

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

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

F18E040C 富田 真生
指導教員 赤林 伸一 教授

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

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※¹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。

※1 床面積1 [m²]当りの年積算一次エネルギー消費量。

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**^{文1)}。

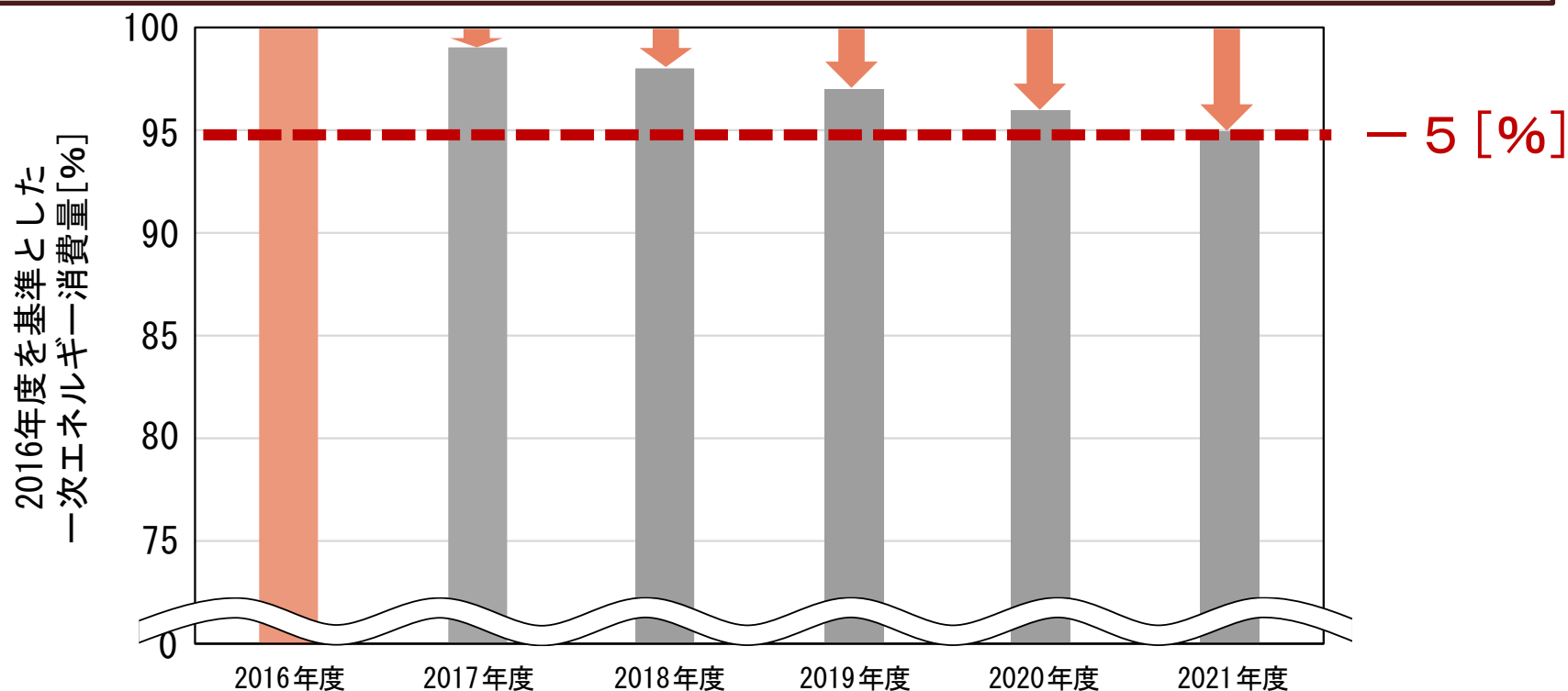


図 新潟大学のエネルギー削減目標

文1) 新潟大学：「新潟大学省エネルギー実行計画2017」、2017年

研究目的

本学では電力・ガス・A重油の消費量を計測^{※2}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。今後の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**一次エネルギー消費量**^{※3}について分析する。特に電力については、各配電システムの**電力消費実態**に関する詳細な分析を行う。

※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。

研究目的

本研究では新潟大学の**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。

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

全国の国立大学のエネルギー消費分析では、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※4を参考とする。

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、
関東	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
中部	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
近畿	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
中国	鳥取大学、島根大学、岡山大学、広島大学、山口大学
四国	徳島大学、香川大学、愛媛大学、高知大学
九州	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
沖縄	琉球大学

※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。

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・軽油等の年積算エネルギー消費量、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。

また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/Nm³]、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。

旭町地区は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。主な空調方式は、**EHP・GHP**の個別空調、**冷温水発生機**^{※7}によるセントラル空調である。

※7 冷温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。冷温水は主に病院の空調に使用されている。

五十嵐地区は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の個別空調、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。

