

学校施設のエネルギー使用実態等調査
(平成 30 年度：矢吹町立矢吹小学校)
報告書

令和元年 10 月

国立教育政策研究所文教施設研究センター
「学校施設の環境に関する基礎的調査研究」研究会

目次

1. 調査概要	1
1.1 目的	1
1.2 調査項目	1
1.3 調査対象校の概要	2
1.4 調査体制	6
1.5 調査スケジュール	7
1.6 用語・単語の定義	7
2. 立地条件の把握	8
2.1 気温・湿度	8
2.2 風況	8
2.3 日射量	10
3. 学校施設・設備機器の運用実態調査	11
3.1 設置されている設備機器	11
3.2 設備機器の運用実態	13
4. 機器測定等によるエネルギー消費量の実測調査	16
4.1 測定方法	16
4.2 使用した測定機器	16
4.3 測定方法	16
4.4 測定結果と分析	20
5. 機器測定による教室内外の実測調査	36
5.1 調査項目	36
5.2 使用する計測機器	36
5.3 測定点	37
5.4 測定結果と分析	39
6. エコ改修前後の実態比較	59
6.1 エネルギーの変動	59
6.2 教室の熱環境	69
6.3 教室の光環境	72
7. F A S T (Ver.2) によるエコ改修効果等の検証・分析	73
8. まとめ	74
8.1 エネルギー使用量の実態	74
8.2 教室内外環境の実態	75
8.3 エコ改修による効果等	75
8.4 今後の課題について	76

1. 調査概要

1.1 目的

スーパーエコスクール実証事業¹において、環境に配慮した改修整備（以下、エコ改修）を行う学校施設における改修前後の建物性能や設置されている設備機器の仕様、運用実態及びエネルギー使用量等の継続した調査を行い、その相関性を分析把握することにより、今後の学校施設整備に係る文教施設施策に資することを目的とする。

1.2 調査項目

1.2.1 調査対象校

- ・福島県矢吹町立矢吹小学校（福島県西白河郡矢吹町中町100）

1.2.2 立地条件の把握

- ・矢吹小学校が所在する地域の風況や日射量等、立地条件を把握する。

1.2.3 学校施設・設備機器の運用実態調査

- ・校舎（普通教室、特別教室、管理諸室等）、体育館、給食室等の運用実態について、学校関係者からヒアリング等を行い、学校施設の運用の実態を把握する。

1.2.4 機器測定等によるエネルギー消費量の実態調査

- ・電力計を設置し、照明・コンセント、空調等の用途別の電力使用量を、ガス流量計を設置しガス使用量を、灯油流量計を設置し灯油使用量を、検針票や既設の流量計に基づき水道使用量を調査し、一次エネルギー使用量を把握する。

1.2.5 教室等における室内環境の測定調査

- ・教室等における温湿度、表面温度、CO₂濃度、ナイトパーズ効果測定を行い、室内環境を把握する。

1.2.6 エコ改修前後の実態比較

- ・各測定結果をエコ改修前のデータと比較し、エコ改修によるエネルギー消費量の変動、並びに教室環境の変化を把握することで、エコ改修の効果を検証する。

1.2.7 FAST (Ver.2) によるエコ改修効果等の検証

- ・FAST (Ver.2)²（以下、FAST という。）により改修案のエコ改修効果及びFASTの予測精度を検証する。

¹ スーパーエコスクール実証事業とは、公立学校施設において、省エネの徹底によりエネルギー負荷の低減を図るとともに、学校運営上必要なエネルギーを創エネ、蓄エネ等の技術を適用することで賄い、年間のエネルギー消費を実質上ゼロとするゼロエネルギー化を推進するための実証事業。

※省エネとは、「省エネルギー」の略で、石油や石炭、天然ガスなどのエネルギー資源の枯渇を防ぎ、地球温室効果ガス排出量の削減のために、エネルギーを消費していく段階で無駄を省き、効率的な利用を図ることをいう。

※創エネとは、「創エネルギー」の略で、省エネをするだけでなく、太陽光発電システムや燃料電池などを利用して積極的にエネルギーを作り出していくことをいう。

※「学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書（学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会 平成24年5月）」より、給食室は施設の有無や運営の方式が各学校で異なるため、スーパーエコスクールのエネルギー削減対象から除外する。

² 「学校施設のCO₂削減設計検討ツール（略称：FAST）」は、平成24年6月に国立教育政策研究所文教施設研究センターにおいて公開した、学校施設が排出するCO₂の量を計算するパソコン用プログラム。

1.3 調査対象校の概要

・調査対象校（以下、対象校という。）の概要を表 1-1、対象校配置図を図 1-1、教室配置図を図 1-2、写真を図 1-3 に示す。対象校は、平成 26 年度～平成 27 年度に西校舎，平成 27 年度～平成 28 年度に東校舎と体育館のエコ改修が実施された。また、対象校周辺の地形図を、図 1-4 に示す。

表 1-1 対象校の概要（平成 30 年 4 月時点）

所在地	福島県白河郡矢吹町中町 100		
敷地面積	22,446 m ²		
校舎面積	西校舎：3,098 m ² 東校舎：1,485 m ² 合計：4,583 m ²		
校舎構造	西校舎：RC 造り，3 階，S44 年築 東校舎：RC 造り，3 階，S57 年築		
建物名	I 期工事 (H26 年度～H27 年度) 西校舎 (S44 年築)	II 期工事 (H27 年度～H28 年度) 東校舎 (S57 年築)	II 期工事 (H27 年度～H28 年度) 体育館 (H 元年築)
延べ床面積	3,098 m ²	1,485 m ²	1,306 m ²
構造, 階数	RC 造り，3 階	RC 造り，3 階	S 造り，平屋
エコ改修概要	LED 照明（教室，特別教室，管理諸室等） 照明人感センサー（廊下，トイレ） ペアガラスによる断熱 区画扉（階段室，廊下） 屋上・外壁内断熱改修（発泡ウレタン吹付 20mm） トイレ改修（暖房便座，節水型便器） 内装木質化 手動開閉ガラリ，設備給気口（ナイトバージ装置） 太陽光発電 ³ ，蓄電池 ⁴ ，変圧器の更新		LED 照明 屋根内断熱改修（シリコン 形遮熱塗料） 外壁内断熱改修（グラスウ ール 50mm，屋上遮熱塗 料）
校舎形状	L字型		
教室窓方位	南側		
学級数	普通：9 学級（9 教室） 特別支援：1 学級（1 教室）		
児童数	205 人		
職員数	19 人		
給食方式	自校方式		
稼働状況	年間開校日数：206 日（夏休業期間（7/21～8/25）：36 日，冬季休業期間 （12/23～1/7）：16 日，学期末休業期間（3/24～4/5）：13 日， 土日祝：94 日） 勤務時間：6:00～21:00（時間外含む） 授業時間：8:00～17:00 年間授業時間：1,854 時間/年（206 日/年×9 時間/日）		

3 太陽光発電仕様

	メーカー	種類	公称最大出力(W)	最大発電量(kW)	モジュール変換効率(%)	稼働開始日
西校舎屋上 東校舎屋上	パナソニック株式会社	ヘテロ接合型太陽電池	240	92.2 (西校舎屋上：240W×294 枚) (東校舎屋上：240W×90 枚)	18.7	平成 28 年 10 月

4 蓄電池仕様

メーカー	種類	定格出力(kW)	容量(kWh)	電力変換効率(%)	稼働開始日
パナソニック株式会社	リチウムイオン電池	20	20	90.0 以上	平成 28 年 10 月

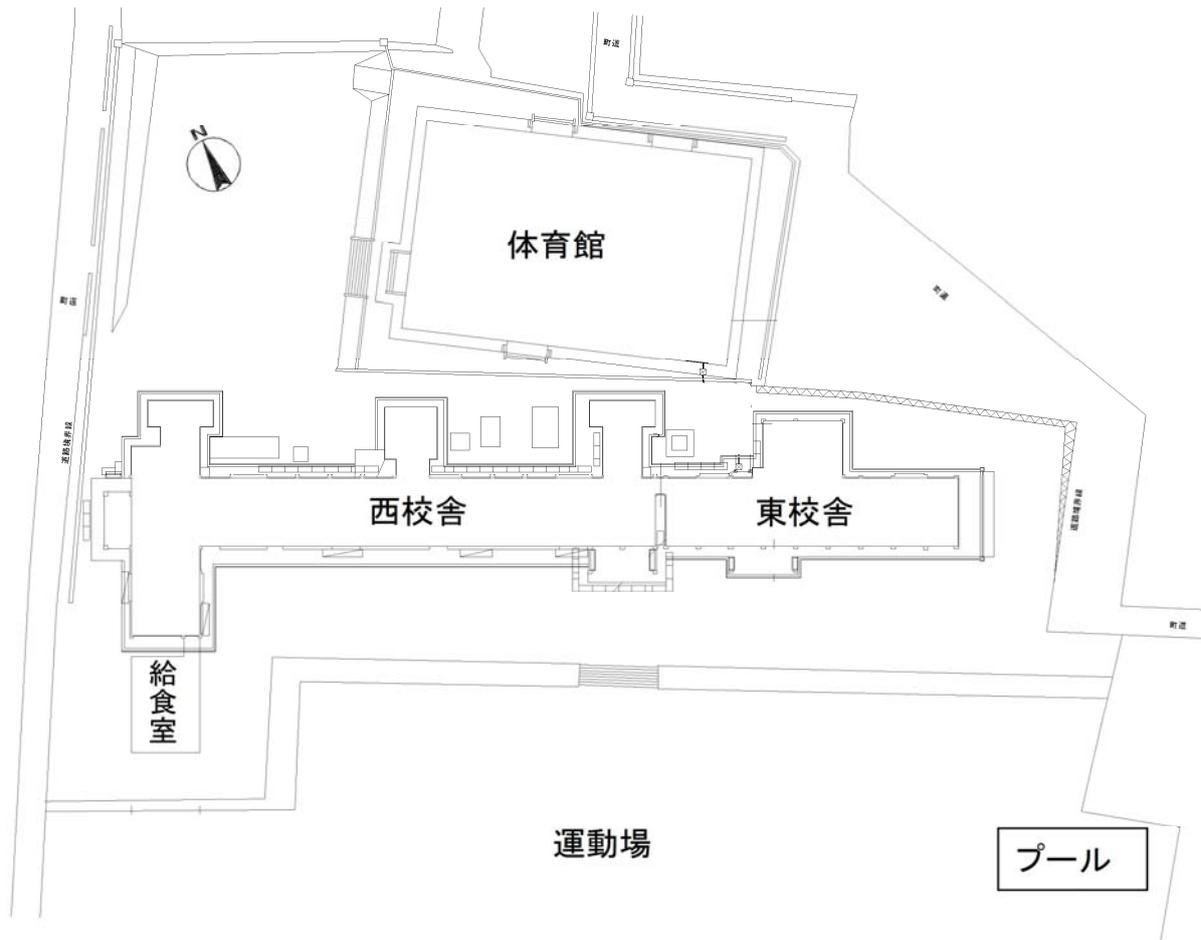


図 1-1 対象校の校舎配置図 (平成 30 年度)

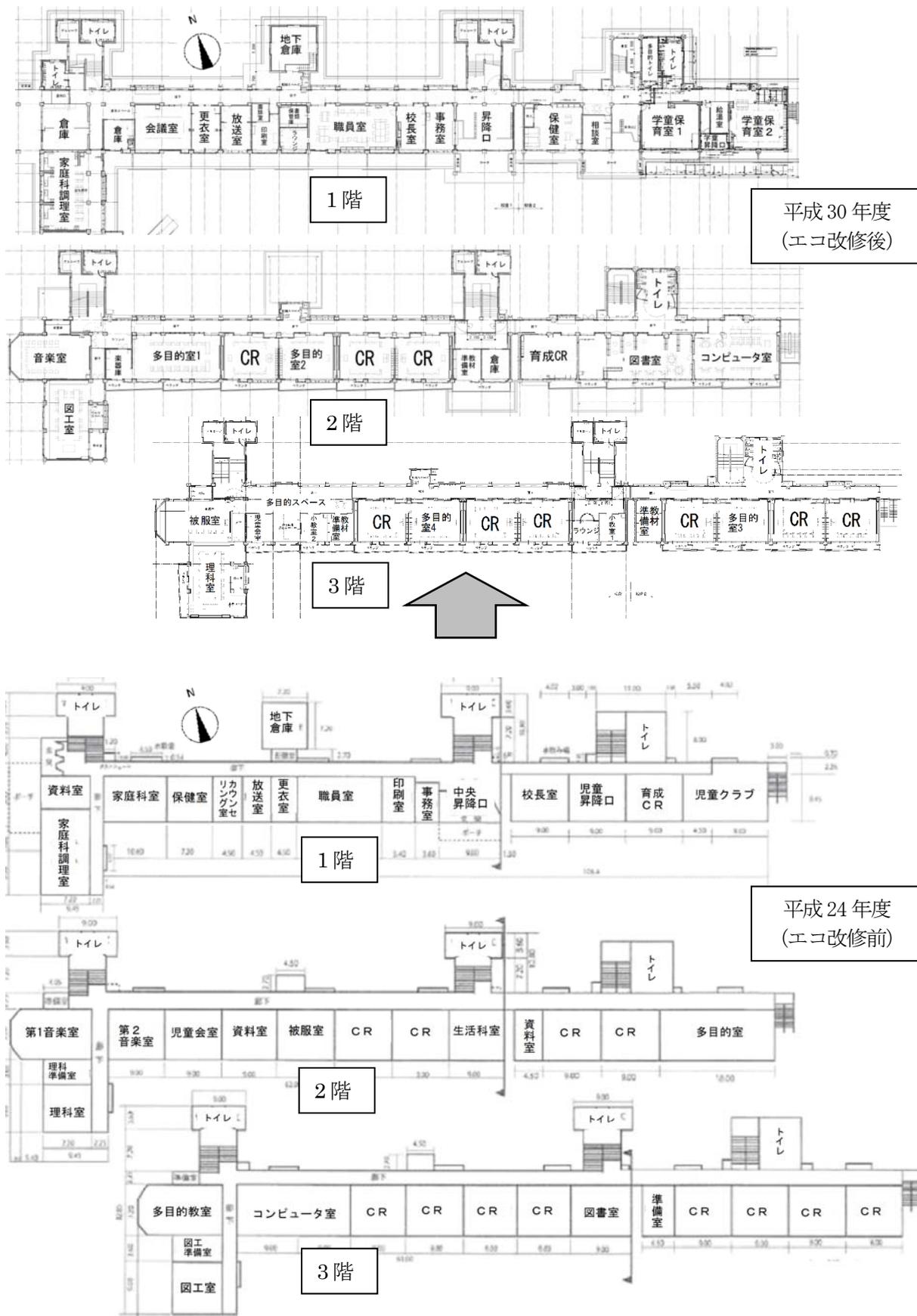
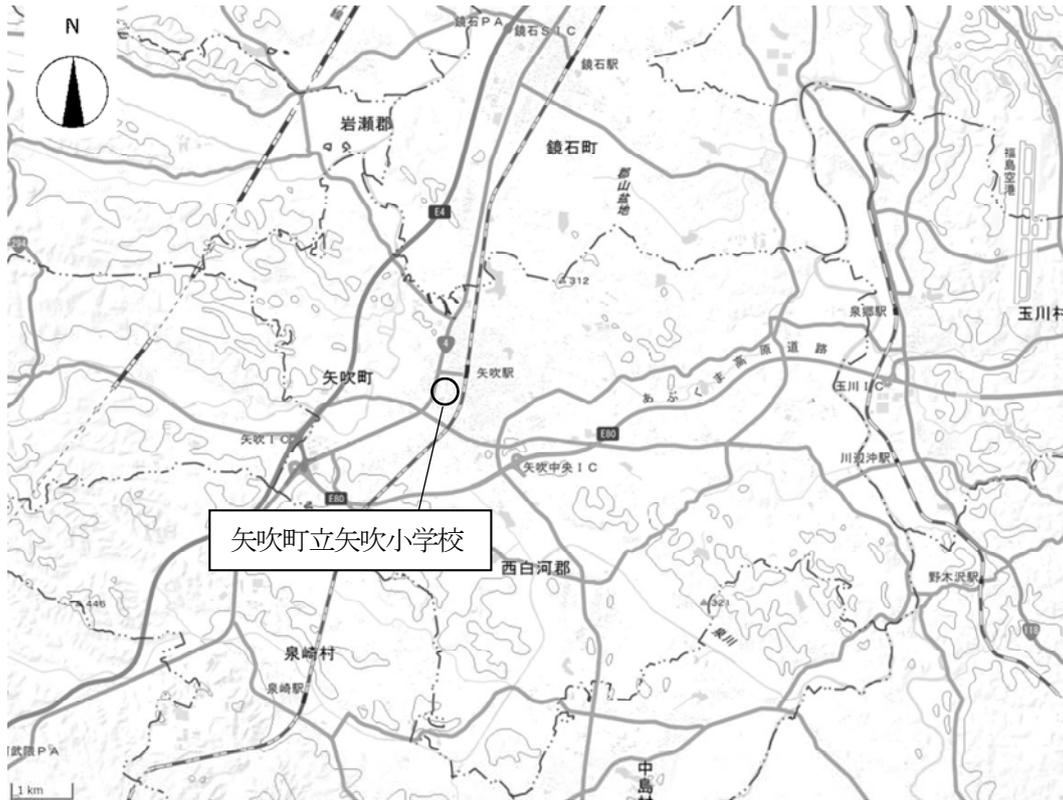


図1-2 対象校の教室配置図 (上:平成30年度, 下:平成24年度)



図 1-3 対象校における各所の状況



出典：国土地理院地図

図 1-4 対象校周辺の地形（矢吹町の中心市街地に位置し、旧奥州街道沿いに形成された古くからの商店街の傍らの、なだらかな地形に位置する。（標高約 294m）

1.4 調査体制

図 1-5 に調査体制を示す。

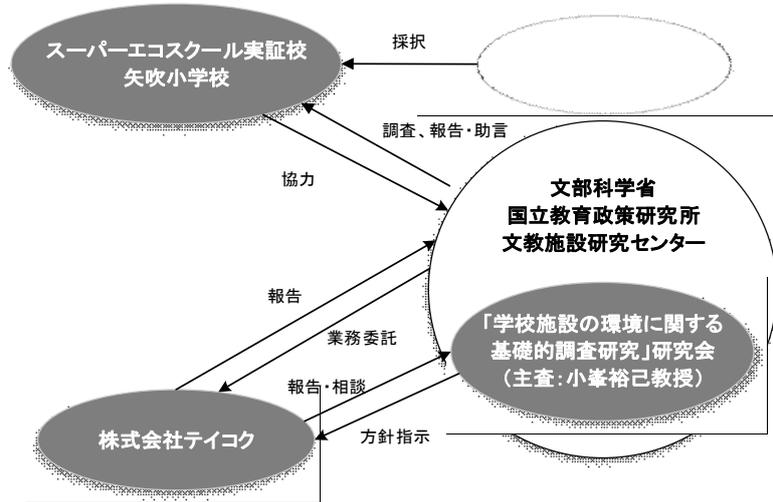


図 1-5 調査体制

1.5 調査スケジュール

表 1-2 に調査スケジュールを示す。

表 1-2 調査スケジュール

	平成30年												平成31年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月			
(1)計画準備	←→														
(2)エネルギー使用実態調査業務															
①対象校ウォークスルー			■												
②測定機器の設置					■										
③対象校の温湿度、照度、電力使用量、ガス使用量、発電量調査							←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
④対象校の表面温度調査							←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
⑤対象校のエネルギー種別ごとの使用量等データ収集							←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
⑥対象校の運用実態調査(ヒアリング)						■									
⑦データ回収(温湿度、CO ₂ 濃度、電力・ガス・灯油消費量)							■	■	■	■	■	■	■	■	■
⑧ナイトページ効果測定							■								
⑨測定機器の撤去															■
(3)分析・報告書作成業務															
①対象校における使用エネルギー種別・使用機器を把握し内容を整理								←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
②対象校の運用実態がエネルギー使用量にどのような影響を与えるのか調査・分析								←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→	←→
③エネルギー消費や温熱環境等を把握し改修計画の参考となる考察の整理											←→	←→	←→	←→	←→
④FASTと実態データとの検証												←→	←→	←→	←→
(4)「学校施設の環境に関する基礎的調査研究」会議出席等										9/28			1/17		3/19

1.6 用語・単語の定義

(1) 一次エネルギー換算係数

一次エネルギー換算係数は表 1-3 を用いた。

表 1-3 一次エネルギー換算用発熱量

	発熱量	備考
電力	9.97MJ/kWh	エネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則(昭和54年9月29日通商産業省令第74号 最終改正 平成29年3月30日経済産業省令第34号)
灯油	36.7MJ/L	

(2) CO₂排出係数

CO₂排出係数は表 1-4 を用いた。

表 1-4 CO₂排出係数

	排出係数	備考
電力(東北電力)	0.429kg-CO ₂ /kWh	「エコスクール推進のためのFAST(Ver.2)操作マニュアル」P.37
灯油	2.490kg-CO ₂ /N m ³	
水道	0.580kg-CO ₂ /m ³	

