

# 大学施設におけるエネルギー消費に関する研究 新潟大学における電力消費量の実態と変動要因の分析

F18E040C 富田 真生 指導教員 赤林 伸一 教授

## 1 研究目的

我が国では1970年代の石油危機を契機として1979年に「エネルギー使用の合理化に関する法律」が制定された。2010年には事業者全体で一次エネルギー消費原単位<sup>\*1</sup>を毎年1[%]以上低減することが努力目標として定められている。この目標は大学施設にも適用されており、新潟大学では2016年度のエネルギー消費量を基準として2017年度から毎年1[%]ずつ削減し、2021年度までに5[%]以上の削減を目標としている<sup>文1)</sup>。

本学は旭町地区と五十嵐地区の主要2地区で構成されており地区別に電力・ガス・A重油の消費量を計測<sup>\*2</sup>している。しかし、計測データを基にした詳細な分析は行われておらず、計画的な省エネルギーの検討は行われていない。今後エネルギー消費の適切な削減を行うためには消費特性の分析が重要である。

本研究では、始めに我が国における本学のエネルギー消費レベルを把握するため、全国の国立大学との比較を行い、更に全国の国立大学のエネルギー消費実態の分析を行う。次に本学の主要2地区（旭町地区・五十嵐地区）の2002～2017年度の一次エネルギー消費量<sup>\*3</sup>について分析する。特に電力については、表2に示す各配電系統の電力消費実態に関する詳細な分析を行う。

本研究では新潟大学旭町地区と五十嵐地区を対象にエネルギー消費の実態について分析を行い、エネルギー消費特性を把握し、今後の省エネルギー計画の策定・実行に対して有用な資料を得ることを目的とする。

## 2 研究概要

2.1 全国の国立大学のエネルギー消費分析：表1に調査対象大学を示す。国立大学86校中60校を対象とし、調査には国立大学法人が発行している環境報告書<sup>\*4</sup>を参考とする。環境報告書を用いた国立大学のエネルギー消費に関する既往の研究では、酒井ら<sup>文2)</sup>が2005～2007年度を対象に、菊田ら<sup>文3)</sup>が2007、2012年度を対象に

表1 調査対象大学

地方	大学名
北海道	旭川医科大学、北海道大学、北海道教育大学、弘前大学
東北	岩手大学、東北大学、秋田大学、山形大学、福島大学、茨城大学、筑波大学、宇都宮大学、群馬大学、埼玉大学、千葉大学、電気通信大学、東京大学、東京海洋大学、東京学芸大学、東京工業大学、東京医科歯科大学、東京農工大学、横浜国立大学
関東	新潟大学、富山大学、金沢大学、福井大学、山梨大学、信州大学、岐阜大学、浜松医科大学、静岡大学、名古屋大学、名古屋工業大学、愛知教育大学
中部	三重大学、滋賀医科大学、京都大学、大阪大学、大阪教育大学、神戸大学、和歌山大学
近畿	鳥取大学、島根大学、岡山大学、広島大学、山口大学
中国	徳島大学、香川大学、愛媛大学、高知大学
四国	九州大学、九州工業大学、佐賀大学、長崎大学、熊本大学、大分大学、宮崎大学、鹿児島大学
九州	琉球大学

報告しているが、これ以降を対象とした報告<sup>\*5</sup>は殆ど無い。本研究では各大学の2006～2017年度の環境報告書を基に、電力・都市ガス・A重油・灯油・LPG・ガソリン・軽油等の年積算消費量、延床面積、構成人員数のデータを収集する。記載がないものは各大学への問合せや大学概要・HPの閲覧等により補完する。

一次エネルギー消費量の換算係数は、電力：9.76[MJ/kWh]、都市ガス：45[MJ/N m<sup>3</sup>]、A重油：39.1[MJ/L]、灯油：36.7[MJ/L]、LPG：50.8[MJ/kg]、ガソリン：34.6[MJ/L]、軽油：37.7[MJ/L]とする。

2.2 新潟大学旭町地区・五十嵐地区の概要：表2に旭町・五十嵐地区の配電系統と延床面積<sup>\*6</sup>を、表3に旭町・五十嵐地区の主要設備の概要を示す。本学は10学部・6大学院から構成された総合大学であり、学生数は約12,300人、教職員数は約2,500人、延床面積は約460,000[m<sup>2</sup>]である。

旭町地区の学生数は約2,400人、教職員数は約1,500人、延床面積は約213,000[m<sup>2</sup>]である。主に医歯学系の学部や研究施設、病院等で構成され、延床面積の4割を病院が占めている。またピークカット用のコージェネレーション自家発電機が2台設置されている。主な空調

