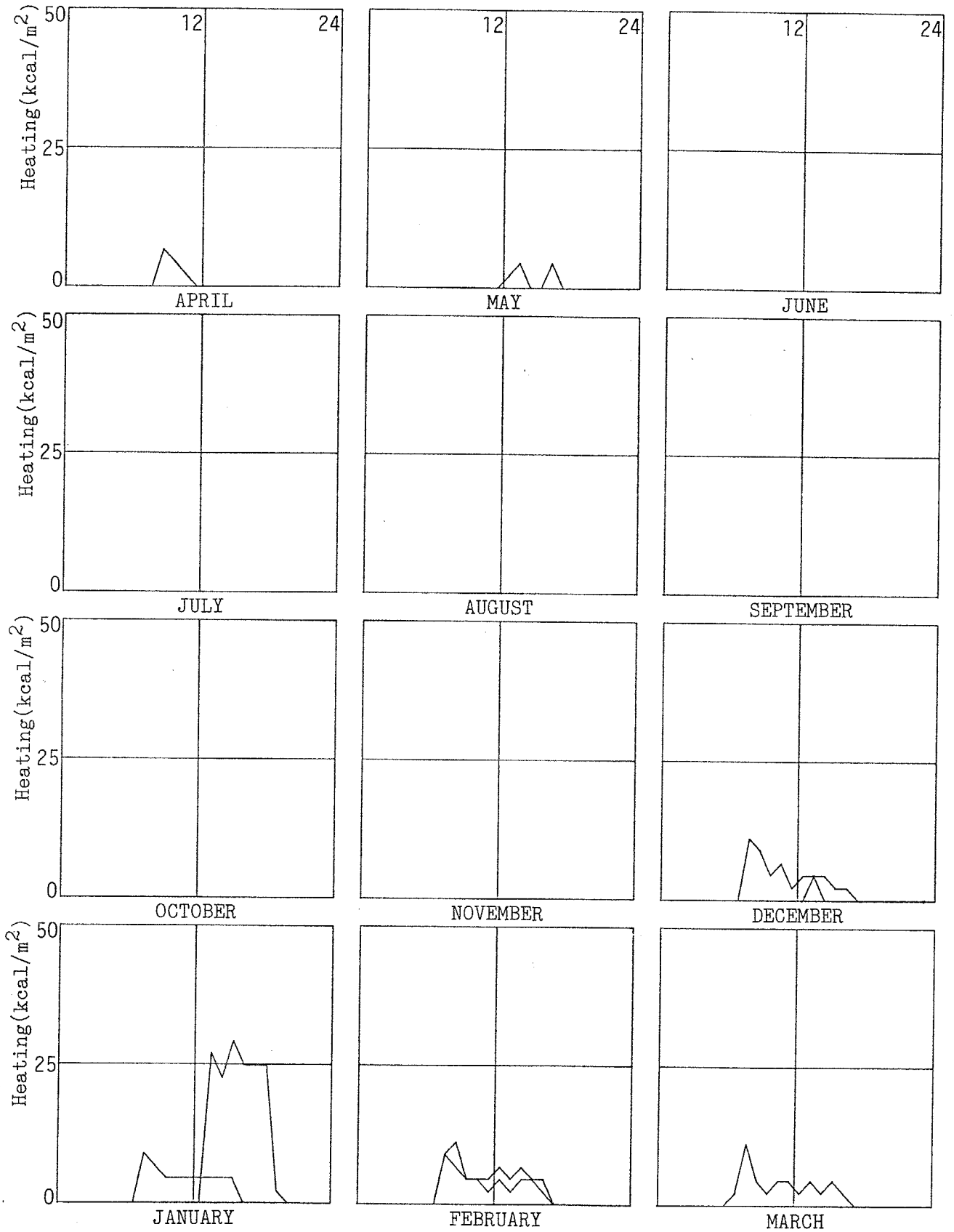
図－３－11　事務所における電力消費量の時間変動（休日）



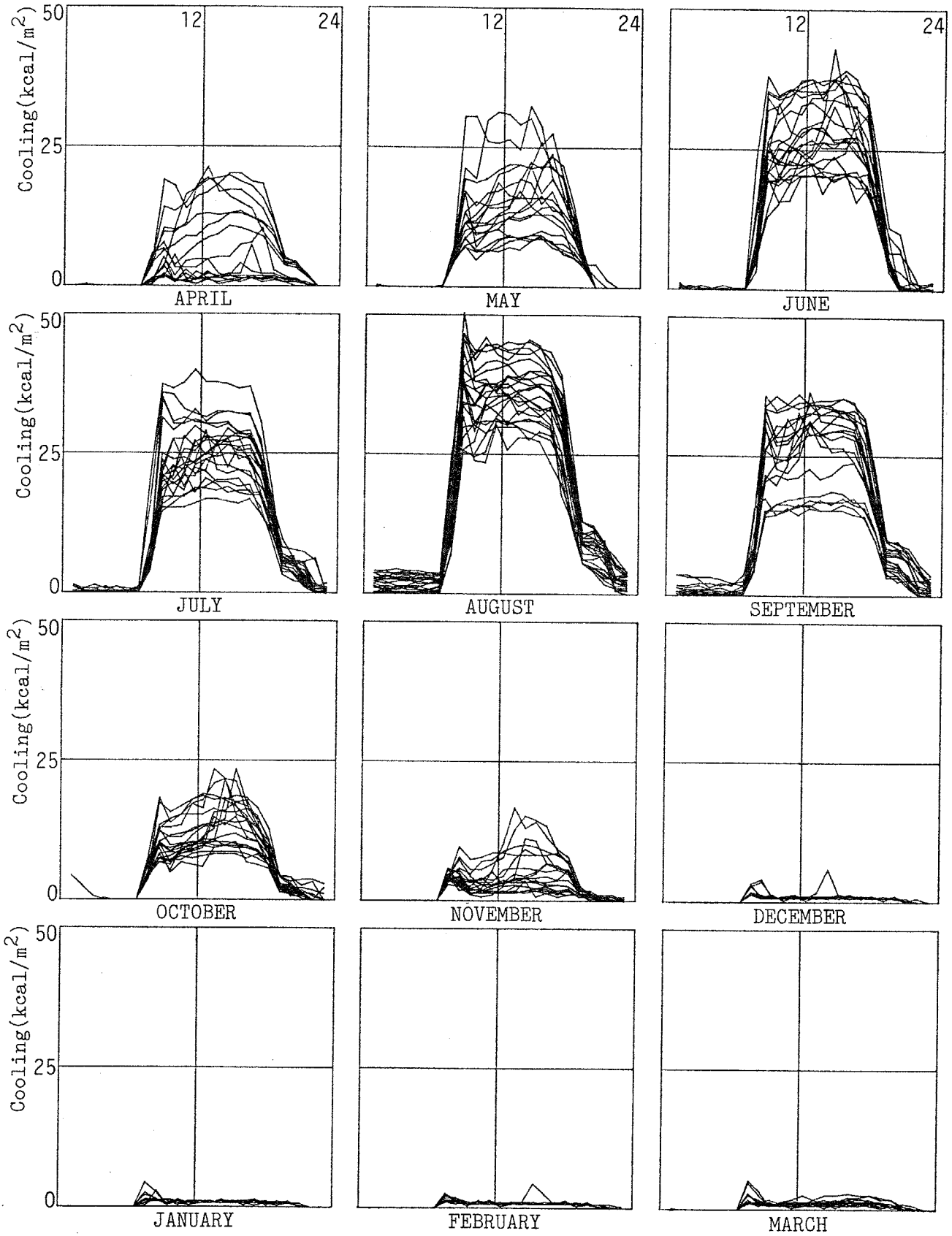
図－３－12　事務所における温熱消費量の時間変動（平日）



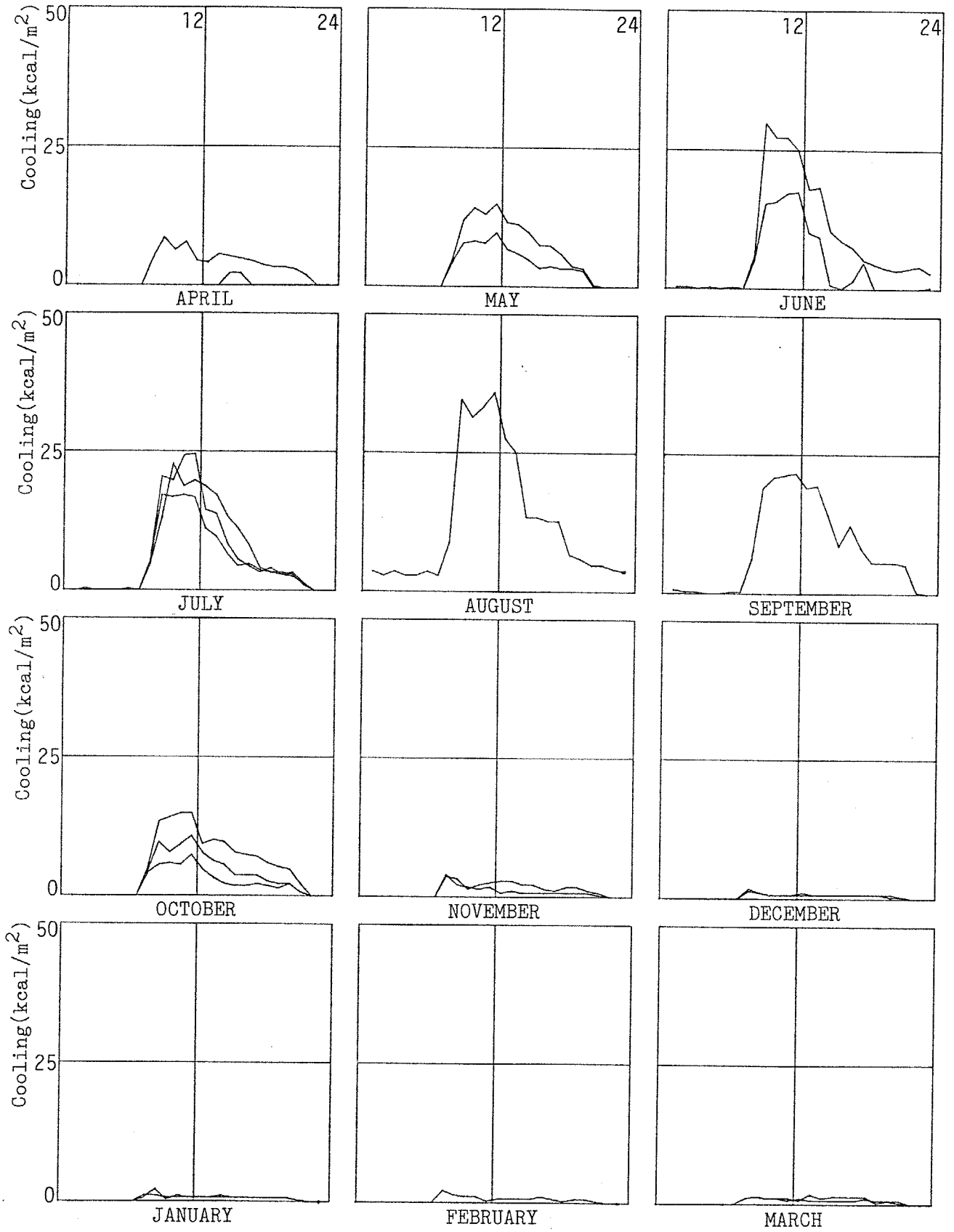
図－３－13　事務所における温熱消費量の時間変動（土曜日）



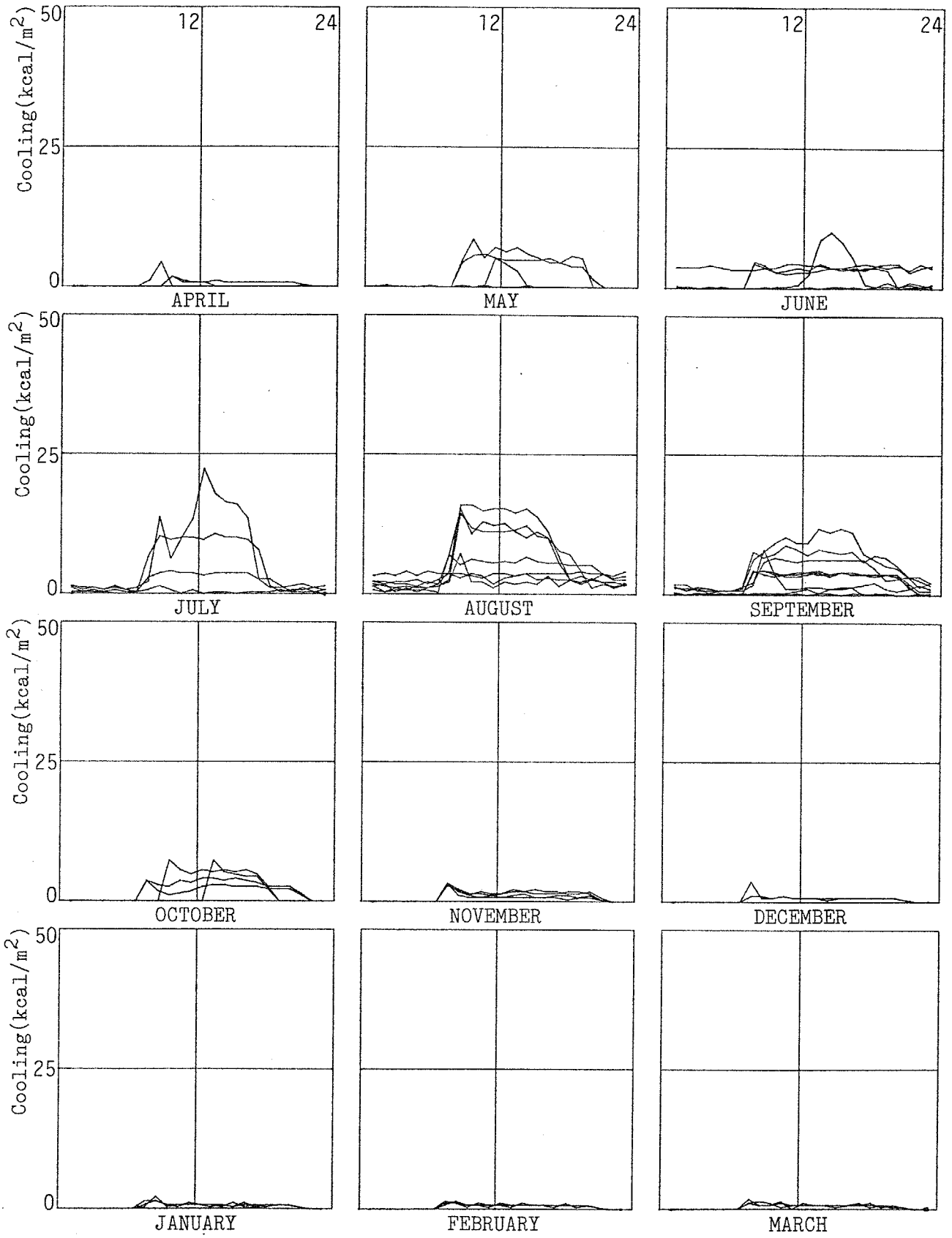
図－３－14　事務所における温熱消費量の時間変動（休日）



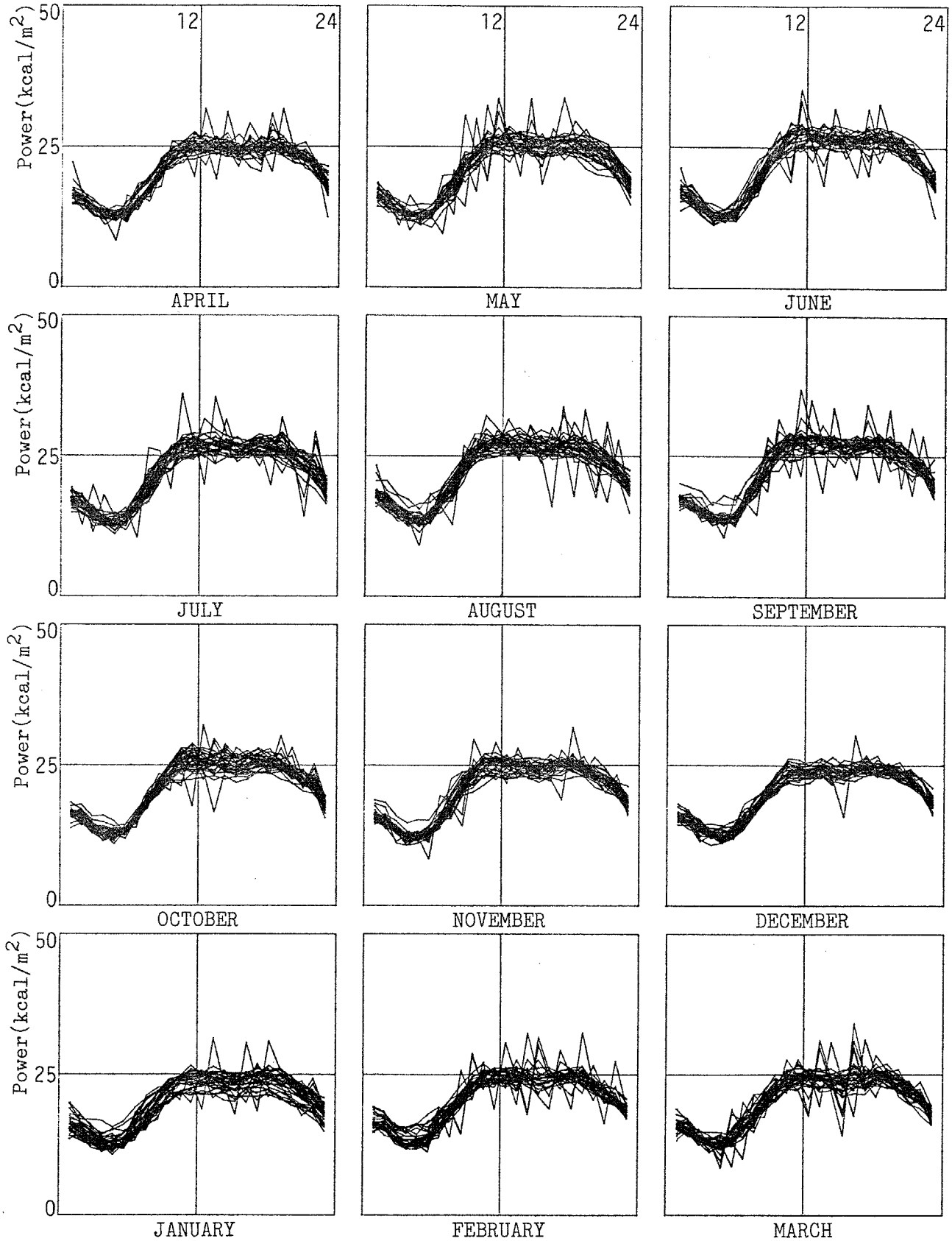
図－３－15　事務所における冷熱消費量の時間変動（平日）



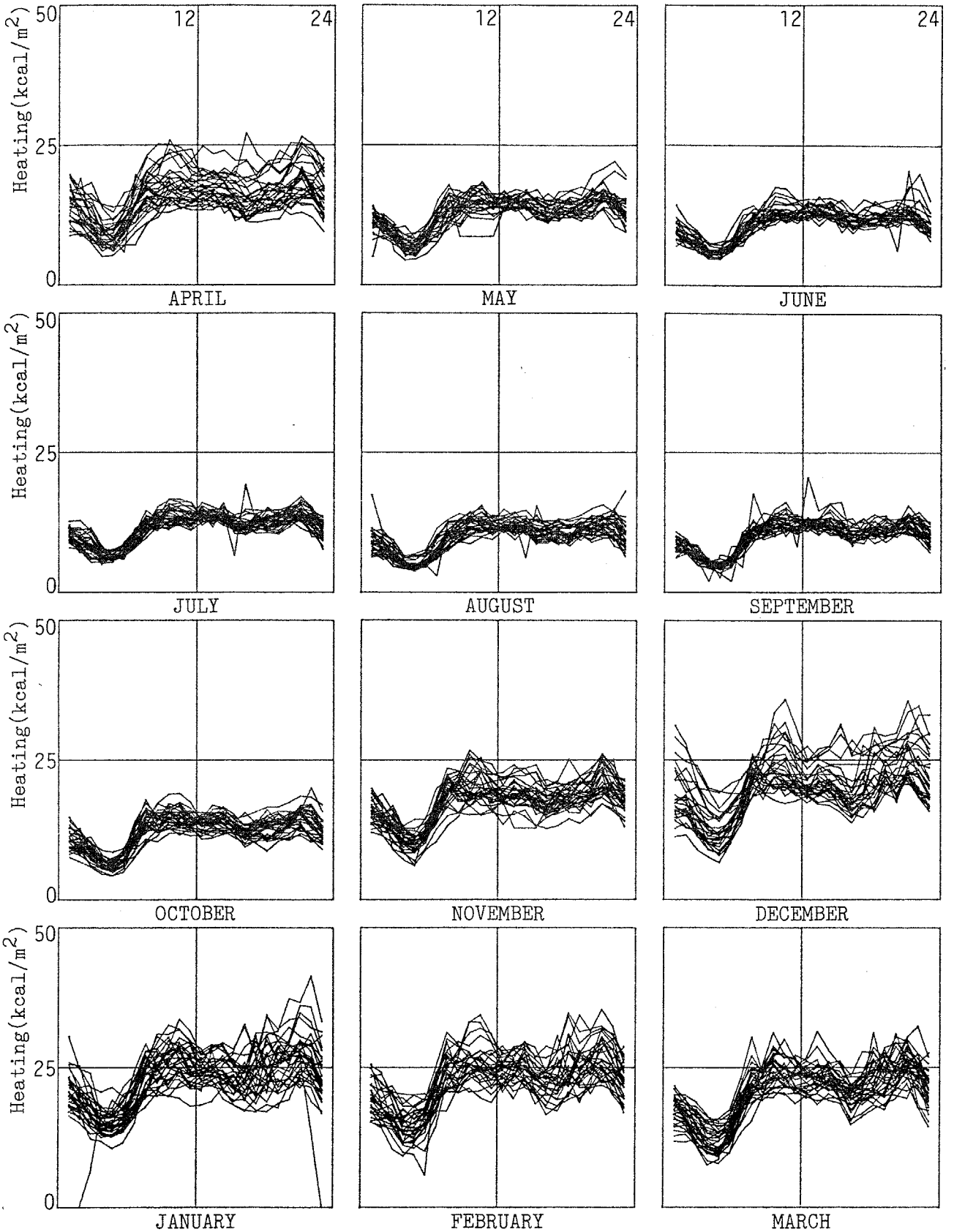
図－３－16　事務所における冷熱消費量の時間変動（土曜日）



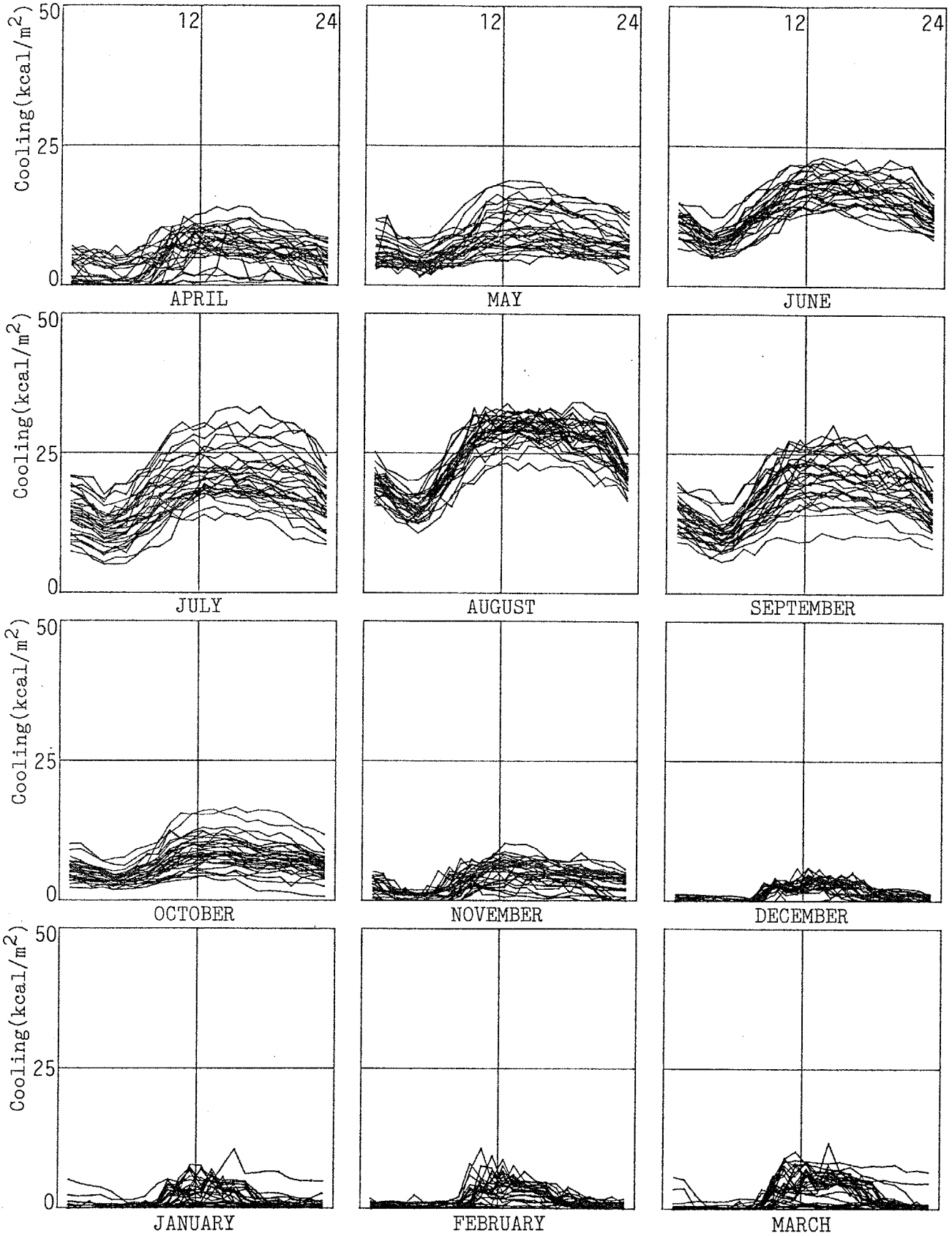
図－３－17　事務所における冷熱消費量の時間変動（休日）



図－３－18　ホテルにおける電力消費量の時間変動



図－３－19　ホテルにおける温熱消費量の時間変動



図－３－20　ホテルにおける冷熱消費量の時間変動

表－３－７　事務所の時刻別電力需要量の平均値（4～9月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	4.3(1.9 0.45)	3.7(1.9 0.51)	4.9(2.2 0.46)	4.5(1.9 0.42)	4.5(2.2 0.49)	4.1(2.1 0.51)
2	4.7(2.2 0.46)	4.0(2.1 0.53)	3.6(1.5 0.43)	4.2(2.0 0.46)	3.8(2.0 0.53)	4.1(2.4 0.59)
3	3.7(1.5 0.41)	4.2(2.2 0.52)	3.6(1.4 0.40)	3.8(1.8 0.48)	3.3(1.0 0.29)	3.6(1.4 0.39)
4	2.9(1.2 0.43)	4.2(1.9 0.45)	4.0(2.0 0.49)	3.8(2.1 0.55)	4.1(2.0 0.49)	3.1(0.7 0.24)
5	3.8(1.8 0.46)	3.0(1.0 0.33)	4.5(1.9 0.42)	3.3(1.4 0.42)	3.7(1.4 0.39)	3.8(2.0 0.53)
6	3.2(1.4 0.45)	4.1(2.1 0.50)	3.3(1.0 0.29)	3.0(0.8 0.28)	4.5(2.1 0.47)	4.2(2.3 0.55)
7	4.4(2.2 0.52)	4.1(1.9 0.46)	5.0(2.6 0.52)	5.5(2.7 0.49)	5.1(2.3 0.45)	4.6(2.0 0.44)
8	10.6(1.1 0.11)	11.1(1.2 0.11)	12.0(2.5 0.21)	12.1(2.1 0.18)	12.8(2.4 0.19)	12.1(1.5 0.12)
9	23.5(2.3 0.10)	24.3(2.2 0.09)	23.4(1.6 0.07)	23.8(1.5 0.06)	24.7(1.8 0.07)	25.1(2.3 0.09)
10	23.2(2.2 0.10)	24.9(2.9 0.11)	25.1(2.4 0.10)	24.4(2.4 0.10)	25.4(2.8 0.11)	25.4(2.1 0.08)
11	23.6(2.2 0.10)	24.3(1.8 0.08)	26.0(2.5 0.10)	24.4(1.9 0.08)	25.4(2.5 0.10)	26.2(2.3 0.09)
12	23.8(2.0 0.08)	23.5(1.6 0.07)	25.7(2.2 0.09)	25.8(1.7 0.07)	26.1(2.4 0.09)	26.2(2.3 0.09)
13	23.8(2.4 0.10)	23.8(2.1 0.09)	24.9(2.5 0.10)	25.2(2.2 0.09)	25.4(2.5 0.10)	26.3(2.2 0.08)
14	23.3(1.9 0.08)	24.0(1.8 0.08)	25.3(2.1 0.08)	24.5(2.5 0.10)	25.4(2.3 0.09)	26.0(2.6 0.10)
15	24.1(2.4 0.10)	23.9(2.3 0.10)	25.2(2.4 0.09)	26.0(2.0 0.08)	25.1(2.8 0.11)	25.7(2.1 0.08)
16	23.5(2.3 0.10)	24.9(2.5 0.10)	24.6(2.1 0.09)	23.7(1.7 0.07)	25.5(2.4 0.10)	26.1(2.2 0.09)
17	23.7(2.5 0.11)	23.8(1.9 0.08)	26.0(2.4 0.09)	25.4(2.2 0.08)	24.8(2.0 0.08)	25.6(2.6 0.10)
18	21.6(1.7 0.08)	21.1(1.7 0.08)	21.8(1.6 0.07)	21.8(2.4 0.11)	21.9(3.3 0.15)	23.8(2.3 0.10)
19	17.9(2.6 0.15)	15.5(2.0 0.13)	18.2(2.6 0.14)	17.7(1.8 0.10)	16.5(2.8 0.17)	18.6(1.6 0.09)
20	12.8(2.8 0.22)	12.0(2.5 0.21)	11.2(2.2 0.20)	12.3(2.3 0.19)	12.3(2.9 0.23)	13.0(2.9 0.22)
21	11.5(2.3 0.20)	9.7(1.7 0.18)	10.4(2.0 0.19)	9.8(2.0 0.21)	10.3(2.9 0.28)	11.8(1.9 0.16)
22	9.0(2.3 0.26)	9.6(2.4 0.25)	9.4(1.9 0.20)	9.3(2.2 0.24)	9.8(2.7 0.27)	10.2(2.1 0.20)
23	6.9(2.1 0.31)	6.2(2.4 0.39)	6.5(2.6 0.40)	6.5(2.6 0.40)	5.4(2.5 0.46)	7.2(2.7 0.37)
24	5.1(2.1 0.41)	5.6(2.2 0.39)	4.6(2.1 0.47)	5.6(2.4 0.43)	5.8(2.2 0.38)	5.5(2.2 0.40)
	334.6	335.5	349.1	346.4	351.6	362.1

表－３－８　事務所の時刻別電力消費量の平均値（10～3月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	4.3(2.4 0.56)	3.5(1.6 0.47)	4.5(2.5 0.55)	3.7(2.2 0.60)	3.6(2.4 0.67)	3.3(1.5 0.45)
2	4.8(2.6 0.54)	3.5(1.7 0.48)	3.6(1.8 0.51)	3.2(1.8 0.57)	3.0(1.9 0.63)	4.2(2.2 0.54)
3	3.6(1.5 0.41)	2.6(1.4 0.52)	3.1(1.4 0.46)	2.5(1.5 0.59)	3.2(1.6 0.51)	2.7(1.1 0.41)
4	3.5(1.4 0.40)	3.1(1.6 0.52)	3.3(1.7 0.52)	3.2(1.7 0.54)	3.3(1.5 0.46)	3.2(1.6 0.50)
5	3.5(1.5 0.43)	3.4(1.8 0.53)	2.6(1.3 0.50)	2.3(1.2 0.53)	3.3(1.8 0.53)	3.0(1.4 0.46)
6	4.2(2.2 0.51)	3.2(1.4 0.44)	2.6(1.3 0.52)	2.9(1.2 0.42)	2.6(0.8 0.32)	2.8(1.2 0.44)
7	5.0(2.3 0.47)	4.8(1.9 0.40)	5.3(2.8 0.52)	5.4(2.4 0.43)	4.2(2.3 0.56)	4.6(2.4 0.52)
8	11.9(1.6 0.13)	11.8(1.5 0.13)	13.6(2.2 0.16)	13.4(2.3 0.17)	12.9(1.8 0.14)	13.5(1.7 0.13)
9	23.6(1.8 0.08)	23.0(2.0 0.09)	24.1(2.1 0.09)	22.9(2.1 0.09)	23.0(1.8 0.08)	22.4(1.3 0.06)
10	25.2(2.3 0.09)	24.0(2.2 0.09)	24.3(1.7 0.07)	23.4(1.7 0.07)	24.2(2.5 0.10)	24.2(2.2 0.09)
11	23.6(1.8 0.08)	23.6(1.8 0.08)	24.9(1.5 0.06)	24.2(1.9 0.08)	24.4(2.2 0.09)	24.8(2.3 0.09)
12	24.5(2.0 0.08)	24.2(2.1 0.09)	23.8(1.8 0.07)	24.3(1.5 0.06)	23.3(2.1 0.09)	23.7(2.1 0.09)
13	25.1(1.7 0.07)	24.2(2.1 0.09)	25.4(2.0 0.08)	25.4(2.4 0.09)	24.9(1.8 0.07)	24.3(2.5 0.10)
14	24.5(2.3 0.10)	23.7(2.1 0.09)	25.3(1.8 0.07)	24.1(2.1 0.09)	23.8(2.2 0.09)	23.9(2.0 0.08)
15	24.8(2.2 0.09)	23.6(1.8 0.07)	23.5(2.0 0.09)	22.9(1.7 0.07)	23.6(1.7 0.07)	24.0(1.9 0.08)
16	24.4(2.2 0.09)	23.8(2.1 0.09)	24.9(2.0 0.08)	23.5(1.7 0.07)	24.7(2.2 0.09)	23.6(2.0 0.09)
17	25.1(1.9 0.08)	24.4(1.9 0.08)	24.0(2.1 0.09)	22.9(1.8 0.08)	22.9(2.1 0.09)	24.4(2.5 0.10)
18	22.0(2.2 0.10)	21.0(2.3 0.11)	21.6(2.0 0.09)	22.1(2.3 0.10)	21.2(2.1 0.10)	20.7(2.1 0.10)
19	17.7(1.7 0.10)	15.7(2.6 0.16)	16.7(2.5 0.15)	16.8(2.4 0.14)	16.3(2.9 0.18)	17.4(2.1 0.12)
20	11.5(2.2 0.19)	12.3(2.4 0.19)	11.1(1.8 0.16)	11.2(2.3 0.21)	10.2(1.4 0.14)	11.7(2.2 0.19)
21	11.1(2.4 0.22)	9.6(0.8 0.09)	10.3(1.9 0.18)	9.6(2.0 0.21)	9.8(1.3 0.13)	10.5(1.6 0.15)
22	10.5(1.5 0.15)	9.4(1.8 0.19)	9.1(2.0 0.22)	8.5(2.1 0.25)	9.3(1.7 0.18)	8.9(1.8 0.20)
23	6.1(2.6 0.43)	6.2(2.6 0.42)	4.6(2.1 0.45)	5.6(2.0 0.37)	6.2(1.9 0.30)	6.7(1.8 0.27)
24	6.2(2.0 0.33)	5.1(2.0 0.39)	4.7(2.0 0.43)	5.5(2.9 0.52)	4.4(2.4 0.54)	3.8(2.0 0.53)
	334.6	335.5	349.1	346.4	351.6	362.1

表－３－９　事務所の時刻別温熱消費量の平均値（4～9月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
2	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
3	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
4	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.5 4.47)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
5	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
6	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
7	0.2(1.0 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.5(0.9 1.84)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
8	4.5(2.6 0.57)	3.8(1.8 0.49)	3.6(2.2 0.62)	3.2(1.8 0.55)	3.2(2.1 0.64)	2.4(2.2 0.93)
9	19.3(8.7 0.45)	9.5(1.9 0.20)	8.1(1.6 0.20)	8.8(1.7 0.19)	7.1(1.8 0.25)	8.5(1.9 0.22)
10	9.4(5.1 0.55)	4.8(1.0 0.22)	5.0(1.2 0.23)	4.8(0.8 0.16)	4.3(1.5 0.34)	4.4(0.9 0.20)
11	8.7(3.6 0.41)	5.6(1.1 0.20)	5.4(1.3 0.24)	4.9(1.5 0.30)	5.0(1.1 0.23)	5.4(1.1 0.20)
12	10.7(2.6 0.24)	6.9(1.2 0.17)	6.1(1.1 0.17)	6.2(1.2 0.19)	5.3(1.3 0.24)	5.4(1.1 0.20)
13	10.4(2.8 0.27)	7.0(1.0 0.15)	6.9(1.3 0.18)	6.0(1.1 0.18)	5.6(1.3 0.23)	5.2(1.3 0.24)
14	10.4(3.1 0.30)	8.5(0.9 0.11)	7.5(1.3 0.17)	7.1(0.8 0.11)	6.5(1.0 0.16)	7.5(1.0 0.14)
15	8.7(2.8 0.32)	6.1(1.3 0.21)	5.0(1.2 0.23)	4.8(1.3 0.26)	5.1(1.5 0.30)	5.2(1.8 0.34)
16	6.8(2.7 0.39)	4.5(0.8 0.17)	4.3(0.9 0.22)	3.4(1.1 0.33)	3.6(1.5 0.40)	3.7(1.3 0.35)
17	2.4(3.9 1.64)	0.3(0.7 2.83)	0.5(1.2 2.27)	1.0(1.6 1.70)	0.0(0.0 0.00)	0.6(1.0 1.73)
18	1.4(3.5 2.55)	0.1(0.5 4.12)	0.3(1.0 3.35)	0.1(0.5 4.47)	0.1(0.5 4.69)	0.0(0.0 0.00)
19	0.5(1.4 3.00)	0.0(0.0 0.00)	0.3(1.0 3.35)	0.1(0.5 4.47)	0.1(0.5 4.69)	0.0(0.0 0.00)
20	0.2(1.0 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.5 4.58)	0.0(0.0 0.00)	0.2(0.9 4.69)	0.0(0.0 0.00)
21	0.1(0.5 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.5 4.69)	0.0(0.0 0.00)
22	0.0(0.0 0.00)	0.3(1.0 4.12)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
23	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
24	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
	93.6	57.5	53.7	50.8	46.3	48.2

表－3－10　事務所の時刻別温熱消費量の平均値（10～3月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
2	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
3	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
4	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
5	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
6	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
7	0.1(0.5 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	2.3(5.1 2.26)	2.0(4.1 2.05)	0.0(0.0 0.00)
8	4.1(1.7 0.42)	6.7(5.5 0.82)	17.4(4.4 0.25)	20.5(6.6 0.32)	19.1(4.6 0.24)	18.9(6.0 0.32)
9	8.8(1.6 0.18)	14.8(5.5 0.37)	25.3(4.4 0.18)	28.0(4.4 0.16)	27.1(4.5 0.17)	23.4(4.1 0.17)
10	5.3(1.5 0.28)	9.0(4.7 0.52)	17.1(4.7 0.27)	22.8(4.8 0.21)	23.2(4.5 0.19)	17.9(4.2 0.23)
11	6.2(1.4 0.23)	8.8(3.6 0.40)	15.7(3.6 0.23)	20.2(5.2 0.26)	18.7(3.4 0.18)	15.5(3.1 0.20)
12	6.7(1.7 0.25)	8.1(2.6 0.32)	14.5(2.6 0.18)	18.8(5.5 0.29)	18.1(4.3 0.24)	14.8(2.9 0.19)
13	6.8(1.0 0.15)	8.0(2.2 0.27)	14.6(3.7 0.25)	17.6(5.0 0.28)	16.3(3.8 0.23)	15.0(3.3 0.22)
14	7.5(1.3 0.17)	10.1(3.5 0.34)	15.7(4.5 0.29)	17.3(4.1 0.24)	16.6(3.4 0.20)	15.0(3.4 0.23)
15	6.1(1.0 0.17)	8.7(3.6 0.41)	13.2(4.0 0.30)	14.2(3.7 0.26)	14.6(2.3 0.16)	12.6(3.3 0.26)
16	4.5(1.2 0.27)	6.9(4.5 0.66)	12.4(3.7 0.30)	12.4(4.1 0.33)	12.7(2.6 0.21)	10.6(2.3 0.22)
17	0.2(1.0 4.36)	2.4(4.5 1.92)	9.9(3.7 0.37)	12.3(4.2 0.34)	11.8(3.2 0.27)	9.5(2.6 0.28)
18	0.0(0.0 0.00)	0.6(2.0 3.55)	2.0(3.9 1.92)	1.3(2.6 2.10)	4.5(4.7 1.04)	3.3(4.2 1.27)
19	0.0(0.0 0.00)	0.2(0.7 3.00)	0.8(2.0 2.36)	0.8(2.6 3.46)	0.8(2.3 3.00)	1.0(2.2 2.17)
20	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.5 4.36)	0.5(1.2 2.47)	0.4(1.6 4.12)	0.3(1.0 4.12)	0.7(1.6 2.20)
21	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.5 4.36)	0.5(1.4 2.92)	0.1(0.5 4.12)	0.3(1.0 4.12)	0.5(1.4 2.63)
22	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
23	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
24	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
	93.6	57.5	53.7	50.8	46.3	48.2

表－３－11　事務所の時刻別冷熱消費量の平均値（4～9月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.1 4.12)	0.2(0.3 1.54)	0.2(0.4 1.90)	2.0(1.3 0.66)	1.0(1.1 1.12)
2	0.0(0.1 3.87)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.2 3.35)	0.2(0.3 1.54)	1.9(1.4 0.73)	0.8(1.1 1.33)
3	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.2 1.56)	0.2(0.4 1.76)	1.9(1.4 0.75)	0.9(1.0 1.14)
4	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.1 2.52)	0.2(0.3 1.85)	1.9(1.4 0.72)	0.7(0.8 1.22)
5	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.2 1.97)	0.2(0.3 1.58)	1.9(1.3 0.73)	0.6(0.8 1.35)
6	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.1 2.12)	0.1(0.2 1.91)	1.8(1.3 0.72)	0.6(0.7 1.22)
7	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.1 2.83)	0.1(0.1 2.52)	0.1(0.3 2.22)	1.9(1.3 0.71)	0.7(1.0 1.34)
8	2.6(2.0 0.78)	5.4(0.8 0.15)	8.2(4.4 0.54)	6.8(4.1 0.60)	14.1(5.3 0.38)	8.2(3.2 0.40)
9	6.3(4.8 0.76)	13.2(5.9 0.45)	24.8(6.6 0.27)	23.2(7.1 0.31)	37.2(7.1 0.19)	25.1(7.3 0.29)
10	5.6(5.2 0.93)	12.0(6.1 0.51)	25.0(6.2 0.25)	23.5(6.1 0.26)	34.3(5.9 0.17)	24.2(6.4 0.26)
11	6.2(5.4 0.87)	13.3(6.4 0.48)	26.2(6.0 0.23)	24.3(5.7 0.24)	35.8(6.0 0.17)	25.0(6.4 0.26)
12	7.2(6.8 0.94)	14.7(6.5 0.44)	27.5(5.7 0.21)	25.3(5.8 0.23)	36.5(4.6 0.13)	26.4(6.8 0.26)
13	8.2(7.3 0.89)	15.2(6.3 0.42)	28.1(6.0 0.21)	25.9(4.9 0.19)	36.5(5.0 0.14)	28.0(7.1 0.25)
14	7.7(7.1 0.92)	15.5(6.1 0.39)	28.0(5.9 0.21)	25.7(5.1 0.20)	36.4(4.8 0.13)	27.1(6.9 0.25)
15	8.0(7.2 0.90)	16.6(7.1 0.43)	29.1(7.1 0.24)	25.8(5.3 0.21)	36.5(5.2 0.14)	27.1(6.9 0.26)
16	8.1(6.9 0.85)	16.4(6.2 0.38)	28.6(6.2 0.22)	25.4(5.1 0.20)	36.1(5.1 0.14)	27.4(6.7 0.25)
17	8.0(6.2 0.78)	15.8(6.2 0.39)	27.3(6.1 0.22)	24.9(5.3 0.21)	34.8(5.0 0.14)	26.6(6.7 0.25)
18	7.0(5.9 0.84)	13.3(4.8 0.36)	24.5(5.5 0.22)	21.3(4.3 0.20)	29.3(5.8 0.20)	22.8(5.6 0.25)
19	5.1(4.0 0.78)	9.2(2.8 0.30)	15.7(3.1 0.20)	14.0(2.4 0.17)	18.1(3.9 0.21)	15.2(3.4 0.22)
20	2.6(1.6 0.63)	4.2(0.5 0.13)	5.7(1.9 0.33)	6.0(1.4 0.23)	8.6(2.3 0.27)	6.8(2.1 0.30)
21	2.4(1.6 0.66)	0.3(1.0 3.04)	1.6(2.7 1.75)	5.2(1.2 0.24)	8.0(2.6 0.32)	6.5(2.2 0.34)
22	1.1(0.8 0.76)	0.1(0.3 4.12)	0.6(0.9 1.50)	3.2(1.6 0.50)	6.6(2.4 0.36)	4.7(2.3 0.48)
23	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.2(0.3 1.41)	0.9(1.8 1.88)	3.3(1.7 0.52)	2.1(1.9 0.90)
24	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.2(0.4 1.89)	0.4(0.5 1.31)	2.5(1.2 0.47)	1.3(1.1 0.79)
	86.1	165.3	301.9	283.1	427.8	310.0

表－３－12　事務所の時刻別冷熱消費量の平均値（10～3月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	0.2(1.0 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
2	0.1(0.6 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
3	0.0(0.2 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
4	0.0(0.1 4.36)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
5	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
6	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
7	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)
8	4.8(1.2 0.24)	4.3(0.8 0.18)	2.0(0.6 0.32)	1.4(1.0 0.70)	1.5(0.5 0.33)	2.0(1.1 0.59)
9	10.6(3.2 0.30)	4.5(1.9 0.43)	1.3(0.9 0.73)	1.5(0.5 0.33)	1.3(0.3 0.26)	1.4(0.6 0.41)
10	9.6(3.2 0.34)	2.9(1.7 0.57)	0.9(0.3 0.27)	0.7(0.3 0.44)	0.9(0.2 0.24)	1.0(0.3 0.30)
11	10.6(3.0 0.28)	3.1(1.9 0.60)	0.9(0.2 0.28)	1.0(0.3 0.27)	0.9(0.2 0.25)	1.1(0.2 0.19)
12	11.5(3.6 0.31)	3.4(2.1 0.63)	1.0(0.3 0.26)	0.7(0.2 0.33)	1.0(0.3 0.26)	1.0(0.4 0.42)
13	12.1(3.6 0.30)	4.1(2.7 0.67)	0.9(0.2 0.24)	0.9(0.2 0.20)	0.8(0.2 0.31)	1.1(0.4 0.39)
14	13.5(4.2 0.31)	5.1(4.0 0.78)	1.0(0.3 0.26)	0.8(0.1 0.17)	0.8(0.1 0.17)	1.2(0.4 0.29)
15	14.3(4.4 0.31)	5.6(4.0 0.71)	1.3(1.1 0.89)	0.9(0.2 0.24)	1.0(0.2 0.19)	1.1(0.5 0.40)
16	14.2(4.3 0.30)	5.5(4.0 0.74)	1.0(0.2 0.21)	0.9(0.2 0.20)	1.1(0.8 0.75)	1.2(0.5 0.40)
17	12.8(3.6 0.28)	5.2(3.4 0.66)	1.1(0.2 0.19)	0.8(0.2 0.23)	0.9(0.4 0.49)	1.4(0.6 0.40)
18	11.1(2.7 0.24)	4.4(2.8 0.63)	1.0(0.2 0.17)	0.9(0.3 0.31)	0.9(0.2 0.20)	1.4(0.6 0.40)
19	8.3(1.9 0.22)	4.1(2.1 0.51)	1.0(0.2 0.19)	0.9(0.2 0.25)	1.0(0.2 0.23)	1.4(0.5 0.37)
20	2.7(1.0 0.36)	1.5(0.7 0.45)	0.7(0.1 0.16)	0.7(0.2 0.24)	0.7(0.2 0.27)	1.0(0.5 0.43)
21	2.2(0.9 0.40)	1.0(0.4 0.40)	0.9(0.2 0.20)	0.8(0.1 0.15)	0.8(0.1 0.15)	0.9(0.4 0.39)
22	1.3(0.8 0.57)	0.5(0.3 0.65)	0.3(0.2 0.50)	0.4(0.2 0.43)	0.4(0.2 0.43)	0.4(0.2 0.49)
23	0.5(1.1 2.05)	0.2(0.4 1.86)	0.0(0.2 4.24)	0.0(0.0 0.00)	0.1(0.2 2.34)	0.1(0.2 3.35)
24	0.3(0.8 2.56)	0.1(0.2 3.18)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.0 0.00)	0.0(0.1 2.83)	0.0(0.0 0.00)
	86.1	165.3	301.9	283.1	427.8	310.0

表－３－13　ホテルの時刻別電力需要量の平均値（4～9月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	16.4(0.8 0.05)	16.1(0.9 0.06)	16.1(0.9 0.05)	16.1(1.5 0.09)	16.5(1.2 0.07)	16.0(1.1 0.07)
2	15.9(0.8 0.05)	15.4(1.0 0.06)	15.7(0.8 0.05)	15.5(1.2 0.08)	16.3(1.0 0.06)	15.7(0.8 0.05)
3	14.1(0.7 0.05)	13.5(0.9 0.07)	13.7(0.9 0.07)	14.0(1.2 0.08)	14.3(1.0 0.07)	13.8(0.7 0.05)
4	13.1(0.9 0.07)	12.2(0.8 0.07)	12.9(0.7 0.05)	12.9(1.1 0.08)	13.4(1.2 0.09)	12.8(0.7 0.06)
5	12.9(0.9 0.07)	12.4(0.7 0.06)	12.6(0.9 0.07)	12.9(1.2 0.09)	13.7(1.3 0.09)	12.7(1.3 0.10)
6	13.4(0.5 0.04)	12.8(1.2 0.09)	13.3(0.8 0.06)	13.2(1.2 0.09)	13.8(1.5 0.11)	13.6(1.8 0.13)
7	15.7(0.8 0.05)	15.5(1.3 0.08)	15.5(1.0 0.07)	15.7(1.4 0.09)	16.5(1.4 0.09)	15.8(1.6 0.10)
8	18.7(0.7 0.04)	18.1(1.5 0.08)	17.6(0.7 0.04)	17.8(1.7 0.10)	18.4(1.3 0.07)	17.8(1.5 0.08)
9	21.5(0.9 0.04)	21.0(1.9 0.09)	20.1(0.8 0.04)	20.3(1.5 0.07)	20.6(2.1 0.10)	20.5(1.1 0.06)
10	23.7(1.2 0.05)	23.7(1.7 0.07)	22.2(1.1 0.05)	22.4(1.2 0.05)	23.3(1.8 0.08)	22.5(1.1 0.05)
11	25.5(1.8 0.07)	25.0(1.5 0.06)	23.9(1.2 0.05)	23.6(1.3 0.06)	24.6(1.2 0.05)	24.0(1.3 0.05)
12	25.8(2.2 0.08)	25.3(1.5 0.06)	24.0(1.1 0.05)	24.0(1.5 0.06)	24.6(1.4 0.06)	24.6(1.2 0.05)
13	25.6(1.8 0.07)	24.8(1.3 0.05)	23.8(0.9 0.04)	23.9(1.6 0.07)	24.8(1.5 0.06)	24.2(2.0 0.08)
14	25.2(2.3 0.09)	24.9(1.2 0.05)	24.4(0.9 0.04)	24.2(1.9 0.08)	24.5(1.6 0.06)	24.5(2.1 0.08)
15	25.5(1.6 0.06)	24.7(1.0 0.04)	23.9(1.1 0.05)	23.6(1.3 0.05)	24.6(2.5 0.10)	24.2(1.5 0.06)
16	25.0(1.4 0.06)	24.2(1.0 0.04)	23.5(1.8 0.08)	23.0(1.6 0.07)	24.4(2.3 0.09)	22.6(2.6 0.11)
17	25.3(1.3 0.05)	24.6(1.1 0.05)	24.5(1.4 0.06)	23.9(1.8 0.08)	24.1(1.4 0.06)	25.1(3.1 0.12)
18	25.8(1.1 0.04)	25.1(1.5 0.06)	24.8(1.0 0.04)	24.0(1.8 0.08)	24.8(1.3 0.05)	24.4(1.8 0.07)
19	25.5(1.1 0.04)	25.5(1.5 0.06)	24.5(0.9 0.04)	24.4(1.9 0.08)	24.6(1.5 0.06)	25.0(1.3 0.05)
20	25.4(1.4 0.06)	24.5(0.8 0.03)	24.5(0.7 0.03)	23.8(1.7 0.07)	24.8(1.8 0.07)	24.6(1.1 0.04)
21	23.9(1.3 0.05)	23.5(1.0 0.04)	23.6(0.9 0.04)	22.7(1.6 0.07)	23.3(1.2 0.05)	23.3(1.1 0.05)
22	22.6(1.0 0.05)	22.4(1.1 0.05)	22.8(0.9 0.04)	21.2(1.5 0.07)	21.6(1.4 0.07)	21.9(1.1 0.05)
23	21.6(1.3 0.06)	21.1(0.9 0.04)	21.1(0.9 0.04)	20.5(1.6 0.08)	21.0(1.6 0.07)	20.8(1.0 0.05)
24	18.0(0.9 0.05)	18.0(1.0 0.06)	18.2(1.0 0.06)	18.0(1.5 0.08)	18.5(0.9 0.05)	18.0(0.9 0.05)
	497.2	504.2	524.3	529.0	538.7	544.2

表－３－14　ホテルの時刻別電力消費量の平均値（10～3月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	16.4(1.5 0.09)	16.4(1.0 0.06)	17.1(1.3 0.08)	17.2(1.0 0.06)	18.2(1.5 0.08)	17.3(0.9 0.05)
2	15.5(0.7 0.04)	15.3(0.9 0.06)	16.0(1.0 0.06)	16.3(1.2 0.07)	17.2(1.2 0.07)	16.7(0.9 0.05)
3	13.9(0.7 0.05)	13.6(1.0 0.07)	14.2(0.8 0.06)	14.6(1.4 0.10)	15.3(1.0 0.07)	15.4(1.0 0.07)
4	12.7(0.7 0.06)	12.9(1.0 0.08)	12.8(0.8 0.06)	13.7(1.0 0.07)	14.2(0.9 0.07)	14.2(0.9 0.06)
5	12.7(1.0 0.08)	12.7(0.8 0.06)	12.9(0.6 0.05)	13.2(1.0 0.07)	13.5(1.3 0.10)	14.0(1.2 0.09)
6	13.3(1.0 0.07)	13.2(0.7 0.06)	13.5(0.9 0.07)	14.1(0.9 0.06)	14.6(1.3 0.09)	14.3(1.3 0.09)
7	15.9(1.1 0.07)	15.7(1.7 0.11)	16.4(1.1 0.06)	16.3(1.3 0.08)	17.3(1.0 0.06)	17.5(1.1 0.07)
8	17.7(1.1 0.06)	18.0(1.8 0.10)	19.1(1.4 0.07)	19.6(1.9 0.10)	19.4(1.8 0.09)	20.1(1.6 0.08)
9	20.9(1.1 0.05)	21.8(2.5 0.11)	22.6(1.1 0.05)	22.9(1.3 0.06)	23.4(1.4 0.06)	23.9(2.1 0.09)
10	23.3(1.2 0.05)	23.5(2.0 0.09)	24.7(1.3 0.05)	24.8(1.7 0.07)	25.8(1.3 0.05)	26.3(1.6 0.06)
11	24.5(1.0 0.04)	25.5(2.3 0.09)	26.2(2.3 0.09)	26.9(2.1 0.08)	27.1(1.6 0.06)	27.3(1.8 0.07)
12	24.9(1.5 0.06)	26.2(2.1 0.08)	27.6(2.3 0.08)	26.8(1.3 0.05)	27.2(1.2 0.04)	27.9(2.5 0.09)
13	25.2(1.7 0.07)	25.9(1.4 0.05)	26.9(1.3 0.05)	26.7(1.9 0.07)	27.4(1.3 0.05)	27.9(2.0 0.07)
14	24.8(1.4 0.05)	25.5(1.7 0.07)	26.3(2.0 0.08)	27.0(2.1 0.08)	27.0(1.4 0.05)	27.2(2.0 0.07)
15	25.1(1.5 0.06)	25.8(2.0 0.08)	26.9(1.5 0.05)	26.9(1.3 0.05)	27.4(1.2 0.04)	27.5(1.7 0.06)
16	24.1(1.0 0.04)	24.6(1.8 0.07)	26.1(1.2 0.05)	26.2(1.1 0.04)	26.4(1.4 0.05)	26.5(1.1 0.04)
17	24.9(1.4 0.06)	25.4(1.1 0.04)	26.2(1.4 0.05)	26.4(0.8 0.03)	26.3(2.3 0.09)	26.8(1.5 0.06)
18	24.5(1.4 0.06)	25.7(1.9 0.07)	26.6(2.1 0.08)	26.6(1.3 0.05)	27.3(2.0 0.07)	27.7(1.7 0.06)
19	25.6(1.7 0.07)	25.6(1.3 0.05)	26.8(1.8 0.07)	26.3(1.6 0.06)	26.7(2.2 0.08)	27.1(1.6 0.06)
20	25.1(1.5 0.06)	24.9(1.6 0.06)	26.2(1.0 0.04)	26.5(1.9 0.07)	26.5(1.8 0.07)	26.7(2.0 0.07)
21	23.9(0.9 0.04)	24.1(1.5 0.06)	25.1(1.2 0.05)	24.9(1.1 0.04)	24.5(2.2 0.09)	25.2(1.7 0.07)
22	23.1(0.9 0.04)	22.8(1.4 0.06)	23.8(1.1 0.05)	23.3(2.3 0.10)	24.0(2.4 0.10)	24.1(2.1 0.09)
23	21.3(0.9 0.04)	21.1(1.2 0.05)	21.6(1.0 0.05)	22.7(2.2 0.10)	22.3(1.5 0.07)	22.8(1.5 0.06)
24	17.9(1.6 0.09)	18.1(1.2 0.07)	18.8(1.6 0.08)	19.0(1.3 0.07)	19.6(1.4 0.07)	19.8(1.4 0.07)
	497.2	504.2	524.3	529.0	538.7	544.2

