

# 信州大学工学部におけるベース電力削減を目指した電力消費特性の把握

## EVALUATION OF POWER CONSUMPTION FOR REDUCTION OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION, IN A HIGHER EDUCATION INSTITUTE

高村研究室 17T5042A 中村雄大  
Takamura Lab. 17T5042A Yuta NAKAMURA

キーワード：  
大学施設 電力削減 実態把握 ベース電力

Keywords:  
University facility, Power reduction, Actual condition survey, Base electric power

本研究では、信州大学長野（工学）キャンパスを対象として電力消費特性の把握を行った。人の活動に関係せず定期的に発生する消費電力であるベース電力は、対象キャンパスの電力消費量において半分以上を占めることが明らかとなっている。そこで、ベース電力の削減を目的として、建物別の月毎の推移や停電時における実験施設についてデータの分析を行い、ベース電力の詳細な使用状況を明らかにした。

### 1. はじめに

経済、社会、環境における持続可能な開発のための 2030 アジェンダ<sup>1)</sup>に向けて、SDGs 実施指針の一つとして省エネルギーが課題である。大学施設においても、実験施設の増加や昼夜問わず使用されることなどによるエネルギーの増加傾向が見られ、省エネルギー化が求められる。

信州大学工学部では、一次エネルギー消費量における電力の割合が高いことが明らかとなっており<sup>2)</sup>、電力消費量の削減が求められる。また、建物や用途ごとで異なるエネルギー消費特性を有するため、省エネルギー対策の立案には建物別の電力消費特性を把握する必要がある。亀井ら<sup>3)</sup>は人の活動に関係せず定期的に発生する消費電力（以下、ベース電力）の実態把握により、電力消費量に対してベース電力量の占める割合が半分以上であることが明らかとされている。また、吉田ら<sup>2)</sup>は EHP や GHP の屋外機フィン洗浄や屋上散水等の省エネルギー対策を実践し、効果の検証をした。

大学施設を対象とした既往研究では、大学施設における現状の電力消費傾向やその要因についての分析、要因に基づく省エネルギー対策の立案が行われている。宅ら<sup>4)</sup>は大規模大学施設の理系、文系、大規模施設におけるベース電力について用途・機器別の電力消費特性の分析を行った。省エネルギー対策として岡本ら<sup>5)</sup>は空調の機器容量の最適化や運用改善の検討を行った。大学施設のエネルギー消費実態の把握は重要であるが、小規模な大学におけるベース電力に関する研究は少ない。また、停電時や年始など利用者が少ない期間における建物別のベース電力に関する研究は少ない。

本研究では、単一学部の大学施設である信州大学長野（工学）キャンパスを対象とし、実測データに基づきベース電力の実態把握を行った。対象大学の今後の省エネルギー計画を立案するうえで実用的な資料になることを目的とする。

### 2. 研究概要

建物概要について表 1 に示す。対象は信州大学長野（工学）キャンパスとする。同キャンパスには 30 棟の建物が所在しており、研究機関を含む計 2,886 名が所属している。使用データの概要について表 2 に示す。本研究では大学の建物ごと（計 129 か所）に消費電力を計測

表 1 対象建物概要

| 信州大学長野（工学）キャンパス |             |      |  |
|-----------------|-------------|------|--|
| 所在              | 長野県長野市      | 土地面積 | 68161 m <sup>2</sup>   |
| 建物数             | 30 棟        | 建物面積 | 57878 m <sup>2</sup>   |
| 所属人数            | 学部生 2132 人  | 所属部局 | 工学部、大学院総合理工学研究所、<br>大学院総合医理工学研究所<br>大学院経済・社会政策科学研究科<br>イノベーション・マネジメント専攻<br>総合情報センター<br>(情報基礎部門・研究開発部門)<br>信州科学技術総合振興センター<br>学術研究・産業界連携推進機構<br>アクア・イノベーション拠点<br>国際科学イノベーションセンター |
|                 | 大学院生 589 人  |      |  |
|                 | 教職員 116 人   |      |  |
|                 | 事務職員等 49 人  |      |  |
| 合計 2886 人       |             |      |  |
| 学科              | 物質化学科       |      |  |
|                 | 電子情報システム工学科 |      |  |
|                 | 水環境・土木工学科   |      |  |
|                 | 機械システム工学科   |      |  |
|                 | 建築学科        |      |  |