表2 旭町・五十嵐地区の配電系統と延床面積<sup>\*6</sup>

記号	配電系統名	施設・棟名	延床面積[m <sup>2</sup> ]
A		旭町地区	212,937
a-1	病院系	医歯学総合病院	94,344
a-2	医学系	医学科、総合研究棟	31,052
a-3	歯学系	歯学科	22,769
a-4	脳研究系	脳研究所、総合研究実験棟	9,874
a-5	実験施設系	動物・R1・遠伝子実験施設	17,361
a-6	図書館系	図書館、福利施設、保育施設	11,273
a-7	保健学系	保健学科、体育施設	15,335
B		五十嵐地区	210,218
b-1	人文社会学系	人文社会学系A-F棟、現代社会文化研究科棟	16,071
b-2	教育学系	教育学系A-H棟	21,445
b-3	理学系	理学系A-C棟	14,176
b-4	農学系	農学系A-C棟、動物実験棟、機械実験棟、水理実験棟、遺伝子実験施設	15,037
b-5	工学系	工学系A-E棟、大講義室、産学連携共同研究棟1号棟、プレハブ棟、環境安全推進室、悠久会館	27,967
b-6	総合教育系	総合教育系A-G棟	20,647
b-7	情報基盤系	情報基盤センター、第二食堂、厚生センター	4,194
b-8	図書館系	図書館、コンビニエンスストア	14,582
b-9	本部事務局系	本部事務局、保健管理センター、危機管理センター	4,439
b-10	自然科学系	災害・復興科学研究所、自然科学系管理・共通棟	6,591
b-11	情報理工系	情報理工棟	4,833
b-12	物質生産系	物質生産棟	14,761
b-13	生命・環境エネルギー系	生命環境棟、環境エネルギー棟、産学連携共同研究棟2号棟、産学地域連携棟	12,433
		両地区 合計	423,155

表3 旭町・五十嵐地区の主要設備の概要

地区	エネルギー種別	主要設備
旭町地区	電気	電気ヒートポンプ式空調機、照明設備、実験機器、ボイラ、冷温水発生機、医療機器、ターボ冷凍機等
	ガス	貫流式蒸気ボイラ、ガスヒートポンプ式空調機、冷温水発生機、実験機器等
	A重油	コージェネレーション自家発電機2台(定格出力：1,400[kW])
五十嵐地区	電気	電気ヒートポンプ式空調機、照明設備、実験機器、ボイラ等
	ガス	冷温水発生機、ガスヒートポンプ式空調機、実験機器等
	A重油	高温水ボイラ等

方式は、EHP・GHPの個別空調、冷温水発生機<sup>※7</sup>によるセントラル空調である。

五十嵐地区の学生数は約9,900人、教職員数は約1,000人、延床面積は約210,000[m<sup>2</sup>]である。主に大学本部や理系学部、文系学部、研究施設等で構成されている。主な空調方式はEHP・GHPによる個別空調、A重油を燃料とした高温水ボイラによる地域熱供給である。近年の改修工事によりEHP・GHPによる個別空調が増加しており、地域熱供給の範囲は減少している。

### 3 分析結果

3.1 全国の国立大学のエネルギー消費量：図1に2017年度の各大学の年積算一次エネルギー消費量と延床面積を示す。年積算一次エネルギー消費量は、東京大学が約3,700[TJ/年]と最も多く、次いで京都大学が約2,600[TJ/年]、東北大学が約2,400[TJ/年]である。新潟大学は約700[TJ/年]と、金沢大学、信州大学など延床面積が40[万m<sup>2</sup>]程度の大学と同程度である。

図2に2017年度の各大学の延床面積と一次エネルギー消費量の関係を示す。延床面積と一次エネルギー消費量には正の相関があり、延床面積が大きいほど一次エネルギー消費量が多い傾向がある。

図3に2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位

位<sup>※1</sup>と1人当りの一次エネルギー消費量を示す。一次エネルギー消費原単位は、旭川医科大学が約3,500[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]と最も多く、次いで滋賀医科大学が約3,000[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]、東京医科歯科大学が約2,300[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]である。新潟大学は約1,500[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]と、金沢大学、鳥取大学、弘前大学などの医学部を有する総合大学と同程度である。1人当りの一次エネルギー消費量は旭川医科大学が約170[GJ/(人・年)]と最も多く、次いで滋賀医科大学が約150[GJ/(人・年)]、東京医科歯科大学が120[GJ/(人・年)]である。

図4に2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の関係を示す。一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量には正の相関があり、決定係数は0.85である。

図5に2017年度の一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の大学分類別平均値<sup>※8</sup>を示す。一次エネルギー消費原単位は、医系大が2,631[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]と最も多く、次いで医系有総合大1,759[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]、理系大1,292[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]である。1人当りのエネルギー消費量は、医系大が133[GJ/(人・年)]と最も多く、次いで医系有総合57[GJ/(人・年)]、理系大38[GJ/(人・年)]である。

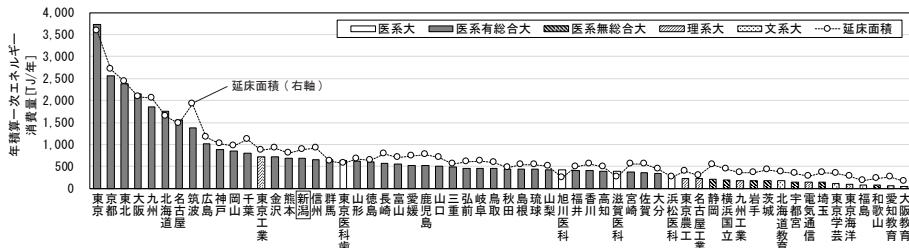


図1 2017年度の各大学の年積算一次エネルギー消費量と延床面積

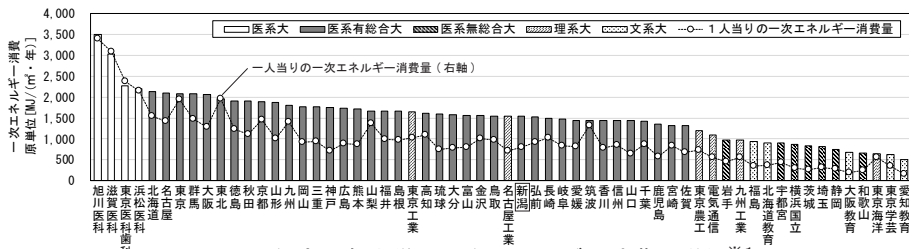


図3 2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位<sup>※1</sup>と1人当りの一次エネルギー消費量

