

教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に関する研究

平成28年9月

角 田 曄 平

【目次】

論文の内容の要旨	i
【本編】	
1. 研究背景	1
1. 1 スマートコミュニティ（エネルギーネットワーク）について	1
1. 2 スマートコミュニティ及びエネルギー面的利用事例	3
1. 3 エネルギーネットワーク構築に向けた事業スキーム	11
1. 4 スマートコミュニティ及びエネルギー面的利用の計画と普及に向けた課題	15
1. 5 研究の目的	18
2. 小中学校におけるエネルギー需要実態把握	23
2. 1 調査対象概要	23
2. 2 データ計測及び収集データ	24
2. 3 年間・月別一次エネルギー消費量	28
2. 4 用途別エネルギー需要量の推計	34
2. 5 年間・月別・用途別エネルギー需要量	37
2. 6 用途別エネルギー需要量の分析	42
2. 7 エネルギー需要原単位及び需要比率（年間・月別・時刻別）	44
2. 8 考察	49
3. 大学におけるエネルギー需要実態把握	50
3. 1 エネルギーシステムの状況	50
3. 2 大学におけるエネルギー消費量	54
3. 3 用途別エネルギー需要量の推計	64
3. 4 時刻別エネルギー需要比率	72
3. 5 蓄熱システムによる時刻別需要比率の補正	77
3. 6 小中学校との比較	80

4. 省エネ自動制御導入効果の検討	81
4. 1 計測概要	81
4. 2 環境計測結果	84
4. 3 電力計測結果	88
4. 4 省エネ自動制御導入効果の分析	95
4. 5 大学全体における省エネ対策とその効果	105
5. 教育施設を中心としたエネルギーネットワークの構築に向けた研究	118
5. 1 エネルギーシミュレーションの概要	118
5. 2 検討条件	131
5. 3 小中学校におけるCGS導入シミュレーション	138
5. 4 エネルギーネットワークモデルにおけるCGS導入シミュレーション	153
5. 5 エネルギーネットワークモデルにおける環境性・経済性評価	200
5. 6 小中学校を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けた分析	216
6. 結論	227
参考文献	229
謝辞	230

【参考資料】

参考資料 1 小中学校アンケート票	参-1
-------------------	-----

論文の内容の要旨

氏名：角 田 曄 平

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に関する研究

2011年3月11日に発生した東日本大震災及び、福島第一原子力発電所における事故等による電力需給の逼迫は、エネルギー供給の重要性を改めて認識させられた。この経験から、我が国では、コージェネレーションシステム(CGS: Co-Generation System)、再生可能エネルギー、省エネ技術、蓄電・蓄熱技術などを建物・地域単位でエネルギーの融通を行い、従来のエネルギー供給システムと相互補完しながら、クリーンかつ高効率で事業継続計画(BCP: Business Continuity Planning)を考慮した災害に対して強靱なエネルギーネットワークやスマートコミュニティの構築に向けた取り組みが推進されている。

教育施設は地域に必ず存在する施設で、全国にある公立小中学校(約30,000校)の90%以上が災害時の避難所に指定されている。しかしながら、避難所に指定されている小中学校での発電機の導入率は17%(約4,700校)に止まっており、避難所の指定と防災機能の実態が必ずしも整合していない。

このような背景から、今後のエネルギーネットワークの構築において、教育施設に周辺地域とエネルギー融通を行うためのCGSを設置し、教育施設をエネルギーネットワークの中心的な施設に位置付ける。それによって、教育施設が災害時にエネルギー供給が多様化されたレジリエントな施設として避難者や地域防災に貢献でき、平常時は周辺地域とのエネルギー融通及びエネルギー利用の最適化によって、省エネルギー及び省CO₂に寄与できることに着目した。

本研究では、これまで未知であった教育施設における用途別エネルギー需要及び時刻別需要比率を明らかにした。これにより、様々な地域における教育施設を中心としたエネルギーネットワークの計画・立案に貢献できる成果を得た。また、将来的にエネルギー効率の高いエネルギーネットワークの構築に向けた省エネ自動制御の導入効果を明らかにし、平常時に適切に運用されているかどうか未知であった現状の教育施設におけるエネルギー利用状況について明らかにした。さらに、本研究で得られたエネルギー需要データ及び省エネ自動制御の効果を基に、教育施設を中心としたエネルギーネットワークを想定し、CGS導入による環境的・経済的便益に関する評価分析を行った。これにより、地域のエネルギー利用の最適化を行う上で、教育施設周辺に立地することが望ましい建物用途や、導入されるCGS規模と災害時に供給が可能となるエネルギー量を明らかにした。

第1章「研究背景」では、本研究の背景と目的を述べ、既往研究における課題を抽出し、本研究の位置付けを明らかにした。エネルギー効率の高いエネルギーネットワークの計画を進めるにあたっては、基本計画時に対象地域におけるエネルギー需要を精度よく予測する必要がある。しかしながら、時刻別・用途別のエネルギー需要を計測し把握した既往研究では、「事務所ビル」「病院」「ホテル」「商業施設」「住宅」の5用途に限られていることと、調査から20年以上が経過しており、現状の教育施設におけるエネルギー需要を想定するためのデータが不足していた。また、避難所に指定されている教育施設のエネルギー需要が明らかにされていないことから、教育施設におけるCGS導入の適合性に関する研究や、周辺施設とエネルギー利用の最適化を目的とした研究が進められていないことが、避難所施設における防災機能の向上の課題及び今後のエネルギーネットワーク・スマートコミュニティの普及に向けた課題と言える。

第2章「小中学校におけるエネルギー需要実態把握」では、エネルギーネットワークの基本計画時の基礎データとなる、用途別エネルギー需要原単位及び時刻別需要比率を明らかにすることを目的とした。具体的には、区立小中学校6校(世田谷区)を対象に電力及びガス消費量の年間計測と、過去10年分のエネルギー消費データを収集し、小中学校における二次及び一次エネルギー消費量を整理した。また、整理したエネルギー消費量が、既存のデータベース(1,321校)と比較して平均的な消費量を示した5校を対象に、用途別エネルギー需要原単位及び時刻別需要比率を分析・整理した。この結果、小中学校におけるエネルギー需要量は、給食の調理の有無により各校の給湯需要の傾向に差異が生じるものの、「照明・コンセント用」や「冷暖房用」のエネルギー需要は小中学校で大きな差は生じない。また、単位面積当たりの照明コンセント用及び冷暖房用のエネルギー需要原単位は、参考文献に整理される「事務所」や「病院」、「ホテル」、「店舗」と比較して少なく、「住宅」と同程度であった。給湯用については、建物が利用される時間帯が類

似し、給湯利用が少ない「事務所」と同程度であった。また、給食を調理している学校においても、給湯用のエネルギー消費量は、全体のエネルギー消費に占める割合が非常に小さいことが明らかとなった。これまで教育施設の需要想定では参考文献における「事務所」の時刻別需要比率を参考にすることが多かったが、照明コンセント用の需要想定では、小中学校の需要パターンを概ね再現ができていたものの、空調用や給湯用については、「事務所」とは異なる学校特有の需要比率となっていることが明らかとなった。

第3章「大学におけるエネルギー需要実態把握」では、エネルギー需要を明らかにした小中学校の近隣に立地する日本大学文理学部を対象とし、エネルギーネットワークの基本計画時のベースとなる、大学における用途別エネルギー需要原単位及び時刻別需要比率を明らかにすることを目的とした。具体的には、2011年度から2013年度までの大学全体のエネルギー消費データをベースに、大学の一次エネルギー消費量の65%以上を占める受電設備における過去3年間の30分間隔電力計測データを用いて一次エネルギー消費量及び用途別エネルギー需要量の分析を行った。この結果、既存のデータベース(98校)と比較した結果、文理学部は、大学としては概ね平均的な一次エネルギー消費量となっており、小中学校の約3.5倍、事務所や商業施設の半分程度のエネルギー消費量となることが分かった。単位面積当たりのエネルギー需要原単位を小中学校の調査結果と比較すると、照明・コンセント用は小中学校の約4倍程度あるものの、空調負荷は2倍程度、給湯負荷は同等程度と、電力需要に対して熱需要が少なくなることが分かった。

第4章「省エネ自動制御導入効果の検討」では、エネルギー需要データを整理する上で、現状の教育施設におけるエネルギー利用が適切に行われているかを確認する必要があると、教育施設における省エネ自動制御の導入効果を明らかにすることを目的とした。具体的には、日本大学文理学部3号館の方位の異なる校舎四隅の3階及び4階の各4教室、計8教室を対象に、温湿度・照度・CO2濃度、人感センサーによるデータ計測を年間1分間隔で実施し、得られたデータを用いて「未使用室における空調・照明制御」「昼光利用による照明制御」「SET*(標準新有効温度:Standard new Effective Temperature)を評価軸とした快適時における空調停止」等の省エネ自動制御を導入することを想定し、その省エネ効果について分析を行った。この結果、教室内における電力消費量に対して、南側教室における昼光利用は2.4%削減、未使用教室における消灯は18.0%削減、快適性を考慮した空調制御では9.2%削減、未使用室における空調停止は27.5%削減、合計で60%程度の省エネ効果が得られることが分かった。特に、未使用室の空調・照明制御による削減効果が大きく、教室で使用されるエネルギーの約半分を省エネ自動制御によって削減可能となった。この結果は、大学における未使用室のエネルギー消費が多いことを示し、大学における今後の省エネ対策に寄与するデータと言える。

第5章「教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けた検討」では、ここまで明らかにしたエネルギー需要データや省エネ自動制御の効果を基に、教育施設を中心としたエネルギーネットワークモデルを想定し、教育施設及び地域でのエネルギー融通によるCGS等のシステム導入効果(環境性(省エネ効果)・経済性)について分析を行う。具体的には、災害時の避難所に指定されている小中学校に単独でCGSを導入した場合と、参考文献に記載される「事務所ビル」「病院」「ホテル」「店舗」「住宅」のエネルギー需要を基に、小中学校を中心として、それぞれの建物用途とエネルギー融通を行うエネルギーネットワークモデルを設定し、エネルギーシミュレーションを実施した。この結果、小中学校に単独でCGSを導入した場合、省エネ効果としては在校時間運転でCGS容量がピーク電力比30%が最も高くなることが分かり、10~20%のCGS容量では供給エネルギー量が不足するものの、40~50%まで大きくなると余剰となる排熱が多くなり省エネ効果が低下することが分かった。経済性としては、夜間の負荷が無くなることでCGSの稼働時間が制限され、エネルギーコスト削減効果が低下するものの、補助事業等を活用することで事業採算性を確保できることが分かった。また、小中学校を中心としたスマートコミュニティモデルに対してCGSを導入した場合、昼夜間ともに需要が発生するホテルや病院と連携し、CGS容量はピーク電力比30~50%設置して24時間連続してエネルギーを供給するシステムとすることで、補助事業を活用せずとも環境性と経済性を両立できるシステムを構築可能であることが分かった。これは、病院やホテルに限らずとも、昼夜間に熱需要が発生する建物用途と連携することが重要であることを示しており、例えば夜間給湯を使用するスポーツ施設や福祉施設、温泉・温浴施設なども有望な施設と言える。また、災害時のエネルギー供給量としては、小中学校単独でCGSを導入する規模よりも、周辺施設とエネルギー融通を想定したCGSの規模の方が大きくなる。これにより、災害時にも小中学校が通常通り授業を行える以上のエネルギー供給が可能となり、避難者や地域防災への貢献度が大きくなることを確認した。

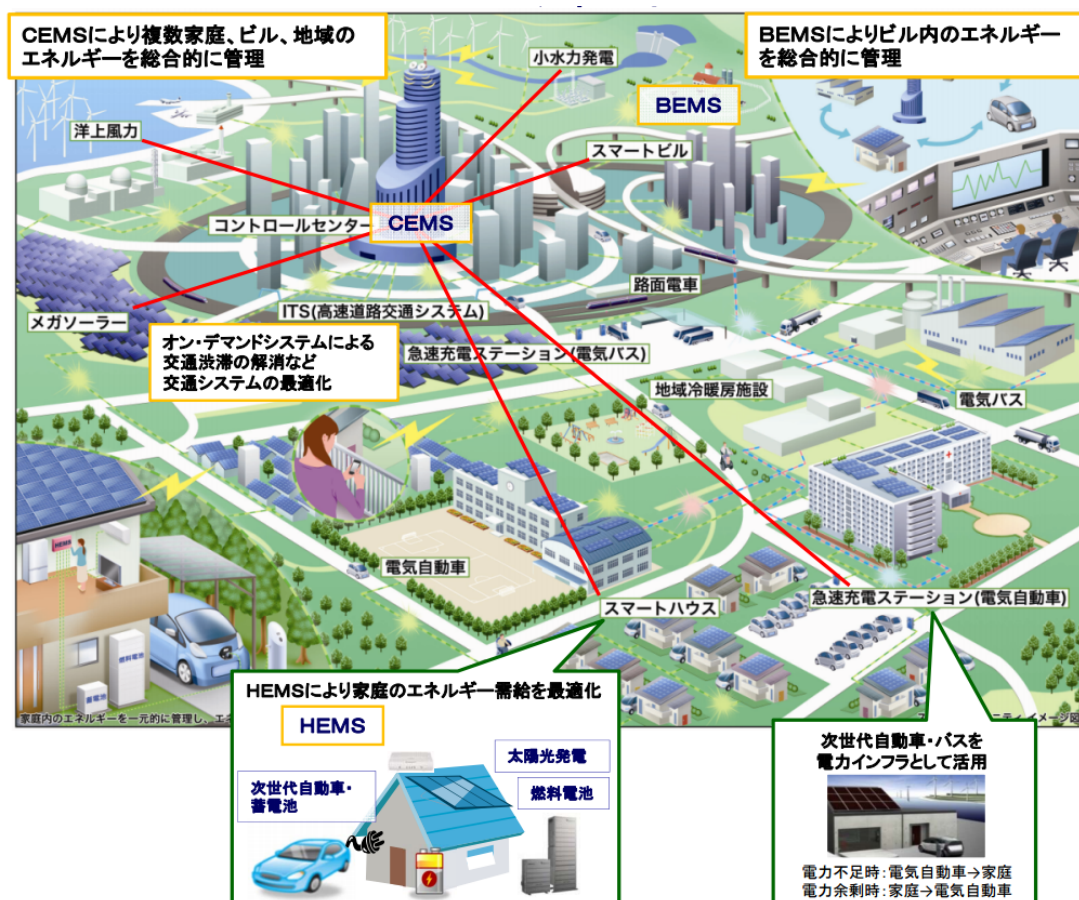
本 編

1. 研究背景

1. 1 スマートコミュニティ（エネルギーネットワーク）について

2011年3月11日に発生した東日本大震災及び、福島第一原子力発電所における事故等による電力需給の逼迫は、エネルギー供給の重要性を改めて認識させられた。また、日本におけるエネルギー供給は化石燃料への依存度が高く、その殆どを輸入に頼っているため、エネルギーの安定供給と有効活用は我が国喫緊の課題となっている。このような背景から、今後のコミュニティの在り方として、燃料電池やガスエンジンなどのコージェネレーションシステム(CGS: Co-Generation System)、太陽光発電や太陽熱、風力発電等の再生可能エネルギー、様々な省エネ技術、蓄電・蓄熱技術などを組み合わせて、従来のエネルギー供給システムと相互補完しながら、クリーンかつ高効率で事業継続計画 (BCP: Business continuity planning) を考慮した災害に対してレジリエントな社会システムの構築が求められてきている。

これらの社会的な課題の解決に向けて、我が国ではスマートコミュニティ（エネルギーネットワーク）の構築に向けた取り組みが積極的に推進されている。

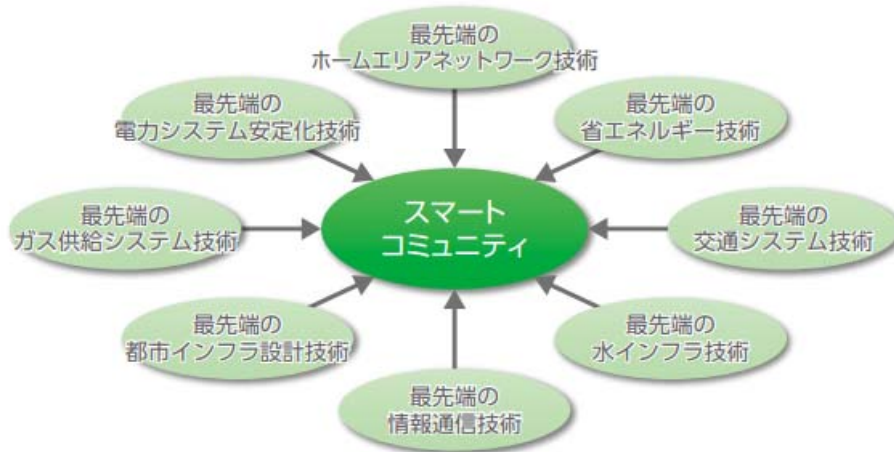


出典：経産省 HP

図1.1.1 スマートコミュニティのイメージ

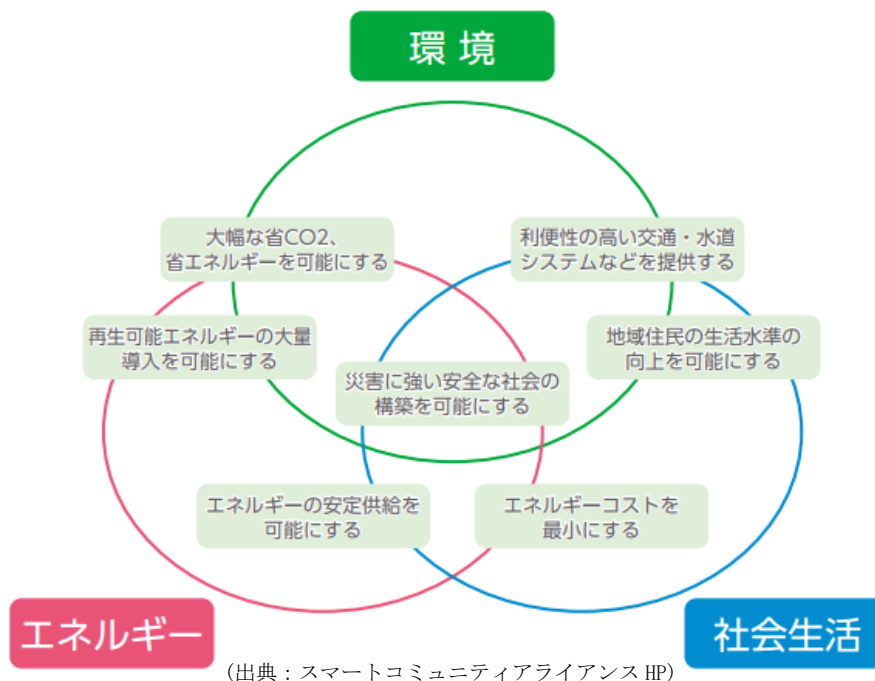
スマートコミュニティとは、再生可能エネルギーやCGS等による電気の有効利用のみならず、熱供給やその他の未利用エネルギーも含めた多様なエネルギーの面的利用システムを構築し、さらにICTや蓄電池等の技術を活用したエネルギーマネジメントシステムを通じてエネルギー需給を総合的に管理してエネルギーの利活用を最適化するとともに、地域の交通システム、高齢者の見守りなどの生活支援サービスなどを複合的に組み合わせた社会システムを構築した地域・エリアを指す。

スマートコミュニティは、供給するエネルギー源を多様化することで災害時にもエネルギーを安定的に供給できるとともに、最先端の省エネ技術・都市インフラ技術・電力システム、ガス供給システムを活用することで、日本全体のエネルギー効率を向上させ、災害時には地域で最低限維持すべき都市機能を確保することを目的としている。



(出典：スマートコミュニティアライアンス HP)

図1.1.2 あらゆる分野の最先端技術を包括するスマートコミュニティ



(出典：スマートコミュニティアライアンス HP)

図1.1.3 スマートコミュニティ構築のメリット

1. 2 スマートコミュニティ及びエネルギー面的利用事例

(1) 主要なスマートコミュニティ事例

近年は、国内の関連省庁及び諸外国でのスマートコミュニティに関する取り組みが活発になってきており、これまでに実施されている国内における主要な4地域のスマートコミュニティ実証を中心に、実施されたプロジェクトの概要やその効果（目標値含む）について下表にまとめる。

表1.2.1 スマートコミュニティに関する主な取り組みとプロジェクト概要

項目/名称	概要	効果 (目標・予測含む)	類似事例
1. 省エネ機器導入及びエネルギー計測に関する取り組み			
■家庭内の燃料電池/太陽光発電/蓄電池/EV充電の制御による最適化	住戸内におけるPV・FCの創エネ機器、EV・蓄電池などによる蓄エネ、高効率給湯器などの省エネ機器を組み合わせることで制御し、負荷平準化と省エネを図る	CO ₂ 70%削減（豊田市実証）	・豊田市東山地区スマートタウン ・けいはんな京田辺市 HEMS プロジェクト
■複数住戸～住宅エリア内の燃料電池/太陽光発電/蓄電池の融通・最適制御	集合住宅・戸建住宅エリアを対象に、複数の燃料電池・太陽光発電・蓄電池を導入し、互いに電力や熱の融通のもと最適制御を行うことで、省エネを達成する	省エネ 40%、CO ₂ 30%削減（磯子スマートハウス） 街区で 40%省エネ（柏の葉）	・磯子スマートハウス実証事業 ・けいはんなエコシティプロジェクト ・本庄スマートエネルギータウンプロジェクト ・イギリス/マンチェスター 住宅熱利用スマート化 ・フランス/リヨン スマートコミュニティ実証
2. 見える化に関する取り組み			
■各住戸のエネルギーの見える化・省エネ行動提案	HEMSを通じて、住戸に対しエネルギー使用量の見える化（前日・前月比較）、エリア内の住宅におけるランキング、インセンティブを伴う省エネ行動を提案し、「住まい手」の省エネ行動を促進	過去の様々な実証等では数%～十数%程度の省エネ	・横浜グリーンパワーモデル事業 ・磯子スマートハウス実証事業 ・豊田市東山地区スマートタウン ・フランス/リヨン スマートコミュニティ実証
■エネルギーセキュリティ検証	FCや発電機と蓄電池を活用し、被災時・停電時でも各住戸内へ自立電源を供給し、エネルギーセキュリティ向上を図る	住宅内の一部電力供給～一定地域内の電力供給	・磯子スマートハウス実証事業 ・トヨタFグリッド構想 ・インドネシア/ジャワ島 工業団地スマート化
3. プライシング/地域CEMSに関する取り組み			
■ダイナミックプライシング	電力の需給状況に合わせて電力料金を変動させ、省エネ・ピークカット、ピークシフト等による効率的なエネルギー需給を目指す	ダイナミックプライシングによる省エネ 12～26%（北九州）	・北九州スマートコミュニティ創造事業 ・横浜グリーンパワーモデル事業
■CEMSによる街（地域）全体のエネルギー需給最適制御	建物のBEMS、住宅のHEMS、その他EVや蓄電池、地域内の太陽光発電などと連携するCEMS（地域エネルギーマネジメントシステム）により地域の省エネと最適化を図る	街区で 40%省エネ（柏の葉）	・北九州スマートコミュニティ創造事業 ・横浜スマートシティプロジェクト ・柏の葉スマートシティプロジェクト ・スペイン/マラガ市 EV 交通管理
4. 快適性を考慮した取り組み			
■人感・室温センサを活用した制御・行動アドバイス	各家庭の人感センサ・温湿度センサの情報を活用した行動アドバイスを提供し、無理のない継続的なエコ活動を支援	—	・豊田市東山地区スマートタウン

① 省エネ機器導入及びエネルギー計測

省エネ機器を導入して省エネ・省CO₂の目標を達成しようとしている取り組みとして、平成24年度から実施されている横浜市スマートシティプロジェクトの「磯子スマートハウス実証事業」や、愛知県豊田市で実施されている「東山地区スマートタウン」などが挙げられる。この2つの実証事業では、平成24年度は省エネ機器の導入とエネルギー消費量の計測によってその効果の確認を行い、平成25年度以降に見える化や快適性を考慮した省エネ・省CO₂の実証試験が実施された。

省エネ機器を導入しエネルギー計測を行っている取り組みでは、機器によってエネルギー消費の削減が行われるため、省エネ効果が住宅の住まい手や建物の利用者には見えにくく、省エネに対する意識の有無に関わらず省エネが達成される取り組みとなる。

このような取り組みは、蓄電池やヒートポンプ給湯機や燃料電池などの蓄熱を含んだ機器も、使用方法や建物側のエネルギーの需要量等によっては、従来システムよりもエネルギーロスが増えることで増エネとなる可能性を秘めており、省エネ寄与しない場合があることと、需要家側が経済的なメリットを享受することにより、不必要なエネルギー消費が増えて増エネとなる場合があるため、機器の使われ方、需要家側の意識が非常に重要となる。

② 見える化に関連する取り組み

省エネ機器の導入とエネルギーの見える化を行い、省エネ・省CO₂の目標を達成する取り組みとしては、「磯子スマートハウス実証事業」において平成25年度に実施されている。見える化に関する取り組みでは、計測・把握したエネルギー等の情報をタブレットPCやスマートフォンなどを通じて提供し、住まい方や機器の使い方のアドバイス等を行うことで、住まい手や建物利用者の省エネに対する意識を高め、自主的な環境配慮行動を促し、省エネを達成する仕組みになる。

このような取り組みは、見える化によって情報を入手した住宅の住まい手や建物の利用者が、環境に意識して行動することによって省エネが達成されるが、見える化によって指示された行動が実行されない場合は、省エネには寄与しないことが挙げられる。また、住まい手や建物の利用者の行動に依存することで、経年的に省エネが達成されることも課題の一つに挙げられており、見える化の継続的な利用と利用者側の意識の改革及び持続が非常に重要となる。

③ プライシングによる取り組み

プライシングによる取り組みは、エネルギーが逼迫する時間帯のエネルギー料金をリアルタイムで制御・課金し、省エネ・省CO₂・ピークカットに向けた行動を促し、省エネを達成しようとする取り組みである。代表的な取り組みとしては、平成24年度から実施されている北九州スマートコミュニティ創造事業の「ダイナミックプライシング実証」が挙げられる。この取り組みは、住宅の住まい手や建物の利用者・管理者に対して、エネルギー需要が逼迫する時間帯に高い料金を強制することになるため、北九州の取り組みでは下表に示すピークカット効果が得られることが報告されている。

課題として、省エネ・省CO₂効果として、CPP(Critical Peak Pricing)が設定されている時間帯のエネルギー消費は減るものの、CPPが設定されていない時間帯は、従来よりも電力料金が安く設定されることになるため、需要量が増加する可能性もあり、運用にはまだ課題が残されている。

表1.2.2 ピークカット効果

CPP レベル (13～17 時)	効果 (%)
CPP=50 円	18.1%
CPP=75 円	18.7%
CPP=100 円	21.7%
CPP=150 円	22.2%

④ 快適性を考慮した取り組み

快適性を考慮した省エネの取り組みとして、「豊田市東山地区スマートタウン」において平成25年度以降に実施されている。この取り組みでは、各家庭の人感センサや温湿度センサの情報から、快適性を踏まえた省エネ行動アドバイスを提案し、住宅の住まい手の行動を誘導し、省エネを達成する取り組みとなっている。この対策は、前述する見える化とは異なり、住宅の住まい手の快適性を評価に含んでいるため、評価の方法が非常に複雑になるが、省エネを達成する最終的な手段は、居住者への行動提案などに止まっており、「見える化」の取り組みと大きくは変わらない。

課題として、省エネの達成には住まい手や建物利用者の行動に依存することになるため、「見える化」での取り組みと同様の課題と対策が重要となる。

⑤ 国内における主要な4つのプロジェクト主な取り組みと成果

国内における主要な4地域のスマートコミュニティの取組は、「横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)」「豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト」「けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト」「北九州スマートコミュニティ創造事業」となっている。これらの取組と得られた成果を下表にまとめる。

現状のスマートコミュニティの取組では、省エネ・省CO₂効果やピークカット効果が確認されており、今後もこれらの成果を着実に積み上げ、より洗練されたスマートコミュニティの構築に向けた取り組みを継続的に実施していくことが、更なる省エネルギー・省CO₂を達成し、災害に対してレジリエントな地域・コミュニティに寄与していくといえる。

表1.2.3 4地域実証プロジェクトの主な取り組みの内容と成果

サイト	主な取り組みの内容	主な成果
横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)	【広域大都市型】 <ul style="list-style-type: none"> ● みなとみらい地区、港北ニュータウン、金沢地区の広域で4,000世帯を含む地域全体のエネルギー管理システムを技術実証 ● ポイント制による疑似的なダイナミックプライシングを導入し、住民の需要の変化を実証(デマンドレスポンス実証)。 ● 大規模リチウムイオン電池(1MW)を変電所に設置、家庭の蓄電池仮想的に1つの蓄電池として制御 	<ul style="list-style-type: none"> ● 大規模商業施設、オフィスのビルデマンドレスポンスで15%程度のピークカットを達成 ● 需要家側蓄電池、集配システム、需給調整用蓄電池を監視制御し、系統との協調を図る蓄電池SCADAを開発
豊田市低炭素社会システム実証プロジェクト	【戸別住宅型】 <ul style="list-style-type: none"> ● 太陽光発電、家庭用燃料電池、蓄電池、プラグインハイブリッド自動車を用意した67軒のスマートハウスを建設。 ● 渋滞情報等の提供による交通部門のデマンドサイドマネジメントを実施。 ● ポイント制による疑似的なダイナミックプライシングを導入し、住民の需要の変化を実証(デマンドレスポンス実証)。 	<ul style="list-style-type: none"> ● EDMS(エネルギー情報マネジメントシステム)からのサービス提供により、EDMS未導入世帯に比べて15~25%程度のCO₂削減を達成
けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト	【住宅団地型】 <ul style="list-style-type: none"> ● 約900世帯からなる新興住宅団地にポイント制による疑似的なダイナミックプライシングを導入し、住民の需要の変化を実証(デマンドレスポンス実証) ● 家庭向けのエネルギーコンサルティング(家庭向けESCO)を行うとともに、宅内エネルギー見える化端末を用いたヘルスケアや商品販売等のサービスのビジネス化の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ● 家庭需要家700戸を対象としたデマンドレスポンスで、約2割のピークカットを達成
北九州スマートコミュニティ創造事業	【地方中核都市型(特定供給エリア型)】 <ul style="list-style-type: none"> ● 新日鐵による電力特定供給が行われている地域において、230世帯、50事業所にスマートメーターを設置し、需給状況に応じてリアルタイムで電力価格を変更するダイナミックプライシングを実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ● ダイナミックプライシングの提供により、一般的な従量電灯契約の家庭に比べて18~22%のピークカットを達成

(2) CGS利用を含むエネルギー面的利用事例

① 低炭素社会に貢献する地域熱供給（ささしまライブ24）

ささしまライブ24地域は、JR名古屋駅の南、約1km、旧国鉄・笹島貨物駅跡で再開発が進められている。広さは12.4haで、名古屋市によって「国際歓迎・交流の拠点の形成」を目指した街づくりが進められている。

同地域には、「愛知大学名古屋校舎」が名古屋市郊外から移転し、今後は、「中京テレビ放送（日テレ系）」の全面移転が予定され、さらにホテル・オフィス・コンベンションなどが入る複合施設で37階建の「グローバルゲート」の整備が予定されている。ささしまライブ24DHCエネルギーセンターは、愛知大学の地下に設備を設けて、平成24年4月より熱供給事業を開始した。今後は、名古屋市上下水道局との連携により下水再生水を地域熱供給の熱源へ利用することや太陽光熱エネルギーの活用を計画しており、CGSと水蓄熱槽、トッランナー機器との組み合わせによる国内最高クラスの効率と地域防災に貢献する熱供給事業を目指している。

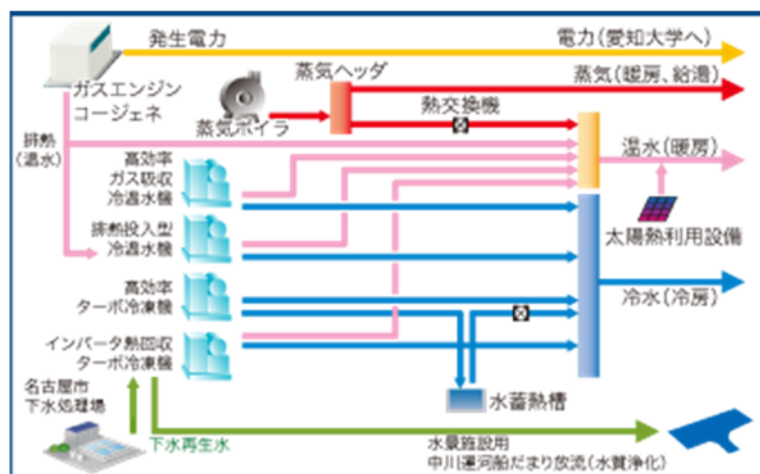


図1.2.1 地域の状況とエネルギー供給フロー（事業者HPより）

② スマートエネルギーネットワークによるまちづくり（田町駅東口北）

田町駅東口北地域では、従来の地域熱供給をさらに進化させたスマートエネルギーネットワークによる省CO₂型のまちづくりが進められており、熱、電気、情報のネットワークを構築し、需要側と供給側が連携して最適な運転制御を行うシステムを導入している。CO₂の排出削減率は、従来型の地域熱供給※と比較して53%の削減を見込んでおり、将来的には西側の開発エリアに設置する第2スマートエネルギーセンターと連携することにより、省CO₂とセキュリティーの一層の向上を目指している。地域熱供給は、このような最新技術を導入することが可能な都市インフラとしても期待されている。

※2000年頃竣工の蒸気吸収式冷凍機、温水吸収式冷凍機、炉筒煙管ボイラー、ガスエンジンコージェネレーションシステムを導入した地域熱供給システムを想定



公共公益施設



児童福祉施設(改修) 愛育病院

図1.2.2 地域の状況(完成イメージ) (事業者HPより)

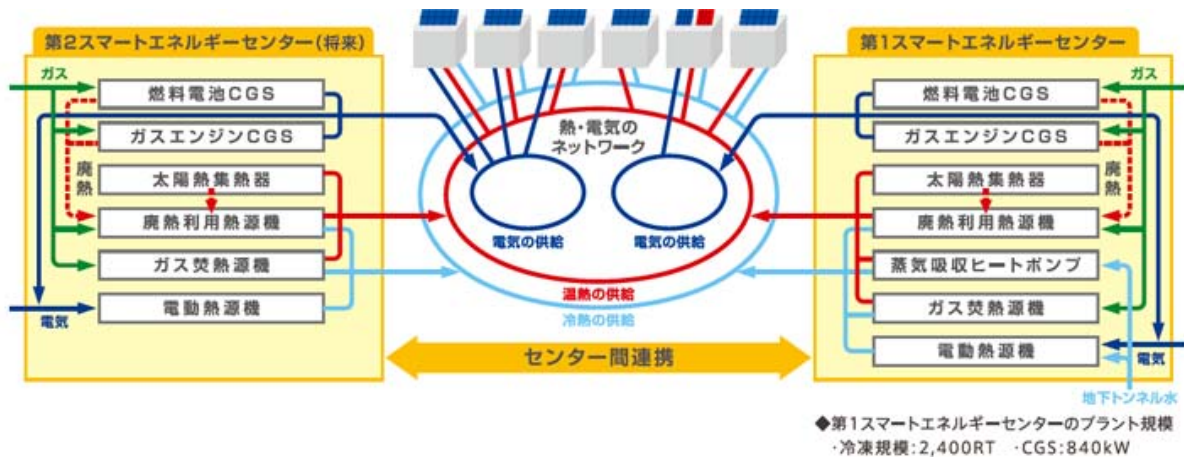


図1.2.3 エネルギー供給フロー(事業者HPより)

③ 防災都市の実現（六本木ヒルズ）

六本木ヒルズは21世紀の東京「文化都心」の拠点として、オフィス、住宅、商業施設の他、美術館等の文化施設を中心にホテルやテレビスタジオ等の情報施設も併設される国内最大規模の再開発地区であり、複数の街区にわたり一体的な再開発が行われた地域となっている。効率的なエネルギー供給を目的としてガスタービンCGS（38,660kW）を用いて特定電気事業として電力供給を行う電気供給施設と、その発電時の排熱を有効活用する熱供給施設（19,000RT）とを併設して、省エネルギーと環境負荷低減への貢献を行っている。発電設備については非常時等の防災型電源としての活用を図っており、再開発地区内の事務所棟、ホテル棟、劇場棟及び住宅棟に電気供給を、そして再開発地区内の全建物に熱供給を行っている。



図1.2.4 地域の状況(事業者HPより)

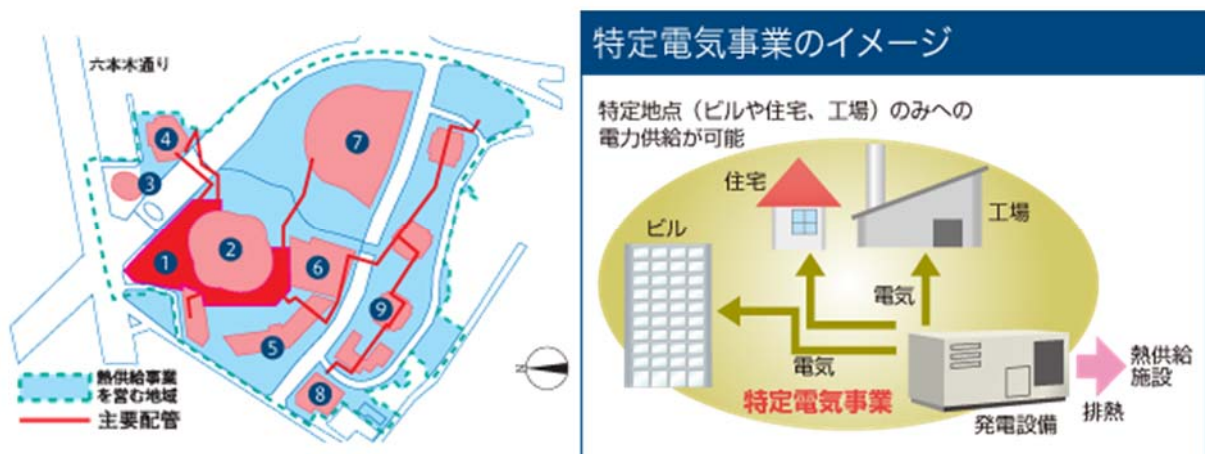


図1.2.5 エネルギー供給エリアと特定電気事業のイメージ(事業者HPより)

④ 大規模なまちづくり（新宿新都心）

新宿新都心地区では1971年（昭和46年）4月から地域冷暖房による熱の供給を開始し、都庁の移転や新宿パークタワーの建設など当地の発展に対応するため、1990年に新宿地域冷暖房センターを増移設している。現在の冷凍規模は59,000RTと世界最大級の規模をほこり、供給区域面積は33.2万m²、お客さま延床面積は220万m²に及ぶ。システムは、ガスタービンCGS（8,500kW（2012年3月現在））を採用し、新宿パークタワービルへの電力特定供給、地冷センターの自家使用電力として利用している。排熱と水管式ボイラーで発生させた蒸気は、暖房・給湯用に減温、減圧して地区全体へ供給している。また、この蒸気を熱源とする吸収式冷凍機と蒸気タービン・ターボ冷凍機で冷水を製造し、冷房用に供給している。



図1.2.6 地域の状況（事業者HPより）

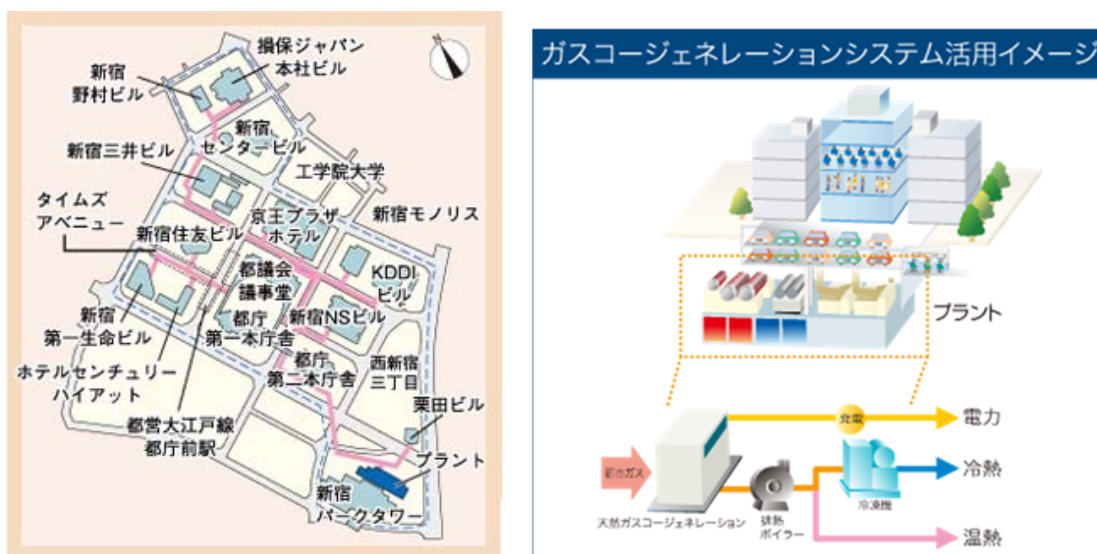


図1.2.7 エネルギー供給エリアとエネルギー供給イメージ（事業者HPより）

前述する電力の供給類型とその特徴を以下に示すが、エネルギーネットワークの構築にあたっては、熱需要が十分にありCGSによる電気と熱の両方のすべてを自家消費することが可能であれば、「特定規模電気事業」によって当該エリアの電力需要を100%供給する方法も考えられる。しかしながら、熱需要が豊富に存在するエリア・建物は少なく、熱需要が不足する場合は、自己電源比率50%の制約で、保有するCGSの設備投資を極力抑えることができる「特定規模電気事業者」「特定供給」による事業スキームが望ましい。また、この2つの類型については、平成24年3月に自己電源保有比率100%から50%まで引き下げられたところであり、将来的にも50%未満に引き下げられる議論が進められていた。但し、電力小売の完全自由化により今後、新たな事業スキームが創出される可能性もある。

表1.3.2 特定電気事業の概要

<p>概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 許可を受けた供給地点においては、自ら送配電ネットワークを保有し当該供給地点における電力需要に対して供給する義務を負うほか、退出規制の対象となるなど、基本的に一般電気事業者と同様の規制に服している。 ○ 原則として供給地点内に供給力を保有することが求められているが、現状では、再生可能エネルギーの導入円滑化の観点から、供給地点外の電源から一般電気事業者の託送供給により電気を調達することが可能となっている。 ○ 特定電気事業者の有する発電設備に事故が生じた場合や検査・補修の場合等において、一般電気事業者が不足する電力を供給地点の域外から供給するため、補完供給契約が制度的に措置されている。 ○ 自己保有電源比率50%以上で、熱需要が少ないエリアでは、設備投資が過大になる可能性がある。
<p>イメージ</p>	<p>一般電気事業者の送配電ネットワーク</p> <p>一般電気事業者の系統を通じた託送供給。</p> <p>特定電気事業者の発電所が事故などで停止した特別な場合のみ、電力会社がバックアップ。(補完供給契約)</p> <p>青実線: 一般電気事業者 赤点線: 特定電気事業者</p> <p>受電地点</p> <p>発電所 一定の供給力</p> <p>地点内の需要家</p> <p>特定電気事業</p> <p>供給地点における需要は、特定電気事業者の所有する送配電ネットワークを通じて供給。</p>

表1.3.3 特定規模電気事業（新電力(PPS)）の概要

<p>概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ PPSは、電気事業法における供給区域（地点）内における供給義務や電圧・周波数の維持義務を負わないものの、電気の需給調整に係る使用制限や経済産業大臣による報告徴収の対象となるほか、電気事業者として電気事業者相互間の協調に服することが求められている。 ○ PPSが一般電気事業者による託送供給を通じて需要家に電気を供給する際には、30分間における実発電量と実需要量のそれぞれの合計値を一致させることが求められている（30分同時同量）。PPSの発電量が不足していた場合、PPSは一般電気事業者から不足分の供給を受け、当該補給に係る料金（インバランス料金）を支払うこととなる。 ○ 複数の発電事業者によるバラシンググループを形成した場合でも、30分同時同量による電力供給が必要となり、PPS事業者は、一般的にこの「30分同時同量の難しさ」に加え、「インバランス（消費電力量と発電電力量との差分）リスク」「再生可能エネルギーの利用の難しさ」「価格競争」といった4つの大きな課題がある。
<p>イメージ</p>	<p>特定規模電気事業・託送のイメージ</p>

表1.3.4 特定供給の概要

<p>概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 特定供給とは、主にコンビナート内等で発電した電気を他の工場や子会社等に供給する場合に活用することが可能な制度のことで、案件ごとに経済産業大臣の許可が必要。 ○ 特定供給は、①電気を供給する事業を行う者と供給の相手方（低圧部門の需要家も含む）との間に、資本関係や組合を設立している等の密接な関係を有している場合、②一般の需要家の利益を阻害するおそれがないこと、の場合に限って、供給の相手方及び供給する場所ごとに許可を得ることで、許可を得た特定の相手に対し電気を供給する事業を営む事が出来る制度である。 ○ 需要家との間で密接な関係が存在することから、自家発自家消費に類似した性格を有するものと認められ、需要家への供給義務や料金等の供給条件の届出義務は課せられていない。 ○ 自己保有電源比率50%以上で、熱需要が少ないエリアでは、設備投資が過大になる可能性があるが、平成25年に「自らの電源を保有しなくとも、特定の電源との契約により、需要家への電力供給が確実であれば、自己電源とみなす」「太陽光など自己電源の出力が不安定でも、蓄電池や燃料電池と組み合わせることで一定量の自己電源とみなす」等、規制緩和に向けた動きがある。
<p>イメージ</p>	<p>特定供給のイメージ</p> <p>発電設備のある A社 X工場</p> <p>自営線</p> <p>B社 Y工場</p> <p>A社子会社 Z事業所</p> <p>密接な関係の例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生産工程 ・資本関係 ・人的関係 ・長期継続する一の企業に準ずる関係等 ・組合

1. 4 スマートコミュニティ及びエネルギー面的利用の計画と普及に向けた課題

(1) 計画の進め方

スマートコミュニティやエネルギー面的利用の計画の大きな流れとしては、「検討ケース想定」→「エネルギー需要（負荷）想定」→「条件整理」→「エネルギーシミュレーション（エネルギー収支計算・コスト計算）」→「評価（環境性（省エネ・省CO2性）・経済性）」→「総合評価」→「導入可否判断」となる。導入計画の主な流れを下図に示す。

これらの計画においては、様々な条件設定を行う必要がある。まず、計画におけるシステムの位置づけ及び導入の目的を明確にする。この計画段階における条件設定は、後の設計段階における設計条件となり重要となるため、より具体的な条件設定が必要となる。特に、導入する建物あるいは、施設の特性をなるべく正確に把握し、需要条件（負荷条件）設定を行い、具体的な機器を選定し、条件設定を行うことが望ましい。

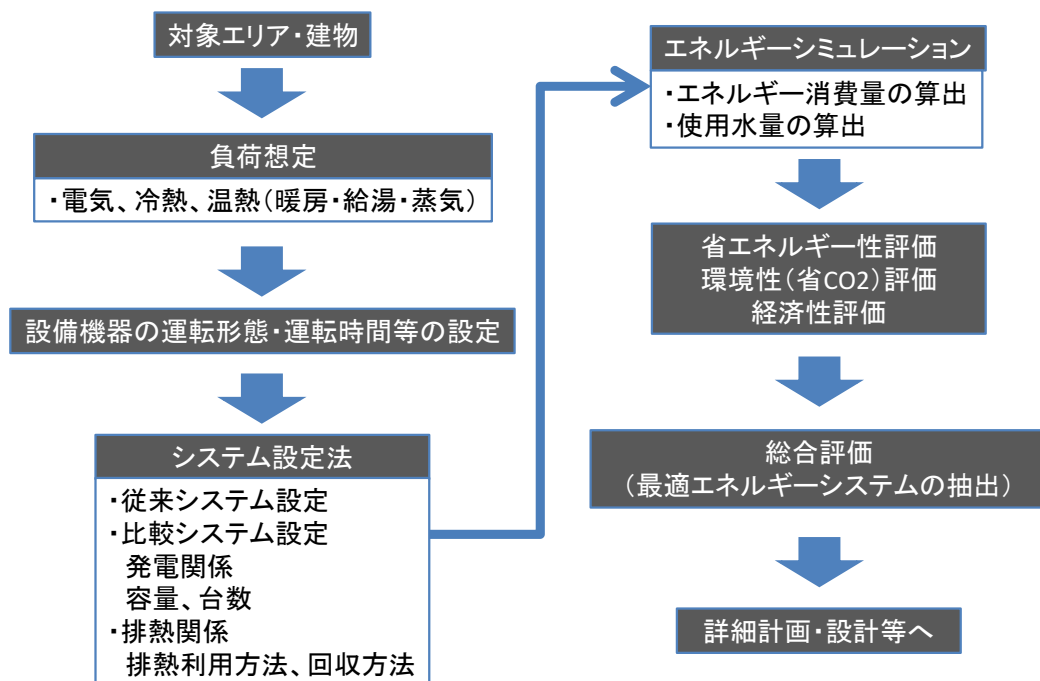


図1.4.1 システム導入計画フロー

(2) 導入普及に向けた課題

エネルギーネットワークの導入普及に向けた課題については、様々な特性を持った建物やエリア・地域で電気及び熱エネルギーの融通を行う場合、前述する電力供給類型で「特定電気事業」及び「特定供給」における「自己保有電源比率50%以上」の制約が緩和されていくことで、導入機器や地域・エリア選定の自由度が増し、経済性、環境性（省エネ・省CO2性）を両立するスマートコミュニティやエネルギーネットワークが構築し易くなる。

また、東京都のエネルギーの有効利用制度（都民の健康と安全を確保する環境に関する条例）では、建物の延床面積が50,000m²以上となる開発事業では、エネルギー面的利用（地域冷暖房）の導入検討義務がある。この検討での、地域冷暖房を導入しなかった理由を以下に示すが、普及の阻害要因としては、①地域における将来像の欠如やエネルギー利用の最適化に向けた枠組みの不足、②隣接地との連携する方法やエネルギー融通に用いるインフラが整備されていないことにより、事業者のインセンティブが発生しにくい社会的背景が要因となり、限られた地域でしか導入普及が進まない要因となっている。

表1.4.1 東京都における地域冷暖房導入阻害要因ランキング（公表制度制定（2010年）以降）

阻害要因	件数	内容(例示)
1. 周辺に開発計画がない	14	地区内は1棟開発/周辺に高密度開発・大規模建物の建設・更新計画なし
2. 熱供給区域外である	13	地区内・周辺に地域エネルギー事業者不在/既存地域冷暖房区域外
3. 住宅比率が高い	9	集合住宅のため熱需要少/入居率・不在率によるリスク/負荷変動幅大・不確定
4. 個別熱源の方が効率的	7	規模・効率面から個別が優位/近傍DHCが老朽化で低効率/導管の熱損失大
5. 空調面積比率が低い	6	大半が住宅や倉庫用途等のため非空調面積大/物流センターのため需要密度低
6. 導管の敷設空間がない	5	道路・地下埋で分断され隧道設置難/地下鉄等地下構造物支障でコストアップ
7. 未利用エネルギーがない	4	周辺に利用可能なエネルギーなし/未利用エネルギーの活用難
8. 熱需要規模が小さい	3	最大熱需要21GJに達しない/冬季の例熱需要量が日10GJ未満
9. 熱需要が同質	2	需要施設が同質で負荷平準化効果小/平準化による熱源容量低下見込めず
10. 施工コストが高む	2	施工コスト大のため事業収支悪化/建設費増を回避のため街区単位で整備
11. その他	各1	区道横断が必要//周辺開発がすでに建設中//敷地内の地下鉄構造物でプラント設置困難//学校施設が主のため休止期間長

また、これらの社会背景の以前に、エネルギーネットワークの普及に向けた課題として、開発エリアを適地選定する上で必要となるエネルギー需要データ及び需要比率等の基礎的なデータが不足していることも要因として挙げられる。これらのデータを整理していくことで、エネルギー利用の最適化を含めた都市計画の策定や環境に配慮した地域の将来像の構築に寄与することになる。

エネルギー効率の高いエネルギーネットワークを計画し適地選定するためには、基本計画時に対象エリア内のエネルギー需要を精度よく予測する必要がある。また、基本計画時にCGSや様々な再生可能エネルギー等の導入を検討し、建物間で電気・熱を融通することでエネルギー利用の最適化を達成するためには、時刻別の電気及び熱の需要特性を

把握した上で基本的な設備構成を想定していく必要がある。しかしながら、既存の資料で時刻別の電力及び熱需要を計測し把握している例は少なく、データが不足する際に活用される、エネルギー需要を想定するための参考文献^{1)・2)}も限られており、これらのデータは調査から20年以上経過したものが殆どとなっている。特に、教育施設については、エネルギー消費量を調査した既往研究は多くあるものの、用途別エネルギー需要量を整理した例はない。

一般的にエネルギー消費量（二次）は、その建物やエリアで実際に使用されたエネルギー量を指し、エネルギー種別ごとの固有単位（電気[kWh]、都市ガス[m³]、LPG[kg]等）で表されることが多い。一方、エネルギー需要量とは、実際のエネルギー消費量に機器効率等を考慮したもので、建物やエリアの内部で必要とされたエネルギー量を指す。需要量については、エネルギー量[J]・熱量[cal]・仕事量[Wh]等の単位で表されることが多い。高効率なエネルギーネットワークを構築するためには、建物やエリア内のエネルギー需要を精度よく予測することが必要となるが、正確な需要量を把握することは様々な計測・推定が必要となるため、非常に難しいことが課題となっている。

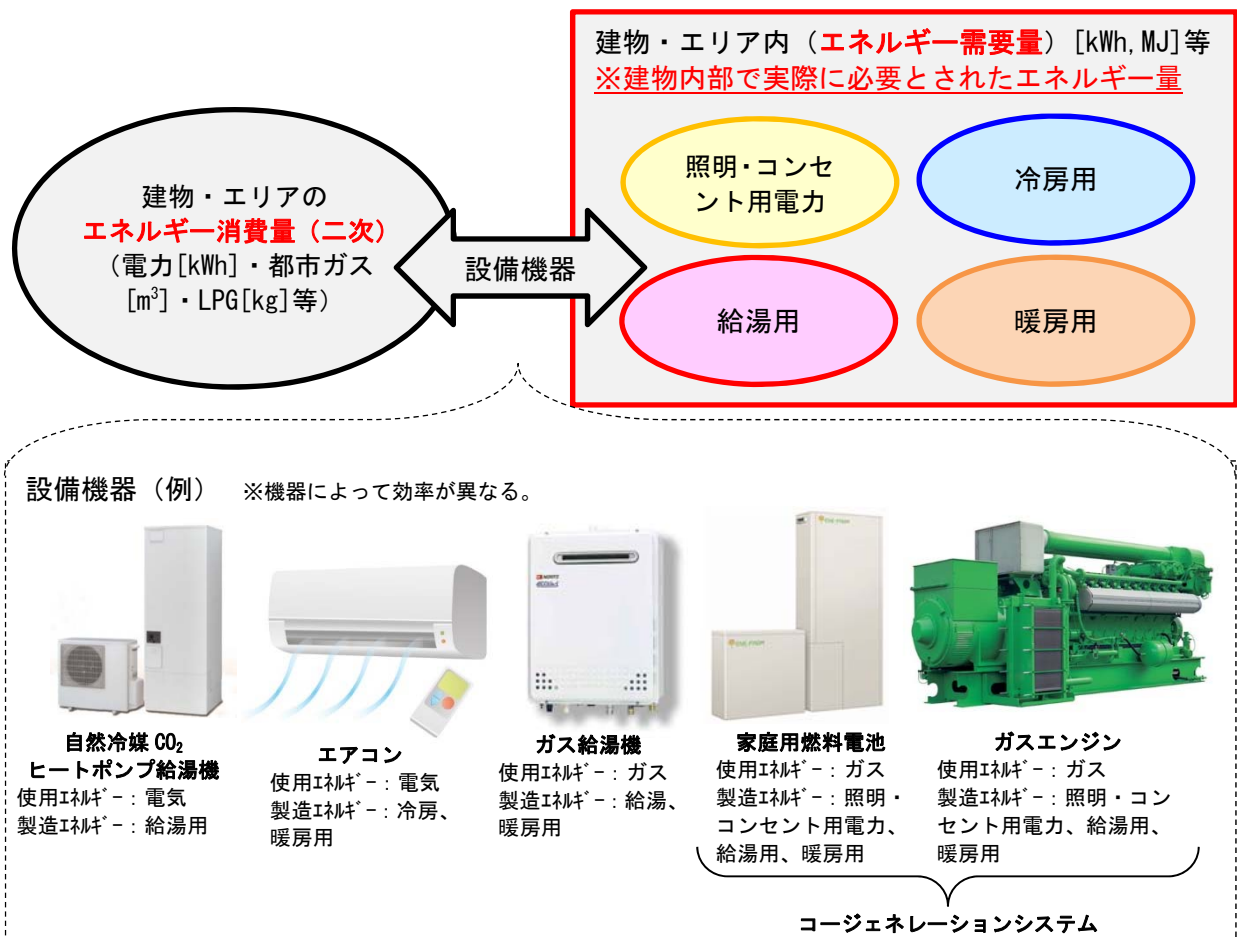


図1.4.2 エネルギー消費量と需要量の違い

1. 5 研究の目的

(1) 研究の着眼点

2011年3月に発生した東日本大震災及び、福島第一原子力発電所における事故等による電力需給の逼迫は、エネルギー供給の重要性を改めて認識させられた。この経験から、我が国では、CGS、再生可能エネルギー、省エネ技術などを建物・地域単位でエネルギーの融通を行い、従来のエネルギー供給システムと相互補完しながら、クリーンかつ高効率で事業継続計画（BCP: Business continuity planning）を考慮した災害に対して強靱なスマートコミュニティの構築に向けた取り組みが推進されている。

しかしながら、全国にある公立小中学校（約30,000校）の90%以上が災害時の避難所に指定されているものの、避難所に指定されている小中学校での発電機導入率は17%（約4,700校）に止まっており、現状、避難所の指定と防災機能の実態が必ずしも整合していないことが課題となっている。これらの社会的背景を受けて、今後の地域の在り方として、スマートコミュニティ構築に向けた動きと並行して、避難所の指定と防災機能の整合を図りつつ、高効率かつ多様化されたエネルギー供給を両立する地域及びエネルギーネットワークの構築が望まれている。そこで、本研究では、今後のスマートコミュニティの構築において、教育施設に周辺地域とエネルギー融通を行うためのCGSを設置し、教育施設をエネルギーネットワークの中心的な施設に位置付けることに着目した。これにより、教育施設が災害時にエネルギー供給が多様化された施設として避難者や地域防災に貢献でき、平常時は周辺地域とのエネルギー融通及びエネルギー利用の最適化によって、省エネルギー及び省CO2にも寄与できる地域の構築を目標とした。

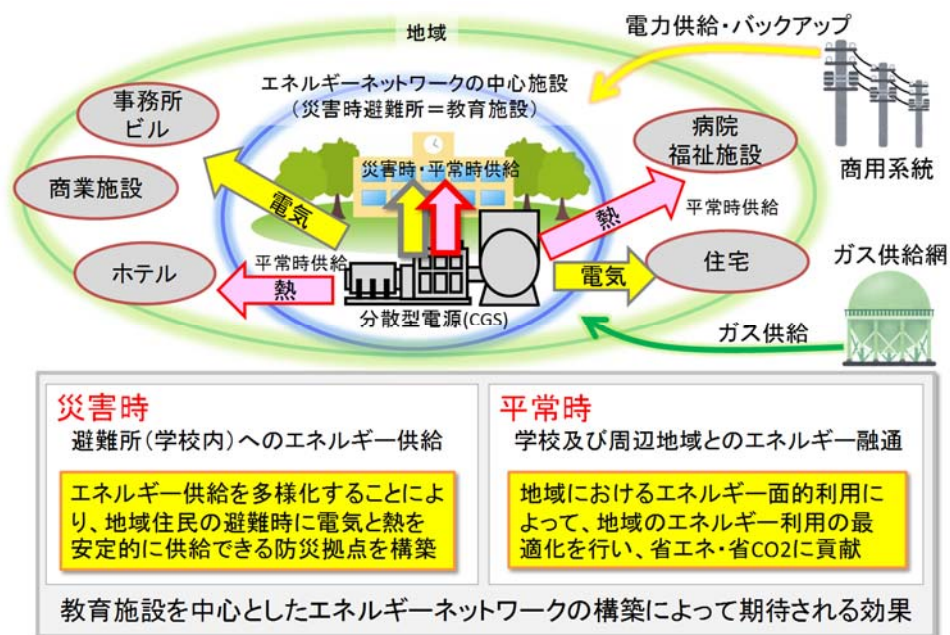


図1.5.1 目指す地域の在り方

(2) 本研究における課題と目的

【課題】

①教育施設におけるエネルギー需要データの不足

教育施設にCGSを導入し、周辺地域と連携したエネルギーネットワークを構築するにあたっては、教育施設におけるエネルギー需要量を精度よく予測した上で、導入計画のためのエネルギーシミュレーションを行う必要がある。しかしながら、現状、教育施設のエネルギー消費量を調査した既往研究は多くあるものの、用途別エネルギー需要量を整理した例はない。

用途別エネルギー需要の想定で、一般的に利用されている参考文献¹⁾では、地域冷暖房における電力及び熱消費データから、事務所、住宅、ホテル、病院等の建物用途の年間エネルギー需要量や月別・時刻別の需要比率を整理している。但し、教育施設における需要データは整理されておらず、教育施設の需要を想定する際、実測データが入手困難な場合は、建物の使用時間が類似する「事務所」の需要比率等を参考にすることが多い。参考文献²⁾では、「地域冷暖房に関する指導要綱（東京都環境保全局）」に示される教育施設の冷房と温熱の年間負荷及び最大負荷を記載しているが、電力需要については触れられていない。また、月別・時刻別の需要比率は冷房需要について整理されているものの、暖房需要と給湯需要は、温熱需要として1つのデータに纏められており、年間需要量のみが記載されている。暖房と給湯需要は、建物側で必要となる温熱の供給温度が異なるため、精度よく需要の想定を行い、適切な規模の設備を導入しエネルギー効率の高いエネルギーネットワークを構築するためには、給湯用と暖房用が区分されていることが望ましい。村上ら^{3)、4)}は、本研究と同様の課題を提起し、シミュレーションと計測データの両面から近年の事務所、官公庁、宿泊施設、病院における貴重なエネルギー需要原単位と時刻別需要比率を示している。但し、この研究においても教育施設における需要データは整理されていない。

教育施設におけるエネルギー消費量を検討した既往研究では、参考文献⁵⁾に整理されている通り、半澤ら⁶⁾が全国2,294校を対象にエネルギー消費実態調査を行い、一次エネルギーベースで消費原単位を整理している。このデータは学校以外の用途の建物も整理されており、非住宅建築物における一次エネルギー消費量の貴重なデータベースとなっている。尾島⁷⁾らは、1955年から3回にわたって12の教育施設を含む約2,000件の多様な用途の建物における用途別エネルギー消費原単位を整理しているが、最終調査から20年以上が経過している。渡辺ら⁸⁾は、既往研究^{7)、9)}と九州地域における多様な建物の一次エネルギー消費量の地域差について整理しており、大学・高校・中学校のエネルギー消費原単位は、事務所、店舗、病院、ホテルと比較して25～50%程度少なくなることを示している。

小峯¹⁰⁾らは当時の文部省が実施した全国の標準学級数の小中学校1,765校を対象としたアンケートを基にエネルギー消費原単位を算出し、小中学校のエネルギー消費原単位が、事務所、店舗、病院、ホテルの15～25%程度と小さくなるデータを示している。渡辺ら¹¹⁾は、東北地方の小中高校1,076校を対象に竣工年代別や用途別のエネルギー消費量について検討し、北東北における冬期の暖房用エネルギー消費量の増大や給湯用エネルギー消費量が他の用途の建物と比較して少ない傾向にあることを明らかにしている。しかしながら、いずれの調査・研究でも多くの小中学校におけるエネルギー消費量を整理しているものの、年間・月別・時刻別の用途別エネルギー需要原単位として需要想定に活用できるデータを整理した例はない。

②エネルギーネットワーク普及に向けた課題

教育施設におけるエネルギー需要及び需要比率が明らかとなっていないことから、教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けて、CGSを導入し、周辺地域との連携したエネルギー利用の最適化について研究が行われた例がない。このため、教育施設と連携すべき周辺施設や必要となるエネルギー需要が未知となっている。

また、エネルギーネットワークの導入普及に向けて、地域における将来像の欠如やエネルギー利用の最適化に向けた枠組みの不足、隣接地とエネルギー融通を行う上で必要となるインフラやその手法が整備されていないことにより、事業者のインセンティブが発生しにくい社会背景が要因となり、現状では、限られた地域・エリアでのみエネルギーネットワークの構築及びエネルギーの面的利用の導入及び検討が進められている。

【目的】

前述する課題の解決と研究成果の社会貢献を目的として、本研究では、都立小中学校6校及び大学を対象にエネルギーの実測とアンケート・ヒアリング調査を行い、年間のエネルギーデータを整理し、用途別エネルギー需要とその傾向について明らかにし、教育施設を中心とした需要想定に寄与する用途別エネルギー需要原単位及び時刻別需要比率を整理する。

また、将来的な教育施設のエネルギー需要量の想定及びエネルギー効率の高いエネルギーネットワーク構築に向けて、実際に教育施設におけるエネルギー利用が適正に行われているか確認するため、省エネ自動制御の導入効果について検討を行う。これには、各講義室における環境計測と人感センサーによる使用室・未使用室のデータをもとに、建物内における過剰なエネルギー消費を抑制するための空調及び照明自動制御の省エネ効果について明らかにする。

本研究で前述した課題を明らかにすることによって、全国における教育施設を中心と

したエネルギーネットワーク構築に向けた基本計画に寄与するとともに、適切なエネルギーネットワークを構築する上で必要となる周辺の建物用途を明確にすることで、地域連携を前提とした都市計画や、GISデータ等を用いた解析によってエネルギーネットワークに有望な教育施設のエリア選定にも寄与する。

また、本研究で整理した需要データを基に、地域におけるCGSを用いたエネルギーネットワークを構築し、その導入効果（環境性・経済性）について分析を行う。これにより、教育施設と連携すべき周辺の建物用途やエネルギー需要を明らかにし、エネルギー利用の最適化に向けた都市計画の策定や環境に配慮した地域の将来像の構築に寄与する。

本研究は、前述する課題を踏まえて、大きく3つの課題に分けて研究を進めた。以下に、課題と研究内容を示す。

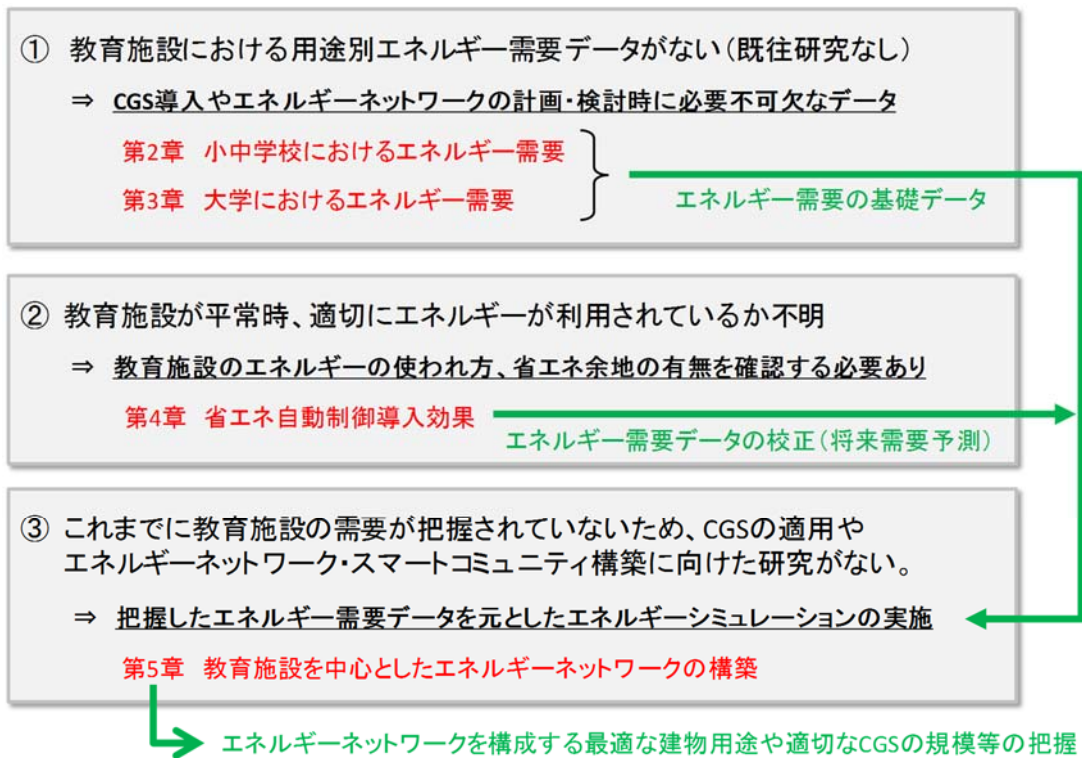


図1.5.2 研究の目的と研究フロー

(4) 対象地域及び対象とした教育施設

本研究では、東京都世田谷区にある区立小学校4校と区立中学校2校及び日本大学文理学部の計7校を対象とした。対象地域は、日本大学文理学部を含む多くの教育施設が密集していることと、その教育施設の周辺に多様な用途の建物が隣接していることから、地域におけるエネルギーネットワークの構築に適したエリアを評価することも可能となる。また、将来的に教育施設を中心として、広域なエネルギーネットワークを検討する上でも適した地域であることから、本地域を選定し研究を行った。

また、ここで示すA小、B小、C小、D小、E中、F中、日本大学文理学部の7施設は、世田谷区によって、災害時の避難所（収容避難場所）に指定されている。



図1.5.3 調査対象地域

2. 小中学校におけるエネルギー需要実態把握

2. 1 調査対象概要

各校の概要とエネルギー源別空調機器容量について下表に示す。各校とも電気(EHP)とガス(GHP)、2つのエネルギー源で空調を行っているものの、授業が行われる普通教室はガス空調が利用されている比率が高く、職員室等のその他教室では、電気による空調が利用されている比率が高くなっている。

表2.1.1 各校の概要

	A 小学校		B 小学校		C 小学校		D 小学校		E 中学校		F 中学校	
延床面積	8,184 m ²		9,622 m ²		7,262 m ²		7,355 m ²		8,219 m ²		7,401 m ²	
生徒数	514 人		766 人		447 人		603 人		401 人		363 人	
竣工年 (築年数)	2008 年 (7 年)		2009 年 (6 年)		2000 年 (15 年)		1965 年 (50 年)		1970 年 (45 年)		1964 年 (51 年)	
空調機 容量	電気	ガス (13A)	電気	ガス (13A)	電気	ガス (13A)	電気	ガス (13A)	電気	ガス (13A)	電気	ガス (13A)
冷房[kW] (内、普通教室)	838 (224)	305 (157)	389 (0)	1,045 (538)	888 (0)	453 (216)	358 (0)	348 (256)	457 (170)	1,080 (0)	228 (0)	1,243 (142)
暖房[kW] (内、普通教室)	939 (250)	348 (175)	429 (0)	1,144 (584)	996 (0)	505 (240)	404 (0)	392 (288)	435 (192)	1,214 (0)	165 (0)	1,398 (160)
電気・ガス空調比率	73%	27%	27%	73%	66%	34%	51%	49%	28%	72%	13%	87%
データ 計測開始	2014 年 1 月		2014 年 1 月		2014 年 10 月		2014 年 10 月		2014 年 1 月		2014 年 10 月	
備考	2008 年改修 PV(10kW)		2009 年新築 PV(10kW)		体育館 2 棟 OS 教室 太陽熱システム		—		—		—	

2. 2 データ計測及び収集データ

各小中学校におけるエネルギーデータは、各校の全体のエネルギー消費量を把握するため、2009年以降の電力及びガス料金の明細から、メーター別の月別エネルギー使用量入手した。ガス消費量については、メーターごとに空調用、給湯用、厨房用に分けられて計測されている。

また、時刻別の需要比率を把握するため、電力は計測機器を設置して学校全体の電力使用量及び太陽光発電による発電量(PV発電量)の年間計測を実施した。このデータ計測のインターバルは1分とした。

計測期間は、A小、B小、E中の3校については2014年1月から計測を開始し、その他の学校については、2014年10月から計測を開始して年間の電力データを取得した。ガス消費量については、2014年9月以降、各月平日2日間の7時～19時の間に1時間毎のメーター値の検針を行った。

さらに、各校の空調や厨房用のエネルギー消費量を把握するために、空調期間、空調箇所、給食の調理時間や調理設備等に関するアンケート・ヒアリング調査を実施した。使用したアンケート票を参考資料に示す。

① 年間エネルギー計測

- ・目的: 時刻別エネルギー需要パターンの分析
- ・計測期間: 2014年1月1日～12月31日(一部:2014年10月1日～2015年9月30日)
- ・計測項目: 電力:各校における全体電力消費量、太陽光発電量
計測インターバル:1分間隔
ガス:用途別ガスメーターの目視による巡回検診
計測インターバル:1h間隔(各月平日2日間)

② 過去10年間における月別エネルギー消費量

- ・目的: 年間・月別における用途別エネルギー需要量の分析
- ・データ期間: 2006年1月～2015年12月
- ・データ収集方法: 電気及び都市ガスの月別料金明細

③ アンケート・ヒアリング調査

- ・目的: 年間・月別における用途別エネルギー需要量の分析
- ・実施日: アンケート配布:2014年8月22日
アンケート回収・ヒアリング実施期間:2014年9月3日～10日
- ・主な設問: 契約電力、メータ検診日、再生可能エネルギー導入容量
教員・児童在校時間、施設の利用・開放頻度(体育館・プール・ナイター)
冷暖房期間、空調時間帯、空調機器仕様
給食調理時間・調理機器仕様

図2.2.1 収集データ

表2.2.1 アンケート・ヒアリング結果

学校	延床面積	児童・生徒数	児童一人当たり面積	学級数	教員数	電力			ガス		メーター		メーター検針日		
	[m ²]	[人]	[m ² /人]	[クラス]	[人]	供給事業者	契約種別	契約電力[kW]	供給事業者	契約種別	ガスメーター個数	水道メーター個数	電気	ガス	水道
A小	8,184	514	15.9	17	36	エネット	高圧(500kW未満)	218	東京ガス	一般、小型空調	6	2	1日	1日(一般)/5日(小型空)	5日
B小	9,622	766	12.6	27	50	エネット	高圧(500kW未満)	160	東京ガス	一般、小型空調	3	1	1日	2日	8日
C小	7,262	447	16.2	14	22	エネット	高圧(500kW未満)	230	東京ガス	一般、小型空調	3	1	1日	8日	1日
D小	7,355	603	12.2	20	41	エネット	高圧(500kW未満)	118	東京ガス	一般、小型空調	4	2	1日	7日	1日
E中	8,219	401	20.5	12	37	エネット	高圧(500kW未満)	152	東京ガス	一般、小型空調	3	1	1日	第2金曜	2日
F中	7,401	363	20.4	12	37	エネット	高圧(500kW未満)	89	東京ガス	一般、小型空調	5	3	1日	5~9日	17~19日

表2.2.2 アンケート・ヒアリング結果

学校	在校時間(平日)		在校時間(土曜)		教室数				体育館						
	在校開始	在校終了	在校開始	在校終了	普通教室数	内、使用教室数	特別教室	備考	面積[m ²]	空調有無	開放利用の頻度[日/週]	主な開放時間(開始)	主な開放時間(終了)	開放時間[h/日]	備考
A小	6:40	22:00	6:20	21:00	18	18	12		1,230	-	7	16:00	21:00	5	
B小	7:00	22:00	8:00	22:00	24	24	11		720	-	2	9:00	21:00	12	土日は丸一日開放
C小	7:00	21:00	7:00	21:00	18	15	6		679	-	7	16:00	21:00	5	第2体育館有(毎日9~21時利用)
D小	7:00	21:00	7:00	13:00	18	18	14	教室面積は64m ² 程度	697	-	7	16:00	21:00	5	冬期に灯油ストーブを使用する場合有
E中	6:30	19:30	7:00	19:00	12	12	12		792	-	4	18:30	21:00	3.5	
F中	6:30	22:30	7:30	21:00	17	14	14		899	-	2~3	18:00	21:00	3	日曜日の使用はない

表2.2.3 アンケート・ヒアリング結果

学校	校庭										
	面積[m ²]	開放利用の頻度[日/週]	主な開放利用時間(開始)	主な開放利用時間(終了)	開放時間[h/日]	備考	ナイター設備	ナイター使用頻度[日/週]	主なナイター使用時間(開始)	主なナイター使用時間(開始)	ナイター使用時間[h/日]
A小	6,017	5	17:00	19:00	2	土日は8:00~19:00開放	-	-	-	-	-
B小	5,609	2	8:30	17:00	8.5	土日のみ開放	-	-	-	-	-
C小	5,279	5	16:00	19:00	3		有	3	18:00	19:00	1
D小	4,919	2	8:00	17:00	9	土日のみ開放	-	-	-	-	-
E中	8,400	2	18:30	20:30	2	土日のみ開放	有	2	18:30	20:30	2
F中	13,220	0.5(月2日程度)	9:00	17:00	8	基本的に部活で使用しているため開放利用は少な	-	-	-	-	-

表2.2.4 アンケート・ヒアリング結果

学校	プール									
	有無	形式 屋内/屋外	使用期間 (開始)	使用期間 (終了)	水位調整	開放利用 の頻度	主な開放 利用時間 (開始)	主な開放 利用時間 (終了)	主な開放 時間	備考
A小	有	屋外	6月中旬	9月第2週	タンク式	-	-	-	-	水シャワー
B小	有	屋外	6月	9月	可動床式	-	-	-	-	
C小	有	屋外	6月	9月	可動床式	-	-	-	-	
D小	有	屋外	6月	9月	給排水式	-	-	-	-	
E中	有	屋外	6月	9月末	給排水式	8月の2週間	10:00	17:00	7	
F中	有	屋外	6月	9月	給排水式	4週間 (7/20~ 8/20)	18:00	21:00	3	10日1回程度 水を部分的に 入替

表2.2.5 アンケート・ヒアリング結果

学校	暖房器具						備考
	1. エアコン	2. ガスストーブ	3. 灯油ストーブ	4. 電気ストーブ	5. その他	6. 利用なし	
A小	1	0	0	0	0	0	
B小	1	0	0	0	0	0	
C小	1	1	0	0	0	0	
D小	1	1	1	0	0	0	ガスストーブ(6.2kW程度)は、職員室、主事室、校長室、事務室に設置
E中	1	1	0	0	0	0	
F中	1	1	0	1	0	0	

表2.2.6 アンケート・ヒアリング結果

学校	冷房期間									
	期間 (開始)	期間 (終了)	冷房時間 (普通教室) (開始)	冷房時間 (普通教室) (終了)	冷房時間 (特別教室) (開始)	冷房時間 (特別教室) (終了)	冷房時間 (職員室) (開始)	冷房時間 (職員室) (終了)	冷房時間 (その他共用部) (開始)	冷房時間 (その他共用部) (終了)
A小	6月下旬	9月上旬	8:00	15:00	-	-	8:00	17:00	-	-
B小	6月	9月	8:00	15:00	8:00	15:00	7:00	22:00	8:00	17:00
C小	7月	9月	9:00	15:00	9:00	15:00	7:00	21:00	-	-
D小	6月中旬	9月中旬	10:00	15:00	10:00	15:00	9:00	17:00	-	-
E中	6月	9月	8:00	17:00	8:00	17:00	7:00	19:00	-	-
F中	6月	9月	9:00	16:00	9:00	16:00	9:00	22:00	-	-

表2.2.7 アンケート・ヒアリング結果

学校	暖房期間									
	期間(開始)	期間(終了)	暖房時間(普通教室)(開始)	暖房時間(普通教室)(終了)	暖房時間(特別教室)(開始)	暖房時間(特別教室)(終了)	暖房時間(職員室)(開始)	暖房時間(職員室)(終了)	暖房時間(その他共用部)(開始)	暖房時間(その他共用部)(終了)
A小	10月下旬	3月上旬	8:00	15:00	-	-	8:00	17:00	-	-
B小	12月	3月	8:00	15:00	8:00	15:00	7:00	22:00	8:00	17:00
C小	12月	3月	9:00	15:00	9:00	15:00	7:00	21:00	-	-
D小	11月中旬	3月中旬	10:00	15:00	10:00	15:00	9:00	17:00	-	-
E中	12月	3月	8:00	17:00	8:00	17:00	7:00	19:00	-	-
F中	11月	3月	9:00	16:00	9:00	16:00	9:00	22:00	-	-

表2.2.8 アンケート・ヒアリング結果

学校	給食室																
	有無	給食作成時間(開始)	給食作成時間(終了)	冷蔵・冷凍庫[kW]	冷蔵・冷凍庫[台]	炊飯器[kW]	炊飯器[台]	使用エネルギー	回転釜[kW]	回転釜[台]	使用エネルギー	洗浄機[kW]	洗浄機[台]	使用エネルギー	給湯器[kW]	給湯器[台]	使用エネルギー
A小	有	9:00	11:45	0.285	1	31.4	3	ガス	46	5	ガス	2.8	1	ガス	95.9	1	ガス
B小	有	8:00	11:30	0.105	5	31.4	3	ガス	46	5	ガス	21	4	ガス	-	-	ガス
C小	有	8:30	12:00	0.28	5	31.4	2	ガス	46	4	ガス	4.92	1	ガス	62	1	ガス
D小	有	7:00	15:00	0.4~0.6	2	31.4	2	ガス	46	4	ガス	21	1	ガス	272	1	ガス
E中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F中	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

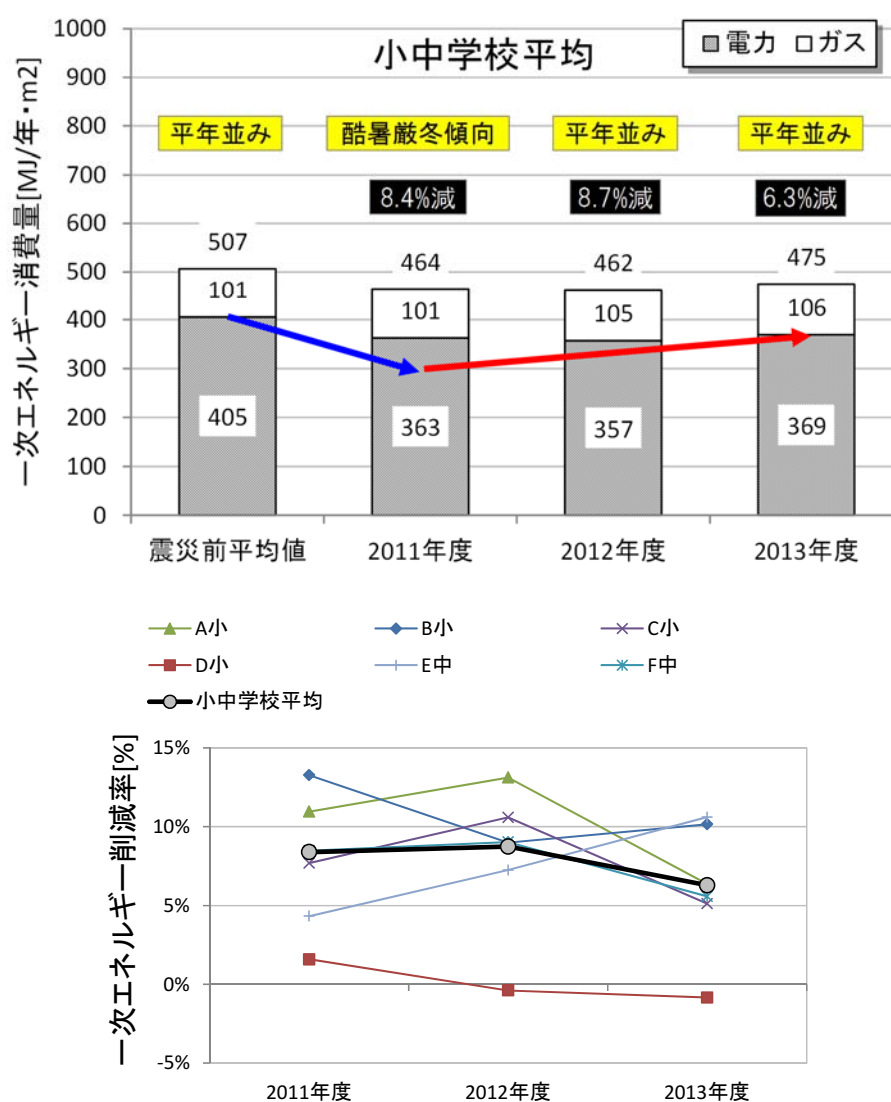
表2.2.9 アンケート・ヒアリング結果

学校	給湯・調理器具(給食室以外)							再生可能エネルギー				
	有無	給湯器[kW]	給湯器[台]	コンロ[kW]	コンロ[台]	調理用途	使用エネルギー	使用頻度	PV[kW]	太陽熱[m2]	貯湯槽[m3]	その他
A小	有	2kW(電気温水器)	3台		3(IHコンロ、主事室、職員)	職員用給湯、家庭科室、理	電気	週5日(家庭科・理科室は、授業時)	10	-	-	-
B小	有	-	主事室(IH)保健室(ガス)事務室(IH)	3	2	職員用給湯	ガス・電気	週7日	10	-	-	-
C小	有	69.2	1	5.8 9.13	7 2	家庭科授業、職員用給湯	ガス	保健室・主事室は毎日、家庭科室は、年間2週間程度	-	70	5.6	-
D小	有	10程度(瞬間湯沸機程度)	2	8	1	職員用給湯	ガス	週5日	-	-	-	-
E中	有	172	←合計値	-	-	家庭科室・配膳室	ガス	年間2週間程度	-	-	-	-
F中	有	22前後 10前後 小規模	5 2 3	-	8	家庭科授業、職員用給湯	ガス・電気	週1~2日程度	-	-	-	-

2. 3 年間・月別一次エネルギー消費量

収集したデータの年間エネルギー消費量については、各学校における2009年以降の課金データより、震災前の平均値と2011年以降の一次エネルギー消費量について比較した。この際、換算係数は電力9.76MJ/kWh、ガス45MJ/m³を用いた。

また、エネルギー消費量の変化に影響を与える気象条件を確認したところ、震災前よりも震災後において、酷暑厳冬傾向を示していたため、震災後におけるエネルギー消費量が多くなるものと予測された。しかしながら、震災以降は各施設での省エネ・節電意識の高まりもあり、小中学校平均で6～9%程度の省エネ傾向を示していることが確認された。



小中学校平均	単位	震災前	2011年度	2012年度	2013年度
電力消費量	kWh/年・m ²	41.5	37.2	36.6	37.8
ガス消費量	m ³ /年・m ²	2.2	2.2	2.3	2.3
一次エネルギー消費量	MJ/年・m ²	507	464	462	475

図2.3.1 震災前後におけるエネルギー消費量

表2.3.1 各小中学校における電力消費量

電気	2009年度	2010年度	震災前年平均	2011年度	2012年度	2013年度
A小	344,251	368,787	335,076	305,501	302,906	327,276
B小	453,359	502,062	477,711	402,296	417,646	419,918
C小	514,776	560,818	529,402	485,985	468,188	487,843
D小	191,721	201,272	204,152	188,701	188,278	195,869
E中	243,618	240,223	253,510	230,980	220,962	213,702
F中	185,595	195,973	187,888	171,985	163,769	173,770

表2.3.2 各小中学校におけるガス消費量

ガス	2009年度	2010年度	震災前年平均	2011年度	2012年度	2013年度
A小	16,748	17,372	18,880	17,782	16,305	17,396
B小	32,366	38,948	35,657	33,538	36,152	34,042
C小	13,684	15,251	16,922	15,619	15,678	18,583
D小	20,377	21,975	21,888	21,855	23,208	21,845
E中	6,487	7,392	7,788	6,742	7,177	6,758
F中	12,590	16,839	13,705	14,029	15,510	15,273

表2.3.3 各小中学校における水使用量

水道	2009年度	2010年度	震災前年平均	2011年度	2012年度	2013年度
A小	9,984	10,285	9,133	10,212	11,159	9,037
B小	12,387	11,671	12,029	12,150	12,555	12,361
D小	10,722	10,793	11,608	10,008	10,905	9,697
C小	7,064	7,865	7,462	6,846	7,069	8,412
E中	4,626	6,192	5,049	5,672	8,926	6,545
F中	3,634	4,606	4,328	4,143	4,178	3,234

東日本大震災後のエネルギー消費量が震災前と比較して、6～9%程度減少していることが認められたため、本研究では現状の教育施設におけるエネルギー需要量を整理するために、震災以降2011年4月～2014年3月までの3カ年のデータを対象に分析を行った。また、A小、B小については今回計測されたPV発電量と気象庁で計測されている日射量から得られる相関関係を用いて、当該期間で発電した発電量を推計し考慮した。

年間の一次エネルギー消費量を集計した結果を下図に示す。一次エネルギーへの換算は、電力9.76MJ/kWh、ガス45MJ/m³を用いた。この結果、単位面積当たりの一次エネルギー消費量はA小、B小、C小が多く、D小、E中、F中で少なくなっている。C小については、体育館を2棟所有しており、うち1棟を近隣住民へ常時開放していることと、通常授業を行っている教室がオープン型となっていることで、他校と比較してエネルギー消費量が多くなっている。電力とガスの消費比率については、電気が70%前後、ガスが30%前後であるが、C小以外は、普通教室におけるガス空調機器の容量が大きい学校でガス消費比率が高くなっている。

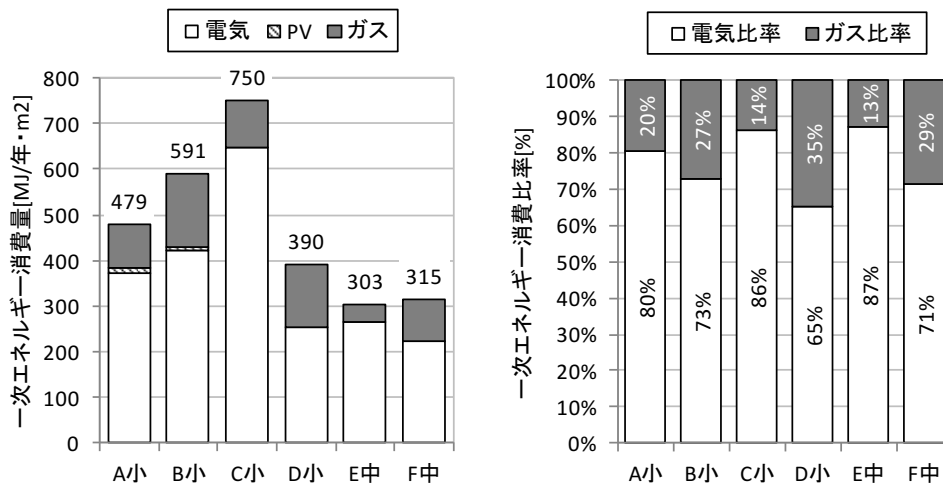


図2.3.2 年間一次エネルギー消費量

また、各校の一次エネルギー消費量と竣工年、生徒数及び延床面積との相関を下図に示す。サンプル数に限りがあるものの、各グラフの相関係数の傾向から、C小のエネルギー消費量が他の学校よりも大きくなっていることが分かり、C小を除いた場合、生徒数、延床面積の増加及び竣工年が新しくなるに従ってエネルギー消費原単位が増加する傾向がみられている。

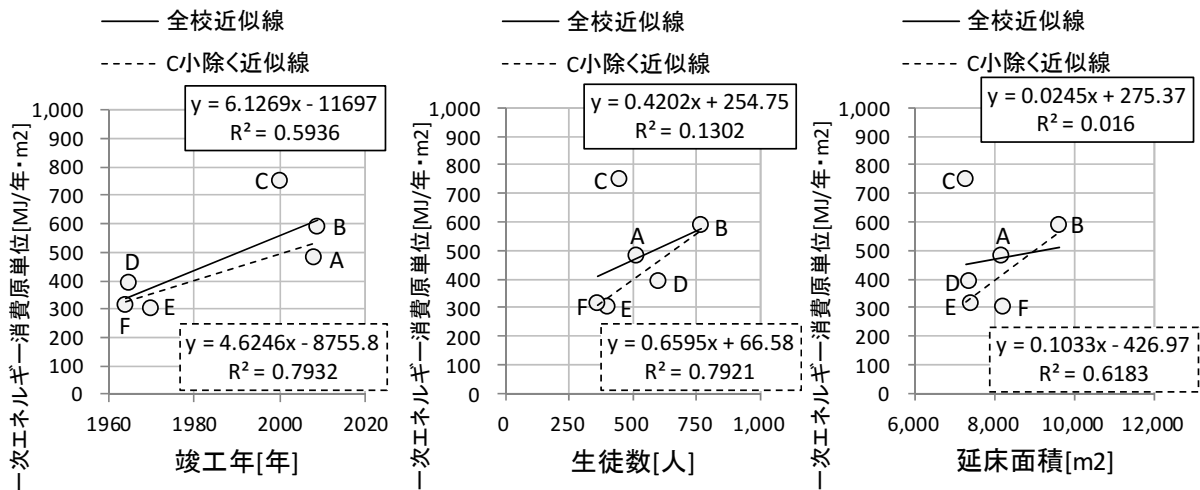


図2.3.3 属性別エネルギー消費傾向

また、DECCデータベース⁵⁾における1960年代以降に建設された小中学校1,321校(拡張デグリーデー法における地域区分Gと本調査の対象校における一次エネルギー消費量を竣工年代別の相関比較したものを下図に示す。データベースでは学校ごとにばらつきがあるものの、1980年以降は築年数が浅くなるほど一次エネルギー消費量は漸増傾向であった。本調査で対象とした小中学校の一次エネルギー消費量と比較すると、C小を除いてデータベースにおける竣工年代別の平均値とほぼ同等のエネルギー消費量となっており、調査対象が平均的なエネルギー消費量の学校であることを確認した。