表 2 使用データ概要

|       | スマートメータ    | 検針メータ                 | BEMS データ | 実測データ          |
|-------|------------|-----------------------|----------|----------------|
| 計測項目  | 建物別        | 工学部全体                 | AICS     | 総合研究棟<br>建築学科棟 |
| 計測点   | 129 か所     | 1 か所                  |          | 7 か所           |
| 計測データ | 電力         | 電力                    | 電力量      | 電力             |
| 計測間隔  | 3分 (3分半)   | 30分                   | 1時間      | 1分             |
| 対応する図 | 図 3, 8, 10 | 図 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 | 図 3      | 図 11, 12       |

表 3 分析対象建物と略称

| 建物名                        | 略称     | 建物名               | 略称    |
|----------------------------|--------|-------------------|-------|
| 環境機能工学科棟                   | 環境機能   | 基礎研究支援センター        | 地域共同セ |
| 講義棟                        | 講義棟    | 情報工学科棟            | 情報工学  |
| 図書館                        | 図書館    | 総合研究棟             | 総研棟   |
| 建築学科棟                      | 建築棟    | 機械システム工学科北棟       | 機シス北  |
| 学生食堂・福利厚生施設                | 学生食堂等  | 機械システム工学科南棟       | 機シス南  |
| 信州科学技術<br>総合振興センター         | SASTec | 学部共通棟             | 学部共通棟 |
| 国際科学<br>イノベーションセンター        | AICS   | 電子情報システム<br>工学科西棟 | 電気西   |
| 電子情報システム工学科東<br>・管理棟       | 管理棟    | 物質化学科北棟           | 物化北   |
| 水環境・土木工学科、<br>水環境・土木工学科実験棟 | 水環境土木  | 物質化学科南棟           | 物化南   |
| 総合情報センター                   | 総合情報セ  | 機械システム工学科実験棟      | 機シス実験 |

している電力計測機（以下、スマートメータ）、電気保安協会が工学部全体の消費電力を計測している検針メータ、及び国際科学イノベーションセンター（以下、AICS）に導入されている BEMS のデータを使用した。実測データについては HIOKI のクランプオンパワーローガー PW3360 を使用した。また、分析対象建物について表 3 に示す。

### 3. 消費電力の実態把握

#### 3.1. 工学部全体の消費エネルギーの把握

図1に過去5年における工学部の年間電力消費量推移について示す。電力削減対策が行われているが、工学部全体で減少傾向はないため、削減に向けた新たな対策の提案・実施が求められる。図2に2019年度における工学部の年間電力消費量とその割合を示す。実験施設<sup>注1)</sup>で47%、学科棟で36%、その他の施設で17%と、大型の建物を含む実験施設が工学部の約半分の電力量を消費しており、実験に支障をきたさない削減対策が求められる。

#### 3.2. 建物別の年間電力消費量

図3に2019年度における建物別年間電力消費量と単位面積当たりの年間電力消費量を示す。年間電力消費量について、上位3棟の総量が工学部全体の43%を占めた。また、学科棟別では情報工学科棟と電子情報システム工学科棟・管理棟が約300MWhと電力消費量が多く、その他の施設では総合情報センター、学生食堂・福利厚生施設が約200MWhを消費していた。

単位面積当たりの電力消費量については、総合情報センターが388kWh/(年・m<sup>2</sup>)、学生食堂・福利厚生施設が227kWh/(年・m<sup>2</sup>)と、他の建物に比較して大きかった。総合情報センターについてはサーバー室のサーバーや空調機器の消費電力、学生食堂・福利厚生施設については昼間の大きな電力需要が原因と考えられる。また、実験施設は150kWh/(年・m<sup>2</sup>)程度、学科棟は90kWh/(年・m<sup>2</sup>)程度の建物が多かった。