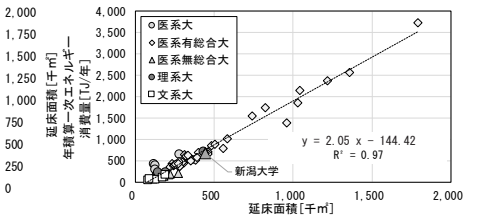


図2 2017年度の各大学の延床面積と一次エネルギー消費量の関係

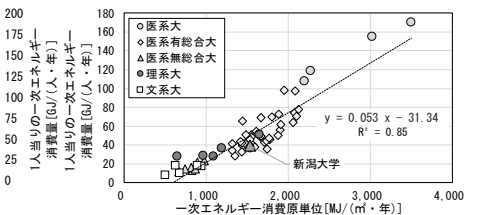


図4 2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の関係

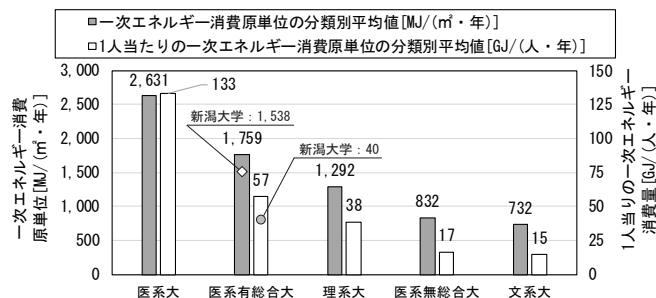


図5 2017年度の一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の大学分類別平均値<sup>※8</sup>

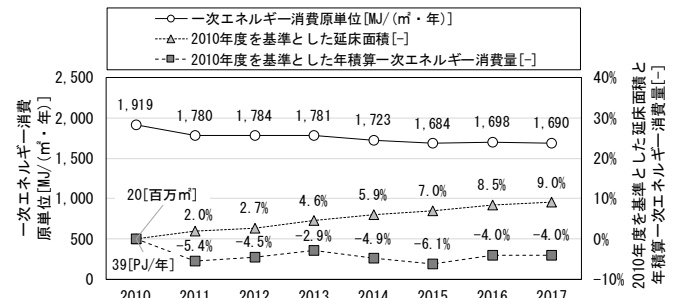


図6 全国54大学<sup>※9</sup>を積算した年積算一次エネルギー消費量・延床面積・一次エネルギー消費原単位の推移

図6に全国54大学<sup>※9</sup>を積算した年積算一次エネルギー消費量・延床面積・一次エネルギー消費原単位の推移を示す。延床面積は2017年度は2010年度に比較して9[%]増加しており、年積算一次エネルギー消費量は2017年度は2010年度に比較して4[%]減少している。一次エネルギー消費原単位は2017年度は1,690[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]と2010年度の1,919[MJ/(m<sup>2</sup>・年)]に比較して12[%]減少している。

図7に全国54大学<sup>※9</sup>の2017年度と2010年度の一次エネルギー消費原単位の関係を示す。一次エネルギー消費原単位は2017年度は2010年度に比較して54大学中49大学で減少している。

3.2 新潟大学における一次エネルギー消費量：図8に旭町・五十嵐地区の年積算一次エネルギー消費量の推移<sup>※10</sup>を示す。両地区合計の年積算一次エネルギー消費量は、2002年度から2017年度にかけて670～740[TJ/年]程度で推移している。2010年度は740[TJ/年]と最も多いが、これは旭町地区の中央診療棟（延床面積：11,412

m<sup>2</sup>)が本格的に稼働したためと考えられる。東日本大震災が発生した翌年度の2011年度は2010年度に比較して、約7[%]減少している。2012年度以降は、670～700[TJ/年]程度で推移している。また2002～2017年度の大学全体の年積算一次エネルギー消費量の割合は旭町地区が7割、五十嵐地区が3割程度である。

図9に旭町・五十嵐地区の一次エネルギー消費原単位の推移を示す。旭町地区の2017年度の一次エネルギー消費原単位は、2.24[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]と全国の医系大学(2.1～3.5[GJ/(m<sup>2</sup>・年)])(図3)と同程度である。また2017年度は2002年度の2.67[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]に比較して約16[%]減少している。五十嵐地区の2017年度の一次エネルギー消費原単位は0.87[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]と2002年度の1.19[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]に比較して約27[%]減少している。両地区の2017年度の一次エネルギー消費原単位は1.54[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]と2002年度の1.91[GJ/(m<sup>2</sup>・年)]に比較して、約19[%]減少している。

以降の分析では2017年度を対象とする。図10に旭町・五十嵐地区の月積算一次エネルギー消費量の年間変化を示す。旭町地区では月積算一次エネルギー消費量は、夏季の8月が50[TJ/月]と最も多く、冬季では1月が45[TJ/月]と多い。電力の一次エネルギー消費量は、夏季の8月は31[TJ/月]と、冬季の1月の27[TJ/月]