表－３－15　ホテルの時刻別温熱消費量の平均値（4～9月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	14.2(3.0 0.21)	11.4(1.8 0.16)	9.9(1.5 0.16)	10.5(1.1 0.10)	9.1(2.2 0.24)	8.6(1.2 0.14)
2	13.2(2.7 0.20)	10.6(1.2 0.11)	8.6(1.1 0.12)	9.3(1.3 0.14)	8.3(1.4 0.17)	8.0(0.8 0.10)
3	11.4(2.7 0.23)	9.0(1.1 0.13)	7.6(1.1 0.14)	8.4(1.6 0.19)	6.8(1.2 0.18)	6.5(0.9 0.14)
4	9.1(2.3 0.25)	7.0(1.3 0.19)	6.0(0.7 0.12)	6.5(0.9 0.14)	5.2(0.6 0.12)	5.1(0.8 0.15)
5	8.7(2.1 0.24)	6.8(1.1 0.16)	6.0(0.7 0.12)	6.5(0.6 0.10)	4.9(0.8 0.17)	4.7(0.8 0.17)
6	10.7(2.3 0.21)	8.8(1.1 0.13)	7.2(0.9 0.13)	7.5(0.8 0.10)	5.7(0.8 0.14)	5.7(1.0 0.18)
7	14.2(2.7 0.19)	11.4(2.0 0.17)	9.7(1.4 0.14)	9.8(1.1 0.11)	7.6(1.7 0.22)	8.8(1.4 0.15)
8	17.0(3.0 0.18)	13.8(2.1 0.15)	11.7(1.2 0.11)	12.1(1.0 0.08)	10.0(1.5 0.15)	11.2(1.6 0.14)
9	17.1(3.2 0.19)	13.9(1.8 0.13)	12.1(1.2 0.10)	12.9(1.0 0.08)	11.2(1.4 0.12)	11.5(1.0 0.09)
10	18.4(3.5 0.19)	14.9(1.8 0.12)	13.4(1.5 0.11)	13.6(1.5 0.11)	12.2(1.3 0.11)	12.5(1.2 0.10)
11	17.8(3.2 0.18)	15.0(2.0 0.13)	13.1(1.4 0.11)	13.7(1.3 0.09)	12.2(1.4 0.12)	12.6(1.4 0.11)
12	17.3(2.7 0.16)	14.3(1.5 0.10)	13.0(1.0 0.08)	13.4(1.3 0.09)	11.9(1.0 0.08)	12.0(1.2 0.10)
13	17.2(2.5 0.14)	14.8(1.1 0.07)	13.5(1.0 0.08)	13.8(1.0 0.07)	12.0(1.0 0.08)	12.6(1.7 0.13)
14	17.2(2.4 0.14)	14.8(0.9 0.06)	13.4(1.1 0.08)	13.6(0.9 0.06)	12.0(1.1 0.09)	12.3(1.0 0.08)
15	16.9(2.6 0.16)	14.9(1.2 0.08)	13.4(1.1 0.08)	13.8(0.9 0.06)	11.9(1.4 0.12)	12.6(1.4 0.11)
16	16.3(2.7 0.17)	13.9(1.3 0.09)	12.3(1.2 0.10)	12.0(1.3 0.11)	10.9(1.6 0.15)	11.6(1.4 0.12)
17	15.5(3.7 0.24)	13.2(1.3 0.10)	11.5(1.1 0.09)	12.1(1.7 0.14)	10.8(1.1 0.10)	10.4(1.2 0.11)
18	15.7(2.7 0.17)	13.7(1.2 0.09)	12.0(1.1 0.09)	12.5(1.0 0.08)	11.0(1.3 0.11)	11.0(1.0 0.09)
19	16.3(2.9 0.18)	13.8(1.3 0.10)	12.2(1.2 0.10)	12.8(1.2 0.10)	10.6(1.2 0.12)	11.3(1.1 0.10)
20	16.7(2.8 0.17)	14.0(1.4 0.10)	12.4(1.1 0.09)	12.9(1.1 0.08)	11.4(1.1 0.09)	11.2(1.1 0.10)
21	17.8(3.1 0.17)	15.1(1.8 0.12)	12.6(1.7 0.13)	13.6(1.0 0.07)	11.7(1.4 0.12)	11.7(0.8 0.07)
22	19.3(3.7 0.19)	16.2(1.5 0.09)	13.9(2.0 0.14)	14.2(1.3 0.09)	12.2(1.4 0.11)	12.8(1.2 0.10)
23	18.2(3.4 0.19)	15.0(2.1 0.14)	12.3(2.3 0.19)	12.7(1.4 0.11)	11.7(1.9 0.16)	11.5(1.3 0.12)
24	16.1(3.6 0.22)	13.1(2.2 0.17)	10.5(1.5 0.14)	11.1(1.4 0.13)	10.0(2.2 0.22)	9.8(1.3 0.13)
	372.3	309.7	268.4	279.5	241.4	246.2

表－３－16　ホテルの時刻別温熱消費量の平均値（10～3月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	10.6(1.8 0.17)	15.9(1.9 0.12)	18.6(4.9 0.26)	20.5(5.0 0.24)	19.7(3.2 0.16)	17.4(2.4 0.14)
2	10.0(1.4 0.14)	14.5(1.7 0.12)	18.0(4.1 0.23)	18.8(4.3 0.23)	18.2(2.7 0.15)	16.4(1.9 0.12)
3	8.4(1.3 0.15)	12.9(1.9 0.15)	15.4(3.8 0.25)	17.0(3.2 0.19)	16.8(2.8 0.16)	14.2(2.4 0.17)
4	6.7(0.9 0.14)	10.7(1.5 0.14)	12.9(3.4 0.27)	15.2(1.9 0.13)	14.4(2.9 0.20)	12.3(2.4 0.19)
5	6.0(1.0 0.16)	10.1(1.8 0.18)	12.2(3.2 0.26)	15.3(2.2 0.14)	14.7(2.8 0.19)	11.9(2.3 0.19)
6	7.4(1.0 0.14)	11.7(1.3 0.11)	14.1(2.8 0.20)	16.4(2.2 0.13)	15.6(2.9 0.19)	13.7(1.9 0.14)
7	11.1(1.7 0.15)	15.5(1.8 0.11)	17.2(2.1 0.12)	19.5(2.5 0.13)	20.2(2.6 0.13)	18.3(2.2 0.12)
8	14.3(1.9 0.14)	19.7(2.3 0.12)	22.5(2.2 0.10)	23.8(2.9 0.12)	24.5(3.2 0.13)	22.3(2.9 0.13)
9	14.0(1.6 0.11)	19.8(2.3 0.11)	22.4(2.7 0.12)	25.0(3.1 0.12)	24.3(2.8 0.11)	22.5(1.9 0.09)
10	15.0(1.5 0.10)	20.1(2.9 0.15)	23.9(3.8 0.16)	25.8(3.3 0.13)	26.0(3.0 0.11)	24.6(2.8 0.12)
11	14.7(1.8 0.12)	20.3(2.7 0.13)	23.9(4.5 0.19)	26.7(3.2 0.12)	25.9(3.4 0.13)	24.2(2.4 0.10)
12	14.2(1.3 0.09)	19.4(2.1 0.11)	22.0(3.1 0.14)	25.2(3.2 0.13)	24.9(3.0 0.12)	23.6(2.2 0.09)
13	13.6(1.2 0.09)	18.7(1.9 0.10)	20.8(2.4 0.12)	24.2(2.2 0.09)	24.7(2.1 0.09)	23.2(2.0 0.08)
14	14.0(1.3 0.10)	19.1(2.5 0.13)	21.5(2.8 0.13)	24.9(2.4 0.10)	24.9(2.3 0.09)	23.3(2.6 0.11)
15	14.2(1.5 0.11)	19.1(2.2 0.12)	21.6(3.0 0.14)	24.4(2.8 0.12)	25.4(2.5 0.10)	23.2(2.1 0.09)
16	13.0(1.1 0.08)	18.1(2.7 0.15)	20.7(4.3 0.21)	23.2(2.8 0.12)	23.2(2.4 0.10)	21.9(2.0 0.09)
17	12.0(1.3 0.11)	17.0(2.0 0.12)	18.9(4.0 0.21)	23.2(3.7 0.16)	22.5(2.7 0.12)	20.0(2.3 0.11)
18	12.6(1.3 0.10)	18.1(1.8 0.10)	20.7(3.9 0.19)	24.2(3.9 0.16)	23.2(3.5 0.15)	21.3(2.3 0.11)
19	13.0(1.8 0.14)	18.3(2.1 0.11)	22.0(4.7 0.21)	25.1(4.5 0.18)	25.0(4.2 0.17)	23.0(3.4 0.15)
20	13.3(1.5 0.12)	18.9(2.1 0.11)	23.6(3.0 0.13)	25.6(3.8 0.15)	25.0(3.5 0.14)	23.4(3.1 0.13)
21	13.8(1.5 0.11)	19.3(2.1 0.11)	23.0(3.7 0.16)	26.3(3.9 0.15)	25.8(3.0 0.12)	24.2(3.1 0.13)
22	15.0(1.7 0.11)	21.7(2.7 0.12)	25.5(3.8 0.15)	27.7(4.0 0.14)	27.0(3.7 0.14)	25.8(2.6 0.10)
23	14.3(2.5 0.17)	19.9(2.5 0.12)	24.0(4.8 0.20)	26.5(5.1 0.19)	25.6(3.4 0.13)	24.2(3.0 0.12)
24	12.4(1.7 0.14)	17.6(2.1 0.12)	21.8(4.7 0.22)	22.8(5.8 0.26)	22.7(3.1 0.14)	21.1(3.2 0.15)
	372.3	309.7	268.4	279.5	241.4	246.2

表－３－17　ホテルの時刻別冷熱消費量の平均値（4～9月）

	APR.	MAY	JUN	JUL.	AUG.	SEP.
1	2.7(2.4 0.89)	6.0(2.4 0.41)	11.2(2.0 0.18)	14.3(3.6 0.25)	19.5(2.1 0.11)	14.2(2.8 0.19)
2	2.6(2.3 0.88)	6.1(2.5 0.40)	10.5(2.0 0.19)	13.8(3.6 0.26)	18.6(1.9 0.10)	13.3(2.4 0.18)
3	2.3(2.3 1.00)	5.4(1.8 0.33)	8.9(1.8 0.20)	12.7(3.5 0.27)	16.7(1.9 0.11)	12.2(2.6 0.21)
4	2.1(2.2 1.02)	4.8(1.6 0.33)	7.7(1.6 0.21)	11.3(3.2 0.28)	15.6(1.9 0.12)	11.3(2.7 0.24)
5	1.8(2.0 1.13)	4.4(1.5 0.35)	8.2(1.7 0.21)	11.9(3.5 0.30)	15.1(2.0 0.13)	10.3(2.4 0.23)
6	1.8(2.0 1.10)	4.6(1.7 0.36)	9.2(1.9 0.21)	12.4(3.6 0.29)	16.8(2.2 0.13)	11.0(2.4 0.22)
7	2.3(2.5 1.05)	5.7(1.9 0.33)	11.1(2.2 0.19)	14.3(3.9 0.27)	19.8(2.3 0.12)	13.3(2.7 0.20)
8	3.1(2.6 0.85)	6.4(2.2 0.35)	12.5(2.4 0.19)	15.7(4.1 0.26)	22.2(2.8 0.13)	14.9(3.3 0.22)
9	4.5(2.7 0.61)	7.3(2.5 0.34)	14.0(2.3 0.17)	17.5(4.4 0.25)	24.9(2.7 0.11)	16.9(3.8 0.23)
10	6.1(3.0 0.49)	8.5(2.8 0.33)	15.3(2.4 0.16)	18.7(4.6 0.25)	27.4(2.8 0.10)	18.8(4.1 0.22)
11	6.6(3.1 0.47)	9.8(3.6 0.37)	16.6(2.8 0.17)	19.8(4.4 0.22)	28.4(2.8 0.10)	20.1(4.3 0.22)
12	7.2(3.1 0.43)	9.9(3.8 0.39)	17.4(2.6 0.15)	20.5(4.3 0.21)	28.9(2.5 0.09)	20.7(4.3 0.21)
13	7.3(3.0 0.41)	10.4(4.0 0.38)	17.8(2.8 0.16)	21.2(3.9 0.18)	29.2(2.5 0.08)	20.9(4.3 0.21)
14	7.4(2.9 0.38)	10.5(3.8 0.36)	17.7(2.7 0.15)	21.2(4.4 0.21)	29.6(2.4 0.08)	21.1(4.3 0.21)
15	7.3(2.9 0.39)	10.5(3.8 0.36)	18.0(2.4 0.14)	21.6(4.6 0.21)	29.9(2.1 0.07)	21.2(4.5 0.21)
16	7.1(3.0 0.42)	10.5(3.6 0.34)	17.7(2.6 0.14)	21.0(4.6 0.22)	29.3(2.4 0.08)	20.8(4.4 0.21)
17	6.7(3.2 0.48)	10.3(3.7 0.36)	17.6(2.5 0.15)	21.0(4.4 0.21)	29.3(2.3 0.08)	20.6(4.4 0.21)
18	6.2(2.9 0.46)	9.8(3.5 0.36)	17.0(2.3 0.14)	20.6(4.8 0.23)	28.8(2.3 0.08)	20.1(4.1 0.20)
19	6.3(2.6 0.41)	9.3(3.3 0.35)	16.7(2.5 0.15)	20.2(4.6 0.23)	28.3(2.9 0.10)	19.7(4.5 0.23)
20	5.9(2.8 0.47)	9.0(3.4 0.38)	16.4(2.9 0.18)	19.9(5.0 0.25)	27.9(2.7 0.10)	19.4(4.3 0.22)
21	5.3(2.6 0.49)	8.7(3.2 0.37)	15.8(2.9 0.19)	19.3(5.1 0.26)	27.5(3.1 0.11)	18.8(4.2 0.22)
22	5.0(2.9 0.58)	8.1(3.1 0.39)	15.4(3.1 0.20)	19.0(5.0 0.26)	26.6(3.1 0.12)	18.6(4.0 0.22)
23	4.5(2.8 0.63)	7.8(2.9 0.38)	13.7(2.5 0.18)	17.6(4.5 0.26)	24.1(2.4 0.10)	16.8(3.5 0.21)
24	3.5(2.7 0.79)	7.1(2.5 0.36)	12.4(2.0 0.16)	15.7(3.9 0.25)	21.2(2.0 0.10)	15.0(3.2 0.22)
	115.5	190.8	338.5	421.4	585.6	410.5

表－３－18　ホテルの時刻別冷熱消費量の平均値（10～3月）

	OCT.	NOV.	DEC.	JAN.	FEB.	MAR.
1	5.5(1.7 0.30)	2.1(1.7 0.81)	0.3(0.4 1.48)	0.4(1.0 2.64)	0.5(0.5 1.01)	0.4(1.2 2.75)
2	5.3(1.7 0.31)	1.7(1.6 0.91)	0.3(0.4 1.48)	0.3(0.9 2.72)	0.4(0.4 1.01)	0.4(1.1 2.59)
3	4.8(1.4 0.30)	1.0(1.0 0.99)	0.2(0.3 1.67)	0.4(0.9 2.43)	0.4(0.4 0.98)	0.2(0.5 2.42)
4	4.5(1.2 0.27)	0.8(0.8 0.95)	0.2(0.3 1.83)	0.3(0.8 2.61)	0.3(0.4 1.22)	0.1(0.3 2.09)
5	3.9(1.1 0.29)	0.7(0.6 0.89)	0.1(0.3 2.12)	0.2(0.6 2.54)	0.3(0.5 1.75)	0.1(0.3 2.25)
6	4.0(1.1 0.28)	0.8(0.7 0.89)	0.1(0.3 2.03)	0.2(0.4 2.22)	0.3(0.4 1.33)	0.1(0.3 2.49)
7	4.7(1.5 0.33)	1.3(1.2 0.90)	0.1(0.2 2.61)	0.2(0.4 2.05)	0.3(0.5 1.31)	0.2(0.5 2.33)
8	5.3(1.8 0.34)	2.0(1.7 0.84)	0.1(0.2 1.82)	0.4(0.5 1.47)	0.5(0.5 1.09)	0.2(0.4 2.24)
9	6.0(2.0 0.34)	3.0(1.9 0.62)	1.3(0.9 0.74)	0.4(0.8 1.88)	0.6(0.6 1.08)	0.6(0.9 1.36)
10	7.4(2.7 0.37)	4.3(1.6 0.38)	2.9(0.9 0.29)	1.9(1.8 0.99)	2.1(2.1 1.00)	2.8(1.7 0.61)
11	8.1(2.8 0.35)	4.6(1.7 0.38)	2.3(0.8 0.35)	2.3(1.6 0.69)	3.7(2.3 0.61)	3.9(2.8 0.73)
12	8.7(2.9 0.33)	5.3(2.1 0.40)	2.6(1.1 0.42)	2.7(2.3 0.86)	3.5(2.4 0.67)	3.8(2.9 0.74)
13	8.9(2.9 0.33)	5.4(2.4 0.44)	3.3(1.3 0.40)	2.6(2.3 0.87)	3.8(2.4 0.62)	4.7(2.9 0.61)
14	9.0(2.9 0.33)	5.4(2.1 0.40)	3.5(1.2 0.33)	3.2(2.3 0.71)	3.7(1.8 0.48)	3.9(2.4 0.61)
15	9.0(3.0 0.34)	5.4(2.0 0.37)	3.0(1.1 0.38)	2.5(1.9 0.75)	3.4(1.5 0.45)	4.3(2.9 0.66)
16	8.8(2.9 0.33)	5.2(2.1 0.41)	2.9(1.1 0.37)	2.3(2.3 0.98)	3.0(1.4 0.47)	4.1(2.4 0.58)
17	8.2(2.9 0.35)	4.6(2.0 0.42)	2.4(1.4 0.56)	1.7(1.7 1.04)	2.5(1.4 0.58)	3.8(2.3 0.61)
18	7.8(2.9 0.37)	4.3(1.7 0.40)	1.8(1.3 0.76)	1.1(1.3 1.14)	1.4(1.0 0.74)	3.0(2.0 0.67)
19	7.8(2.8 0.36)	4.4(1.7 0.39)	1.3(0.8 0.58)	0.9(1.2 1.28)	1.3(1.0 0.75)	2.4(1.9 0.78)
20	7.7(2.8 0.36)	4.3(1.8 0.43)	1.2(0.8 0.67)	0.9(1.2 1.42)	1.1(0.7 0.65)	1.4(1.7 1.20)
21	7.4(2.8 0.37)	3.7(1.9 0.50)	0.9(0.7 0.86)	0.7(1.1 1.53)	0.9(0.6 0.72)	1.1(1.7 1.47)
22	7.1(2.4 0.34)	3.3(2.0 0.59)	0.7(0.7 0.99)	0.6(1.0 1.78)	0.6(0.5 0.77)	0.8(1.4 1.76)
23	6.6(2.2 0.34)	3.0(2.1 0.71)	0.5(0.7 1.24)	0.6(1.0 1.74)	0.6(0.5 0.83)	0.6(1.4 2.28)
24	5.9(2.0 0.34)	2.8(1.9 0.67)	0.4(0.5 1.21)	0.5(1.0 2.22)	0.5(0.5 0.97)	0.6(1.4 2.38)
	115.5	190.8	338.5	421.4	585.6	410.5

３－３　エネルギー需要のパターン化

（１）エネルギー需要のパターン化手法

①エネルギー消費量の変動に関する考察

前項においては、建築物におけるエネルギー消費の量的な把握を行ったが、温熱および冷熱については外気温等の影響も認められており、ここではエネルギー消費について量的な成分を取り除き、変動の形に注目した。エネルギー消費量の基準化としては、早川・岡崎[17]による報告があり、各時刻のエネルギー消費量を24時間の平均消費量で除した値で表現するという手法がとられている。この手法に基づき、年間の電力・温熱・冷熱消費量を基準化したものを図－３－21～図－３－26に示す。これらの図では、時刻別エネルギー消費量の日平均が”１”として表わされている。

＜電力＞

事務所・ホテルともに年間を通じて安定しており、事務所では0.1～2.0、ホテルでは0.6～1.3の値をとっている。

＜温熱＞

事務所では年間では0～6.5と、電力と比較して非常に大きな変動を示していることが特徴である。消費量の多い冬期についてみると、ピークの値はやや小さくなり、１日における変動の形も安定していることがわかる。ホテルの場合には0.5～1.4程度の値を示し、変動の幅としては電力よりもわずかに大きなものとなっている。季節による相違としては、給湯用の温熱消費が主となる夏期の方が、冬期と比較して変動幅がやや大きいことが挙げられる。

＜冷熱＞

冷熱についても、温熱と同様、消費量の多い期間においては変動の形が非常に安定していることが特徴的であり、夏期においては、事務所で0～2.8、ホテルで0.5～1.3の値を示す。

以上述べたように、エネルギー消費量から量的な成分を取り除き、その変動成分を捉えた場合、ホテルにおいては電力・温熱・冷熱ともに変動の幅は0.5～1.4の範囲に含まれており、事務所では電力と比較して温熱・冷熱は変動の幅が大きいことが特徴となる。また、外気温等の影響が大きいと考えられる温熱・冷熱消費についても、消費量の多い期間においては変動は非常にまとまった形態をとることがわかる。

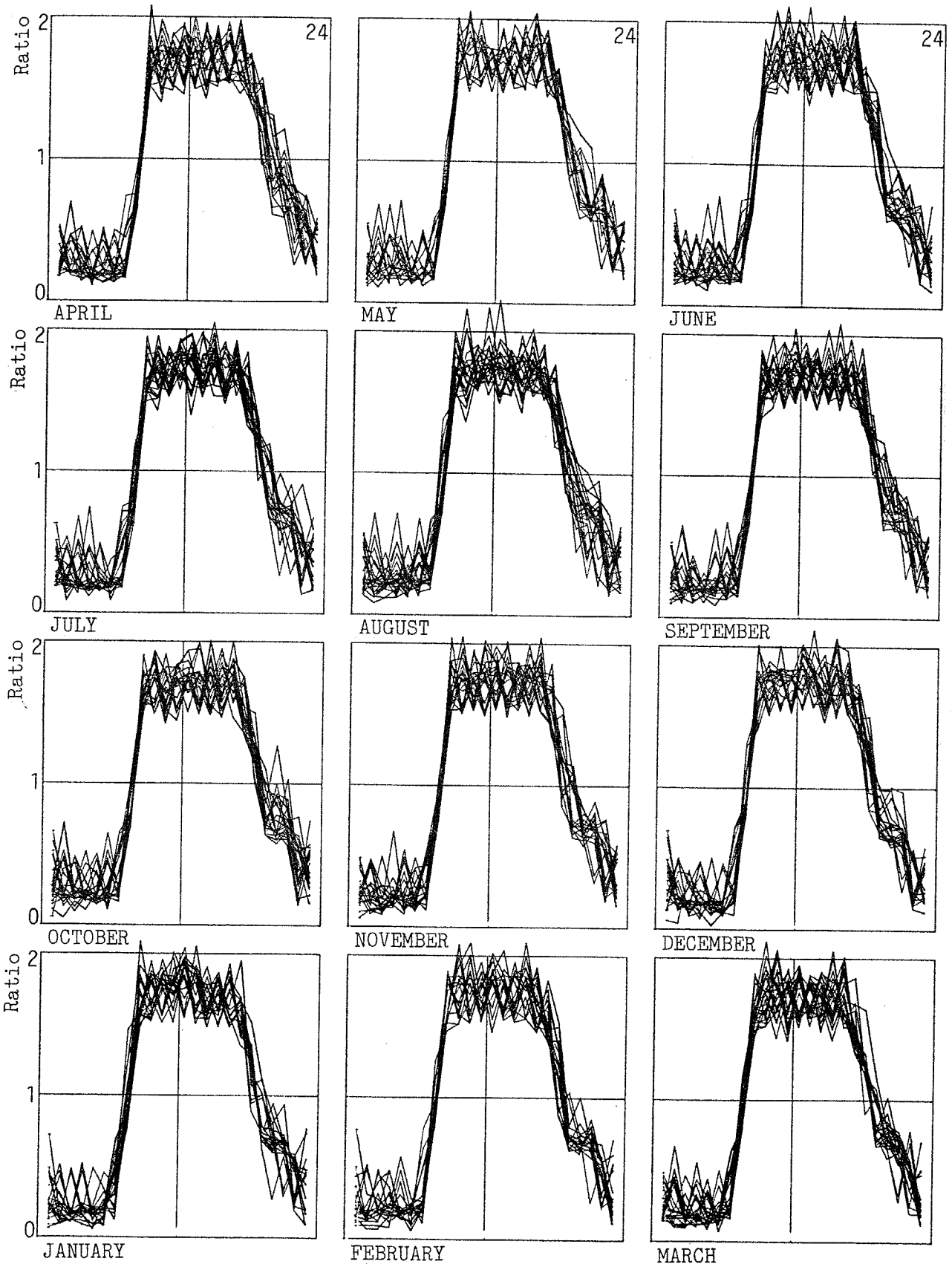
②エネルギー需要のパターン化手法

建築物におけるコージェネレーションシステムのエネルギー利用評価において基礎とすべきエネルギー需要（電力・温熱・冷熱）について、年間のエネルギー需要バランスを把握することを目的として、以下の様にパターン化した。ここでは、エネルギー消費量の解析結果より、以下の特性を抽出した。

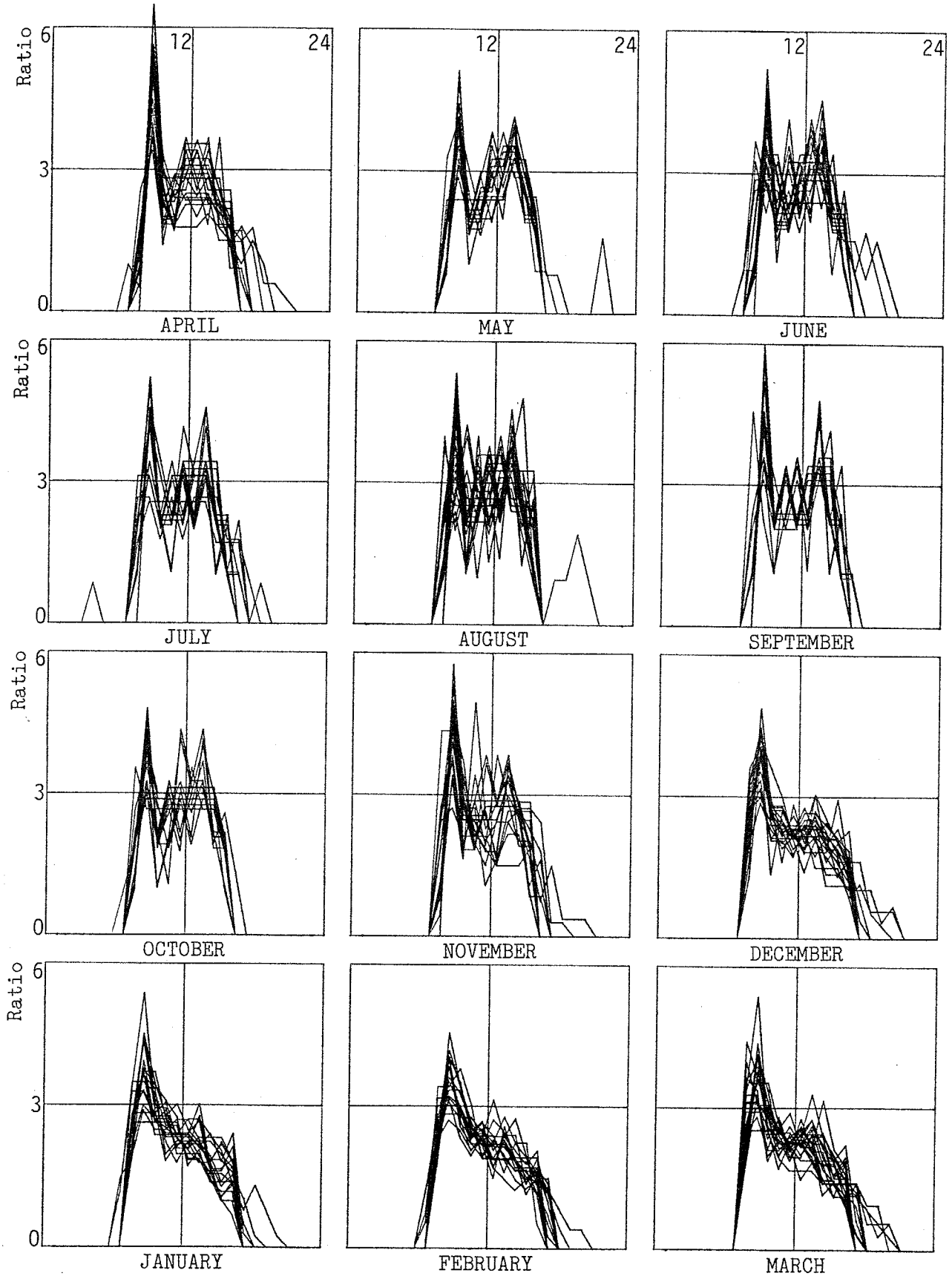
・事務所における平日およびホテルの全日のエネルギー消費量は、月別の平均値および標準偏差として捉えることができる。

・１日の時刻変動はエネルギー消費量の比としてみることにより、月別に捉えることができる。

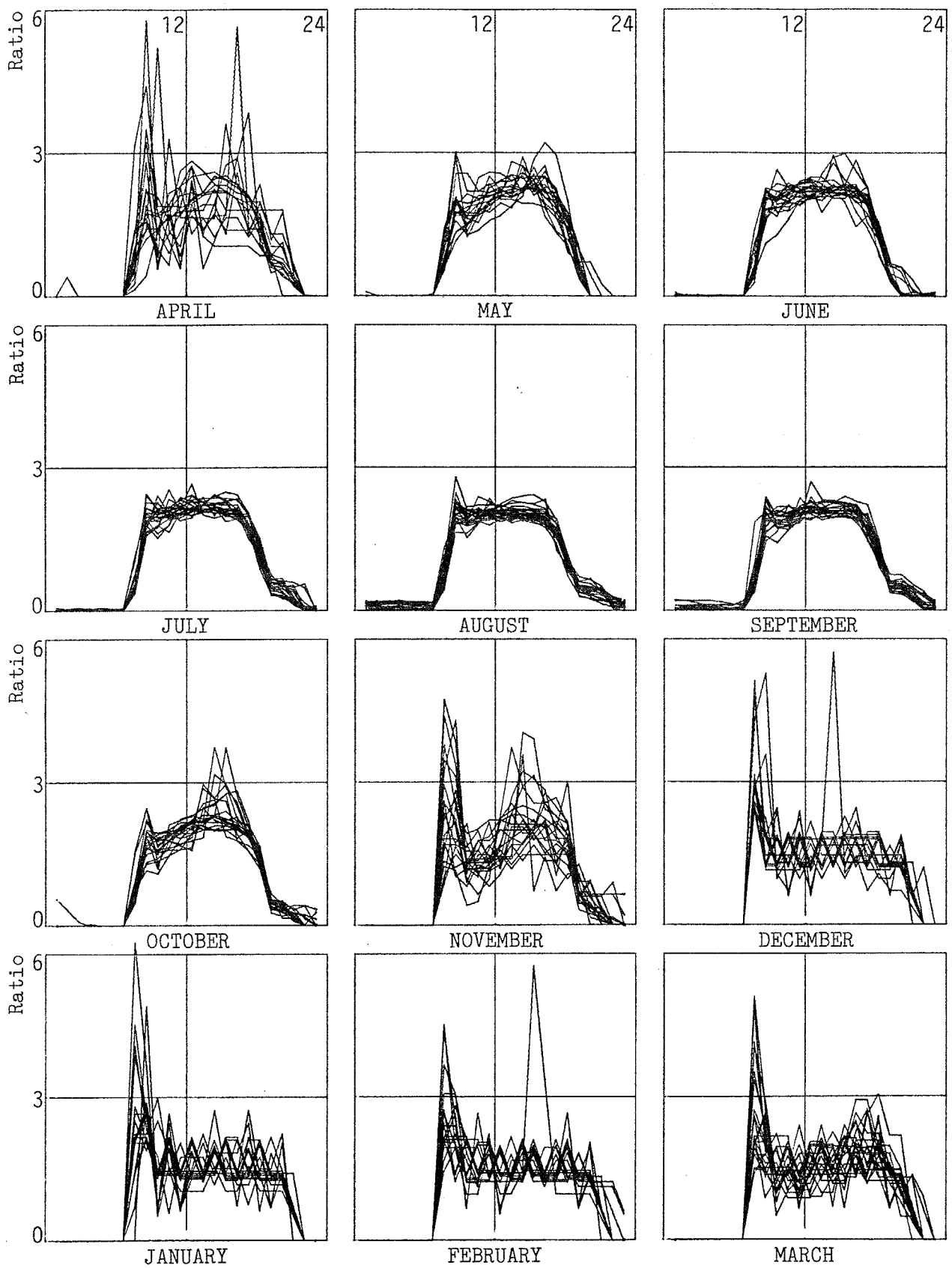
次に、これらの特性を利用して、エネルギー需要の変動を年間・時刻別の変動パターンとして捉えた。ここでは、各時刻のエネルギー需要を１日の総エネルギー需要量に対する比としてパターンを表現した。



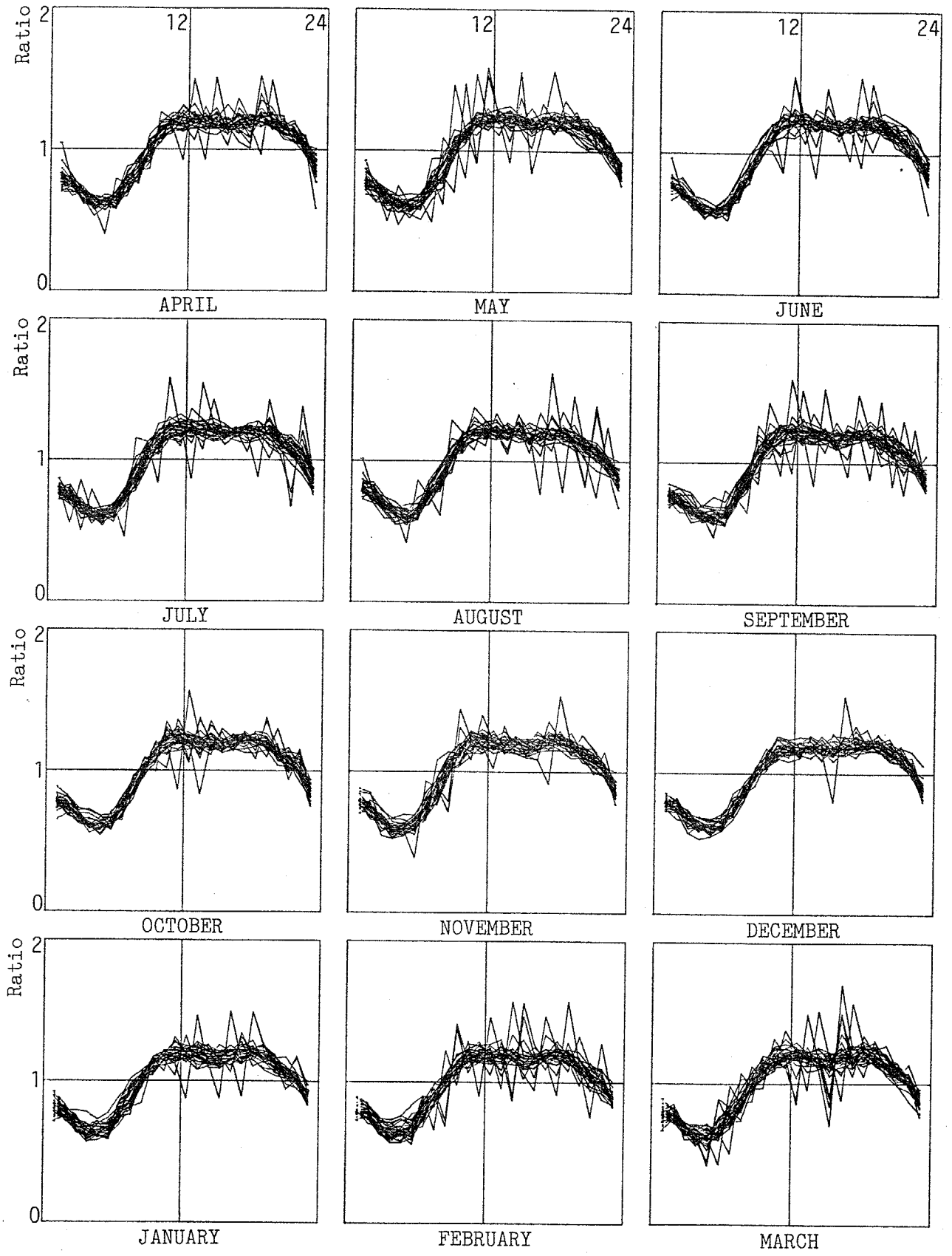
図－３－21　事務所の電力需要の時間変動



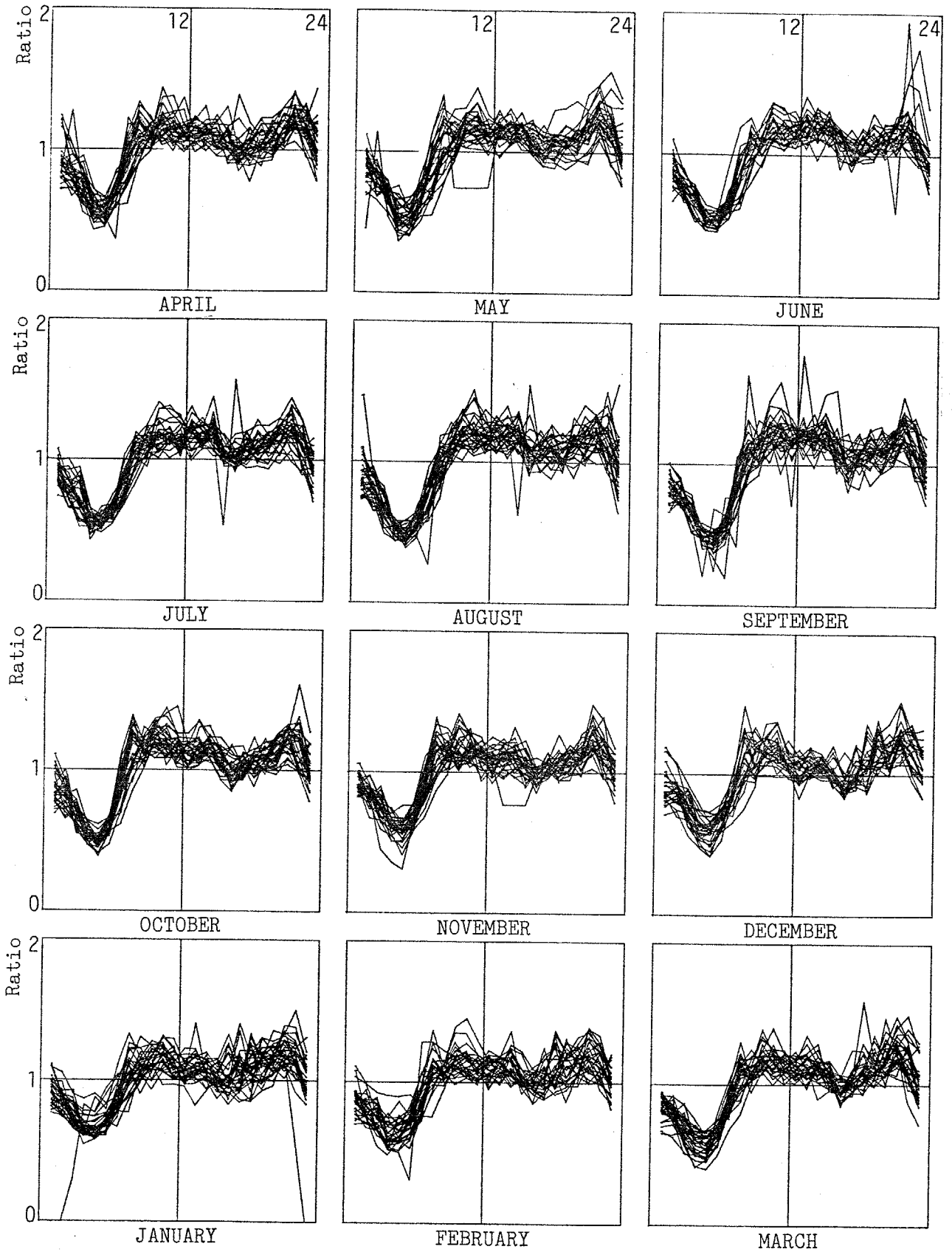
図－３－22　事務所の温熱需要の時間変動



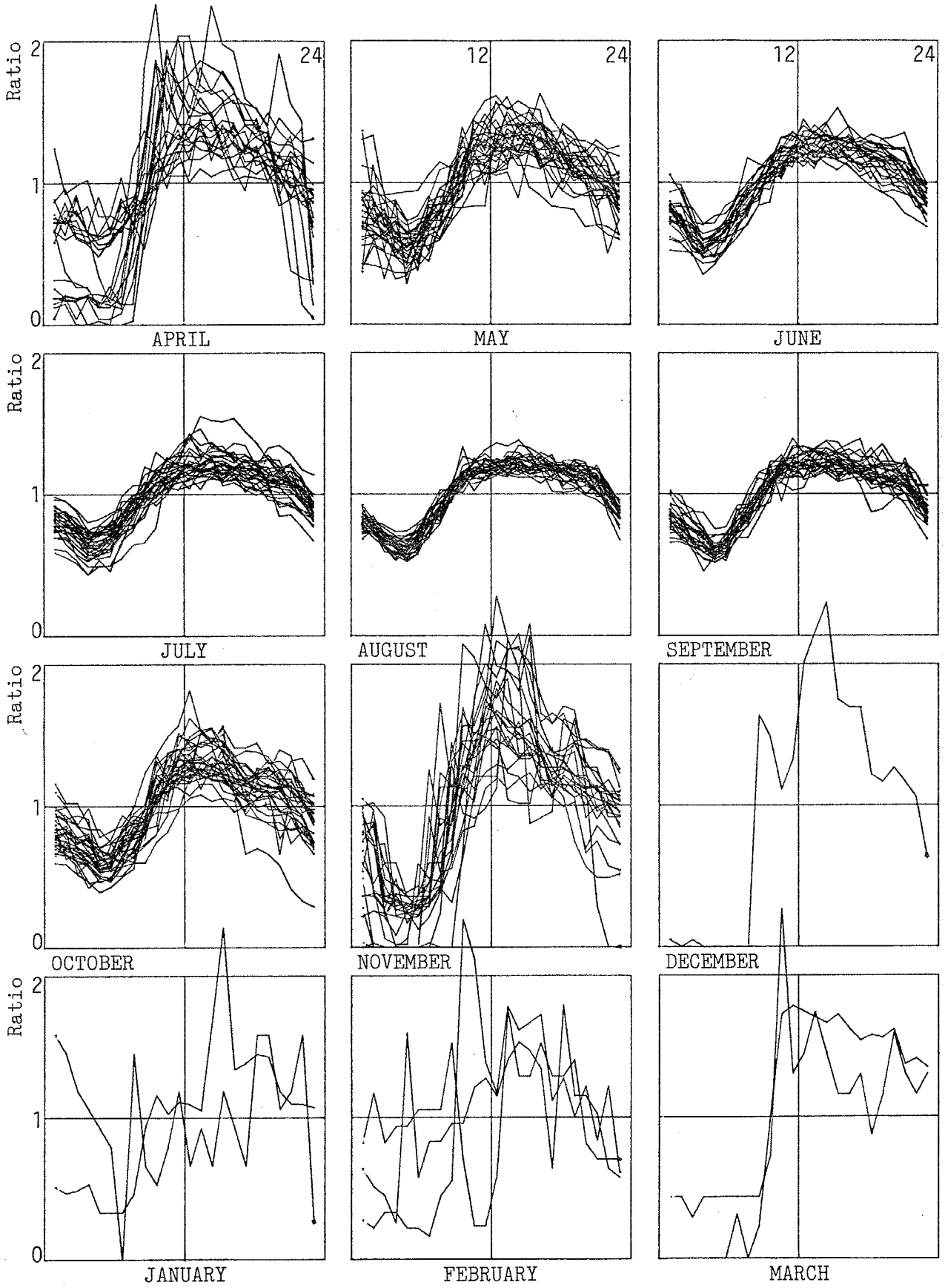
図－３－23　事務所の冷熱需要の時間変動



図－３－24　ホテルの電力需要の時間変動



図－３－25　ホテルの温熱需要の時間変動



図－３－26　ホテルの冷熱需要の時間変動

（２）年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンの作成

表－３－19～表－３－21に事務所におけるエネルギー需要変動パターンを、表－３－22～表－３－24にホテルのパターンを示す。これらの表においては、１日の総エネルギー需要を1000として時刻別需要の比を示している。（図－３－21～図－３－26におけるエネルギー消費量の基準化では、時刻別消費量の日平均値に対する比として表現しているが、エネルギー需要の変動を捉えるという点で、本質的に変わらない。）　また、各表の最下位に、基準となる１日の総エネルギー需要量を示した。

＜事務所＞

電力については、8～18時において70程度の安定した値をとる。温熱は0～7時および20～24時ではほとんど需要はなく、尖塔負荷を生じる8～9時において150～200（15～20％）を占める。冷熱は、電力と同様、8～18時において80～100程度の安定した値をとる。

＜ホテル＞

電力は5時頃に最小値25～27をとり、10～20時にはほぼ50の安定した値をとる。冷熱についても5時頃に最小値20程度、昼間で45～50の値を示し、22時頃にピーク（50～52）を生じる。冷熱は、需要の大きい夏期で25～50と電力と類似した値をとる。

表－３－19　事務所の電力需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	13	11	14	13	13	11	12	11	13	11	11	10
2	14	12	10	12	11	11	14	11	11	10	9	13
3	11	12	10	11	10	10	10	8	9	8	10	8
4	10	13	11	11	12	9	10	10	10	10	10	10
5	11	9	13	10	11	10	11	10	8	7	10	9
6	10	12	10	10	13	12	12	10	8	9	8	8
7	13	12	14	16	15	13	14	15	16	16	13	14
8	32	33	34	35	36	33	34	36	40	41	39	41
9	70	72	67	69	70	69	68	70	72	69	70	68
10	69	74	72	70	72	70	73	73	72	71	74	73
11	70	73	74	70	72	72	68	71	74	73	74	75
12	71	70	74	74	74	72	71	73	71	74	71	71
13	71	71	71	73	72	73	72	73	75	77	76	73
14	70	72	73	71	72	72	71	71	74	73	72	72
15	72	71	72	75	71	71	72	71	70	69	72	72
16	70	74	71	68	73	72	70	71	74	71	75	71
17	71	71	75	73	71	71	73	74	71	70	70	73
18	64	63	62	63	62	66	63	64	64	67	65	62
19	53	46	52	51	47	51	51	48	49	51	50	52
20	38	36	32	35	35	36	33	37	33	34	31	35
21	34	29	30	28	29	33	32	29	31	29	30	32
22	27	29	27	27	28	28	30	29	27	26	28	27
23	21	18	19	19	15	20	18	19	14	17	19	20
24	15	17	13	16	16	15	18	16	14	17	13	11
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	335	335	349	346	352	362	346	330	337	330	328	332

表－３－20　事務所の温熱需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	10	0	0	0	2	0	0	12	11	0
8	48	66	67	64	70	49	72	79	109	108	103	119
9	206	166	151	174	153	176	157	175	159	148	146	147
10	100	83	94	96	93	91	94	107	107	120	126	113
11	93	98	101	98	108	112	110	104	98	107	101	98
12	115	120	113	123	115	112	118	96	91	100	97	93
13	112	122	127	119	121	108	121	95	92	93	88	94
14	112	149	139	139	141	155	134	119	98	92	89	94
15	93	107	94	96	110	108	108	103	83	75	78	80
16	72	79	80	68	79	77	80	82	77	66	68	67
17	25	4	10	19	0	12	4	28	62	65	63	60
18	14	2	6	2	2	0	0	7	13	7	24	21
19	5	0	6	2	2	0	0	3	5	4	4	6
20	2	0	2	0	4	0	0	1	3	2	1	5
21	1	0	0	0	2	0	0	1	3	1	1	3
22	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	94	57	54	51	46	48	56	84	160	189	186	159

表－３－21　事務所の冷熱需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	0	0	1	1	5	3	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0
8	30	32	27	24	33	26	34	77	131	107	107	111
9	74	80	82	82	87	81	76	82	82	111	90	80
10	65	73	83	83	80	78	68	53	60	56	65	55
11	73	81	87	86	84	81	76	56	58	76	64	61
12	84	89	91	89	85	85	82	61	67	51	70	54
13	95	92	93	91	86	90	86	73	59	67	56	63
14	89	94	93	91	86	88	96	92	67	60	58	67
15	93	100	96	91	85	88	101	102	82	70	70	65
16	95	98	95	90	84	88	101	98	65	70	80	70
17	93	95	91	88	81	86	91	93	71	60	62	80
18	81	81	81	75	69	74	79	80	65	68	61	78
19	59	56	52	49	42	49	59	74	63	63	68	78
20	30	26	19	21	20	22	19	27	49	56	52	59
21	27	2	5	18	19	21	16	18	56	59	56	51
22	12	1	2	11	15	15	10	9	22	26	31	25
23	0	0	1	3	8	7	4	4	3	0	7	3
24	0	0	1	1	6	4	2	1	0	0	3	0
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	69	165	302	283	428	310	140	55	15	13	14	18

表－３－22　ホテルの電力需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	33	32	33	33	34	32	32	33	33	33	33	33
2	31	30	30	31	32	31	31	31	32	32	33	32
3	28	27	27	28	28	28	28	27	28	29	29	28
4	26	26	24	26	26	26	26	25	26	27	27	26
5	26	25	25	25	25	26	25	25	26	27	27	26
6	27	26	26	27	27	26	26	26	27	27	28	28
7	32	31	31	31	32	32	31	31	32	33	33	32
8	36	36	36	37	36	37	37	37	36	37	37	36
9	42	43	43	43	44	44	43	43	41	42	41	42
10	47	47	47	47	18	48	47	48	46	47	47	46
11	49	50	50	51	50	50	50	50	49	49	49	49
12	50	52	53	51	50	51	51	51	49	49	50	50
13	51	51	52	51	51	51	51	50	49	50	50	50
14	50	51	50	51	50	50	50	50	50	50	49	50
15	49	51	51	51	51	51	50	49	49	49	49	50
16	49	50	50	49	50	50	50	49	49	48	49	47
17	50	50	50	49	50	49	50	50	50	49	49	51
18	49	51	51	50	51	51	51	51	51	50	50	50
19	51	51	51	50	49	50	50	52	50	51	50	51
20	51	49	50	49	49	49	50	50	50	50	50	50
21	48	48	48	47	45	46	47	48	49	47	48	48
22	46	45	45	44	45	44	45	45	48	44	43	45
23	43	42	41	43	41	42	43	43	43	43	52	43
24	36	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	497	504	524	529	539	544	506	494	487	482	497	488

表－３－23　ホテルの温熱需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	38	37	37	38	38	35	36	38	38	37	36	35
2	35	34	32	33	34	33	34	35	37	34	34	33
3	31	29	28	30	28	26	29	31	32	31	31	29
4	25	23	23	23	22	21	23	26	26	28	27	25
5	23	22	22	23	20	19	20	24	25	28	27	24
6	29	28	27	27	24	23	25	28	29	30	29	28
7	38	37	36	35	31	36	38	37	35	36	37	37
8	46	45	44	43	41	46	49	47	46	44	45	45
9	46	45	45	46	46	47	48	48	46	46	45	45
10	49	48	49	49	50	51	51	48	49	47	48	49
11	48	49	48	49	51	51	50	49	49	49	48	49
12	47	46	49	48	50	48	48	48	46	46	47	48
13	46	48	50	49	50	51	47	45	43	44	46	47
14	46	48	50	49	50	49	48	46	44	45	46	47
15	45	48	50	49	50	51	48	46	44	45	47	47
16	44	45	46	43	45	47	44	43	43	42	43	44
17	42	43	43	43	45	42	41	41	39	42	42	40
18	42	44	45	45	46	45	43	43	42	44	43	43
19	44	45	46	46	44	46	44	44	45	46	46	46
20	45	45	46	46	47	46	45	45	49	47	46	47
21	48	49	47	49	48	48	47	46	47	48	48	49
22	52	52	52	51	50	52	51	52	52	51	50	52
23	48	48	46	46	49	47	49	48	49	48	47	49
24	43	42	39	40	41	40	42	42	45	42	42	42
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	372	310	268	280	241	246	293	416	487	547	540	496

表－３－24　ホテルの冷熱需要の年間・時刻別の変動パターン

Time	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
1	23	31	33	34	33	35	34	27	9	14	14	10
2	22	32	31	33	32	32	32	22	8	12	12	10
3	20	28	26	30	28	30	30	13	6	13	11	5
4	18	25	23	27	27	27	27	10	5	11	9	3
5	16	23	24	28	26	25	24	9	4	9	9	3
6	16	24	27	29	29	27	25	10	4	7	8	3
7	20	30	33	34	34	32	29	16	3	7	10	4
8	27	33	37	37	38	36	32	25	3	13	13	4
9	39	38	41	42	43	41	37	38	39	16	16	15
10	53	45	45	44	47	46	46	54	90	69	60	65
11	57	52	49	47	49	49	50	57	72	84	103	88
12	62	53	52	49	49	51	54	67	80	100	98	88
13	63	54	52	50	50	51	55	68	102	95	107	108
14	64	55	52	50	51	51	55	68	109	118	103	88
15	63	55	53	51	51	52	55	68	93	92	94	99
16	62	55	52	50	50	51	54	65	91	86	83	94
17	58	54	52	50	50	51	50	58	75	62	69	86
18	54	51	51	50	49	49	48	54	54	42	39	69
19	54	49	49	48	49	48	48	55	40	35	37	55
20	51	47	48	47	48	47	48	54	37	32	30	31
21	46	45	47	46	47	46	45	47	26	25	24	26
22	43	43	45	45	45	45	44	42	22	20	18	19
23	39	41	41	42	41	41	41	38	16	21	18	14
24	30	37	37	37	36	37	37	35	12	17	15	13
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
kcal	116	191	338	421	586	410	162	80	32	27	36	44

３－４　熱電力需要比率からみた建築物のエネルギー需要

コージェネレーションシステムの適用効果の把握を困難なものとする要因として、３－３で述べたエネルギー需要の時間的変動とともに、建築物における熱・電力需要がシステムから発生する熱・電力とバランスしないために生じる駆動源の部分負荷運転が挙げられるが、建築物におけるエネルギー需要とシステムからの発生エネルギーを同一の指標により評価している報告は例をみない。本節では、建築物のエネルギー需要特性を、電力需要量と熱電力需要比率を指標として特徴付けている。

（１）熱電力需要比率の定義

建築物におけるコージェネレーションシステムのエネルギー利用評価に際しては、２－３で述べたように、前節で行った各エネルギー需要の時間的変動とともに、電力需要と熱需要の量的なバランスの把握が基礎となる。この電力と熱の量的なバランスを表現する指標として、業界では「熱電比」という指標が用いられることが多いが、電力（kWh）と熱（kcal）の単位（通常表記されるもの）が異なることもあって、明確な定義付けがなされていない。そこで本論文では、電力についても熱量の単位に換算することにより、熱需要と電力需要の量的な比率を無次元化し、これを「熱電力需要比率」と定義した。

熱電力需要比率＝熱需要量（kcal）／電力需要量（kcal）

ただし、1 kWh ＝ 860 kcal

なお、熱需要については温熱需要と冷熱需要があり、これらを単純に合計することはシステムからの発生エネルギーと比較検討する上で望ましくなく、冷熱についてはシステム効率を考慮した以下の変換を行う必要がある。

①冷熱を温熱に置き換える場合

コージェネレーションシステムでは、回収した排熱の利用や電力のピークカットを考慮して、吸収式冷凍機が望ましい。回収排熱の形態は温水（80～90℃）であることが多く、温水吸収式冷凍機の効率（COP＝0.7程度）を考慮して次のように変換する。

温熱需要量（冷熱用）＝冷熱需要量／0.7

②冷熱を電力に置き換える場合

従来システムでは電動ターボ冷凍機による冷熱供給が多く、コージェネレーションシステムにおいても、年間を通じて温熱需要の大きい建物用途を対象とした場合には電動ターボ冷凍機の利用が考えられる。このような場合には、冷凍機の効率（COP＝4程度）を考慮して次のように変換する。

電力需要量（冷熱用）＝冷熱需要量／4.0

（２）エネルギー需要の発生分布

コージェネレーションシステムの省エネルギー効果に大きく影響する要因としては、２－４のエネルギー有効利用評価の基礎で述べたように、建築物における年間・時刻別の熱電力需要比率とシステムの発電効率が挙げられる。この発電効率は、コージェネレーションシステムの駆動機関の定格効率および部分負荷効率に依存するものであり、エネルギーの需要サイドからみた場合には、時刻別の電力需要量が発電容量に占める割合ということができる。そこで、事務所およびホテルの時刻別エネルギー需要量を、電力（時刻別電力需要量の最大値に対する比率）と熱電力需要比率を２軸とする平面上で表現することとした。

まず、年間8760時間について、エネルギー需要量から熱電力需要比率を算定した。事務所における熱電力需要比率の平均値は0.6（標準偏差0.7）、ホテルでは1.3（標準偏差0.4）である。また、電力需要量については、事務所における最大値が32.3kcal／m^2、平均値が11.3kcal／m^2（標準偏差9.1kcal／m^2）であり、ホテルでは、最大値37.1kcal／m^2、平均値21.1kcal／m^2（標準偏差5.0kcal／m^2）である。