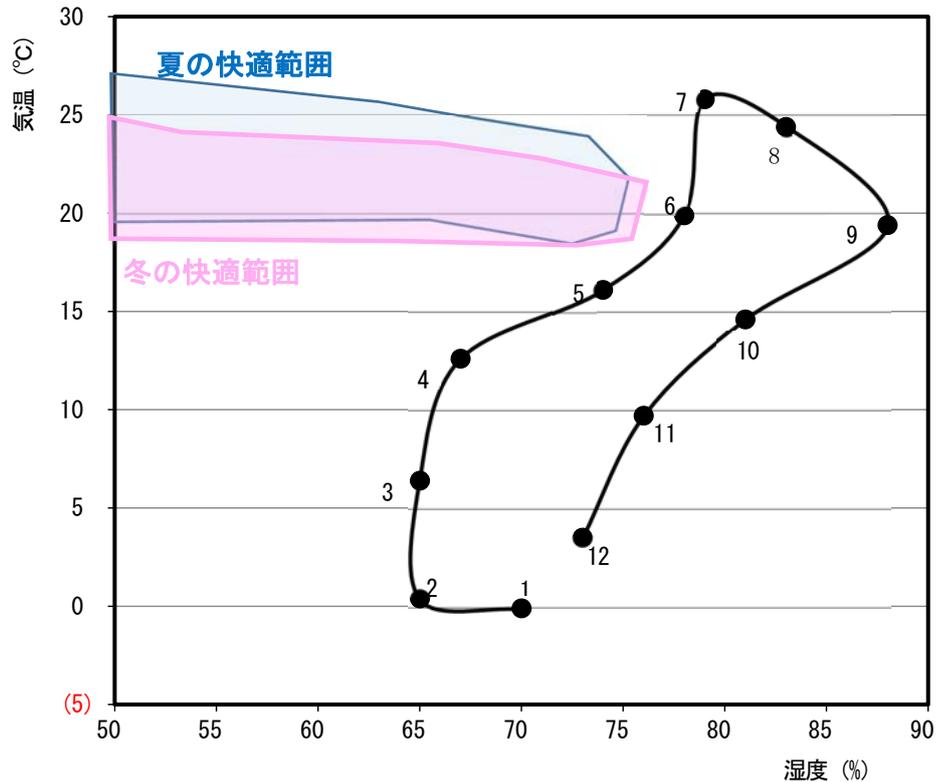
(3) 端数整理

単位未満を四捨五入しているため、合計など計数が一致しない場合がある。

2. 立地条件の把握

2.1 気温・湿度

気象庁の観測データによる、クリモグラフ（1年間の気候状態を把握するため、縦軸に月平均気温、横軸に月平均湿度を取り、1か月ごとの平均状態をプロットして閉曲線を描いたもの）を図2-1に示す。矢吹町では、温度及び湿度の連続観測は行われていないため、隣接する白河市のデータを用いた。快適範囲内に収まっている月はないことが分かる。なお、快適範囲はオルゲーの生気候図にもとづいた。



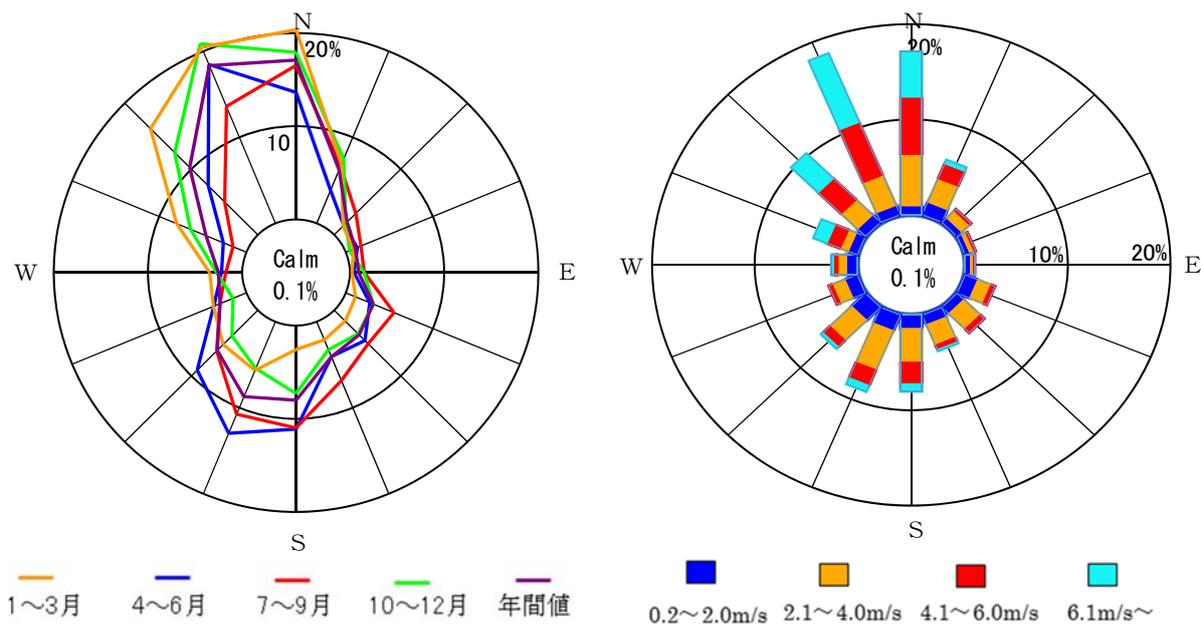
データ出典：気象庁 HP/過去の気象データ（白河市）

図 2-1 白河市のクリモグラフ（平成 30 年）

2.2 風況

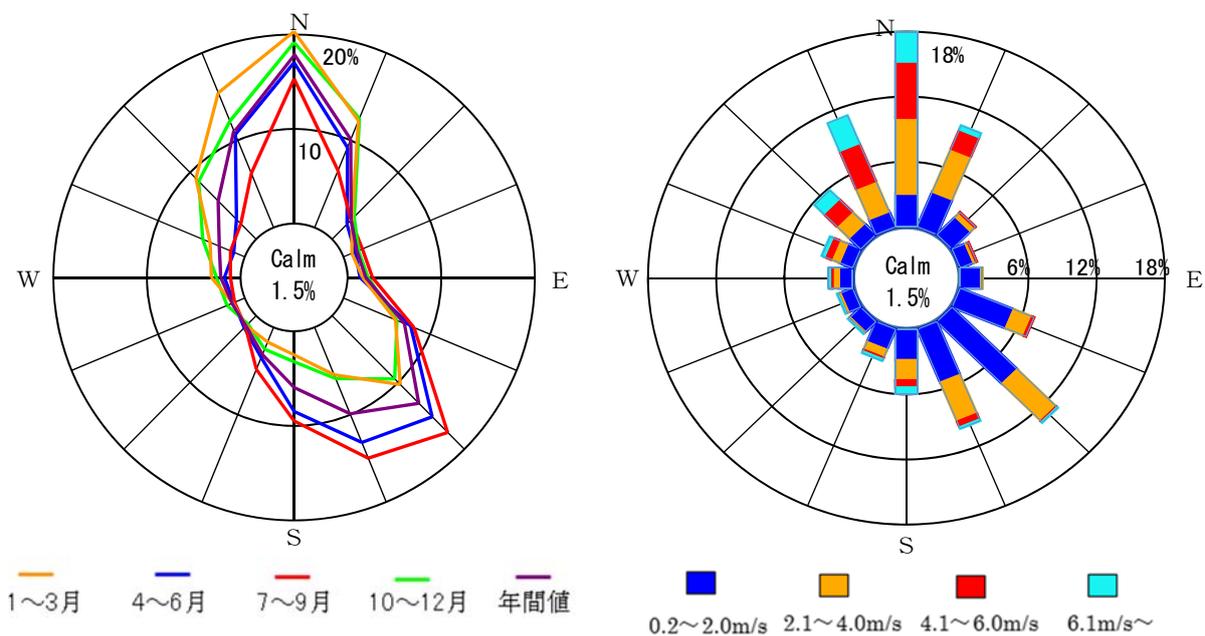
矢吹町では風向及び風速の連続観測は行われていないため、隣接する玉川町のデータを用いる。玉川町における、平成 30 年の季節別風配図及び風向別風速階級別頻度分布を、昼間（8:00～18:00）と夜間（18:00～翌 8:00）に分けて図 2-2、2-3 に示す。なお、風速計の観測高さは地上 10m である。

昼間においては、年間を通して NW～N 及び SW～S が卓越風向であり、特に冬期は NW～N の卓越風向が顕著である。一方、年間を通して E 及び W からの風はほとんど吹かない。夜間においては、年間を通して NNW～NNE 及び SSE～SE が卓越風向となっており、昼間と同様に E 及び W からの風はほとんど吹かない。また、夜間は昼間に比べ無風となる割合が高く、昼間は無風となる割合が極めて低い。また、平均風速は昼間が 3.2m/s、夜間が 2.7m/s であり、昼間は夜間に比べ強い風が吹く傾向である。



データ出典：気象庁 HP/過去の気象データ（玉川町）

図 2-2 昼間における玉川町の季節別風配図(左)及び風向別風速階級別頻度分布図(右)（平成 30 年）



データ出典：気象庁 HP/過去の気象データ（玉川町）

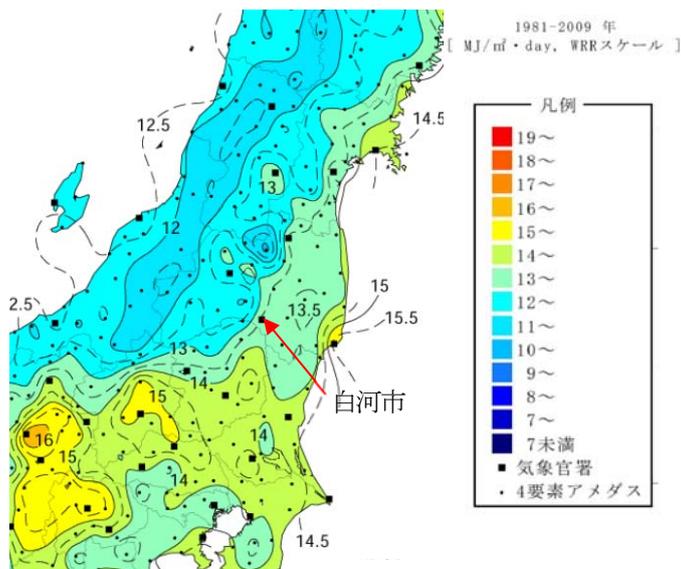
図 2-3 夜間における玉川町の季節別風配図(左)及び風向別風速階級別頻度分布図(右)（平成 30 年）

2.3 日射量

創エネとしての太陽光発電の有効発電量算定のため基礎情報となる日射量について、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）が提供するデータベースをもとに調査を行った。

図 2-4 は、関東・東北地方の、観測地点ごとの年間最適傾斜角における年平均日射量マップである。矢吹町は NEDO 日射量データベースに登録されていないため、隣接する白河市について評価を行う。

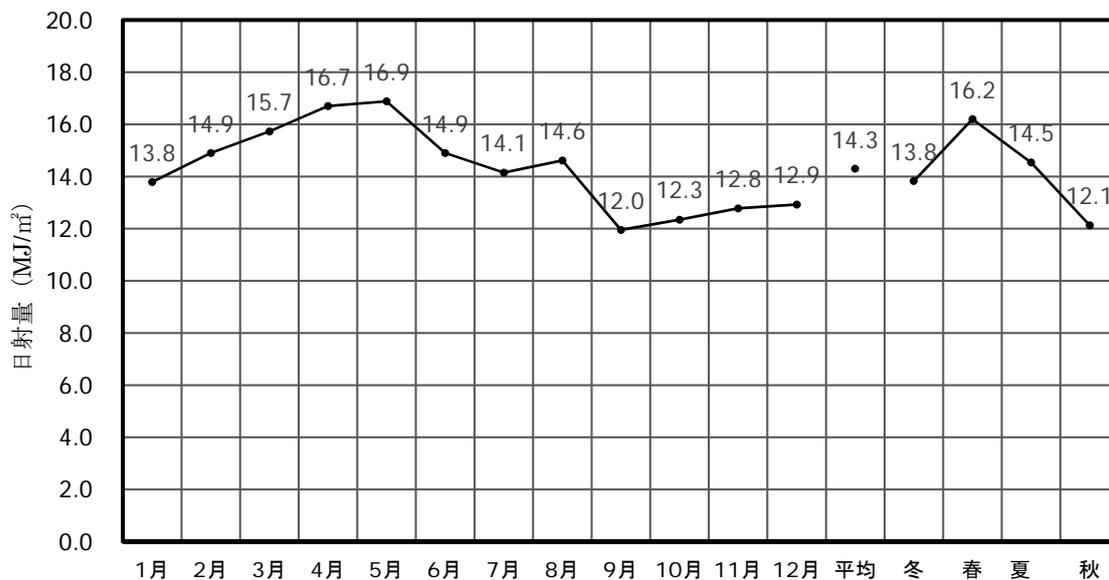
白河市の年間最適傾斜角（ 33.5° ）における日射量グラフを図 2-5 に示す。我が国の年間最適傾斜角における年平均日射量の全国平均値は、 $13.8\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ であるが、白河市は $14.3\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ である。



出典：NEDO 日射量データベース

図 2-4 観測地点ごとの最適傾斜角における年平均日射量マップ（1981～2009 年）

緯度: $37^\circ 7.9'N$, 経度: $140^\circ 12.9'E$, 標高 355m



データ出典：NEDO 日射量データベース

図 2-5 白河市の年間最適傾斜角における日射量グラフ（1981～2009 年）

3. 学校施設・設備機器の運用実態調査

3.1 設置されている設備機器

改修前後の主な設備機器を表 3-1～表 3-3 に示す。また、改修前後の EHP 空調能力と空調対象室面積を表 3-4 に示す。なお、詳細は巻末の参考資料の調査票（矢吹町立矢吹小学校運用状況ヒアリングシート結果）による。

表 3-1 改修により導入した設備機器一覧

太陽光発電設備（校舎屋上：92.2kW）	変圧器の更新（250kVA→300kVA）
蓄電池（非常用，20kWh）	暖房便座・節水型便器（使用水量 改修前：13L，エコ改修後：大 4.8L・小 3.6L）
LED 照明人感センサー付き（トイレ・廊下）	EHP 空調増設（冷房能力：2.2kW×1 台， 4.5kW×2 台， 7.1kW×1 台）※
LED 照明（教室・特別教室・管理署室・体育館）	

※平成 24 年度に EHP 空調を導入済み

表 3-2 建物の改修一覧

校舎外壁及び屋上断熱改修（発泡ウレタン吹付：20mm）	体育館屋根内断熱改修（シリコン形遮熱塗料） 体育館外壁内断熱改修（グラスウール：50mm，屋上遮熱塗料）
階段室，廊下，昇降口への区画扉の設置	ナイトパーズ装置の設置（サッシ一体型手動開閉ブレス・設備給気口）
ペアガラス更新（窓側，廊下側）	内装木質化

表 3-3 改修前後の設備機器の比較

設備機器		改修前	改修後
冷房	普通教室	EHP：冷房能力 14.0kW×1 台/室	同左
	特別教室	EHP：冷房能力 14.0kW×11 台， 20kW×2 台，合計 194.0kW	(既設) EHP：冷房能力 12.5kW×1 台， 14.0kW×9 台，20kW×3 台， 合計 198.5kW
	管理諸室	EHP：冷房能力 4.5kW×1 台，7.1kW ×3 台，12.5kW×1，14.0kW×1， 合計 52.3kW	(既設) EHP：7.1kW×2 台， 14.0kW×3 台，合計 56.2kW
暖房	普通教室	FF 型石油ストーブ：暖房能力 11.0kW×1 台/室と，EHP：暖房能 力 16.0kW×1 台/室の併用	(既設) EHP：暖房能力 16.0kW× 1 台/室
	特別教室	FF 型石油ストーブ：暖房能力 11.0kW×6 台，15.9kW×3 台と， EHP：冷房能力 5.0kW×1 台，8.0kW ×3 台，14.0kW×1 台，16.0kW×1 台 の併用	(既設) EHP：冷房能力 14.0kW×1 台，16.0kW×9 台，22.4kW×3 台
	管理諸室	FF型石油ストーブ：暖房能力5.8kW ×1 台，9.9kW×3 台，11.0kW×1 台と，EHP：冷房能力 5.0kW×1 台， 8.0kW×3 台，14.0kW×1 台， 16.0kW×1 台の併用	(既設) EHP：8.0kW×2 台， 16.0kW×3 台
教室 1 箇所当たりの照明		560W (FL)	657W (LED)
トイレ 1 箇所当たりの照 明		80W (FL) (男女共)	102.9W (男)，88.2W (女) (LED)
体育館照明		14kW (水銀灯)	7.2kW (LED)
給水		揚水ポンプ 2.2kW×2 台	同左
プール水ろ過ポンプ		5.5kW	同左

※特別教室：家庭科調理室，ランチルーム，音楽室，多目的室，コンピュータ室，図書室，図工室，理科室，
被服室

※管理諸室：職員室，保健室，校長室，事務室

表 3-4 改修前後における EHP 空調能力と空調対象室面積の比較

		特別教室			管理諸室			校舎全体		
		改 修 前 ①	改 修 後 ②	改修前後 の比率 ②÷①	改 修 前 ①	改 修 後 ②	改修前後 の比率 ②÷①	改 修 前 ①	改 修 後 ②	改修前後 の比率 ②÷①
室面積	(m ²)	854.6	893.5	104.6%	238.1	226.8	95.3%	2,154.0	2,233.7	103.7%
冷房能力	(kW)	194.0	198.5	102.3%	52.3	56.2	107.5%	482.3	500.6	103.8%
	(kW/m ²)	0.227	0.222	97.8%	0.220	0.248	112.7%	0.224	0.224	100.0%

※単位面積当たりの冷房能力は，校舎全体として改修前後での増加が認められない。

※校舎全体には，普通教室，特別支援学級，学童保育室，会議室，小会議室，面談室，相談室を含む

3.2 設備機器の運用実態

教頭、調理場責任者へのヒアリングを実施し運用の実態調査を行った。
設備機器等の運用状況で特徴的なものを以下に示し、詳細な運用状況を表 3-5 に示す。

① 空調・換気について

- ・冷房機器は全ての室で EHP 空調を用いている。暖房機器はエコ改修後の平成 27 年度以降、給食室と学童保育室のみ FF 式石油ストーブを用いていたが、平成 30 年度の冬期は機器の故障があり学童保育室でも EHP 空調を用いた。
- ・朝 7 時に職員室の制御盤にて教室の空調を一斉稼働させ、教室が十分に冷えたら（暖まったら）各担任の判断で ON/OFF を行う。
- ・エコ改修後の平成 27 年度以降、冷房の設定温度は 25～26℃としており、熱中症対策として 28℃より低い設定としている。暖房の設定温度は 25℃である。なお、平成 30 年度の冬期は、本研究会からの指摘を踏まえ、設定温度 20℃とした。
- ・中間期は空調の稼働を行っていない。
- ・降水や積雪等で発電量が乏しい場合でも、暖房の設定温度は変更しない。
- ・太陽光発電電力量を有効活用している側面もあるが、省エネをあまり意識しない空調稼働をしており、年間を通じて室内環境は快適であるが、必要以上に電力が消費され買電量の増加につながる事が懸念される。
- ・空調室内機のフィルター清掃は年に 1 回、夏季休業期間中に実施している。
- ・換気扇は、トイレ、被服室、音楽室、体育館は 24 時間稼働、その他の室は在室時のみ稼働としている。トイレは悪臭対策のため、被服室、音楽室は日当たりが悪いことからカビ防止のため、体育館は空調利用のため稼働している。

② 照明について

- ・授業中は、日射が強い際には窓側を消灯することもあるが、基本的には全灯である。休み時間は、晴天時には消灯している。
- ・職員室は、晴天時には窓側を消灯している。
- ・カーテンは、夏期及び中間期は開けており、冬季のみ日射が強い際に閉めている。
- ・改修によって、体育館を含む校舎全体の照明が LED へと更新された。
- ・廊下、昇降口、トイレの照明は LED 人感センサーへと更新され、センサーによる制御としている。
- ・グラウンド照明は地域開放として、月に 3～4 回、3 時間程度点灯する。

③ 稼働状況

- ・放課後の普通教室の使用状況は、吹奏楽部が週 4 回 2 時間、4 室を使用する他、職員が毎日 5 時間、2～3 室を使用し、補習でも週 2 回 1 時間、1 室使用する。
- ・部活動は陸上部（グラウンド、雨天時のみ体育館使用）と吹奏楽部（音楽室、図工室、多目的室、普通教室使用）がある。部活動によるグラウンド照明の使用はない。
- ・部活動は、4 月～11 月の毎週月曜から木曜までの週 4 回行われており、陸上部は 15 時半～17 時の 1 時間半、吹奏楽部は 15 時半～17 時半の 2 時間活動している。夏季休業期間中は約 10 回、9 時～12 時までの 3 時間活動している。吹奏楽部のみ、土曜日でも 9 時～12 時までの 3 時間活動している。
- ・体育館は平日に授業で 3 時間使用される。また、平日は毎日 17 時～21 時まで地域開放を行っており、土日も半日もしくは終日の地域開放を行っている。
- ・学童保育室は、平日の 12 時～18 時半と、土曜日の 7 時～18 時半に使用する。教職員含めて約 50 人が使用する。
- ・倉庫、教材準備室、小会議室、児童会室、面談室はほとんど使用されることはない。

④給食室

- ・夏期の空調機として、EHP 空調 1 台と扇風機 3 台を用いており、冬季の空調機として石油ファンヒーター 2 台を用いている。EHP 空調は室温が 28 度を超えた際、石油ファンヒーターは室温が 5℃を下回った際に稼働。
- ・給食室の使用時間は 7 時半～16 時半までであり、その間照明は常時点灯している。
- ・ガスは、午前に調理用途で 40 分間、午後に食洗器用途で 30 分間使用する。
- ・換気扇は 3 台設置されており、調理用途でガスを使用する際にのみ稼働させている。
- ・ガス釜が 4 台ある他、ガス式のスチームコンベクションが 1 台ある。ガス給湯器は 2 台ある。