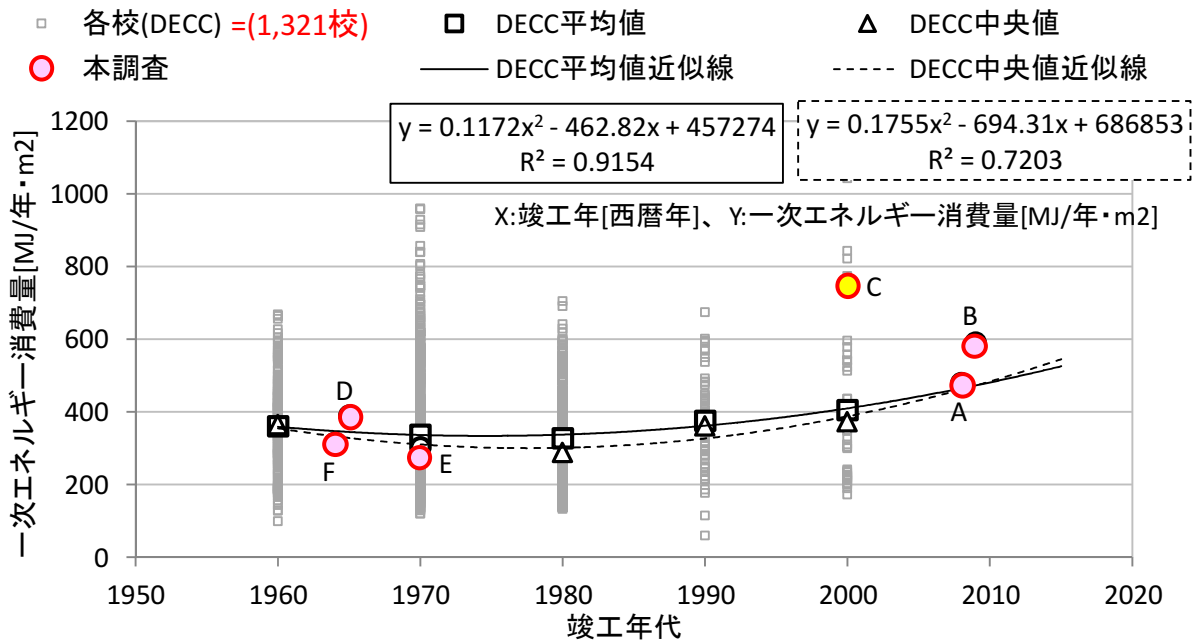


図2.3.4 既存データベース⁵⁾との比較

月別の電力・ガス消費量について下図に示す。電力消費量については、空調利用の少ない4月に極小値となり、空調を行いかつ授業数の多い6～7月と1～2月にかけて極大値となっている。また、夏休み期間中である8月の電力消費量は、7月及び9月よりも多くなっている。ガス消費量については、空調を行っている1～2月及び7月、9月に極大値となっているが、小学校では8月の長期休暇期間中に極小値を示すものの、中学校では空調を行わない4～5月及び10月に極小値を示す傾向となっている。

これらの傾向は、小学校の普通教室の空調がガスで行われている比率が高いことと、長期休暇期間中は小学校における給食の調理・清掃によるガス消費量が少なくなるものの、教職員の休日出勤や外部への開放利用により職員室等の普通教室以外の教室での空調用電力が発生していることが要因である。

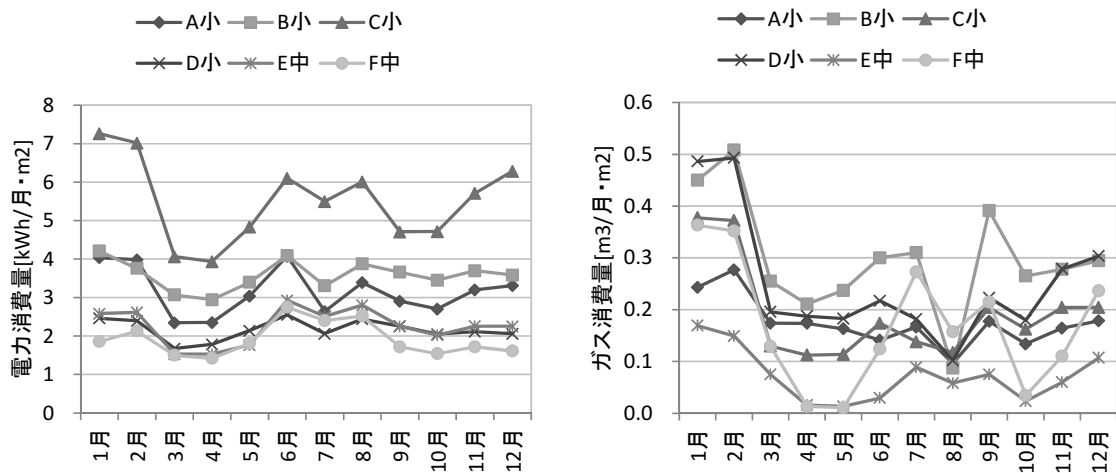


図2.3.5 月別電力・ガス消費量

2. 4 用途別エネルギー需要量の推計

月別及び年間の用途別エネルギー需要量の集計では、電力需要(照明・コンセント用)と、冷暖房用、給湯用の熱需要について集計する。

電力消費量の分析では、冷暖房用や照明・コンセント用に使用された電力を区別する必要があり、ガス消費量の分析では、給湯用、空調用で使用したガスと厨房で調理器具に使用されガスを区別する必要がある。ガス消費量は、空調用と一般給湯用は個別のメーターで計測がされているが、対象の小学校では給食室で使用された調理機器用(炊飯器・回転釜等)に給湯用ガス消費量が含まれている。これには、アンケートで収集した調理機器容量と使用時間の情報から求めたガス消費量と、既往研究¹²⁾に記載される1食当たりの給湯量及び給湯温度と既往研究¹³⁾に記載される給水温度を基に給湯用ガス消費量を算定・控除したものとで比較を行った。この際、文献値とアンケート結果より用いたパラメーターを下表に示す。本研究の対象は電気・ガス併用施設で、既往研究¹²⁾は全電化施設を対象としている。これらのシステム構成には相違があるものの、湯を消費する主な機器は食器洗浄機のみと同一であるため、負荷側の給湯量・給水量及び給湯温度を参考にして、検証に用いる給湯用ガス消費量の推定を行った。以下に、それぞれの方法で抽出した厨房用ガス消費量を比較した相関図を示す。この結果、アンケートによる実態と既往研究による推定値のR²値は0.726が得られ、既往研究で整理された給湯需要とほぼ一致する結果が得られた。従って、本研究ではアンケートで得られた情報を用いて調理機器用ガス消費量を抽出し、給湯用エネルギーを区分した。

表2.4.1 調理器具エネルギー消費量算定・検証用変数(文献値¹²⁾)

項目	冬期	春期	夏期	秋季
下処理給湯量[L/食・日]	0.25	0.08	0.04	0.15
調理給湯量[L/食・日]	0.83	0.62	0.49	0.67
洗浄給湯量[L/食・日]	2.79	2.74	2.47	2.61
下処理給湯温度[°C]	82.4	76.7	64.1	78.3
調理給湯温度[°C]	85.1	83.8	81.8	82.9
洗浄給湯温度[°C]	85.2	83.5	85.2	80.2
給水温度[°C]	7.2~11.5	15.3~19.4	22.1~27.7	14.4~19.6

表2.4.2 調理器具エネルギー消費量算定・検証用変数(アンケート値)

アンケート値		A小	B小	C小	D小
ガス調理器具	炊飯器	31.4kW × 3台	31.4kW × 3台	31.4kW × 2台	31.4kW × 2台
	回転釜	46.0kW × 5台	46.0kW × 5台	46.0kW × 4台	46.0kW × 4台
機器使用時間[h/日]		2.0~2.5	2.5~3.5	1.0~2.5	2.0~4.0

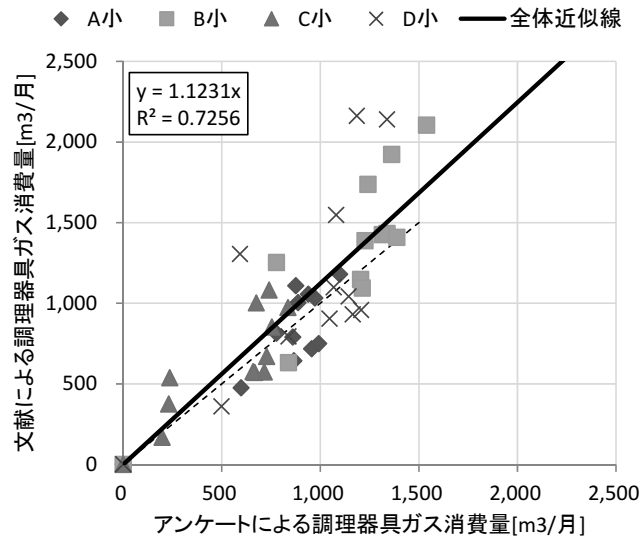


図2.4.1 調理機器のガス消費量分離結果の検証

電力消費量の用途は、計測された時刻別電力消費量から平日・休日に使用された電力消費比率と授業日数をふまえて、各月平日・休日の1日当たりの電力消費量を算定した。また、アンケート・ヒアリング調査より各校の空調未使用期間における電力消費量の極小値が照明・コンセント用電力と推定されるため、空調未使用期間における1日当たりの電力消費量を基準として、各月の空調用の電力消費量を抽出した。また、平日と休日の電気による月別空調電力消費量から、普通教室とその他教室それぞれにおける空調機の稼働率を算定し、これらの稼働率をガス空調機容量に考慮して、空調用ガス消費量の平日・休日分を分離した。

以下に、ここまで示した用途別エネルギー需要量集計方法を整理する。エネルギー消費量から需要量に換算するための機器効率は、各校の主な機器効率から設定した。但し、空調用機器については、普通教室及び職員室で主に使用されている空調機の定格効率に対して、既往研究¹⁴⁾で野部らが明らかにしたマルチパッケージ型空調機の実測によるCOPを参考にした。具体的には、年間の平均的な空調効率を算定するため、既往研究¹⁴⁾における空調機の発生負荷累積頻度50%時の各施設における空調負荷率の中央値が25%程度となる結果から、同報¹⁴⁾で計測された負荷率25%時の冷房時・暖房時COPと定格COPの比率（実際のCOP／定格COP）を、本研究で対象とした空調機の定格COPに考慮した。この比率は、EHP冷房時0.794、EHP暖房時0.763、GHP冷房時0.864、GHP暖房時0.686と算出され、暖房時の効率が冷房時よりも低下する傾向が示された。

電力消費量データ

- ・照明・コンセント用
アンケートによる空調未使用期間(4~5・10~11月)の極小値及び計測データから得られる平日・休日のエネルギー消費比率から、平日・休日の照明・コンセント用電力を算定
- ・空調用(冷暖房)
電力消費量から照明・コンセント用電力量を控除した値

ガス消費量データ

- ・空調用(冷暖房)
空調契約用ガスメーター検針値による
- ・一般給湯用
一般契約用ガスメーター検針値に厨房用ガスメーターにおける給湯需要量を加算(厨房における給湯量は、アンケートによるガス設備容量と調理時間によって厨房機器ガス消費量を推定。但し、既存文献^{12), 13)}による給食用給湯需要量や給水温度を用いて厨房機器ガス機器消費量を算定したものと比較し、妥当性を検証。)

機器効率条件(空調)

機器効率条件(給湯・照明)

項目	機器効率条件(空調)						機器効率条件(給湯・照明)	
	A小	B小	C小	D小	E中	F中	用途	機器効率
EHP(冷房)	2.82	2.82	2.82	2.46	2.46	2.46	給湯	0.85
EHP(暖房)	3.08	3.08	3.08	3.38	3.38	3.38	照明・コンセント用	1.00
主な機器 (冷/暖)[kW]	M社 04年製 (11.2/12.5)	M社 04年製 (11.2/12.5)	M社 04年製 (11.2/12.5)	D社 09年製 (7.1/8.0)	D社 09年製 (7.1/8.0)	D社 09年製 (7.1/8.0)	一次エネルギー換算値	
GHP(冷房)	0.83	0.90	0.90	1.04	0.99	0.99	エネルギー	換算値
GHP(暖房)	0.78	0.82	0.82	1.03	0.97	0.97	電力	9.76 MJ/kWh
主な機器 (冷/暖)[kW]	A社 07年製 (11.2/12.5)	Y社 08年製 (85/95)	Y社 08年製 (85/95)	A社 07年製 (71/80)	M社 06年製 (56/63)	M社 06年製 (56/63)	ガス	45 MJ/m3

図2.4.2 月別・用途別エネルギー需要量の集計方法

2. 5 年間・月別・用途別エネルギー需要量

前述の方法で得られた用途別エネルギー需要と参考文献²⁾に示される教育施設の冷房需要、参考文献¹⁾に示される様々な建物用途の年間エネルギー需要量及び月別需要比率との比較を以下に示す。

照明・コンセント需要は、小中学校では夏休みとなる8月に需要が減少するものの年間を通じて変動が小さい。参考文献と比較すると、小中学校の単位面積当たりの照明・コンセント需要は事務所や病院等の20%未満と少なく、住宅と同程度となっている。また、月別需要比率では、8月に比率が低下するが、その他の月は8~10%程度と、参考文献と比較して逸脱した値はなかった。

照明・コンセント用エネルギー需要[kWh/月・m²]

	A小	B小	C小	D小	E中	F中
1月	2.45	3.06	4.10	1.86	1.59	1.45
2月	2.34	2.92	3.94	1.83	1.50	1.38
3月	2.28	2.90	3.81	1.67	1.45	1.39
4月	2.35	2.94	3.94	1.78	1.53	1.35
5月	2.51	3.14	4.22	1.94	1.62	1.48
6月	2.49	3.11	4.19	1.94	1.60	1.47
7月	2.31	2.89	3.84	1.70	1.52	1.37
8月	1.84	2.30	2.96	1.14	1.29	1.11
9月	2.46	3.07	4.13	1.90	1.58	1.45
10月	2.55	3.19	4.29	1.98	1.64	1.50
11月	2.39	2.99	4.00	1.82	1.55	1.41
12月	2.41	3.02	4.03	1.81	1.57	1.39
年間	28.39	35.53	47.45	21.38	18.44	16.75

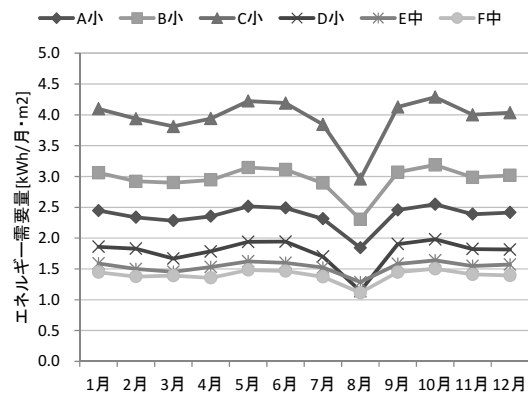


図2.5.1 照明・コンセント需要量

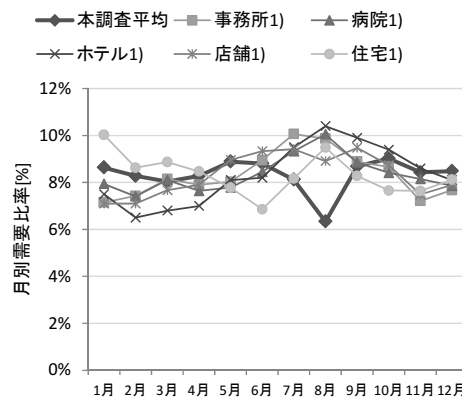
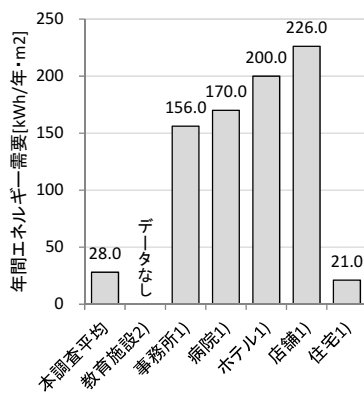


図2.5.2 照明・コンセント需要の参考文献との比較

冷房需要は、5月から8月にかけて増加し、10月に向けて減少する傾向で、夏休み期間の冷房も7月と同程度使用されている。参考文献と比較すると、小中学校の冷房需要は教育施設²⁾の105%、事務所の22%、住宅の197%となっており、月別需要比率では事務所と同様の変動傾向であった。

冷房用エネルギー需要[kWh/月・m²]

	A小	B小	C小	D小	E中	F中
1月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5月	1.51	1.26	1.73	0.51	0.43	0.91
6月	4.70	4.02	6.00	2.22	3.62	4.65
7月	1.76	3.59	5.77	2.34	3.44	5.82
8月	4.90	5.27	9.30	3.99	4.40	5.34
9月	1.96	4.40	2.76	1.95	2.51	3.24
10月	0.55	1.62	1.32	0.30	1.08	0.49
11月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12月	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
年間	15.39	20.15	26.88	11.31	15.48	20.45

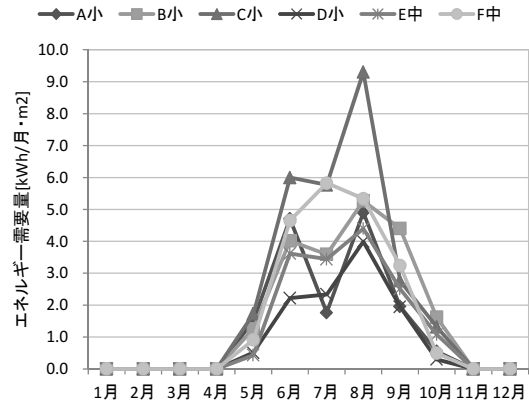


図2.5.3 冷房需要量

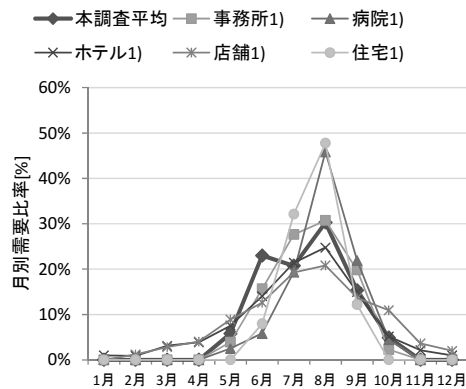
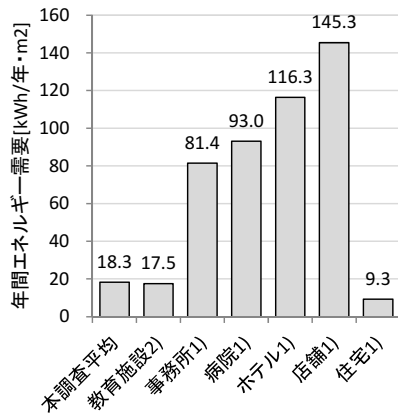


図2.5.4 冷房需要の参考文献との比較

暖房需要は、12月から2月にかけて需要量が多く、参考文献と比較すると、事務所の56%程度、住宅とほぼ同等の需要量となっている。月別需要比率は他の建物と同様の変動で、小中学校では春休みに入る3月の需要比率が減少し、1月～2月の比率が高い。また、アンケート・ヒアリング調査で得た空調未使用期間にも、ガス空調が使用されていることが確認された。

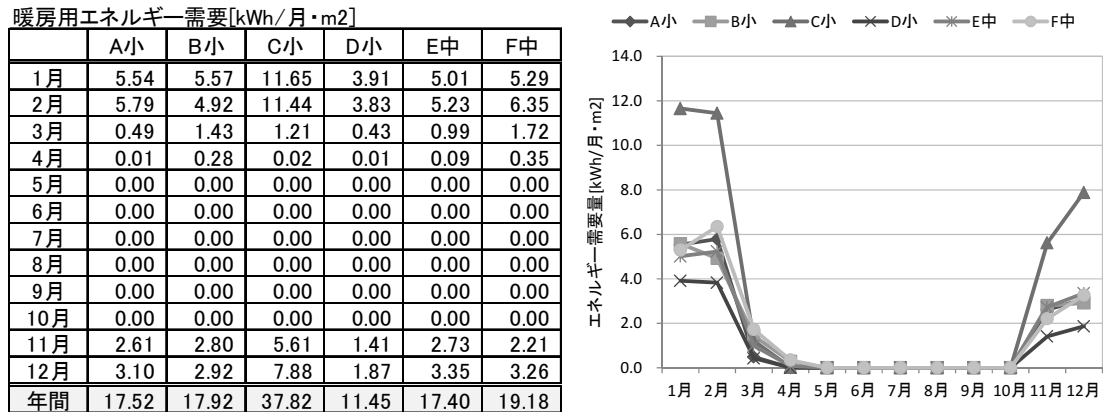


図2.5.5 暖房需要量

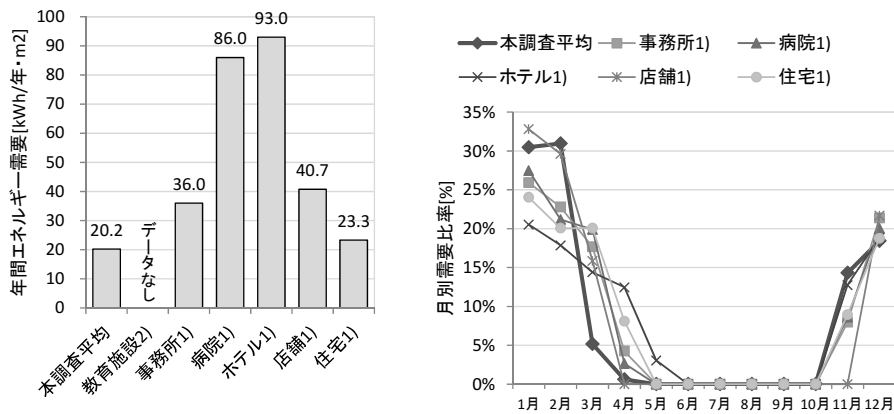


図2.5.6 暖房需要の参考文献との比較

給湯需要は、給食を調理している小学校で大きく、給食のない中学校で少なくなっている。給食を調理していない夏期休暇期間中に給湯需要が増加している学校は、水泳特別授業が集中的に行われ、温水シャワーが使用されていることが要因となっている。参考文献と比較すると、給湯用エネルギーをほとんど使用しない事務所と同程度で、住宅の14%程度と非常に小さい。

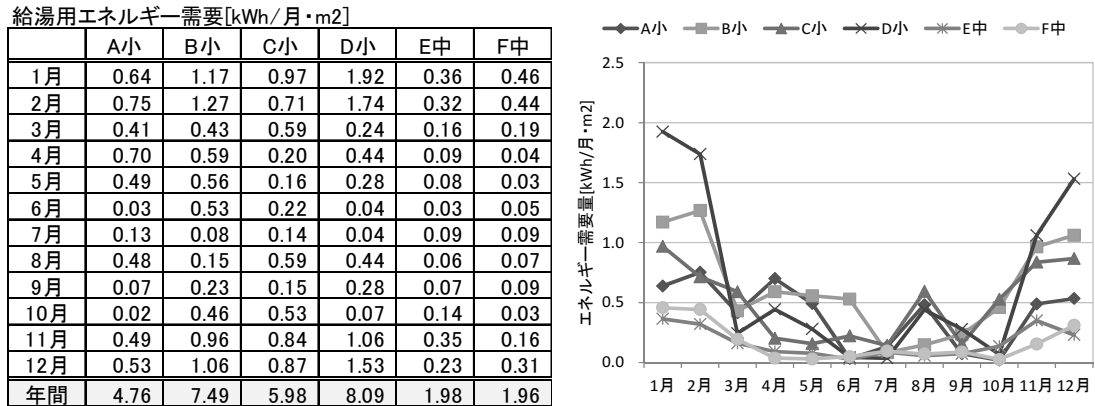


図2.5.7 給湯需要量

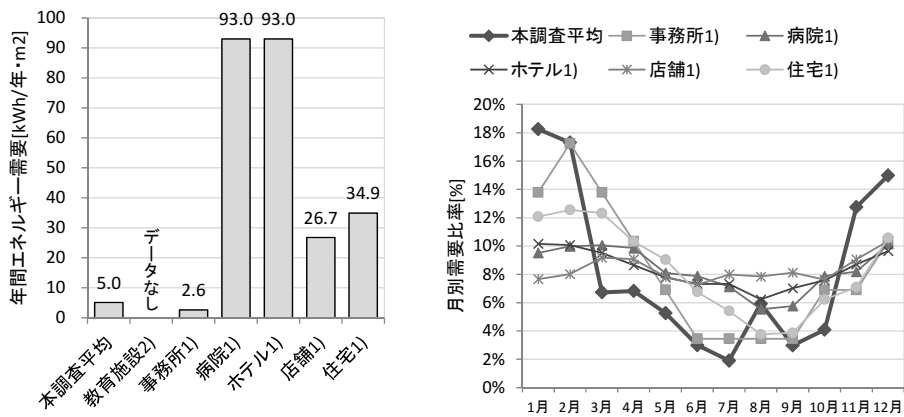


図2.5.8 給湯需要の参考文献との比較

ここまで分析したデータと参考文献^{1), 2)}を比較した結果、本研究での冷房需要は参考文献²⁾とほぼ同等の結果を得た。また、小中学校の建物が使われる時間帯や平日・休日の考え方は長期休暇を除いて事務所と類似しており、給湯用は事務所とほぼ同等の需要量であった。しかしながら、照明・コンセント用及び冷暖房用の需要量は事務所よりも少なく、単位面積当たりのエネルギー需要量は、他の用途の建物よりも少ない水準にあることが認められた。これは、既往研究^{8), 10)}に示される一次エネルギー消費原単位の分析と同様の傾向となっている。

2. 6 用途別エネルギー需要量の分析

ここまで各校における用途別エネルギー需要量を集計したが、今後のスマートコミュニティなどの地域や都市計画を行う際、既存小中学校における用途別エネルギー需要量の想定に活用できるよう各校の竣工年や生徒数、延床面積の属性で分析し、その傾向を確認する。但し、前項で示した通り、C小は既存データベースと比較してエネルギー消費量が多いことと、太陽熱利用システムが導入されていることから、平均的なエネルギー需要量として整理する上で、以降の分析からは除外することとした。また、給湯については、対象の小学校では給食による給湯利用があるが、中学校では給食はないため、給湯利用量には差が生じており、小学校と中学校を給食の有無で分けて考える必要がある。しかしながら、照明・コンセント用及び空調用については、小学校と中学校でエネルギー需要量に大きな差は無く、アンケート調査より、空調の利用期間や平日・休日の在校時間に大きな差がないため、小学校及び中学校を纏めて一つの教育施設として評価した。以下に、年間用途別エネルギー消費量と各校の属性の相関グラフを示す。

この結果、「照明・コンセント用」は、比較的竣工年との相関が高く、築年数が古い学校よりも近年建てられた学校において照明・コンセント用エネルギーが増加する傾向となっている。

「冷房用」及び「暖房用」は、全校の平均では比較的延床面積との相関が高く、延床面積が増加するほど空調に使用するエネルギーが増加する傾向となっている。

「給湯用」は、小学校では生徒数が増加するほど給湯に使用されるエネルギーが増加する傾向で、中学校ではいずれの属性に対する相関でも増減する傾向が見られず、1校あたり2kWh/年・m²程度のエネルギー消費量となっている。

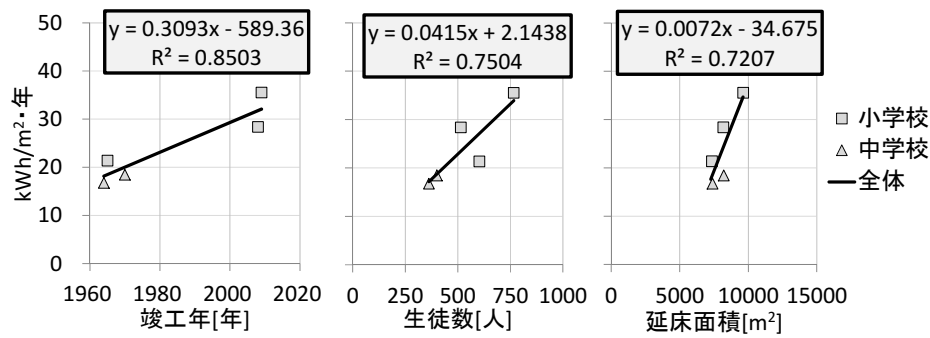


図2.6.1 照明コンセント用エネルギーの属性別需要量の傾向

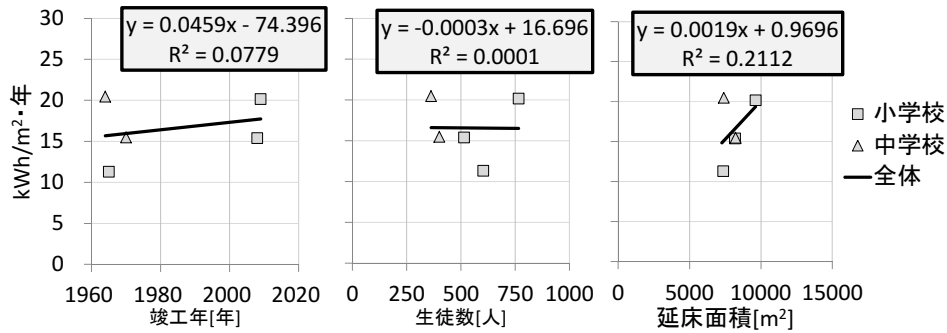


図2.6.2 冷房用エネルギーの属性別需要量の傾向

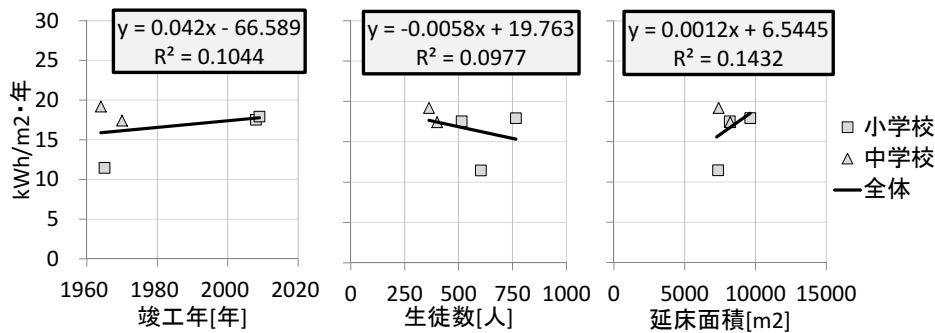


図2.6.3 暖房用エネルギーの属性別需要量の傾向

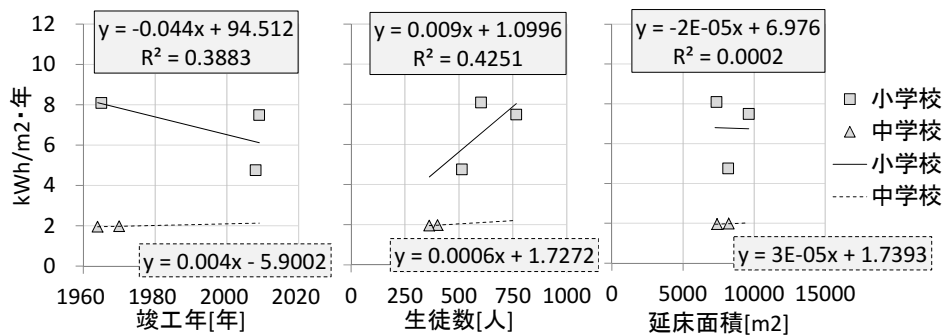


図2.6.4 給湯用エネルギーの属性別需要量の傾向

2. 7 エネルギー需要原単位及び需要比率（年間・月別・時刻別）

前項では、平均的なエネルギー消費量の学校を対象に、用途別のエネルギー需要と属性毎の傾向について示したが、本項では、これまでの結果から需要想定に活用可能な年間エネルギー需要量、月別需要比率、時刻別需要比率について整理する。

(1) 年間エネルギー需要原単位

年間のエネルギー需要量は、前項までに示した各校のエネルギー需要量から下表の通り整理した。以下に整理する値は、各用途の単位面積当たりの需要原単位となるため、この原単位に延床面積を乗じて、年間のエネルギー需要量を算出する必要がある。需要想定を行う際に、下表に示す定数で年間の需要想定が可能であるが、属性毎の特性を持った需要想定が必要な場合、前項で示した近似式による想定も可能である。但し、現状では、サンプル数に限りがあるため、今後データの蓄積を行いたい。

表2.7.1 年間用途別エネルギー需要原単位

用途	年間需要原単位
照明コンセント用 (Ee)	年間：全校平均 $E_e=24.10$ （偏差：16.75～35.53） ⇒平日：全校平均 $E_e=16.12$ （偏差：10.99～23.50） ⇒休日：全校平均 $E_e=7.98$ （偏差：5.76～12.03） (近似式による年間需要原単位算定式： $E_e=0.3093 \times C_y - 589.36$)
冷房用 (Ec)	年間：全校平均 $E_c=16.56$ （偏差：11.31～20.45） ⇒平日：全校平均 $E_c=8.62$ （偏差：4.98～11.72） ⇒休日：全校平均 $E_c=7.94$ （偏差：6.33～9.14） (近似式による年間需要原単位算定式： $E_c=0.0019 \times A_r + 0.9696$)
暖房用 (Ew)	年間：全校平均 $E_w=16.69$ （偏差：11.45～19.18） ⇒平日：全校平均 $E_w=14.82$ （偏差：10.93～17.26） ⇒休日：全校平均 $E_w=1.88$ （偏差：0.52～3.09） (近似式による年間需要原単位算定式： $E_w=0.0012 \times A_r + 6.5445$)
給湯用 (Eh)	給食調理あり：年間：小学校平均 $E_h=6.78$ （偏差：4.76～8.09） ⇒平日：小学校平均 $E_h=6.42$ （偏差：4.28～7.65） ⇒休日：小学校平均 $E_h=0.36$ （偏差：0.15～0.48） (近似式による年間需要原単位算定式： $E_h=0.009 \times N_s + 1.0996$) 給食調理なし：年間：中学校平均 $E_h=1.97$ （偏差：1.96～1.98） ⇒平日：中学校平均 $E_h=1.90$ （偏差：1.88～1.92） ⇒休日：中学校平均 $E_h=0.06$ （偏差：0.06～0.07）
このとき、	E_e ：年間照明コンセント用需要原単位[kWh/年・m ²]、 C_y ：竣工年[西暦年] E_c ：年間冷房用需要原単位[kWh/年・m ²]、 A_r ：延床面積[m ²] E_w ：年間暖房用需要原単位[kWh/年・m ²] E_h ：年間給湯用需要原単位[kWh/年・m ²]、 N_s ：生徒数[人]

また、計測データより平日と休日を分けて記載しているが、本研究のアンケートで得た各月の平日と休日の日数及び給食の調理日数を下表に示す。この日数と次項に示す月別エネルギー需要比率から、1日当りの用途別エネルギー需要量の想定を行うことができる。

表2.7.2 平日・休日日数及び給食調理日数（3年平均値）

月	平日日数	給食調理日数	休日日数
1月	18	15	13
2月	20	17	8
3月	16	14	15
4月	17	15	13
5月	20	17	11
6月	21	18	9
7月	14	12	17
8月	0	0	31
9月	30	17	10
10月	21	18	10
11月	18	15	12
12月	17	15	14
年間	202	173	163

(2) 月別需要比率

月別エネルギー需要比率については、前述した通り、各校の需要量としてはばらつきがあるものの、下図に示す通り、需要比率で比較すると、各校のばらつきは小さくなっている。また、給食調理の有無による需要量の差については年間エネルギー需要想定から行うことが可能なため、月別需要比率は全校平均値として整理することとした。整理した結果を、下表に整理する。

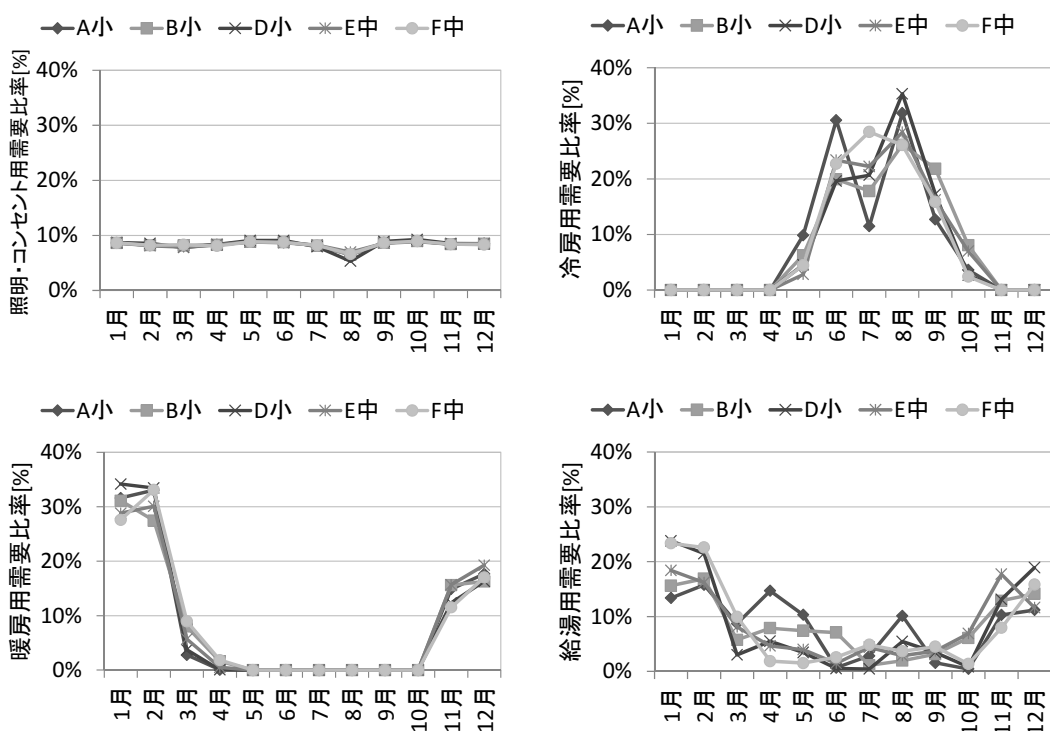


図2.7.1 各校の月別需要比率

表2.7.3 月別用途別エネルギー需要比率（全校平均）

		照明・コンセント用	冷房用	暖房用	給湯用
冬期	1月	8.64%	0%	30.71%	18.92%
	2月	8.27%	0%	31.33%	18.59%
	3月	8.04%	0%	6.33%	7.11%
中間期	4月	8.26%	0%	0.84%	6.91%
	5月	8.89%	5.37%	0%	5.34%
夏期	6月	8.81%	22.68%	0%	2.46%
	7月	8.14%	20.88%	0%	2.72%
	8月	6.38%	28.81%	0%	4.82%
	9月	8.68%	17.46%	0%	3.27%
中間期	10月	9.01%	4.80%	0%	3.13%
	11月	8.43%	0%	13.33%	12.39%
冬期	12月	8.47%	0%	17.45%	14.35%
合計		100%	100%	100%	100%

(3) 時刻別需要比率

時刻別需要比率について、季節区分を夏期(6~9月)、冬期(12~3月)、中間期(4、5、10、11月)に分け、これまで用途別エネルギー需要の推計に多く用いられている参考資料^{1)、2)}と同様のフォーマットで整理したものの下表に示す。ガス消費量は、空調用は個別のメーターで計測された値で、給湯用はアンケートから得られた調理器具容量と使用時間のデータから給湯用のガス消費量を抽出した。電力消費量については、空調の未使用期間における電力消費量を照明・コンセント用と定義し、照明・コンセント用以上に発生した電力消費量を空調用電力消費量として抽出した。

これまで、平日と休日の需要比率を区別することを記載していたが、照明・コンセント用や冷暖房用のエネルギーが休日や夏季休暇中にも使用されていることが認められ、建物が使用されている時間帯は平日と休日で大きく変わらないことから、年間及び月別エネルギー需要量で平日と休日の総量が把握できれば、時刻別需要比率で平日と休日を区分する意義は低い。

表2.7.4 時刻別・用途別エネルギー需要比率

時刻	小中学校平均 (時刻別需要比率)								
	夏期 (6~9月)			中間期 (4,5,10,11月)			冬期 (12~3月)		
	照明コンセント	空調	給湯	照明コンセント	空調	給湯	照明コンセント	空調	給湯
0	2.4%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%
1	2.4%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%
2	2.2%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	1.9%	0.0%	0.0%
3	2.1%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%
4	2.1%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	0.0%
5	1.5%	1.1%	0.0%	1.4%	0.8%	0.0%	1.3%	0.3%	0.0%
6	1.8%	1.3%	0.0%	1.7%	1.0%	0.0%	1.7%	0.5%	0.0%
7	3.2%	2.2%	0.0%	3.3%	4.2%	0.0%	3.2%	2.1%	0.0%
8	5.2%	6.8%	7.4%	5.7%	11.2%	7.0%	5.4%	9.3%	8.4%
9	6.0%	9.0%	7.2%	6.7%	14.9%	8.6%	6.4%	13.6%	10.1%
10	6.4%	9.9%	13.1%	7.1%	7.2%	14.1%	6.8%	12.4%	11.8%
11	6.6%	10.5%	14.8%	7.2%	6.8%	14.2%	7.1%	10.7%	11.2%
12	6.4%	11.2%	12.5%	6.8%	7.6%	15.7%	6.7%	9.9%	12.4%
13	6.4%	11.5%	9.9%	7.0%	6.8%	10.5%	6.9%	8.9%	11.5%
14	6.6%	10.6%	14.9%	7.6%	6.8%	20.9%	7.3%	8.5%	15.1%
15	5.9%	10.1%	10.2%	7.1%	8.5%	6.2%	6.9%	7.3%	7.3%
16	5.5%	6.6%	4.6%	6.3%	6.7%	1.4%	6.1%	6.0%	4.6%
17	5.5%	3.3%	4.0%	5.8%	7.1%	0.5%	5.7%	4.8%	4.8%
18	5.6%	2.5%	1.4%	5.4%	4.2%	1.1%	5.3%	3.1%	2.7%
19	4.6%	1.9%	0.0%	4.5%	3.0%	0.0%	4.3%	1.7%	0.0%
20	3.7%	1.5%	0.0%	3.6%	3.3%	0.0%	3.4%	1.1%	0.0%
21	3.1%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%
22	2.5%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%
23	2.4%	0.0%	0.0%	1.6%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%

整理した時刻別エネルギー需要比率を、建物が使用される時間帯が類似し、これまで教育施設の需要想定の一参考としていた参考文献¹⁾の「事務所ビル」と比較する。

この結果、照明・コンセント用は、いずれの建物も7～8時頃から需要が増加し始め、21時頃までに需要が低下する傾向で、ほぼ一致する需要比率の変動となっている。

空調用は、変動傾向としては類似しているが、事務所では18時頃で空調使用が終了するのに対して、学校では20時頃まで空調が使用されている。既往研究³⁾では、参考文献¹⁾に示される時刻別需要比率と新たに整理した事務所の時刻別需要比率を比較しているが、新たに整理した事務所の冷熱・温熱需要は24時頃まで発生しており、現状の事務所の需要発生時間と整合していないことを指摘している。既往研究³⁾の整理と、本研究での照明・コンセント用の需要が22時頃まで発生していることを考慮すると、現状の事務所用途の建物で18時に空調の使用が全て終了することは考えにくく、これまで教育施設における需要想定の一参考としていた時刻別需要比率では、小中学校の空調需要パターンを再現できていなかった可能性がある。

給湯用は、事務所では、6時から20時頃まで需要が発生し、いずれの季節も12～13時にピーク需要が発生しているが学校では給食が調理され片付けが行われる7時から16時まで需要が発生し、14時にピーク需要が発生している。このことから、給湯の使われ方に違いがあることが認められ、参考文献¹⁾を参考とした場合、小中学校の給湯需要パターンを再現できていなかったことが分かった。

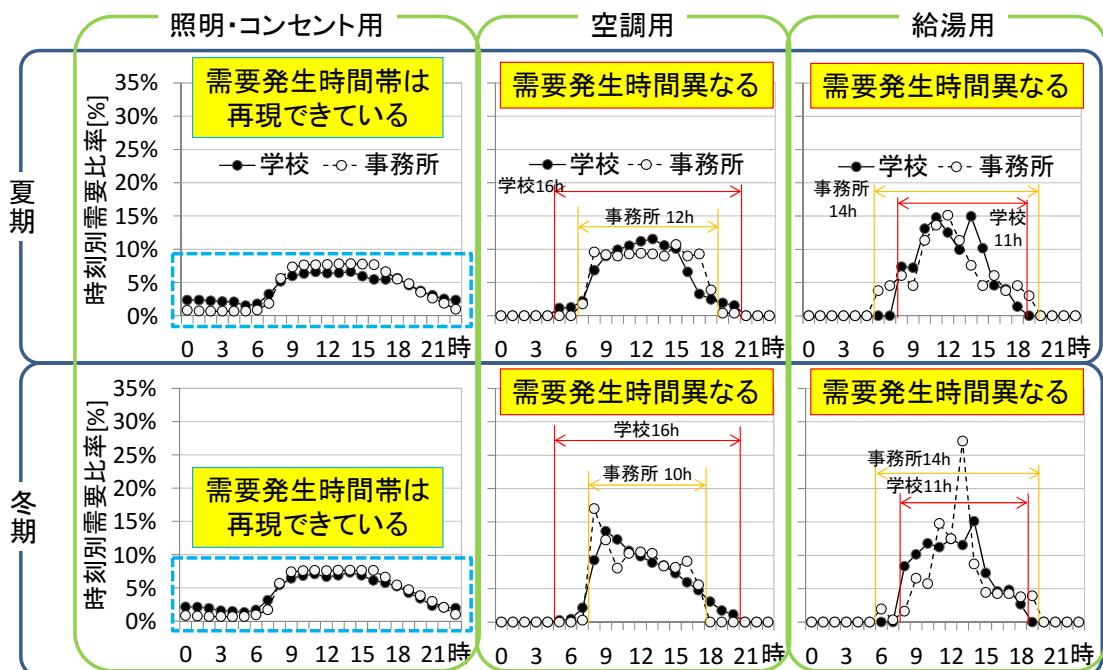


図2.7.2 各校の時刻別需要比率と参考文献¹⁾の事務所との比較

2. 8 考察

本研究では、電力及びガス計測とアンケート・ヒアリング調査を基に、小中学校における用途別エネルギー需要量及び需要想定に活用可能なエネルギー需要原単位を整理した。これらの値を用いることで、既設・新設小中学校におけるエネルギー需要想定を行うことが可能となり、参考文献^{1)、2)}に示される地域係数などを考慮すれば、全国の小中学校におけるエネルギー需要量を想定可能である。また、本研究のデータは地域区分Gの平均的なエネルギー消費量の小中学校を対象とした結果であるが、サンプル数に限りがある為、今後多様な地域における小中学校のサンプルを増やし、用途別エネルギー需要量について検証したい。エネルギー需要量の分析で得られた知見を以下に整理する。

- ① 小中学校における単位面積当たりの用途別エネルギー需要原単位の照明コンセント用及び冷暖房用は、参考文献¹⁾に整理される事務所や病院、ホテル、店舗と比較して少なく、住宅と同程度であった。これは、既往研究^{8)、10)}に示される一次エネルギー消費原単位の分析と同様の傾向である。
- ② 小中学校における単位面積当たりの用途別エネルギー需要原単位の給湯用については、建物が利用される時間帯が類似し、給湯利用が殆どない事務所¹⁾同程度であり、冷房用については参考文献²⁾に示される教育施設と同等の結果を得た。
- ③ 給食を調理している学校においても、給湯用のエネルギー消費量は、全体のエネルギー消費に占める割合が非常に小さく、既往研究¹¹⁾に示される傾向と一致している。
- ④ 小中学校における用途別エネルギー需要量で、照明コンセント用は竣工年、冷暖房用は延床面積、給食の調理が行われる学校での給湯用は生徒数に比例して増加する傾向となっている。
- ⑤ 本研究では、平日と休日に分けてエネルギー需要原単位を定義したが、小中学校の長期休暇中にも空調用エネルギー需要が発生しており、冷房用に限っては平日と休日の需要量の差が小さい。
- ⑥ これまで、教育施設の需要想定では参考文献¹⁾の需要データを参考とすることが多く、時刻別需要比率の照明コンセント用は、概ね再現ができていたことが分かった。しかしながら、空調用や給湯用は、事務所とは異なる学校特有の需要比率となっている。

3. 大学におけるエネルギー需要実態把握

3. 1 エネルギーシステムの状況

日本大学文理学部キャンパスにおける既存のエネルギーシステムは、建物毎の個別空調システムが主であり、熱源は電気・ガスが混在している。また、一部の建物においては熱の面的利用も行われており、様々なシステムが混在する複雑な状況となっている。

最近では、「エコキャンパス構想」の実現を目指すにあたり、再生可能エネルギーの導入も進められている。現在建て替えが行われている新本館（仮称）では、再生可能エネルギーである太陽熱・地中熱利用の冷暖房システムならびに中央監視システム（BEMS）を導入する予定となっている。

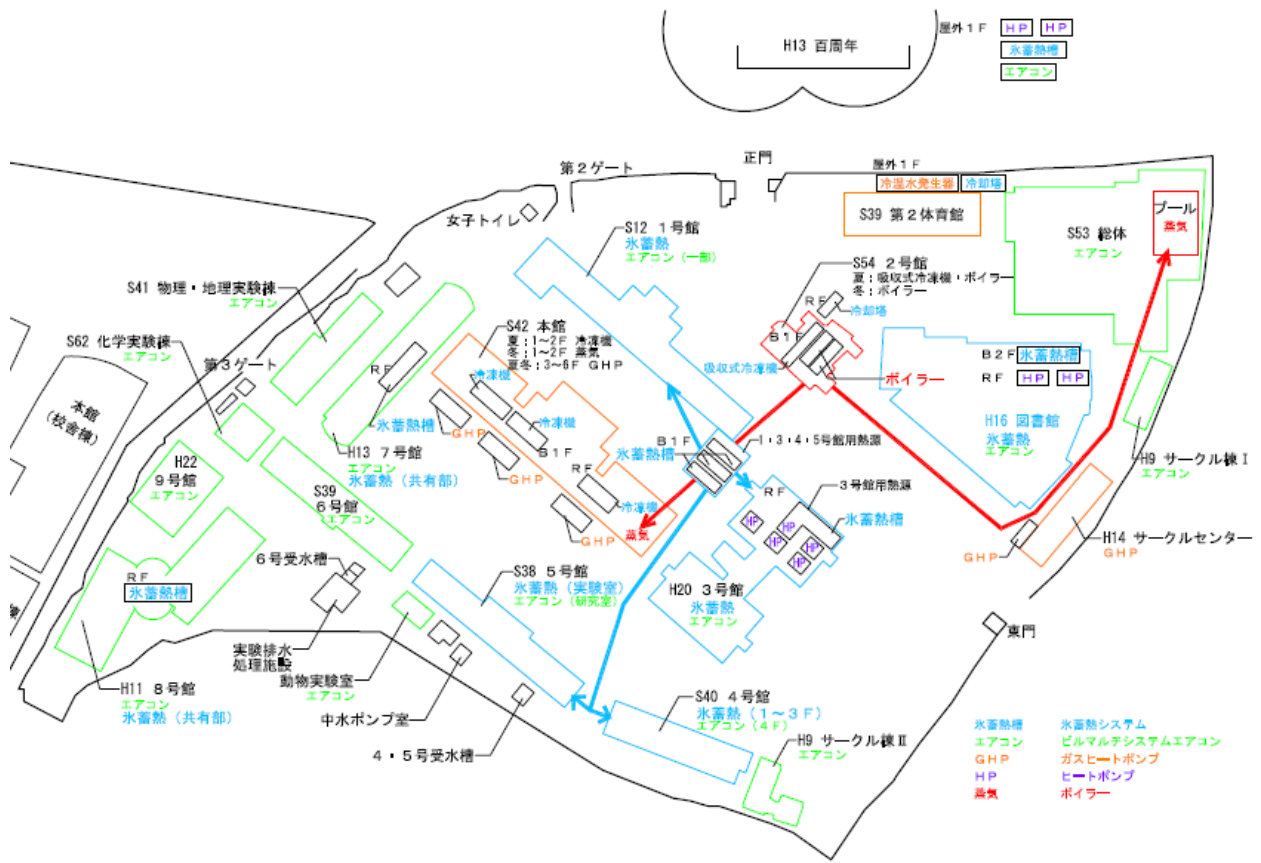


図3.1.1 現状の熱源系統図

【参考】電カインフラ整備状況

キャンパス内の高圧ケーブル配線系統図を以下に示す。電力系統は3系統あり、高圧電力を2号館地下の変電室を介して本館、1～7号館及び図書館、体育館、百周年記念館に送る系統及びその予備系統、8・9号館に送る系統に分かれている。

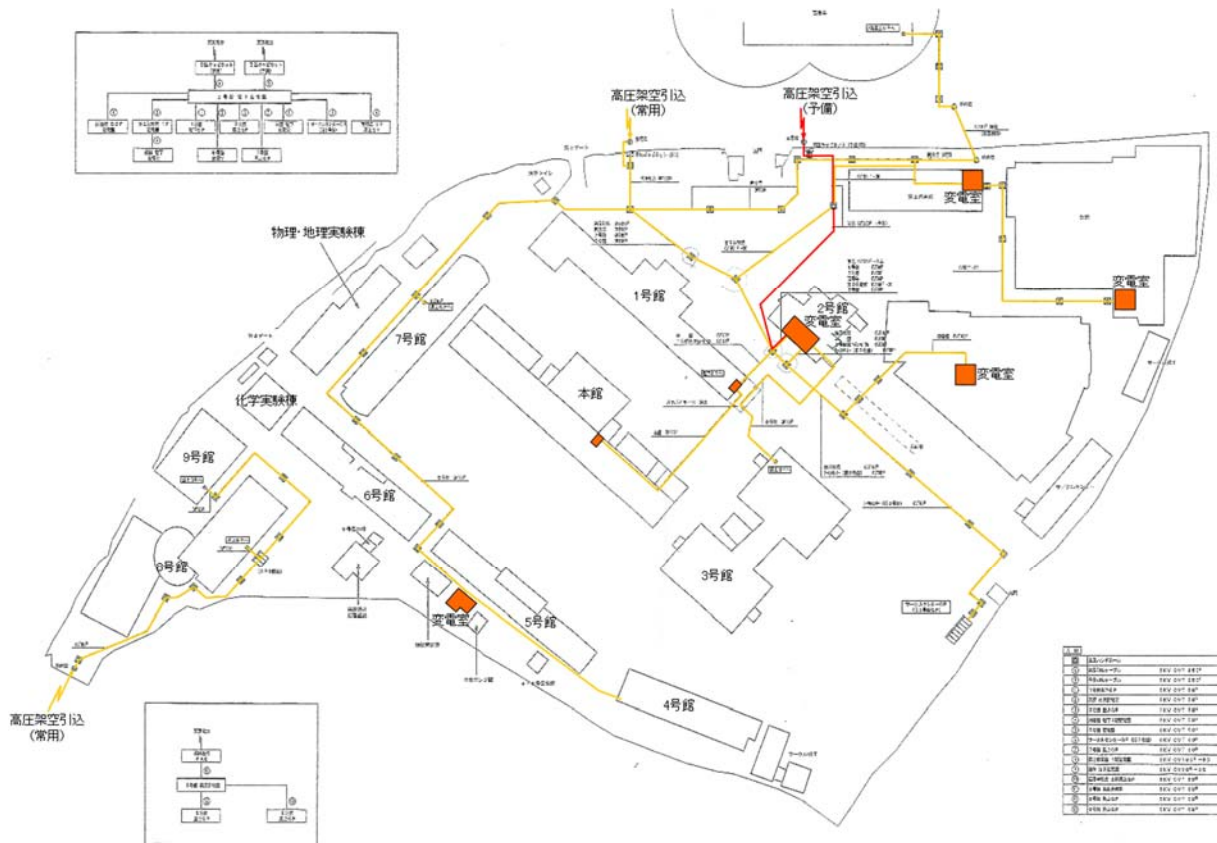


図3.1.3 高圧ケーブル配線系統図

【参考】都市ガスインフラ整備状況

キャンパス内の都市ガス配管系統図を以下に示す。都市ガス系統は4系統あり、第二体育館への系統、1・2号館への系統、本館、5～7号館及び実験棟への系統、本館と1号館を結ぶ系統に分かれている。

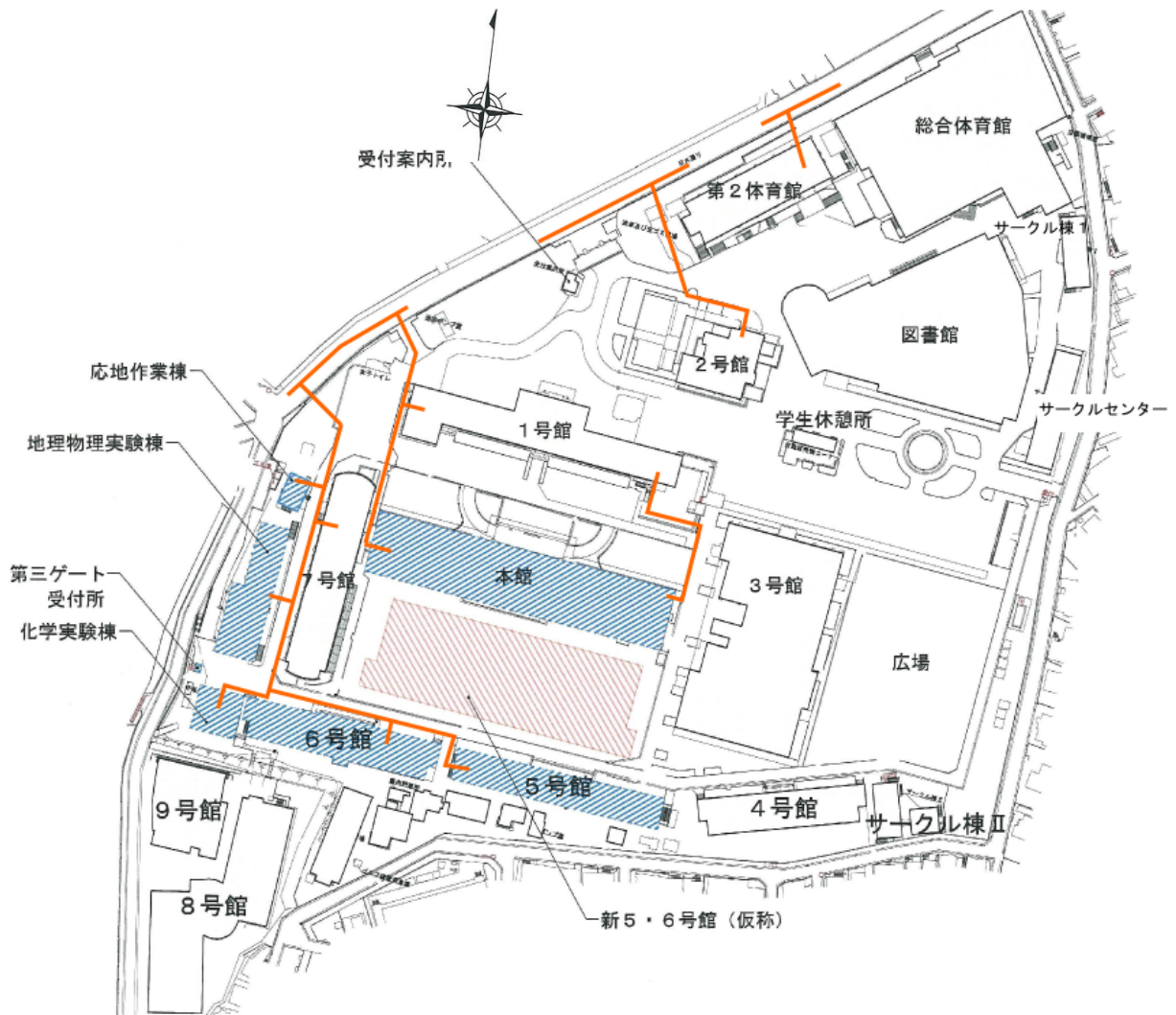


図3.1.4 都市ガス配管系統図

3. 2 大学におけるエネルギー消費量

現状、熱源機器単位や建物単位での電力やガス消費量の計測が行われていないため、各エネルギー源の契約で使用されている月別のメーター値を用いて、文理学部における電力及び熱需要量を推定する。この際、参照したデータは、文理学部全体のエネルギー消費量を記載した「特定温室効果ガス排出量算定報告書」の2011年度から2013年度までの3カ年データ（2011年4月～2014年5月）とした。

日本大学文理学部に設置されている電力・ガスメーターやLPG、灯油使用量の監視点は以下の通りとなっている。

表3.2.1 エネルギー消費監視点

No.	排出活動	燃料等の種類	監視点の位置
1	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	2号館 B1F 電気室 99022-14000-9-00
2	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	弓道場 30402-10304-1-00
3	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	8号館 地上キョービカ 30314-10070-8-00
4	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	麻球部(ミニグラウンド) 30402-15501-1-01
5	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	広領域情報科学研究センター 屋上 30404-10001-8-00
6	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	陸上グラウンド更衣室 30323-10401-1-00
7	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	日本大学櫻丘高校 屋上キョービカ 30324-14070-9-00
8	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	多目的コート 30323-10504-1-00
9	燃料の使用	都市ガス13A	総合体育館横 総合体育館 GHP用 1081-316-1071
10	燃料の使用	都市ガス13A	本館裏 GHP用 1750-814-1080
11	燃料の使用	都市ガス13A	サークルセンター裏 GHP用 1908-614-1082
12	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 GHP用① 1299-755-0095
13	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 GHP用② 1299-755-0011
14	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 冷温水発生器用 1299-755-0087
15	燃料の使用	都市ガス13A	地理・物理実験棟 一般用 1299-755-0020
16	燃料の使用	都市ガス13A	1号館 一般用 1299-755-0053
17	燃料の使用	都市ガス13A	2号館裏 一般用 1299-755-0061
18			撤去、空き
19	燃料の使用	都市ガス13A	本館 一般用 1299-755-0045
20	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 エトロ食堂 1299-755-0042
21	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 カワシ食堂 1299-759-0028
22	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 フジシヤクウ食堂 1299-759-0034
23	燃料の使用	都市ガス13A	第2体育館 一般用 1299-759-0052
24	燃料の使用	都市ガス13A	8号館、9号館 一般用 1493-733-1008
25	燃料の使用	都市ガス13A	100周年記念館裏設備置場 一般用 1251-883-1040
26	燃料の使用	都市ガス13A	櫻丘高校 地下機械室 1299-754-0021
27	燃料の使用	都市ガス13A	櫻丘高校 教室ABC棟 1299-754-0062
28	燃料の使用	都市ガス13A	櫻丘高校 剣道場 1357-045-1099
29	燃料の使用	都市ガス13A	櫻丘高校 新校舎 1377-116-1059
30	燃料の使用	都市ガス13A	櫻丘高校 冷温水機専用 1299-754-0070
31			撤去、空き
32			撤去、空き
33			撤去、空き
34			撤去、空き
35			撤去、空き
36	燃料の使用	灯油	文理学部 地下タンク ボイラー用
37	燃料の使用	A重油	2号館 タンク非常発電用
38	燃料の使用	A重油	図書館 タンク非常発電用
39	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	アメフト 9月から高圧から業務へ01603-02715-3-00
40	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	アメフト 39に一本化
41	燃料の使用	都市ガス13A	弓道場 一般用 1817-584-1099
42	燃料の使用	液化石油ガス_LPG	櫻丘高校 食堂
43	燃料の使用	液化石油ガス_LPG	櫻丘高校 厨房
44	燃料の使用	液化石油ガス_LPG	櫻丘高校 体育館
45	電気の使用	昼夜不明またはその他からの買電	アメフト更衣室棟 電灯 30404-10601-1-00

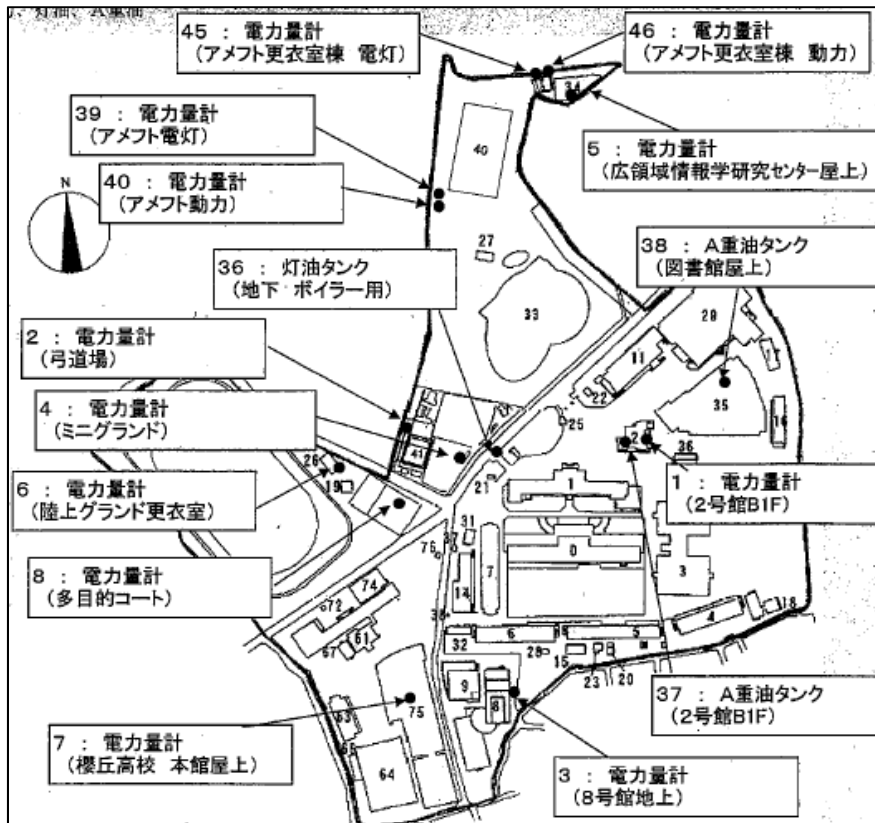


図3.2.1 エネルギー消費監視点（電気及び灯油・A重油）

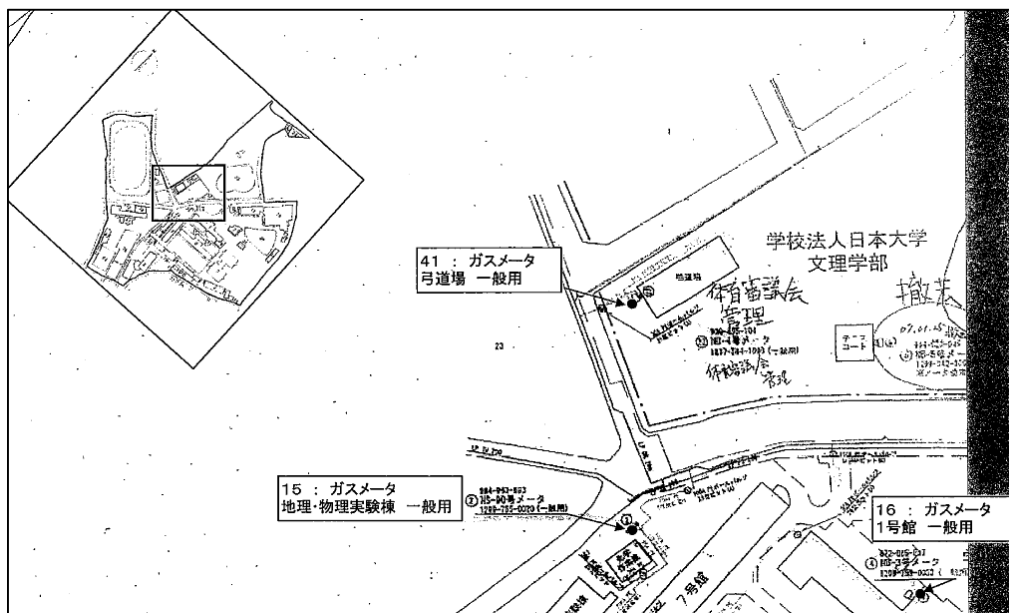


図3.2.2 エネルギー消費監視点（ガス：1号館、7号館周辺）

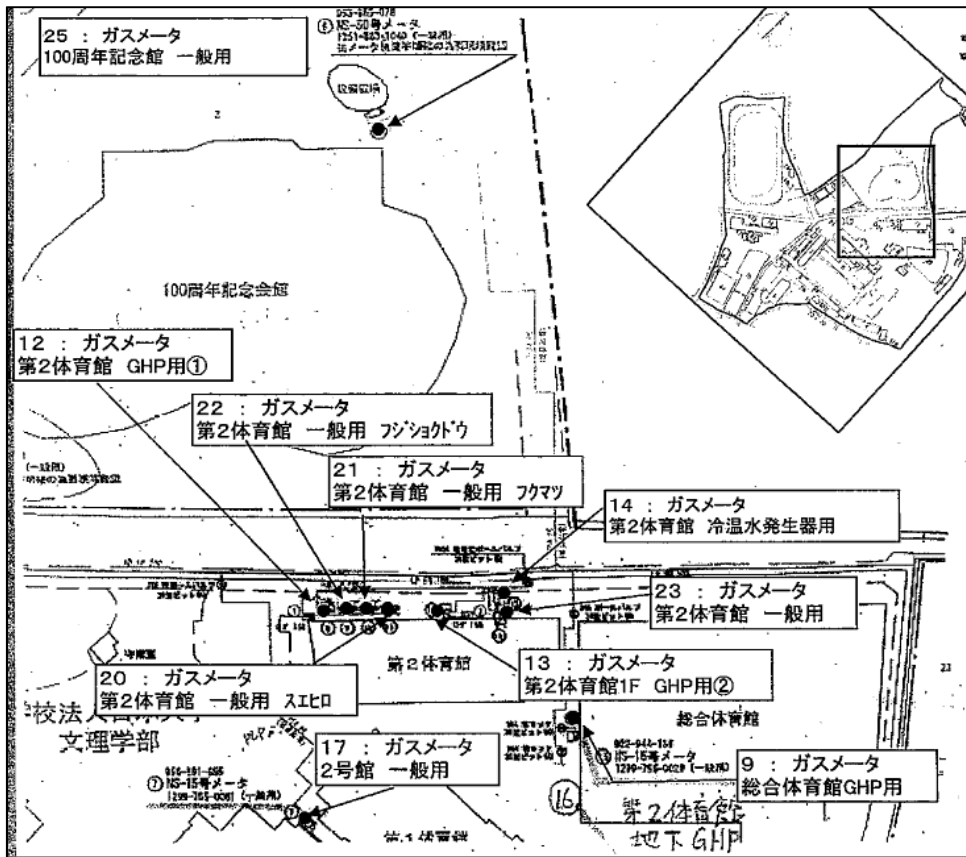


図3.2.3 エネルギー消費監視点（ガス：総合体育館、第2体育館周辺）

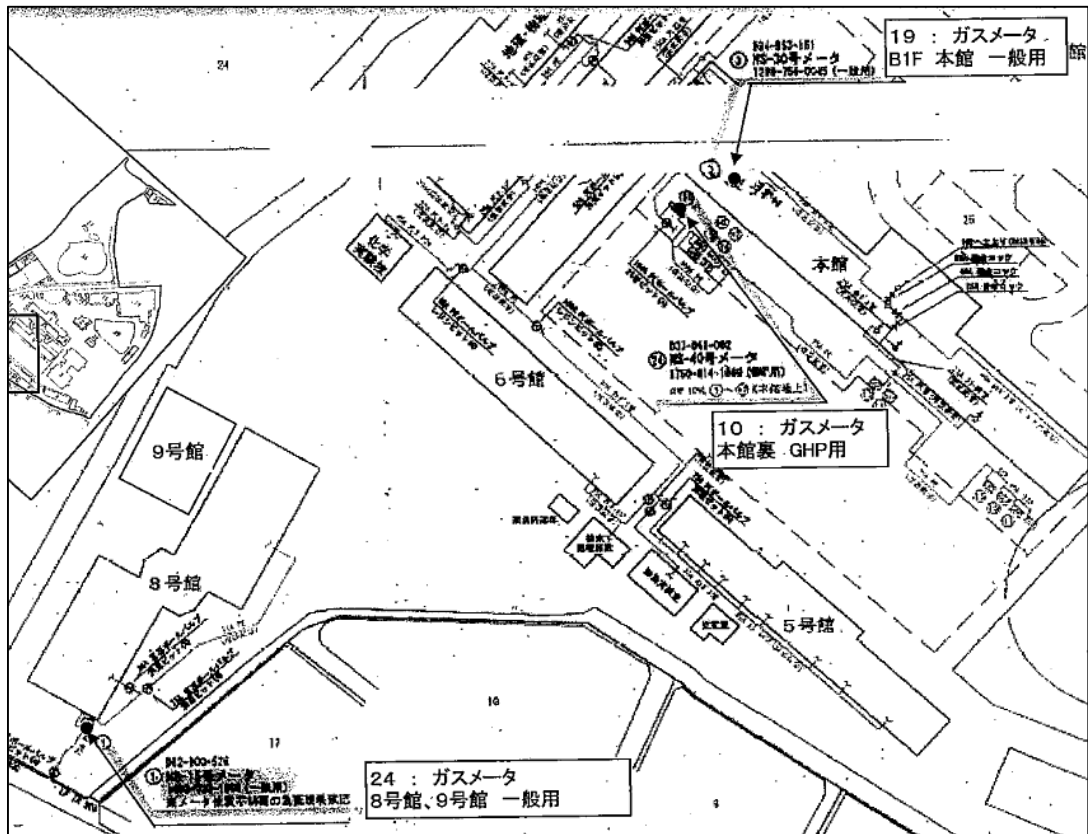


図3.2.4 エネルギー消費監視点（ガス：本館及び8号館周辺）

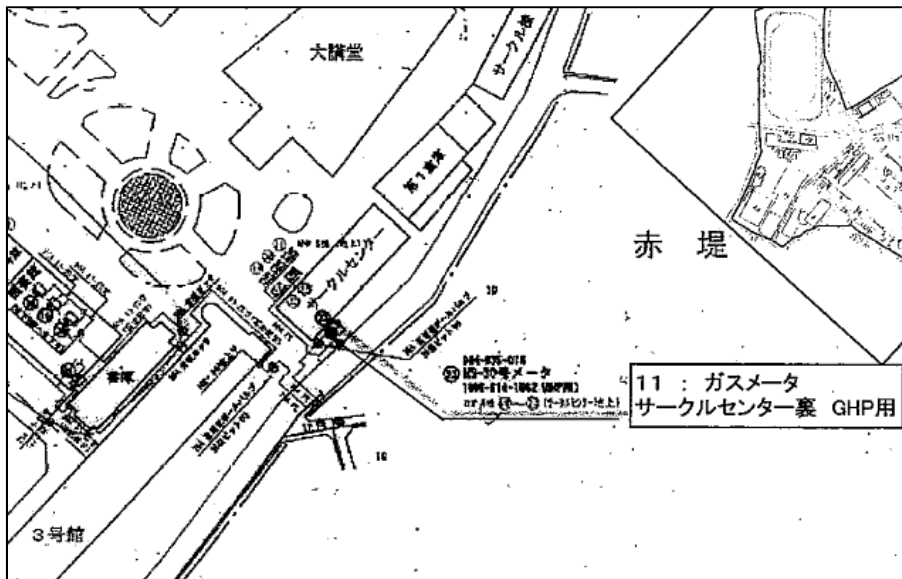


図3.2.5 エネルギー消費監視点（ガス：サークルセンター周辺）

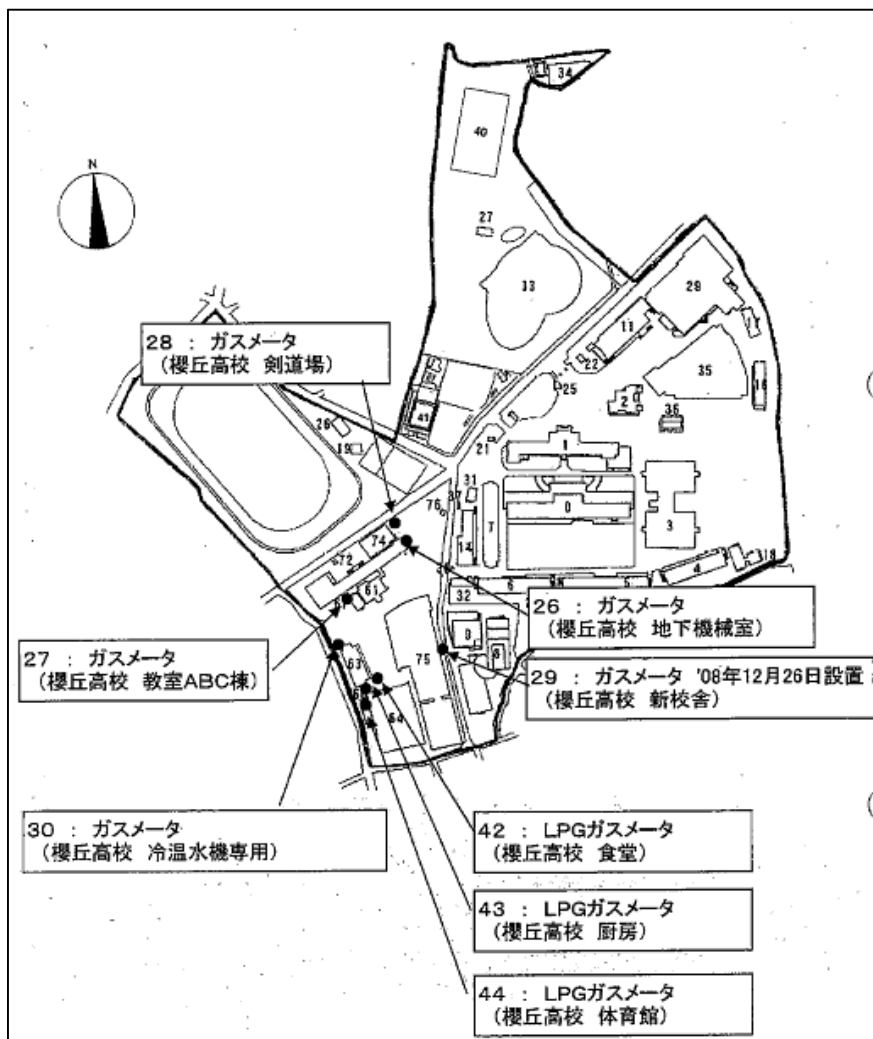


図3.2.6 エネルギー消費監視点（ガス：櫻丘高校）

これらの監視点で得られたデータを年間ごとに整理した結果を以下に示す。この結果、電力消費量は、監視点1（2号館）、7（櫻丘高校）、3（8号館）の順で多くなっており、都市ガスは、監視点27（櫻丘高校教室ABC棟）、10（本館裏GHP用）、30（櫻丘高校冷温水機）の順で多くなっている。

表3.2.2 文理学部におけるエネルギー消費量

燃料等監視点	燃料等の種類	単位	2011	2012	2013	平均
1	電気	kWh	8,794,865	9,178,983	9,252,482	9,075,443
3	電気	kWh	1,555,831	1,605,414	1,528,340	1,563,195
5	電気	kWh	292,876	288,647	274,088	285,204
7	電気	kWh	1,909,080	2,049,744	2,036,160	1,998,328
2, 4, 6, 8	電気	kWh	61,316	64,581	70,954	65,617
39, 40	電気	kWh	70,649	87,636	89,747	82,677
9	都市ガス13A	m ³	0	2	77	26
10	都市ガス13A	m ³	26,870	26,898	29,024	27,597
11	都市ガス13A	m ³	3,418	2,643	2,952	3,004
12	都市ガス13A	m ³	168	228	282	226
13	都市ガス13A	m ³	241	404	569	405
14	都市ガス13A	m ³	12,977	15,701	26,252	18,310
15	都市ガス13A	m ³	2,260	2,087	1,475	1,941
16	都市ガス13A	m ³	19	26	29	25
17	都市ガス13A	m ³	5	6	6	6
19	都市ガス13A	m ³	89	114	76	93
20	都市ガス13A	m ³	15,964	20,618	22,701	19,761
21	都市ガス13A	m ³	4,805	5,425	5,086	5,105
22	都市ガス13A	m ³	7,369	4,738	5,706	5,938
23	都市ガス13A	m ³	146	173	208	176
24	都市ガス13A	m ³	1	9	2	4
25	都市ガス13A	m ³	2,033	1,080	802	1,305
26	都市ガス13A	m ³	37	31	36	35
27	都市ガス13A	m ³	34,225	33,772	35,938	34,645
28	都市ガス13A	m ³	97	142	141	127
29	都市ガス13A	m ³	2,425	617	1,697	1,580
30	都市ガス13A	m ³	21,954	32,116	24,455	26,175
41	都市ガス13A	m ³	20	14	25	20
36	灯油	kl	146	166	160	157
37-38	A重油	kl	0	0	0	0
42-44	液化石油ガス_LPG	m ³	1,053	1,151	1,073	1,092
45, 46	昼夜不明またはその他からの買電	kWh	49,038	58,763	50,801	52,867

前述するエネルギー消費量を、一次エネルギー消費量換算した結果を以下に示す。一次エネルギー消費量への換算は以下の係数を用いた。

この結果、監視点1（電力：2号館）が最もエネルギー消費量が大きく、全体の66%を占めていることが分かった。次いで、監視点7（電力：櫻丘高校）で大きく全体の15%、監視点3（電力：8号館）で全体の11%、監視点5（電力：広領域研究センター）で全体の2%となっている。これら4つの監視点で文理学部全体のエネルギー消費量の90%を占めていることが確認された。また、監視点36（灯油2号館ボイラ用）のエネルギー消費量も全体の4%と比較的大きくなっている。

表3.2.3 一次エネルギー換算値

エネルギー種別	単位	値	備考
電力	MJ/kWh	9.76	エネルギーの使用の合理化に関する法律より
都市ガス	MJ/m ³	40.63	東京ガス HP より（都市ガス 13A 低位発熱量）
灯油	MJ/L	36.70	エネルギーの使用の合理化に関する法律より
A 重油	MJ/L	39.10	エネルギーの使用の合理化に関する法律より
LPG	MJ/m ³	110.90	エネルギーの使用の合理化に関する法律及び 日本 LP ガス協会 HP より 50.8MJ/kg 及び 2.183kg/m ³

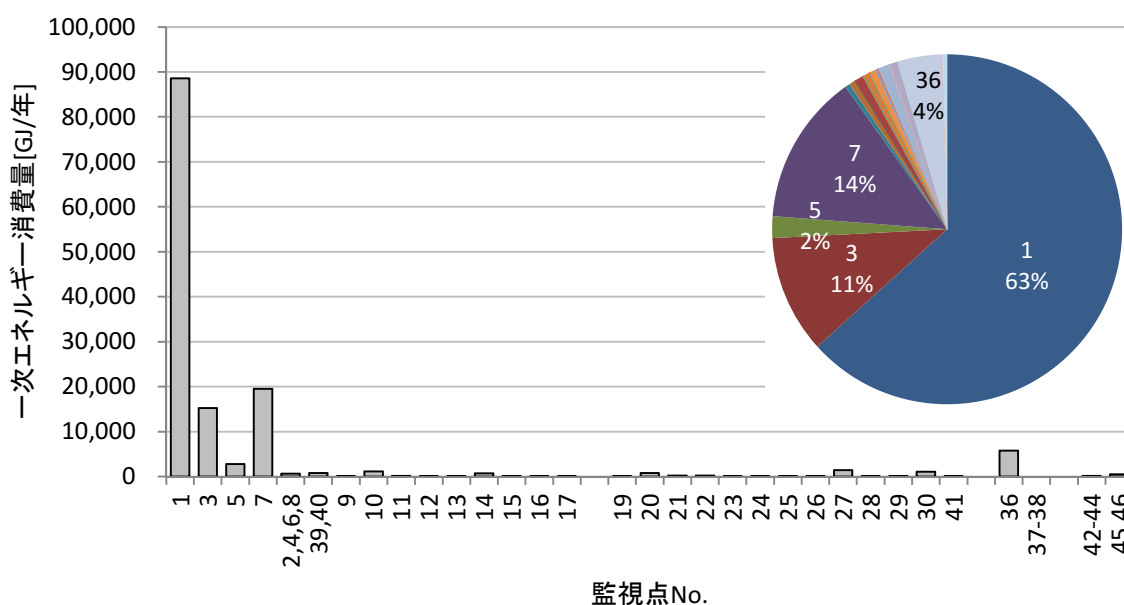


図3.2.7 監視点別一次エネルギー消費量と消費比率

得られたエネルギー消費データを年別・月別に比較した結果を以下に示す。エネルギーの消費傾向として、7月及び2月のエネルギー消費量が多くなっている。これは、空調需要が多い期間で、授業日が多く学生が登校していることによって、エネルギー消費量が多くなっているものと考えられる。

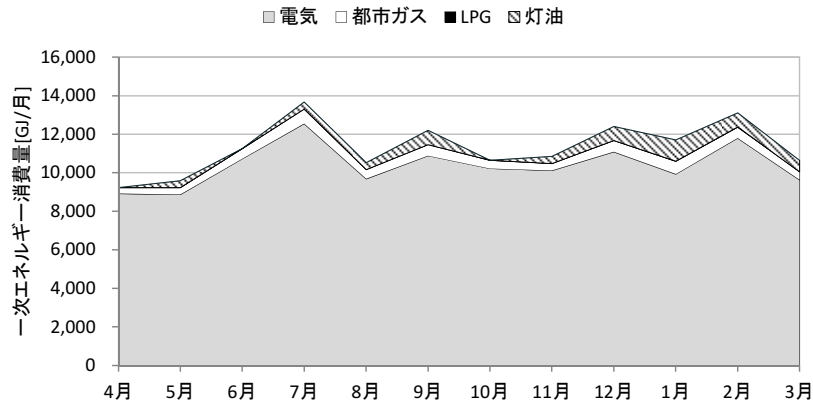


図3.2.8 2011年度における月別一次エネルギー消費量

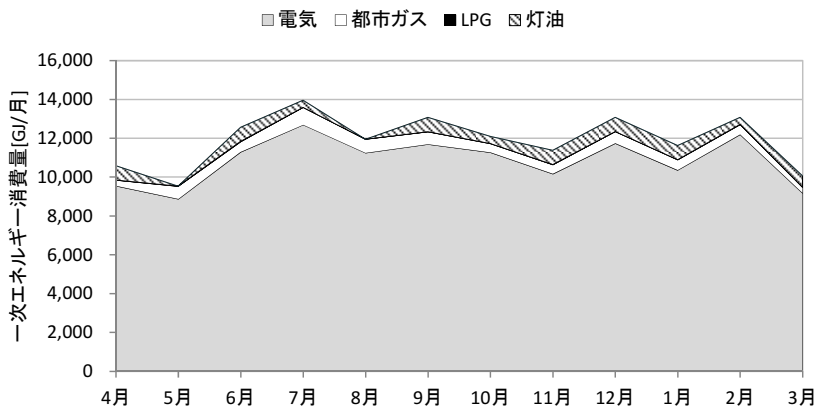


図3.2.9 2012年度における月別一次エネルギー消費量

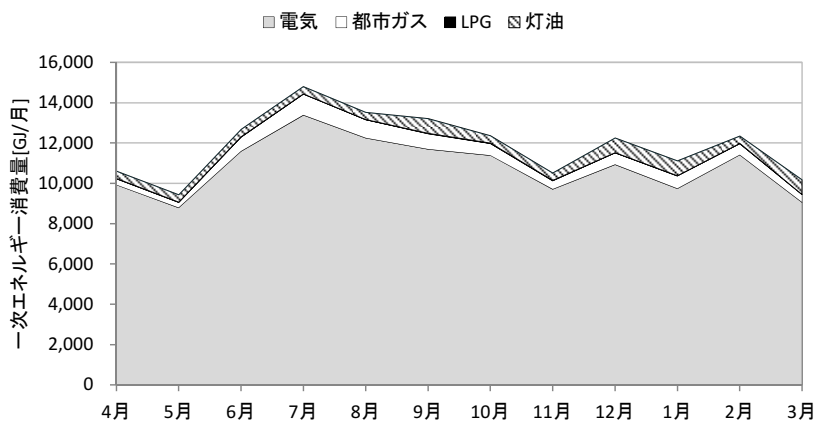


図3.2.10 2013年度における月別一次エネルギー消費量

年度別・エネルギー源別の一次エネルギー消費量を整理した結果を以下に示す。一次エネルギー消費量の90%は電気となっており、その内、2号館での受電量が63%、8号館と櫻丘高校を含めて約90%を占めている。年度別に若干比率の変動が見られるが、エネルギー消費構造に大きな変化は見られなかった。

表3.2.4 2011年度エネルギー源別一次エネルギー消費量

種別	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]	内訳 (受電点)	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]
電気	124,280	91.5	2号館電力	85,838	63.2
都市ガス	6,081	4.5	8号館電力	15,185	11.2
LPG	117	0.1	櫻丘高校電力	18,633	13.7
灯油	5,358	3.9	上記以外	16,181	11.9
合計	135,836	100.0			

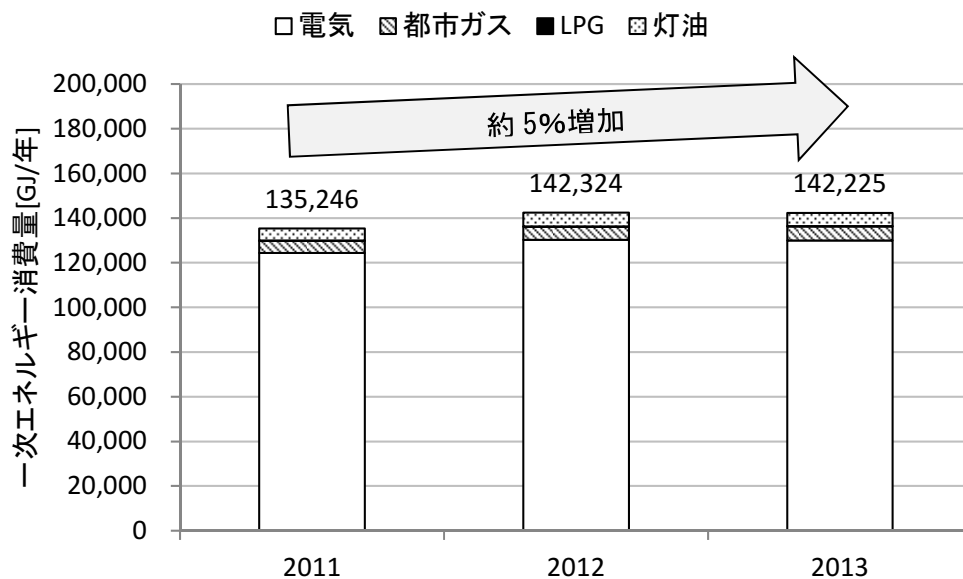
表3.2.5 2012年度エネルギー源別一次エネルギー消費量

種別	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]	内訳 (受電点)	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]
電気	130,138	91.0	2号館電力	89,587	62.7
都市ガス	6,608	4.6	8号館電力	15,669	11.0
LPG	128	0.1	櫻丘高校電力	20,006	14.0
灯油	6,092	4.3	上記以外	17,704	12.4
合計	142,965	100.0			

表3.2.6 2013年度エネルギー源別一次エネルギー消費量

種別	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]	内訳 (受電点)	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]
電気	129,833	90.8	2号館電力	90,304	63.2
都市ガス	7,089	5.0	8号館電力	14,917	10.4
LPG	119	0.1	櫻丘高校電力	19,873	13.9
灯油	5,872	4.1	上記以外	17,820	12.5
合計	142,913	100.0			

年度別の一次エネルギー消費量の総量を比較した結果を以下に示す。この結果、2011年度から2013年度にかけて、一次エネルギー消費量が5%程度増加する傾向が見られた。電力消費量の内訳でみると、8号館の電力は若干の減少傾向であったが、2号館電力及び櫻丘高校での電力消費量に増加する傾向が見られた。この期間内に、文理学部で建物の建替え・更新は無いため、全体的なエネルギー消費の増加傾向は、2011年の東日本大震災で2011年度は省エネ意識が向上し、エネルギー消費が抑えられた可能性が考えられる。



電気内訳 (受電点)	2011年度		2012年度		2013年度	
	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]	一次エネルギー消費量 [GJ/年]	比率 [%]
2号館電力	85,838	63.2	89,587	62.7	90,304	63.2
8号館電力	15,185	11.2	15,669	11.0	14,917	10.4
櫻丘高校電力	18,633	13.7	20,006	14.0	19,873	13.9
上記以外	16,181	11.9	17,704	12.4	17,820	12.5

図3.2.11 年度別一次エネルギー消費量の比較

関東地域（地域区分G）における大学・専門学校98校及び他の用途建物の一次エネルギー消費原単位(DECデータベース：一般社団法人サステナブル建築協会)と、文理学部における一次エネルギー消費量原単位を比較した結果を以下に示す。

2013年度実績で、日本大学文理学部の一次エネルギー消費量原単位は、1,300MJ/m²となっており、他98校中35番目となった。データベースの平均値は1,264MJ/m²、中央値は1,130MJ/m²で、日本大学文理学部は、それらと比較してエネルギー消費量が若干多くなっている。また、建物用途別の比較では、他の用途の建物と比較して一次エネルギー消費原単位は少ない傾向となっている。

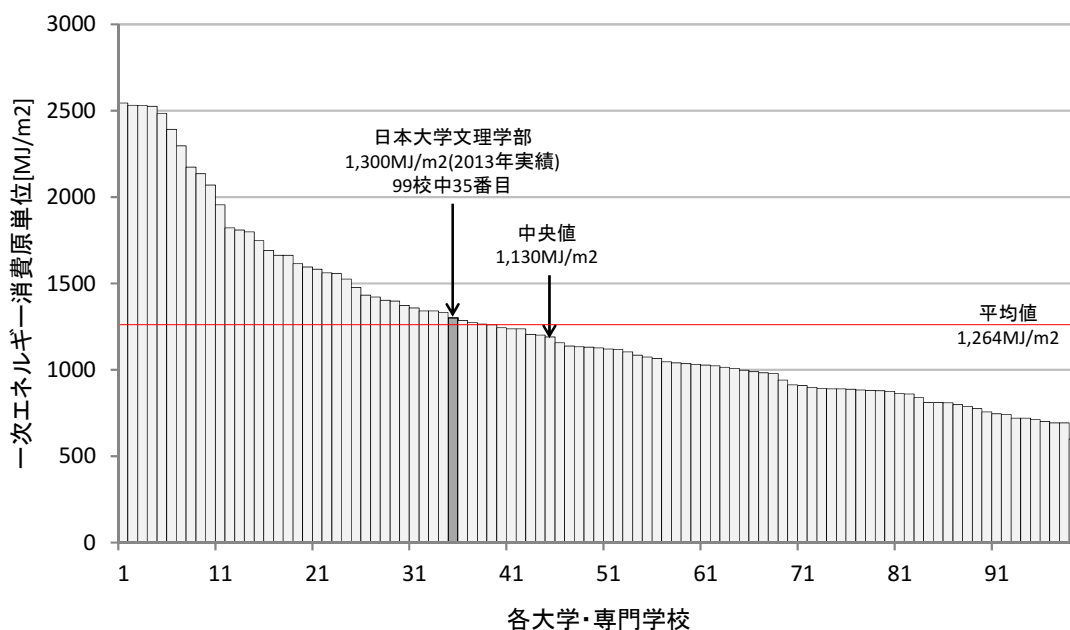


図3.2.12 DECデータベースにおける大学・専門学校の一次エネルギー消費原単位との比較

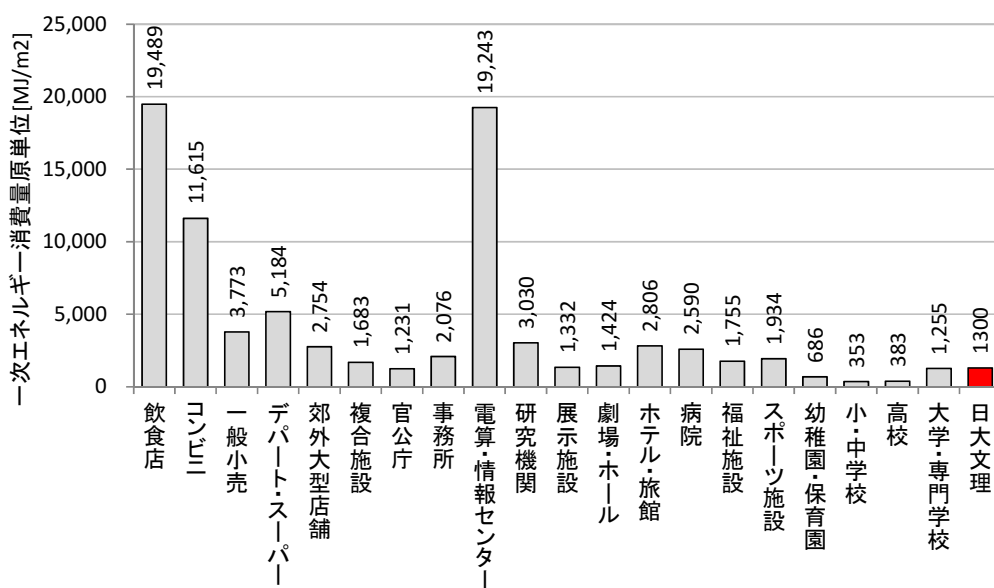


図3.2.13 DECデータにおける用途建物別エネルギー消費原単位との比較

3. 3 用途別エネルギー需要量の推定

大学における用途別エネルギー需要量の分析や将来のエネルギー需要の推定にあたって、時刻別のエネルギー消費データを手に入れた2号館及び8号館における受電電力データを用いる。この2号館と8号館のデータは、文理学部全体で消費されるエネルギー量の70%以上を占める。これらのデータから「照明・コンセント用」「空調用」のエネルギー消費量を分離して、用途別の単位面積当たりのエネルギー需要原単位を作成し、将来のエネルギー需要想定を行う。この時刻別のデータは、エネルギー事業者より受領したデータで、電力消費量の多いメーターのみで記録されている過去3年間の30分間隔のデータである。用途別エネルギー消費量の推定方法を以下に示す。