### 4. ベース電力の実態把握

#### 4.1. ベース電力の推計

宅ら<sup>4)</sup>は大規模大学を対象として、ベース分・活動分・非24時間空調分を推計し、ベース分の大きさが、年間の電力消費量に大きく影響していることを明らかにした。宅らが用いた手法を参考として、ベース電力の推計を行った。ベース電力の推計は終日を対象とし、日毎の最小値を日毎のベース電力とした。ただし、太陽光発電を行っている建物については発電により消費電力が減少するため、日の出時刻から日の入り時刻まで除外した。また、明らかに小さい値(計画停電前後や計測機器の不備など)は外れ値として除外した。図4に2019年7月6日~12日までの時刻別消費電力を示す。非活動日と推測される休日(土曜日・日曜日・祝日・お盆休み・年末年始)は日毎のベース電力が平日と比較して小さく、休日後の早朝についても同様に小さいことが分かった。そのため、各月の休日と休日後の日毎のベース電力の平均値を月毎のベース電力とした。算出したベース電力から、月毎、年間のベース電力量を算出した。月毎について、月毎のベース電力に各月の日数と24hを乗じた。年間について、月毎のベース電力量を積算した。算出式を以下に示す。

$$P_{\text{base\_month}(n)} = \frac{1}{N_{\text{month\_holiday}(n)}} \sum P_{\text{base\_holiday}(n,m)} \quad \dots (1)$$

$$E_{\text{base\_month}(n)} = P_{\text{base\_month}(n)} \times N_{\text{month}(n)} \times 24[h] \quad \dots (2)$$