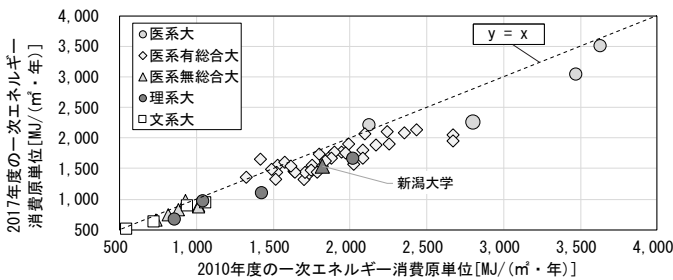


図7 全国54大学<sup>※9</sup>の2017年度と2010年度の一次エネルギー消費原単位の関係

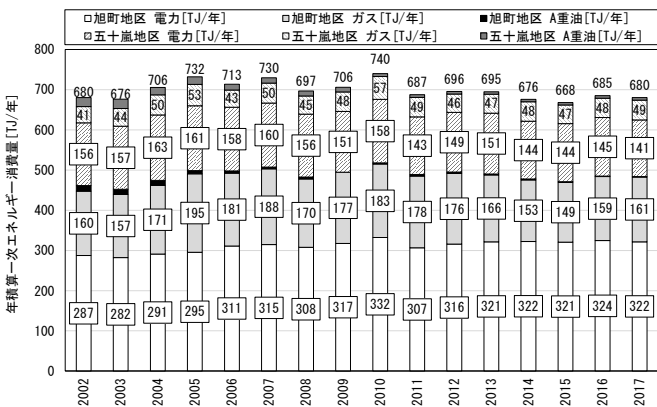
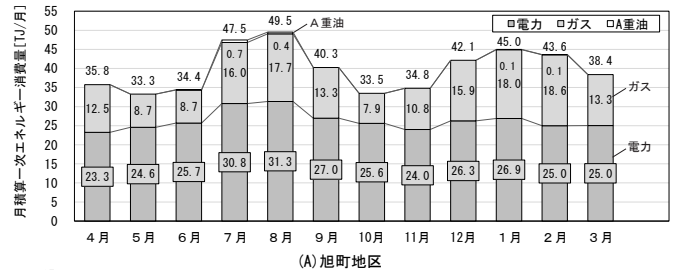
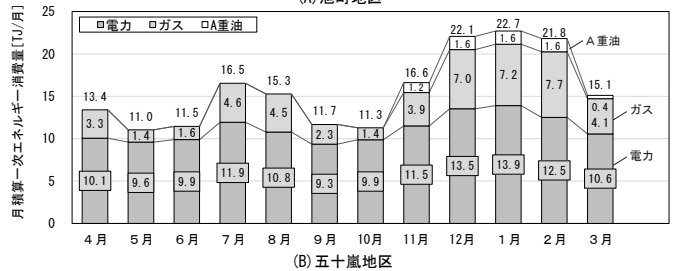


図8 旭町・五十嵐地区の年積算一次エネルギー消費量の推移<sup>※10</sup>



(A) 旭町地区



(B) 五十嵐地区

図10 旭町・五十嵐地区の月積算一次エネルギー消費量の年間変化

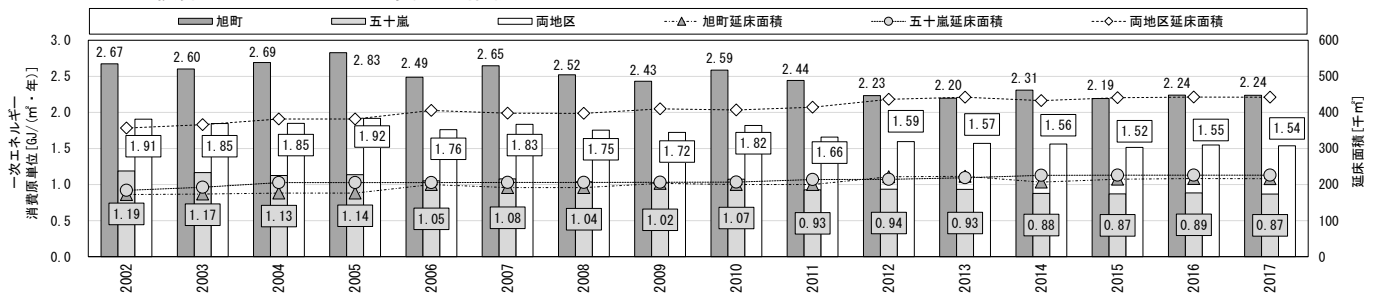


図9 旭町・五十嵐地区の一次エネルギー消費原単位の推移



に比較して約 20[%] 多く、夏季の冷房需要が多いと考えられる。一方、五十嵐地区では月積算一次エネルギー消費量は、冬季の 1 月が 23[TJ/月] と最も多い。ガスの一次エネルギー消費量は、冬季の 2 月は 8 [TJ/月] と夏季の 7 月の 5 [TJ/月] に比較して約 60[%] 多く、冬季の暖房需要が多いと考えられる。

**3.3 新潟大学における電力消費量：**図 11 に各配電系統の年積算電力消費量の推移と電力消費原単位<sup>\*11</sup>を示す。旭町地区の年積算電力消費量は約 32[GWh/年]、五十嵐地区は約 14[GWh/年] と旭町地区は五十嵐地区の 2.3 倍である。各配電系統では病院系が約 19[GWh/年] と最も多く、旭町地区の約 6 割を占めている。電力消費原単位は旭町地区では 152[kWh/(m<sup>2</sup>・年)] と、五十嵐地区の 68[kWh/(m<sup>2</sup>・年)] に比較して 2.2 倍である。各配電系統では脳研究系が 406[kWh/(m<sup>2</sup>・年)] と突出して多く、病院系は 189[kWh/(m<sup>2</sup>・年)] であり、全国の病院の平均値<sup>文5)</sup>と同程度である。