⑤その他

- ・西校舎は平成 26 年度～平成 27 年度（1 期工事）に、東校舎は平成 27 年度～平成 28 年度（2 期工事）に改修が行われた。2 期工事の際、太陽光発電も設置された。
- ・蓄電池は防災用途として設置されており、常時使用は行っていない。
- ・エコ改修により気密性が高くなり、冷暖房の使用時間が短くなったという声が多く聞かれている。
- ・トイレの凍結防止ヒーター常時スイッチが ON であり、温度が 20℃を下回ると加熱を行う。
- ・学校のガス使用は、給食室及び家庭科の調理実習に限られている。
- ・昇降口と外気間の扉は、夏は開け、冬は閉めているが、昇降口と廊下の間の扉は通年閉じている。廊下及び階段室の区画扉は、夏は開け、冬は閉めている。
- ・福島県の取り組みである福島議定書⁵を締結しており、CO₂排出量の削減を目標として以下の取り組みを実施している。
 1. 節電
使用しない教室等の消灯・電源オフに心がける。
 2. 節水
手洗いやうがい、歯磨きをするときは、適量を考えて水を使用する。
 3. 学校における環境保全活動
ごみの分別回収を徹底する。紙の両面印刷、裏紙利用を徹底する。
 4. 学校における環境教育
学校周辺の緑化活動。森林環境学習。
 5. 地域における環境保全活動
 6. 家庭における省エネ活動の促進
 7. その他、独自の取組

⁵ 福島議定書は、福島県内の学校等において、二酸化炭素排出量の削減目標を定め、福島県知事と「福島議定書」を締結することにより、児童・生徒等と教職員が一体となった温暖化対策への取組を推進し、環境配慮意識の醸成を図ることを目的とした、福島県の事業である。

表 3-5 運用状況

登校時間	登校時刻	8:15 (何時までに登校することとしているか)													
	完全下校時刻	通年	17時	0分											
平日のクラブ・部活動の時間	期	なし													
	放課後(4月～11月)	陸上部	15時	30分～	17時	0分	1.5時間	吹奏楽部	15時	30分～	17時	30分	2時間		
放課後の普通教室の使用教室数	部活・クラブ	15時～16時:	4教室 ※平日の部活動は月曜日～木曜日のみ、金曜日は部活動なし。												
		16時～17時:	4教室												
		17時～18時:	0教室												
		18時～19時:	0教室												
	教職員の作業	15時～16時:	3教室												
		16時～17時:	3教室												
		17時～18時:	3教室												
		18時～19時:	3教室												
		19時～20時:	3教室												
		20時～21時:	0教室												
長期休みの期間	夏休み	7月 21日 ～ 8月 25日													
	冬休み	12月 23日 ～ 1月 7日													
	春休み	3月 24日 ～ 4月 5日													
コンピュータ室使用時間	2時間/週	サーバの有無				④・無		デスクトップ		30台		ノート		4台	
体育館の使用時間	授業・朝礼等	3時間/日		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
	平日のクラブ・部活動	2時間/週(雨天時のみ陸上部が使用)		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
	休日のクラブ・部活動	土曜日: 0時間/日 日曜日: 0時間/日		照明の点灯のルール											
	長期休みのクラブ・部活動	3時間/回 1回/週(雨天時のみ陸上部が使用)		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
	平日の一般開放	4時間/日 を 5回/週		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
	休日の一般開放	土曜日: 8時間/日 日曜日: 4時間/日		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
	長期休みの一般開放	4時間/日 を 7回/週		照明の点灯のルール		ステージを除き点灯									
学童保育(放課後学級)	有無	④・無													
	使用教室数	1教室													
	使用教室の名称	① 児童クラブ			②			③			④				
	人数	約50人													
	運営時間(平日)	6.5時間/日(12時～18時30分)													
	運営時間(土曜日)	11.5時間/日(7時～18時30分)													
	運営時間(夏休み)	11.5時間/日(7時～18時30分)													
	暖冷房使用の有無	暖房 ④・無		冷房 ④・無		暖房機器の種類		灯油ストーブ		冷房機器の種類		クーラー			
グラウンド照明	有無	④・無													
	利用時間(クラブ・部活等)	0時間/日 (グラウンド照明がある場合のみお答えください)													
	利用時間(一般開放)	3時間/週 (グラウンド照明がある場合のみお答えください)													
	コイン制度の有無	有・④													
配膳室	配膳室の使用時間	時～時													
	冷暖房の有無	暖房 有・無		冷房 有・無											
管理諸室の使用時間		平日の利用時間		土曜日		日曜日		夏休み		照明点灯のルール					
		利用時間		回数		利用時間		回数		利用時間		回数		(例)在室時に点灯	
		校長室	7:30時～18時	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	8時～17時	10日/月	在室時に点灯					
		職員室	6時～21時	8:30時～13時	4日/月	0時～0時	日/月	8時～17時	20日/月	晴天時窓側のみ消灯					
		保健室	8時～19時	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	在室時に点灯					
		事務室	7:30時～18時	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	8時～17時	10日/月	在室時に点灯					
		放送室	1時/日	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	在室時に点灯					
		印刷室	2時/日	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	在室時に点灯					
更衣室	2時/日	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	在室時に点灯							
特別教室の使用時間		平日		土曜日		日曜日		夏休み		暖房使用の有無		冷房使用の有無			
		利用時間		回数		利用時間		回数		利用時間		回数			
		家庭科調理室	1時間/日 1日/週	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
		図工室	3時間/日 5日/週	3時間/日 4日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
		音楽室	3時間/日 5日/週	3時間/日 4日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
		多目的室	3時間/日 5日/週	3時間/日 4日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
		図書室(水金曜日)	8時間/日 2日/週	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
		図書室(月火木曜日)	2時間/日 3日/週	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無						
理科室	2時間/日 5日/週	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/月	0時間/日 日/週	④・無	④・無								
被服室	1時間/日 1日/週	0時間/日 日/週	0時間/日 日/週	0時間/日 日/週	0時間/日 日/週	④・無	④・無								
冷暖房の設定温度	管理諸室	備考													
	冷房(6～9月)	25～26℃	25～26℃	朝7時に職員室の制御盤にて一斉稼働、教室が十分に冷えたら各担任の判断でON/OFF。											
	暖房(11～3月)	25℃	25℃	朝7時に職員室の制御盤にて一斉稼働、教室が十分に暖まったら各担任の判断でON/OFF。											

4. 機器測定等によるエネルギー消費量の実測調査

4.1 測定方法

電力使用量, LP ガス使用量, 灯油使用量, 水道使用量について調査を実施する。

4.2 使用した測定機器

項目		測定機器	メーカー	型番	写真
電力	太陽光発電の発電量と用途ごとの使用量	エコパワーメータ (電力用)	パナソニック (株)	AKW2020G (基本ユニット) AKW2152G (増設ユニット)	 基本ユニット  増設ユニット
		電流センサー(CT)	パナソニック (株)	AKW4801C AKW4803C AKW4804C	 電流センサー
ガス	校舎での使用量	ガスメーター (超音波式)	矢崎総業 (株)	EY4MTH	
灯油	校舎での使用量	灯油メーター	(株) オーバル	LSN39P8-A	
		パルス検出器	(株) T&D	RTR-505-P	

4.3 測定方法

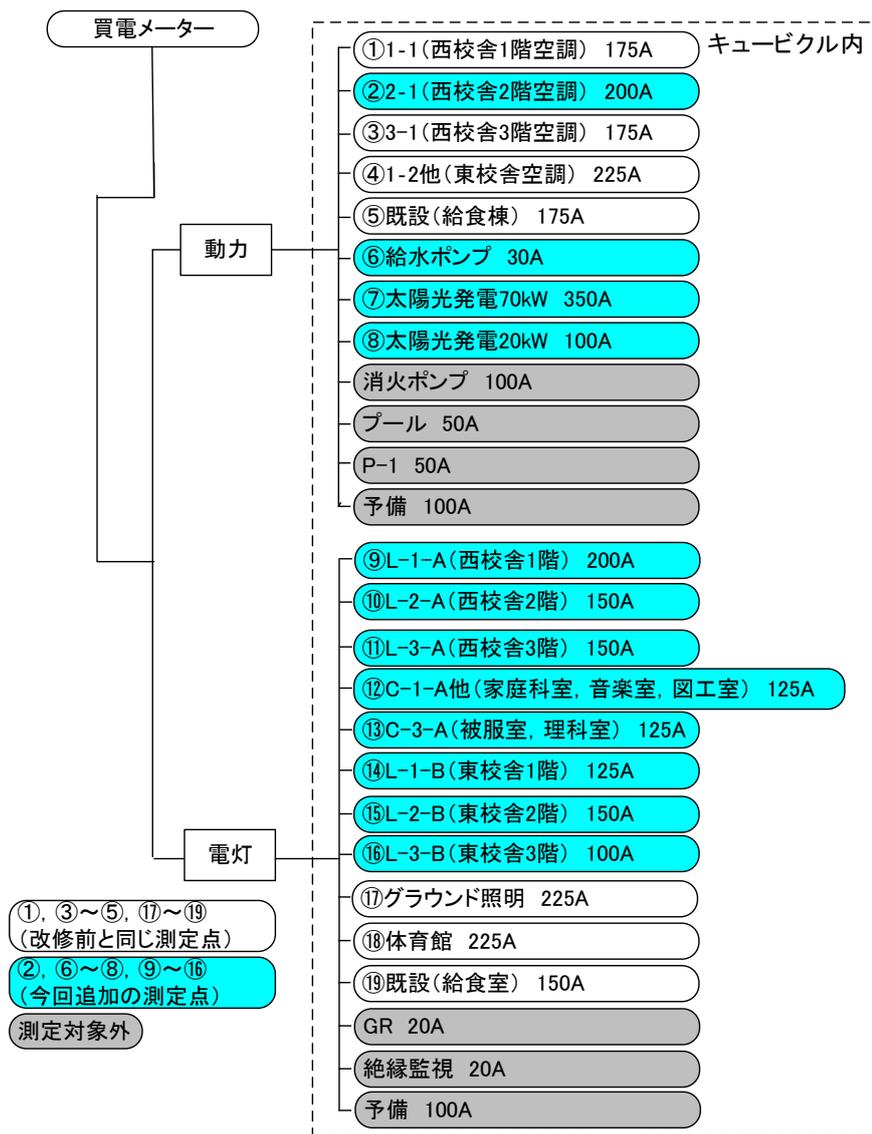
電力, LP ガス, 灯油, 水道の使用量の測定方法を以下に示す。

- ①電力使用量： 前掲の測定機器による測定及び毎月の検針票による。買電量は、対象校に電力販売をしている特定規模電気事業者より、対象校への電力供給データを得る。測定点を表 4-1, 図 4-1 に示す。また、設置状況を図 4-2 に示す。
- ②LP ガス使用量： 測定機器による測定及び毎月の検針票による。設置状況を図 4-3 に示す。
- ③灯油使用量： 測定機器による測定及び毎月の検針票による。設置状況を図 4-4 に示す。
- ④水道使用量： 既設の測定機器による測定及び毎月の検針票による。

表 4-1 電力測定点

測定場所	測定点	電流値	相	線数
動力系	① 1-1 (西校舎 1階空調)	175	三相	3W
	② 2-1 (西校舎 2階空調)	200	〃	〃
	③ 3-1 (西校舎 3階空調)	175	〃	〃
	④ 1-2 他 (東校舎空調)	225	〃	〃
	⑤ 既設(給食棟)	175	〃	〃
	⑥ 給水ポンプ(2.2kW×2 台)	30	〃	〃
	⑦ 太陽光パワコン(70kW)	350	〃	〃
	⑧ 太陽光パワコン(20kW)	100	〃	〃
電灯系	⑨ L-1-A (西校舎 1F)	200	単三	3W
	⑩ L-2-A (西校舎 2F)	150	〃	〃
	⑪ L-3-A (西校舎 3F)	150	〃	〃
	⑫ C-1-A 他 (家庭科室, 音楽室, 図工室)	125	〃	〃
	⑬ C-3-A 他 (被服室, 理科室)	125	〃	〃
	⑭ L-1-B (東校舎 1F)	125	〃	〃
	⑮ L-2-B (東校舎 2F)	150	〃	〃
	⑯ L-3-B (東校舎 3F)	100	〃	〃
	⑰ グラウンド照明	225	〃	〃
	⑱ 体育館	225	〃	〃
	⑲ 給食室	150	〃	〃

※青文字は今回（エコ改修後）新たに測定する箇所，その他は平成 24 年度と同様の測定箇所



※買電メーターにデマンド検出器が取り付けられておりパルスが借用できず、買電量の測定は行えないため、特定規模電気事業者より入手する電力供給データを買電量のデータとして用いる。

※矢吹小学校では太陽光発電による余剰電力の売電は行っていない。

図 4-1 電力測定点系統図



図 4-2 電力測定機器の設置状況



※設置機器の表示値 (校舎でのガス使用量) を読み取る。

図 4-3 ガス使用量測定機器の設置状況

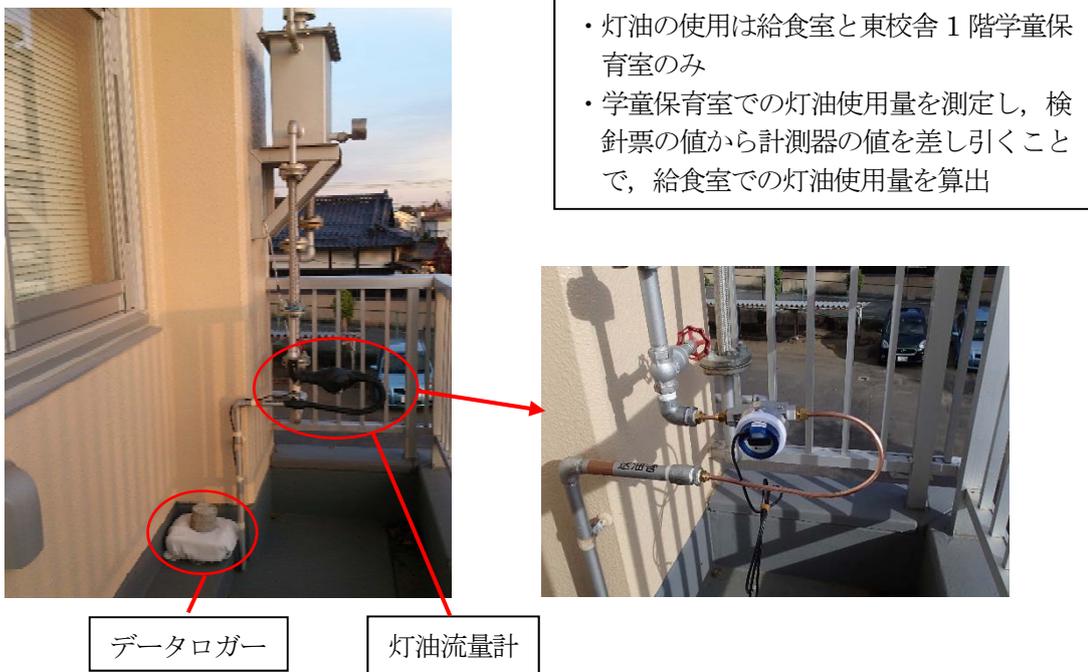


図 4-4 灯油使用量測定機器の設置状況

4.4 測定結果と分析

4.4.1 概要

① 太陽光発電について

- ・エコ改修を行う際には既に東北電力の送電線の容量に空きがなかったため、太陽光発電は系統連系しておらず、学校での電力消費量以上に発電しないように、発電量を意図的に制御している。
- ・発電量を制御していることから、発電量の実測値は、発電可能量と比較して平均 51.6%と小さくなっている。
- ・各月の太陽光発電の自己消費量は、全電力消費量の 17~33%となっており、特に全電力消費量の多い冬期に買電の依存度が高い。
- ・各月の発電可能量は、全電力消費量を下回っており、売電が可能で発電量の制御が不要な場合であったとしても、太陽光発電による創エネのみで学校の全電力消費量を賄うことはできていない。

② 電力について

- ・エコ改修後（平成 29 年度（創エネなし）：178,802kWh）の電力消費量が、エコ改修前（平成 25 年度：128,799kWh）と比べ 38.8%増加している。増加の要因として、省エネをあまり意識しない EHP 空調稼働（夏期室内設定温度：25℃、早朝 7 時から空調一斉稼働、不在教室の空調稼働等）、暖房用途としての EHP 空調の稼働、教室の光環境改善のための照明増設による消費電力量の増加等が挙げられる。
- ・エネルギー削減対象外である給食室を除いた、平成 30 年度 6 月~1 月の電力消費量の用途別割合は、電灯（照明・コンセント等）が 54%、空調が 23%、その他が 23%となっている。
- ・夏期にその他の電力消費量が大きくなっているのは、プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響であると考えられる。冬期に校舎内電灯が増加しているのは、トイレの凍結防止ヒーターの稼働に伴うものと考えられる。

③ 灯油について

- ・エコ改修前は、暖房機器として石油ストーブと EHP 空調が併用されていたが、エコ改修後は、石油ストーブは学童保育室と給食室のみで用いられており、その他の室は暖房機器として EHP 空調を用いている。そのため、エコ改修後に灯油消費量は大幅に削減された。

④ LP ガスについて

- ・LP ガスの用途は、給食室での調理用途と、家庭科での調理実習のみであり、暖房用途には用いられていない。そのため、長期休業期間を除いて、年間を通して LP ガス消費量の変動は小さい。

⑤ 一次エネルギーについて

- ・エコ改修後（H29 年度（創エネなし）：1,863GJ）の一次エネルギー消費量が、エコ改修前（H25 年度：1,572GJ）と比べ 18.5%増加した。
- ・創エネあり・なしの比較から、創エネによって一次エネルギー消費量が 23.2%削減された（平成 29 年度（創エネなし）：1,863GJ、平成 29 年度（創エネあり）：1,430GJ）。
- ・夏期（H29 年度（創エネなし）7 月：167GJ）と冬期（H29 年度（創エネなし）2 月：253GJ）の一次エネルギー消費量を比べると、冬期の方が 1.5 倍程度大きくなっており、暖房やトイレの凍結防止ヒーターの稼働が、冬期のエネルギー消費量の増加の要因と考えられる。

4.4.2 太陽光発電の発電量の測定データ整理と分析

(1) 太陽光発電の総発電量の推定

- ・エコ改修の計画時点では、電力消費量を上回る設備容量の太陽光発電設備を導入し、余剰電力は売電すると想定していた。しかし、エコ改修を行う時点では既に東北電力の送電線の容量に空きがなかったため、太陽光発電は系統連系していない。そのため、発電量が電力消費量を上回ると一時的に発電が停止され、効率の低下に繋がることから、学校での電力消費量以上に発電しないように、発電量を意図的に制御しているため、表 4-1 の⑦⑧の計測では実際の総発電量の計測はできない。
- ・そこで、以下の手法にて総発電量の推定を行う。

- (ア) 既設の日射量計の計測データを用い、JIS C 8907 により総発電量の推定を行う。
- (イ) 表 4-1 の⑦系統は、休日に発電を行わないように意図的に制御されているのに対し、⑧系統は発電量が学校での電力消費量を上回らない限り、常時発電を行っている。そこで、⑧系統の発電量が、学校での電力消費量を常時下回り発電が停止しない休日のデータを用い、(ア) の推定方法の精度の検証を行う。

- ・⑧系統発電量について、JIS による推定値と実測値を、図 4-5 に示す。
- ・実測値は JIS に基づく推定値に比べ、10~20%程度大きい。
- ・JIS に基づく推定値に対し、上記の差分の補正をして、太陽光発電の総発電量を推定することとする。

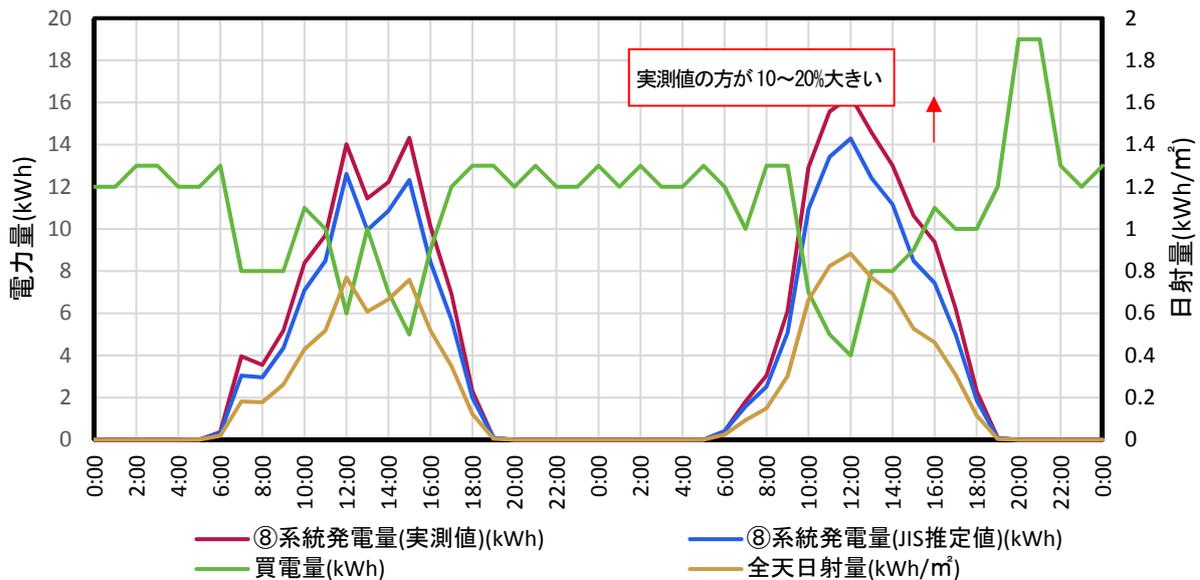


図 4-5 発電量の実測値と JIS による発電量の推定の比較 (平成 30 年 8 月 11 日~12 日)