表3.3.1 用途別エネルギー消費量推計の考え方

区分	用途	内容	抽出方法
ベース分	照明・コンセント	人の活動を伴わず発生している電力消費量	過去3年間における元旦の電力消費量平均値
活動分(照明・コンセント)	照明・コンセント	人の活動によって消費された照明・コンセント用電力	非空調月(4月と設定)における授業日・休日それぞれのロードカーブからベース分を差し引く
空調分	空調	空調用に使用された電力	各月平均のロードカーブからベース分、活動分(照明コンセント用)を差し引く

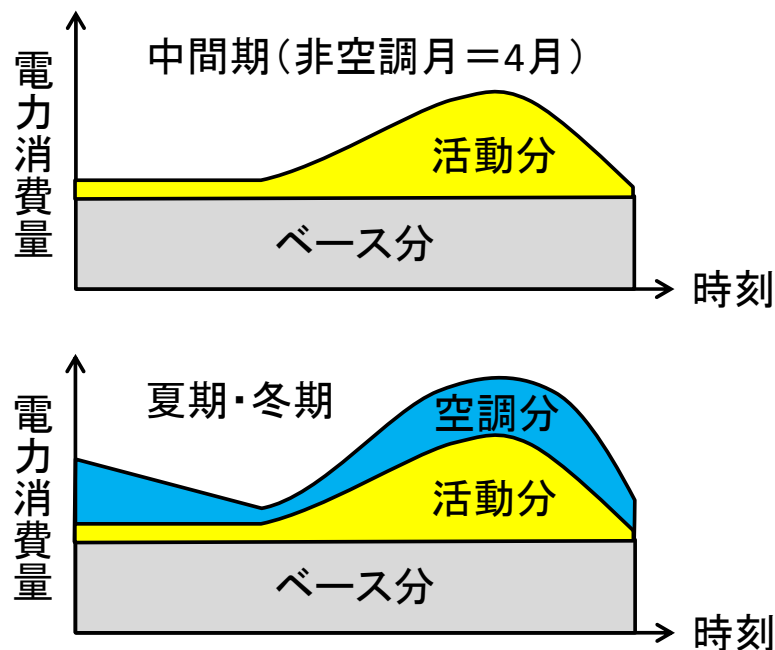


図3.3.1 エネルギーの用途別分解イメージ

電力消費量を用途別に分離した結果、中間期については、夜間の蓄熱が若干稼働しているが、昼間に大きな追従用の空調需要は発生していないことが分かった。夏期・冬期については、授業日・休日とも夜間蓄熱が約1,000kW程度で稼働し、蓄熱機器容量約1,200kWのうち、約8割程度が稼働している。また、平日昼間の追従用空調機は600kW程度で稼働し、機器容量(1,300kW)の約5割程度が稼働している。

2号館及び8号館で合成した最大電力は約3,000kWとなっており、平均的な需要における最大電力2,400kWからの差が600kWとなっている。実際の最大電力の発生は、平均的な需要では稼働していない空調機(約700kW)の利用や照明・コンセントの利用で発生しているものと推測される。

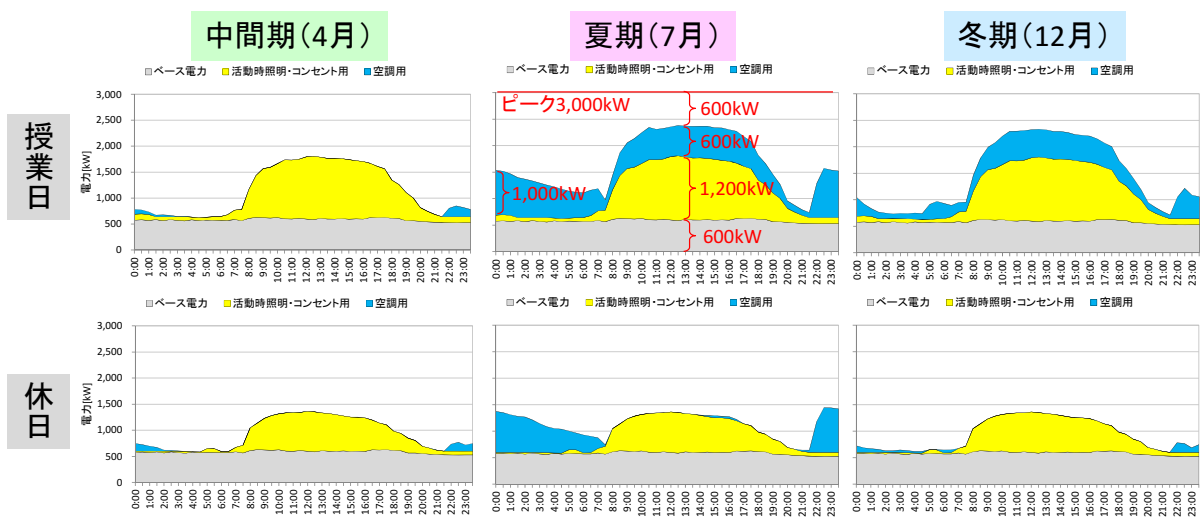
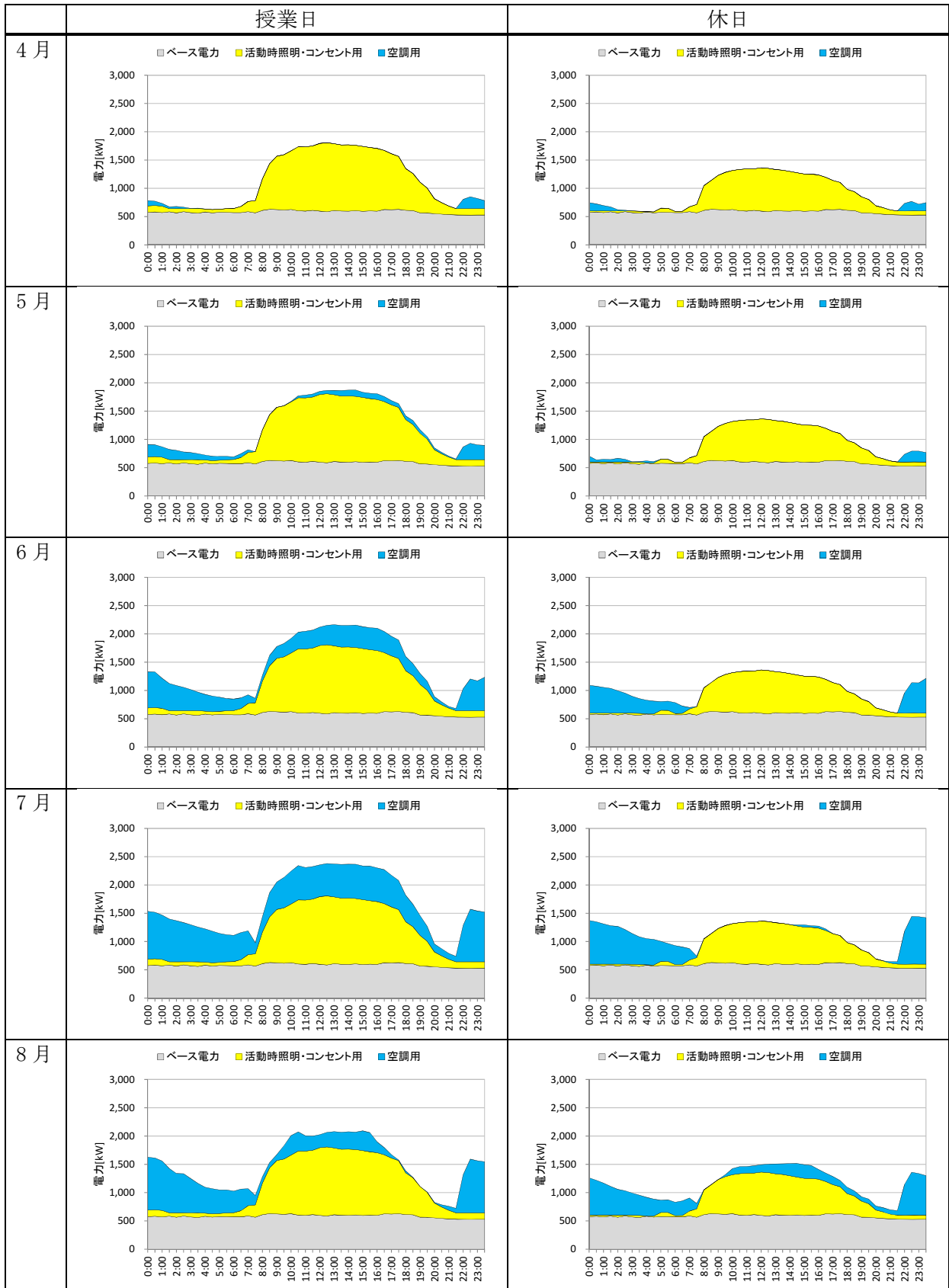


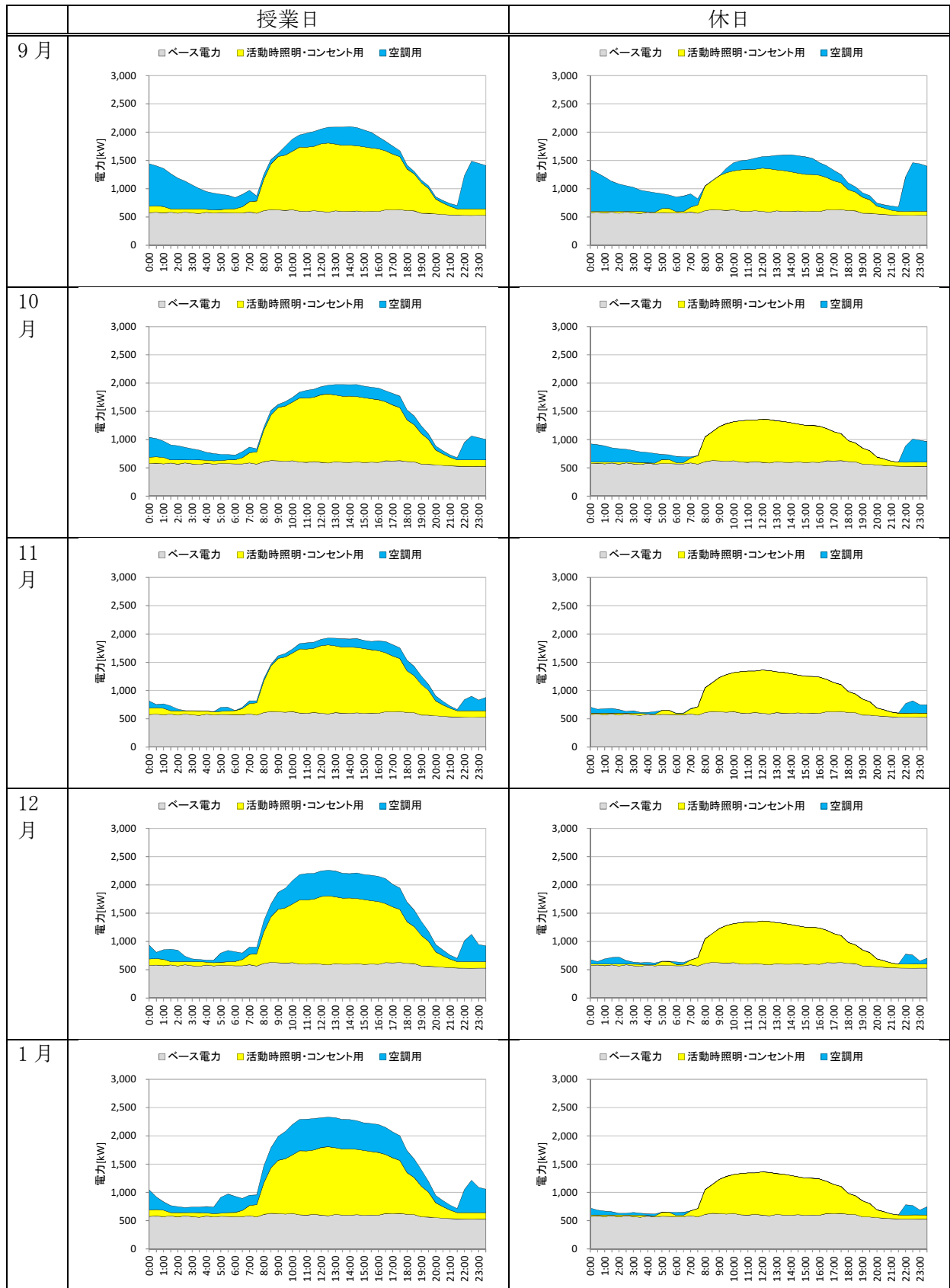
図3.3.2 季節別代表日の用途別電力消費量分離結果

表3.3.2 2号館+8号館の電力消費データによる最大電力発生日時と最大電力

年度	発生日時	最大電力
2011年度	2012年1月12日(木) 11:30	3,060kW
2012年度	2012年7月11日(水) 16:00	2,946kW
2013年度	2013年7月9日(火) 15:30	3,088kW

表3.3.3 各月代表日における電力消費傾向





	授業日	休日
2月	<p>■ ベース電力 ■ 活動時照明・コンセント用 ■ 空調用</p>	<p>■ ベース電力 ■ 活動時照明・コンセント用 ■ 空調用</p>
3月	—	<p>■ ベース電力 ■ 活動時照明・コンセント用 ■ 空調用</p>

用途別エネルギーの分析結果から得られた用途別の電力消費量の集計結果を以下に示す。このデータは2号館及び8号館の電力データで、電力供給の対象範囲は93,141m²となっている。この用途別消費比率を元に、文理学部全体における電力消費量を分離し、都市ガス及び灯油、LPGの月別消費量を合せて、文理学部全体の用途別エネルギー需要量と用途別需要原単位を作成する。

表3.3.4 月別・用途別電力消費量

[kWh]	合計(2号館+8号館)			
	ベース電力	活動時照明・コンセント用	空調用	合計
4月	419,670	333,568	15,401	768,639
5月	433,659	357,138	52,514	843,312
6月	419,670	370,395	206,757	996,823
7月	433,659	378,182	364,810	1,176,651
8月	433,659	257,179	193,349	884,187
9月	419,670	323,046	210,080	952,796
10月	433,659	372,921	115,183	921,763
11月	419,670	365,134	62,660	847,464
12月	433,659	362,399	155,405	951,464
1月	433,659	346,616	168,151	948,426
2月	391,692	286,428	124,343	802,463
3月	433,659	241,396	76,836	751,891
合計	5,105,985	3,994,406	1,745,489	10,845,880

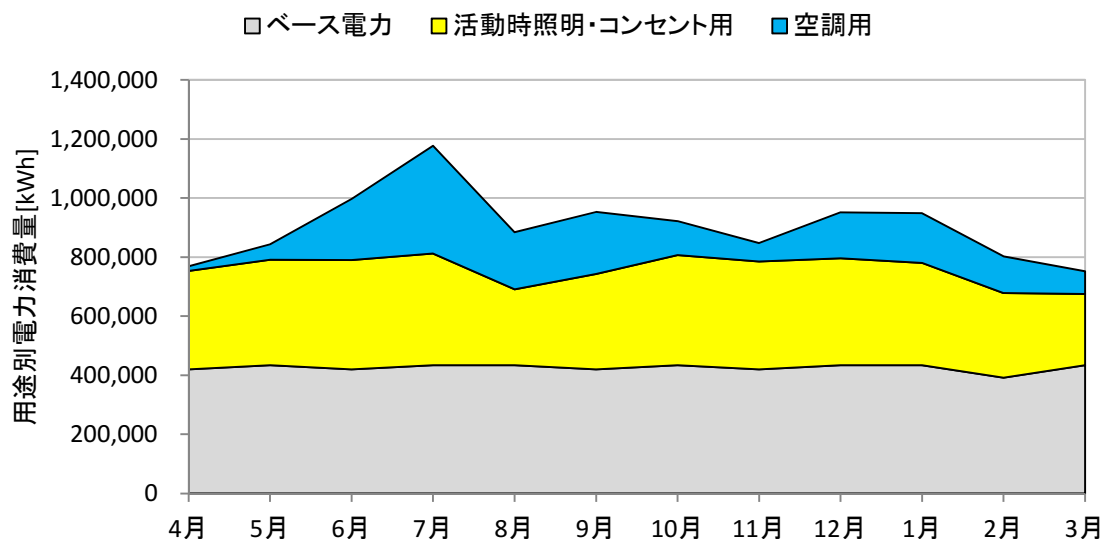


図3.3.3 月別用途別電力消費量

以下に、文理学部全体における用途別エネルギー消費量を推定方法及び集計した結果を示す。

推計及び集計は以下の方法で行った。

【電力】

- 用途別電力消費量の対象範囲 93, 141m² から単位面積当たりの電力消費量を求め、文理学部全体の面積 10, 9890m² に適用

【都市ガス】

- 月別・メーター別の都市ガス消費量から、空調用に使用されている都市ガス（主に GHP 用）と厨房用に使用されている都市ガスを分けて集計

【LPG】

- 櫻丘高校の食堂・厨房・体育館で使用されているため、厨房用として集計（但し、現在建物は改修中）

【灯油】

- 2号館のボイラで空調用と給湯用に使用されているが、分離を行う上で詳細な情報が不足している為、空調用と給湯用で 1/2 ずつとした。

表3.3.5 月別・用途別エネルギー消費量

	ベース電力 kWh	活動時照明・コンセン kWh	空調用 kWh	電力合計 kWh	空調用 都市ガス m ³	厨房用 都市ガス m ³	給湯用 LPG m ³	空調用 灯油 L	給湯用 灯油 L
4月	517,685	411,474	18,998	948,158	1,551	5,702	95	5,000	5,000
5月	534,942	440,549	64,779	1,040,270	1,683	4,664	119	5,000	5,000
6月	517,685	456,903	255,046	1,229,634	9,598	7,523	159	5,000	5,000
7月	534,942	466,508	450,013	1,451,463	16,727	8,870	28	5,000	5,000
8月	534,942	317,244	238,506	1,090,692	15,262	7,070	3	5,000	5,000
9月	517,685	398,495	259,145	1,175,325	11,850	6,930	105	10,000	10,000
10月	534,942	460,019	142,085	1,137,045	6,968	7,369	112	5,000	5,000
11月	517,685	450,413	77,294	1,045,393	2,602	7,505	161	5,000	5,000
12月	534,942	447,039	191,701	1,173,682	6,295	7,929	16	10,000	10,000
1月	534,942	427,570	207,423	1,169,935	7,588	7,775	114	10,000	10,000
2月	483,173	353,325	153,383	989,881	7,488	6,031	144	5,000	5,000
3月	534,942	297,775	94,781	927,498	4,992	4,513	17	10,000	10,000
合計	6,298,507	4,927,314	2,153,155	13,378,975	92,604	81,879	1,073	80,000	80,000

次に、推定した用途別エネルギー消費量に仮定した機器効率を考慮して、月別の用途別エネルギー需要原単位を推定する。想定した機器効率を以下に示す。

表3.3.6 エネルギー種別及び用途別機器効率想定

種別	機器効率	概要
ベース電力	1.00	PC サーバや実験用コンセント等
活動時照明・コンセント用電力	1.00	照明・コンセント用
空調用電力	2.25	個別空調用 EHP と蓄熱システム
空調用都市ガス	1.00	GHP
給湯用 LPG	0.85	LPG ボイラ
空調用灯油	0.80	灯油ボイラ (蒸気吸収式冷凍機含む)
給湯用灯油	0.85	灯油ボイラ

この機器効率を元に算出した、現状の文理学部における用途別エネルギー需要原単位を以下に示す。このエネルギー需要原単位を基礎データとして、将来的なエネルギー需要の想定等、エネルギーシミュレーション用の需要データを作成する。

表3.3.7 文理学部におけるエネルギー需要原単位

[kWh/m ²]	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
照明・コンセント用	8.8	7.6	7.6	8.5	8.9	8.9	9.1	7.8	8.3	9.1	8.8	8.9	102.2
空調用	5.8	4.3	3.2	0.9	1.9	6.6	11.3	6.8	7.3	4.0	2.2	5.3	59.5
給湯用	0.8	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4	0.8	6.6
合計	15.3	12.3	11.6	9.8	11.2	15.9	20.8	15.0	16.4	13.5	11.5	15.0	168.3

□照明・コンセント用 □空調用 ▨給湯用 合計

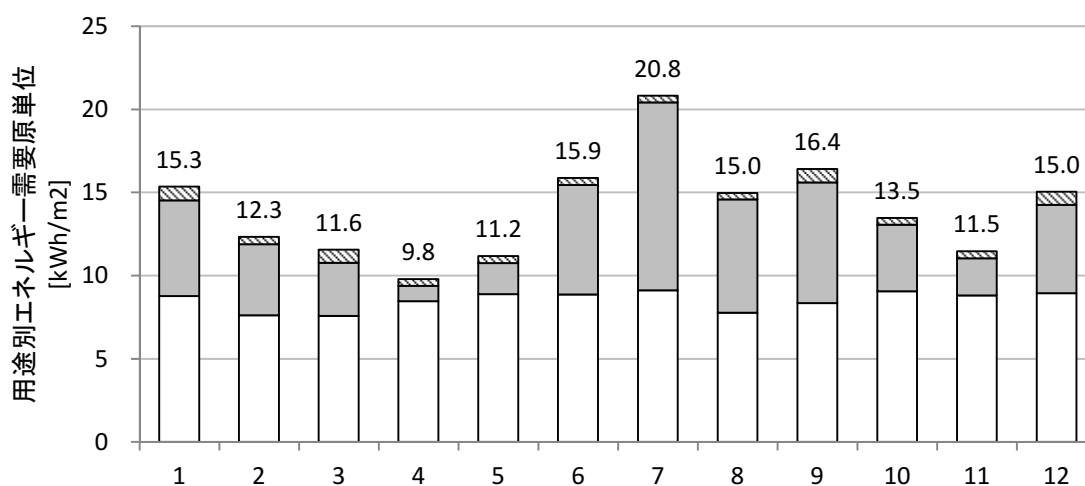


図3.3.4 月別・用途別エネルギー需要原単位 (現状)

3. 4 時刻別エネルギー需要比率

前項までに算出した月別のエネルギー需要単位から、エネルギーシミュレーションを行うための時刻別エネルギー需要比率を作成する必要がある。

時刻別需要比率の作成では、「照明・コンセント用」及び「空調用」は電力消費量の用途別分析から得られた時刻別の需要比率を原単位に考慮する。また、給湯用については、時刻別エネルギー消費データが計測されていないため、参考文献¹⁾に記載される「事務所ビル（標準）」の時刻別給湯需要比率を用いる。

【照明・コンセント用】

- 電力消費量の用途別分析で得られた月別・時刻別需要比率

【空調用】

- 電力消費量の用途別分析で得られた月別・時刻別需要比率
(蓄熱機器による需要比率の変化を除外する)

【給湯用】

- 参考文献¹⁾に記載される「事務所ビル（標準）」

また、授業日と休日については、実際に授業が行われていた日と行われていない日で時刻別の電力データを集計し、月別の需要比率を作成した。なお、長期休暇期間中で追試等が行われエネルギー需要量が授業日と大きな差が見られなかった日については、授業日として集計した。3月については全て休日として、給湯用エネルギーは、3月以外は全て授業日用として集計した。推定した現状の文理学部における用途別エネルギー需要量及び比率を以下に示す。

表3.4.1 授業日と休日の需要比率

	照明コンセント用				空調用				給湯用			
	授業日		休日		授業日		休日		授業日		休日	
	日数	需要比率	日数	需要比率	日数	需要比率	日数	需要比率	日数	需要比率	日数	需要比率
4月	19	67%	11	33%	19	62%	11	38%	19	100%	11	0%
5月	22	75%	9	25%	22	90%	9	10%	22	100%	9	0%
6月	26	88%	4	12%	26	93%	4	7%	26	100%	4	0%
7月	26	88%	5	12%	26	93%	5	7%	26	100%	5	0%
8月	3	10%	28	90%	3	12%	28	88%	3	100%	28	0%
9月	17	61%	13	39%	17	56%	13	44%	17	100%	13	0%
10月	25	85%	6	15%	25	90%	6	10%	25	100%	6	0%
11月	25	85%	5	15%	25	95%	5	5%	25	100%	5	0%
12月	23	77%	8	23%	23	97%	8	3%	23	100%	8	0%
1月	20	69%	11	31%	20	96%	11	4%	20	100%	11	0%
2月	13	52%	15	48%	13	45%	15	55%	13	100%	15	0%
3月	0	0%	30	100%	0	0%	30	100%	0	0%	30	100%

表3.4.2 時刻別照明・コンセント用需要比率（平日・休日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
1:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
2:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
3:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
4:00	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%	2.3%
5:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
6:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
7:00	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%
8:00	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%
9:00	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%	5.8%
10:00	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%
11:00	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%
12:00	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%
13:00	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%	6.6%
14:00	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%	6.5%
15:00	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%	6.4%
16:00	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%	6.2%
17:00	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%	5.9%
18:00	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%
19:00	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%
20:00	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%
21:00	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
22:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
23:00	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%

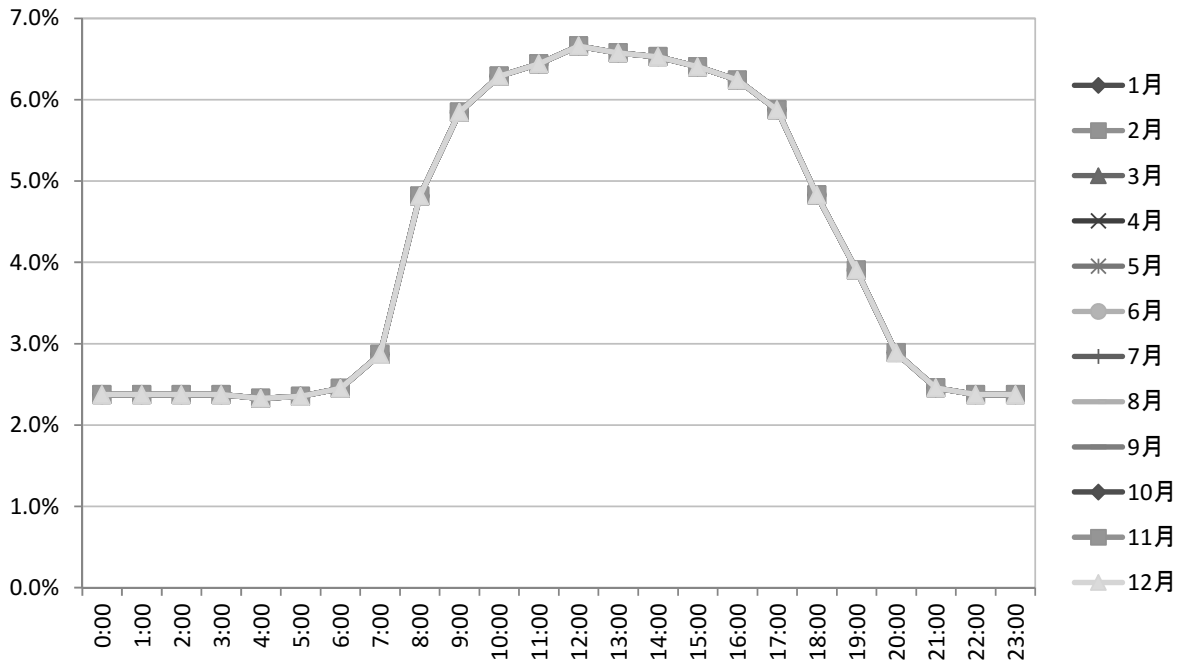


図3.4.1 照明・コンセント需要パターン（平日・休日）

表3.4.3 時刻別空調用需要比率（平日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	3.6%	6.7%	6.7%	16.8%	9.9%	8.5%	6.4%	10.8%	10.3%	8.2%	3.8%	2.7%
1:00	1.7%	3.0%	3.0%	8.0%	8.4%	6.8%	5.9%	9.6%	9.2%	6.7%	3.5%	3.0%
2:00	1.2%	2.0%	2.0%	6.2%	7.0%	5.7%	5.5%	8.1%	7.3%	5.7%	0.7%	2.3%
3:00	1.2%	1.1%	1.1%	1.2%	5.3%	4.7%	4.9%	6.6%	5.5%	4.5%	0.1%	0.7%
4:00	1.4%	1.4%	1.4%	0.0%	3.9%	3.8%	4.4%	5.3%	4.3%	3.3%	0.0%	0.6%
5:00	3.8%	7.1%	7.1%	0.0%	3.0%	3.1%	3.8%	4.8%	3.6%	2.5%	2.8%	2.8%
6:00	3.1%	5.4%	5.4%	0.0%	2.7%	2.7%	3.6%	4.4%	3.0%	2.3%	0.5%	2.2%
7:00	2.2%	3.0%	3.0%	0.0%	1.1%	1.6%	2.4%	2.7%	2.1%	1.9%	1.8%	1.9%
8:00	4.0%	3.9%	3.9%	0.0%	0.0%	1.9%	2.7%	1.2%	1.1%	1.6%	1.4%	3.2%
9:00	5.6%	5.7%	5.7%	0.0%	0.1%	3.0%	4.0%	2.0%	1.5%	1.6%	2.3%	5.0%
10:00	6.8%	6.9%	6.9%	0.0%	1.0%	3.7%	4.6%	4.0%	3.0%	2.3%	3.4%	6.6%
11:00	6.9%	6.3%	6.3%	0.0%	2.4%	4.2%	4.4%	3.0%	3.6%	3.5%	4.6%	7.1%
12:00	6.5%	5.2%	5.2%	0.0%	2.7%	4.5%	4.4%	2.8%	3.8%	3.7%	4.9%	6.9%
13:00	6.5%	5.5%	5.5%	0.0%	4.1%	5.1%	4.5%	3.4%	4.4%	4.8%	6.0%	6.9%
14:00	6.4%	4.8%	4.8%	0.0%	5.0%	5.2%	4.6%	3.6%	4.6%	5.1%	6.3%	6.8%
15:00	6.1%	4.5%	4.5%	0.0%	4.3%	5.2%	4.7%	4.0%	4.0%	5.0%	6.2%	6.8%
16:00	6.0%	3.2%	3.2%	0.0%	4.4%	5.1%	4.6%	1.8%	2.7%	4.9%	7.7%	6.8%
17:00	5.6%	1.9%	1.9%	0.0%	3.3%	4.5%	4.1%	0.4%	1.8%	5.0%	8.2%	6.0%
18:00	4.4%	0.7%	0.7%	0.0%	3.2%	3.1%	3.3%	0.2%	0.8%	4.0%	7.4%	4.9%
19:00	3.0%	0.5%	0.5%	0.0%	2.5%	2.4%	2.4%	0.0%	0.6%	2.8%	5.4%	3.2%
20:00	1.5%	0.5%	0.5%	0.0%	1.3%	0.8%	1.0%	0.3%	0.6%	1.6%	3.3%	1.8%
21:00	1.0%	0.8%	0.8%	0.0%	0.7%	0.4%	0.8%	0.9%	0.8%	1.0%	1.3%	1.0%
22:00	6.1%	10.7%	10.7%	36.4%	11.9%	6.4%	6.1%	9.4%	10.1%	8.9%	9.5%	6.5%
23:00	5.3%	9.1%	9.1%	31.4%	11.9%	7.5%	6.8%	10.6%	11.1%	9.2%	8.9%	4.5%

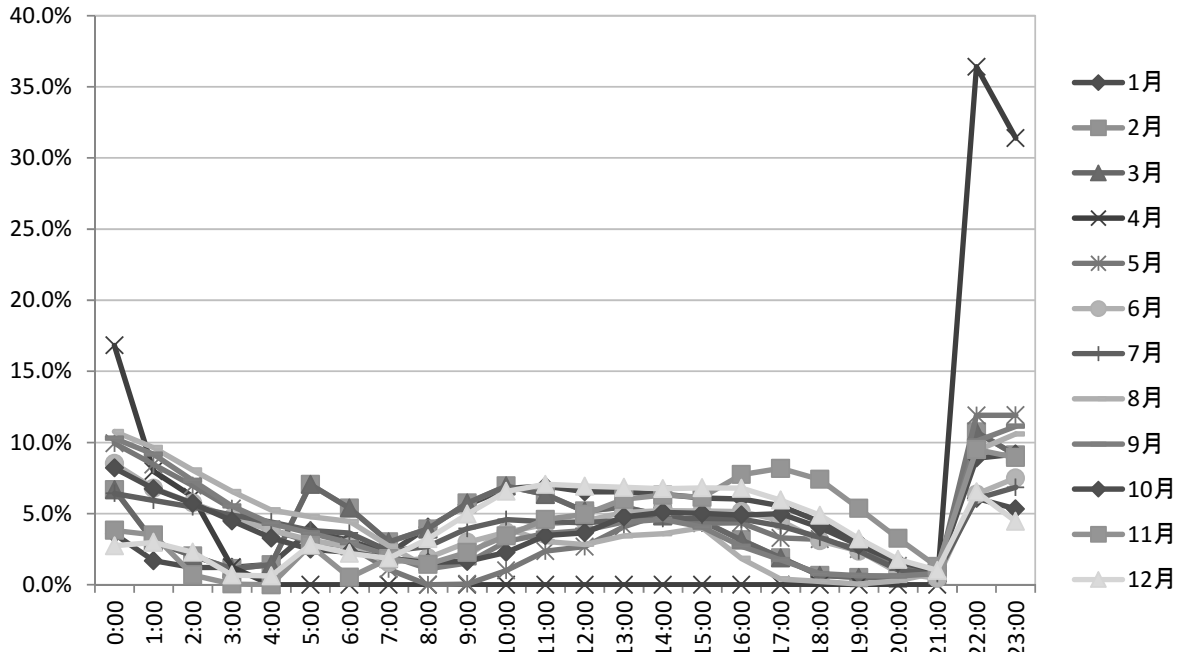


図3.4.2 空調需要パターン（平日）

表3.4.4 時刻別空調用需要比率（休日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	16.9%	5.7%	4.9%	26.0%	12.8%	15.2%	13.8%	10.7%	10.3%	14.9%	13.8%	10.1%
1:00	10.3%	3.1%	1.2%	15.9%	8.3%	14.1%	12.7%	9.0%	8.2%	12.7%	12.8%	17.0%
2:00	4.9%	2.2%	0.5%	3.3%	10.2%	11.8%	11.7%	7.4%	6.8%	11.0%	7.3%	15.1%
3:00	6.8%	1.8%	0.0%	0.3%	1.8%	8.8%	9.4%	6.3%	5.8%	9.3%	4.8%	5.0%
4:00	5.1%	1.6%	0.1%	0.0%	5.0%	7.4%	8.3%	5.3%	5.1%	8.4%	5.4%	6.2%
5:00	0.2%	5.5%	6.4%	0.0%	0.0%	5.0%	6.1%	3.7%	3.7%	4.0%	0.0%	0.0%
6:00	8.6%	5.2%	3.7%	0.0%	0.0%	5.1%	5.9%	4.1%	3.9%	5.0%	1.3%	6.6%
7:00	0.0%	2.2%	2.0%	0.0%	0.0%	0.4%	2.1%	2.7%	2.5%	0.5%	0.8%	0.0%
8:00	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
9:00	0.0%	3.2%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%
10:00	0.0%	5.5%	6.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	2.2%	0.0%	0.0%	0.0%
11:00	0.0%	5.7%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	2.6%	0.0%	0.0%	0.0%
12:00	0.0%	5.7%	6.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%
13:00	0.0%	6.0%	7.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	3.8%	0.0%	0.0%	0.0%
14:00	0.0%	6.3%	8.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	3.8%	4.4%	0.0%	0.0%	0.0%
15:00	0.0%	5.7%	7.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	3.9%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%
16:00	0.0%	5.0%	6.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	2.7%	3.1%	0.0%	0.0%	0.0%
17:00	0.0%	4.2%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.2%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%
18:00	0.0%	2.9%	3.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%
19:00	0.0%	2.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%
20:00	0.0%	1.3%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%
21:00	0.0%	1.1%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%	1.3%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%
22:00	28.3%	9.7%	12.1%	29.1%	29.7%	14.1%	12.9%	10.9%	10.6%	16.3%	30.5%	27.3%
23:00	18.8%	6.9%	7.2%	25.4%	32.3%	18.1%	15.1%	12.0%	11.9%	17.7%	23.3%	12.7%

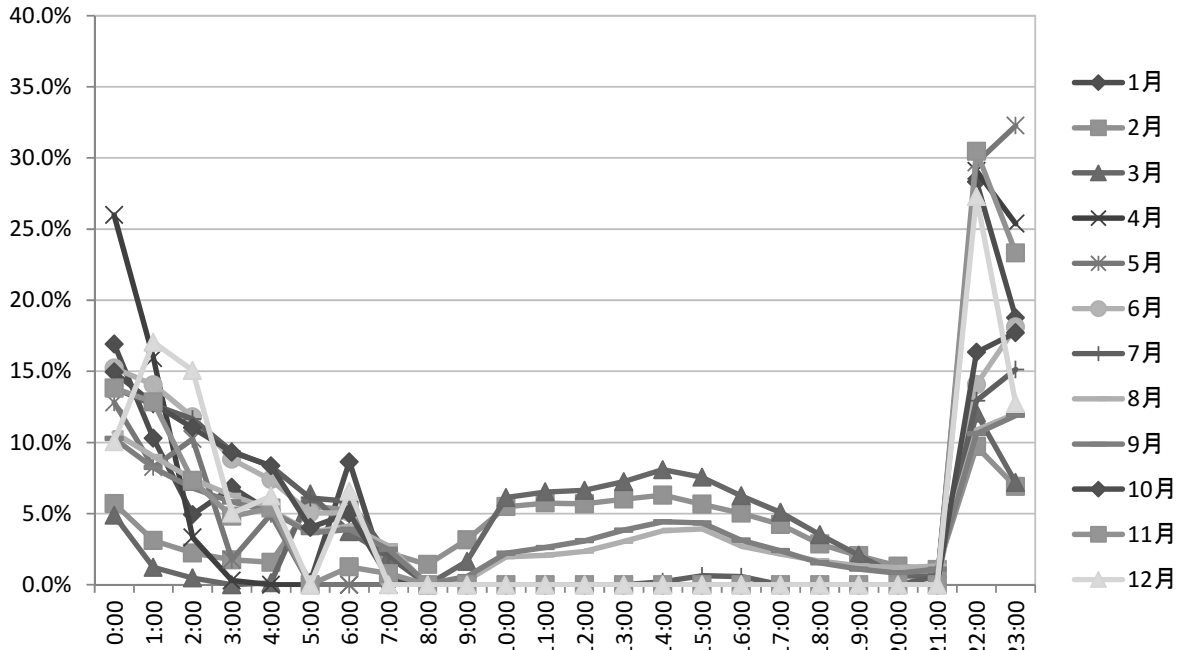


図3.4.3 空調需要パターン（休日）

表3.4.5 時刻別給湯用需要比率（平日・休日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	0.0%	0.0%
6:00	2.0%	2.0%	2.0%	0.3%	0.3%	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	0.3%	0.3%	2.0%
7:00	0.3%	0.3%	0.3%	3.9%	3.9%	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	3.9%	3.9%	0.3%
8:00	1.6%	1.6%	1.6%	5.2%	5.2%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	5.2%	5.2%	1.6%
9:00	6.6%	6.6%	6.6%	4.4%	4.4%	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	4.4%	4.4%	6.6%
10:00	5.8%	5.8%	5.8%	12.0%	12.0%	11.4%	11.4%	11.4%	11.4%	12.0%	12.0%	5.8%
11:00	14.8%	14.8%	14.8%	10.7%	10.7%	13.6%	13.6%	13.6%	13.6%	10.7%	10.7%	14.8%
12:00	12.5%	12.5%	12.5%	19.8%	19.8%	15.1%	15.1%	15.1%	15.1%	19.8%	19.8%	12.5%
13:00	27.1%	27.1%	27.1%	5.5%	5.5%	11.4%	11.4%	11.4%	11.4%	5.5%	5.5%	27.1%
14:00	8.7%	8.7%	8.7%	6.5%	6.5%	7.6%	7.6%	7.6%	7.6%	6.5%	6.5%	8.7%
15:00	4.4%	4.4%	4.4%	5.5%	5.5%	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	5.5%	5.5%	4.4%
16:00	4.3%	4.3%	4.3%	6.0%	6.0%	6.1%	6.1%	6.1%	6.1%	6.0%	6.0%	4.3%
17:00	4.3%	4.3%	4.3%	5.5%	5.5%	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	5.5%	5.5%	4.3%
18:00	3.8%	3.8%	3.8%	5.7%	5.7%	4.6%	4.6%	4.6%	4.6%	5.7%	5.7%	3.8%
19:00	3.9%	3.9%	3.9%	2.6%	2.6%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	2.6%	2.6%	3.9%
20:00	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.3%	1.3%	0.0%
21:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
22:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

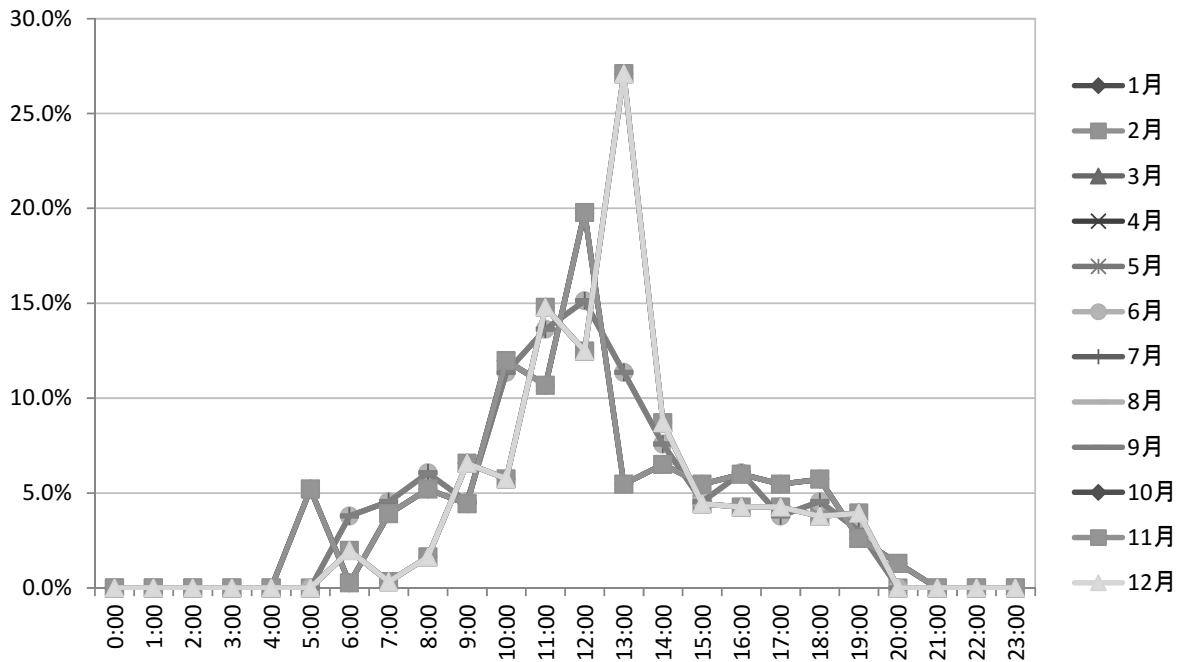


図3.4.4 給湯需要パターン（平日・休日）

3. 5 蓄熱システムによる時刻別需要比率の補正

現状の文理学部には、多くの蓄熱システムが導入され、需要量や需要パターンに大きな影響を与えている。蓄熱システムは安価な夜間電力で蓄熱を行い、昼間の空調需要に対して放熱する。これによって、昼間に使用される空調用の電力及びガス消費量を削減し、ピーク電力を低減させエネルギーコストを削減するメリットがある。しかしながら、蓄熱時における冷凍機の効率は、通常の冷水製造時よりも低いことや、蓄熱した氷や温水が放熱し、システム全体の効率が下がるデメリットもある。

エネルギーシミュレーションでは設備の導入効果を除いた実際のエネルギー需要量に対するCGS導入及びその他熱源設備の効果について分析を行うため、これらの蓄熱設備が無い場合の需要パターンでシミュレーションを行い、将来的な最適システムについて検討する。蓄熱が無い場合の需要パターンは、夜間の空調需要量（蓄熱用）を昼間の需要パターンに合せて積算した。

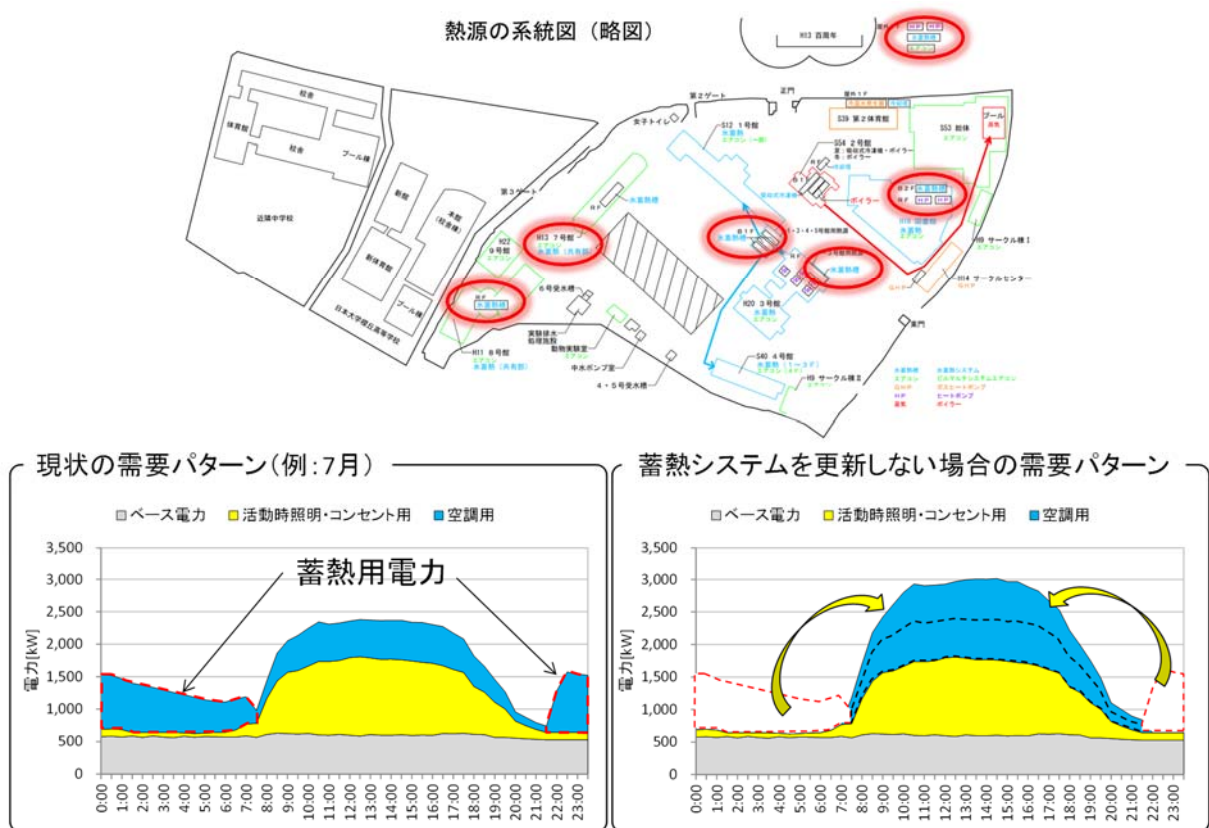


図3.5.1 蓄熱システムの位置と需要想定の方

表3.5.1 時刻別空調用需要比率（平日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7:00	1.5%	2.3%	2.3%	1.6%	1.1%	1.3%	1.5%	2.1%	1.7%	1.5%	1.3%	1.3%
8:00	5.3%	6.1%	6.1%	4.6%	3.0%	4.2%	4.9%	4.5%	4.1%	4.0%	2.8%	4.4%
9:00	7.5%	9.0%	9.0%	6.7%	4.4%	6.3%	7.2%	6.7%	5.9%	5.2%	4.3%	6.7%
10:00	9.3%	11.3%	11.3%	9.0%	6.8%	8.2%	9.0%	10.3%	8.9%	7.0%	6.2%	8.9%
11:00	9.6%	10.8%	10.8%	9.3%	8.4%	8.9%	9.0%	9.6%	9.7%	8.3%	7.5%	9.5%
12:00	9.1%	9.5%	9.5%	9.1%	8.6%	9.1%	8.8%	9.3%	9.8%	8.4%	7.7%	9.3%
13:00	9.4%	10.2%	10.2%	9.9%	10.6%	10.1%	9.4%	10.5%	11.0%	10.0%	9.1%	9.5%
14:00	9.2%	9.7%	9.7%	10.1%	11.6%	10.3%	9.6%	10.8%	11.2%	10.4%	9.4%	9.4%
15:00	8.9%	9.2%	9.2%	9.9%	10.8%	10.2%	9.5%	11.0%	10.6%	10.2%	9.2%	9.4%
16:00	8.6%	7.4%	7.4%	8.9%	10.2%	9.6%	9.0%	8.2%	8.6%	9.6%	10.5%	9.1%
17:00	7.7%	5.5%	5.5%	7.5%	8.2%	8.3%	7.8%	5.8%	6.7%	8.9%	10.5%	7.9%
18:00	6.1%	3.4%	3.4%	5.7%	6.9%	6.0%	6.2%	4.3%	4.6%	7.1%	9.2%	6.4%
19:00	4.1%	2.4%	2.4%	4.0%	5.1%	4.4%	4.3%	2.9%	3.3%	4.9%	6.6%	4.3%
20:00	2.1%	1.5%	1.5%	2.1%	2.7%	1.9%	2.1%	1.8%	2.0%	2.7%	3.9%	2.3%
21:00	1.5%	1.6%	1.6%	1.6%	1.7%	1.3%	1.6%	2.0%	1.9%	1.9%	1.8%	1.4%
22:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

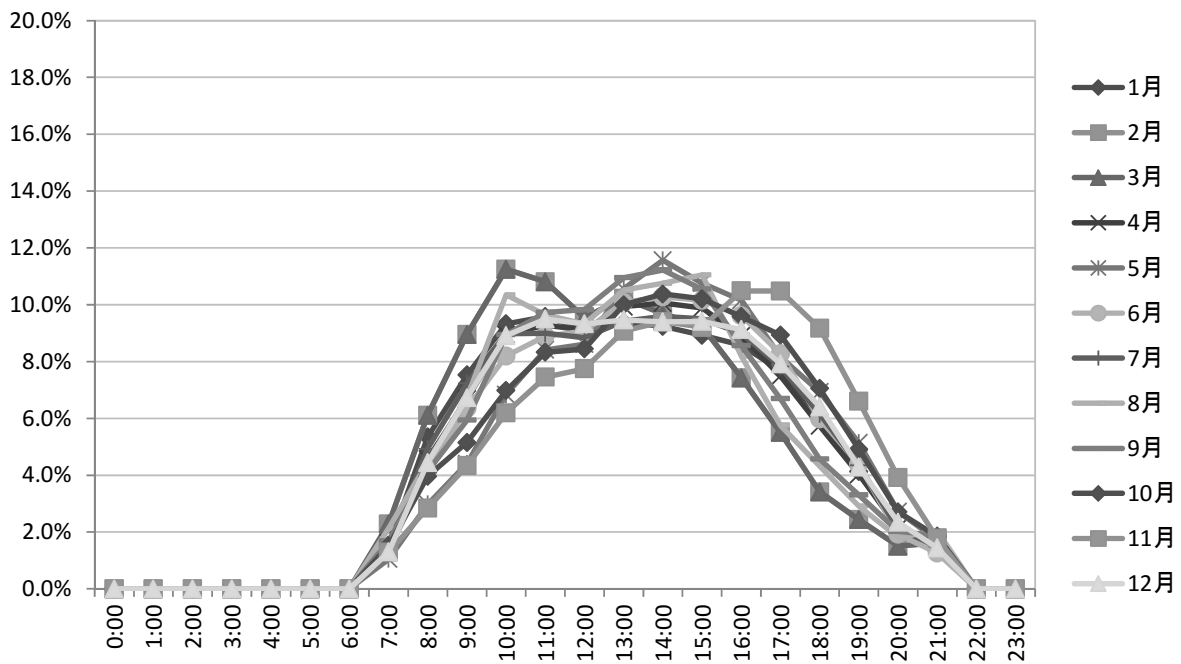


図3.5.2 空調需要パターン（平日）

表3.5.2 時刻別空調用需要比率（休日）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
1:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7:00	2.1%	1.9%	1.4%	2.1%	2.1%	2.1%	2.3%	2.3%	2.2%	2.1%	2.1%	2.1%
8:00	0.9%	1.8%	0.3%	0.9%	0.9%	0.9%	0.8%	0.6%	0.7%	0.9%	0.9%	0.9%
9:00	3.0%	4.4%	2.8%	3.0%	3.0%	3.0%	2.9%	2.4%	2.6%	3.0%	3.0%	3.0%
10:00	8.2%	9.0%	9.2%	8.2%	8.2%	8.2%	8.0%	7.8%	7.8%	8.2%	8.2%	8.2%
11:00	8.9%	9.6%	9.8%	8.9%	8.9%	8.9%	8.7%	8.4%	8.7%	8.9%	8.9%	8.9%
12:00	9.5%	9.8%	10.2%	9.5%	9.5%	9.5%	9.3%	9.1%	9.5%	9.5%	9.5%	9.5%
13:00	11.0%	10.8%	11.4%	11.0%	11.0%	11.0%	10.7%	10.9%	11.3%	11.0%	11.0%	11.0%
14:00	12.6%	11.7%	12.8%	12.6%	12.6%	12.6%	12.5%	12.8%	13.0%	12.6%	12.6%	12.6%
15:00	12.4%	11.0%	12.2%	12.4%	12.4%	12.4%	12.7%	12.8%	12.8%	12.4%	12.4%	12.4%
16:00	9.7%	9.2%	9.9%	9.7%	9.7%	9.7%	10.0%	9.6%	9.7%	9.7%	9.7%	9.7%
17:00	7.5%	7.5%	7.9%	7.5%	7.5%	7.5%	7.3%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%	7.5%
18:00	5.2%	5.1%	5.5%	5.2%	5.2%	5.2%	5.1%	5.4%	5.1%	5.2%	5.2%	5.2%
19:00	3.7%	3.6%	3.5%	3.7%	3.7%	3.7%	3.6%	3.9%	3.6%	3.7%	3.7%	3.7%
20:00	2.5%	2.4%	1.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.4%	3.0%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
21:00	3.1%	2.4%	1.8%	3.1%	3.1%	3.1%	3.6%	3.5%	3.2%	3.1%	3.1%	3.1%
22:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
23:00	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

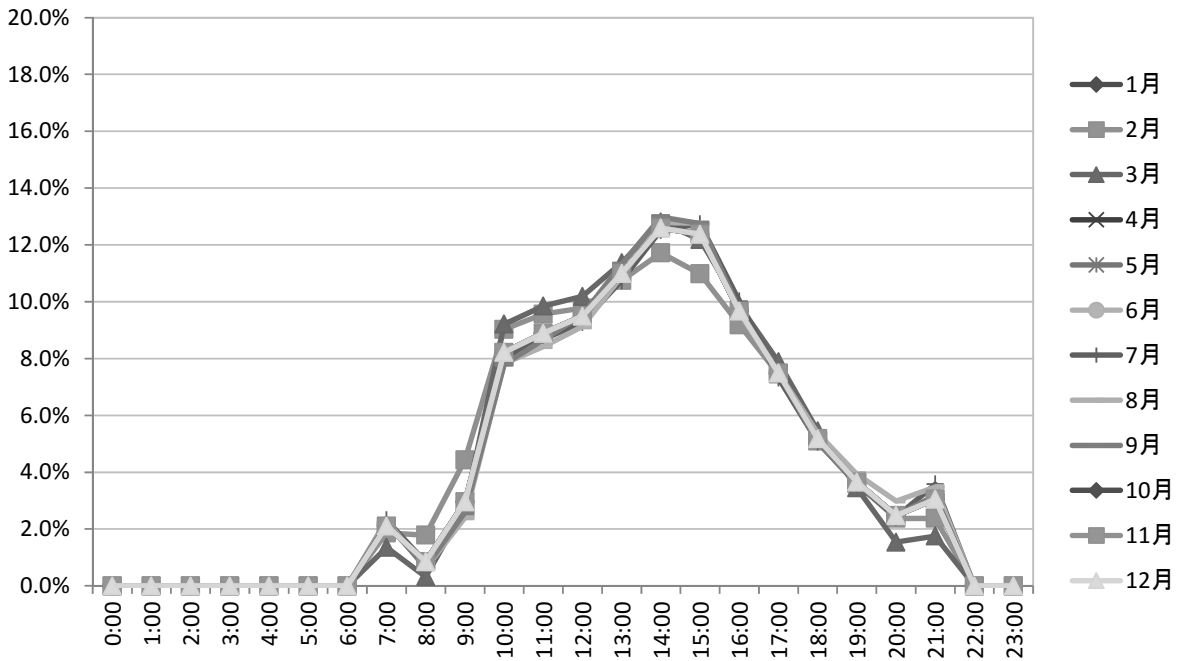


図3.5.3 空調需要パターン（休日）

3. 6 小中学校との比較

ここまでに明らかにした大学におけるエネルギー需要と小中学校におけるエネルギー需要を比較する。

この結果、単位面積当たりのエネルギー需要原単位を小中学校の調査結果と比較すると、照明・コンセント用は小中学校の約4倍程度あるものの、空調負荷は2倍程度、給湯負荷は同等程度と、電力需要に対して熱需要が少なくなることが分かった。需要構成を比較すると、大学では、照明・コンセント用の需要が多く、冷暖房用及び給湯用のエネルギー需要が非常に少ない傾向となっている。

このことから、CGSを導入した場合、小中学校に導入したケースと比較すると、大学では熱需要が少ないため、電力需要を基準としたCGSを導入すると余剰となる排熱が増加する可能性がある。

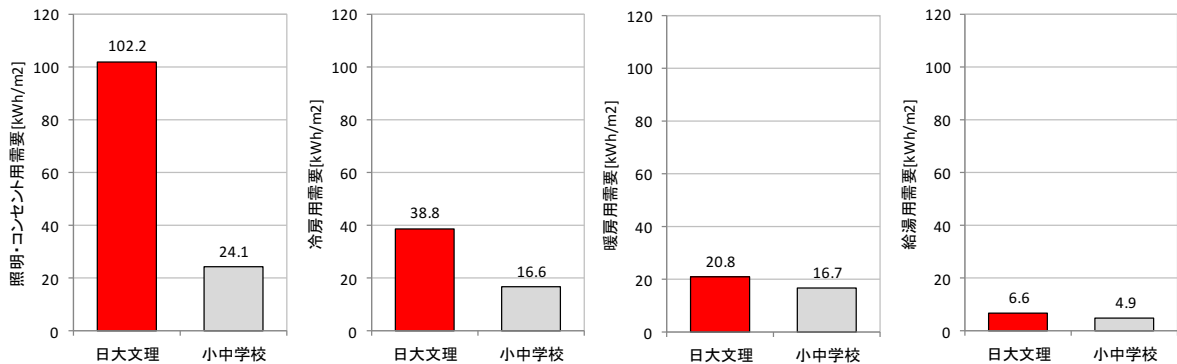


図3.6.1 大学と小中学校におけるエネルギー需要量の比較

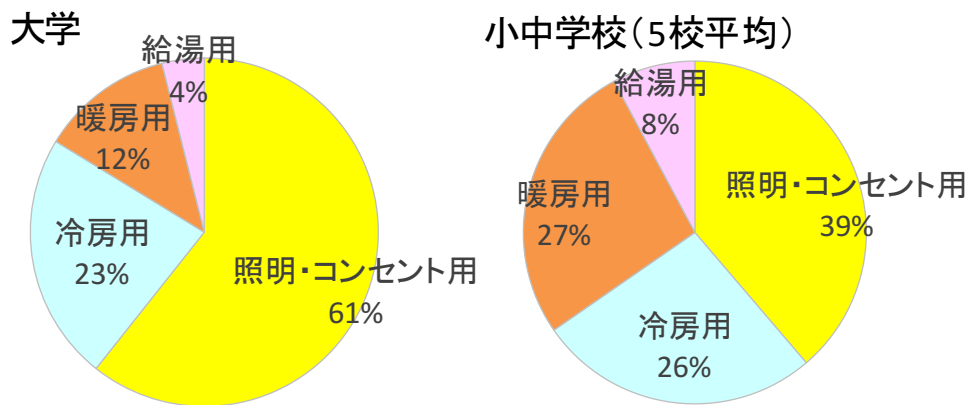


図3.6.2 大学と小中学校におけるエネルギー需要構成の比較

4. 省エネ自動制御導入効果の検討

4. 1 計測概要

エネルギー効率の高いスマートコミュニティを構築に向けて、建物におけるエネルギー効率向上に寄与する省エネ自動制御の導入についても検討を行う。以下に、対象とした日本大学文理学部3号館の外観及び教室の状況を示す。計測対象とした教室は、校舎の四隅で、3号館の3階及び4階の各4教室、計8教室で実施した。また、以下に、各教室の概要、計測概要、計測機器について記載する。

対象とした教室は北西(xx01教室)・北東(xx03教室)・南西(xx08教室)・南東(xx10教室)に位置しており、方位の違いによる各教室の温湿度や照度の差異から、省エネ自動制御による効果の差異を明らかにすることを目的としている。また、将来的に省エネ自動制御を導入した場合の効果を確認するため、3階と4階の同じ位置の教室を対象とした。計測を実施した各教室の開口部は、北側の教室は北面、南側の教室は南面に設けられている。



図4.1.1 日本大学 文理学部3号館

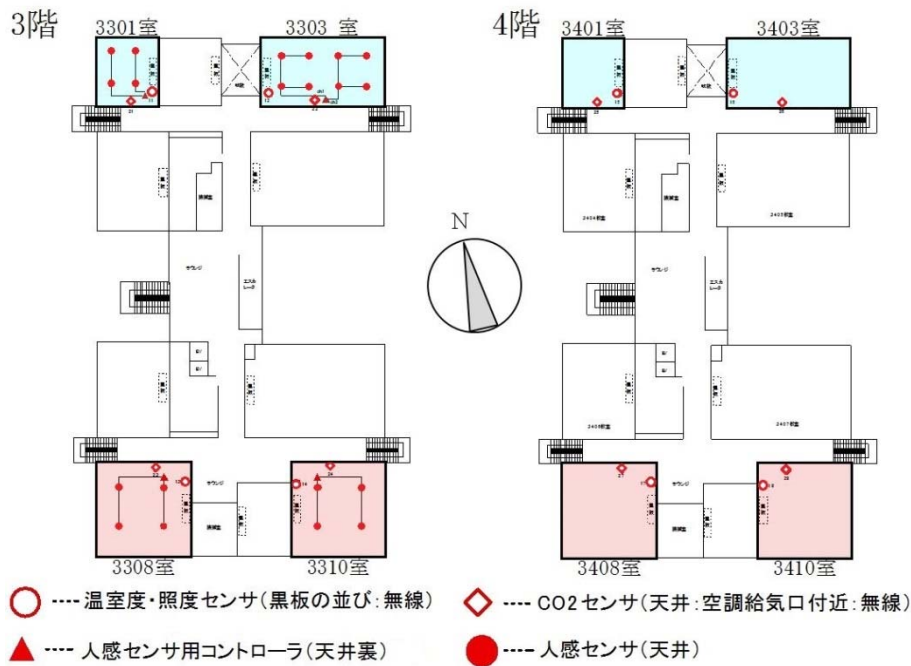


図4.1.2 計測ポイント

表4.1.1 計測対象教室概要

教室	階	位置	面積	空調機容量	照明器具容量
3301	3	北西	70.14m ²	0.75kW (10.7W/m ²)	2.3kVA (16.0VA/m ²) ※3302 教室 (73.64m ²) 含む
3303		北東	143.93m ²	1.50kW (0.75kW × 2) (10.4W/m ²)	2.4kVA (16.7VA/m ²)
3308		南西	164.47m ²	2.20kW (13.4W/m ²)	2.6kVA (15.8VA/m ²)
3310		南東	162.46m ²	2.25kW (0.75+1.5kW) (13.8W/m ²)	2.6kVA (16.0VA/m ²)
3401	4	北西	70.14m ²	0.75kW (10.7W/m ²)	2.3kVA (16.0VA/m ²) ※3402 教室 (73.64m ²) 含む
3403		北東	143.93m ²	1.50kW (0.75kW × 2) (10.4W/m ²)	2.4kVA (16.7VA/m ²)
3408		南西	164.47m ²	2.20kW (13.4W/m ²)	2.6kVA (15.8VA/m ²)
3410		南東	162.46m ²	2.25kW (0.75+1.5kW) (13.8W/m ²)	2.6kVA (16.0VA/m ²)

表4.1.2 計測概要

項目	概要
計測期間	2013年12月16日～2015年3月13日(454日間)
環境計測項目 (5項目)	温度[°C]、相対湿度[%]、照度[lx]、CO ₂ 濃度[ppm] 人感センサー(3階教室のみ)
電力計測項目 (3項目)	空調機電力(AHU)[Wh、A](1～2系統/室) 電灯電力消費量[Wh](1系統/室) コンセント電力消費量[Wh](5系統/室)
温湿度・照度センサー	セイコーインスツル製(型番:SW-4210-1204) 温度:測定範囲-10～+60°C(精度±0.4～0.7°C) 湿度:測定範囲20～90%(精度±5%) 照度:測定範囲0～65、535lx(精度±50lx) ※黒板側壁面に設置
CO ₂ センサー	セイコーインスツル製(型番:SW-4230-1000) 測定範囲0～10,000ppm(精度±75ppm) ※天井空調給気口付近に設置
積算電力量計(三相) (空調用)	セイコーインスツル製(型番:SW-4260-1100) 電力センサ KM20-B40-FLK(オムロン製) ※3階及び4階のEPS内で計測
IT電力モニタ(単相) (電灯・コンセント用)	東芝製エネギ-計測ユニット(型番HEM-EM31A-B1) ※3階及び4階のEPS内で計測
人感センサー	Panasonic製 NaPiOnシリーズ(検出距離5m) ※各教室の天井4～8か所に設置



(温湿度・照度センサー)



(CO₂センサー)



(人感センサー)

図4.1.3 計測機器

4. 2 環境計測結果

各環境要素について、1日当たりの集計結果を以下に示す。いずれのグラフも、空調、照明等の利用の有無による差と教室の位置による差を見るため、教室の使用の有無と北側・南側の教室を分けて表示する。教室使用の有無は、3階の教室は人感センサーのデータ、4階の教室は大学の教室利用表に準じて設定し、日平均値で示す未使用教室は1日中使用されていなかった教室を指す。データの欠測は、1月5日及び6日に施設内の停電と、2014年7月に一部照度計の故障が生じているが、その他は概ね正常に計測が行われている。また、分析の際は、気象庁の東京気象官署のデータを参考とした。

(1) 温度

教室内の温度データについて、横軸を気象庁東京気象官署の日平均外気温、縦軸を各教室の日平均室温としたグラフを以下に示す。この結果、外気温の上昇に比例して室内の温度も上昇する傾向がある。

教室位置による比較では、冬期の未使用教室で北側は10℃程度まで室温が低下するが、南側の室温低下は15℃程度までとなっており、南側の教室では日射による室温の上昇が大きくなっている。従って、冬期は南側と北側の教室を空調で同じ室温に保つ場合、北側の教室で空調負荷が大きくなる。

教室使用の有無による比較では、冬期及び夏期は教室が使用されていない状態から、空調により5℃前後室温を調整して使用されているが、外気温が20℃前後の中間期では教室使用の有無による温度差が殆ど見られないため、空調利用の必要性が低いと言える

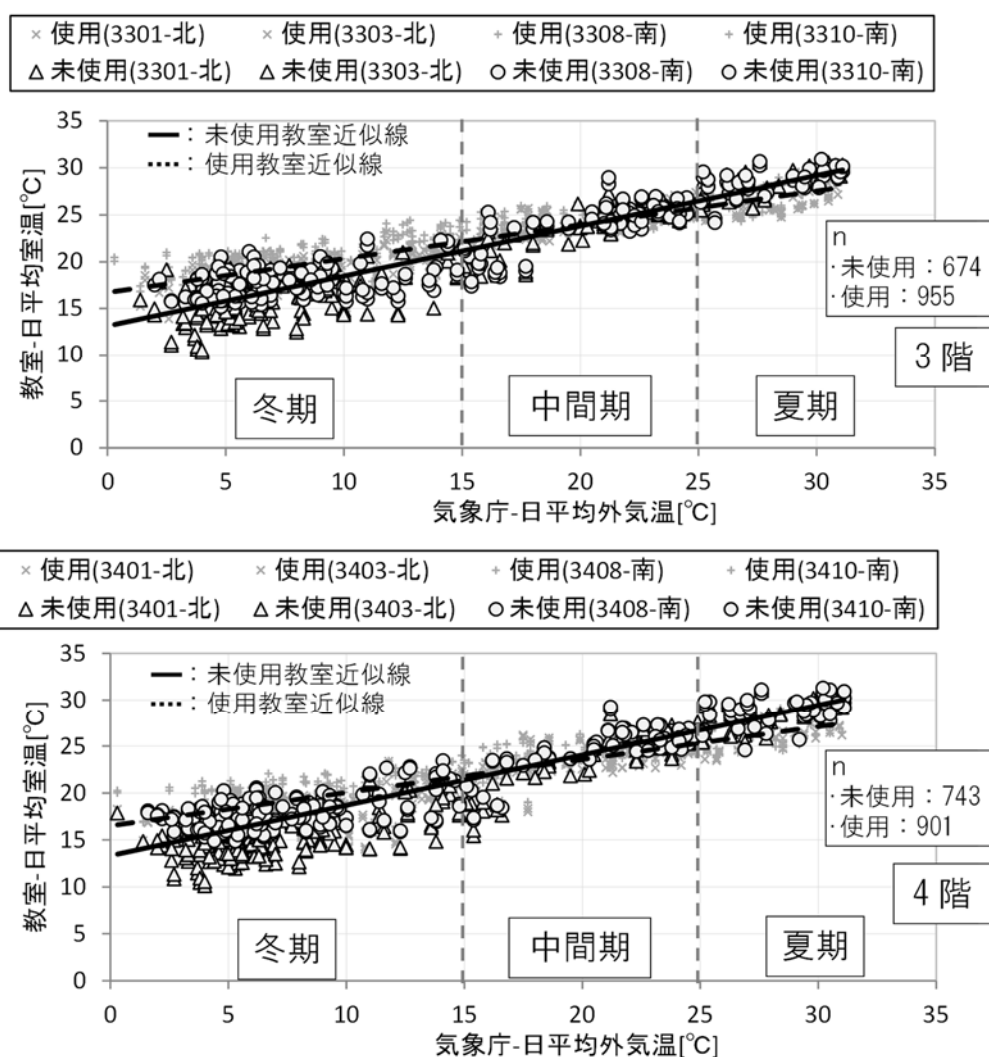


図4.2.1 外気温と室温の相関

(2) 照度

教室内の照度データについて、横軸を気象庁東京気象官署の水平面全天日射量、縦軸を各教室の日最大照度としたグラフを以下に示す。日最大照度は、各日に出現した照度の最大値としている。

使用されていない教室はカーテンが開いた状態となっており、最大照度は250lx前後の日が多くなっている。しかしながら、使用されている教室の照度は500～800lxで推移しており、教室の利用中は照明による安定的な照度を得られていることが確認された。

但し、気象庁の水平面全天日射量が8,000～15,000kJ/m²・日程度の日、南側の教室で照度が上昇する傾向が見られた。これは、冬期における晴天日のデータで、太陽高度が低い期間は教室内に日射が進入することによって、室内照度が上昇することが確認された。従って、冬期の南側の教室では昼光を利用した照明制御で、不要な照明を消灯できる可能性がある。また、未使用の教室で照明が使用され、照度が500～800lx前後を推移しているデータが確認され、未使用室で不要な照明が使用されていることも確認された。

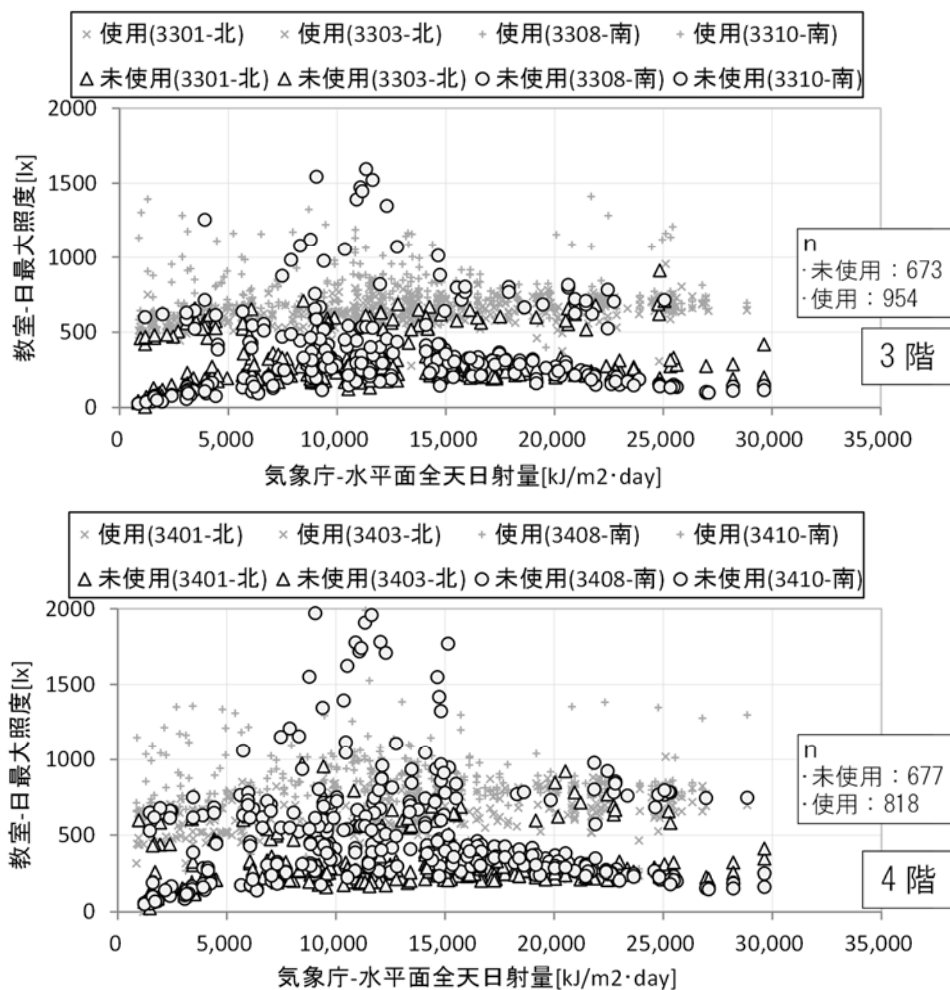


図4.2.2 日射量と照度の相関

(3) CO₂濃度

CO₂濃度のデータについて、横軸を大学における授業のコマ数、縦軸を各教室の日最大CO₂濃度としたグラフを以下に示す。日最大CO₂濃度は、各日に出現したCO₂濃度の最大値としている。また、学校環境衛生基準¹⁵⁾では、教室のCO₂濃度を1,500ppm以下にすることが望ましいとされている。

使用されていない教室は、400～500ppm程度の濃度で推移しており、通常の空気中の濃度と同程度となっている。使用されている教室では、換気を行っているにも関わらず、授業のコマ数が増えるほどCO₂濃度が高くなる傾向が見られており、5,000～6,000ppm程度まで上昇している日もある。このデータは新入生ガイダンスや新学期が開始した期間(4月初旬～中旬)に発生しており、大人数が長時間在室することでCO₂濃度が上昇している。グラフでは、6コマの日にCO₂濃度の減少が見られるが、通常の授業は5コマまでで、6コマの日は、イベントの準備室や控室等で使用されていることで人の在室時間が短いか、在室している人数が少ないことが要因となっている。一部、未使用の教室でCO₂濃度が2,000～4,000ppm程度まで上昇している日があるが、このデータも4月初旬の新入生ガイダンスが行われていた期間のデータで、他教室に大人数が集まりCO₂濃度が上昇することで、対象教室のCO₂濃度が上昇している。

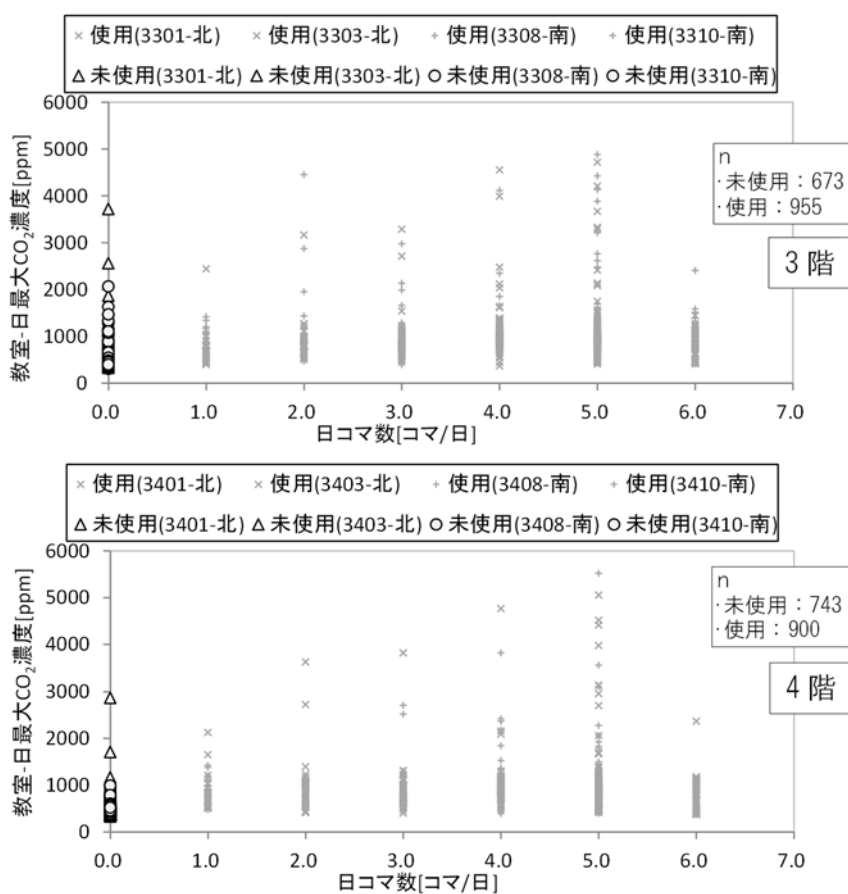


図4.2.3 コマ数とCO₂濃度の相関

4. 3 電力計測結果

各要素について、1日当たりの電力消費量の集計結果を下表に示す。グラフについては、教室の使用の有無と、北側・南側の教室を分けて表示する。空調はAHU(Air Handling Unit)の吸気ファン消費電力を計測しているものの、外部熱源設備からの冷温水量を把握していないため、既往研究¹⁶⁾よりAHUによる電力消費量と処理熱量の比率を3.0として空調用エネルギー需要を算定した。照明・コンセント用の機器効率は1.0として用途別の電力消費量をエネルギー需要量へ換算した。

年間のデータで電力消費量を集計した結果及び、機器効率を考慮してエネルギー需要量を算定した結果を以下に示す。各室で設備仕様が異なるためばらつきがあるが、電力消費量については、全室平均で空調用電力 $32.1\text{Wh/m}^2\cdot\text{日}$ (40%)、照明用電力 $42.7\text{Wh/m}^2\cdot\text{日}$ (53%)、コンセント用電力 $5.4\text{Wh/m}^2\cdot\text{日}$ (7%)となった。また、電力需要については、空調用 $35\text{kWh/m}^2\cdot\text{年}$ (67%)、照明用は $15.6\text{kWh/m}^2\cdot\text{年}$ (29%)、コンセント用は $2.0\text{kWh/m}^2\cdot\text{年}$ (4%)となった。これは、参考文献¹⁾に示される「事務所(標準)」の需要量の1/3~1/10程度で、おおよそ「住宅」と同程度の需要量である。また、ピーク需要については空調用 45.0W/m^2 、照明用 31.7W/m^2 、コンセント用 7.4W/m^2 となり、参考文献¹⁾で示される「住宅」と類似する傾向となっている。いずれの用途でも南側の教室の電力消費量及び需要量が多くなっているが、空調用はxx08教室では2.2kWの室内機1台で空調し、その他の教室は0.75~1.5kWの室内機を1~2台で空調していることで、単位時間当たりの電力消費量に差が生じ、期間の電力消費量が大きくなっている。このことから、設備仕様が類似する南側(xx10)教室と北側の教室を比較すると南側の教室において空調用電力が少ない傾向で、南側の空調負荷が少なくなっている傾向が認められた。また、照明については南側教室において照明器具の総容量が大きく電力消費量が多くなっている。

月別エネルギー需要量及び比率については、各室の需要パターンに大きな差が無いことから調査対象とした教室の全体平均を下表に示す。6~7月と10~11月にかけての需要量が多くなっており、8~9月での需要量が少なくなっている。これは、大学の長期休暇が無く、授業で利用される時間が多くなる期間で、需要量が大きくなっている。平日と休日を分けた分析では、授業期間の休日は外部への開放利用が多く、長期休暇等の期間は外部への開放利用が少なくなっており、いずれの期間でも平日と休日に大きな需要量の差はなかった。また、空調利用の必要性が低い中間期について、4~5月にかけては空調用エネルギーが少なくなっているが、10~11月にかけては、年間で最も多くなっている。

時刻別・季節別のエネルギー需要比率では、概ね7時頃から空調と照明が利用され始め、19時以降は使用されていない。このパターンは参考文献¹⁾に示される「事務所(標準型)」の需要パターンと類似している。

表4.3.1 用途別電力消費量

教室	教室位置	教室面積	平均コマ数	空調	照明	コンセント	合計
		m ²	コマ/日	Wh/m ² ・日			
3301	北西	70	2.46	38.3	39.8	5.9	84.0
3303	北東	144	2.43	26.2	44.2	5.0	75.3
3308	南西	164	2.26	53.5	47.7	6.7	107.9
3310	南東	162	1.99	19.1	47.5	6.4	72.9
3401	北西	70	2.20	26.5	32.7	4.3	63.5
3403	北東	144	2.36	23.2	41.5	3.8	68.5
3408	南西	164	1.98	49.1	45.1	5.4	99.5
3410	南東	162	2.10	20.9	42.8	5.8	69.5
北側平均		107	2.36	28.5 (39%)	39.5 (54%)	4.7 (6%)	72.8
南側平均		163	2.08	35.6 (41%)	45.8 (52%)	6.1 (7%)	87.5
全体平均		135	2.22	32.1 (40%)	42.7 (53%)	5.4 (7%)	80.1

表4.3.2 用途別エネルギー需要量

教室	教室位置	年間需要量 [kWh/m ² ・年]				ピーク需要 [W/m ²]		
		空調 (参考)	照明	コンセント	合計	空調 (参考)	照明	コンセント
3301	北西	42.0	14.5	2.2	58.6	68.4	40.1	7.4
3303	北東	28.7	16.1	1.8	46.6	52.1	26.8	7.5
3308	南西	58.5	17.4	2.5	78.4	74.8	35.1	7.1
3310	南東	20.9	17.3	2.3	40.6	12.9	26.0	9.5
3401	北西	29.0	11.9	1.6	42.5	38.5	48.5	6.9
3403	北東	25.4	15.2	1.4	41.9	29.2	25.3	6.5
3408	南西	53.8	16.4	2.0	72.2	69.3	25.1	7.1
3410	南東	22.9	15.6	2.1	40.6	14.8	26.4	7.6
北側平均		31.3	14.4	1.7	47.4	47.1	35.2	7.1
南側平均		39.0	16.7	2.2	57.9	42.9	28.2	7.8
全体平均		35.1 (67%)	15.6 (29%)	2.0 (4%)	52.7	45.0	31.7	7.4

表4.3.3 月別・用途別エネルギー需要量及び比率(全室平均)

月	需要量[kWh/m ²]				需要比率[%]		
	空調 (参考)	照明	コンセント	合計	空調 (参考)	照明	コンセント
1月	2.04	1.13	0.09	2.92	6.1	8.2	5.3
2月	2.16	0.56	0.07	2.43	6.4	4.1	4.0
3月	1.41	0.37	0.07	1.61	4.2	2.7	4.0
4月	1.44	1.18	0.15	2.52	4.3	8.5	8.5
5月	1.13	1.08	0.13	2.15	3.4	7.8	7.2
6月	4.48	1.34	0.18	5.26	13.4	9.8	10.4
7月	4.16	2.26	0.26	5.99	12.4	16.5	14.9
8月	1.04	0.17	0.07	1.11	3.1	1.2	3.9
9月	1.90	0.22	0.03	1.83	5.7	1.6	2.0
10月	5.91	1.91	0.24	7.08	17.6	13.9	14.0
11月	5.31	2.30	0.28	7.00	15.8	16.7	16.0
12月	2.54	1.24	0.17	3.52	7.6	9.0	9.7
合計	33.52	13.75	1.74	43.42	100	100	100

表4.3.4 時刻別・季節別エネルギー需要比率(全室平均)

時	空調[%](参考)			照明[%]			コンセント[%]		
	夏期	冬期	中間期	夏期	冬期	中間期	夏期	冬期	中間期
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.9
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.4	0.9
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.9
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.9
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.9
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.9
6	0.0	0.0	0.0	0.7	1.1	0.9	1.5	1.5	1.0
7	0.1	0.4	0.1	1.6	3.1	2.2	1.5	1.6	1.1
8	8.3	7.8	9.2	4.3	3.5	3.0	2.2	2.4	2.0
9	8.6	8.9	9.6	7.5	6.7	6.9	8.4	6.8	9.5
10	11.1	10.7	10.5	9.3	9.6	9.5	9.8	8.3	10.0
11	11.3	10.9	10.4	10.1	11.0	10.4	14.3	12.1	15.0
12	10.9	11.5	10.4	10.9	10.8	11.2	4.8	5.5	4.7
13	10.9	11.3	10.5	11.2	11.6	11.9	9.8	9.1	11.0
14	10.5	10.8	10.1	11.4	11.1	11.2	8.3	8.1	8.7
15	9.8	9.5	9.6	10.8	10.2	10.6	8.0	9.5	9.4
16	8.9	8.5	9.2	9.4	8.8	9.7	6.2	8.7	7.9
17	7.7	7.3	9.0	7.5	6.7	8.2	6.0	6.9	7.3
18	1.3	1.8	0.8	3.4	3.6	3.0	2.9	3.3	2.0
19	0.6	0.8	0.4	1.6	1.7	1.2	1.8	1.9	1.3
20	0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1	1.5	1.4	0.9
21	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.5	1.4	0.9
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.4	0.9
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.5	0.9
計	100	100	100	100	100	100	100	100	100

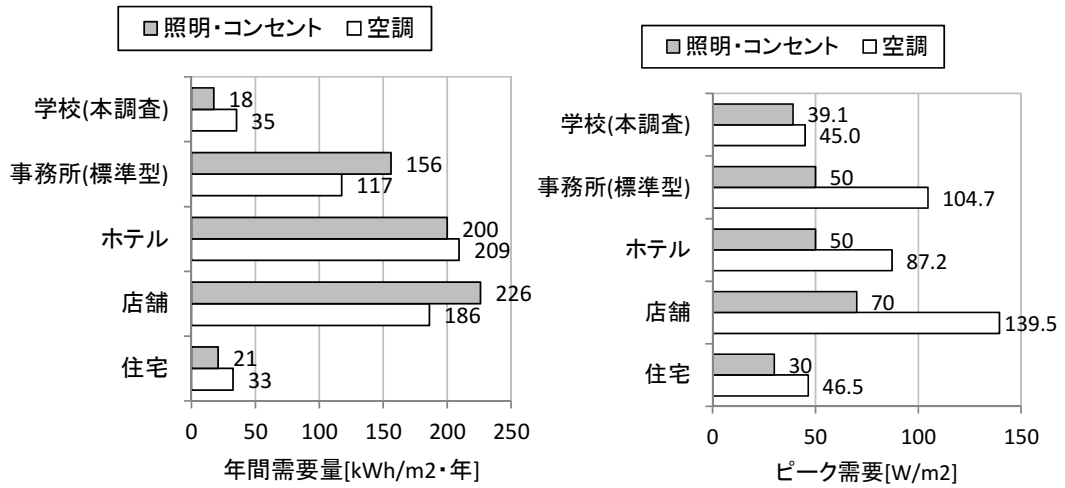


図4.3.1 参考文献¹⁾におけるエネルギー需要量との比較

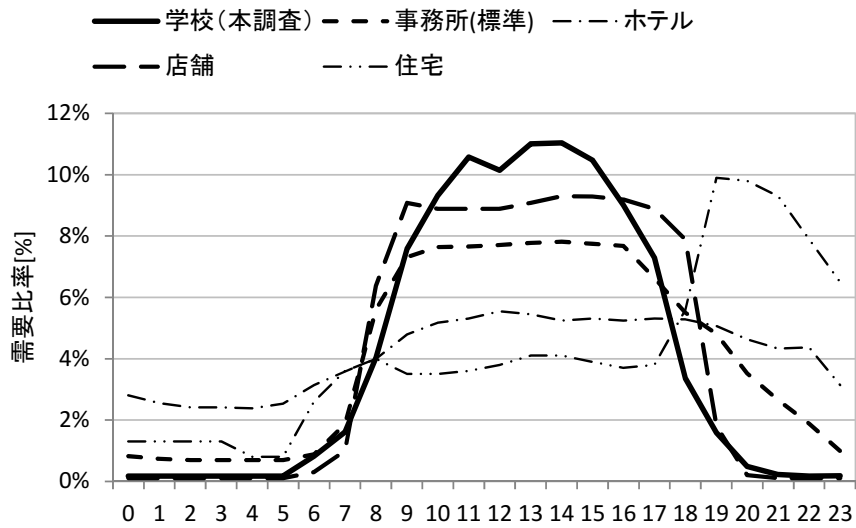


図4.3.2 時刻別需要パターン比較 (夏期：照明・コンセント)

(1) 空調用電力

空調用の電力消費量については、横軸に気象庁東京気象官署の日平均外気温、縦軸に空調用電力としたグラフを以下に示す。

この結果、年間を通じていずれの外気温条件でも空調用の電力消費量に大きな差は見られず、教室が使用されると一様に空調が使用されている。前述する環境計測では冬期及び夏期に空調負荷が大きく、中間期に小さい傾向が見られたが、実際は教室が使用されれば空調も同時に使用されていることを示している。このことから、教室内が空調を利用せずとも快適の場合は、空調を停止し窓を開ける等、快適性を考慮した省エネ制御¹⁷⁾の導入効果を検討する価値がある。

また、使用されていない教室においても空調用電力が発生していることが確認され、未使用室での空調停止による電力削減の余地がある。

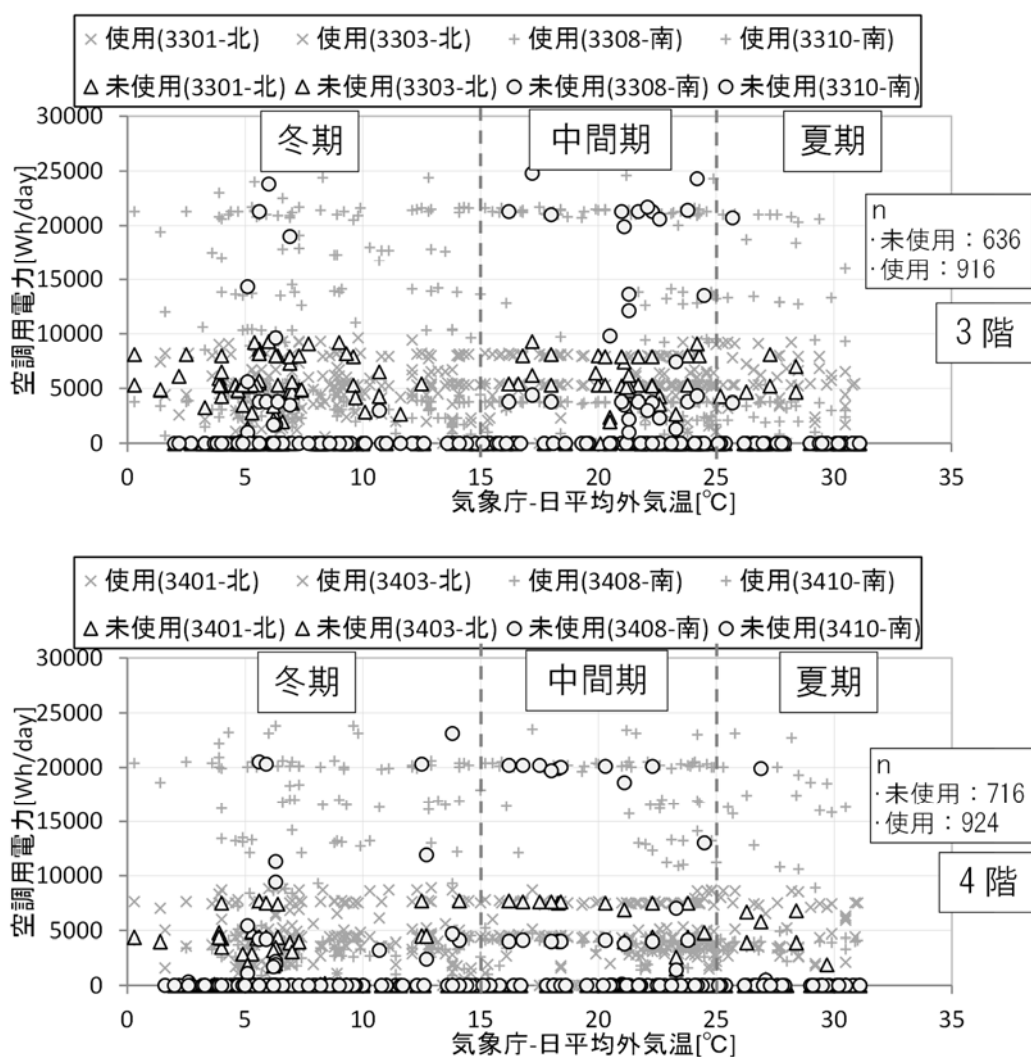


図4.3.3 外気温と空調用電力の相関

(2) 照明用電力

照明用の電力消費量については、横軸に気象庁東京気象官署の水平面全天日射量、縦軸に照明用電力としたグラフを以下に示す。

この結果、空調用の電力と同様に、屋外の昼光によって照明用の電力消費量に大きな差はなく、教室が使用されると一様に照明が点灯される傾向であった。このことから、昼光の取り入れを考慮した照明制御を導入することで、現状使用されている照明用電力削減の余地がある。