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

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m²]程度の大学と同程度である。

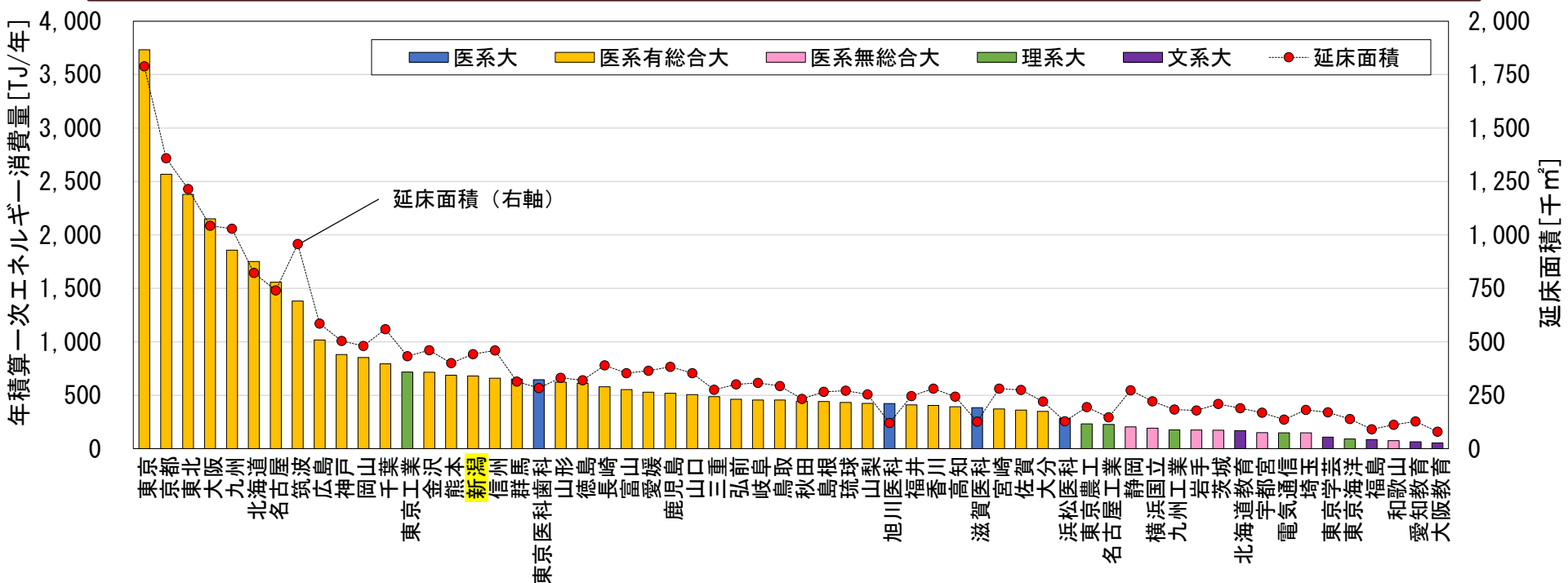


図1 2017年度の各大学の年積算一次エネルギー消費量と延床面積

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。**

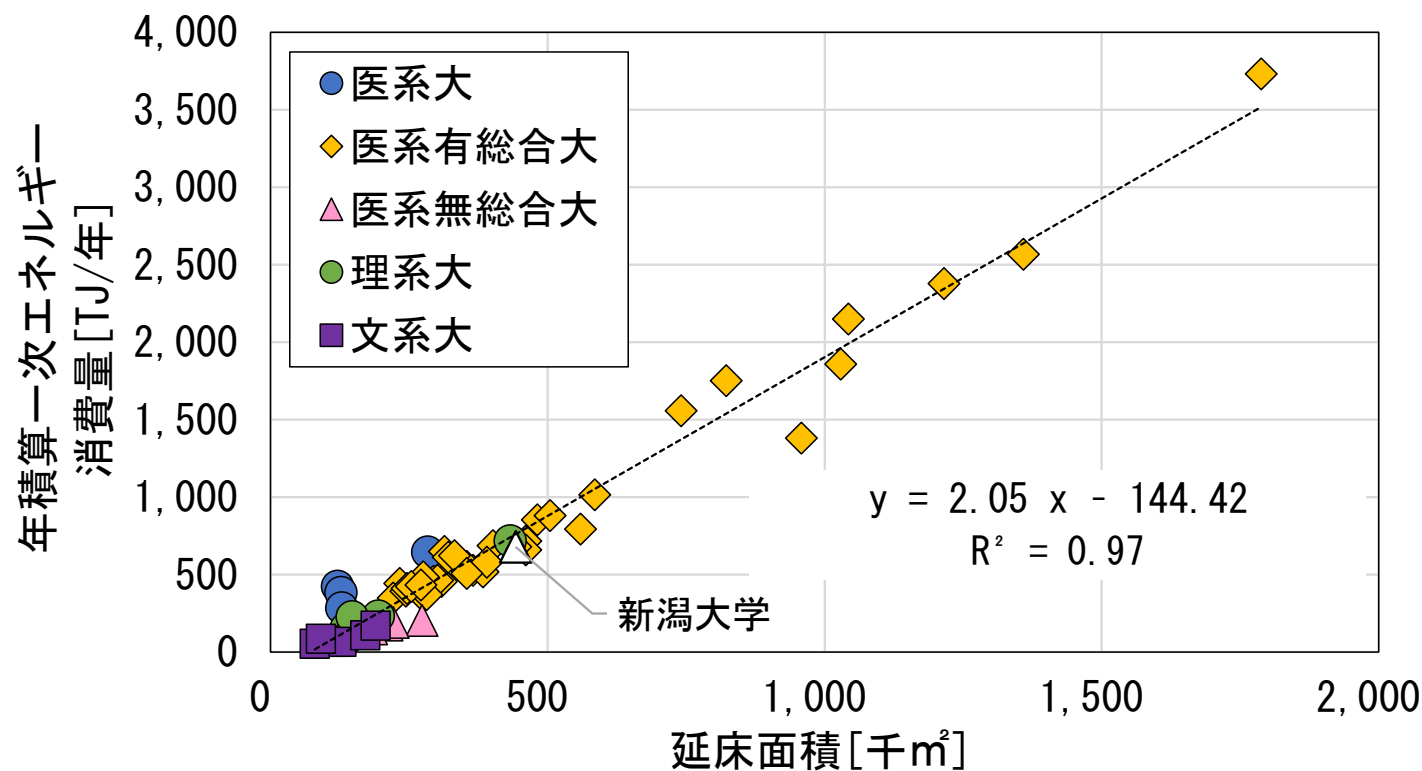


図2 2017年度の各大学の延床面積と一次エネルギー消費量の関係

分析結果 全国の国立大学のエネルギー消費量

一次エネルギー消費原単位は、旭川医科大学が約 **3,500 [MJ/(m²・年)]** と最も多く、次いで滋賀医科大学が約 **3,000 [MJ/(m²・年)]**、東京医科歯科大学が約 **2,300 [MJ/(m²・年)]** である。