※太陽光発電の制御パターン

系統	平日	休日
⑦系統 (70kW)	<ul style="list-style-type: none"> ・対象校での電力消費量以上に発電しないよう意図的に制御 ・発電量が対象校での電力消費量を上回った際には一時的に発電を停止 	<ul style="list-style-type: none"> ・発電停止
⑧系統 (20kW)	<ul style="list-style-type: none"> ・蓄電池への電力供給を行っているため、発電は制御しておらず常時発電 ・発電量が対象校での電力消費量を上回った際には一時的に発電を停止 	

※発電量の制御は、太陽光発電設置前年度 (平成 26 年度) の電力消費量実績に基づき、電力需要量と発電量が同程度となるように、月ごとに発電量の台数制御を行っている方式である。しかし、太陽光発電設置以降、制御方法は変更されていないため、現状の電力需要と一致しない制御方式となっている可能性がある。

(2) 予測発電電力量と発電量実測値及び推計値比較

- ・メーカーによる予測発電電力量と実測値，総発電量の推計値（発電可能量）の比較を表 4-2，図 4-6 に示す。
- ・日射量の実測値をメーカー予測値と比較すると，9月，12月，1月，2月は大きく，年平均では 100.5%となっている。
- ・上記に伴い，発電可能量は，メーカー予測発電電力量と比較すると 108.1%と大きくなっている。
- ・発電量を制御していることから，発電量の実測値は，発電可能量と比較して平均 51.6%と小さくなっている。

表 4-2 メーカーによる予測発電電力量と実測値，発電可能量の比較（平成 30 年度）

	①想定日射量 [メーカー値] (kWh/m ² ・日)	②①に基づくメー カーの予測発電電 量 (kWh)	③日射量の実測値 (kWh/m ² ・日)	④発電量の実測値 (kWh)	⑤日射量の実測値 に基づく発電量 (発電可能量) (kWh)	⑥発電可能量と発 電量の実測値の比 較(④/⑤)	⑦メーカーによる 予測発電電量と発電 可能量の比較 (⑤/②)
4月	4.59	9,663	4.91	3,800	11,123	34.2%	115.1%
5月	4.94	10,754	4.91	3,750	11,215	33.4%	104.3%
6月	4.16	8,251	5.06	3,951	10,986	36.0%	133.2%
7月	4.05	8,306	5.38	5,557	11,718	47.4%	141.1%
8月	4.33	8,868	4.65	3,214	10,229	31.4%	115.3%
9月	3.30	6,965	2.82	2,672	6,172	43.3%	88.6%
10月	3.23	7,028	3.30	3,617	7,642	47.3%	108.7%
11月	2.85	6,004	2.90	3,479	6,664	52.2%	111.0%
12月	2.70	6,229	2.09	3,492	5,107	68.4%	82.0%
1月	3.04	6,999	2.63	4,827	6,516	74.1%	93.1%
2月	3.55	7,401	2.30	5,960	5,695	104.7%	76.9%
3月	4.24	9,229	4.33	4,881	10,370	47.1%	112.4%
合計 (平均)	(3.75)	95,697	(3.77)	4,9199	103,439	51.6%	106.8%

※2月及び3月は平成29年度値

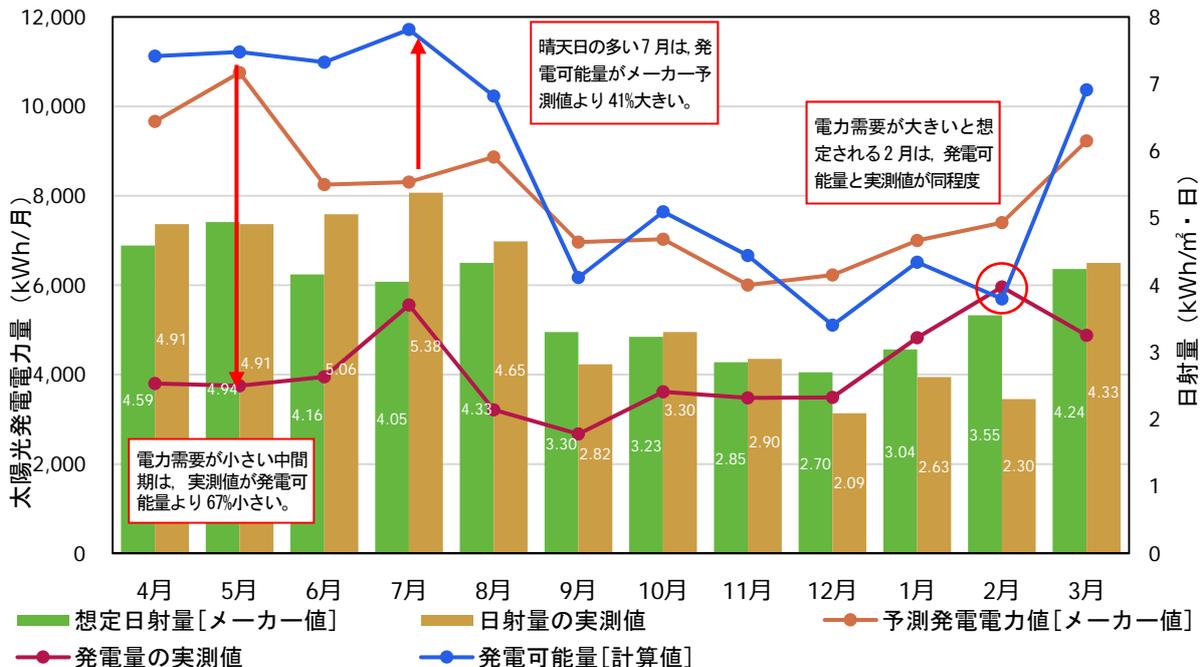


図 4-6 メーカーによる予測発電電力量と実測値，発電可能量の比較（平成 30 年度）

(3) 全電力消費量に占める各月の太陽光発電量の割合

- ・太陽光発電による発電量、蓄電池への供給電力量、自己消費量、買電量、自己消費量を含む全電力消費量、発電可能量の関係を表 4-3、図 4-7 に示す。
- ・蓄電池 (20kWh) は、常に容量の 80% (16kWh) の電力量が蓄電されており、下回った際には太陽光発電より供給されるシステムである。
- ・各月の自己消費量は、全電力消費量の 17~33%となっており、特に全電力消費量の多い冬期に買電の依存度が高いことが分かる。
- ・各月の発電可能量は、全電力消費量を下回っており、売電が可能で発電量の制御が不要な場合であったとしても、太陽光発電による創エネのみで学校の全電力消費量を賄うことはできていない。

表 4-3 発電量、蓄電池への供給量、自己消費量、買電量、全電力消費量の比較 (平成 30 年度)
(単位 : kWh)

	①発電量	②蓄電池への供給電力量	③自己消費量 (①-②)	④買電量	⑤全電力消費量 (③+④)	⑥発電可能量
4月	3,800	12	3,788	10,771	14,559	11,123
5月	3,750	12	3,738	9,781	13,519	11,215
6月	3,951	11	3,939	10,001	13,940	10,986
7月	5,557	12	5,546	11,251	16,797	11,718
8月	3,214	11	3,202	10,462	13,664	10,229
9月	2,672	12	2,660	8,361	11,021	6,172
10月	3,617	12	3,604	8,952	12,556	7,642
11月	3,479	11	3,468	11,730	15,198	6,664
12月	3,492	13	3,479	16,048	19,527	5,107
1月	4,827	13	4,814	19,454	24,268	6,516
2月	5,960	12	5,948	17,843	23,791	5,695
3月	4,881	12	4,869	14,739	19,608	6,664
合計	49,198	143	49,055	153,878	202,933	103,439

※2月及び3月は平成29年度値であるが、④買電量の2月のみ平成30年度値

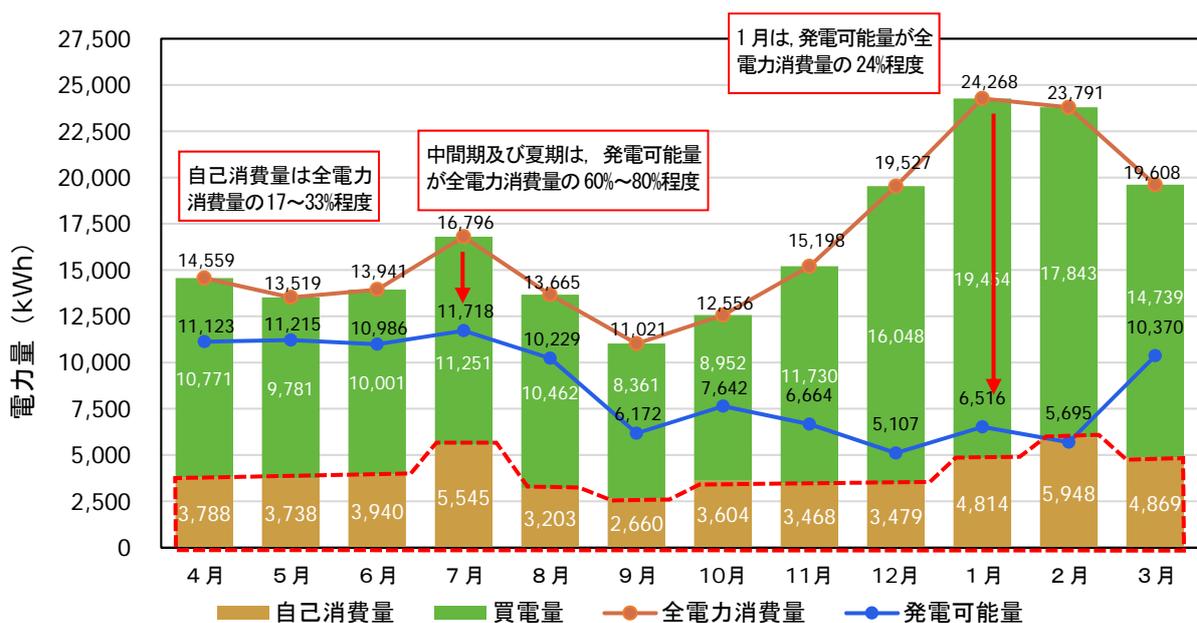


図 4-7 自己消費量、買電量、発電可能量の比較 (平成 30 年度)

(4) 日射量と太陽光パネル温度の相関

- ・日当たり日射量が同程度の日における、日射量、20kW太陽光パネルの発電量、太陽光パネル横及び太陽光パネル裏温度を、表4-4、図4-8に示す。
- ・日射量が同程度の日当たりデータで比較すると、太陽光パネル温度と太陽光発電量には大きな相関はないと言える。

表4-4 日射量、20kW太陽光パネルの発電量、太陽光パネル横及び裏温度の関係（平成30年度）

	日射量 (kWh/m ² ・日)	20kW太陽光 パネル発電量 (kWh/日)	太陽光パネル横 平均温度 (°C)	太陽光パネル裏 平均温度 (°C)	校舎北側渡り 廊下平均温度 (°C)
9月1日(土)	1.61	35.9	25.7	23.6	22.3
9月29日(土)	1.51	34.1	21.7	18.9	18.0
10月27日(土)	1.59	32.6	19.4	17.2	15.8

※8時～17時のデータ

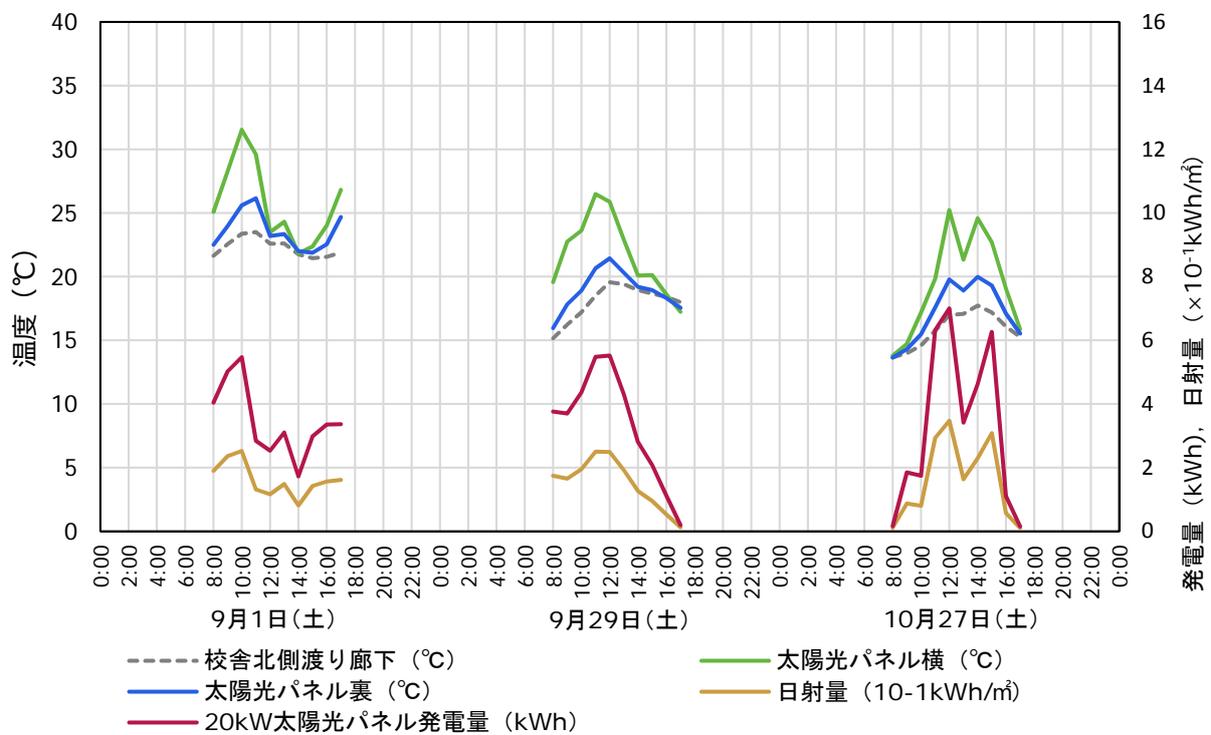


図4-8 日射量、20kW太陽光パネルの発電量、太陽光パネル横及び裏温度の日変化（平成30年度）

4.4.3 電力消費量の測定データ整理と分析

(1) 経年変動

- 平成 23 年度から 30 年度までの検針票に基づく電力消費量を表 4-5, 図 4-10 に示す。
- 創エネありは買電量を, 創エネなしは全電力消費量(買電量と自己消費量の合計)を示す。
- EHP 空調を導入した平成 24 年度以降, 夏期の電力消費量が増加したことが分かる。
- 平成 30 年度 1 月 (24,268kWh) は平成 29 年度 1 月 (14,182kWh) に比べて電力消費量が 2 倍近く増加している。この要因は, 平成 29 年度 1 月は検針期間に, 電力消費量が少なくなる冬季休業期間が長期間含まれている(検針期間 平成 29 年度:12/22~1/21, 平成 30 年度:1/1~1/31) ことと, 平成 29 年度の検針期間に凍結防止ヒーターが稼働していなかった(対象校に既設の計測データより推測) ことが挙げられる。(平成 30 年度凍結防止ヒーター電力消費量: $(0.5\text{kW} \times 15 \text{台} + 0.75\text{kW} \times 2 \text{台}) \times 24 \text{時間} \times 31 \text{日} = 6,696\text{kWh/月}$)。なお, 平成 29 年度に給水管の破裂等は報告されていない。
- エコ改修前は暖房用途として石油ストーブと EHP 空調が併用して用いられていたが, エコ改修によって太陽光発電が設置された平成 28 年度以降, 暖房用途として EHP 空調のみを用いているため, 冬期の電力消費量が増加したと考えられる。
- エコ改修によって太陽光発電が設置されたが, 余剰電力の系統連系に制限が生じている。このため, 発電量を有効活用するために, 特に省エネを意識した EHP 空調の稼働を行っていない状況が見受けられた(夏期室内設定温度:25℃, 早朝 7 時から空調一斉稼働, 不在教室の空調稼働等)。
- 平成 24 年度から平成 30 年度の外気温の状況を図 4-9 に示す。平成 27 年度 7 月 (23.9℃) と平成 29 年度 7 月 (24.3℃) は外気温が同程度であるが, エコ改修後の平成 29 年度の方が電力消費量は増加している(平成 27 年度 7 月:12,963kWh, 平成 29 年度創エネなし 7 月:15,145kWh)。一方, 表 3-4 より, エコ改修前後で EHP 空調能力は大きく変更していないことが分かる。以上より, エコ改修前に比べエコ改修後の方が, 省エネをあまり意識しない EHP 空調稼働を行っていると考えられる。
- 暖房の設定温度を 25℃としていた平成 29 年度 2 月と, 20℃とした平成 30 年度 2 月を比べると, 設定温度の変更によって, 電力消費量が大幅に削減されたと考えられる。
- エコ改修後(平成 29 年度(創エネなし):178,802kWh)の電力消費量が, エコ改修前(平成 25 年度:128,799kWh)と比べ 38.8%増加している。増加の要因として, 上記の省エネをあまり意識しない EHP 空調稼働, 暖房機器を石油ストーブと EHP 空調の併用から EHP 空調のみへの変更, 教室の光環境改善のための照明増設による消費電力量の増加(p.60 参考 1, 参考 2 参照)等が挙げられる。
- また, エコ改修後(平成 29 年度(創エネあり):135,372kWh)の電力消費量が, エコ改修前(平成 24 年度~平成 27 年度平均:123,817kWh)と比べ 9.3%増加している。余剰売電を行っていない太陽光発電の有効利用を目的として電力消費を促進した結果, 必要以上の電力消費に繋がっていると考えられる。
- 創エネあり・なしの比較から, 創エネによって 24.3%の買電量が削減されたことが分かる(平成 29 年度創エネなし:178,802kWh, 平成 29 年度創エネあり:135,372kWh)。

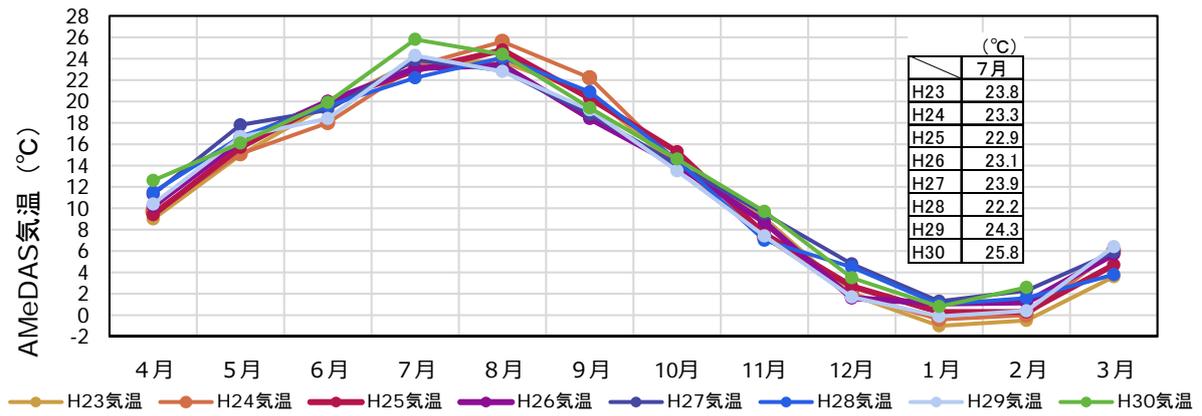


図 4-9 平成 23 年度から平成 30 年度の外気温の状況

表 4-5 電力消費量の状況 (平成 23 年度から平成 30 年度)

(単位 : kWh)

	電力消費量増加					H28		H29		H30	
	H23	H24	H25	H26	H27	創エネなし (全電力消費量)	創エネあり (買電量)	創エネなし (全電力消費量)	創エネあり (買電量)	創エネなし (全電力消費量)	創エネあり (買電量)
4月	3,978	8,299	7,565	7,493	7,461	9,140	-	13,262	8,962	14,559	10,771
5月	4,965	8,381	7,903	7,664	7,930	7,939	-	9,776	6,744	13,519	9,781
6月	6,679	9,532	11,738	10,721	10,768	10,516	-	12,900	9,183	13,941	10,001
7月	6,019	11,672	12,076	12,139	12,963	13,810	-	15,145	11,581	16,796	11,251
8月	5,345	9,499	10,143	10,190	8,601	10,156	-	11,590	8,388	13,665	10,462
9月	8,711	11,713	11,377	10,377	9,213	12,720	-	13,548	10,744	11,021	8,361
10月	6,858	8,768	7,893	8,408	7,398	10,501	7,981	10,784	8,124	12,556	8,952
11月	8,040	10,379	10,758	10,524	9,778	14,597	11,573	12,629	9,752	15,198	11,730
12月	7,565	14,308	9,811	8,846	9,915	16,578	13,419	17,102	13,417	19,527	16,048
1月	6,836	14,091	11,879	10,259	8,067	14,283	10,672	14,182	11,410	24,268	19,454
2月	9,647	16,044	15,404	12,357	12,136	19,705	14,946	28,276	22,328	23,791	17,843
3月	9,147	11,044	12,252	9,322	10,208	16,676	13,225	19,608	14,739	-	-
合計	83,790	133,730	128,799	118,300	114,438	156,621	71,816	178,802	135,372	-	-

夏期：EHP 空調の設置による増加
中間期・冬期：トイレ凍結防止ヒーターの設置による増加

38.8%増

※検針期間 平成 29 年度 3 月以前：前月 22 日～当月 21 日
平成 30 年度 4 月：3 月 22 日～4 月 30 日
平成 30 年度 4 月以降：当月初日～当末日