また、未使用となっている教室での照明用電力が消費されていることが確認され、未使用室における照明の消灯によって不要な照明用電力の削減の余地がある。

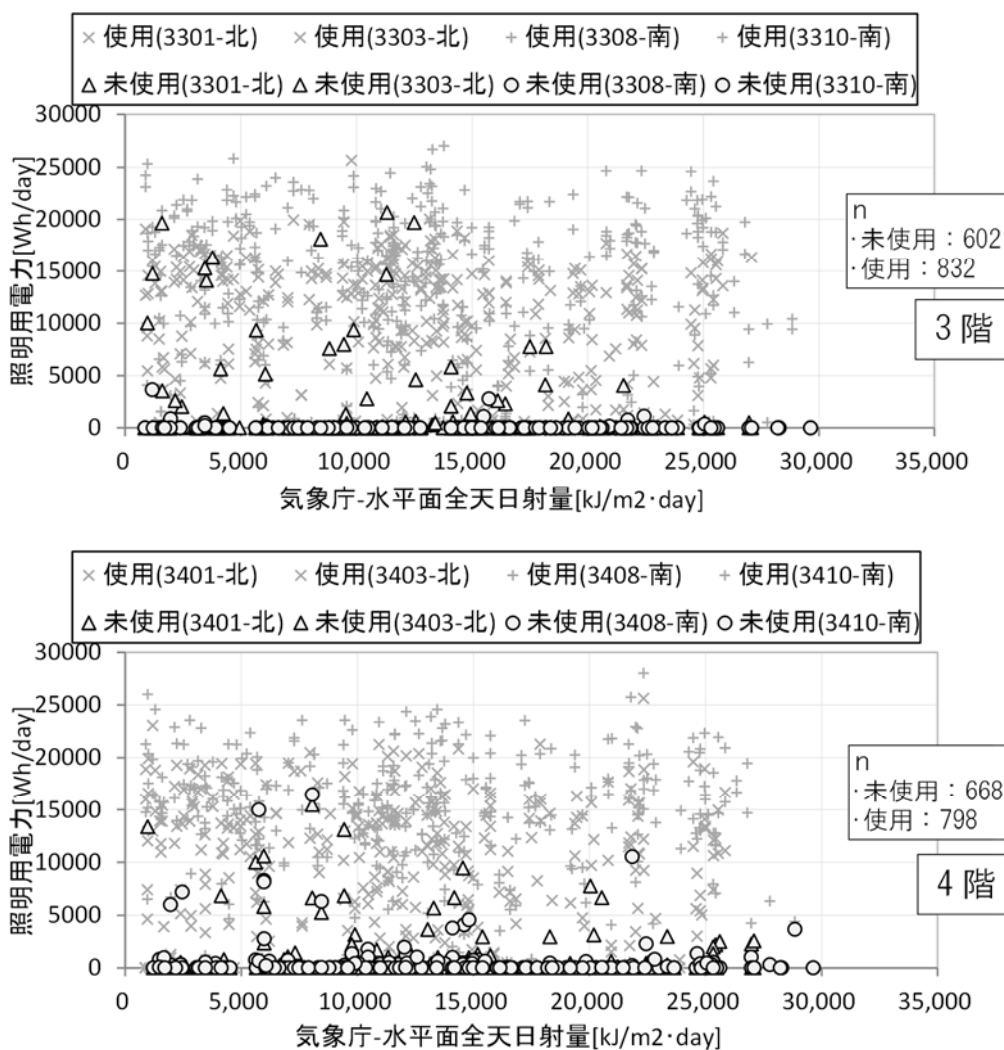


図4.3.4 日射量と照明用電力の相関

(3) コンセント用電力

コンセント用の電力消費量については、横軸に1日当たりの授業コマ数、縦軸にコンセント用電力としたグラフを以下に示す。

この結果、1日当たりの授業のコマ数が増えるにつれてコンセント用電力が増加する傾向にある。これは、授業に使用している機器が多いことによる影響となっており、省エネの余地が小さい。但し、いずれの教室でも使用されていない日にコンセント用の電力消費が生じており、設置機器の待機電力が相当量あることが確認され、電力削減の余地がある。

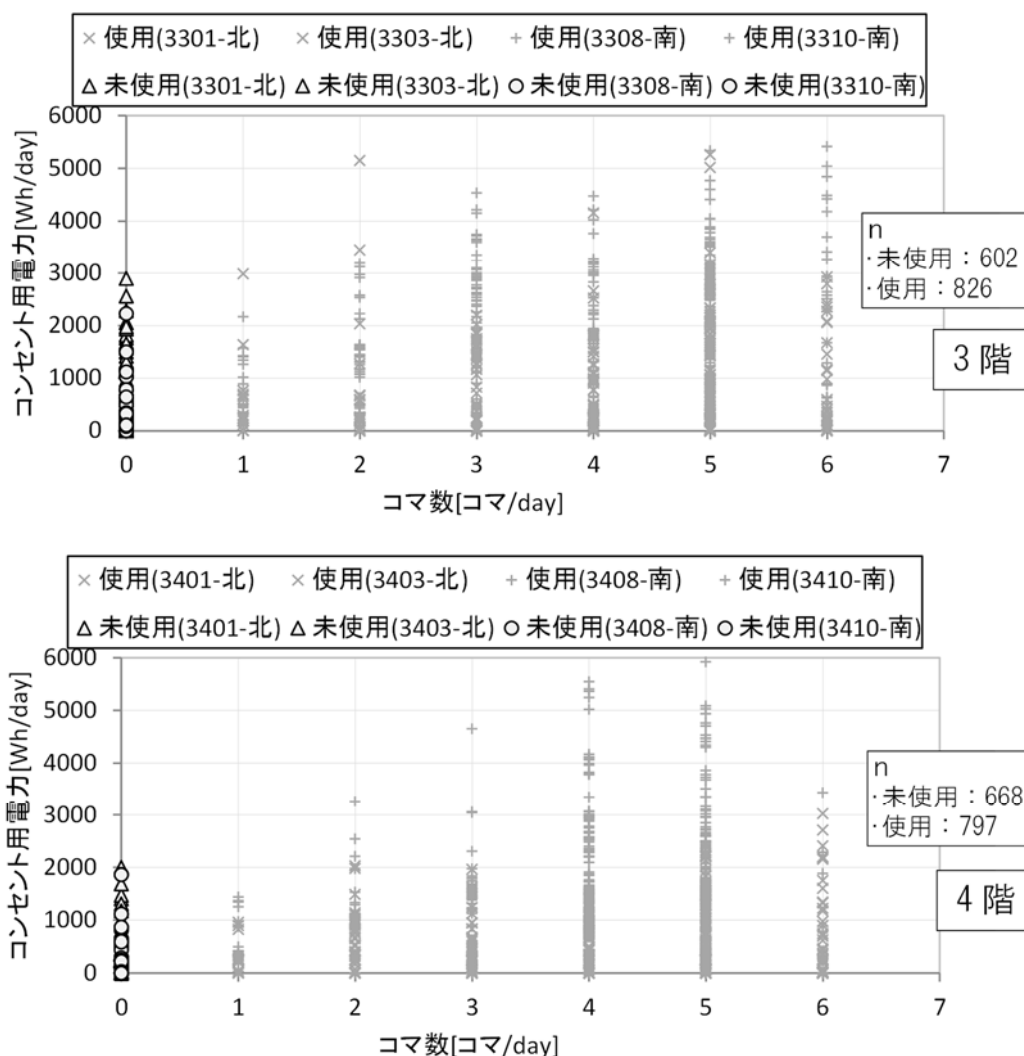


図4.3.5 コマ数とコンセント用電力の相関

4. 4 省エネ自動制御導入効果の分析

本研究では、これまでに計測したデータより、下表に示す省エネ自動制御に関する効果について分析する。なお、この分析では、人感センサーによって使用室・未使用室が1分間隔で把握が可能な3階教室の計測データを用いることとした。

表4.4.1 省エネ自動制御効果分析

用途	制御	分析方法
照明	昼光利用による照明制御	冬期・南側教室で昼光によって黑板前照度500lxを確保している時間帯で、現状使用されている照明用電力50%を積算
	未使用室における照明の消灯	現状未使用の教室で使用されていた照明用電力を積算
空調	快適時における空調停止	推定SET*22.2~25.6°C時に現状使用されていた照明用電力を積算
	未使用室における空調停止	現状未使用の教室で使用されていた空調用電力を積算
コンセント	未使用室におけるブレーカーオフ	現状未使用の教室で使用されていたコンセント用電力を積算

(1) 昼光利用による照明制御

昼光利用による照明制御については、以下に示す通り太陽高度の低い冬期において教室室内に日射が進入し、学校環境衛生基準^{15)、18)}に示される500lx(黒板前)を確保できており、この昼光を利用して省エネに寄与するシステムを構築する。

取得した照度データから、冬期の晴天日に下表に示す時間帯において昼光によって500lxの室内照度を確保できることを確認した。標準気象データ¹⁹⁾による晴天日日数を元に、南側の教室に設置されている照明機器を、昼光のみで500lx以上の照度が確保される時間帯に全灯の50%を消灯した場合、概ね40~100kWh/月・室程度の省エネ効果が得られ、年間の電力削減量は244kWh/年程度と試算された。これは、単位面積あたりに換算すると1.5kWh/m²・年で、教室における電力消費量の5%に相当する。

表4.4.2 環境衛生基準

法規	検査項目		基準
学校環境衛生基準	換気及び保温等	(1)換気	二酸化炭素は、1,500ppm以下であることが望ましい
		(2)温度	10℃以上、30℃以下であることが望ましい
		(3)相対湿度	30%以上、80%以下であることが望ましい
	採光及び照明	(10)照度	教室及びそれに準ずる場所の照度の下限値は、300lxとする。教室及び黒板の照度は、500lx以上であることが望ましい
ビル管法	二酸化炭素		1,000ppm以下
	温度		17℃以上、28℃以下
	相対湿度		40%以上、70%以下
	照度		精密な作業：300lx以上 普通の作業：150lx以上

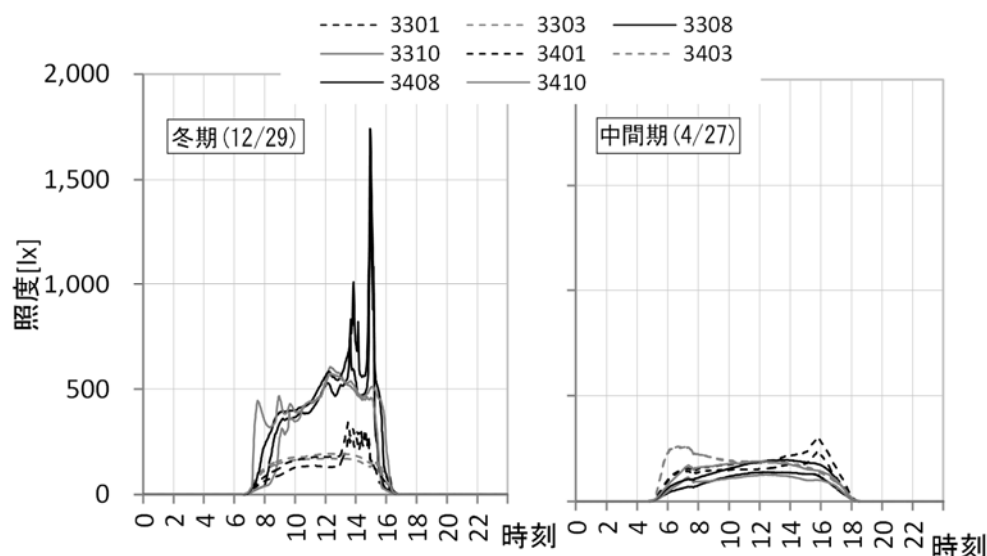


図4.4.1 未使用室における季節別晴天日の室内照度変動

表4.4.3 晴天日における屋光の影響

項目	11月	12月	1月	2月	期間合計
南中時 太陽高度	37.2°	31.5°	32.4°	40.0°	—
500lx 確保	12～14時 [2h]	12～16時 [4h]	12～15時 [3h]	12～14時 [2h]	—
晴天日数 ¹⁹⁾	16	18	17	16	67
省エネ効果 [kWh/月・室]	42	94	66	42	244
省エネ効果 [kWh/m ² ・年]	0.26	0.58	0.40	0.26	1.50

※南中時太陽高度は、各月10日の高度を示す。

※晴天日数は、日照時間が短い冬期において、6時間以上の日照がある日と定義した。

(2) 未使用室における照明制御

未使用室における照明制御は、人感センサーによる利用者の有無を判断し照明を自動で点灯・消灯することを想定する。

3階の教室に設置した人感センサーによって得られた年間における未使用教室の照明点灯時間と発生日数、電力消費量について下表に整理する。

この結果、未使用教室での照明点灯の発生日数は1室あたり年間平均189日発生しており、不要な照明の年間電力消費量は約300～1,300kWh/年となった。単位面積当たりの電力消費量に換算すると、3.8～8.3kWh/m²・年（平均5.6kWh/m²・年）となる。この電力消費量は、教室全体における電力消費量の約10～30%程度（平均18%）に相当する。

表4.4.4 未使用室における照明の使用

項目	3301	3303	3308	3310	平均
データ日数	336	336	381	381	358
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
平均コマ数[コマ/日]	2.46	2.43	2.26	1.99	2.29
未使用時照明点灯発生日数 [日/年]	207	197	218	135	189
未使用時照明 点灯時間[分/日]	102	81	49	114	87
未使用時照明 電力消費量[Wh/日]	826	2,388	1,712	3,682	2,152
未使用時照明年間 電力消費量[kWh/年]	302	871	625	1,344	785
単位面積当たり 電力消費量[kWh/m ² ・年]	4.3	6.0	3.8	8.3	5.6
単位面積当たり 電力消費量[Wh/m ² ・日]	11.8	16.4	10.4	22.7	15.3
電力消費量全体に 占める割合[%]	14.0	21.8	9.6	31.1	18.0

(3) SET*を用いた快適時における空調制御

前述した外気温度と空調用電力消費量の相関から、通年を通して空調が利用されているものの、外気温と室温の相関から、外気温20℃前後の中間期において、未使用室と使用室における室温の差が小さく、空調を使用する必要性が低いことが確認された。ここでは、快適性の指標として標準有効温度SET*²⁰⁾を用いて、室内が既に快適な状態を維持している場合は、窓の開閉、衣服の脱着等によって教室の使用者各自が快適性を調整し、空調の利用を減らすことを想定する。SET*を用いた理由は、学校環境衛生基準やビル管法による温度・湿度範囲を快適とした場合、その温湿度範囲が広範なため、夏期と冬期のごく限られた期間でのみ空調を利用できる制御となり、省エネの余地は大きくなるものの快適な環境を維持しているとは言い難くなるためである。またSET*と類似する予測平均温冷感申告PMV²⁰⁾による評価も考えられるが、日本人を対象とした実験で温冷感申告値が予測値よりも低い傾向となる報告²⁰⁾がある。本研究では、日本人の快適性評価に適しているとされるSET*22.2～25.6℃の範囲を快適域と定義し^{20)、21)}、室内がこの範囲を維持している状況で生じた空調用電力を分析する。SET*を算定する際の変数は、下表の通り定義した。しかしながら、現状計測を行っている室内環境は空調を利用している時間帯を含んでいるため、データ計測期間において空調を利用していない状態を再現することが困難である。そこで、空調が利用されておらず未使用教室の室内環境(SET*)を目的変数とし、気象庁で観測されている外気温度と相対湿度を説明変数とした重回帰分析を行い、室内の状態を再現する回帰式を作成し、年間において空調を使用していない状態の推定SET*を算定する。

表4.4.5 SET*算定用変数設定

項目	変数	根拠
空気温	計測値	—
平均放射温	空気温度と同等	放射影響がないものと想定
風速	0.135m/s	風速影響がないものと想定
湿度	計測値	—
着衣量(Clo)	夏期 0.6 中間期 0.85 冬期 1.0	季節別の一般値を入力
代謝量(Met)	1.0	椅座

重回帰分析の結果、北側と南側の教室で回帰式に傾向の違いが見られたが、空調を利用していない状態での教室内のSET*を推定するための回帰式を得た。また、この回帰式によって得られた推定SET*と実測値を元にしたSET*の相関を以下に示す。

この結果、相関係数(R値)としては概ね0.85以上が得られており、気象庁の外気温及び相対湿度より推定する室内環境は概ね妥当と判断される。この推定SET*を元に、空調を使用せずとも快適な状態であった時間帯に消費されていた空調用電力を集計する。

北側(3301) : 『推定SET*』 $\hat{*}$ =0.3982T+0.0163RH+15.6231

北側(3303) : 『推定SET*』 $\hat{*}$ =0.4004T+0.0193RH+15.5069

南側(3308) : 『推定SET*』 $\hat{*}$ =0.3082T+0.0114RH+18.2082

南側(3301) : 『推定SET*』 $\hat{*}$ =0.3075T+0.0101RH+18.5651

この時、T：気象庁外気温[℃]、RH：気象庁相対湿度[%]とする。

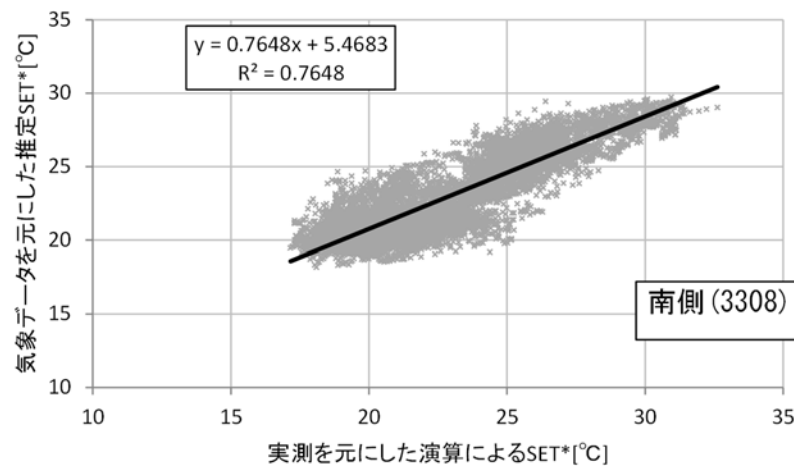
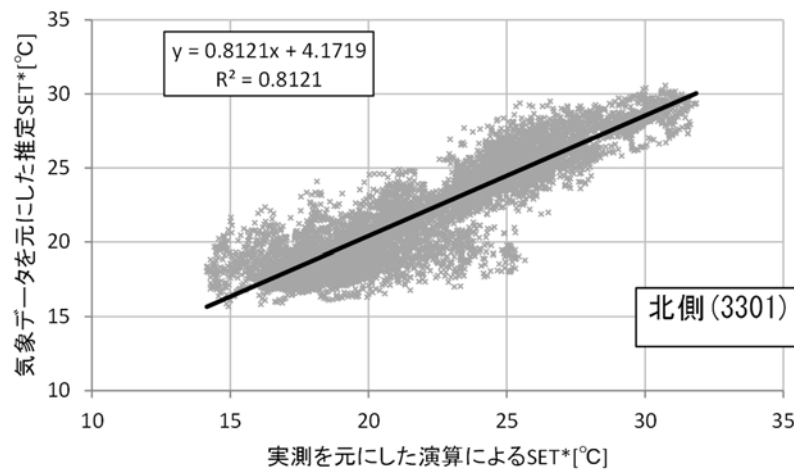


図4.4.2 実測値によるSET*と推定SET*の相関(例)

空調未使用でも快適な室内を確保できている時間帯に使用された空調用電力消費量を集計した結果を下表に示す。この結果、この時間帯に使用された電力量は、173～1,036kWh/年程度となった。単位面積当たりの電力消費量に換算すると、1.1～6.3kWh/m²・年(平均3.1kWh/m²・年)で、この電力消費量は、教室全体における電力消費量の約4～16%程度(平均約9%)に相当する。

表4.4.6 快適時の空調使用

項目	3301	3303	3308	3310	平均
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
平均コマ数[コマ/日]	2.46	2.43	2.26	1.99	2.29
平均快適時空調電力 [Wh/日]	472	645	2362	394	968
快適時空調電力[Wh/h]					
夏期	5.8	1.5	13.2	0.3	5.2
中間期	120.6	169.8	539.7	87.5	229.4
冬期	8.4	14.3	106.1	22.1	37.7
快適時空調電力[kWh/年]	207	283	1,036	173	425
単位面積当たり 電力消費量[kWh/m ² ・年]	3.0	2.0	6.3	1.1	3.1
単位面積当たり 電力消費量[Wh/m ² ・日]	8.1	5.4	17.3	2.9	8.4
電力消費量全体に占める割合[%]	9.6	7.2	16.0	4.0	9.2

(4) 未使用室における空調制御

未使用室における空調制御については、前述する通り、3階の教室に設置した人感センサーによって得られた未使用室の時間帯に使用されている空調の使用時間及び電力消費量を下表に整理する。

この結果、未使用室における空調の年間電力消費量は692～2,087kWh/年となった。単位面積当たりの電力消費量に換算すると、5.2～12.7kWh/m²・年(平均8.7kWh/m²・年)となり、教室における電力消費量全体の約20～33%に相当する。

今回計測を行った講義室とは異なるが、早川ら²²⁾は大学の研究室における空調の消し忘れによる消費電力の把握及びこれを防止する中央からの一斉停止の効果について明らかにしている。既往研究の成果では、その消費電力は建物全体の3.4～15.1%に及ぶことを明らかにしており、この対策として一斉停止によって低師走を防ぐことが省エネルギー計画上有効であることを指摘しており、本研究の結果からも、大学施設では講義室での空調の消し忘れが多く発生していることが確認された。

表4.4.7 未使用室における空調使用

項目	3301	3303	3308	3310	平均
データ日数	402	402	402	402	—
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
平均コマ数[コマ/日]	2.46	2.43	2.26	1.99	2.29
未使用時空調電力発生日数 [日/年]	228	217	192	196	208
未使用時空調 使用時間[分/日]	213	208	161	184	191
未使用時空調 電力消費量[Wh/日]	1,897	2,791	5,710	2,320	3,180
未使用時空調年間 電力消費量[kWh/年]	692	1,019	2,087	847	1,161
単位面積当たり 電力消費量[kWh/m ² ・年]	9.9	7.1	12.7	5.2	8.7
単位面積当たり 電力消費量[Wh/m ² ・日]	27.1	19.4	34.9	14.3	23.9
電力消費量全体に占める割合[%]	32.3	25.8	32.3	19.6	27.5

(5) コンセント用電力の自動制御による省エネ効果

コンセント用電力の自動制御による省エネ効果については、3階の教室に設置した人感センサーによって得られた未使用室の時間帯に使用されているコンセント用電力について下表に整理する。

この結果、未使用室におけるコンセント用の年間電力消費量は35～75kWh/年となり、単位面積当たりの電力消費量に換算すると、0.4～0.5kWh/m²・年(平均0.5kWh/m²・年)となる。

これら未使用室のコンセント用電力の待機電力は、電力消費量に占める割合は非常に小さいが、人感センサーで制御盤のON/OFFを操作することで削減できる。

表4.4.8 未使用室におけるコンセント用電力消費量

項目	3301	3303	3308	3310	平均
データ日数	402	402	402	402	—
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
平均コマ数[コマ/日]	2.46	2.43	2.26	1.99	2.29
未使用時コンセント用 年間電力消費量[kWh/年]	35	64	75	70	61
単位面積当たり 電力消費量[kWh/m ² ・年]	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5
単位面積当たり 電力消費量[Wh/m ² ・日]	1.4	1.2	1.3	1.2	1.3
電力消費量全体に占める割合[%]	1.7	1.6	1.2	1.6	1.5

(6) 自動制御による省エネ効果のまとめ

下表に、ここまでに明らかにした省エネ自動制御の効果についてまとめる。今回設定した5つの省エネメニューを実行した場合、現状の教室におけるエネルギー消費量の約60%を削減できる結果となった。

特に、未使用室の空調・照明制御による効果が大きく、教室で使用されるエネルギーの約半分を省エネ自動制御によって削減できる結果となった。また、空調用エネルギーは、教室が使用されれば季節を問わず使用されていることが分かり、教室における温湿度の計測・SET*の管理によって、教室で使用されるエネルギーの1割程度のエネルギー削減が期待される。コンセント用電力については、省エネメニューの中で削減率としては最も小さいが、未使用室における待機電力が一定量あることが確認された。

表4.4.9 自動制御による年間省エネ効果

項目		単位	3301	3303	3308	3310
			北側		南側	
教室別電力消費量			30.7	27.5	39.4	26.6
自動 制御 効果	照明: 昼光利用(冬期・南側教室のみ)	kWh/ m ² ・年	0	0	1.5	1.5
	照明: 未使用室消灯		4.3	6.0	3.8	8.3
	空調: 快適性を考慮した空調制御		3.0	2.0	6.3	1.1
	空調: 未使用室空調停止		9.9	7.1	12.7	5.2
	コンセント: 未使用室の待機電力削減		0.5	0.4	0.5	0.4
	合計		17.7	15.5	24.8	16.5
1日当たりのエネルギー削減量		Wh/m ² ・日	48.5	42.5	67.9	45.2

項目		単位	北側 平均	南側 平均	全体平均	
					削減量	削減率
教室別電力消費量			29.1	33.0	31.05	—
自動 制御 効果	照明: 昼光利用(冬期・南側教室のみ)	kWh/ m ² ・年	0	1.5	0.75	2.4%
	照明: 未使用室消灯		5.2	6.1	5.65	18.0%
	空調: 快適性を考慮した空調制御		2.5	3.7	3.10	9.2%
	空調: 未使用室空調停止		8.5	9.0	8.75	27.5%
	コンセント: 未使用室の待機電力削減		0.5	0.5	0.50	1.5%
	合計		16.6	20.7	18.75	58.6%
1日当たりのエネルギー削減量		Wh/m ² ・日	45.5	56.6	51.0	—

4. 5 大学全体における省エネ対策とその効果

(1) 大学における省エネルギー対策の進め方

省エネルギー対策を推進するには、推進体制の整備と大学としての取組方針を確立することが最初の取り組みとなる。さらに、エネルギー使用状況を把握し、運用改善を行うとともに投資効果を考慮した施設・設備更新等を計画し、実施、評価していく必要がある。経営層主導のもとで順序だった方策を実施することで、省エネルギー対策を円滑に推進することが可能となる。省エネルギー対策の進め方のイメージを以下に示す。

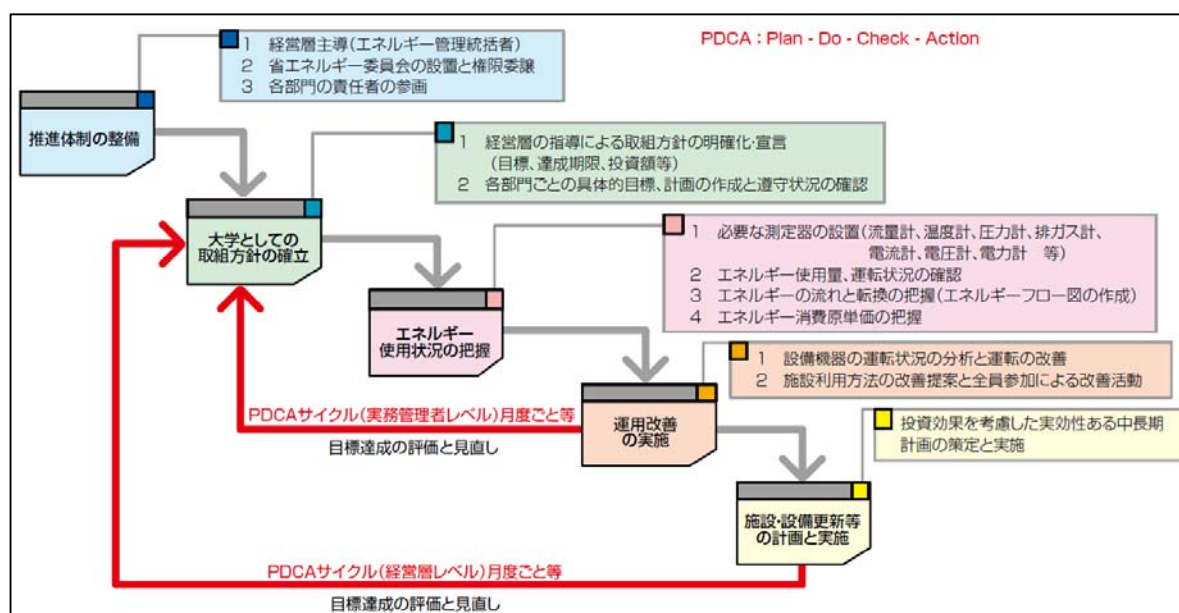


図4.5.1 省エネルギー対策の進め方

参考：大学等における省エネルギー対策の手引き（平成22年3月 文部科学省）

省エネルギーの方策は大きく分けると「運用改善」、「施設・設備更新等」の2つに大別される。「運用改善」は、既に導入されている設備を一番効率の良い状態に設定し能力を最大限に活用する「設備運用の改善」と、電気の切り忘れ防止や冷暖房の設定温度を適切に調整するといった「施設利用の改善」に分けることができる。

また、「施設・設備更新等」は、老朽化した施設・設備の改修や、設備を最新の高効率機器に更新するなどの方策が該当する。

これらの方策は、一般的に大きな投資が必要のない「運用改善」から始めるが、運用改善による省エネルギーには限界があるため、より大きな省エネルギーを達成するためには、投資を要する「施設・設備更新等」に進むことになる。

「施設・設備更新等」を進めるためには、省エネルギー診断に基づく投資効果を明確にした実効性ある中長期計画を作成することが有効となる。

そして新しい施設・設備に更新された時点で、再び、「運用改善」による省エネルギーの局面に戻ることで、これを継続的に繰り返すことで省エネルギー対策が推進される。

表4.5.1 省エネルギー対策の方策

方策	運用改善		施設・設備更新等
	設備運用の改善	施設利用の改善	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 既に導入されている設備を一番効率の良い状態に設定し能力を最大限に活用する 	<ul style="list-style-type: none"> 電気の切り忘れ防止や冷暖房の設定温度調整や消し忘れ防止等、無理のない範囲で利用状態を改善する 	<ul style="list-style-type: none"> 老朽化した施設・設備の改修や、設備を最新の高効率機器に更新する方策
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 投資を比較的必要としない エネルギー管理マニュアルの整備が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 設備面での投資は不要 全学的な協力と理解が不可欠 経営層の判断やリーダーシップ 	<ul style="list-style-type: none"> 投資が必要 経営的な判断が必要
対策(例)	<ul style="list-style-type: none"> 学内PCの省電力設定の徹底 実験用乾燥機・恒温恒湿、フリーザー等の適正利用 蒸気配管放熱対策 熱源機の運転方式・冷却水温度の適正化 	<ul style="list-style-type: none"> 空調設定温度の管理 不在室での空調・照明停止 照度管理による不要照明の間引き 	<ul style="list-style-type: none"> LED照明の導入 CGS設備の導入 高効率熱源機器の導入 省電力制御装置(EMS等)の導入 冷却水ポンプ変流量制御導入(インバータ)

参考：大学等における省エネルギー対策の手引き（平成22年3月 文部科学省）

(2) 今後の省エネ対策とその効果の目安

① LED照明の導入

現在、日本大学文理学部には多くの照明器具が設置されている。下表に照明の設置台数と灯数を示す。LEDの導入効果では、これらの機器がLEDに回収された場合を想定する。現在、設置されている主な照明器具は、32型の蛍光灯が主となっており、この蛍光灯を同等程度の照度が得られる40型のLEDに改修した場合の時刻別消費電力グラフを以下に示す。この時刻別電力消費量のデータは、3号館で実験的に実施されている時刻別の計測データを元としている。この結果、LEDへの改修によって1灯当たりの消費電力は28%の削減効果を得た。

表4.5.2 照明の設置台数及び灯数

主な照明	照明台数	灯数
本館	1,372	2,538
1号館	758	1,318
2号館	682	1,448
3号館	3,285	3,337
4号館	1,384	2,570
7号館	1,290	2,297
8号館	1,393	2,413
体育館	452	851
図書館	883	908
他	1,644	1,927
合計	13,140	19,568

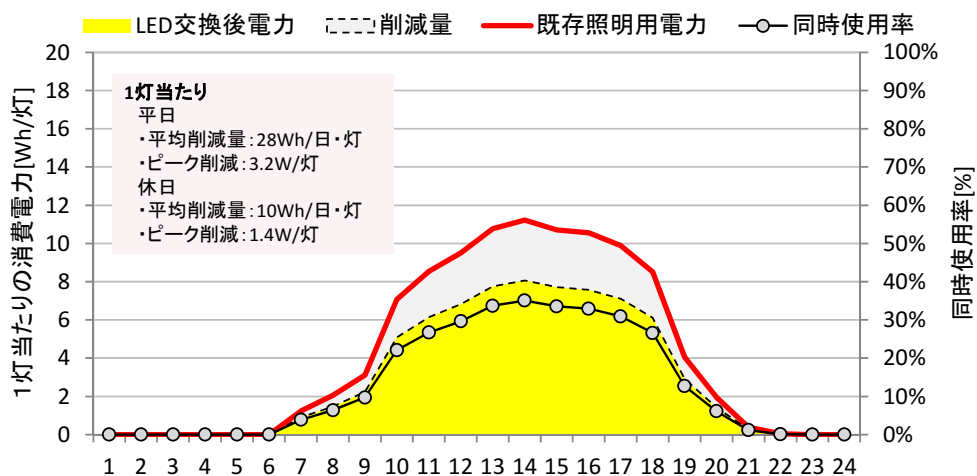


図4.5.2 蛍光灯をLEDに交換した場合の電力消費量の差

1灯当たりの削減効果から、前述する照明・コンセント用電力量の50%を照明用と仮定した場合の電力削減効果を試算した結果を以下に示す。

文理学部全体の電灯をLEDに交換した場合

電力消費量	改修前: 5,612,390 kWh/年
	改修後: 4,037,567 kWh/年
	削減量: 1,575,343 kWh/年
	削減率: 28%

※ 照明・コンセント用電力の50%を照明用と仮定

投資額	19,568灯 × 15,000円 ≒ 2.9億円
エネルギー削減コスト	3,400万円/年 (単価21.6円/kWh)
単純投資回収年	約8.5年
CO ₂ 削減量	781t-CO ₂ /年

図4.5.3 文理学部全体におけるLED改修効果の推定

② 不在室の消灯

不在室の消灯の省エネ効果については、前述した省エネ自動制御導入効果を見込むこととした。

集計の結果、人が不在となっている部屋で照明が点灯している時間は1日平均で約1時間半程度発生しており、講義室の照明用電力の内、34%程度を占めていることが分かっている。

表4.5.3 照明用電力集計結果

項目	3301	3303	3308	3310	平均
データ日数	336	336	381	381	358
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
照明用電力消費量 [Wh/m ² ・日]	39.8	44.2	47.7	47.5	44.8
未使用時照明点灯発生日数 [日/年]	207	197	218	135	189
未使用時照明点灯時間[分/日]	102	81	49	114	87
未使用時照明電力消費量[Wh/日]	826	2,388	1,712	3,682	2,152
単位面積当たり電力消費量 [Wh/m ² ・日]	11.8	16.4	10.4	22.7	15.3
未使用時電力消費割合[%]	29.6	37.1	21.8	47.8	34.2

この不在室における照明用電力を、全て削減する人的な取り組みや自動制御システムを導入したと仮定して、文理学部全体における講義室の照明用電力の省エネ効果を試算した結果を以下に示す。

照明・コンセント用電力の50%を照明用と仮定し、
照明用電力の16%を講義室用照明分と仮定した場合

※16%は文理学部の施設面積より推定

項目	単位	値
照明コンセント用電力	kWh/年	11,225,821
照明用電力	kWh/年	5,612,911
講義室照明用電力	kWh/年	898,066
削減分電力	kWh/年	307,138
削減効果[21.6円/kWh]	円/年	6,634,191
削減率	%	2.7%
CO ₂ 削減量	t-CO ₂ /年	152

図4.5.4 文理学部全体における不在室消灯の省エネ効果推定結果

③ 不在室の空調停止

不在室の空調停止による省エネ効果についても、前項で示した省エネ自動制御導入効果の分析結果を見込むこととした。

集計の結果、人が不在となっている部屋で空調が使用されている時間は1日平均で約3時間程度発生しており、講義室の空調用電力の内、70%程度を占めている。

表4.5.4 空調用電力集計結果

項目	3301	3303	3308	3310	平均
データ日数	402	402	402	402	—
教室面積[m ²]	70	144	164	162	135
空調用(AHU)電力消費量 [Wh/m ² ・日]	38.3	26.2	53.5	19.1	34.3
未使用時空調電力発生日数 [日/年]	228	217	192	196	208
未使用時空調使用時間[分/日]	213	208	161	184	191
未使用時空調電力消費量[Wh/日]	1,897	2,791	5,710	2,320	3,180
単位面積当たり電力消費量 [Wh/m ² ・日]	27.1	19.4	34.9	14.3	23.9
未使用室電力消費割合[%]	70.8	74.0	65.2	74.9	69.7

この不在室における空調用電力を、全て削減する取り組みやシステムを導入したと仮定して、文理学部全体における講義室の空調用電力の省エネ効果を試算した結果を以下に示す。

空調用電力の16%を講義室用空調分と仮定した場合

※16%は文理学部の施設面積より推定

項目	単位	値
空調用電力	kWh/年	2,153,155
講義室空調用電力	kWh/年	344,505
削減分電力	kWh/年	240,120
削減効果[21.6円/kWh]	円/年	5,186,589
削減率	%	11.1%
CO ₂ 削減量	t-CO ₂	119

図4.5.5 文理学部全体における不在室の空調停止による省エネ効果推定結果

④ 学内PCの省電力設定の徹底

図書館内にあるPC160台が常時電源ONの状態
機器の仕様
電源ON時:230W/台 → スリープ時:23W/台
削減量:207W/台



項目	値
照明・コンセント用電力	11,225,821kWh/年
1時間あたり削減効果	33.1kW
年間電力削減量	289,956 kWh/年
電力料金削減量[21.6円/kWh]	6,263,050円/年
削減率	2.6%
CO ₂ 削減量	144t-CO ₂ /年

⑤ 蒸気配管放熱対策

現状のボイラ用灯油消費量:160kL
建設から38年が経過し老朽化した蒸気配管
現状放熱が15%程度あると仮定し、
対策実施後10%まで低減したと想定
対策後ボイラ用灯油消費量:146kL



項目	値
投資額	6,360,000
配管120m@3,000円保温工事	360,000
掘削・埋戻し600m ² @10,000円	6,000,000
灯油削減効果	14,000L
灯油料金削減量[80円/L]	1,120,000円/年
単純投資回収年	約5.7年
CO ₂ 削減量	35t-CO ₂ /年

⑥ 空調温度設定の適正化

空調機設定温度を1℃変更
→消費エネルギー10%減
(出典:文部科学省 大学等における省エネルギー対策)



項目	値
空調用電力	2,153,155kWh/年
年間電力削減量	215,315 kWh/年
電力料金削減量[21.6円/kWh]	4,650,815円/年
削減率	10.0%
CO ₂ 削減量	107t-CO ₂ /年

以下に、ここまでに推定した省エネ対策の効果について整理する。LED照明への改修は経済効果が最も高いが、投資額も高価なため経営的な判断が必要となる。蒸気配管放熱対策は、投資が掛かるうえ、灯油ボイラによる空調・給湯分の効果に限定され削減効果も少ないため対策の優先順位は低い。省エネ対策の取組の流れとして、省エネ対策は、投資が掛からずとも経済効果の高い、不在室消灯やPCの省電力設定から始めることが望ましい。また、LED照明への改修は建物改修や設備更新に併せて、順次行っていくことが望ましい。

但し、これらの値は、現状詳細なエネルギー計測が行われていないため推定を含んでおり、各対策の効果を過大・過小に推定している可能性がある。今後はエネルギー計測を行い、データを蓄積した上で詳細な分析が必要である。特に、コンセント用の電力需要についてはベース電力や活動時の電力消費量の多くを占めていると考えられるが、接続されている機器の把握が十分に行われていないため、省エネ効果の推測が困難となっている。今後重点的に計測と接続機器の把握を行っていく必要がある。

表4.5.5 省エネルギー対策とその効果の推定結果

分類	省エネ方策	初期投資	省エネ効果目安 (用途内比率)		省エネ効果目安 (全体比率) 一次エネベース		ピークカット効果
			照明 ・コンセント	空調	省エネ量 [GJ/年]	比率 [%]	
空調(EMS)	不在室での空調の停止	なし		11.1%	2,344	1.6%	約55kW
空調(EMS)	空調機温度設定の適正化	なし		10.0%	2,101	1.4%	約50kW
空調	蒸気配管放熱対策	あり		1.0%	514	0.3%	—(灯油)
照明(EMS)	不在室・昼休みの消灯	なし	2.7%		2,998	2.0%	約59kW
照明	LED照明の導入	あり	28.1%		15,375	10.4%	約300kW
コンセント	OA機器省エネモード設定の徹底	なし	5.5%		2,830	1.9%	約33kW
全体合計(推定)		—	34%	16%	26,161	17.7%	—
初期投資なしの対策合計		なし	7%	15%	10,273	6.9%	—

表4.5.6 省エネルギー対策とそのCO₂削減効果の推定結果

分類	省エネ方策	初期投資	省CO ₂ 効果目安 (全体比率) 一次エネベース	
			省CO ₂ 量 [t-CO ₂ /年]	比率 [%]
空調(EMS)	不在室での空調の停止	なし	119	1.6%
空調(EMS)	空調機温度設定の適正化	なし	107	1.4%
空調	蒸気配管放熱対策	あり	35	0.5%
照明(EMS)	不在室・昼休みの消灯	なし	152	2.0%
照明	LED照明の導入	あり	781	10.2%
コンセント	OA機器省エネモード設定の徹底	なし	144	1.9%
全体合計		—	1,338	17.4%
初期投資なしの対策合計		なし	522	6.8%

【参考】その他の大学での省エネ対策の取り組み例

大阪府立大の取り組み(ポスターの掲示)

7月から省エネキャンペーンをスタートします！
10%の電力削減に向けてご協力をお願いします

東日本大震災により、今夏、関西方面においても電力供給不足が予測されています。このことを契機に、今までのライフスタイルを見直し、持続可能な社会の実現に向かって、新たな一歩を踏み出しましょう。まずは、身近なことから、以下の省エネ行動の徹底にご協力ください。

- エアコンの設定温度に気をつけて省エネ!**
 - 夏期: 28℃
 - 冬期: 19℃
 - 夏期の風風機や冷感グッズ、冬期のひざ掛け等が有効に活用して省エネ
 - 外気の取り入れや、ブラインドの活用により省エネ
- 不要な照明を消して省エネ!**
 - 不在時の消灯、昼休みの消灯を徹底して省エネ
 - 教室、執務室などの居室では、必要な部分だけ点灯して省エネ
- 使わない電化製品のコンセントを抜いて省エネ!**
 - コンセントを抜いて待機電力を削減して省エネ
 - パソコン、OA機器の省電力設定、不使用時の電源OFFの徹底で省エネ
- みんなで協力して省エネ!**
 - エネルギーのムダ遣いに気がついたら率先して行動して省エネ
 - 一人一人の小さな努力が気遣いの積み重ねで省エネ

慶応義塾大学の取り組み(HPIにおける啓発)

慶應義塾では、東日本大震災に起因する電力事情をふまえ、昨年度においては、電力需給バランス・電気料金値上げへの対応や資源の有効性・環境保護等から、節電を実施してきました。本年度につきましても、引き続き節電措置を行うこととします。皆様のご理解とご協力をお願いします。一人ひとりが節電を心がけ、環境負荷の低減を実現していきましょう。

- 1 節電目標
 - 信濃町キャンパスを除く各キャンパスの合計 平成22年度比 15%削減
 - 信濃町キャンパス 別途設定(病院機能を考慮)
- 2 節電期間 平成25年度中
- 3 具体的運用例

以下の運用においては、教育・研究・医療環境の快速性を過度に損なう取り組みは日常的に行わないことといたします。なお、個々の運用において、空室・不在時等のこまめな消灯・空調の停止や、電気機器類の省エネモードの設定の徹底をお願いします。

 - (1) 空調温度設定

設定温度については空調運用対象期間前に別途ご案内します。
 - (2) 照明の設定

安全性と必要照度を確保し、消灯を行います。
 - (3) エレベーターの稼働

利用者に支障のない範囲で一部を制限して稼働します。
 - (4) 電気機器類の使用制限

さまざまな電気機器類について必要最低限の稼働とします。
 - (5) 教室等の使用制限

利用申請のない教室等は照明ならぬ空調機の稼働停止を徹底します。

現在、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)に基づき、経済産業省へエネルギー使用状況の報告を行っています。この法律では、エネルギー削減率(削減率)についても定められており、中長期(3年)平均(5年平均)1%以上のエネルギー消費(原単位(注1))の低減が求められています。今後は節電努力に留まらず、上下水道などの使用量を削減することにより省エネルギー・CO2削減を推進し、環境負荷全般を抑制する取り組みにも皆様のご協力とご協力をお願いいたします。

注1: 原単位=エネルギーの使用量(原油換算)÷密着に関係する値(学校では床面積等)

なお、ウェブサイト上で公開している慶應義塾の電力使用状況(グラフ)につきましても継続して公開します。

名古屋大学の取り組み(具体的目標設定・役割分担、PC省エネ設定の徹底)

具体的な省エネ・節電対策

各学部等の実情を勘案のうえ、学生・教職員等が自ら積極的に節電に取り組む。

- 主に大学として取り組むこと
- ☆主に各局等が組織として取り組むこと
- ◇主に学生・教職員等が自ら取り組むこと

- (1) 一般事項
 - ・ホームページ、ポスター、メール等によって、節電実行計画期間中であることを学内外に広く周知理解を得るとともに、節電の取組みを推進する。<○☆>
 - ・部局内省エネパトロールを実施する。<☆>
 - ・冷房設備を使用する講義室は、連続して使用するようカリキュラムを工夫する。<☆>
 - ・人数に応じた講義室の入れ替え並びに会議室の選択で無駄な空調・照明を省く。<☆◇>
 - ・使用していない実験機器・IT機器・空調等の電源OFFを実施する。<☆◇>
 - ・施設開放時に利用者への省エネを呼びかける。<○☆>
 - ・自動販売機の電力ピーク時の冷蔵一時停止など、業者への指導を徹底する。<○☆>
- (2) 照明設備
 - ・不要な照明の消灯を徹底する。<☆◇>
 - ・不在時・帰宅時の消灯を徹底する。<☆◇>
 - ・照明器具を間引いて点灯する。(20㎡の研究室であれば、蛍光灯1本は必ずば約40Wの省エネ・節電効果) <☆◇>
 - ・窓周辺の棚等を整理し、窓からの自然光の有効利用を図る。<☆◇>
 - ・明るい時間帯はブラインドの角度調整等により消灯に取り組む。<☆>
 - ・経済性の良い高効率器具・ランプを採用する。<☆>
 - ・ランプ・照明器具を清掃する。<☆◇>
 - ・少人数の講義や会議は、前方に集中して着席し消灯を徹底する。<☆◇>

パソコンの簡単な設定を行うことにより、省エネになります。例えば、設定していない事務用ノートパソコン(30W)から排出されるCO₂は、約17.8g/hです。

省エネ設定? しなくて平気平気!

1時間に17.8gのCO₂を排出!

ちょっと省エネしてみようかな

排出されるCO₂は1時間でたったの0.6gに減少!

新潟大学の取り組み(シールプロジェクト)

節電シールプロジェクト

学内には数百台の学生用パソコンがある。パソコンの電源は消しても、通常、モニターの電源を消さない。
モニターの電源近くに節電を促すシールをはりつけたら効果てきめん！



小さなシールで大きな節電

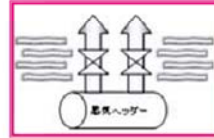
滋賀医科大学の取り組み(蒸気配管放熱対策)

気づき

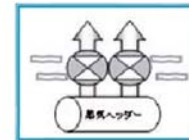
機械室内の室温が高い

(機器、付属装置、バルブ類からムダにエネルギー)が放熱

高温の発熱体からの損失を断熱材によって抑えることは大きな省エネとなる



- 機器、バルブ類への保温は、設置後、継続的なエネルギー損失防止効果が期待できる
- 初期投資が比較的少なく、ランニングコストもかからないため費用対効果大きい



効果
投資: 230万円
光熱水費削減: 850万円/年

奈良先端大の取り組み(エネルギー管理に係る管理標準の作成)

項目	内容	管理基準
エネルギー管理組織の整備	1.省エネルギー推進活動グループのリーダー及びメンバー (1) リーダーは、エネルギー管理統括者とする。 (2) メンバーは、エネルギー管理企画推進者及びエネルギー管理員並びに管理部門で構成する。	
	2.省エネルギー推進活動の作業内容及び役割分担 (1) 事務は、管理部門施設課が行う。 (2) 施設検討委員会の方針を受け活動内容を決定する。 (3) データの収集と整理、問題点の抽出と対策等については、メンバーが役割を分担して行う。	
	3.業務報告会 (1) 定期的に開催する。 (2) 議題は省エネルギー推進に関する事項とする。 (3) 省エネルギー推進活動グループに報告後、施設検討委員会に報告を行う。	施設検討委員会の前に報告会を開催する。
	4.啓蒙と使用者教育 (1) パンフレットの配布をはじめ、掲示やミーティングの場で理解と協力を求める。 (2) 省エネルギー活動の成果について、構成員への報告を行い達成感の共有を図る。	
省エネルギー目標の設定	1.中期目標と年度目標 (1) 5ヵ年計画による省エネルギー中期目標を設定し、更に年度毎の目標に区分する。 (2) 中期目標は省エネルギー5%とし、初年度目標は1%(対前年度)とする。 (3) 具体的な省エネルギー計画を策定して目標達成のための裏付けとする。	中期目標は達成状況を把握し必要により見直し修正する
	2.部門別、用途別及びエネルギーの種類別の目標設定 (1) 奈良先端科学技術大学院大学の全体目標を研究科別並びに照明、空調などの用途別に現状の計器取付状況などを勘案し、可能な範囲で振り分ける。	
	計測器の整備と系統図、設備台帳等の整備	1.電気供給系統別にエネルギー使用量及び環境データの把握 (1) 系統別(棟別)に積算電力量計などの計器により、エネルギー使用量を把握する。 電気設備などの更改及び新設時においては、系統別にエネルギー使用量が把握できるように系統毎に計器を取付ける。 (2) 環境管理のために室内の適当な場所に温度センサを設置する。
2.系統図及び設備管理台帳等の整備 (1) 受配電単線結線図、空調系統図などの系統図を整備して、エネルギーの流れを把握する。 (2) 設備管理台帳等を整備して、主要な機器の仕様、効率、取得年月、修理・改造内容と費用などの履歴を記録する。		

鳥取大学の取り組み

【国立大学法人鳥取大学】

- 空調設定温度28°Cの徹底、不在時OFF
- 省エネメール、省エネポスターでの啓蒙
- 省エネパトロールの実施ほか



札幌市内・近郊の7私大の取り組み

【ソフト面の取組】

- ・シール貼付で省エネ呼びかけ
- ・デマンド監視装置を導入し最大電力を低減
- ・省エネパトロールの実施
学内の環境マネジメント推進委員(教員、職員)及び省エネに強い関心を持つボランティア学生による省エネWGを組織し、校内を1日2回(各30分程度)、無駄な照明の消灯等を行う省エネパトロールを実施



省エネパトロールの実施

【運転時間等の見直し】

- ・ボイラーの運転時間の短縮、教室の暖房温度設定の調整
中央監視室の空調コントロール設備により、室温を確認しながらボイラーの台数制御運転及び、各種温水循環ポンプの発序制御を効率的に実施
- ・自動販売機へのタイマー設置

【参加メンバー】

- ・学校法人札幌大学
- ・北翔大学
- ・学校法人北星学園
- ・学校法人北海学園
- ・北海道医療大学
- ・北海道工業大学
- ・学校法人酪農学園

京都大学の取り組み(ESCO事業による省エネ)

GHPを高効率EHPに更新



(天然ガス→電気) → 省CO₂効果大

高効率トランスに更新



24h364日稼働 → 省エネ効果大

蛍光灯・白熱灯をLED化



独立性に富んだ提案

安定器残置でも使用可 = 換球だけで省エネ

○光熱費

(ベースライン相当額
H16～18年度の3か年平均額)

光熱水費 165,913 千円/年
一次エネルギー量 124,121 GJ/年
CO₂ 排出量 4,673 t-CO₂/年

○効果

年間光熱水費削減額 : 10,900 千円/年
同上削減保証額 : 8,700 千円/年(約80%)
大学の保証利益額 : 4,700 千円/年
初期投資費用概算 : 93,000 千円
(工事費概算額 : 89,000 千円)
初期費用概算額 : 4,000 千円

ESCO事業の仕組み

契約方式	ギランティード・セービングス契約	シェアード・セービングス契約
項目		
資金フロー		
省エネルギー改修工事の資金調達者	顧客	ESCO事業者
省エネルギー設備の所有者	顧客 (リースの場合は金融機関)	ESCO事業者 (リースの場合は金融機関)
サービス料の支払い	省エネルギー効果(光熱水費の削減分)の中から一定額または一定の割合を支払う。	
契約期間終了後の利益の分配	省エネルギー効果(光熱水費の削減分)はすべて顧客の取り分となる。	
キャッシュフロー		
顧客の利点	<ol style="list-style-type: none"> 省エネルギー量が保証されるため確実に省エネルギーを図ることができる。 初期投資に関する資金調達は顧客側で行うので、省エネルギー設備は自己資産となる。 	<ol style="list-style-type: none"> 省エネルギー量が保証されるため確実に省エネルギーを図ることができる。 省エネ設備のオフバランス化(資産の外置化)が図れる。 ESCO事業者が省エネ設備に必要な資金調達を行うので、顧客は金融上のリスクを一切負わない。

(3) 将来エネルギー需要の想定

現状のエネルギー需要は、既存のエネルギーデータより分析・推定を行ったが、将来的な大学施設におけるエネルギー消費量は、省エネ対策や省エネ自動制御等が導入され、現状のエネルギー需要原単位に変化が生じることが予想される。

本項では、前述した省エネ対策の効果をふまえて、将来的に省エネが進んだ大学施設のエネルギー需要を想定し、既存のデータと併せて、エネルギーシミュレーションの基礎データを作成する。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
照明・コンセント用	8.8	7.6	7.6	8.5	8.9	8.9	9.1	7.8	8.3	9.1	8.8	8.9	102.2
空調用	5.8	4.3	3.2	0.9	1.9	6.6	11.3	6.8	7.3	4.0	2.2	5.3	59.5
給湯用	0.8	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4	0.8	6.6

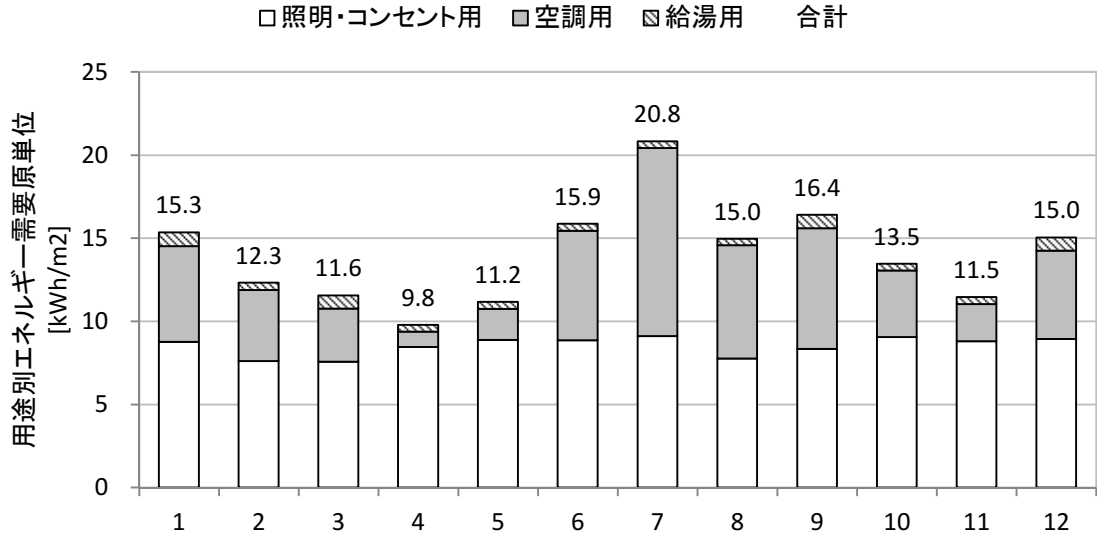


図4.5.6 月別・用途別エネルギー需要量 (省エネ対策なし)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
照明・コンセント用	6.2	5.4	5.4	6.0	6.3	6.3	6.5	5.5	5.9	6.4	6.3	6.3	72.5
空調用	4.9	3.6	2.7	0.8	1.6	5.6	9.6	5.8	6.2	3.4	1.9	4.5	50.6
給湯用	0.8	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.4	0.4	0.8	6.6

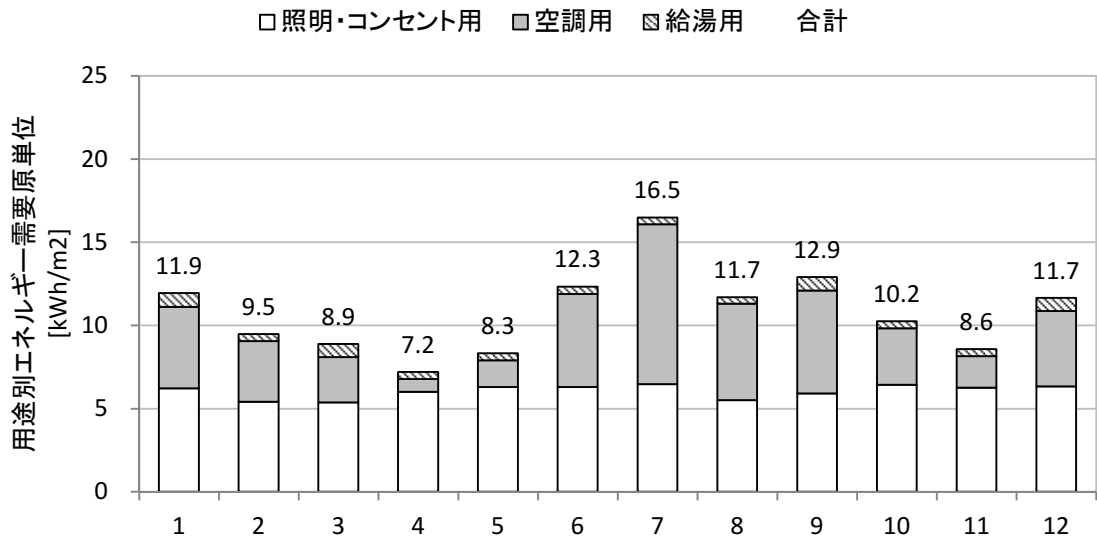


図4.5.7 月別・用途別エネルギー需要量 (省エネ対策あり)

5. 教育施設を中心としたエネルギーネットワークの構築に向けた研究

5. 1 エネルギーシミュレーションの概要

(1) エネルギーフロー

本研究で想定するガスエンジンを初めとしたCGS及び排熱利用機器等のシステムを導入した地域のエネルギー供給フローを以下に示す。

このシステムでは、ガスエンジンや燃料電池によって発電を行い、発電した電力は対象とする小中学校及び周辺建物で融通する。また、発電時に発生した排熱は、夏期は排熱利用機器（吸収式冷温水器）によって冷水を製造し、さらに余剰分は給湯用として活用する。冬期については、CGSからの蒸気・温水を給湯・暖房用に活用する。CGSからの電力のみで賄いきれない電力需要については、系統から購入する。また、排熱で賄いきれない空調需要や給湯需要については、既存の個別熱源システム及びボイラで供給する。

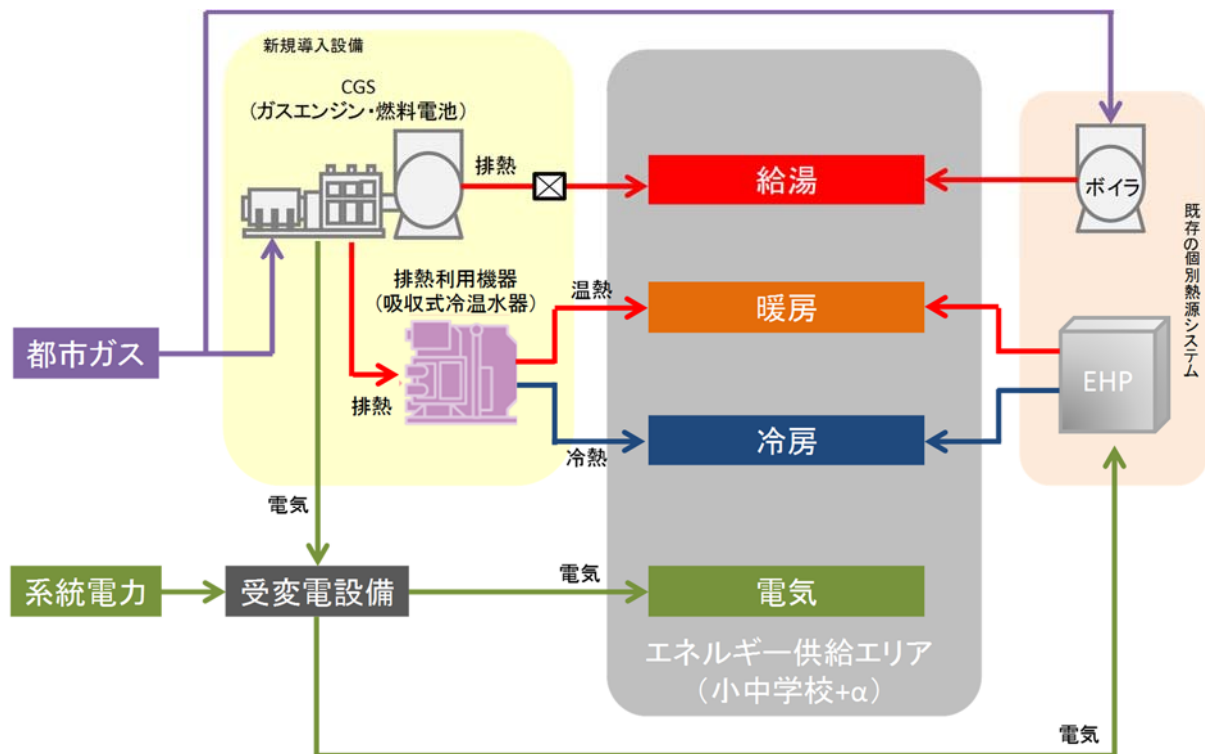


図5.1.1 エネルギー供給フロー

(2) エネルギー需要データ

教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けて、CGSの導入による一次エネルギー削減量・CO₂削減量の評価及び事業採算性の評価を行う。この評価には、これまでに収集したデータ及び分析した教育施設の年間・月別・時刻別エネルギー需要量を活用して、教育施設を中心としたエネルギーネットワークモデルを想定し、エネルギーシミュレーションを実施する。

エネルギーネットワークモデルは、全国に約30,000校ある公立の教育施設のうち、95%以上の約28,000校が災害時の避難所に指定されている（平成27年度 文部科学省 学校基本調査調査）「公立小中学校」を中心としたモデルを想定する。避難所に指定されている公立小中学校のうち、自家発電設備が設置されている教育施設は、全体の17%（4,715校）と少なくなっている。

このモデルの想定には、本研究で調査した小中学校におけるエネルギー需要を中心として、大学におけるエネルギー需要、また、参考文献¹⁾に記載されている「事務所ビル」「病院」「ホテル」「店舗」「住宅」のエネルギー需要量を用いた。以下に、その需要比率及び需要パターンを示す。

また、エネルギーシミュレーションで必要となる小中学校における最大電力負荷については、前章までに整理したエネルギー需要比率から得られる代表日の電力需要に、空調需要に空調効率及び電力の空調容量を考慮した電力の消費量を積算して推定した代表日の電力消費量と、実際の契約電力値との比率を算出し、「照明・コンセント用」の代表日電力負荷に考慮したものを、各小中学校の最大電力負荷として算定した。この最大電力負荷の各校の平均値を、小中学校における最大電力負荷として設定した。

表5.1.1 小中学校における最大電力負荷の設定

項目		A小	B小	C小	D小	E中	F中
契約電力	kW	218	160	230	118	152	89
延床面積	m ²	8,184	9,622	7,262	7,355	8,219	7,401
冷房効率(EHP)	-	2.82	2.82	2.82	2.46	2.46	2.46
暖房効率(EHP)	-	3.08	3.08	3.08	3.38	3.38	3.38
冷房効率(GHP)	-	0.83	0.90	0.90	1.04	0.99	0.99
暖房効率(GHP)	-	0.78	0.82	0.82	1.03	0.97	0.97
電気空調比率	%	73%	27%	66%	51%	28%	13%
ガス空調比率	%	27%	73%	34%	49%	72%	87%
代表日最大電力	kWh	107	77	90	75	65	51
契約電力比	-	2.03	2.07	2.57	1.58	2.35	1.74
代表日照明・コンセント用最大電力	kWh	50.8	59.7	45.1	45.7	51.0	45.9
照明・コンセント用最大電力	kW	103.2	123.6	115.7	72.1	119.7	79.8
	W/m ²	12.6	12.8	15.9	9.8	14.6	10.8
照明コンセント用最大電力 (C小を除く平均値)	W/m ²	12.1					

表5.1.2 事務所におけるエネルギー需要比率及びパターン

事務所 最大負荷	電力 50 W/m ²
	給湯 16.3 W/m ²
	暖房 58.1 W/m ²
	冷房 104.7 W/m ²

年間負荷	電力 156 kWh/m ² ・年
	給湯 2.6 kWh/m ² ・年
	暖房 36 kWh/m ² ・年
	冷房 81.4 kWh/m ² ・年

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
電力	7.15%	7.43%	8.15%	7.90%	8.03%	8.95%	10.07%	9.87%	8.89%	8.86%	7.22%	7.68%
給湯	13.79%	17.24%	13.79%	10.34%	6.90%	3.45%	3.45%	3.45%	6.90%	6.90%	10.34%	13.79%
暖房	25.93%	22.79%	17.66%	4.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.88%	21.37%	25.93%
冷房	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.92%	15.67%	27.63%	30.72%	19.79%	2.27%	0.00%	0.00%

電力	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.84%	0.84%	0.84%	0.85%	0.85%	0.82%	0.82%	0.82%	0.82%	0.85%	0.85%	0.84%
1	0.76%	0.76%	0.76%	0.78%	0.78%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.78%	0.78%	0.76%
2	0.69%	0.69%	0.69%	0.71%	0.71%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.71%	0.71%	0.69%
3	0.69%	0.69%	0.69%	0.76%	0.76%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.76%	0.76%	0.69%
4	0.67%	0.67%	0.67%	0.71%	0.71%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.71%	0.71%	0.67%
5	0.69%	0.69%	0.69%	0.73%	0.73%	0.69%	0.69%	0.69%	0.69%	0.73%	0.73%	0.69%
6	0.94%	0.94%	0.94%	0.95%	0.95%	0.88%	0.88%	0.88%	0.88%	0.95%	0.95%	0.94%
7	1.70%	1.70%	1.70%	1.78%	1.78%	1.86%	1.86%	1.86%	1.86%	1.78%	1.78%	1.70%
8	5.67%	5.67%	5.67%	5.48%	5.48%	5.61%	5.61%	5.61%	5.61%	5.48%	5.48%	5.67%
9	7.40%	7.40%	7.40%	7.31%	7.31%	7.32%	7.32%	7.32%	7.32%	7.31%	7.31%	7.40%
10	7.57%	7.57%	7.57%	7.62%	7.62%	7.64%	7.64%	7.64%	7.64%	7.62%	7.62%	7.57%
11	7.64%	7.64%	7.64%	7.72%	7.72%	7.66%	7.66%	7.66%	7.66%	7.72%	7.72%	7.64%
12	7.57%	7.57%	7.57%	7.70%	7.70%	7.71%	7.71%	7.71%	7.71%	7.70%	7.70%	7.57%
13	7.65%	7.65%	7.65%	7.80%	7.80%	7.78%	7.78%	7.78%	7.78%	7.80%	7.80%	7.65%
14	7.65%	7.65%	7.65%	7.89%	7.89%	7.82%	7.82%	7.82%	7.82%	7.89%	7.89%	7.65%
15	7.62%	7.62%	7.62%	7.84%	7.84%	7.75%	7.75%	7.75%	7.75%	7.84%	7.84%	7.62%
16	7.62%	7.62%	7.62%	7.80%	7.80%	7.68%	7.68%	7.68%	7.68%	7.80%	7.80%	7.62%
17	6.61%	6.61%	6.61%	6.60%	6.60%	6.63%	6.63%	6.63%	6.63%	6.60%	6.60%	6.61%
18	5.43%	5.43%	5.43%	5.21%	5.21%	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%	5.21%	5.21%	5.43%
19	4.71%	4.71%	4.71%	4.58%	4.58%	4.81%	4.81%	4.81%	4.81%	4.58%	4.58%	4.71%
20	3.82%	3.82%	3.82%	3.56%	3.56%	3.52%	3.52%	3.52%	3.56%	3.56%	3.56%	3.82%
21	2.98%	2.98%	2.98%	2.68%	2.68%	2.65%	2.65%	2.65%	2.68%	2.68%	2.68%	2.98%
22	2.07%	2.07%	2.07%	1.92%	1.92%	1.88%	1.88%	1.88%	1.88%	1.92%	1.92%	2.07%
23	1.01%	1.01%	1.01%	1.02%	1.02%	0.99%	0.99%	0.99%	0.99%	1.02%	1.02%	1.01%

給湯	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	5.21%	5.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.21%	5.21%	0.00%
6	1.97%	1.97%	1.97%	0.26%	0.26%	3.79%	3.79%	3.79%	3.79%	0.26%	0.26%	1.97%
7	0.33%	0.33%	0.33%	3.91%	3.91%	4.55%	4.55%	4.55%	4.55%	3.91%	3.91%	0.33%
8	1.64%	1.64%	1.64%	5.21%	5.21%	6.06%	6.06%	6.06%	6.06%	5.21%	5.21%	1.64%
9	6.57%	6.57%	6.57%	4.43%	4.43%	4.55%	4.55%	4.55%	4.55%	4.43%	4.43%	6.57%
10	5.75%	5.75%	5.75%	11.88%	11.88%	11.36%	11.36%	11.36%	11.36%	11.88%	11.88%	5.75%
11	14.78%	14.78%	14.78%	10.68%	10.68%	13.64%	13.64%	13.64%	13.64%	10.68%	10.68%	14.78%
12	12.48%	12.48%	12.48%	19.78%	19.78%	15.13%	15.13%	15.13%	15.13%	19.78%	19.78%	12.48%
13	27.09%	27.09%	27.09%	5.47%	5.47%	11.36%	11.36%	11.36%	11.36%	5.47%	5.47%	27.09%
14	8.70%	8.70%	8.70%	6.51%	6.51%	7.58%	7.58%	7.58%	7.58%	6.51%	6.51%	8.70%
15	4.43%	4.43%	4.43%	5.47%	5.47%	4.55%	4.55%	4.55%	4.55%	5.47%	5.47%	4.43%
16	4.27%	4.27%	4.27%	5.99%	5.99%	6.06%	6.06%	6.06%	6.06%	5.99%	5.99%	4.27%
17	4.27%	4.27%	4.27%	5.47%	5.47%	3.79%	3.79%	3.79%	3.79%	5.47%	5.47%	4.27%
18	3.78%	3.78%	3.78%	5.73%	5.73%	4.55%	4.55%	4.55%	4.55%	5.73%	5.73%	3.78%
19	3.94%	3.94%	3.94%	2.60%	2.60%	3.03%	3.03%	3.03%	3.03%	2.60%	2.60%	3.94%
20	0.00%	0.00%	0.00%	1.30%	1.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.30%	1.30%	0.00%
21	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
22	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
23	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

暖房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%
8	16.99%	16.99%	16.99%	14.76%	14.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	14.76%	14.76%	16.99%
9	12.29%	12.29%	12.29%	13.65%	13.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.65%	13.65%	12.29%
10	8.09%	8.09%	8.09%	7.48%	7.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.48%	7.48%	8.09%
11	10.29%	10.29%	10.29%	8.39%	8.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8.39%	8.39%	10.29%
12	10.49%	10.49%	10.49%	12.44%	12.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.44%	12.44%	10.49%
13	10.29%	10.29%	10.29%	13.04%	13.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	13.04%	13.04%	10.29%
14	8.39%	8.39%	8.39%	12.84%	12.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.84%	12.84%	8.39%
15	8.19%	8.19%	8.19%	12.54%	12.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.54%	12.54%	8.19%
16	9.09%	9.09%	9.09%	3.44%	3.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.44%	3.44%	9.09%
17	5.59%	5.59%	5.59%	1.42%	1.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.42%	1.42%	5.59%
18	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
19	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
20	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
22	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
23	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

冷房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%	0.40%	1.79%	1.79%	1.79%	1.79%	0.40%	0.40%	0.00%
8	0.00%	0.00%	0.00%	11.78%	11.78%	9.57%	9.57%	9.57%	9.57%	11.78%	11.78%	0.00%
9	0.00%	0.00%	0.00%	13.37%	13.37%	9.17%	9.17%	9.17%	9.17%	13.37%	13.37%	0.00%
10	0.00%	0.00%	0.00%	11.19%	11.19%	8.97%	8.97%	8.97%	8.97%	11.19%	11.19%	0.00%
11	0.00%	0.00%	0.00%	11.88%	11.88%	9.27%	9.27%	9.27%	9.27%	11.88%	11.88%	0.00%
12	0.00%	0.00%	0.00%	10.44%	10.44%	9.37%	9.37%	9.37%	9.37%	10.44%	10.44%	0.00%
13	0.00%	0.00%	0.00%	11.68%	11.68%	9.27%	9.27%	9.27%	9.27%	11.68%	11.68%	0.00%
14	0.00%	0.00%	0.00%	11.78%	11.78%	8.97%	8.97%	8.97%	8.97%	11.78%	11.78%	0.00%

表5.1.4 ホテルにおけるエネルギー需要比率及びパターン

ホテル		年間負荷	
最大負荷	電力 50 W/m ²	電力	200 kWh/m ² ・年
	給湯 116.3 W/m ²	給湯	93 kWh/m ² ・年
	暖房 77.9 W/m ²	暖房	93 kWh/m ² ・年
	冷房 87.2 W/m ²	冷房	116.3 kWh/m ² ・年

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
電力	7.5%	6.5%	6.8%	7.0%	8.1%	8.2%	9.5%	10.4%	9.8%	9.4%	8.0%	8.1%
給湯	10.1%	10.0%	9.5%	8.6%	7.7%	7.3%	7.3%	6.2%	7.0%	7.5%	8.7%	9.6%
暖房	20.5%	17.8%	14.4%	12.4%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	12.7%	18.8%
冷房	1.0%	0.9%	3.1%	3.8%	7.5%	14.0%	21.4%	24.7%	14.9%	5.1%	2.1%	1.0%

電力	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	2.68%	2.68%	2.68%	2.67%	2.67%	2.81%	2.81%	2.81%	2.81%	2.67%	2.67%	2.68%
1	2.74%	2.74%	2.74%	2.45%	2.45%	2.55%	2.55%	2.55%	2.55%	2.45%	2.45%	2.74%
2	2.31%	2.31%	2.31%	2.32%	2.32%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.32%	2.32%	2.31%
3	2.36%	2.36%	2.36%	2.27%	2.27%	2.41%	2.41%	2.41%	2.41%	2.27%	2.27%	2.36%
4	2.19%	2.19%	2.19%	2.40%	2.40%	2.38%	2.38%	2.38%	2.38%	2.40%	2.40%	2.19%
5	2.29%	2.29%	2.29%	2.51%	2.51%	2.53%	2.53%	2.53%	2.53%	2.51%	2.51%	2.29%
6	3.07%	3.07%	3.07%	3.15%	3.15%	3.14%	3.14%	3.14%	3.14%	3.15%	3.15%	3.07%
7	3.56%	3.56%	3.56%	3.77%	3.77%	3.58%	3.58%	3.58%	3.58%	3.77%	3.77%	3.56%
8	3.79%	3.79%	3.79%	4.12%	4.12%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.12%	4.12%	3.79%
9	4.31%	4.31%	4.31%	4.67%	4.67%	4.79%	4.79%	4.79%	4.79%	4.67%	4.67%	4.31%
10	4.84%	4.84%	4.84%	4.98%	4.98%	5.17%	5.17%	5.17%	5.17%	4.98%	4.98%	4.84%
11	5.38%	5.38%	5.38%	5.20%	5.20%	5.31%	5.31%	5.31%	5.31%	5.20%	5.20%	5.38%
12	5.34%	5.34%	5.34%	5.23%	5.23%	5.55%	5.55%	5.55%	5.55%	5.23%	5.23%	5.34%
13	5.44%	5.44%	5.44%	5.27%	5.27%	5.45%	5.45%	5.45%	5.45%	5.27%	5.27%	5.44%
14	5.47%	5.47%	5.47%	5.27%	5.27%	5.24%	5.24%	5.24%	5.24%	5.27%	5.27%	5.47%
15	5.46%	5.46%	5.46%	5.36%	5.36%	5.31%	5.31%	5.31%	5.31%	5.36%	5.36%	5.46%
16	5.89%	5.89%	5.89%	5.32%	5.32%	5.24%	5.24%	5.24%	5.24%	5.32%	5.32%	5.89%
17	6.04%	6.04%	6.04%	5.50%	5.50%	5.31%	5.31%	5.31%	5.31%	5.50%	5.50%	6.04%
18	5.64%	5.64%	5.64%	5.46%	5.46%	5.28%	5.28%	5.28%	5.28%	5.46%	5.46%	5.64%
19	5.36%	5.36%	5.36%	5.32%	5.32%	5.07%	5.07%	5.07%	5.07%	5.32%	5.32%	5.36%
20	4.87%	4.87%	4.87%	4.94%	4.94%	4.63%	4.63%	4.63%	4.63%	4.94%	4.94%	4.87%
21	4.22%	4.22%	4.22%	4.39%	4.39%	4.33%	4.33%	4.33%	4.33%	4.39%	4.39%	4.22%
22	3.90%	3.90%	3.90%	4.41%	4.41%	4.37%	4.37%	4.37%	4.37%	4.41%	4.41%	3.90%
23	2.85%	2.85%	2.85%	3.02%	3.02%	3.14%	3.14%	3.14%	3.14%	3.02%	3.02%	2.85%

給湯	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%	2.37%
1	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%	1.43%
2	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%	0.64%
3	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%	0.38%
4	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%	0.73%
5	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%	2.35%
6	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%	4.64%
7	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%	4.53%
8	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%	3.97%
9	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%
10	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%	4.51%
11	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%	3.25%
12	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%	3.59%
13	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%	4.08%
14	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%
15	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%	3.95%
16	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%	4.23%
17	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%	4.68%
18	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%	5.36%
19	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%	7.49%
20	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%	8.57%
21	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%	8.96%
22	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%	7.74%
23	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%	4.96%

暖房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	3.05%	3.05%	3.05%	5.35%	5.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.35%	5.35%	3.05%
1	3.43%	3.43%	3.43%	3.21%	3.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.21%	3.21%	3.43%
2	3.81%	3.81%	3.81%	2.67%	2.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	2.67%	3.81%
3	3.43%	3.43%	3.43%	2.41%	2.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.41%	2.41%	3.43%
4	3.05%	3.05%	3.05%	2.41%	2.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.41%	2.41%	3.05%
5	3.05%	3.05%	3.05%	2.67%	2.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	2.67%	3.05%
6	3.24%	3.24%	3.24%	3.21%	3.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.21%	3.21%	3.24%
7	4.19%	4.19%	4.19%	4.28%	4.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.28%	4.28%	4.19%
8	5.71%	5.71%	5.71%	4.28%	4.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.28%	4.28%	5.71%
9	4.95%	4.95%	4.95%	3.48%	3.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.48%	3.48%	4.95%
10	5.14%	5.14%	5.14%	4.55%	4.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.55%	4.55%	5.14%
11	4.95%	4.95%	4.95%	4.55%	4.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.55%	4.55%	4.95%
12	4.95%	4.95%	4.95%	5.35%	5.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.35%	5.35%	4.95%
13	5.14%	5.14%	5.14%	5.88%	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.88%	5.88%	5.14%
14	4.95%	4.95%	4.95%	6.42%	6.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.42%	6.42%	4.95%
15	6.10%	6.10%	6.10%	5.88%	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.88%	5.88%	6.10%
16	7.24%	7.24%	7.24%	6.42%	6.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.42%	6.42%	7.24%
17	6.86%	6.86%	6.86%	6.92%	6.92%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.92%	6.92%	6.86%
18	6.10%	6.10%	6.10%	6.42%	6.42%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.42%	6.42%	6.10%
19	5.33%	5.33%	5.33%	5.35%	5.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.35%	5.35%	5.33%
20	1.52%	1.52%	1.52%	0.27%	0.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.27%	0.27%	1.52%
21	1.14%	1.14%	1.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.14%
22	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	2.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.67%	2.67%	0.00%
23	2.67%	2.67%	2.67%	5.35%	5.35%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.35%	5.35%	2.67%

冷房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	2.34%	2.34%	2.34%	2.34%	0.29%	0.29%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	0.29%	0.29%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.71%	1.71%	1.71%	1.71%	0.29%	0.29%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.53%	1.53%	1.53%	1.53%	0.29%	0.29%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.44%	1.44%	1.44%	1.44%	0.29%	0.29%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.35%	1.35%	1.35%	1.35%	0.29%	0.29%	0.00%
6	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	0.29%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	0.29%	0.29%	0.00%
7	0.00%	0.00%	0.00%	0.34%	0.34%	1.98%	1.98%	1.98%	1.98%	0.34%	0.34%	0.00%
8	0.00%	0.00%	0.00%	0.86%	0.86%	2.71%	2.71%	2.71%	2.71%	0.86%	0.86%	0.00%
9	4.95%	4.95%	4.95%	4.87%	4.87%	3.52%	3.52%	3.52%	3.52%	4.87%	4.87%	4.95%
10	4.95%	4.95%	4.95%	4.58%	4.58%	3.61%	3.61%	3.61%	3.61%	4.58%	4.58%	4.95%
11	7.43%	7.43%	7.43%	8.59%	8.59%	3.61%	3.61%	3.61%	3.61%	8.59%	8.59%	7.43%
12	9.89%	9.89%	9.89%	8.59%	8.59%	7.13%	7.13%	7.13%	7.13%	8.59%	8.59%	9.89%
13	8.90%	8.90%	8.90%	9.43%	9.43%	7.22%	7.22%	7.22%	7.22%	9.43%	9.43%	8.90%
14	8.42%	8.42%	8.42%	6.87%	6.87%	6.68%	6.68%	6.68%	6.68%	6.87%	6.87%	8.42%
15	5.94%	5.94%	5.94%	5.73%	5.73%	6.49%	6.49%	6.49%	6.49%	5.73%	5.73%	5.94%
16	6.44%	6.44%	6.44%	6.01%	6.01%	6.59%	6.59%	6.59%	6.59%	6.01%	6.01%	6.44%
17	5.94%	5.94%	5.94%	6.01%	6.01%	6.67%	6.67%	6.67%	6.67			

表5.1.6 住宅におけるエネルギー需要比率及びパターン

住宅		年間負荷	
最大負荷	電力 30W/m ²	電力	21 kWh/m ² ・年
	給湯 18.6W/m ²	給湯	34.9 kWh/m ² ・年
	暖房 34.9W/m ²	暖房	23.3 kWh/m ² ・年
	冷房 46.5W/m ²	冷房	9.3 kWh/m ² ・年

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
電力	10.0%	8.5%	8.8%	8.4%	7.7%	6.8%	8.1%	9.4%	8.2%	7.6%	7.6%	8.1%
給湯	12.0%	12.5%	12.3%	10.3%	9.0%	6.7%	5.4%	3.7%	3.8%	6.2%	7.1%	10.5%
暖房	24.0%	20.0%	20.0%	8.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.9%	18.7%
冷房	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.9%	32.1%	47.7%	12.1%	0.0%	0.0%	0.0%

電力	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	1.60%	1.60%	1.60%	1.60%	1.60%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.60%	1.60%	1.60%
1	1.50%	1.50%	1.50%	1.60%	1.60%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.60%	1.60%	1.50%
2	1.40%	1.40%	1.40%	1.60%	1.60%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.60%	1.60%	1.40%
3	1.40%	1.40%	1.40%	1.60%	1.60%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.60%	1.60%	1.40%
4	1.50%	1.50%	1.50%	1.60%	1.60%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	1.60%	1.60%	1.50%
5	1.50%	1.50%	1.50%	0.90%	0.90%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.90%	0.90%	1.50%
6	3.00%	3.00%	3.00%	3.40%	3.40%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%	3.40%	3.40%	3.00%
7	4.60%	4.60%	4.60%	3.70%	3.70%	3.60%	3.60%	3.60%	3.60%	3.70%	3.70%	4.60%
8	5.10%	5.10%	5.10%	3.70%	3.70%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	3.70%	3.70%	5.10%
9	4.60%	4.60%	4.60%	3.70%	3.70%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.70%	3.70%	4.60%
10	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%	3.70%	3.70%	4.50%
11	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	3.60%	3.60%	3.60%	3.60%	3.70%	3.70%	4.50%
12	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.70%	3.70%	4.50%
13	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	3.70%	3.70%	4.50%
14	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	3.70%	3.70%	4.50%
15	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	3.70%	3.70%	4.50%
16	4.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	3.70%	4.50%
17	6.30%	6.30%	6.30%	3.90%	3.90%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.90%	3.90%	6.30%
18	6.30%	6.30%	6.30%	6.30%	6.30%	5.60%	5.60%	5.60%	5.60%	6.30%	6.30%	6.30%
19	7.10%	7.10%	7.10%	9.10%	9.10%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	9.10%	9.10%	7.10%
20	6.70%	6.70%	6.70%	8.90%	8.90%	9.0%	9.0%	9.0%	9.0%	8.90%	8.90%	6.70%
21	6.20%	6.20%	6.20%	7.90%	7.90%	9.30%	9.30%	9.30%	9.30%	7.90%	7.90%	6.20%
22	5.50%	5.50%	5.50%	7.40%	7.40%	7.90%	7.90%	7.90%	7.90%	7.40%	7.40%	5.50%
23	4.20%	4.20%	4.20%	7.20%	7.20%	6.50%	6.50%	6.50%	6.50%	7.20%	7.20%	4.20%

給湯	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	2.70%	2.70%	2.70%	3.00%	3.00%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	3.00%	3.00%	2.70%
1	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	0.30%	0.30%	0.30%
2	0.20%	0.20%	0.20%	0.10%	0.10%	1.10%	1.10%	1.10%	1.10%	0.10%	0.10%	0.20%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.20%	0.20%	0.20%	0.20%	0.30%	0.30%	0.30%
6	2.00%	2.00%	2.00%	2.30%	2.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	2.30%	2.30%	2.00%
7	3.50%	3.50%	3.50%	2.80%	2.80%	2.30%	2.30%	2.30%	2.30%	2.80%	2.80%	3.50%
8	2.90%	2.90%	2.90%	2.60%	2.60%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.60%	2.60%	2.90%
9	3.50%	3.50%	3.50%	2.70%	2.70%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.70%	2.70%	3.50%
10	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	2.90%	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%	2.90%	2.90%	2.90%
11	2.60%	2.60%	2.60%	2.30%	2.30%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.30%	2.30%	2.60%
12	2.10%	2.10%	2.10%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	2.10%
13	2.10%	2.10%	2.10%	1.60%	1.60%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.60%	1.60%	2.10%
14	1.80%	1.80%	1.80%	1.40%	1.40%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.40%	1.40%	1.80%
15	1.80%	1.80%	1.80%	1.40%	1.40%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.40%	1.40%	1.80%
16	3.60%	3.60%	3.60%	3.40%	3.40%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	3.40%	3.40%	3.60%
17	7.20%	7.20%	7.20%	9.50%	9.50%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	9.50%	9.50%	7.20%
18	8.50%	8.50%	8.50%	11.20%	11.20%	9.50%	9.50%	9.50%	9.50%	11.20%	11.20%	8.50%
19	11.80%	11.80%	11.80%	13.20%	13.20%	12.50%	12.50%	12.50%	12.50%	13.20%	13.20%	11.80%
20	13.30%	13.30%	13.30%	13.80%	13.80%	12.30%	12.30%	12.30%	12.30%	13.80%	13.80%	13.30%
21	11.30%	11.30%	11.30%	9.40%	9.40%	12.20%	12.20%	12.20%	12.20%	9.40%	9.40%	11.30%
22	9.00%	9.00%	9.00%	9.50%	9.50%	12.10%	12.10%	12.10%	12.10%	9.50%	9.50%	9.00%
23	6.60%	6.60%	6.60%	5.60%	5.60%	6.80%	6.80%	6.80%	6.80%	5.60%	5.60%	6.60%

暖房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.00%	4.00%	4.00%
1	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%	2.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.60%	2.60%	2.60%
2	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.80%	1.80%	1.80%
3	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.80%	1.80%	1.80%
4	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	1.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.80%	1.80%	1.80%
5	2.30%	2.30%	2.30%	2.30%	2.30%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.30%	2.30%	2.30%
6	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.10%	3.10%	3.10%
7	5.60%	5.60%	5.60%	5.60%	5.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.60%	5.60%	5.60%
8	4.40%	4.40%	4.40%	4.40%	4.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.40%	4.40%	4.40%
9	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.50%	4.50%	4.50%
10	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	2.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.70%	2.70%	2.70%
11	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.00%	4.00%	4.00%
12	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.90%	3.90%	3.90%
13	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.90%	3.90%	3.90%
14	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.90%	3.90%	3.90%
15	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.10%	4.10%	4.10%
16	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.10%	4.10%	4.10%
17	5.70%	5.70%	5.70%	5.70%	5.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.70%	5.70%	5.70%
18	6.10%	6.10%	6.10%	6.10%	6.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.10%	6.10%	6.10%
19	6.10%	6.10%	6.10%	6.10%	6.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.10%	6.10%	6.10%
20	6.20%	6.20%	6.20%	6.20%	6.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.20%	6.20%	6.20%
21	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.00%	6.00%	6.00%
22	5.80%	5.80%	5.80%	5.80%	5.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.80%	5.80%	5.80%
23	5.60%	5.60%	5.60%	5.60%	5.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.60%	5.60%	5.60%

冷房	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
6	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.00%	0.00%	0.00%
7	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.40%	1.40%	1.40%	1.40%	0.00%	0.00%	0.00%
8	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.90%	1.90%	1.90%	1.90%	0.00%	0.00%	0.00%
9	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.30%	2.30%	2.30%	2.30%	0.00%	0.00%	0.00%
10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.40%	2.40%	2.40%	2.40%	0.00%	0.00%	0.00%
11	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.10%	3.10%	3.10%	3.10%	0.00%	0.00%	0.00%
12	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.10%	4.10%	4.10%	4.10%	0.00%	0.00%	0.00%
13	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.10%	6.10%	6.10%	6.10%	0.00%	0.00%	0.00%
14	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.70%	6.70%	6.70%	6.70%	0.00%	0.00%	0.00%
15	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.20%	5.20%	5.20%	5.20%	0.00%	0.00%	0.00%
16	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.40%	4.40%</					

(3) 導入システム (CGS)

CGSシステムには、ガスエンジンのほか、ガスタービン、燃料電池によるシステムがある。これらの主な仕様の比較を以下に記載する。CGSシステムは機種的方式によって、発電量、排熱回収量が異なるほか、様々な特徴を有するため、どの方式を採用するかは対象とする建物・エリアにおけるエネルギー需要のバランスに合わせて、省エネルギー性、省CO2性に優れたシステムを選択する必要がある。

本研究で対象とするエネルギー需要は、小中学校を始めとした建築物及び地域としており、熱需要が比較的少ないエネルギー需要となっている。このため、ガスタービンを選択した場合、発電容量の小さいものでは発電効率が低く、排熱量が余剰に発生する可能性が考えられる。また、燃料電池は、発電効率が高いものの現状のPEFCでは容量が小さく、SOFCは導入費用が高価となっている。従って、本研究では、対象とする建物・地域にガスエンジンを導入するシステムを想定する。

表5.1.7 CGSの主な仕様の比較

	ガスエンジン	ガスタービン	燃料電池 (PEFC)	燃料電池 (SOFC)
単機容量	5~9,000kW	30~50,000kW	1kw (実用)	1~1,000kW (実用)
発電効率(LHV)	30~50%	25~35%	38%前後	45%前後
排熱回収効率	30~40%	45~55%	50%前後	42%前後
燃料	天然ガス、LPG、消化ガス等	天然ガス、灯油、軽油、LPG、LNG等	天然ガス、LPG等	天然ガス、LPG等
排熱温度	排ガス 350~600℃ 冷却水 85 前後	排ガス 450~550	常温~90 (作動温度)	700~1000 (作動温度)
特徴	発電効率が高く、近年、大型化、高効率化の開発が進展	軽量・コンパクトであり、排熱を全量蒸気で回収可能。連続運転に適する。	小型で発電効率が高いため家庭用に使用される。	小型から中規模まで発電効率が高く工場・業務用・家庭用に使用される。高温作動のため起動停止に時間が必要。

表5.1.8 ガスエンジンCGS 215kW仕様（例）

<p>外観</p>	
<p>名称</p>	<p>CRN215-III（神鋼造機）</p>
<p>定格発電出力</p>	<p>215kW</p>
<p>発電効率</p>	<p>33.6%</p>
<p>排熱回収効率</p>	<p>蒸気：11.9%、温水：34.3%</p>
<p>総合効率</p>	<p>79.8%</p>
<p>外形（寸法、重量）</p>	<p>5.5×2.2×3.13m、10.4t</p>
<p>配置図</p>	<p>次表、370kW仕様と同等程度</p>

表5.1.9 ガスエンジンCGS 370kW仕様 (例)