図 12 に旭町・五十嵐地区の平日の月平均時刻別電力消費量を、図 13 に代表的な配電系統の平日の月平均時刻別電力消費量を示す。旭町地区は 7 月の電力消費量が最も多く、時刻別最大電力消費量は 5,900[kWh] 程度である。五十嵐地区は 1 月の電力消費量が最も多く、時刻別最大電力消費量は 3,500[kWh] 程度である。各配電系統では各月の時刻別最小電力消費量に対する時刻別最大電力消費量は、脳研究系は約 1.2 倍、生命・環境エネルギー系は約 1.6 倍と、年間を通してほぼ同様の値となる。これは 24 時間稼働している実験機器等の電力消費量の割合が多いためと考えられる。人文社会学系では年間を通して各月の最小電力消費量は概ね一定である。

図 14 に旭町・五十嵐地区の日積算電力消費量と日平均外気温の関係<sup>\*12</sup>を、図 15 に代表的な配電系統の日積算電力消費量と日平均外気温の関係<sup>\*12</sup>を示す。旭町地区は日平均外気温が高い日が低い日より電力消費量が増加する割合が高い傾向がある。一方、五十嵐地区は日平均外気温が低い日が低い日より電力消費量が増加する割

合が高い傾向がある。各配電系統では病院系、脳研究系は日平均外気温が高い日の方が低い日より電力消費量が増加する割合が高い傾向がある。また病院系、脳研究系の二次近似曲線の決定係数は、平日・休日共 0.9 程度であり、日積算電力消費量と日平均外気温の相関は高い。

図 16 に旭町・五十嵐地区の夏季・冬季の時刻別気温感応度（外気温が 1 [°C] 変化した時の電力消費量の増減量を表す指標）を示す。時刻別気温感応度の算出は鳴海ら<sup>文6)</sup>の手法を参考とし、夏季・冬季それぞれについて、各時刻の電力消費量と外気温の相関図から近似直線の傾きを抽出し 1 時間毎にプロットする。夏季は外気温 1 [°C] 上昇時の電力消費量の増加量を、冬季は外気温 1 [°C] 低下時の電力消費量の増加量を示している。

