

Nearly ZEB 認証を受けた技術センターSOU センター棟の空調設備の概要と竣工後 1 年間の実績

Summary of air conditioning equipment and results for one year after completion of the building certified Nearly ZEB in the Technology Centre SOU

キーワード

エネルギー消費量, 熱源供給熱量, オフィス, 温熱環境, ZEB, TABS

鈴木 泰樹*, 坪田 修一**

菊田 道宣*, 野部 達夫***

研究概要

埋設配管により躯体に蓄熱して放射冷暖房を行なう TABS を採用し, Nearly ZEB の認証を受けた技術センターSOU のセンター棟について, オープンした 2022 年 2 月から約 1 年間の運用を行なった。空調の運用実績として, 熱源の供給熱量から, TABS の熱源容量低減の効果が示された。室内の温湿度は年間を通じて 22~25℃, 40~70% 程度であり, 良好な値を維持することができた。

また, 年間の 1 次エネルギー消費量の実績は, 創エネは設計値に達しなかったが, エネルギー消費量は設計値より 35% 減となった。トータルでの基準値に対する正味の削減率は, 設計値よりも大きな 88.9% となり, 実績値においても Nearly ZEB を達成した。

ABSTRACT

The Technology Centre SOU certified Nearly ZEB uses TABS which uses buried piping to store heat in the building frame for radiant heating and cooling, was in operation for about one year since its opening in February 2022. As for the operational results of air conditioning, the amount of heat supplied by the heat source showed the effect of TABS in reducing the heat source capacity. The temperature and humidity in the room were 22-25°C and 40-70% throughout the year, maintaining good values.

In addition, the actual annual primary energy consumption did not reach the design value for energy creation, but the energy consumption was 35% lower than the design value. The total net reduction rate against the reference value was 88.9%, which was greater than the design value, and Nearly ZEB was achieved in the actual value.

1 はじめに

近年, 社会的要請として建物の ZEB 化が進められている中で, 執務空間における快適性と省エネルギー性を両立させるために, 放射冷暖房が広く導入されている。特に, 埋設型配管によって躯体等に蓄熱して放射冷暖房を行なう TABS (Thermo Active Building Systems) は, 不快なドラフトを抑え温熱環境の均一性に期待ができることから, 実施事例も増えてきている^{1~4)}。本研究は, このような利点から TABS を採用し, Nearly ZEB の認証を受けた技術センターSOU のセンター棟について, 省エネルギー性能を評価し, 効率的な運用方法を確立することを目的としている。本報では, 建物の概要と, 施設としてオープンした 2022 年 2 月から 2023 年 1 月までの 1 年間における空調の運用実績, 2022 年 4 月から 2023 年 3 月までのエネルギー消費量について報告する。なお, 本報で示す実績値は, BEMS により 10 分間隔で取得されたデータである。

2 対象建物

2.1 建築概要

技術センターSOU のセンター棟の建築概要を表-1に示す。オフィスを主用途とする RC 造外断熱3階建てである。2F 平面図を図-1に示す。平面がほぼ長方形の建物で, 中央のリフレッシュエリアを挟み, 東西に執務エリアという構成としている。3F も同様の構成で, ABW を実現している。1F はラウンジ・研修室である。南側外観を写真-1に

表-1 建築概要

所在地	茨城県つくば市	建築面積	1,293m ²
用途	オフィス・研修室 (研究施設)	延床面積	3,110m ²
構造	RC・基礎免震構造	建物高さ	17.67m
規模	地上3階・塔屋1階	オープン日	2022/2/1