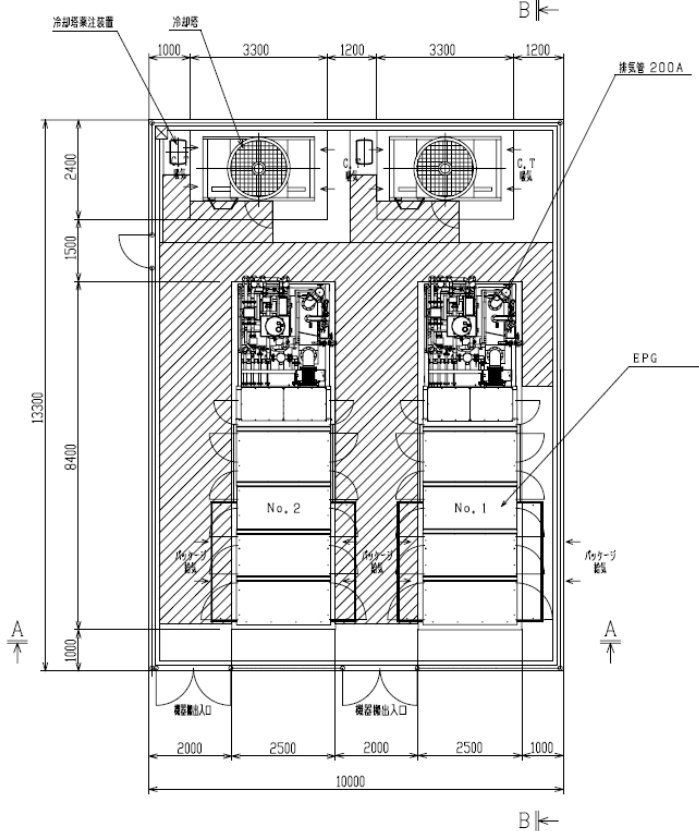

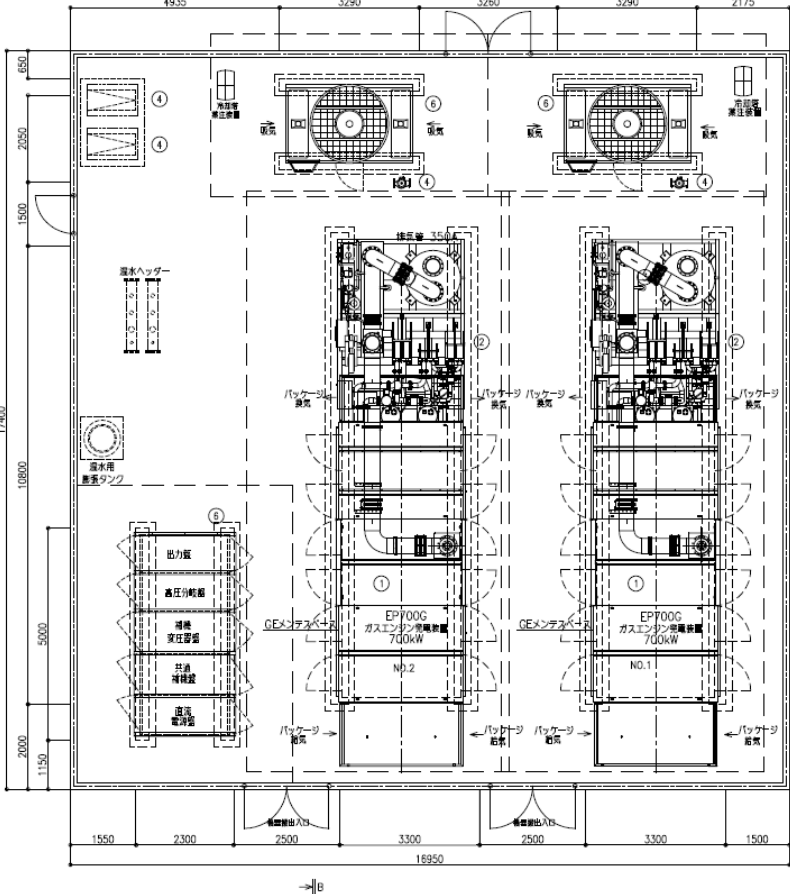
<p>外観</p>	
<p>名称</p>	<p>EP370G (ヤンマーエネルギーシステム)</p>
<p>定格発電出力</p>	<p>370kW</p>
<p>発電効率</p>	<p>(温水) : 41.0% (蒸気・温水) : 41.0%</p>
<p>排熱回収効率</p>	<p>(温水) : 34.0% (蒸気・温水) : 15.7% (温水)、17.1% (蒸気)</p>
<p>総合効率</p>	<p>(温水) : 75.0% (蒸気・温水) : 73.8%</p>
<p>外形 (寸法、重量)</p>	<p>5.8×2.5×3.7m、15.4t</p>
<p>配置図 (2台設置)</p>	

表5.1.10 ガスエンジンCGS 700kW仕様 (例)

<p>外観</p>	
<p>名称</p>	<p>EP700G (ヤンマーエネルギーシステム)</p>
<p>定格発電出力</p>	<p>700kW</p>
<p>発電効率</p>	<p>(温水) : 41.8% (蒸気・温水) : 41.8%</p>
<p>排熱回収効率</p>	<p>(温水) : 33.2% (蒸気・温水) : 15.7% (温水)、16.3% (蒸気)</p>
<p>総合効率</p>	<p>(温水) : 75.0% (蒸気・温水) : 73.8%</p>
<p>外形 (寸法、重量)</p>	<p>9.2×3.1×4.0m、22.2t</p>
<p>配置図 (2台設置)</p>	

(4) 導入システム（吸収式冷温水器）

排熱利用システムについては、CGS発電容量と排熱回収量に合わせて、蒸気・温水相互の排熱を利用することができるジェネリンクを想定した。以下にジェネリンクの仕様例を示す。

表5.1.11 ジェネリンク281kW


外観	
名称	QBG-CP*FG 80（パナソニック）
冷凍能力	281kW、80USRT
排熱単独時冷凍能力	143kW
燃料消費量	排熱水あり：151kW
消費電力	4.9kW
外形（寸法、重量）	2.66×1.83×2.46m、4.4t

表5.1.12 ジェネリンク844kW



外観	
名称	QBG-CP*FG 240（パナソニック）
冷凍能力	844kW、240USRT
排熱単独時冷凍能力	375kW
燃料消費量	排熱水あり：398kW
消費電力	9.0kW
外形（寸法、重量）	3.71×2.45×2.93m、10.1t

表5.1.13 ジェネリンク1,582kW

<p>外観</p>	
<p>名称</p>	<p>QBG-CP*FG 450 (パナソニック)</p>
<p>冷凍能力</p>	<p>1,582kW、450USRT</p>
<p>排熱単独時冷凍能力</p>	<p>803kW</p>
<p>燃料消費量</p>	<p>排熱水あり：852kW</p>
<p>消費電力</p>	<p>12.3kW</p>
<p>外形 (寸法、重量)</p>	<p>5.96×2.77×3.26m、19.6t</p>

5. 2 検討条件

(1) CGS機器（ガスエンジン）のモデル化

エネルギーシミュレーションによるエネルギーネットワークモデルの適性を分析するため、導入するCGS（ガスエンジン）機器のモデル化を行った。機器の発電効率及び、排熱回収効率については、参考文献¹⁾に記載される実際の機器リストを用いて、発電容量に対する発電効率及び排熱回収効率から回帰式を作成し、シミュレーションケースの条件に沿ったCGS機器を設定する。以下に、発電効率及び排熱回収効率を示す。

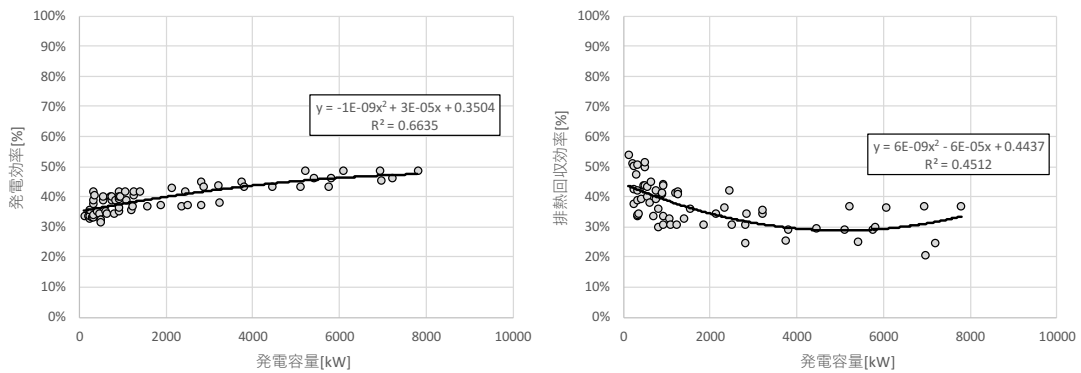


図5. 2. 1 定格時発電効率及び排熱回収効率

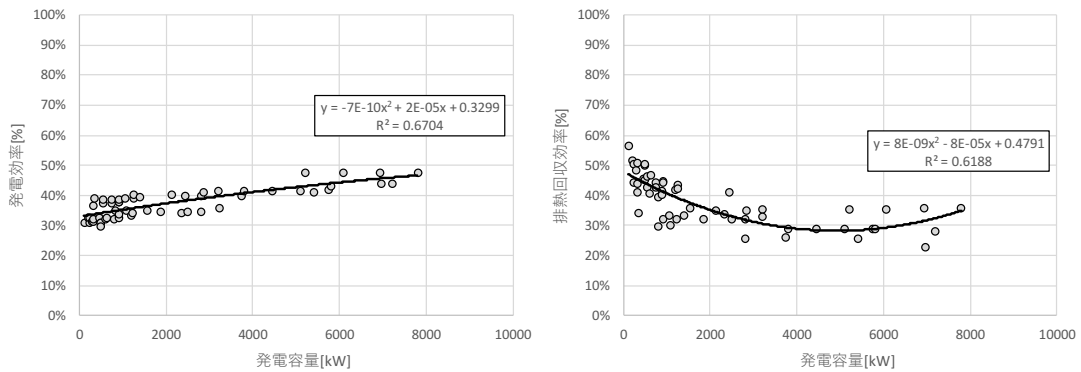


図5. 2. 2 負荷率75%発電効率及び排熱回収効率

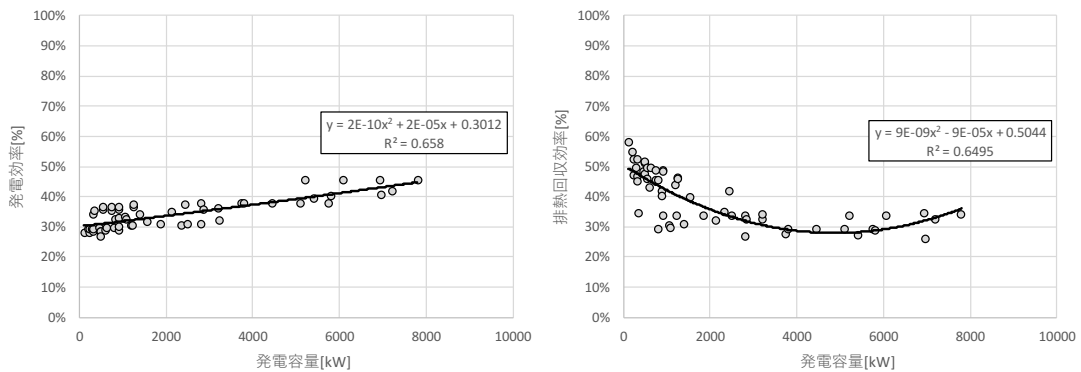


図5. 2. 3 負荷率50%時発電効率及び排熱回収効率

前述した二次関数回帰式における係数を負荷率ごとに近似して、出力容量ごとの発電効率及び排熱効率を算出するための回帰式を作成する。

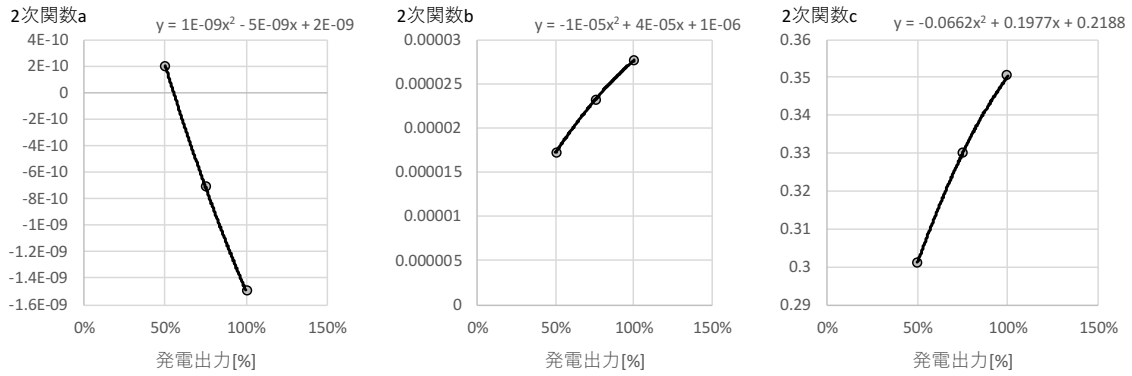


図5. 2. 4 発電出力比率別二次関数回帰式係数（発電効率）

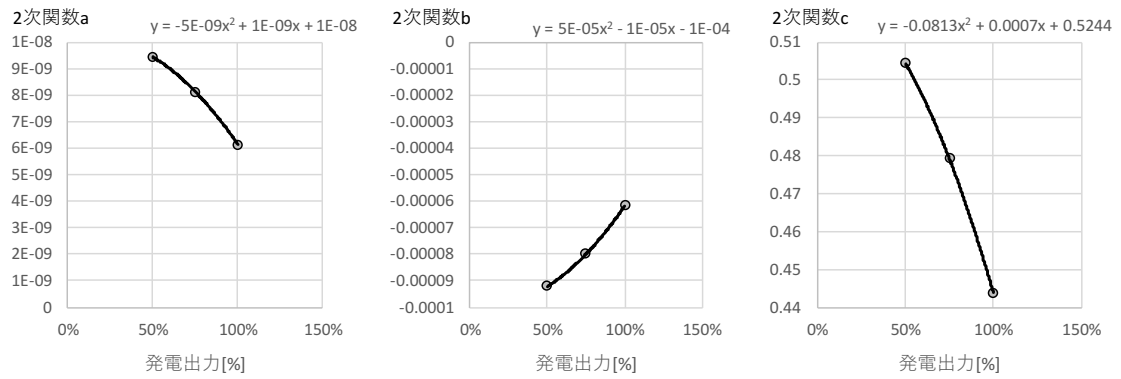


図5. 2. 5 発電出力比率別二次関数回帰式係数（排熱回収効率）

以下に、これらのデータから求められた発電効率及び排熱回収効率の算定式と、この式から得られる発電容量・負荷率別の効率の算出結果を示す。

$$\begin{aligned} \text{発電効率[\%]} = & (0.000000011 \times P_p^2 - 0.000000005 \times P_p + 0.000000024) \times P_{kW}^2 \\ & + (-0.000010850008 \times P_p^2 + 0.00003712995 \times P_p + 0.000001368347) \times P_{kW} \\ & + (-0.066173188112 \times P_p^2 + 0.197748744816 \times P_p + 0.218845605436) \end{aligned}$$

排熱回収効率[\%]

$$\begin{aligned} = & (-0.000000005304 \times P_p^2 + 0.000000001342 \times P_p + 0.000000010098) \times P_{kW}^2 \\ & + (0.00004771564 \times P_p^2 - 0.000011000862 \times P_p - 0.000098549735) \times P_{kW} \\ & + (-0.081346969448 \times P_p^2 + 0.000683717278 \times P_p + 0.524379128399) \end{aligned}$$

このとき、 Pp : 負荷率[\%]
PkW : 発電機容量[kW]

表5.2.1 発電機容量及び負荷率別発電効率

負荷率	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	
出力	100kW	35.3%	34.6%	33.7%	32.7%	31.6%	30.3%	28.9%	27.3%	25.7%	23.8%
	500kW	36.4%	35.6%	34.7%	33.6%	32.3%	31.0%	29.5%	27.8%	26.0%	24.1%
	1000kW	37.7%	36.8%	35.8%	34.6%	33.3%	31.9%	30.2%	28.5%	26.6%	24.5%
	1500kW	38.9%	37.9%	36.9%	35.7%	34.3%	32.7%	31.0%	29.2%	27.2%	25.0%
	2000kW	40.0%	39.0%	37.9%	36.7%	35.2%	33.6%	31.9%	29.9%	27.8%	25.6%
	2500kW	41.0%	40.1%	38.9%	37.6%	36.2%	34.5%	32.7%	30.7%	28.6%	26.2%
	3000kW	42.0%	41.0%	39.9%	38.6%	37.1%	35.4%	33.6%	31.6%	29.4%	27.0%
	3500kW	42.9%	41.9%	40.8%	39.5%	38.0%	36.4%	34.5%	32.5%	30.3%	27.9%
	4000kW	43.7%	42.8%	41.7%	40.4%	38.9%	37.3%	35.5%	33.4%	31.2%	28.8%
	4500kW	44.4%	43.6%	42.5%	41.3%	39.8%	38.2%	36.4%	34.4%	32.3%	29.9%
	5000kW	45.1%	44.3%	43.3%	42.1%	40.7%	39.2%	37.4%	35.5%	33.4%	31.1%
	5500kW	45.7%	45.0%	44.0%	42.9%	41.6%	40.1%	38.4%	36.6%	34.5%	32.3%
	6000kW	46.2%	45.6%	44.7%	43.7%	42.5%	41.1%	39.5%	37.7%	35.8%	33.7%
	6500kW	46.7%	46.1%	45.4%	44.4%	43.3%	42.1%	40.6%	38.9%	37.1%	35.1%
7000kW	47.0%	46.6%	46.0%	45.2%	44.2%	43.0%	41.7%	40.2%	38.5%	36.6%	
7500kW	47.3%	47.0%	46.5%	45.9%	45.0%	44.0%	42.8%	41.5%	40.0%	38.3%	
8000kW	47.6%	47.4%	47.0%	46.5%	45.9%	45.0%	44.0%	42.8%	41.5%	40.0%	

表5.2.2 発電機容量及び負荷率別排熱回収効率

負荷率	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	
出力	100kW	43.8%	45.2%	46.5%	47.7%	48.7%	49.5%	50.2%	50.8%	51.1%	51.4%
	500kW	41.4%	42.6%	43.6%	44.6%	45.4%	46.1%	46.6%	47.1%	47.4%	47.7%
	1000kW	38.8%	39.6%	40.4%	41.1%	41.7%	42.2%	42.6%	43.0%	43.3%	43.5%
	1500kW	36.5%	37.0%	37.5%	38.0%	38.4%	38.7%	39.1%	39.3%	39.6%	39.8%
	2000kW	34.5%	34.8%	35.0%	35.3%	35.6%	35.8%	36.0%	36.2%	36.4%	36.6%
	2500kW	32.7%	32.8%	32.9%	33.1%	33.2%	33.3%	33.5%	33.6%	33.8%	33.9%
	3000kW	31.3%	31.3%	31.2%	31.2%	31.3%	31.3%	31.4%	31.5%	31.6%	31.8%
	3500kW	30.2%	30.1%	29.9%	29.8%	29.8%	29.8%	29.8%	29.9%	30.0%	30.1%
	4000kW	29.5%	29.2%	29.0%	28.9%	28.8%	28.7%	28.7%	28.7%	28.8%	29.0%
	4500kW	29.0%	28.7%	28.5%	28.3%	28.2%	28.1%	28.1%	28.1%	28.2%	28.3%
	5000kW	28.8%	28.5%	28.3%	28.2%	28.0%	28.0%	28.0%	28.0%	28.1%	28.2%
	5500kW	28.9%	28.7%	28.6%	28.4%	28.4%	28.3%	28.3%	28.4%	28.5%	28.6%
	6000kW	29.4%	29.3%	29.2%	29.2%	29.1%	29.2%	29.2%	29.3%	29.4%	29.5%
	6500kW	30.1%	30.2%	30.2%	30.3%	30.4%	30.5%	30.6%	30.7%	30.8%	30.9%
7000kW	31.2%	31.4%	31.6%	31.8%	32.0%	32.2%	32.4%	32.6%	32.7%	32.8%	
7500kW	32.5%	33.0%	33.4%	33.8%	34.2%	34.5%	34.7%	34.9%	35.1%	35.2%	
8000kW	34.2%	34.9%	35.6%	36.2%	36.7%	37.2%	37.5%	37.8%	38.0%	38.2%	

また、CGS機器（ガスエンジン）の導入コストについて、既存調査等で得られている知見及び実績より、以下の回帰式を用いて設定する。5～10kW程度の小規模のガスエンジンは、250～300千円/kWとなり、2000kW程度以上となると120～130千円/kW程度に収束する傾向となっている。

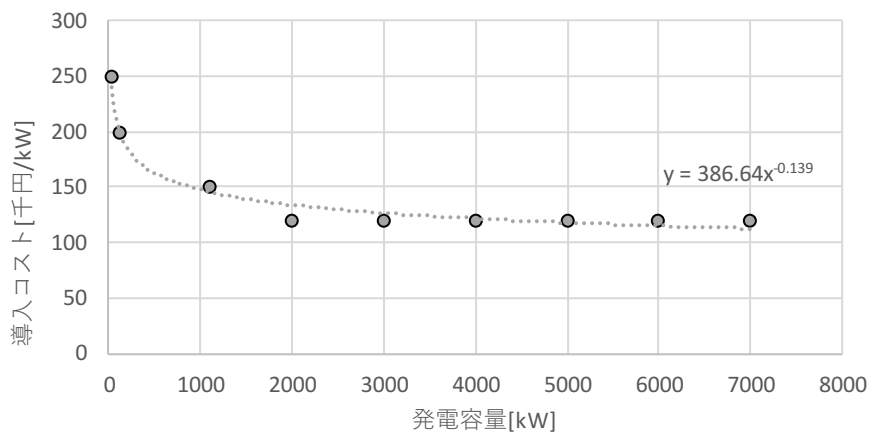


図5.2.6 CGS導入コスト回帰式

(2) 吸収式冷温水器のモデル化

吸収式冷温水器については、前述したCGS容量と発電効率及び排熱回収効率から、各ケースで設定したCGS仕様で発生する排熱を全量吸収できる量を想定する。機器メーカーの仕様表から得られる排熱回収量と冷凍能力の回帰式を以下に示す。

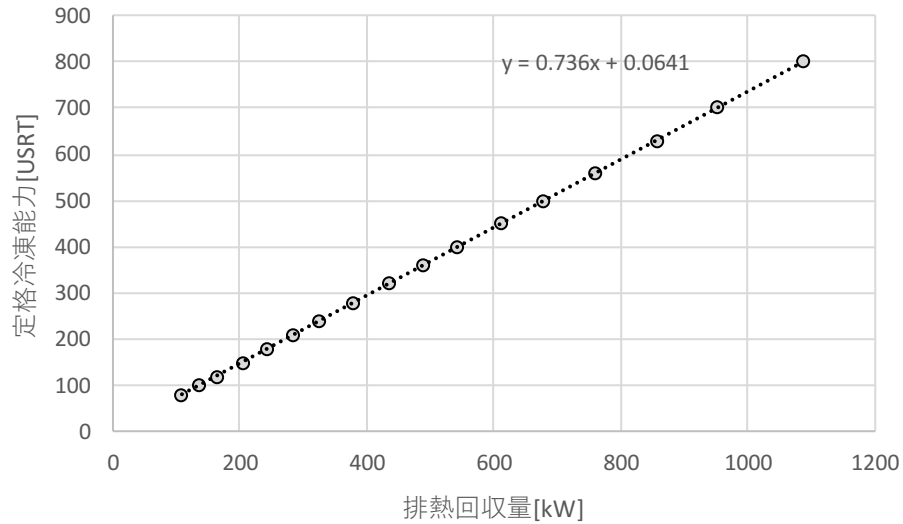


図5.2.7 吸収気冷温水器の排熱回収量と定格冷凍能力の相関

また、導入コストについては、既存調査等で得られている知見及び実績より、以下の回帰式を用いて設定する。

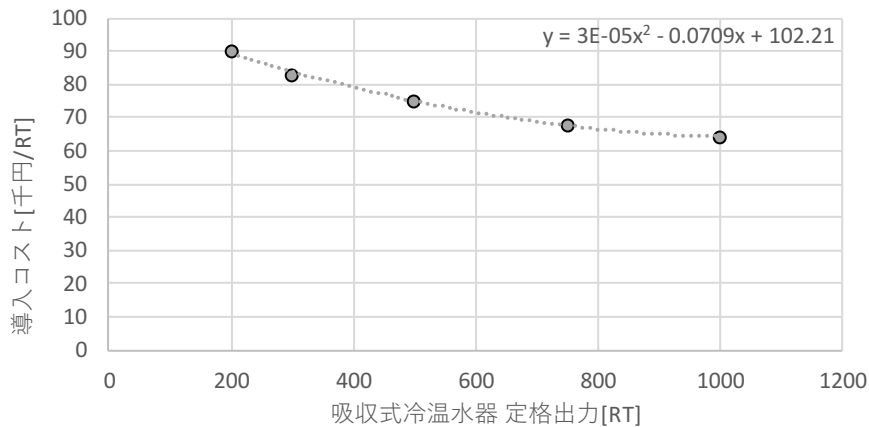


図5.2.8 吸収式冷温水器定格出力と導入コストの相関

(3) シミュレーション条件の整理

今回実施したエネルギーシミュレーションの条件を、以下に整理する。また、CGSからの発電電力は逆流せず、全てエリア内で消費するものとしている。

表5.2.3 シミュレーション条件

項目	単位	値	備考
CGS 容量ピーク比率	%	10~50	10%間隔でケースによる(5 ケース)
CGS 発電合計容量	kW	-	エリア内ピーク電力×CGS 容量ピーク比率
CGS 設置台数	台	2	
CGS 単機容量	kW	-	CGS 発電合計容量÷設置台数
CGS 最低負荷率	%	30	
最低買電量	%	5	エリア内ピーク電力×5%
定格発電効率	%	-	前述の回帰式による
定格排熱回収効率	%	-	前述の回帰式による
定格時排熱回収量	kW(MJ)	-	前述の回帰式による
吸収式冷温水器合計容量	RT	-	前述の回帰式による (排熱全量を吸収可能な容量を想定)
吸収式冷温水器台数	台	2	
吸収式冷温水器単機容量	RT	-	吸収式冷温水器合計容量÷設置台数
吸収式冷温水器効率	%	115	
CGS 運転時間	-	-	在校時間運転 (7~20 時) 24 時間運転 (0~24 時) 昼間運転 (9~18 時)
放熱ロス	%	5	排熱発生量×左記%
補機電力(CGS)	%	5	CGS 発電量×左記%
従来システムボイラ効率	%	75	既存建築物想定
従来システム空調効率 (暖房)	-	3.23	小中学校調査値
従来システム空調効率 (冷房)	-	2.64	小中学校調査値
電力一次エネルギー換算値	MJ/kWh	9.76	省エネ法
都市ガス(13A)発熱量(LHV)	MJ/m ³	40.63	東京ガス HP
熱量換算値	MJ/kWh	3.6	-
電力 CO ₂ 排出係数	kg-CO ₂ /kWh	0.496	東京電力 HP(2014 年度調整後)
都市ガス(13A)CO ₂ 排出係数	kg-CO ₂ /m ³	2.29	東京ガス HP
受変電設備改修	千円/kW	30	想定値
EMS 導入費	千円/施設間	10,000	想定値
建設・配管等工事費	千円/施設間	12,500	想定値 (2,500 千円/ton × 5ton)
機器メンテナンスコスト	円/kWh	3.5	CGS 発電量に乗じる
維持管理費	-	-	※建設工事費の 1%

また、エネルギー料金の算定については、以下の通り設定した。

表5.2.4 エネルギー料金算定条件

項目		契約概要
従来システム	電気	業務用契約 ・基本料金：1684.8 円/kWh（税込） ・電力単価（夏期 7～9 月）：17.22 円/kWh（税込） ・電力単価（その他期 10～6 月）：16.08 円/kWh（税込）
	ガス	業務用季節別契約 ・定額基本料金：19,116 円/月（税込） ・流量基本料金：432.73 円/m ³ （税込） ・従量料金（適用料金表 3） ⇒冬期（1～4 月）：87.94 円/m ³ ⇒その他期（5～12 月）：77.39 円/m ³
CGS 導入システム	電気	業務用契約 ・基本料金：1684.8 円/kWh（税込） ・電力単価（夏期 7～9 月）：17.22 円/kWh（税込） ・電力単価（その他期 10～6 月）：16.08 円/kWh（税込）
	ガス	CGS パッケージ契約 ・定額基本料金：14,256 円/月（税込） ・流量基本料金：432.73 円/m ³ （税込） ・最大需要月基本料金：5.95 円/m ³ （税込） ・従量料金：57.67 円/m ³

5. 3 小中学校におけるCGS導入シミュレーション

(1) CGSの導入について

建物や地域におけるCGSの導入については、既往の研究が多くあり、尾島ら²³⁾は、CGS（ガスタービン、ガスエンジン、ディーゼルエンジン、燃料電池）、専用熱源、2種類のヒートポンプの合計4方式のエネルギーフローを数式化し、CGS導入による省エネルギー性について分析を行っている。この結果、ガスタービンシステムは熱電比2.0、ガスエンジンは熱電比1.5前後、燃料電池は熱電比1.0程度のエネルギー需要に対して電力と熱の消費が均衡し、一次エネルギー削減率が最大となり、電力・熱の余剰分及び不足分の発生で、一次エネルギー削減率が低下する傾向を明らかにしている。

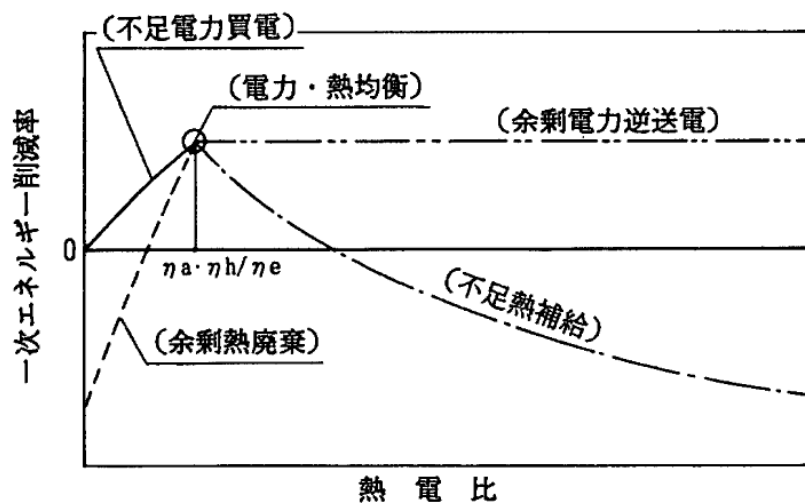


図5.3.1 熱電比と省エネルギー性の関係概念図

藤井ら²⁴⁾は、事務所、デパート、ホテルのエネルギー需要を対象にCGS（ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービン）を導入し、3ケースの運転方法を想定した合計42ケースによるエネルギーシミュレーションから、CGSの導入効果や運転方法等に関する考察を行っている。この結果、発電効率の高いシステムでベース発電を行うことで導入効果が高まるものの、発電効率が低く排熱回収量の多いシステムで、排熱を使い切れない場合は、省エネルギー効果が得られにくいことを明らかにしている。また、熱追従方式による運転は、熱需要が少ない建物では稼働率が低くなるため留意が必要であること、昼夜間を通じて需要が発生し、CGSの運転時間を長くできる建物に対して省エネルギー効果が高くなることを示している。

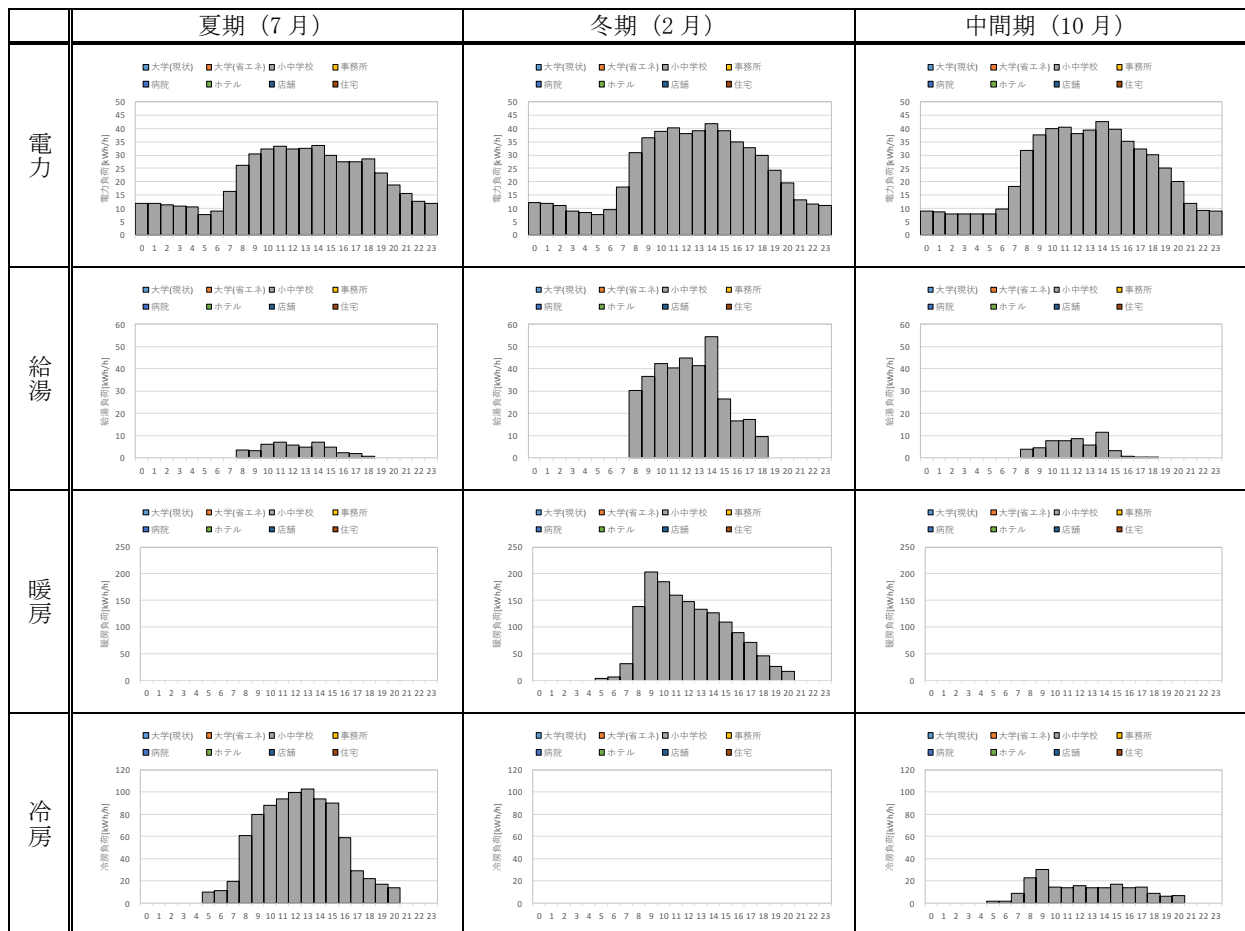
また、藤井らの研究²⁵⁾では、当時導入されていた民生部門におけるCGS38施設に対してアンケート調査を実施し、熱需要が大きく、CGSの発電出力が大きい施設で単純投資回収年数が少なくなる傾向を示している。

これらの既往の研究と、本研究で得た小中学校におけるエネルギー需要を比較すると、年間を通じた熱電比は1.5に比較的近く、ガスエンジンの導入が有効と推測されるものの、夏期・冬期・中間期での熱電比の差が大きく、中間期は熱需要が少なく、CGS導入効率が低下することが予想される。また、時刻別のエネルギー需要を見ると、夜間における熱需要はほとんどなく、電力の需要も小さい。このことから、CGSを24時間連続で稼働させることは難しく、学校に人がいる時間帯もしくは昼間の時間帯のみCGSを稼働させることを想定すると、省エネルギー性の低下及び投資回収年数の増加が懸念される。

表5.3.1 小中学校におけるエネルギー需要熱電比

夏期	冬期	中間期	年間
2.045	2.275	0.712	1.661

表5.3.2 用途別・季節別エネルギー需要パターン



(2) システム条件及びCGS稼働状況

小中学校へのCGSを導入を想定するに当たり、小中学校の延床面積の規模は、本研究で調査対象とした小中学校の概ね平均程度の8,000m²を想定した。

以下に、想定した小中学校の規模及びエネルギー需要から、前述したCGSモデル及び吸収式冷温水器モデルを適用し、導入を想定する機器や条件の一覧を示す。この結果、CGS容量はピーク電力比10%の場合は10kW、50%の場合は50kW程度となっている。

表5.3.3 システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ²				
ピーク電力	kW	97	97	97	97	97
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1
定格排熱回収効率	%	44.3	44.3	44.3	44.3	44.2
吸収式冷温水器容量	RT	9	18	27	36	45
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	5	9	14	18	22
最低買電量	kW	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8

小中学校に単独でCGSを導入した場合、在校時間運転及び昼間運転のケースでは、CGS容量20%程度までは中間期の排熱も給湯用及び冷房用で消費できているが、30%以上の容量になると、夏期と冬期は十分に排熱を使い切れているものの、中間期の余剰排熱が多くなっている。

24時間運転の場合は、CGSの容量が小さいケースは24時間稼働しているものの、CGS容量が大きいケースになると、最低買電量の制約から朝方4時前後はCGSが稼働できない時間が生じている。また夜間の熱需要がないため、CGSからの排熱が余剰となっている。

表5.3.4 在校時間運転時のCGS発電状況

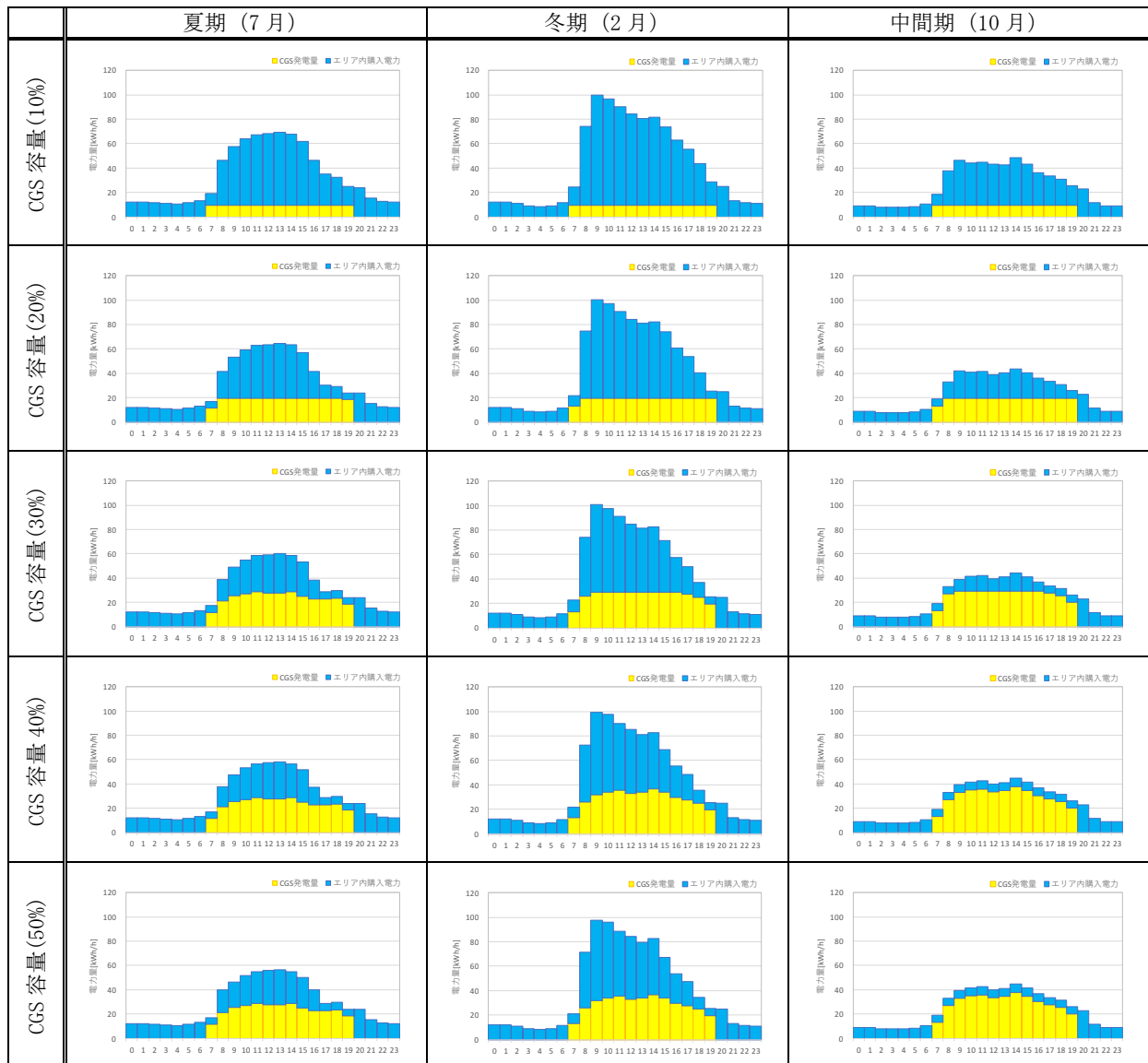


表5.3.5 24時間運転時のCGS発電状況

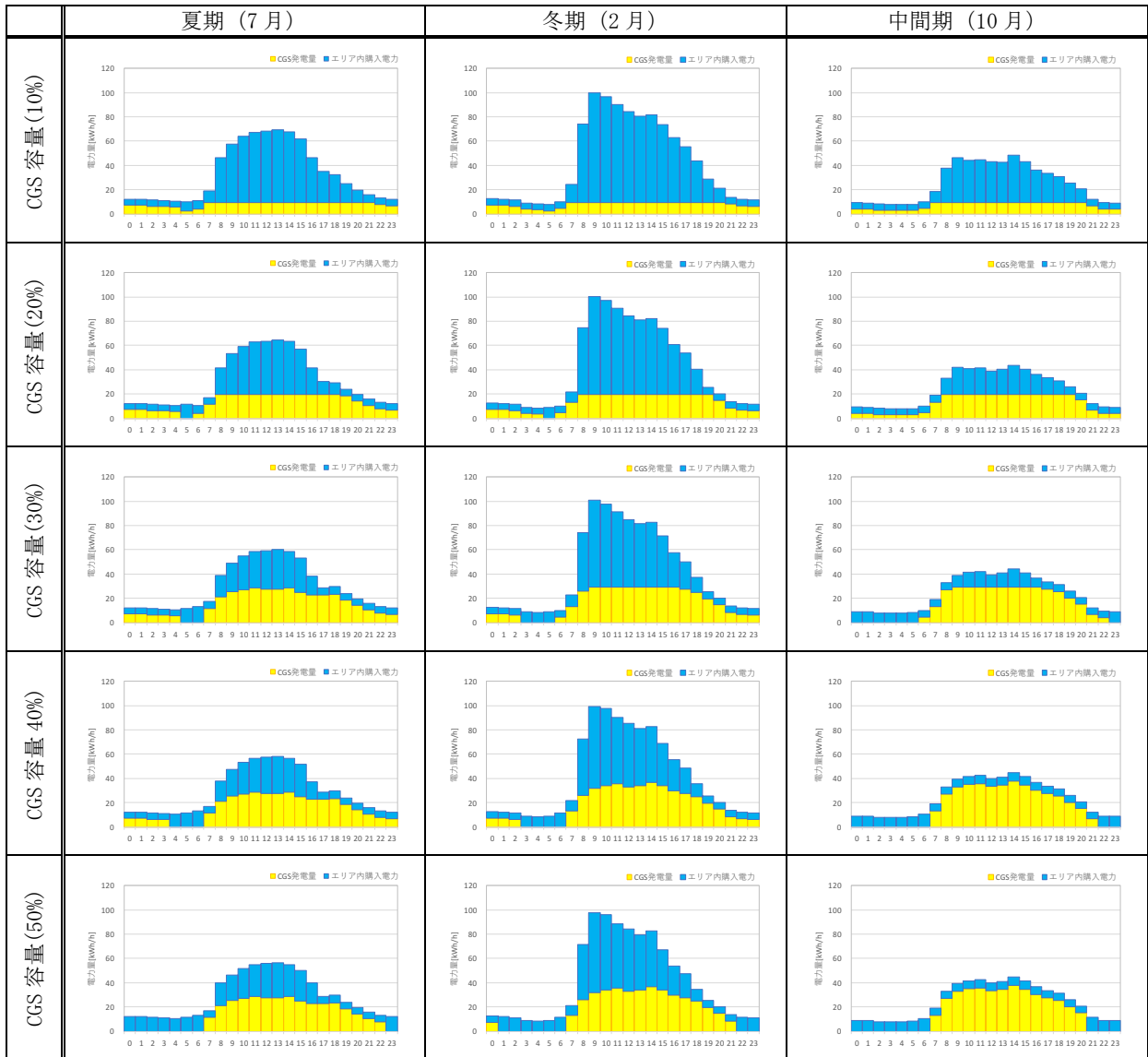


表5.3.6 昼間時間運転時のCGS発電状況

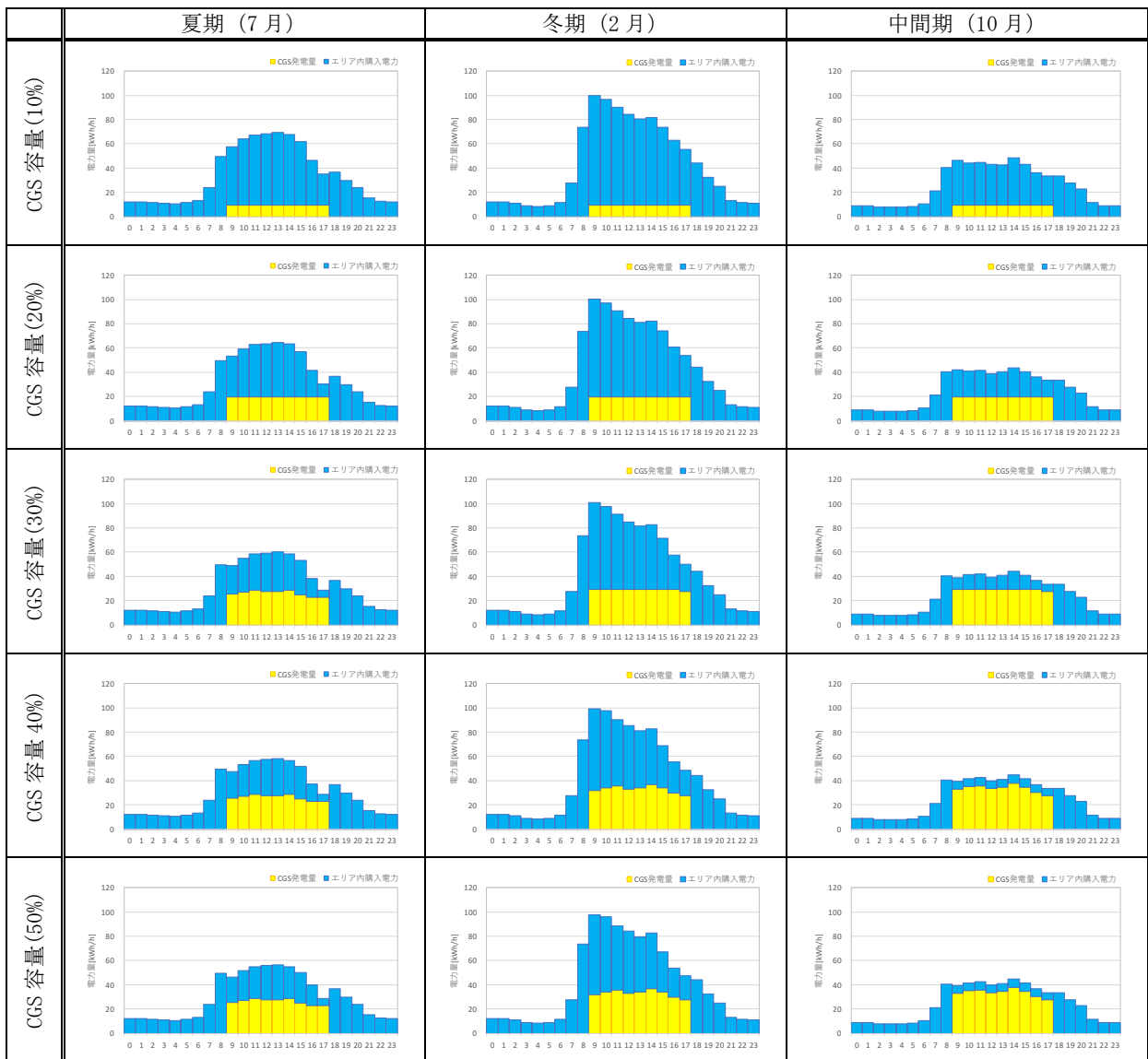


表5.3.7 在校時間運転時の排熱利用状況

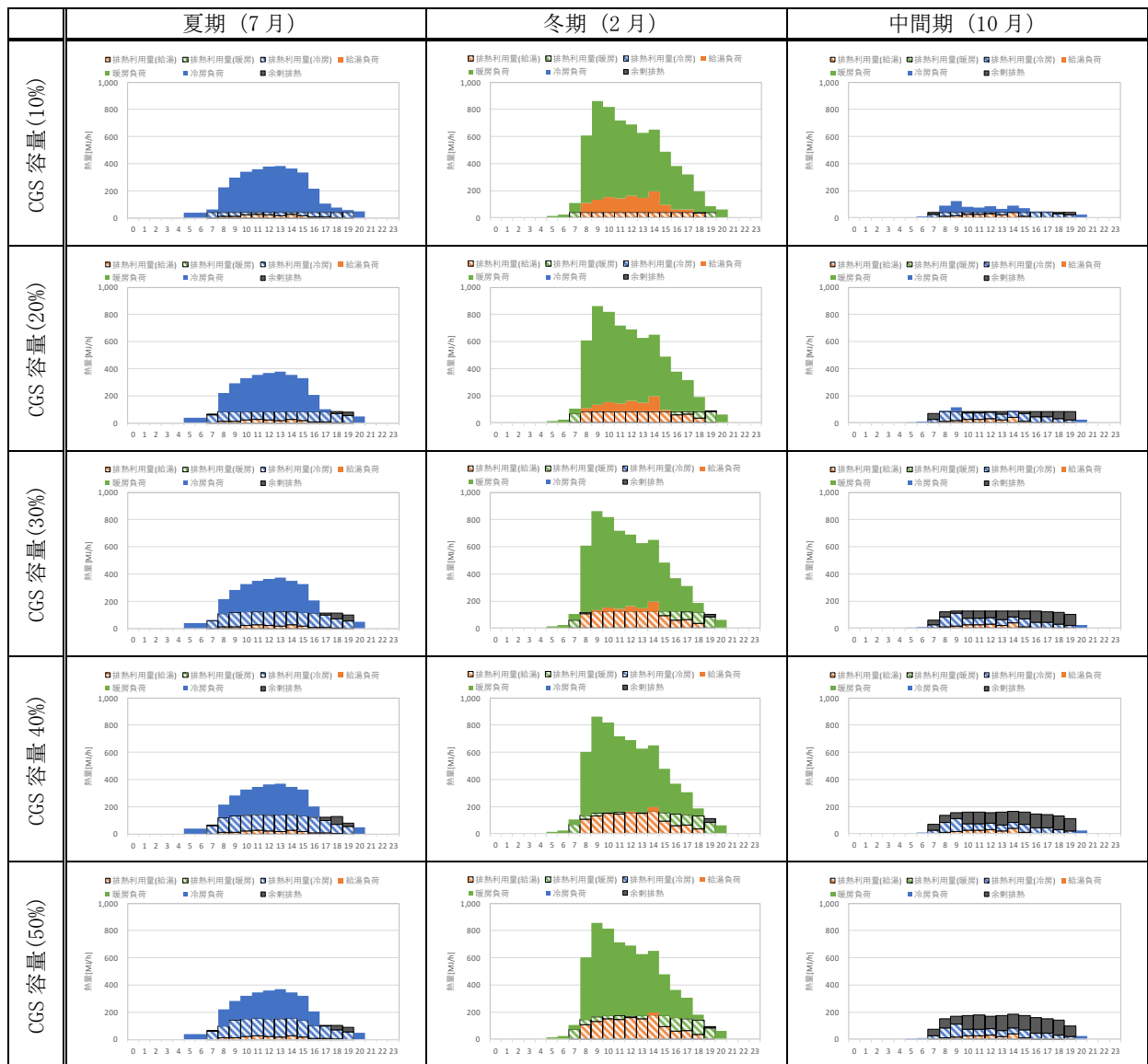


表5.3.8 24時間運転時の排熱利用状況

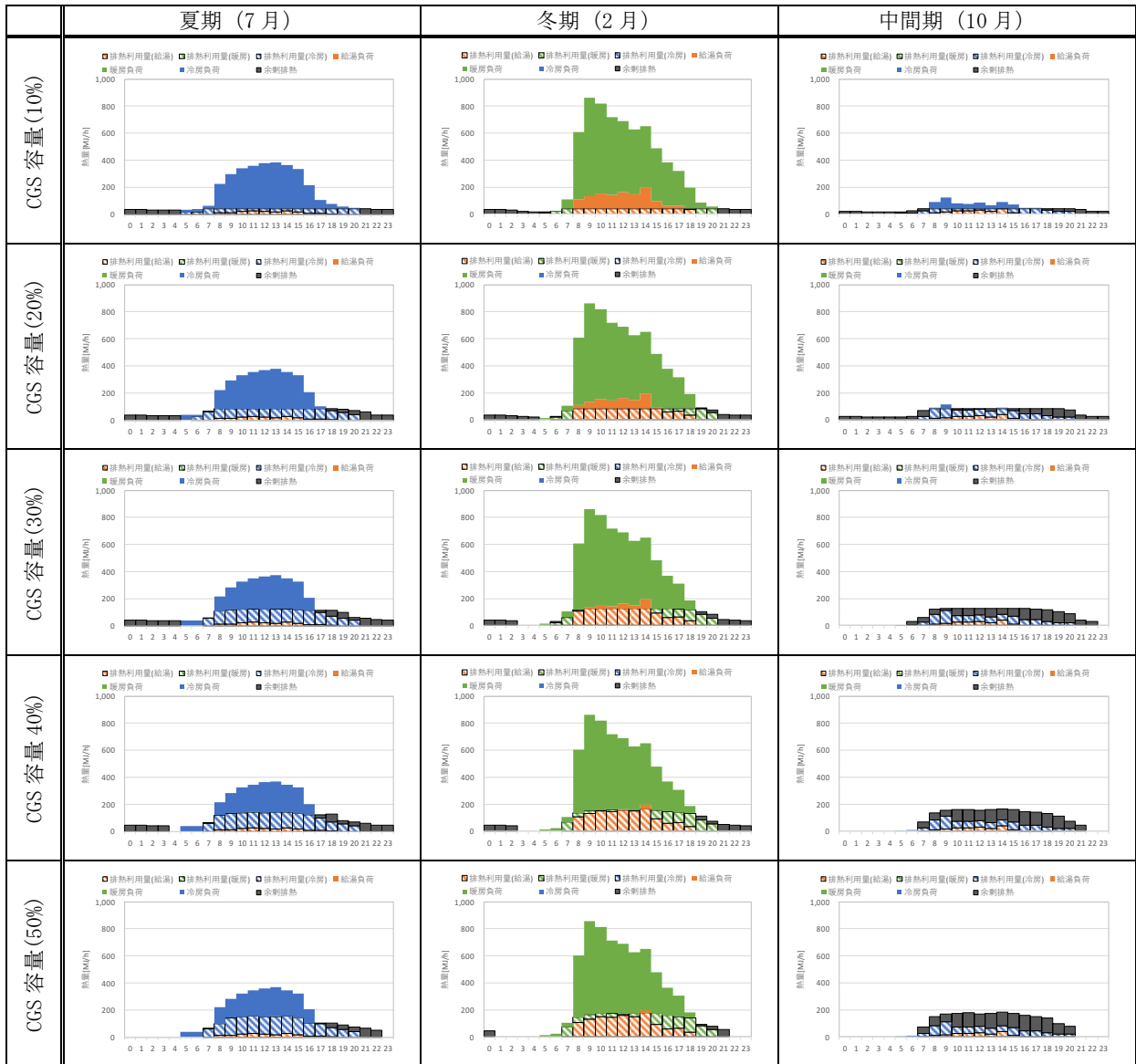
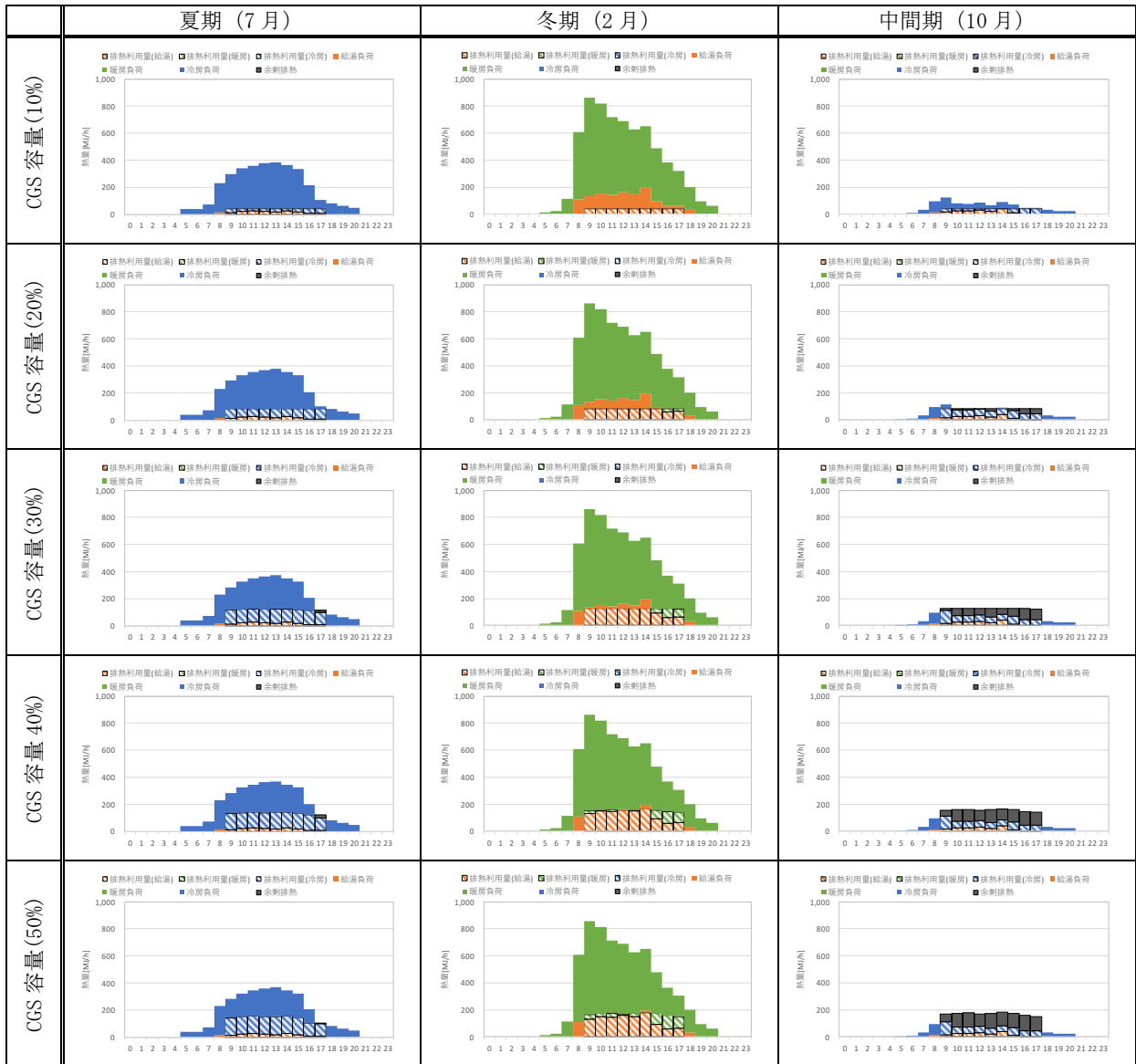


表5.3.9 昼間運転時の排熱利用状況



シミュレーションの結果、省エネルギー効果としては在校時間運転でCGS容量30%が最も高くなった。各ケースを比較すると10~20%ではCGS容量が不足しているものの、40~50%まで大きくなると、中間期において省エネルギー効果が低下する傾向がみられた。夏期と冬期については、在校時間運転及び昼間運転の排熱有効率は概ね90%以上を確保しているものの、24時間運転ケースでは夜間の余剰排熱が発生することにより、CGS容量が小さいケースで排熱有効利用率が低い結果となった。また、中間期の熱需要が少ないため、CGS容量が増えるほど中間期の余剰排熱量が増加することが要因となっている。

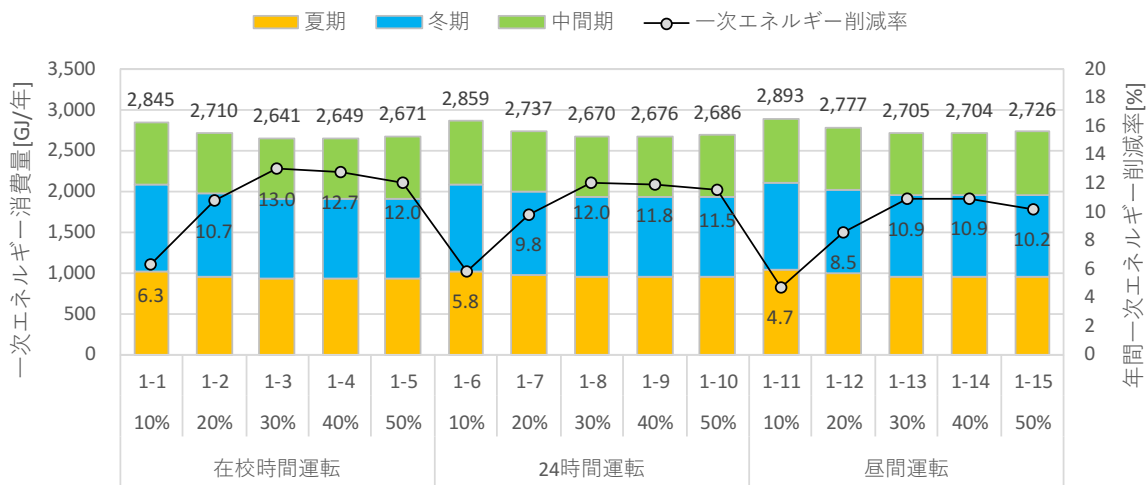


図5.3.2 各ケースの省エネルギー効果

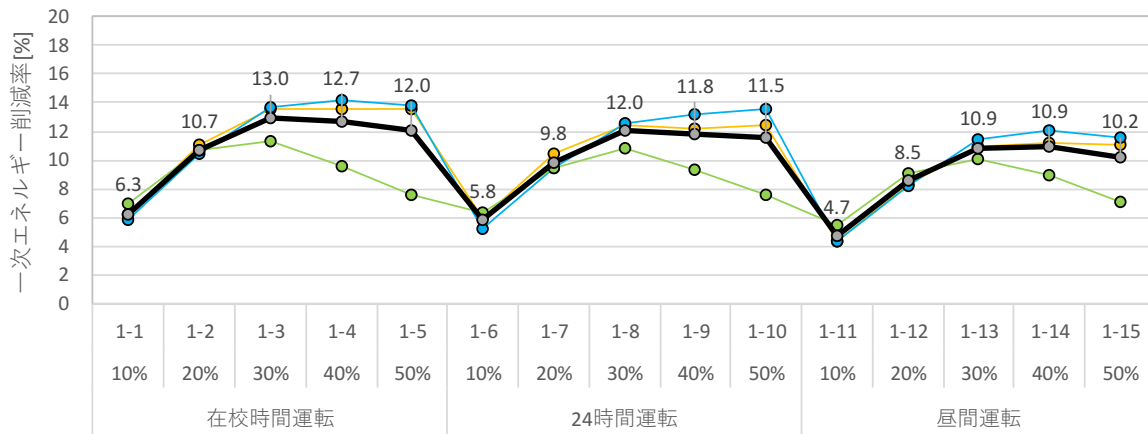


図5.3.3 季節別・年間一次エネルギー削減率

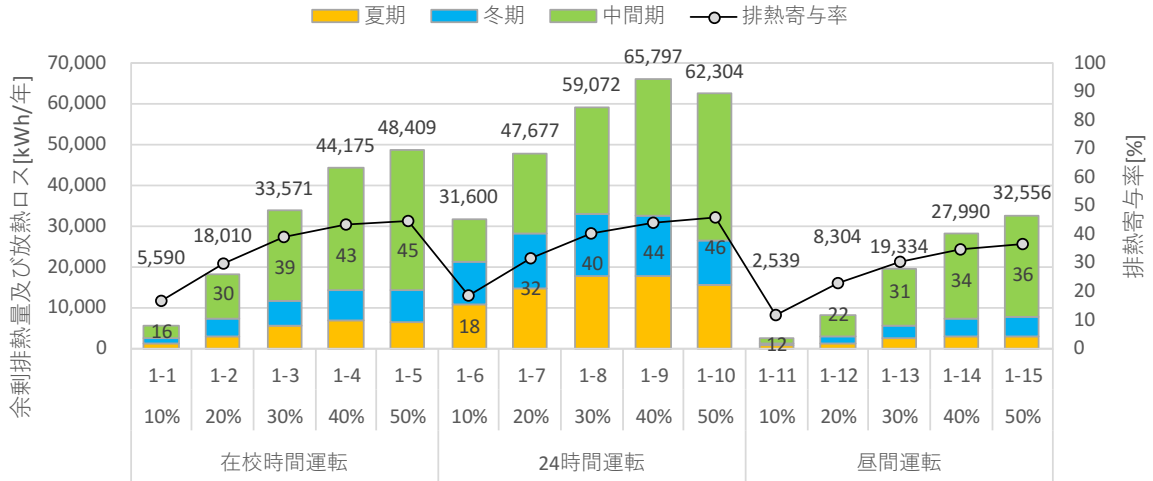


図5.3.4 各ケースの余剰排熱量と排熱寄与率

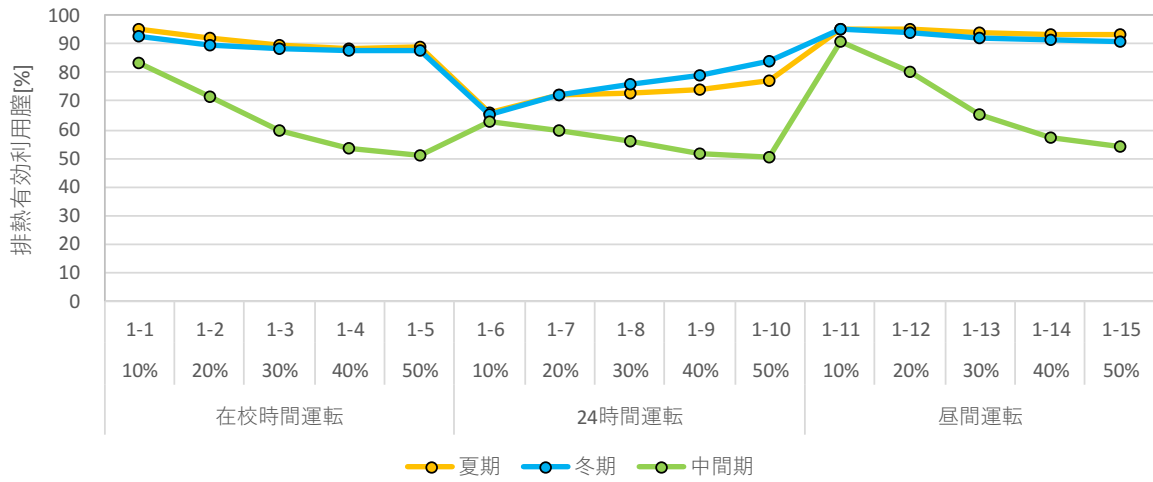


図5.3.5 季節別排熱有効利用率

シミュレーションの結果、各ケースでの単純投資回収年数を以下に示す。補助事業を活用しない場合、いずれのケースでも投資回収は30年以上となり、投資の回収は難しい結果となった。特にCGS容量が大きくなることでイニシャルコストが増加し、投資回収年数が長くなる傾向となっている。補助事業を活用した場合、CGS容量が20～30%のケースにおいて単純投資回収年数が短くなり、10年程度の結果が得られている。

これらの傾向については、以下の要因が考えられる。

- 小中学校のエネルギー需要は、朝7時頃から夜21時頃までとなっており、特に熱需要は夜間発生しないことから、CGSの稼働時間が限られ、エネルギーコストの削減効果が小さくなる。
- 単一の小中学校の規模から想定されるCGS容量は、ピーク比10%で10kW程度、50%で50kWと小さく、ガスエンジンの定格発電効率が35%と低くなることで、エネルギーコストの削減効果が小さくなる。

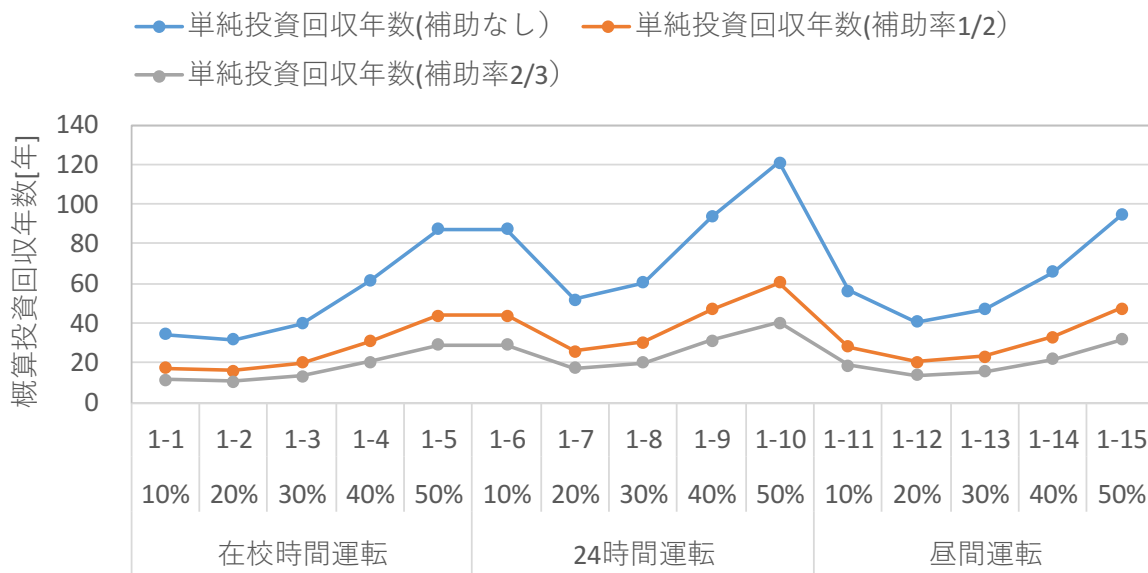


図5.3.6 各ケースにおける単純投資回収年数（補助事業別）

これらの傾向から、小中学校に単独でCGSを導入することで一定の省エネルギー効果が得られるものの、経済的な側面から補助事業を活用することが望ましい。これは、東京都における地域冷暖房導入阻害要因にも挙げられるエネルギー面的利用の普及阻害要因で、環境性（省エネ・省CO2性）及び経済性を両立するためのインセンティブが制度として不足していることが要因と言える。

現状では、小中学校にCGSを導入する場合、発電効率が高い燃料電池システムが適していると考えられるが、導入可能な燃料電池はイニシャルコストが高いことで、投資回収が難しくなることも考えられる。従って、今後、小中学校にCGSを導入する場合は、以下の方策が考えられる。

- 小中学校に単独でCGSを導入する場合は、発電効率が高く、安価に導入可能なシステムを活用し、補助事業を活用する必要がある。
- 小中学校の周辺に、昼夜間もしくは夜間のみエネルギー需要が発生する施設を設置し、エネルギーを融通し、環境性及び経済性を両立するエネルギーシステムを構築する。

表5.3.10 小中学校におけるCGS導入シミュレーション結果(1)

	単位	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kWh	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2
最低発電量	kWh	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1
定格排熱回収効率	%	44.3	44.3	44.3	44.3	44.2	44.3	44.3	44.3	44.3	44.2	44.3	44.3	44.3	44.3	44.2
定格時排熱回収量	kW	12.2	24.5	36.7	48.8	61.0	12.2	24.5	36.7	48.8	61.0	12.2	24.5	36.7	48.8	61.0
吸収式冷温水器容量合計	RT	9.1	18.1	27.0	36.0	44.9	9.1	18.1	27.0	36.0	44.9	9.1	18.1	27.0	36.0	44.9
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	4.5	9.0	13.5	18.0	22.5	4.5	9.0	13.5	18.0	22.5
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
給湯	kWh	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
暖房	kWh	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538	538
冷房	kWh	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
年間負荷																
電力	MWh/年	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193
給湯	MWh/年	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
暖房	MWh/年	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134
冷房	MWh/年	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
CGS																
CGS容量	kW	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4	9.7	19.4	29.0	38.7	48.4
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2	4.8	9.7	14.5	19.4	24.2
発電量(自家消費電力)	MWh/年	46	88	119	127	127	68	111	138	142	137	32	63	91	98	98
補機電力	MWh/年	2	4	6	6	6	3	6	7	7	7	2	3	5	5	5
CGSガス消費量	千m3/年	12	22	31	34	35	18	29	36	38	38	8	16	23	26	27
排熱回収量	MWh/年	58	113	157	182	192	90	149	188	207	209	40	80	117	138	149
排熱利用可能量	MWh/年	55	108	150	173	182	85	141	178	197	199	38	76	111	131	141
排熱放熱ロス	MWh/年	3	6	8	9	10	4	7	9	10	10	2	4	6	7	7
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	31	44	51	54	54	31	44	51	54	54	27	39	46	48	49
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	6	16	27	35	40	9	19	30	37	42	1	8	17	24	28
CGS排熱暖房利用量(排熱ベース)	MWh/年	5	14	24	31	34	8	17	26	32	36	1	7	15	21	25
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	18	42	56	61	63	22	46	59	63	65	10	30	42	47	49
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	16	37	49	53	55	19	40	51	55	57	9	26	37	41	43
合計排熱利用量	MWh/年	52	95	124	138	143	58	101	128	141	147	38	72	98	110	116
CGS余剰排熱分	MWh/年	3	12	26	35	39	27	40	50	55	52	1	4	13	21	25
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,740	4,569	4,104	3,268	2,614	7,018	5,741	4,737	3,659	2,828	3,285	3,275	3,118	2,529	2,023
CGS平均発電効率	%	35.0	34.8	34.4	33.1	32.1	34.4	34.1	33.8	32.7	31.9	35.1	35.0	34.7	33.4	32.1
CGS排熱有効利用率	%	90.4	84.1	78.7	75.7	74.8	64.7	67.9	68.5	68.2	70.2	93.7	89.7	83.5	79.7	78.1
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	232	179	141	130	128	209	155	122	114	117	250	210	177	166	164
追従暖房用電力消費量	MWh/年	39	36	33	30	29	39	35	32	30	28	41	39	36	34	33
追従冷房用電力消費量	MWh/年	43	34	29	27	26	42	33	28	26	25	46	39	34	32	32
エリア内ガス消費量	千m3/年	14	24	31	34	35	20	30	36	38	38	11	18	24	27	28
CGSガス消費量	千m3/年	12	22	31	34	35	18	29	36	38	38	8	16	23	26	27
給湯用ボイラガス消費量	千m3/年	3	1	0	0	0	3	1	0	0	0	3	2	1	1	1
エネルギー料金	千円/年	7,129	6,854	6,708	6,729	6,763	7,126	6,870	6,743	6,758	6,784	7,226	6,996	6,852	6,846	6,879
電力料金(業務用契約)	千円/年	5,760	4,894	4,277	4,093	4,059	5,380	4,504	3,960	3,832	3,873	6,052	5,406	4,860	4,682	4,648
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	1,369	1,960	2,430	2,636	2,703	1,746	2,366	2,783	2,927	2,910	1,174	1,590	1,992	2,164	2,231
電力単価	円/kWh	24.8	27.3	30.3	31.7	31.7	25.8	29.0	32.4	33.6	33.2	24.2	25.7	27.5	28.2	28.4
ガス単価	円/m3	95.7	82.8	78.3	77.6	77.3	86.4	78.8	76.5	76.1	76.4	104.8	89.4	82.8	81.1	80.5
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
電力負荷分	MWh/年	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193	193
暖房負荷分	MWh/年	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
冷房負荷分	MWh/年	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
給湯用ガス消費量	千m3/年	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
エネルギー料金	千円/年	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412
電力料金(業務用契約)	千円/年	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618	6,618
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793	793
電力単価	円/kWh	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3	23.3
ガス単価	円/m3	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8	123.8
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035
CGSシステム	GJ/年	2,845	2,710	2,641	2,649	2,617	2,859	2,737	2,670	2,676	2,686	2,893	2,777	2,705	2,704	2,726
一次エネルギー削減量	GJ/年	190	325	394	386	365	177	298	365	359	349	143	259	330	331	310
一次エネルギー削減率	%	6.3	10.7	13.0	12.7	12.0	5.8	9.8	12.0	11.8	11.5	4.7	8.5	10.9	10.9	10.2
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156
CGSシステム	t-CO2/年	148	143	141	142	144	150	146	144	145	145	150	145	143	143	145
CO2排出削減量	t-CO2/年	8	13	14	13	12	6	10	12	11	11	6	11	13	12	11
CO2削減率	%	5.1	8.1	9.3	8.6	7.8	3.8	6.3	7.6	7.1	6.8	4.0	6.8	8.2	7.9	7.0
エネルギーコスト																
従来システム	千円/年	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412	7,412
CGSシステム	千円/年	7,129	6,854	6,708	6,729	6,763	7,126	6,870	6,743	6,758	6,784	7,226	6,996	6,852	6,846	6,879
エネルギーコスト削減量	千円/年	283	557	704	683	649	286	541	669	653	628	186	415			

表5.3.11 小中学校におけるCGS導入シミュレーション結果（2）

単位	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	1-9	1-10	1-11	1-12	1-13	1-14	1-15	
電力需要																
夏期	kWh	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706	61,706
冬期	kWh	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424	64,424
中間期	kWh	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670	66,670
合計	kWh/年	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800	192,800
CGS発電自家消費分																
夏期	kWh	15,302	29,173	37,134	37,894	37,894	24,185	38,624	45,895	45,590	43,913	10,629	21,064	28,002	28,761	28,761
冬期	kWh	15,227	29,376	40,280	42,649	42,649	22,504	36,659	46,586	47,485	45,168	10,542	21,083	30,963	33,332	33,332
中間期	kWh	15,352	29,911	41,759	45,978	45,978	21,249	35,860	45,090	46,605	47,783	10,629	21,257	31,593	35,812	35,812
合計	kWh/年	45,881	88,460	119,173	126,521	126,521	67,937	111,143	137,571	141,680	136,865	31,799	63,405	90,558	97,906	97,906
購入電力量 (CGSシステム)																
夏期	kWh	87,336	67,189	55,034	52,426	51,727	77,780	57,066	45,823	44,435	45,318	93,960	78,569	67,743	65,271	64,532
冬期	kWh	84,239	68,477	55,559	51,480	50,483	76,715	60,993	49,105	46,480	47,685	89,732	78,290	66,761	62,954	61,882
中間期	kWh	60,407	43,525	30,807	26,104	25,758	54,307	37,363	27,173	23,244	23,679	66,967	53,559	42,448	47,455	47,513
合計	kWh/年	231,982	179,191	141,400	130,009	127,968	208,802	155,422	122,101	114,159	116,681	249,759	210,418	176,952	166,037	163,926
CGS発電率																
夏期	%	25	47	60	61	61	39	63	74	74	71	17	34	45	47	47
冬期	%	24	46	63	66	66	35	57	72	72	70	16	33	48	52	52
中間期	%	23	45	63	69	69	32	54	68	73	72	16	32	47	54	54
合計	%	24	46	62	66	66	35	58	71	73	71	16	33	47	51	51
購入電力量 (従来システム)																
夏期	kWh	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784	106,784
冬期	kWh	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903	99,903
中間期	kWh	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632	77,632
合計	kWh/年	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319	284,319
熱需要 (給湯+暖房+冷房)																
夏期	kWh	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204	126,204
冬期	kWh	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580	146,580
中間期	kWh	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455	47,455
合計	kWh/年	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240	320,240
季節別排熱量																
夏期	kWh	19,386	37,537	50,441	55,925	57,459	31,750	51,615	64,508	68,780	67,898	13,444	26,738	37,442	42,056	43,825
冬期	kWh	19,260	37,661	52,855	61,213	64,704	30,025	49,021	63,295	69,519	69,000	13,334	26,640	39,501	46,982	50,968
中間期	kWh	19,419	38,201	54,163	64,646	69,612	27,848	47,947	59,704	68,740	72,429	13,444	26,860	40,068	49,080	53,823
合計	kWh/年	58,065	113,398	157,459	181,784	191,775	89,622	149,582	187,507	207,039	209,326	40,222	80,238	117,012	138,118	148,616
季節別排熱利用率																
夏期	%	18,416	34,473	45,013	49,344	50,949	20,982	37,099	47,051	50,905	52,534	12,772	25,401	35,125	39,144	40,840
冬期	%	17,819	33,649	46,556	53,699	56,825	19,532	35,238	47,858	54,835	57,961	12,667	25,018	36,424	42,798	46,139
中間期	%	16,240	27,267	32,319	34,566	35,592	17,508	28,568	33,527	35,502	36,528	12,244	21,514	26,129	28,186	29,081
合計	kWh/年	52,475	95,389	123,888	137,609	143,366	58,022	100,905	128,435	141,241	147,023	37,683	71,934	97,677	110,128	116,061
季節別削減排熱量及び放熱ロス																
夏期	kWh	969	3,064	5,428	6,581	6,510	10,767	14,516	17,457	17,875	15,364	672	1,337	2,318	2,912	2,985
冬期	kWh	1,442	4,012	6,299	7,514	7,879	10,493	13,782	15,437	14,684	11,039	667	1,621	3,077	4,184	4,829
中間期	kWh	3,179	10,934	21,844	30,079	34,020	10,340	19,378	26,178	33,238	35,901	1,200	5,346	13,939	20,894	24,741
合計	kWh/年	5,590	18,010	33,571	44,175	48,409	31,600	47,677	59,072	65,797	62,304	2,539	8,304	19,334	27,990	32,556
有効排熱利用率																
夏期	%	95	92	89	88	89	66	72	73	74	77	95	95	94	93	93
冬期	%	93	89	88	88	88	65	72	76	79	84	95	94	92	91	91
中間期	%	84	71	60	53	51	63	60	56	52	50	91	80	65	57	54
合計	%	90	84	79	76	75	65	68	68	68	70	94	90	83	80	78
排熱率																
夏期	%	15	27	36	39	40	17	29	37	40	42	10	20	28	31	32
冬期	%	12	23	32	37	39	13	24	33	37	40	9	17	25	29	31
中間期	%	34	57	68	73	75	37	60	71	75	77	26	45	55	59	61
合計	%	16	30	39	43	45	18	32	40	44	46	12	22	31	34	36
ガス消費量 (CGSシステム)																
夏期	m3	3,877	7,428	9,687	10,306	10,486	6,220	10,016	12,204	12,581	12,315	2,767	5,406	7,326	7,853	8,050
冬期	m3	5,920	8,441	10,638	11,476	11,814	7,904	10,490	12,491	12,936	12,569	4,998	6,675	8,564	9,306	9,687
中間期	m3	4,500	7,790	10,709	12,190	12,688	6,078	9,525	11,692	12,932	13,195	3,435	5,710	8,180	9,508	9,973
合計	m3/年	14,297	23,660	31,034	33,971	34,988	20,202	30,031	36,387	38,448	38,079	11,201	17,791	24,070	26,668	27,709
ガス消費量 (従来システム)																
夏期	m3	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850	850
冬期	m3	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778	3,778
中間期	m3	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779	1,779
合計	m3/年	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408	6,408
一次エネルギー消費量 (CGSシステム)																
夏期	GJ	1,010	958	931	930	931	1,012	964	943	945	943	1,029	986	959	956	957
冬期	GJ	1,063	1,011	974	969	973	1,070	1,021	987	979	976	1,079	1,035	1,000	993	998
中間期	GJ	772	741	736	750	767	777	752	740	752	767	784	755	747	755	771
合計	GJ/年	2,845	2,710	2,641	2,649	2,671	2,859	2,737	2,670	2,676	2,686	2,893	2,777	2,705	2,704	2,726
一次エネルギー消費量 (従来システム)																
夏期	GJ	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077	1,077
冬期	GJ	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129
中間期	GJ	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830	830
合計	GJ/年	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035	3,035
一次エネルギー削減率																
夏期	%	6.2	11.1	13.6	13.6	13.5	6.0	10.5	12.4	12.3	12.5	4.4	8.4	11.0	11.2	11.1
冬期	%	5.8	10.4	13.7	14.2	13.8	5.2	9.5	12.6	13.2	13.5	4.4	8.3	11.4	12.1	11.6
中間期	%	6.9	10.7	11.3	9.6	7.6	6.4	9.4	10.8	9.4	7.6	5.5	9.1	10.0	9.0	7.1
合計	%	6.3	10.7	13.0												

5. 4 エネルギーネットワークモデルにおけるCGS導入シミュレーション

(1) エネルギーネットワークモデルの想定

エネルギーシミュレーションを実施する検討ケースは、前述する小中学校に単独でCGSを導入したケースに加え大学に単独でCGSを導入したケースを実施する。また、小中学校を中心として、「事務所ビル」「病院」「ホテル」「店舗」「住宅」の用途建物のそれぞれを、小中学校とエネルギーを融通する建物として想定したモデルを設定する。また、CGSの導入規模や運転時間等の変動要因による一次エネルギー削減効果、CO₂削減効果、事業採算性の変化についても確認するため、小中学校単独導入ケースも含めて、合計225ケースのシミュレーションを行う。以下に、検討ケース設定の概要及び一覧を記載する。中心施設となる小中学校の面積は、本研究で対象とした小中学校のほぼ平均となる8,000m²とし、大学についても、本研究で対象とした大学の面積100,000m²とした。その他の建物用途については、規模の大きさによる差異を確認するため、5,000m²と10,000m²の2ケースを想定する。CGSの運転時間については、小中学校の在校時間帯のみの運転、24時間連続運転、昼間のピーク時に稼働する3ケースを想定し、CGSの規模については、ピーク電力比10～50%の規模を5ケース想定した。これらの条件を固定したシミュレーションを実施し、小中学校が周辺建物とエネルギー融通を行う上で最適な施設及び必要なエネルギー需要の傾向について分析する。

中心施設	その他の建物用途	建物面積	CGS 運転時間	CGS 規模	
小中学校 (8,000m ²)	大学(省エネ対策なし)	100,000m ²	在校時間運転 7:00~20:00	ピーク電力 10%	
	大学(省エネ対策あり)			ピーク電力 20%	
	事務所ビル	5,000m ²	24時間運転 0:00~24:00	ピーク電力 30%	
	病院			ピーク電力 40%	
	ホテル			ピーク電力 50%	
	店舗	10,000m ²	昼間運転 9:00~18:00		
	住宅				
	1 ケース	7 ケース	1or2 ケース	3 ケース	5 ケース

図5.4.1 検討ケース概要

各建物用途の設定で、5,000m²及び10,000m²の規模の建物を想定しているが、それらの建物は、以下の規模をイメージしている。

表5.4.1 想定した建物のイメージ

用途	面積[m ²]	想定
小中学校	8,000	本研究で対象とした市区町村立小中学校面積の平均
大学	100,000	本研究で対象とした日本大学文理学部程度の延床面積
事務所	5,000	1層 500m ² (≒22m ² ×22m ²) 10階建て程度の中規模ビル
	10,000	1層 1,000m ² (≒32m ² ×32m ²) 10階建て程度の準大規模ビル
病院	5,000	70病床程度の総合病院(総合病院としては小規模)
	10,000	140病床程度の総合病院(総合病院としては一般的な規模)
ホテル	5,000	客室150室前後・10～15階程度のビジネスホテル
	10,000	客室200～300室程度・15～20階程度の一般的なホテル
店舗	5,000	2～3階建のスーパーマーケット、ホームセンター等
	10,000	売場面積5,000m ² 程度の駅併設ショッピングセンター
住宅	5,000	総戸数50戸程度の集合住宅
	10,000	総戸数100戸程度の集合住宅

表5.4.2 検討ケース一覧(1)

ID	CASE	中心施設	中心施設の 延床面積	その他の 建物	その他の 建物面積	CGS運転時間	CGS容量 (ピーク比率)
1	小中学校単独モデル	小中学校	8000	なし	なし	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
2	大学単独モデル (現状)	大学 (現状)	100000	なし	なし	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
3	大学単独モデル (省エネ)	大学 (省エネ)	100000	なし	なし	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
4	小中学校+従来大学モデル	小中学校	8000	大学 (従来)	100000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
5	小中学校+省エネ大学モデル	小中学校	8000	大学 (省エネ)	100000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%

表5.4.2 検討ケース一覧(2)

ID	CASE	中心施設	中心施設の 延床面積	その他の 建物	その他の 建物面積	CGS運転時間	CGS容量 (ピーク比率)
6	1 小中学校+事務所モデル	小中学校	8000	事務所	5000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
7	1 小中学校+事務所モデル	小中学校	8000	事務所	10000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
8	1 小中学校+病院	小中学校	8000	病院	5000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
9	1 小中学校+病院	小中学校	8000	病院	10000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
10	1 小中学校+ホテル	小中学校	8000	ホテル	5000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%

表5.4.2 検討ケース一覧(3)

ID	CASE	中心施設	中心施設の 延床面積	その他の 建物	その他の 建物面積	CGS運転時間	CGS容量 (ピーク比率)
11	小中学校+ホテル	小中学校	8000	ホテル	10000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
12	小中学校+店舗	小中学校	8000	店舗	5000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
13	小中学校+店舗	小中学校	8000	店舗	10000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
14	小中学校+集合住宅	小中学校	8000	住宅	5000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
15	小中学校+集合住宅	小中学校	8000	住宅	10000	在校時間帯 (7:00~20:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						24時間	10%
							20%
							30%
							40%
							50%
						ピーク時間帯 (9:00~18:00)	10%
							20%
							30%
							40%
							50%

(2) 大学単独モデル（現状）ケース

現状の大学に単独でCGSを導入した場合、CGS容量10%程度までは、中間期の排熱も給湯用及び冷房用に使用可能になっているが、20%以上の容量になると、冬期の早朝・夜間や中間期の昼間に余剰排熱が多くなる傾向となっている。これらは運転時間の調整が有効な対策と考えられる。

表5.4.3.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	大学（現状） 100,000m ²				
ピーク電力	kW	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
定格発電効率	%	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7
吸収式冷温水器容量	RT	294	567	823	1,061	1,283
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	147	284	411	530	642
最低買電量	kW	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2

表5.4.3.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

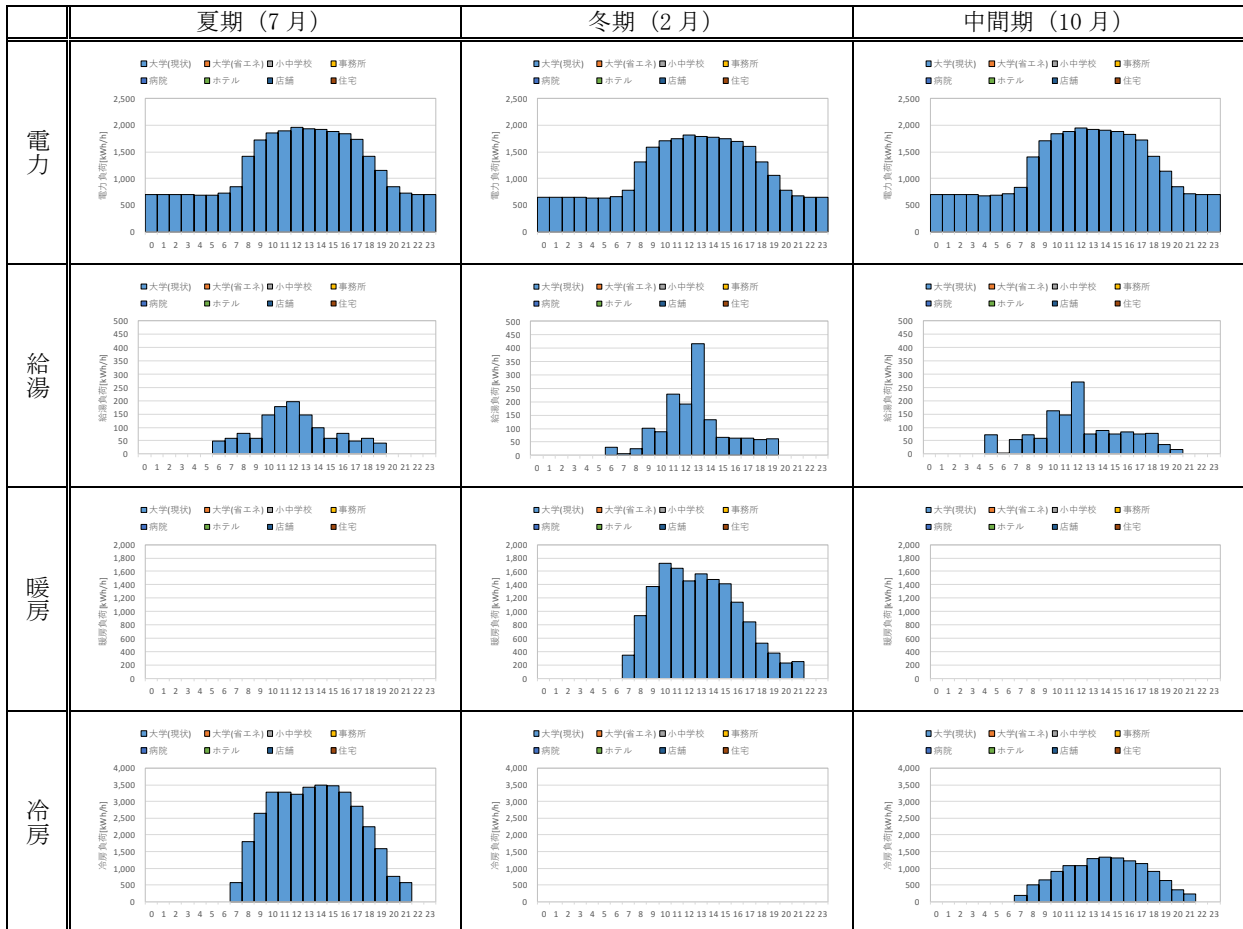


表5.4.3.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

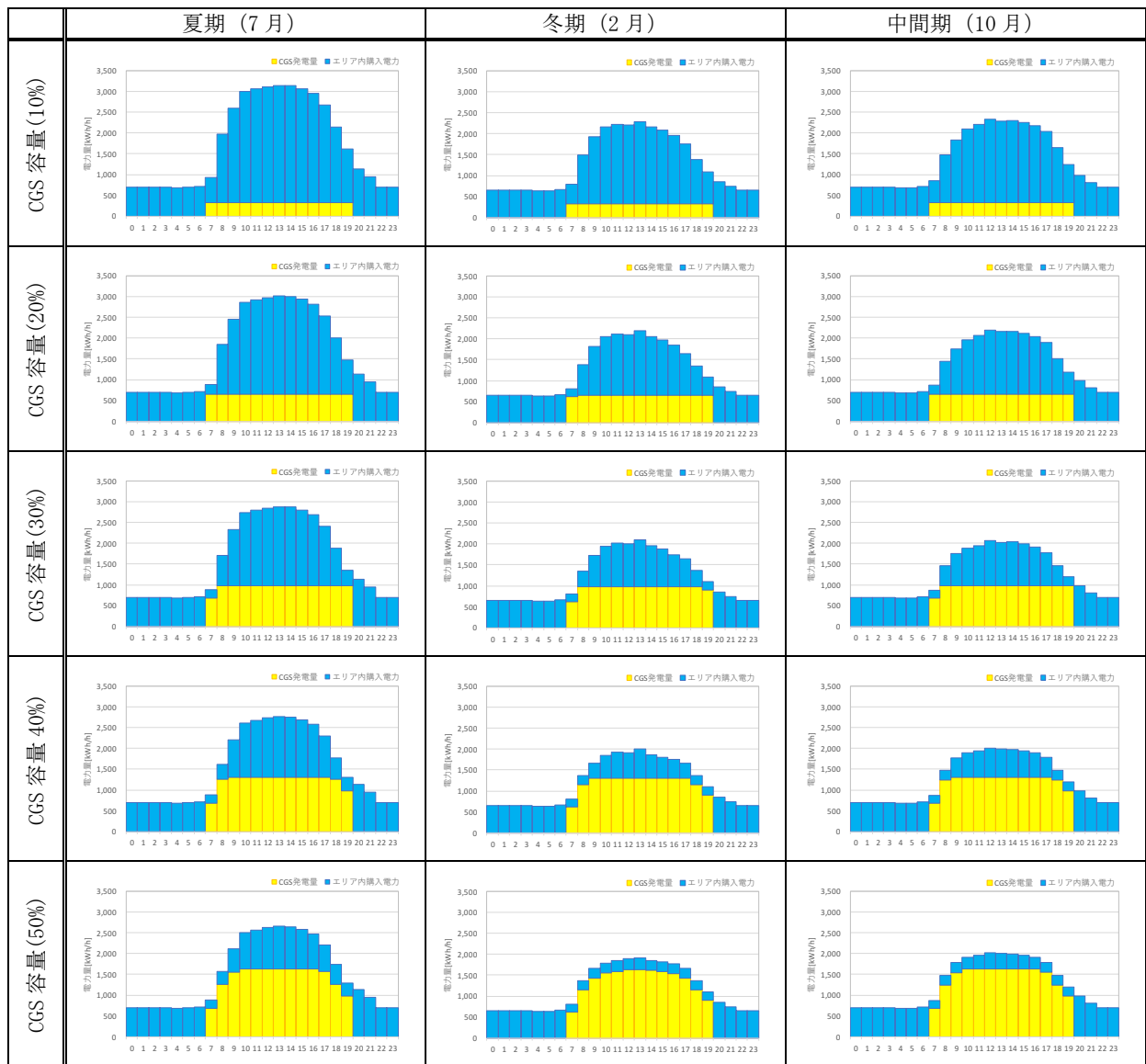
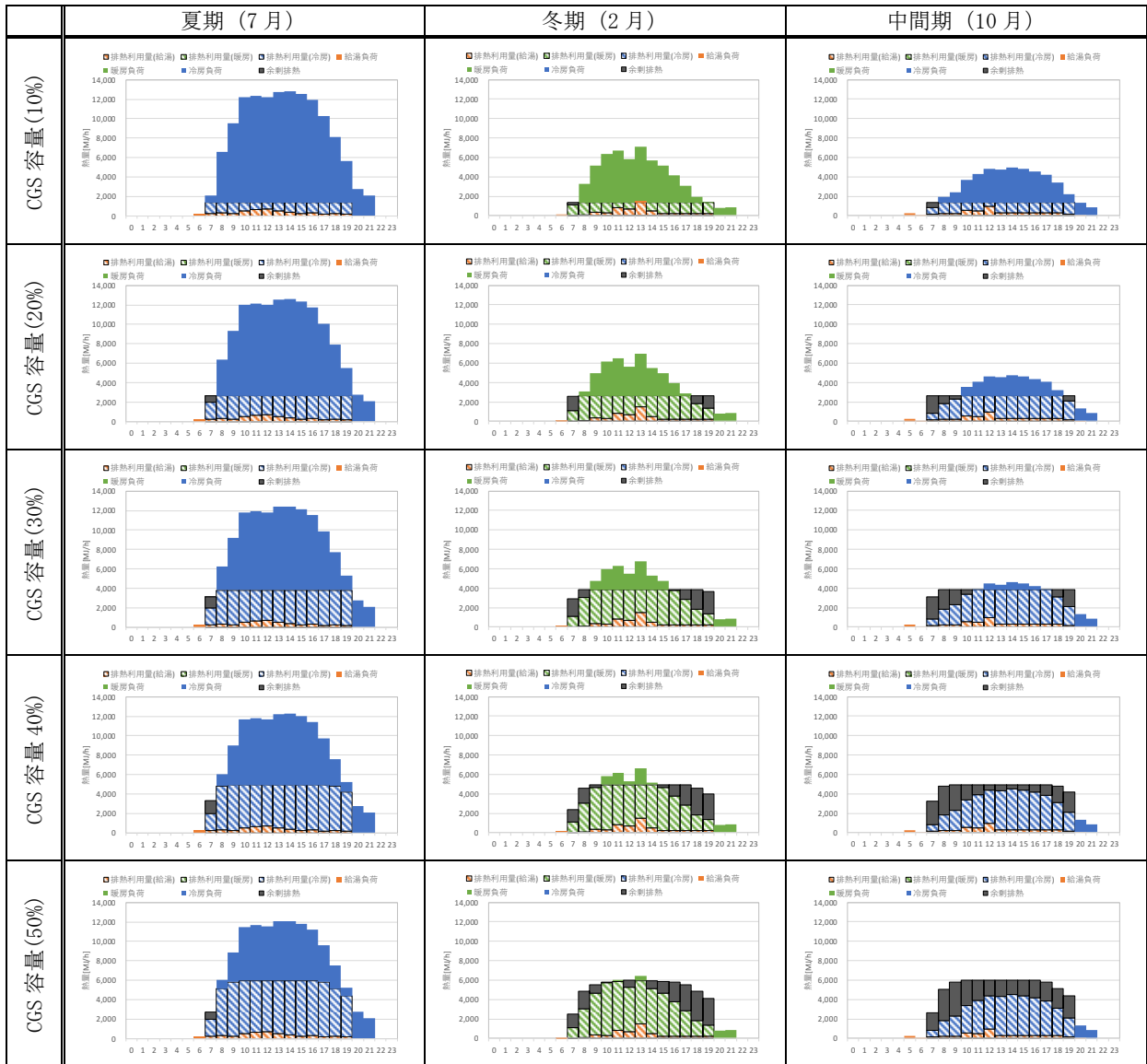