24.3%減

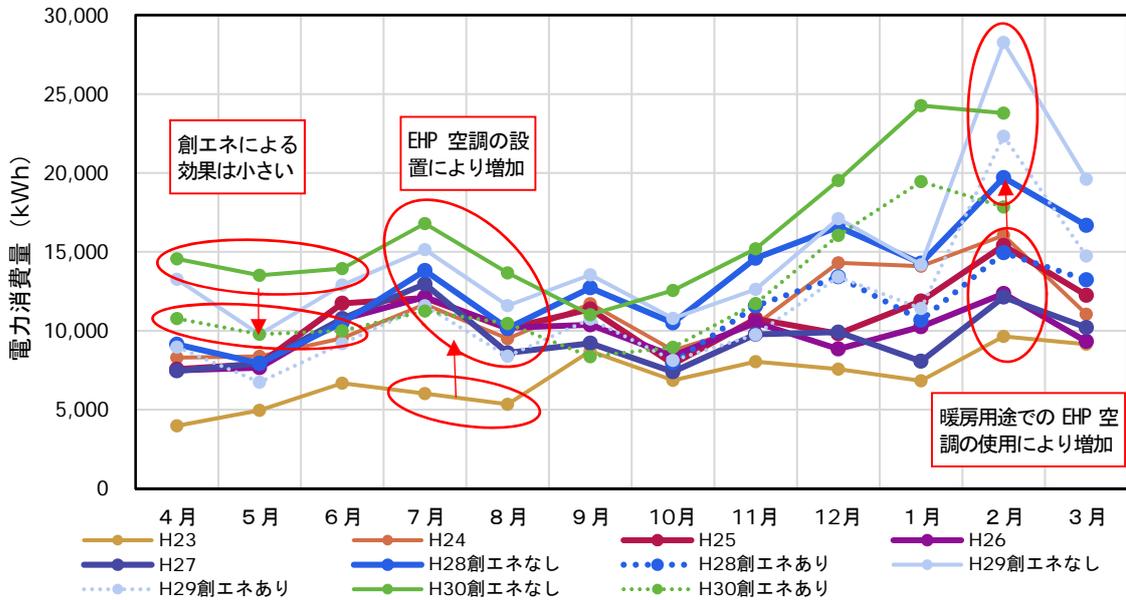


図 4-10 電力消費量の状況 (平成 23 年度から平成 30 年度)

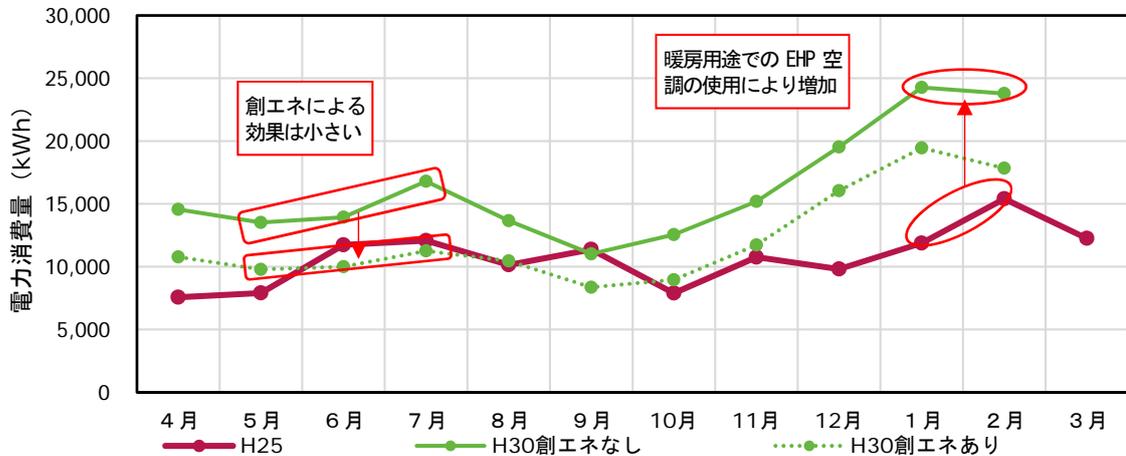


図 4-11 電力消費量の状況抜粋 (平成 25 年度, 平成 30 年度)

(2) 月変動

- ・用途別の電力消費量を表 4-6, 図 4-12, 図 4-13 に示す。
- ・エネルギー削減対象外である給食室を除いた電力消費量の用途別割合は, 6 月~1 月は電灯 (照明・コンセント等) が 54%, 空調が 23%, その他が 23%となっていることが分かる (図 4-13)。電灯 (照明・コンセント等) は, 10 月~1 月 (66%) が 6 月~9 月 (43%) に比べ大きくなっているのに対し, その他は, 6 月~9 月 (38%) が 10 月~1 月 (12%) に比べ大きくなっている。
- ・夏期にその他の電力消費量が増加しているのは, プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響であると考えられる (5.5kW×24h×31 日=4,092kWh/月)。
- ・夏季休業期間中は校舎内電灯が減少しているが, 学童保育室 (東校舎) や職員室 (西校舎) の稼働により, EHP 空調動力の電力が消費されると考えられる。
- ・冬期に電灯 (照明・コンセント) が増加しているのは, トイレの凍結防止ヒーターの稼働に伴うものと考えられる。
- ・夏期に比べ冬期の方が EHP 空調動力による消費電力が大きい。
- ・冬期は, グラウンドの使用率が低く, 1 月はグラウンド照明が使用されていないことが分かる。
- ・体育館及びグラウンドは, 夏季休業期間中も地域開放に伴い電力が消費されると考えられる。

表 4-6 用途別の電力消費量の状況 (平成 30 年度)

(単位: kWh)

	西校舎電灯 (照明・コンセント等)	東校舎電灯 (照明・コンセント等)	体育館電灯 (照明・コンセント等)	グラウンド照明	西校舎 EHP空調動力	東校舎 EHP空調動力	給食室	その他	月合計	給食室を除く 月合計
6月	3,014	1,309	604	993	1,212	600	1,141	5,068	13,941	12,800
7月	2,440	1,254	446	806	2,697	1,664	1,156	6,332	16,796	15,640
8月	2,219	1,132	725	893	1,310	945	722	5,717	13,665	12,943
9月	3,125	1,317	840	968	1,056	561	1,095	2,059	11,021	9,926
10月	3,975	1,712	905	1,585	903	426	1,125	1,924	12,556	11,431
11月	5,205	2,381	904	1,679	1,423	621	1,174	1,812	15,198	14,024
12月	6,104	3,206	1,153	533	3,654	1,784	1,051	2,042	19,527	18,476
1月	6,710	3,601	1,691	0	5,723	3,120	1,229	2,194	24,268	23,039
合計	32,792	15,912	7,268	7,458	17,978	9,721	8,693	27,148	126,972	118,279

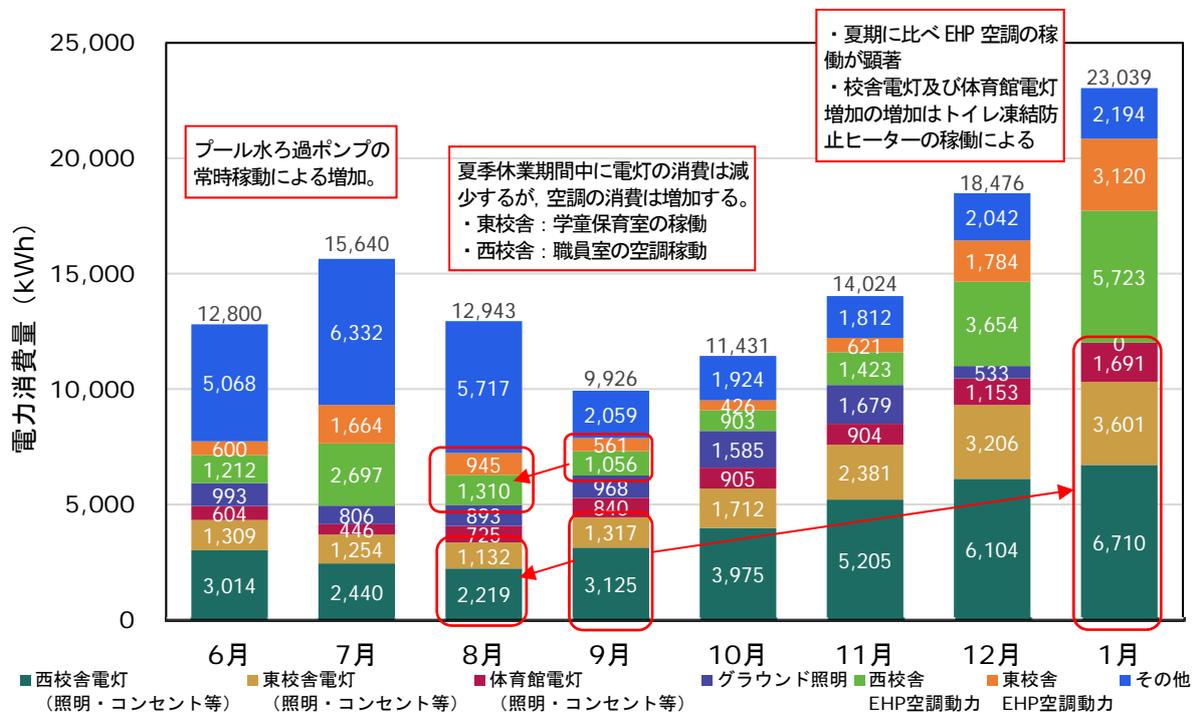


図 4-12 用途別の電力消費量の状況 (平成 30 年度)

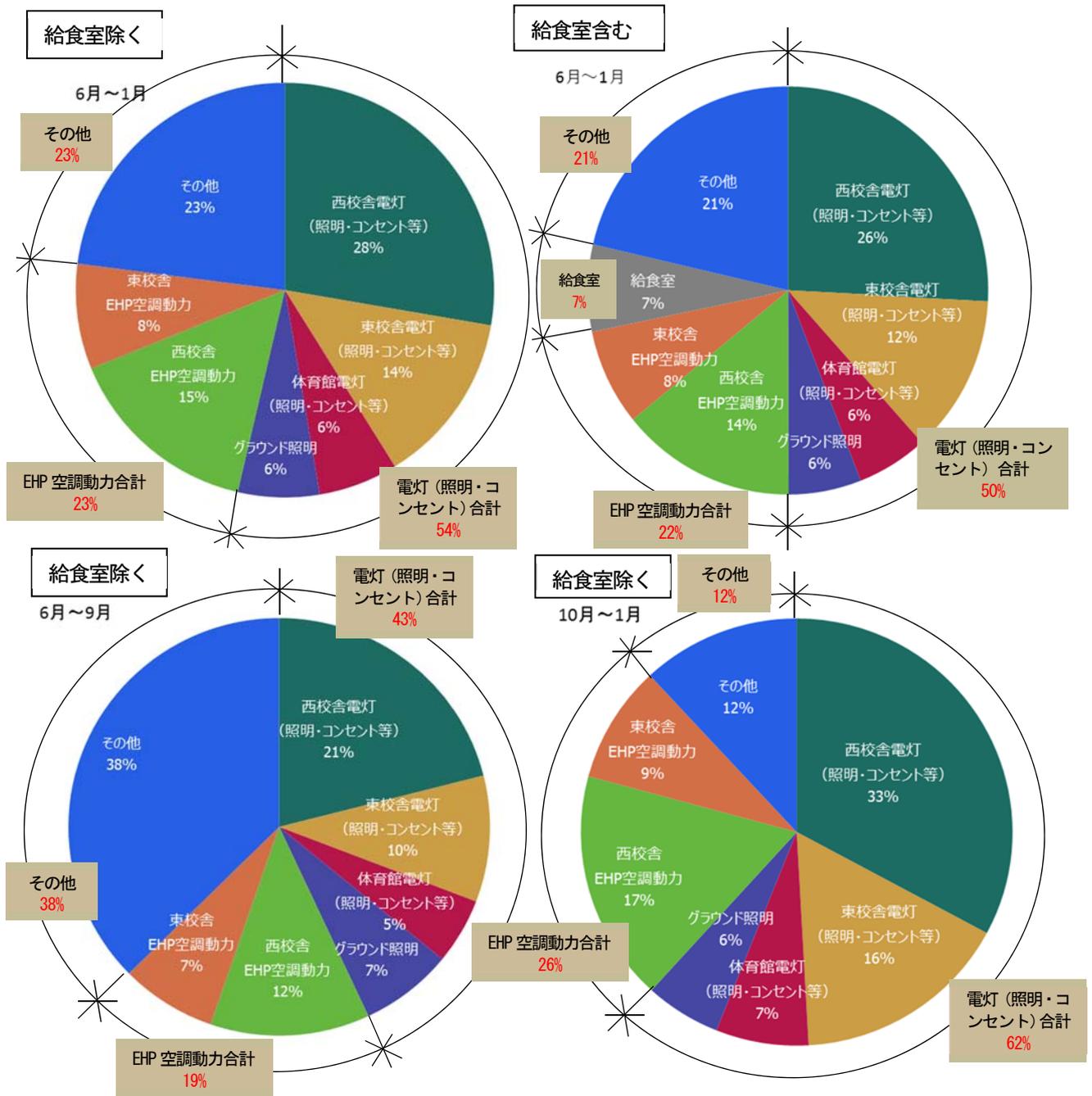


図 4-13 用途別の電力消費量の割合 (平成 30 年度, 左上: 6~1 月 (給食室除く), 右上: 6~1 月 (給食室含む), 左下: 6 月~9 月 (給食室除く), 右下: 10 月~1 月 (給食室除く))

4.4.3 灯油消費量のデータ整理と分析

- ・平成 23 年度から 30 年度までの灯油消費量を表 4-7、図 4-14 に示す。
- ・エコ改修前は、暖房機器として石油ストーブと EHP 空調が併用されていたが、エコ改修後は、石油ストーブは学童保育室と給食室のみで用いられており、その他の室は暖房機器として EHP 空調を用いている。
- ・平成 29 年度 12 月以降、学童保育室では石油ストーブの故障の影響で、学童保育室では暖房機器として EHP 空調を用いているため、灯油の使用は給食室での暖房用途のみである。
- ・エコ改修以降、学童保育室と給食室以外では灯油が用いられていないため、灯油消費量は大幅に削減されたことが分かる。

表 4-7 平成 23 年度から平成 30 年度の灯油消費量の状況

(単位：l/日)

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
4 月	33.33	0	2.67	30.00	0	6.67	0	0
5 月	0	0	0	0	38.71	0	0	0
6 月	0	0	0	0	0	0	0	0
7 月	0	0	0	0	0	0	0	0
8 月	0	0	0	0	0	0	0	0
9 月	0	0	0	0	0	0	0	0
10 月	0	0	0	0	0	3.65	15.23	5.87
11 月	9.17	48.93	6.67	0	12.97	34.43	6.47	3.53
12 月	60.00	60.97	67.84	48.39	4.03	9.39	11.10	13.32
1 月	163.94	100.71	48.39	80.65	57.97	14.32	8.97	5.65
2 月	110.54	92.07	78.57	110.71	13.50	8.28	20.86	16.00
3 月	106.16	77.39	58.06	48.39	60.81	12.55	10.58	-
合計	483.14	380.07	262.20	318.14	187.99	89.29	73.21	-

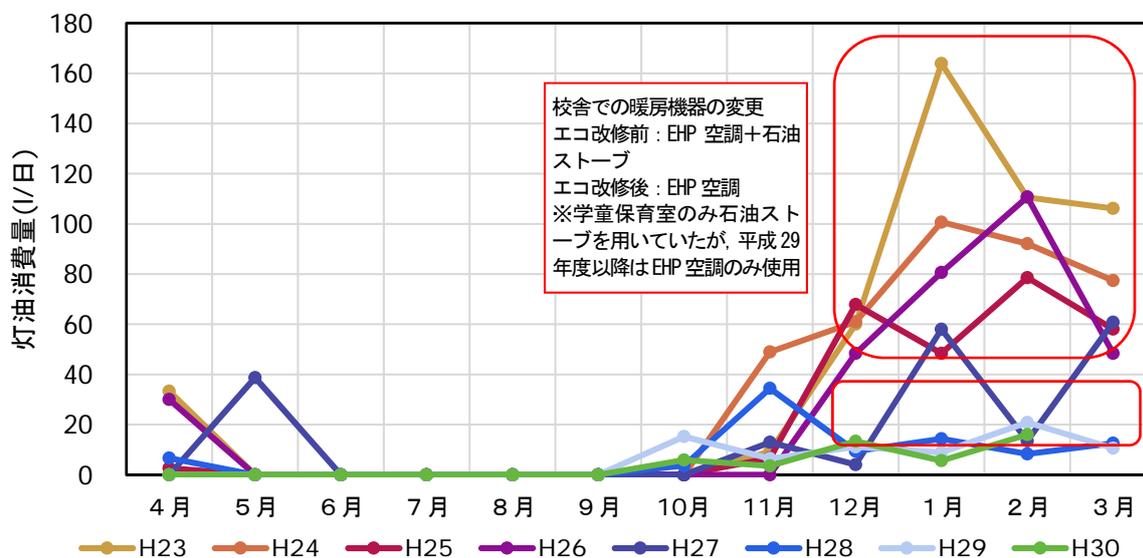


図 4-14 平成 23 年度から平成 30 年度の灯油消費量の状況

4.4.4 ガス消費量のデータ整理と分析

- ・平成23年度から30年度までのLPガス消費量を表4-8、図4-15に示す。
- ・LPガスの用途は、給食室での調理用途と、家庭科での調理実習のみであり、暖房用途には用いられていない。そのため、長期休業期間を除いて、年間を通してLPガス消費量の変動は小さい。

表4-8 平成23年度から平成30年度のLPガス消費量の状況

(単位：m³)

	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30
4月	17	152	105	120	110	82	88	94
5月	16	86	104	85	114	107	120	102
6月	186	125	135	127	145	123	118	128
7月	139	147	130	126	152	129	143	122
8月	28	65	62	57	50	53	66	53
9月	78	19	43	42	51	40	40	41
10月	93	118	95	106	102	100	124	73
11月	135	113	97	115	114	144	158	110
12月	154	144	143	132	115	141	135	118
1月	61	101	85	87	85	102	114	90
2月	202	160	165	148	133	166	144	143
3月	156	145	123	133	150	157	121	-
合計	1,265	1,375	1,287	1,278	1,321	1,344	1,371	-

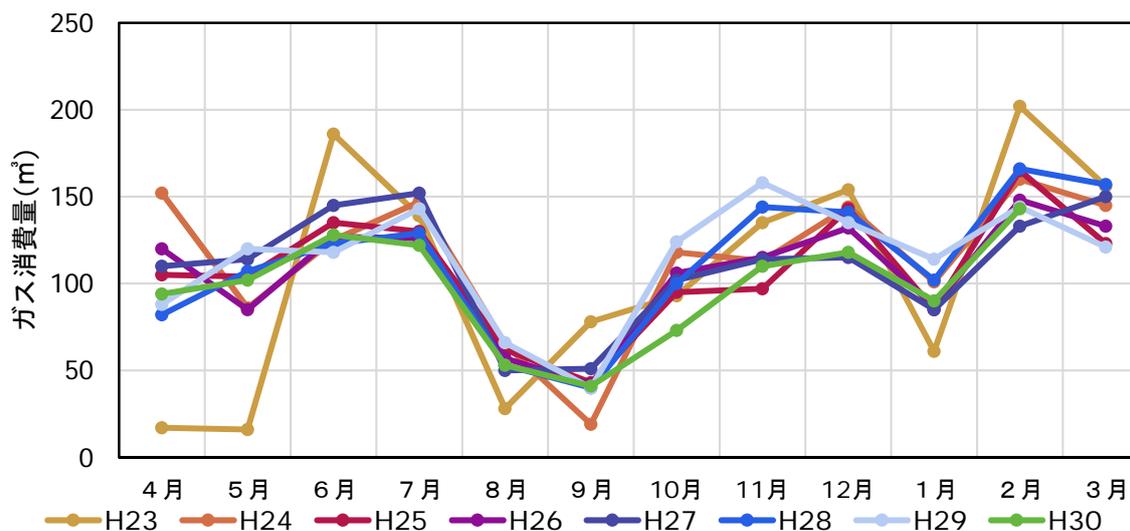


図4-15 平成23年度から平成30年度のLPガス消費量の状況

4.4.5 一次エネルギー消費量の経年変動

(1) 経年変動

- 平成23年度から30年度までの検針票に基づく、電力、灯油の消費量を一次エネルギーに換算したものを表4-9、図4-16に示す。LPガスは調理用途のみに用いられており、暖房用途としては用いられていないため対象外とする。また、平成23年度から平成30年度の外気温変化を図4-18に示す。
- エコ改修後（平成29年度（創エネなし）：1,863GJ）の一次エネルギー消費量が、エコ改修前（平成25年度：1,572GJ）と比べ18.5%増加したことが分かる。
- 創エネあり・なしの比較から、創エネによって一次エネルギー消費量が23.2%削減されたことが分かる（平成29年度（創エネなし）：1,863GJ、平成29年度（創エネあり）：1,430GJ）。
- 年間で最も一次エネルギー消費量が大きくなるのは1月～2月であり、電力の一次エネルギー消費量換算値と重なることから、一次エネルギー消費量は暖房用途が支配的であると考えられる。
- 夏期（平成30年度（創エネなし）7月：167GJ）と冬期（平成30年度（創エネなし）2月：253GJ）の一次エネルギー消費量を比べると、冬期の方が1.5倍程度大きくっており、暖房やトイレの凍結防止ヒーター稼働が、冬期のエネルギー消費量の増加の要因と考えられる。