* 技術センター 建築研究部, ** 技術センター, *** 工学院大学

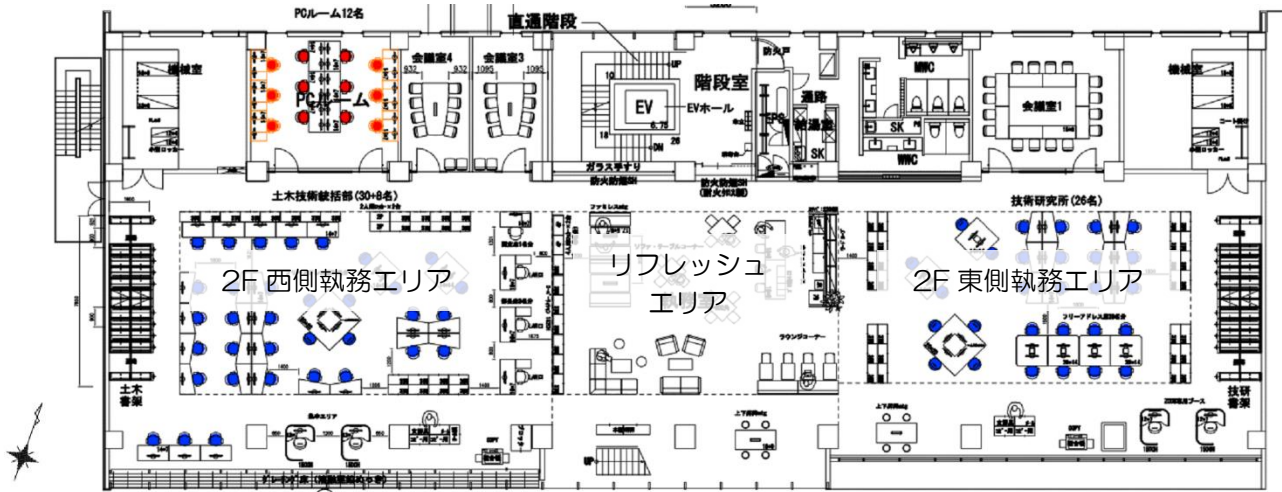


図-1 対象建物の2F平面図



写真-1 対象建物の南側外観

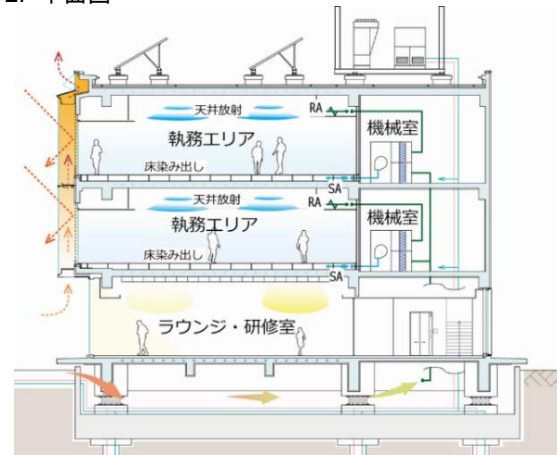


図-2 対象建物の南北断面

示す。南面は全面開口としており、3種の異なる日射遮蔽としている。創エネとして、出力90kWの太陽光発電設備を有しており、Nearly ZEB 認証時における BEI は0.22、BPI は0.60である。

2.2 空調システムの概要

南北断面を図-2に示す。1FからRFの4枚のコンクリートスラブに蓄熱できるように配管が施され、天井は、躯体現しを基本としている。免震ピットをクール・ウォームピットとして利用しており、ピットから取入れた外気を、空調機を通じてOA床下内に吹出し、床カーペットから染み出しにより室内へ供給している。空調機への還気は、機械室側上部より行なっている。

執務エリアの床の断面を図-3に示す。送水用の配管として、径13の架橋ポリエチレン管を構造用躯体の上に設置し、その上からシンダーコンクリート100mmを打設した。配管のピッチは150mmである。

主な空調設備機器を表-2に示す。熱源は、空冷チラーと水冷チラーの2台から成り、水冷チラーは地中熱対応型である。地中熱は、16本のボアホールと3本の採熱杭に、真水をクローズ型で循環させて利用する。この水は、水冷チラーの熱源の他に、スラブ内の配管に直接送水することも可能となっている。執務エリアの空調機は潜熱顕熱分離型を採用し、主に外調機として使用する。

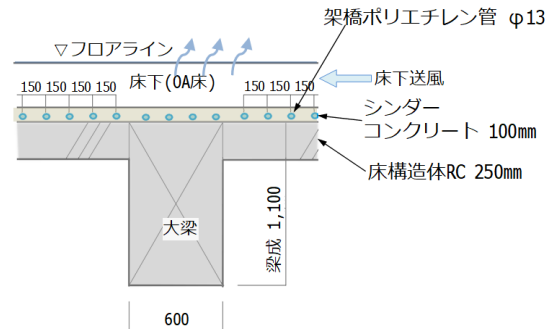


図-3 床断面詳細

表-2 主な空調設備機器

熱源機	空冷チラー	冷却能力 118kW 加熱能力 107kW
	水冷チラー (地中熱対応)	冷却能力 58.2kW 加熱能力 67.8kW
地中熱利用	ボアホール 100m×16本 採熱杭 35m×3本	
空調機 (外調機)	2F × 2台 (潜顕分離型)	冷房能力 31.3kW 暖房能力 24.5kW 加湿能力 7kg/h
	3F × 2台 (潜顕分離型)	冷房能力 29.3kW 暖房能力 22.3kW 加湿能力 7kg/h