表5.4.3.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(3) 大学単独モデル（省エネ）ケース

省エネ対策を実施した大学に単独でCGSを導入した場合、現状の大学に導入した傾向と大きくは変わらないが、省エネ対策を実施して電力需要が削減されたことで、CGSの発電量が減少すると同時に排熱量が減少し、夏期及び冬期の早朝に発生した余剰排熱が減少する傾向がみられている。

表5.4.4.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	大学（省エネ） 100,000m ²				
ピーク電力	kW	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
定格発電効率	%	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7
吸収式冷温水器容量	RT	294	567	823	1,061	1,283
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	147	284	411	530	542
最低買電量	kW	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2

表5.4.4.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

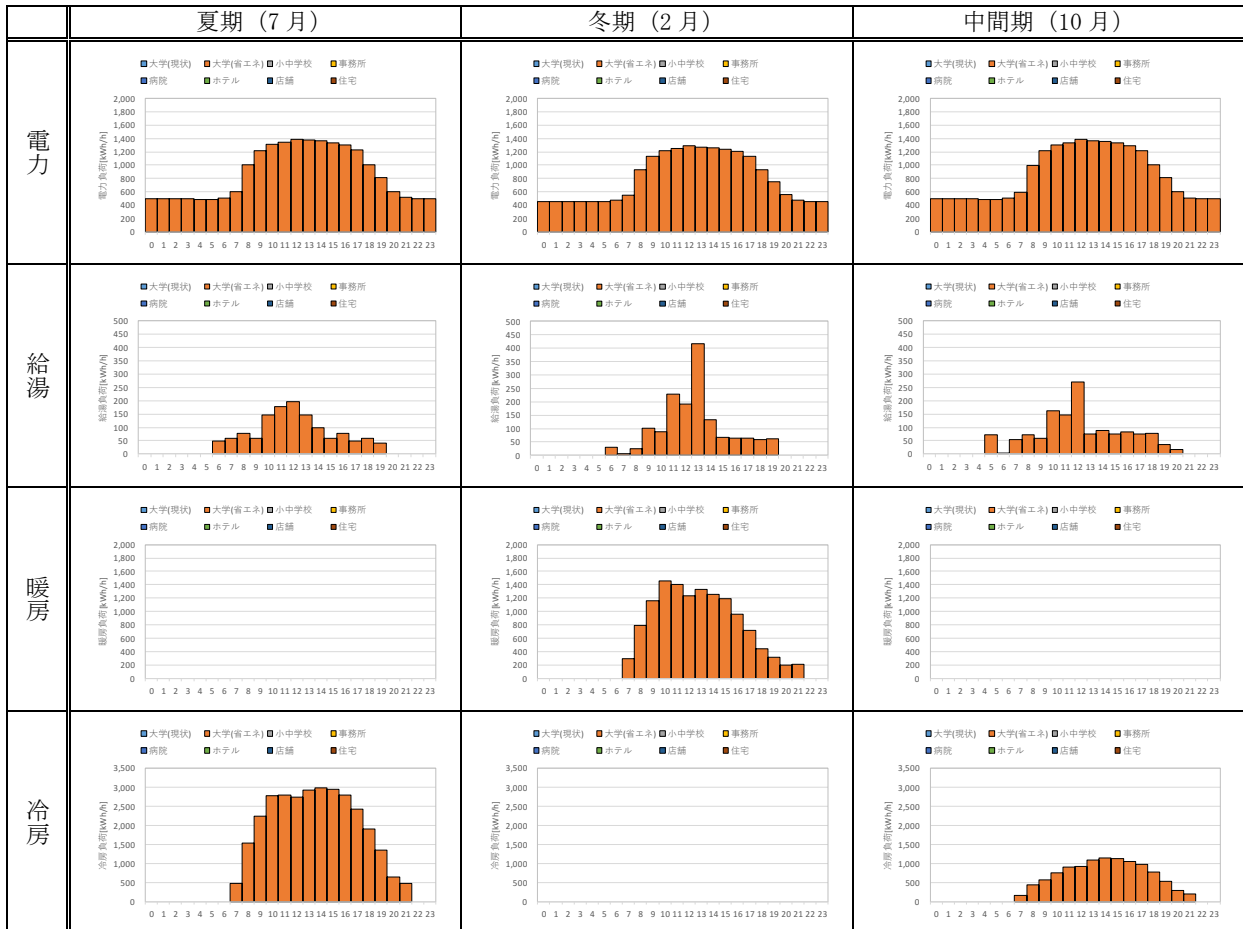


表5.4.4.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

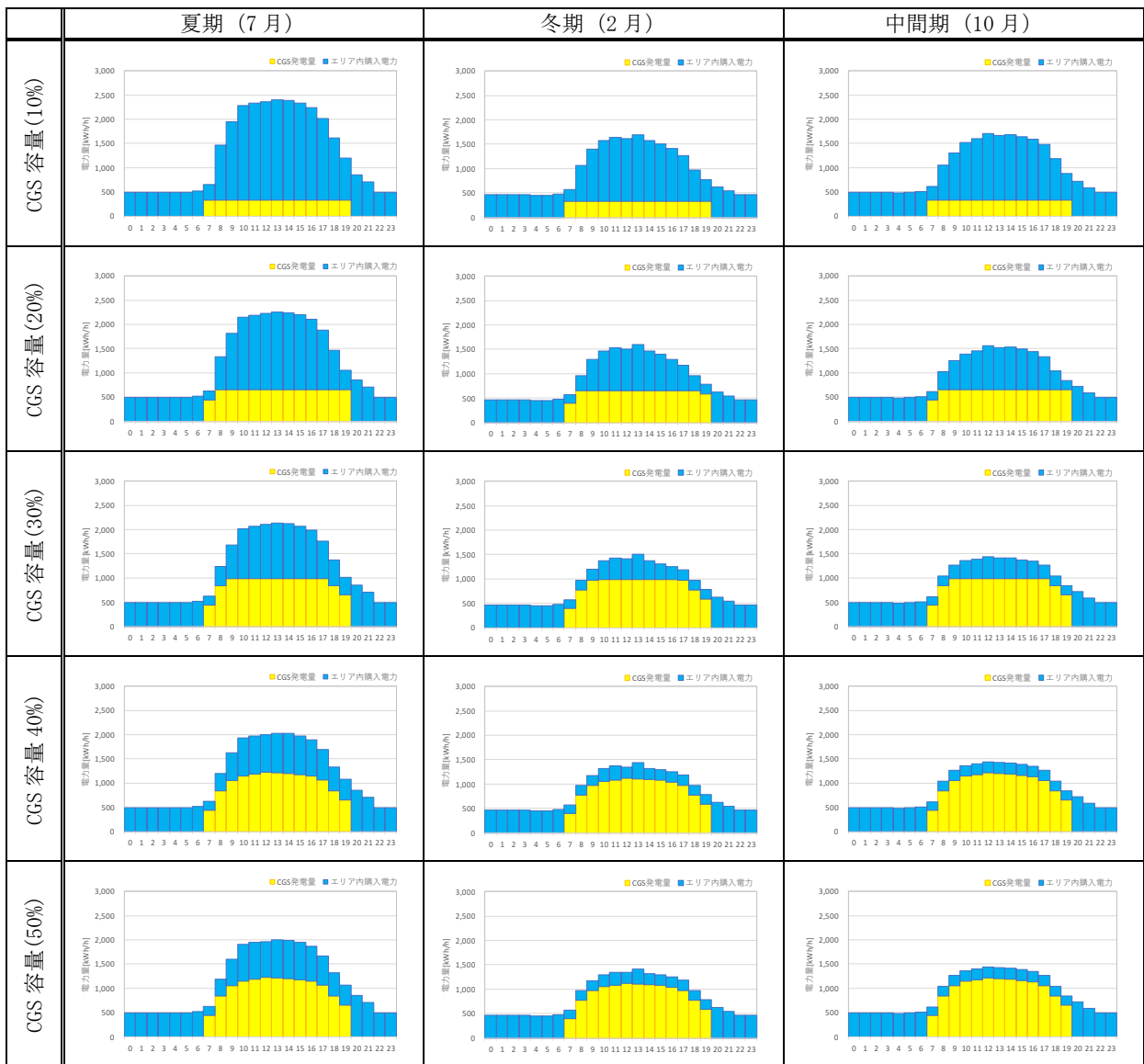
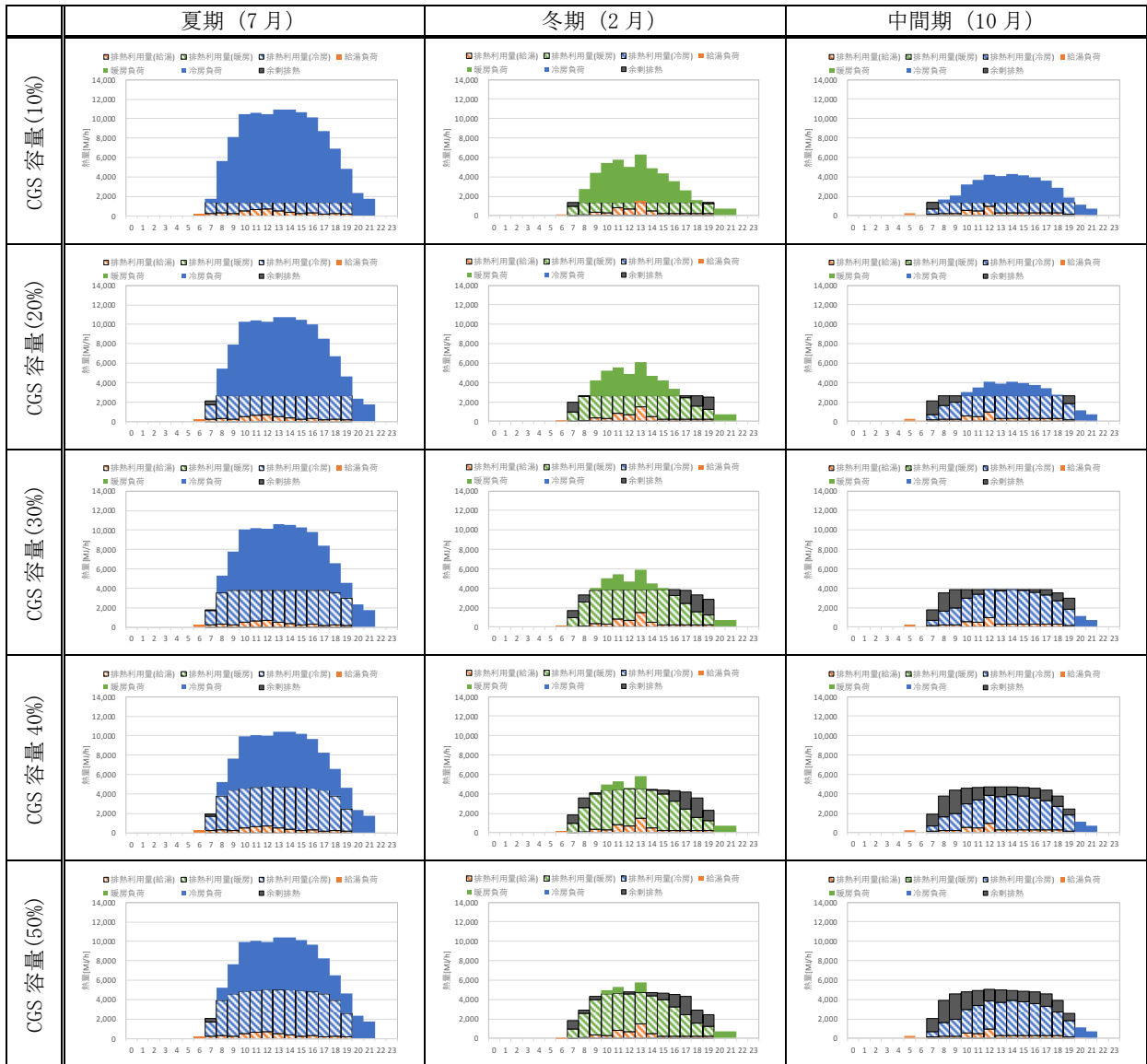


表5.4.4.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(4) 小中学校+大学（現状）モデル

小中学校を中心に現状の大学を含めたエリアにCGSを導入した場合、大学側の面積及び需要量が大きいため、前述する大学（現状）に単独でCGSを導入したケースと大きく変わらない結果となっており、CGS容量が大きくなると余剰の排熱量が大きくなっている。

表5.4.5.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +大学（従来）100,000m ²				
ピーク電力	kW	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
定格発電効率	%	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6
吸収式冷温水器容量	RT	301	581	841	1,084	1,310
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	150	290	421	542	655
最低買電量	kW	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3

表5.4.5.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

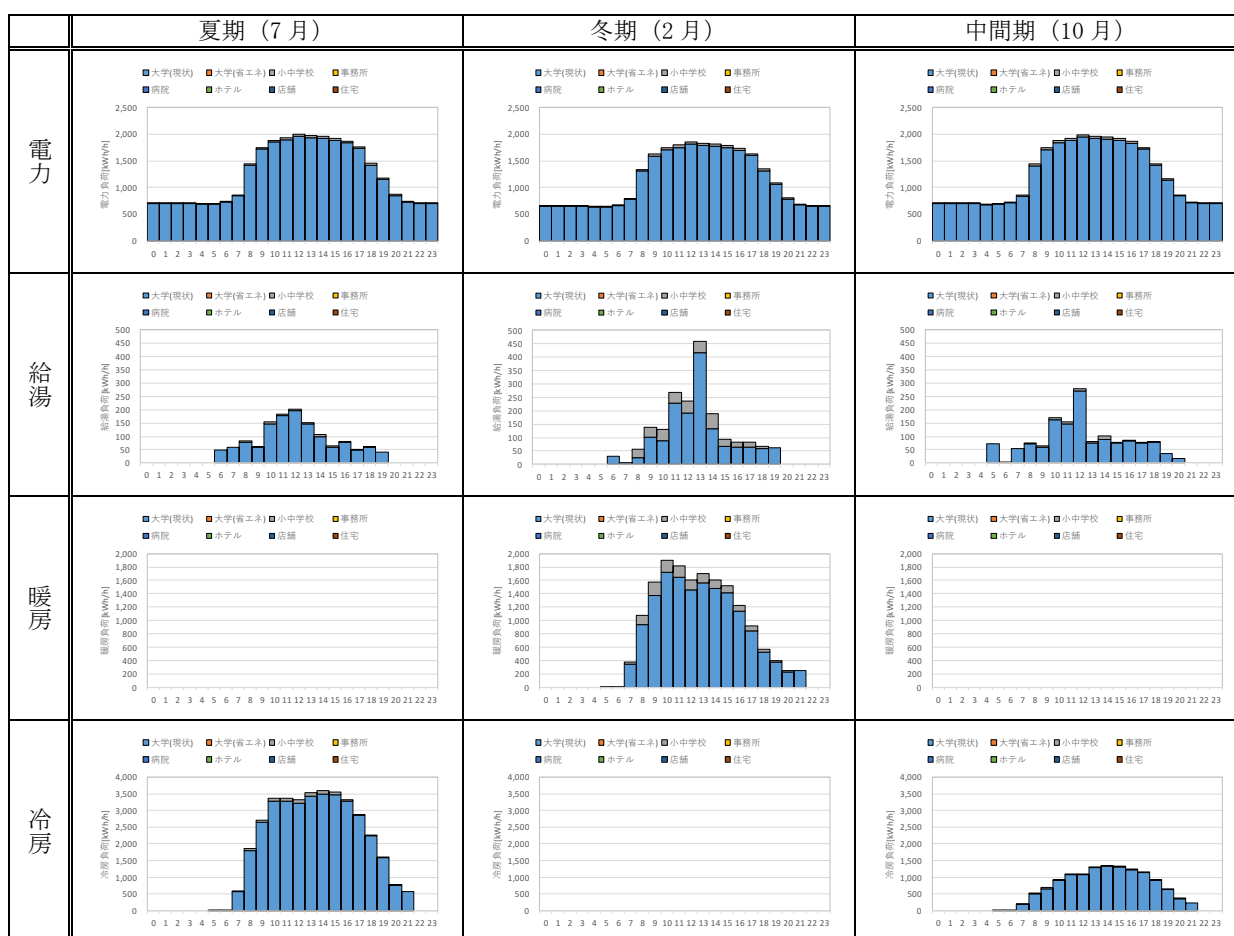


表5.4.5.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

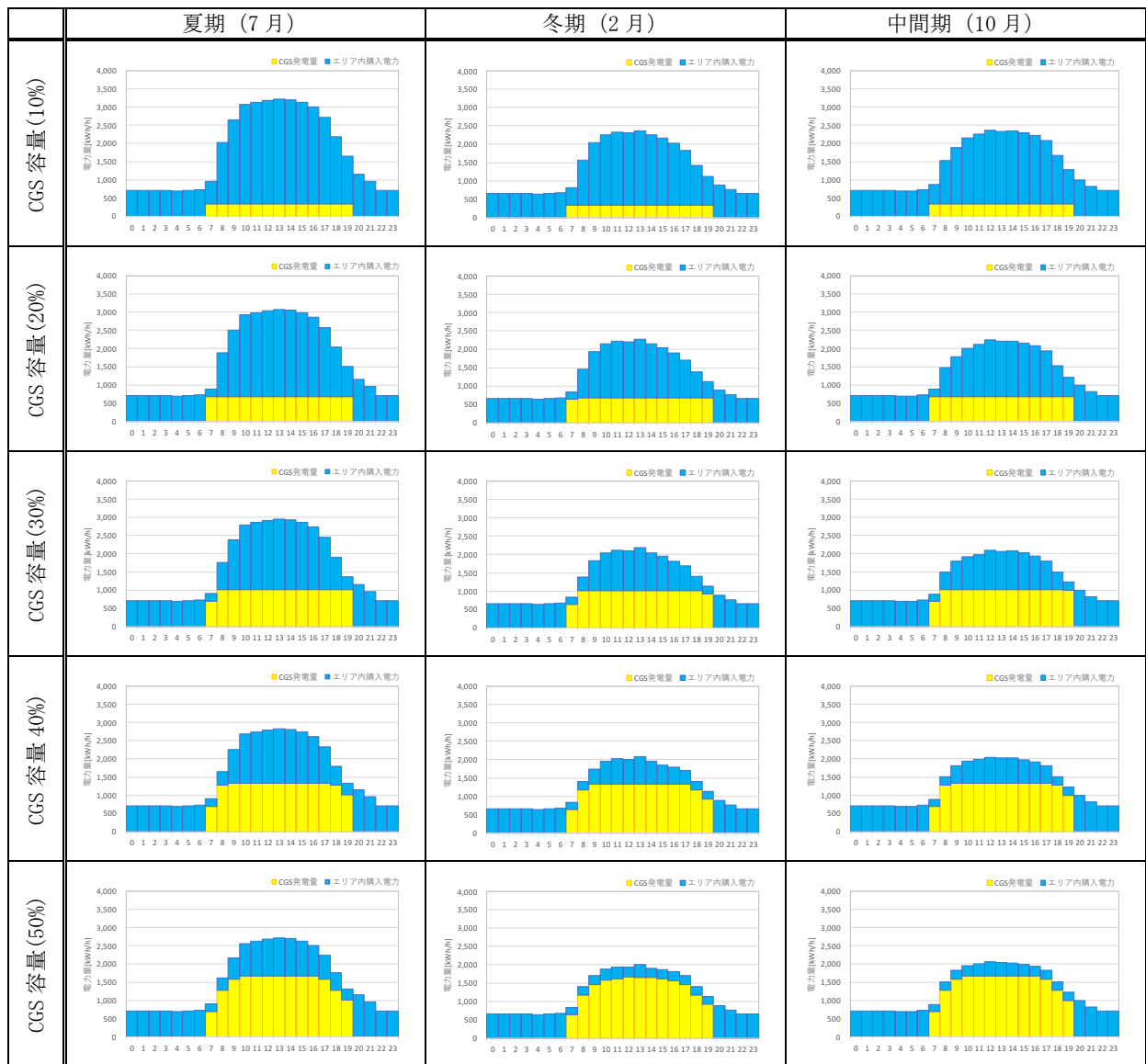
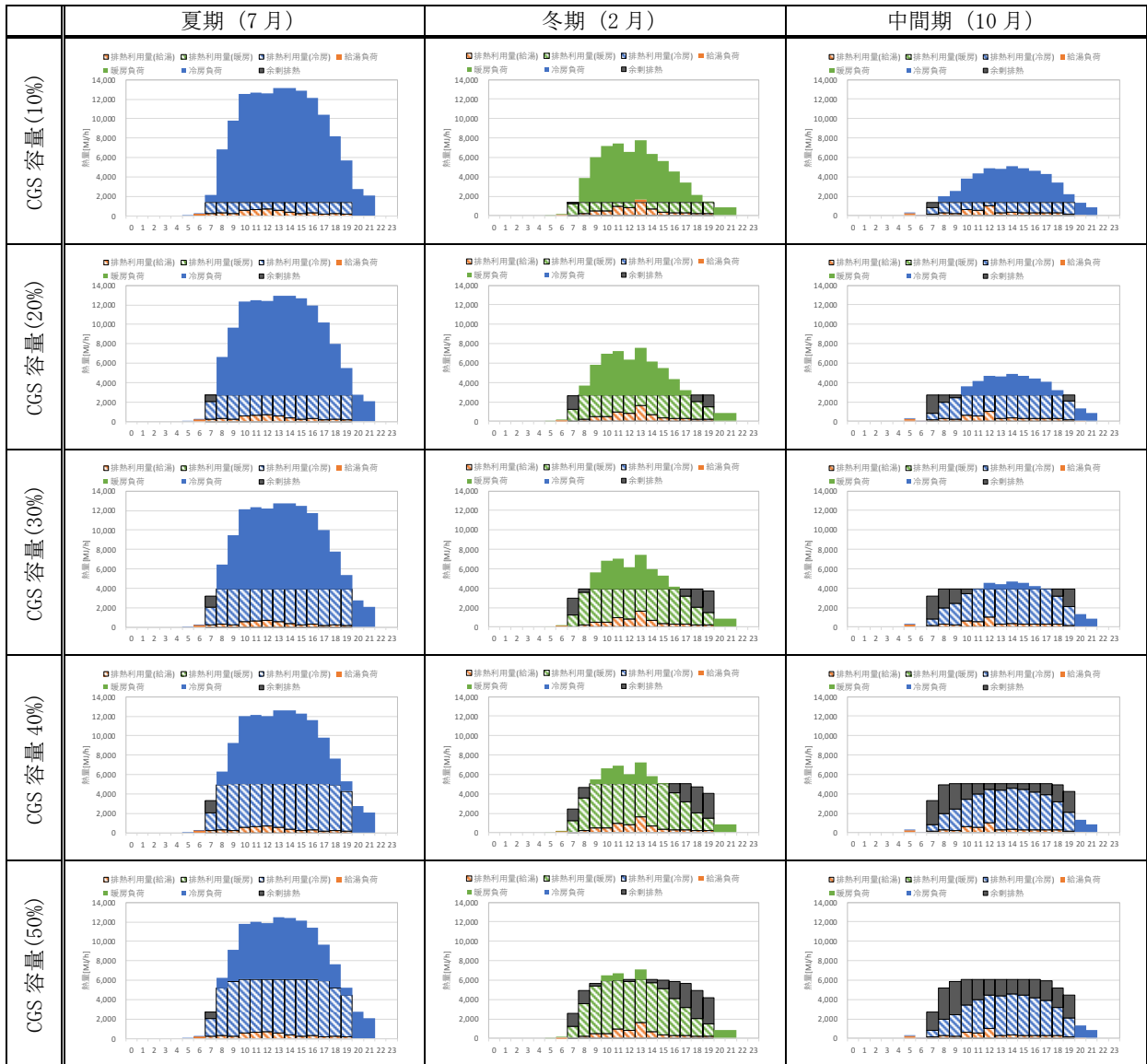


表5.4.5.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(5) 小中学校+大学（省エネ）モデル

小中学校を中心に省エネ対策を実施した大学を含めたエリアにCGSを導入した場合、大学側の面積及び需要量が大きいいため、前述する大学（省エネ）に単独でCGSを導入したケースと大きく変わらない結果となっており、CGS容量が大きくなると余剰の排熱量が大きくなっている。

表5.4.6.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +大学（省エネ） 100,000m ²				
ピーク電力	kW	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
定格発電効率	%	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6
吸収式冷温水器容量	RT	301	281	841	1,084	1,310
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	150	290	421	542	655
最低買電量	kW	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3

表5.4.6.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

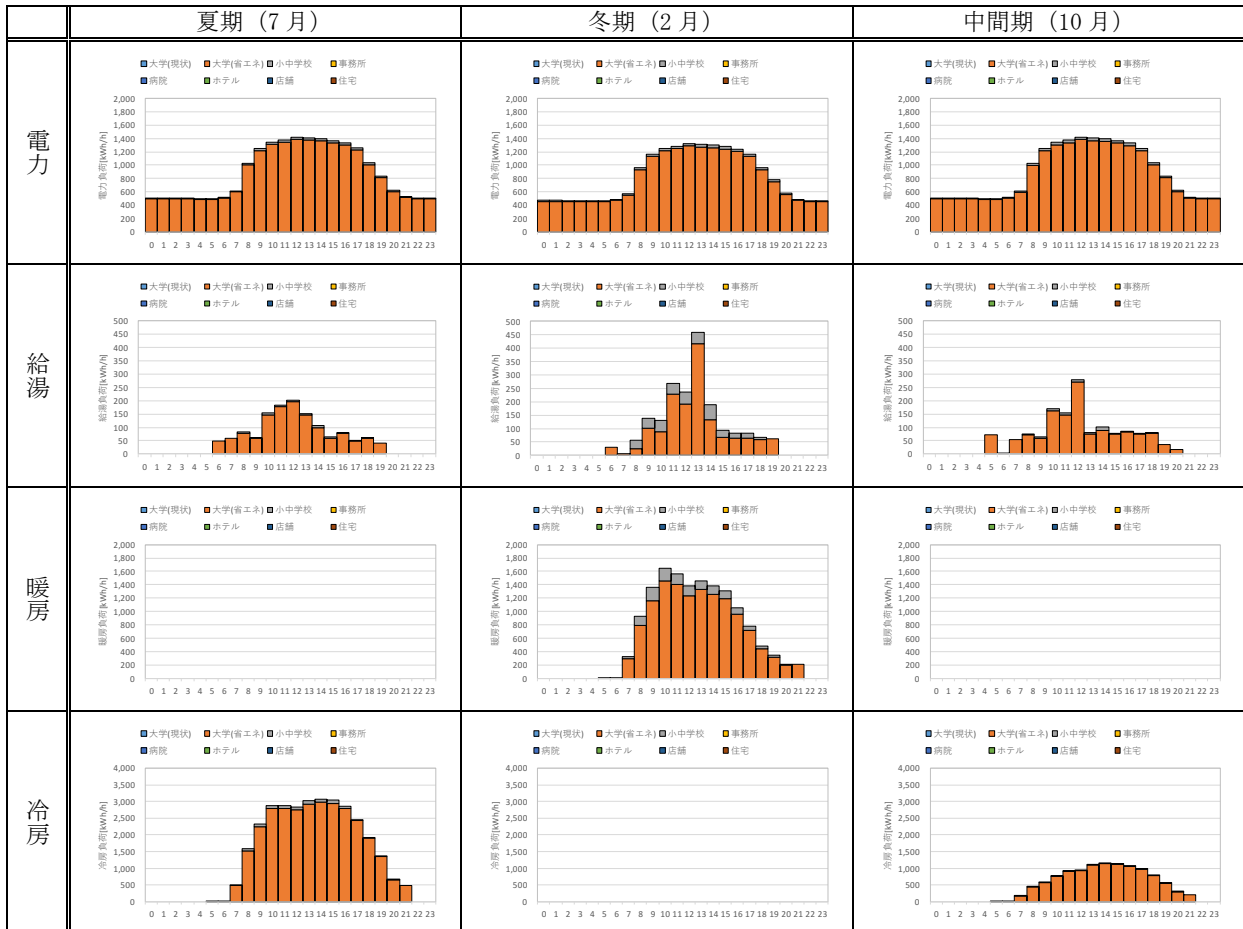


表5.4.6.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

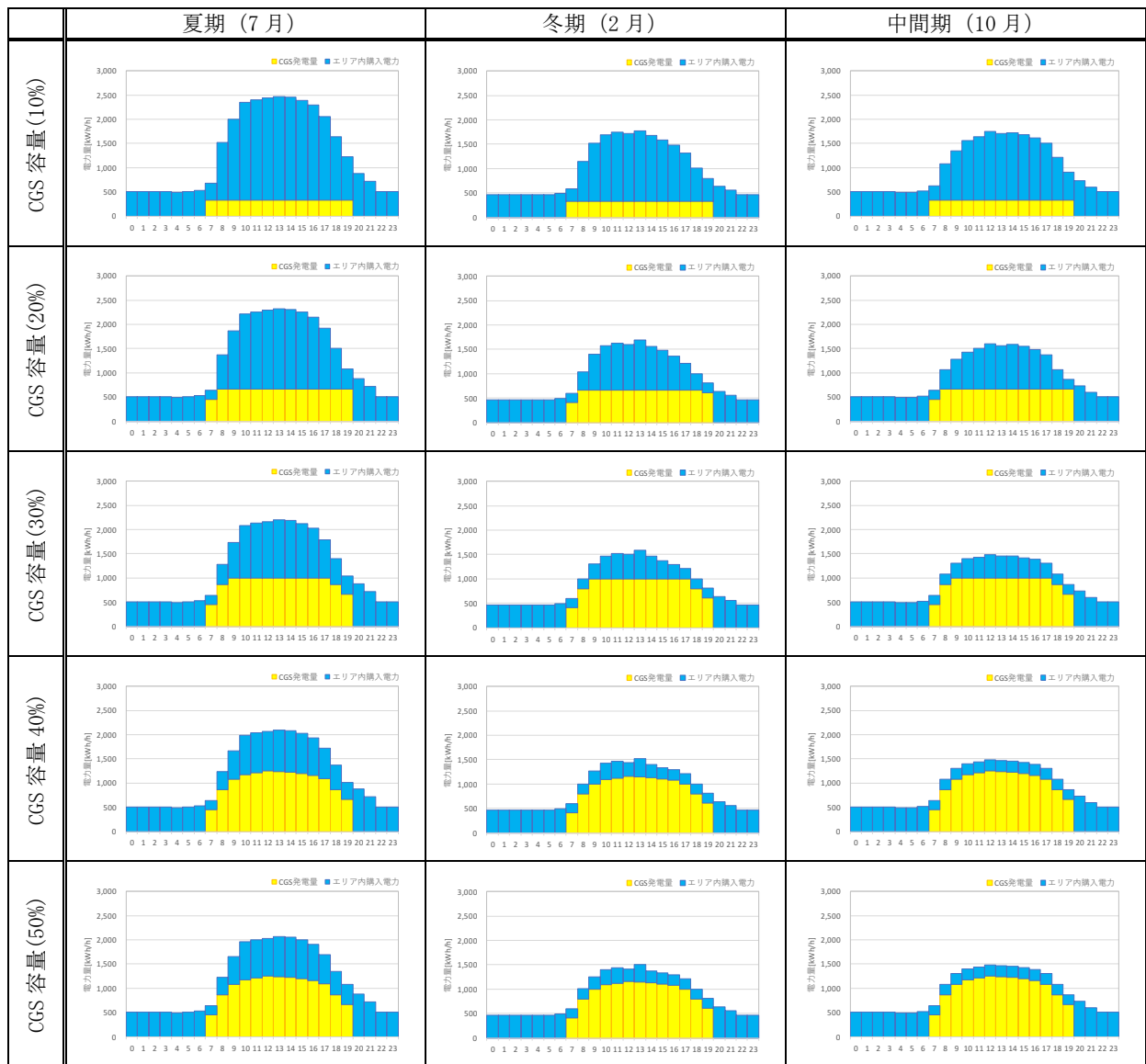
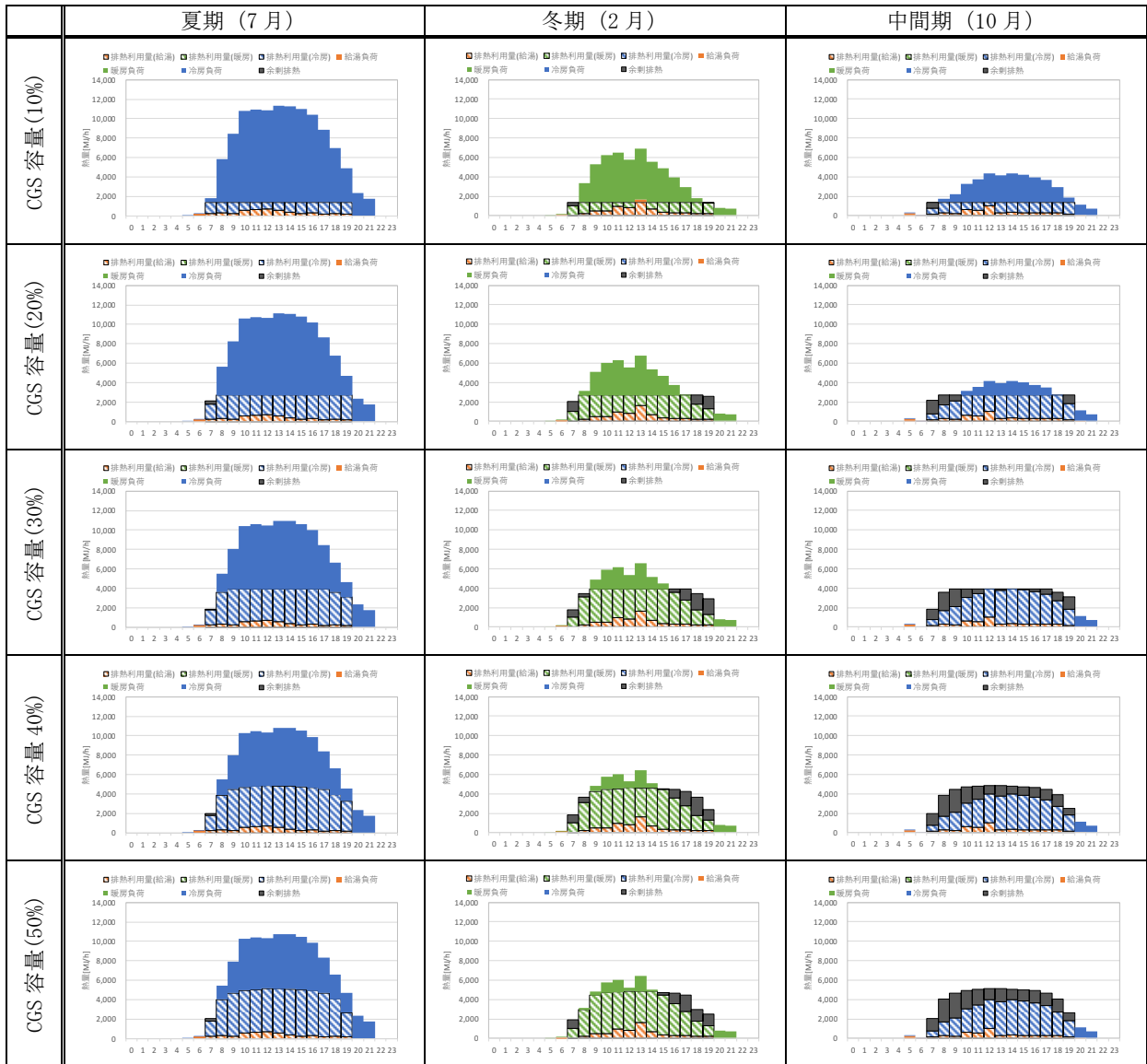


表5.4.6.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(6) 小中学校+事務所 (5,000m²) モデル

小中学校を中心に事務所ビル (5,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、事務所ビルは電力需要が大きく給湯需要が少ないことで、導入するCGS容量が大きく想定され、夏期・冬期の空調用に排熱が使用されるものの、中間期に余剰となる排熱量が大きくなっている。

表5.4.7.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +事務所 5,000m ²				
ピーク電力	kW	326	326	326	326	326
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.3	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
吸収式冷温水器容量	RT	30	60	90	120	149
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	15	30	45	60	75
最低買電量	kW	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3

表5.4.7.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

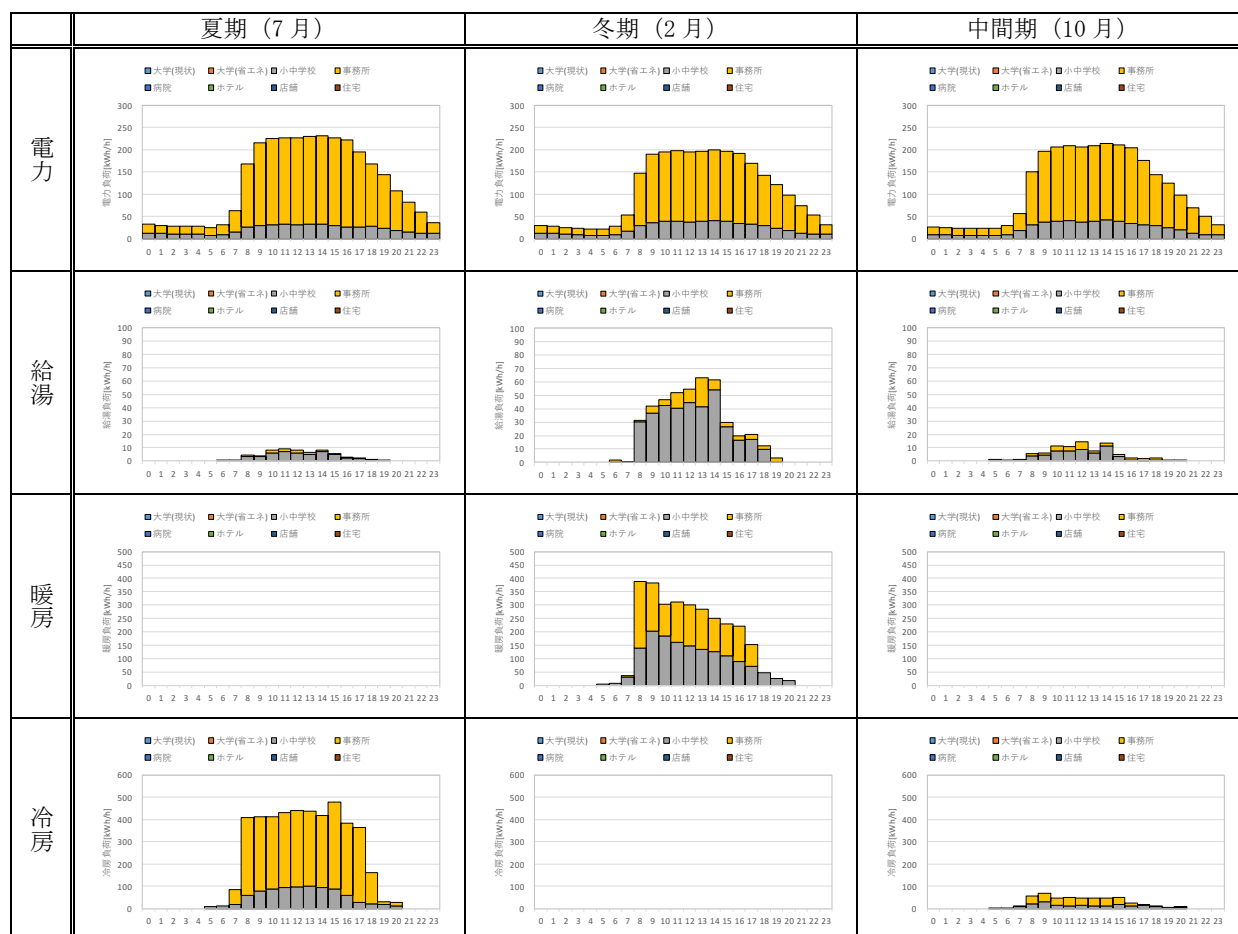


表5.4.7.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

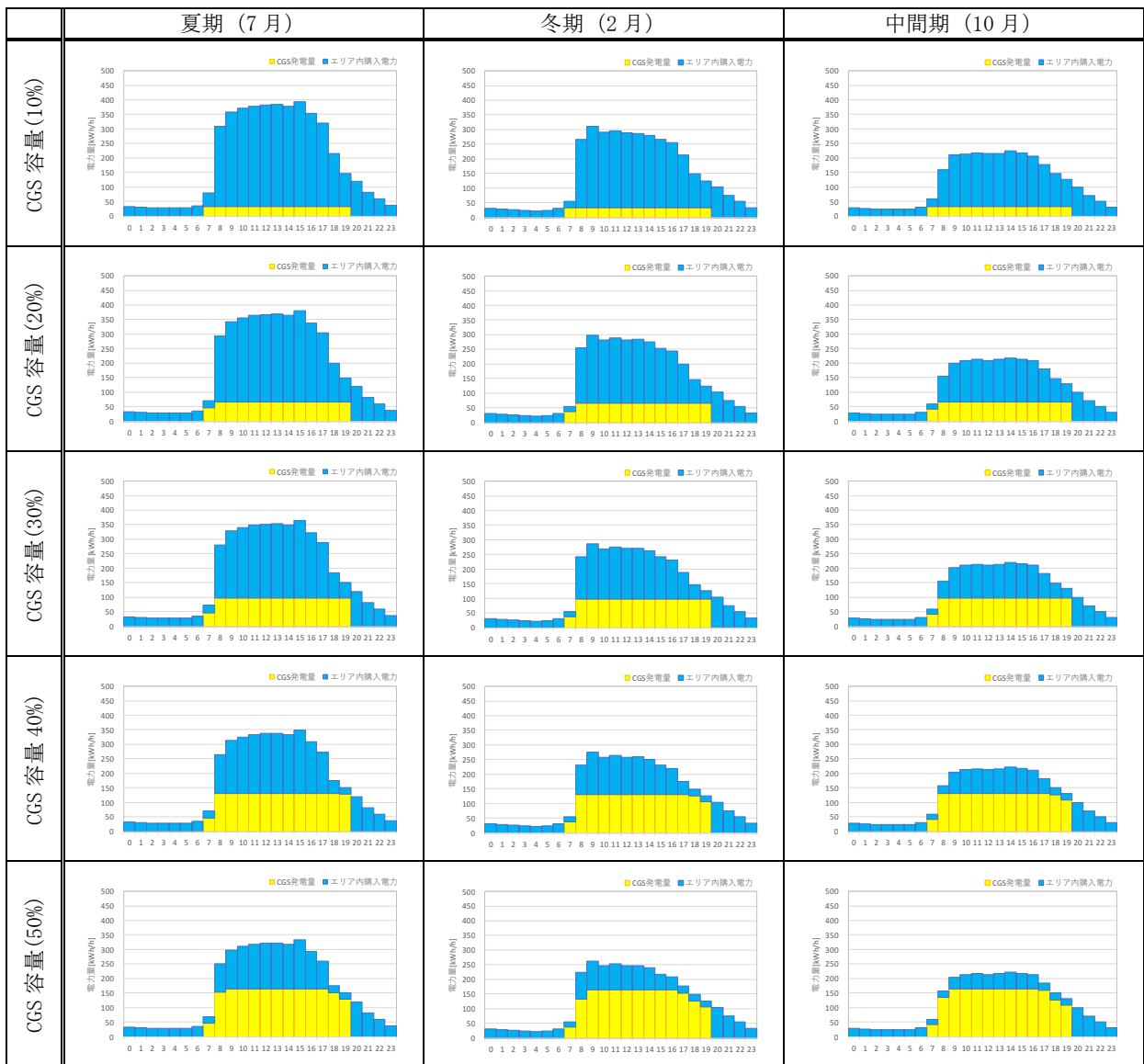
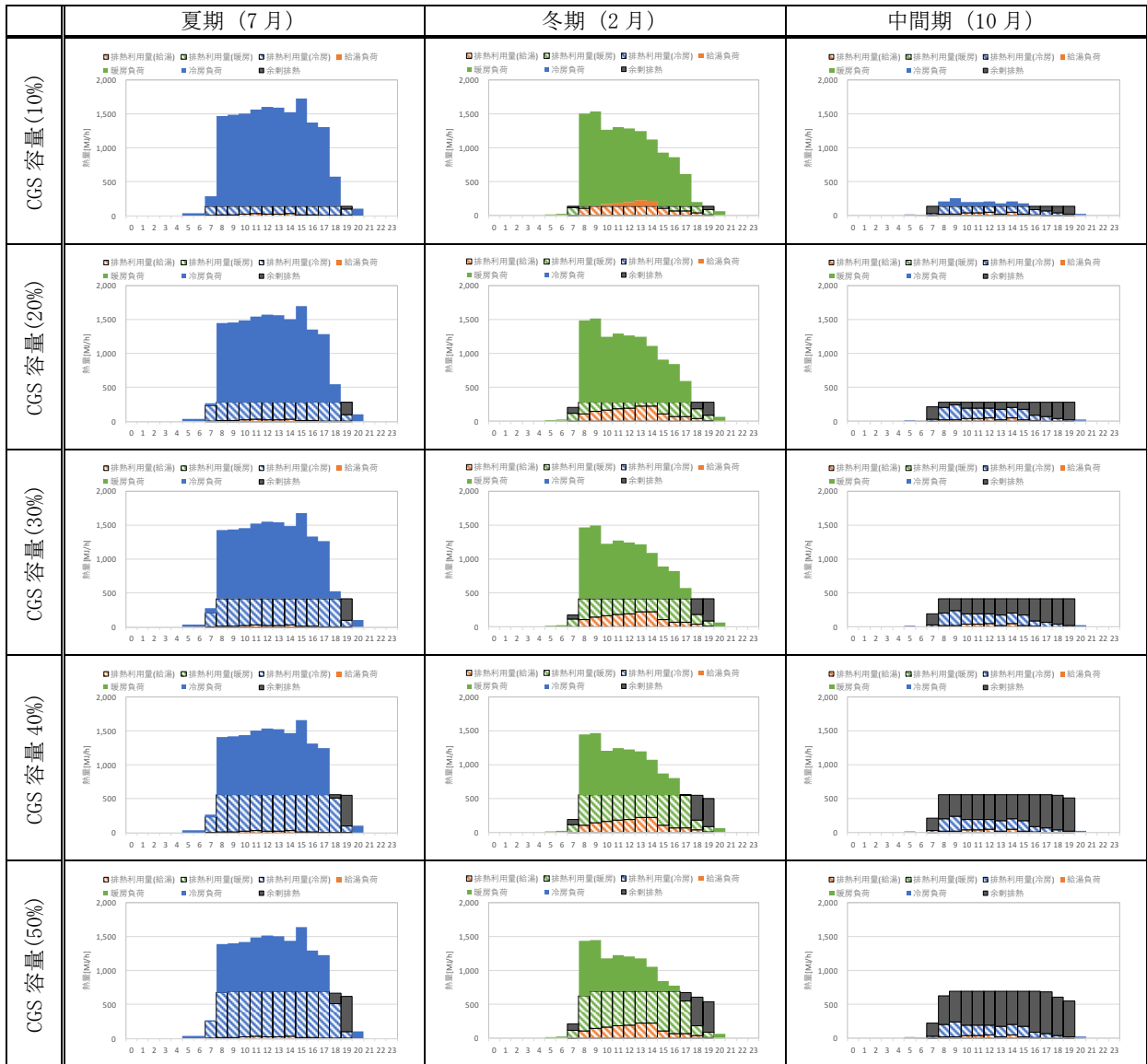


表5.4.7.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(7) 小中学校+事務所 (10,000m²) モデル

小中学校を中心に事務所ビル (10,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、事務所ビルは電力需要が大きく給湯需要が少ないことで、5,000m²の事務所ビルよりも導入するCGS容量が大きく想定され、夏期・冬期の空調用に排熱が使用されるものの、中間期に余剰となる排熱量がさらに大きくなっている。

表5.4.8.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +事務所 10,000m ²				
ピーク電力	kW	576	576	576	576	576
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4
定格排熱回収効率	%	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5
吸収式冷温水器容量	RT	53	106	158	210	260
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	27	53	79	105	130
最低買電量	kW	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8

表5.4.8.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

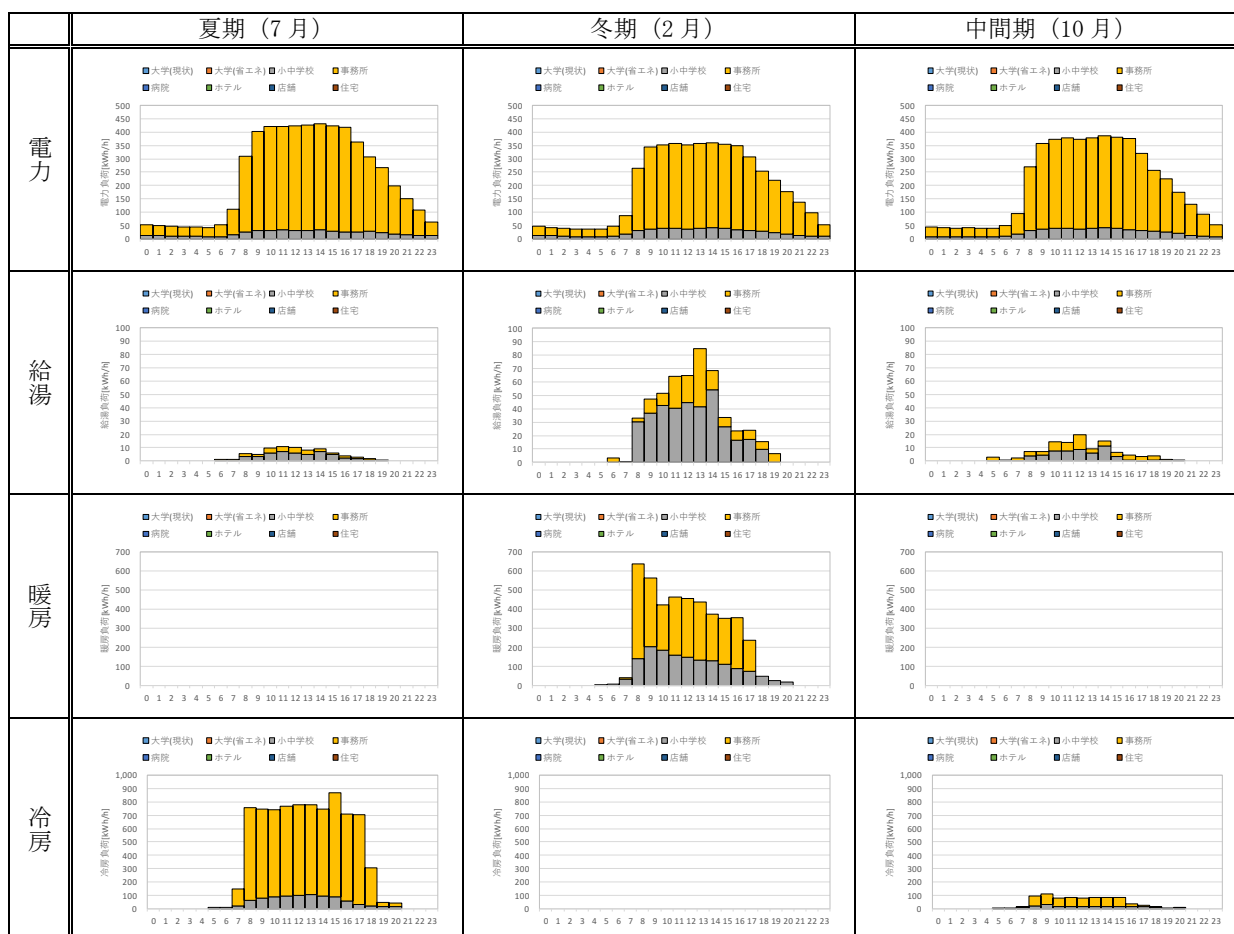


表5.4.8.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

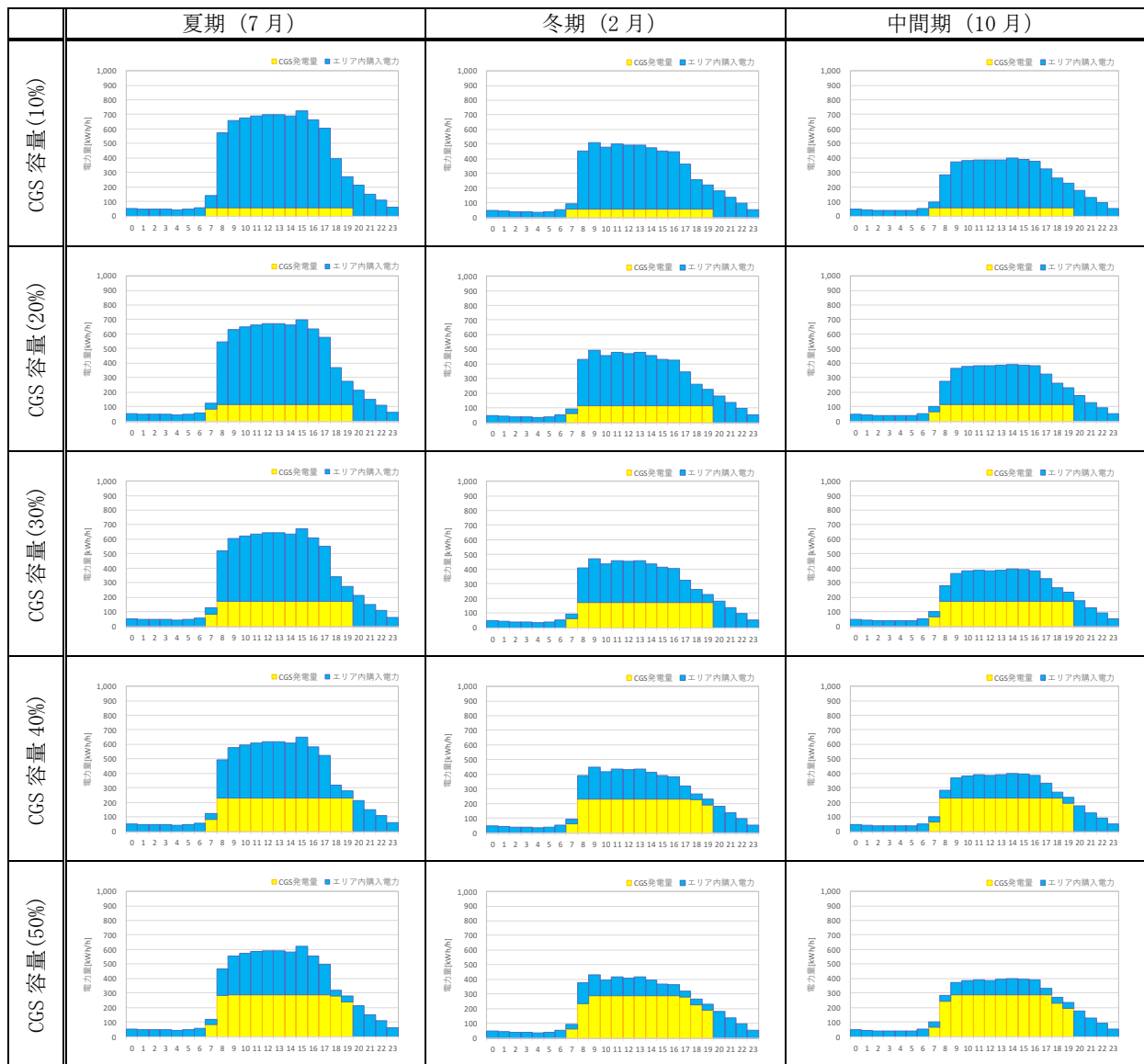
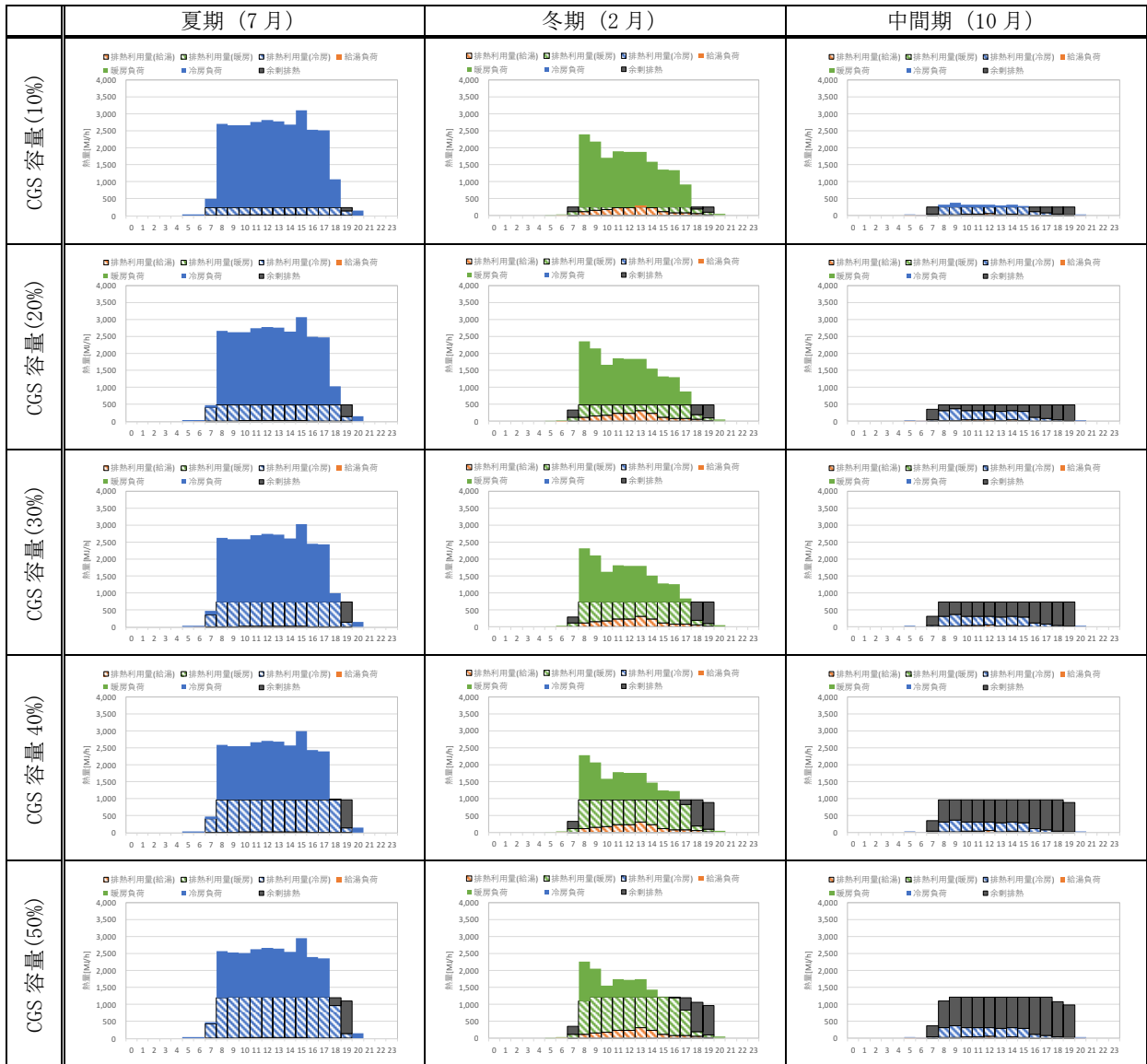


表5.4.8.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(8) 小中学校+病院 (5,000m²) モデル

小中学校を中心に病院 (5,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、病院は給湯需要が多いことで、ピーク電力30%のCGS容量でも中間期に余剰となる排熱量が少ない結果となっている。但し、40%~50%程度まで容量を大きくすると中間期の余剰排熱が発生するため、台数制御等が有効になると考えられる。

表5.4.9.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +病院 5,000m ²				
ピーク電力	kW	311	311	311	311	311
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
吸収式冷温水器容量	RT	29	58	86	114	142
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	15	29	43	57	71
最低買電量	kW	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5

表5.4.9.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

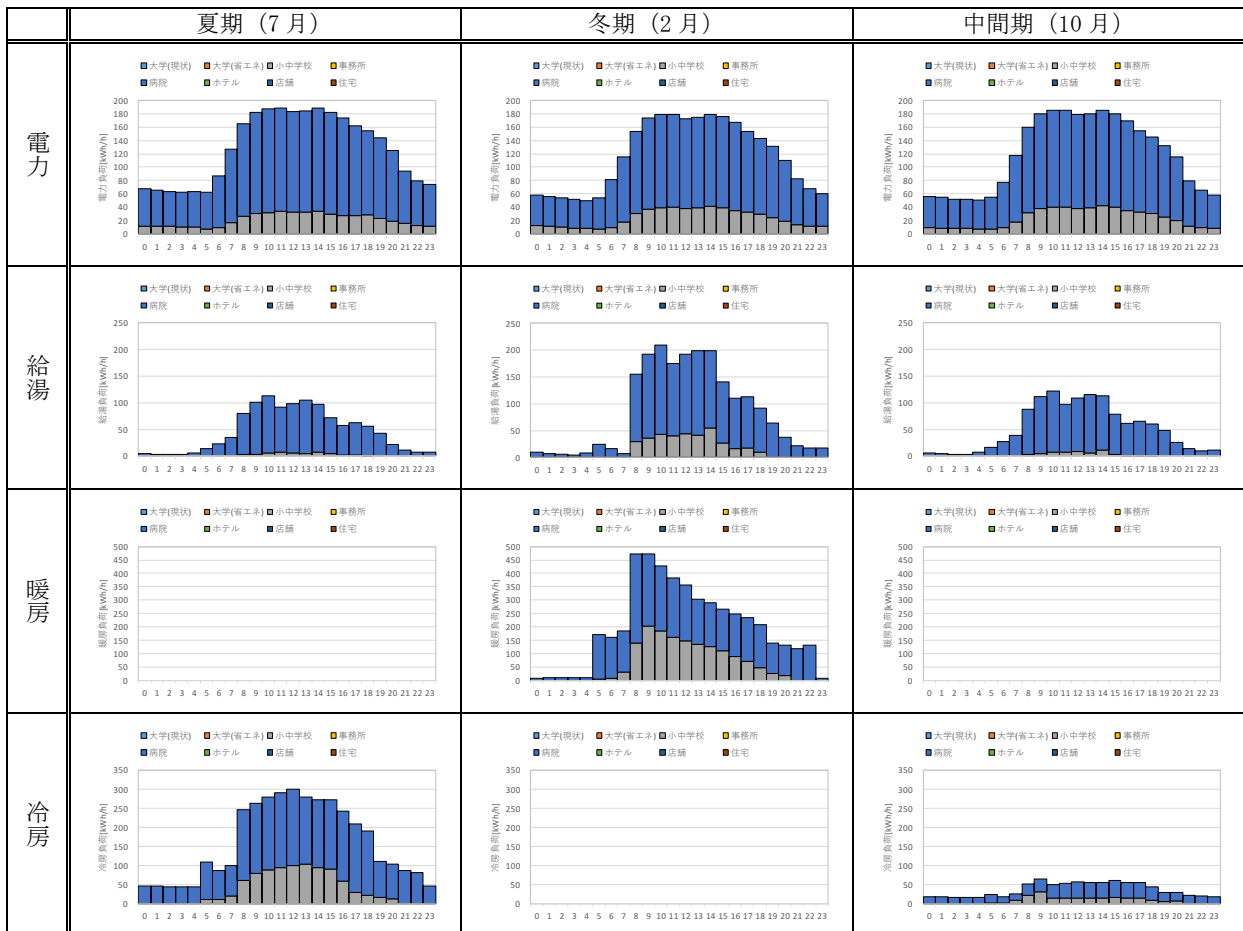


表5.4.9.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

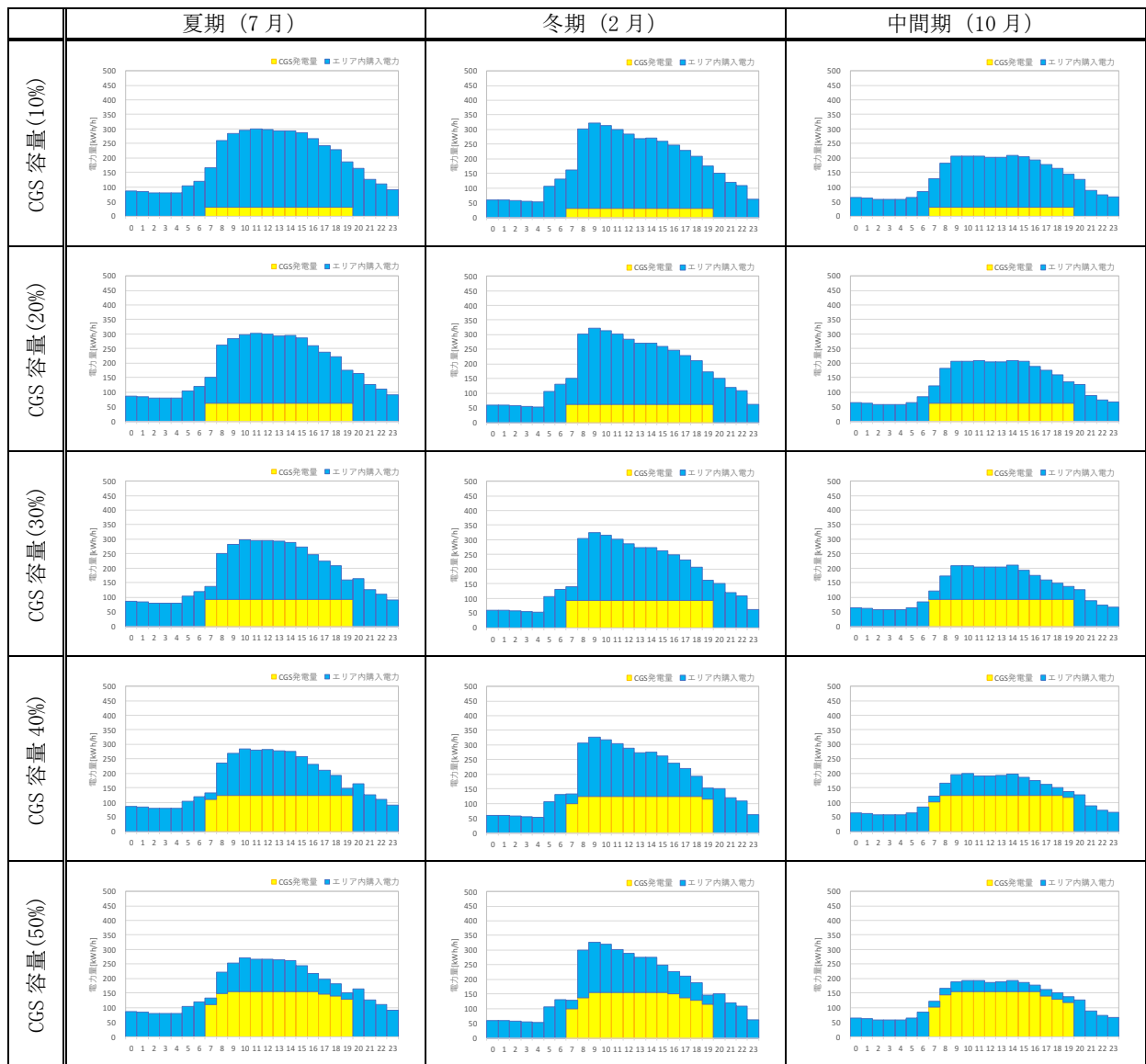
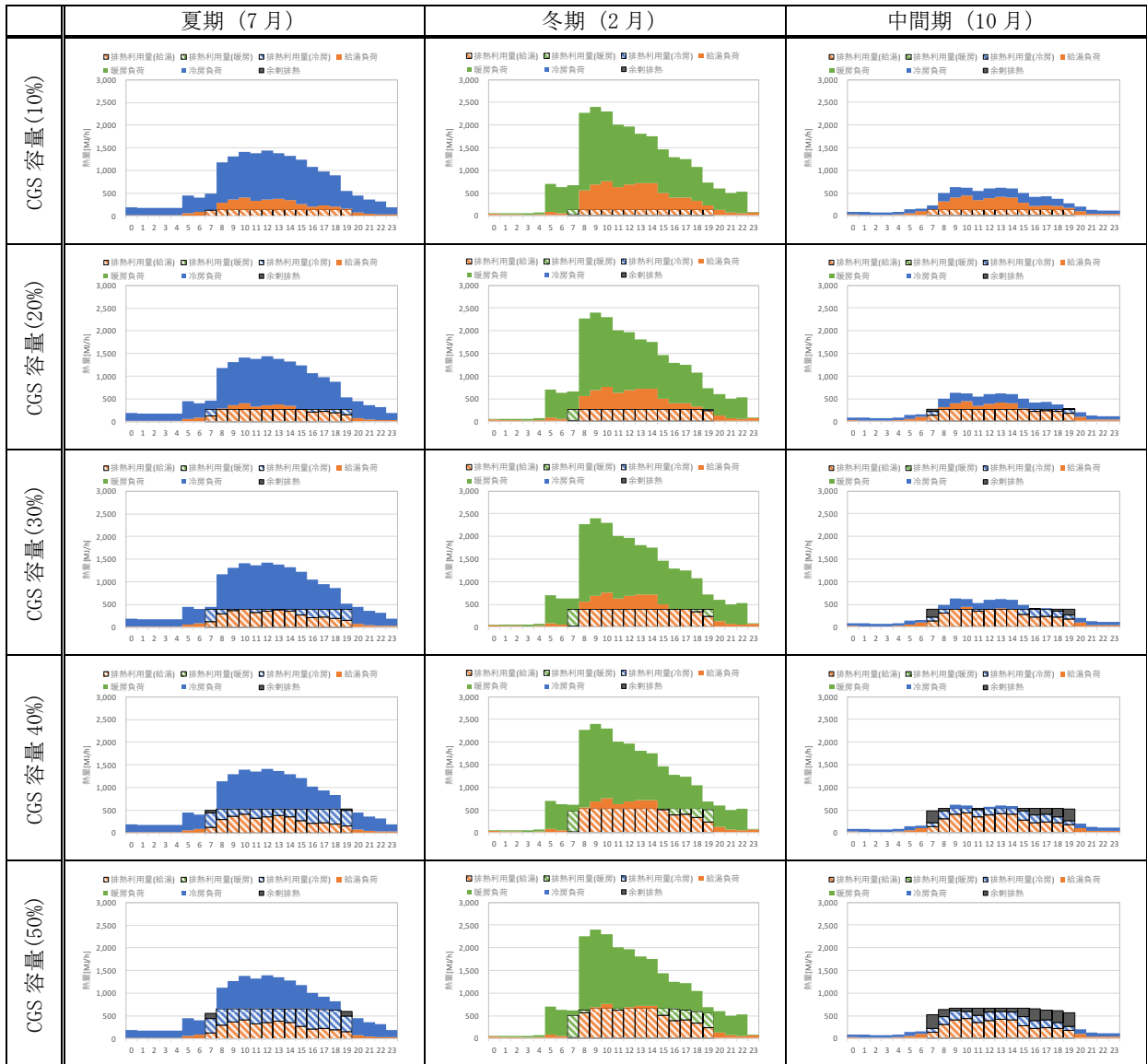


表5.4.9.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(9) 小中学校+病院 (10,000m²) モデル

小中学校を中心に病院 (10,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、小中学校の需要量に比べて病院の需要量の占める割合がほとんどとなる。病院側の給湯需要が多いことで、夏期・冬期とも給湯用に排熱を使用できているものの、CGS容量が40%~50%程度まで大きくなると中間期の余剰排熱が発生する。

表5.4.10.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +病院 10,000m ²				
ピーク電力	kW	559	559	559	559	559
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	55.9	111.8	167.7	223.5	279.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	27.9	55.9	83.8	111.8	139.7
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.3	35.3	35.4
定格排熱回収効率	%	44.2	44.0	43.9	43.7	43.5
吸収式冷温水器容量	RT	52	103	154	203	253
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	26	52	77	102	126
最低買電量	kW	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9

表5.4.10.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

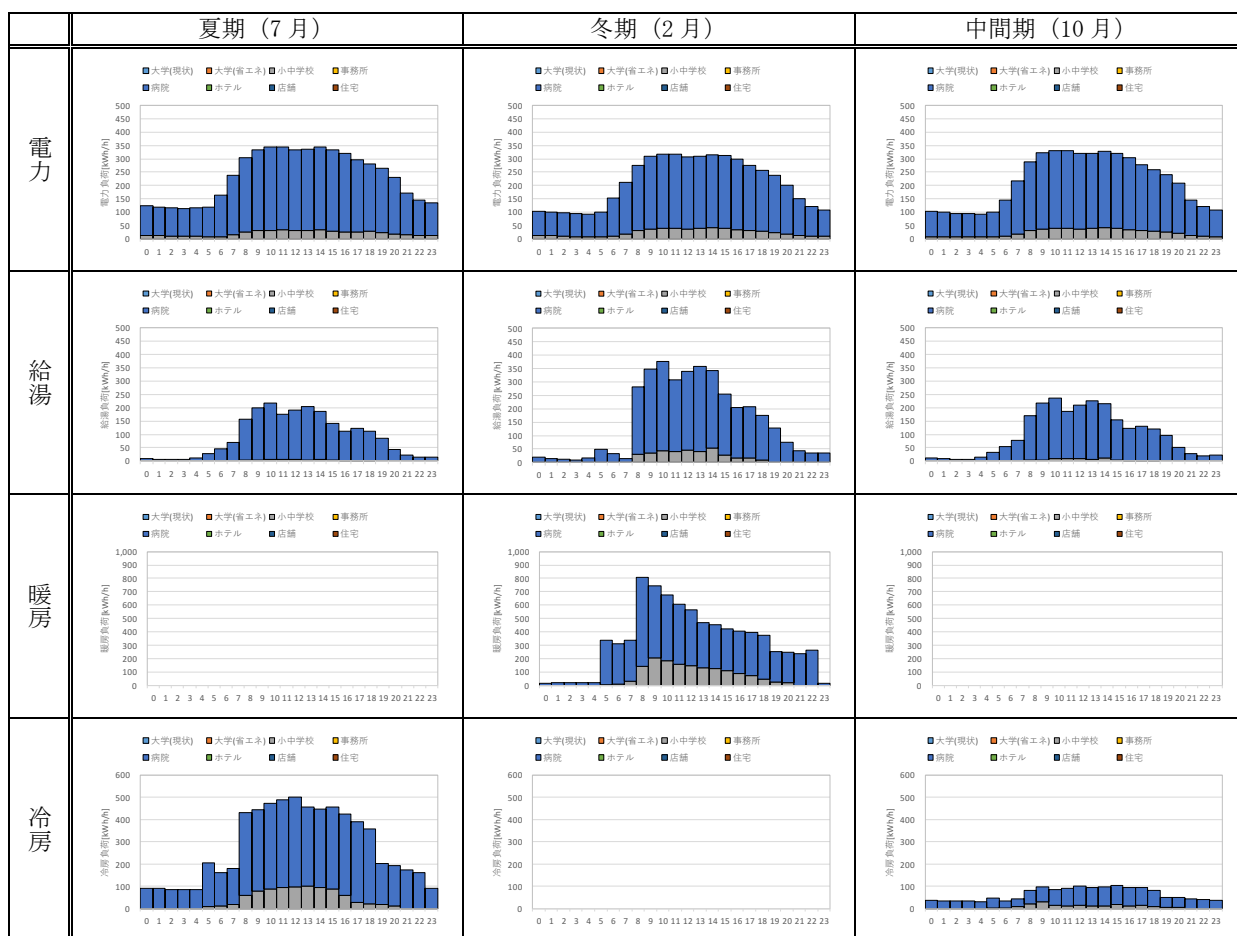


表5.4.10.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

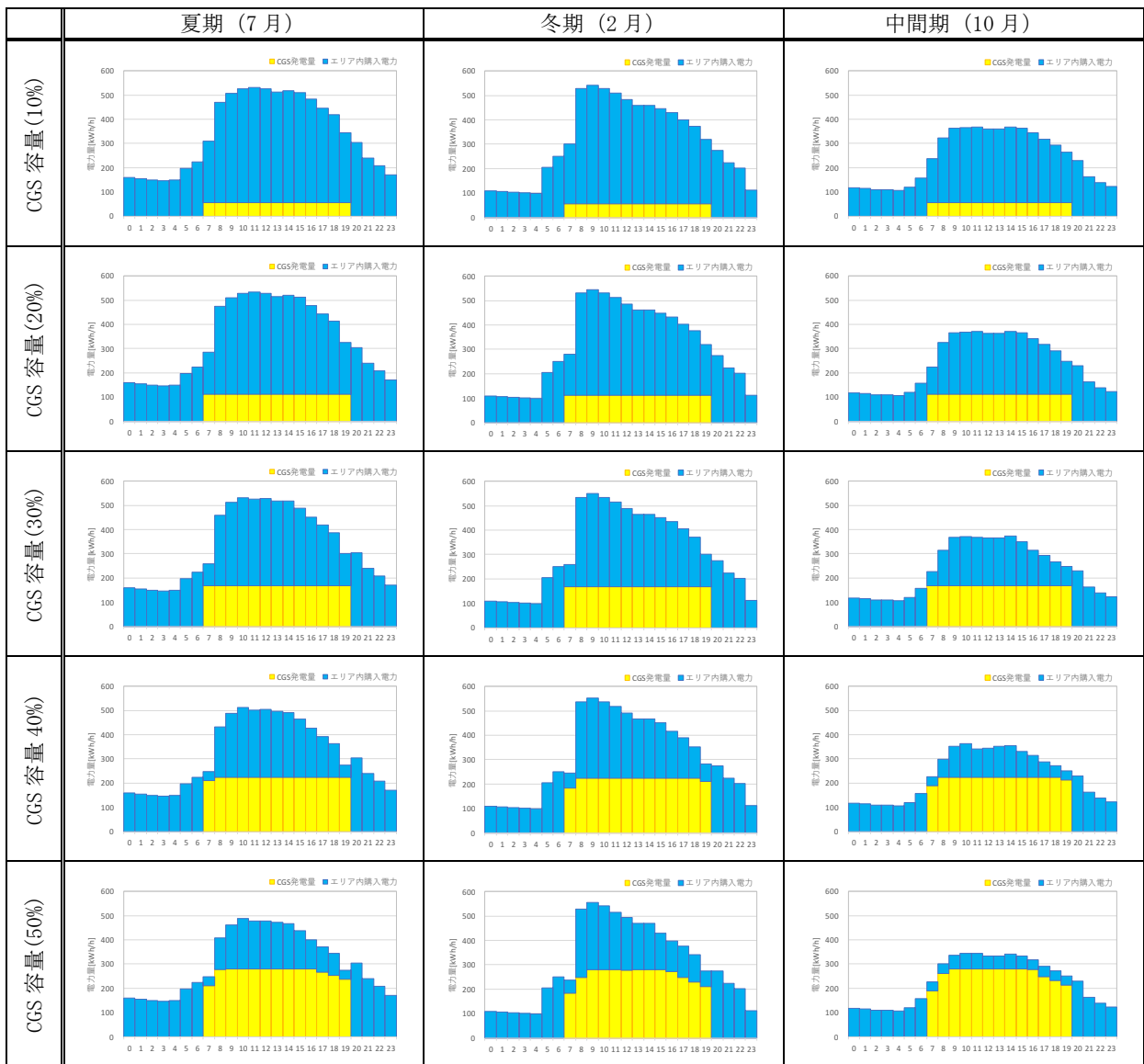
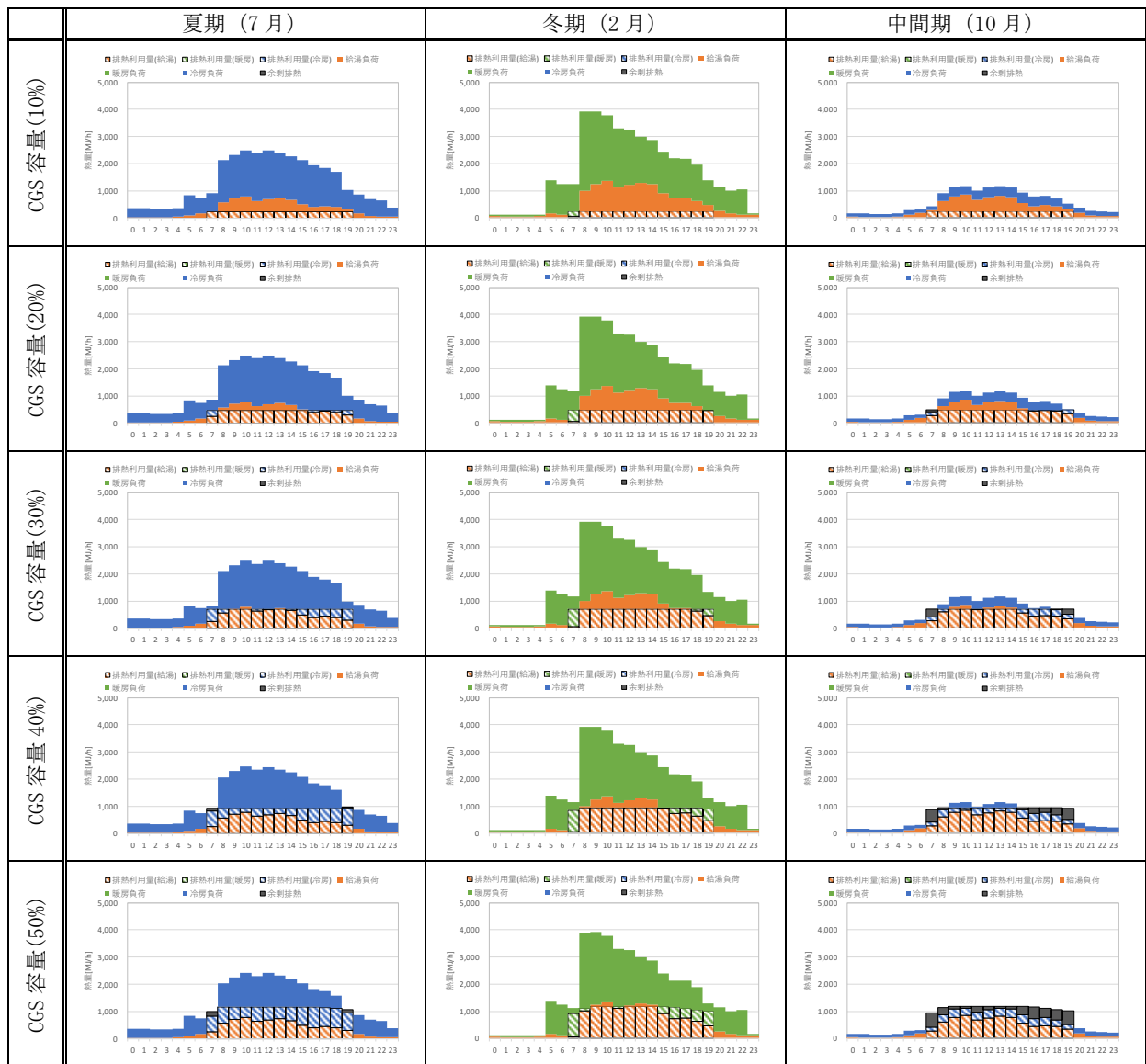


表5.4.10.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(10) 小中学校+ホテル (5,000m²) モデル

小中学校を中心にホテル (5,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、ホテルも病院と同様には給湯需要が多いことで、ピーク電力30%のCGS容量でも中間期に余剰となる排熱量が少ない結果となっている。但し、40%~50%程度まで容量を大きくすると中間期の余剰排熱が発生するため、台数制御等が有効になると考えられる。

表5.4.11.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +ホテル 5,000m ²				
ピーク電力	kW	327	327	327	327	327
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
吸収式冷温水器容量	RT	30	60	90	120	150
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	15	30	45	60	75
最低買電量	kW	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3

表5.4.11.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

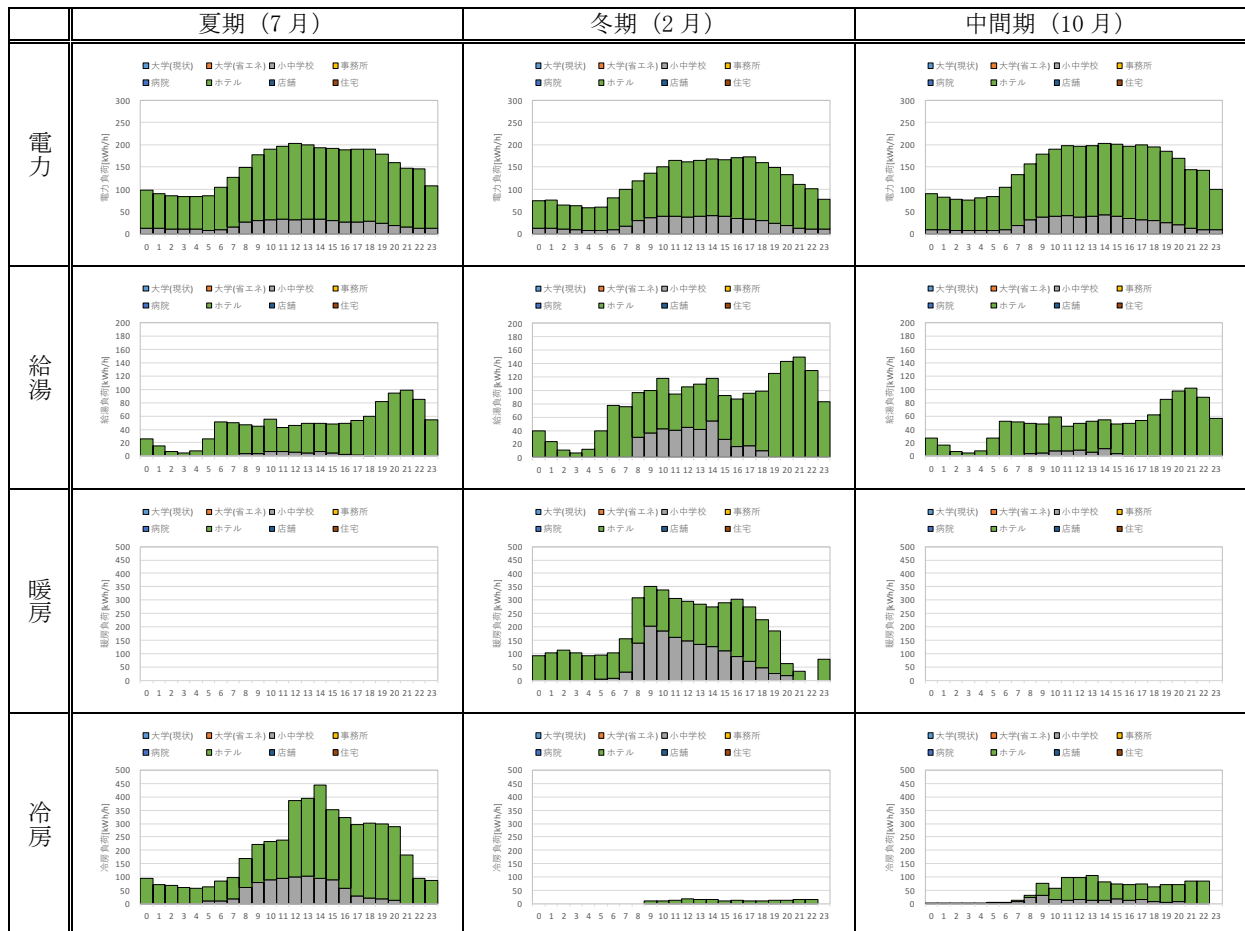


表5.4.11.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

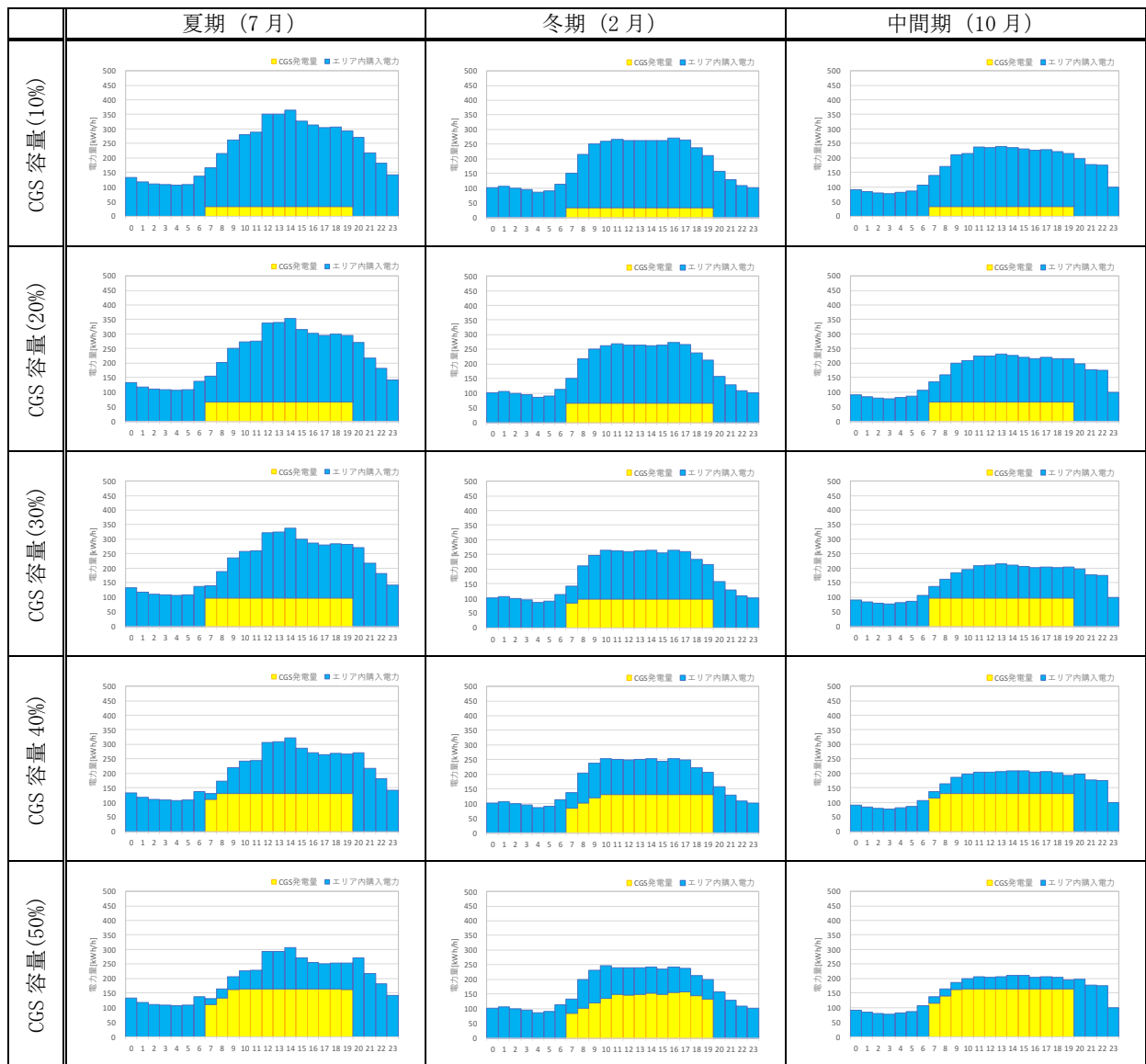
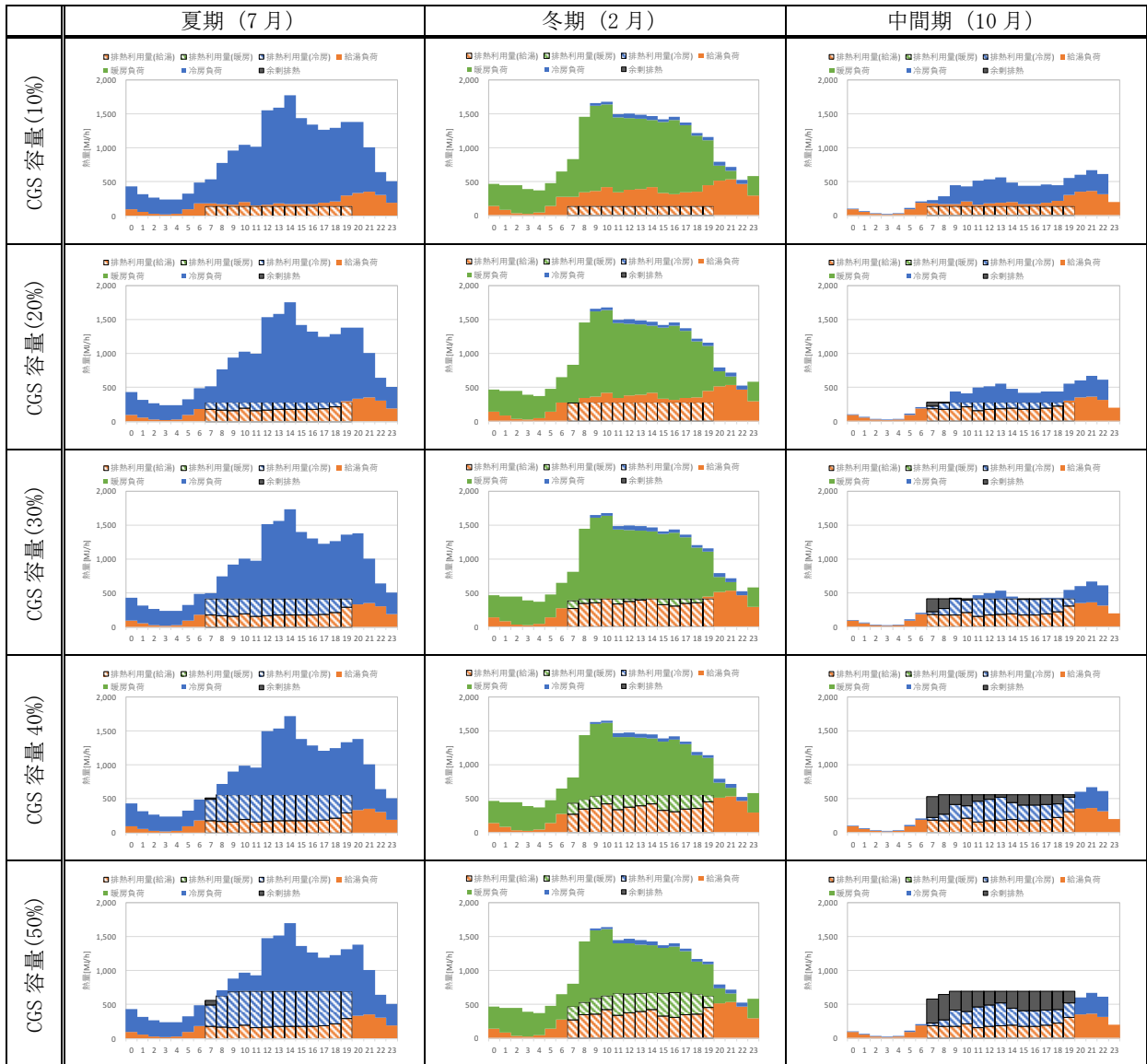