表4-9 一次エネルギー消費量の状況（平成23年度～平成30年度）

（単位：GJ）

	H23			H24			H25			H26			H27		
	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計
4月	40	37	77	83	0	83	75	3	78	75	33	108	74	0	74
5月	50	0	50	84	0	84	79	0	79	76	0	76	79	44	123
6月	67	0	67	95	0	95	117	0	117	107	0	107	107	0	107
7月	60	0	60	116	0	116	120	0	120	121	0	121	129	0	129
8月	53	0	53	95	0	95	101	0	101	102	0	102	86	0	86
9月	87	0	87	117	0	117	113	0	113	103	0	103	92	0	92
10月	68	0	68	87	0	87	79	0	79	84	0	84	74	0	74
11月	80	10	90	103	54	157	107	7	114	105	0	105	97	14	111
12月	75	68	143	143	69	212	98	77	175	88	55	143	99	5	104
1月	68	187	255	140	115	255	118	55	173	102	92	194	80	66	146
2月	96	114	210	160	98	258	154	81	235	123	114	237	121	14	135
3月	91	121	212	110	88	198	122	66	188	93	55	148	102	69	171
合計	835	537	1,372	1,333	424	1,757	1,283	289	1,572	1,179	349	1,528	1,140	212	1,352

冬期(2月)は夏期(7月)の1.5倍程度一次エネルギーを消費している

	H28 (創エネなし)			H28 (創エネあり)			H29 (創エネなし)			H29 (創エネあり)			H30 (創エネなし)			H30 (創エネあり)		
	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計	電力	灯油	合計									
4月	91	7	98	91	7	98	132	0	132	89	0	89	145	0	145	107	0	107
5月	79	0	79	79	0	79	97	0	97	67	0	67	135	0	135	98	0	98
6月	105	0	105	105	0	105	129	0	129	92	0	92	139	0	139	100	0	100
7月	138	0	138	138	0	138	151	0	151	115	0	115	167	0	167	112	0	112
8月	101	0	101	101	0	101	116	0	116	84	0	84	136	0	136	104	0	104
9月	127	0	127	127	0	127	135	0	135	107	0	107	110	0	110	83	0	83
10月	105	4	109	80	4	84	108	17	125	81	17	98	125	7	132	89	7	96
11月	146	38	184	115	38	153	126	7	133	97	7	104	152	4	156	117	4	121
12月	165	11	176	134	11	145	171	13	184	134	13	147	195	15	210	160	15	175
1月	142	16	158	106	16	122	141	10	151	114	10	124	242	6	248	194	6	200
2月	196	9	205	149	9	158	282	21	303	223	21	244	237	16	253	178	16	194
3月	166	14	180	132	14	146	195	12	207	147	12	159	-	-	-	-	-	-
合計	1,561	99	1,660	1,357	99	1,456	1,783	80	1,863	1,350	80	1,430	-	-	-	-	-	-

23.2%減

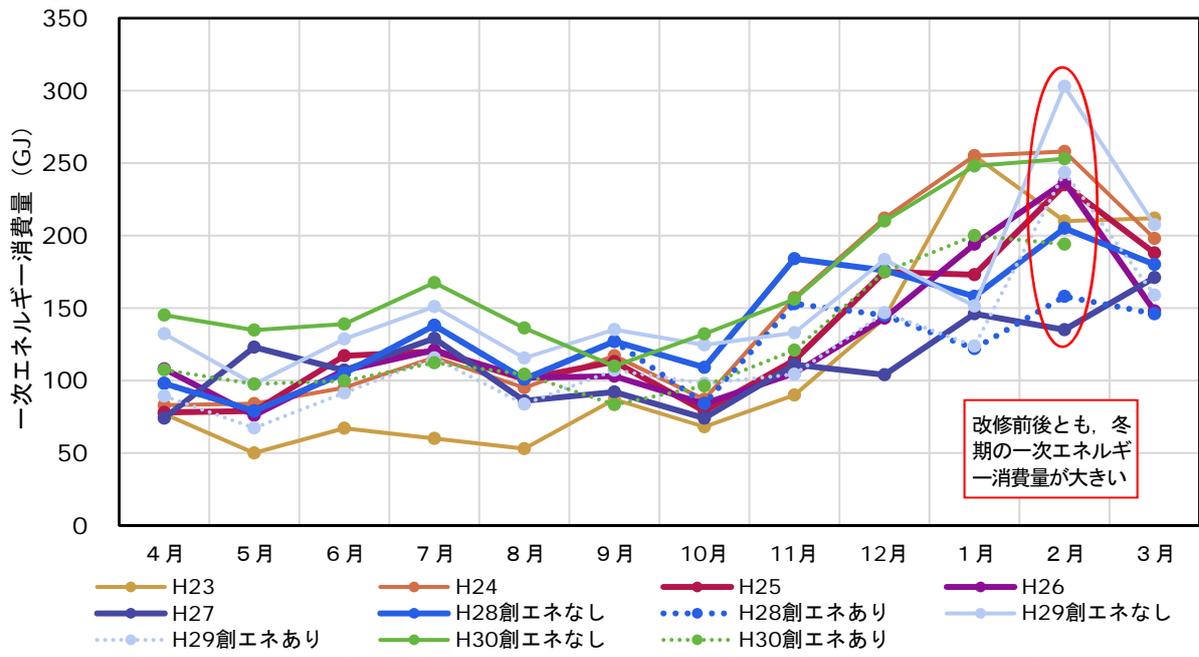


図 4-16 平成 23 年度から平成 30 年度の一次エネルギー消費量の状況 (給食室含む)

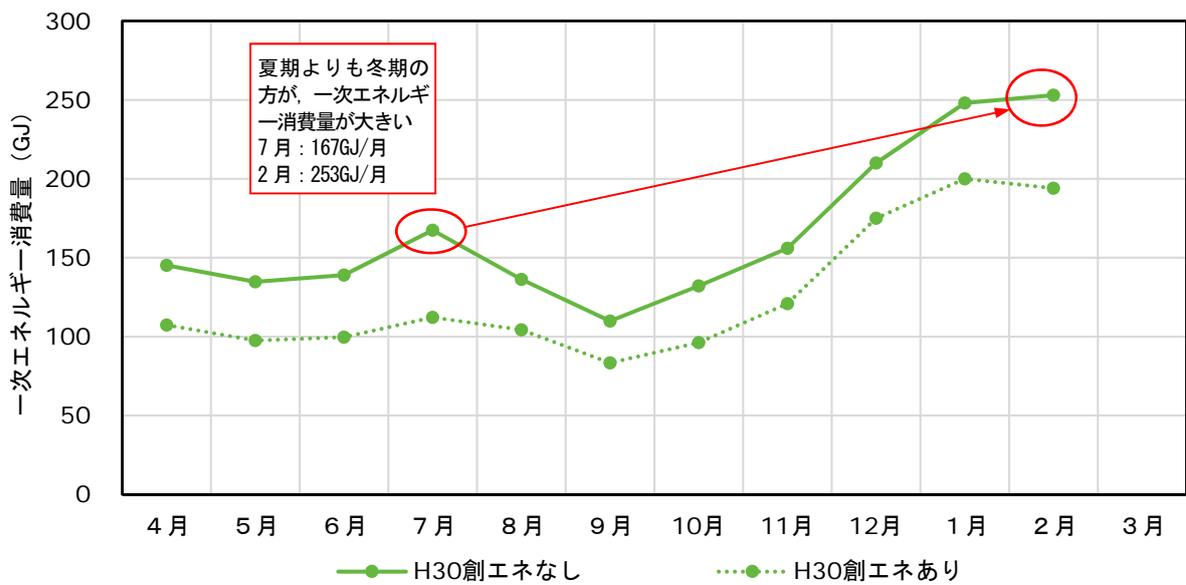


図 4-17 平成 30 年度の一次エネルギー消費量の状況 (給食室含む)

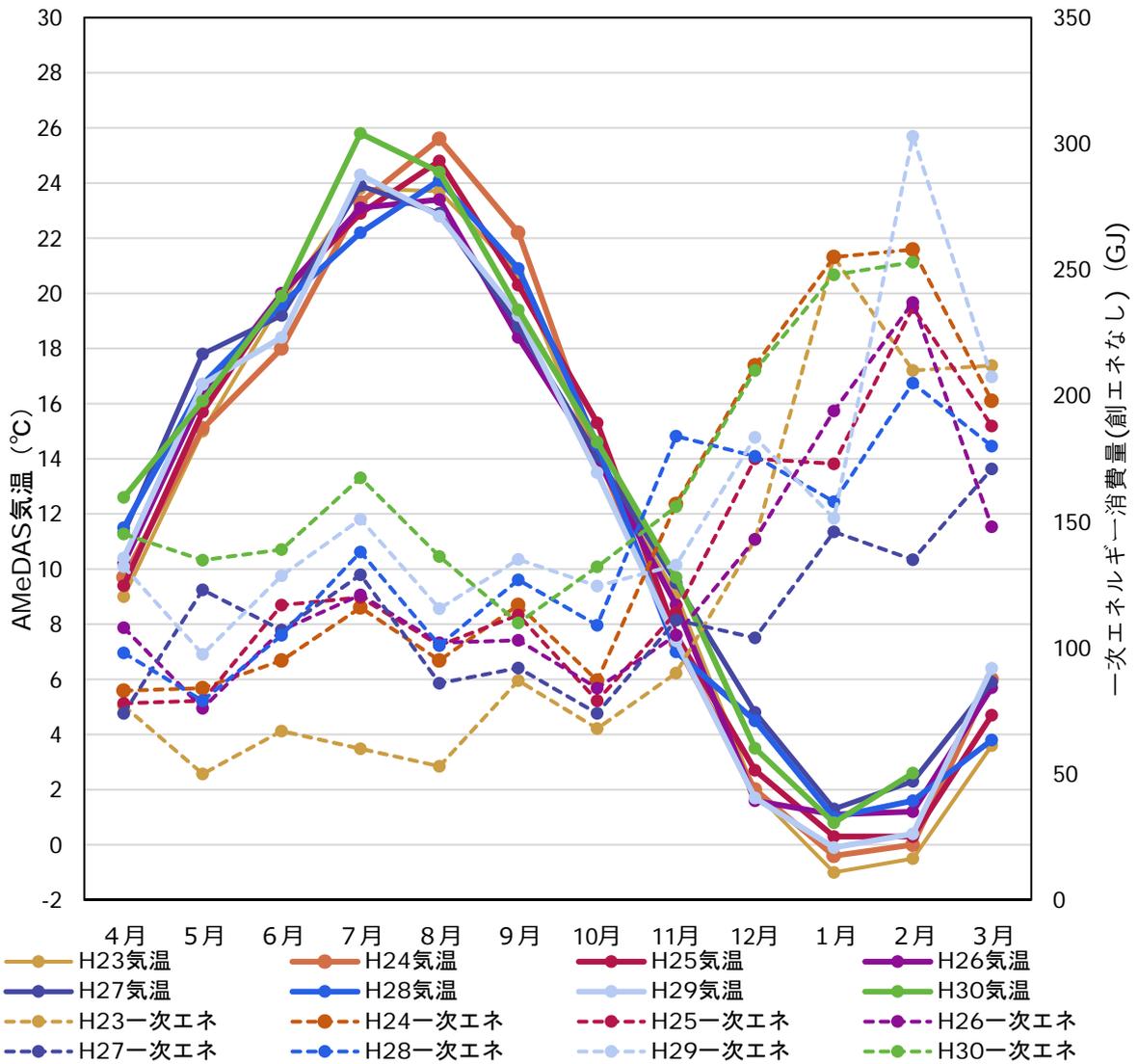


図 4-18 平成 23 年度から平成 30 年度の外気温と一次エネルギー消費量の状況

(2) 月変動

- ・平成 30 年度において、校舎では暖房用途として灯油及び LP ガスが用いられておらず、エネルギー削減の対象となる一次エネルギーは電力のみである。
- ・電力消費量（給食室除く）を一次エネルギー消費量換算した結果を表 4-10、図 4-19 に示す。

表 4-10 用途別一次エネルギー消費量の比較（平成 30 年度）

(単位：MJ)

	西校舎電灯 (照明・コンセント等)	東校舎電灯 (照明・コンセント等)	体育館電灯 (照明・コンセント等)	グラウンド照明	西校舎 EHP空調動力	東校舎 EHP空調動力	その他	月合計
6月	30,050	13,051	6,022	9,900	12,084	5,982	50,528	138,990
7月	24,327	12,502	4,447	8,036	26,889	16,590	63,130	167,461
8月	22,123	11,286	7,228	8,903	13,061	9,422	56,998	136,238
9月	31,156	13,130	8,375	9,655	10,528	5,593	20,528	109,882
10月	39,631	17,069	9,023	15,807	9,003	4,247	19,182	125,180
11月	51,894	23,739	9,013	16,743	14,187	6,191	18,066	151,524
12月	60,857	31,964	11,495	5,312	36,430	17,786	20,359	194,684
1月	66,899	35,902	16,859	0	57,058	31,106	21,874	241,952
合計	326,936	158,643	72,462	74,354	179,241	96,918	270,666	1,265,911

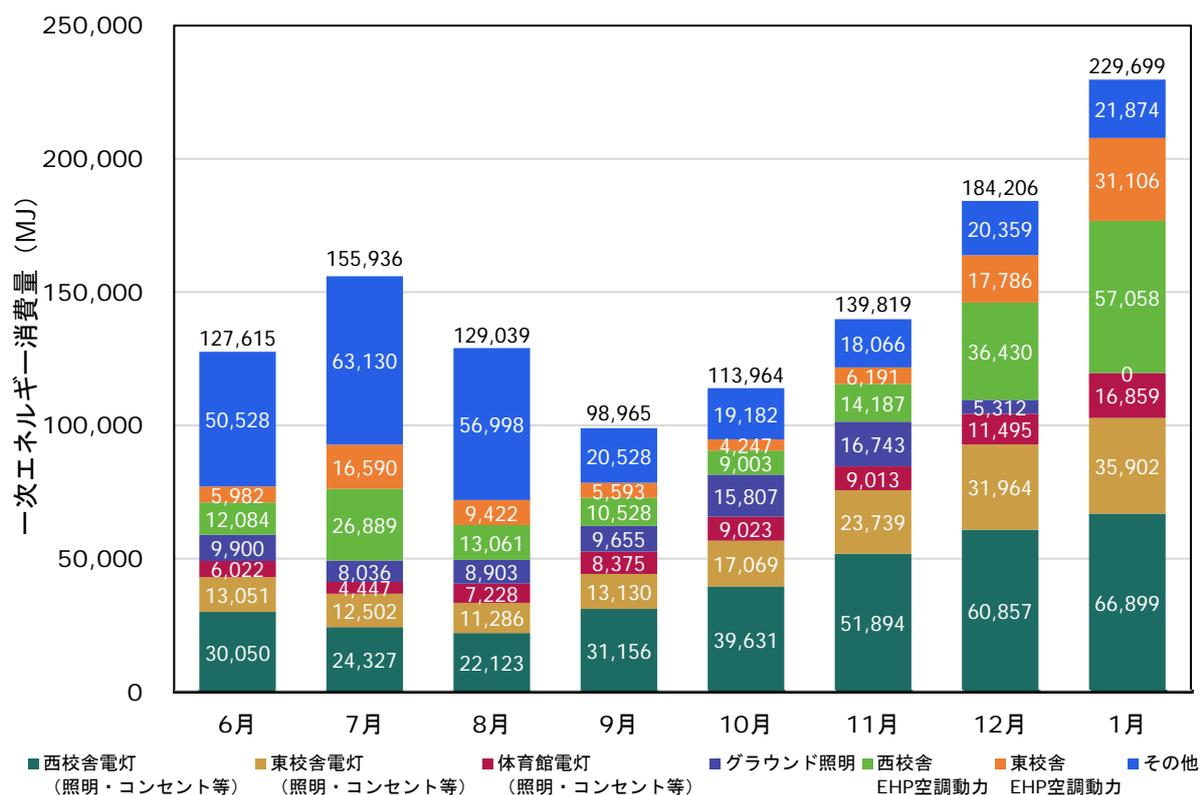


図 4-19 用途別一次エネルギー消費量の比較（平成 30 年度）

5. 機器測定による教室内外の実測調査

5.1 調査項目

温湿度，CO₂濃度，表面温度，ナイトパーズ効果について調査を実施した。

5.2 使用する計測機器

測定に使用する機器を表 5-1 に示す。温湿度測定の間隔は 10 分，CO₂濃度測定の間隔は 30 分とし，1 か月に 1 回程度現地にてデータ回収を行った。また，表面温度は季節ごとに測定を行い，風速はナイトパーズの効果を測定するため，夏期の夜間に測定を行った。

表 5-1 温熱環境測定機器の概要

項目		測定機器	メーカー	型番	写真
温湿度	屋内外	温湿度計	(株) 藤田電機 製作所	KT-255F	
表面温度	代表教室	サーモカメラ	FLIR	FLIR C2	
CO ₂ 濃度	屋内外	ワイヤレス CO ₂ ロガー	東邦電子 (株)	TSW - 04A	
風速	校舎内 (夜間)	風速計	日本カノマッ クス (株)	本体 : 6501-00 プローブ : 6531-21	

5.3 測定点

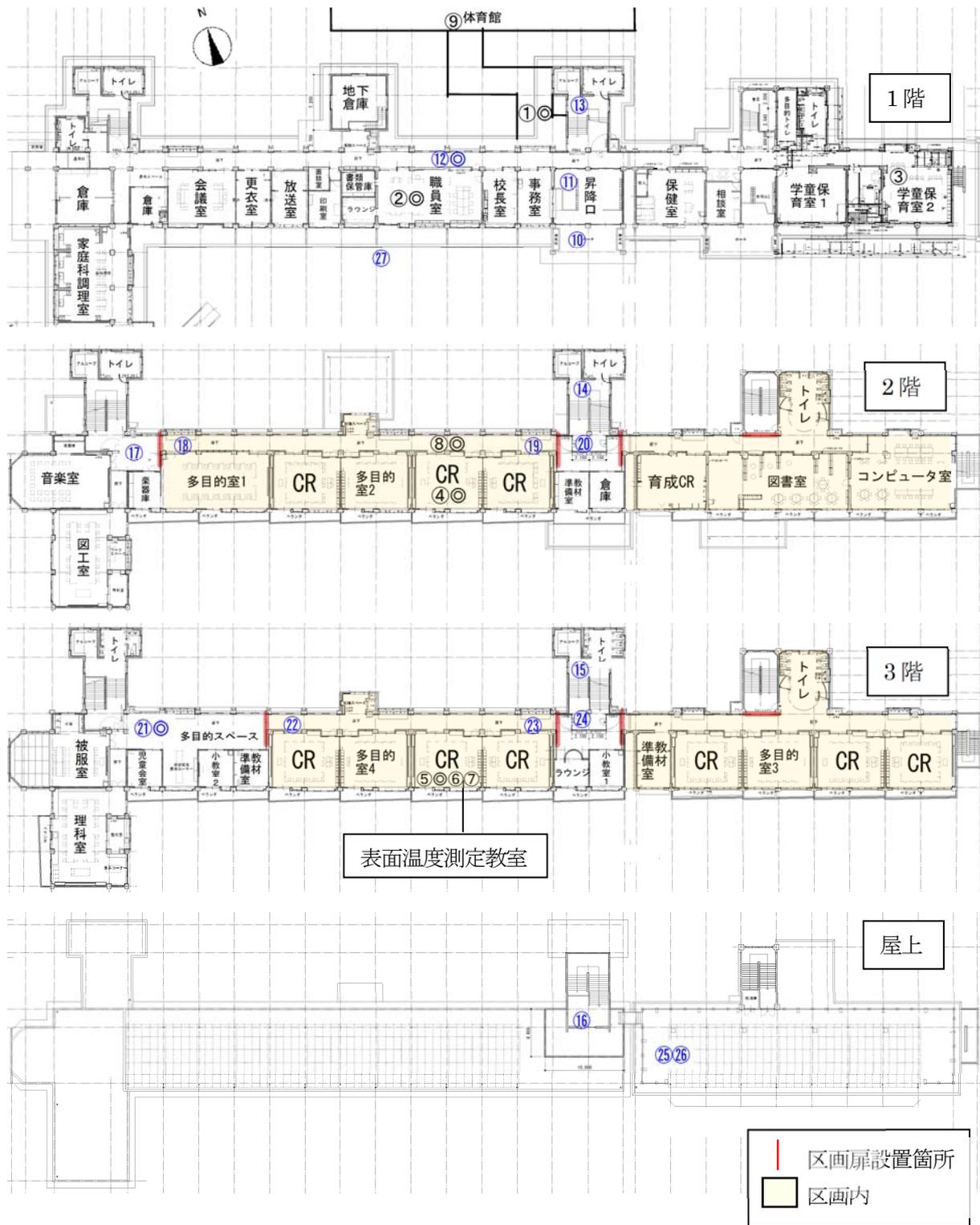
温湿度及びCO₂濃度測定箇所と表面温度測定教室を表5-2、図5-1に示す。表面温度の測定は西校舎3階普通教室にて行う。

表5-2 温湿度及び二酸化炭素濃度測定点

番号	温湿度測定点	番号	温湿度測定点
①	屋外（校舎北側渡り廊下）◎	⑮	3階中央トイレ
②	職員室◎	⑯	屋上階段室
③	東校舎1階学童保育室	⑰	西校舎2階西側区画扉外
④	西校舎2階普通教室◎	⑱	西校舎2階西側区画扉内
⑤	西校舎3階普通教室（床上1,100mm）◎	⑲	西校舎2階東側区画扉内
⑥	同上（天井表面）	⑳	西校舎2階東側区画扉外
⑦	同上（床上50mm）	㉑	西校舎3階西側区画扉外（多目的スペース）◎
⑧	西校舎2階普通教室前廊下◎	㉒	西校舎3階西側区画扉内
⑨	体育館	㉓	西校舎3階東側区画扉内
⑩	昇降口（屋外）	㉔	西校舎3階東側区画扉外
⑪	昇降口（屋内）	㉕	屋外（屋上太陽光パネル横）
⑫	西校舎1階職員室前廊下◎	㉖	屋外（屋上太陽光パネル裏）
⑬	1階中央トイレ	㉗	屋外（百葉箱）（温度のみ測定）
⑭	2階中央トイレ		