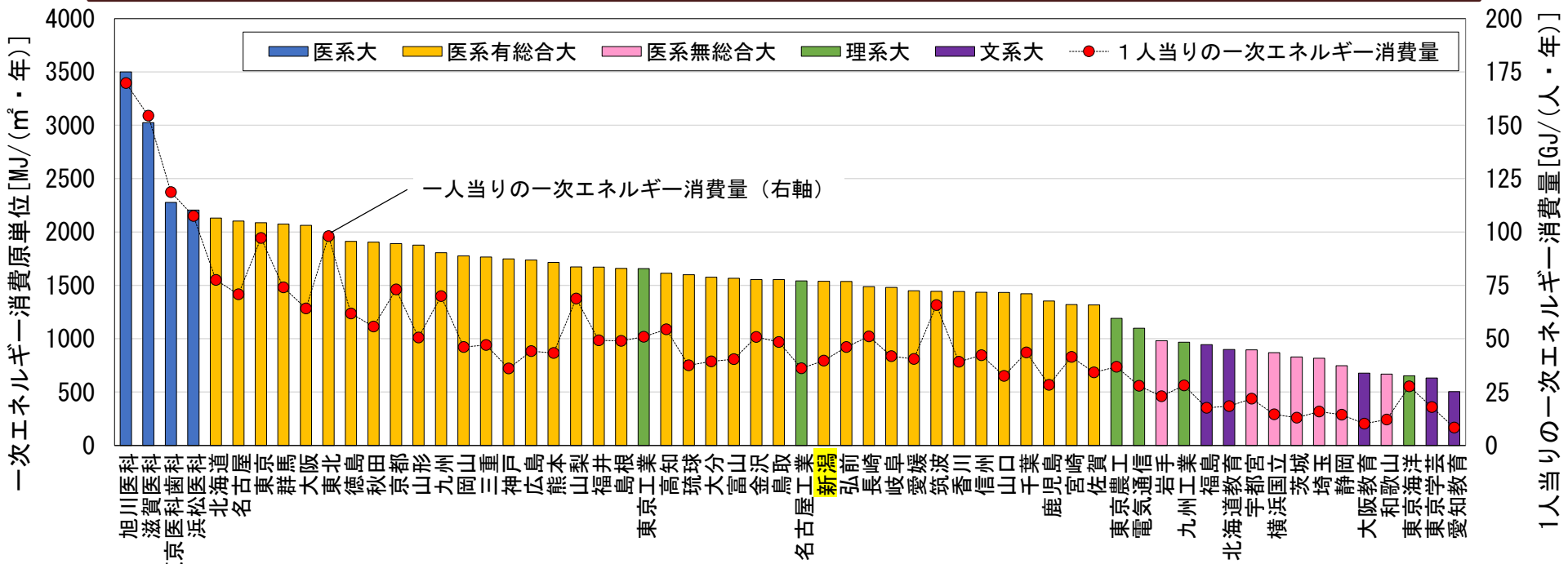


図3 2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位※1と1人当りの一次エネルギー消費量

※1 床面積1 [m²]当りの年積算一次エネルギー消費量。

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。

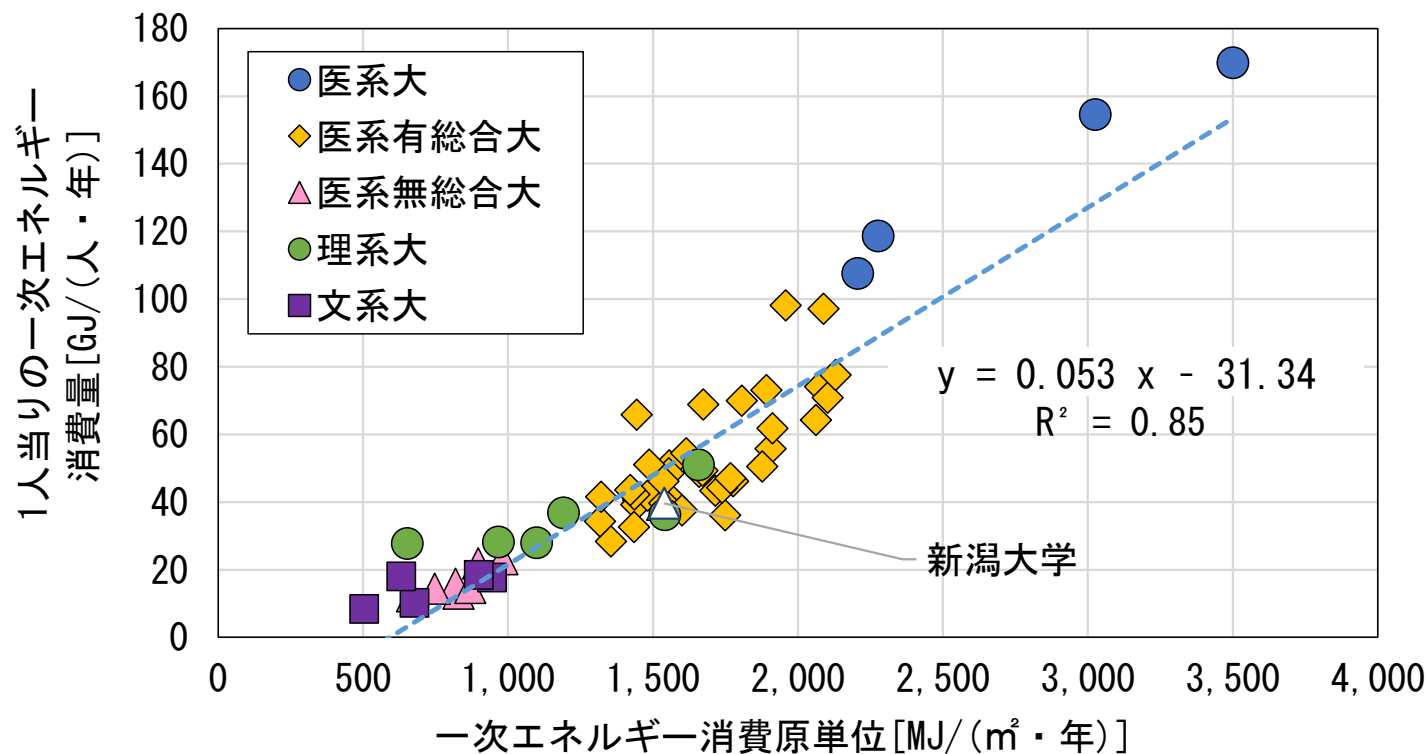


図4 2017年度の各大学の一次エネルギー消費原単位と1人当りの一次エネルギー消費量の関係

一次エネルギー消費原単位は、**医系大が2,631 [MJ/(m²・年)]**と最も多く、次いで**医系有総合大1,759 [MJ/(m²・年)]**、**理系大1,292 [MJ/(m²・年)]**である。

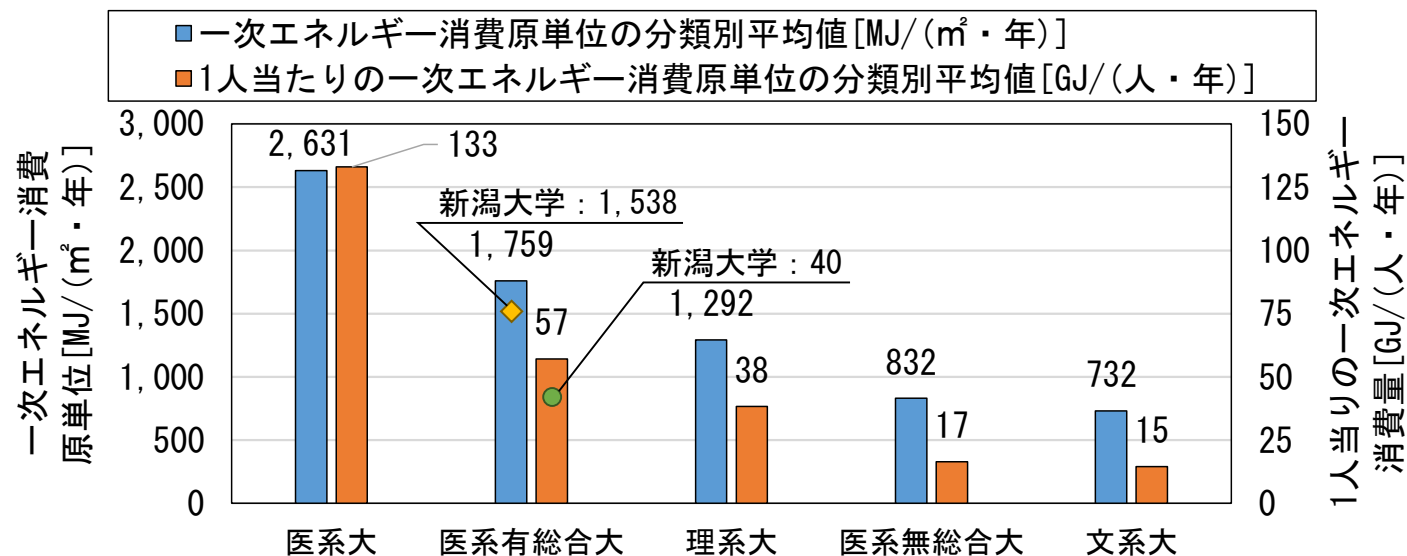


図5 2017年度の一次エネルギー消費原単位と1人当たりの一次エネルギー消費量の大学分類別平均値※⁸

※⁸ 大学分類は菊田らの既往研究^{文3)}を参考とする。また一次エネルギー消費原単位と1人当た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・構成人員数の合計値でそれぞれ除して算出する。

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

一次エネルギー消費原単位は2017年度は1,690 [MJ/(m²・年)]と2010年度の1,919 [MJ/(m²・年)]に比較して**12[%]減少**している。