表5.4.11.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(11) 小中学校+ホテル (10,000m²) モデル

小中学校を中心にホテル (10,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、小中学校の需要量に比べてホテルの需要量の占める割合がほとんどとなる。ホテル側の給湯需要が多いことで、夏期・冬期とも給湯用に排熱を使用できているものの、CGS容量が40%～50%程度まで大きくなると中間期の余剰排熱が発生する傾向となっている。

表5.4.12.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +ホテル 10,000m ²				
ピーク電力	kW	573	573	573	573	573
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	57.3	114.5	171.8	229.1	286.3
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	28.6	57.3	85.9	114.5	143.2
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4
定格排熱回収効率	%	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5
吸収式冷温水器容量	RT	53	106	157	208	259
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	27	53	79	104	129
最低買電量	kW	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6

表5.4.12.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

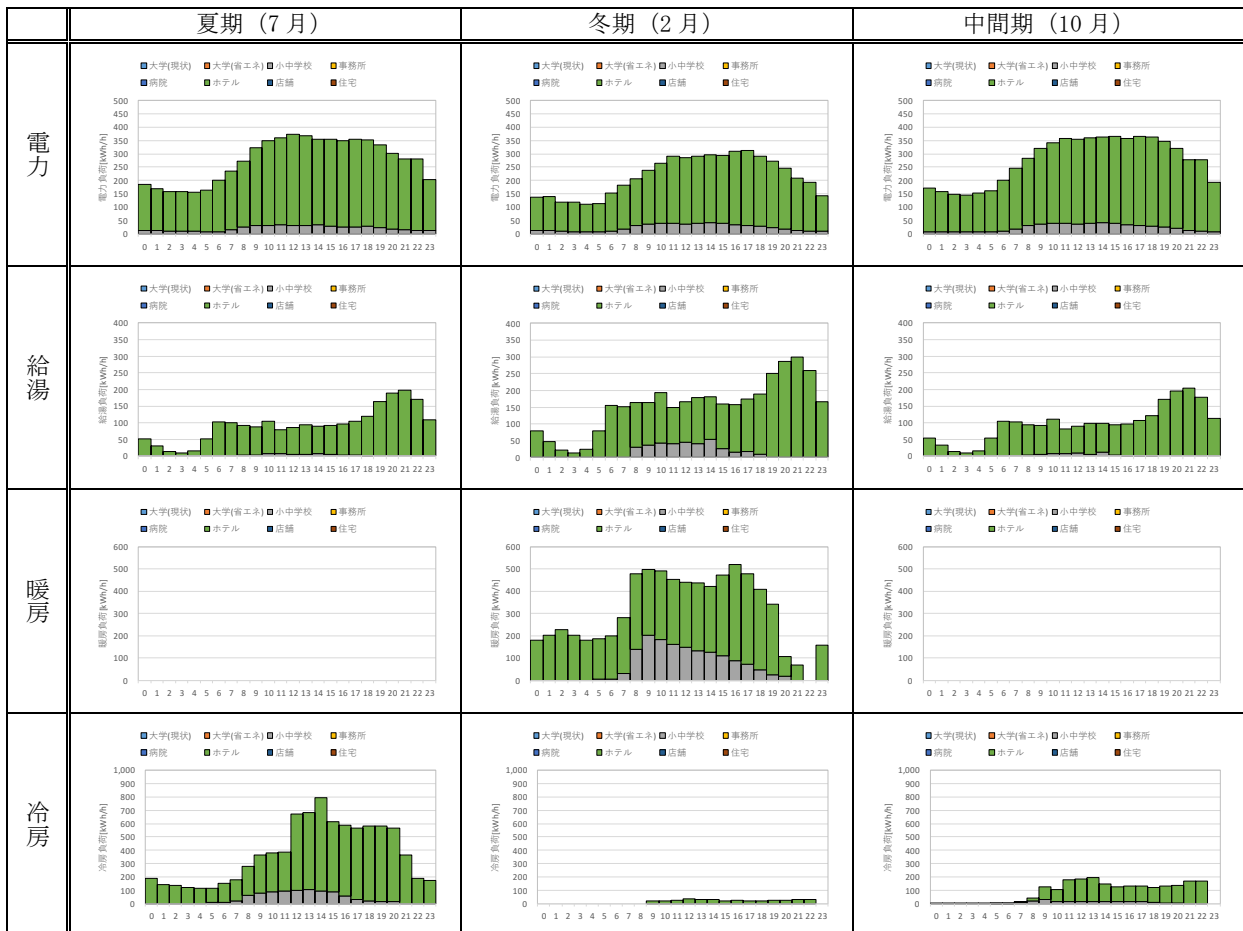


表5.4.12.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

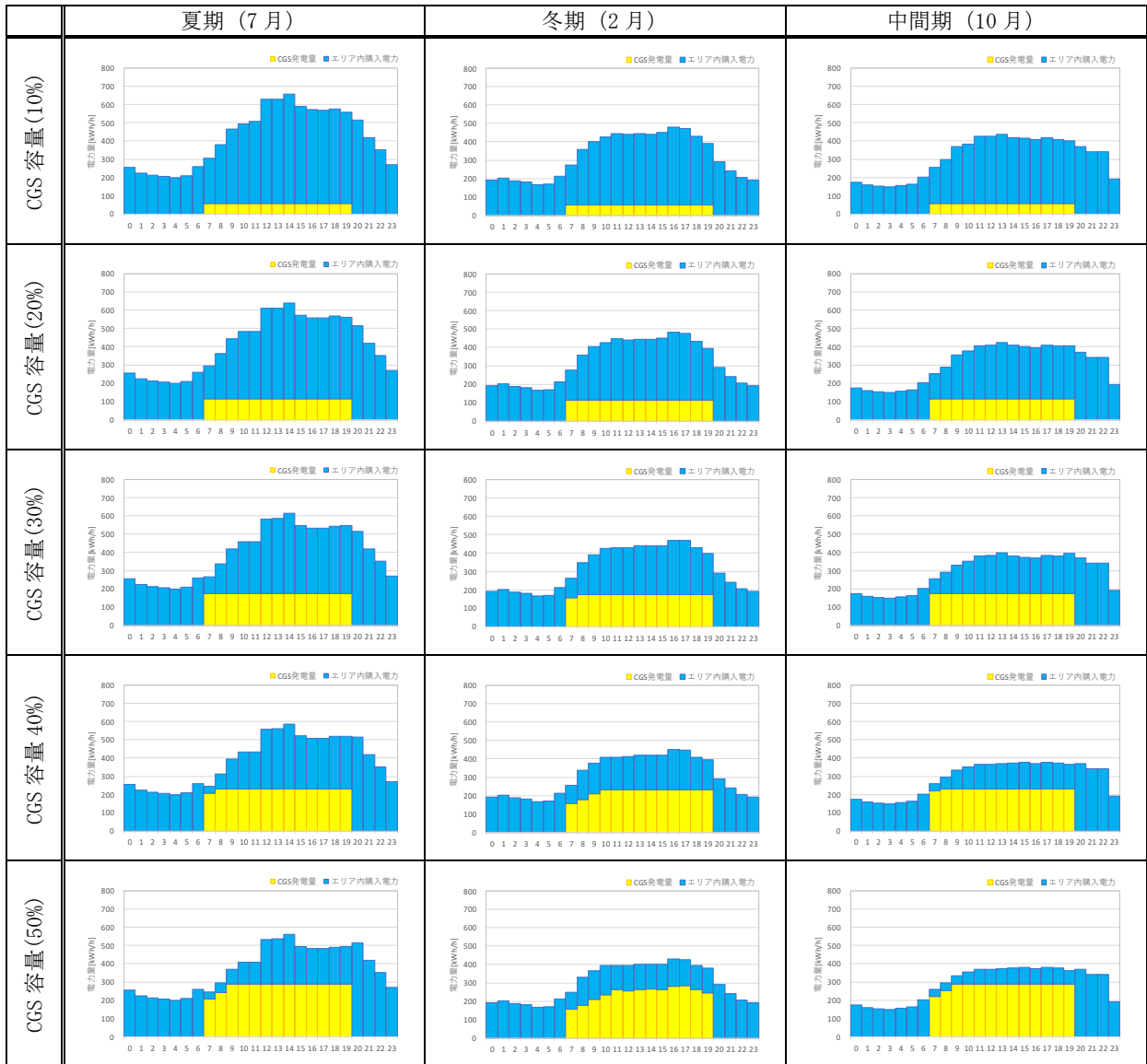
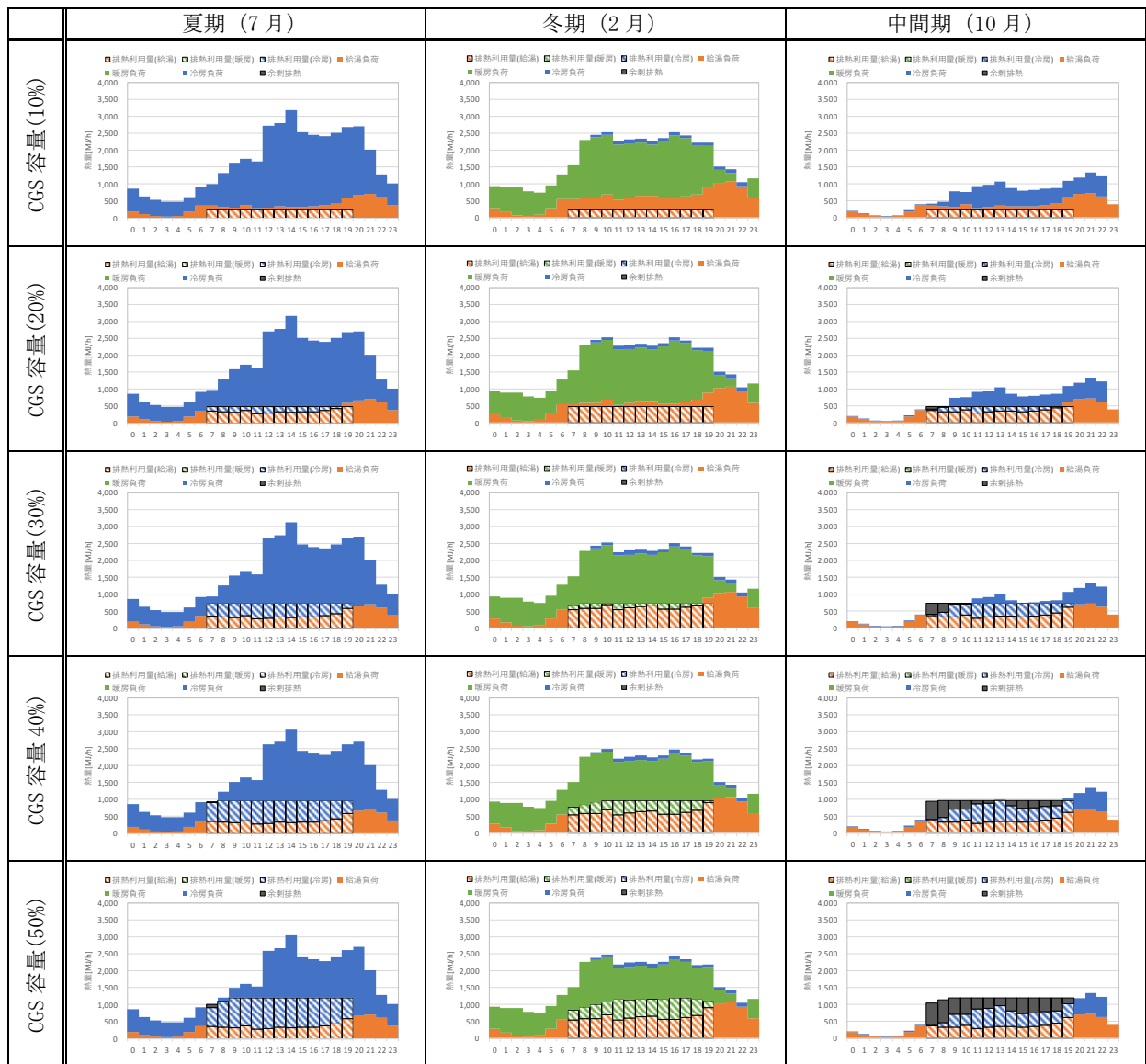


表5.4.12.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(12) 小中学校+店舗 (5,000m²) モデル

小中学校を中心に店舗 (5,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、店舗は電力需要が多いものの、中間期にも冷房需要があることと、小中学校と店舗の需要の発生する時間が類似しているため、余剰となる排熱量は比較的少ない。

表5.4.13.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +店舗 5,000m ²				
ピーク電力	kW	434	434	434	434	434
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.2	35.3	35.3
定格排熱回収効率	%	44.2	44.1	44.0	43.8	43.7
吸収式冷温水器容量	RT	40	80	120	159	198
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	20	40	60	79	99
最低買電量	kW	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7

表5.4.13.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

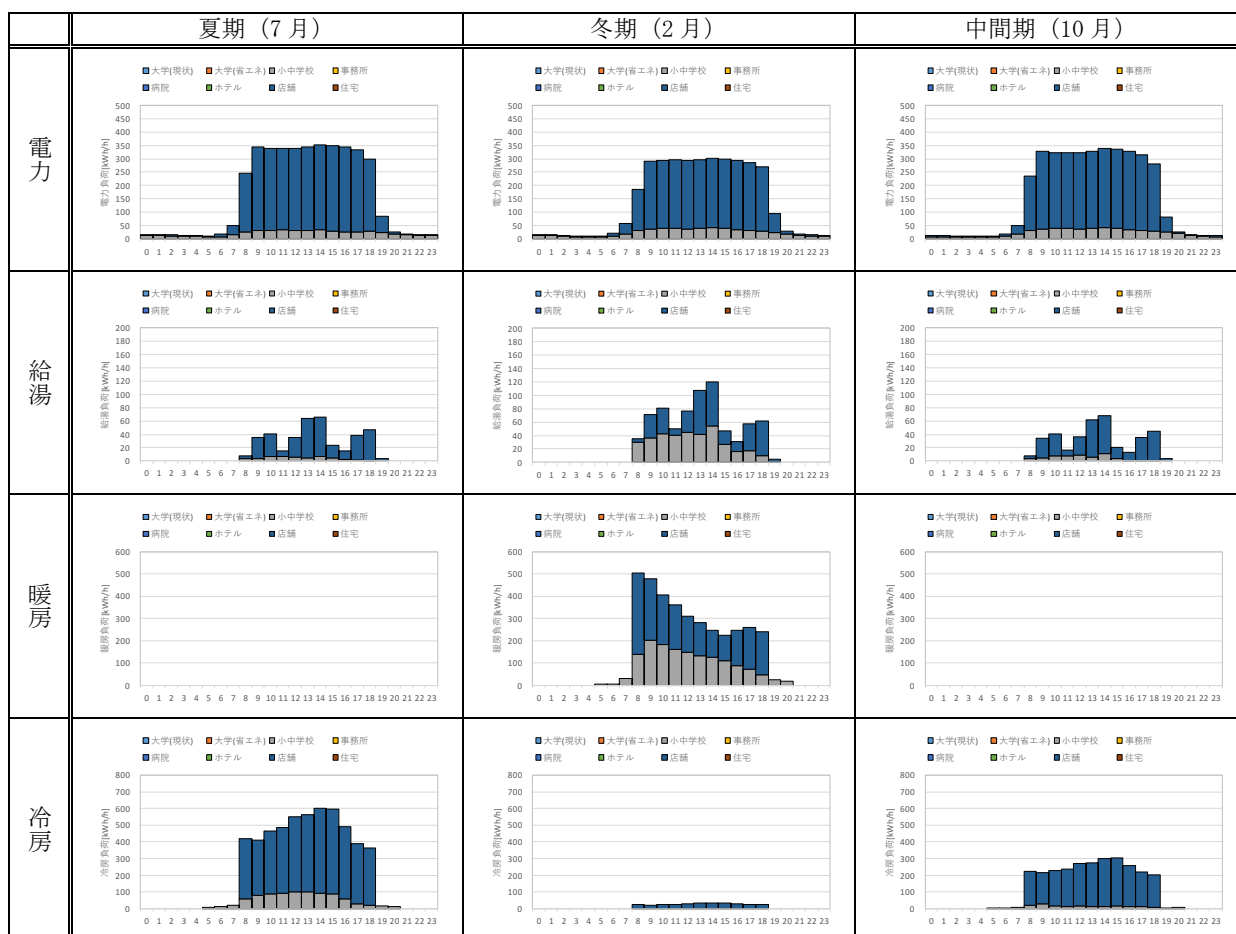


表5.4.13.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

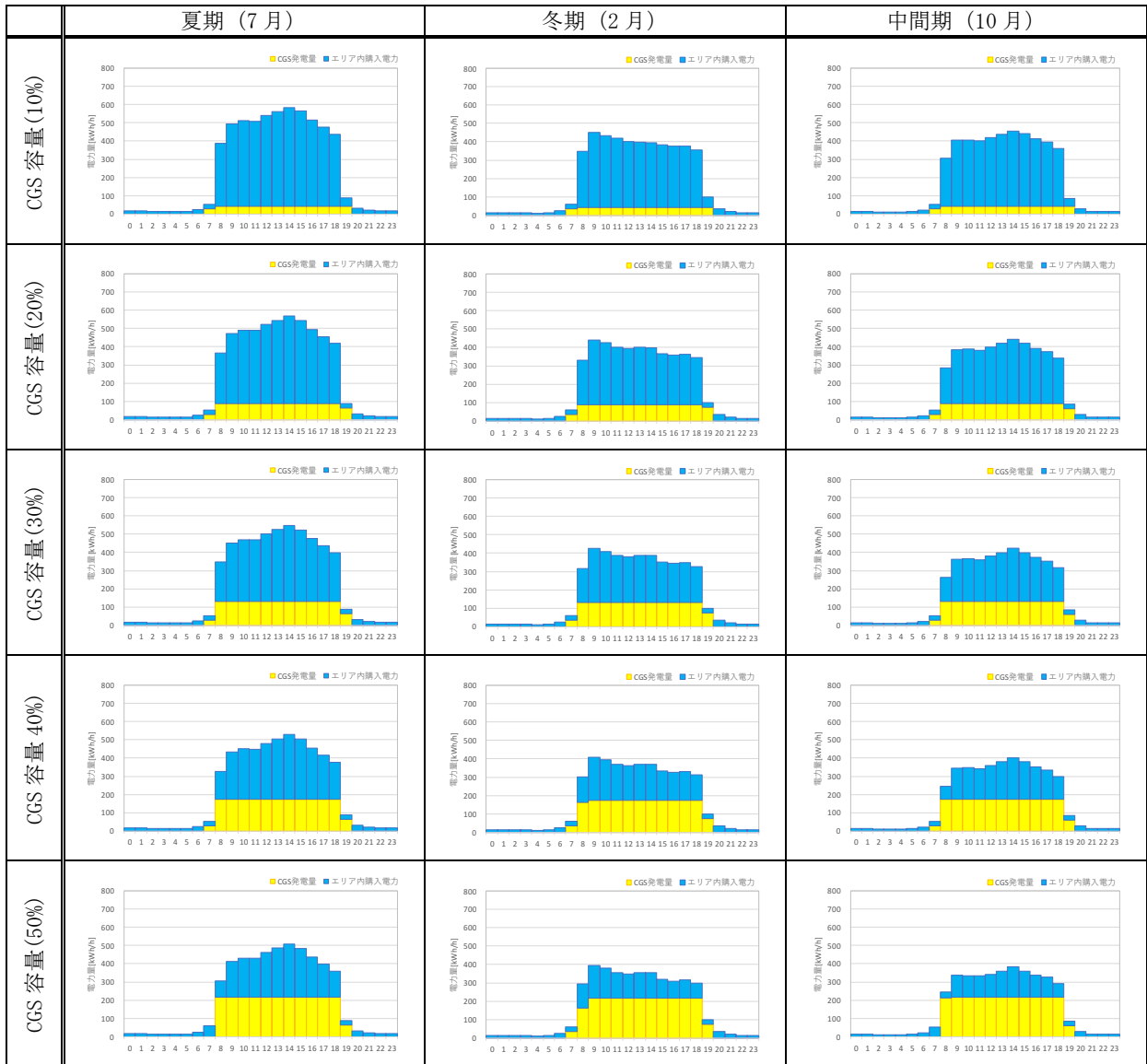
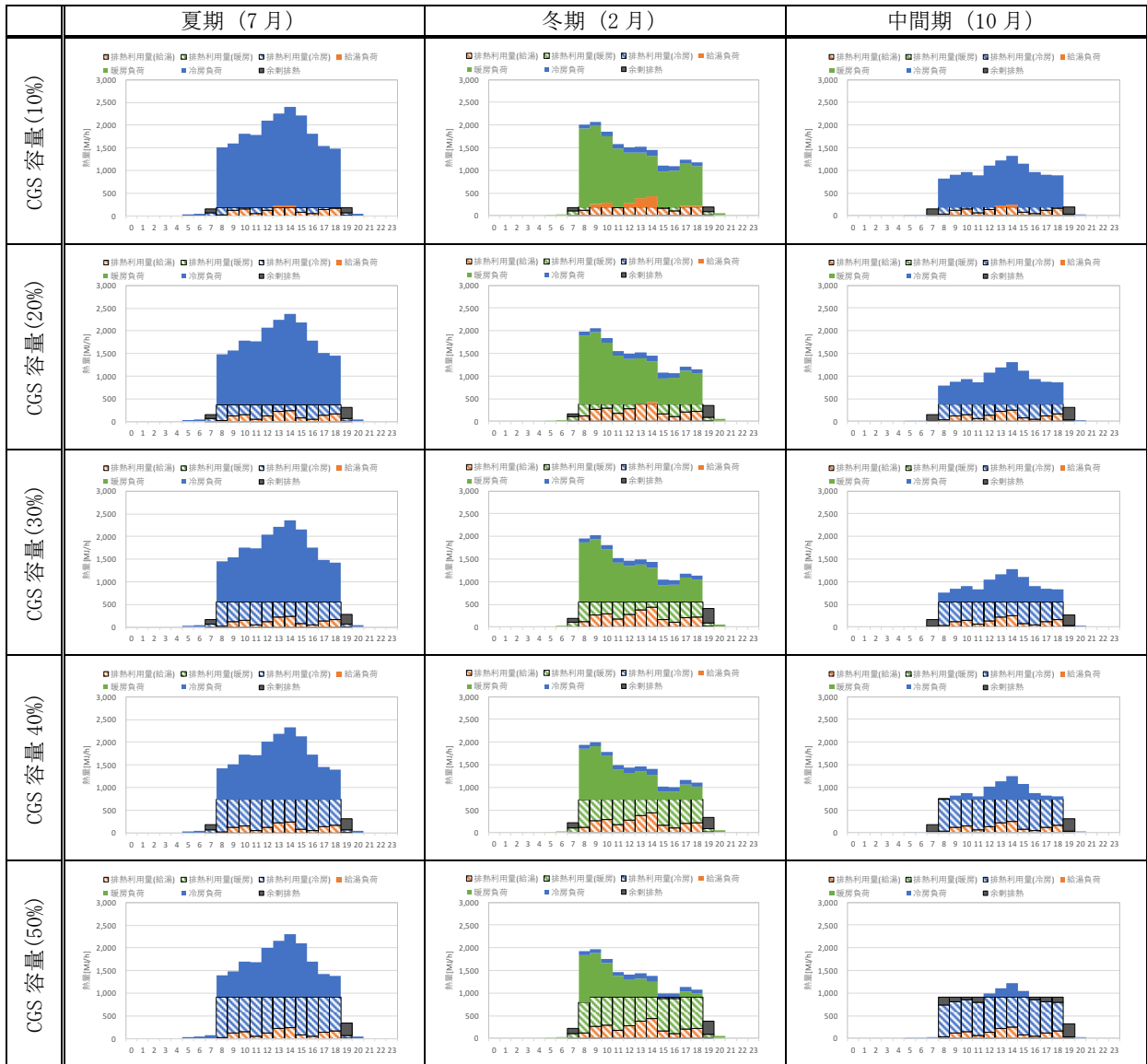


表5.4.13.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(13) 小中学校+店舗 (10,000m²) モデル

小中学校を中心に店舗 (10,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、店舗5000m² の時と同様に、余剰となる排熱量は比較的少ない。

表5.4.14.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +店舗 10,000m ²				
ピーク電力	kW	784	784	784	784	784
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	78.4	156.8	235.2	313.5	391.9
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	39.2	78.4	117.6	156.8	196.0
定格発電効率	%	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6
定格排熱回収効率	%	44.1	43.9	43.7	43.4	43.2
吸収式冷温水器容量	RT	72	144	214	283	350
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	36	72	107	141	175
最低買電量	kW	39.2	39.2	39.2	39.2	39.2

表5.4.14.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

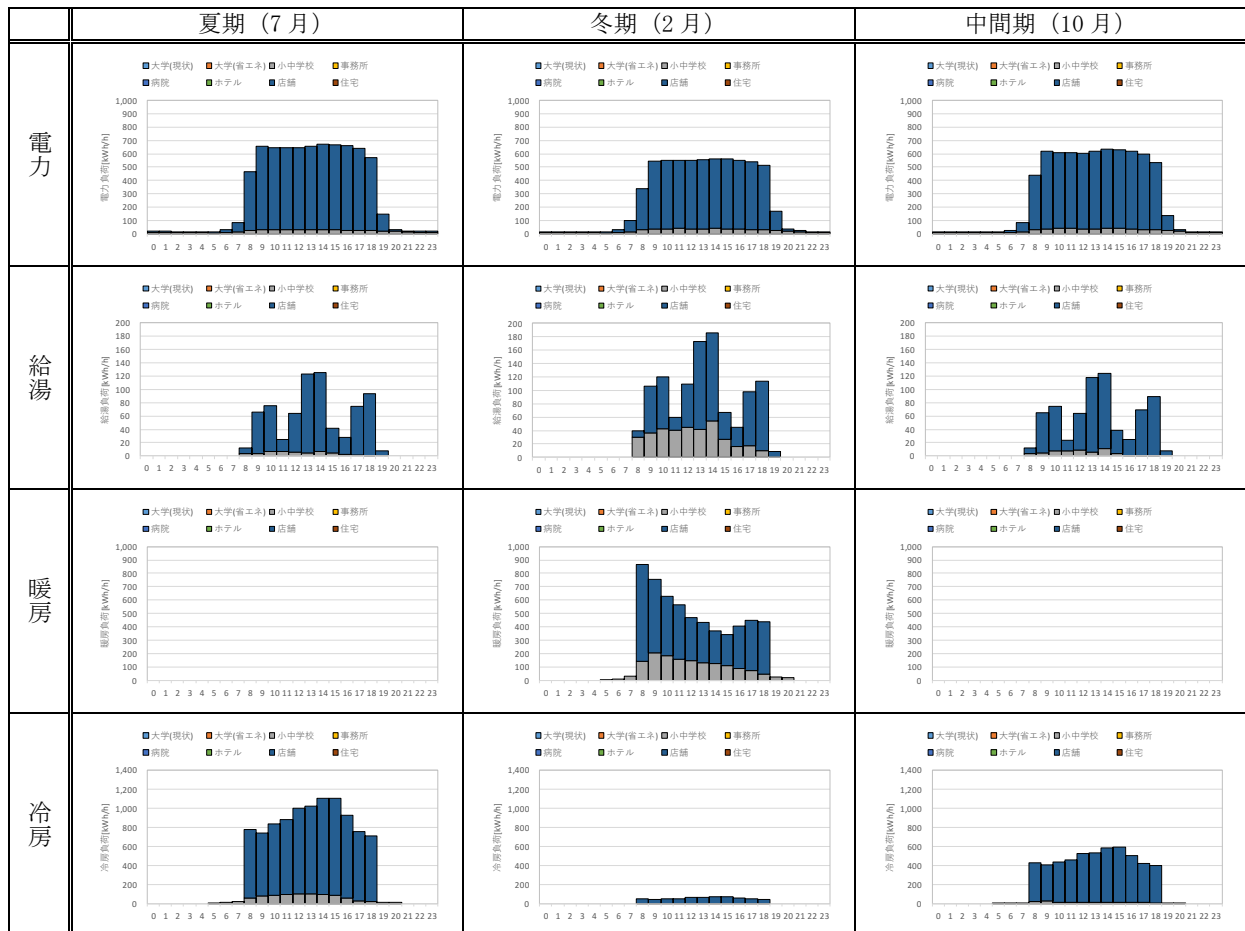


表5.4.14.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

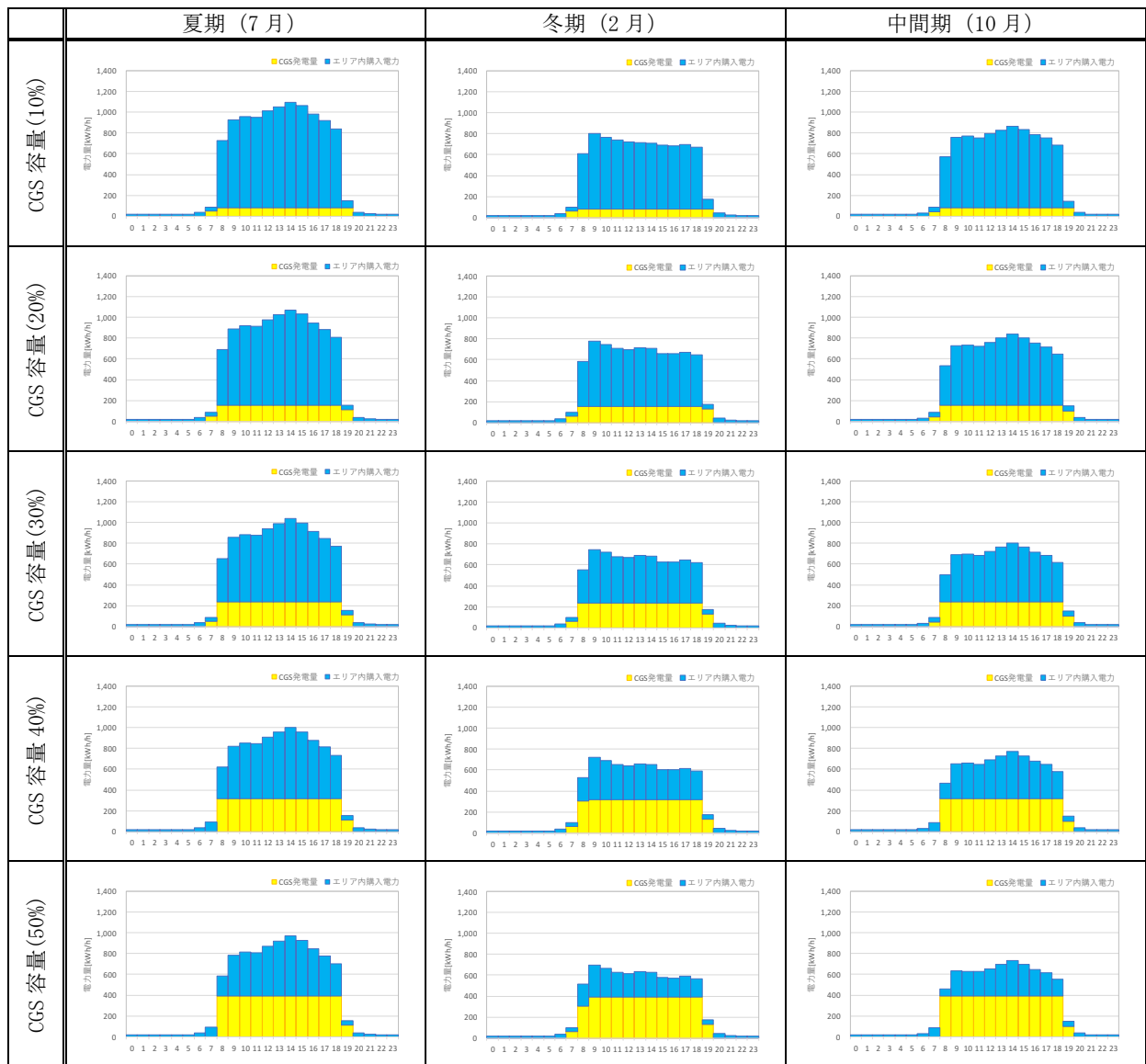
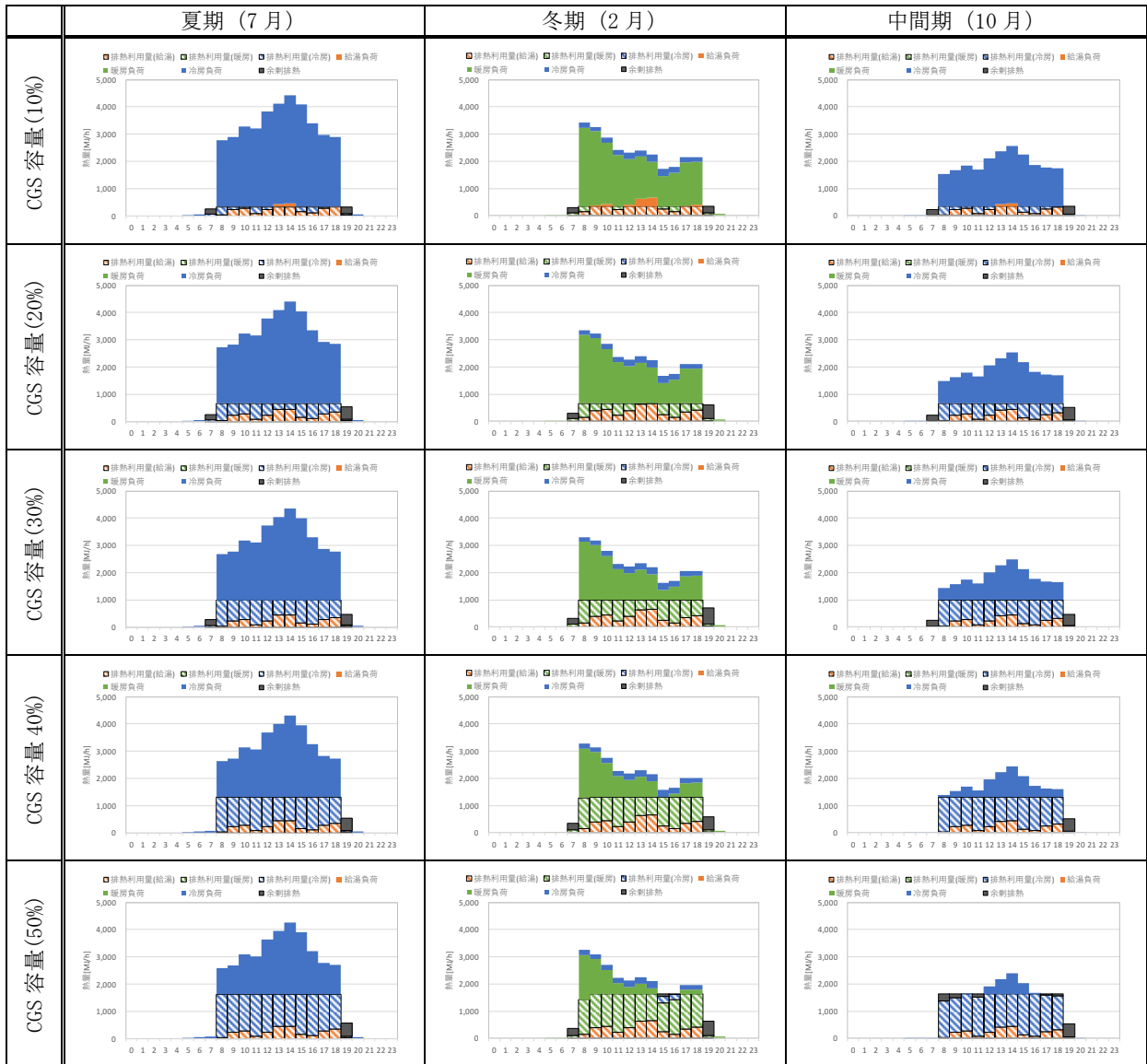


表5.4.14.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(14) 小中学校+集合住宅 (5,000m²) モデル

小中学校を中心に集合住宅 (5,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、住宅は電力需要が少ないものの給湯需要が比較的多いが、住宅の需要が発生する時間帯が20時以降のため、中間期の排熱の利用量は、小中学校に単独でCGSを導入したケースと同等程度となっている。

表5.4.15. (1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +集合住宅 5,000m ²				
ピーク電力	kW	193	193	193	193	193
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	19.3	38.6	58.0	77.3	96.6
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	9.7	19.3	29.0	38.6	48.3
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.1	35.1	35.2
定格排熱回収効率	%	44.3	44.3	44.2	44.1	44.1
吸収式冷温水器容量	RT	18	36	54	72	89
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	9	18	27	36	45
最低買電量	kW	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7

表5.4.15. (2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

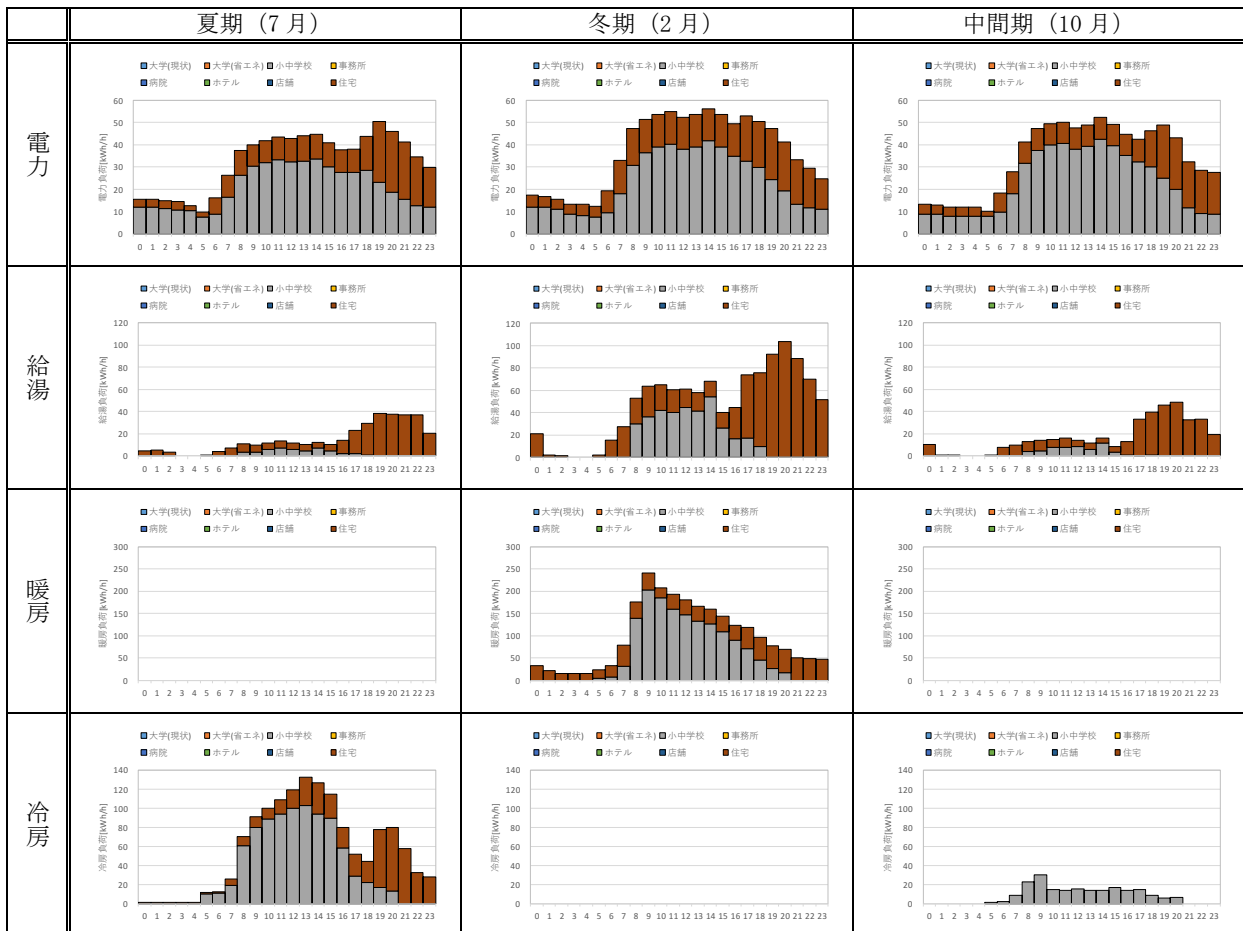


表5.4.15.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

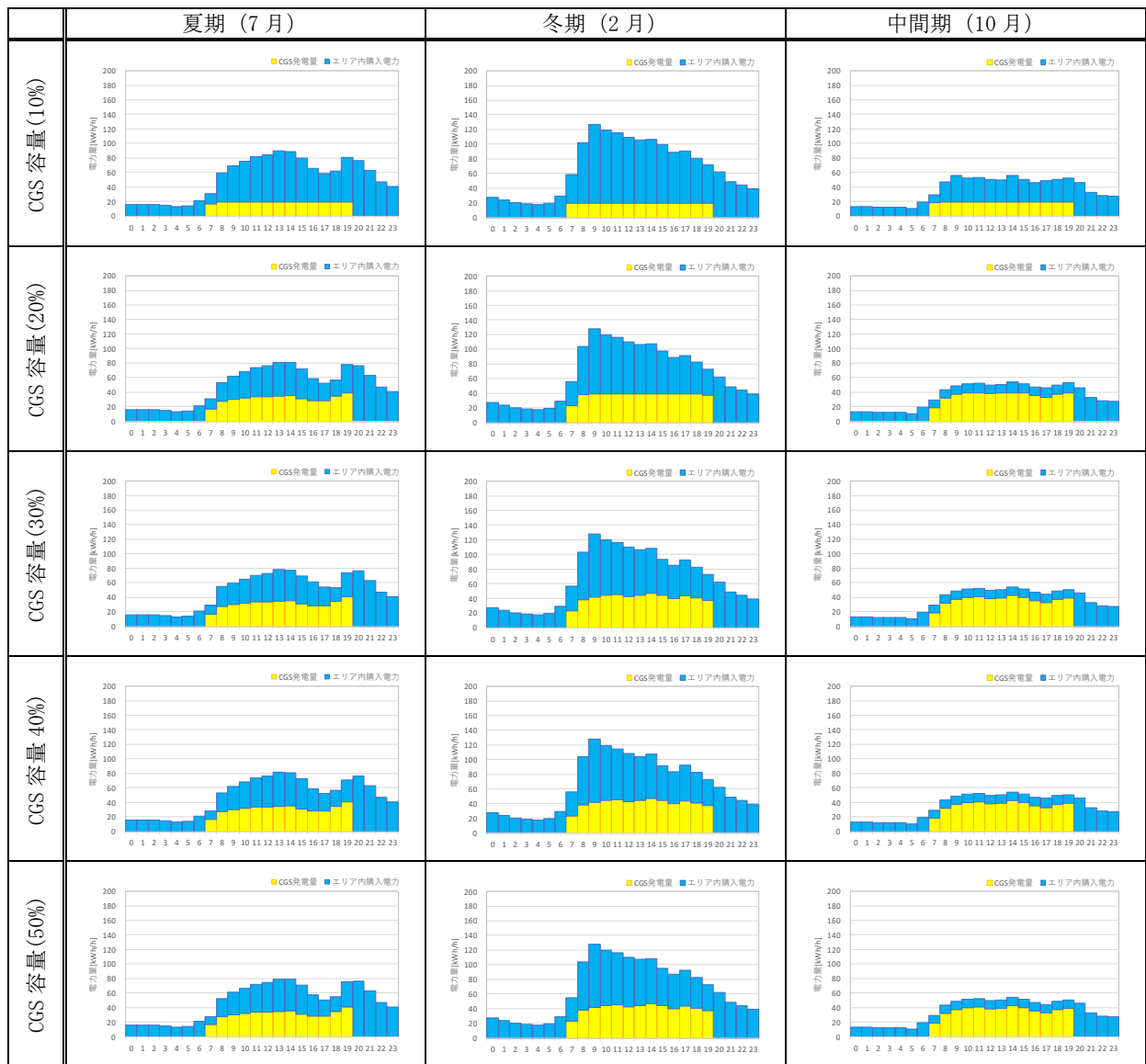
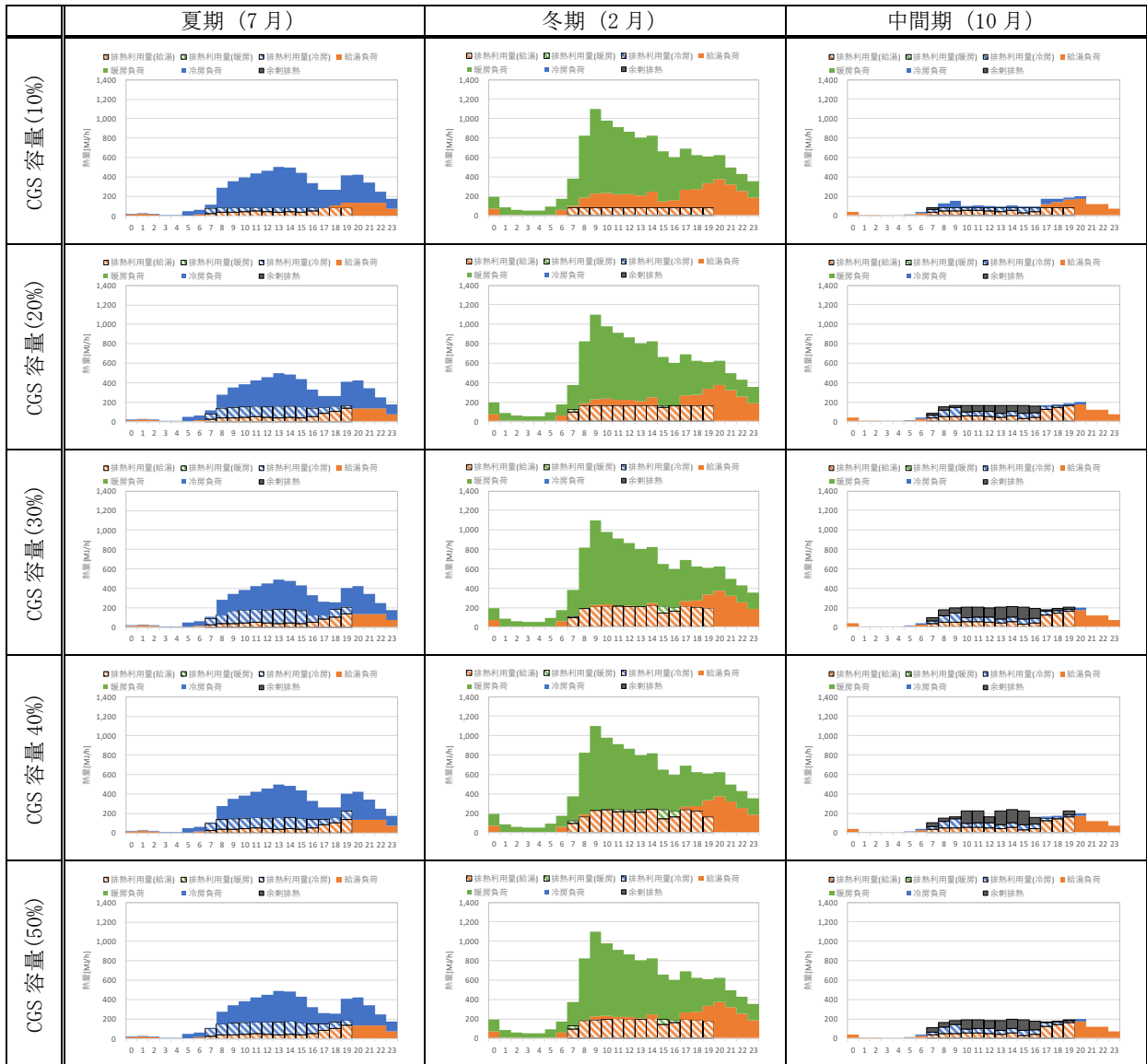


表5.4.15.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



(15) 小中学校+集合住宅 (10,000m²) モデル

小中学校を中心に集合住宅 (10,000m²) を含めたエリアにCGSを導入した場合、住宅 5,000m² のケースと同様に、給湯需要の発生が夜間になるため、中間期にはCGSからの排熱を有効活用できていない傾向がみられる。

表5.4.16.(1) システム条件

項目	単位	内容				
延床面積	m ²	小中学校 8,000m ² +集合住宅 10,000m ²				
ピーク電力	kW	341	341	341	341	341
CGS 容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50
CGS 発電容量	kW	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6
CGS 台数	台	2	2	2	2	2
CGS 単機容量	kW	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.8
吸収式冷温水器容量	RT	32	63	94	125	156
吸収式冷温水器台数	台	2	2	2	2	2
吸収式冷温水器単機容量	RT	16	32	47	63	78
最低買電量	kW	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1

表5.4.16.(2) 用途別・季節別エネルギー需要パターン

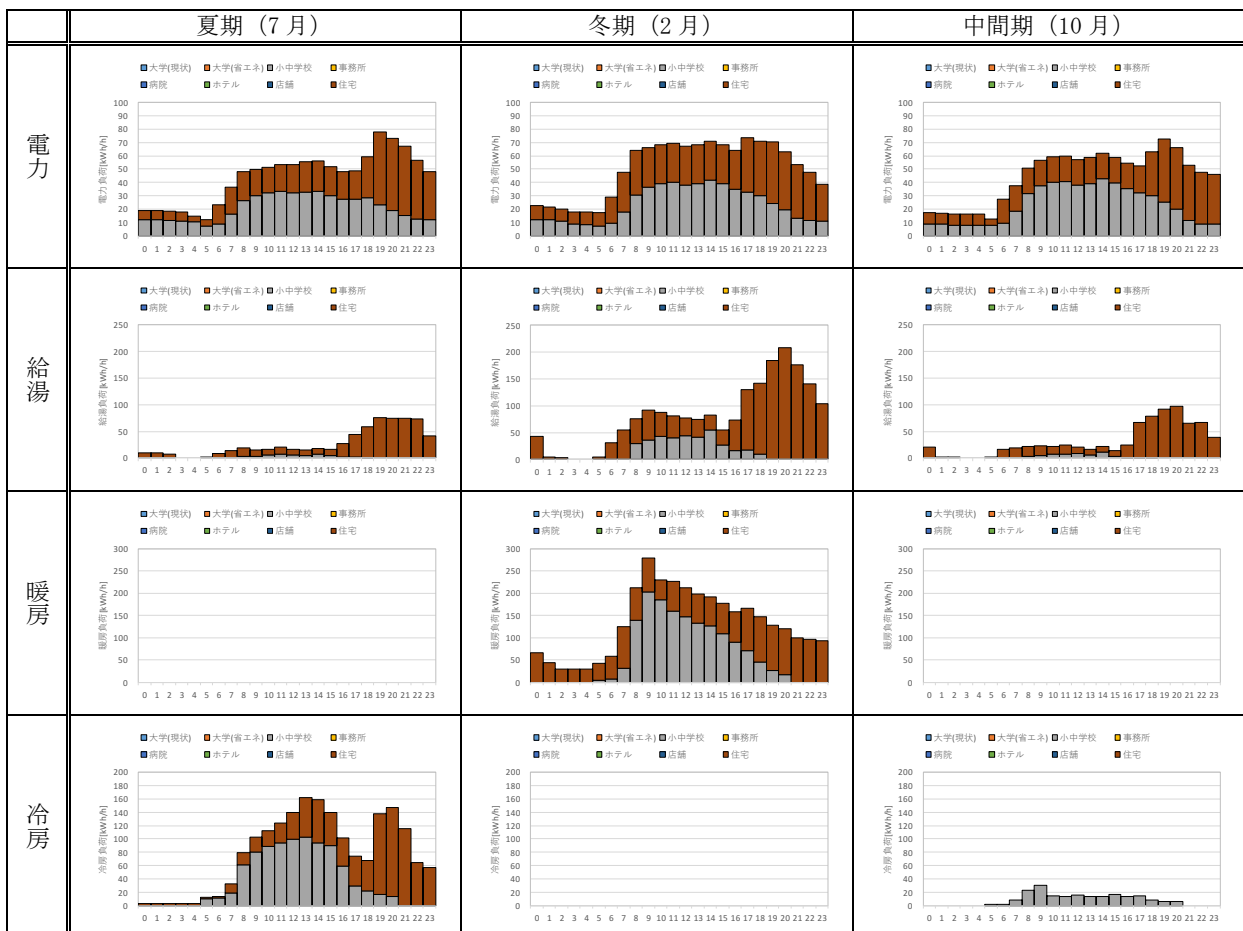


表5.4.16.(3) 在校時間運転時のCGS発電状況

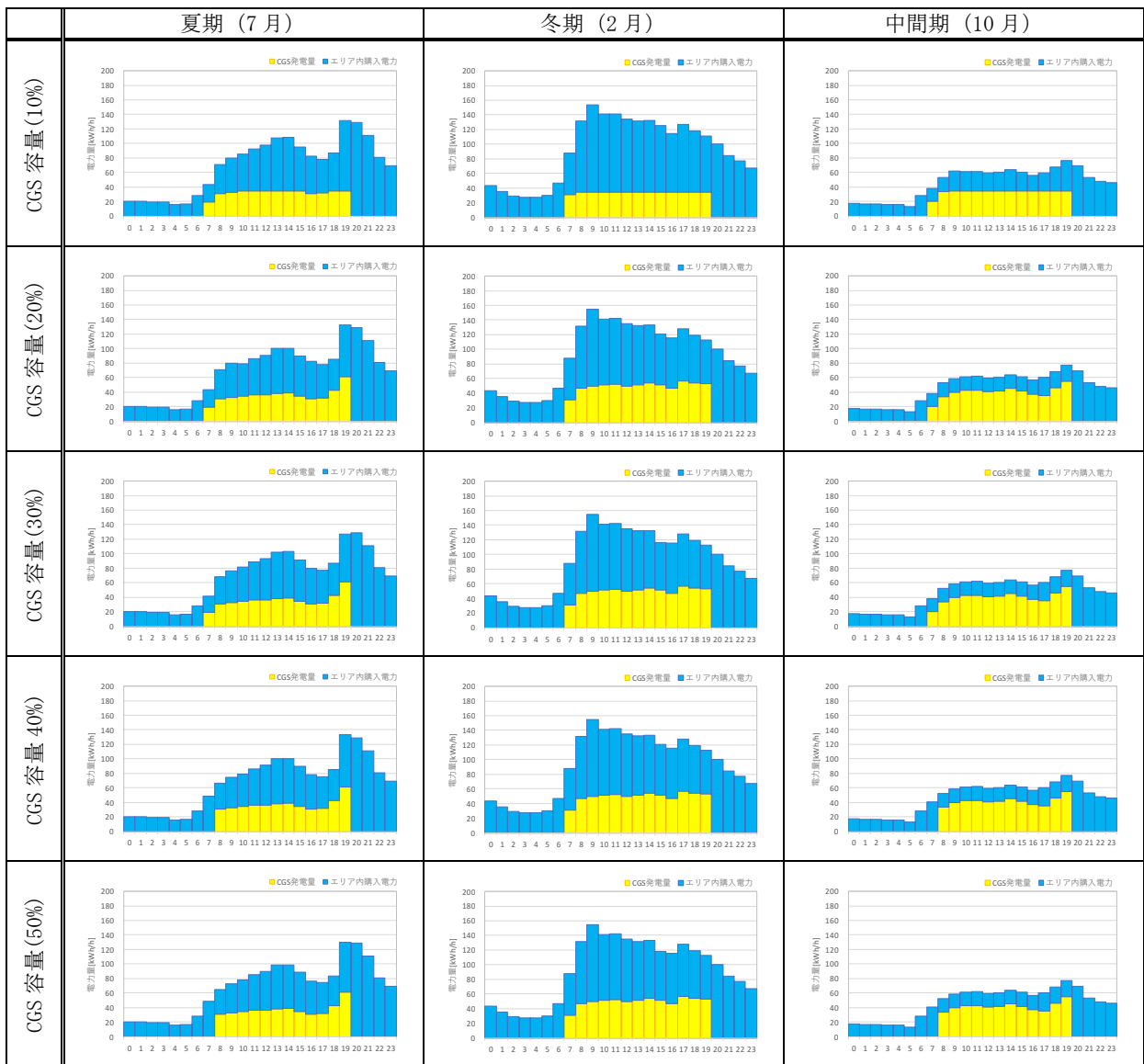
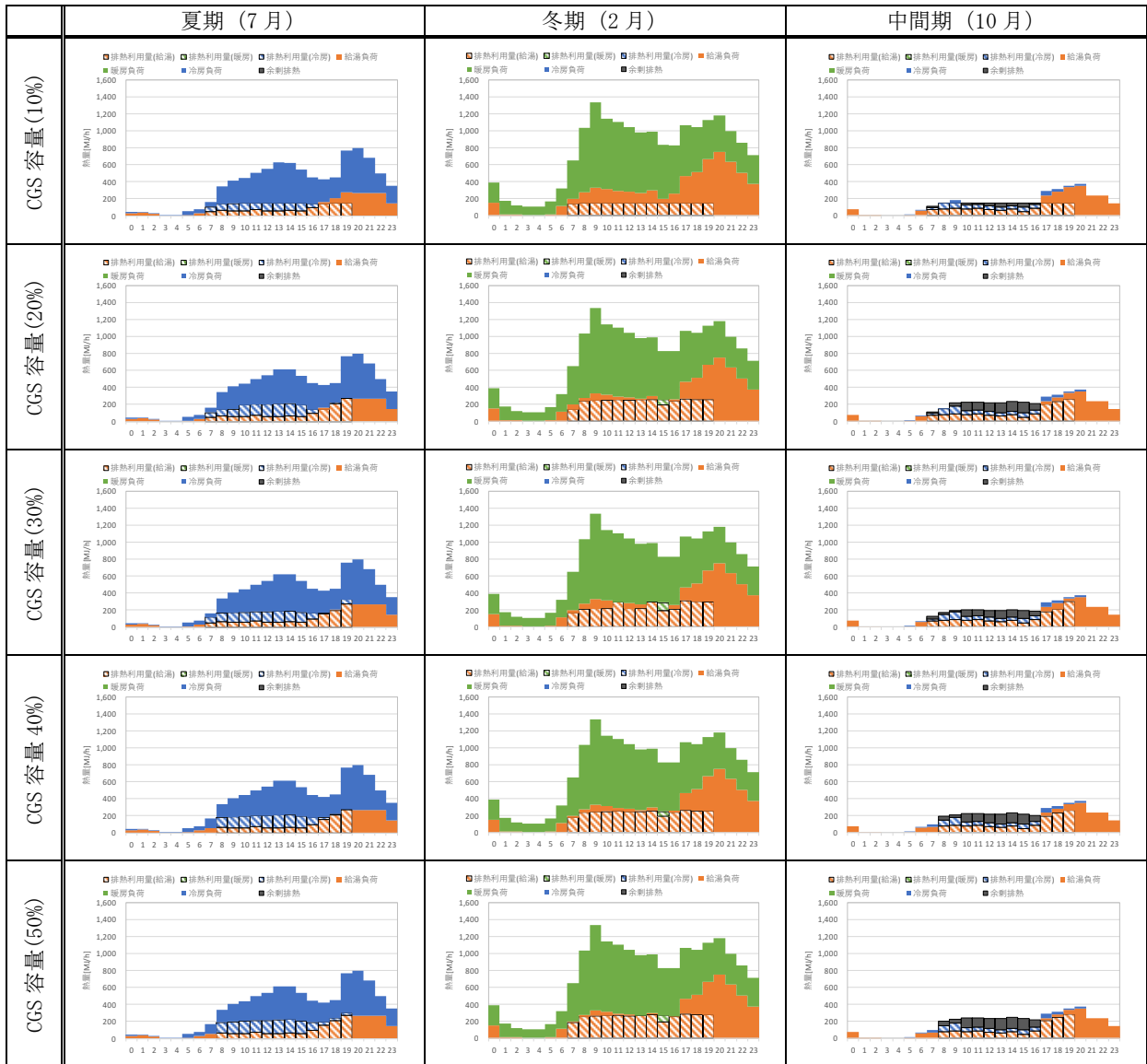


表5.4.16.(4) 在校時間運転時の排熱利用状況



5. 5 エネルギーネットワークモデルにおける環境性・経済性評価

ここまでのエネルギーシミュレーションの結果から、従来システムと比較したCGSシステムの環境性（一次エネルギー削減量及びCO₂削減量）及び経済性（単純投資回収年数）を算出した。この結果及び考察を以下に示す。

一次エネルギー削減効果（省エネ効果）について、大学に単独でCGSを導入したケースでは、小中学校に単独でCGS導入したケースよりも若干低下する傾向になった。これは、エネルギー需要量の整理で、大学では電力需要は大きくなるものの熱需要の増加が小さいことで、CGSから発生する排熱を使い切ることができなくなることが要因となっている。また、小中学校を中心に大学や事務所とエネルギー融通を行った場合も、建物の使用時間帯が類似していることが熱需要が少ないことで、省エネ効果が低下する傾向となっている。

一方、熱需要の多い、病院やホテルとエネルギー融通を行った場合は、省エネルギー効果が増加する傾向が見られた。これは、CGSからの排熱を消費できる量が増加したことと、昼夜間を通じてエネルギー需要が発生していることで、CGSからの電力及び排熱を効果的に使用することができることが要因となっている。店舗や集合住宅については、小中学校単独でCGSを導入するケースよりも省エネ効果が高くなるケースも見られたが、病院やホテルほどの効果が得られなかった。

各ケースのエネルギー需要パターンにもよるが、熱需要がある程度見込まれるケースではCGSの運転時間が長くなる24時間運転ケースで省エネ効果が高くなり、昼間のみの運転では省エネ効果は低下する傾向となっている。

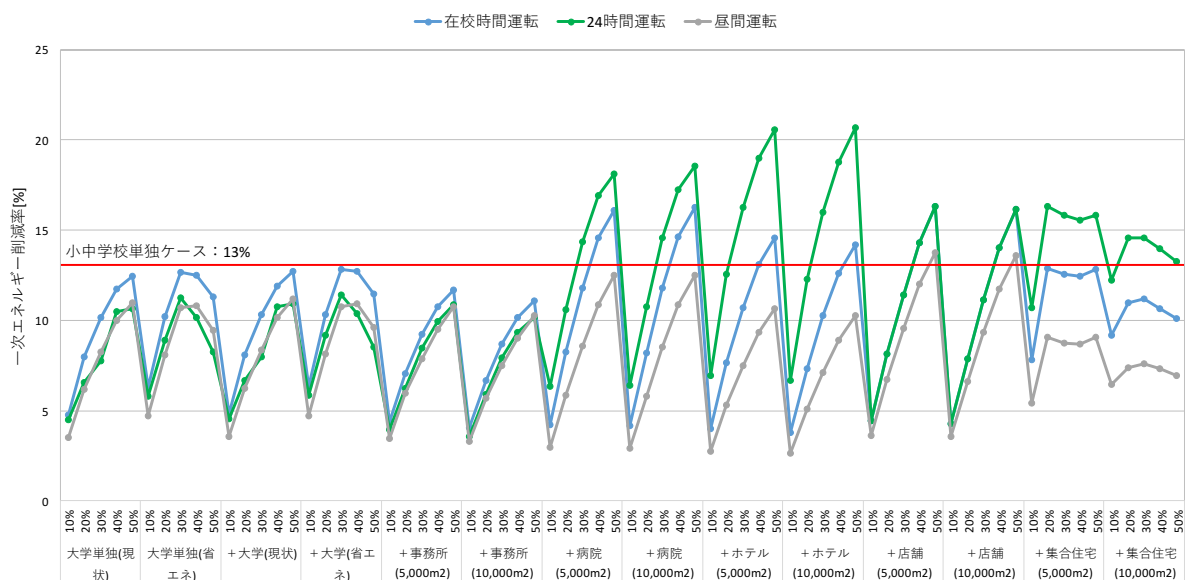


図5.5.1 各ケース一次エネルギー削減率

単純投資回収年数を基準とした事業採算性については、大学に単独でCGS導入した場合、10年程度で投資回収するためには、小中学校と同様に、補助金1/2～2/3程度が必要になることが分かった。これは、熱需要が少ないため、余剰となる排熱が多くなることが要因となっている。また、事務所や店舗については、電力需要が多く熱需要が少ないため、教育施設単独でCGSを導入するケースよりも単純投資回収年数が伸びる結果となっている。一方で、熱需要の多い病院やホテルと組み合わせた場合、高い環境性が得られ、投資回収年数も比較的短くなる傾向となり、24時間連続でCGSを稼働させたケースで補助金を考慮しなくとも投資回収年数が10年程度となる結果を得た。この傾向は、既往研究で示されている、熱需要が多い施設及び昼夜間を通じて負荷がある施設においてCGS導入が有効であるとの報告と一致している。

表5.5.1(1) 建物連携別の最適ケース

単純投資回収年数基準	小中学校	大学			小中学校+大学		小中学校+事務所	
Case	1	2	3	4	5	6	7	
最適ケースNo.	1-2	2-1	3-1	4-1	5-1	6-2	7-1	
CGS導入比率	20%	10%	10%	10%	10%	20%	10%	
運転パターン	在校時	在校時	在校時	在校時	在校時	在校時	在校時	
CGS平均発電効率	34.8	35.5	35.5	35.5	35.5	35.0	35.1	
排熱有効利用率	84.1	90.1	88.9	90.6	89.4	76.6	81.4	
一次エネルギー削減率	10.7	4.7	6.3	4.8	6.3	7.1	4.0	
CO2削減率	8.1	3.6	4.8	3.7	4.8	4.7	2.9	
エネルギーコスト削減率	7.5	4.2	5.2	4.4	5.3	7.4	4.3	
単純投資回収年数（補助なし）	31.8	16.1	16.4	18.8	19.2	52.7	44.2	
単純投資回収年数（補助1/2）	15.9	8.0	8.2	10.4	10.6	33.5	28.5	
単純投資回収年数（補助2/3）	10.6	5.4	5.5	7.5	7.7	27.1	23.2	

表5.5.1(2) 建物連携別の最適ケース

単純投資回収年数基準	小中学校+病院		小中学校+ホテル		小中学校+店舗		小中学校+住宅	
Case	8	9	10	11	12	13	14	15
最適ケースNo.	8-8	9-8	10-8	11-7	12-2	13-3	14-7	15-6
CGS導入比率	30%	30%	30%	20%	40%	30%	20%	10%
運転パターン	24時間	24時間	24時間	24時間	在校時	在校時	24時間	24時間
CGS平均発電効率	34.5	34.6	34.5	35.1	35.1	35.2	34.0	34.1
排熱有効利用率	81.9	82.7	88.8	91.0	86.0	87.9	91.0	74.0
一次エネルギー削減率	14.3	14.5	16.2	12.3	14.3	11.2	16.3	12.2
CO2削減率	11.1	11.4	12.9	10.2	10.3	8.2	13.4	10.4
エネルギーコスト削減率	16.5	16.3	17.3	13.7	13.0	10.2	20.0	15.0
単純投資回収年数（補助なし）	15.8	12.5	14.4	10.1	32.5	26.2	18.5	14.9
単純投資回収年数（補助1/2）	9.7	7.2	8.8	6.1	18.8	14.8	12.4	10.1
単純投資回収年数（補助2/3）	7.7	5.5	6.9	4.7	14.3	11.0	10.3	8.5

表5.5.2 シミュレーション結果（大学単独モデル（現状））

	単位	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	2-11	2-12	2-13	2-14	2-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
最低発電容量	kWh	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7
定格時排熱回収量	kW	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6
吸収式冷温水器容量合計	RT	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
給湯	kWh	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630
暖房	kWh	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272
冷房	kWh	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340
年間負荷																
電力	MWh/年	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220
給湯	MWh/年	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
暖房	MWh/年	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170	2,170
冷房	MWh/年	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780	3,780
CGS																
CGS容量	kW	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
発電量（自家消費電力）	MWh/年	1,549	3,090	4,505	5,727	6,586	2,860	5,161	6,581	7,803	8,662	1,072	2,145	3,217	4,287	5,147
補機電力	MWh/年	77	154	225	286	329	143	258	329	390	433	54	107	161	214	257
CGSガス消費量	千m ³ /年	387	762	1,104	1,396	1,607	714	1,299	1,673	1,928	2,157	268	529	784	1,033	1,236
排熱回収量	MWh/年	1,893	3,652	5,202	6,464	7,358	3,496	6,371	8,107	9,041	10,008	1,311	2,532	3,671	4,733	5,594
排熱利用可能量	MWh/年	1,799	3,470	4,942	6,140	6,990	3,321	6,053	7,701	8,589	9,507	1,245	2,406	3,488	4,496	5,314
排熱放熱ロス	MWh/年	95	183	260	323	368	175	319	405	452	500	66	127	184	237	280
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	602	635	635	635	635	627	660	660	660	660	508	540	540	540	540
CGS排熱暖房利用量（負荷ベース）	MWh/年	572	1,175	1,587	1,869	2,020	652	1,255	1,667	1,949	2,100	368	859	1,237	1,518	1,669
CGS排熱冷房利用量（負荷ベース）	MWh/年	498	1,022	1,380	1,625	1,757	567	1,091	1,450	1,695	1,827	320	747	1,076	1,320	1,451
CGS排熱給湯利用量（排熱ベース）	MWh/年	698	1,307	1,811	2,207	2,461	717	1,431	1,956	2,332	2,596	402	842	1,084	1,326	1,451
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	607	1,307	1,811	2,207	2,461	717	1,431	1,956	2,332	2,596	402	842	1,084	1,326	1,451
CGS排熱給湯利用量（排熱ベース）	MWh/年	1,707	2,964	3,847	4,468	4,853	1,911	3,183	4,066	4,687	5,073	1,230	2,230	2,998	3,593	3,972
合計排熱利用量	MWh/年	92	506	1,095	1,672	2,187	1,410	2,870	3,635	3,902	4,435	16	176	490	903	1,342
CGS余剰排熱分	MWh/年	92	506	1,095	1,672	2,187	1,410	2,870	3,635	3,902	4,435	16	176	490	903	1,342
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,732	4,599	4,385	4,035	8,760	7,904	6,719	5,975	5,306	3,285	3,285	3,285	3,283	3,153
CGS平均発電効率	%	35.5	35.9	36.1	36.4	36.3	35.5	35.2	34.8	35.9	35.6	35.5	35.9	36.4	36.8	36.9
CGS排熱有効利用率	%	90.1	81.1	74.0	69.1	66.0	54.7	50.0	50.2	51.8	50.7	93.8	88.1	81.7	75.9	71.0
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	10,411	8,455	6,755	5,343	4,369	9,093	6,409	4,704	3,292	2,318	11,016	9,610	8,282	7,026	6,055
追従暖房用電力消費量	MWh/年	495	308	180	93	46	470	283	156	68	22	558	406	289	202	155
追従冷房用電力消費量	MWh/年	1,168	863	634	470	360	1,120	808	580	416	305	1,257	1,021	830	677	569
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	394	765	1,107	1,396	1,610	718	1,299	1,673	1,928	2,157	268	543	798	1,047	1,216
CGSガス消費量	千m ³ /年	387	762	1,104	1,396	1,607	714	1,299	1,673	1,928	2,157	268	529	784	1,033	1,236
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	7	3	3	3	3	4	0	0	0	0	18	14	14	14	14
エネルギー料金	千円/年	263,555	255,559	250,299	246,579	245,046	262,644	256,254	253,067	246,949	246,503	266,600	260,300	255,591	251,625	249,640
電力料金（業務用契約）	千円/年	236,805	204,752	176,859	153,693	137,737	215,221	171,250	143,281	120,115	104,158	246,723	223,672	201,899	181,283	165,376
ガス料金（CGS-P契約）	千円/年	26,749	50,807	73,439	92,886	107,310	47,423	85,004	109,786	126,834	142,345	19,877	36,628	53,691	70,342	84,264
電力単価	円/kWh	22.7	24.2	26.2	28.8	31.5	23.7	26.7	30.5	36.5	44.9	22.4	23.3	24.4	25.8	27.3
ガス単価	円/m ³	68.0	66.4	66.3	66.4	66.6	66.1	65.4	65.6	65.8	66.0	69.6	67.4	67.3	67.2	67.4
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324	12,324
電力負荷分	MWh/年	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220	10,220
暖房負荷分	MWh/年	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672
冷房負荷分	MWh/年	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432	1,432
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
エネルギー料金	千円/年	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149	275,149
電力料金（業務用契約）	千円/年	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139	268,139
ガス料金（業務用季節別契約）	千円/年	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011
電力単価	円/kWh	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
ガス単価	円/m ³	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447	123,447
CGSシステム	GJ/年	117,597	113,620	110,920	108,980											

表5.5.3 シミュレーション結果（大学単独モデル（省エネ））

	単位	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8	3-9	3-10	3-11	3-12	3-13	3-14	3-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3	326.5	652.9	979.4	1305.9	1632.3
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
最低発電容量	kWh	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2	163.2
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2	35.5	35.9	36.4	36.8	37.2
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7	43.4	42.4	41.5	40.6	39.7
定格時排熱回収量	kW	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6	399.0	770.9	1117.6	1441.2	1743.6
吸収式冷温水器容量合計	RT	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3	293.8	567.4	822.6	1060.8	1283.3
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7	146.9	283.7	411.3	530.4	641.7
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kW	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265	3,265
給湯	kW	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630	1,630
暖房	kW	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272	4,272
冷房	kWh	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340	5,340
年間負荷																
電力	MWh/年	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253
給湯	MWh/年	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
暖房	MWh/年	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840
冷房	MWh/年	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220	3,220
CGS																
CGS容量	kW	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3	326.5	652.9	979.4	1,305.9	1,632.3
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2	163.2	326.5	489.7	652.9	816.2
発電量（自家消費電力）	MWh/年	1,549	2,993	4,147	4,540	4,540	2,790	4,277	5,430	5,823	5,816	1,072	2,145	3,195	3,588	3,588
補機電力	MWh/年	77	150	207	227	227	140	214	272	291	291	54	107	160	179	179
CGSガス消費量	千m ³ /年	387	743	1,026	1,151	1,188	700	1,085	1,370	1,516	1,566	268	529	780	898	938
排熱回収量	MWh/年	1,893	3,581	4,878	5,518	5,686	3,450	5,328	6,624	7,365	7,565	1,311	2,532	3,658	4,279	4,497
排熱利用可能量	MWh/年	1,799	3,402	4,634	5,242	5,402	3,278	5,061	6,292	6,996	7,187	1,245	2,406	3,475	4,065	4,272
排熱放熱ロス	MWh/年	95	179	244	276	284	173	266	331	368	378	66	127	183	214	225
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	602	635	635	635	635	627	660	660	660	660	508	540	540	540	540
CGS排熱暖房利用量（負荷ベース）	MWh/年	550	1,103	1,466	1,620	1,655	618	1,171	1,534	1,687	1,723	358	820	1,168	1,322	1,361
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	479	959	1,275	1,408	1,439	538	1,018	1,334	1,467	1,498	312	713	1,016	1,149	1,183
CGS排熱冷房利用量（負荷ベース）	MWh/年	692	1,454	1,986	2,206	2,275	805	1,576	2,106	2,327	2,397	461	1,059	1,541	1,760	1,834
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	601	1,265	1,727	1,918	1,978	700	1,371	1,831	2,024	2,084	401	921	1,340	1,530	1,595
合計排熱利用量	MWh/年	1,683	2,859	3,637	3,962	4,052	1,865	3,049	3,925	4,151	4,242	1,220	2,174	2,896	3,220	3,319
CGS余剰排熱分	MWh/年	116	543	997	1,281	1,349	1,412	2,013	2,467	2,845	2,845	25	232	578	845	954
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,585	4,234	3,477	2,781	8,546	6,550	5,545	4,459	3,563	3,285	3,285	3,262	2,747	2,198
CGS平均発電効率	%	35.5	35.7	35.8	35.0	33.9	35.3	34.9	35.1	34.0	32.9	35.5	35.9	36.3	35.4	33.9
CGS排熱有効利用率	%	88.9	79.8	74.6	71.8	71.3	54.1	54.2	57.8	56.4	56.1	93.1	85.9	79.2	75.2	73.8
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	7,138	5,306	3,896	3,392	3,557	5,895	4,020	2,611	2,106	2,076	7,738	6,350	5,062	4,558	4,518
追従暖房用電力消費量	MWh/年	399	228	116	68	57	378	207	95	47	36	459	316	208	160	148
追従冷房用電力消費量	MWh/年	958	669	467	384	358	915	623	422	338	312	1,045	819	636	553	525
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	394	746	1,029	1,154	1,190	704	1,085	1,370	1,516	1,566	286	543	794	913	952
CGSガス消費量	千m ³ /年	387	743	1,026	1,151	1,188	700	1,085	1,370	1,516	1,566	268	529	780	898	938
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	7	3	3	3	3	4	0	0	0	0	18	14	14	14	14
エネルギー料金	千円/年	209,940	202,740	198,503	199,055	201,017	209,425	203,552	199,332	201,209	204,146	212,897	206,887	202,569	202,741	204,732
電力料金（業務用契約）	千円/年	183,191	153,148	130,016	121,763	121,147	162,842	132,091	108,974	100,711	100,205	193,020	170,259	149,128	140,881	140,209
ガス料金（CGS-P契約）	千円/年	26,749	49,591	68,487	77,292	79,870	46,583	71,461	90,359	100,498	103,941	19,877	36,628	53,441	61,860	64,523
電力単価	円/kWh	25.7	28.9	33.4	35.9	36.1	27.6	32.9	41.7	47.8	48.3	24.9	26.8	29.5	30.9	31.0
ガス単価	円/m ³	68.0	66.5	66.6	67.0	67.1	66.2	65.9	66.0	66.3	66.4	69.6	67.4	67.3	67.8	67.8
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042
電力負荷分	MWh/年	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253	7,253
暖房負荷分	MWh/年	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570	570
冷房負荷分	MWh/年	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
エネルギー料金	千円/年	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390	221,390
電力料金（業務用契約）	千円/年	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379	214,379
ガス料金（業務用季節別契約）	千円/年	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011	7,011
電力単価	円/kWh	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7
ガス単価	円/m ³	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421	91,421
CGSシステム	GJ/年	85,660	82,098	79,827	79,977	81,117	86,132	83,306	81,145	82,133	83,877	87,133	84,040	81,564	81,565	82,782
一次エネルギー削減量	GJ/年	5,761	9,323	11,594	11,445	10,304	5,289	8,116	10,276	9,288	7,544					

表5.5.4 シミュレーション結果（小中学校+大学（現状）モデル）

	単位	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	4-7	4-8	4-9	4-10	4-11	4-12	4-13	4-14	4-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kWh	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
最低発電量	kWh	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6
定格時排熱回収量	kW	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2
吸収式冷温水器容量合計	RT	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347
給湯	kWh	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722
暖房	kWh	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645
冷房	kWh	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579
年間負荷																
電力	MWh/年	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413
給湯	MWh/年	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714
暖房	MWh/年	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304	2,304
冷房	MWh/年	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912	3,912
CGS																
CGS容量	kW	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
発電量（自家消費電力）	MWh/年	1,588	3,167	4,616	5,863	6,730	2,932	5,265	6,719	7,966	8,832	1,099	2,199	3,298	4,394	5,261
補機電力	MWh/年	79	158	231	293	336	147	263	336	398	442	55	110	165	220	263
CGSガス消費量	千m ³ /年	396	781	1,131	1,428	1,641	732	1,326	1,706	1,967	2,199	274	542	803	1,057	1,263
排熱回収量	MWh/年	1,939	3,737	5,317	6,598	7,496	3,580	6,500	8,247	9,205	10,179	1,343	2,592	3,754	4,835	5,701
排熱利用可能量	MWh/年	1,842	3,551	5,051	6,268	7,122	3,401	6,175	7,835	8,745	9,670	1,276	2,462	3,566	4,593	5,416
排熱放熱ロス	MWh/年	97	187	266	336	375	179	325	412	460	509	67	130	188	242	285
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	653	689	689	689	689	677	714	714	714	714	553	589	589	589	589
CGS排熱暖房利用量（負荷ベース）	MWh/年	558	1,185	1,623	1,924	2,108	641	1,268	1,706	2,007	2,191	348	857	1,250	1,550	1,734
CGS排熱冷房利用量（負荷ベース）	MWh/年	485	1,030	1,411	1,673	1,833	558	1,103	1,484	1,745	1,905	303	745	1,087	1,348	1,508
CGS排熱給湯利用量（排熱ベース）	MWh/年	618	1,539	2,159	2,599	2,895	844	1,687	2,307	2,748	3,043	468	1,107	1,623	2,035	2,323
CGS排熱暖房利用量（排熱ベース）	MWh/年	618	1,338	1,877	2,280	2,517	734	1,467	2,006	2,389	2,646	407	963	1,412	1,770	2,020
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	1,756	3,059	3,978	4,522	5,039	1,969	3,284	4,204	4,849	5,266	1,262	2,297	3,088	3,707	4,117
合計排熱利用量	MWh/年	86	493	1,074	1,646	2,082	1,432	2,891	3,631	3,896	4,404	13	165	478	887	1,299
CGS余剰排熱分	MWh/年	86	493	1,074	1,646	2,082	1,432	2,891	3,631	3,896	4,404	13	165	478	887	1,299
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,731	4,597	4,379	4,021	8,760	7,866	6,692	5,950	5,278	3,285	3,285	3,285	3,285	3,144
CGS平均発電効率	%	35.5	35.9	36.2	36.4	36.3	35.5	35.2	34.9	35.9	35.6	35.5	36.0	36.4	36.8	36.9
CGS排熱有効利用率	%	90.6	81.8	74.8	70.1	67.2	55.0	50.5	51.0	52.7	51.7	94.0	88.6	82.3	76.7	72.2
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	10,657	8,650	6,903	5,458	4,466	9,305	6,574	4,823	3,378	2,386	11,278	9,834	8,473	7,183	6,194
追従暖房用電力消費量	MWh/年	540	346	211	118	61	515	321	185	92	35	605	448	326	233	176
追従冷房用電力消費量	MWh/年	1,213	899	664	497	386	1,162	843	608	441	329	1,305	1,063	867	711	602
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	404	784	1,134	1,431	1,644	736	1,326	1,706	1,967	2,199	293	557	818	1,072	1,278
CGSガス消費量	千m ³ /年	396	781	1,131	1,428	1,641	732	1,326	1,706	1,967	2,199	274	542	803	1,057	1,263
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	7	3	3	3	3	4	0	0	0	0	19	15	15	15	15
エネルギー料金	千円/年	269,968	261,639	256,124	252,247	250,569	269,007	262,391	258,865	252,604	252,077	273,132	266,563	261,685	257,546	255,413
電力料金（業務用契約）	千円/年	242,507	209,597	180,945	157,240	140,985	220,354	175,625	146,900	123,195	106,939	252,686	229,018	206,682	185,520	169,314
ガス料金（CGS-P契約）	千円/年	27,461	52,042	75,179	95,006	109,584	48,653	86,766	111,966	129,409	145,138	20,446	37,545	55,003	72,026	86,099
電力単価	円/kWh	22.8	24.2	26.2	28.8	31.6	23.7	26.7	30.5	36.5	44.8	22.4	23.3	24.4	25.8	27.3
ガス単価	円/m ³	68.0	66.4	66.3	66.4	66.6	66.1	65.4	65.6	65.8	66.0	69.7	67.4	67.3	67.2	67.4
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608	12,608
電力負荷分	MWh/年	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413	10,413
暖房負荷分	MWh/年	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713	713
冷房負荷分	MWh/年	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482	1,482
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
エネルギー料金	千円/年	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322	282,322
電力料金（業務用契約）	千円/年	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757	274,757
ガス料金（業務用季節別契約）	千円/年	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	
電力単価	円/kWh	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	
ガス単価	円/m ³	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482	126,482
CGSシステム	GJ/年	120,414	116,272	113,434	111,402	110,398	12									

表5.5.5 シミュレーション結果（小中学校+大学（省エネ）モデル）

	単位	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7	5-8	5-9	5-10	5-11	5-12	5-13	5-14	5-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4	334.7	669.4	1004.0	1338.7	1673.4
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
最低発電容量	kWh	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3	167.3
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3	35.5	36.0	36.4	36.8	37.3
定格排熱回収効率	%	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6	43.4	42.4	41.4	40.5	39.6
定格時排熱回収量	kW	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2	408.7	788.9	1142.8	1472.6	1780.2
吸収式冷温水器容量合計	RT	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3	300.9	580.7	841.2	1083.9	1310.3
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1	150.4	290.3	420.6	541.9	655.1
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347	3,347
給湯	kWh	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722	1,722
暖房	kWh	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645	4,645
冷房	kWh	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579	5,579
年間負荷																
電力	MWh/年	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446
給湯	MWh/年	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714
暖房	MWh/年	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974	1,974
冷房	MWh/年	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352	3,352
CGS																
CGS容量	kW	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4	334.7	669.4	1,004.0	1,338.7	1,673.4
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7	167.3	334.7	502.0	669.4	836.7
発電量（自家消費電力）	MWh/年	1,588	3,071	4,258	4,670	4,670	2,855	4,381	5,568	5,980	5,965	1,099	2,199	3,276	3,688	3,688
補機電力	MWh/年	79	154	213	233	233	143	219	278	299	298	55	110	164	184	184
CGSガス消費量	千m ³ /年	396	762	1,052	1,183	1,220	716	1,107	1,404	1,556	1,604	274	542	799	922	962
排熱回収量	MWh/年	1,939	3,666	4,993	5,662	5,823	3,530	5,416	6,772	7,542	7,722	1,343	2,592	3,741	4,378	4,597
排熱利用可能量	MWh/年	1,842	3,483	4,743	5,379	5,532	3,354	5,145	6,433	7,164	7,336	1,276	2,462	3,554	4,159	4,367
排熱放熱ロス	MWh/年	97	183	250	283	291	177	271	339	377	386	67	130	187	219	230
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	653	689	689	689	689	677	714	714	714	714	553	589	589	589	589
排熱給湯利用量（負荷ベース）	MWh/年	539	1,120	1,508	1,674	1,717	610	1,191	1,579	1,745	1,788	341	823	1,187	1,354	1,405
CGS排熱暖房利用量（排熱ベース）	MWh/年	469	973	1,311	1,456	1,493	530	1,035	1,373	1,517	1,555	296	716	1,033	1,177	1,222
CGS排熱冷房利用量（負荷ベース）	MWh/年	705	1,490	2,037	2,270	2,328	825	1,618	2,162	2,396	2,456	467	1,082	1,573	1,797	1,873
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	613	1,296	1,771	1,974	2,025	717	1,407	1,890	2,084	2,135	406	941	1,368	1,563	1,629
合計排熱利用量	MWh/年	1,734	2,958	3,772	4,119	4,207	1,925	3,156	3,968	4,315	4,404	1,255	2,246	2,990	3,329	3,440
CGS余剰排熱分	MWh/年	108	524	971	1,260	1,325	1,429	1,989	2,466	2,849	2,932	21	216	564	830	928
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,588	4,241	3,488	2,791	8,531	6,545	5,546	4,467	3,564	3,285	3,285	3,263	2,755	2,204
CGS平均発電効率	%	35.5	35.7	35.9	35.0	33.9	35.3	35.1	35.2	34.1	33.0	35.5	36.0	36.3	35.4	34.0
CGS排熱有効利用率	%	89.4	80.7	75.5	72.7	72.2	54.5	58.3	58.6	57.2	57.0	93.4	86.7	79.9	76.0	74.8
従来システムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	7,384	5,498	4,043	3,512	3,477	6,113	4,184	2,729	2,198	2,177	8,000	6,573	5,250	4,723	4,679
追従暖房用電力消費量	MWh/年	444	264	144	93	79	422	242	122	71	58	506	356	243	192	176
追従冷房用電力消費量	MWh/年	1,003	705	498	410	388	958	657	451	362	340	1,083	860	674	589	560
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	404	765	1,055	1,186	1,223	721	1,107	1,404	1,556	1,604	293	557	814	937	977
CGSガス消費量	千m ³ /年	396	762	1,052	1,183	1,220	716	1,107	1,404	1,556	1,604	274	542	799	922	962
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	7	3	3	3	3	4	0	0	0	0	19	15	15	15	15
エネルギー料金	千円/年	216,340	208,788	204,304	204,872	206,815	215,791	209,349	205,128	207,049	209,959	219,418	213,125	208,643	208,719	210,697
電力料金（業務用契約）	千円/年	188,879	157,956	134,083	125,394	124,807	168,071	136,432	112,572	103,874	103,516	198,972	175,579	153,885	145,251	144,511
ガス料金（CGS-P契約）	千円/年	27.61	50.832	70.221	79.478	82.007	47.720	72.917	92.556	103.175	106.443	20.446	37.545	54.758	63.668	66.186
電力単価	円/kWh	25.6	28.7	33.2	35.7	35.9	27.5	32.6	41.3	47.3	47.6	24.9	26.7	29.3	30.8	30.9
ガス単価	円/m ³	68.0	66.5	66.6	67.0	67.1	66.2	65.9	65.9	66.3	66.4	69.7	67.4	67.3	67.8	67.7
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327	9,327
電力負荷分	MWh/年	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446	7,446
暖房負荷分	MWh/年	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611	611
冷房負荷分	MWh/年	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
エネルギー料金	千円/年	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562	228,562
電力料金（業務用契約）	千円/年	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997	220,997
ガス料金（業務用季節別契約）	千円/年	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565	7,565
電力単価	円/kWh	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7
ガス単価	円/m ³	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457	94,457
CGSシステム	GJ/年	88,469	84,731	82,324	82,468	83,626	88,943	85,798	83,658	84,656	86,400	90,005	86,772	84,298	84,156	85,367
一次エネルギー削減量	GJ/年	5,988	9,725	12,133	11,989	10,831	5,514	8,659	10,799	9,801	8					

表5.5.6 シミュレーション結果 (小中学校+事務所 (5,000m²) モデル)

	単位	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	6-6	6-7	6-8	6-9	6-10	6-11	6-12	6-13	6-14	6-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5
最低発電量	kWh	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
定格時排熱回収量	kW	41.1	82.0	122.6	162.9	202.9	41.1	82.0	122.6	162.9	202.9	41.1	82.0	122.6	162.9	202.9
吸収式冷温水器容量合計	RT	30.4	60.4	90.3	119.9	149.4	30.4	60.4	90.3	119.9	149.4	30.4	60.4	90.3	119.9	149.4
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	15.2	30.2	45.1	60.0	74.7	15.2	30.2	45.1	60.0	74.7	15.2	30.2	45.1	60.0	74.7
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kW	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326	326
給湯	kW	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181
暖房	kW	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742	742
冷房	kW	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839	839
年間負荷																
電力	MWh/年	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973
給湯	MWh/年	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
暖房	MWh/年	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314	314
冷房	MWh/年	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539	539
CGS																
CGS容量	kW	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1	32.6	65.2	97.8	130.5	163.1
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5	16.3	32.6	48.9	65.2	81.5
発電量(自家消費電力)	MWh/年	155	300	442	573	678	218	376	510	638	741	107	214	321	429	530
補機電力	MWh/年	8	15	22	29	34	11	19	26	32	37	5	11	16	21	26
CGSガス消費量	千m ³ /年	39	76	112	145	173	56	97	130	163	191	27	54	81	108	133
排熱回収量	MWh/年	195	381	556	727	876	283	491	657	825	970	135	269	403	535	663
排熱利用可能量	MWh/年	185	362	529	691	832	269	467	624	783	922	128	256	383	508	630
排熱放熱ロス	MWh/年	10	19	28	36	44	14	25	33	41	49	7	13	20	27	33
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	62	67	67	67	67	63	67	67	67	67	55	60	60	60	60
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	37	101	161	207	237	40	103	163	209	239	23	79	133	173	201
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	32	87	140	180	206	35	90	142	182	208	20	69	115	151	175
CGS排熱給湯利用量(排熱ベース)	MWh/年	80	158	218	275	327	87	164	222	278	331	57	119	170	218	266
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	70	138	190	239	284	76	143	193	242	288	49	104	147	189	231
CGS排熱給湯利用量(排熱ベース)	MWh/年	164	292	396	485	557	173	299	402	491	562	125	232	323	400	466
合計排熱利用量	MWh/年	21	70	132	205	275	95	168	222	293	360	3	24	41	60	108
CGS余剰排熱分	MWh/年	4	744	4,597	4,522	4,391	4,157	6,695	5,770	5,217	4,887	4,543	3,285	3,285	3,285	3,285
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,744	4,597	4,522	4,391	4,157	6,695	5,770	5,217	4,887	4,543	3,285	3,285	3,285	3,285	
CGS平均発電効率	%	35.1	35.0	35.1	35.0	34.7	34.6	34.5	34.7	34.6	34.4	35.1	35.1	35.2	35.2	35.2
CGS排熱有効利用率	%	84.2	76.6	71.2	66.8	63.6	61.3	60.8	61.1	59.5	57.9	92.5	86.2	80.1	74.7	70.2
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	1,085	898	722	562	433	1,021	823	655	498	371	1,144	1,001	864	731	608
追従暖房用電力消費量	MWh/年	86	66	47	33	24	85	65	47	32	23	90	73	56	43	35
追従冷房用電力消費量	MWh/年	174	144	122	100	80	171	142	120	99	79	183	159	140	122	104
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	40	76	112	145	173	56	97	130	163	191	28	55	82	109	134
CGSガス消費量	千m ³ /年	39	76	112	145	173	56	97	130	163	191	27	54	81	108	133
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
エネルギー料金	千円/年	27,461	26,763	26,219	25,831	25,610	27,485	26,885	26,345	25,961	25,725	27,712	27,106	26,651	26,270	25,962
電力料金(業務用契約)	千円/年	24,468	21,398	18,499	15,875	13,752	23,417	20,157	17,400	14,833	12,739	25,425	23,085	20,830	18,653	16,630
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	2,994	5,365	7,720	9,956	11,858	4,069	6,727	8,945	11,128	12,986	2,288	4,020	5,821	7,617	9,331
電力単価	円/kWh	22.5	23.8	25.6	28.3	31.8	22.9	24.5	26.6	29.8	34.3	22.2	23.2	24.1	25.5	27.4
ガス単価	円/m ³	75.5	70.5	69.1	68.6	68.4	72.1	69.5	68.7	68.2	68.1	80.3	73.2	71.1	70.1	69.5
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274	1,274
電力負荷分	MWh/年	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973	973
暖房負荷分	MWh/年	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
冷房負荷分	MWh/年	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
エネルギー料金	千円/年	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911	28,911
電力料金(業務用契約)	千円/年	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984	27,984
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927	927
電力単価	円/kWh	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
ガス単価	円/m ³	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7	116.7
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759	12,759
CGSシステム	GJ/年	12,204	11,857	11,580	11,384	11,269	12,260	11,682	11,962	11,492	11,374	12,319	12,002	11,754	11,550	11,350
一次エネルギー削減量	GJ/年	555	902	1,180	1,375	1,490	499	797	1,077	1,267	1,385	440	757	1,005	1,209	1,369
一次エネルギー削減率	%	4.4	7.1	9.2	10.8	11.7	3.9	6.2	8.4	9.9	10.9	3.4	5.9	7.9	9.5	10.7
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
CGSシステム	t-CO2/年	629	620	614	611	612	636	630	623	621	621	632	622	616	611	609
CO2排出削減量	t-CO2/年	21	30	37	39	38	14	20	27	29	29	18	28	34	39	41
CO2削減率	%	3.2	4.7	5.												

