

札幌市有建物のエネルギー使用実態に関する研究

Study on Energy Usage of Public Building in Sapporo City

正 会 員 ○高野 克成 (北海道大学) 正 会 員 森 太郎 (北海道大学)

正 会 員 羽山 広文 (北海道大学)

Katsunari TAKANO*¹ Taro MORI*¹ Hirofumi HAYAMA*¹

*¹ Hokkaido University

Data base of energy usage of buildings can facilitate the formulation of energy policies in Sapporo, SDGs future city. The purpose of this survey is to grasp the characteristics of energy consumption in public buildings located in Sapporo and update existing surveyed data. In this study, we tried to investigate the use of various types of energy (especially electricity). This paper first compared energy use intensity (EUI) by building types. Then, it analyzed monthly energy use intensity of each energy sources. It also analyzed occurrence tendency of peak demand for electricity. Finally, it surveyed on actual situation of photovoltaics (PV).

1. はじめに

札幌市は2018年、「第2次札幌市環境基本計画」において、次世代の子どもたちが笑顔で暮らせる持続可能な都市「環境首都・SAPPORO」を、2050年に向けた札幌の環境の将来像として設定した。また、札幌市は2018年度SDGs未来都市に選定されており、食品ロス削減のため、給食の残りを堆肥にし、そこから給食食材の野菜を育て、冬場のエネルギー削減のために、省エネ住宅を推進するなど、具体的な取り組みを進めている¹⁾。住宅のみならず、様々な市有施設の省エネ化を図るためには、各施設のエネルギー使用実態の把握が必要である。本研究では札幌市有施設のエネルギー使用実態を分析し、既往の消費実態に関する研究を更新すると同時に最大電力に着目し、市有施設の省エネにつながる使用実態把握を試みた。また、環境首都を目指す札幌市の政策である、省エネ住宅の推進につながる太陽光発電(PV)の実態調査も試みた。

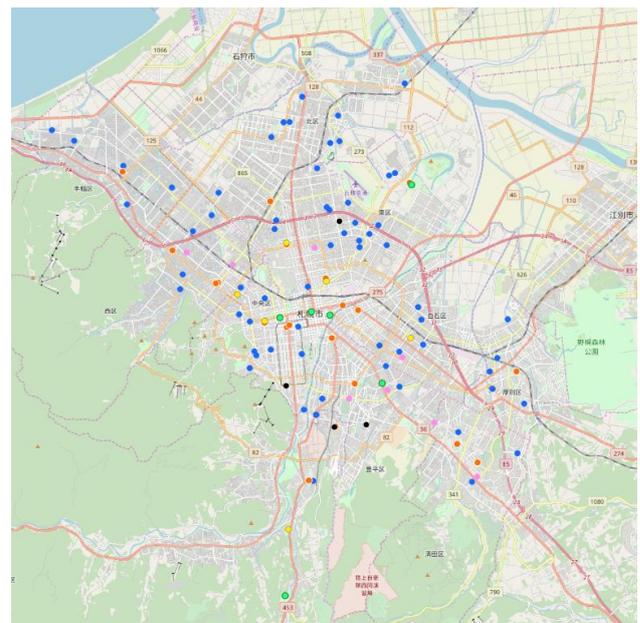
2. 調査の概要

本研究では札幌市有建物を扱った。エネルギー使用量については2018年の1年間を分析対象期間とし、札幌市から12か月の使用量データが得られた817の建物を対象とした。各種エネルギー使用量を1次エネルギーに換算し分析した。また、最大電力の分析では、図-1に示すマップ上の113の市有建物を対象とし、これら施設の30分毎の最大電力及び平均使用電力量のデータを得られた。太陽光発電の分析では、市内の小中学校で、2018年の12か月の発電量データがそろそろ75の建物を対象とした。いずれも札幌市からデータを得た。

3. 調査結果

3.1 用途別のエネルギー消費

札幌市有建物を用途別に分け、延床面積と年間の1次エネルギー消費原単位(Energy Use Intensity: EUI)の関係を分析したものを図-2に示す。一般的に延床とEUIの間に相関がないと考えられる。用途内でもエネルギーの利用方法が多様であり、用途ごとの最適な設計や利用方法が定まっていないと考えられる。図書館は延床によらず原単位が等しく、設備や利用時間に差がないためと考え