夏季における気温感応度は、五十嵐地区では平日・休日 0～6 時、21～23 時は 10[kWh/°C] 程度、平日 14～

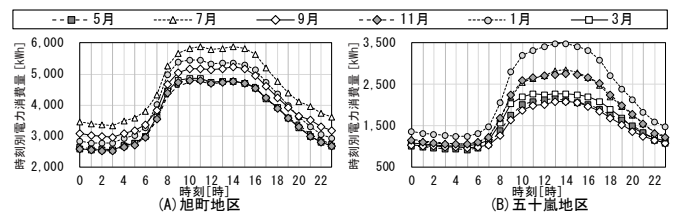


図 12 旭町・五十嵐地区の平日の月平均時刻別電力消費量

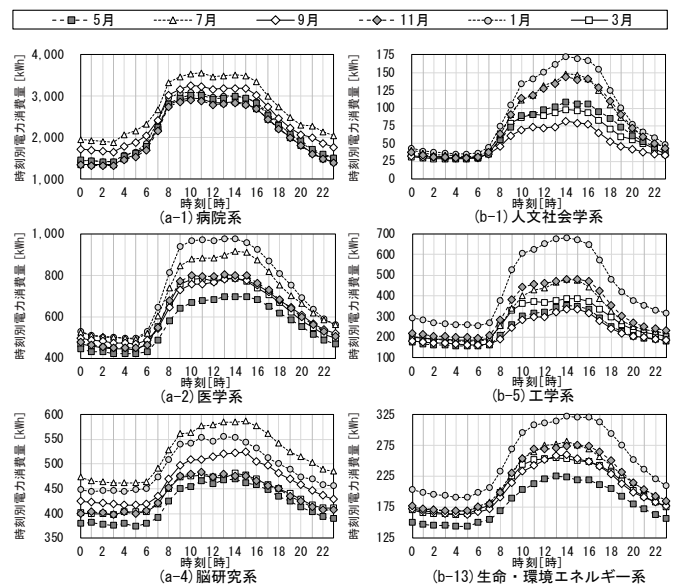


図 13 代表的な配電系統の平日の月平均時刻別電力消費量

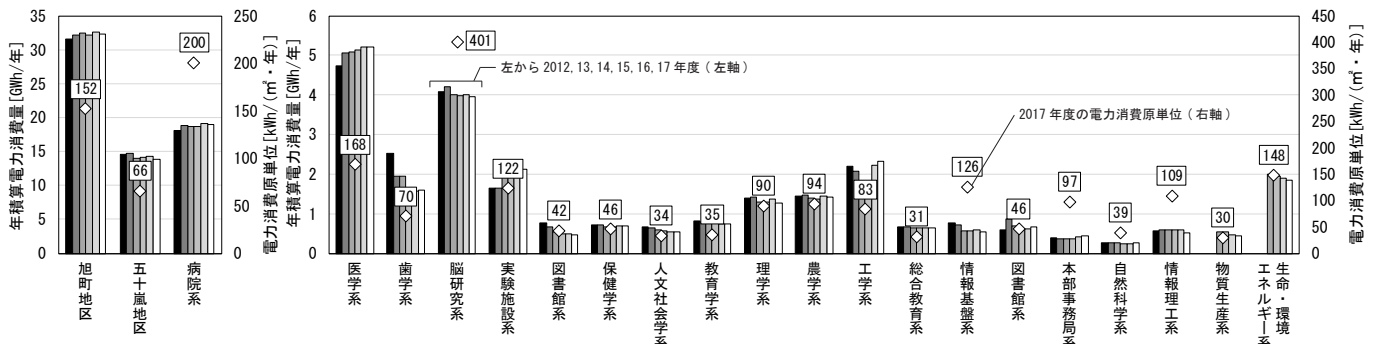


図 11 各配電系統の年積算電力消費量の推移と電力消費原単位<sup>\*11</sup>

16時は60[kWh/℃]程度である。旭町地区では平日・休日共に1日中約80[kWh/℃]以上と、五十嵐地区に比較して相対的に高く、1日を通して外気温の上昇に対する電力消費量の増加割合が高い。冬季における気温感応度は、旭町地区では、平日・休日共に夜間は40[kWh/℃]程度と、夏季に比較して相対的に低い。

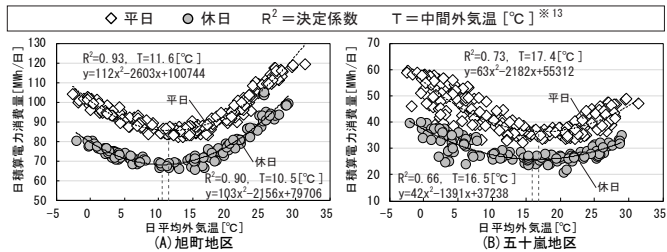


図14 旭町・五十嵐地区の日積算電力消費量と日平均外気温の関係※12

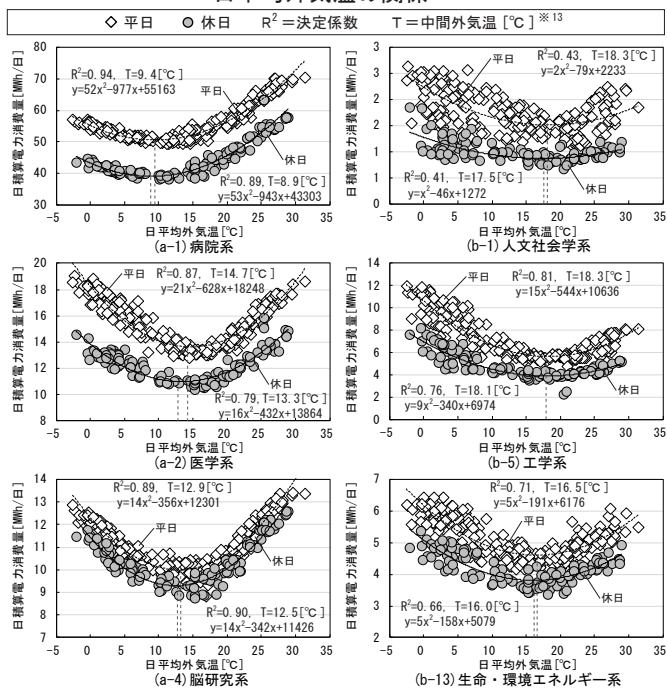


図15 代表的な配電系統の日積算電力消費量と日平均外気温の関係※12

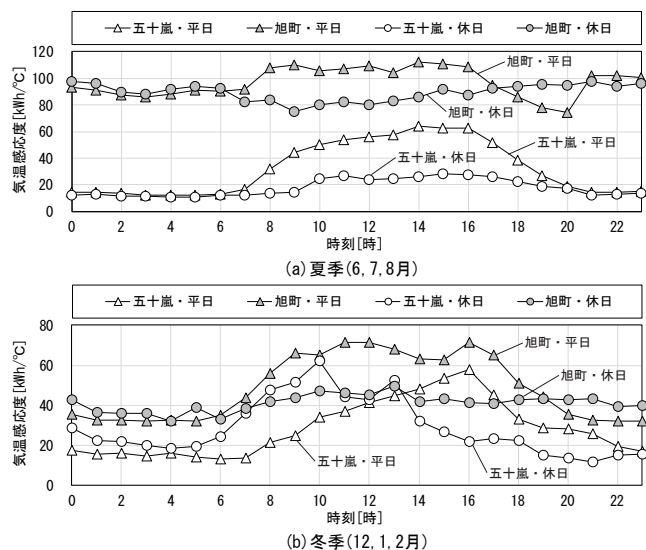


図16 旭町・五十嵐地区の夏季・冬季の時刻別気温感応度

3.4 新潟大学における電力消費構成：大橋らは大規模総合大学を対象とし、電力消費量をベース分・活動分・非24時間空調分※14に分離・推計し、ベース分の割合が多いことを明らかにしている※7)。本研究では大橋らの手法を参考とし、旭町・五十嵐地区の電力消費構成を推計する。ただし、外気温の変化に伴い変動するベース電力(ベース変動分※15)も考慮する。

図17に工学系1月平日を例とした電力消費構成の分析方法を示す。①～④の手順で各系統における電力消費構成を各月、平日・休日別に推計を行う。

図18に旭町・五十嵐地区の月別電力消費構成を示す。旭町地区はベース分は1,800[MWh/月]程度と、各月の56～73[%]を占める。ベース変動分は4・11月では月積算電力消費量の1～2[%]であるのに対し、7・8月は約20[%]である。夏季に月積算電力消費量が増加する主な要因は、ベース変動分によるものであり、24時間稼働している機器の電力消費量の季節変動が旭町地区の電力消費量に影響していると考えられる。