スラブへの送水は、4枚のスラブを東西に分けた8回路で行ない、1Fスラブは床表面温度、他は天井表面温度で発停を制御している。送水量は回路数によって変化し、最大で蓄冷時604L/min、蓄熱時251L/min、チラーからの送水温度は冷水7℃、温水45℃である。

3 竣工から1年間の空調稼働状況

熱源からの1日毎の供給熱量を、夜間を主とする蓄熱と日中の空調機への供給とに分けて図-4に示す。オープン時は蓄熱制御が不十分であったため、蓄熱は行なわず通常の日中だけの暖房運転とした。中間期を設けることはせず、4月半ばから冷房運転に切り替え、6月に入って躯体温度が上昇して来たことから蓄冷を開始した。当初は、ボアホール・採熱杭からの地中熱を直接利用したが、往還の温度差が限られていることから、8月からは熱源機からの冷水による蓄冷とした。なお、冷房期においては、室内の高湿度対策として、休日日中、太陽光発電の電力を期待しつつ、空調による除湿を行なった。蓄熱制御の改修を経て、12月上旬からは、蓄熱を併用した暖房とした。基本的には、深夜0時から朝方6時を蓄熱運転とし、週明けの躯体温度の低下対策として、休日の太陽光発電の有効利用も兼ねて、休日日中にも蓄熱を行なった。表面温度の設定は、室温等を監視しながら随時調整した。

熱源からの供給熱量は、外気温に沿ったほぼ想定通りの推移となっている。8～9月の冷房期の供給熱量は、蓄冷と空調が同程度であるが、12～1月の暖房期では、空調への供給熱量が蓄熱よりも遥かに小さくなっている。これは、夏

期、外気の除湿に大量のエネルギーを使用しているためと考えられる。

熱源からの1時間当たり供給熱量の最大値を表-3に示す。最大値は、冷房では空調時に80.9W/m²が、暖房では蓄熱時に91.4W/m²であった。省エネ基準適合性判定プログラムのデータ⁵⁾によれば、同規模同地域区分の事務所の熱源容量の平均値は、冷熱236.9W/m²、温熱269.1W/m²であるので、冷暖とも1/3程度の容量で賅っていることになり、TABSの熱源容量低減の効果が示されている。

4 竣工から1年間の温湿度の状況

2、3Fの東西、4箇所の執務エリアの温度の年推移を、外気温とともに図-5に示す。執務エリアの温度は執務時間帯の平均値、外気温は日平均値である。執務エリアの温度は年間を通じて22～25℃程度にあって、エリア間の差もほとんど無い。全般に年間を通じて安定しているが、冷房時よりも暖房時の方が室温の変化が大きくなっている。暖房については、蓄熱を行なわなかった2～3月に比べ、12月上旬以降の蓄熱を併用した方が、高めの室温で安定している。

執務エリアの執務時間帯の温湿度について、計測された全データ12,891個の度数分布を図-6に示す。ここでは、便宜上、4月25日から11月6日を冷房期、それ以外を暖房期としている。室温は23～25℃の範囲にまとも安定しており、2Fよりも3Fの方がやや高めとなっている。20℃以下のデータは全て2022年2月に計測されたものである。最低温度は2F東側エリアで計測された16.1℃、最高は3F東側エリアでの26.3℃であった。湿度については、どのエリアも冷房期では60%、暖房期では40～50%の頻度が大きく、70%を超えることもかなりあった。一般的な事務所ビルよりも高湿と言え、原因については明らかではなく、今後の検討課題である。

冷暖房期の代表的な日について、2F東西執務エリアの各部温度の時間推移を図-7に示す。図中、執務室とあるのが室温(空気温度)、床表面はOAフロア内の床スラブ表面である。(a)に示した8月2日は、外気温が午前8時から深夜まで30℃超えの大変暑い日であったが、室温、天井スラブ内温度、天井表面温度は昼夜を問わずに安定している。室