※青文字は今回（エコ改修後）新たに測定する箇所，その他は平成24年度と同様の測定箇所

※◎はCO₂濃度の測定箇所を示す



- ・各教室は床上 1,100mm で測定
- ・⑤は床上 1,100mm, ⑥は天井表面, ⑦は床上 50mm で測定
- ・⑧⑨⑫及び⑰～⑳は床上 2,000mm で測定
- ・表面温度は, 南校舎 3 階の普通教室にて測定
- ・区画扉は, 夏期は開き冬期は閉じる運用

図 5-1 測定対象教室等の位置見取り図

5.4 測定結果と分析

5.4.1 概要

- ① 教室内外の温湿度について
 - ・年間を通して教室内温度は学校環境衛生基準内であることを確認した。
 - ・冬期において、暖房区画扉内外の温度差は5°C程度生じており、エコ改修によって設置した暖房区画扉の効果が出ていることを確認した。
- ② 教室内外の熱環境について
 - ・夏期の冷房稼働時は、教室内の表面温度（26.9°C～28.5°C）は、室内温度（26.0°C）以上、外気温（29.0°C）以下であることを確認した。
 - ・冬期の暖房稼働時は、廊下の表面温度（6.2°C～7.9°C）は、教室内温度（18.4°C）よりも低く、外気温（8°C）と同程度であるため、教室から廊下への放熱が少ないことを確認した
- ③ 教室内外のCO₂濃度について
 - ・夏期及び中間期は、学校環境衛生基準内であり、適切なCO₂濃度が保たれていることを確認した。
 - ・冬期の暖房稼働時には、普通教室内で授業中にCO₂濃度が高くなり、学校環境衛生基準を上回る時間帯があることを確認した。
- ④ ナイトパーズ効果測定について
 - ・対象校にはナイトパーズの給気用として、各教室にサッシ一体型手動開閉ガラリ及び設備給気口が設置されており、排気については、各トイレに設置されている換気扇（24時間換気）を利用している。
 - ・ナイトパーズ装置開とした際、給気量は概ね20～50 m³/hであり、設備給気口からの給気量設計値（60 m³/h、設計者へのヒアリングによる）に達していない。
 - ・ナイトパーズ装置の開閉による教室内温度差は小さく、ナイトパーズ装置として期待される効果は得られなかったため、ナイトパーズ装置としての給気量が不十分であることが想定される。
 - ・ナイトパーズとしての効果を得るためには、現況の3.5倍の給気量が必要であると考えられる。

5.4.2 教室内外の温湿度

- ・校舎内における開校日の昼間（8:00～16:00）の月平均温湿度変動を図 5-2 に示す。また、各地点における 1 週間の温湿度変動を図 5-3～図 5-11 にそれぞれ示す。
- ・夏期（8 月）における校舎内の平均温度は、外気温（25.0℃）と同程度～1.3℃高いが、普通教室の温度は学校環境衛生基準⁶に保たれていることが分かる（図 5-2）。
- ・夏期（8 月）において、職員室、普通教室、学童保育室内の温度差は小さく、室ごとで空調の運転方法に大きな違いがないと考えられる（図 5-2）。
- ・夏期（8 月）はフロアごとの温度差は小さいが、中間期及び冬期は上層階ほど温度が高いことを確認した（図 5-2）。
- ・普通教室前廊下の温度は、夏期（8 月）には普通教室よりも高く、中間期及び冬期は普通教室よりも低いことが分かる（図 5-2）。
- ・冷房稼働時は、普通教室と廊下の温度差は 2～3℃生じていることが分かる（図 5-3）。また、暖房稼働時は、普通教室と廊下の温度差は最大 5℃程度生じていることが分かる（図 5-9）。
- ・夜間の普通教室と外気の温度差は、夏期には 3～4℃、中間期及び冬期には最大 10℃程度生じていることが分かる（図 5-3、図 5-6、図 5-9）。
- ・年間を通して、体育館は、昼間には外気より温度が低く、夜間には外気よりも温度が高い傾向であることが分かる（図 5-3、図 5-6、図 5-9）。
- ・夏期の昼間は、区画扉内外の温度差はほとんどないが、冬期の昼間は、区画外に比べて区画内の方が最大 5℃程度高温であることが分かる（図 5-4、図 5-10）。また、冬期において、区画扉内に位置する 2 階廊下は、区画扉が設置されていない 1 階廊下よりも、昼間に 5℃程度高い（図 5-11）。これらより、エコ改修によって設置された区画扉の効果が出ていることが分かる。
- ・年間を通してトイレ前の温度は上層階ほど高温であり、1 階トイレ前と 3 階トイレ前の温度差は 2～3℃生じていることが分かる（図 5-5、図 5-8、図 5-11）。
- ・夏期において、外気の湿度が高い昼間には、普通教室の湿度が学校環境衛生基準⁷を上回ることが分かる（図 5-3）。
- ・冬期において、暖房稼働時に普通教室及び学童保育室の湿度が学校環境衛生基準を下回ることが分かる（図 5-9）。
- ・6 月と 7 月の校舎内における開校日の昼間（8:00～16:00）の月平均温湿度の推測値を図 5-12 に示す。8 月と 9 月の開校日日中において、屋外と各計測地点について温度と湿度の相関式を作成することで、6 月と 7 月の開校日日中の各計測地点の温湿度を推測した。

⁶学校環境衛生基準では教室等の温度は、「17℃以上、28℃以下であることが望ましい。」とされている。

⁷学校環境衛生基準では教室等の湿度は、「30%以上、80%以下であることが望ましい。」とされている。

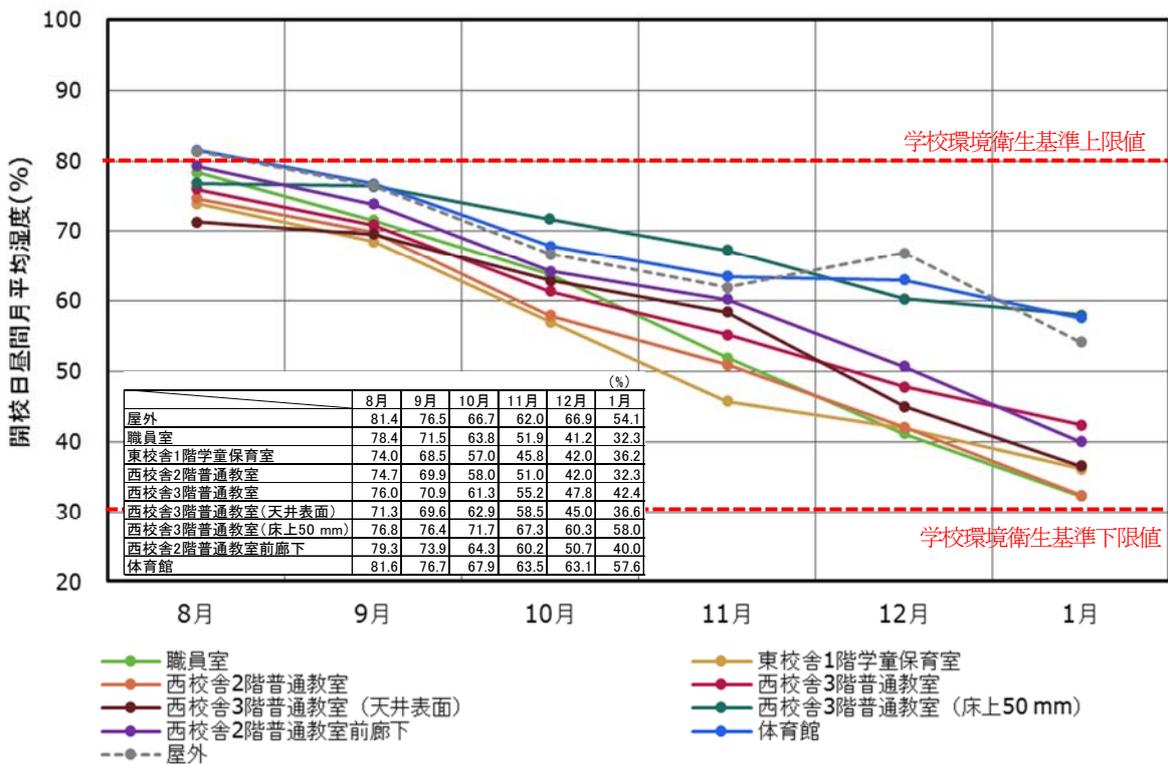
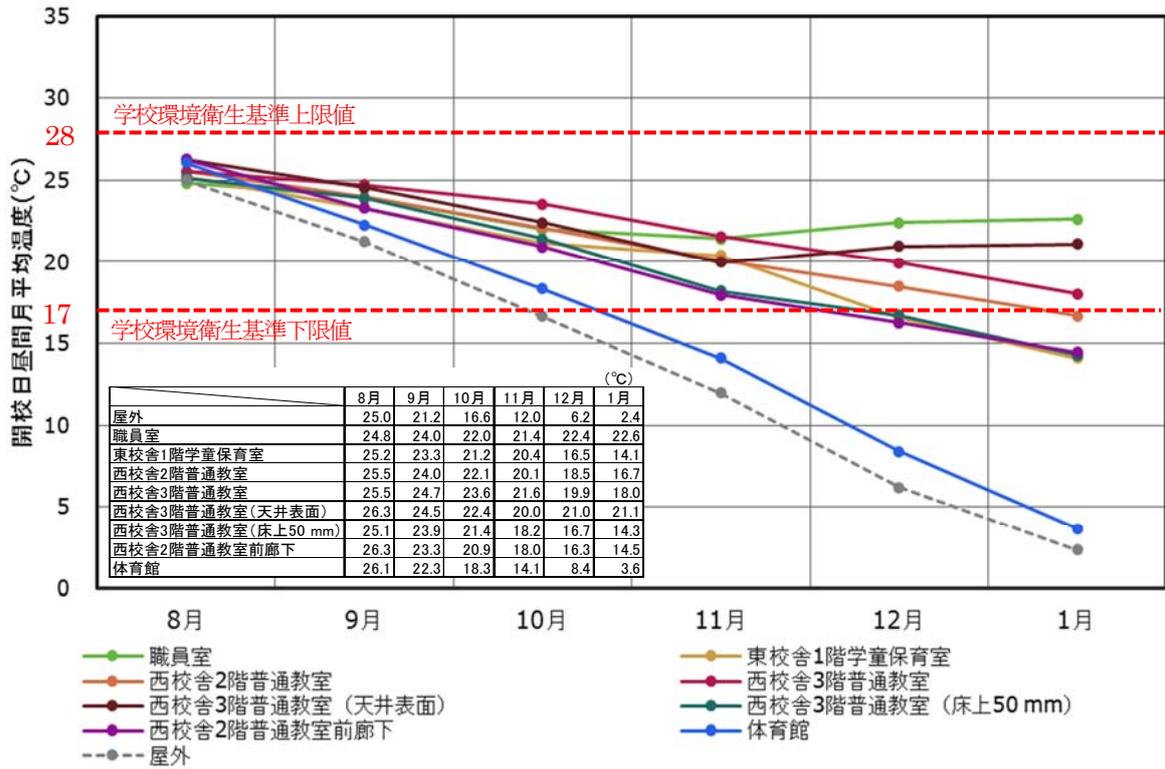


図 5-2 開校日昼間における各計測地点の月平均温湿度変動(上:温度, 下:湿度)

夏期

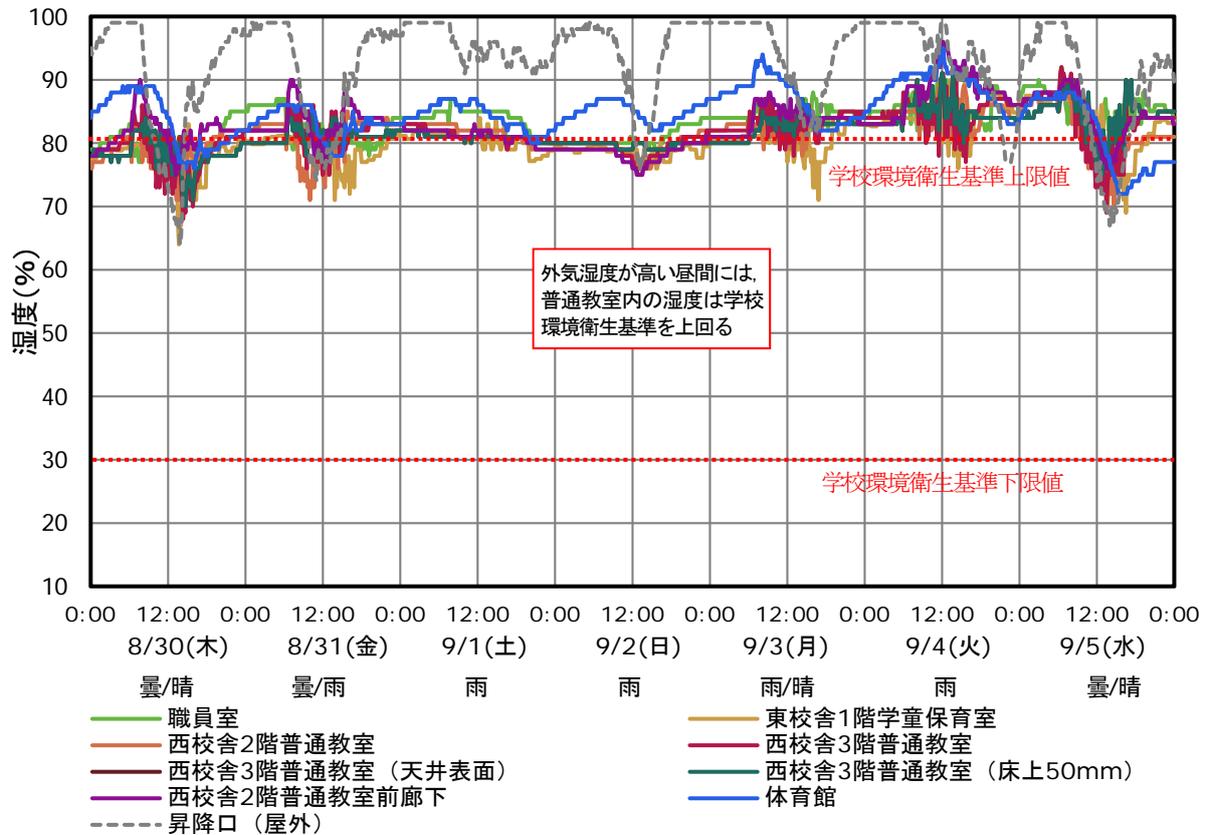
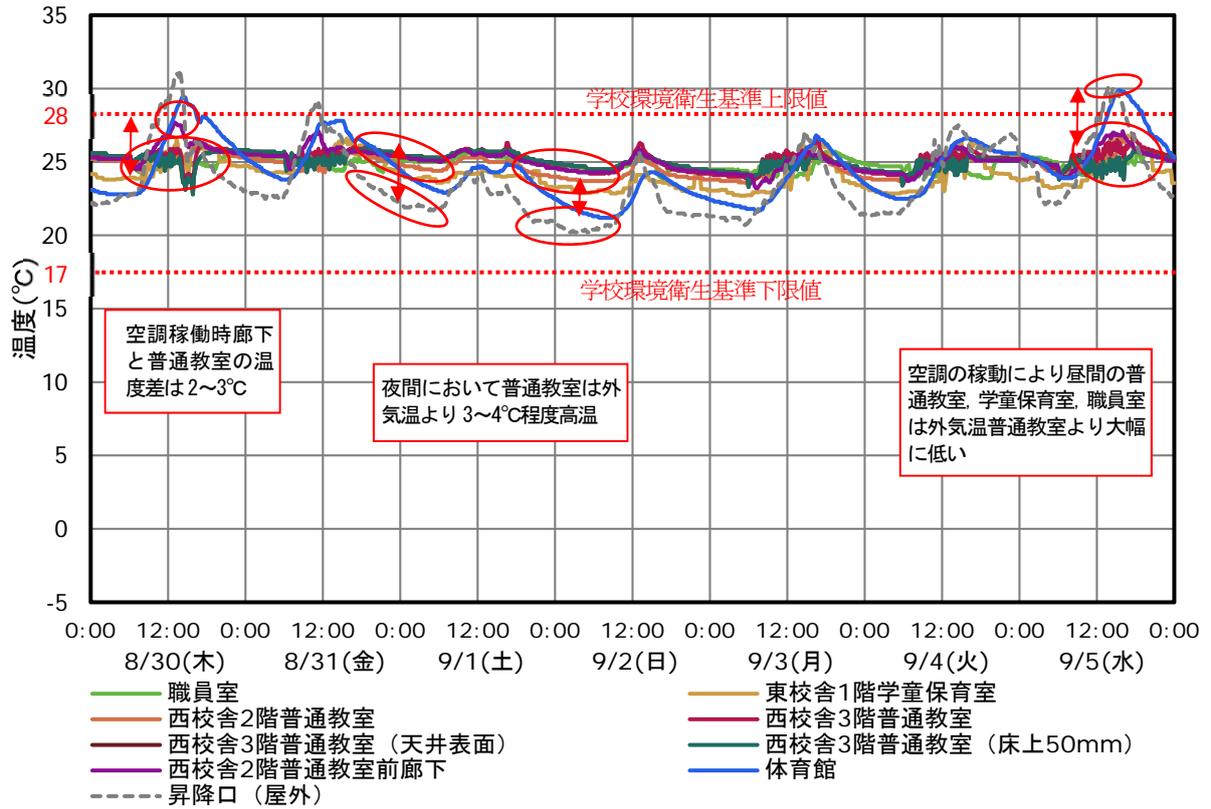


図 5-3 夏期における各計測地点の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度)