図－３－27～図－３－30は、事務所およびホテルにおける年間・時刻別のエネルギー需要量の発生分布を示したものである。エネルギー消費量の解析結果を参考にして、事務所においては全日・平日昼間（7～19時）の各場合について、ホテルでは全日について示した。これらの図は、電力（0～100％において10％刻み）と熱電力需要比率（0～4において0.4刻み）について各11段階の計121メッシュのエネルギー発生状態に対するエネルギー需要の発生率（対象時間帯における総エネルギー需要量に対する比率）として表現したものである。なお、冷熱需要については、温水吸収式冷凍機の効率（COP＝0.7）を考慮して温熱需要に置き換えている。

①事務所

＜全日＞

図－３－27に発生分布を示す。３－３でも述べたように、事務所の場合には、平日の昼間（7～19時）にエネルギー需要が集中し、夜間および休日には非常用照明等の電力需要がわずかに存在するものの、熱需要はほとんどなくなることから、同図に表われているように２つのピークを有することとなっている。電力70％・熱電力需要比率0.8のピークを中心とした分布が平日昼間のエネルギー需要と考えられ、電力10％・熱電力需要比率0.0を中心に夜間および休日のエネルギー需要が分布している。発生率については、右上（70％、0.8）のピークが9.8％、左下（10％、0.0）のピークが52.7％である。

＜平日7～19時＞

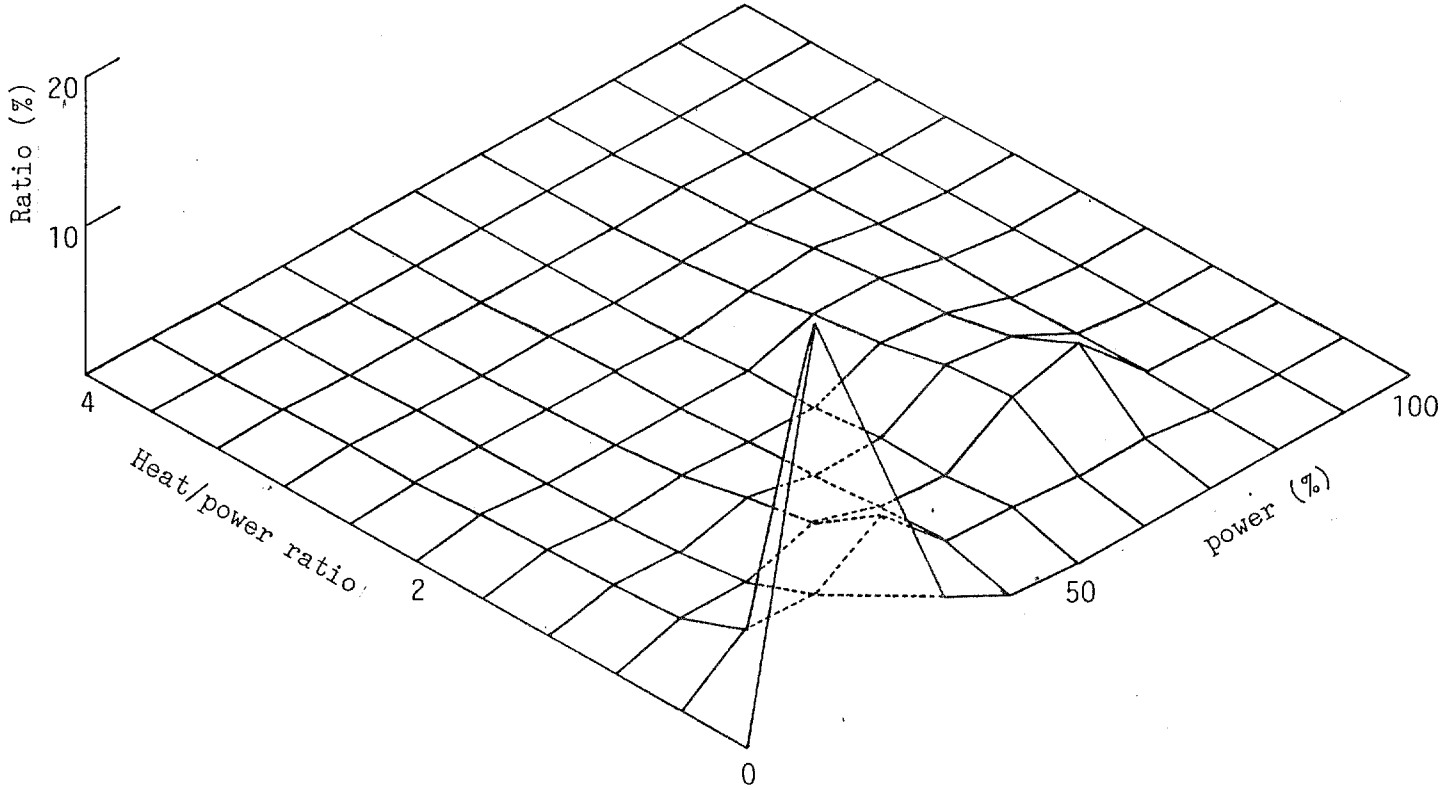
次に、平日昼間（7～19時）のみを対象とし、発生分布を図－３－29に示した。電力需要からみると50～80％の範囲にほぼ含まれており、安定していると言える。熱電力需要比率では、0.4以下にはほとんどみられず、0.4～0.8において急増し、0.8～2.4の範囲で徐々に減少している。ピークにおけるエネルギー需要の発生率は28.8％となっている。

②ホテル（全日）

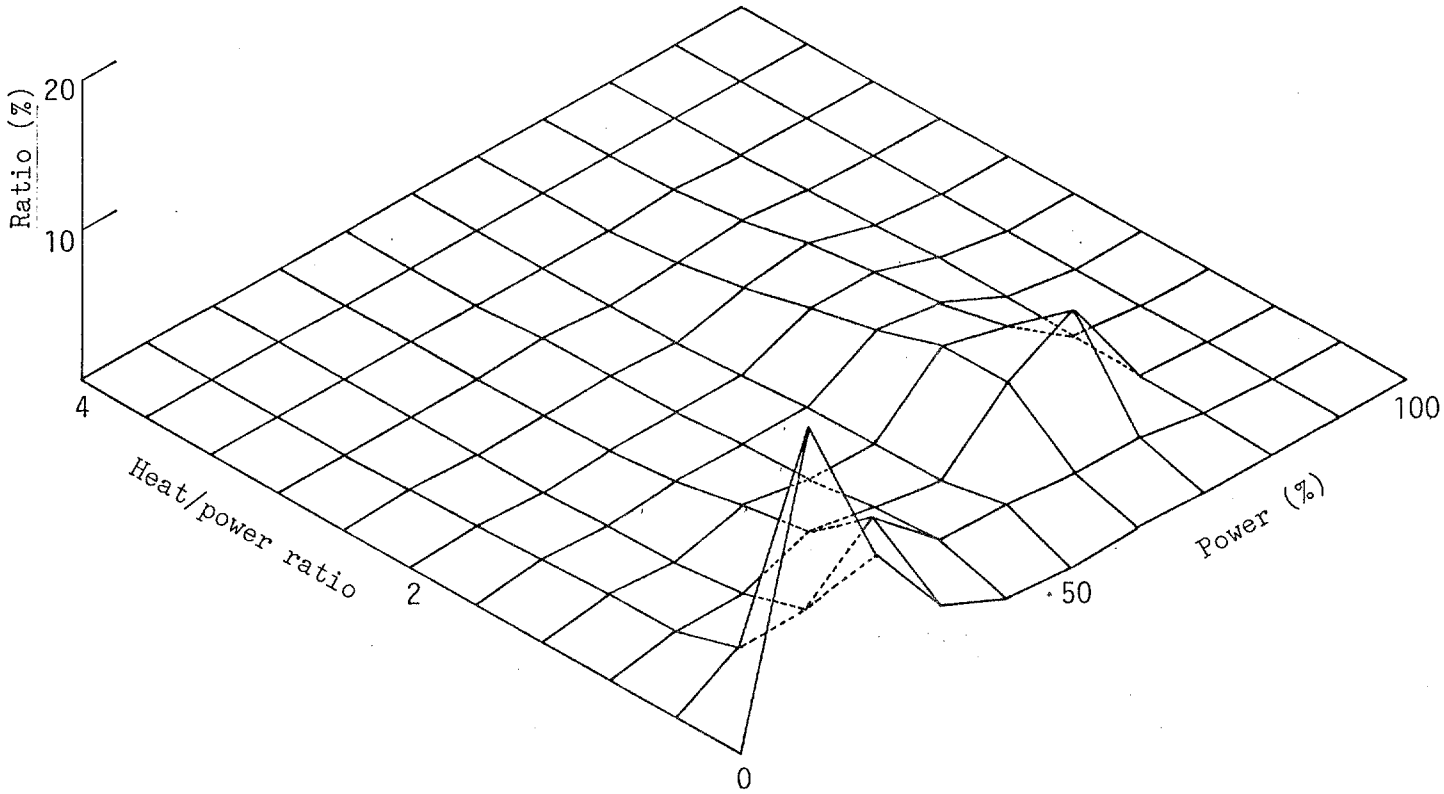
ホテルにおけるエネルギー需要の発生分布を図－３－30に示す。ホテルの場合には、事務所とは異なり、24時間を通じて電力・温熱・冷熱需要が存在するため、年間8760時間のエネルギー需要の発生分布も、同図に表われるようにまとまったものとなっている。電力については30～80％、熱電力需要比率では0.8～2.4の範囲を有している。ピークは電力需要70％・熱電力需要比率1.2にあり、エネルギー需要の発生率は32.8％である。

２－４におけるエネルギー有効利用の基礎評価によると、コージェネレーションシステムの適用には、熱電力需要比率がシステムから発生する熱・電力の比率以上の建物用途の方が有利であることから、事務所の全日（図－３－27）のエネルギー需要を対象としてコージェネレーションシステムを適用することは、ホテル（図－３－30）と比較した場合、かなり効果が低くなることが予想される。しかし、エネルギー需要の安定した時間帯（平日昼間、図－３－29）を抽出することにより、システムの適用効果を得ることが可能になると考えられる。

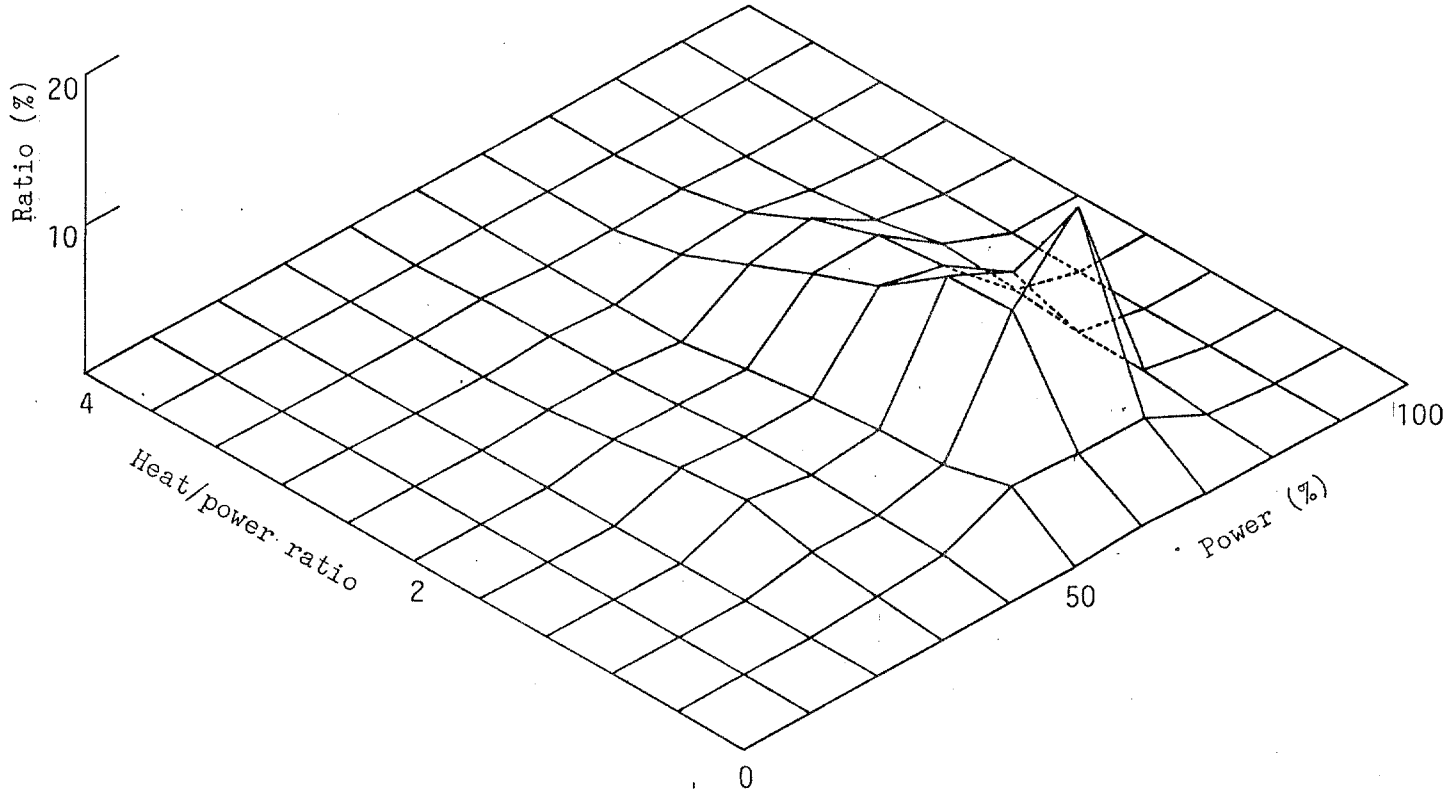
なお、本節で作成したエネルギー需要発生分布のメッシュデータについては具体的な値を付録に示している。



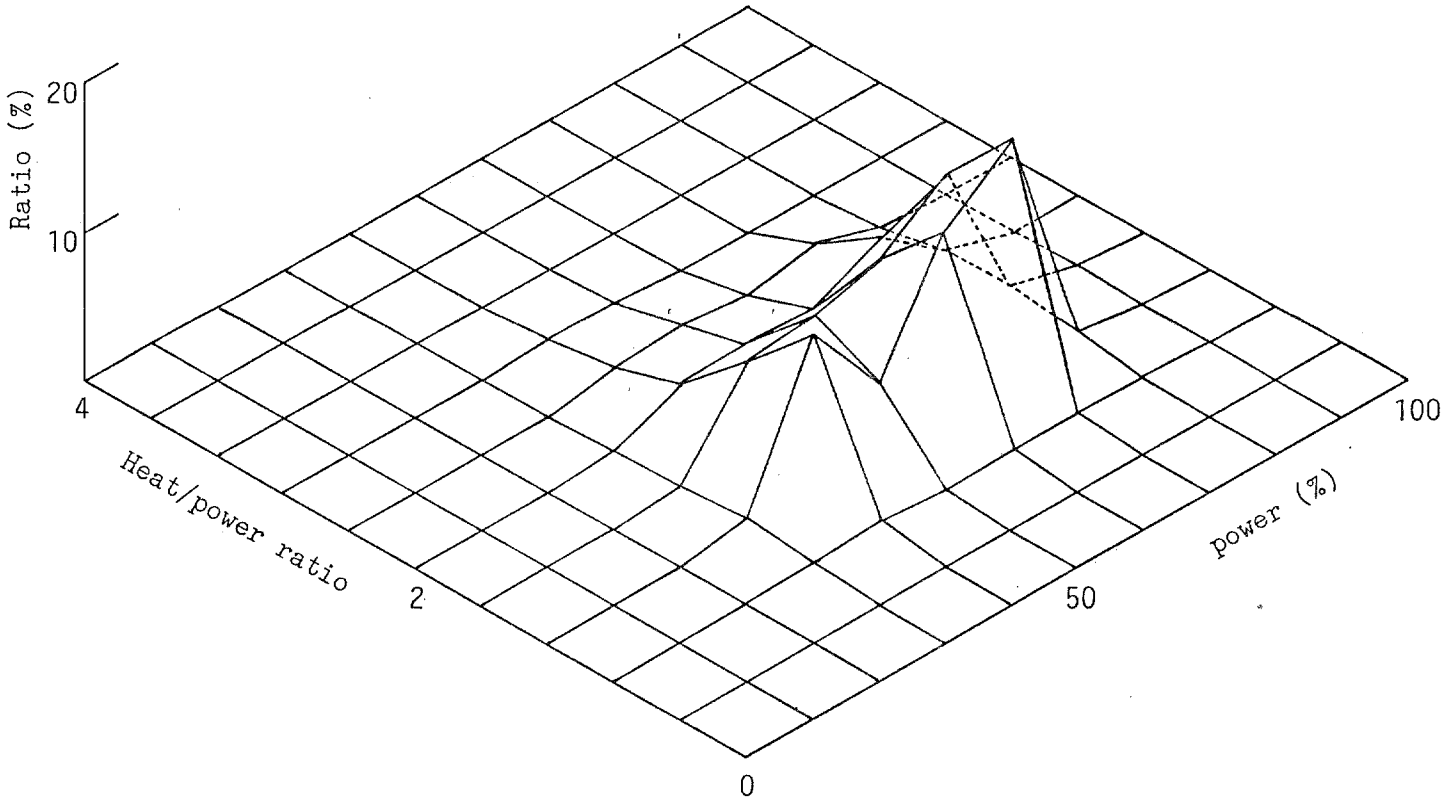
図－３－27　事務所におけるエネルギー需要の発生分布（全日）



図－３－28　事務所におけるエネルギー需要の発生分布（平日）



図－３－29　事務所におけるエネルギー需要の発生分布（平日7～19時）



図－３－30　ホテルにおけるエネルギー需要の発生分布（全日）

3－5　まとめ

本章においては、まず、建築物におけるコージェネレーションシステムの適用を、エネルギー有効利用の観点から評価するに当たっての基礎データとなるエネルギー需要について文献調査を行ったが、年間を通じた時間的な変動についての報告は少なく、都内の事務所およびホテルを対象とした実態調査を行った。

次に、建築物におけるエネルギー需要の変動をパターンとして捉える手法について述べ、実態調査の統計解析結果を基に、年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンを作成した。

さらに、コージェネレーションシステムの適用効果に影響を及ぼす建築物の熱需要と電力需要の量的な比率を熱電力需要比率と定義し、これと電力需要量を指標として、建築物におけるエネルギー需要の発生分布を作成した。

［参考文献］

1）尾島俊雄、根津浩一郎：都市の熱消費，熱排出構造に関する研究　その１・生産施設の熱消費指標，熱排出指標に関する調査解析、日本建築学会論文報告集第236号、1975年10月

2）尾島俊雄、根津浩一郎：都市の熱消費，熱排出構造に関する研究　その２・ゴミ焼却施設の熱排出，熱回収，熱利用指標に関する調査解析、日本建築学会論文報告集第239号、1976年1月

3）尾島俊雄、根津浩一郎：都市の熱消費，熱排出構造に関する研究　その３・建物の熱消費，熱排出指標に関する調査解析、日本建築学会論文報告集第268号、1978年6月

4）尾島俊雄、根津浩一郎：都市の熱消費，熱排出構造に関する研究　その４・熱的指標の季節変動，日変動に関する調査解析及び熱的指標の適用に関するケーススタディ、日本建築学会論文報告集第292号、1980年6月

5）尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギ消費実態調査　第１報　各種住宅のエネルギ消費量、空気調和・衛生工学会論文集 No.2、1976年10月

6）尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギ消費実態調査　第２報　エネルギ消費パターンの解析、空気調和・衛生工学会論文集 No.3、1977年2月

7）尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギ消費実態調査　第３報　エネルギ消費実態に関する全国調査（１）－統計資料の解析と質問紙調査の概要、空気調和・衛生工学会論文集 No.12、1980年2月

8）尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギ消費実態調査　第４報　エネルギ消費実態に関する全国調査（２）－冷暖房・給湯設備の実態とエネルギ消費量、空気調和・衛生工学会論文集 No.12、1980年2月

9）尾島俊雄、増田康広：住宅におけるエネルギ消費実態調査　第５報　エネルギ消費実態に関する全国調査（３）－エネルギ消費量の回帰分析と用途構成、空気調和・衛生工学会論文集 No.16、1981年6月

10）井上宇市、他：病院のエネルギー消費量に関する研究（第３報）、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、1988年

11）相良和伸、中原信生：名古屋地区の事務所建物のエネルギ消費量に関する調査研究、空気調和・衛生工学会論文集 No.34、1987年6月

12）片山忠久、石井昭夫、浦野良美：九州地域における事務所ビルのエネルギ消費量に関する調査と解析、空気調和・衛生工学会論文集 No.39、1989年2月

13）尾島俊雄、他：東京におけるオフィスビルの月別総エネルギー消費変動のパターン化（建物のエネルギー消費原単位のパターン化研究・その２）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年

14）尾島俊雄、他：東京におけるオフィスビルの平日の時刻別冷房・暖房用エネルギー変動のパターン化に関する研究（建築物のエネルギー消費量原単位のパターン化研究・その３）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987年

15）尾島俊雄、他：インテリジェントビルの年間及び月別エネルギー消費実態報告（東京における各種建築物のエネルギー消費量実態調査　その２）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年

16）尾島俊雄、他：銀座のビル空調方式とエネルギー消費量実態調査（東京における各種建築物のエネルギー消費量実態調査　その２）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1988年

17）早川一也、岡崎俊春：オンサイトエネルギシステムに関する基礎的研究
第１報・エネルギ需要に関する検討、空気調和・衛生工学会論文集 No.11、1979年10月

18）垂水弘夫、早川一也、他：都市排熱の地域冷暖房への導入に関する研究
その２清掃工場を熱源とする地域熱供給問題の検討、日本建築学会計画系論文報告集第378号、1987年8月

第４章　コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルと
　　エネルギー特性に関する解析

４－１　シミュレーションモデルに関する基礎的考察　・・・・・・・・・・・・・・・・・１２４
４－２　システムシミュレーションモデルの基本構成
　　（１）設備システムの構成　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１２５
　　（２）システムシミュレーションのフロー　・・・・・・・・・・・・・・・・・１２９
　　（３）シミュレーションモデルにおける運転方式　・・・・・・・・・・・・・・１３２
４－３　システムのエネルギー特性に関する解析
　　（１）システム構成機器の定格効率と部分負荷特性　・・・・・・・・・・・・１３７
　　（２）熱電力需要比率からみたシステムの省エネルギー性　・・・・・・・・・１４２
４－４　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１４９

４－１　シミュレーションモデルに関する基礎的考察

コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルとしては、２－３で述べたように、民生部門の特徴である熱・電力需要の月・時刻変動に基づくエネルギー評価モデルであることが最も基本的な要件と考えられ、構成機器の容量や部分負荷特性に対応したシステム効率等の非線形要素を考慮して必要入力エネルギー量を算定することにより、建物用途や規模に適したシステム構成・運転方式等を掲示することが重要となる。

このため本研究では、システム構成については駆動源と冷凍機を中心に組み合わせを考慮し、また、運転方式については大別して、電力追従方式と熱追従方式の２つを検討対象として取り上げた。さらに、運転時間帯については、通常の運転時間帯の他に連続運転等の効果についても検討可能なものとした。

一方、システムの評価指標としては、省エネルギー性を評価する指標として省エネルギー率・排熱回収率・排熱利用率・総合熱利用効率を、経済性に結びつく指標として設備稼働率・発電容量当たりの省エネルギー率を取り上げている。

４－２　システムシミュレーションモデルの基本構成

（１）設備システムの構成

コージェネレーションシステムは、需要先に駆動発電・排熱回収システムを設置することによって、電力と熱を同時に供給するものであり、これを取り込んだ建築設備システムの例としては、図－４－１に示すような構成が考えられる。図中の破線で示した部分が駆動発電・排熱回収システムであり、同図では、エンジン・発電機・排ガス熱交換器で構成されている。

本論文で検討する省エネルギー効果算定の基礎となるシステムへの投入エネルギーを従来システムと比較した場合、系統電力からの買電およびボイラーへの燃料は減少するが、新たに駆動発電システムへの燃料が加わることとなる。

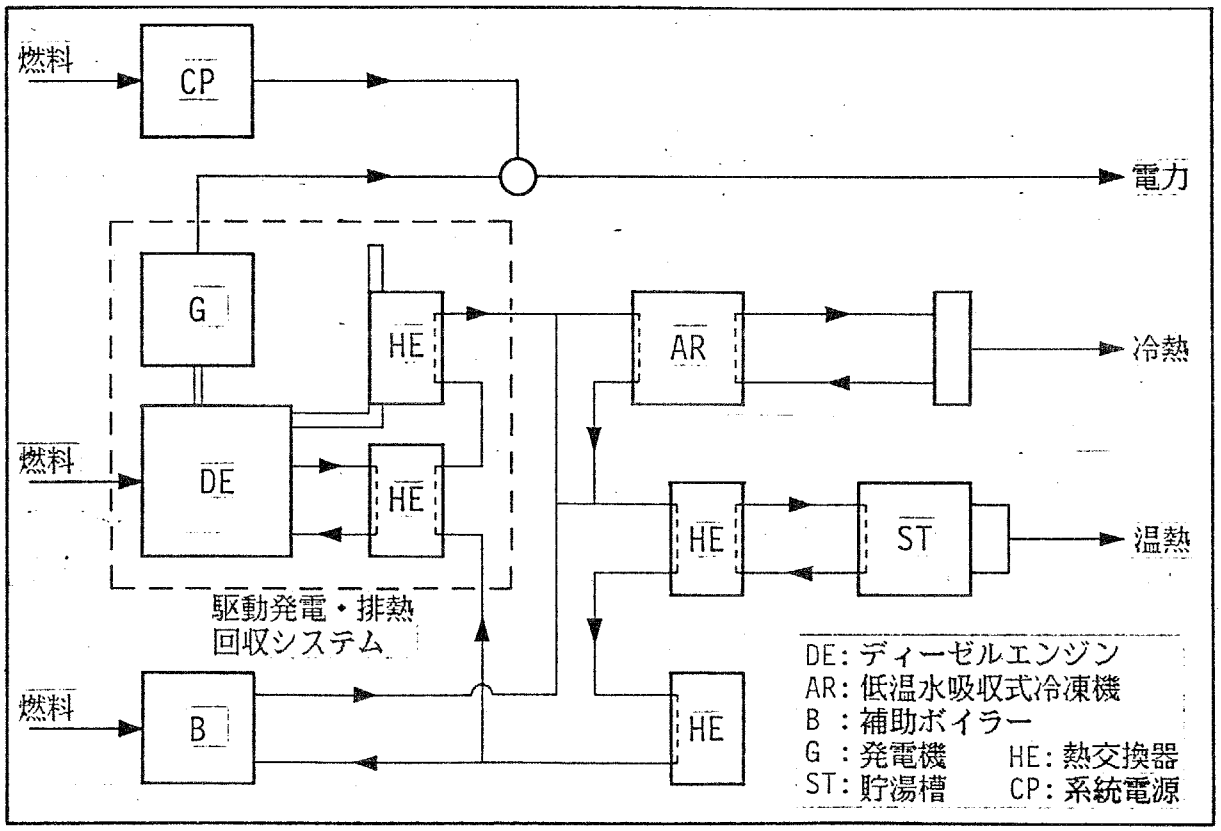
ここで、建築設備システムを、２－１で述べたように、建築内部環境を整えるために、建築物の外部から取り込んだエネルギー（燃料等）を建築内部で必要な各種の形態のエネルギーに変換して供給するシステムと考えれば、設備システムを構成する各種の機器についても、それぞれが１つのエネルギー変換装置であるとして捉えることが可能となり、逆に、建築設備システムは、エネルギー変換装置の合成としてのエネルギー変換システムとして把握できる。

このような観点に基づき、本論文では、建築設備システムを構成する各機器をエネルギー変換装置としての節点（Node）、また、機器間のエネルギーの流路を枝（Arc）として捉えることにより、図－４－１に示した設備システムを図－４－２（２）として表現した。同図においては、配管等は往き返りがなく、エネルギーの流れを示す１本の線で表現され、システムの取り扱いを単純化している。

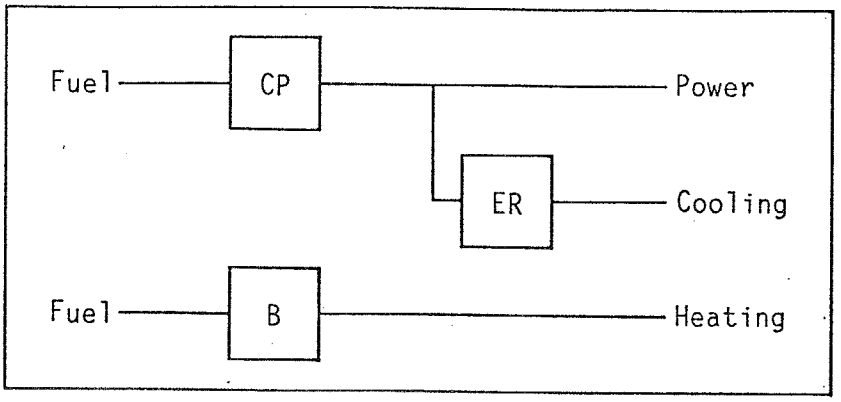
システムを構成する個々の機器としては、駆動源としてディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービンの３種類、冷凍機として電動ターボ冷凍機・低温水

吸収式冷凍機（エンジンの場合）・二重効用吸収式冷凍機（タービンの場合）を考慮している。

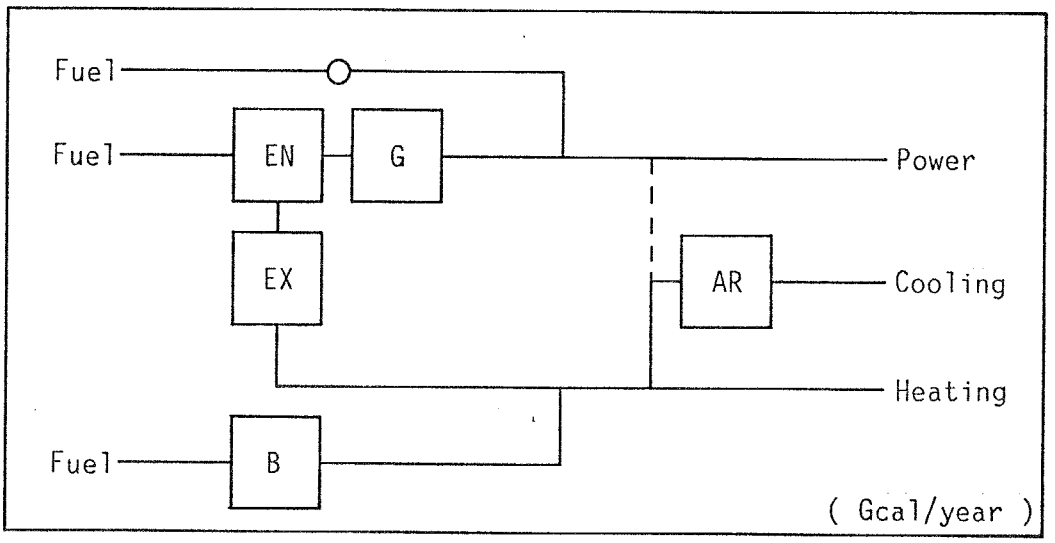
一方、コージェネレーションシステムを比較検討するための従来システムとしては、熱源装置の種類等により複数のシステムが考えられる。熱源としてはボイラー・電動ターボ冷凍機・吸収式冷凍機・冷温水発生機・ヒートポンプ等があるが、本論文では、最も一般的な熱源装置として、温熱源としてはボイラーを、冷熱源としては電動ターボ冷凍機を使用するシステムを選定し、また、電力については系統電力からの買電によるものとした。システムシミュレーションモデルにおける従来システムの構成を図－４－２（１）に示す。



図－４－１　コージェネレーションを組み込んだ建築設備システムの構成例



(1) 従来システム



(2) コージェネレーションシステム

図－４－２　従来システムおよびコージェネレーションシステムのブロック図

EN:Engine(Diesel,Gas,Gas-Turbine)
G :Generator
EX:Exhaust Gas Boiler
R :Refrigerator(Electric-driven,Absorption)
B :Boiler
CP:Commercial Power

（２）システムシミュレーションのフロー

本研究で作成したシステムシミュレーションモデルのゼネラルフローチャートを図－４－３に示す。算定対象建物の用途・規模から、対応するエネルギー需要量・変動データを設定し、これを満たす機器容量を定めた上で、年間のシステム所要エネルギー量を算定し従来システムに対する効果分析を行うというモデル構成を取っている。また、システム所要エネルギー量の算定を、システム構成・運転方式等について複数の条件設定のもとに行うこととした。

①入力条件

システムシミュレーションにおける入力条件としては、建物用途（事務所・ホテル）、延床面積、運転時間帯、主要構成機器（駆動源・冷凍機・ボイラー）の台数、系統電力における発電効率（通常34.6％）の５項目がある。

②エネルギー需要の設定

本モデルには３－３で作成した年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンを組み込んでおり、建物用途および延床面積に基づき、各月代表日としての時刻別電力・温熱・冷熱需要量を設定する。なお、コージェネレーションシステムの運転には、給排気ファン・放熱用冷却塔・排熱回収ポンプ等の補機が必要となり、従来システムと比較して、補機による電力需要の増加が予想される。本モデルでは、補機による電力需要の増分を5％と仮定し、算定を行うこととした。[1)]

③運転方式の設定

コージェネレーションシステムの設備システム構成および運転方式を設定する。詳細については次節にて述べる。

④機器容量の算定

図－４－２に示したシステム構成機器間のエネルギー流路（枝）における時刻別のエネルギー流量の最大値に対して、機器の台数および容量に関する安全率とシステム構成・運転方式に基づき、機器容量を算定する。機器台数を複数とする場合には、同一容量のものとした。

なお、吸収式冷凍機を使用するシステムでは、駆動源から回収される温水（エンジンの場合）または蒸気（タービンの場合）の量に対応した冷凍機容量を設定することとし、冷熱需要に対する不足分については直焚の冷凍機で賄うこととしている。

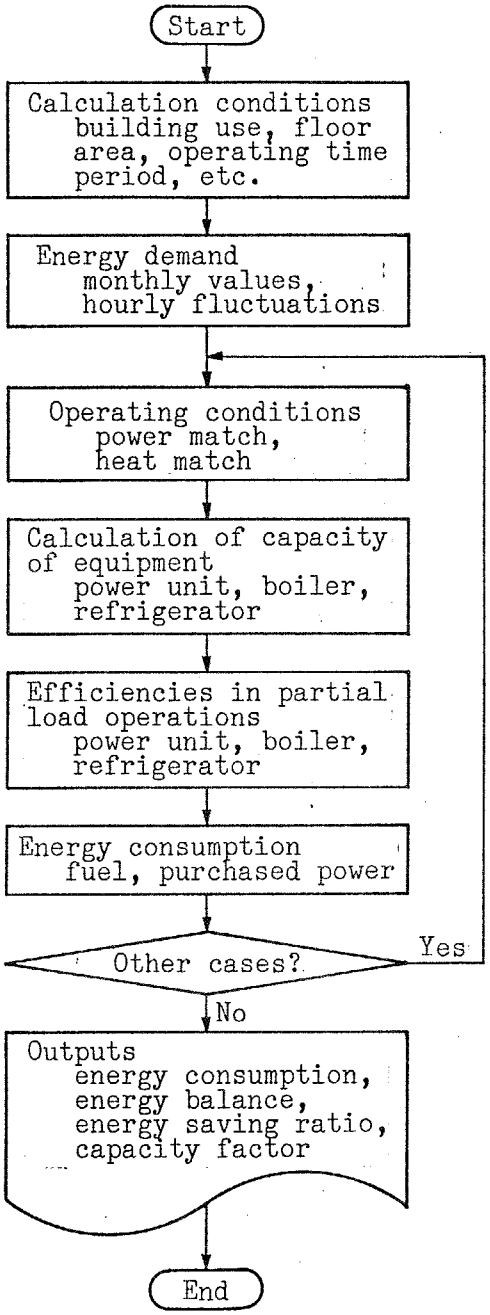
⑤時刻別の所要エネルギー量の算定

時刻別の電力・温熱・冷熱需要量を末端のエネルギー流路に設定し、各機器への負荷率から毎時の変換効率（部分負荷特性）を算定し、順次エネルギー流量を算定する。（図－４－２において、時刻別に、各機器におけるエネルギーの変換効率および各エネルギー流路②おけるエネルギー流量が算定される。）

⑥システム所要エネルギー量の算定

各月代表日における24時間のシステム所要エネルギー量を集計し、月毎の稼働日数を乗じることにより、年間の所要エネルギー量を算定する。

以上の一連のプロセス（①～⑥）を従来システムおよび複数のコージェネレーションシステムについて行い、評価指標値（省エネルギー率、設備稼働率等）を算定することとなる。



図－４－３　シミュレーションモデルのゼネラルフロー

（３）シミュレーションモデルにおける運転方式

①熱と電力の優先順位に関する考察

コージェネレーションシステムは電力と熱を同時に供給するものであり、システムの負荷率が大きく変動しない場合には、供給される電力と熱の比率はほぼ一定となる。これに対し、電力と熱の需要量の比率は時刻毎に変動するものであるため、コージェネレーションシステムの運転を電力需要に合わせて行う（電力追従方式）と熱の供給量に過不足を生じ、逆に、熱の需要に合わせて運転する（熱追従方式）と電力の供給量に過不足を生じることとなる。電力追従方式の場合、熱に過不足を生じ、熱が足りない場合にはボイラー等で不足分を賄い、余剰時には蓄熱または廃棄により対応することとなるが、エネルギーの有効利用の面からは熱を廃棄することは極力避けることが望ましい。

一方、熱追従方式の場合には、電力に過不足を生じるため、不足時には商用系統から補い、余剰時には商用系統へ逆送することがエネルギーの有効利用上望ましいが、系統への逆送については、逆送を行うための設備費が大きく、経済的メリットが得られないため、日本においてはほとんど例をみない。また、電力の貯蔵についても現状では有効な方法がない。従って、熱追従方式を採用できるのは、熱需要に従って運転してもコージェネレーションの発電量が常に需要量以下となる需要パターンを有する熱需要の相対的に小さな建物用途であるが、この場合、コージェネレーションシステムの容量規模が小さなものとなり、トータルとしての適用効果が得られにくい。

②システムシミュレーションにおける運転方式

上述の考察をふまえた上で、本論文では、電力追従方式と熱追従方式を設定した。ただし、本モデルにおける熱追従方式では、逆送はなく、熱需要に合わせて

運転を行うことで余剰電力を生じる場合には、電力追従方式に切り換えることで対応することとした。これは、あらかじめ需要を予測できない場合には不可能な運転方式であるが、コンピューターにエネルギー需要の変動パターンを組み込むことによりシステムを制御している例[2)]もあり、エネルギーの総合利用効率向上の面からも望ましいので検討することとした。図－４－４に電力追従方式および熱追従方式の概念を示す。

また、電力追従方式の場合には、図－４－５に示す３通りの発電方式を検討対象とした。即ち、

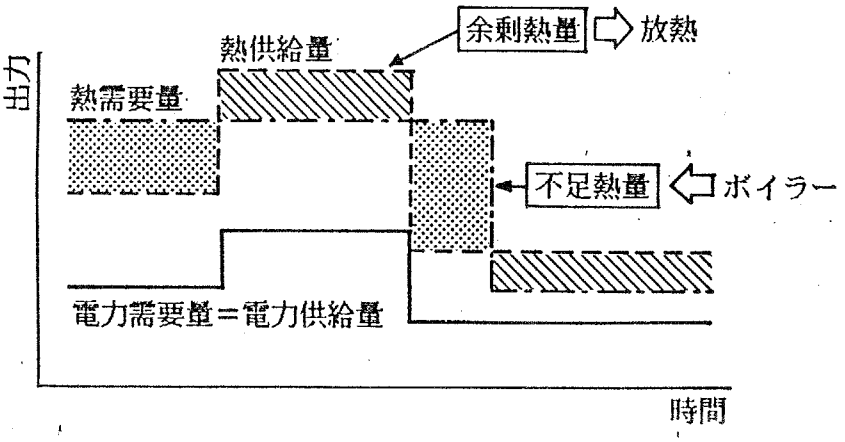
・全電力需要をコージェネレーションシステムの自家発電で賄う全需要発電

・電力需要がコージェネレーションシステムの発電容量以下の時には自家発電で賄い、発電容量を超えた場合には不足分について買電を行うベース発電

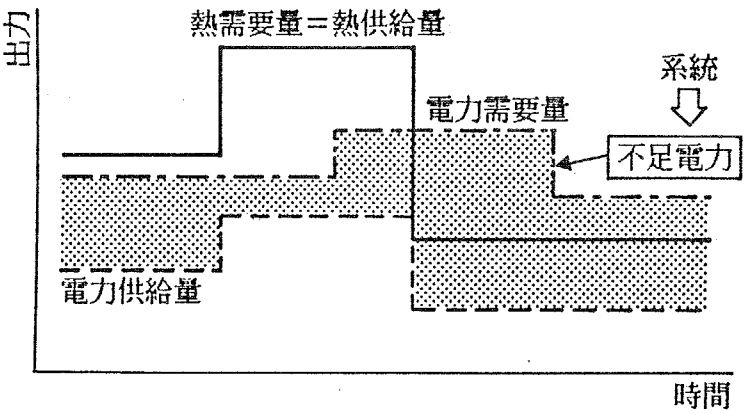
・電力需要が契約電力を超えた場合に自家発電を利用するピークカット発電

である。なお、全需要発電およびベース発電の場合には、駆動源の最低負荷率が25％であるため、時刻別電力需要量に基づき算定される負荷が25％未満の場合には、設定した運転時間帯内であってもコージェネレーションは運転されず、系統電力からの買電によることとなる。ピークカット発電の場合には25％負荷で運転し、その分買電量を削減する方式とした。

以上の他に、コージェネレーションシステムの発電容量が時刻別電力需要の最大値に占める割合（発電分担率）を25、50、75、100％の４段階に設定し、設備システムの構成との組み合わせにより、表－４－１に示す45ケースについて算定することとした。

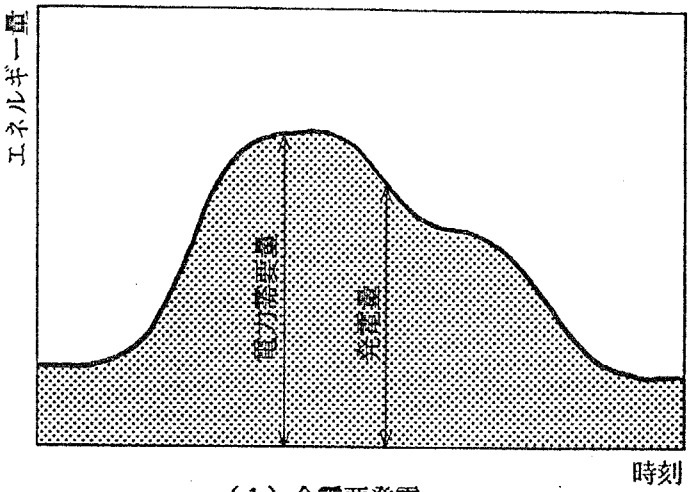


(1) 電力追従運転

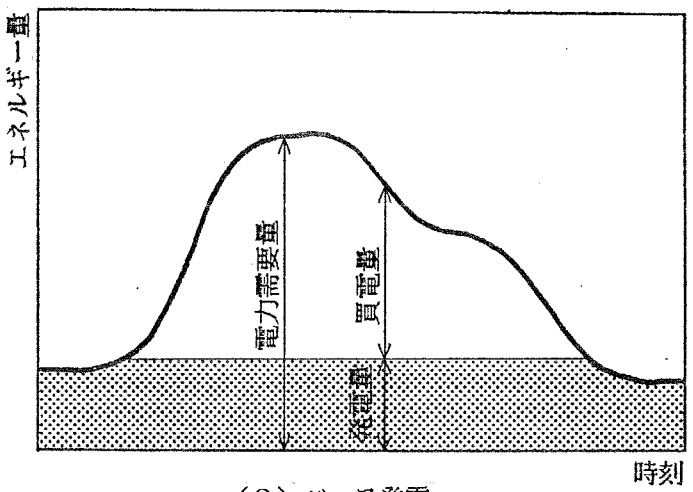


(2) 熱追従運転

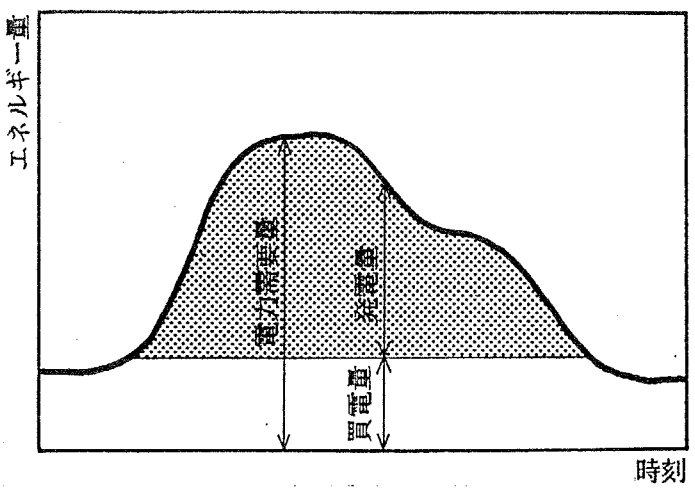
図－４－４　運転方式の概念



（1）全需要発電



（2）ベース発電



（3）ピークカット発電

図－４－５　発電方式の概念

表－４－１　シミュレーションにおける算定ケース

	PM			R			CP	PO				HO	CR
	DE	GE	GT	ER	AR1	AR2		O1	O2	B	P		(%)
A-1	■			■				■					100
A-2	■			■			■		■				100
A-3	■			■			■			■			75
A-4	■			■			■				■		75
A-5	■			■			■			■			50
A-6	■			■			■				■		50
A-7	■			■			■			■			25
B-1	■				■			■					100
B-2	■				■		■		■				100
B-3	■				■		■			■			75
B-4	■				■		■				■		75
B-5	■				■		■			■			50
B-6	■				■		■				■		50
B-7	■				■		■			■			25
E-1			■			■		■					100
E-2			■			■	■		■				100
E-3			■			■	■			■			75
E-4			■			■	■				■		75
E-5			■			■	■			■			50
E-6			■			■	■				■		50
E-7			■			■	■			■			25
F-1	■				■		■					■	100
F-2	■				■		■					■	100
F-3	■				■		■					■	75
F-4	■				■		■					■	50
F-5	■				■		■					■	25

PM:Prime mover　R :Refrigerator
GE:Gas engine　DE:Diesel engine
GT:Gas turbine　ER:Electric driven refrigerator
AR1:Hot water absorption refrigerator
AR2:Dual effect absorption refrigerator

CP:Purchasing of commercial power
PO:Power match operation
HO:Heat match operation

O1:Full load operation (24 hours)
O2:Full load operation in operating time period
B :Base load operation
P :Peak cut operation

CR:A ratio of on-site generator capacity to the maximum value of hourly power demand

19 cases are set for case C, D and G with gas engine as a prime mover. Other conditions are equal to case A, B and F.

４－３　システムのエネルギー特性に関する解析

（１）システム構成機器の定格効率と部分負荷特性

①駆動源

コージェネレーションシステムから得られる熱と電力のバランスを特徴付ける駆動源については、メーカー５社の技術資料を基に、容量に応じた部分負荷特性のデータを入手した。図－４－６は駆動源の部分負荷特性の例を300kW（約450PS）級のディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービンについて示したものである。データとしては、エンジンの場合、25、50、75、100％負荷時の軸出力、冷却水からの回収熱量および排ガス熱量が得られている。ガスタービンの場合には単機容量のあまり小さなものはないため、コージェネレーション用に開発されたパッケージシステムから、軸出力・蒸気発生量・温水発生量のデータを得ている。

最大の軸出力を有するのはディーゼルエンジンで、100％負荷時には約40％という値を示している。負荷率が50％まで低下しても約37％の軸出力があり、それ以下の負荷率になると軸出力は急激に低下し、25％負荷時では約30％となる。また、総合効率としては、100％負荷時において、軸出力（39.7％）・冷却水保有熱量（21.7％）・排ガス熱量（20.9％）の合計で82.3％を示す。ガスエンジンの場合には、ディーゼルエンジンと類似した傾向を示すものの、軸出力の点でやや下回り（100％負荷時で35％程度）、総合効率（83.9％）では若干上回っている。一方、ガスタービンでは、軸出力については100％負荷時でも20％以下なのに対し、蒸気発生量が約50％を占める等の特徴を有している。

このような部分負荷特性のデータを機器容量に応じてまとめたものを表－４－２に示す。システムの発電効率に直接影響する軸出力についてみると、ディーゼルエンジンでは、100PS以下級のものでも100％負荷時で36.5％の値をとり、ガス

エンジンの35.5%（600PS以上）を上回っている。

なお、ヒヤリングによると、負荷率50%以下の運転は、効率面および環境面から望ましくないとのことであった。

②発電機

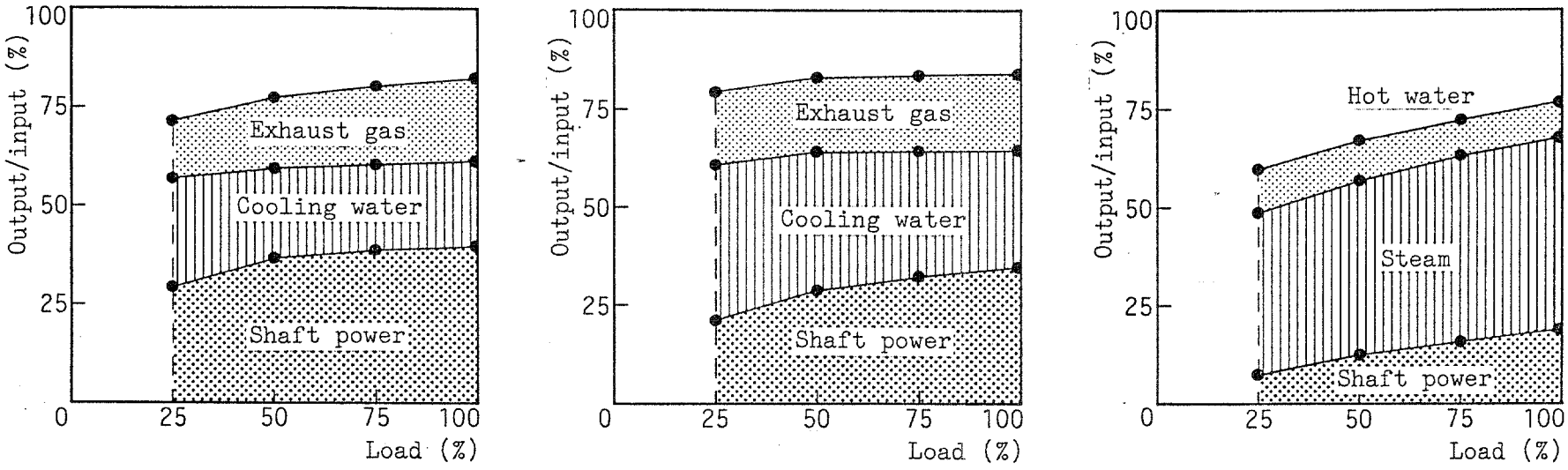
発電機については、容量は駆動源と対応したものとなり、本論文では発電機の効率のみを取り扱うこととした。メーカーの技術資料より、100kW以下では88%、100～300kW級で90%、300kW以上では91%を得た。

③冷凍機

冷凍機については、電動ターボ冷凍機・低温水吸収式冷凍機・二重効用吸収式冷凍機について技術資料を得、定格負荷時の成績係数が、電動ターボで3.9（100USRT級）～4.5（500USRT級）、低温水吸収式で0.65～0.70、二重効用吸収式では1.2～1.3等となっている。また、シミュレーションモデルにおいては、補助用の冷凍機として直焚冷凍機を設定したが、成績係数は容量によらず0.95程度とした。冷凍機の部分負荷特性については、容量による影響はほぼないとのヒヤリングより、100USRT級におけるデータで代表させている（図－４－７）。

④ボイラー

ボイラーは最低負荷10%、効率は90%で部分負荷によらず一定と設定した。

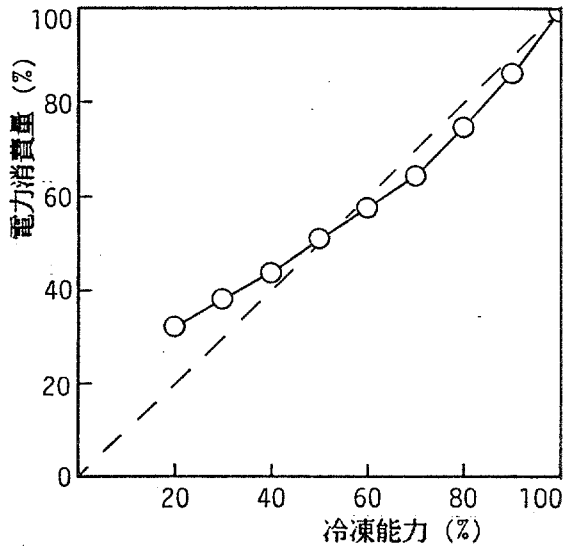


(1) ディーゼルエンジン　(2) ガスエンジン　(3) ガスタービン

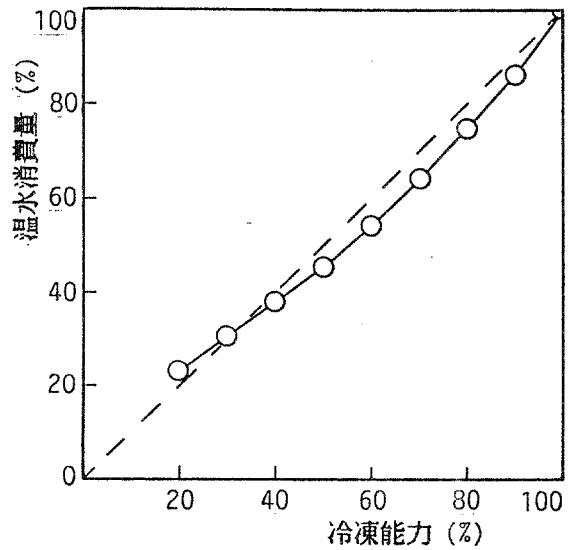
図－４－６　駆動源の部分負荷特性の例（300kW級）

表－４－２　駆動源の容量ごとの部分負荷特性
上段：軸出力
中段：冷却水からの回収熱量（ガスタービンの場合には蒸気発生量）
下段：排ガスからの回収熱量（ガスタービンの場合には温水発生量）

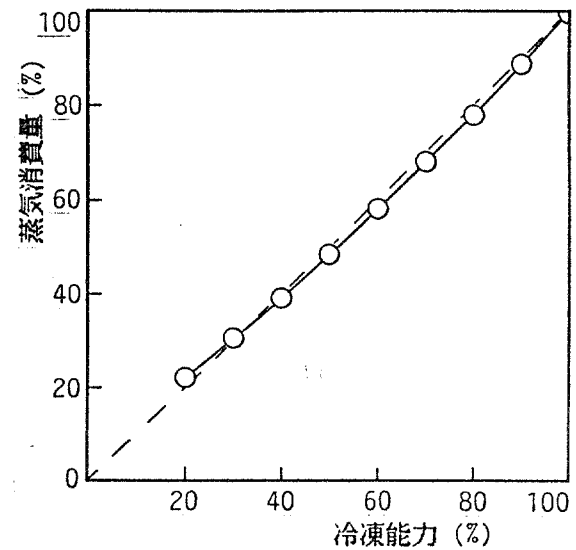
PS	DIESEL ENGINE				GAS ENGINE				GAS TURBINE			
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
-100	23.7	31.3	35.6	36.5	19.4	26.5	30.4	32.3				
	35.3	30.7	27.9	27.7	45.5	38.5	35.0	33.5				
	3.7	10.7	14.9	17.7	16.9	17.7	18.0	18.3				
100-150	23.0	31.0	35.0	36.1	19.3	26.9	31.2	33.0				
	35.9	30.9	28.3	27.9	47.7	39.6	35.5	32.2				
	2.7	10.3	14.7	17.4	18.3	19.2	19.7	20.1				
150-200	25.8	33.3	37.1	38.3	19.4	27.2	30.9	33.2	6.3	10.8	13.8	16.0
	32.0	27.3	25.2	25.0	48.9	40.7	36.7	34.7	38.9	42.6	45.6	47.7
	7.6	12.8	15.6	17.4	16.7	18.1	18.9	19.2	8.2	7.5	7.1	7.2
200-300	29.9	36.6	38.7	39.6	19.8	26.8	30.7	33.2	6.5	11.2	14.2	16.5
	26.4	23.3	22.2	22.1	46.8	38.8	35.4	32.3	39.8	43.4	46.3	48.3
	12.8	17.2	19.2	20.2	19.7	20.8	21.5	22.0	9.5	8.5	8.0	7.8
300-400	32.3	36.9	38.8	39.2	21.6	29.6	33.1	34.9	6.9	11.7	14.9	17.1
	24.7	23.2	22.3	22.2	33.9	30.4	28.0	25.9	41.2	44.6	47.3	49.2
	12.6	18.2	19.9	20.8	21.0	21.0	21.1	21.1	11.2	10.0	9.2	8.7
400-500	29.7	36.9	38.8	39.7	21.4	29.2	32.5	34.9	7.3	12.2	15.5	17.8
	27.5	23.0	22.0	21.7	39.3	35.0	32.1	29.7	42.5	45.8	48.3	50.1
	14.3	17.8	19.8	20.9	19.0	19.1	19.2	19.3	13.0	11.4	10.4	9.6
500-600	29.7	36.9	38.8	39.7	21.2	28.7	33.0	35.3	7.7	12.7	16.1	18.5
	27.5	23.0	22.0	21.7	41.1	34.6	31.1	28.7	43.8	46.9	49.3	51.0
	14.3	17.8	19.8	20.9	17.5	17.7	18.1	18.6	14.8	12.9	11.6	10.5
600-	31.8	37.8	40.0	40.5	21.5	29.4	33.5	35.5	8.0	13.2	16.6	19.0
	25.0	22.3	21.6	21.5	39.5	35.4	31.8	30.0	44.5	47.5	49.8	51.5
	12.9	17.3	19.0	19.8	18.1	18.3	18.5	18.9	15.7	13.6	12.2	10.9