● school ● office ● library
● welfare ● sport ● culture

図-1 市有施設マップ

られる。一方、文化施設では原単位と延床に正の相関がみられた。これは大規模な空間と人の出入りがあることや、特徴的な外皮が原因と考えられる。児童施設や学校は建物の規模や運用時間に差はないと考えられるが、EUIは2倍近くの差が見られた。設備や利用時間に差のある事務所施設は学校施設と比較し広く分布した。事務所では改築済みの区役所が1か所のみであることや、新しい基準に対応する工事の進具合などを踏まえたより詳細な分析が必要と考える。その他には消防団施設や電波基地局などが含まれ、延床やEUIのばらつきが大きくなる。

3.2 月別の1次エネルギー消費量

暖房用エネルギーが異なる3つの小学校を例とし、月別の各種1次エネルギー消費量を分析した。図-3にT小学校の、図-4にS小学校の、そして図-5にH小学校の各月のエネルギー消費の実態を示す。市内の学校施設は電力を使用する冷房設備を持たず、T小学校は電力の1次エネルギー換算値が11月から3月に大きくなった。S小学校は冬季に都市ガス消費量が増加していた。H小学校では冬季に灯油の消費量が増加し、いずれも暖房期である11月から3月にかけてエネルギー消費が増大した。暖房用エネルギーを電力に依存する学校では、冬季の災害時に電力が逼迫する危険性があると考えられる。また電力は1次エネルギー換算値が他のエネルギーよりも大きく見られた。図書館についても同様の分析をした。図-6にS図書館、図-7にN図書館、図-8にM図書館の月別エネルギー消費を示す。図書館も学校と同様に暖房機のエネルギー消費が大きく、電力に依存している。M図書館については夜間電力の利用が見られるが、これは夜間電力を利用した蓄熱式暖房機を利用したためと考えられる。

3.4 最大電力とエネルギー消費の関係

現状の電力料金体系においては、最大電力が電気料金に影響する。したがって、最大電力の削減策は施設のコストカットに活用できる。また、業種別などによる最大電力の発生傾向を利用することで、各施設と発電所を統合し、1つの発電所のように機能させるVirtual Power Plant (VPP) に活用できる。VPPが実現すれば、エネルギー効率の良い施設の運用が可能になる。

図-6は各建物の最大電力とその発生日時である。夏季の冷房に使用する電力が大きい事務所施設では7月下旬から9月上旬にかけて最大電力が発生するのに対し、学校施設では暖房期である11月から2月に最大電力が集中的に発生し、暖房用エネルギーが電力である学校では最大電力が特に大きく現れた。図書館では冬季で利用する蓄熱暖房機による最大電力が発生し、用途別にみる

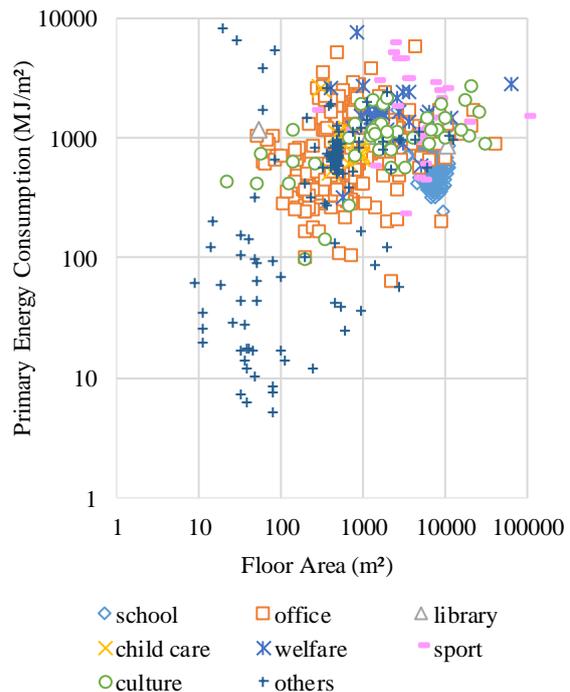


図-2 用途別の年間1次エネルギー消費原単位

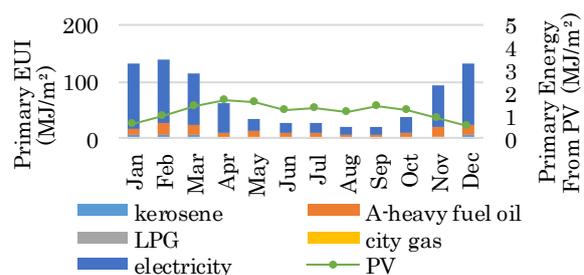


図-3 月別エネルギー消費 (T小学校)