表-3 熱源からの時間当たり熱供給量の最大値

		1時間当たり	1時間当たり	日時
		[kWh] ([MJ])	[W/m ²] [*]	
冷房	空調時	164.4 (591.9)	80.9	2022/08/01 09時
	蓄冷時	148.3 (534.0)	73.0	2022/08/18 02時
暖房	空調時	101.2 (364.2)	49.8	2022/12/13 10時
	蓄熱時	185.9 (669.3)	91.4	2023/01/01 14時
暖房	蓄熱無し の空調時	172.8 (621.9)	85.0	2022/02/14 10時

(※空調面積当たり)

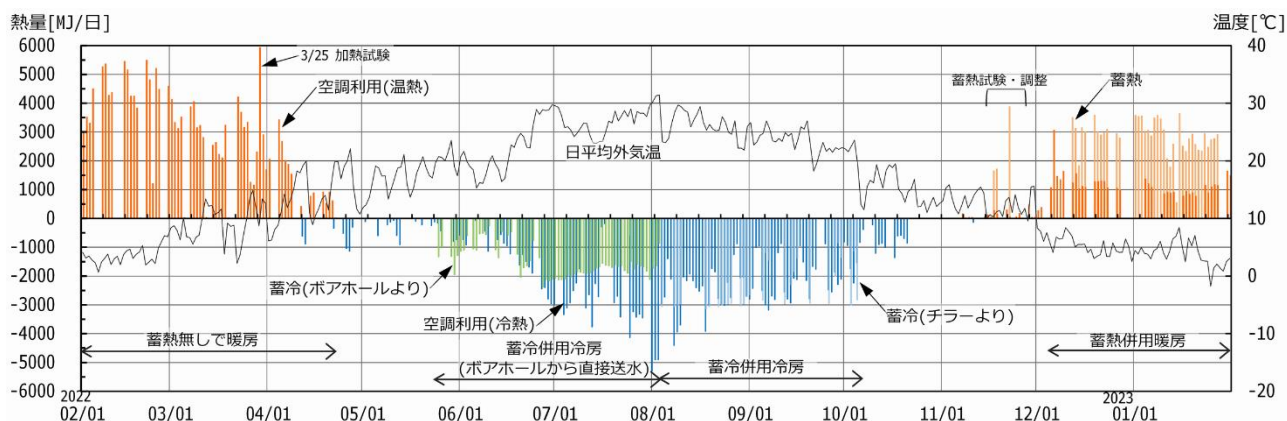


図-4 熱源からの日供給熱量の推移

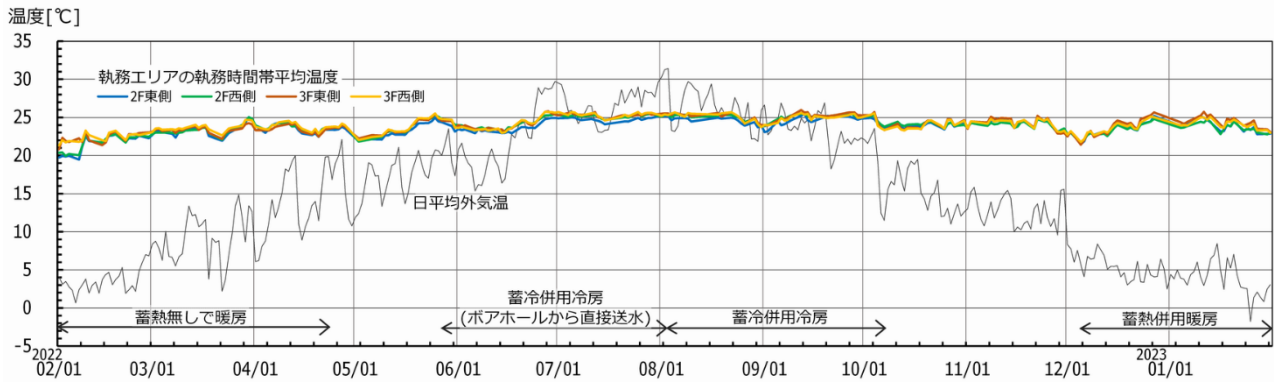


図-5 執務エリアの執務時間帯平均温度の年推移

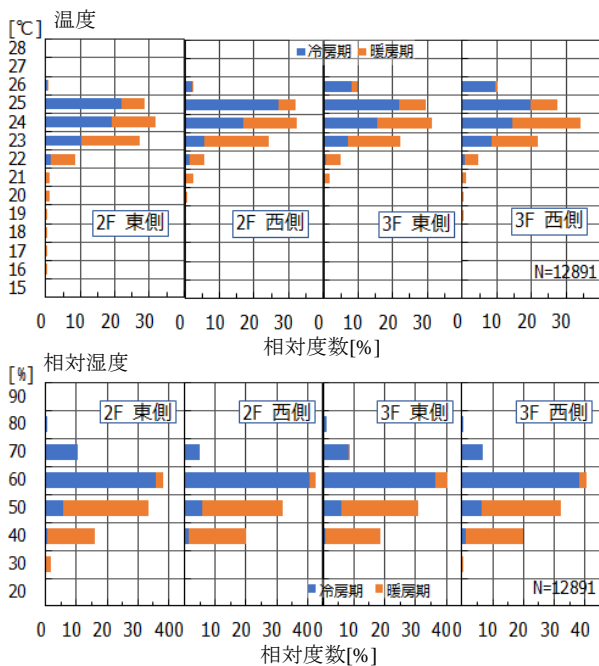
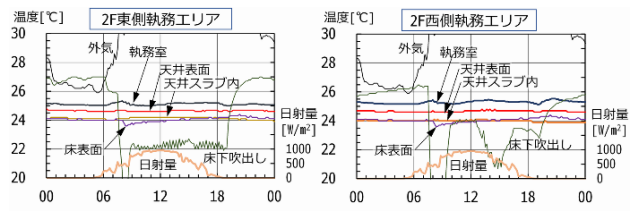
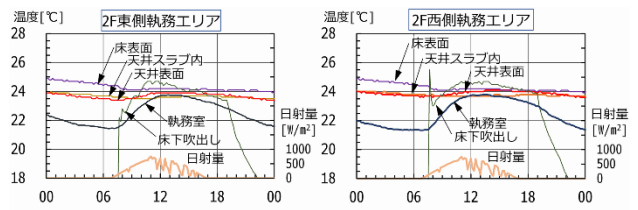


図-6 執務エリアの執務時間帯の温湿度の度数分布



(a) 冷房期 2022年8月2日



(b) 暖房期 2023年1月25日

図-7 2F 執務エリアの各部温度の日変化の例

温、天井表面、天井スラブ内の順で温度が低くなり、蓄冷されたスラブから天井表面を通じて、放射によって室内が冷やされていることが示されている。床表面温度は、スラブの蓄冷に加え、空調吹出しの影響もあり低い。(b)の1月25日は、外気温が午前11時まで氷点下、その後最高で1.7℃、17時以降再び氷点下という寒い日であった。天井スラブ内、天井表面の温度は安定しているのに対し、室温の変化が大きい。天井表面が室温よりも高いが、室温は吹出し温度の変化に対応しており、放射の効果は大きいとは言えない。