（1）電動ターボ冷凍機
100 USRT　COP3.52



（2）低温水吸収式冷凍機
100 USRT　COP 0.70



（3）二重効用吸収式冷凍機
150 USRT　COP 1.28

図－４－７　冷凍機の部分負荷特性

（２）熱電力需要比率からみたシステムの省エネルギー性

３－４においては、建築物のエネルギー需要を、電力需要量と熱電力需要比率を２軸とする平面上に表現し検討したが、本項では、コージェネレーションシステムから発生するエネルギー（熱と電力）について、同じ指標により評価することを目的として解析を行った。なお、３－４においては電力需要（時刻別電力需要量の最大値に対する各時刻の電力需要量の比率）を１つの軸としているが、システムからの発生エネルギーを評価する場合、これに対応する指標は駆動源の負荷率（コージェネレーションシステムの発電容量に対して、時刻別に供給される電力量の占める割合）となる。

①駆動源種類による省エネルギー性の相違

図－４－８～図－４－10に、ディーゼルエンジン・ガスエンジン・ガスタービンを駆動源とするコージェネレーションシステムの省エネルギー性を示す。これらの図は、駆動源の負荷率と熱電力需要比率を２軸とする平面上に、コージェネレーションシステムによる省エネルギー率を示したものである。前項で把握した駆動源の部分負荷特性を基に、負荷率に対応した発電効率および総合効率を算定し、それらの値に対して２－４で行った熱電力需要比率と省エネルギー率の関係を求め、重ね合わせることで得られている。なお、コージェネレーションシステムは駆動源の負荷率25％以上で運転されるため、0～25％の範囲においては従来システムと同一のエネルギー供給となり、省エネルギー率は0％となる。

<ディーゼルエンジンシステム>

ディーゼルエンジンシステムにおける100％負荷時の発電効率は36.1％、総合効率は74.5％である。２－４における解析手法に基づき省エネルギー率を算定すると、ピーク値は熱電力需要比率1.06において28.5％を得る。121メッシュデータとして集約した場合には図－４－８のように表現される。負荷率70～100％の範囲においては、システムの発電効率が系統電力における発電効率（34.6％）よりも大きいために、熱需要がない場合（熱電力需要比率＝0.0）でも正の省エネルギー率を示すこととなる。

<ガスエンジンシステム>

図－４－９にガスエンジンシステムの省エネルギー性を示す。ガスエンジンの場合にはディーゼルエンジンと比較して軸出力が小さく、システムとしての発電効率は31.8％、総合効率は75.9％で、省エネルギー率のピークは、熱電力需要比率1.39において25.5％となる。図－４－８のディーゼルエンジンシステムと比較して、明らかに、負荷率および熱電力需要比率の低下がシステムの省エネルギー性に大きく影響することがわかる。

<ガスタービンシステム>

ガスタービンシステムの省エネルギー性を図－４－10に示す。ガスタービンシステムの100％負荷時における発電効率は17.8％、総合効率は77.5％で、省エネルギー率のピークは、熱電力需要比率3.35において10.8％である。ガスタービンシステムの場合、熱電力需要比率が2.8程度以下の範囲では、負荷率によらず、省エネルギー率の値はマイナスとなる。

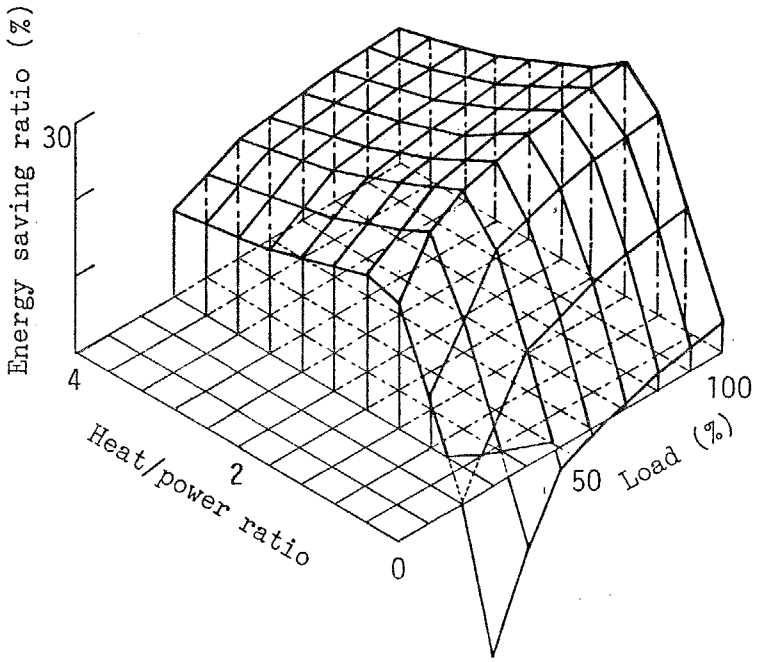
②システムの構成機器台数および容量の影響

上述の省エネルギー性は、駆動源を１台とした場合に得られるものであり、ここでは、機器台数および容量を変化させたシステムの省エネルギー性を、ディーゼルエンジンシステムを例に考察する。

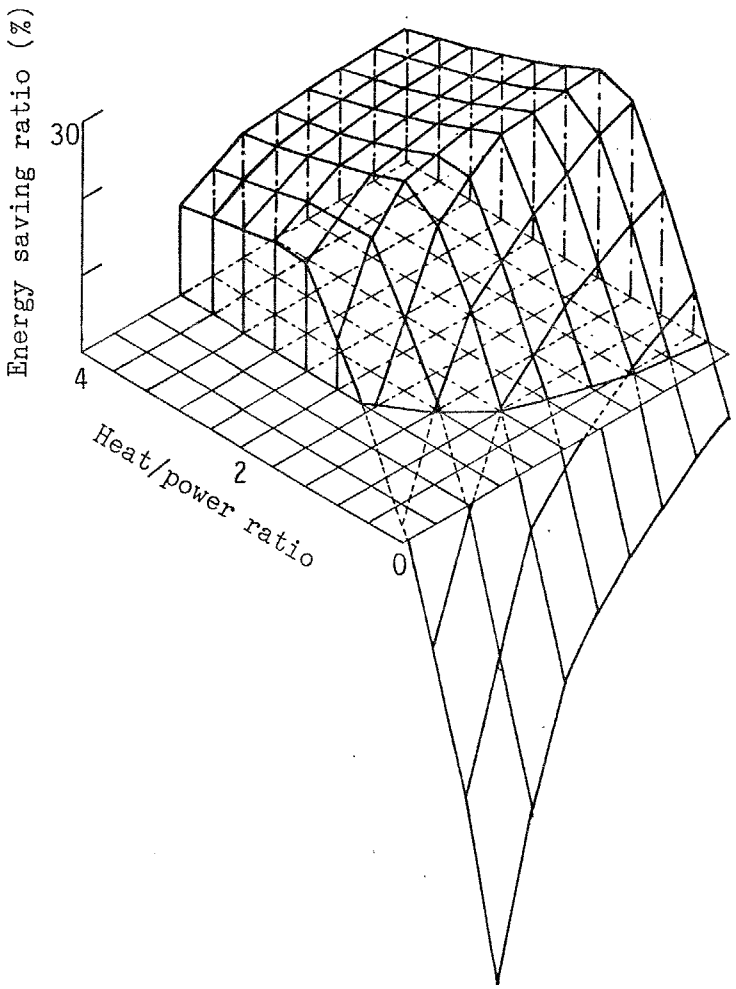
図－４－11（1）は、駆動源を２台とし、発電分担率（時刻別の電力需要量の最大値に占めるコージェネレーションシステムの発電容量の割合）を100％とした場合のシステムの省エネルギー性を示したものである。負荷率の軸方向にみると、0～50％の範囲では１台運転における0～100％の省エネルギー性が圧縮された形となり、50～100％の範囲では、２台の等負荷運転となるため、１台運転における50～100％の省エネルギー性をたどることとなる。機器の台数を複数とすることにより、低負荷時におけるコージェネレーションシステムの運転が可能となるが、容量をあまり小さなものとした場合には、発電効率の低下を招くこととなり、省エネルギー率の低下を生じると考えられる。

次に、駆動源を２台とし、発電分担率を50％とした場合について図－４－11（2）に示す。この図は、シミュレーションモデルにおける発電分担率50％のベース発電に対応する。省エネルギー率のピークは、当然のことながら、負荷率50％において生じることとなる。

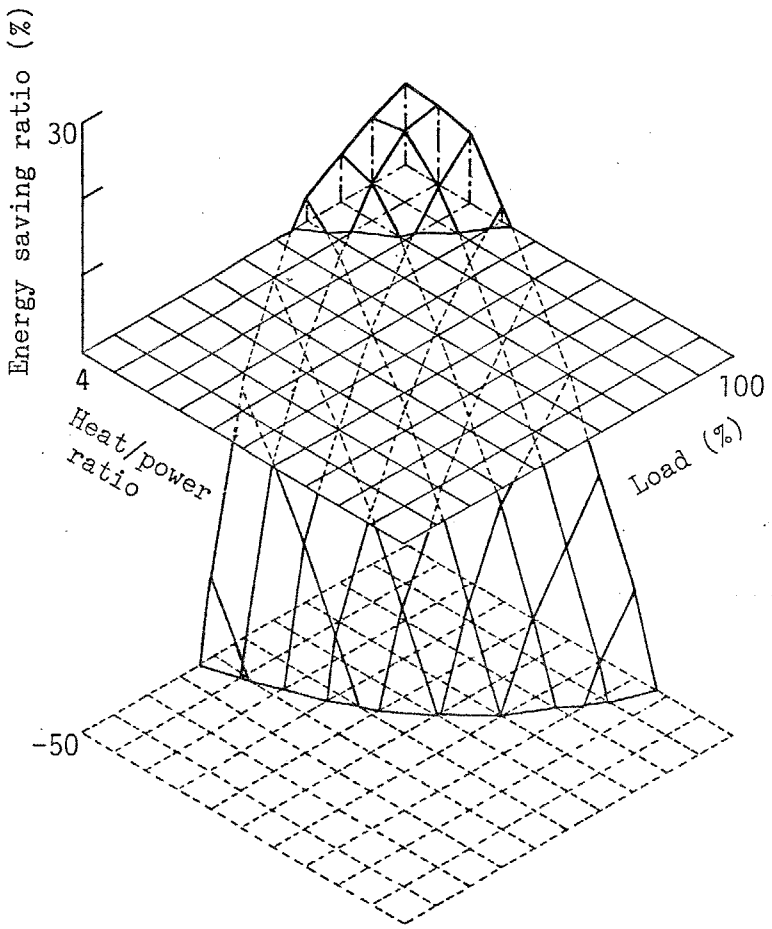
なお、本節で作成したコージェネレーションシステムの省エネルギー性を表わすメッシュデータの具体的な値については付録に示した。



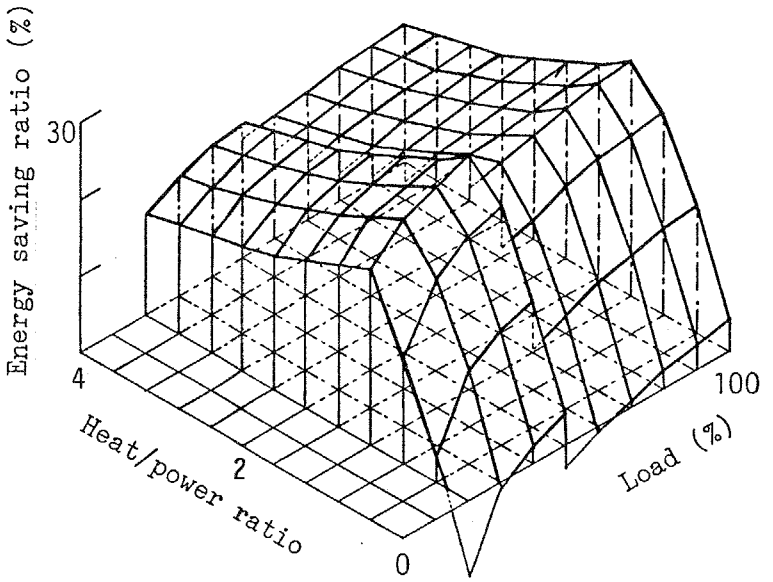
図－４－８　ディーゼルエンジンシステムの省エネルギー性



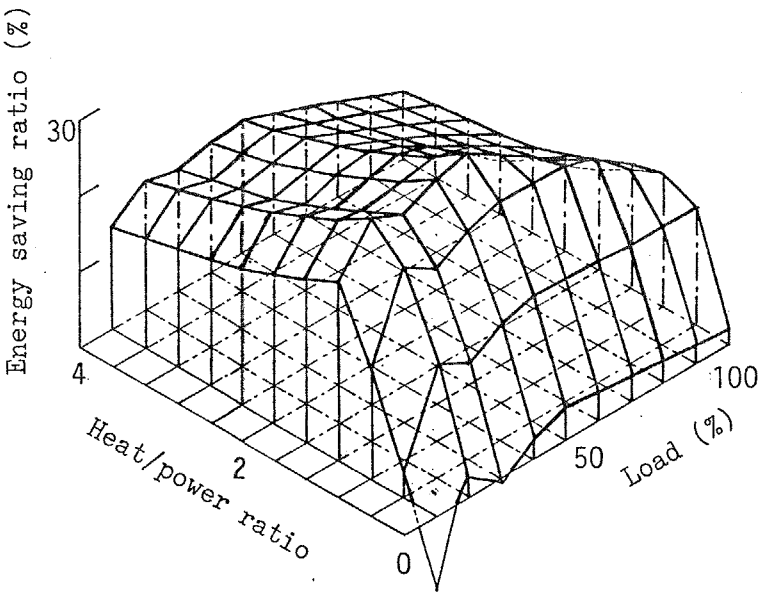
図－４－９　ガスエンジンシステムの省エネルギー性



図－４－10　ガスタービンシステムの省エネルギー性



(1) 発電分担率100%の場合



(2) 発電分担率50%の場合

図－4－11　ディーゼルエンジンシステムの省エネルギー性（2台）

４－４　まとめ

本章においては、まず、コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルに関する基礎的考察として、建築物のエネルギー需要の時間的変動を考慮し、また、システムの定格効率や部分負荷特性等の非線形要素を組み込んだエネルギー評価モデルである必要性について述べた。

次に、作成したシミュレーションモデルの全体のフローについて述べ、構成機器の組み合わせ・運転方式・発電方式等から45ケースについてシミュレーションを行うことを述べた。

また、システム構成機器の定格効率と部分負荷特性をメーカーの技術資料の収集から得、この組み合わせによるシステム全体のエネルギー特性を、２－４で行ったエネルギー有効利用の基礎的検討と合わせることにより、省エネルギー性として捉えた。

［参考文献］

1）早川一也、中根滋：コージェネレーションハンドブック、P308～311、井上書院、1989年6月

2）小野光男：コージェネレーションの運用及び管理（沼津市保健センター・青少年教育センターの場合）、電気学会研究会資料、電気学会、1989年

第５章　コージェネレーションシステムのエネルギー利用評価

５－１　システムシミュレーションモデルの適用　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１５２
（１）システム構成機器容量と年間入力エネルギー量の算定　・・・・・・・・１５７
（２）省エネルギー率と駆動源稼働率に基づくシステム評価　・・・・・・・・１６４
（３）評価指標値の月変動　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１７０
５－２　エネルギー有効利用に基づくコージェネレーションシステムの適用評価
（１）建物規模と省エネルギー効果の関係　・・・・・・・・・・・・・・・・・１７４
（２）システム構成機器の台数および容量の影響　・・・・・・・・・・・・・１７７
（３）システムの運転時間帯による評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・１８３
（４）建築物の熱・電力需要の省エネルギー効果への影響　・・・・・・・・・１８７
（５）発電効率による省エネルギー効果の変化　・・・・・・・・・・・・・・・１９８
５－３　蓄熱システムの効果に関する解析　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２０５
（１）蓄熱による省エネルギー効果の基礎的考察　・・・・・・・・・・・・・・２０６
（２）蓄熱モデルの適用　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２１０
５－４　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２２

５－１　システムシミュレーションモデルの適用

本節では、３－３において作成したエネルギー需要変動パターンを組み込んだコージェネレーションのシステムシミュレーションモデルの建築物への適用を行い、システム構成機器の容量・年間入力エネルギー量・省エネルギー率をはじめとする評価指標値を算定する。対象建物用途は事務所・ホテルとし、建物規模として延床面積30000m²を設定して行った。算定条件は以下に示す通りである。

①建物用途　…　事務所、ホテル

②建物規模　…　延床面積30000m²

③システムの運転時間帯　…　事務所　7～19時（12時間）

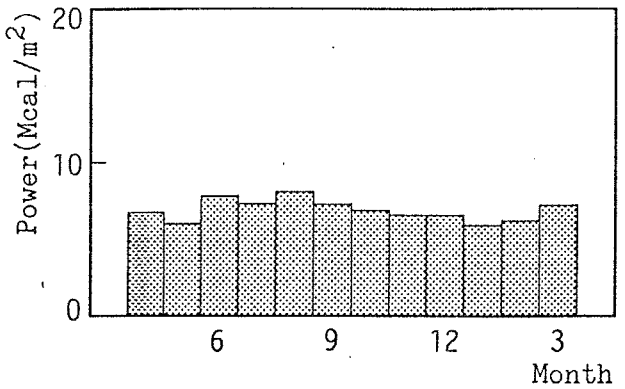
ホテル　6～24時（18時間）

④構成機器台数　…　駆動源等２台、冷凍機２台、ボイラー１台

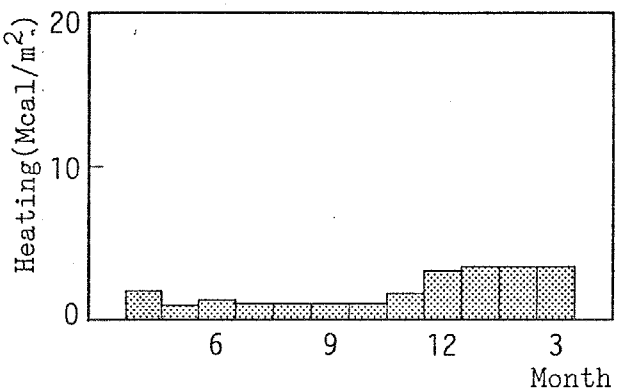
⑤機器容量に関する安全率　…　1.2

⑥系統電力における発電効率　…　34.6％

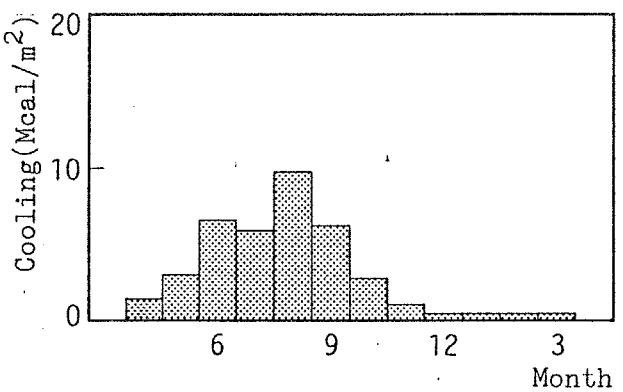
シミュレーションにおける建築物のエネルギー需要としては、図－５－１～図－５－２に月別のエネルギー需要量を設定した。図－５－３は年間・時刻別の電力需要量を、図－５－４は温冷熱需要量を示している。



(1) 電力需要量

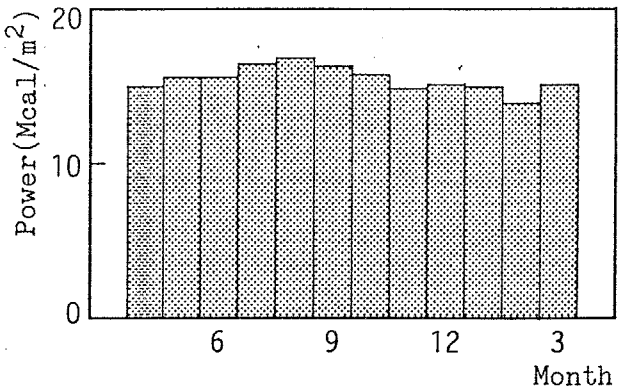


(2) 温熱需要量

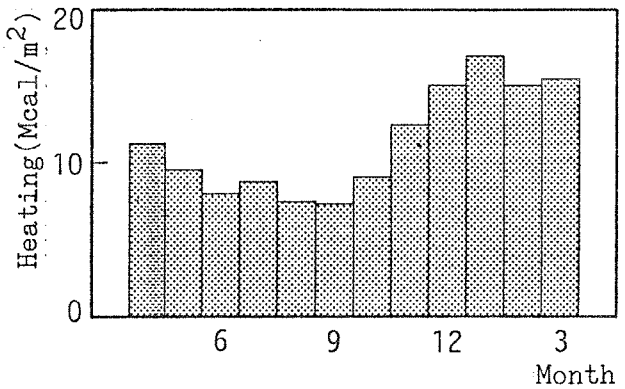


(3) 冷熱需要量

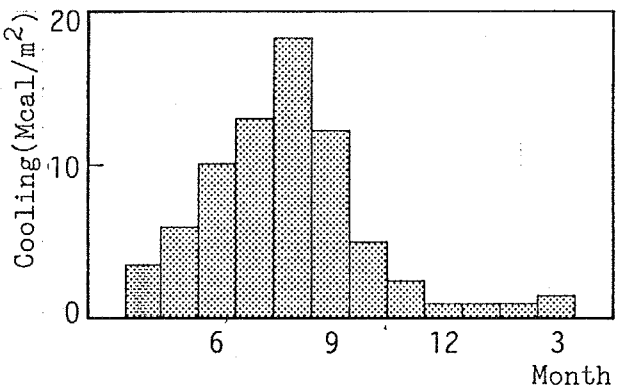
図－５－１　事務所の月別エネルギー需要設定値



(1) 電力需要量

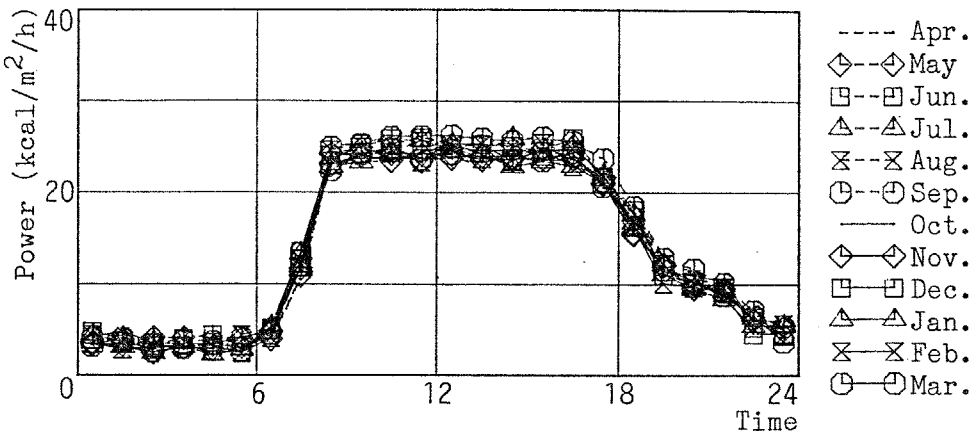


(2) 温熱需要量

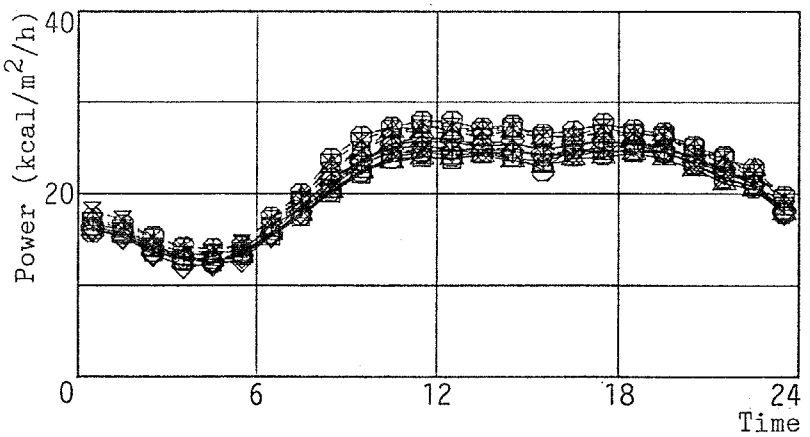


(3) 冷熱需要量

図－５－２　ホテルの月別エネルギー需要設定値

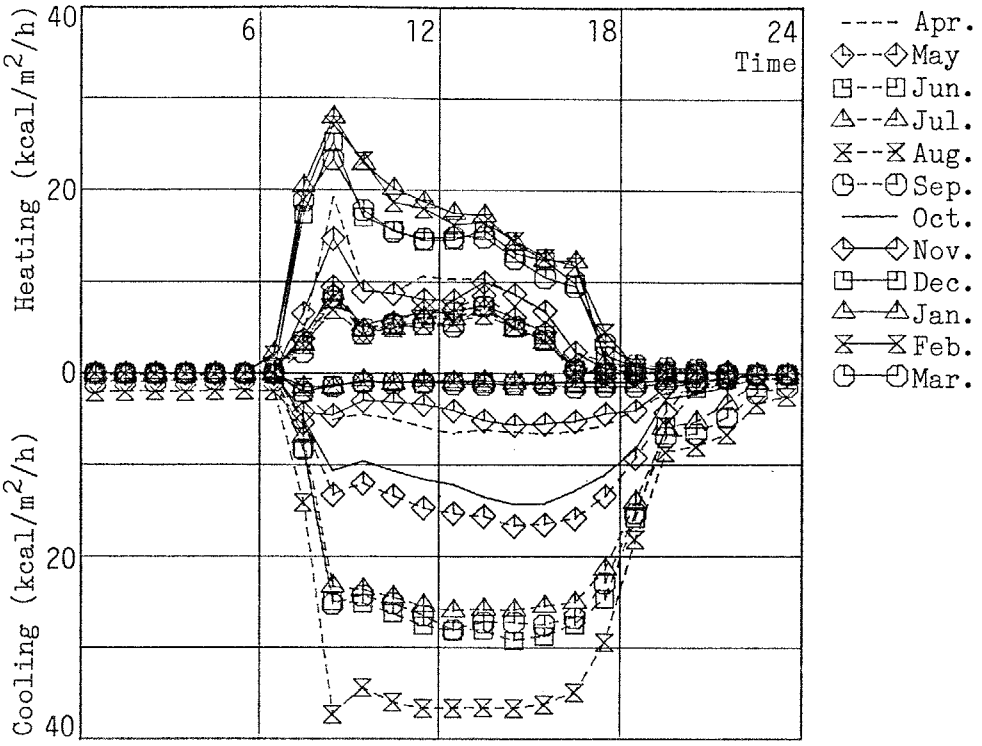


(1) 事務所

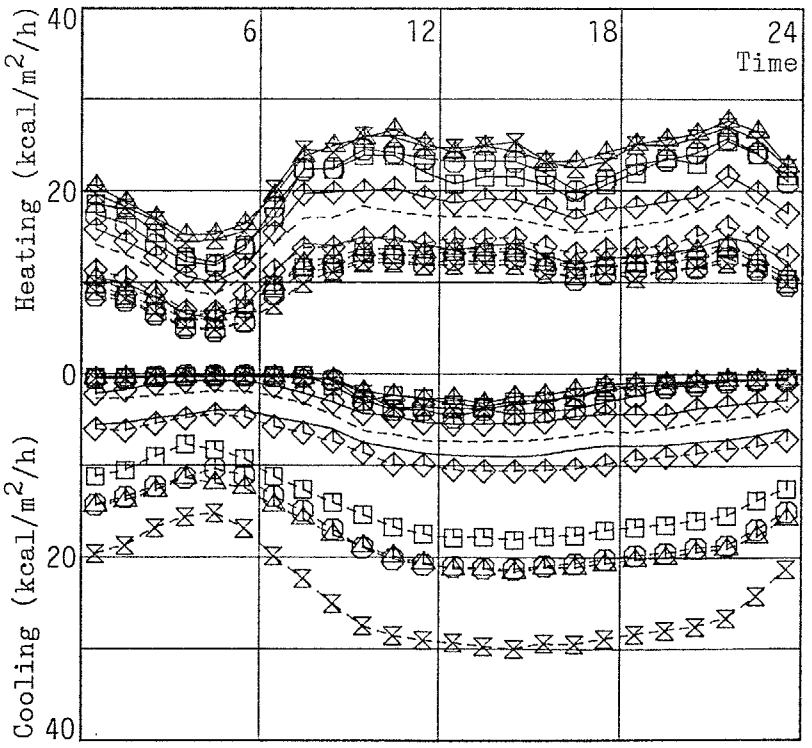


(2) ホテル

図－５－３　時刻別の電力需要量



(1) 事務所



(2) ホテル

図－５－４　時刻別の温冷熱需要量

（１）システム構成機器容量と年間入力エネルギー量の算定

まず、従来システムおよびコージェネレーションシステム（表－４－１に示した45ケース）におけるシステム構成機器の容量と年間の入力エネルギー量を算定した。表－５－１に事務所の算定結果を、表－５－２にホテルの算定結果を示す。従来システムの機器容量についてみると、事務所では電動ターボ冷凍機222USRT×2台・ボイラー1870kg／h×1台、ホテルでは178USRT×2台・1852kg／h×1台と大きな差はなく、契約電力についても事務所で1213kW、ホテルで1207kWと算定されている。即ち、時刻別のエネルギー需要のピーク値については、事務所でもホテルでも大きな差はないことが機器容量に表われていると言える。

一方、システムへの年間入力エネルギー量（表中では燃料消費量）についてみると、事務所の8738Gcal／年に対し、ホテルでは22183Gcal／年と事務所の約2.5倍のエネルギーを消費している。従って、次節以降で扱う省エネルギー率は、削減されたエネルギーの量を問題とする場合、ホテルでは事務所の３倍の意味を持つこととなる。

コージェネレーションシステムの機器容量についてみると、発電機容量は発電分担率を反映した値として算定されており、冷凍機については、電動ターボ冷凍機を使用するシステムでは、従来システムと等容量となる。吸収式冷凍機を使用するシステムでは、駆動源から回収される温水または蒸気の量に応じた容量となっており、不足分について補助冷凍機（直焚）の容量が算定される。ボイラーについては、電力追従方式の場合（ケースＡ～Ｅ）、回収した排熱の利用により、従来システムよりも小容量なものとなる。また、コージェネレーションの自家発電により、契約電力の値も従来システムより小さくなる。なお、算定ケースとして24時間の全需要発電（A1、B1、C1、D1、E1）を設定したが、事務所においては契約電力が0ではなく算定されることから、夜間における負荷が小さいため24時間の

全需要発電が不可能であることがわかる。

年間の入力エネルギー量については、事務所ではケースB3が7793Gcal／年と従来システムと比較して約1000Gcal／年の削減を示しており、ホテルではケースB1で17663Gcal／年と約4500Gcal／年の削減がみられている。発電効率の低いガスタービンを駆動源とするシステム（E1～7）の場合、発電のためのエネルギー消費量が増大するために、ケースE1では、事務所で従来システムの約２倍、ホテルで1.6倍の入力エネルギー量が算定された。

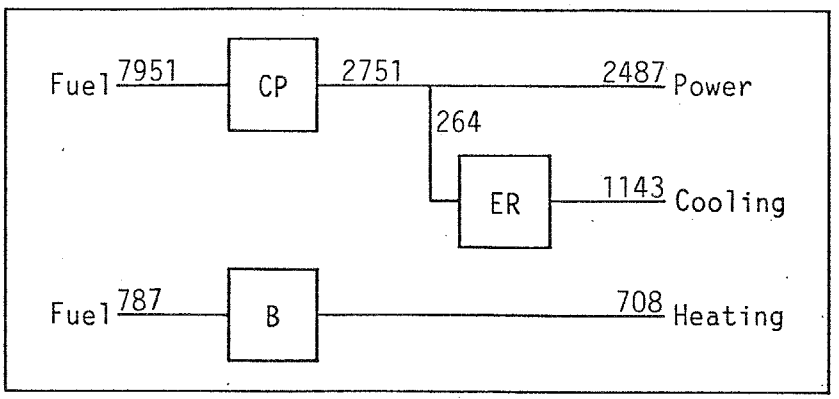
次に、従来システムおよびコージェネレーションシステムにおける年間のエネルギーバランスを図－５－５～図－５－７に示す。コージェネレーションシステムとしては、５－２で詳細な検討を行うケースA5・B2・F3について示している。従来システムにおけるエネルギーの総合利用効率は、エネルギー需要の合計を燃料消費量で除すことで求まり、事務所で50％、ホテルで54％となる。ボイラー効率が90％と高いため、相対的に熱を多く生産する建物用途の方が、総合熱利用効率は高くなる。電動ターボ冷凍機を有するケースA5の場合、夏期においては回収排熱の利用先が給湯のみとなるため、事務所では1244Gcalの温熱が廃棄され、年間を通じて温熱需要が比較的存在するホテルでも、回収排熱4421Gcalの25％を占める1154Gcalが利用されない状況にあり、エネルギーの総合利用効率は低くなる。

表－５－１　機器容量と年間入力エネルギー量の算定結果
（事務所 30000m²）

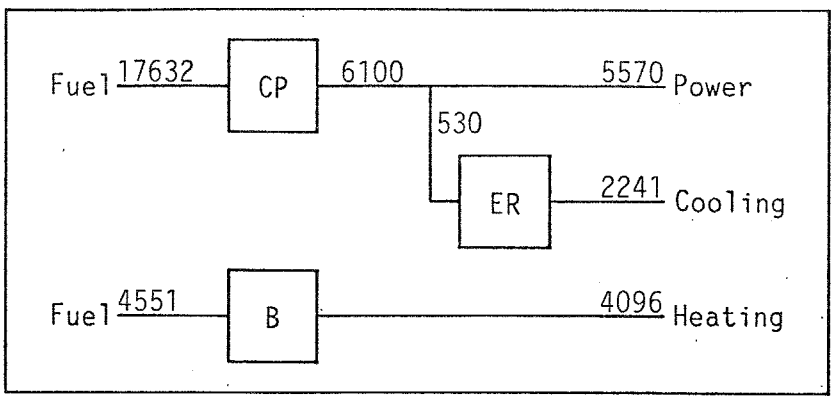
	発電機 KW	冷凍機 USRT	補助冷凍機	ボイラー KG/H	契約電力 KW	燃料消費量 GCAL/Y
従来		ER 222 x2		1558 x1	1213	8738
CG(A1)	DE 761 x2	ER 222 x2		409 x1	189	8071
CG(A2)	DE 761 x2	ER 222 x2		409 x1	527	8046
CG(A3)	DE 571 x2	ER 222 x2		418 x1	527	7904
CG(A4)	DE 571 x2	ER 222 x2		978 x1	527	8217
CG(A5)	DE 381 x2	ER 222 x2		353 x1	527	8058
CG(A6)	DE 381 x2	ER 222 x2		1436 x1	634	8587
CG(A7)	DE 191 x2	ER 222 x2		1097 x1	886	8339
CG(B1)	DE 579 x2	AR 183 x2	(SR 443)	2271 x1	140	7843
CG(B2)	DE 579 x2	AR 183 x2	(SR 443)	2271 x1	476	7853
CG(B3)	DE 435 x2	AR 138 x2	(SR 443)	1494 x1	476	7793
CG(B4)	DE 435 x2	AR 138 x2	(SR 443)	1864 x1	476	8290
CG(B5)	DE 290 x2	AR 97 x2	(SR 443)	1290 x1	476	8169
CG(B6)	DE 290 x2	AR 97 x2	(SR 443)	1664 x1	483	8825
CG(B7)	DE 145 x2	AR 50 x2	(SR 443)	1419 x1	675	8840
CG(C1)	GE 761 x2	ER 222 x2		135 x1	189	9816
CG(C2)	GE 761 x2	ER 222 x2		151 x1	527	9476
CG(C3)	GE 571 x2	ER 222 x2		151 x1	527	8971
CG(C4)	GE 571 x2	ER 222 x2		555 x1	527	9112
CG(C5)	GE 381 x2	ER 222 x2		151 x1	527	8707
CG(C6)	GE 381 x2	ER 222 x2		1367 x1	634	8938
CG(C7)	GE 191 x2	ER 222 x2		685 x1	886	8743
CG(D1)	GE 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1501 x1	140	8941
CG(D2)	GE 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1501 x1	476	8560
CG(D3)	GE 435 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1775 x1	476	8353
CG(D4)	GE 435 x2	AR 222 x2	(SR 443)	2160 x1	476	8710
CG(D5)	GE 290 x2	AR 126 x2	(SR 443)	1438 x1	476	8542
CG(D6)	GE 290 x2	AR 126 x2	(SR 443)	1721 x1	483	9036
CG(D7)	GE 145 x2	AR 76 x2	(SR 443)	1141 x1	675	8922
CG(E1)	GT 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	0 x1	140	16870
CG(E2)	GT 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	151 x1	476	14516
CG(E3)	GT 435 x2	AR 222 x2	(SR 443)	151 x1	476	13463
CG(E4)	GT 435 x2	AR 222 x2	(SR 443)	151 x1	476	12986
CG(E5)	GT 290 x2	AR 222 x2	(SR 443)	151 x1	476	12190
CG(E6)	GT 290 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1307 x1	483	11671
CG(E7)	GT 150 x2	AR 128 x2	(SR 443)	365 x1	665	10201
CG(F1)	DE 579 x2	AR 183 x2	(SR 443)	2271 x1	723	8327
CG(F2)	DE 579 x2	AR 183 x2	(SR 443)	2271 x1	723	7973
CG(F3)	DE 435 x2	AR 138 x2	(SR 443)	1494 x1	723	7927
CG(F4)	DE 290 x2	AR 97 x2	(SR 443)	1289 x1	727	8217
CG(F5)	DE 145 x2	AR 50 x2	(SR 443)	1417 x1	728	8840
CG(G1)	GE 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1501 x1	745	9165
CG(G2)	GE 579 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1501 x1	745	8463
CG(G3)	GE 435 x2	AR 222 x2	(SR 443)	1774 x1	745	8409
CG(G4)	GE 290 x2	AR 126 x2	(SR 443)	1437 x1	747	8608
CG(G5)	GE 145 x2	AR 76 x2	(SR 443)	1139 x1	757	8916

表－５－２　機器容量と年間入力エネルギー量の算定結果
（ホテル 30000m²）

	発電機 KW	冷凍機 USRT	補助冷凍機	ボイラー KG/H	契約電力 KW	燃料消費量 GCAL/Y
従来		ER 178 x2		1543 x1	1207	22183
CG(A1)	DE 758 x2	ER 178 x2		352 x1	0	17711
CG(A2)	DE 758 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	18651
CG(A3)	DE 569 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	18372
CG(A4)	DE 569 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	19532
CG(A5)	DE 379 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	18700
CG(A6)	DE 379 x2	ER 178 x2		1537 x1	837	21108
CG(A7)	DE 190 x2	ER 178 x2		1370 x1	883	20209
CG(B1)	DE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1751 x1	0	17663
CG(B2)	DE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1751 x1	668	18670
CG(B3)	DE 461 x2	AR 146 x2	(SR 356)	1850 x1	668	18551
CG(B4)	DE 461 x2	AR 146 x2	(SR 356)	2219 x1	668	20469
CG(B5)	DE 308 x2	AR 103 x2	(SR 356)	1667 x1	668	20060
CG(B6)	DE 308 x2	AR 103 x2	(SR 356)	2244 x1	668	22269
CG(B7)	DE 154 x2	AR 53 x2	(SR 356)	1454 x1	716	22082
CG(C1)	GE 758 x2	ER 178 x2		0 x1	0	21442
CG(C2)	GE 758 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	21808
CG(C3)	GE 569 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	20825
CG(C4)	GE 569 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	21196
CG(C5)	GE 379 x2	ER 178 x2		1370 x1	837	20062
CG(C6)	GE 379 x2	ER 178 x2		1483 x1	837	21684
CG(C7)	GE 190 x2	ER 178 x2		1370 x1	883	20566
CG(D1)	GE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	903 x1	0	19517
CG(D2)	GE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	20262
CG(D3)	GE 461 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	19583
CG(D4)	GE 461 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1608 x1	668	20621
CG(D5)	GE 308 x2	AR 134 x2	(SR 356)	1771 x1	668	20263
CG(D6)	GE 308 x2	AR 134 x2	(SR 356)	2272 x1	668	22315
CG(D7)	GE 154 x2	AR 80 x2	(SR 356)	1523 x1	716	22119
CG(E1)	GT 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	0 x1	0	35907
CG(E2)	GT 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	34093
CG(E3)	GT 461 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	32182
CG(E4)	GT 461 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	30999
CG(E5)	GT 308 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	28292
CG(E6)	GT 308 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1370 x1	668	26975
CG(E7)	GT 154 x2	AR 131 x2	(SR 356)	1370 x1	716	24223
CG(F1)	DE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1751 x1	132	17694
CG(F2)	DE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1751 x1	668	17885
CG(F3)	DE 461 x2	AR 146 x2	(SR 356)	1848 x1	668	17760
CG(F4)	DE 308 x2	AR 103 x2	(SR 356)	1665 x1	668	19271
CG(F5)	DE 154 x2	AR 53 x2	(SR 356)	1453 x1	722	21284
CG(G1)	GE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	903 x1	343	19620
CG(G2)	GE 615 x2	AR 178 x2	(SR 356)	903 x1	668	19489
CG(G3)	GE 461 x2	AR 178 x2	(SR 356)	1265 x1	668	19050
CG(G4)	GE 308 x2	AR 134 x2	(SR 356)	1770 x1	668	19517
CG(G5)	GE 154 x2	AR 80 x2	(SR 356)	1523 x1	722	21327

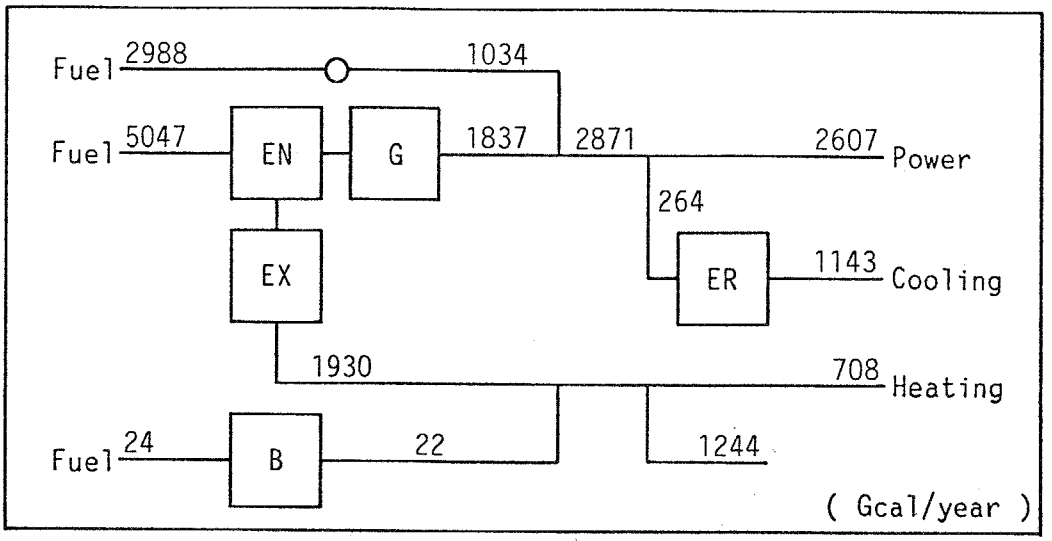


(1) 事務所

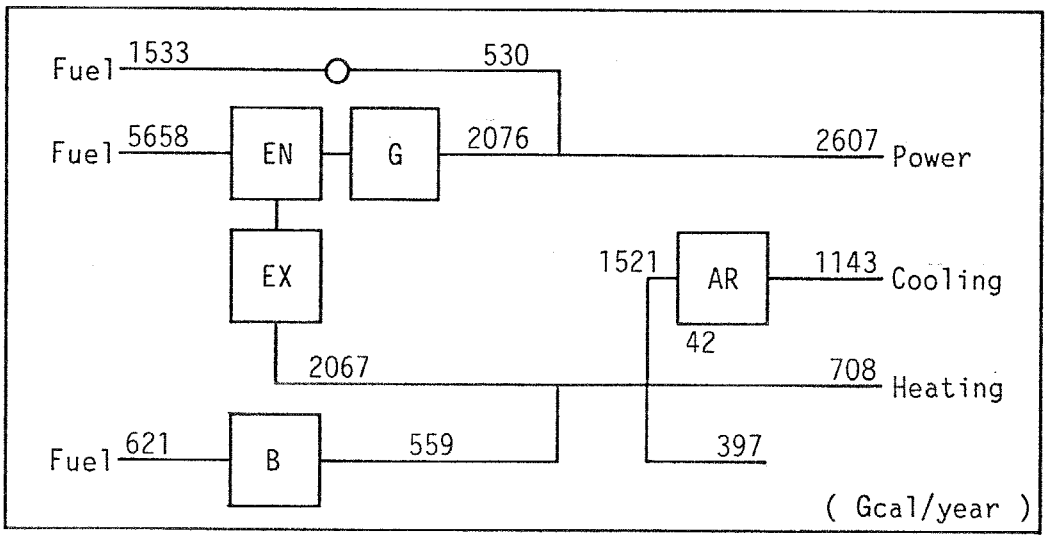


(2) ホテル

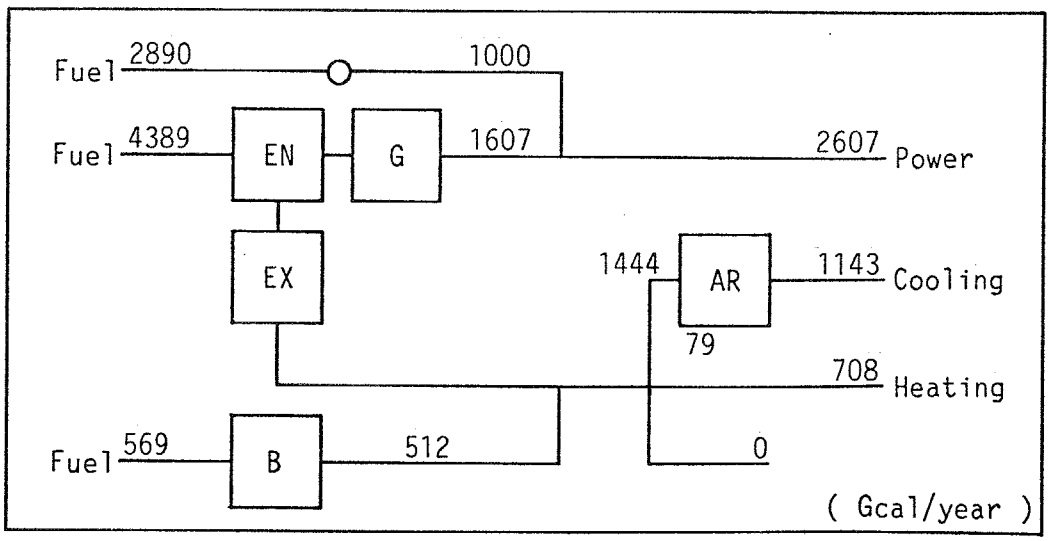
図－５－５　従来システムにおける年間のエネルギーバランス



(1) ケースA5

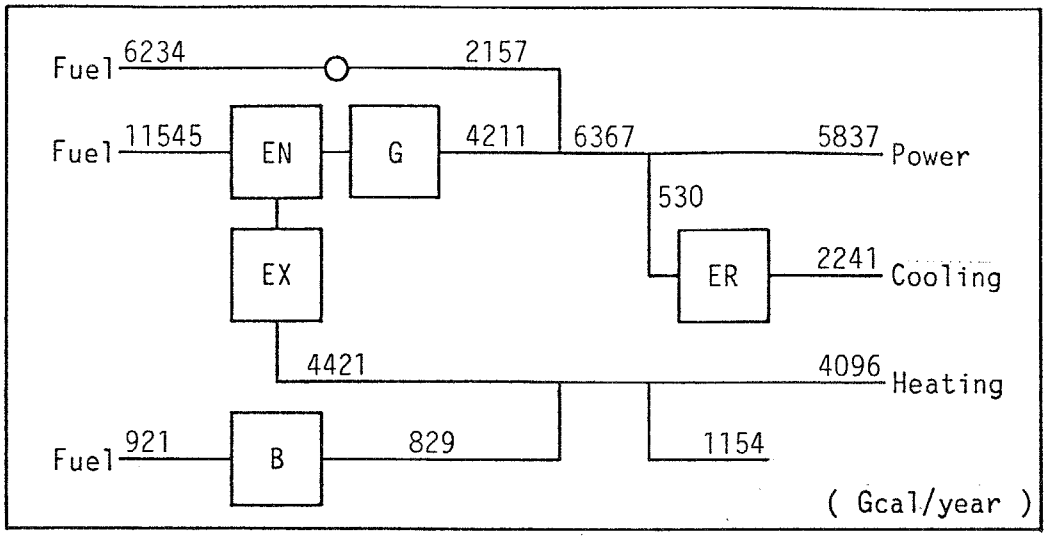


(2) ケースB2

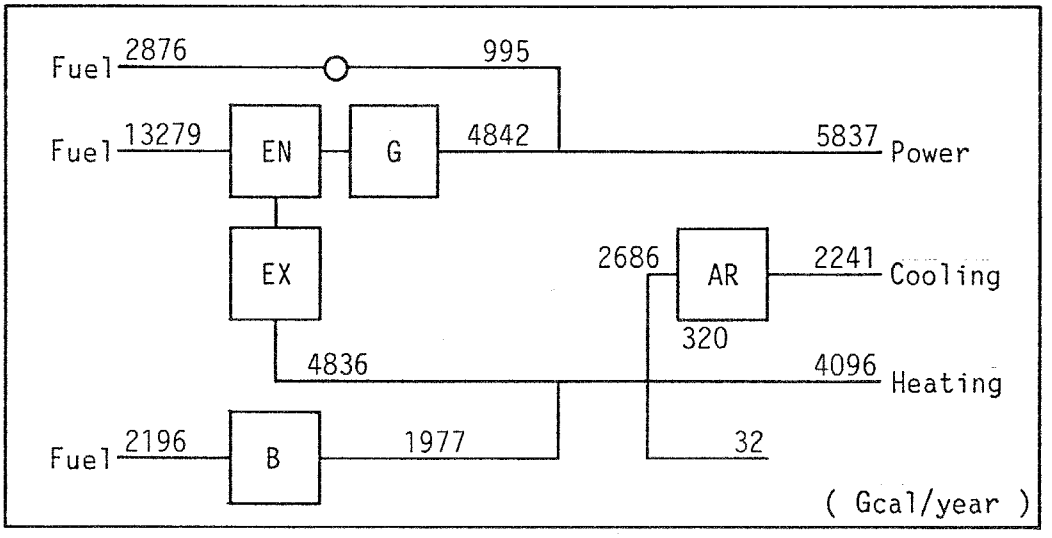


(3) ケースF3

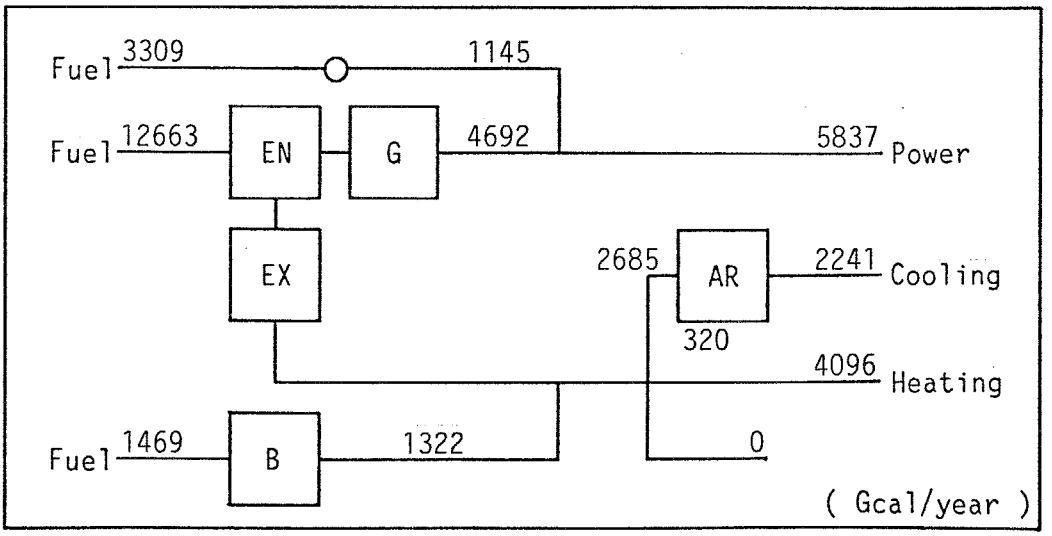
図－５－６　事務所における年間のエネルギーバランス



(1) ケースA5



(2) ケースB2



(3) ケースF3

図－５－７　ホテルにおける年間のエネルギーバランス

（２）省エネルギー率と駆動源稼働率に基づくシステム評価

システム評価を行うに当たり、まず、省エネルギー率と駆動源稼働率を２軸とする平面上に全システム（45ケース）を表示した。図－５－８に事務所における分布を、図－５－９にホテルの場合を示す。

省エネルギー率についてみると、発電効率の高いディーゼルエンジンシステムの場合（ケースＡ、Ｂ、Ｆ）に高い値を示すものが多く、さらに、発電分担率が大きい（コージェネレーションによる発電量の多い）システムで高い省エネルギー効果が得られている。最大の省エネルギー率を示すのは、事務所では、ディーゼルエンジンと低温水吸収式冷凍機のシステムを発電分担率75％のベース発電で運転するケースB3で10.7％、ホテルでは、同じシステムで全需要発電を行うケースB1で20.3％となっている。ガスタービンシステム（ケースＥ）では省エネルギー効果が得られていないが、部分負荷特性に基づく回収排熱を十分利用し得なかったことが理由として考えられる。

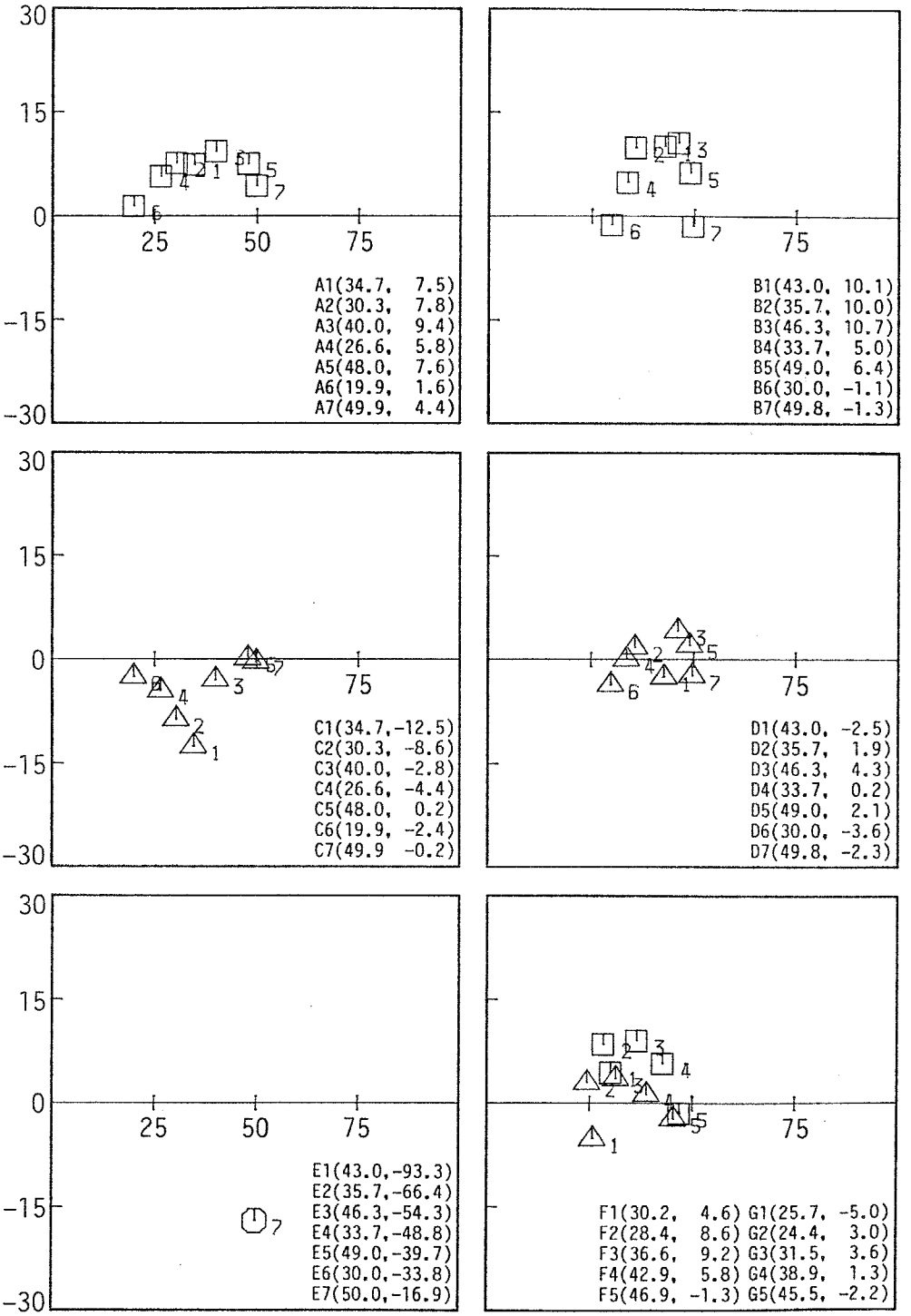
ケースＡとＣ、ケースＢとＤ、ケースＦとＧを比較すると、駆動源（ディーゼルエンジンとガスエンジン）を除いては同じシステム構成・運転方式をとるにもかかわらず、駆動源としてガスエンジンを用いた場合（ケースＣ、Ｄ、Ｇ）には省エネルギー効果が小さく、事務所におけるケースＣでは全システムが負の省エネルギー率を示す結果となったが、これは駆動システムの発電効率の差が現われたものと考えられる。