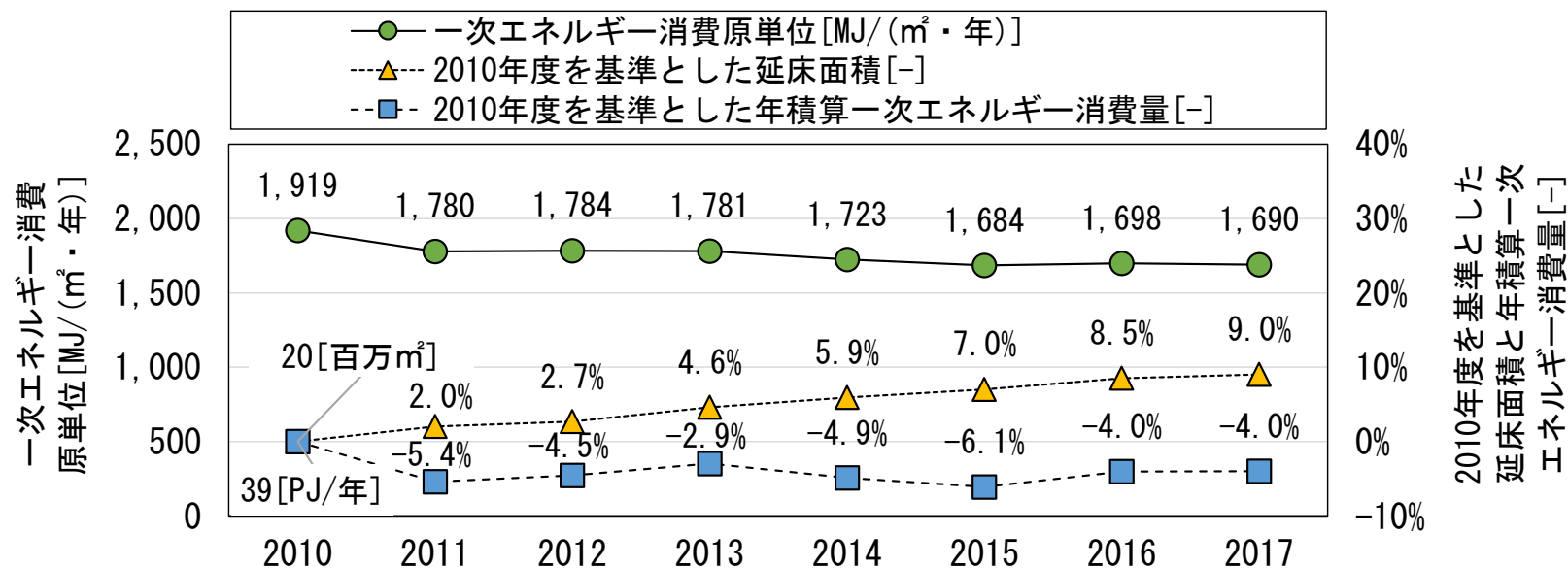


図6 全国54大学※⁹を積算した年積算一次エネルギー消費量・延床面積・一次エネルギー消費原単位の推移

※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。

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。

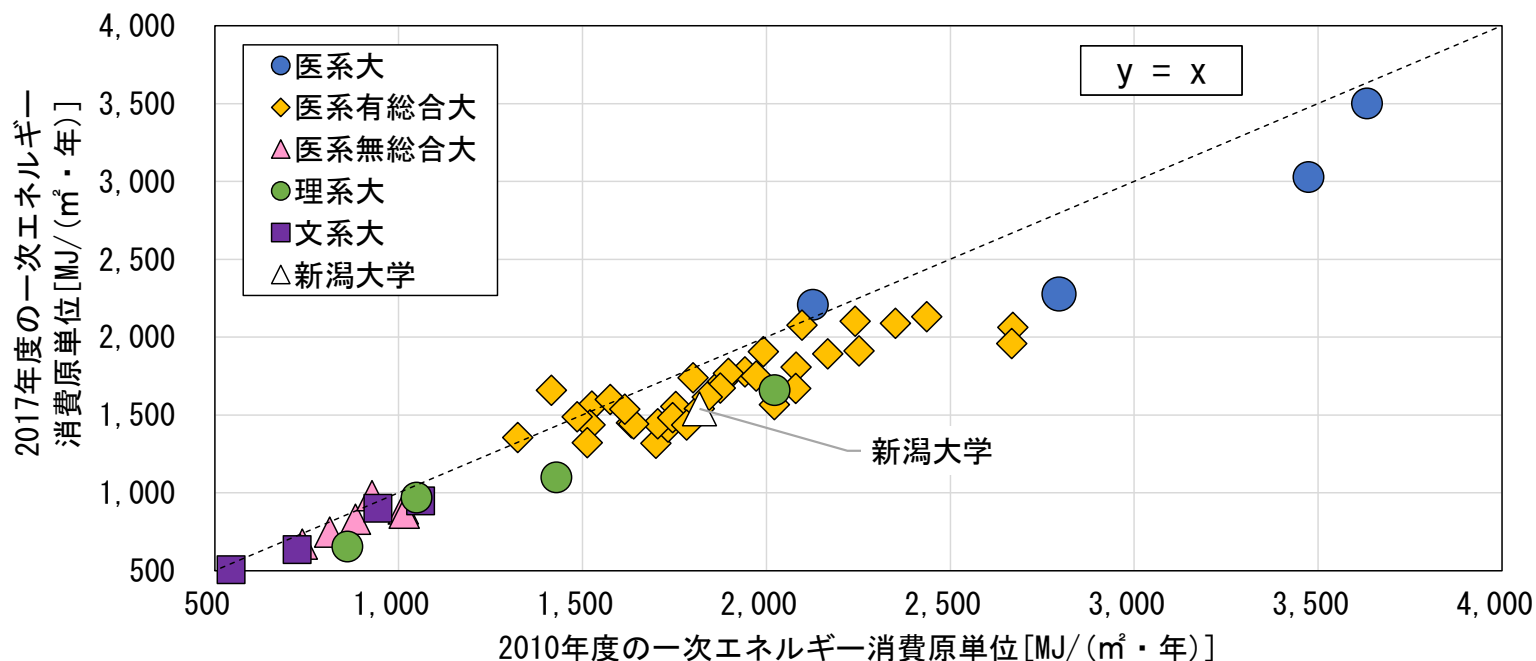


図7 全国54大学※⁹の2017年度と2010年度の一次エネルギー消費原単位の関係

※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。

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

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。

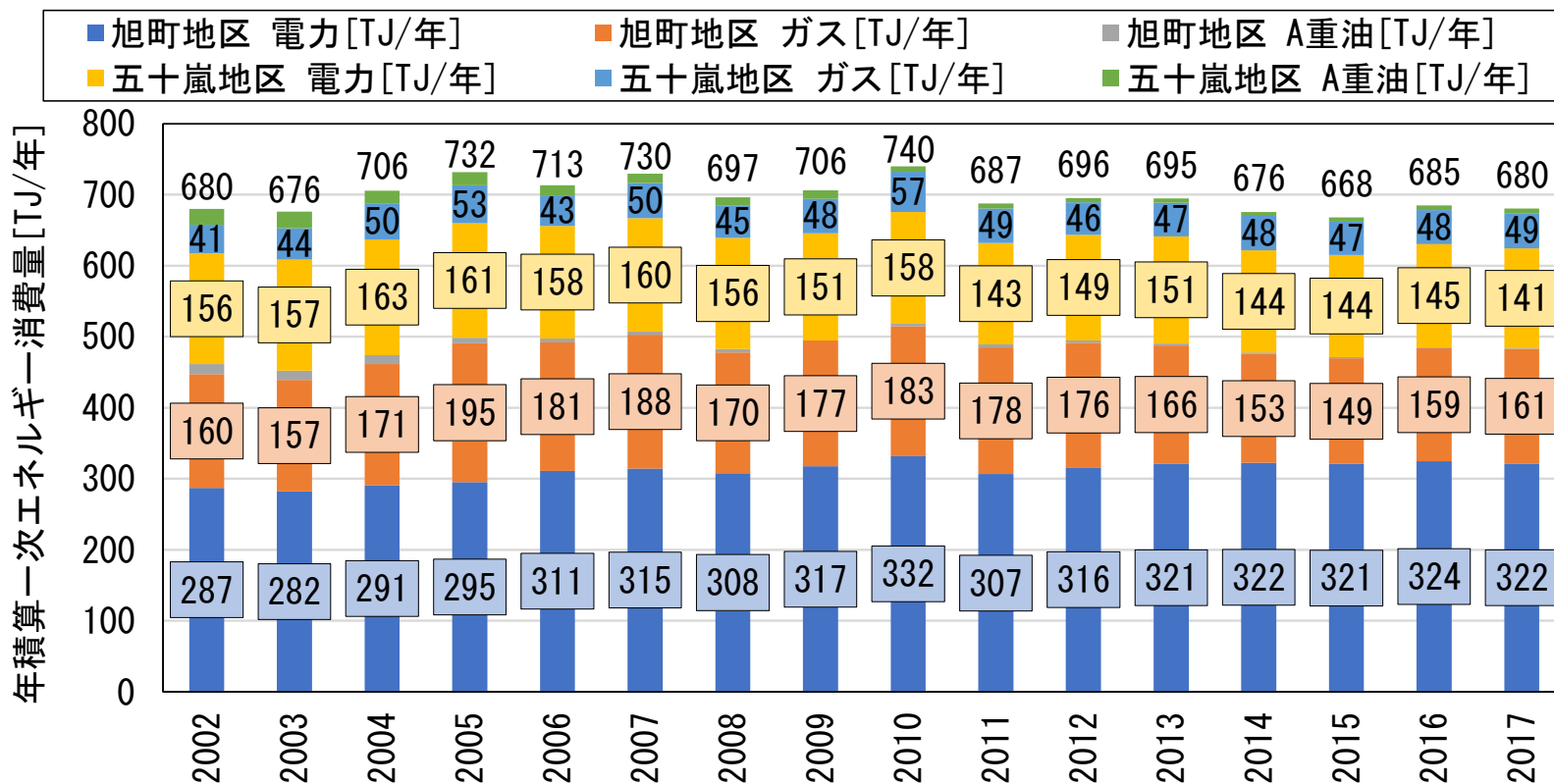


図8 旭町・五十嵐地区の年積算一次エネルギー消費量の推移※10

※10 換算係数は電力9.76[MJ/kWh]、ガス45[MJ/m³]、A重油39.1[MJ/L]とする。

旭町地区の2017年度の一次エネルギー消費原単位は、 $2.24[\text{GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})]$ と全国の医系大学 ($2.1 \sim 3.5[\text{GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})]$) (図3))と同程度である。