5 エネルギー消費の実績

使用しているエネルギーは電力だけであり、消費電力量から1次エネルギー消費量を求めた。2022年4月から2023年3月まで、各月の用途別1次エネルギー消費量を図-8に示す。空調と創エネは月によって変化しているが、その他はほぼ同じ値で推移している。創エネを含まない1次エネルギー消費量は、暖冷房のエネルギー消費が増加する、2022年8月に209GJ、2023年1月に205GJと、大きな値を示した。

逆に暖冷房が不要な時期は少なく、2022年5月は124GJ、11月の136GJであった。用途別の年間エネルギー消費量は、その他が44%、空調が39%と、両者で大半を占めていた。

太陽光発電については、当初、電力負荷が過小時の発電停止の予防のため、7月中旬まで限定した運用としていた。その後、供給範囲を拡大して安定した発電ができるようになった。創エネも加えた正味の1次エネルギー消費量は、2023年1月が最も大きく128GJであり、次いで、7月126GJ、8月123GJと大きく、暖冷房の影響が現れている。最小値は11月の78GJであった。

年間の1次エネルギー消費量について、ZEB 認証時の基準値、設計値との比較を図-9に示す。設計値に対して、創エネは設計値の932GJから実績値719GJにとどまったが、エネルギー消費量が設計値1,770GJから実績値1,147GJと35%減となっている。用途別エネルギー消費量の設計値に対する割合は、空調が68%、照明が78%であった。トータルでの基準値に対する正味の削減率は、設計値よりも大きな88.9%減となり、実績値においても Nearly ZEB を達成できた。