$$E_{\text{base\_year}} = \sum E_{\text{base\_month}(n)} \quad \dots (3)$$

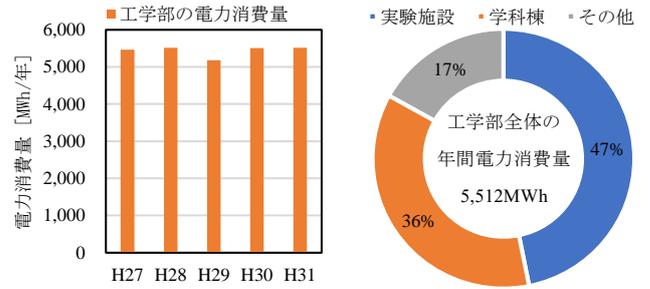


図1 工学部年間電力消費量の推移 図2 年間電力消費量の内訳

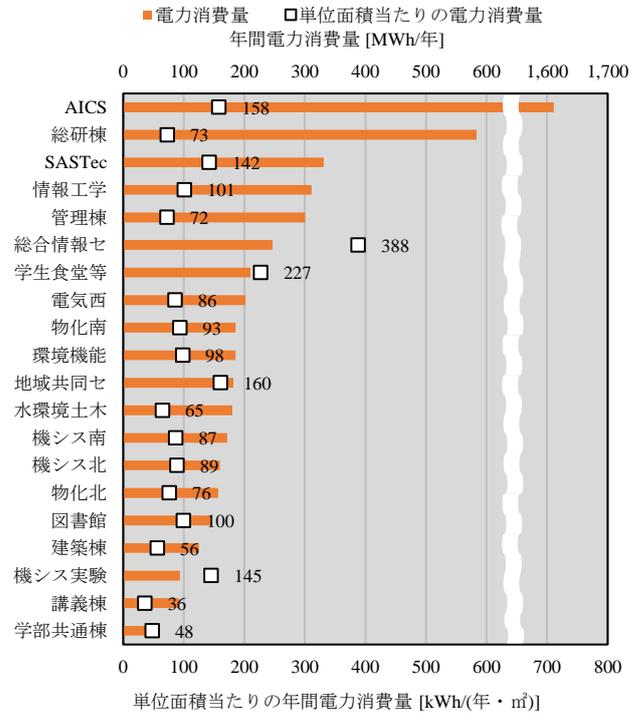


図3 建物別の年間電力消費量と単位面積当たりの年間電力消費量

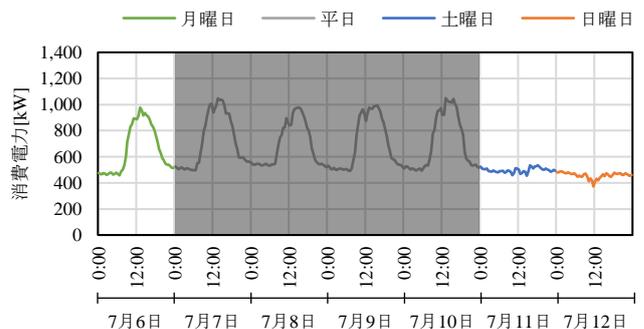


図4 ベース電力対象範囲 (2020年7月6日~12日)

ここで、

- $P_{\text{base\_month}(n)}$  : n月のベース電力 [kW]
- $N_{\text{month\_holiday}(n)}$  : n月の休日・休日後の日数 [日]
- $P_{\text{base\_holiday}(n)}$  : n月m日(休日・休日後)のベース電力 [kW]
- $N_{\text{month}(n)}$  : n月の日数 [日]
- $E_{\text{base\_month}(n)}$  : n月のベース電力量 [kWh]
- $P_{\text{base\_month}(n)}$  : n月のベース電力 [kW]
- $E_{\text{base\_year}}$  : 年間のベース電力量 [kWh]

図5に、2019年の4月における日毎のベース電力の範囲について平日と休日・休日後での比較結果を示す。日毎のベース電力が平日は455.6~575.2kW、休日は416.6~531.8kWで変動した。非活動日と推測される休日・休日後は変動幅に大きな差はないが、比較的ベース電力が低い結果となった。図6に2019年度の電力消費量に対するベース電力量と変動電力量の割合を示す。年度の電力消費量の内、76.2%にあたる4201.1MWhがベース電力によるものであった。他大学のベース電力の分析例として、大規模大学（文系、理系、大型施設含む）は79%<sup>9)</sup>、同程度の大学の工学部は70%<sup>6)</sup>であり、同程度の規模の大学と比較してベース電力が大きいことが明らかになった。

#### 4.2. 工学部と各建物のベース電力量の割合

図7に2019年と2020年の4月~9月におけるベース電力量と電力消費量の前年比を示す。4月~7月について、電力消費量の前年比は76.0~91.4%、ベース電力量は90.4~95.9%であった。電力消費量に比べてベース電力量の比率が小さく、入構規制による利用者の減少の影響は、比較的少ないと考えられる。一方8・9月について、電力消費量の前年比は102.4~113.5%、ベース電力量は105.5~116.5%であった。2020年は電力消費量に比べてベース電力量がより増加しており、実験機器等の24時間使用が増えたと考えられる。

図8に2020年4月~9月におけるベース電力量の多い上位5棟（AICS除く）について各月のベース電力量及び各月の工学部のベース電力量に対する総合研究棟とベース電力量上位5棟積算値の割合を示す。最もベース電力量が多い総合研究棟は37.9~54.1MWh/月、次いで多いSASTecは21.9~27.6MWh/月であった。工学部のベース電力量に対する各棟の割合は、最も多い総合研究棟が13.6%、上位5棟の合算値が35.1%であった。上位5棟については電力消費量が多いことがベース電力量の多い原因であると考えられる。また、総合研究棟やSASTecは実験機器が24時間使用されていることや、総合情報センターはサーバー室の動力と空調機器が24時間稼働しており、電力消費量に対するベース電力の割合が高いことが原因と考えられる。総合研究棟、SASTecは工学部の電力消費量が減少する9月にベース電力量が増加していることから、実験施設がより多く使用されたと考えられる。

### 5. 利用者が少ない期間におけるベース電力

#### 5.1. 計画停電前後における消費電力

2020年8月22日の9:00~15:00に行われた計画停電前後の消費電力から、常に必要な消費電力を把握することでより正確なベース電力を推計した。前述の通り、工学部のベース電力は実験施設に大きな影響を受けることが明らかとなったため、ここでは、実験施設である総合研究棟、SASTec、地域共同研究センターの3棟について述べる。削減可能な実験機器以外によるベース電力の把握が必要であると考え、実験機器によるベース電力を推計した。