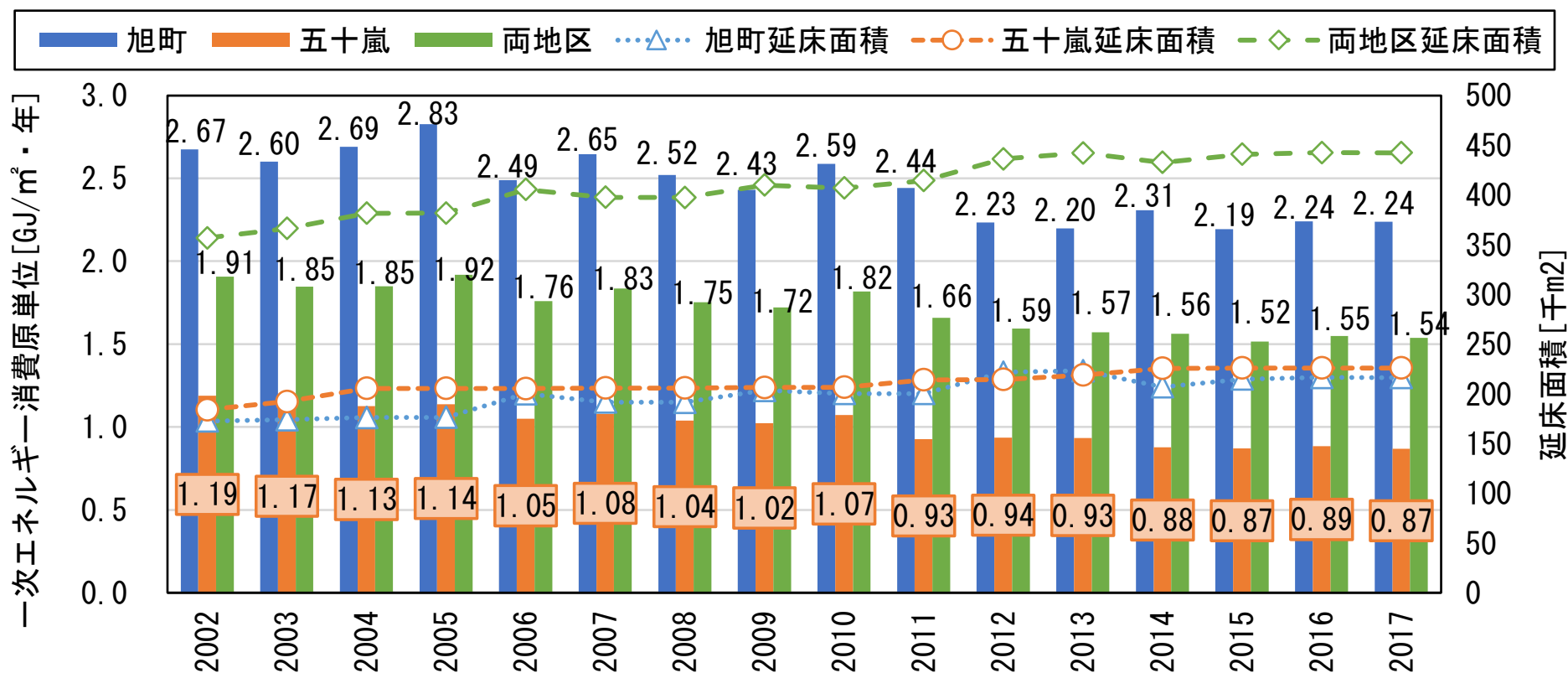


図9 旭町・五十嵐地区の一次エネルギー消費原単位の推移

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 **新潟大学における電力消費量**
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