駆動源稼働率については、システムの運転時間帯を事務所で7～19時の12時間、ホテルで6～24時の18時間としたため、それぞれ50％、75％が上限値となるが、安定した電力負荷の得られるベース発電で上限に近い値を示し、次いで全需要発電、ピークカット発電の順となっている。また、発電分担率が小さいシステムの方が駆動源稼働率は高くなる。

次に、評価軸をシステムの発電容量当たりの省エネルギー率と総合熱利用効率として、図－５－10（事務所）および図－５－１１（ホテル）に示した。図－５－８および図－５－９によれば、発電効率の高いシステムの場合、コージェネレーションによる発電量が多いシステムでエネルギー需要全体に対する省エネルギー効果は高くなっているが、設備システムの規模に対する適用効果として捉えることは、経済性の面からも重要な評価指標と考えられる。

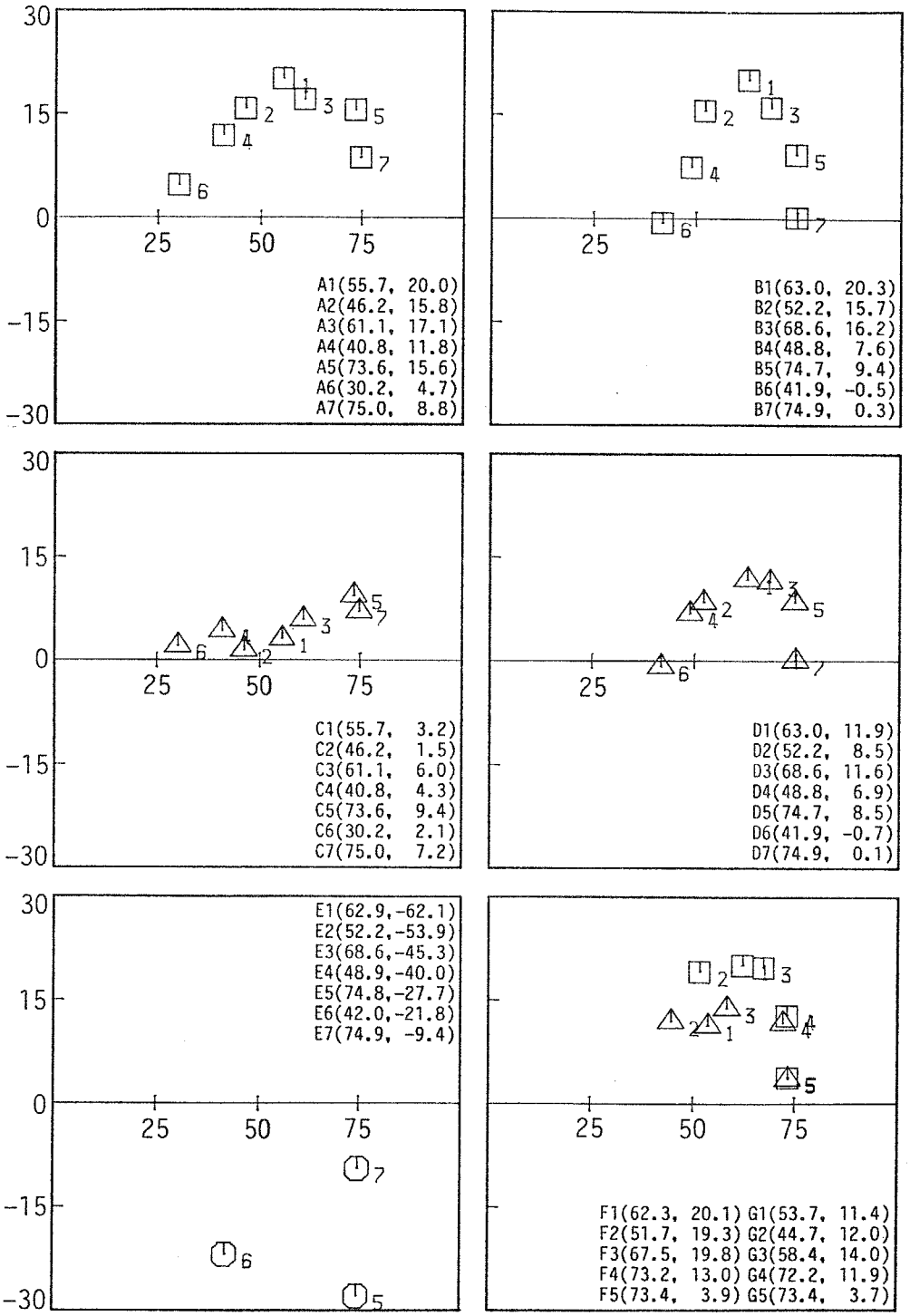
発電容量当たりの省エネルギー率についてみると、電動ターボ冷凍機を有するシステム（ケースＡ、Ｃ）では、冷房用電力需要の増加と回収排熱の利用用途が給湯・暖房に限られることから、発電分担率の小さな（25、50％）ベース発電で高く、事務所では10×10^{-3}％／kW程度、ホテルでは20×10^{-3}％／kW程度の値を示している。一方、低温水吸収式冷凍機を有するシステム（ケースＢ、Ｄ）では、年間の電力需要が安定し、回収排熱の利用先も年間を通じて存在することから、ケースＡ、Ｃと比較して発電分担率の大きい（75％）システムで高い値が認められる。また、総合熱利用効率についても、同じ理由で、低温水吸収式冷凍機を有するシステムの方が高い値を示している。

以上を要するに、自家発電効率が従来システム（系統電力における送配電ロスを考慮した発電効率、本シミュレーションでは34.6％）より高いコージェネレーションシステムにおいては、発電分担率の大きいシステムで省エネルギー効果は高い値を示すものの、回収排熱の利用量等を考慮してシステム容量を定めることが重要と考えられる。



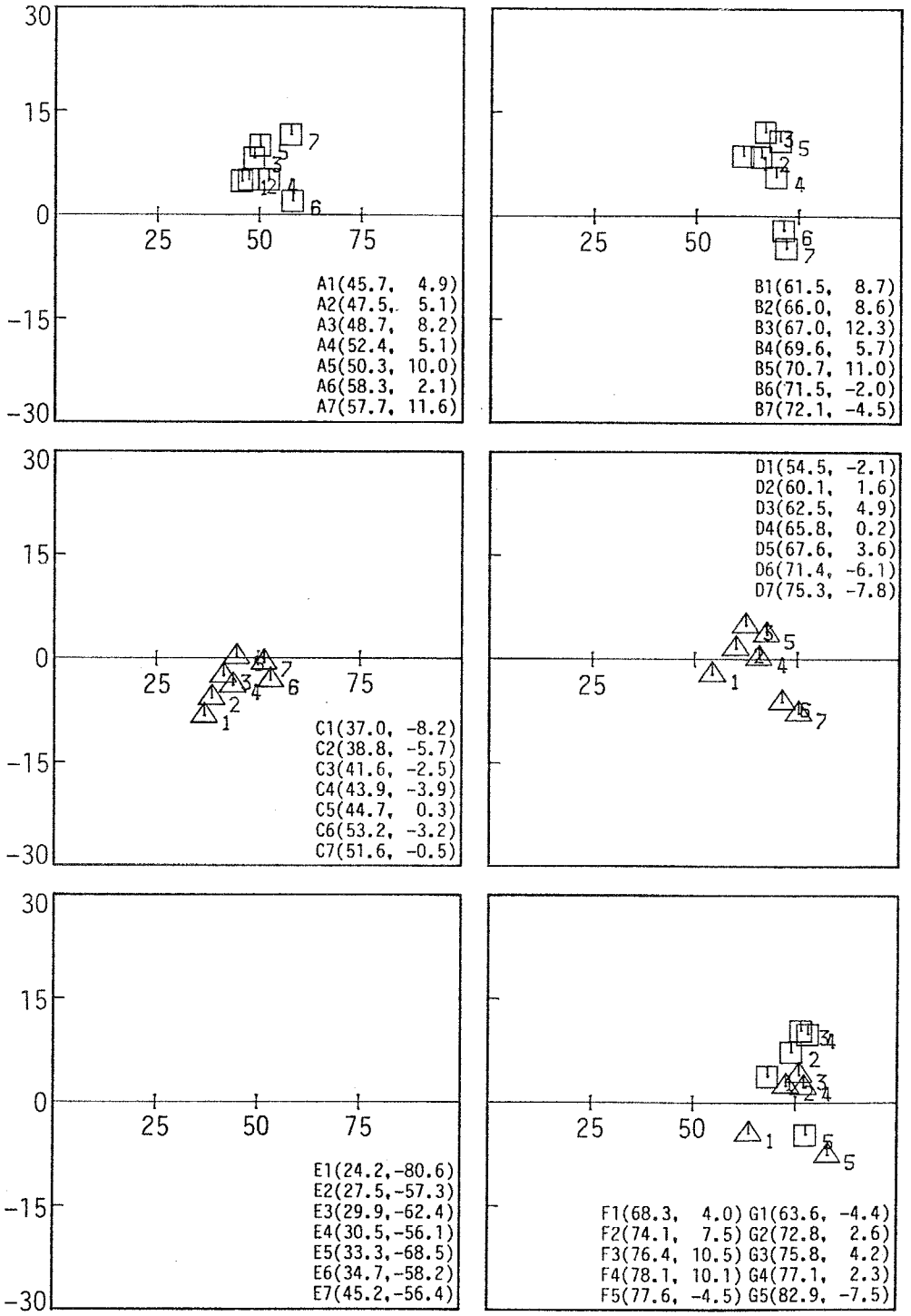
X axis : Capacity factor (%)
Y axis : Energy saving ratio (%)

図－５－８　駆動源稼働率と省エネルギー率の分布（事務所 30000m²）



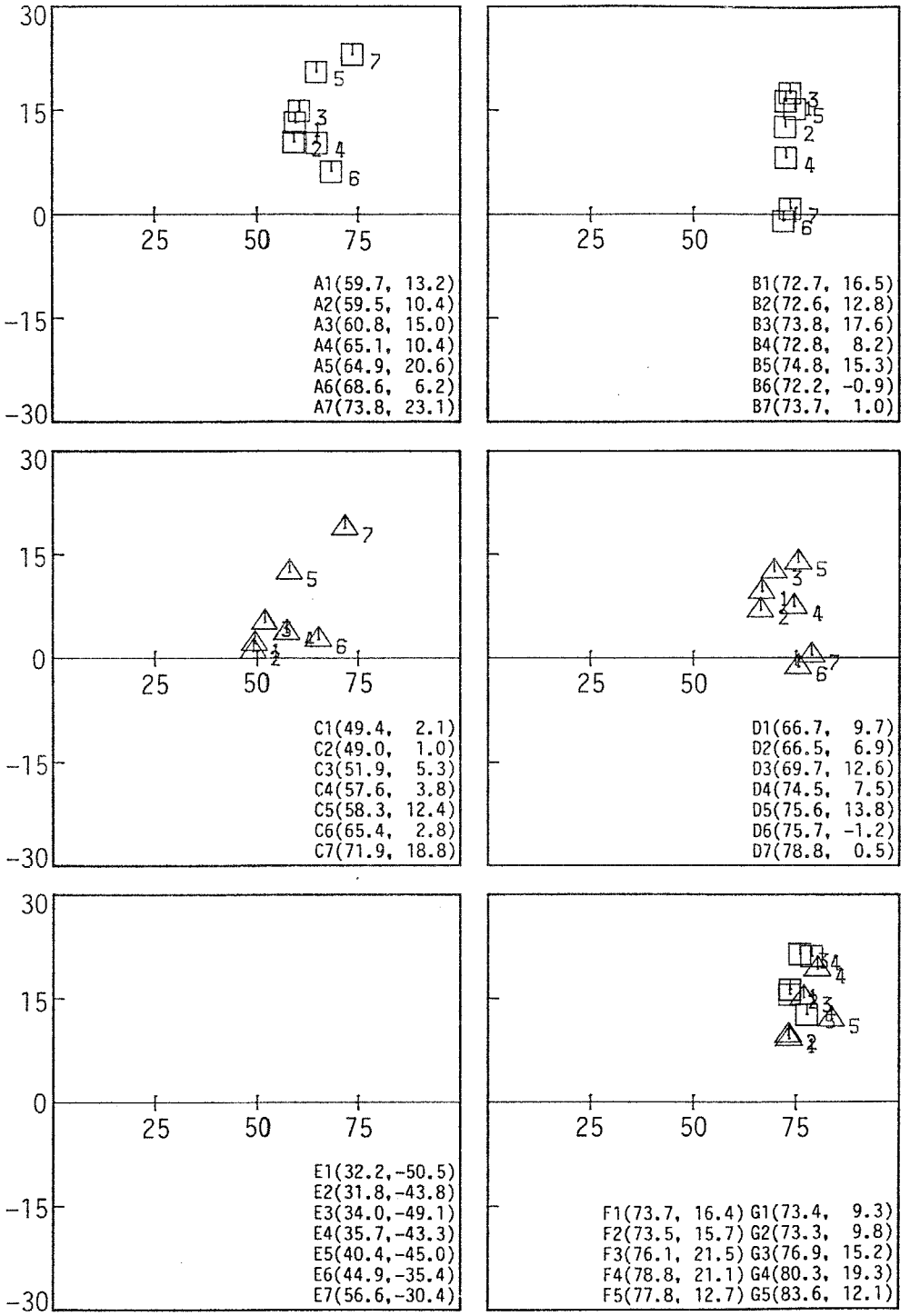
X axis : Capacity factor (%)
Y axis : Energy saving ratio (%)

図－５－９　駆動源稼働率と省エネルギー率の分布（ホテル 30000m²）



X axis : Total energy use efficiency (%)
Y axis : Energy saving ratio per generator capacity (10^{-3}%/kW)

図－5－10　総合熱利用効率と発電容量当たりの省エネルギー率の分布（事務所 30000m²）



X axis : Total energy use efficiency (%)
Y axis : Energy saving ratio per generator capacity (10^{-3}%/kW)

図－５－11　総合熱利用効率と発電容量当たりの省エネルギー率の分布
（ホテル 30000m²）

（３）評価指標値の月変動

本項では、前項のシミュレーション結果の中から、適用効果の比較的高いシステムを抽出し、各評価指標値の月変動について考察する。駆動源として発電効率の高いディーゼルエンジンを使用するシステムで、省エネルギー率・駆動源稼働率・総合熱利用効率に基づき、下記の３ケースを抽出した。

・ケースA5（電動ターボ冷凍機、電力追従、発電分担率50％、ベース発電）
・ケースB2（低温水吸収式冷凍機、電力追従、発電分担率100％、全需要発電）
・ケースF3（低温水吸収式冷凍機、熱追従、発電分担率75％）

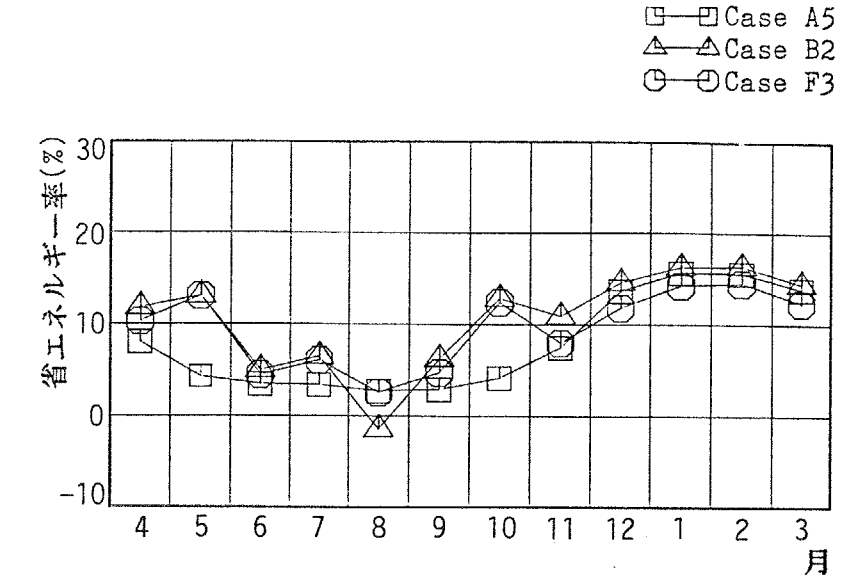
図－５－12～図－５－13に、事務所およびホテルにおける評価指標値の月変動を示す。運転方式によらず、省エネルギー率は夏期に低下しているが、ケースA5では、事務所の場合、夏期を中心として排熱利用率が20％程度と低下していることが原因と考えられ、総合熱利用効率も40％程度の値を示している。給湯用の温熱需要が年間を通じて存在するホテルにおいても、夏期の排熱利用率は50％程度にとどまり、総合熱利用効率は冬期よりも約20％低下している。

一方、低温水吸収式冷凍機を有するケースB2では、排熱利用率はほぼ100％を示し（事務所における6～9月、ホテルの全月）、総合熱利用効率も70％を超えることから、エネルギー有効利用上では望ましい状態と考えられるが、冷房需要が大きいために補助熱源（直焚冷凍機）の使用を生じ、省エネルギー効果の低下を招いていることが推定される。即ち、低温水吸収式冷凍機の成績係数が0.70程度であるため、同じ熱量としての温熱需要・冷熱需要に対して、必要とされる回収排熱量は冷熱需要の場合の方が約1.4倍（1／0.7）となることに起因する。熱追従方式のケースF3においても同じ理由で夏期に省エネルギー効果が低下している。

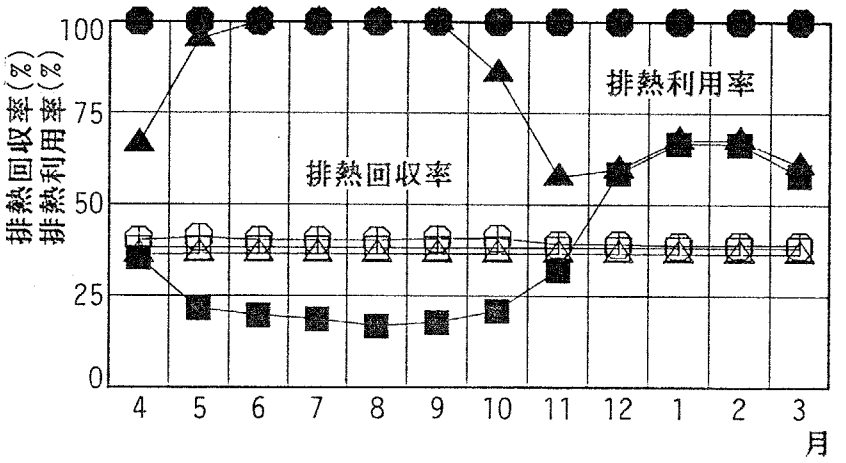
以上本節では、第４章で作成したコージェネレーションのシステムシミュレーションモデルを事務所およびホテルへ適用し、システム構成機器の容量・年間入力エネルギー量の算定、省エネルギー率をはじめとする評価指標値によるシステム評価を行った。得られた結果をまとめると以下のようになる。

①事務所・ホテルとも駆動源として発電効率の高いディーゼルエンジンを利用し、発電分担率の大きいベース発電を行うことにより、コージェネレーションシステムの適用効果が高くなる。ガスタービンシステムの場合には、回収排熱を十分に利用し得ず効果が得られない。

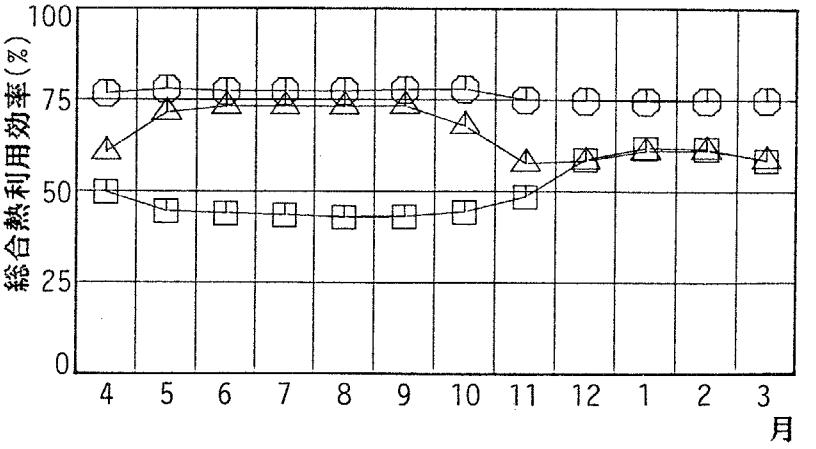
②省エネルギー率が10％以上を示すシステム数は、事務所の3に対しホテルの場合には14であり、システム選定における選択の幅は、昼夜間を通じてエネルギー需要の存在する建物の方が多いと言える。また、システム選定にあたっては、機器容量に対応した省エネルギー効果や年間を通じての省エネルギー率・総合熱利用効率の検討が重要と考えられる。



(1) 省エネルギー率

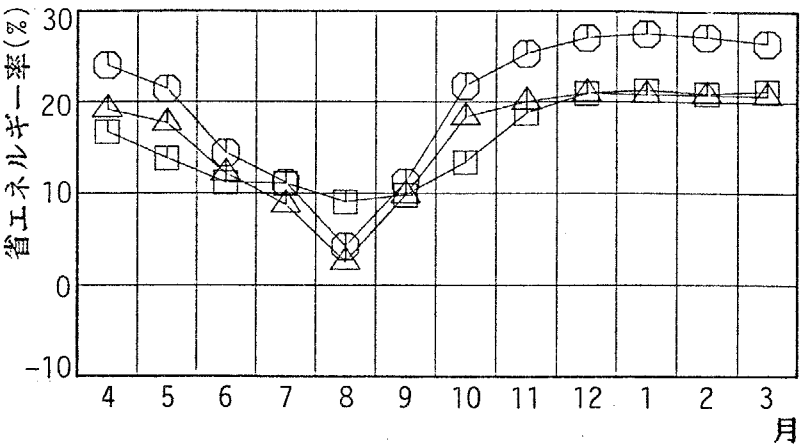


(2) 排熱回収率と排熱利用率

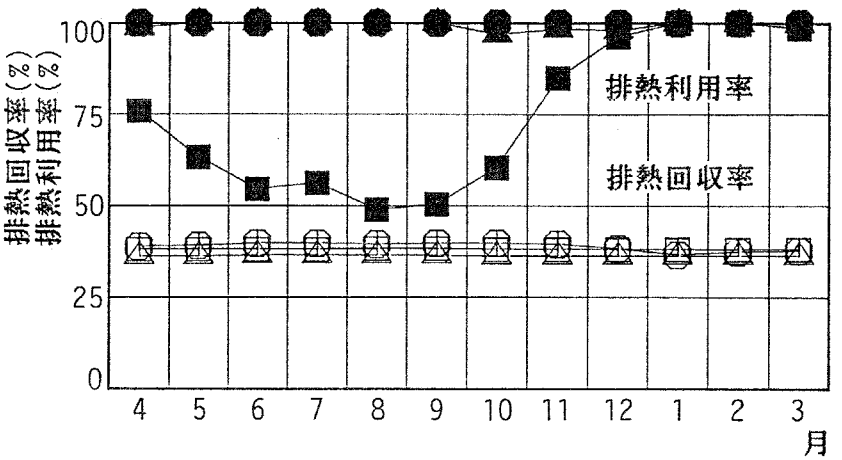


(3) 総合熱利用効率

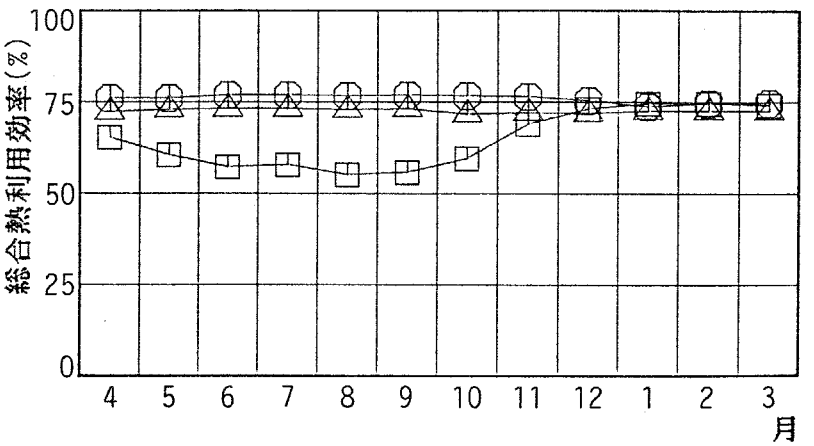
図－5－12　事務所における評価指標値の月変動



(1) 省エネルギー率



(2) 排熱回収率と排熱利用率



(3) 総合熱利用効率

図－5－13　ホテルにおける評価指標値の月変動

５－２　エネルギー有効利用に基づくコージェネレーションシステムの適用評価

前節で行ったシステムシミュレーションモデルの適用に基づく評価・検討は、エネルギー需要形態の異なる建物用途に対して、望ましいシステム構成・容量・運転方式および期待される省エネルギー効果を把握する上で重要と考えられる。しかしながら、建築物における設備システムの評価としては、２－３で述べたように、建築物を構成する諸要素がシステムの適用効果に及ぼす影響を把握したものでなければならない。そこで本節では、建築物におけるコージェネレーションシステムのエネルギー利用評価に影響を及ぼす要素として、建築物の規模・システムの運転時間帯・システム設計における構成機器の台数および容量・建築物における熱電力需要比率・発電効率を取り上げ、シミュレーションにおいてこれらの値を変化させることにより、システム評価を行った。

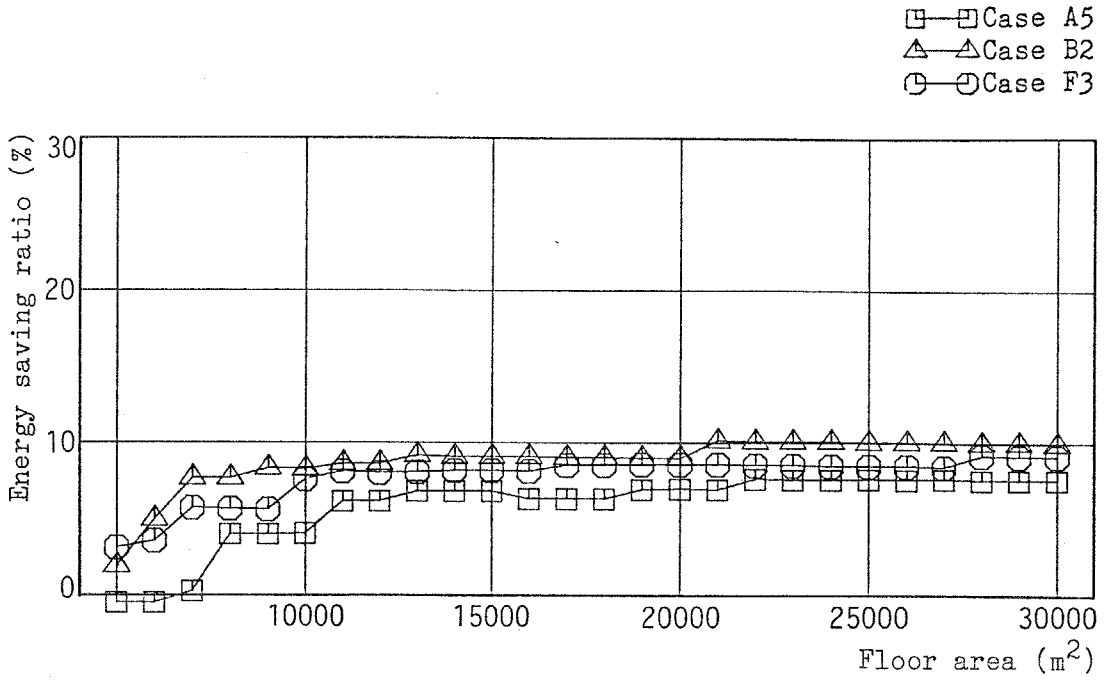
なお、検討対象としたシステムは、前項で抽出したケースA5・B2・F3の３システムである。

（１）建物規模と省エネルギー効果の関係

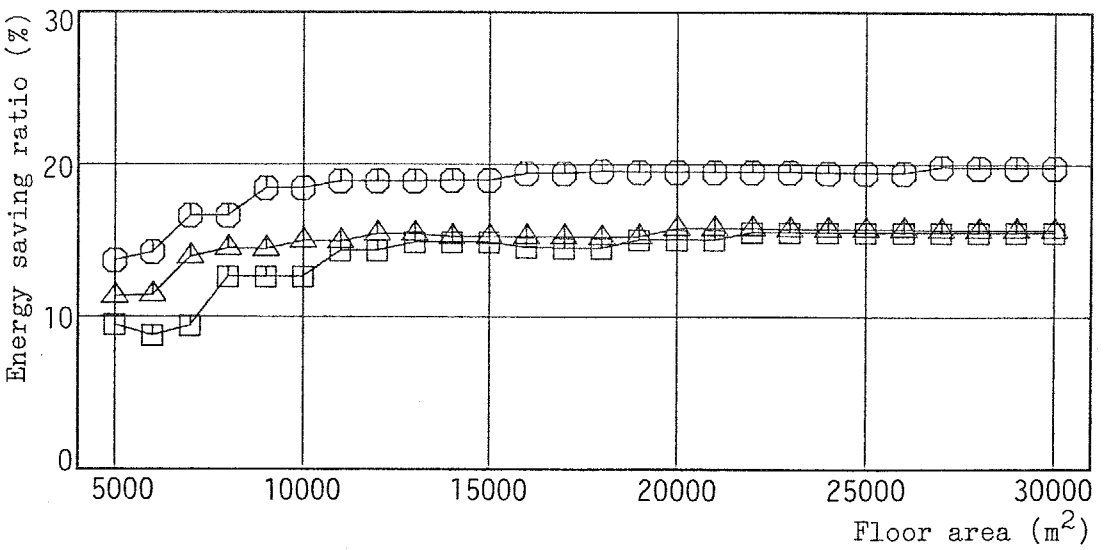
建築物における設備システムの適用を考える場合には、建物規模に対応したシステム構成が重要となるため、本項では、システムの適用効果を建物規模ごとに算定し、その変化を捉えることとした。本論文におけるシミュレーションでは、建築物のエネルギー需要量については延床面積当たりの算定を行っているが、設備機器の選定においては、実機器に基づいた算定を行っているため、各機器とも容量に応じて効率が異なり、システムの適用効果に影響するものと考えられる。

図－５－14は、ケースA5・B2・F3を、延床面積5000～30000m^{2}に対して1000m^{2}刻みで適用した結果を示している。全体的な傾向としては、各ケースとも規模の

増大に伴い省エネルギー効果も大きくなっており、5000m²と30000m²では7～8%程度の差を生じている。シミュレーションにおいてはシステム構成機器の台数を２台（ボイラーは１台）としているため、規模の増大は機器容量の増大を意味することとなり、機器効率の有するスケールメリットが現われたものと言える。この傾向は5000～10000m²の範囲で顕著に現われており、システムの省エネルギー性を大きく支配する駆動源の容量についてみると、10000m²では単機容量で300PS（全需要発電のB2の場合）程度となっており、これ以下の容量の場合、部分負荷時における発電効率が大きく低下する（表－４－２参照）ためと考えられる。従って、システム設計等においては、建物規模の影響として、システム構成機器の単機容量およびその効率に配慮する必要があると考えられる。



(1) 事務所



(2) ホテル

図－５－14　延床面積と省エネルギー率の関係

（２）システム構成機器の台数および容量の影響

前項においては、建築規模の観点から、システム構成機器の容量および効率の変化がシステムの適用効果に与える影響について考察した。本項では、機器効率の変化の影響を、システム設計の面から捉えることを目的とし、構成機器の台数および単機容量を設定する際の安全率（機器容量／時刻別最大負荷）をパラメーターとして評価を行った。

システム設計においては、通常、供給すべきエネルギー量の最大値を設定し、これに安全率を乗じることにより機器容量（合計値）を決定する。５－１で行ったシミュレーションにおいては20％のオーバーデザイン（安全率1.2）を設定しているが、安全率を変化させることは機器への負荷率の変化を生じさせ、即ち、部分負荷特性による効率の変化につながることとなる。また、設定された機器容量を機器の台数で除すことから単機容量が算定されるが、台数を多くすることは、低負荷時への対応策として有効ではあるものの、一方で単機容量が小さくなり、一般には定格効率が低下すると考えられる。

図－５－15は、構成機器の台数を1～5台とした場合の省エネルギー率および駆動源の平均負荷率を示したものである。省エネルギー率についてみると、ケースA5では事務所・ホテルともに台数の増加に伴い減少する傾向がみられ、1台と5台の場合で2％程度差を生じるのに対し、ケースB2・F3ではほとんど変化がみられない。これは駆動源の単機容量が小さくなるほど部分負荷特性における回収排熱量の割合が増加し（軸出力は低下するが）、回収排熱の利用量が相対的に少ないシステム、即ち、電動ターボ冷凍機をを有するケースA5への影響が大きいものと考えられる。

また、駆動源の平均負荷率については、事務所におけるケースA5およびホテルにおけるケースA5・F3では変化がみられないが、これは発電分担率によるところ

が大きい。即ち、この結果は、事務所においては時刻別最大電力需要量の50％程度以上、ホテルにおいては75％程度以上の電力需要が、運転時間帯において安定して存在することを意味するものであり、図－５－３（時刻別の電力需要量）と対応している。また、他のケース（事務所におけるB2・F3、ホテルにおけるB2）では台数の増加に伴い平均負荷率は上昇し、ケースB2においては70％程度（1台）から90％程度（5台）へと20％の差を生じる結果となった。

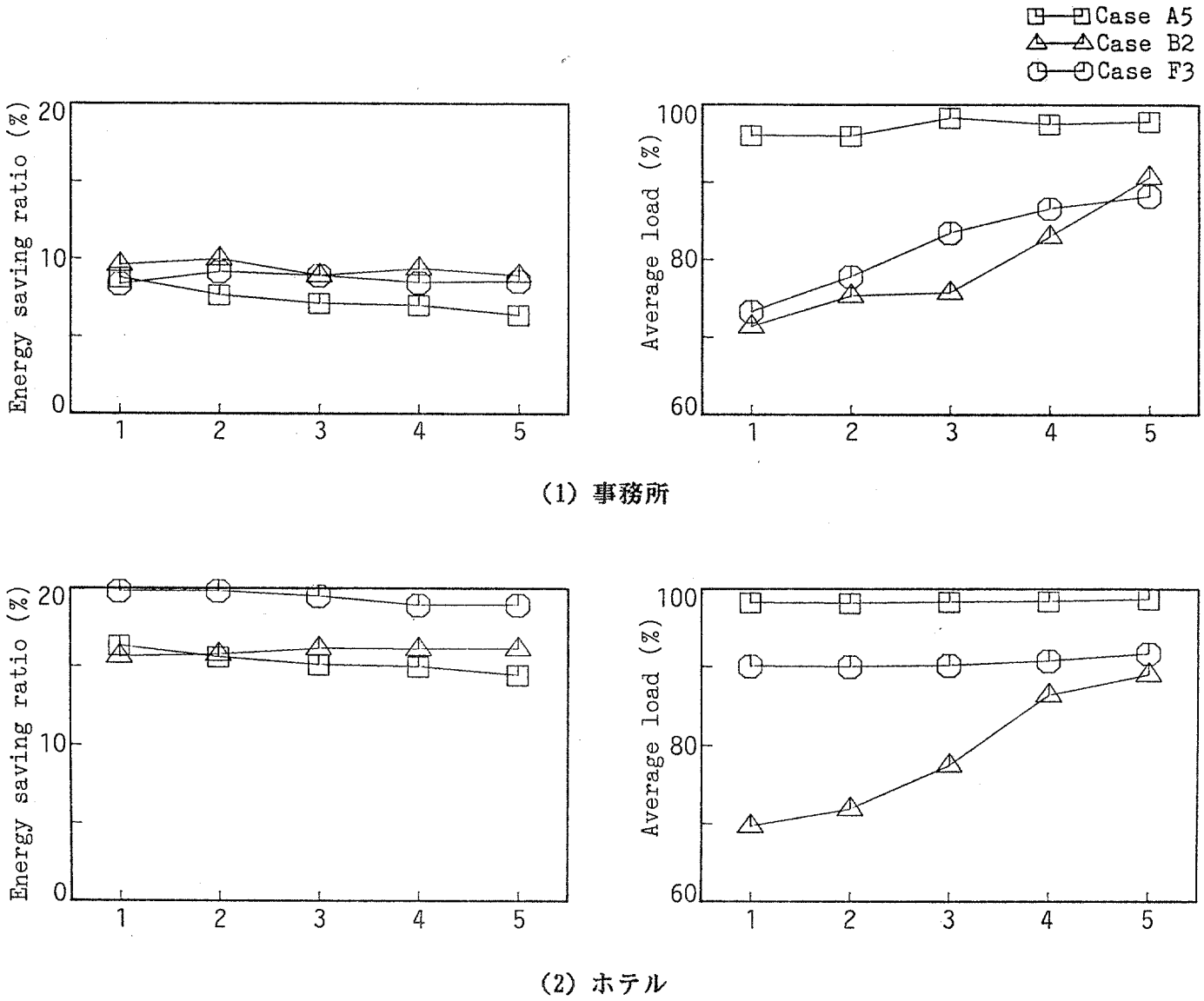
次に、機器容量を設定する際の安全率の変化がシステムの適用効果に及ぼす影響について、図－５－16（事務所）および図－５－17（ホテル）に示す。ここでは、安全率を1.0～1.5の範囲で変化させ、省エネルギー率・駆動源稼働率・発電容量当たりの省エネルギー率・総合熱利用効率の変化を示している。なお、構成機器の台数は2台として算定を行った。全体的には、事務所・ホテルで類似した傾向がみられている。

省エネルギー率についてみると、全需要発電のケースB2では安全率の増大に伴い線形的に低下しており、2％程度の差を生じている。これは、先に述べたように、オーバーデザインとすることが機器への負荷率を低下させ、部分負荷による効率低下を招いたことによる。

一方、ケースA5（発電分担率50％のベース発電）およびケースF3（熱追従方式、発電分担率75％）では安全率の増大により省エネルギー効果が高まる傾向がみられるが、これは駆動源の制御方式の影響と考えられる。本論文においては、ベース発電方式を、電力需要量が駆動源の発電容量以下の場合には自家発電を行う発電方式と設定したため、安全率を大きくすることは発電容量の増大を意味し、発電効率の高いシステムでは省エネルギー効果が大きくなる。しかしながら、発電容量当たりの省エネルギー率でみた場合には、ケースB2程急激ではないものの、安全率が1.2を超えるあたりから低下傾向が強まっており、経済的な面と合わせて安全率を設定する必要があると思われる。

総合熱利用効率は、全てのケースにおいて、安全率の増大に伴い減少する傾向にあるが、やはり電動ターボ冷凍機を有するシステムに大きな影響がみられ、熱需要の多いホテルにおいても、ケースA5では、68.1%（安全率1.0）から62.2%（1.5）へと6%程度の差を生じている。

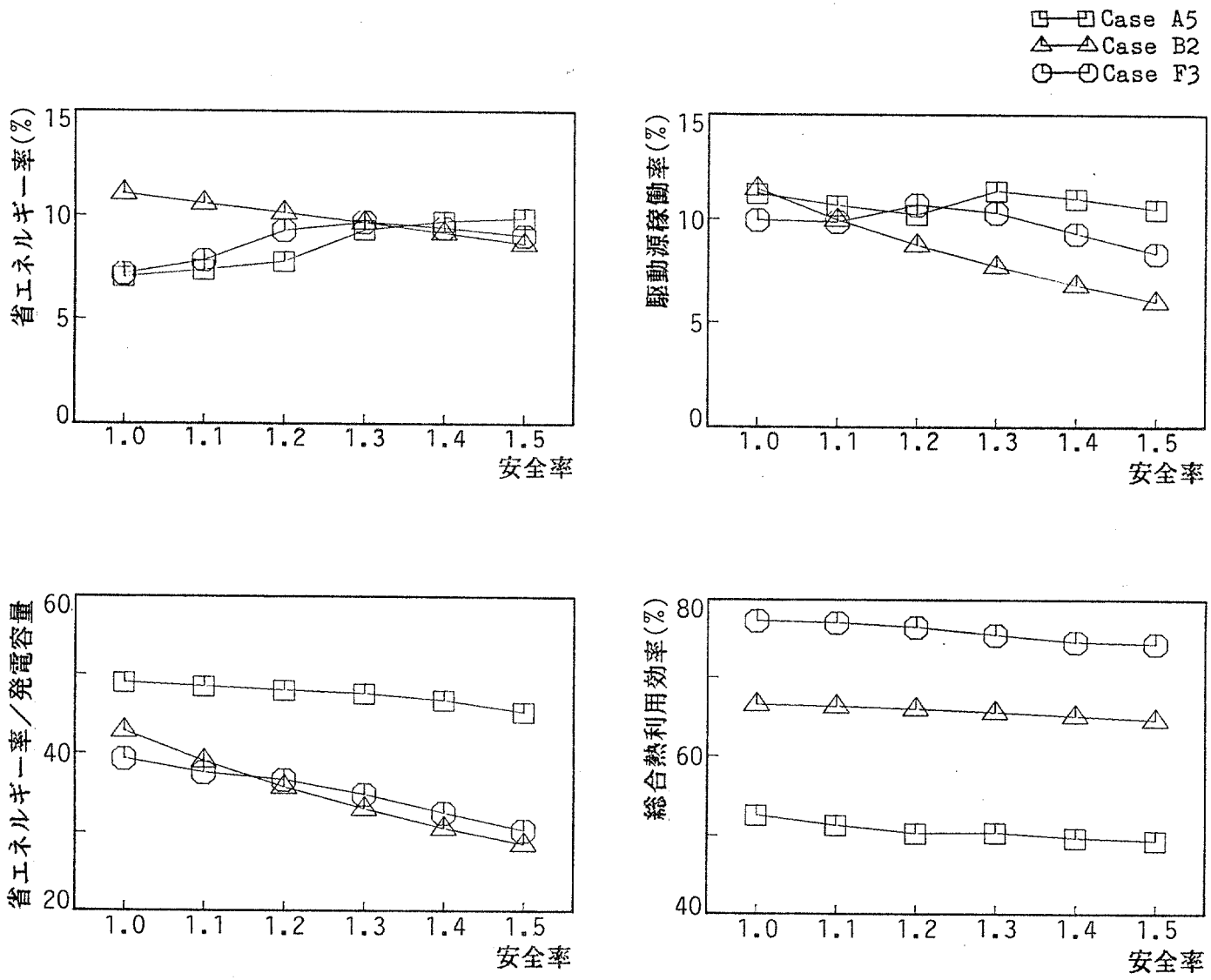
以上から、機器容量の設定については、エネルギー有効利用面からは、安全率を小さなものとすることが望ましいが、電力需要の変動を考慮すると、全需要発電やピークカット発電を行う場合には電力需要量がコージェネレーションの発電容量を超えた場合には対処できないこととなり、ベース発電においても契約電力の値に余裕を持たせることが必要となる等の面を総合的に捉える必要があると思われる。



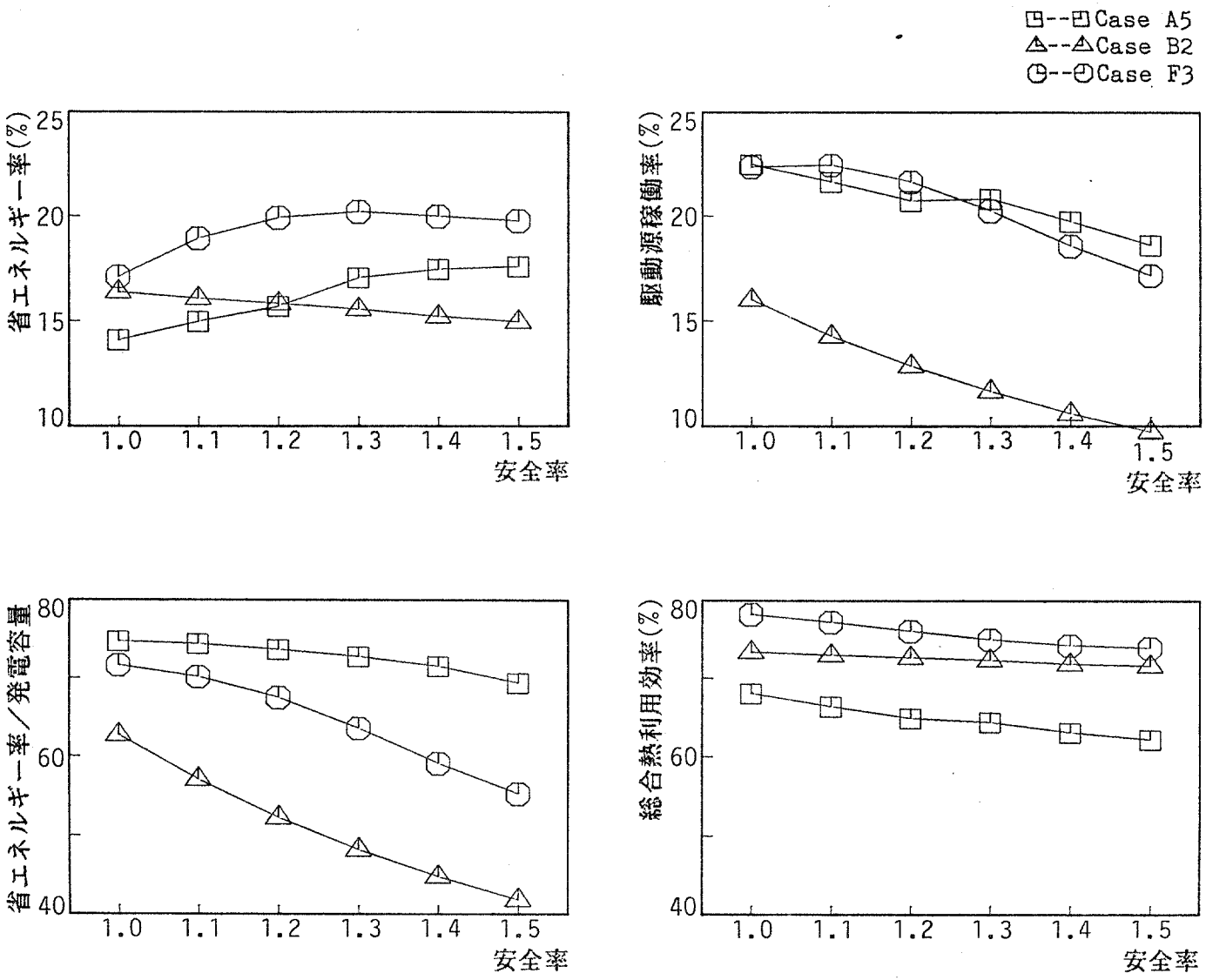
(1) 事務所

(2) ホテル

図－5－15　構成機器台数による適用効果の変化
（省エネルギー率、駆動源の平均負荷率）



図－5－16　機器容量の安全率による適用効果の変化（事務所）



図－5－17　機器容量の安全率による適用効果の変化（ホテル）

（３）システムの運転時間帯による評価

コージェネレーションシステムの運用面に関する検討として、システムの運転時間帯を変化させた場合の適用効果を把握することは重要と考えられる。ここでは、運転時間帯の変化による省エネルギー率・駆動源稼働率の変化を捉えることとした。

運転時間の長さについては、事務所において安定したエネルギー需要の得られる時間帯を参考に、最少で8時間運転とし、2時間刻みで9ケースを設定した。次に、それぞれの運転時間に対して考えられる運転時間帯（例えば8時間運転の場合、0～8時から16～24時までの17時間帯）を算定条件としたシミュレーションの結果に基づき、表－５－３に示す運転時間帯を設定した。事務所・ホテルともに、エネルギー需要のピークとなる時間帯を含むような運転時間帯となっている。

図－５－18は、ケースA5・B2・F3について、運転時間帯を表－５－３に示したように変化させた場合の省エネルギー率と駆動源稼働率を、ベースとした運転時間帯（図中の黒塗りのシンボル、事務所では7～19時の12時間、ホテルでは6～24時の18時間）における値からの変化として表示したものである。

事務所についてみると、省エネルギー率は、ケースA5・B2においては6～22時の16時間運転とした場合に、ケースF3ではベースとした運転時間帯で最も大きな値を示すが、全体としてそれほど大きな差は認められない。駆動源稼働率については、運転時間が長いほど高い値を示すと考えられるが、24時間運転を設定した場合でも、電動ターボ冷凍機を有するケースA5で60％程度、低温水吸収式冷凍機を有するシステム（ケースB2・F3）では40％程度となっている。ケースB2・F3の場合には、夜間においても電力需要は存在するものの、駆動源の最低負荷率（25％）に及ばないため、コージェネレーションによる自家発電が行われていないことが原因と思われる。また、ベースとした運転時間帯よりも短い運転時間では、

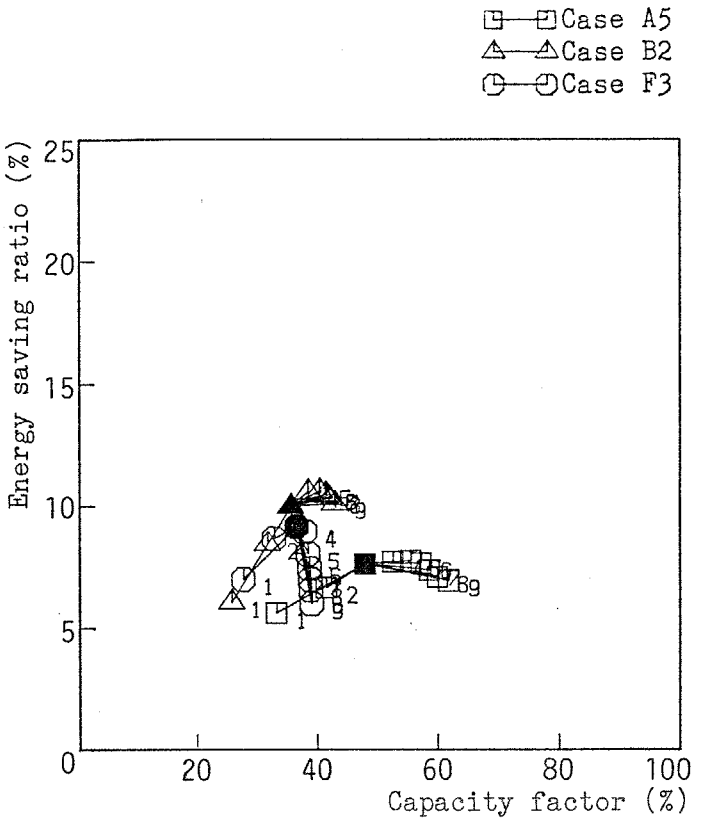
省エネルギー率・駆動源稼働率ともに著しく低下することが認められる。

ホテルの場合には、長い運転時間帯を設定するほど省エネルギー率・駆動源稼働率ともに高くなる結果が得られた。各ケースとも24時間運転においては、省エネルギー率が20％程度の高い値を示しており、ケースA5・B2では8時間運転の場合と比較して15％程度の差を生じている。駆動源稼働率についても、発電分担率が100％のケースB2では63％であるが、ケースA5（発電分担率50％）では92％、ケースF3（発電分担率75％）では82％と高くなる。

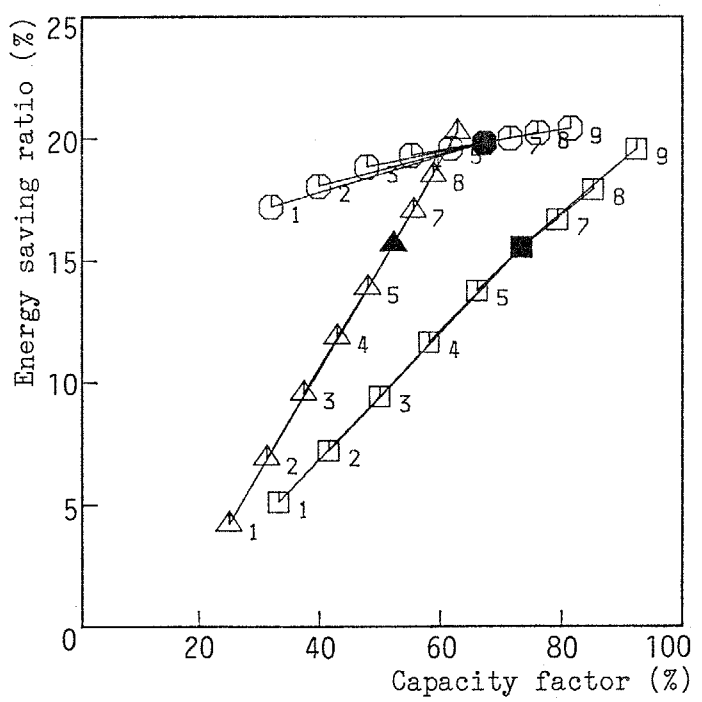
以上を要するに、事務所のようなエネルギー需要形態を有する建物用途の場合には、最適となる運転時間帯が存在するものの、エネルギー需要のピークを含むような運転時間帯を設定した場合には運転時間の長さの影響は比較的小さいことが認められた。また、ホテルのように24時間を通じてエネルギー需要の存在する建物用途の場合には、長時間の運転時間帯を設定することがコージェネレーションシステムの適用効果を高める条件と考えられる。

表－５－３　シミュレーションにおける運転時間帯

Case	Hours	Office	Hotel
1	8	8:00 - 16:00	9:00 - 17:00
2	10	8:00 - 18:00	9:00 - 19:00
3	12	7:00 - 19:00	9:00 - 21:00
4	14	7:00 - 21:00	8:00 - 22:00
5	16	6:00 - 22:00	7:00 - 23:00
6	18	5:00 - 23:00	6:00 - 24:00
7	20	3:00 - 23:00	4:00 - 24:00
8	22	1:00 - 23:00	2:00 - 24:00
9	24	0:00 - 24:00	0:00 - 24:00



(1) 事務所



(2) ホテル

図－5－18　運転時間帯による駆動源稼働率と省エネルギー率の変化

（４）建築物の熱・電力需要の省エネルギー効果への影響

本項では、建築物における熱需要量および電力需要量が変化した場合の省エネルギー効果の変化について考察する。即ち、

・シミュレーションによる評価の基礎データとなる年間・時刻別のエネルギー需要については、３－３の解析結果より、電力需要で10％程度以下、熱需要で10～20％程度のばらつきを有するものであること。

・建築物のエネルギー需要量は、立地条件や気候等の要因により変化するものであること。

等の点を考慮すると、システムの適用効果をエネルギー需要の平均値のみで評価することは建築物における適用評価としては不十分なものであり、平均値からの変動がシステムの適用効果に与える影響をも把握することが重要と考えられる。そこで本論文では、年間・時刻別の熱需要量と電力需要量を平均値に対して10％および20％変化させることで検討することとした。

図－５－19～図－５－22は、ケースA5・B2・F3に対し、各エネルギー需要量を変化させた場合の省エネルギー率を示しており、各エネルギー需要（電力・温熱・冷熱）に対し＋10％・0％・－10％（または、＋20％・0％・－20％）と変化させる組み合わせで計27通りの算定を行い、省エネルギー率の高い順に並べ変えたものである。なお、図中において、各需要とも変化が0％の場合（平均値、即ち、５－１のシミュレーション結果）を網かけで表現した。これらの図においては、平均値のケースが図の下方に表示されるほど、エネルギー需要の変化に対して強いシステムとして評価することもできる。

省エネルギー率の変化についてみると、事務所（図－５－19～図－５－20）においては、エネルギー需要の変化の幅を10％と設定した場合で±1.5％程度、幅を20％とした場合には倍の±3％程度におさまっている。ホテル（図－５－21～

図－５－22）の場合には、幅を10％とした場合に－2～＋1.5％、20％とした場合では－5～2.5％と事務所と比較して省エネルギー効果の低減する方向への影響が大きなものとなっている。即ち、同じシステムを対象とした場合、エネルギー需要の現状（平均値）において省エネルギー効果が高いホテルの方が、エネルギー需要の変化による影響が大きく現われると言える。

次に、これらの結果を、エネルギーの種類（電力・温熱・冷熱）ごとにまとめることにより検討した。表－５－４～表－５－７は、省エネルギー率の変化を、各エネルギー需要が増加する場合の9通りごとに示したものである。網かけの部分は、平均値における省エネルギー効果よりも低下した場合を示している。全体の傾向としては、事務所・ホテルとも類似しており、表－５－４（事務所、10％）を例として考察する。

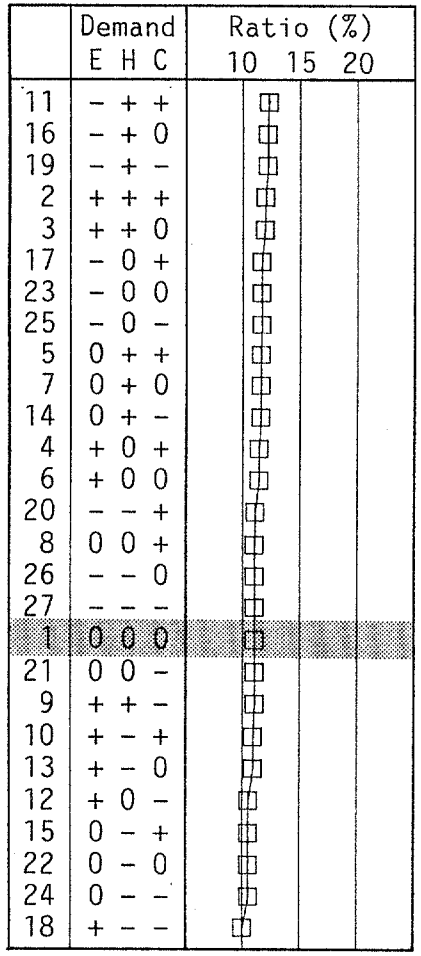
ケースA5についてみると、平均値における省エネルギー率は7.65％で、電力需要が増大する場合（左）には、熱需要の変化により省エネルギー効果が左右され、温熱および冷熱需要が増大する場合（中・右）には、ほぼ平均値以上の効果が得られている。即ち、冷凍機として電動ターボ冷凍機を有するために回収排熱の利用率が低くなりがちなケースA5では、温熱または冷熱およびその合計としての熱需要が増大する場合には省エネルギー効果も高くなる。省エネルギー率は、全ての需要が＋10％増大した場合に1.1％、また、電力需要が減少し熱需要が増大した場合には1.4％程度高くなり、逆に、電力需要の増加に対して温熱・冷熱需要がともに減少する場合には1.3％程度の低下を生じている。