##### 5.1.1. 工学部の消費電力

図9に2020年8月22日に行われた計画停電前後の消費電力を示す。計画停電の事前告知によりパソコンの電源の休止や、使用しない実験機器の停止などが実施され、停電前日に132.9kW減少した。また、停電前後に64.6kWの電力減少があり、原因として不要な電源の切り忘れなどの積み重ねなどが考えられる。これら、8月、停電前、停電後のベース電力について実験施設3棟の実態把握を行った。

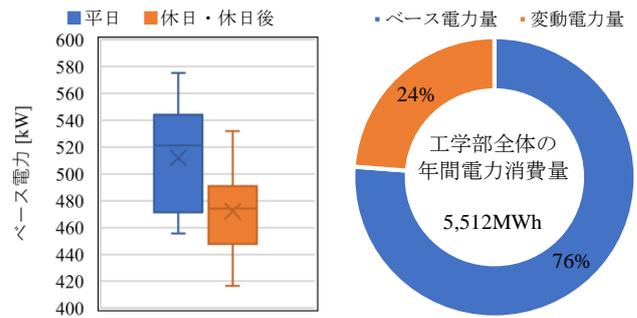


図5 2019年4月のベース電力

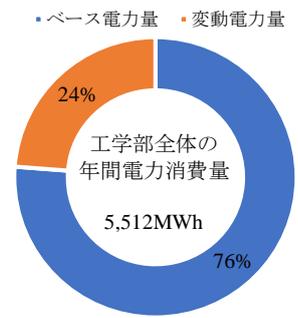


図6 2019年の電力消費量におけるベース電力の割合

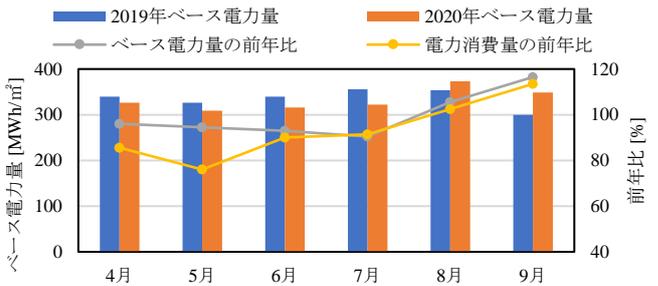


図7 2019年と2020年の4月~9月におけるベース電力量と比率

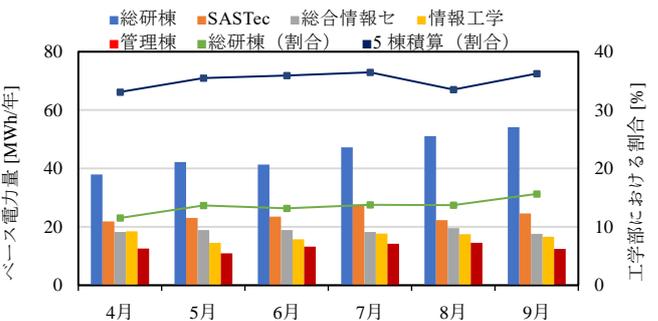


図8 ベース電力量上位5棟と工学部のベース電力量における割合

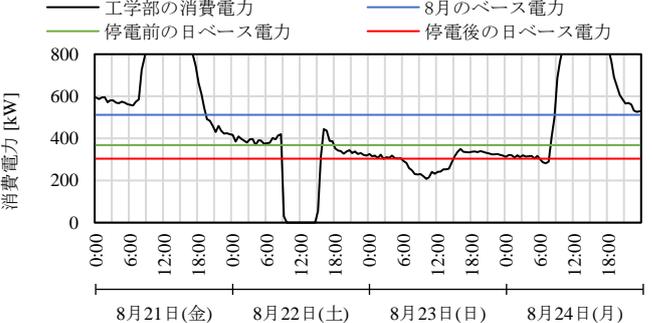


図9 2020年8月22日の計画停電前後の消費電力

##### 5.1.2. 実験施設3棟の消費電力

図10に総合研究棟、SASTec、地域共同研究センターの8月と計画停電前後のベース電力を示す。総合研究棟について、単相実験、3相実験の電力は8月と停電後に8.9kW、14.9kWの差があり、3相動力の電力は停電後に1.6kW減少した。停電後のベース電力が43kW程度、8月のベース電力が68.6kWであるため、常時使用ではない実験機器等の使用が20kW以上あると考えられる。他の2棟に比べて8月のベース電力に対する停電後のベース電力の減少率が小さいことから、常時使用される実験機器等が多いと考えられる。