五十嵐地区はベース分は600[MWh/月]程度と、各月の44～65[%]を占める。ベース変動分は冬季では、月積算電力消費量の15～17[%]を占める。また空調分は冬季では20～22[%]を占める。冬季に月積算電

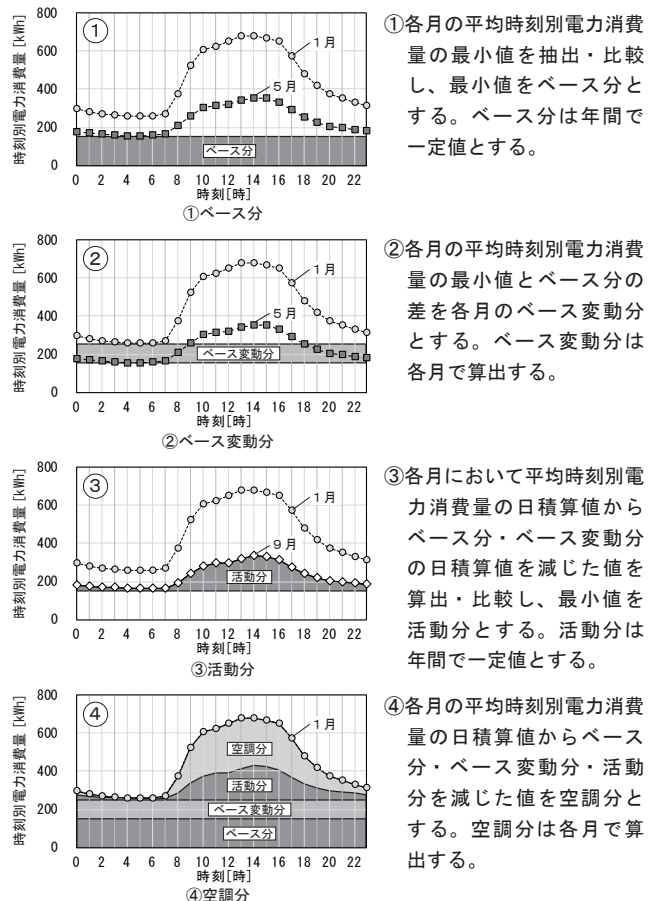


図17 工学系1月平日を例とした電力消費構成の分析方法

力消費量が増加する主な要因は、ベース変動分・空調分によるものであり、24時間稼働している機器の電力消費量の季節変動や、日中のみ稼働する暖房機器が五十嵐地区の電力消費量に影響していると考えられる。

図19に旭町・五十嵐地区の年積算電力消費構成を示す。旭町地区は年積算電力消費量の内、ベース分とベース変動分で74[%]を占めている。また、病院系・医学系・脳研究系のベース分は合計で全体の56[%]を占めている。五十嵐地区は年積算電力消費量の内、ベース分とベース変動分で65[%]を占めている。空調分は13[%]と旭町地区の4[%]に比較して、約3倍多い。また、生命・環境エネルギー系、工学系・物質生産系のベース分は合計で全体の28[%]を占めている。

#### 4 結論

##### 4.1 全国の国立大学のエネルギー消費量

- ①一次エネルギー消費原単位は、医系大が2,631[MJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]と最も多く、次いで医系有総合大1,759[MJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]、理系大1,292[MJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]である。
- ②全国54大学の一次エネルギー消費原単位は2017年度は1,690[MJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]と2010年度の1,919[MJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]に比較して12[%]減少している。

##### 4.2 新潟大学におけるエネルギー消費量

- ①旭町・五十嵐両地区の2017年度の一次エネルギー消費原単位は1.53[GJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]と2002年度の1.90[GJ/( $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ )]に比較して、約19[%]減少している。
- ②旭町地区の年積算電力消費量の内、ベース分とベース

変動分が74[%]を占めている。五十嵐地区の年積算電力消費量の内、ベース分とベース変動分が65[%]を占めている。

- ③新潟大学における省エネルギーにはベース分・ベース変動分の電力消費量の削減を検討することが重要である。詳細な内訳を解明し、具体的な省エネ計画を実行し、効果を分析することが今後の課題である。

**注釈**

- ※1 床面積1[ $\text{m}^2$ ]当りの年積算一次エネルギー消費量。
- ※2 電力は系統別に1時間毎の積算値を、ガスは系統別に1カ月ごとの積算値を、A重油は地区別に1カ月ごとの消費量の積算値を計測している。
- ※3 一次エネルギーとは原油・石炭・天然ガス等の化石燃料や、太陽光・水力・風力等の再生可能エネルギーなど自然から直接得られるエネルギーであり、ジュール[J](熱量)で表される。
- ※4 「環境配慮促進法」により特定事業者として指定されている国立大学86校中60の国立大学が毎年、作成・公表している。
- ※5 大橋らが2010～2017年度を対象に報告<sup>文4)</sup>しているが、各年度の比較では全60大学のうち33大学のみを対象としている。
- ※6 延床面積は2017年度とする。
- ※7 冷水発生機は貫流式蒸気ボイラーの蒸気を熱源としている。冷水水は主に病院の空調に使用されている。
- ※8 大学分類は菊田らの既往研究<sup>文3)</sup>を参考とする。また一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の大学分類別平均値は、大学分類別の一次エネルギー消費量の合計値を、大学分類別の延床面積・構成員人数の合計値でそれぞれ除して算出する。
- ※9 2010年の「エネルギー使用の合理化に関する法律」の改正により事業場単位から事業者全体でのエネルギー管理体系となった。それに伴い2009年度以前と2010年度以降で環境報告書の対象施設が一致していない大学がある。そのため2010年度以降発行の環境報告書を対象とする。また、データが得られなかった6大学は除いている。
- ※10 換算係数は電力9.76[MJ/kWh]、ガス45[MJ/ $\text{m}^3$ ]、A重油39.1[MJ/L]とする。
- ※11 床面積1[ $\text{m}^2$ ]当りの年積算電力消費量。
- ※12 日積算電力消費量は2017年度における計画停電日を除いたデータを用いる。日平均外気温は新潟市における気象庁のアメダス測定データを用いる。
- ※13 二次近似曲線の頂点より得られる日積算電力消費量が最小となる日平均外気温。
- ※14 ベース分は人の有無に関わらず常に消費される電力、活動分は人の活動に伴い消費される電力以外の電力、空調分は人の活動に伴い稼働する空調機器等により消費される電力と考える。なお、旭町地区の自家発電機は日中のピークカットのみに使用されているため、自家発電量は空調分とする。
- ※15 ベース変動分は24時間稼働している機器の電力消費量の内、外気温の変化に伴い変動する電力消費量と考える。