分析結果 新潟大学における電力消費量

年積算電力消費量は各配電系統では**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。

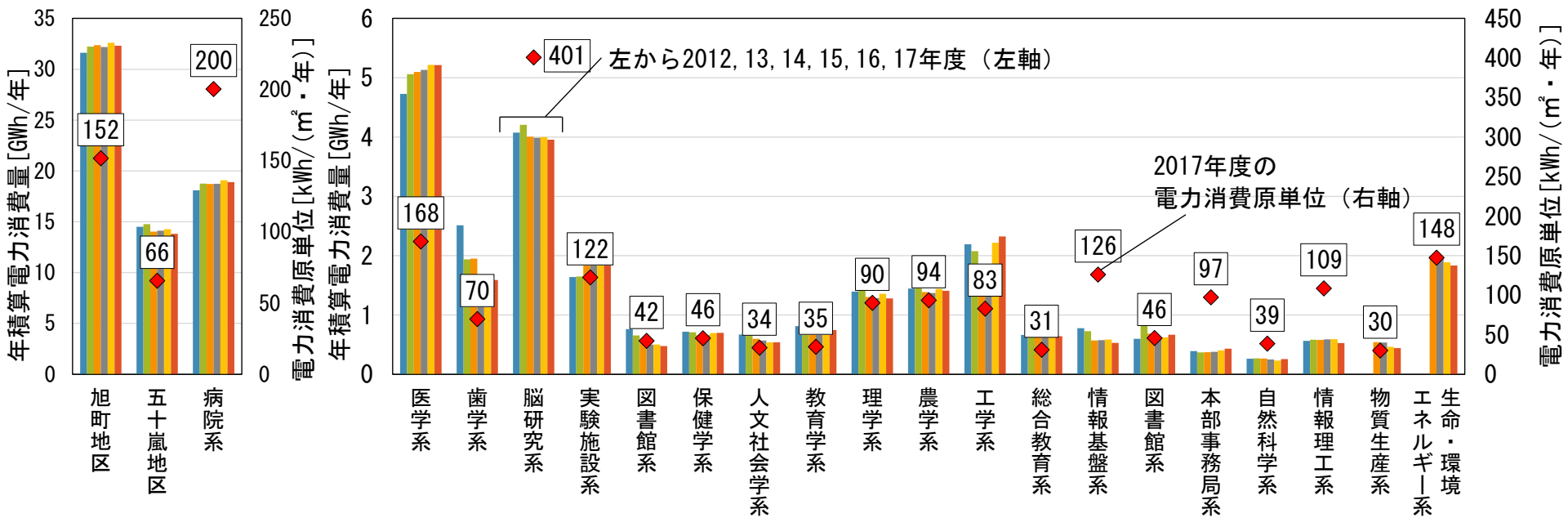


図11 各配電系統の年積算電力消費量の推移と電力消費原単位※11

※11 床面積 1 [m²] 当りの年積算電力消費量。

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。

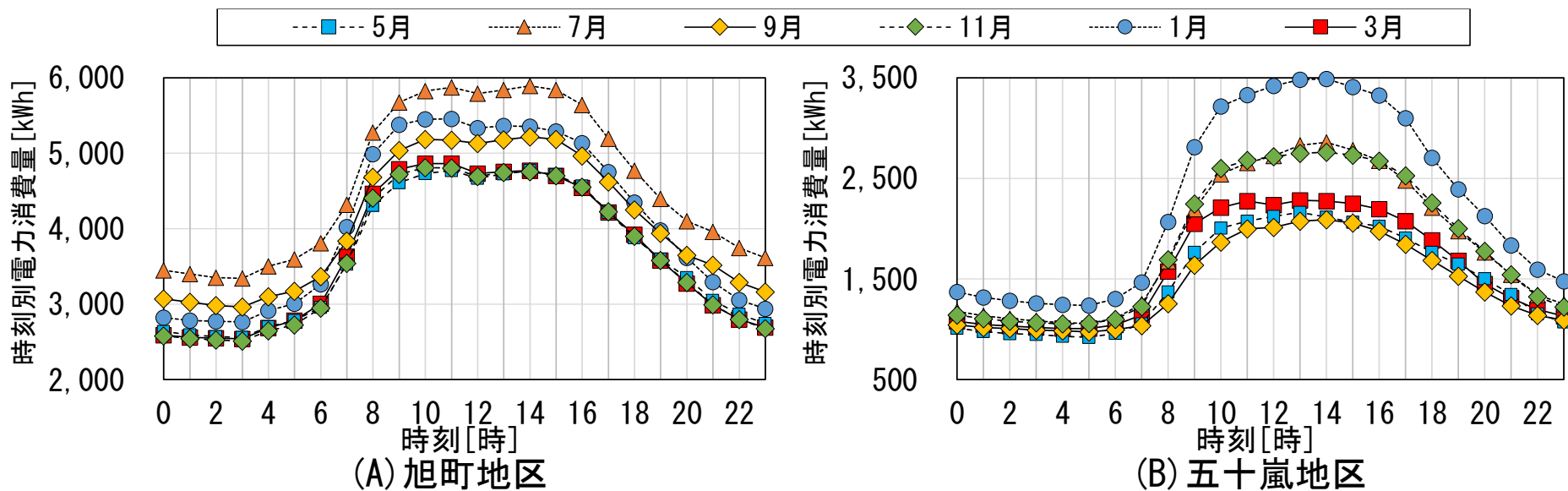
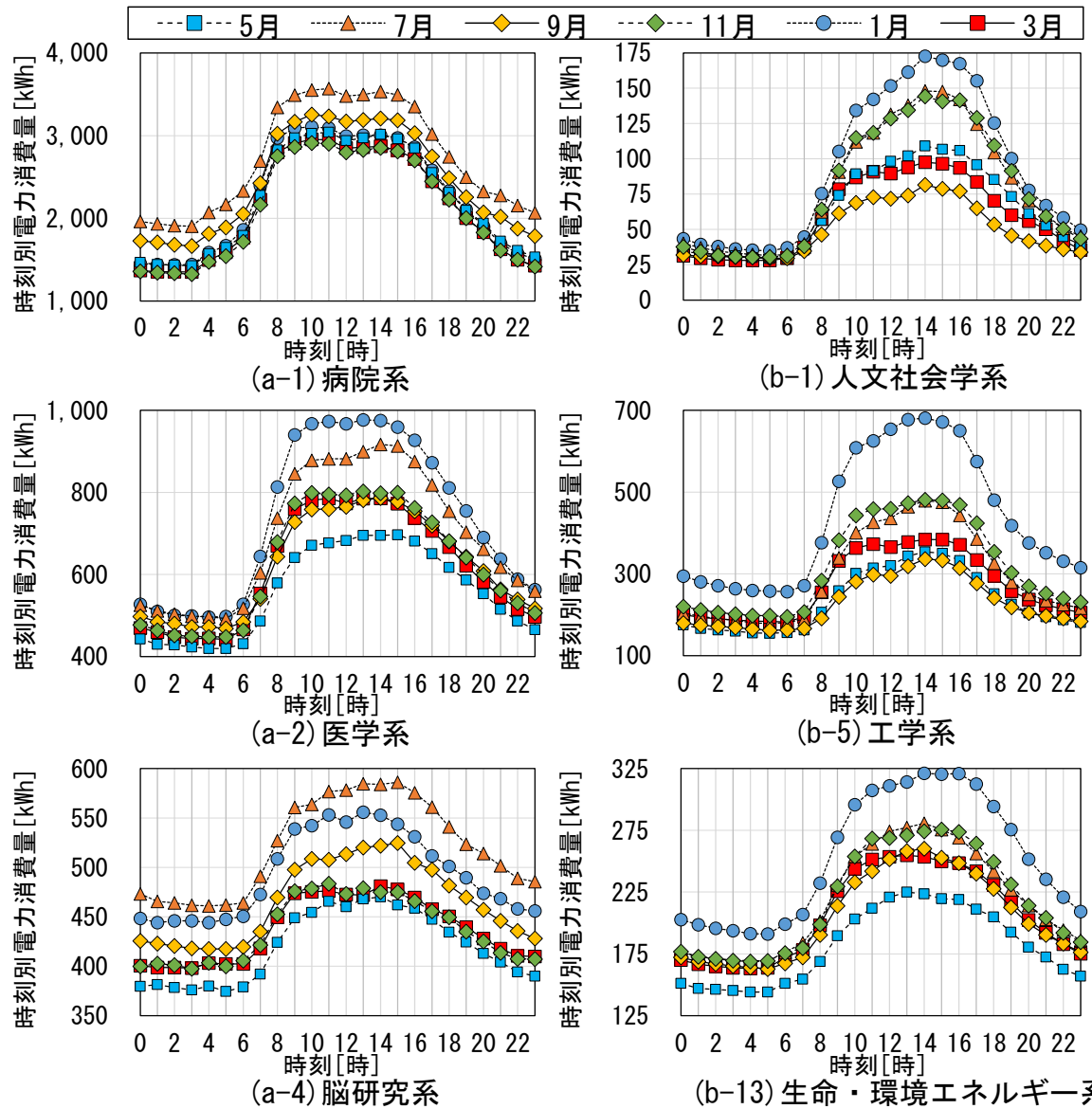


図12 旭町・五十嵐地区の平日の月平均時刻別電力消費量

分析結果 新潟大学における電力消費量



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。

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

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**が高い日より電力消費量が**増加**する割合が高い傾向がある。