SASTec について、全ての系統において停電前に消費電力が 1.4～10.6kW 減少し、停電後は変化が少なかった。SASTec は貸し工場 6 室、レンタルラボ 9 室と事務室が主な使用用途であり、常駐の利用者が少ないため計画停電前に必要のない電源が切られていたと考えられる。したがって、実験機器の使用がない状態における SASTec のベース電力が 10.0kW 前後、8 月のベース電力が 30.0kW であるため、実験機器によるベース電力が 20kW 程度であると考えられる。

地域共同センターについて、単相実験の電力は停電前に 4.0kW 減少し、単相電灯の電力は停電後に 1.2kW 減少しており、3 相の電力は停電後に 0.0kW となった。停電後の消費電力が 2.0kW 程度、8 月のベース電力が 13.8kW であるため、実験等によるベース電力が 12kW 程度であると考えられる。停電前後で消費電力の差が大きいことから、利用者が気づかず使用している不要な電力が消費されている可能性があり、今後より詳細な実態把握の必要がある。

## 5.2. 年始における消費電力

1 年の中で最も人の活動が少ない日の一つと推測される 2021 年 1 月 1 日、2 日、3 日の消費電力から、常に必要な消費電力を把握することでより正確なベース電力を推計した。また、実測データを使用することでベース電力の絶対値を推定した。

### 5.2.1. 建築学科棟の消費電力

図 11 に建築学科棟の 2021 年 1 月 1 日、2 日、3 日の時刻別消費電力を示す。電灯のベース電力は 5.5～6.0kW、動力については 0.5kW 程度、日積算電力消費量は 161.9～175.3kWh/日であった。電灯のベース電力はコンセント類が主として考えられ、適切な使用方法の啓蒙が必要である。動力の電力はエレベーターの待機電力などが考えられ、削減の余地が無いと考えられる。

### 5.2.2. 総合研究棟の消費電力

図 12 に総合研究棟の 2021 年 1 月 1 日、2 日、3 日の時刻別消費電力を示す。各ベース電力が一般電灯盤は 5.6～5.7kW、実験電灯盤が 23.2kW、一般動力盤が 9.9～11.7kW、実験動力盤が 16.7～17.6kW、日積算電力消費量は 1403.9～1512.9kWh/日であった。電灯盤について、3 日間通してほぼ一定の為、ベース電力に近い値と考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、信州大学工学部を対象に工学部全体と実験施設の電力消費特性について分析した。以下に、得られた知見を示す。

- 1) 工学部の電力消費量に対して 47%が実験施設の電力消費量であり、76%がベース電力であった。
- 2) ベース電力が大きい実験施設における計画停電前後の消費電力から、実験機器によるベース電力が 52kW 以上であると推計した。
- 3) 年始の消費電力より、建築学科棟の動力のベース電力が 0.5kW、総合研究棟の電灯のベース電力が 28kW 程度であると推計した。
- 4) 各建物の電灯、動力で電力消費特性が異なっており、建物別のベース電力削減対策の提案が必要である。

今後の課題として、計画停電前後や年始と異なる期間及び実験棟以外の建物についてより詳細な実態把握が必要である。

### 謝辞

本研究は信州大学工学部スマートキャンパス化 WG の支援を得て実施した。中部電力ミライズ長野営業本部法人営業部、信州大学工学部総務グループ管理

表 4 各電力系統

|      |      |         |       |        |      |
|------|------|---------|-------|--------|------|
| 総研棟① | 単相電灯 | SASTec① | 単相実験等 | 地域共同セ① | 単相実験 |
| 総研棟② | 単相実験 | SASTec② | 単相実験等 | 地域共同セ② | 単相電灯 |
| 総研棟③ | 3相動力 | SASTec③ | 3相実験  | 地域共同セ③ | 3相空調 |
| 総研棟④ | 3相実験 |         |       | 地域共同セ④ | 3相実験 |