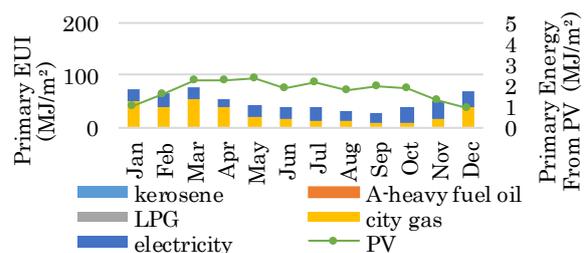


図-4 月別エネルギー消費 (S小学校)

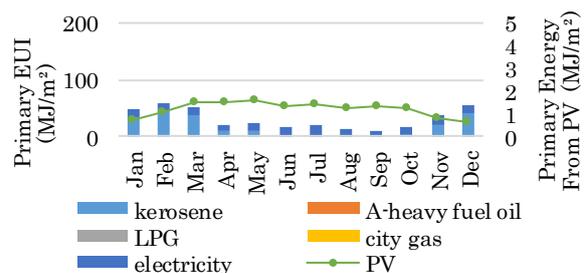


図-5 月別エネルギー消費 (H小学校)

と最も大きく現れた。最大電力を抑えるための設備であり、暖房機の改善により、よりピークカットを実現できると考えられる。スポーツ施設や文化施設は基本的に夏季または冬季に最大電力が発生した。

また、図-7に2018年の年間消費電力量と最大電力との関係を示す。同種の施設においても、消費電力量の増大とともに最大電力の差が大きくなった。消費電力量に対し最大電力が大きい建物は特殊な使用方法がある場合が多く、ピークカットすべき季節や用途が明確である。スポーツ施設では、冬季のみアイスリンクを設けるA体育館は、通年でリンクを使用するBカーリング場に対して最大電力が大きい。製氷する空間の断熱性能の向上にピークカットの可能性がある。

4. 暖房用エネルギー

4.1 図面による U_A 値の推定

札幌市内の学校施設について、児童数やプールの有無とエネルギー消費との関係が分析されてきた³⁾。本研究では、札幌市から得られた図面をもとに、外皮平均熱貫流率 $[W/m^2K]$ (U_A 値) を概算した。 U_A 値は建物の貫流熱損失 $[W/K]$ と、外皮面積 $[m^2]$ を用いて、(1)式で表現される。

$$U_A = \frac{Q_f}{A} \quad (1)$$

ただし、(1)式の Q_f は、部屋の各部位(開口部や外壁など)の熱貫流率 $[W/m^2K]$ とその面積 $[m^2]$ 、室温 $[^\circ C]$ および外気温 $[^\circ C]$ を用いて、(2)式で表せる。

$$Q_f = \sum_i K_i S_i (\theta_j - \theta_0) \quad (2)$$

なお、本研究では $(\theta_j - \theta_0)$ を温度係数として1.0として統一した。本節における記号表を表-1に示す。

4.2 暖房の使用実態についての考察

図面を得られた建物について、 U_A 値と年間の1次エネルギー消費量の関係を図-8に示す。エネルギー消費と U_A 値には正の相関があるべきだが、 U_A 値が0.5付近の学校と1.0付近の学校ではエネルギー消費に差が見られなかった。学校施設は年間のエネルギー消費に暖房が影響する。したがって、 U_A 値が大きな学校で室内環境を悪化させて省エネをしていると考えられる。児童の健康問題への深刻な影響が考えられる。また、オープン型の教室や廊下の暖房の有無を考慮するために、暖房面積を用いた比較をする必要があると考える。

5. 太陽光発電

太陽光発電(Photovoltaics: PV)については、固定型のソーラーパネルを使用する建物のみデータを得られた。PVの規模と発電量の関係を図-9に示す。発電量はPVの規模に比例していた。