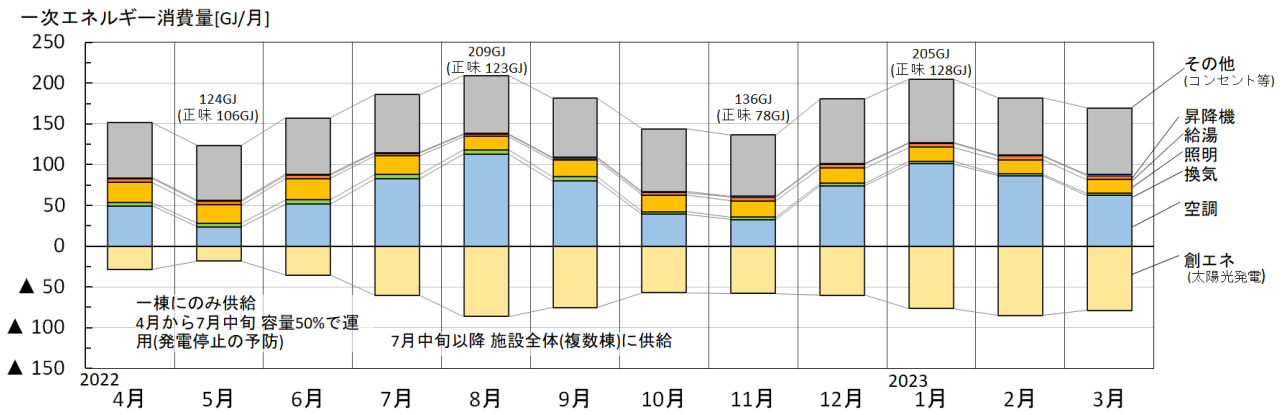


図-8 各月の用途別1次エネルギー消費量

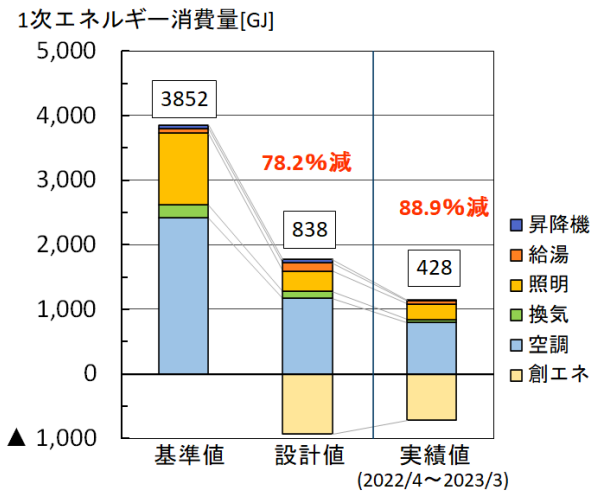


図-9 年間1次エネルギー消費量の比較

6 おわりに

TABS を採用し、Nearly ZEB の認証を受けた建物について、オープンした2022年2月から2023年1月までの1年間の空調の運用実績と、2022年4月から2023年3月までのエネルギー消費量の実績を報告した。室内の温湿度は年間を通じて良好な値を維持することができ、年間の1次エネルギー消費量については、基準値に対する正味の削減率が88.9%

となった。今後、より省エネを目指して、熱源機器・蓄熱の運用改善、放射冷暖房の効率化、室内温熱環境の向上等に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 梶山隆史, 森山泰行, 森田深雪, 齋藤正文: 寒冷地における自然エネルギー利用空調システムの省エネルギー性評価 運用実績に基づく分析, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.1441-1444, 2008.8
- 2) 山口太朗, 立石賢太, 藤原勇, 松江正, 中村真, 野部達夫, 田辺新一, 佐藤真由美, 田窪高蔵: スマートエネルギービルに適用する技術に関する研究, その1 スマートエネルギービルのコンセプト, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.301-304, 2016.9
- 3) 片岡えり, 佐藤孝輔, 桑山絹子, 白石靖幸: 外断熱建物における躯体蓄熱利用放射システムに関する研究, 第1報 建物及び設備概要とピース実験の結果, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp.317-320, 2016.9
- 4) 村松宏, 富樫英介, 野部達夫: シミュレーションと実測による躯体蓄熱放射空調システムのエネルギー性能評価, 日本建築学会環境系論文集, 第84巻 第762号, pp.759-769, 2019.8
- 5) 宮田征門, 三木保弘: 非住宅建築物の外皮・設備設計仕様とエネルギー消費性能の実態調査ー省エネ基準適合性判定プログラムの入出力データ(2021年度)の分析ー, 国土技術政策総合研究所資料第1229号, 2022.03