■ 総研棟 ①      ■ 総研棟 ②      ■ 総研棟 ③      ■ 総研棟 ④  
■ SASTec ①      ■ SASTec ②      ■ SASTec ③      ■ 地域共同セ ①  
■ 地域共同セ ②      ■ 地域共同セ ③      ■ 地域共同セ ④

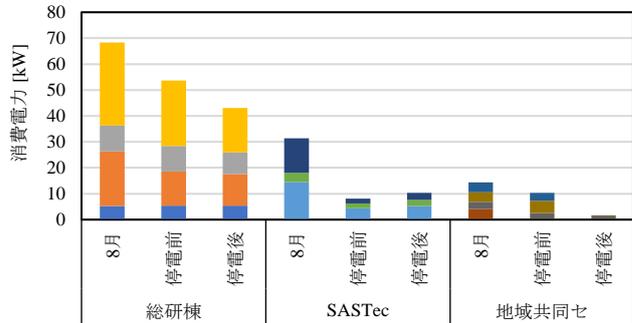


図 10 実験施設 3 棟における 8 月・停電前・停電後のベース電力

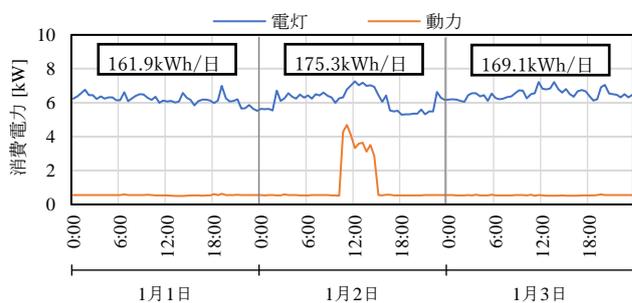


図 11 建築学科棟における年始のベース電力

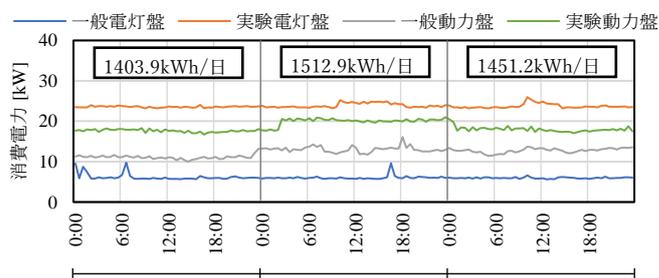


図 12 総合研究棟における年始のベース電力

係 平井規夫氏、信州大学工学部技術部 梶田昌史氏、高沢溪吾氏、徳武怜氏には多大なるご協力を得た。この場を借りて感謝の意を表す。

### 注釈

注 1) 実験が主な使用目的の AICS、総合研究棟、SASTec、地域共同センターを示す。

### 参考文献

- 1) 環境省：持続可能な開発のための 2030 アジェンダ 2015
- 2) 吉田拓洋：信州大学工学部における省エネルギー対策の効果検証，信州大学修士論文，2019
- 3) 亀井麻友：大学施設におけるベース電力の実態調査，信州大学学部卒業論文，2018
- 4) 宅康平，大橋巧，下田吉之：機器データベースと実測データを用いた大学施設における用途別電力消費推計に関する研究，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第 8 巻，473-476，2013.9.25-27
- 5) 岡本泰英，迫田一昭，赤司泰義：大学施設における環境負荷低減手法に関する研究 その 15 個別分散熱源方式の機器容量最適化に向けた検討，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集第 3 巻，97-100，2014
- 6) 有波裕貴，赤林伸一，富田真生：新潟大学におけるエネルギー消費の実態と外気温の関係，日本建築学会技術報告集第 26 巻，第 64 号，1037-1042，2020 年 10 月