

論文審査の結果の要旨

氏名：角 田 晡 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

審査委員：（主査） 教授 根 上 彰 生

（副査） 教授 岡 田 智 秀 教授 西 川 省 吾

 特任教授 金 島 正 治

本論文は、分散型電源(CGS: Co-Generation System)、再生可能エネルギー、省エネ技術、蓄電・蓄熱技術などを用い、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を構築するために、地域に必ず存在する教育施設を有効に活用する可能性を研究したものである。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ないながら、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現状にある。こうした状況をふまえ、本研究は、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、災害時は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し、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に寄与するエネルギーネットワークについて構築を図ることを目的としている。

本研究により得られた成果として、

- ① エネルギーネットワーク構築に当たり核となる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実態調査により明らかにし、計画・立案に利用できる基礎データを作成した。
- ② 将来の高効率のエネルギーネットワーク構築に向けて、平常時の運用が未知であった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、省エネ自動制御の導入効果について大学の講義室を対象に検証した。
- ③ 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、実在の小中学校を核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い、地域のエネルギー利用の最適化上、教育施設周辺に立地することが望まれる建物用途や、導入する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。

以下に、各章における研究の内容と評価を示す。

第1章「研究背景」では、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が、既往研究は、「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。このことに加え、それらの調査から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る。さらに、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、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行われていないことが、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の普及に向けた課題となっていることを述べている。

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ため、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ている。さらに、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・整理している。

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。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、既往研究で整理される「事務所」や「病院」、「ホテル」、「店舗」と比較して少なく、「住宅」と同程度である。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」と同程度である。これまで教育施設の需要想定では「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が、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を明らかにした。これら小中学校用のエネルギー原単位を新たに求めたことは評価に値する。

第3章「大学におけるエネルギー需要実態把握」では、日本大学文理学部を対象とし、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している。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と大学の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用途別エネルギー需要量の分析を行い、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であることを明らかにした。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、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いことも明らかとなった。

第4章「省エネ自動制御導入効果の検討」では、大学における省エネ自動制御の導入効果について分析を行っている。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」の省エネ自動制御を導入する効果について分析を行い、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期待できることを明らかにした。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試算され、大学における省エネ対策の方策について提示した点は評価できる。

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、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、教育施設と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）について分析を行っている。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、小中学校を核として多様な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ている。

小中学校に単独でCGSを導入した場合、在校時運転条件下で省エネ効果はCGS容量をピーク電力比30%とすると最も高くなり、10～20%のCGS容量では供給エネルギー量が不足し、40～50%まで大きくすると余剰排熱が多くなり省エネ効果が低下する。経済性は、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が、事業費補助制度等を活用することで事業採算性を確保できる。一方、小中学校を核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容量をピーク電力比30～50%を設置して24時間連続でエネルギーを供給するシステムとすると、事業費補助を活用せずに環境性と経済性を両立できるシステムが構築可能である。これは、病院やホテルに限らず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、夜間給湯を使用するスポーツ施設や福祉施設、温泉・温浴施設などが連携の有望な施設である。さらに、災害時の地域へのエネルギー供給量は、小中学校単独でCGSを導入する容量よりも周辺施設とエネルギー融通を想定したCGSの容量の方が大きくなり、災害時にも小中学校で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、地域防災への貢献度が大きくなることを明らかにしており、このようなエネルギーネットワーク構築の意義を示した点は評

価できる。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成29年2月16日