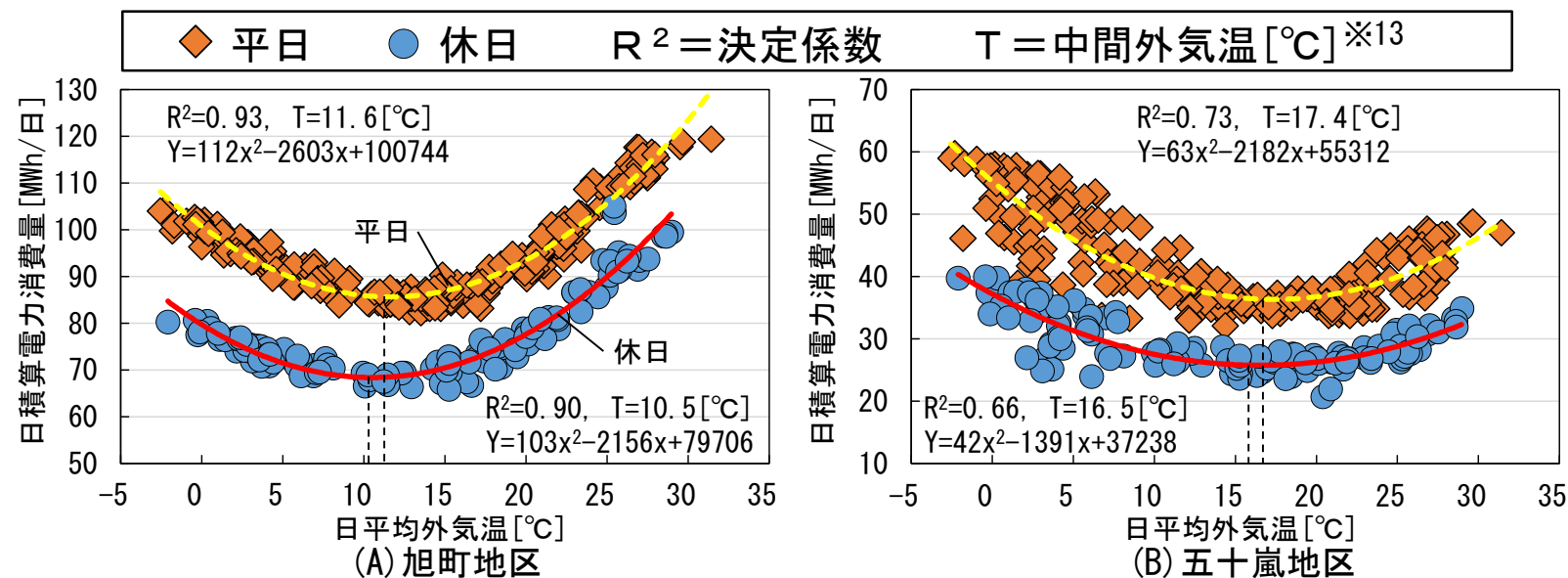
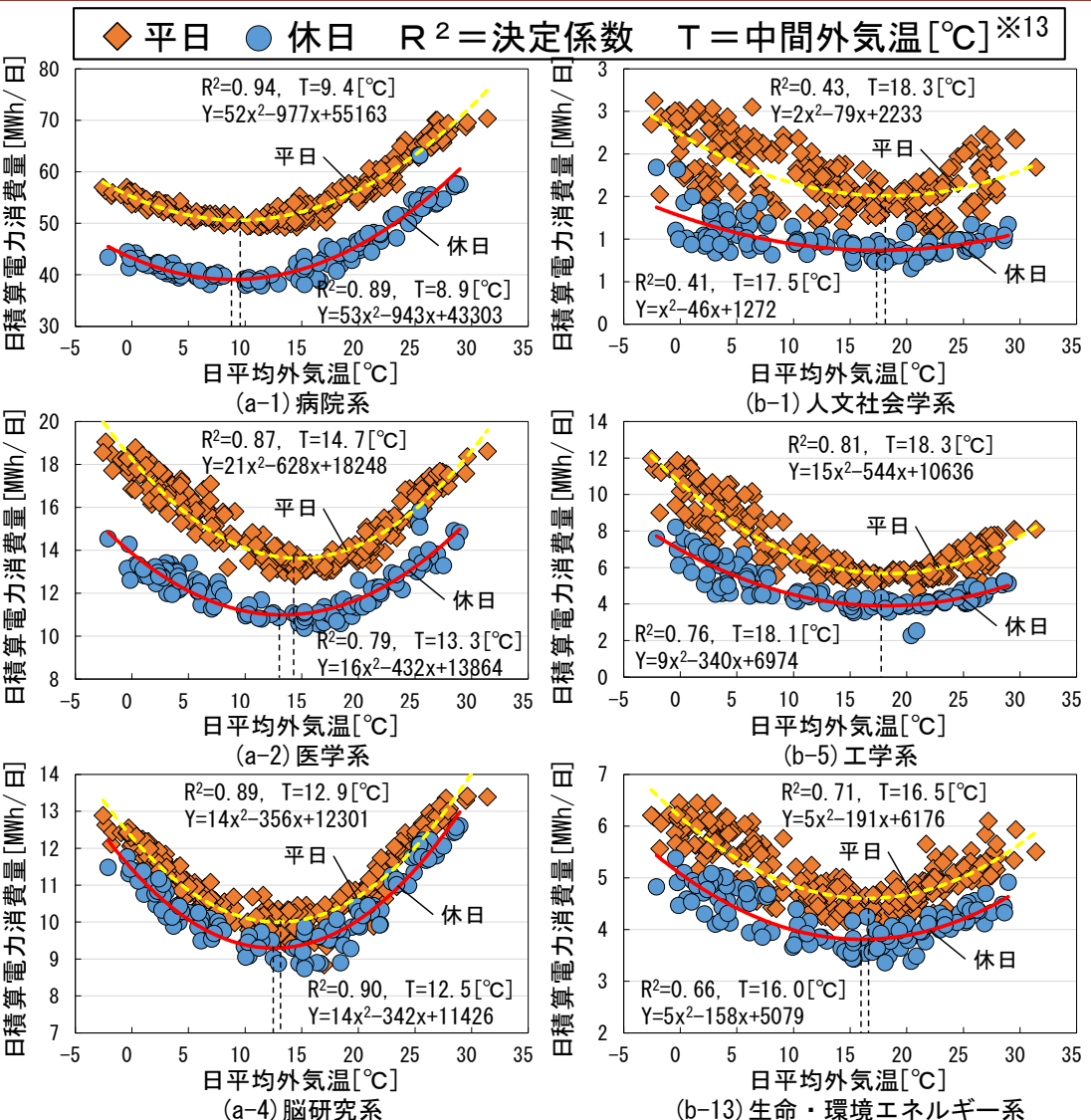


図14 旭町・五十嵐地区の日積算電力消費量と日平均外気温の関係※12

※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。

分析結果 新潟大学における電力消費量



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。

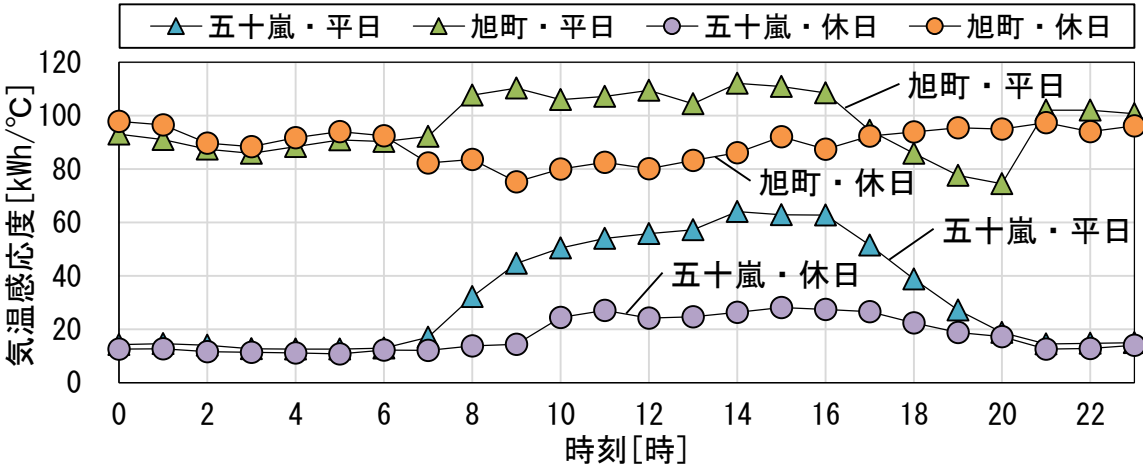
※12 日積算電力消費量は2017年度における計画停電日を除いたデータを用いる。日平均外気温は新潟市における気象庁のアメダス測定データを用いる。

※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。

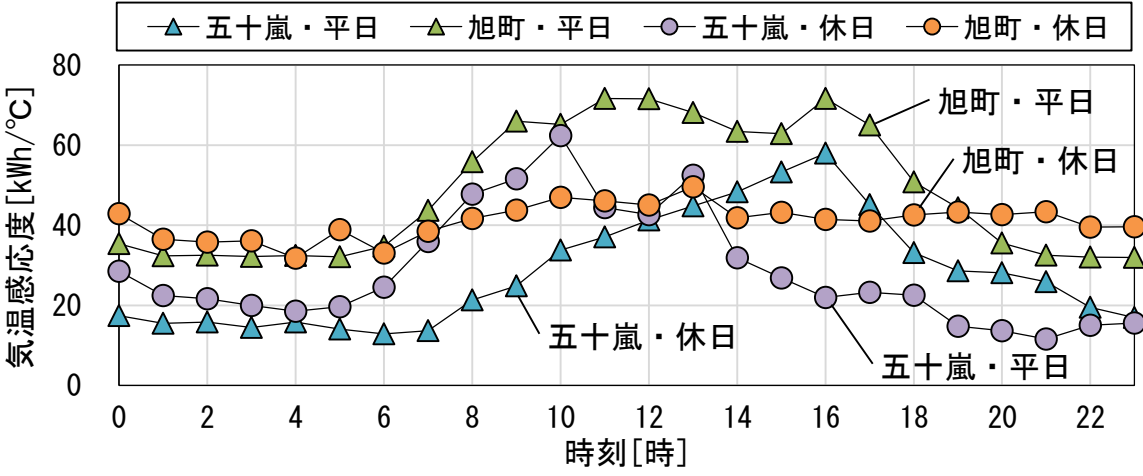
図15 代表的な配電系統の日積算電力消費量と日平均外気温の関係 ※12

分析結果 新潟大学における電力消費量

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14～16時は60[kWh/°C]程度である。



(a) 夏季(6, 7, 8月)



(b) 冬季(12, 1, 2月)

図16 旭町・五十嵐地区の夏季・冬季の時刻別気温感応度

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

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 結論

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^{文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。

※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空調以外の電力、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。