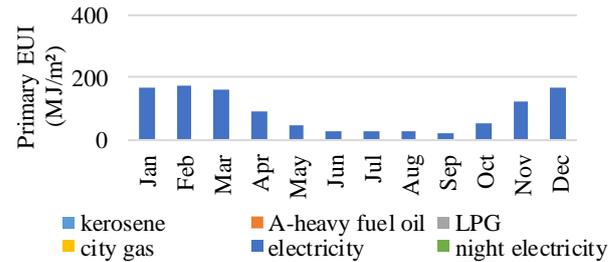


図-6 月別エネルギー消費 (S図書館)

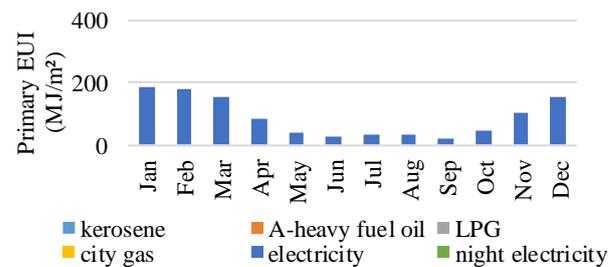


図-7 月別エネルギー消費 (N図書館)

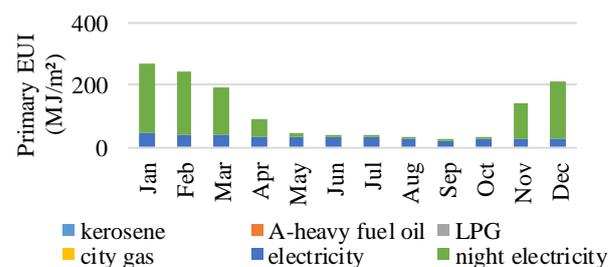


図-8 月別エネルギー消費 (M図書館)

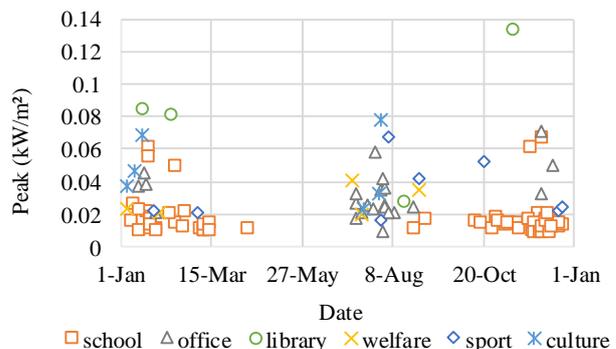


図-9 用途別の年間消費電力量と最大電力

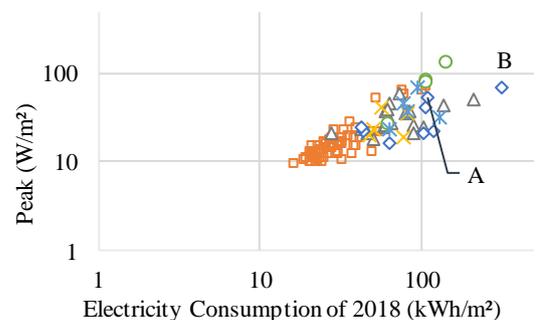


図-10 用途別の最大電力発生時期

月別のパワコン出力電力量、すなわち交流電源に変換した発電量を図-10に示す。冬季には出力が小さくなっていった。これは短い日照時間と積雪によると考えられる。また、6月と8月は日照時間が長く発電量の多い夏季の中でも出力が小さかった。ソーラーパネルの設置に工夫が見られる建物の発電量を調査し、積雪寒冷地において効果的な設置方法を分析することで、建物の電力需要のピークカットに活用できると考える。

6. 総括

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1)建物のエネルギー使用量は冷暖房、特殊な用途により増大し、最大電力が発生する。
 - 2)高断熱化は最大電力の低下と室内環境の改善に必要である。
 - 3)PVは買電電力すべてを賄えないが、絶対的なパネル面積の増加や降雪に対する工夫により発電量を増大し得る。
- 今後の展望を以下に示す。
- 1)建物の断熱性能については事務所施設等についても同様の結果が得られるか分析する必要がある。また、外皮の断熱性能だけでなく、建物の換気方法も含めたQ値を用いて断熱性能をエネルギー消費と比較することで、より高度な分析ができると考えられる。
 - 2)最大電力については、30分毎のデータを活用し、1日の中での発生傾向を把握する必要があると考える。
 - 3)PVについてはソーラーパネルを壁面に設置している小学校の月別発電量が12か月分揃えられず、設置方法の違いによる発電のパフォーマンスを比較できなかったため、追尾型のパネルを設置する例や学校以外の市有建物の発電を分析する必要がある。