冷凍機として低温水吸収式冷凍機を有するケースB2・F3では、全体の傾向として、冷熱需要の増大が省エネルギー効果を低下させていることが読み取れる。現状（平均値）におけるエネルギーバランスが、回収排熱の利用率が高く、補助熱源を利用する状態（図－５－６参照）にあることから、熱需要の増大は補助熱源への入力エネルギー量のさらなる増大を招くこととなり、省エネルギー効果の低

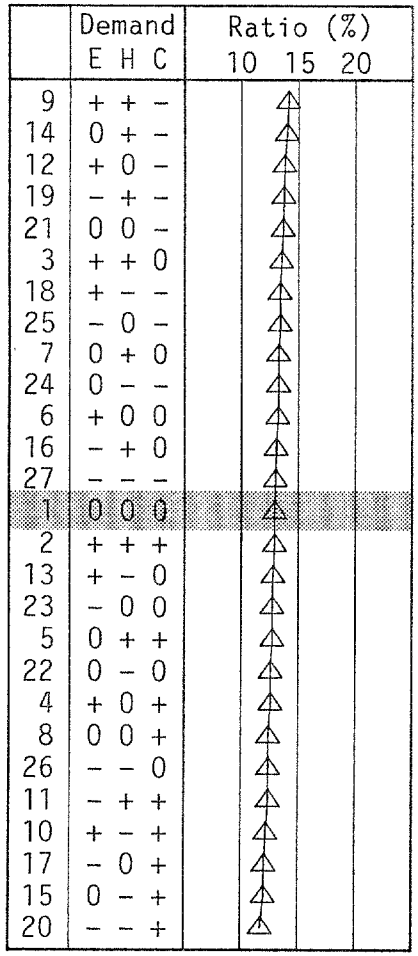
下を生じるものと考えられる。このシステムでは温熱を効率70％で冷熱に変換することから、全体の熱需要に対する冷熱需要の変化の影響が温熱需要と比較して相対的に大きくなり、上述のように、省エネルギー効果が冷熱需要の変化に依存するという結果を得ていると考えられる。

また、各エネルギー需要がともに増加する場合についてみると、ケースA5では7.65％から8.76％（8.75％）へ、ケースB2では10.00％から9.93％（9.87％）へ、ケースF3では9.16％から9.11％（9.03％）へと変化しており（括弧内の数値は需要の変化が＋20％の場合）、現状（平均値）におけるシステム間の優劣の差が小さなものとなることがわかる。

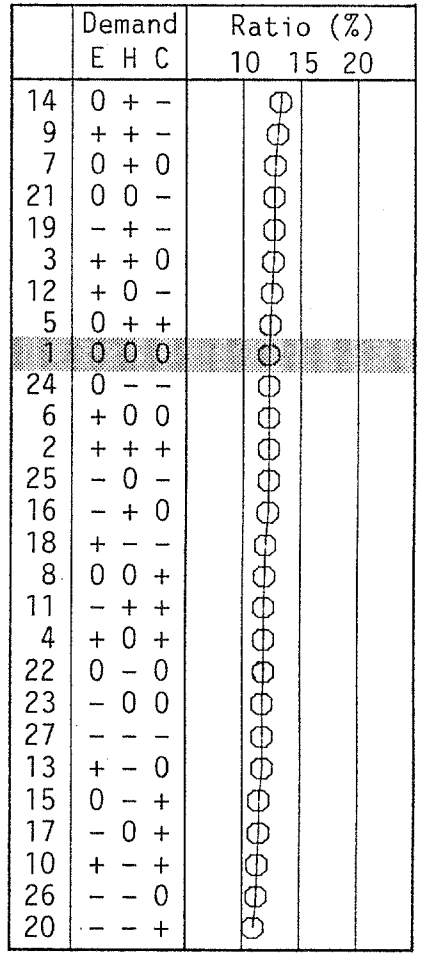
以上述べたように、システムの適用効果は、エネルギー需要の変化により、省エネルギー率で数％程度の影響を受ける。さらに、エネルギー需要の変化の方向によっては、現状（平均値）におけるシステム間の相互評価を異なったものとする場合があるため、システム選定等においては、将来的なエネルギー需要の予測を含めた評価が重要と考えられる。



(1) ケースA5

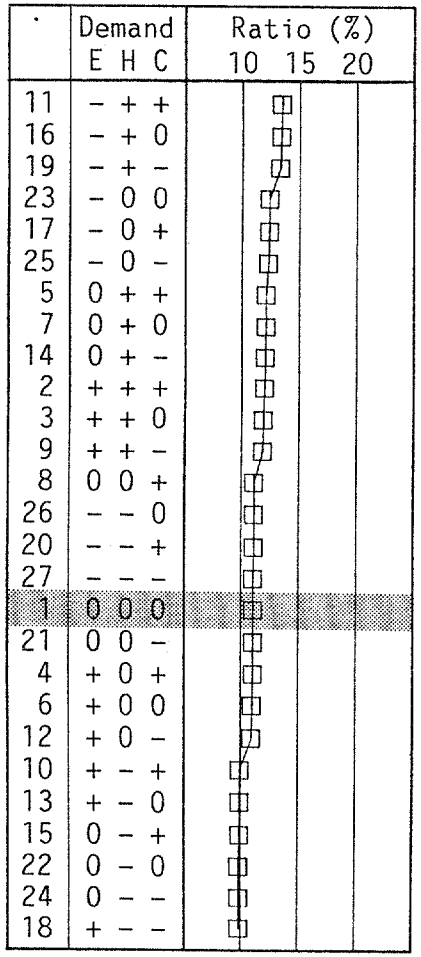


(2) ケースB2

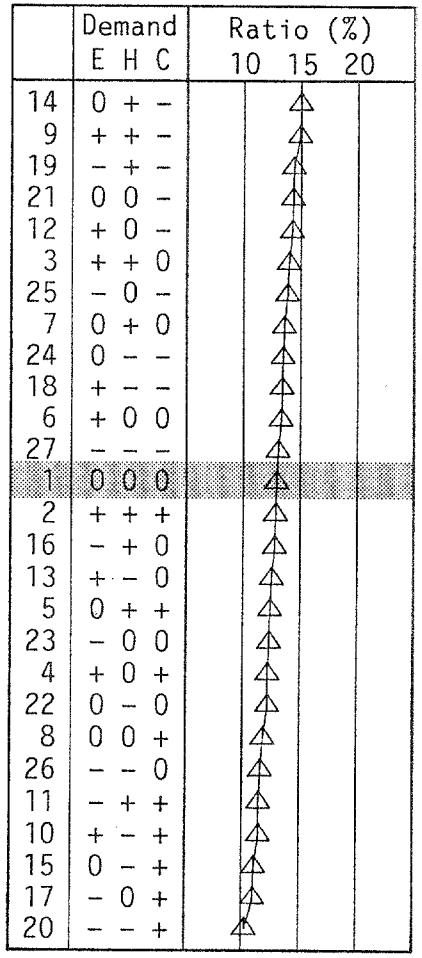


(3) ケースF3

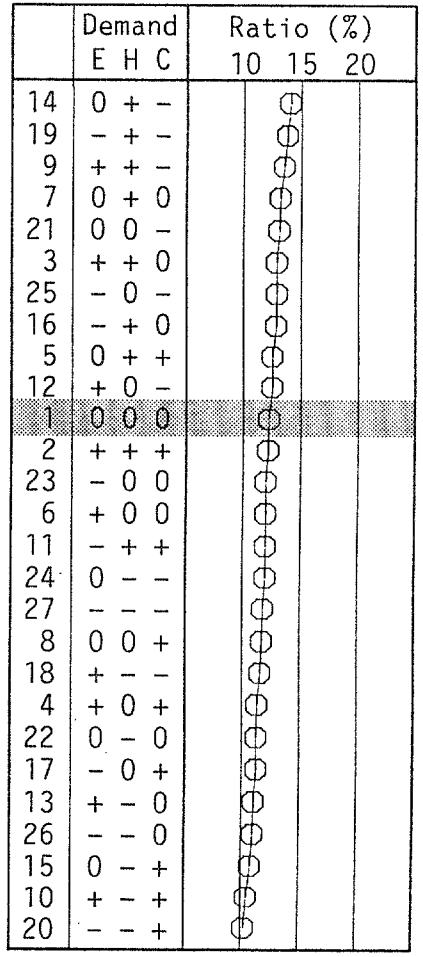
図－5－19　エネルギー需要の変化による省エネルギー効果（事務所 10%）



(1) ケースA5

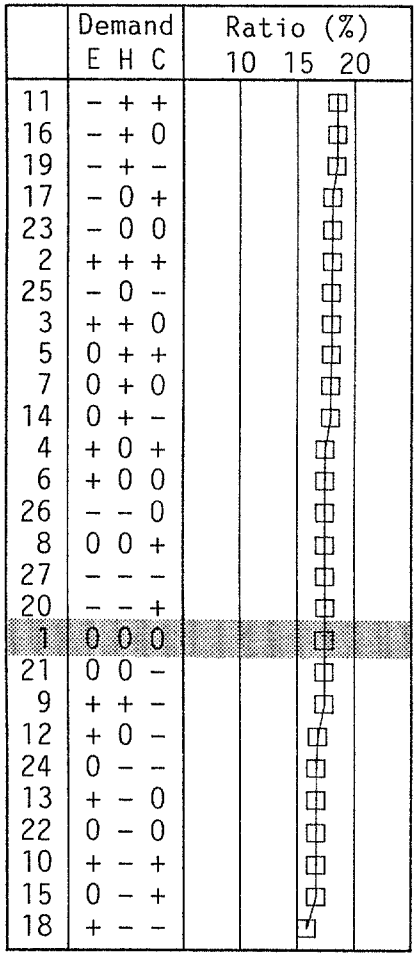


(2) ケースB2

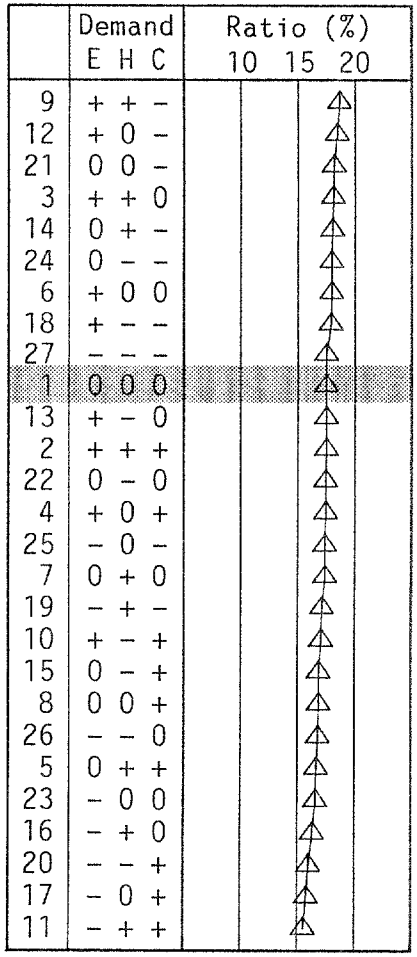


(3) ケースF3

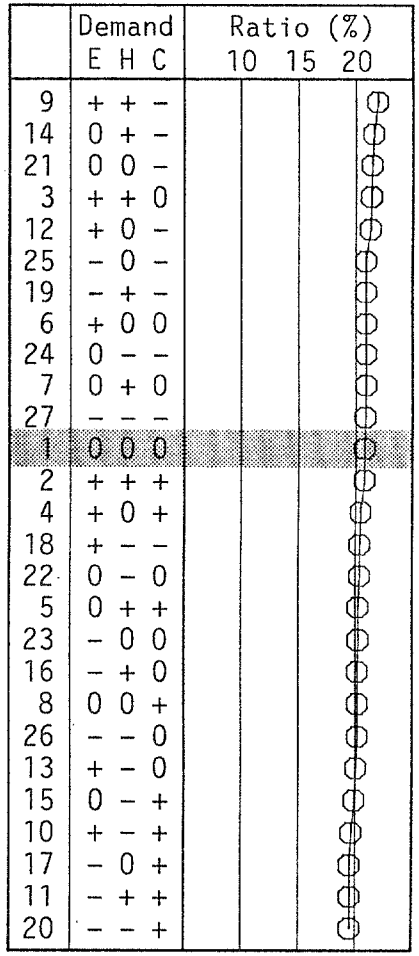
図－５－20　エネルギー需要の変化による省エネルギー効果（事務所 20%）



(1) ケースA5

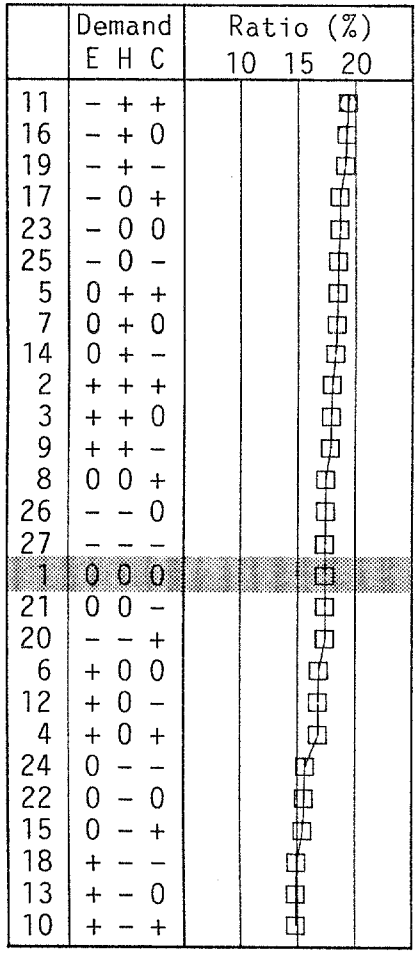


(2) ケースB2

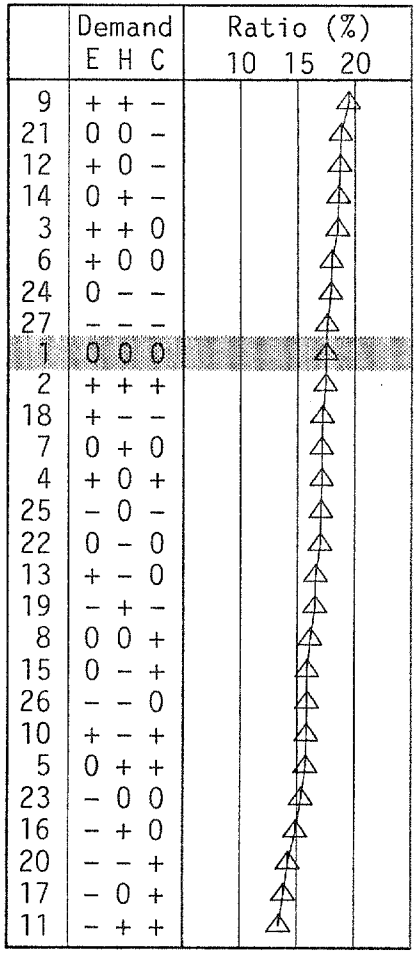


(3) ケースF3

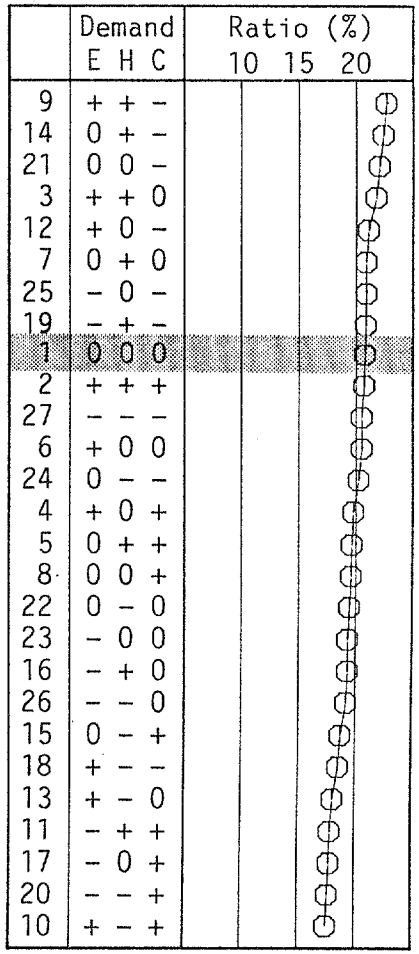
図－5－21　エネルギー需要の変化による省エネルギー効果（ホテル 10%）



(1) ケースA5



(2) ケースB2



(3) ケースF3

図－５－22　エネルギー需要の変化による省エネルギー効果（ホテル 20%）

表－５－４　エネルギー需要の変化が省エネルギー効果に与える影響
（事務所 変動幅10％）

(1) ケースＡ５（基準値7.65％）

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	8.76
3	+	+	O	8.72
4	+	O	+	8.15
6	+	O	O	8.12
9	+	+	−	7.62
10	+	−	+	7.49
13	+	−	O	7.45
12	+	O	−	6.99
18	+	−	−	6.29

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	9.11
16	−	+	O	9.08
19	−	+	−	9.07
2	+	+	+	8.76
3	+	+	O	8.72
5	O	+	+	8.31
7	O	+	O	8.30
14	O	+	−	8.29
9	+	+	−	7.62

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	9.11
2	+	+	+	8.76
17	−	O	+	8.41
5	O	+	+	8.31
4	+	O	+	8.15
20	−	−	+	7.68
8	O	O	+	7.66
10	+	−	+	7.49
15	O	−	+	6.95

(2) ケースＢ２（基準値10.00％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	11.49
12	+	O	−	11.03
3	+	+	O	10.75
18	+	−	−	10.53
6	+	O	O	10.31
2	+	+	+	9.93
13	+	−	O	9.82
4	+	O	+	9.52
10	+	−	+	9.04

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	11.49
14	O	+	−	11.31
19	−	+	−	10.94
3	+	+	O	10.75
7	O	+	O	10.41
16	−	+	O	10.11
2	+	+	+	9.93
5	O	+	+	9.67
11	−	+	+	9.25

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	9.93
5	O	+	+	9.67
4	+	O	+	9.52
8	O	O	+	9.27
11	−	+	+	9.25
10	+	−	+	9.04
17	−	O	+	8.86
15	O	−	+	8.83
20	−	−	+	8.43

(3) ケースＦ３（基準値9.16％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	10.05
3	+	+	O	9.66
12	+	O	−	9.45
6	+	O	O	9.11
2	+	+	+	9.11
18	+	−	−	8.79
4	+	O	+	8.60
13	+	−	O	8.46
10	+	−	+	7.97

＜電力増加＞

	E	H	C	ESR
14	O	+	−	10.36
9	+	+	−	10.05
7	O	+	O	9.77
19	−	+	−	9.69
3	+	+	O	9.66
5	O	+	+	9.27
2	+	+	+	9.11
16	−	+	O	9.08
11	−	+	+	8.66

＜温熱増加＞

	E	H	C	ESR
5	O	+	+	9.27
2	+	+	+	9.11
8	O	O	+	8.71
11	−	+	+	8.66
4	+	O	+	8.60
15	O	−	+	8.13
17	−	O	+	8.12
10	+	−	+	7.97
20	−	−	+	7.50

＜冷熱増加＞

表－５－５　エネルギー需要の変化が省エネルギー効果に与える影響
（事務所 変動幅20％）

(1) ケースＡ５（基準値7.65％）

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	8.75
3	+	+	0	8.70
9	+	+	−	8.64
4	+	0	+	7.59
6	+	+	0	7.55
12	+	0	−	7.49
10	+	−	+	6.24
13	+	−	0	6.19
18	+	−	−	6.13

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	10.63
16	−	+	0	10.58
19	−	+	−	10.48
5	0	+	+	8.97
7	0	+	0	8.93
14	0	+	−	8.89
2	+	+	+	8.75
3	+	+	0	8.70
9	+	+	−	8.64

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	10.63
17	−	0	+	9.26
5	0	+	+	8.97
2	+	+	+	8.75
8	0	0	+	7.68
20	−	−	+	7.67
4	+	0	+	7.59
10	+	−	+	6.24
15	0	−	+	6.18

(2) ケースＢ２（基準値10.00％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	12.50
12	+	0	−	11.59
3	+	+	0	11.33
18	+	−	−	10.56
6	+	0	0	10.45
2	+	+	+	9.87
13	+	−	0	9.44
4	+	0	+	9.06
10	+	−	+	8.09

	E	H	C	ESR
14	0	+	−	12.53
9	+	+	−	12.50
19	−	+	−	11.79
3	+	+	0	11.33
7	0	+	0	10.80
2	+	+	+	9.87
16	−	+	0	9.83
5	0	+	+	9.28
11	−	+	+	8.10

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	9.87
5	0	+	+	9.28
4	+	0	+	9.06
8	0	0	+	8.53
11	−	+	+	8.10
10	+	−	+	8.09
15	0	−	+	7.61
17	−	0	+	7.51
20	−	−	+	6.64

(3) ケースＦ３（基準値9.16％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	10.67
3	+	+	0	9.95
12	+	0	−	9.47
2	+	+	+	9.03
6	+	0	0	8.79
18	+	−	−	8.28
4	+	0	+	8.00
13	+	−	0	7.64
10	+	−	+	6.87

<電力増加>

	E	H	C	ESR
14	0	+	−	11.37
19	−	+	−	11.05
9	+	+	−	10.67
7	0	+	0	10.30
3	+	+	0	9.95
16	−	+	0	9.84
5	0	+	+	9.47
2	+	+	+	9.03
11	−	+	+	8.78

<温熱増加>

	E	H	C	ESR
5	0	+	+	9.47
2	+	+	+	9.03
11	−	+	+	8.78
8	0	0	+	8.43
4	+	0	+	8.00
17	−	0	+	7.84
15	0	−	+	7.25
10	+	−	+	6.87
20	−	−	+	6.61

<冷熱増加>

表－５－６　エネルギー需要の変化が省エネルギー効果に与える影響
（ホテル 変動幅10％）

(1) ケースＡ５（基準値15.58％）

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	16.34
3	+	+	0	16.27
4	+	0	+	15.66
6	+	0	0	15.62
9	+	+	−	15.52
12	+	0	−	14.76
13	+	−	0	14.64
10	+	−	+	14.62
18	+	−	−	13.61

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	16.96
16	−	+	0	16.92
19	−	+	−	16.87
2	+	+	+	16.34
3	+	+	0	16.27
5	0	+	+	16.27
7	0	+	0	16.23
14	0	+	−	16.20
9	+	+	−	15.52

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	16.96
17	−	0	+	16.36
2	+	+	+	16.34
5	0	+	+	16.27
4	+	0	+	15.66
8	0	0	+	15.60
20	−	−	+	15.59
10	+	−	+	14.62
15	0	−	+	14.60

(2) ケースＢ２（基準値15.71％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	17.13
12	+	0	−	16.86
3	+	+	0	16.43
6	+	0	0	16.26
18	+	−	−	16.23
13	+	−	0	15.70
2	+	+	+	15.67
4	+	0	+	15.61
10	+	−	+	15.14

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	17.13
3	+	+	0	16.43
14	0	+	−	16.39
2	+	+	+	15.67
7	0	+	0	15.51
19	−	+	−	15.21
5	0	+	+	14.61
16	−	+	0	14.22
11	−	+	+	13.24

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	15.67
4	+	0	+	15.61
10	+	−	+	15.14
15	0	−	+	14.84
8	0	0	+	14.84
5	0	+	+	14.61
20	−	−	+	13.79
17	−	0	+	13.53
11	−	+	+	13.24

(3) ケースＦ３（基準値19.82％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	21.19
3	+	+	0	20.53
12	+	0	−	20.49
6	+	0	0	19.95
2	+	+	+	19.78
4	+	0	+	19.34
18	+	−	−	19.31
13	+	−	0	18.87
10	+	−	+	18.39

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	21.19
14	0	+	−	20.82
3	+	+	0	20.53
19	−	+	−	19.96
7	0	+	0	19.94
2	+	+	+	19.78
5	0	+	+	19.13
16	−	+	0	19.08
11	−	+	+	18.22

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	19.78
4	+	0	+	19.34
5	0	+	+	19.13
8	0	0	+	19.05
15	0	−	+	18.67
10	+	−	+	18.39
17	−	0	+	18.23
11	−	+	+	18.22
20	−	−	+	18.18

＜電力増加＞　＜温熱増加＞　＜冷熱増加＞

表－５－７　エネルギー需要の変化が省エネルギー効果に与える影響
（ホテル 変動幅20％）

(1) ケースＡ５（基準値15.58％）

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	16.33
3	+	+	O	16.22
9	+	+	−	16.11
6	+	O	O	14.84
12	+	O	−	14.83
4	+	O	+	14.83
18	+	−	−	12.43
13	+	−	O	12.40
10	+	−	+	12.38

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	18.05
16	−	+	O	17.91
19	−	+	−	17.70
5	O	+	+	16.56
7	O	+	O	16.75
14	O	+	−	16.63
2	+	+	+	16.33
3	+	+	O	16.22
9	+	+	−	16.11

	E	H	C	ESR
11	−	+	+	18.05
17	−	O	+	17.16
5	O	+	+	16.86
2	+	+	+	16.33
8	O	O	+	15.60
20	−	−	+	15.51
4	+	O	+	14.83
15	O	−	+	13.16
10	+	−	+	12.38

(2) ケースＢ２（基準値15.71％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	18.14
12	+	O	−	17.19
3	+	+	O	17.00
6	+	O	O	16.26
2	+	+	+	15.64
18	+	−	−	15.26
4	+	O	+	15.22
13	+	−	O	14.56
10	+	−	+	13.57

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	18.14
14	O	+	−	17.01
3	+	+	O	17.00
2	+	+	+	15.64
7	O	+	O	15.24
19	−	+	−	14.45
5	O	+	+	13.44
16	−	+	O	12.38
11	−	+	+	10.52

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	15.64
4	+	O	+	15.22
8	O	O	+	13.94
15	O	−	+	13.66
10	+	−	+	13.57
5	O	+	+	13.44
20	−	−	+	11.55
17	−	O	+	11.02
11	−	+	+	10.52

(3) ケースＦ３（基準値19.82％）

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	22.13
3	+	+	O	21.06
12	+	O	−	20.22
2	+	+	+	19.74
6	+	O	O	19.46
4	+	O	+	18.55
18	+	−	−	16.92
13	+	−	O	16.42
10	+	−	+	15.67

<電力増加>

	E	H	C	ESR
9	+	+	−	22.13
14	O	+	−	21.75
3	+	+	O	21.06
7	O	+	O	19.94
19	−	+	−	19.85
2	+	+	+	19.74
5	O	+	+	18.34
16	−	+	O	17.94
11	−	+	+	16.11

<温熱増加>

	E	H	C	ESR
2	+	+	+	19.74
4	+	O	+	18.55
5	O	+	+	18.34
8	O	O	+	18.30
15	O	−	+	17.19
11	−	+	+	16.11
17	−	O	+	16.04
20	−	−	+	15.87
10	+	−	+	15.67

<冷熱増加>

（５）発電効率による省エネルギー効果の変化

２－４におけるエネルギー有効利用の基礎的検討において、コージェネレーションにより得られる省エネルギー効果の最大値は、システムの発電効率に依存するものであった。本項では、コージェネレーションシステムにおける発電効率と系統電力における発電効率の向上が、システムの適用効果へ与える影響について考察する。

①熱機関の高効率化

熱エネルギーから得られる有効仕事量については、熱力学の第２法則に基づき、カルノーサイクルを超えることはできない。即ち、「絶対温度T_1の熱源があり、ここから熱エネルギーを得た流体が、有効仕事を発生して低い側T_2に残りの熱エネルギーを放出するサイクルを描く全ての熱機関で達し得る最大の熱効率は、$\eta_{max} = 1 - T_2 / T_1$」である。この式において、$T_2 \to 0$になれば、熱エネルギーは全て有効仕事に変換されるが、通常、大気中または大量の水（海水等）へ熱を廃棄するので、このようなことはない。

熱効率の改善については、石油機器を契機として、特にディーゼル機関を中心とした技術開発が展開され、その成果には著しいものがある。業界においては、通常、燃料消費率として評価されており、文献調査によれば、過去との比較は表－５－８に示す通りである。燃料消費率120g／PS／hは、軸端熱効率換算では52％に達するものであり、現在のあらゆる原動機（内燃・外燃・燃料電池を含める）において最高の効率に位置するものである。[1]また、サイクル理論に基づく詳細な計算検討によると、ディーゼル機関で実現し得る最高の軸端熱効率は55％と言われている。[2]

本論文では、第４章で行った駆動源（小型）の効率に関する技術資料の収集と

同時に、大型（20000PS程度）のディーゼルエンジンの効率についても調査を行っており、100％負荷時の軸出力52％を得ている。表－５－８によると、民生建築物を対象とした場合の小型機関（2000PS以下）における燃料消費率は、現状で145g／PS／h、軸端熱効率にして43％程度であるが、将来的には大型機関における効率に近づくことが可能であると仮定し、コージェネレーションシステムにおける発電効率について現状より＋10％までの範囲（ディーゼルエンジンで35～45％程度）を設定した。また、系統電力における発電効率についても、複合発電による42～43％を参考とした。

②発電効率による省エネルギー効果の変化

表－５－９は、コージェネレーションシステムおよび系統電力における発電効率を変化させた場合の省エネルギー率を示したものである。コージェネレーションシステムにおける発電効率は、５－１におけるシミュレーションを基準に、５％刻みで３段階（現状値・＋5％・＋10％）、系統電力における発電効率は、2.5％刻みで４段階（現状値34.6％・＋2.5％・＋5％・＋7.5％）に変化させ、計12通りの組み合わせについて算定した。なお、コージェネレーションシステムの総合効率については現状通りとしている。

当然のことながら、系統電力における発電効率が現状のままで、コージェネレーションシステムにおける発電効率が＋10％の場合に省エネルギー率は最大になり、逆の場合に最低となるが、ホテルと比較して熱需要の小さい事務所の方が、発電効率の変化による影響が大きいことがわかる（表－５－９）。この結果は、２－４における基礎的検討で得られた”熱電力需要比率の小さい範囲では発電効率の相違による省エネルギー効果の差が大きい（図－２－６）”を示したものとなっている。

また、図－５－23および図－５－24は、省エネルギー率の変化を月別に表示し

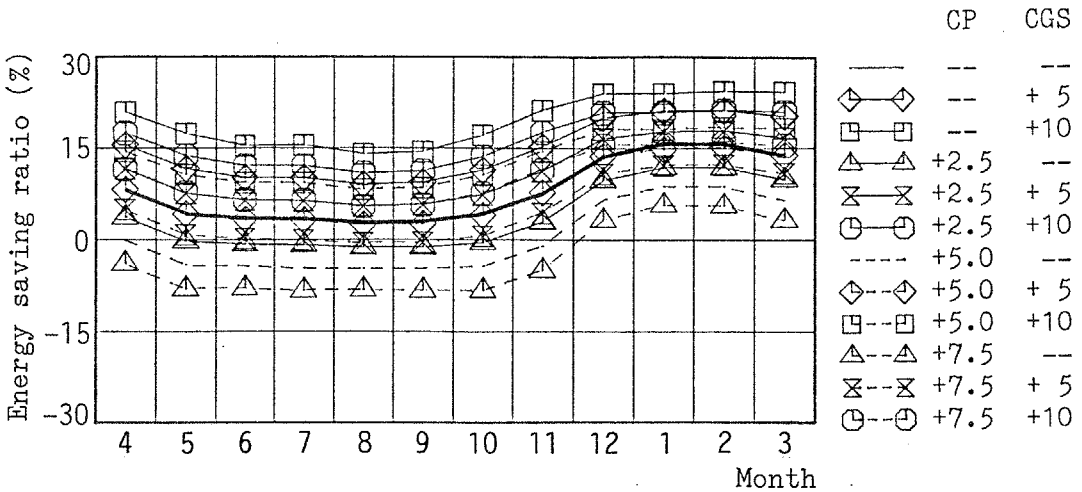
たもので、図中、現状における省エネルギー率を太実線で示している。全体的な傾向として、熱需要の大きな時期（事務所のケースA5では冬期、B2・F3では冷熱需要の大きい夏期、ホテルでは冬期およびB2・F3における夏期）には発電効率の変化が省エネルギー効果を低下させがちであることが認められるが、これは、一定と設定した総合効率のもとに発電効率を（高い側へ）変化させたため、相対的に回収排熱量が減少し、補助熱源（ボイラー等）への入力エネルギー量が増大することによると考えられる。

表－５－８　ディーゼル機関の燃料消費率の改善
（単位 g／PS／h）

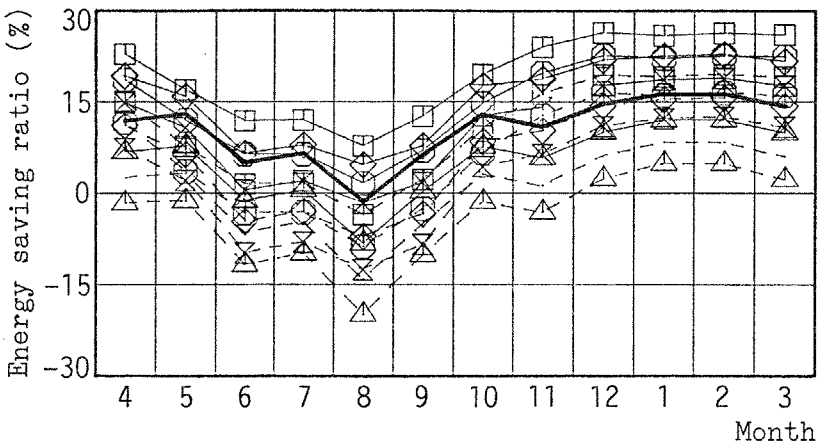
機　関	出力域(ps)	10年前	現　在	主要対策
大　　型 2サイクル	50,000 ～10,000	150	121	・静圧過給 ・ロングストローク化 ・最高圧上昇
中　　型 4サイクル	30,000 ～2,000	145	118～120	・最高圧上昇 ・噴射系統 ・過給系統
小　　型 機　　関	2,000 ～	160(直噴) 180(副室)	145(直噴) 180(副室)	・燃焼改善 ・機械損失減 ・吸排気系統

表－５－９　発電効率による省エネルギー効果の変化

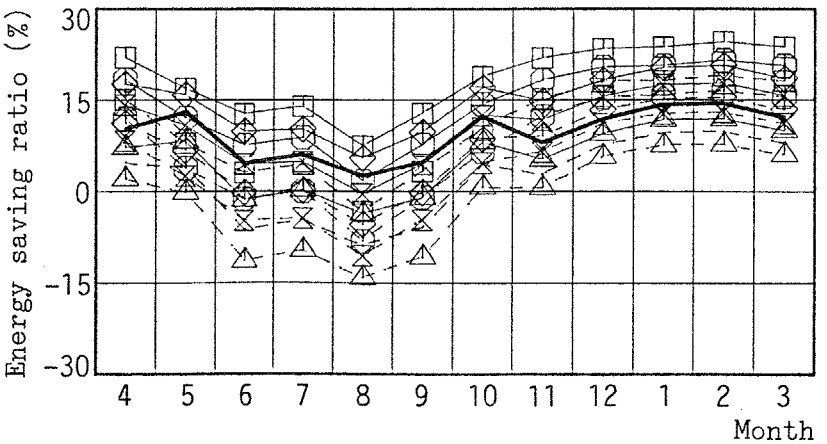
	発電効率		事務所			ホテル		
	系統	CGS	A5	B2	F3	A5	B2	F3
1	現状	現状	7.6	10.0	9.2	15.6	15.7	19.8
2	現状	＋５	14.3	14.9	14.4	20.1	17.3	21.6
3	現状	+10	19.1	18.7	18.0	22.9	18.8	23.2
4	+2.5	現状	3.5	4.6	5.0	12.4	11.3	15.8
5	+2.5	＋５	10.7	10.0	10.3	17.2	13.0	17.6
6	+2.5	+10	15.8	14.1	13.8	20.2	14.5	19.3
7	+5.0	現状	-0.0	0.1	1.5	9.7	7.5	12.4
8	+5.0	＋５	7.6	5.7	6.7	14.8	9.4	14.3
9	+5.0	+10	13.0	10.1	10.2	17.9	11.0	16.1
10	+7.5	現状	-3.5	-4.4	-1.2	7.1	3.9	9.2
11	+7.5	＋５	4.5	1.6	3.2	12.4	5.8	11.1
12	+7.5	+10	10.3	6.1	6.7	15.7	7.5	13.0



(1) ケースA5

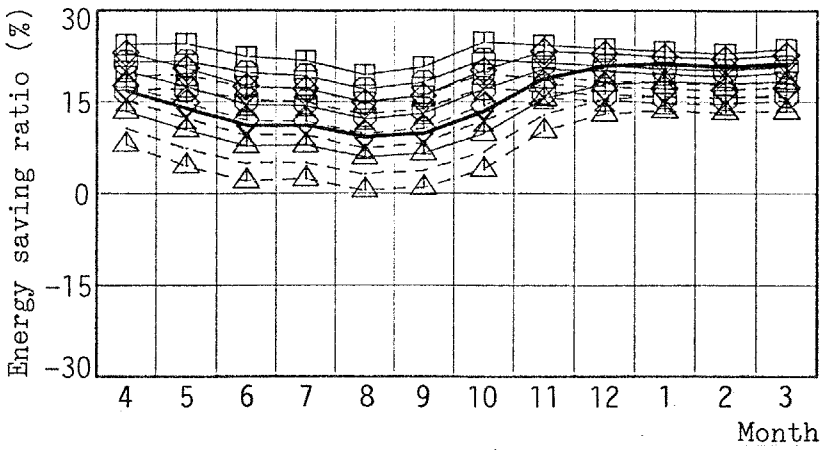


(2) ケースB2

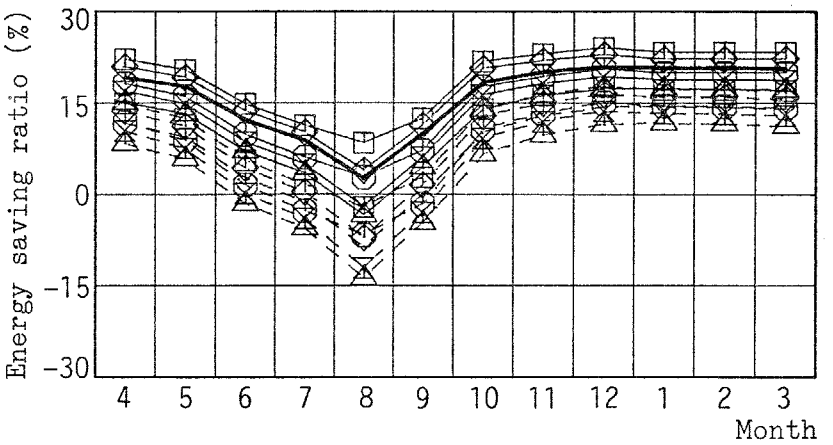


(3) ケースF3

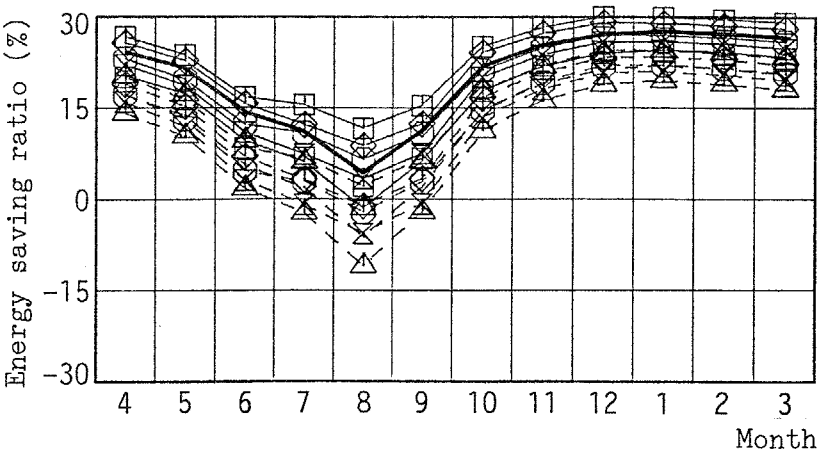
図－５－23　月別の省エネルギー率に対する発電効率の影響（事務所）



(1) ケースA5



(2) ケースB2



(3) ケースF3

図－５－24　月別の省エネルギー率に対する発電効率の影響（ホテル）

5－3　蓄熱システムの効果に関する解析

コージェネレーションシステムは電力と熱を同時に供給するものであり、その供給エネルギーが建築物における電力・熱需要とバランスする場合には、エネルギーの利用効率上望ましいシステムとなる。しかしながら、民生建築物を対象とした場合、電力と熱の需要が独立に変動するために、5－1におけるシミュレーション結果からもわかるように、システムの適用効果が得られないケースもあり、この対策として蓄エネルギーシステムは有効と考えられる。現状において蓄電システムのコージェネレーションシステムへの導入は経済性の面からも困難であり、本論文では蓄熱システムの効果について検討することとした。

コージェネレーションシステムに蓄熱槽を導入することにより得られる効果には以下に示すようなものがあり、

・回収排熱の貯蔵により、熱エネルギーの量的および時間的な需要供給間のギャップを調節し、排熱利用率が向上する。

・エネルギー発生効率の高い負荷状態でシステムを運転することが可能となる。

・熱需要のピーク値を小さくすることにより、機器容量を低減できる。

・急激な熱需要の変動に対処できる。

一方、デメリットとしては、蓄熱槽の付加によるイニシャルコストの増大や蓄熱に伴う放熱ロスの発生等が挙げられる。

蓄熱システムの適用に当たっては、上述のメリット・デメリットを総合して評価する必要があり、ここでもエネルギー有効利用面の評価が基礎と考えられ、その際、蓄熱槽の最適容量等を明らかにすることが重要となる。

なお、蓄熱システムとしては夜間電力（安価）等を利用した積極的な蓄熱もあるが、本論文では、コージェネレーションへの導入として、駆動源からの余剰回収排熱を蓄熱する蓄熱方式を検討することとした。

（１）蓄熱による省エネルギー効果の基礎的考察

２－４において、コージェネレーションシステムの省エネルギー効果に関する基礎的な検討を行ったが、本項では、同様の理論展開に基づき、蓄熱システムのコージェネレーションシステムへの付加による省エネルギー効果を考察する。

省エネルギー効果の算定に当たり、建築物における熱・電力需要は時間的に変化しないものと仮定する。コージェネレーションシステムの稼働時における余剰回収排熱を蓄熱し、非稼働時に利用するケースを考えると、省エネルギー率は、システムの稼働率（システムの稼働時間／24時間）を指標として、表－５－10のように展開される。

各効率の一般的な値として、η_T＝0.35（系統電力における発電効率）、η_B＝0.90（ボイラー効率）、η_C＝0.75（コージェネレーションシステムの総合効率）を設定し、η_P＝0.30（コージェネレーションシステムにおける自家発電効率）とη_P＝0.20の場合について、η_S＝1.00（蓄熱効率）として省エネルギー率を算定し、熱電力需要比率との関係を示したものが図－５－25である。４本の曲線はシステムの稼働率を変化させたものであり、また、破線は蓄熱を行わない場合の省エネルギー率を表わしたものである。

蓄熱を行わない場合の省エネルギー効果は、建築物の熱電力需要比率とコージェネレーションシステムから供給される熱と電力の比率が一致する場合、即ち、1.5（η_P＝0.30）、2.75（η_P＝0.20）でピークとなるが、蓄熱により、高い省エネルギー効果の得られる範囲が、熱電力需要比率の小さい方向へ広がることが認められる。

次に、η_P＝0.30の場合について、蓄熱効率を変化させた場合の省エネルギー率の算定結果を図－５－26に示す。太実線はシステムの稼働率が0.5、蓄熱効率（η_S）が1.0の場合を示しており、η_Sの変化を太破線で示した。η_S＝1.0の場

合のピーク値は15.9%、熱電力需要比率は0.75である。η_s=0.75の場合には、熱電力需要比率の値が0.65～1.50の範囲で省エネルギー率はほぼ一定値（13.2%）をとる。η_sが0.75以下になると蓄熱による効果は認められるものの、省エネルギー率のピークは蓄熱を行わない場合と同じものとなる。

以上の検討では、駆動機関等の効率や熱電力需要比率を基に省エネルギー効果の把握を行ったが、次項においては、第４章で作成したシミュレーションモデルに蓄熱システムを付加し、エネルギー需要の変動を考慮した評価を行う。

表－５－10　省エネルギー率の算定式（蓄熱システム）

電力需要量をＡ（kWh／h）、熱需要量をＢ（kcal／h）とする。

［従来システム（買電＋ボイラ）におけるエネルギー消費熱量］

$$Q_1=\frac{A\times 860}{\eta_T}+\frac{B}{\eta_B} \qquad (1)$$

（η_T：商用電力の受電端熱効率　η_B：ボイラ効率）

［コージェネレーションシステムにおけるエネルギー消費熱量］

$$Q_2=Q_{2A}+Q_{2B}+Q_{2C}+Q_{2D} \qquad (2)$$

（η_C：総合熱効率　η_P：発電効率　η_S：蓄熱効率）

○稼働時（ｋ：システムの稼働率）

・電力需要分のエネルギー消費熱量

$$Q_{2A}=\frac{A\times k\times 860}{\eta_P} \qquad (3)$$

・熱需要分のエネルギー消費熱量（$Q_{2B}<0$の時、$Q_{2B}=0$）

$$Q_{2B}=\frac{B\times k-\frac{A\times k\times 860}{\eta_P}\times(\eta_C-\eta_P)}{\eta_B} \qquad (4)$$

・蓄熱量（$0\leq Q_{2B}$の時、$Q_{ST}=0$）

$$Q_{ST}=\frac{A\times k\times 860}{\eta_P}\times(\eta_C-\eta_P)-B\times k \qquad (5)$$

○非稼働時

・電力需要分のエネルギー消費熱量

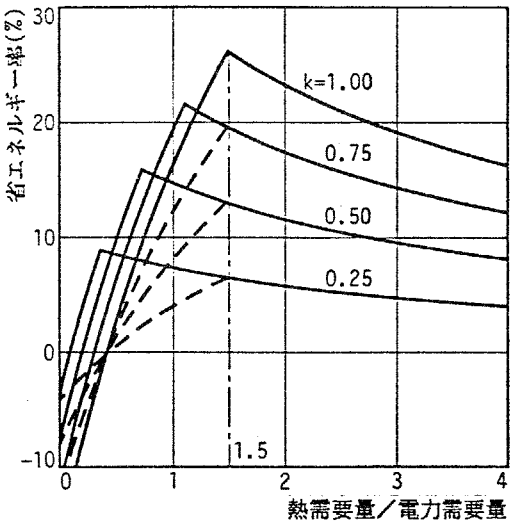
$$Q_{2C}=\frac{A\times(1-k)\times 860}{\eta_T} \qquad (6)$$

・熱需要分のエネルギー消費熱量

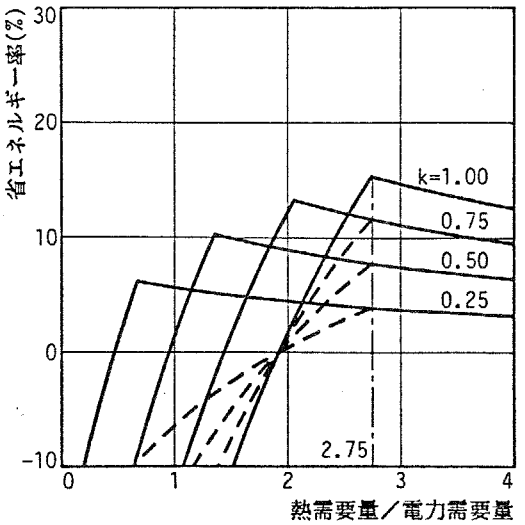
$$Q_{2D}=\frac{B\times(1-k)-Q_{ST}\times\eta_C}{\eta_B} \qquad (7)$$

［省エネルギー率（％）］

$$S=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}\times 100 \qquad (8)$$

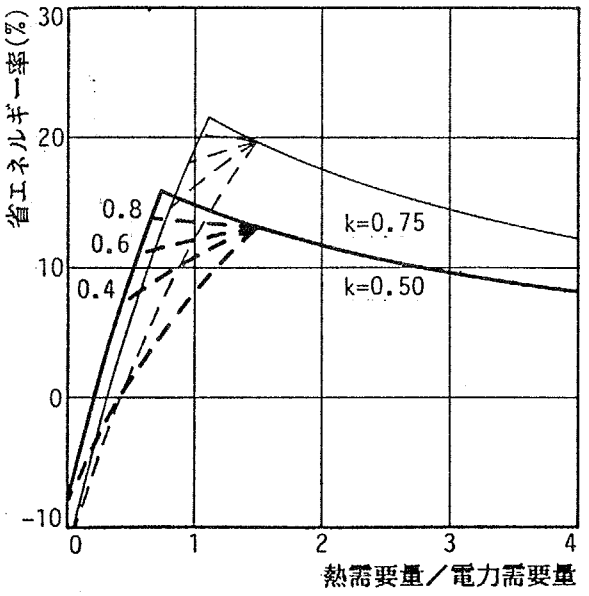


(1) 発電効率30%の場合



(2) 発電効率20%の場合

図－5－25　省エネルギー率の算定結果



図－5－26　蓄熱効率による省エネルギー効果の変化

（２）蓄熱モデルの適用

①設備システムの構成

蓄熱システムのシミュレーションを行うに当たり、対象とする設備システムの構成をブロックダイアグラムとして図－５－27に示す。本論文では、前項でも述べたように、積極的な蓄熱を対象とせず、余剰回収排熱を蓄熱する方式をとっているため、蓄熱槽は図中の位置（排熱回収システムと温熱需要の間）に設置することとした。

②算定条件

蓄熱システムのシミュレーションに当たっては、５－１で行ったモデルの適用のにおいて定めた算定条件の他に、蓄熱槽の効率を設定する必要がある。コージェネレーションシステムから得られる回収排熱は通常80～90℃の温水であり、このような温度レベルにおける温水蓄熱の効率に関する報告は比較的少なく、蓄熱槽のモデル実験に関するヒヤリング調査を基に、1時間当たりの損失熱量を2％と設定した。

③蓄熱モデルの適用

表－４－１におけるケースＡ～Ｄを対象として、蓄熱槽を組み込んだコージェネレーションシステムのシミュレーションを行った。算定条件は５－１におけるシミュレーションと同じものとし、蓄熱槽の容量については無限大と仮定していることから、蓄熱システムによる省エネルギー効果の上限を捉えることとなる。蓄熱システムの適用結果を表－５－11（事務所）および表－５－12（ホテル）に示す。この表では、通常の（蓄熱槽を持たない）コージェネレーションシステムにおける入力エネルギー量と省エネルギー率（表中EC1）、蓄熱槽を有するコー

ジェネレーションシステムにおける入力エネルギー量と省エネルギー率（EC2）および両者の差（EC3、蓄熱効果）を示しており、また、蓄熱槽の時刻別最大保有熱量（即ち、蓄熱容量）を示している。

蓄熱効果（EC3）についてみると、事務所では、冷凍機として低温水吸収式冷凍機を有するシステムを24時間の全需要発電で運転したケースB1（ディーゼルエンジン）・D1（ガスエンジン）で196Gcal／年（省エネルギー率にして2.3％）、218Gcal／年（2.5％）と大きく、蓄熱槽の導入により省エネルギー効果の面でマイナスからプラスの評価に変わるケース（C7）も認められる。

熱需要の大きいホテルの場合には、システムからの回収排熱量が多くなる電動ターボ冷凍機を有するシステムを運転時間帯を設定して運転するケースで蓄熱効果が高く、最大で782Gcal／年・省エネルギー率で3.5％（ケースC4）を生じている。吸収式冷凍機を使用するシステム（ケースＢ、Ｄ）では、回収排熱を十分に利用しているために、蓄熱槽を設けても実際には蓄熱が行われないケース（B4～B7等）もある。

次に、28ケースの中から、５－２で解析対象としたケースA5・B2、事務所において蓄熱効果の高いケースB1およびホテルにおけるケースA2を抽出し、年間のエネルギーバランスを図－５－28～図－５－31に示した。事務所においては、ケースA2をみると、コージェネレーションによる余剰回収排熱1650Gcal／年が蓄熱槽へ蓄熱されているにもかかわらず、温熱の利用先が暖房・給湯需要に限られるため、蓄熱槽からの放熱は20Gcal／年しか行われていない。一方、ケースB1では、蓄熱量735Gcal／年に対し、放熱量176Gcal／年となっている。蓄熱槽を持たないシステムの場合には、放熱量176Gcal／年分の温熱をボイラーが負担することとなり、システム全体の入力エネルギー量が増大する。

ホテルの場合には、ケースA2の蓄熱量2014Gcal／年・放熱量599Gcal／年、ケースA5の蓄熱量1154Gcal／年・放熱量476Gcal／年と放熱量の蓄熱量に対する比

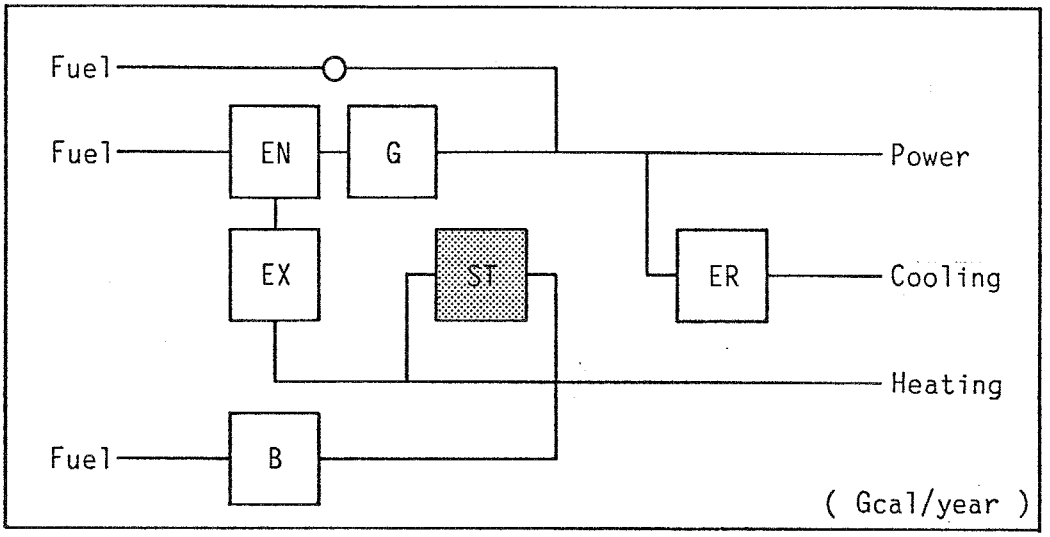
率は30～40％を示しており、事務所（20％程度）と比較して、より効率的な蓄熱が行われていると言える。

また、これらのケースについて、蓄熱効果（蓄熱槽を持たないシステムとの差）を月別に捉えた結果を表－５－13に示す。事務所の場合、冬期には入力エネルギー量にして10Gcal以下程度の効果を平均的に得ているがケースB1・B2では熱需要の小さい6月（暖房需要がなく、冷房需要も比較的小さい）を中心に蓄熱効果が高いものとなっている。ホテルにおいては、冬期には100Gcalを超える蓄熱効果がみられるが、夏期にも50Gcal程度の平均した効果を生じている。

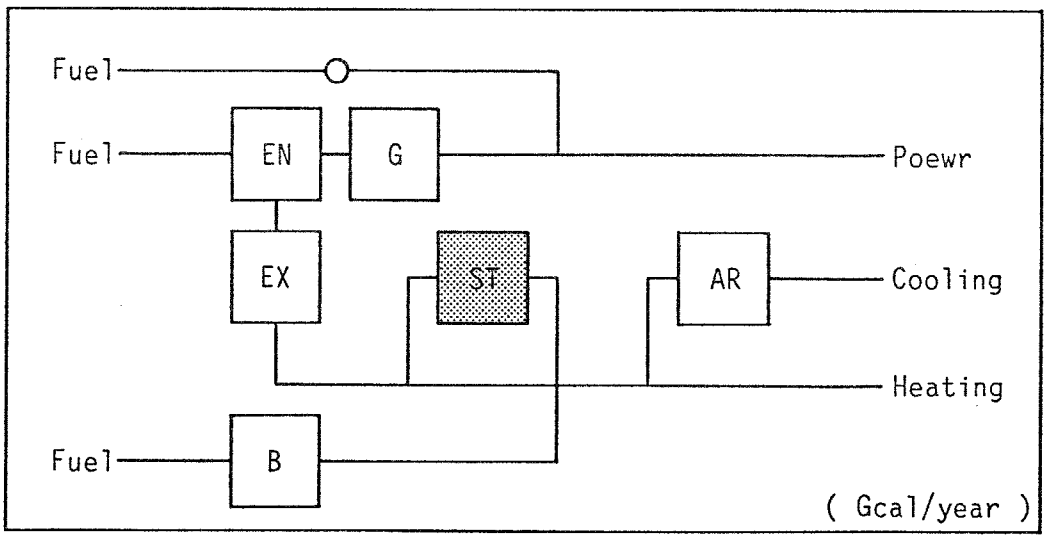
④蓄熱容量と省エネルギー効果の関係

以上の蓄熱効果の検討は、蓄熱槽の容量を無限大、即ち、システムからの余剰回収排熱はすべて蓄熱することが可能との設定により行ったものであるが、経済性の面からも、蓄熱槽の容量と省エネルギー効果の関係について把握することは重要と考えられる。

図－５－32は、蓄熱槽の容量と省エネルギー率の関係を示したものである。事務所では1000Mcal、ホテルでは1500Mcalを超える範囲においては、省エネルギー率の変化は小さなものとなってくることから、このような結果を含めて蓄熱槽の規模を設定することが望ましいと思われる。