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

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。

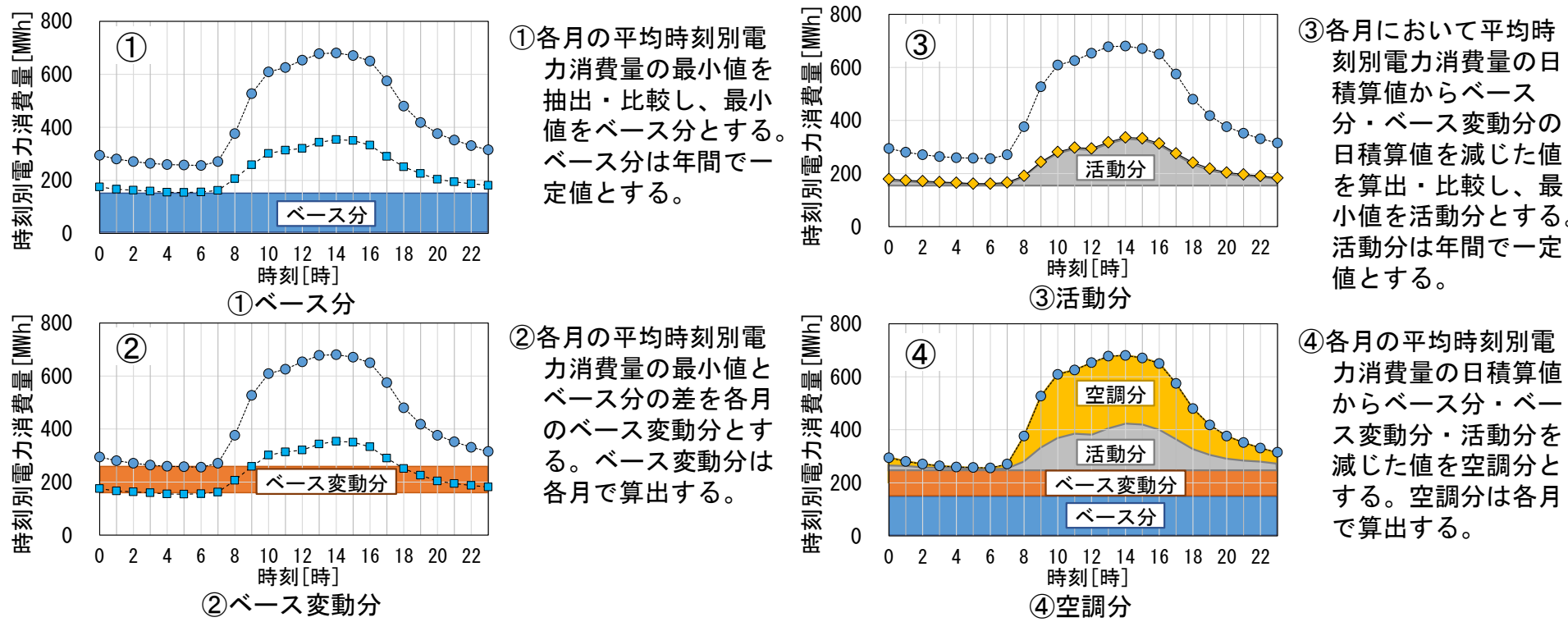
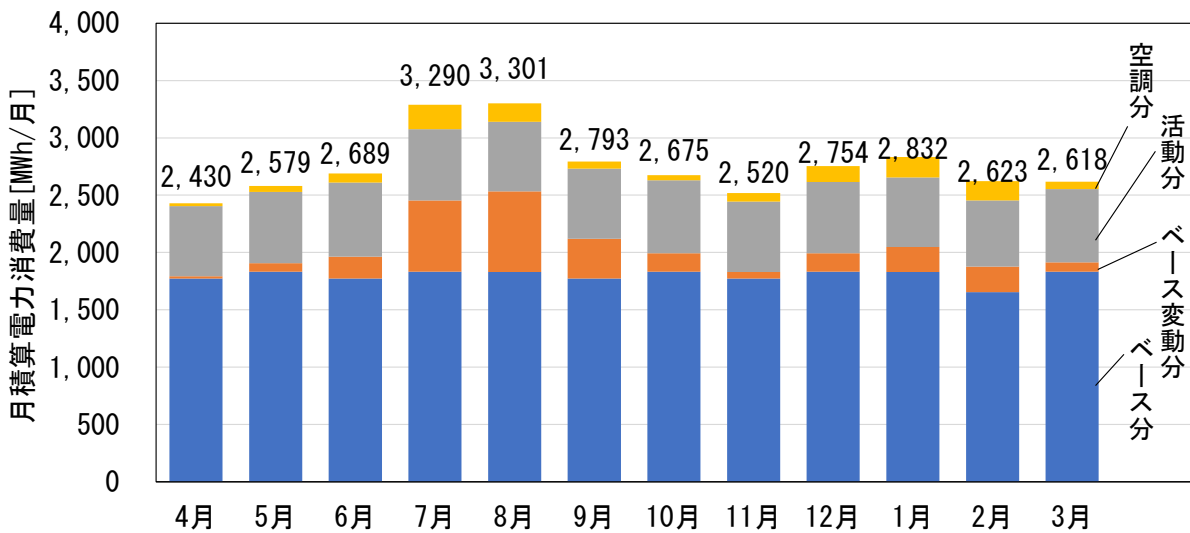


図17 工学系 1 月平日を例とした電力消費構成の分析方法

分析結果 新潟大学における電力消費構成



旭町地区ではベース変動分は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 [%]を占める。

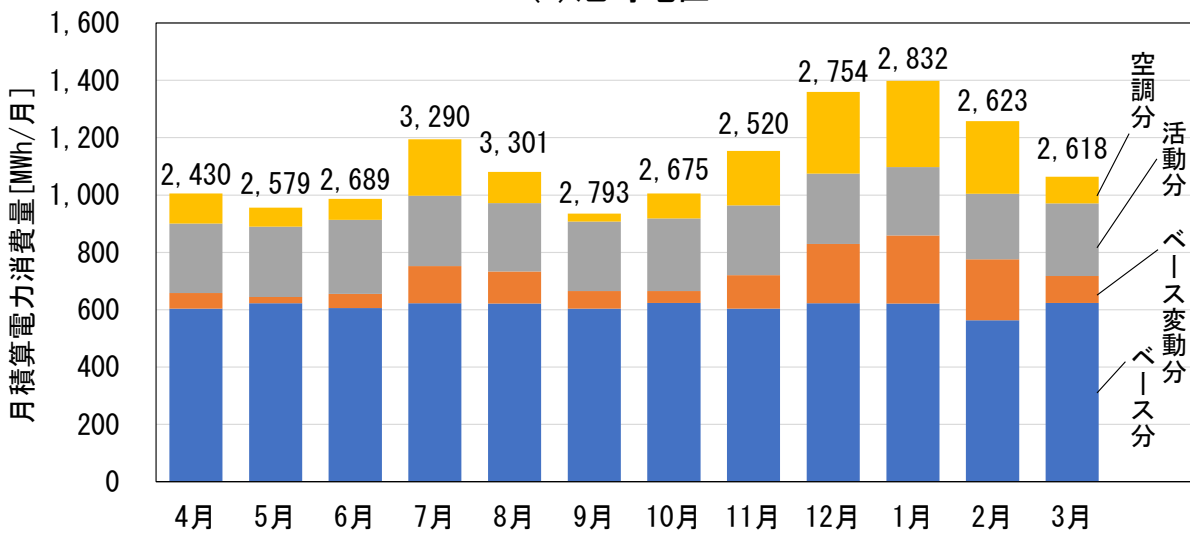


図18 旭町・五十嵐地区の月別電力消費構成

- 1 研究目的
- 2 研究概要
- 3 全国の国立大学のエネルギー消費量
- 4 新潟大学における一次エネルギー消費量
- 5 新潟大学における電力消費量
- 6 新潟大学における電力消費構成
- 7 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/(m²・年)]**と最も多く、次いで医系有総合大1,759 [MJ/(m²・年)]、理系大1,292 [MJ/(m²・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/(m²・年)]と2010年度の1,919 [MJ/(m²・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/(m²・年)]と2002年度の1.90 [GJ/(m²・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。