**参考文献**

- 文1) 新潟大学：「新潟大学省エネルギー実行計画2017」、2017年
- 文2) 酒井ら：「低炭素化に向けた大学の環境報告書に関するベンチマーキング研究」、大学等環境安全協議会誌「環境と安全」、2010年
- 文3) 菊田ら：「大規模総合大学キャンパスのエネルギー消費構造の分析」、日本建築学会環境系論文集、2015年
- 文4) 大橋ら：「全国の大学施設におけるエネルギー消費実態の比較分析」、日本建築学会大会学術講演梗概集、2019年
- 文5) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：建築物エネルギー消費量調査報告第40報、2018年
- 文6) 鳴海ら：「気温変化が地域の電力消費に及ぼす影響」、エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、2005年
- 文7) 大橋ら：「大規模総合大学施設のエネルギー消費実態に関する研究」、日本建築学会環境系論文集、2013年

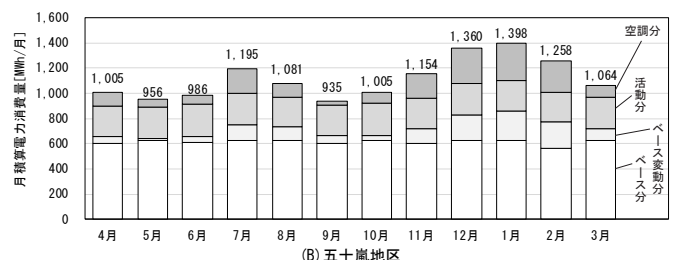
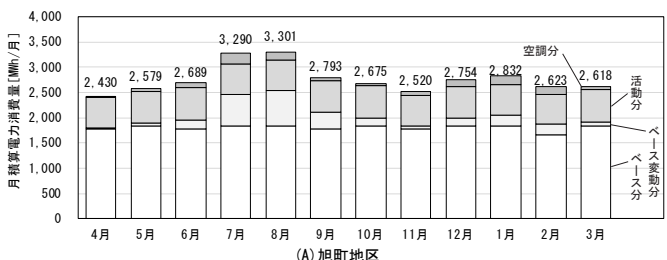


図18 旭町・五十嵐地区の月別電力消費構成

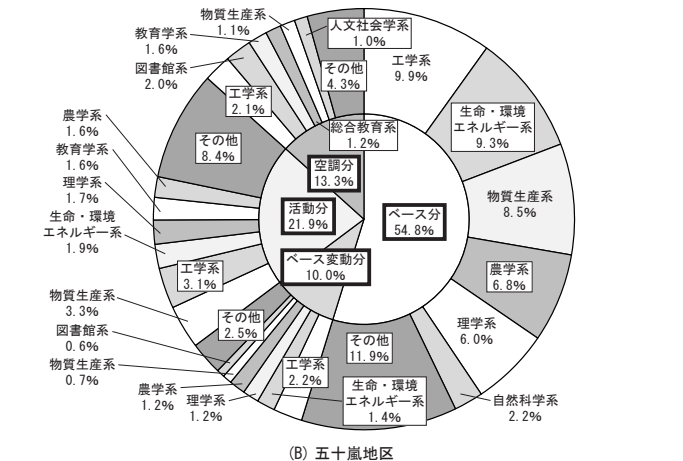
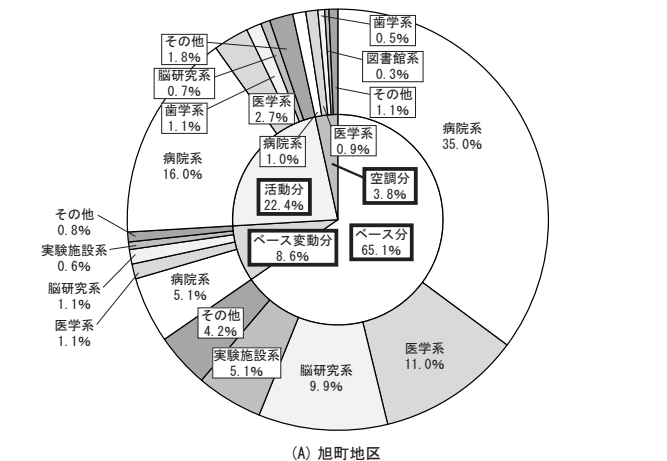


図19 旭町・五十嵐地区の年積算電力消費構成