(1) ケースA



(2) ケースB

図－5－27　蓄熱システムのブロック図

表－５－11　蓄熱モデルの算定結果（事務所 30000m²）

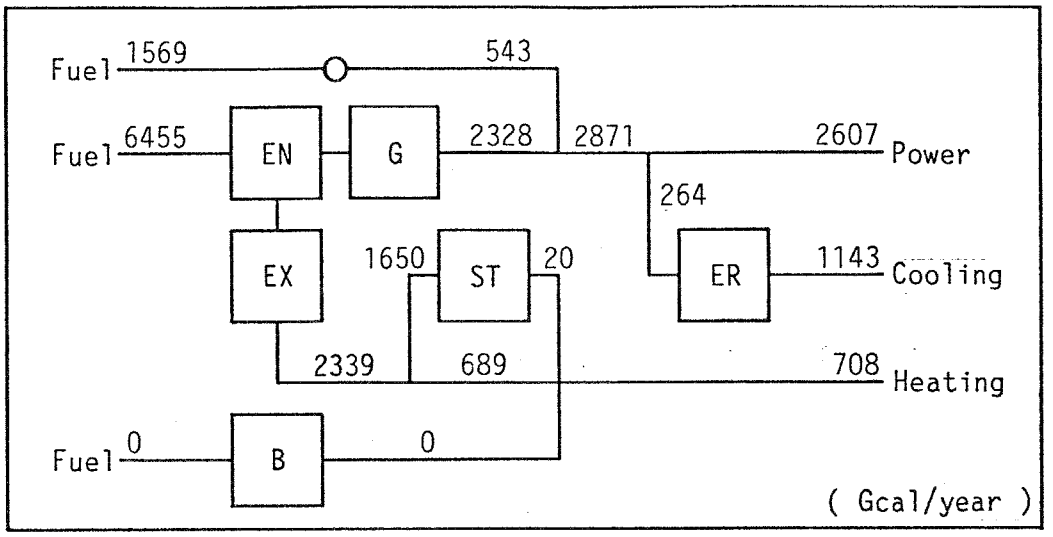
	EC1 GCAL/Y	(%)	EC2 GCAL/Y	(%)	EC3 GCAL/Y	(%)	ST MCAL/H
CG(A1)	8071	7.5	8053	7.7	18	0.2	23372
CG(A2)	8046	7.8	8025	8.0	21	0.2	20899
CG(A3)	7904	9.4	7881	9.7	23	0.3	20250
CG(A4)	8217	5.8	8131	6.8	86	1.0	13746
CG(A5)	8058	7.6	8035	7.9	23	0.3	14624
CG(A6)	8587	1.6	8496	2.6	91	1.0	7416
CG(A7)	8339	4.4	8241	5.5	98	1.1	5930
CG(B1)	7843	10.1	7647	12.4	196	2.3	8984
CG(B2)	7853	10.0	7779	10.8	74	0.8	6215
CG(B3)	7793	10.7	7719	11.5	74	0.8	6003
CG(B4)	8290	5.0	8207	5.9	83	0.9	1540
CG(B5)	8169	6.4	8077	7.4	92	1.0	1812
CG(B6)	8825	-1.1	8810	-1.0	15	0.1	290
CG(B7)	8840	-1.3	8816	-1.0	24	0.3	393
CG(C1)	9816	-12.5	9814	-12.5	2	0.0	37365
CG(C2)	9476	-8.6	9470	-8.5	6	0.1	32855
CG(C3)	8971	-2.8	8965	-2.7	6	0.1	29224
CG(C4)	9112	-4.4	9075	-4.0	37	0.4	22383
CG(C5)	8707	0.2	8700	0.3	7	0.1	19378
CG(C6)	8939	-2.4	8823	-1.1	116	1.3	12003
CG(C7)	8743	-0.2	8702	0.3	41	0.5	10927
CG(D1)	8941	-2.5	8723	0.0	218	2.5	20241
CG(D2)	8560	1.9	8448	3.2	112	1.3	15433
CG(D3)	8353	4.3	8238	5.6	115	1.3	13044
CG(D4)	8710	0.2	8630	1.1	80	0.9	7394
CG(D5)	8542	2.1	8455	3.1	87	1.0	5740
CG(D6)	9036	-3.6	8959	-2.7	77	0.9	1214
CG(D7)	8922	-2.3	8863	-1.6	59	0.7	705

EC1 : ENERGY CONSUMPTION IN CONVENTIONAL CGS
EC2 : ENERGY CONSUMPTION IN HEAT STORAGE CGS
EC3 : DIFFERENCE BETWEEN EC1 AND EC2
ST : CAPACITY OF STORAGE TANK

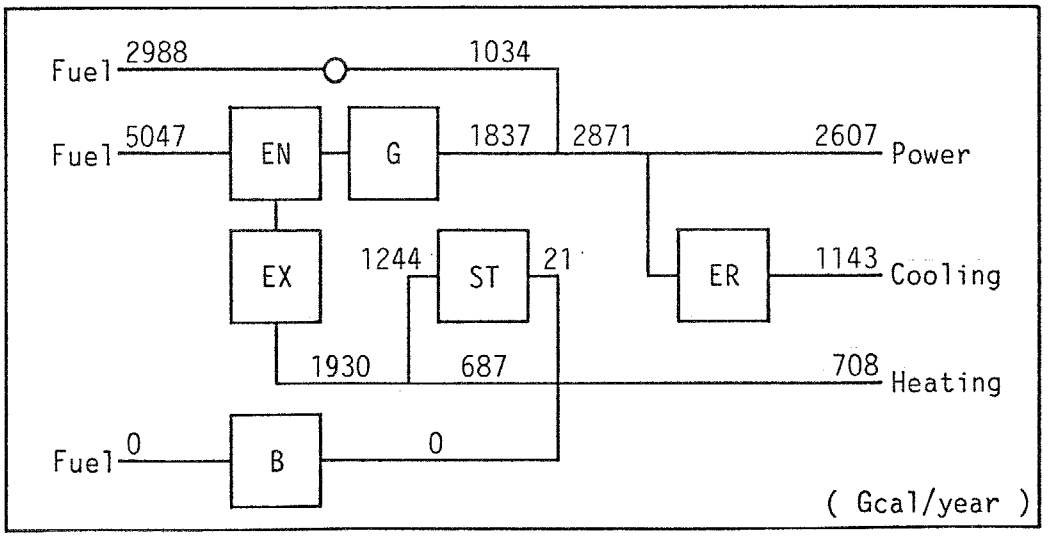
表－５－12　蓄熱モデルの算定結果（ホテル 30000m²）

	EC1 GCAL/Y	(%)	EC2 GCAL/Y	(%)	EC3 GCAL/Y	(%)	ST MCAL/H
CG(A1)	17711	20.0	17606	20.5	105	0.5	24435
CG(A2)	18651	15.8	17985	18.8	666	3.0	18997
CG(A3)	18372	17.1	17721	20.0	651	2.9	18169
CG(A4)	19532	11.8	19110	13.7	422	1.9	9048
CG(A5)	18700	15.6	18171	18.0	529	2.4	10036
CG(A6)	21108	4.7	20961	5.4	147	0.7	2154
CG(A7)	20209	8.8	20188	8.9	21	0.1	168
CG(B1)	17663	20.3	17619	20.5	44	0.2	334
CG(B2)	18670	15.7	18639	15.9	31	0.2	334
CG(B3)	18551	16.2	18521	16.4	30	0.2	311
CG(B4)	20469	7.6	20469	7.6	-		0
CG(B5)	20060	9.4	20060	9.4	-		0
CG(B6)	22269	-0.5	22269	-0.5	-		0
CG(B7)	22082	0.3	22082	0.3	-		0
CG(C1)	21442	3.2	21442	3.2	-		44573
CG(C2)	21808	1.5	21068	4.9	740	3.4	36505
CG(C3)	20825	6.0	20085	9.3	740	3.3	31202
CG(C4)	21196	4.3	20414	7.8	782	3.5	21439
CG(C5)	20062	9.4	19327	12.7	735	3.3	16454
CG(C6)	21684	2.1	21325	3.7	359	1.6	7227
CG(C7)	20566	7.2	20220	8.7	346	1.5	4386
CG(D1)	19517	11.9	19353	12.6	164	0.7	13123
CG(D2)	20262	8.5	19559	11.7	703	3.2	8294
CG(D3)	19583	11.6	18958	14.4	625	2.8	5256
CG(D4)	20621	6.9	20471	7.6	150	0.7	1210
CG(D5)	20263	8.5	20192	8.8	71	0.3	285
CG(D6)	22315	-0.7	22315	-0.7	-		0
CG(D7)	22119	0.1	22119	0.1	-		0

EC1 : ENERGY CONSUMPTION IN CONVENTIONAL CGS
EC2 : ENERGY CONSUMPTION IN HEAT STORAGE CGS
EC3 : DIFFERENCE BETWEEN EC1 AND EC2
ST : CAPACITY OF STORAGE TANK

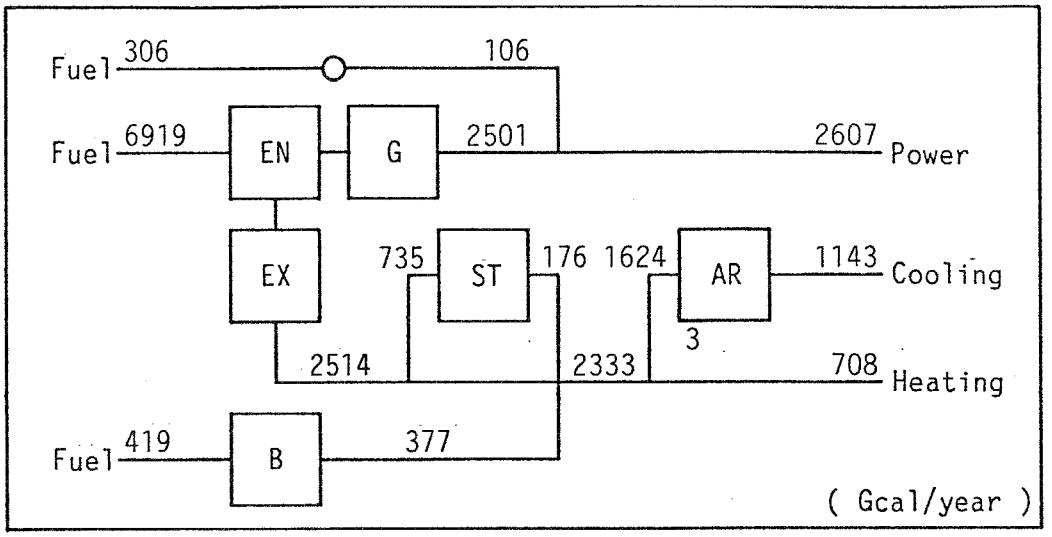


(1) ケースA2

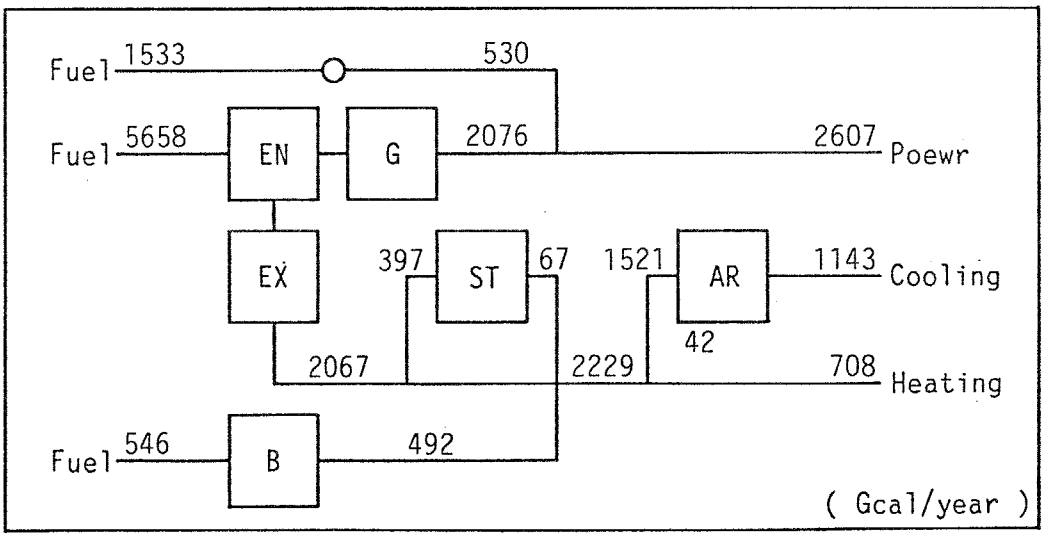


(2) ケースA5

図－５－28　蓄熱システムにおける年間のエネルギーバランス（事務所１）

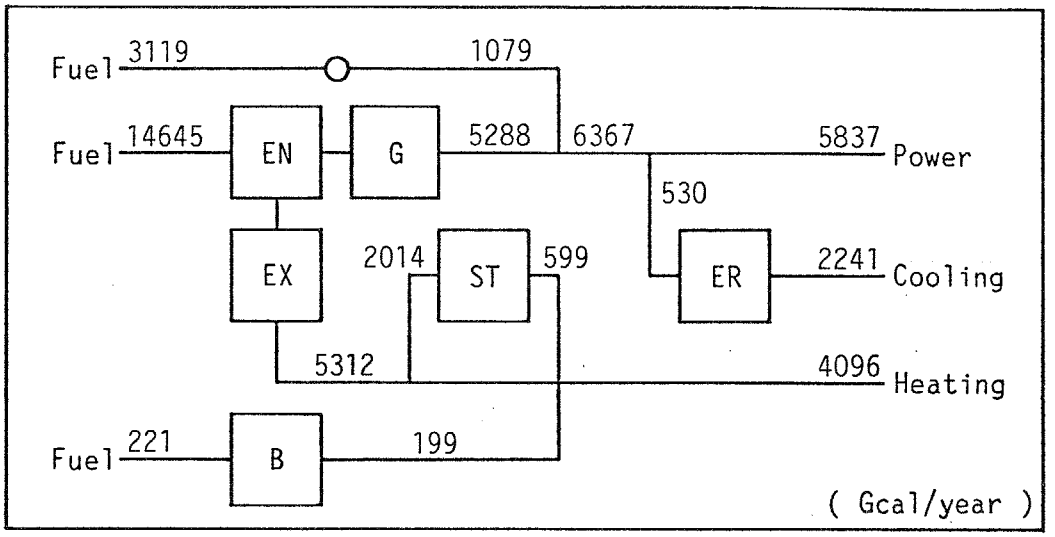


(1) ケースB1

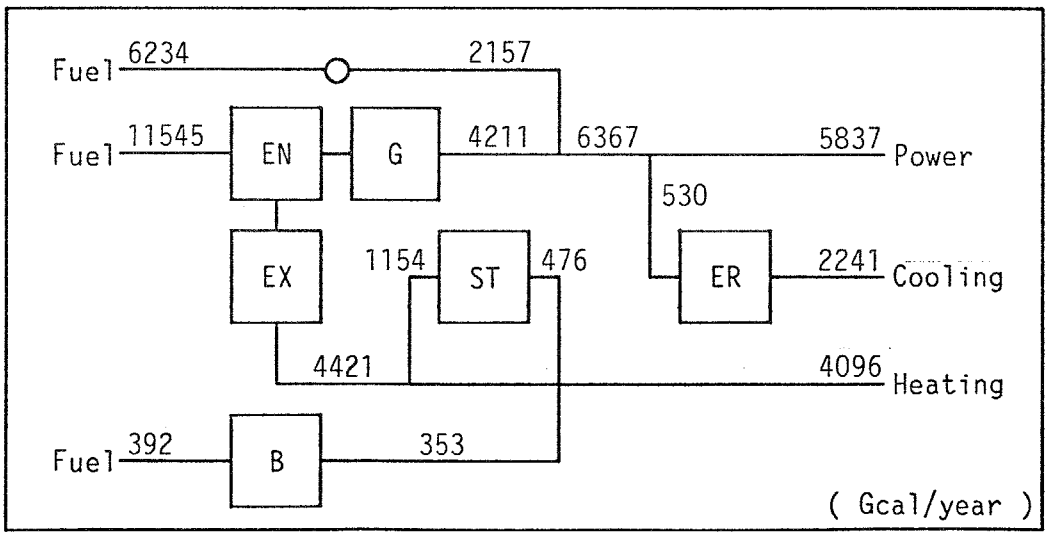


(2) ケースB2

図－５－29　蓄熱システムにおける年間のエネルギーバランス（事務所２）

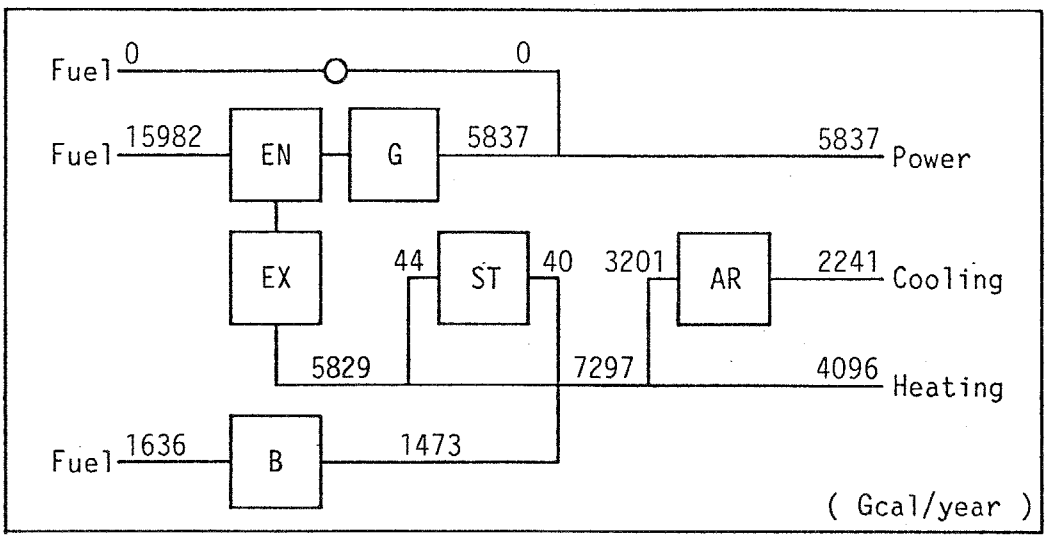


(1) ケースA2

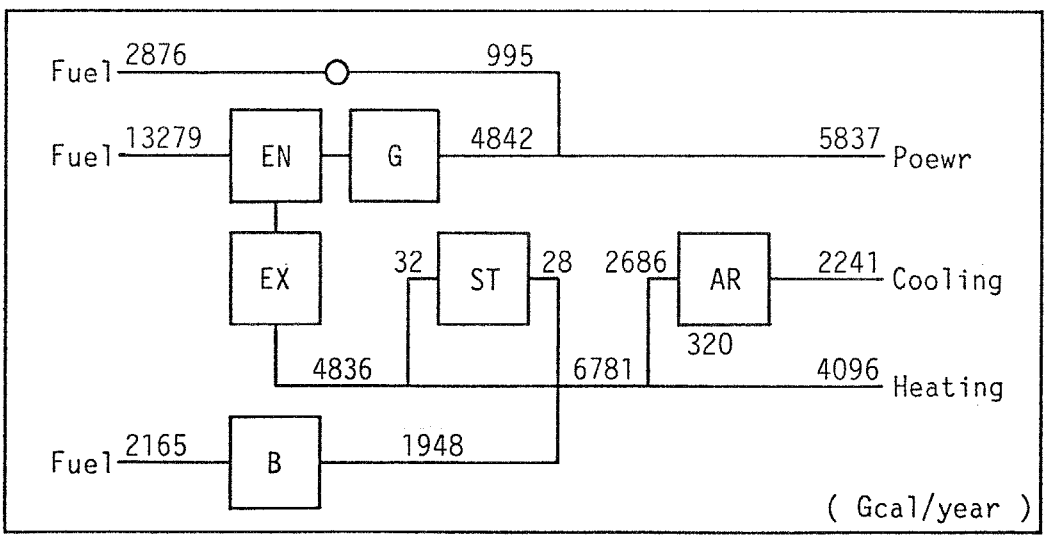


(2) ケースA5

図－５－30　蓄熱システムにおける年間のエネルギーバランス（ホテル１）



(1) ケースB1



(2) ケースB2

図－５－31　蓄熱システムにおける年間のエネルギーバランス（ホテル２）

表－5－13　月別の蓄熱効果

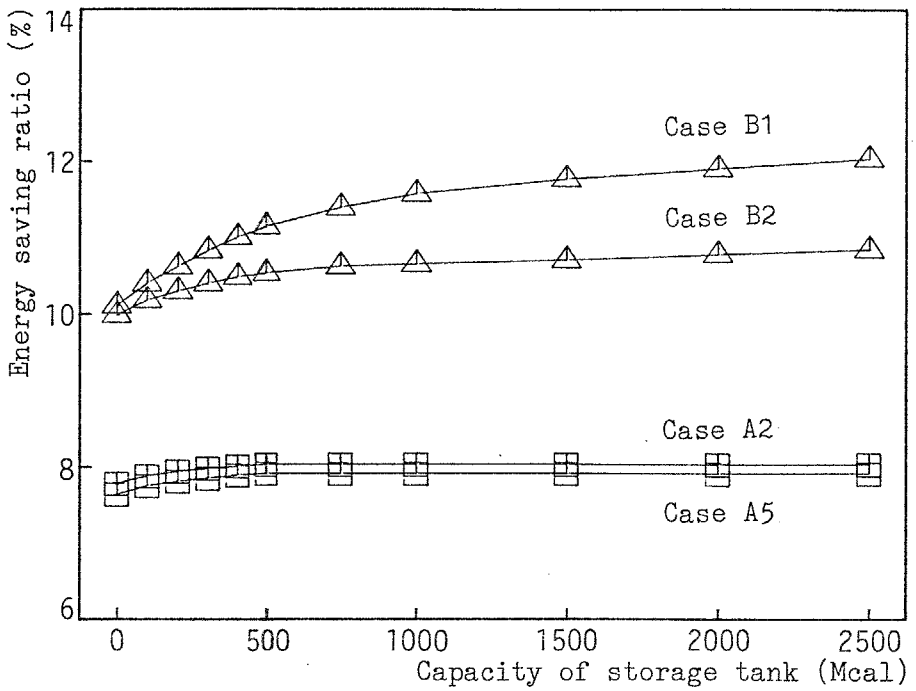
(1) 事務所

	Case A2		Case A5		Case B1		Case B2	
	ESR	EC	ESR	EC	ESR	EC	ESR	EC
Apr.	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	1.4	0.2	1.6
May	0.0	0.2	0.0	0.2	2.2	13.8	2.2	13.9
Jun.	0.1	0.5	0.1	0.5	10.1	85.4	2.8	23.4
Jul.	-	-	-	-	3.6	28.6	-	-
Aug.	0.0	0.2	0.0	0.2	2.5	23.2	-	-
Sep.	-	-	-	-	1.6	13.0	-	-
Oct.	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	1.1	0.2	1.1
Nov.	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	0.3	0.1	0.5
Dec.	0.4	2.5	0.5	3.5	0.8	5.4	0.9	6.0
Jan.	1.2	7.3	1.2	7.9	1.4	8.8	1.7	10.4
Feb.	1.0	6.4	1.1	7.3	1.2	8.0	1.5	9.6
Mar.	0.6	4.2	0.5	3.9	0.9	7.0	1.0	7.9
Year	0.2	21.7	0.3	23.8	2.2	196.0	0.9	74.4

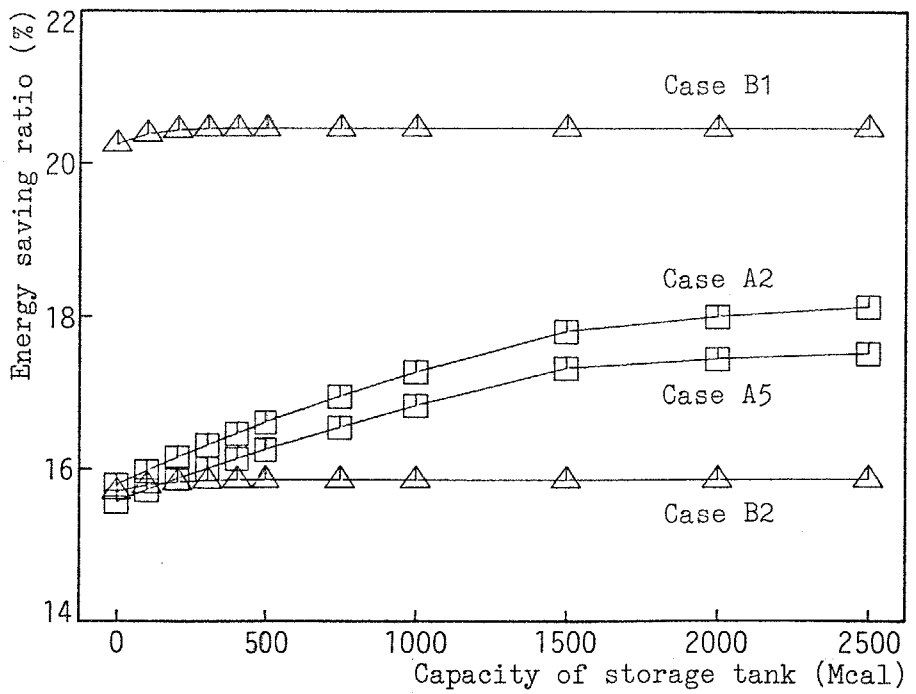
(2) ホテル

	Case A2		Case A5		Case B1		Case B2	
	ESR	EC	ESR	EC	ESR	EC	ESR	EC
Apr.	-	-	-	-	0.4	7.7	0.2	4.2
May	3.1	55.6	3.1	55.6	0.0	0.2	-	-
Jun.	2.5	45.4	2.5	45.4	-	-	-	-
Jul.	2.5	50.5	2.5	50.5	-	-	-	-
Aug.	2.0	41.4	2.0	41.4	-	-	-	-
Sep.	2.0	38.7	2.0	38.7	-	-	-	-
Oct.	2.9	50.8	2.9	50.8	0.5	8.7	0.3	5.3
Nov.	4.4	76.5	4.4	75.9	0.9	15.1	0.7	12.5
Dec.	5.8	106.2	5.8	106.6	0.5	9.0	0.4	7.9
Jan.	7.4	138.7	3.2	59.1	-	-	-	-
Feb.	2.9	49.3	0.0	0.3	0.0	0.6	0.0	0.6
Mar.	0.7	13.4	0.3	5.1	0.2	3.4	0.1	1.1
year	3.0	666.6	2.4	529.5	0.2	44.7	0.1	31.7

ESR : Difference of Energy Saving Ratio (%)
EC : Difference of Energy Consumption (Gcal)



(1) 事務所



(2) ホテル

図－5－32　蓄熱容量と省エネルギー率の関係

5－4　まとめ

本章においては、第４章で作成したコージェネレーションのシステムシミュレーションモデルを事務所およびホテルへと適用し、建築物におけるエネルギー有効利用に基づくシステム評価を行った。

第１節では、シミュレーションモデルの適用から、システム構成機器の容量や年間入力エネルギー量を算定し、省エネルギー率と駆動源稼働率を中心として建物用途に適したシステム構成・運転方式等について考察した。また、評価指標値の年間の変動を把握した。

第２節では、エネルギー有効利用の面において、コージェネレーションシステムの建築物への適用効果に影響を与える因子として、建物規模・構成機器の台数および容量設定・システムの運転時間帯・エネルギー需要の変化・発電効率の変化を取り上げ、それぞれの因子によるシステムの適用効果の変化を把握することにより、システムの評価を行った。

- 建物規模に基づき算定される駆動源の単機容量が200kW程度以下（本論文では、延床面積にして10000m^{2}程度に相当）の範囲では、容量に伴う機器効率の変化が大きいため、システムの適用効果の変動が大きくなる。
- 構成機器の台数や容量設定における安全率の影響については、回収排熱の利用率が低くなりがちなシステム（本論文ではケースA5）において、単機容量の変化に基づくシステムの適用効果が大きく変動する。
- システムの運転時間帯については、事務所のように昼夜間のエネルギー需要の差が大きい建物用途では最適値が存在するものの、エネルギー需要のピークを含む運転時間帯とした場合には、適用効果の変化は比較的小さい。ホテルのように24時間を通じて需要のある場合には、長時間の運転時間帯を設定するほどシステムの適用効果が高くなる。

・建築物におけるエネルギー需要の変化は、各需要の変化率が10％程度の場合に、省エネルギー率にして2～3％の影響を与え、エネルギー需要の変化の方向によっては現状（平均値）におけるシステム間の相互評価を異なるものとする場合がある。

・発電効率の向上については、コージェネレーションシステムの自家発電効率の向上はシステムから得られる回収排熱量を小さなものとするために、熱需要の大きい建物用途または熱需要の多い季節には、補助熱源のエネルギー消費量を増加させることとなる。また、系統電力における発電効率の向上は、発電分担率の大きなシステムほどマイナスの効果として現われる。

第３節では、総合熱利用効率向上の方法として、蓄熱システムの効果について考察し、蓄熱槽を組み込んだコージェネレーションシステムによる省エネルギー効果について蓄熱容量等の面から把握した。

参考文献

1）コージェネレーション構成機器、日本コージェネレーション研究会、1988年

2）永井将、大形低速ディーゼル機関の熱効率向上、内燃機関 VOL.22 NO.276 P37～50、1983年3月

3）西脇仁一、熱機関、東京大学出版会

第６章　建築物の熱電力需要比率に基づくエネルギー評価手法の検討

６－１　エネルギー評価手法に関する考察　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２６
６－２　熱電力需要比率の分布と省エネルギー効果の関係
（１）熱電力需要比率のΓ分布近似　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２２７
（２）分布形態による省エネルギー効果の変化　・・・・・・・・・・・・・・・・・２２９
６－３　建築物の熱電力需要比率の分布に基づく適用効果の推定
（１）省エネルギー効果の推定手法　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２３３
（２）シミュレーション結果との対応　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２４１
６－４　まとめ　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２４７

６－１　エネルギー評価手法に関する考察

コージェネレーションシステムの建築物への適用を、エネルギー有効利用の面から評価するための方法として、特に５－２で行ったシステム評価に対し、シミュレーション（数値実験）は有効であった。しかしながら、シミュレーション評価を行うためのベースとなる建築物におけるエネルギー需要の時間的変動の把握については、その報告例も少なく、扱うデータ量も莫大なものとなること等の困難さから、より簡易な評価方法の確立が望まれている。

そこで本論文では、建築物におけるコージェネレーションシステムの適用評価の基礎となる、従来システムとコージェネレーションシステムの年間の入力エネルギー量の算定手法を提案し、シミュレーション結果との対応をとることによりその有意性について検討した。

6－2　熱電力需要比率と省エネルギー効果の関係

コージェネレーションシステムのエネルギー有効利用評価の基礎（2－4）において、熱電力需要比率と省エネルギー効果の関係を把握したが、本節では、建築物のエネルギー需要を熱電力需要比率から捉え、熱電力需要比率に幅を持たせることにより省エネルギー効果を推定する。

（1）建築物における熱電力需要比率のΓ分布近似

3－4において、建築物のエネルギー需要を、電力需要量および熱電力需要比率を指標とする平面上に表現したが、これを熱電力需要比率の面からみると図－6－1に示す分布となる。次節で行う解析に際し、この分布を関数系で表わすことを考え、本論文では、事故発生分布や需要分布に対して用いられることの多いΓ分布を取り上げた。

3－4の解析結果より、事務所における熱電力需要比率は平均値1.11・標準偏差0.63、ホテルの場合には平均値1.31・標準偏差0.34の分布となる。この平均値および標準偏差よりΓ関数を設定し、熱電力需要比率の確率密度関数として図－6－1上に重ね合わせたところ、比較的一致する傾向が見られた。

Γ関数について以下に記す。

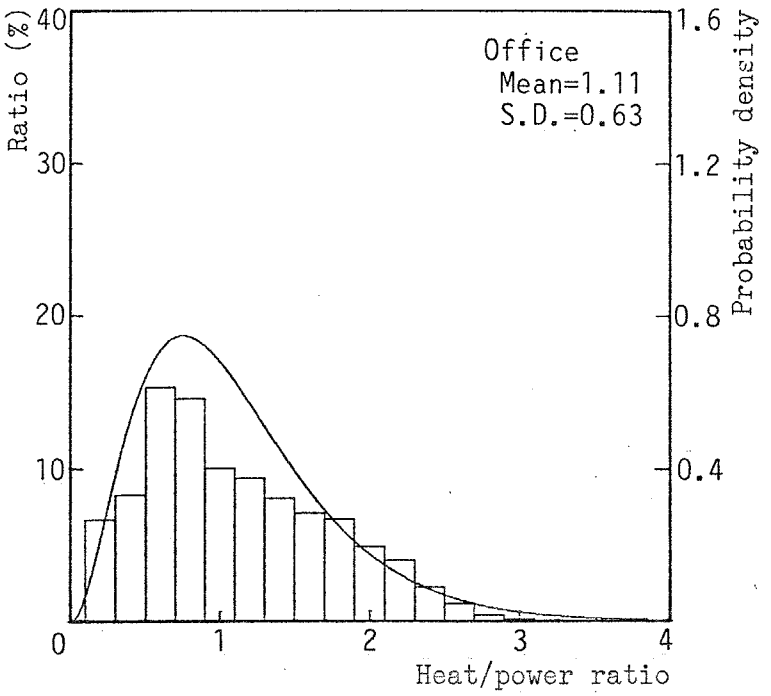
ガンマ（Γ）分布の確率密度関数 $f(x)$ は次の式で示される.

$$f(x)=\frac{\beta^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)}x^{\alpha-1}e^{-\beta x} \qquad (\alpha>0,\ \beta>0) \quad (0\leq x<\infty)$$

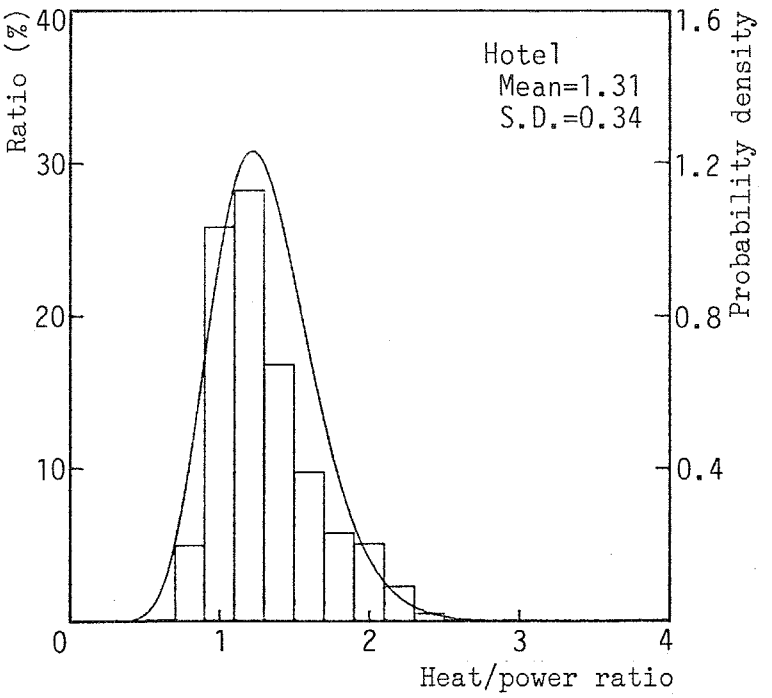
平均　$E(X)=\dfrac{\alpha}{\beta}$

分散　$V(X)=\dfrac{\alpha}{\beta^2}$

$$\Gamma(x)=\int_0^{\infty}u^{x-1}e^{-u}du \qquad x>0$$



(1) 事務所



(2) ホテル

図－６－１　熱電力需要比率の分布

（２）分布形態からみた省エネルギー効果

図－６－１に示した熱電力需要比率の確率密度関数を、２－４において得られた熱電力需要比率と省エネルギー率の関係式に重ねて示したものが図－６－２である。図中の省エネルギー率を示す曲線は、発電効率36.1％・総合効率74.4％のシステムを対象とし、発電分担率を100％として算定したものであり、ピーク値は熱電力需要比率1.06における28.5％である。熱電力需要比率の平均値で代表させた場合、省エネルギー率は、事務所（熱電力需要比率の平均値1.11）の方が高く28.1％、ホテル（1.31）では26.7％となる。

これに対し、熱電力需要比率を確率密度関数で表現した場合には、熱電力需要比率に対応した省エネルギー率を、熱電力需要比率について積分することで省エネルギー率が算定されることとなる。ただし、ここで算定される省エネルギー率は、図－６－１で示した熱電力需要比率の分布がエネルギー需要の量的な成分を持たないため、即ち、ある時刻に発生したエネルギー需要量をコージェネレーションシステムが供給する場合の熱と電力の比率として扱ったものであるため、シミュレーションにより得られる省エネルギー率とは異なった性質を持つ。本論文では、これを”期待される省エネルギー率”と表現する。

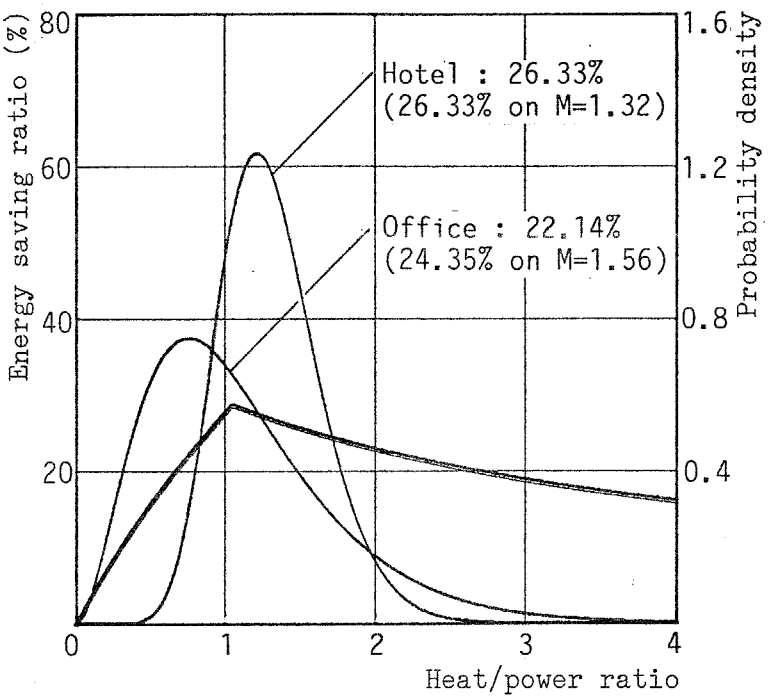
上述のようにして算定された期待される省エネルギー率は、事務所では22.14％、ホテルでは26.33％となり、熱電力需要比率の平均値から求めた値と比較して両者の差が大きなものとなっている。この差は、図－６－２をみてもわかるように、事務所の場合、省エネルギー率が急激に低下する範囲（0≦熱電力需要比率≦1）にエネルギー需要の発生が集中しており、ホテルでは省エネルギー率のピークよりも熱電力需要比率が大きい値をとる範囲（1≦熱電力需要比率）に集中していることによるものである。

次に、事務所およびホテルの熱電力需要比率の平均値まわりの標準偏差（事務

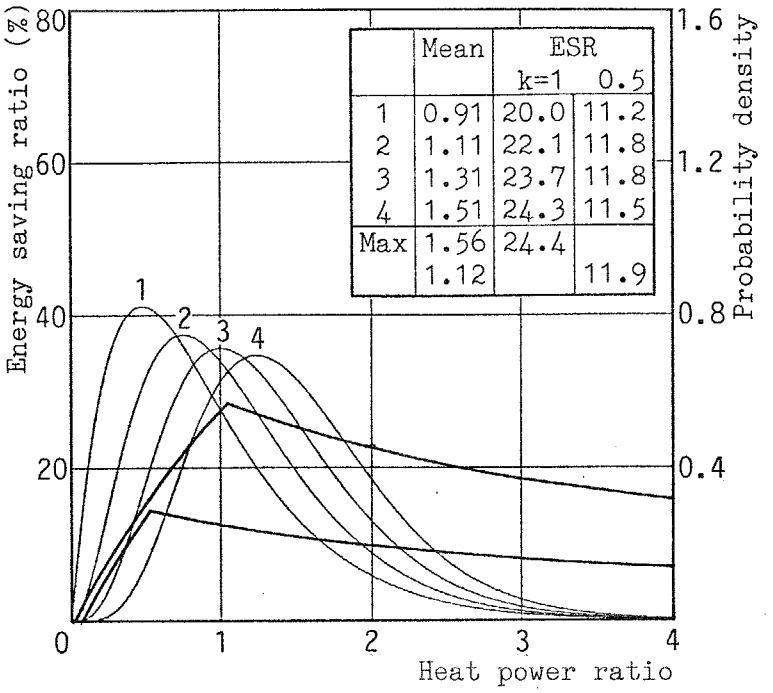
所0.63・ホテル0.34）を固定して、平均値を変化させた場合の関係を図－６－３に示す。ここでは、熱電力需要比率の平均値を0.9～1.5まで0.2刻みで変化させている。また、省エネルギー率を表わす曲線として、発電分担率を50％とした場合（図中、下側の曲線）についても示した。

標準偏差が0.63（事務所対応）の場合、期待される省エネルギー率を最大とするのは熱電力需要比率の平均値が1.56の時で24.4％であり、発電分担率50％のシステムを対象とした場合には平均値1.12で11.9％を示す。事務所の平均値は1.11であることを考慮すると、システムの省エネルギー性と建築物のエネルギー需要とのバランスの観点からは、トータルとしての省エネルギー効果では劣るものの、発電分担率50％のシステムの方が適しているとの評価ができるものと考えられる。即ち、この評価は、発電容量当たりの省エネルギー率を指標とした場合、発電分担率50％のシステムが勝ることを意味する。ホテルの場合には、図－６－３（２）において期待される省エネルギー率を最大とする熱電力需要比率の平均値（発電分担率100％では1.32、50％では0.90）より、発電分担率100％のシステムが適していると考えられる。

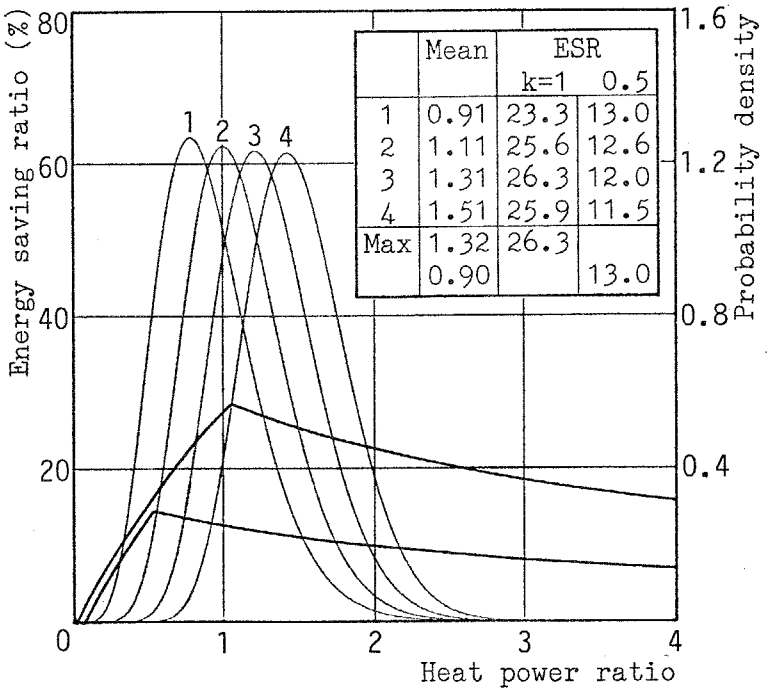
以上のように、建築物の熱電力需要比率に平均値および標準偏差という幅を持たせて検討することにより、省エネルギー効果を相対的に把握することが可能となり、建物用途に適したシステム選定等に資するものと考えられる。



図－６－２　熱電力需要比率の確率分布と省エネルギー率



(1) 事務所（熱電力需要比率の平均値1.11、標準偏差0.63）



(2) ホテル（熱電力需要比率の平均値1.31、標準偏差0.34）

図－６－３　熱電力需要比率の平均値と省エネルギー率の関係

6－3　建築物の熱電力需要比率の分布に基づくシステムの適用効果の推定

前節で行った評価は、エネルギーの量としての側面を取り除き、熱需要量と電力需要量の比率に基づく相対的な評価であった。本節では、”量”のファクターを取り入れ、従来システムおよびコージェネレーションシステムにおける年間入力エネルギー量を推定する手法を提案し、シミュレーションモデルの適用結果と比較することにより、その有意性について述べる。なお、ここで検討対象とするコージェネレーションシステムは、低温水吸収式冷凍機を有するシステムを設定した。

（１）省エネルギー効果の推定手法

①算定方法

省エネルギー率（Ｓ）は次式で表わされることから、

$S = (Q_1 - Q_2) / Q_1 \times 100$ （％）

Q_1：従来システムにおける年間入力エネルギー量

Q_2：コージェネレーションシステムにおける年間入力エネルギー量

従来システムおよびコージェネレーションシステムにおける年間入力エネルギー量を算定する必要があり、その算定方法を以下のように考えた。

＜ステップ１＞

建築物のエネルギー需要を、電力需要量（時刻別電力需要量の最大値に対する比率）および熱電力需要比率を２軸とする平面上に、発生率としてのメッシュデータＡとして作成する。

＜ステップ２＞

従来システムおよびコージェネレーションシステムの入力エネルギー量（相対値）を同じ平面上のメッシュデータＢとして作成する。

＜ステップ３＞

作成したメッシュデータＡとメッシュデータＢを乗じ、さらに電力需要量の軸上100％に相当するエネルギー量（時刻別の最大電力需要量）と年間の稼働時間を乗じることによりシステムへの年間入力エネルギー量を得る。

②エネルギー需要量のメッシュデータ

エネルギー需要量については３－４においてその発生分布を示したが、冷熱を温熱に置き換えるか、電力に置き換えるかで形態が異なったものとなる。本論文においては、従来システムでは電動ターボ冷凍機を、コージェネレーションシステムでは低温水吸収式冷凍機（本章に限る）を設定しているため、エネルギー需要の発生分布を２通りに算定する必要がある。

図－６－４に事務所の発生分布を、図－６－５にホテルの発生分布を示す。事務所の最大電力需要量は、従来システム（電動ターボ冷凍機の成績係数を4.0として冷熱を電力に置き換えた場合）では41.3kcal／m^2、コージェネレーションシステム（低温水吸収式冷凍機の成績係数を0.7として冷熱を温熱に置き換えた場合）では32.3kcal／m^2である。ホテルの場合には、従来システムで43.6kcal／m^2、コージェネレーションシステムで37.1kcal／m^2である。

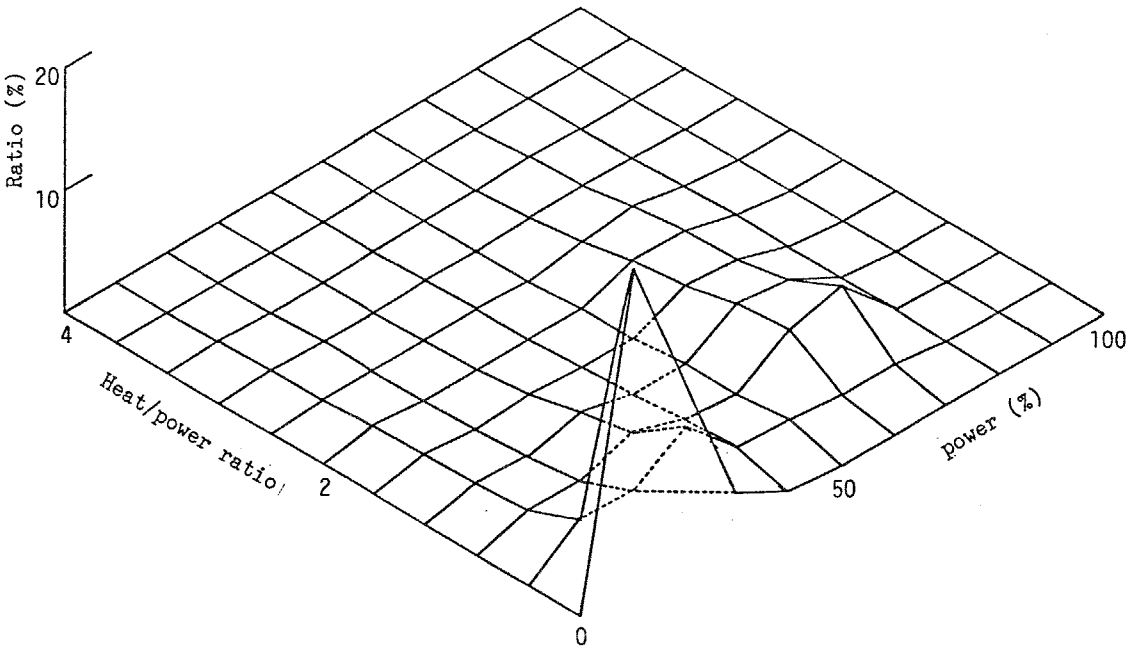
なお、算定はメッシュ数を２通り（11×11、21×21）として行っており、これらの具体的数値については付録に示している。

③システムへの入力エネルギー量のメッシュデータ

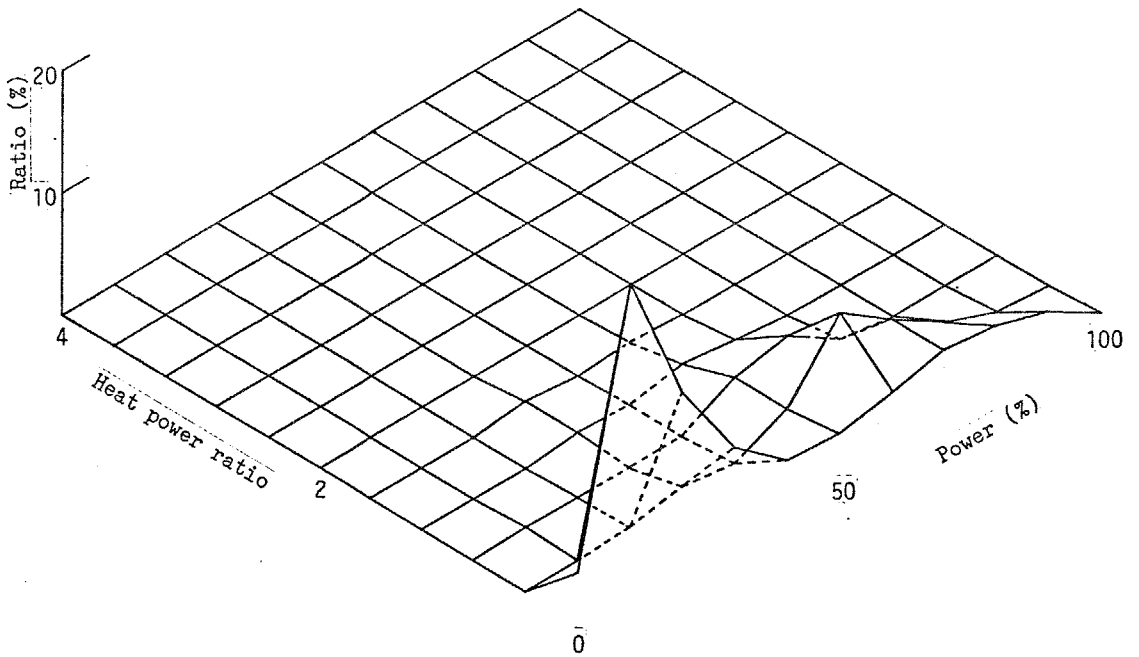
２－４において行った省エネルギー率の算定過程から、電力需要量および熱電力需要比率に対応したシステムの入力エネルギー量を算定した。図－６－６は従来システムにおける入力エネルギー量の分布を示したものである。この図では、入力エネルギー量を、電力需要量の最大値を”１”とした場合の相対値として表現している。従来システムの場合には、入力エネルギー量は（電力需要量／発電効率）と（熱需要／ボイラー効率）の単純和として算定され、電力需要量”１”に対する入力エネルギー量は2.9（電力需要量100％、熱電力需要比率0.0）、ピーク値は7.3（100％、4.0）となる。

コージェネレーションシステムとしては、機器構成を駆動源２台とし、発電分担率が100％・50％の２通りについて作成した。図－６－７は発電分担率100％の場合の入力エネルギー量を、図－６－８は発電分担率50％の場合を示したものである。入力エネルギー量のピーク値（100％、4.0）は、発電分担率100％の場合で6.1、発電分担率50％の場合には6.8となる。