参考文献

- 1) 札幌市環境未来都市計画 札幌市 (http://www.city.sapporo.jp/kankyo/sdgs/documents/sdgs_plan.pdf)
- 2)渡邊直哉, 恒川洋貴, 亀谷茂樹, 高口洋人, 長谷川巖, 原英嗣, 依田浩敏, 許雷, 山崎政人: DECC データベースの活用による建物エネルギー詳細消費量の推定, 空気調和・衛生工学会大会 平成28年度大会(鹿児島) 学術講演論文集 第9巻 エネルギー管理編, pp5-8, 2016.93)
- 3) 半澤久, 藤原陽三, 奥宮正哉, 浅野良晴, 下田吉之, 村川三郎, 依田浩敏, 羽山広文, 濱田靖弘, 村上周三, 坊垣和明, 松縄堅, 吉野博, 亀谷茂樹, 高口洋人: 非住宅(民生業務部門) 建築物のエネルギー消費量に関する研究 DECC 調査結果を用いた小・中学校のエネルギー消費特性について, 空気調和・衛生工学会大会学術論文集{2013.9.25~27(長野)} 第9巻 pp173-176, 2013

表-1 4節における記号表

式	記号	意味
(1)式	A	外皮面積[m ²]
	U_A	外皮平均熱貫流率[W/m ² K]
(2)式	θ_i	室温[°C]
	θ_0	外気温度[°C]
	Q_f	貫流熱損失[W/K]
	K_i	部屋のi番目の部位(開口部や外壁など)の熱貫流率[W/m ² K]
	S_i	部屋のi番目の部位の面積[m ²]

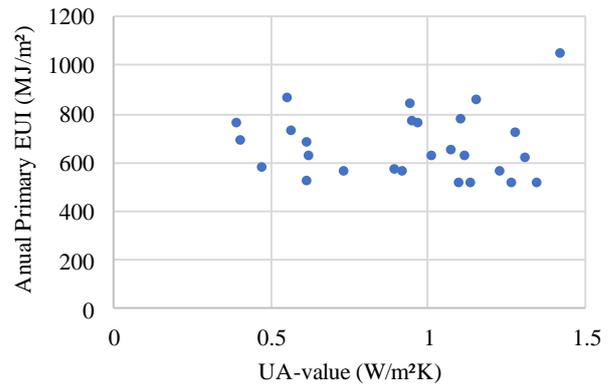


図-11 U_A 値と年間1次エネルギー消費の関係

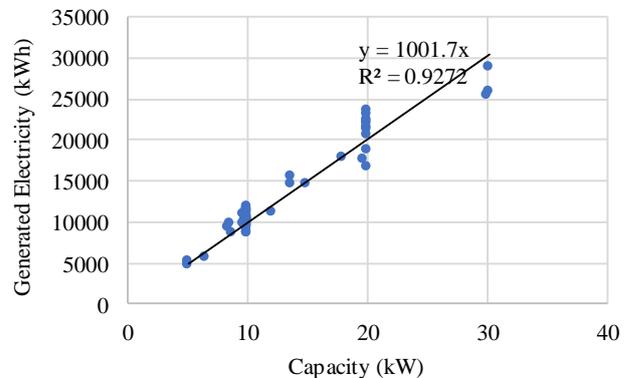


図-12 PVの規模と発電量

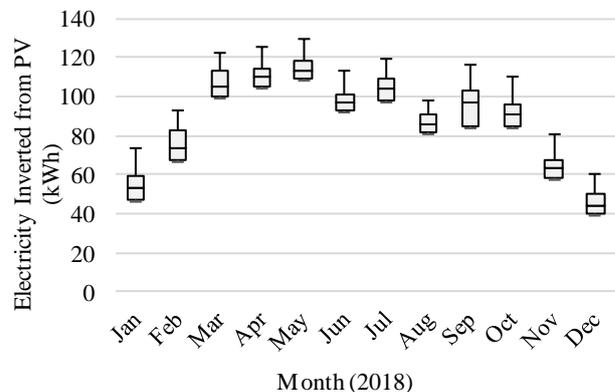


図-13 月別のパワコン出力電力量