表5.5.7 シミュレーション結果 (小中学校+事務所 (10,000m²) モデル)

	単位	7-1	7-2	7-3	7-4	7-5	7-6	7-7	7-8	7-9	7-10	7-11	7-12	7-13	7-14	7-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0
最低発電量	kWh	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4
定格排熱回収効率	%	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5	44.2	44.0	43.8	43.7	43.5
定格時排熱回収量	kW	72.5	144.1	214.8	284.6	353.6	72.5	144.1	214.8	284.6	353.6	72.5	144.1	214.8	284.6	353.6
吸収式冷温水器容量合計	RT	53.4	106.1	158.1	209.5	260.3	53.4	106.1	158.1	209.5	260.3	53.4	106.1	158.1	209.5	260.3
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	26.7	53.1	79.1	104.8	130.1	26.7	53.1	79.1	104.8	130.1	26.7	53.1	79.1	104.8	130.1
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576	576
給湯	kWh	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
暖房	kWh	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947	947
冷房	kWh	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362	1,362
年間負荷																
電力	MWh/年	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753
給湯	MWh/年	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
暖房	MWh/年	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494	494
冷房	MWh/年	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946	946
CGS																
CGS容量	kW	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1	57.6	115.2	172.8	230.5	288.1
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0	28.8	57.6	86.4	115.2	144.0
発電量(自家消費電力)	MWh/年	273	528	780	1,013	1,205	373	652	898	1,128	1,319	189	379	568	757	939
補機電力	MWh/年	14	26	39	51	60	19	33	45	56	66	9	19	28	38	47
CGSガス消費量	千m ³ /年	69	133	196	256	306	95	167	228	287	338	48	95	143	190	235
排熱回収量	MWh/年	344	666	974	1,270	1,531	482	840	1,143	1,438	1,702	238	473	706	935	1,157
排熱利用可能量	MWh/年	327	633	925	1,207	1,454	458	798	1,086	1,366	1,617	226	450	670	888	1,099
排熱放熱ロス	MWh/年	17	33	49	64	77	24	42	57	72	85	12	24	35	47	58
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	79	79	79	79	79	80	80	79	79	79	70	70	70	70	70
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	84	199	298	368	416	87	202	300	370	418	63	166	253	315	359
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	73	173	259	320	362	75	175	261	321	363	55	144	220	274	312
CGS排熱給湯利用量(負荷ベース)	MWh/年	147	281	383	482	574	156	288	389	487	579	108	215	300	384	467
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	128	244	333	419	499	135	250	338	424	504	94	187	281	334	406
合計排熱利用量	MWh/年	280	497	671	818	940	290	505	678	824	946	219	402	552	678	788
CGS余剰排熱分	MWh/年	47	136	254	389	515	168	293	408	541	670	8	48	119	210	311
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,737	4,584	4,514	4,398	4,183	6,481	5,655	5,196	4,893	4,579	3,285	3,285	3,285	3,285	3,259
CGS平均発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.1	34.9	34.7	34.7	34.8	34.8	34.6	35.1	35.2	35.3	35.4	35.4
CGS排熱有効利用率	%	81.4	74.6	68.9	64.4	61.4	60.2	60.2	59.3	57.3	55.6	91.8	84.8	78.2	72.5	68.2
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	1,923	1,594	1,286	1,005	773	1,824	1,474	1,171	894	662	2,024	1,772	1,533	1,302	1,084
追従暖房用電力消費量	MWh/年	127	91	61	39	24	126	90	60	38	23	133	101	74	55	42
追従冷房用電力消費量	MWh/年	303	252	213	176	141	300	249	211	174	139	318	277	245	213	182
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	69	134	196	256	306	96	167	228	287	338	49	96	144	191	236
CGSガス消費量	千m ³ /年	69	133	196	256	306	95	167	228	287	338	48	95	143	190	235
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
エネルギー料金	千円/年	48,252	47,110	46,201	45,542	45,139	48,343	47,291	46,380	45,740	45,367	48,633	47,655	46,895	46,259	45,722
電力料金(業務用契約)	千円/年	43,339	37,943	32,880	28,265	24,451	41,703	35,962	30,996	26,441	22,627	44,994	40,859	36,934	33,146	29,567
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	4,914	9,167	13,321	17,277	20,689	6,640	11,329	15,384	19,299	22,740	3,639	6,796	9,961	13,112	16,155
電力単価	円/kWh	22.5	23.8	25.6	28.1	31.6	22.9	24.4	26.5	24.2	23.2	22.2	23.1	24.1	25.5	27.3
ガス単価	円/m ³	71.2	68.6	67.8	67.5	67.5	69.5	68.0	67.4	67.3	67.3	74.3	70.5	69.3	68.7	68.4
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264	2,264
電力負荷分	MWh/年	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753
暖房負荷分	MWh/年	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
冷房負荷分	MWh/年	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359	359
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
エネルギー料金	千円/年	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417	50,417
電力料金(業務用契約)	千円/年	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349	49,349
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068	1,068
電力単価	円/kWh	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
ガス単価	円/m ³	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6	112.6
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483	22,483
CGSシステム	GJ/年	21,575	20,987	20,530	20,202	19,992	21,680	21,152	20,699	20,384	20,195	21,743	21,211	20,799	20,462	20,181
一次エネルギー削減量	GJ/年	908	1,496	1,953	2,281	2,490	803	1,331	1,784	2,099	2,288	740	1,272	1,684	2,021	2,301
一次エネルギー削減率	%	4.0	6.7	8.7	10.1	11.1	3.6	5.9	7.9	9.3	10.2	3.3	5.7	7.5	9.0	10.2
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145	1,145
CGSシステム	t-CO2/年	1,112	1,097	1,088	1,084	1,085	1,123	1,112	1,103	1,101	1,102	1,116	1,100	1,089	1,083	1,079
CO2排出削減量	t-CO2/年	33	48	57												

表5.5.8 シミュレーション結果 (小中学校+病院 (5,000m²) モデル)

	単位	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6	8-7	8-8	8-9	8-10	8-11	8-12	8-13	8-14	8-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7
最低発電量	kWh	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
定格時排熱回収量	kW	39.2	78.2	116.8	155.3	193.4	39.2	78.2	116.8	155.3	193.4	39.2	78.2	116.8	155.3	193.4
吸収式冷温水器容量合計	RT	28.9	57.6	86.1	114.3	142.4	28.9	57.6	86.1	114.3	142.4	28.9	57.6	86.1	114.3	142.4
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	14.5	28.8	43.0	57.2	71.2	14.5	28.8	43.0	57.2	71.2	14.5	28.8	43.0	57.2	71.2
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311	311
給湯	kWh	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334	334
暖房	kWh	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865	865
冷房	kWh	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873	873
年間負荷																
電力	MWh/年	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043
給湯	MWh/年	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
暖房	MWh/年	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564	564
冷房	MWh/年	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597	597
CGS																
CGS容量	kW	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4	31.1	62.1	93.2	124.3	155.4
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7	15.5	31.1	46.6	62.1	77.7
発電量(自家消費電力)	MWh/年	147	295	442	578	678	272	488	650	788	888	102	204	306	408	500
補機電力	MWh/年	7	15	22	29	34	14	24	32	39	44	5	10	15	20	25
CGSガス消費量	千m ³ /年	37	74	111	146	173	69	126	167	203	232	26	51	77	103	126
排熱回収量	MWh/年	186	371	554	729	877	344	641	851	1,038	1,198	129	257	384	510	629
排熱利用可能量	MWh/年	177	352	527	693	833	326	609	809	987	1,138	122	244	365	485	597
排熱放熱ロス	MWh/年	9	19	28	36	44	17	32	43	52	60	6	13	19	26	31
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	172	316	466	621	749	220	364	454	500	517	122	237	319	361	378
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	4	13	36	68	107	23	57	89	123	162	0	0	7	24	56
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	1	25	82	157	215	50	107	177	251	309	0	7	43	102	150
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	1	22	71	137	187	43	93	154	219	269	0	6	38	88	131
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	177	351	514	656	783	287	513	697	841	948	122	244	363	474	564
合計排熱利用量	MWh/年	0	1	13	36	70	40	96	112	145	190	0	0	2	11	33
CGS余剰排熱分	MWh/年	0	1	13	36	70	40	96	112	145	190	0	0	2	11	33
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,745	4,745	4,652	4,365	8,760	7,846	6,971	6,340	5,716	3,285	3,285	3,285	3,285	3,217
CGS平均発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.1	34.7	35.1	34.4	34.5	34.3	33.9	35.1	35.1	35.2	35.2	35.1
CGS排熱有効利用率	%	95.0	94.7	92.7	90.0	87.0	83.4	80.1	81.9	81.0	79.1	95.0	95.0	94.6	92.9	89.8
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	1,302	1,149	979	811	680	1,158	920	728	556	425	1,347	1,247	1,134	1,009	892
追従暖房用電力消費量	MWh/年	173	170	162	150	136	166	154	143	131	117	174	174	172	166	155
追従冷房用電力消費量	MWh/年	226	217	195	167	145	207	186	159	131	109	226	224	210	188	169
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	78	98	125	154	179	104	144	144	175	206	232	73	85	101	121
CGSガス消費量	千m ³ /年	37	74	111	146	173	69	126	167	203	232	26	51	77	103	126
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	41	24	13	8	6	35	18	8	2	0	47	33	24	19	17
エネルギー料金	千円/年	33,433	32,240	31,144	30,226	29,713	32,709	31,343	30,152	29,363	28,976	33,810	32,973	32,156	31,415	30,864
電力料金(業務用契約)	千円/年	27,712	25,210	22,425	19,651	17,495	25,350	21,434	18,276	15,456	13,303	28,446	26,810	24,956	22,898	20,983
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	5,720	7,031	8,719	10,575	12,219	7,359	9,909	11,876	13,907	15,672	5,364	6,163	7,199	8,517	9,881
電力単価	円/kWh	21.3	21.9	22.9	24.2	25.7	21.9	23.3	25.1	27.8	31.3	21.1	21.5	22.0	22.7	23.5
ガス単価	円/m ³	73.1	71.4	69.9	68.7	68.2	70.7	68.9	67.9	67.7	67.5	73.8	72.7	71.4	70.1	69.2
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444	1,444
電力負荷分	MWh/年	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043	1,043
暖房負荷分	MWh/年	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174
冷房負荷分	MWh/年	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
エネルギー料金	千円/年	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130	36,130
電力料金(業務用契約)	千円/年	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762	30,762
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368	5,368
電力単価	円/kWh	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3
ガス単価	円/m ³	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582	16,582
CGSシステム	GJ/年	15,885	15,214	14,629	14,168	13,912	15,330	14,823	14,203	13,779	13,581	16,995	15,614	15,164	14,777	14,508
一次エネルギー削減量	GJ/年	697	1,368	1,953	2,414	2,670	1,052	1,758	2,378	2,802	3,000	486	968	1,418	1,805	2,074
一次エネルギー削減率	%	4.2	8.2	11.8	14.6	16.1	6.3	10.6	14.3	16.9	18.1	2.9	5.8	8.5	10.9	12.5
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856	856
CGSシステム	t-CO2/年	825	795	772	755	747	813	786	761	747	742	834	813	793	778	769
CO2排出削減量	t-CO2/年	32	61	85	102	109	44	71	95	110	114	22	44	63	78	87
CO2削減率	%	3.7	7.1	9.9	11.9	12.7	5.1									

表5.5.10 シミュレーション結果 (小中学校+ホテル (5,000m²) モデル)

	単位	10-1	10-2	10-3	10-4	10-5	10-6	10-7	10-8	10-9	10-10	10-11	10-12	10-13	10-14	10-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kWh	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7
最低発電量	kWh	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9	44.3	44.2	44.1	44.0	43.9
定格時排熱回収量	kW	41.2	82.2	122.8	163.2	203.2	41.2	82.2	122.8	163.2	203.2	41.2	82.2	122.8	163.2	203.2
吸収式冷温水器容量合計	RT	30.4	60.5	90.5	120.2	149.7	30.4	60.5	90.5	120.2	149.7	30.4	60.5	90.5	120.2	149.7
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	15.2	30.3	45.2	60.1	74.8	15.2	30.3	45.2	60.1	74.8	15.2	30.3	45.2	60.1	74.8
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327	327
給湯	kWh	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582	582
暖房	kWh	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794	794
冷房	kWh	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766	766
年間負荷																
電力	MWh/年	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193
給湯	MWh/年	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519	519
暖房	MWh/年	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599	599
冷房	MWh/年	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714	714
CGS																
CGS容量	kW	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4	32.7	65.4	98.0	130.7	163.4
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7	16.3	32.7	49.0	65.4	81.7
発電量(自家消費電力)	MWh/年	155	310	463	603	701	286	555	758	919	1,022	107	215	322	428	509
補機電力	MWh/年	8	16	23	30	35	14	28	38	46	51	5	11	16	21	25
CGSガス消費量	千m ³ /年	39	78	117	152	179	72	141	195	237	266	27	54	81	108	129
排熱回収量	MWh/年	196	390	582	762	911	361	707	989	1,207	1,371	135	270	403	535	650
排熱利用可能量	MWh/年	186	370	552	724	865	343	672	940	1,146	1,303	129	256	383	508	617
排熱放熱ロス	MWh/年	10	19	29	38	46	18	35	49	60	69	7	13	20	27	32
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	186	299	320	320	294	465	514	518	519	129	203	216	216	216	216
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	0	21	102	195	259	27	86	181	275	345	0	15	73	142	192
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	0	18	89	170	226	24	75	157	239	300	0	13	63	124	167
CGS排熱給湯利用量(排熱ベース)	MWh/年	0	61	159	245	317	22	113	239	354	437	0	47	119	184	241
CGS排熱暖房利用量(排熱ベース)	MWh/年	0	53	138	213	276	19	99	208	307	380	0	41	104	160	210
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	186	370	547	704	822	337	638	878	1,065	1,199	129	256	383	499	593
合計排熱利用量	MWh/年	0	1	5	21	44	6	34	61	82	104	0	0	1	9	25
CGS余剰排熱分	MWh/年	0	1	5	21	44	6	34	61	82	104	0	0	1	9	25
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,745	4,745	4,725	4,613	4,291	8,760	8,490	7,731	7,031	6,253	3,285	3,285	3,285	3,274	3,118
CGS平均発電効率	%	35.1	35.1	35.1	35.0	34.6	35.1	34.9	34.5	34.4	34.1	35.1	35.1	35.2	35.2	34.9
CGS排熱有効利用率	%	95.0	94.9	94.1	92.3	90.2	93.4	90.2	88.8	88.2	87.4	95.0	95.0	94.9	93.3	91.2
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	1,501	1,324	1,117	922	782	1,360	1,052	782	556	406	1,547	1,422	1,275	1,128	1,014
追従暖房用電力消費量	MWh/年	185	179	154	125	105	177	159	129	100	78	185	181	163	141	126
追従冷房用電力消費量	MWh/年	270	247	210	177	150	262	228	180	137	105	270	253	225	201	179
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	79	104	140	176	203	99	147	195	237	266	73	92	117	144	165
CGSガス消費量	千m ³ /年	39	78	117	152	179	72	141	195	237	266	27	54	81	108	129
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	39	26	24	23	23	27	6	1	0	0	46	37	36	36	36
エネルギー料金	千円/年	36,939	35,665	34,553	33,706	33,230	35,942	33,931	32,625	31,673	31,167	37,336	36,459	35,676	35,052	34,614
電力料金(業務用契約)	千円/年	31,287	28,383	24,977	21,792	19,481	28,968	23,914	19,481	15,772	13,284	32,029	29,986	27,574	25,173	23,281
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	5,652	7,281	9,576	11,914	13,750	6,974	10,017	13,144	15,900	17,883	5,308	6,472	8,103	9,879	11,333
電力単価	円/kWh	20.8	21.4	22.4	23.6	24.9	21.3	22.7	24.9	28.3	32.8	20.7	21.1	21.6	22.3	23.0
ガス単価	円/m ³	72.0	69.8	68.3	67.7	67.7	70.5	68.1	67.3	67.1	67.3	72.5	70.7	69.3	68.8	68.6
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649	1,649
電力負荷分	MWh/年	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193	1,193
暖房負荷分	MWh/年	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
冷房負荷分	MWh/年	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
エネルギー料金	千円/年	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429	39,429
電力料金(業務用契約)	千円/年	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103	34,103
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	5,326	
電力単価	円/kWh	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7	20.7
ガス単価	円/m ³	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582	18,582
CGSシステム	GJ/年	17,843	17,162	16,598	16,152	15,880	17,289	16,246	15,565	15,052	14,759	18,071	17,600	17,196	16,847	16,603
一次エネルギー削減量	GJ/年	739	4,200	1,984	2,430	2,702	1,294	2,336	3,017	3,531	3,823	512	982	1,386	1,736	1,980
一次エネルギー削減率	%	4.0	22.6	10.7	13.1	14.5	7.0	12.6	16.2	19.0	20.6	2.8	5.3	7.5	9.3	10.7
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958	958
CGSシステム	t-CO2/年	924	896	875	860	853	901	859	835	818	810	935	915	900	888	881
CO2排出削減量	t-CO2/年	34	62	83	98	105	57									

表5.5.12 シミュレーション結果 (小中学校+店舗 (5,000m²) モデル)

	単位	12-1	12-2	12-3	12-4	12-5	12-6	12-7	12-8	12-9	12-10	12-11	12-12	12-13	12-14	12-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5
最低発電容量	kWh	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7	21.7
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.2	35.2	35.3	35.3	35.1	35.2	35.2	35.3	35.3	35.1	35.2	35.2	35.3	35.3
定格排熱回収効率	%	44.2	44.1	44.0	43.8	43.7	44.2	44.1	44.0	43.8	43.7	44.2	44.1	44.0	43.8	43.7
定格時排熱回収量	kW	54.7	108.8	162.5	216.3	269.9	54.7	108.8	162.5	216.3	269.9	54.7	108.8	162.5	216.3	269.9
吸収式冷温水器容量合計	RT	40.3	80.2	119.7	158.8	197.5	40.3	80.2	119.7	158.8	197.5	40.3	80.2	119.7	158.8	197.5
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	20.2	40.1	59.8	79.4	98.8	20.2	40.1	59.8	79.4	98.8	20.2	40.1	59.8	79.4	98.8
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434	434
給湯	kWh	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
暖房	kWh	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890	890
冷房	kWh	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028
年間負荷																
電力	MWh/年	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323
給湯	MWh/年	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188	188
暖房	MWh/年	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337	337
冷房	MWh/年	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859	859
CGS																
CGS容量	kW	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9	43.4	86.8	130.2	173.5	216.9
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5	21.7	43.4	65.1	86.8	108.5
発電量(自家消費電力)	MWh/年	201	383	557	727	888	201	383	557	727	888	143	285	428	570	713
補機電力	MWh/年	10	19	28	36	44	10	19	28	36	44	7	14	21	29	36
CGSガス消費量	千m ³ /年	51	97	141	184	224	51	97	141	184	224	36	72	108	143	179
排熱回収量	MWh/年	256	487	705	913	1,113	256	487	705	913	1,113	180	358	534	708	881
排熱利用可能量	MWh/年	243	462	670	868	1,057	243	462	670	868	1,057	171	340	507	673	837
排熱放熱ロス	MWh/年	13	24	35	46	56	13	24	35	46	56	9	18	27	35	44
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	156	186	188	188	188	156	186	188	188	188	131	160	161	161	161
CGS排熱暖房利用量(負荷ベース)	MWh/年	21	88	162	218	259	21	88	162	218	259	10	62	123	169	205
CGS排熱冷房利用量(負荷ベース)	MWh/年	18	76	141	190	225	18	76	141	190	225	9	54	107	147	179
CGS排熱給湯利用量(排熱ベース)	MWh/年	53	188	333	469	573	53	188	333	469	573	35	144	265	380	470
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	46	163	290	408	498	46	163	290	408	498	31	126	230	330	409
CGS排熱冷房利用量(排熱ベース)	MWh/年	220	426	618	786	911	220	426	618	786	911	171	340	498	639	748
合計排熱利用量	MWh/年	23	36	52	82	146	23	36	52	82	146	0	0	9	24	89
CGS余剰排熱分	MWh/年	4,632	4,410	4,278	4,188	4,095	4,632	4,410	4,278	4,188	4,095	3,285	3,285	3,285	3,285	3,285
CGS全負荷相当運転時間	h/年	34.9	34.9	35.0	35.1	35.1	34.9	34.9	35.0	35.1	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.3
CGS平均発電効率	%	86.1	87.6	87.7	86.0	81.9	86.1	87.6	87.7	86.0	81.9	95.0	95.0	93.3	90.2	84.9
CGS排熱有効利用率	%															
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	1,535	1,291	1,047	817	611	1,535	1,291	1,047	817	611	1,601	1,408	1,208	1,015	834
追従暖房用電力消費量	MWh/年	98	77	54	37	24	98	77	54	37	24	101	85	66	52	41
追従冷房用電力消費量	MWh/年	305	254	199	148	108	305	254	199	148	108	312	271	225	181	147
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	55	97	141	184	224	55	97	141	184	224	43	75	111	146	182
CGSガス消費量	千m ³ /年	51	97	141	184	224	51	97	141	184	224	36	72	108	143	179
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	7	3	3	3	3
エネルギー料金	千円/年	38,061	36,794	35,699	34,739	34,064	38,061	36,794	35,699	34,739	34,064	38,370	37,307	36,393	35,606	35,015
電力料金(業務用契約)	千円/年	34,009	30,001	26,013	22,236	18,865	34,009	30,001	26,013	22,236	18,865	35,079	31,918	28,648	25,478	22,514
ガス料金(CGS-P契約)	千円/年	4,052	6,794	9,686	12,502	15,199	4,052	6,794	9,686	12,502	15,199	3,291	5,388	7,745	10,127	12,501
電力単価	円/kWh	22.2	23.2	24.8	27.2	30.9	22.2	23.2	24.8	27.2	30.9	21.9	22.7	23.7	25.1	27.0
ガス単価	円/m ³	74.2	69.9	68.6	68.1	67.8	74.2	69.9	68.6	68.1	67.8	77.1	71.7	70.0	69.2	68.8
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753	1,753
電力負荷分	MWh/年	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323	1,323
暖房負荷分	MWh/年	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104
冷房負荷分	MWh/年	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325	325
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
エネルギー料金	千円/年	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941	39,941
電力料金(業務用契約)	千円/年	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830	37,830
ガス料金(業務用季節別契約)	千円/年	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111	2,111
電力単価	円/kWh	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6
ガス単価	円/m ³	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006	18,006
CGSシステム	GJ/年	17,204	16,545	15,953	15,429	15,072	17,204	16,545	15,953	15,429	15,072	17,356	16,792	16,288	15,847	15,526
一次エネルギー削減量	GJ/年	802	1,460	2,052	2,577	2,934	802	1,460	2,052	2,577	2,934	650	1,214	1,717	2,158	2,479
一次エネルギー削減率	%	4.5	8.1	11.4	14.3	16.3	4.5	8.1	11.4	14.3	16.3	3.6	6.7	9.5	12.0	13.8
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920	920
CGSシステム	t-CO2/年	887	863	843	825	816	887	863	843	825	816	892	870	853	838	830
CO2排出削減量	t-CO2/年	33	57	78	95	104										

表5.5.15 シミュレーション結果（小中学校+集合住宅（10,000m²）モデル）

	単位	15-1	15-2	15-3	15-4	15-5	15-6	15-7	15-8	15-9	15-10	15-11	15-12	15-13	15-14	15-15
シミュレーション条件																
CGS容量ピーク比率	%	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
CGS発電容量	kW	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6
CGS台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CGS単機容量	kW	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3
最低発電量	kWh	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
CGS最低負荷率	%	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
放熱ロス	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
定格発電効率	%	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3	35.1	35.1	35.2	35.2	35.3
定格排熱回収効率	%	44.3	44.2	44.1	44.0	43.8	44.3	44.2	44.1	44.0	43.8	44.3	44.2	44.1	44.0	43.8
定格時排熱回収量	kW	43.1	85.8	128.2	170.3	212.1	43.1	85.8	128.2	170.3	212.1	43.1	85.8	128.2	170.3	212.1
吸収式冷温水器容量合計	RT	31.8	63.2	94.4	125.4	156.2	31.8	63.2	94.4	125.4	156.2	31.8	63.2	94.4	125.4	156.2
吸収式冷温水器台数	台	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
吸収式冷温水器単機容量	RT	15.9	31.6	47.2	62.7	78.1	15.9	31.6	47.2	62.7	78.1	15.9	31.6	47.2	62.7	78.1
CGS運転開始時間	時	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	9	9	9	9	9
CGS運転終了時間	時	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	18	18	18	18	18
基本負荷																
電力	kWh	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
給湯	kWh	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186	186
暖房	kWh	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772	772
冷房	kWh	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566
年間負荷																
電力	MWh/年	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
給湯	MWh/年	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
暖房	MWh/年	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367	367
冷房	MWh/年	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225	225
CGS																
CGS容量	kW	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6	34.1	68.3	102.4	136.5	170.6
台数	台	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
単機容量	kWh	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3	17.1	34.1	51.2	68.3	85.3
発電量（自家消費電力）	MWh/年	156	194	194	191	188	206	252	250	245	241	111	135	135	135	135
補機電力	MWh/年	8	10	10	10	9	10	13	12	12	12	6	7	7	7	7
CGSガス消費量	千m ³ /年	40	53	52	53	55	53	69	68	69	71	28	37	36	38	40
排熱回収量	MWh/年	200	291	280	291	308	266	375	362	376	394	141	205	191	208	223
排熱利用可能量	MWh/年	190	276	266	277	293	253	356	344	357	375	134	195	182	198	212
排熱放熱ロス	MWh/年	10	15	14	15	15	13	19	18	19	20	7	10	10	10	11
CGS排熱給湯利用量	MWh/年	153	198	197	196	200	214	274	269	271	275	103	128	125	128	131
CGS排熱暖房利用量（負荷ベース）	MWh/年	3	20	14	20	25	3	20	14	20	26	2	18	13	18	23
CGS排熱冷房利用量（負荷ベース）	MWh/年	2	17	12	17	22	2	17	12	17	22	2	16	11	15	20
CGS排熱給湯利用量（排熱ベース）	MWh/年	38	57	57	61	66	39	62	64	66	73	31	47	45	51	55
CGS排熱暖房利用量（排熱ベース）	MWh/年	33	50	50	53	58	34	54	56	58	64	27	41	39	44	48
CGS排熱冷房利用量（排熱ベース）	MWh/年	188	265	259	266	279	251	345	337	346	361	132	184	175	188	199
合計排熱利用量	MWh/年	2	11	8	11	13	2	11	8	11	14	2	11	7	10	13
CGS余剰排熱分	MWh/年	2	11	8	11	13	2	11	8	11	14	2	11	7	10	13
CGS全負荷相当運転時間	h/年	4,581	2,845	1,897	1,396	1,105	6,039	3,686	2,437	1,794	1,411	3,251	1,980	1,320	990	792
CGS平均発電効率	%	34.9	32.3	32.9	31.8	30.3	34.7	32.3	32.7	31.7	30.2	35.0	32.0	33.2	31.6	30.1
CGS排熱有効利用率	%	94.0	91.3	92.3	91.3	90.7	94.2	92.1	92.9	92.0	91.5	93.7	89.8	91.4	90.1	89.3
CGSシステムエネルギー消費量																
エリア内電力購入量	MWh/年	438	389	391	391	390	390	333	336	338	337	484	450	453	448	445
追従暖房用電力消費量	MWh/年	113	107	109	107	106	113	107	109	107	106	113	108	110	108	106
追従冷房用電力消費量	MWh/年	71	64	64	62	60	71	62	61	60	58	74	68	68	66	64
エリア内ガス消費量	千m ³ /年	69	78	77	78	79	75	84	83	84	86	64	70	69	70	72
CGSガス消費量	千m ³ /年	40	53	52	53	55	53	69	68	69	71	28	37	36	38	40
給湯用ボイラガス消費量	千m ³ /年	30	24	24	25	24	22	15	16	16	15	36	33	33	33	32
エネルギー料金	千円/年	19,236	18,985	18,972	19,028	19,092	18,837	18,498	18,503	18,571	18,654	19,615	19,467	19,452	19,469	19,510
電力料金（業務用契約）	千円/年	14,080	13,286	13,315	13,320	13,289	13,297	12,361	12,407	12,436	12,425	14,828	14,278	14,321	14,254	14,201
ガス料金（CGS-P契約）	千円/年	5,156	5,698	5,657	5,708	5,803	5,539	6,136	6,096	6,135	6,229	4,787	5,189	5,131	5,215	5,309
電力単価	円/kWh	32.1	34.1	34.0	34.0	34.1	34.1	37.1	36.9	36.8	36.8	30.7	31.7	31.6	31.8	31.9
ガス単価	円/m ³	74.4	73.5	73.7	73.5	73.3	74.0	72.9	73.1	72.9	72.7	75.3	74.2	74.5	74.1	73.8
従来システムエネルギー消費量																
電力購入量	MWh/年	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602	602
電力負荷分	MWh/年	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403	403
暖房負荷分	MWh/年	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
冷房負荷分	MWh/年	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
給湯用ガス消費量	千m ³ /年	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
エネルギー料金	千円/年	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170	22,170
電力料金（業務用契約）	千円/年	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886	17,886
ガス料金（業務用季節別契約）	千円/年	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284	4,284
電力単価	円/kWh	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7
ガス単価	円/m ³	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9
一次エネルギー消費量																
従来システム	GJ/年	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808	7,808
CGSシステム	GJ/年	7,091	6,951	6,936	6,977	7,019	6,852	6,671	6,669	6,716	6,773	7,305	7,234	7,215	7,238	7,268
一次エネルギー削減量	GJ/年	717	857	872	831	789	956	1,137	1,139	1,092	1,035	503	574	593	570	540
一次エネルギー削減率	%	9.2	11.0	11.2	10.6	10.1	12.2	14.6	14.6	14.0	13.3	6.4	7.4	7.6	7.3	6.9
CO2排出量																
従来システム	t-CO2/年	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
CGSシステム	t-CO2/年	376	371	370	372	375	365	358	358	360	364	386	383	382	384	386
CO2排出削減量	t-CO2/年	32	37	38	35	33	42	50	50	47	44	22	24	25	24	22
CO2削減率	%	7.7	9.0	9.3	8.7	8.1	10.4	12.2	12.2	11.6	10.8	5.4	5.9	6.2	5.9	5.4

5. 6 小中学校を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けた分析

(1) 発電寄与率と排熱寄与率の分析

① 一次エネルギー削減率（省エネ率）

省エネ率別の発電寄与率と排熱寄与率の相関を以下に示す。この結果、発電寄与率と排熱寄与率が30%未満となるケースでは、省エネ率は5%未満となる傾向で、主にCGS容量をピーク需要の10%と設定したケースが占めた。また、省エネ率が5～10%となるケースは、CGS容量が20%のケースが多くなっている。CGS容量が30%の以上のケースでは、省エネ率が10%以上を得られる傾向になっており、特に発電寄与率と排熱寄与率が高くなる「病院」や「ホテル」のケースでは省エネ率が15%以上と、検討ケースの中でも高くなる傾向が見られた。また、季節別にみると、夏期は発電寄与率と排熱寄与率の増加とともに省エネ率が増加する傾向で、エネルギーを効率的に利用できているケースが多い。冬期については、熱需要が多いケースと少ないケースに二分され、排熱のみでは需要を賄いきれていないが、製造したエネルギーが有効に利用できている。中間期は、発電寄与率が低い状態で排熱効率が上昇する傾向から、熱需要が不足しているケースが多くなっている。

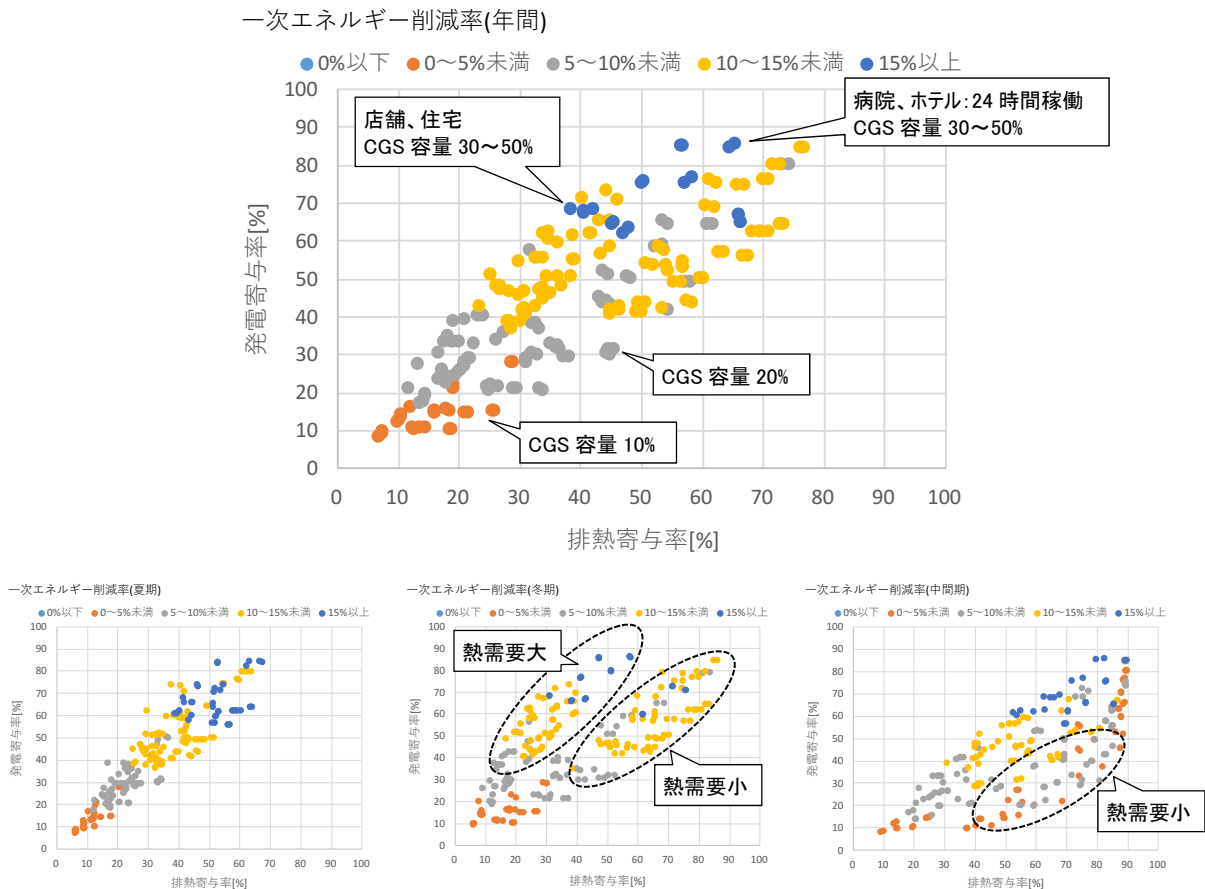


図5.6.1 発電寄与率と排熱寄与率の相関（一次エネルギー削減率別）

② CO₂削減率

CO₂削減率別の発電寄与率と排熱寄与率の相関を以下に示す。この結果、発電寄与率と排熱寄与率が30%未満となるケースでは、CO₂削減率は5%未満となる傾向で、省エネ率と同様の傾向がみられるものの、大学や事務所ビルでCGS容量が40~50%の機器を導入したケースでは排熱寄与率と発電寄与率が増加しても、CO₂削減率は5%未満となる傾向であった。これは、大学や事務所ビルにおける熱需要が少ないことで、電力と排熱が寄与しているものの、余剰排熱が多く発生することでCO₂削減率が増加しないことが確認された。このことから、ホテルや病院におけるCO₂削減率が高くなっており、CGSの導入で排熱を使い切ることが重要なことが確認できる。また、季節別にみると、夏期及び冬期ともに、省エネ率と同様の傾向を示している。但し、CO₂削減率については、排熱寄与率と発電寄与率が高い状態で、CO₂削減率が0%以下となるケースがみられた。これは、熱需要に対して電力需要が大きい大学や事務所のケースで、余剰分の排熱が多くなっていることが要因である。

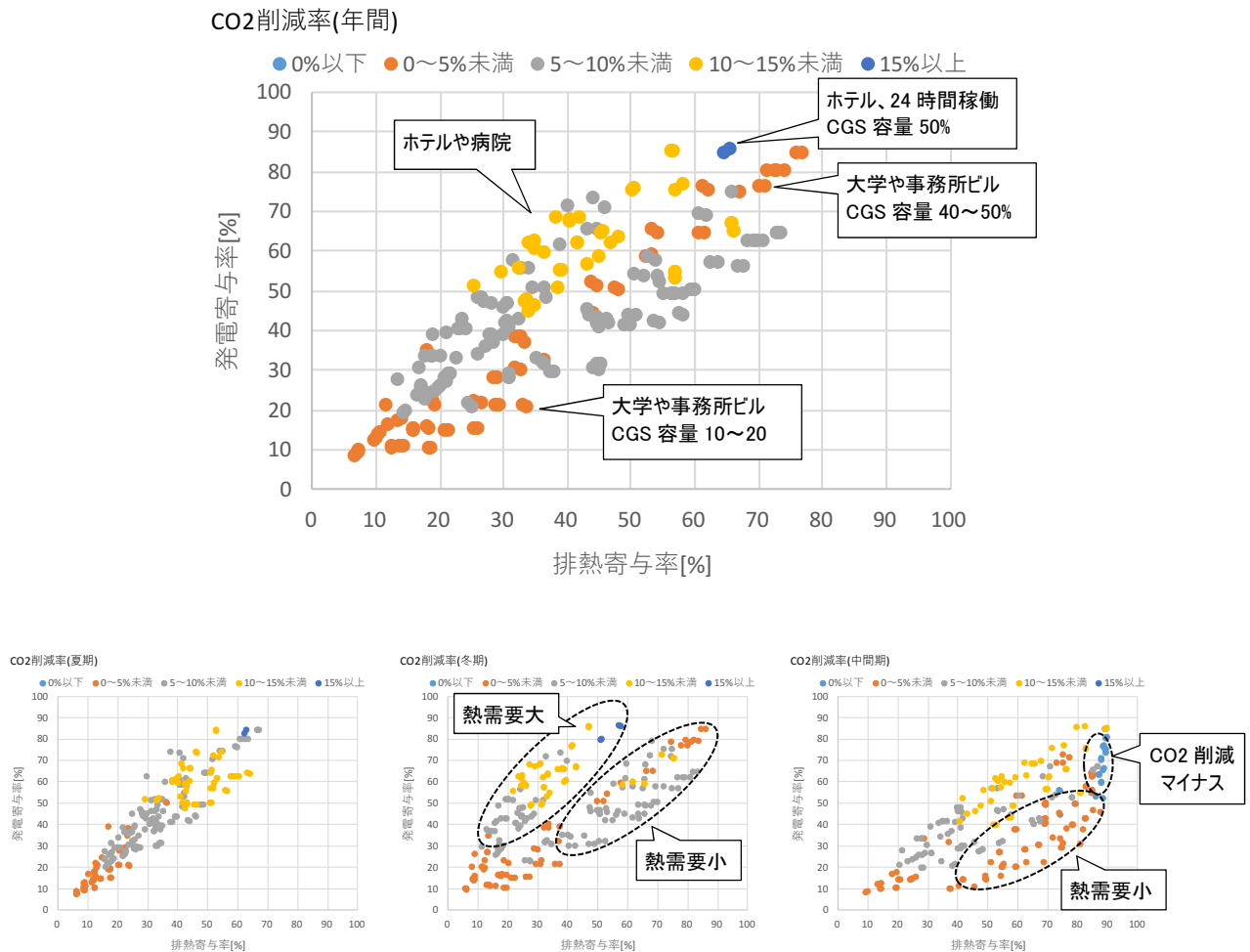


図5.6.2 発電寄与率と排熱寄与率の相関 (CO₂削減率別)

③ エネルギーコスト削減率

エネルギーコスト削減率別の発電寄与率と排熱寄与率の相関を以下に示す。この結果、エネルギーコスト削減率が5%未満となるのは、大学や事務所ビルのCGS容量が小さいケースとなっている。一方、CGS容量が小さい病院やホテルのケースでは、発電寄与率及び排熱寄与率が低い場合でも、エネルギーコストは10～15%の削減が達成されている。また、季節別にみると、いずれの季節も省エネ率と同様の傾向を示しており、中間期に熱需要が少なくなることで、余剰となる排熱が多くなり、エネルギーコスト削減効果が低下する傾向が確認された。

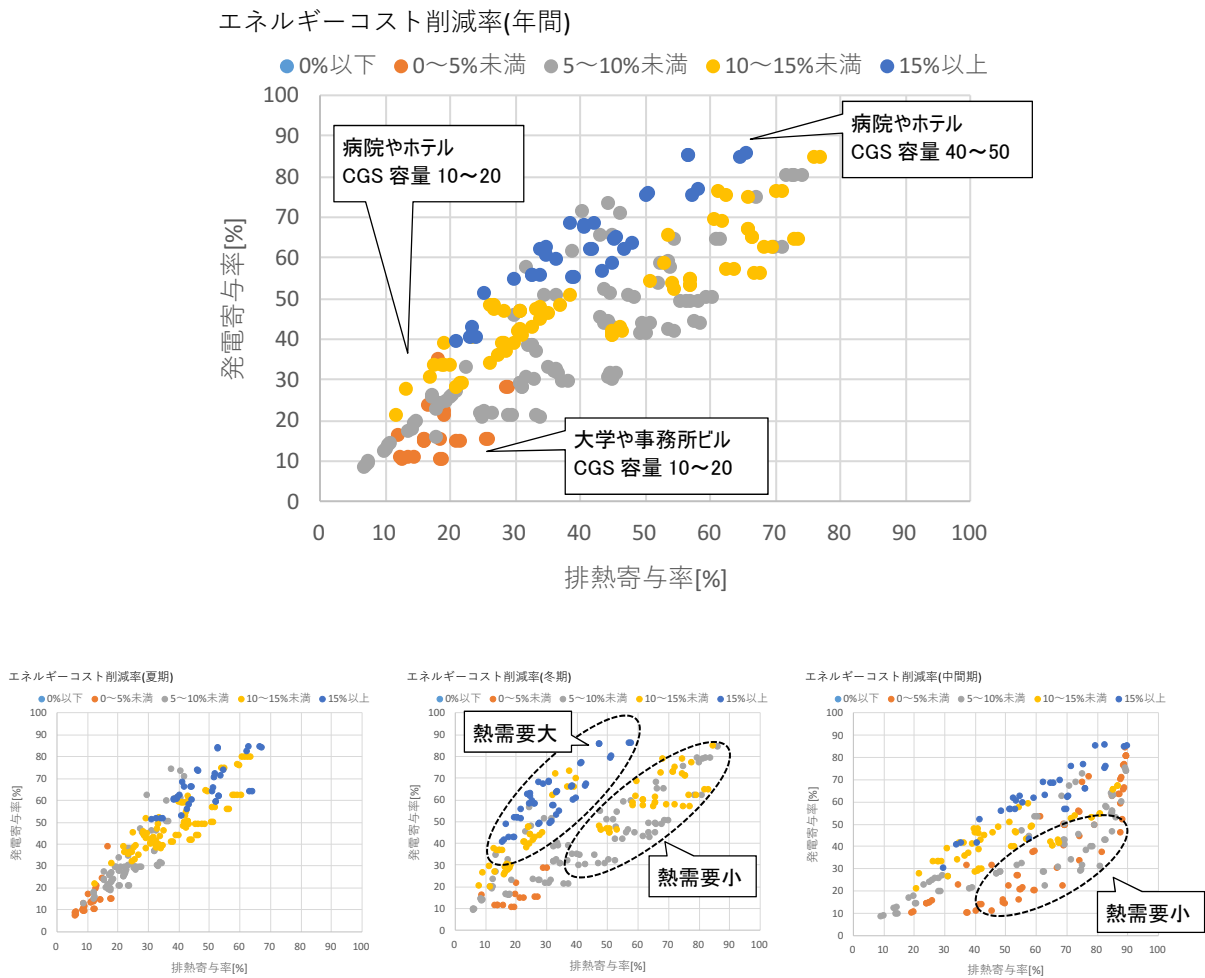


図5.6.3 発電寄与率と排熱寄与率の相関（エネルギーコスト削減率別）

④ 投資回収年数（補助なし）

投資回収年数別の発電寄与率と排熱寄与率の相関を以下に示す。この結果、ほとんどのケースで20年以上の投資回収年数となっており、設定したCGSの運転条件では投資回収が難しい結果となった。しかしながら、病院やホテルのケースでは、設定したCGSの運転条件で10～15年での投資回収となっている。これらのケースは、CGS容量が30%前後のケースが多くなっており、熱の需要とCGSの導入規模及び運転方法が重要といえる。

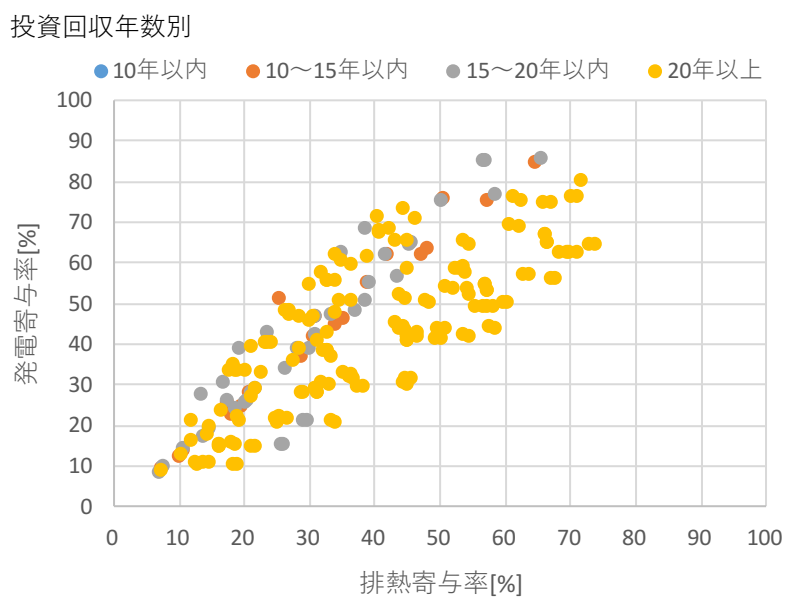


図5.6.4 発電寄与率と排熱寄与率の相関（単純投資回収年数別（補助なし））

(2) 余剰排熱量の分析

前述したデータでは、いずれのケースについても、冬期は給湯及び暖房需要によって排熱を利用することができており、夏期は、冷房需要によって排熱を利用することができている。しかしながら、中間期において電力需要分をCGSから電力供給を行う想定では、余剰の排熱が発生し、環境性及びエネルギーコスト削減効果が低下する傾向が確認された。以下に、各ケースにおける余剰排熱量を示す。この結果、いずれのケースでも中間期においてCGSの導入容量が増加していくと、余剰となる排熱量が多くなる傾向が確認された。熱需要の多い病院やホテルのケースについては、CGS容量が20%以内であれば、いずれの運転方法でも排熱を消費することができているが、CGGS容量が30%を超えると、中間期に余剰となる排熱量が増加しているものの、夏期と冬期はほぼ排熱を使い切ることができており、中間期においてCGSの台数制御等により、更なる効率向上が見込まれる。

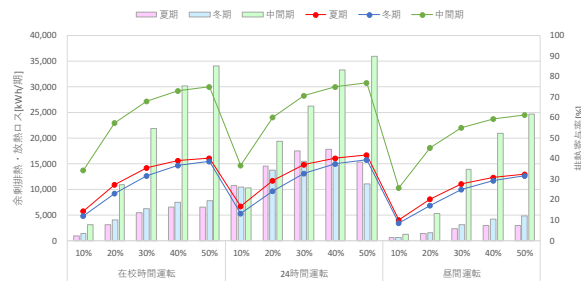


図5.6.5 小中学校単独モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率

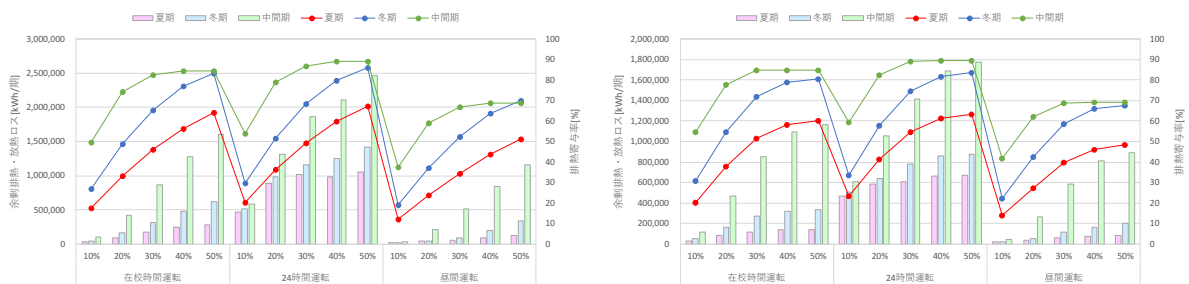


図5.6.6 大学単独モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左:従来、右:省エネ)

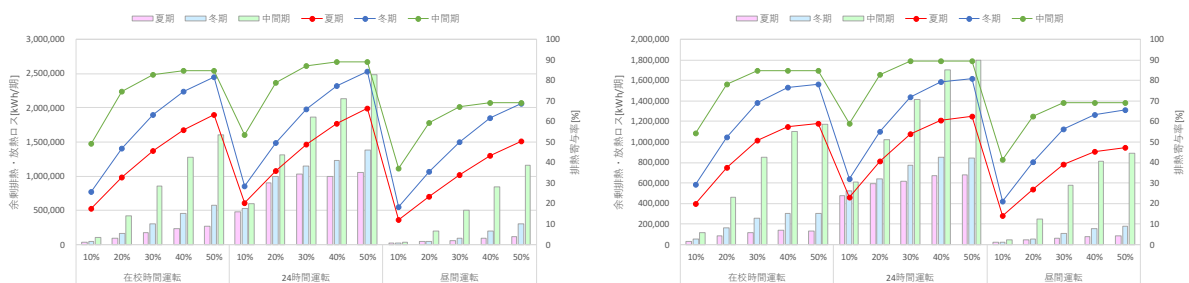


図5.6.7 小中学校+大学モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左:従来、右:省エネ)

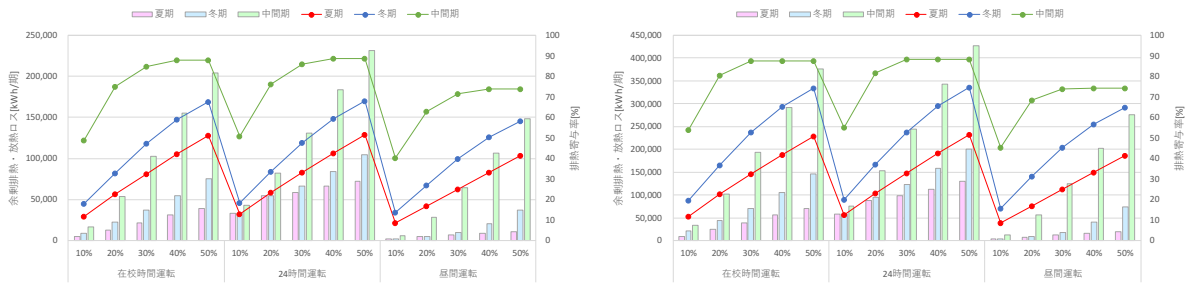


図5.6.8 小中学校+事務所モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左5,000m²、右10,000m²)

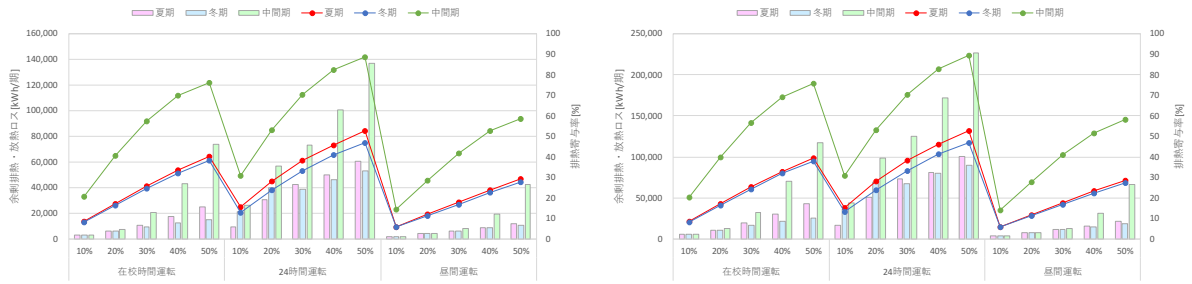


図5.6.9 小中学校+病院モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左5,000m²、右10,000m²)

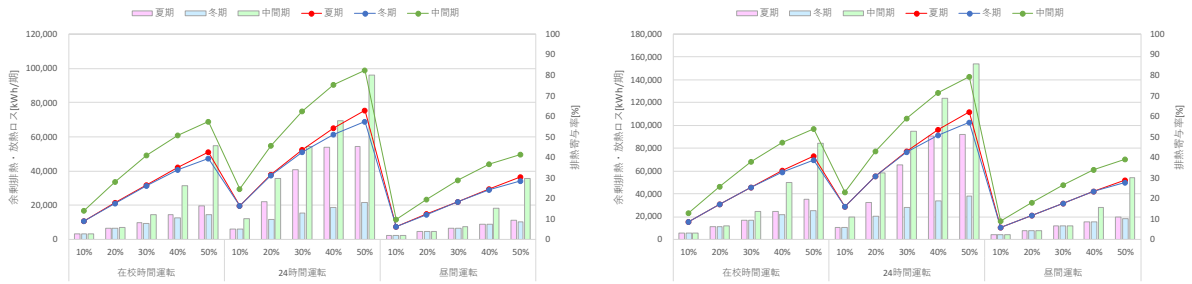


図5.6.10 小中学校+ホテルモデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左5,000m²、右10,000m²)

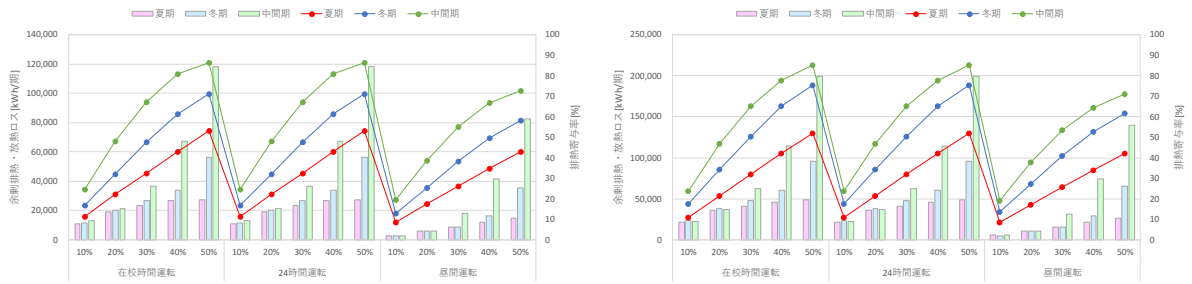


図5.6.11 小中学校+店舗モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左5,000m²、右10,000m²)

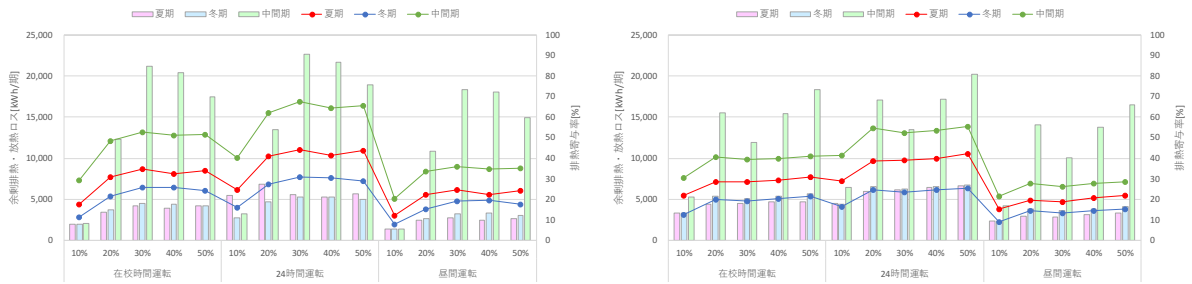


図5.6.12 小中学校+集合住宅モデルにおける余剰排熱量と排熱寄与率(左5,000m²、右10,000m²)

表5.6.1 各ケースにおける季節別余剰排熱量（在校時間運転）

余剰排熱量[kWh]		在校時間運転				
		CGS容量10%	CGS容量20%	CGS容量30%	CGS容量40%	CGS容量50%
小中学校単独	夏期	969	3,064	5,428	6,581	6,510
	冬期	1,442	4,012	6,299	7,514	7,879
	中間期	3,179	10,934	21,844	30,079	34,020
	年間	5,590	18,010	33,571	44,175	48,409
大学単独（現状）	夏期	33,351	97,009	172,387	241,559	277,224
	冬期	49,569	164,886	319,467	478,681	624,986
	中間期	103,804	426,914	863,100	1,275,320	1,602,435
	年間	186,725	688,810	1,354,954	1,995,560	2,504,645
大学単独（省エネ）	夏期	34,490	84,326	118,125	144,196	138,797
	冬期	56,849	165,167	270,016	321,940	332,703
	中間期	119,600	472,585	852,972	1,090,464	1,162,264
	年間	210,940	722,077	1,241,113	1,556,599	1,633,764
小中学校＋従来大学	夏期	33,824	97,947	170,501	237,361	269,449
	冬期	49,473	164,229	310,289	459,239	577,910
	中間期	99,840	417,724	858,840	1,279,378	1,609,570
	年間	183,137	679,900	1,339,630	1,975,977	2,456,929
小中学校＋省エネ大学	夏期	34,963	85,332	115,258	140,180	135,856
	冬期	56,337	161,743	255,898	302,010	305,643
	中間期	113,758	460,586	849,739	1,101,120	1,174,566
	年間	205,058	707,661	1,220,896	1,543,310	1,616,066
小中学校＋事務所 (5,000m ²)	夏期	4,639	13,051	21,122	31,288	39,165
	冬期	9,247	22,654	36,906	54,839	75,649
	中間期	16,916	53,410	102,141	155,348	204,177
	年間	30,802	89,115	160,169	241,475	318,992
小中学校＋事務所 (10,000m ²)	夏期	9,375	24,102	37,949	55,472	69,568
	冬期	20,704	43,480	70,576	105,847	145,867
	中間期	33,857	101,504	194,120	291,236	375,803
	年間	63,936	169,086	302,644	452,555	591,238
小中学校＋病院 (5,000m ²)	夏期	3,110	6,198	10,786	17,463	24,779
	冬期	3,084	6,147	9,190	12,198	15,201
	中間期	3,110	7,420	20,727	43,061	73,608
	年間	9,303	19,765	40,703	72,723	113,587
小中学校＋病院 (10,000m ²)	夏期	5,577	11,087	19,212	29,906	43,241
	冬期	5,532	10,997	16,395	21,460	25,850
	中間期	5,577	12,627	32,159	70,041	117,448
	年間	16,687	34,711	67,766	121,407	186,538
小中学校＋ホテル (5,000m ²)	夏期	3,270	6,516	9,823	14,635	19,747
	冬期	3,243	6,462	9,606	12,458	14,473
	中間期	3,270	7,082	14,718	31,574	54,854
	年間	9,782	20,061	34,147	58,667	89,075
小中学校＋ホテル (10,000m ²)	夏期	5,715	11,359	16,932	24,764	34,817
	冬期	5,668	11,265	16,733	21,659	25,368
	中間期	5,715	12,216	24,329	50,151	84,484
	年間	17,097	34,840	57,994	96,574	144,669
小中学校＋店舗 (5,000m ²)	夏期	10,915	19,064	23,592	26,580	27,475
	冬期	11,673	20,475	26,811	33,911	56,292
	中間期	12,860	21,071	36,393	67,331	117,876
	年間	35,448	60,610	86,797	127,822	201,643
小中学校＋店舗 (10,000m ²)	夏期	21,696	35,960	40,918	46,181	49,299
	冬期	23,356	38,553	47,917	60,801	95,277
	中間期	22,695	36,762	62,493	114,417	198,991
	年間	67,747	111,276	151,328	221,399	343,567
小中学校＋集合住宅 (5,000m ²)	夏期	1,951	3,411	4,238	3,951	4,167
	冬期	1,920	3,695	4,458	4,426	4,165
	中間期	2,096	12,287	21,212	20,443	17,498
	年間	5,967	19,393	29,907	28,820	25,829
小中学校＋集合住宅 (10,000m ²)	夏期	3,368	4,370	4,514	4,698	4,662
	冬期	3,362	5,345	5,108	5,364	5,704
	中間期	5,314	15,568	11,948	15,423	18,315
	年間	12,043	25,282	21,570	25,485	28,681

表5.6.2 各ケースにおける季節別余剰排熱量（24時間運転）

余剰排熱量[kWh]		24時間運転				
		CGS容量10%	CGS容量20%	CGS容量30%	CGS容量40%	CGS容量50%
小中学校単独	夏期	10,767	14,516	17,457	17,875	15,364
	冬期	10,493	13,782	15,437	14,684	11,039
	中間期	10,340	19,378	26,178	33,238	35,901
	年間	31,600	47,677	59,072	65,797	62,304
大学単独（現状）	夏期	474,099	894,215	1,025,248	989,912	1,051,649
	冬期	519,483	985,028	1,157,110	1,249,908	1,419,804
	中間期	590,734	1,309,124	1,858,253	2,114,184	2,463,799
	年間	1,584,316	3,188,367	4,040,610	4,354,005	4,935,252
大学単独（省エネ）	夏期	465,373	586,958	607,597	666,017	674,906
	冬期	510,867	640,032	779,183	862,032	874,353
	中間期	608,275	1,051,991	1,411,427	1,685,454	1,773,820
	年間	1,584,515	2,278,981	2,798,207	3,213,503	3,323,079
小中学校＋従来大学	夏期	482,761	906,846	1,029,476	994,870	1,052,020
	冬期	530,415	996,642	1,153,770	1,233,451	1,381,409
	中間期	598,323	1,312,156	1,859,891	2,128,059	2,479,215
	年間	1,611,499	3,215,644	4,043,137	4,356,380	4,912,644
小中学校＋省エネ大学	夏期	473,716	597,561	613,262	670,642	680,416
	冬期	519,552	642,298	774,209	851,152	843,787
	中間期	612,291	1,019,833	1,416,736	1,704,310	1,793,760
	年間	1,605,558	2,259,692	2,804,207	3,226,105	3,317,963
小中学校＋事務所 (5,000m ²)	夏期	33,017	55,009	58,465	66,105	72,558
	冬期	33,683	55,127	66,413	84,078	104,453
	中間期	42,932	82,313	130,358	183,855	231,199
	年間	109,631	192,450	255,237	334,038	408,210
小中学校＋事務所 (10,000m ²)	夏期	58,223	87,314	98,777	112,131	129,627
	冬期	58,770	94,849	122,634	158,665	199,538
	中間期	75,249	152,516	243,600	342,578	426,245
	年間	192,241	334,679	465,011	613,373	755,410
小中学校＋病院 (5,000m ²)	夏期	9,523	30,509	42,762	50,142	60,732
	冬期	21,509	39,895	38,666	46,359	52,831
	中間期	25,967	57,163	73,023	100,601	136,590
	年間	56,999	127,567	154,452	197,102	250,153
小中学校＋病院 (10,000m ²)	夏期	16,200	50,296	73,049	81,016	100,763
	冬期	36,261	69,626	67,111	80,258	89,790
	中間期	43,520	98,892	124,573	171,437	226,773
	年間	95,982	218,814	264,734	332,711	417,327
小中学校＋ホテル (5,000m ²)	夏期	6,036	21,939	40,765	53,864	54,475
	冬期	5,987	11,532	15,687	18,934	21,705
	中間期	11,975	35,543	54,440	69,153	96,190
	年間	23,998	69,015	110,891	141,952	172,370
小中学校＋ホテル (10,000m ²)	夏期	10,550	32,557	65,674	90,504	92,269
	冬期	10,464	20,319	27,918	33,455	37,814
	中間期	19,412	58,629	94,688	123,939	154,259
	年間	40,425	111,506	188,281	247,898	284,342
小中学校＋店舗 (5,000m ²)	夏期	10,915	19,064	23,592	26,580	27,475
	冬期	11,673	20,475	26,811	33,911	56,292
	中間期	12,860	21,071	36,393	67,331	117,876
	年間	35,448	60,610	86,797	127,822	201,643
小中学校＋店舗 (10,000m ²)	夏期	21,696	35,960	40,918	46,181	49,299
	冬期	23,356	38,553	47,917	60,801	95,277
	中間期	22,695	36,762	62,493	114,417	198,991
	年間	67,747	111,276	151,328	221,399	343,567
小中学校＋集合住宅 (5,000m ²)	夏期	5,459	6,787	5,580	5,272	5,694
	冬期	2,756	4,668	5,271	5,227	4,946
	中間期	3,238	13,497	22,665	21,668	18,966
	年間	11,453	24,951	33,516	32,167	29,605
小中学校＋集合住宅 (10,000m ²)	夏期	4,480	5,933	6,139	6,414	6,596
	冬期	4,415	6,530	6,247	6,507	6,720
	中間期	6,444	17,051	13,444	17,143	20,208
	年間	15,338	29,514	25,830	30,064	33,525

表5.6.3 各ケースにおける季節別余剰排熱量（昼間運転）

余剰排熱量[kWh]		昼間運転				
		CGS容量10%	CGS容量20%	CGS容量30%	CGS容量40%	CGS容量50%
小中学校単独	夏期	672	1,337	2,318	2,912	2,985
	冬期	667	1,621	3,077	4,184	4,829
	中間期	1,200	5,346	13,939	20,894	24,741
	年間	2,539	8,304	19,334	27,990	32,556
大学単独（現状）	夏期	21,907	42,321	61,357	89,320	123,327
	冬期	21,728	45,980	98,107	204,744	337,376
	中間期	37,622	214,270	513,753	845,718	1,161,229
	年間	81,257	302,571	673,217	1,139,782	1,621,932
大学単独（省エネ）	夏期	21,907	42,321	61,644	78,261	85,996
	冬期	21,728	51,393	117,517	165,972	199,901
	中間期	47,280	264,511	582,197	815,066	892,544
	年間	90,915	358,226	761,357	1,059,299	1,178,441
小中学校＋従来大学	夏期	22,439	43,311	62,740	88,393	119,281
	冬期	22,255	46,957	97,304	194,410	299,831
	中間期	35,556	204,175	505,947	845,899	1,164,991
	年間	80,250	294,442	665,992	1,128,701	1,584,103
小中学校＋省エネ大学	夏期	22,439	43,311	62,459	77,593	84,286
	冬期	22,255	50,991	112,653	155,376	179,138
	中間期	43,337	251,449	575,557	815,873	893,951
	年間	88,030	345,750	750,668	1,048,842	1,157,375
小中学校＋事務所 (5,000m ²)	夏期	2,259	4,502	6,729	8,941	11,137
	冬期	2,241	4,723	9,320	20,190	37,190
	中間期	5,654	28,059	64,097	106,108	148,887
	年間	10,154	37,284	80,147	135,239	197,214
小中学校＋事務所 (10,000m ²)	夏期	3,980	7,910	11,792	15,625	19,410
	冬期	3,947	8,310	17,174	39,834	73,384
	中間期	11,655	55,601	124,900	201,319	275,592
	年間	19,583	71,821	153,866	256,777	368,386
小中学校＋病院 (5,000m ²)	夏期	2,153	4,291	6,415	8,524	11,679
	冬期	2,135	4,256	6,362	8,454	10,364
	中間期	2,153	4,291	8,054	19,349	42,314
	年間	6,441	12,838	20,831	36,328	64,357
小中学校＋病院 (10,000m ²)	夏期	3,861	7,676	11,444	15,167	21,318
	冬期	3,830	7,613	11,351	15,043	18,359
	中間期	3,861	7,676	12,770	31,097	66,208
	年間	11,552	22,965	35,566	61,308	105,885
小中学校＋ホテル (5,000m ²)	夏期	2,264	4,511	6,742	8,958	11,131
	冬期	2,245	4,474	6,687	8,841	10,460
	中間期	2,264	4,511	7,282	18,119	35,413
	年間	6,772	13,496	20,712	35,918	57,004
小中学校＋ホテル (10,000m ²)	夏期	3,956	7,864	11,722	15,534	19,613
	冬期	3,924	7,799	11,626	15,327	18,189
	中間期	3,956	7,864	11,895	27,943	53,788
	年間	11,837	23,526	35,244	58,803	91,590
小中学校＋店舗 (5,000m ²)	夏期	3,002	5,975	8,921	11,838	14,729
	冬期	2,977	5,926	8,848	16,389	35,725
	中間期	3,002	6,060	17,884	41,414	82,536
	年間	8,981	17,961	35,652	69,642	132,989
小中学校＋店舗 (10,000m ²)	夏期	5,403	10,714	15,935	21,069	26,116
	冬期	5,358	10,626	15,805	28,984	65,517
	中間期	5,403	10,714	31,174	74,595	139,889
	年間	16,164	32,054	62,914	124,649	231,521
小中学校＋集合住宅 (5,000m ²)	夏期	1,340	2,421	2,712	2,434	2,638
	冬期	1,329	2,637	3,260	3,320	3,006
	中間期	1,340	10,793	18,326	18,106	14,941
	年間	4,010	15,850	24,299	23,861	20,585
小中学校＋集合住宅 (10,000m ²)	夏期	2,327	2,936	2,866	3,152	3,345
	冬期	2,344	3,832	3,585	3,801	4,099
	中間期	4,222	14,082	10,063	13,776	16,508
	年間	8,893	20,850	16,513	20,729	23,951

(4) 災害時に供給できるエネルギー量

これまでの分析の結果、小中学校に単独でCGSを導入した場合、最も有望なケースでも事業採算性において補助金の活用が必要になると予測されるが、周辺施設と連携した場合は、病院やホテルと連携することで環境性及び事業採算性において有効な結果を得ることができた。

エネルギーネットワークによって、小中学校を中心に病院やホテルと連携したケースと、小中学校単独でCGSを導入したケースのCGS容量と災害時に供給が期待されるエネルギー量の目安を以下に示す。

表5.6.4 各ケースにおけるCGS導入と機器容量

主となる施設	周辺施設	CGS 容量			CGS 運転方法	課題
		ピーク比	容量	排熱回収量		
小中学校(単独)	—	30%	約 30kW	132MJ/h	在校時間運転	補助金の活用
小中学校	病院 10,000m ²	30% ～50%	約 170kW ～約 280kW	750MJ/h ～1,240MJ/h	24 時間運転	自己保有電源比率の 規制緩和 中間期の運転時間、 台数制御の調整
小中学校	ホテル 10,000m ²	30% ～50%	約 170kW ～約 280kW	750MJ/h ～1,240MJ/h	24 時間運転	自己保有電源比率の 規制緩和 中間期の運転時間、 台数制御の調整

【熱エネルギー供給量】

厚生労働省の基準では、災害時、避難者2人当たりの避難所必要面積を3.3m²としている。この面積を元に、延床面積8,000m²程度の小中学校で廊下や共用部分を除いた場合、小中学校1校に最大で2,500人程度の避難者が想定される。

この結果、小中学校に単独でCGSを導入した場合は、1時間あたり9人程度のシャワー利用が可能となるものの、2,500人の避難者に対するエネルギー供給量としては非常に小さい。但し、病院やホテルと連携した場合は、1時間あたり50～80人程度のシャワー利用が可能となり、利用者のスケジュールを整理することで2日1回は避難者全員がシャワーを利用することが可能となる。

表5.6.5 災害時に供給できる主なエネルギー（熱）

対象	エネルギー需要	エネルギー種別	エネルギー量 (目安)	CGS 30kW 小中学校単独 ピーク比 30%	CGS 170kW 病院/ホテル連携 ピーク比 30%	CGS 280kW 病院/ホテル連携 ピーク比 50%
避難所	入浴 (冬期想定)	電気、ガス、熱	シャワー10分：約15MJ/人 ($\Delta T=35^{\circ}\text{C}$ 、10L/min)	約9人/h	約50人/h	83人/h
	冷暖房	電気、ガス、熱	200kW (=720MJ/h) (本調査での平均需要による冷暖房ピーク負荷)	延床面積の18%	平常通り供給可	平常通り供給可

【電力供給量】

災害時に必要となる電力量として、既存文献²⁶⁾では1校あたり200kW程度としているものの、この既存文献の前提は、小中一貫校での必要電力量となっている。本研究で得られた各学校における契約電力の平均値は147kW/校となっており、照明・コンセント用に限った場合は、約100kW程度のピーク需要が推測される。

この結果、小中学校に単独でCGSを導入した場合は30kWのCGSとなり、平常時と同様に学校を運用することができず、夜間には照明利用の節約や携帯電話充電・PC利用等の制限が必要となる。しかしながら、病院やホテルと連携した場合は、平常時に発生するピーク電力以上の発電容量を確保することができ、平常時と同様に学校の運用が可能となる。但し、この場合は、病院やホテル側には通常通り非常用発電機の導入が必要となる。

表5.6.6 災害時に供給できる主なエネルギー（電力）※同時使用想定

対象	エネルギー需要	エネルギー種別	エネルギー量 (目安)	CGS 30kW 小中学校単独 ピーク比 30%	CGS 170kW 病院/ホテル連携 ピーク比 30%	CGS 280kW 病院/ホテル連携 ピーク比 50%
避難時	街路灯	電気	LED(400型)：120W	40本	230本	380本
避難所	照明	電気	LED(40型)：25W	200本	1,100本	1,900本
	情報機器	電気	テレビ：50～80W/台 PC(デスク)：50W/台 PC(ノート)：15W/台 携帯電話(充電)：15W/台	75台 100台 300台 300台	500台 550台 1,900台 1,900台	750台 900台 3,000台 3,000台

6. 結論

【教育施設のエネルギー需要データの整理】

- 本研究では、教育施設を中心としたエネルギーネットワーク構築に向けて課題となっていた、小中学校及び大学における用途別エネルギー需要量及び月別・時刻別需要比率を明らかにした。
- この結果、教育施設におけるCGSの導入検討をはじめ、教育施設を中心としたエネルギーネットワークの構築に関する検討が可能となり、将来的なエネルギーネットワークやスマートコミュニティ等の構築に関する検討に寄与できる。

【現状の大学におけるエネルギー利用状況】

- 現状の大学におけるエネルギー利用が適切に行われているかどうかを確認するため、「未使用室における空調・照明制御」「昼光利用による照明制御」「SET*を評価軸とした快適時における空調停止」等の省エネ制御を導入することを想定し、その省エネ効果について明らかにした。
- この結果、教室内における電力消費量に対して、南側教室における昼光利用は2.4%削減、未使用教室における消灯は18.0%削減、快適性を考慮した空調制御では9.2%削減、未使用室における空調停止は27.5%削減、合計で60%程度の省エネ効果が得られることが分かった。特に、未使用室の空調・照明制御による削減効果が大きく、教室で使用されるエネルギーの約半分を省エネ自動制御によって削減可能といえる。
- 但し、この結果は省エネ自動制御に頼らずとも、授業以外での空調利用を停止・禁止するなど、省エネ監視員の配備やポスター等による省エネ啓発など、省エネ行動を徹底することで代替可能な部分もあり、この結果は、大学における未使用室のエネルギー消費が多いことを示し、大学における今後の省エネ対策に寄与する。

【小中学校を中心としたエネルギーネットワーク構築】

- 研究によって明らかにしたエネルギー需要を基に、教育施設単独及び教育施設を中心としたエネルギーネットワークモデルを想定した、エネルギーシミュレーションを実施した。
- この結果、小中学校に単独でCGSを導入した場合、省エネ効果としては在校時間運転でCGS容量30%が最も高くなることが分かり、10～20%ではCGS容量が不足しているものの、40～50%まで大きくなると、余剰となる排熱が多くなり省エネ効果が低下する。経済性としては、夜間の負荷が無くなることでCGSの稼働時間が制限され、エネルギーコスト削減効果が低下する。このため、補助事業を活用することで事業採算性を確保することが分かった。

- 小中学校を中心としたエネルギーネットワークモデルに対してCGSを導入した場合、昼夜間ともに需要が発生する10,000m²程度のホテルや病院と連携することで、環境性(省エネ効果)と経済性を両立できること分かった。CGS容量はピーク比30~50%(約170~280kW)設置し、CGSは基本的に24時間連続してエネルギーを供給するシステムとすることで補助事業を活用せずとも環境性と経済性を両立できる。これは、病院やホテルに限らずとも、昼夜間に熱需要が発生する建物用途と連携することが重要であり、例えば夜間給湯を使用するスポーツ施設や福祉施設、温泉・温浴施設なども有望な施設と言える。また、災害時のエネルギー供給量としては、小中学校単独でCGSを導入する規模よりも、周辺施設とエネルギー融通を想定したCGSの規模の方が大きく、地域防災への貢献度が大きくなることを確認した。

【研究対象エリアにおけるエネルギーネットワーク構築イメージ】

- 本研究の結果を、対象エリアにあてはめた場合、A小やC小の周辺には病院や福祉施設等の熱需要の多い建物が立地しており、これらと連携したエネルギーネットワークを構築することで、環境性・経済性を両立するシステム構築の「既存有望エリア」と言える。
- 但し、B小、D小、E中、F中には既存の建物で熱需要が多い建物が見られないことから、今後、ホテルや病院、福祉施設等の熱需要がある施設を周辺に立地することで、エネルギーネットワークの有望なエリアとなる「要対策エリア」と言える。

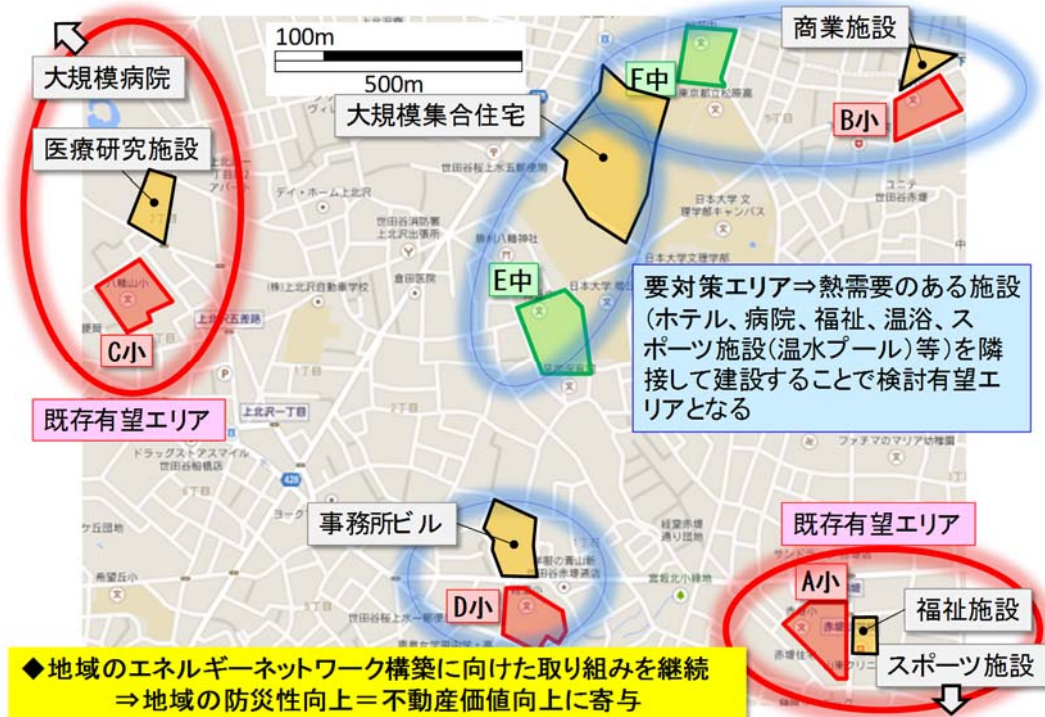


図6.1.1 研究対象エリアにおけるエネルギーネットワーク構築有望エリア

< 参考文献 >

- 1) (一社)日本エネルギー学会編 柏木孝夫監修：天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル，日本工業出版，2008.5
- 2) 技術委員会地域冷暖房技術手引書改訂小委員会編：地域冷暖房技術手引書 改訂第4版，(一社)都市環境エネルギー協会，2013.11
- 3) 田中翔大・村上公哉 他1名：エネルギーシステムシミュレーションに関する研究 基本計画時の建物の負荷想定に用いる熱・電力負荷原単位の更新，日本建築学会関東支部研究報告集，第84巻，pp.117-120，2014.2
- 4) 田中翔大・村上公哉 他1名：エネルギーシステムの基本計画時に用いる熱・電力負荷原単位の更新に関する研究 第1報 熱・電力負荷の実態調査，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.785-786，2014.9
- 5) 一般社団法人日本サステナブル建築協会：DECC非住宅建築物の環境関連データベース，2013 (<http://www.jsbc.or.jp/decc/>) (参照2015.10.8)
- 6) 半澤久 他14名：非住宅(民生業務部門)建築物の環境関連データベース構築に関する研究 その65 小中学校・高校におけるエネルギー消費実態，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.995-996，2011.8
- 7) 尾島俊雄研究室：建築の光熱水原単位，早稲田大学出版部，1995.7
- 8) 陳超・渡辺俊行 他2名：福岡市と北九州市における各種建物のエネルギー消費特性に関する調査研究，日本建築学会計画系論文集，No.485，pp.41-49，1996.7
- 9) (社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会：平成4年度建築物エネルギー消費量調査報告書(調査A第XVI報)，p.11，1994.6
- 10) 金縄美和・小峰裕己：標準学級数の小中学校におけるエネルギー消費原単位の整備，空気調和・衛生工学会学術講演論文集 pp.1713-1716，2001.8
- 11) 渡辺浩文 他2名：東北地方における学校建築のエネルギー消費に関する実態調査研究，日本建築学会環境系論文集，第597号，pp.57-63，2005.11
- 12) 高田宏・村川三郎 他4名：学校給食施設におけるエネルギー消費特性の解析 その3 給水・給湯負荷の解析，日本建築学会中国支部研究報告集 第26巻，pp.569-572，2003.3
- 13) 井手俊郎・坂上恭助 他6名：給湯設備設計用基礎データの検討・整備に関する研究 第8報 給水温に関する調査(その5)，空気調和・衛生工学会学術講演論文集，pp.801-804，1997.7
- 14) 山田恭介・野部達夫 他1名：プローブ挿入法によるマルチパッケージ型空調機の運用実態調査，空気調和・衛生工学会論文集，No.193，pp.19-26，2013.4
- 15) 文部科学省：学校環境衛生基準，2009

- 16) 高橋慎一, 田辺新一 他6名: 建築系環境・情報マネジメントに関する研究 その8 AHU周りの解析について, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿) pp1319-1320, 2005
- 17) 岸本孝志ら: 0Aフロア用潜熱蓄熱床暖房システムと空調の併用運転時におけるSET*制御に関する研究, 日本建築学会技術報告集 第17号, 247-250, 2003
- 18) 厚生労働省: 建築物環境衛生管理基準, 2004
- 19) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: 日射量データベース METPV-11, 2012
- 20) 社団法人 空気調和・衛生工学会: 快適な温熱環境のメカニズム 改訂第2版, 2006
- 21) 深井一夫ら: 標準新有効温度 (SET*) と日本人の温熱感覚に関する実験的研究 第1報 空気調和・衛生工学会論文集No. 48 P21-28, 1992
- 22) 山元武士, 早川眞: 大学施設におけるビル用マルチ空調機の省エネルギーに関する研究 ～夜間の一斉停止の効果～, 空気調和・衛生工学会論文集pp43-49, 2010. 1
- 23) 市川徹, 尾島俊雄: 民生用コージェネレーションの省エネルギー性に関する理論的研究, 日本建築学会計画系論文報告集 第433号 pp21-29, 1992. 3
- 24) 藤井修二, 垂水弘夫, 湯浅和弘: 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 ～建物用途及び運転条件を考慮した評価～, 日本建築学会計画系論文集 第387号 pp14-22, 1988. 5
- 25) 藤井修二, 垂水弘夫, 湯浅和弘, 新邦夫, 早川一也: 民生用コージェネレーションシステムの実態調査, 日本建築学会計画系論文集 第389号 pp46-52, 1988. 7
- 26) 橋本治, 横内憲久, 三橋博巳: 防災施設としての市街地における清掃工場立地に関する研究, 日本環境管理学会 学術講演梗概集2016 pp13-16, 2016. 5

＜ 謝 辞 ＞

本論文は筆者が日本大学理工学部理工学研究所に在籍中の研究成果をまとめたものである。建築学科教授 根上先生、同学科特任教授 金島先生には指導教官として本研究の実施の機会を与えて戴き、その遂行にあたって終始、ご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。

まちづくり工学科教授 岡田先生、並びに、電気工学科教授 西川先生には副査としてご助言を戴くとともに本論文の細部にわたりご指導を戴いた。ここに深謝の意を表す。

また、本研究で得たデータの多くは、建築学科金島研究室の各位の協力により収集されたとともに、同室に在籍の研究員・学生各位からは有益なご討論ご助言も頂いた。ここに感謝の意を表す。

参考資料 1 小中学校アンケート票

Q1. エネルギーの使用に関するアンケート調査

エネルギーの使用に関する調査として、以下の設問にご回答ください。

学校名	●●●学校
電力契約	契約種別 () 契約電力 (kW)
ガス契約	契約種別 ()
メーター	ガスメーター個数 (個) 水道メーター個数 (個)
メーター検針日	電気(毎月 日) / ガス(毎月 日) / 水道(隔月 日)
在校時間	通常授業日における最も早い出勤者のおおよその時間(教職員含む) 平日 (時 分頃) 土曜日 (時 分頃) 通常授業日における最も遅い帰宅者のおおよその時間(教職員含む) 平日 (時 分頃) 土曜日 (時 分頃)
教室数	普通教室:(室) 内、使用教室数(室) 特別教室:(室) ※社会科室、音楽室、理科室、美術室、図書室等。 ※特別教室には職員室、校長室、事務室、保健室、給食室、放送室は含まないものとする。
体育館	面積 (m ²) 空調利用の有無 (有 ・ 無) 開放利用の頻度 (週 日程度 ・ 無し) 主な開放時間 (時間/日程度 ・ 無し)
校庭	面積 (m ²) 開放利用の頻度 (週 日程度 ・ 無し) 主な開放利用時間 (時 ~ 時) ナイター設備 (有 ・ 無) ※有の場合は以下の設問に回答下さい。 → ナイター使用頻度 (週 日程度) → 主なナイター使用時間 (時 ~ 時)
プール	プールの有無 (有 ・ 無) ※有の場合は以下の設問に回答下さい。 → プールの形式 (屋内 ・ 屋外) → プール使用期間 (月 ~ 月) ※開放利用含む → 水位調整 : 可動床式 ・ タンク式 ・ 給排水式 → 開放利用の頻度 (週 日程度 ・ 無し) → 主な開放利用時間 (時 ~ 時) → 主な開放時間 (時間/日程度 ・ 無し)

Q1. エネルギーの使用に関するアンケート調査

エネルギーの使用に関する調査として、以下の設問にご回答ください。

暖房機器	※複数回答可（使用・該当するものすべてに○をご記入ください） 1. エアコン 2. ガスストーブ（ファンヒーター） 3. 灯油ストーブ（ファンヒーター） 4. 電気ストーブ 5. その他（ ） 6. 暖房機器の利用無し	
冷暖房期間と 主な使用時間	冷房期間（ 月～ 月） 冷房時間 普通教室（ 時～ 時） 特別教室（ 時～ 時） 職員室（ 時～ 時） その他共用部（ 時～ 時）	暖房期間（ 月～ 月） 暖房時間 普通教室（ 時～ 時） 特別教室（ 時～ 時） 職員室（ 時～ 時） その他共用部（ 時～ 時）
給食室	（ 有（自校式） ・ 無 ） ※有の場合は以下の設問に回答下さい。 → 自校式の場合 ⇒ 給食作成時間帯（ 時 分～ 時 分） 設備：冷蔵／冷凍庫（ kW × 台程度） ：炊飯器（ kW × 台程度）⇒（ガス・電気） ：回転釜（ kW × 台程度）⇒（ガス・電気） ：洗浄機（ kW × 台程度） ：給湯機（ kW × 台程度）⇒（ガス・電気）	
給湯・調理器具 （給食室以外）	（ 有 ・ 無 ） ※有の場合は以下の設問に回答下さい。 → 主な機器：給湯器（約 kW× 台程度） ：コンロ（約 kW× 台程度） → 調理用途（ ） → エネルギー（ガス式 ・ 電気式 ・ 両方） → 使用頻度（週 日程度）	
その他のエネルギー	LPG 使用量： [L or m ³ /年] 用途（ ） 灯油 使用量： [L/年] 用途（ ） 重油 使用量： [L/年] 用途（ ） その他（ ）：（ [/] ） 用途（ ）	
再生可能エネルギー	（ 有 ・ 無 ） ※有の場合は以下の設問に回答下さい。 → 種類：太陽光発電 ・ 太陽熱 ・ その他（ ） → 容量：太陽光発電（ kW） ：太陽熱（ m ² ：貯湯タンク m ³ ） ：その他（ ）	

Q2. ご準備頂きたい資料

Q2-SQ1 空調設備に関する資料

空調設備に関する調査として、以下に、学校で整理されている「冷暖房機器点検一覧表」の例を示しますが、室内機と室外機の仕様及び関連が分かる資料をご教示ください。

冷暖房機器点検一覧表										
学校番号： 学校名：〇〇学校		住所：世田谷区*****			請負者名：***** 株式会社 作業責任者：*****					
機器 番号	室内機			室外機			冷房能力/暖房能力	製造年	製作者名	備考
	設置室名	形式	製造番号	設置場所	形式	製造番号				
1	職員室	PLFY-P71BM-E1	*****	RF	PUHY-P400CM-E1		40/45		*****	冷暖
2	職員室	PLFY-P71BM-E1	*****							
3	職員室	PLFY-P71BM-E1	*****							
4	校長室	PLFY-P71BM-E1	*****							
5	印刷室	PLFY-P71BM-E1	*****							
6	事務室	PLFY-P71BM-E1	*****							
7	多目的スペース2	YZCP90MB		RF	YNZP280H1		85/95	2008	*****	GHP
8	多目的スペース2	YZCP90MB								
9	多目的スペース2	YZCP90MB								
10	多目的スペース2	YZCP90MB								
11	普通教室	YZCP112MB		RF	YNZP850H1		85/95	2008	*****	GHP
12	普通教室	YZCP112MB								
13	普通教室	YZCP112MB								
14	普通教室	YZCP112MB								
15	普通教室	YZCP112MB								
16	普通教室	YZCP112MB								
17	普通教室	YZCP112MB								
18	普通教室	YZCP112MB								
19	保健室	PLFY-P56BM-E1		RF	PUHY-P400SCME-1		69/76.5		三菱電機	冷暖
20	保健室	PLFY-P56BM-E1								

図1 冷暖房機器点検一覧表

Q2-SQ2 御校における年間スケジュールに関する資料

計測を実施している教室の、環境項目の変動分析を実施するため、御校における年間のスケジュールをご教示ください。年間スケジュールは、学校の行事及び休日と通常事業の日を把握できるものをお願いいたします。<環境計測を教室で実施している学校のみ>また、計測対象となっている教室の年間の時間割表をご教示ください。

環境計測を実施している部屋における在室人数の概要を以下にご記入ください。

計測対象教室と 生徒数	●●年●●組 生徒数 (人)
	●●年●●組 生徒数 (人)
	職員室 在室人数 授業時間 (約 人) 休み時間 (約 人)

Q2. ご準備頂きたい資料

Q2-SQ3 過去のエネルギー消費量に関する調査

過去のエネルギー消費量に関する調査として、**2008年以降の電力、ガス、水道の使用量及び料金についてメーター別の情報をご教示ください**。以下の参考フォーマットを示しますが、各メーターでの月別の消費量と料金を把握できるものをお願いいたします。

表1 過去のエネルギー消費量（**電力**）【参考フォーマット】

年月	電力							
	メーター1		メーター2		・・・		合計	
	[kWh]	[円]	[kWh]	[円]	[kWh]	[円]	[kWh]	[円]
2008年1月								
2008年2月								
2008年3月								
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2014年6月								
2014年7月								
2014年8月								

表2 過去のエネルギー消費量（**ガス**）【参考フォーマット】

年月	ガス							
	メーター1		メーター2		・・・		合計	
	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]
2008年1月								
2008年2月								
2008年3月								
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2014年6月								
2014年7月								
2014年8月								

表3 過去のエネルギー消費量（**水道**）【参考フォーマット】

年月 (隔月)	水道							
	メーター1		メーター2		・・・		合計	
	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]	[m ³]	[円]
2008年1月								
2008年2月								
2008年3月								
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2014年6月								
2014年7月								
2014年8月								