以上のデータについてもメッシュ数を２通りにして算定しており、数値については付録に示している。

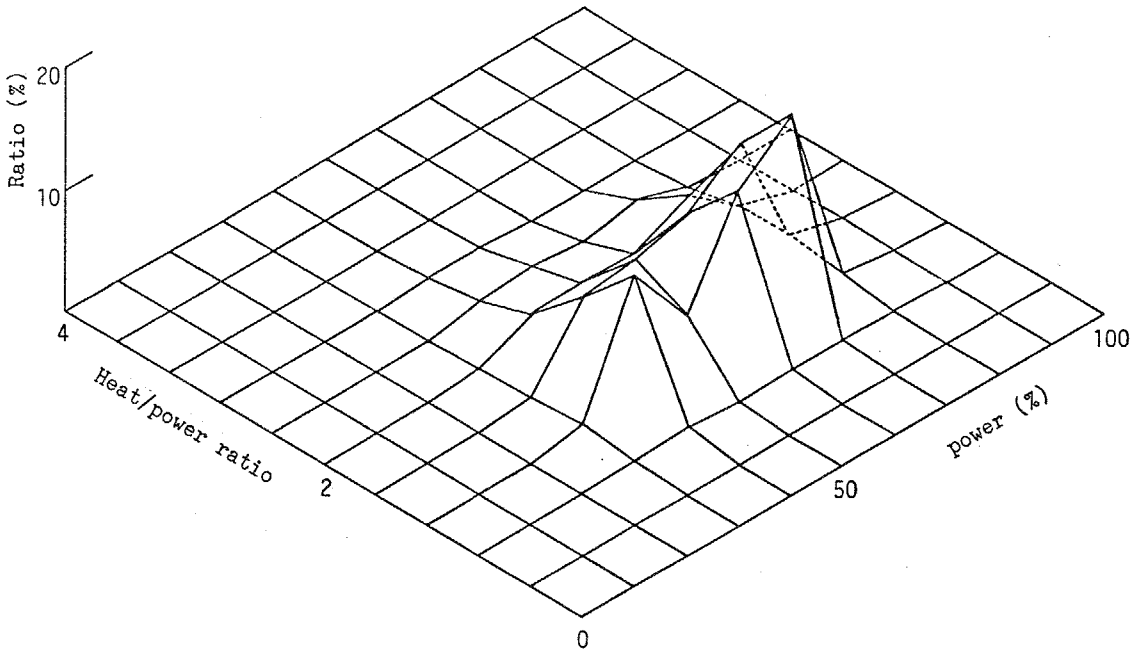


(1) コージェネレーションシステム
（低温水吸収式冷凍機を使用）

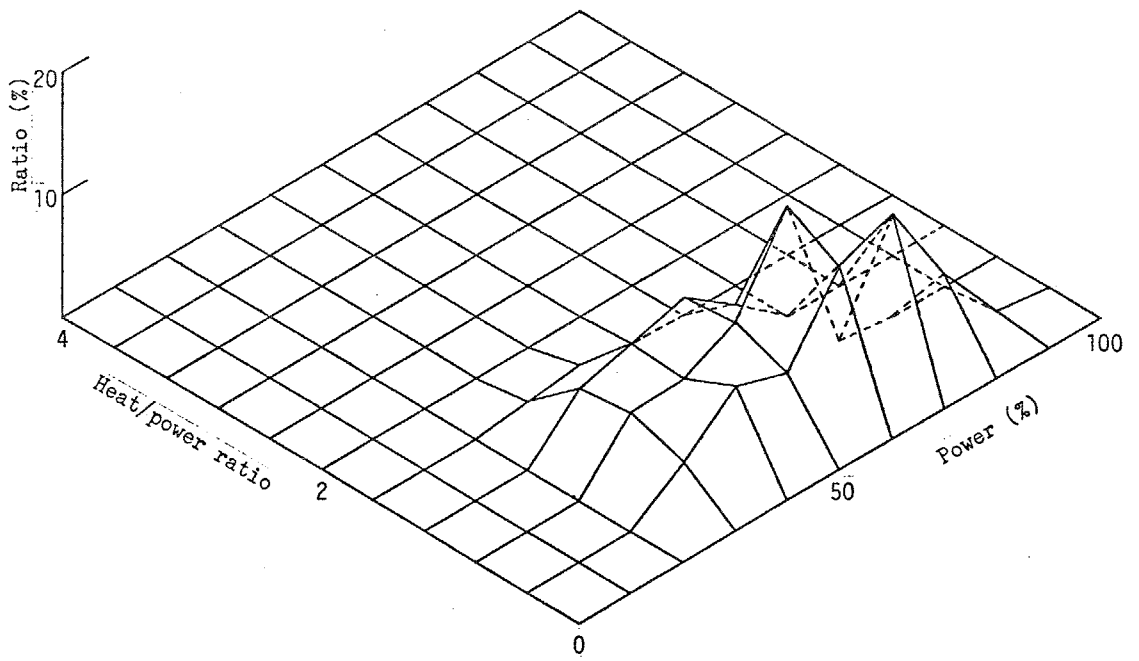


(2) 従来システム
（電動ターボ冷凍機を使用）

図－６－４　事務所のエネルギー需要の発生分布

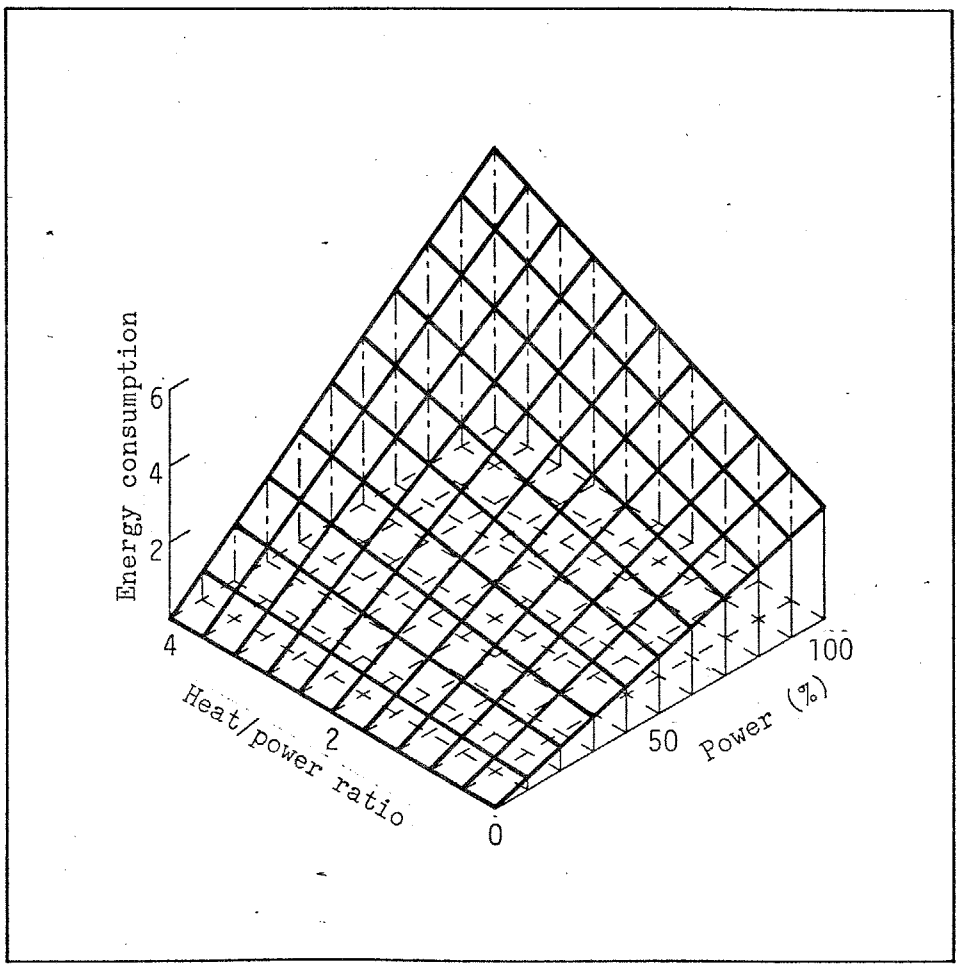


(1) コージェネレーションシステム
（低温水吸収式冷凍機を使用）

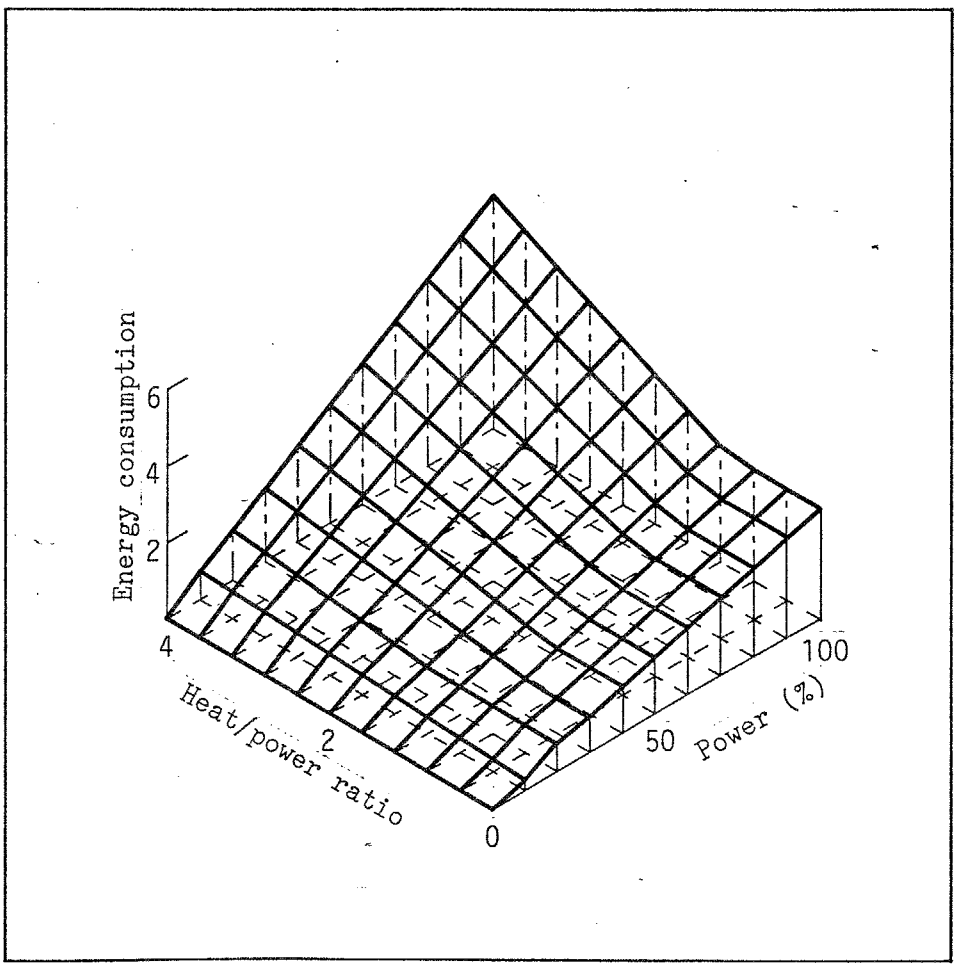


(2) 従来システム
（電動ターボ冷凍機を使用）

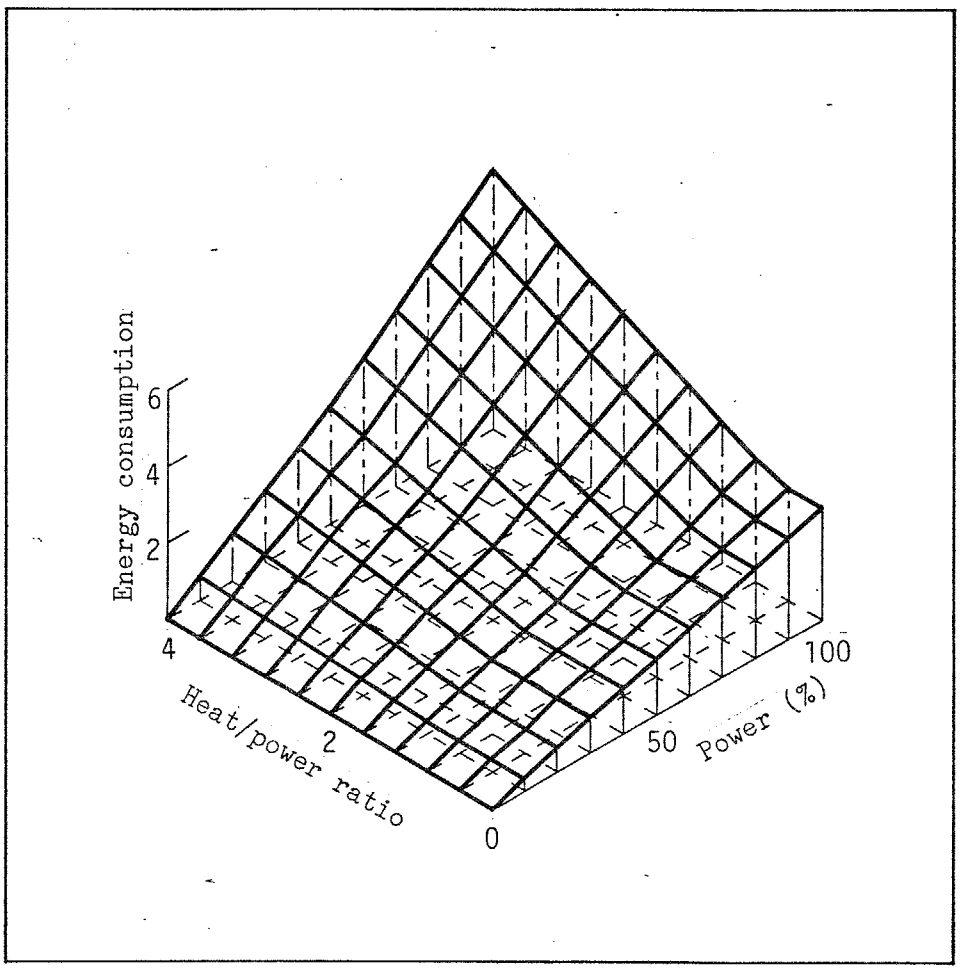
図－６－５　ホテルのエネルギー需要の発生分布



図－６－６　従来システムにおけるエネルギー消費特性



図－６－７　コージェネレーションシステムにおけるエネルギー消費特性
（発電効率36.1％、総合効率74.4％、２台、発電分担率100％）



図－６－８　コージェネレーションシステムにおけるエネルギー消費特性
（発電効率36.1％、総合効率74.4％、２台、発電分担率50％）

（２）シミュレーションモデルの適用結果との対応

前項で述べた方法に基づき、エネルギー需要量のメッシュデータとシステムへの入力エネルギー量のメッシュデータおよび時刻別電力需要量の最大値・年間の稼働時間を用いて、従来システムとコージェネレーションシステムにおける年間の入力エネルギー量を算定した。

図－６－９および図－６－10は、システムから供給（出力）されるエネルギー量に対するシステムへの入力エネルギー量の比率*を指標とした場合の入力エネルギー量の分布を示したものである。縦軸の値（以下、入出力比と記す）が小さい程システムにおけるエネルギーの変換効率が高いことを意味する。事務所（図－６－９）についてみると、従来システムでは入出力比が2.0以上の範囲で大部分のエネルギーが消費されており、発電分担率100％のコージェネレーションシステムでは入出力比1.2～1.4におけるエネルギー消費量が最も大きなものとなっているものの、入出力比が3.6を超える範囲まで分布している。発電分担率50％の場合には入出力比1.4～1.8を中心としたエネルギー消費となり、エネルギー変換効率は発電分担率100％のシステムよりも低下する。

＊単位エネルギーを供給するのに必要な入力エネルギー量のこと。

例として図－６－７におけるピーク値をとると、

電力需要量1.0、熱電力需要比率4.0、入力エネルギー量6.1

より、6.1／（1.0＋1.0×4.0）＝6.1／5.0＝1.22　と算定される。

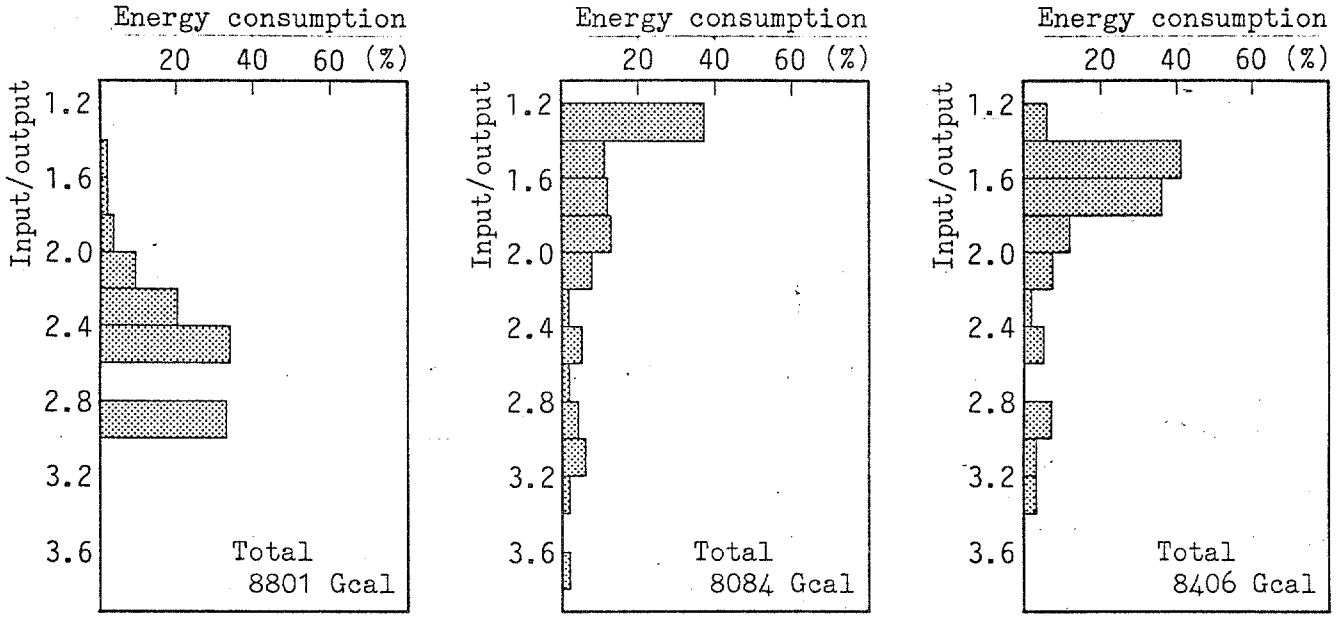
この逆数はエネルギー変換効率となる。

ホテル（図－６－10）の場合、図－６－５に示すエネルギー需要の発生分布が事務所と比較してまとまったものであることから、入出力比も安定したものとなっており、従来システムでは1.8～2.4の範囲でほぼエネルギーが消費されている。コージェネレーションシステムにおいても入出力比1.2～1.8の範囲に集中しており、ホテルの場合にも発電分担率100％のシステムの方がエネルギー変換効率の高い状態でエネルギーが消費されていることがわかる。

次に、従来システムおよびコージェネレーションシステムについて算定された年間入力エネルギー量および省エネルギー率を表－６－１（事務所）～表－６－２（ホテル）に示す。ここでは、２軸をなす電力需要量と熱電力需要比率の刻みを２通りとして作成したメッシュデータ（11×11、21×21）および３－３において月別にパターン化したエネルギー需要から作成したメッシュデータ（21×21）を用いて算定を行っており、各表の最上列にシミュレーションモデルの適用結果の値を示した。

従来システムにおける入力エネルギー量に関しては、系統電力における発電効率とボイラー効率のみの関数として算定されるため、メッシュ法による算定値はシミュレーションによる算定値にほぼ等しい結果を示し、誤差は最大でも0.7％となっており、メッシュデータとして集約したことによるものと考えられる。

コージェネレーションシステムにおける入力エネルギー量については、最大で4.9％（ホテルにおける発電分担率50％の場合）の誤差を生じているが、この原因としては次のことが考えられる。即ち、シミュレーションにおけるエネルギー需要は月別にパターン化されたものであり、電力需要量および熱電力需要比率の分布が、年間8760時間の分布よりもまとまったものになることに起因すると考えられる。この裏付けとして、エネルギー需要の変動パターンから作成したメッシュデータを用いて算定した結果は、シミュレーション結果と非常に近い値を示している。

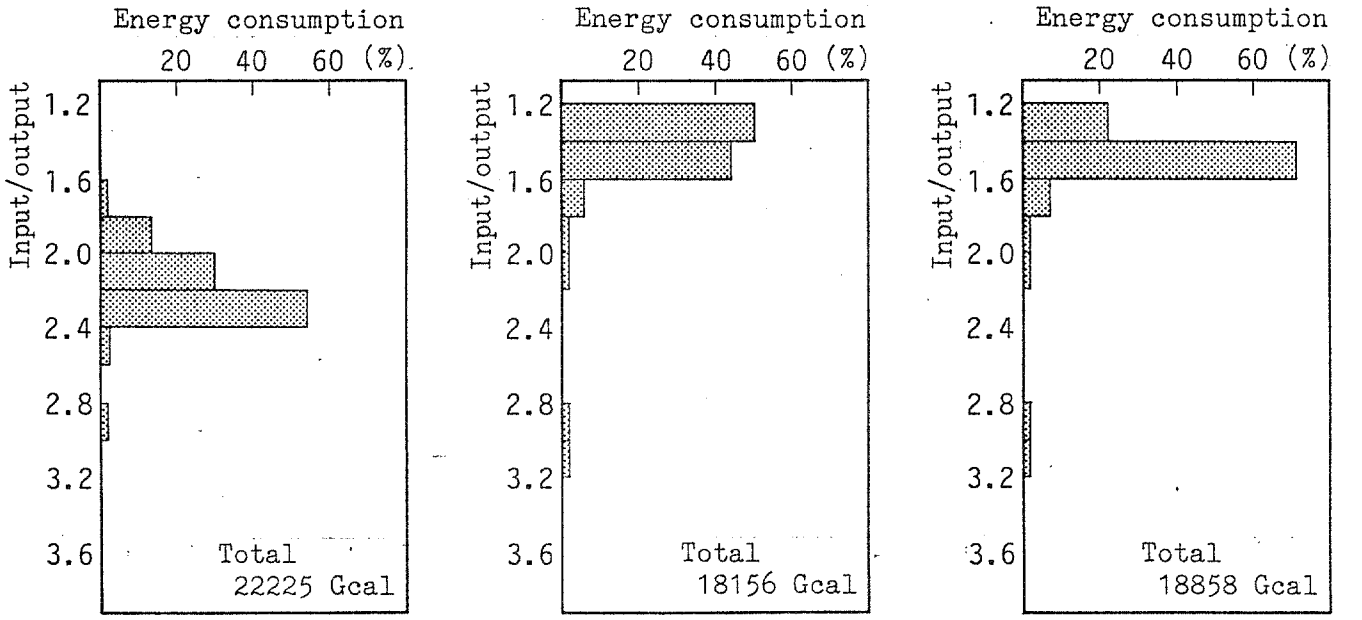


(1) 従来システム

(2) コージェネレーション
システム
（発電分担率100％）

(3) コージェネレーション
システム
（発電分担率50％）

図－６－９　入力エネルギー量の分布（事務所）



(1) 従来システム

(2) コージェネレーション
システム
（発電分担率100％）

(3) コージェネレーション
システム
（発電分担率50％）

図－６－10　入力エネルギー量の分布（ホテル）

表－６－１　メッシュデータに基づく算定結果（事務所）

(1) 発電分担率100％の場合

	EC1	EC2	ESR
Simulation	8738	7749	11.3
Mesh(S*)	8779	7918	9.8
Mesh(21)	8801	8084	8.1
Mesh(11)	8798	8106	7.9

(2) 発電分担率50％の場合

	EC1	EC2	ESR
Simulation	8738	8317	4.8
Mesh(s*)	8779	8468	3.5
Mesh(21)	8801	8406	4.5
Mesh(11)	8798	8477	3.7

EC1 : Energy Consumption in Conventional System (Gcal/year)
EC2 : Energy consumption in Cogeneration System (Gcal/year)
ESR : Energy Saving Ratio (%)
"*" : Using demands data in simulation model

表－６－２　メッシュデータに基づく算定結果（ホテル）

(1) 発電分担率100％の場合

	EC1	EC2	ESR
Simulation	22183	17564	20.8
Mesh(S*)	22259	17809	20.0
Mesh(21)	22225	18156	18.3
Mesh(11)	22200	18188	18.1

(2) 発電分担率50％の場合

	EC1	EC2	ESR
Simulation	22183	19829	10.6
Mesh(S*)	22259	20009	10.1
Mesh(21)	22225	18858	15.1
Mesh(11)	22200	18952	14.6

EC1 : Energy Consumption in Conventional System (Gcal/year)
EC2 : Energy consumption in Cogeneration System (Gcal/year)
ESR : Energy Saving Ratio (%)
"*" : Using demands data in simulation model

6－4　まとめ

本章においては、コージェネレーションシステムを建築物へ適用した際の省エネルギー効果について、まず、建築物の熱電力需要比率の分布形態から考察を行った。熱電力需要比率の分布をΓ分布として近似し、エネルギー需要の発生に伴う”期待される省エネルギー率”の算定を行い、熱電力需要比率の平均値に標準偏差という幅を考慮することにより、システムの適用効果を相対的に評価することが可能となることを示した。

さらに、建築物におけるエネルギー需要の発生とシステムへの入力エネルギー量の特性を、電力需要量と熱電力需要比率を２軸とした平面メッシュデータとして作成し、これらのメッシュデータに基づくシステムへの年間入力エネルギー量の算定方法を提案し、この方法による算定結果を第５章で行ったシミュレーション結果と比較・検討することにより、その有意性について述べた。

参考文献

1）守谷栄一、数理統計、日本理工出版会

第７章　結論

７－１　研究の成果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２５０
７－２　今後の課題　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２５３

7－1　研究の成果

本論文各章における結論を総括し、本論文の成果として以下にまとめる。

第１章「序論」では、建築設備システムとしてのコージェネレーションに関して、本研究の目的とするところを明らかにし、既往の研究成果をふまえ、エネルギー有効利用の観点から本研究に至る背景について述べた。また、本論文の全体的な構成について述べた。

第２章「建築設備システムとしてのコージェネレーション」では、まず、コージェネレーションシステムをエネルギーの総合効率を向上させることを目的とした熱回収システムとして位置付け、建築計画上配慮すべき点や環境保全性をはじめとする問題点について述べた。次に、コージェネレーションシステムの評価指標として、特に、従来システムに対する省エネルギー効果を取り上げたことを述べ、その評価に当たっては、建築物における電力・熱需要の時間的変動や量的なバランスを考慮する必要のあることを述べた。さらに、コージェネレーションによるエネルギー利用評価の基礎として、建築物における熱・電力需要の比率と省エネルギー効果の関係について検討した。

第３章「建築物におけるエネルギー需要の把握」では、まず、建築物におけるコージェネレーションシステムの適用を、エネルギー有効利用の観点から評価するに当たっての基礎データとなるエネルギー需要について文献調査を行ったが、年間を通じた時間的な変動についての報告は少なく、都内の事務所およびホテルを対象とした実態調査を行い、得られた結果が年間のエネルギー消費量としては一般的な値であることを確認した。次に、建築物におけるエネルギー需要の変動をパターンとして捉える手法について述べ、実態調査の統計解析結果を基に、年間・時刻別のエネルギー需要変動パターンを作成した。さらに、コージェネレー

ションシステムの適用効果に影響を及ぼす建築物の熱需要と電力需要の量的な比率を熱電力需要比率と定義し、これと電力需要量を指標として、建築物におけるエネルギー需要の発生分布を作成したことを述べた。

第４章「コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルとエネルギー特性に関する解析」では、まず、コージェネレーションシステムのシミュレーションモデルに関する基礎的考察として、建築物のエネルギー需要の時間的変動を考慮し、また、システムの定格効率や部分負荷特性等の非線形要素を組み込んだエネルギー評価モデルである必要性について述べた。次に、作成したシミュレーションモデルの全体のフローについて述べ、構成機器の組み合わせ・運転方式・発電方式等から45ケースについてシミュレーションを行うことを述べた。また、システム構成機器の定格効率と部分負荷特性を複数メーカーの技術資料の収集により設定し、この組み合わせによるシステム全体のエネルギー特性を、２－４で行ったエネルギー有効利用の基礎的検討と合わせることにより、省エネルギー性として捉えたことを述べた。

第５章「コージェネレーションシステムのエネルギー利用評価」では、第４章で作成したコージェネレーションのシステムシミュレーションモデルを事務所およびホテルへと適用し、建築物におけるエネルギー有効利用に基づくシステム評価について述べた。第１節では、シミュレーションモデルの適用から、システム構成機器の容量や年間入力エネルギー量を算定し、省エネルギー率と駆動源稼働率を中心として建物用途に適したシステム構成・運転方式等について考察とともに評価指標値の年間の変動を把握した。第２節では、エネルギー有効利用の面において、コージェネレーションシステムの建築物への適用効果に影響を与える因子として、建物規模・構成機器の台数および容量設定・システムの運転時間帯・エネルギー需要の変化・発電効率の変化を取り上げ、それぞれの因子によるシステムの適用効果の変化を把握することにより、システムの評価を行ったことを述

べた。第３節では、総合熱利用効率向上の方法として、蓄熱システムの効果について考察し、蓄熱槽を組み込んだコージェネレーションシステムによる省エネルギー効果について蓄熱容量等の面から把握したことを述べた。

第６章「建築物の熱電力需要比率に基づくエネルギー評価手法の検討」では、コージェネレーションシステムを建築物へ適用した際の省エネルギー効果について、まず、建築物の熱電力需要比率の分布形態から考察を行った。熱電力需要比率の分布をΓ分布として近似し、エネルギー需要の発生に伴う”期待される省エネルギー率”の算定を行い、熱電力需要比率の平均値に標準偏差という幅を考慮することにより、システムの適用効果を相対的に評価することが可能となることを述べた。さらに、建築物におけるエネルギー需要の発生とシステムへの入力エネルギー量の特性を、電力需要量と熱電力需要比率を２軸とした平面上に表現し、これらの重畳によるシステムへの年間入力エネルギー量の算定方法を提案し、この方法による算定結果を第５章で行ったシミュレーション結果と比較・検討することにより、その有意性について述べた。

7－2　今後の課題

本研究のテーマについて、主要な今後の課題を以下に要約する。

①エネルギー評価の範囲

本研究においては、建築物におけるコージェネレーションシステムの適用として、最も基本的な単体建築物を対象として評価・検討を行った。第1章でも述べたように、コージェネレーションシステムの望ましい在り方として、大規模集中型システムとの有機的な結合という形をとるならば、全体のシステムを構成する一部としてコージェネレーションシステムを捉え、国レベルの一次エネルギー消費量の削減を評価する研究が必要と思われる。

②総合評価

本研究では、コージェネレーションシステムの適用を、エネルギー有効利用の面から検討したが、このシステムの普及に伴い、基本的なエネルギー評価とともに、経済性・商用電力との連系・環境問題・技術的信頼性・保守管理・災害発生時の対応能力等の面からの評価を加えた総合的な評価の必要性およびその評価方法の確立が望まれる。また、その際、設備システムの規模としては、地域冷暖房を対象とする大容量のものから、パッケージシステムとしての小容量のものを含む広い範囲で捉えることが重要と考えられる。

謝辞

付録

発表論文一覧

謝辞

昭和５９年４月に研究室に所属して以来、建築環境工学の立場から、都市のエネルギー問題、特に、建築物におけるエネルギー有効利用システムに関する研究に取り組み、その成果を本論文の形でまとめ得たのは、ひとえに、指導教官である東京工業大学建築学科 建築環境工学講座 助教授　藤井 修二 博士の懇切なる御指導のたまものであり、ここに記して、心から感謝の意を表します。

また、東京工業大学建築学科 建築環境工学講座 教授　紀谷 文樹 博士、同計画基礎講座 教授　谷口 汎邦 博士、同大学大学院 社会開発工学専攻 物理環境工学講座 教授　乾 正雄 博士、同 助教授　梅干野 晁 博士には数多くの示唆と有益なる御助言を頂きました。深く感謝の意を表す次第です。

また、電気学会コージェネレーション技術調査専門委員会の活動を通じて、委員長　早川 一也 博士、委員　岩佐 圭造 氏、同　増田 利雄 氏をはじめ、多くの方々に御援助を賜わりました。ここに感謝の意を表します。

さらに、本研究を進める上で重要なエネルギー需要データの収集については、日産自動車株式会社 不動産開発部 管財課 主査　山崎 昭壽 氏、株式会社東京全日空ホテル 管理部施設課 副長　柴田 隆充 氏に御援助を頂きました。ここに感謝の意を表します。

東京工業大学建築学科 助手　垂水 弘夫 博士には、本論文のまとめ方から図表の表現に至る細かな点まで、数々の有益なる御助言と御協力を頂きました。ここに記して、深く感謝の意を表する次第です。

また、各種データのまとめや図表の作成には、本学大学院生　金 龍植 君、学部生　渡辺 高之 君に多大な御助力を頂きました。感謝の意を表します。

以上の方々ばかりでなく、研究室の後輩である本学大学院生　任 太彬 君、謝 国平 君、藁谷 至誠 君、今井田 尚文 君をはじめ、研究室の諸先輩ならびに学生諸君の御助力と暖かい励ましに対し、改めて感謝の意を表す次第です。

最後に、筆者の学生生活を物心両面から支えてくれた両親と妹に心から感謝いたします。

平成２年３月

湯浅　和博

付録　（１）エネルギー需要発生分布データ

（２）システムの省エネルギー性データ

（３）システムのエネルギー消費特性

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	12	3	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	2	0	0	2	14	29	0	10	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	9	3	2	3	0	5	21	40	9	12	12	0	0
0	25	5	0	2	0	0	7	5	0	0	2	0	10	41	57	24	52	3	2	0
0	2	9	2	2	0	0	5	3	2	2	2	2	7	62	12	36	61	17	5	0
0	5	14	0	0	0	2	12	9	5	9	0	9	24	64	45	43	76	35	7	0
0	3	19	0	0	2	2	28	12	9	5	9	12	41	88	36	52	40	19	7	0
0	2	28	5	5	2	10	33	19	10	3	9	16	59	88	33	73	29	26	2	0
0	2	24	10	3	0	22	47	14	10	7	31	16	74	112	62	78	28	10	0	2
0	3	28	5	3	9	22	67	21	19	7	17	14	109	74	59	93	40	16	2	0
0	2	35	12	5	14	50	61	24	26	17	14	29	131	124	126	180	54	7	0	0
0	0	33	17	9	26	55	36	22	28	19	12	28	157	119	150	185	54	16	0	0
0	10	71	22	9	40	62	35	19	17	16	16	22	55	33	99	138	31	10	0	0
0	26	154	54	26	85	209	66	40	17	24	29	22	17	12	26	12	3	3	0	0
0	641	1309	251	425	334	249	93	33	24	29	36	41	22	26	9	2	2	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（事務所、ＡＲ、0～24時）

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	7	24	7	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	3	0	0	3	28	59	0	21	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	17	7	3	7	0	10	41	80	17	24	24	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14	10	0	0	3	0	21	83	114	48	104	7	3	0
0	0	0	0	0	0	0	10	7	3	3	3	3	14	124	90	73	121	35	10	0
0	0	0	0	0	0	3	24	17	10	17	0	17	48	128	90	86	152	69	14	0
0	0	0	0	0	0	3	52	24	17	10	17	24	83	176	73	104	80	38	14	0
0	0	0	0	0	0	21	62	38	21	7	14	31	118	176	66	145	59	52	3	0
0	0	0	0	0	0	28	52	14	14	10	62	31	149	225	124	156	55	21	0	3
0	0	0	0	0	0	24	80	17	28	10	35	28	218	149	118	187	80	31	3	0
0	0	0	0	0	0	21	48	28	24	17	21	59	263	249	252	360	107	14	0	0
0	0	0	0	0	0	10	17	21	21	35	17	55	315	239	301	370	107	31	0	0
0	0	0	0	0	0	14	3	3	0	17	24	38	111	66	197	277	62	21	0	0
0	0	0	0	0	0	0	10	24	3	38	45	45	35	24	52	24	7	7	0	0
0	0	0	0	0	0	0	10	14	3	52	73	83	45	52	17	3	3	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（事務所、ＡＲ、7～19時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	2	3	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	5	19	3	5	3	10	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	24	9	3	0	14	43	17	2	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	7	2	3	0	21	59	40	12	5	0	0	0	0	0	0
0	3	2	0	0	2	5	3	3	0	41	104	104	41	17	0	0	0	0	0	0
0	0	3	2	0	5	12	2	5	2	76	137	168	119	17	2	0	0	0	0	0
0	0	2	0	0	21	47	22	9	3	64	121	173	161	81	12	0	3	0	0	0
0	0	0	0	2	28	67	29	24	26	17	76	188	301	254	297	242	194	135	47	9
22	1521	1141	541	605	628	275	173	147	150	150	133	130	112	92	97	76	61	22	5	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（事務所、ＥＲ、0～24時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	17	3	0	0	3	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	10	38	7	10	7	21	21	0	7	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	48	17	7	0	28	86	35	3	3	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	14	3	7	0	41	118	80	24	10	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	10	7	7	0	83	207	207	83	35	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	10	24	3	10	3	152	273	335	239	35	3	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	31	83	38	14	7	128	242	346	322	163	24	0	7	0	0	0
0	0	0	0	3	31	128	52	45	41	31	152	377	602	508	595	484	387	270	93	17
0	0	0	0	0	0	73	38	190	259	284	266	259	225	183	194	152	121	45	10	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（事務所、ＥＲ、7～19時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	6	11	10	8	7	6	8	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	18	24	29	67	18	22	35	42	20	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	32	66	44	53	30	30	48	119	103	18	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	2	40	54	67	50	29	49	51	108	103	19	5	0	0	0
0	0	0	0	0	4	10	54	83	101	71	57	79	105	187	152	30	6	1	0	0
0	0	0	0	0	1	13	129	152	164	156	141	184	238	280	135	17	5	0	1	1
0	0	0	0	1	0	37	239	295	272	207	220	369	627	381	98	7	2	6	4	0
0	0	0	0	0	1	53	324	225	146	83	135	314	767	465	54	12	7	5	1	0
0	0	0	0	0	0	23	148	42	20	6	11	49	172	92	18	7	11	2	0	0
0	0	0	0	0	0	6	13	1	1	0	0	1	4	0	0	2	2	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（ホテル、ＡＲ、0～24時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	10	10	8	11	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	2	16	30	24	27	46	56	27	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3	14	34	38	40	64	158	137	24	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	2	6	38	51	37	65	69	144	137	26	6	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	2	22	64	73	73	105	139	249	203	40	8	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2	46	120	187	184	246	318	374	180	22	6	0	2	2
0	0	0	0	0	0	0	6	105	184	247	294	492	837	508	131	10	3	8	5	0
0	0	0	0	0	0	0	3	65	81	96	180	415	1023	619	72	16	10	6	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	3	14	65	230	123	24	10	14	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	3	3	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（ホテル、ＡＲ、7～19時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	4	16	20	18	17	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	2	50	77	77	59	54	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	24	142	165	144	123	175	168	54	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	25	175	196	120	104	231	406	260	23	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	17	166	98	111	78	120	414	401	67	6	6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	11	125	162	176	140	166	295	569	317	67	8	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	60	214	216	195	171	159	284	455	648	517	263	57	10	4	1
0	0	0	0	0	0	0	20	66	30	22	7	1	1	8	26	40	10	7	2	0
0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（ホテル、ＥＲ、0～24時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	10	19	21	13	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	46	91	77	72	27	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	8	78	148	163	233	223	72	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	3	73	91	129	308	541	346	30	2	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	26	72	91	158	552	535	89	8	8	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14	75	131	201	393	758	423	89	11	3	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	18	70	129	174	375	605	864	690	351	77	13	5	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5	2	0	11	35	53	13	10	3	0
0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

付録　エネルギー需要発生分布データ（ホテル、ＥＲ、7～19時）
単位：10^{-2}%

0	0	0	0	0	75	89	101	113	124	133	137	140	143	147	150	152	153	155	157	158
0	0	0	0	0	77	91	105	117	128	138	141	145	148	151	155	156	158	160	161	163
0	0	0	0	0	80	94	108	120	132	142	146	149	153	156	160	161	163	165	167	168
0	0	0	0	0	82	98	112	124	136	147	151	154	158	161	165	167	169	170	172	174
0	0	0	0	0	85	101	115	129	141	152	156	160	163	167	171	172	174	176	178	180
0	0	0	0	0	88	105	119	133	146	157	161	165	169	173	177	179	181	183	185	186
0	0	0	0	0	91	108	124	138	151	163	167	171	175	179	183	185	187	189	191	193
0	0	0	0	0	95	113	129	143	157	169	174	178	182	186	190	192	194	197	199	201
0	0	0	0	0	99	117	134	149	163	176	181	185	189	194	198	200	202	204	207	209
0	0	0	0	0	103	122	139	155	170	183	188	193	197	202	206	208	211	213	215	218
0	0	0	0	0	107	127	145	162	177	191	196	201	206	210	215	217	220	222	225	227
0	0	0	0	0	112	133	152	169	185	200	205	210	215	220	225	227	230	232	235	237
0	0	0	0	0	118	139	159	178	194	210	215	220	225	231	235	238	241	243	246	249
0	0	0	0	0	123	146	167	186	204	220	226	231	237	242	247	250	253	256	258	261
0	0	0	0	0	79	122	161	196	215	232	238	243	249	255	260	263	266	269	272	275
0	0	0	0	0	28	73	115	152	187	219	227	234	242	249	257	260	263	267	270	273
0	0	0	0	0	-29	19	63	103	139	173	181	189	197	205	213	216	220	223	227	230
0	0	0	0	0	-93	-42	4	46	85	121	130	139	147	156	164	167	171	175	179	182
0	0	0	0	0	-166	-112	-62	-17	25	63	72	81	90	99	108	112	116	120	124	128
0	0	0	0	0	-249	-191	-138	-90	-45	-4	6	16	26	35	44	49	53	57	61	65
0	0	0	0	0	-346	-283	-226	-173	-125	-81	-70	-60	-49	-39	-29	-25	-20	-15	-11	-6

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ディーゼルエンジンシステム、１台、発電分担率100％）

0	0	0	89	113	133	140	147	152	155	158	137	140	143	147	150	152	153	155	157	158
0	0	0	91	117	138	145	151	156	160	163	141	145	148	151	155	156	158	160	161	163
0	0	0	94	120	142	149	156	161	165	168	146	149	153	156	160	161	163	165	167	168
0	0	0	98	124	147	154	161	167	170	174	151	154	158	161	165	167	169	170	172	174
0	0	0	101	129	152	160	167	172	176	180	156	160	163	167	161	172	174	176	178	180
0	0	0	105	133	157	165	173	179	183	186	161	165	169	173	177	179	181	183	182	186
0	0	0	108	138	163	171	179	185	189	193	167	171	175	179	183	182	187	189	191	193
0	0	0	113	143	169	178	186	192	197	201	174	178	182	186	190	192	194	197	199	201
0	0	0	117	149	176	185	194	200	204	209	181	185	189	194	198	200	202	204	207	209
0	0	0	122	155	183	193	202	208	213	218	188	193	197	202	206	208	211	213	215	218
0	0	0	127	162	191	201	210	217	222	227	196	201	206	210	215	217	220	222	225	227
0	0	0	133	169	200	210	220	227	232	237	205	210	215	220	225	227	230	232	235	237
0	0	0	139	178	210	220	231	238	243	249	215	220	225	231	235	238	241	243	246	249
0	0	0	146	186	220	231	242	250	256	261	226	231	237	242	257	250	253	256	258	261
0	0	0	122	196	232	243	255	263	269	275	238	243	249	255	260	263	266	269	272	272
0	0	0	73	152	219	234	249	260	267	273	227	234	242	259	257	260	263	267	270	253
0	0	0	19	103	173	189	205	216	223	230	181	189	197	205	213	216	220	223	227	230
0	0	0	−42	46	121	139	156	167	175	182	130	139	147	156	164	167	171	172	179	182
0	0	0	−112	−17	63	81	99	112	120	128	72	81	90	99	108	112	116	120	124	128
0	0	0	−191	−90	−4	16	35	49	57	65	6	16	26	35	44	49	53	57	61	65
0	0	0	−283	−173	−81	−60	−39	−25	−15	−6	−70	−60	−49	−35	−29	−25	−20	−15	−11	−6

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ディーゼルエンジンシステム、２台、発電分担率100％）

0	0	113	140	152	158	140	147	152	155	158	149	140	132	123	114	105	96	87	78	69
0	0	117	145	156	163	145	151	156	160	163	154	145	136	126	117	108	99	90	81	71
0	0	120	149	161	168	149	156	161	165	168	159	149	140	131	121	112	102	93	83	74
0	0	124	154	167	174	154	161	167	170	174	164	154	145	135	125	115	106	96	86	76
0	0	129	160	172	180	160	167	172	176	180	170	160	150	140	129	119	109	99	89	79
0	0	133	165	179	186	165	173	179	183	186	176	165	155	145	134	124	113	103	92	82
0	0	138	171	182	193	171	179	185	189	193	182	172	161	150	139	128	117	106	93	85
0	0	143	178	192	201	178	186	192	197	201	190	178	167	156	144	133	122	110	99	88
0	0	149	185	200	209	185	194	200	204	209	197	182	171	162	150	138	127	115	103	91
0	0	155	193	208	218	193	202	208	213	218	205	193	181	169	156	144	132	120	107	95
0	0	162	201	217	227	201	210	217	222	227	214	201	189	176	163	150	138	125	112	99
0	0	169	210	227	237	210	220	227	232	237	224	211	197	184	171	157	144	131	117	104
0	0	178	220	238	249	220	231	238	243	249	235	221	207	193	179	165	151	137	123	109
0	0	186	231	250	261	231	242	250	256	261	246	232	217	202	188	173	158	144	129	114
0	0	196	243	263	275	243	255	263	269	275	259	244	228	213	198	182	167	151	136	120
0	0	152	234	260	273	234	249	260	267	273	272	257	241	225	208	292	176	160	143	127
0	0	103	189	216	230	189	205	216	223	230	229	227	225	224	221	203	186	169	152	134
0	0	46	139	167	182	139	156	167	175	182	180	179	177	175	173	172	170	168	161	143
0	0	-17	81	112	128	81	99	112	120	128	126	124	122	120	118	116	115	113	111	109
0	0	-90	16	59	65	16	35	49	57	65	63	61	59	57	55	53	51	49	47	45
0	0	-173	-60	-25	-6	-60	-39	-25	-15	-6	-9	-11	-13	-15	-17	-19	-22	-24	-26	-28

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ディーゼルエンジンシステム、２台、発電分担率50％）

0	0	0	0	0	68	84	99	112	123	133	136	139	142	144	147	148	150	151	153	154
0	0	0	0	0	70	87	102	115	127	137	140	143	146	149	151	153	154	156	157	159
0	0	0	0	0	72	90	105	119	131	142	145	148	151	154	156	158	159	161	162	164
0	0	0	0	0	75	93	109	123	135	147	150	153	156	159	162	163	165	166	168	169
0	0	0	0	0	77	96	113	127	140	152	155	158	161	164	167	169	170	172	174	175
0	0	0	0	0	80	99	117	132	145	157	160	164	167	170	173	175	177	178	180	181
0	0	0	0	0	83	103	121	137	150	163	166	170	173	176	179	181	183	185	187	188
0	0	0	0	0	68	107	126	142	156	169	173	176	180	183	186	188	190	192	194	195
0	0	0	0	0	31	97	131	147	162	176	180	183	187	191	194	196	198	200	201	203
0	0	0	0	0	-9	59	119	154	169	183	187	191	195	198	202	204	206	208	210	212
0	0	0	0	0	-53	18	81	136	177	191	195	199	203	207	211	213	215	217	219	221
0	0	0	0	0	-101	-26	39	96	147	193	204	209	213	217	220	223	225	227	229	231
0	0	0	0	0	-154	-75	-7	53	107	154	173	191	208	224	231	233	235	238	240	242
0	0	0	0	0	-211	-129	-57	6	62	112	132	150	168	186	202	214	225	236	247	254
0	0	0	0	0	-275	-188	-113	-46	13	65	86	106	125	143	160	172	184	196	207	218
0	0	0	0	0	-346	-254	-175	-104	-42	13	35	56	76	95	113	126	139	151	163	175
0	0	0	0	0	-425	-328	-244	-169	-103	-45	-21	1	22	42	61	75	88	101	114	126
0	0	0	0	0	-514	-411	-321	-242	-172	-110	-85	-62	-39	-18	3	17	31	45	59	72
0	0	0	0	0	-615	-505	-409	-325	-251	-184	-158	-133	-109	-86	-64	-48	-33	-18	-4	10
0	0	0	0	0	-730	-613	-510	-420	-340	-268	-240	-214	-188	-163	-140	-123	-107	-91	-76	-61
0	0	0	0	0	-863	-737	-626	-529	-443	-366	-336	-307	-279	-253	-227	-209	-192	-175	-158	-142

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ガスエンジンシステム、１台、発電分担率100％）

0	0	0	84	112	133	139	144	148	151	154	136	139	142	144	147	148	150	151	153	154
0	0	0	87	115	137	143	149	153	156	159	140	143	146	149	151	153	154	156	157	159
0	0	0	90	119	142	148	154	158	161	164	145	148	151	154	156	158	159	161	162	164
0	0	0	93	123	147	153	159	163	166	169	150	153	156	159	162	163	165	166	168	169
0	0	0	96	127	152	158	164	169	172	175	155	158	161	164	167	169	170	172	174	175
0	0	0	99	132	157	164	170	175	178	181	160	164	167	170	173	175	177	178	180	181
0	0	0	103	137	163	170	176	181	185	188	166	170	173	176	179	181	183	185	187	188
0	0	0	107	142	169	176	183	188	192	195	173	176	180	183	186	188	190	192	194	195
0	0	0	97	147	176	183	191	196	200	203	180	183	187	191	194	196	198	200	201	203
0	0	0	59	154	183	191	198	204	208	212	187	191	195	198	202	214	216	208	210	212
0	0	0	18	136	191	199	207	213	217	221	195	199	203	207	211	213	215	217	219	221
0	0	0	-26	96	193	209	217	223	227	231	204	209	213	217	220	223	225	227	229	231
0	0	0	-75	53	154	191	224	233	238	242	173	191	208	224	231	233	235	238	240	242
0	0	0	-129	6	112	150	186	214	236	254	132	150	168	186	202	214	225	236	247	254
0	0	0	-188	-46	65	106	143	172	196	218	86	106	125	143	160	172	184	196	207	218
0	0	0	-254	-104	13	56	95	126	151	175	35	56	76	95	113	126	139	151	163	175
0	0	0	-328	-169	-45	1	42	72	101	126	-21	1	22	42	61	75	88	101	114	126
0	0	0	-411	-242	-110	-62	-18	17	45	72	-85	-62	-39	-18	3	17	31	56	59	72
0	0	0	-505	-325	-184	-133	-86	-48	-18	10	-158	-133	-109	-86	-63	-48	-33	-18	-4	10
0	0	0	-613	-420	-268	-214	-163	-123	-91	-61	-240	-214	-188	-163	-140	-123	-107	-91	-76	-61
0	0	0	-737	-529	-366	-307	-253	-209	-175	-142	-336	-307	-279	-253	-227	-209	-192	-175	-158	-142

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ガスエンジンシステム、２台、発電分担率100％）

0	0	112	139	148	154	139	144	148	151	154	145	137	128	119	111	102	93	84	76	67
0	0	115	143	153	159	143	149	153	156	159	150	141	132	123	114	105	96	87	78	69
0	0	119	148	158	164	148	154	158	161	164	155	145	136	127	118	108	99	90	81	71
0	0	123	153	163	169	153	159	163	166	169	160	150	141	131	122	112	102	93	83	74
0	0	127	158	169	175	158	164	169	172	175	165	155	146	136	126	116	106	96	86	76
0	0	132	164	175	181	164	170	175	178	181	171	161	151	141	130	120	110	100	89	79
0	0	137	170	181	188	170	176	181	185	188	178	167	156	146	135	124	114	103	93	82
0	0	142	176	188	195	176	183	188	192	195	184	173	162	151	140	129	118	107	96	85
0	0	147	183	196	203	183	191	196	200	203	192	180	169	157	146	134	123	112	100	89
0	0	154	191	204	212	191	198	204	208	212	200	188	176	164	152	140	128	116	104	92
0	0	136	199	213	221	199	207	213	217	221	208	196	183	171	159	146	134	121	109	96
0	0	96	219	223	231	209	217	223	227	231	218	205	182	179	166	143	140	127	114	101
0	0	53	191	233	242	191	224	233	238	242	228	215	201	187	174	160	146	133	119	105
0	0	6	150	214	254	150	186	214	236	254	240	225	211	197	182	168	154	139	125	111
0	0	-46	106	172	218	106	143	172	196	218	221	225	222	207	192	177	162	147	132	117
0	0	-104	56	126	175	56	95	126	151	175	178	181	185	188	191	187	171	155	139	123
0	0	-169	1	75	126	1	42	75	101	126	130	133	137	140	144	147	151	155	147	130
0	0	-242	-62	17	72	-62	-18	17	45	72	75	79	83	87	90	94	98	102	105	109
0	0	-325	-133	-48	10	-133	-86	-48	-18	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50
0	0	-420	-214	-123	-61	-214	-163	-123	-91	-61	-57	-52	-48	-44	-39	-35	-31	-27	-22	-18
0	0	-529	-307	-209	-142	-307	-253	-209	-175	-142	-138	-133	-129	-124	-119	-115	-110	-105	-101	-96

付録　システムの省エネルギー性データ（省エネルギー率：10^{-1}％）
（ガスエンジンシステム、２台、発電分担率50％）

0	37	73	110	147	183	220	257	293	330	367	403	440	477	513	550	587	623	660	697	733
0	36	71	107	142	178	213	249	284	320	356	391	427	462	498	533	569	605	640	676	711
0	34	69	103	138	172	207	241	276	310	345	379	413	448	482	517	551	586	620	655	689
0	33	67	100	133	167	200	233	267	300	333	367	400	433	467	500	533	567	600	633	667
0	32	64	97	129	161	193	226	258	290	322	355	387	419	451	483	516	548	580	612	645
0	31	62	93	124	156	187	218	249	280	311	342	373	405	436	467	498	529	560	591	622
0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600
0	29	58	87	116	144	173	202	231	260	289	318	347	376	405	433	462	491	520	549	578
0	28	56	83	111	139	167	194	222	250	278	306	333	361	389	417	445	472	500	528	556
0	27	53	80	107	133	160	187	213	240	267	293	320	347	373	400	427	453	480	507	533
0	26	51	77	102	128	153	179	204	230	256	281	307	332	358	383	409	435	460	486	511
0	24	49	73	98	122	147	171	196	220	245	269	293	318	342	367	391	416	440	465	489
0	23	47	70	93	117	140	163	187	210	233	257	280	303	327	350	373	397	420	443	467
0	22	44	67	89	111	133	156	178	200	222	245	267	289	311	333	356	378	400	422	445
0	21	42	63	84	106	127	148	169	190	211	232	253	275	296	317	338	359	380	401	422
0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
0	19	38	57	76	94	113	132	151	170	189	208	227	246	265	283	302	321	340	359	378
0	18	36	53	71	89	107	124	142	160	178	196	213	231	249	267	285	302	320	338	356
0	17	33	50	67	83	100	117	133	150	167	183	200	217	233	250	267	283	300	317	333
0	16	31	47	62	78	93	109	124	140	156	171	187	202	218	233	249	265	280	296	311
0	14	29	43	58	72	87	101	116	130	145	159	173	188	202	217	231	246	260	275	289

付録　システムのエネルギー消費特性（従来システム）
（電力需要量－横軸－の最大値を100とした場合の相対値）

0	37	73	99	129	157	187	217	247	276	306	345	375	404	434	463	493	523	553	582	612
0	36	71	96	124	152	181	209	238	266	295	333	361	390	418	447	475	504	533	561	589
0	34	69	92	120	146	174	201	229	256	284	320	348	376	403	430	458	485	513	540	567
0	33	67	89	115	141	167	194	220	246	272	308	335	361	387	413	440	466	493	519	545
0	32	64	86	111	135	161	186	211	236	261	296	321	347	372	397	422	447	473	498	523
0	31	62	82	107	130	154	178	202	226	250	284	308	332	356	380	404	428	453	477	500
0	30	60	79	102	124	147	170	193	216	239	272	295	318	341	363	386	410	433	455	478
0	29	58	76	98	118	141	163	184	206	228	259	281	303	325	347	369	391	413	434	456
0	28	56	72	93	113	134	155	175	196	217	247	268	289	309	330	351	372	393	413	434
0	27	53	69	89	107	127	147	167	186	206	235	255	274	294	313	333	353	373	392	412
0	26	51	66	84	102	121	139	158	176	195	223	241	260	278	297	315	334	353	371	389
0	24	49	62	80	96	114	131	149	166	184	210	228	246	263	280	298	315	333	350	367
0	23	47	59	75	91	107	124	140	156	172	198	215	231	247	263	280	296	313	329	345
0	22	44	56	71	85	101	116	131	146	161	186	201	217	232	247	262	277	293	308	323
0	21	42	56	68	80	94	108	122	136	150	174	188	202	216	230	244	258	273	287	300
0	20	40	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291
0	19	38	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291
0	18	36	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291
0	17	33	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291
0	16	31	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291
0	14	29	56	68	78	92	105	118	132	145	170	184	197	210	223	237	251	264	278	291

付録　システムのエネルギー消費特性（ＣＧＳ、ＤＥ、100％）
（電力需要量－横軸－の最大値を100とした場合の相対値）

0	37	64	94	123	153	187	217	247	276	306	343	381	418	455	493	530	568	605	642	680
0	36	62	90	119	147	181	209	238	266	295	331	367	404	440	476	512	549	585	621	657
0	34	60	87	114	142	174	201	229	256	284	319	354	389	424	459	495	530	565	600	635
0	33	58	84	110	136	167	194	220	246	272	306	341	375	409	443	477	511	545	579	613
0	32	56	80	105	131	161	186	211	236	261	294	327	360	393	426	459	492	525	558	591
0	31	53	77	101	125	154	178	202	226	250	282	314	346	378	409	441	473	505	537	569
0	30	51	74	97	120	147	170	193	216	239	270	301	331	362	393	423	454	485	516	546
0	29	49	70	92	114	141	163	184	206	228	258	287	317	346	376	406	435	465	495	524
0	28	47	67	88	108	134	155	175	196	217	245	274	302	331	359	388	416	445	473	502
0	27	44	64	83	103	127	147	167	186	206	233	261	288	315	343	370	398	425	452	480
0	26	42	60	79	97	121	139	158	176	195	221	247	274	300	326	352	379	405	431	457
0	24	40	57	74	92	114	131	149	166	184	209	234	259	284	309	335	360	385	410	435
0	23	38	54	70	86	107	124	140	156	172	196	221	245	269	293	317	341	365	389	413
0	22	36	50	65	81	101	116	131	146	161	184	207	230	253	276	299	322	345	368	391
0	21	34	47	61	75	94	108	122	136	150	172	194	216	238	259	281	303	325	347	369
0	20	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	181	201	222	243	263	284	305	326	346
0	19	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	176	191	206	226	246	265	285	305	324
0	18	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	176	191	206	221	236	252	267	283	302
0	17	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	176	191	206	221	236	252	267	282	297
0	16	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	176	191	206	221	236	252	267	282	297
0	14	34	46	59	73	92	105	118	132	145	161	176	191	206	221	236	252	267	282	297

付録　システムのエネルギー消費特性（ＣＧＳ、ＤＥ、50％）
（電力需要量－横軸－の最大値を100とした場合の相対値）

研究報文一覧

＜審査論文＞

1) コージェネレーションシステム選定プログラムの開発 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会第９回電子計算機利用シンポジウム	1987.3
2) Present Situation and Problems of Cogeneration in Buildings [Fujii, Tarumi, Yuasa]	The International Symposium on Building-Urban Environmental Engineering, Seoul, Korea	1987.10
3) コージェネレーションシステムの建築への適用に関する研究　建物用途および運転条件を考慮した評価 ［藤井、垂水、湯浅］	日本建築学会計画系論文報告集 第387号	1988.5
4) 民生用コージェネレーションシステムの実態調査 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会計画系論文報告集 第389号（報告）	1988.7
5) Energy Conservation Potential of Cogeneration System for Commercial Use [Fujii, Tarumi, Yuasa]	International Conference on Energy Sources Management and Energy Saving Technology, Beijing,China	1988.9
6) Application of Cogeneration System to Building Equipments [Fujii, Tarumi, Yuasa]	IFAC/IFORS/IAEE International Symposium on Energy Systems, Management and Economics, Tokyo,Japan	1989.10
7) Energy Estimation of Cogeneration System for Buildings [Fujii, Tarumi, Yuasa]	International Gas Research Conference, Tokyo, Japan	1989.11

＜口頭発表論文＞

1) コジェネレーションシステムの導入に関する研究　第６報　事務所建築への適用について ［早川、藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1984.10
2) コジェネレーションシステムの導入に関する研究　第７報　ホテル建築への適用について ［早川、藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1984.10
3) 集合住宅におけるエネルギー有効利用システムに関する研究　第１報　システム別入力エネルギー量の算定 ［早川、藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会関東支部研究報告集	1985.7
4) 集合住宅におけるエネルギー有効利用システムに関する研究　第２報　省エネルギー効果の評価 ［早川、藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会関東支部研究報告集	1985.7
5) コジェネレーションシステムの導入に関する研究　第８報　集合住宅への適用について（Ｉ） ［早川、藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1985.10
6) コジェネレーションシステムの地域冷暖房への適用に関する研究　第１報　モデルの構成に関する考察 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1986.8
7) コジェネレーションシステムの地域冷暖房への適用に関する研究　第２報　地域冷暖房の電力・熱需要特性に基づく適用効果の評価 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1986.8

8) 地域冷暖房におけるエネルギー源としてのコージェネレーションシステムの適用に関する研究　第１報　モデルの基本構成に関する考察とエネルギー需要特性の把握 ［藤井、垂水、湯浅、他］	都市環境工学研究発表会論文集第４号	1986.12
9) 地域冷暖房におけるエネルギー源としてのコージェネレーションシステムの適用に関する研究　第２報　エネルギー需要特性に基づく適用効果の評価 ［藤井、垂水、湯浅、他］	都市環境工学研究発表会論文集第４号	1986.12
10) 建物条件に基づくコージェネレーションシステムの評価 ［藤井、垂水、湯浅、他］	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1987.10
11) 建築設備システムとしてのコージェネレーションに関する研究　建物用途・規模および運転時間帯による評価 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1987.10
12) 民生用コージェネレーションシステムに関する実態調査システム構成と効率に関する解析を中心として ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1987.10
13) 都市エネルギー計画からみたコージェネレーションシステム　その１　わが国における利用動向と適用に関する基本的検討 ［藤井、垂水、湯浅、他］	都市環境工学研究発表会論文集第５号	1987.12
14) 都市エネルギー計画からみたコージェネレーションシステム　その２　民生部門における実態調査 ［藤井、垂水、湯浅、他］	都市環境工学研究発表会論文集第５号	1987.12
15) 都市エネルギー計画からみたコージェネレーションシステム　その３　建物条件に基づくシステムの適用評価 ［藤井、垂水、湯浅、他］	都市環境工学研究発表会論文集第５号	1987.12
16) 都市エネルギー計画からみたコージェネレーションシステム ［藤井、垂水、湯浅、他］	第５回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集	1988.1
17) コージェネレーションシステムにおける蓄熱の効果 ［藤井、垂水、湯浅］	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1988.9
18) 建築設備システムとしてのコージェネレーションに関する研究　蓄熱槽のシステムへの適用と効果について ［藤井、垂水、湯浅］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1988.10
19) 都市エネルギー計画からみたコージェネレーションシステム　蓄熱槽を組み込んだシステムの適用効果 ［藤井、垂水、湯浅］	日本環境管理学会誌第１号	1988.12
20) 分散型エネルギー源としてのコージェネレーションシステムの民生利用評価 ［藤井、垂水、湯浅］	第６回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集	1989.1
21) 蓄熱を考慮したコージェネレーションシステムの評価　コージェネレーションシステムの建築への適用に関する研究 ［藤井、垂水、湯浅］	空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1989.10
22) 都市気候の変化と要因に関する調査 ［藤井、垂水、湯浅、他］	日本建築学会大会学術講演梗概集	1989.10
23) 蓄熱槽を組み込んだコージェネレーションシステムのエネルギー利用評価 ［藤井、垂水、湯浅］	日本環境管理学会誌第３号	1989.11