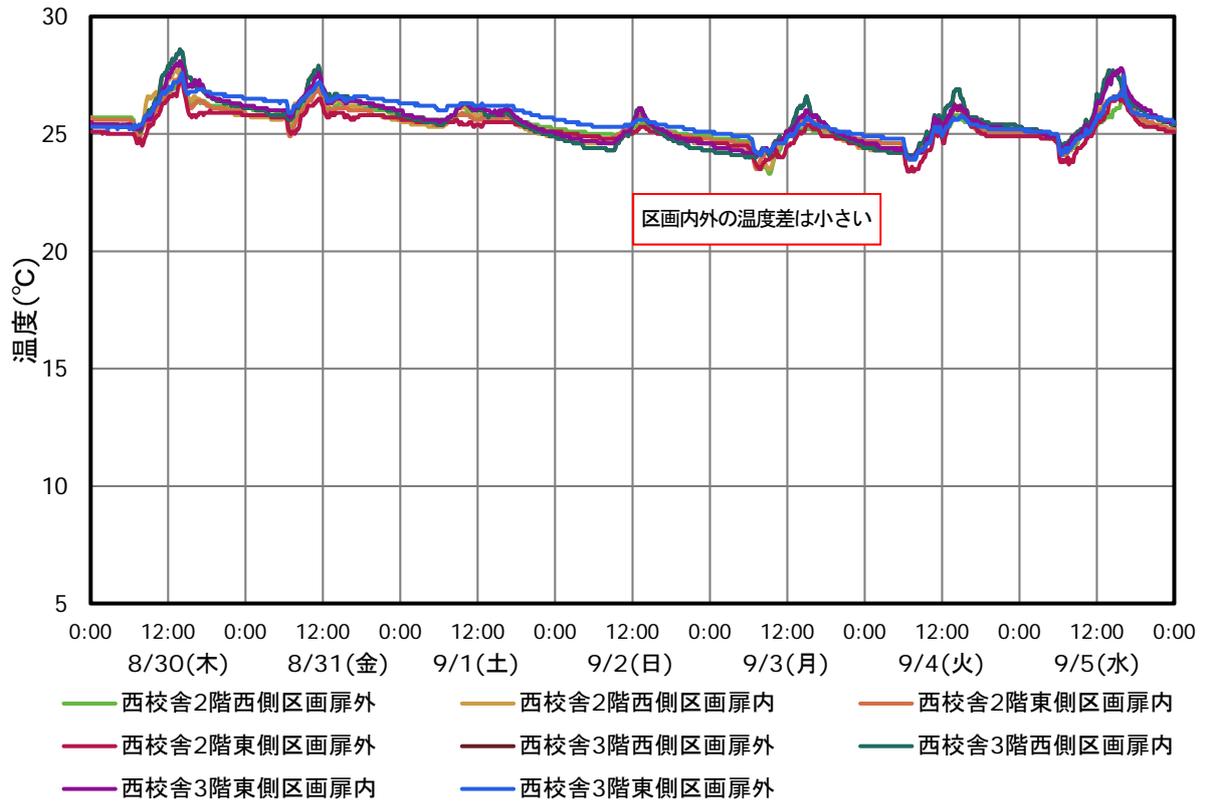


図 5-4 夏期における各区画内外の温度変動

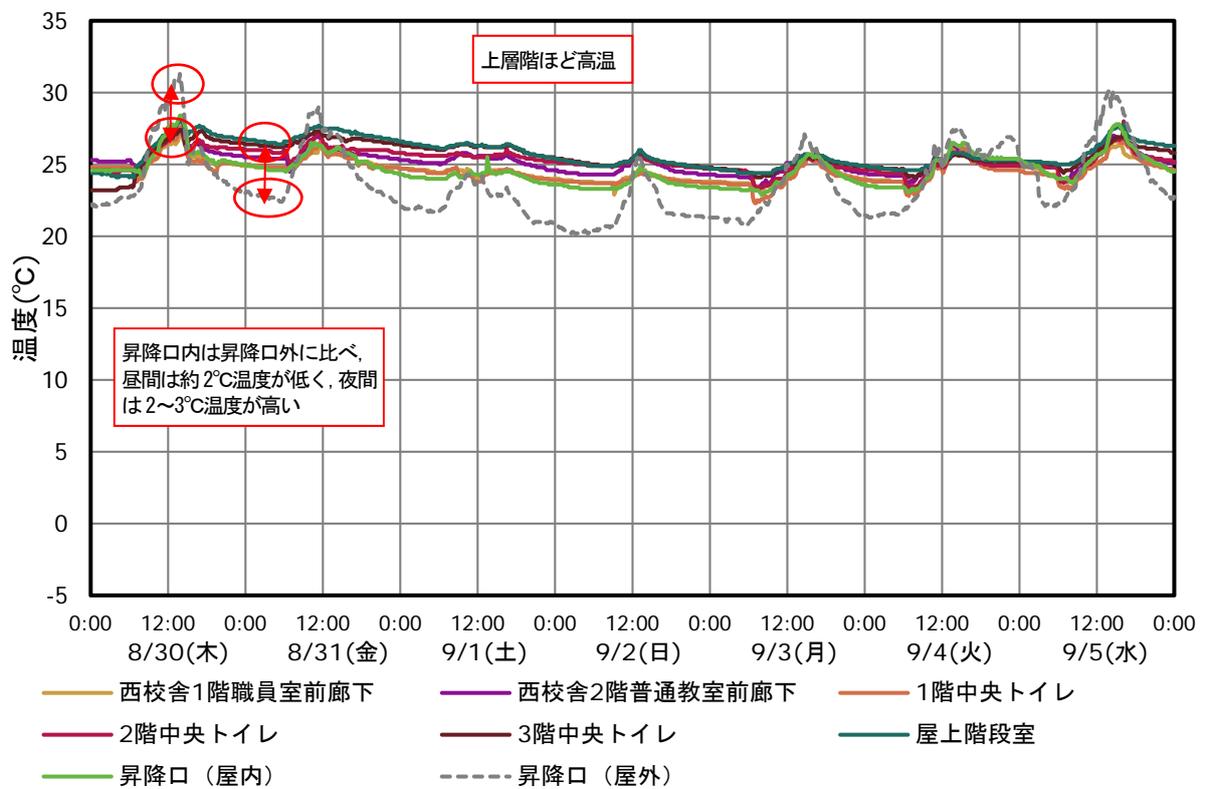


図 5-5 夏期におけるトイレ前(階段室), 廊下, 昇降口内外の温度変動

中間期

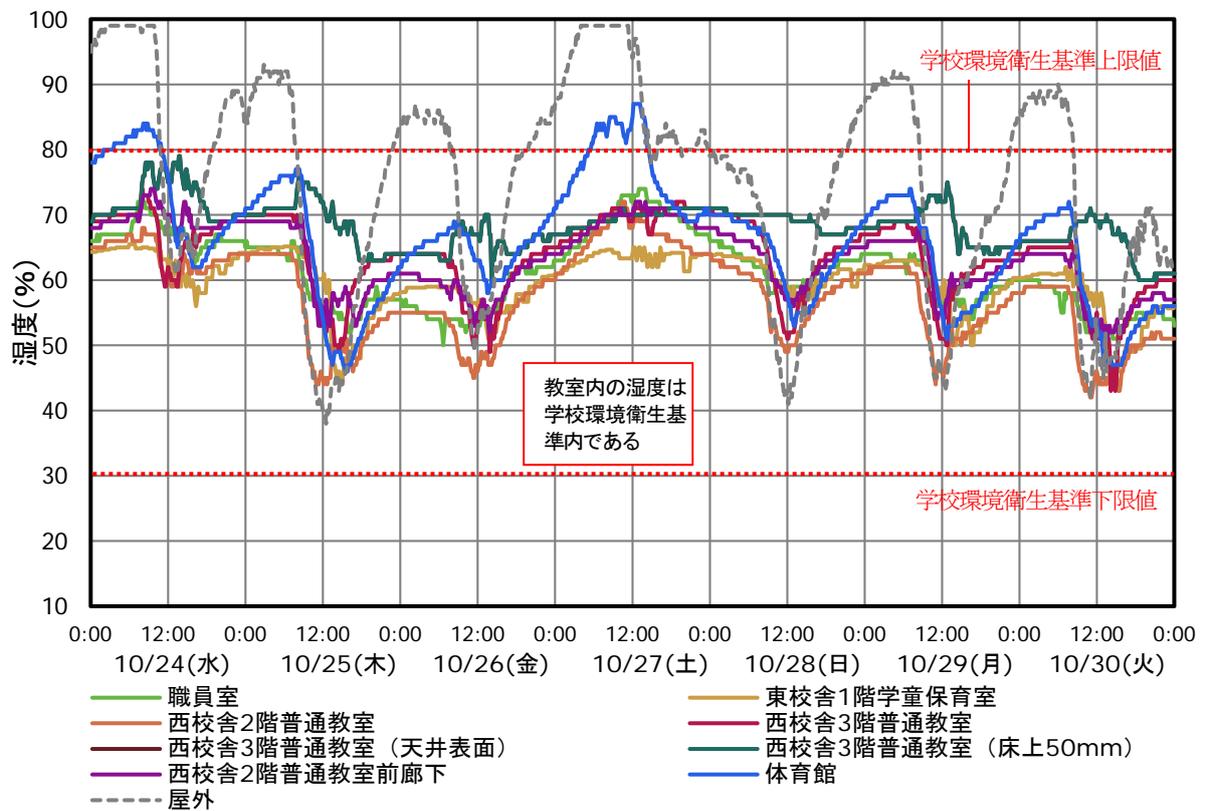
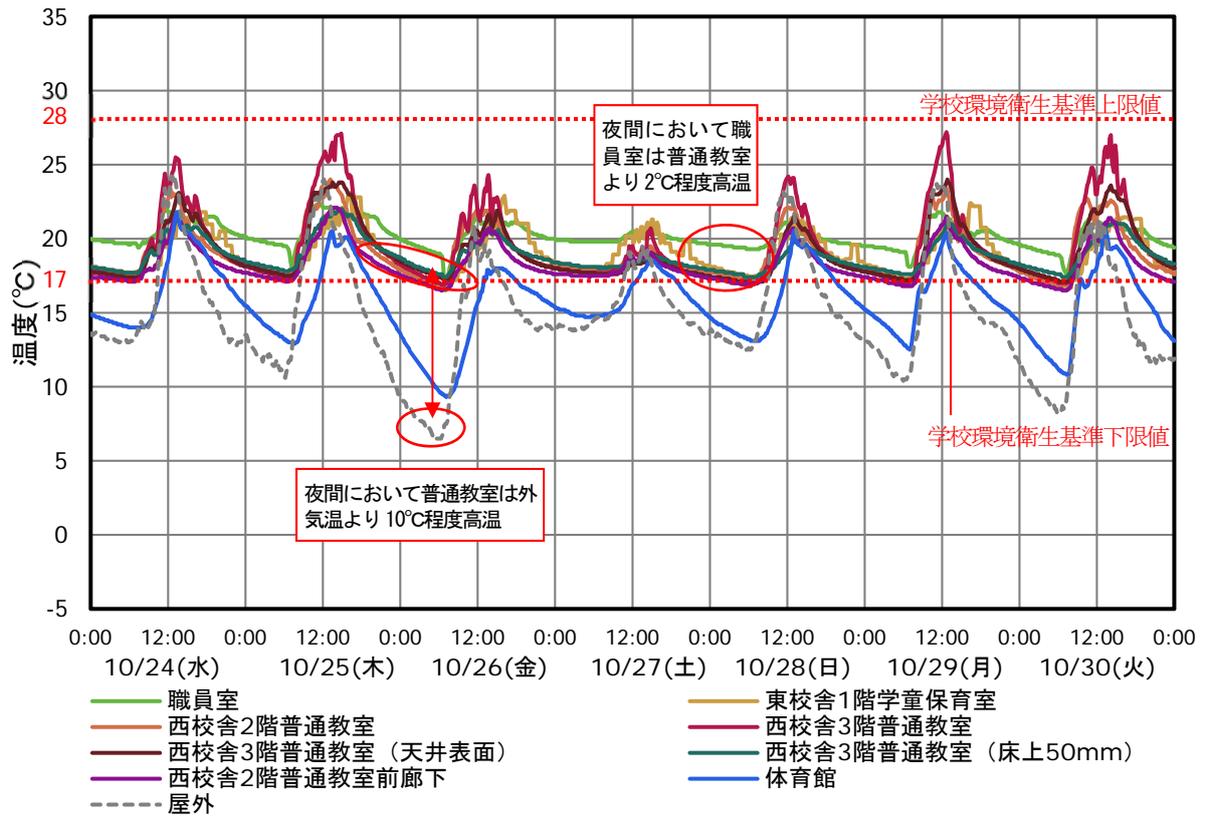


図 5-6 中間期における各計測地点の温湿度変動(上:温度, 下:湿度)

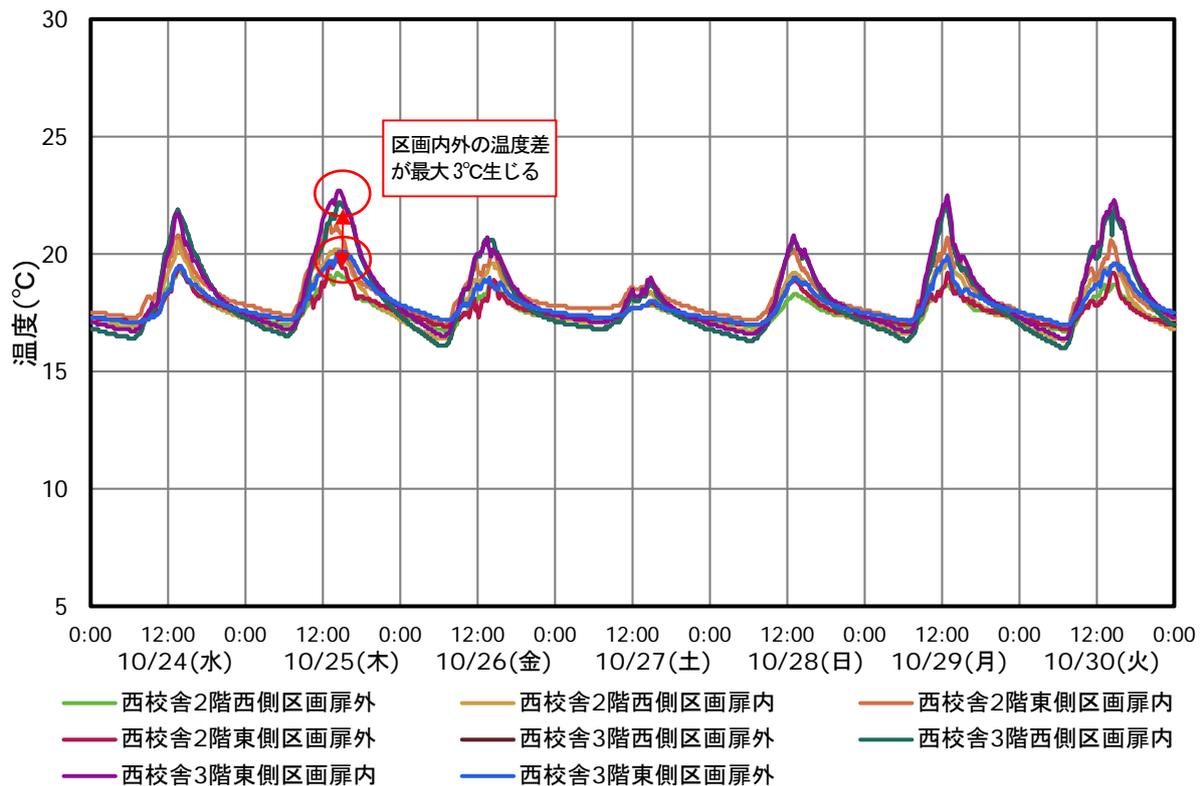


図 5-7 中間期における各区画内外の温度変動

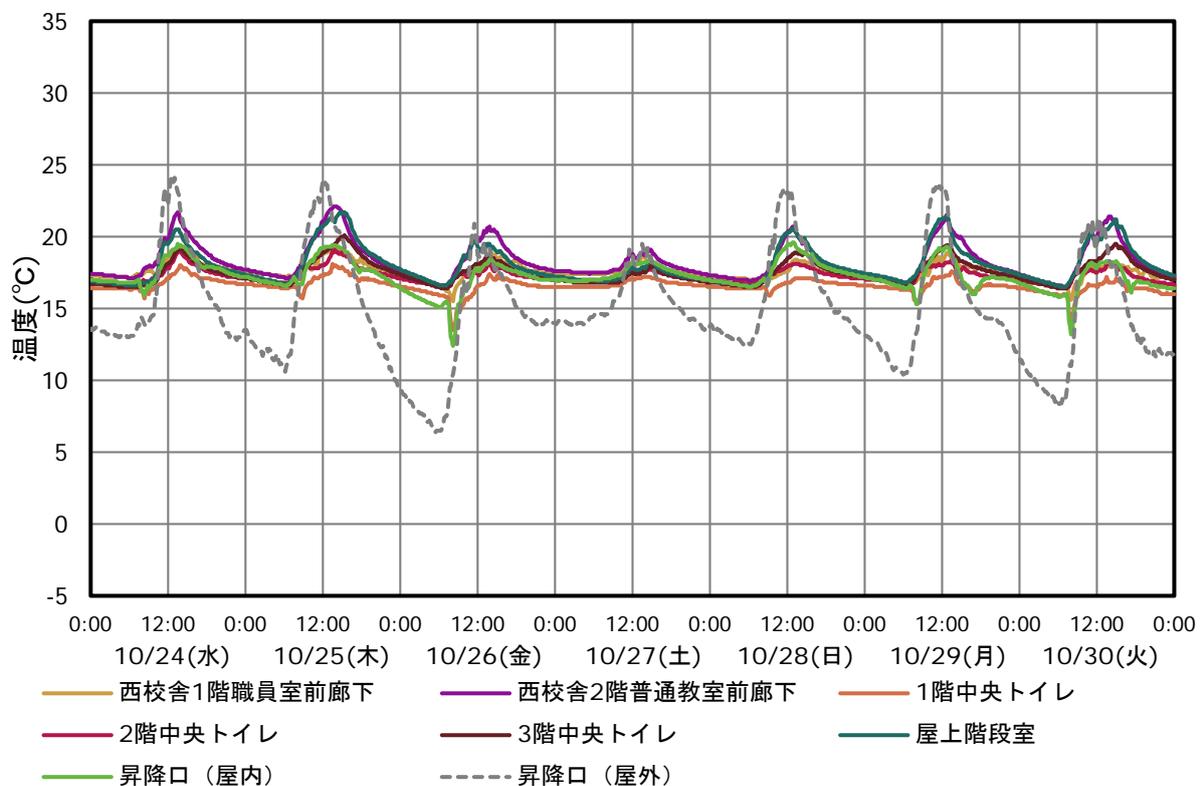


図 5-8 中間期におけるトイレ前(階段室), 廊下, 昇降口内外の温度変動

冬期

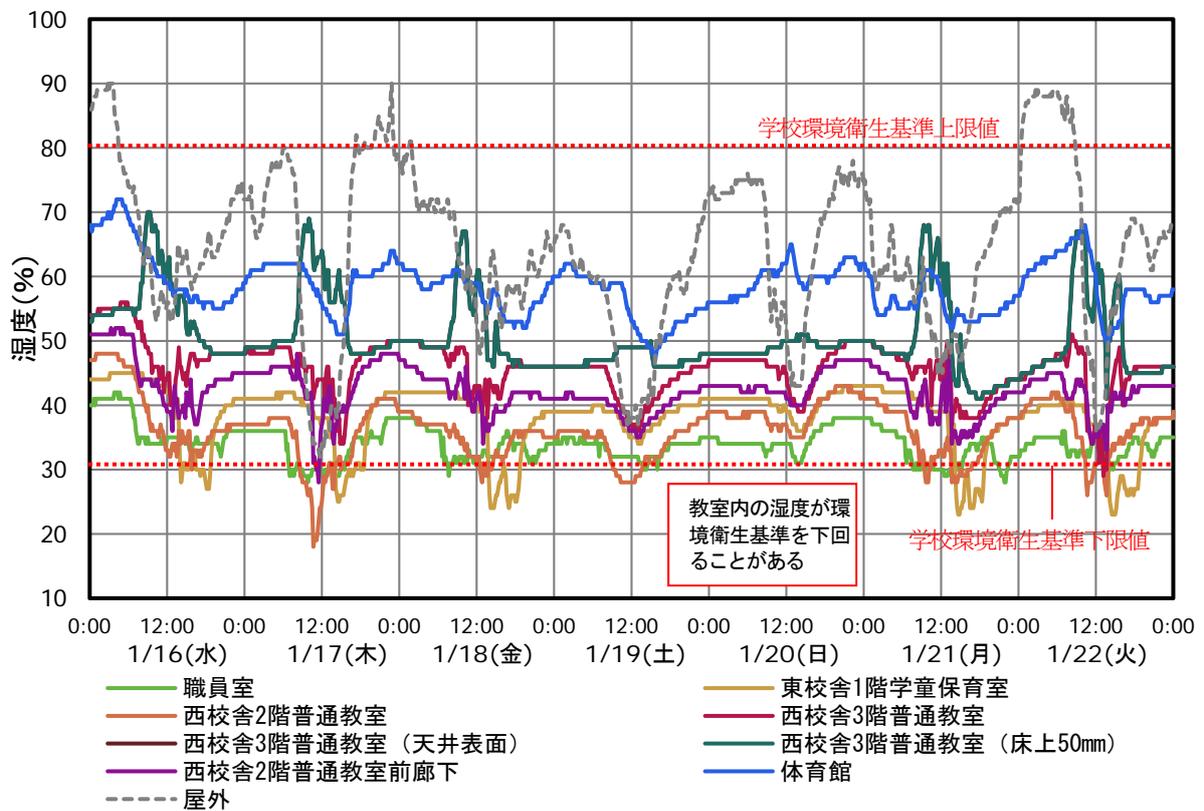
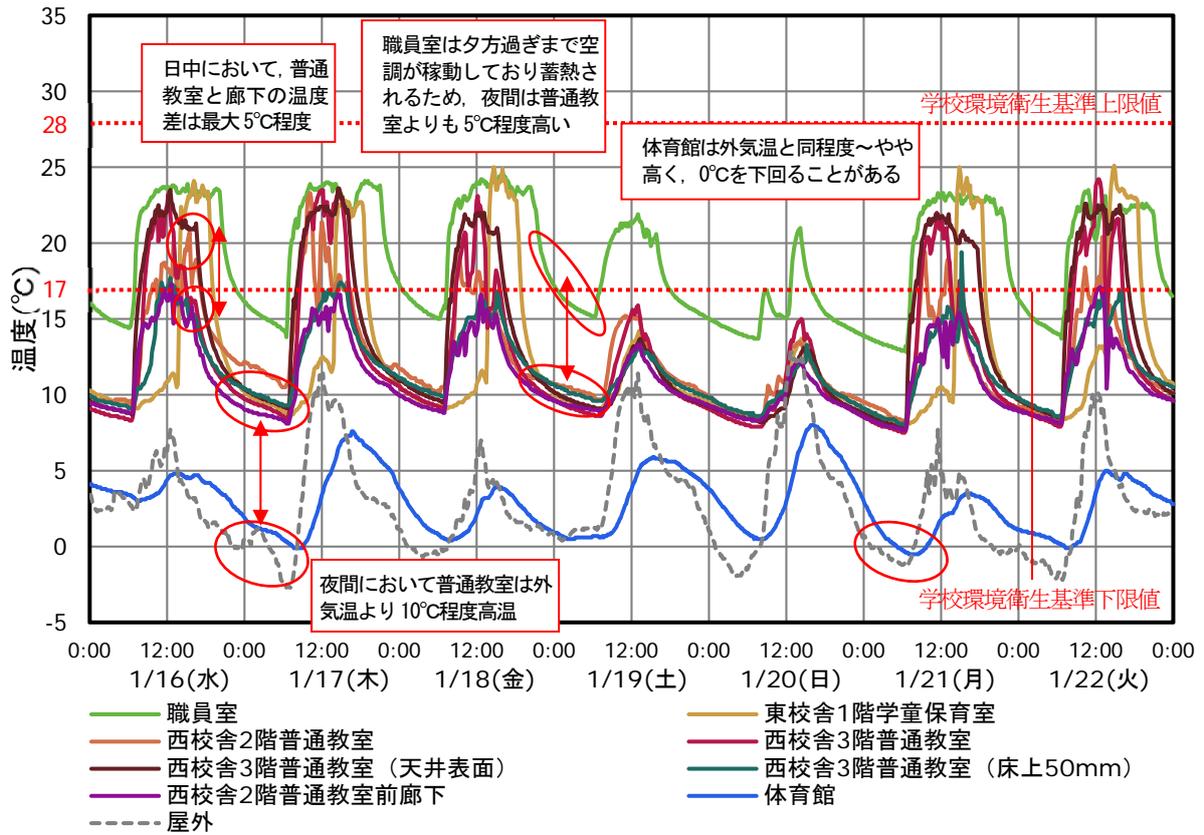


図 5-9 冬期における各計測地点の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度)

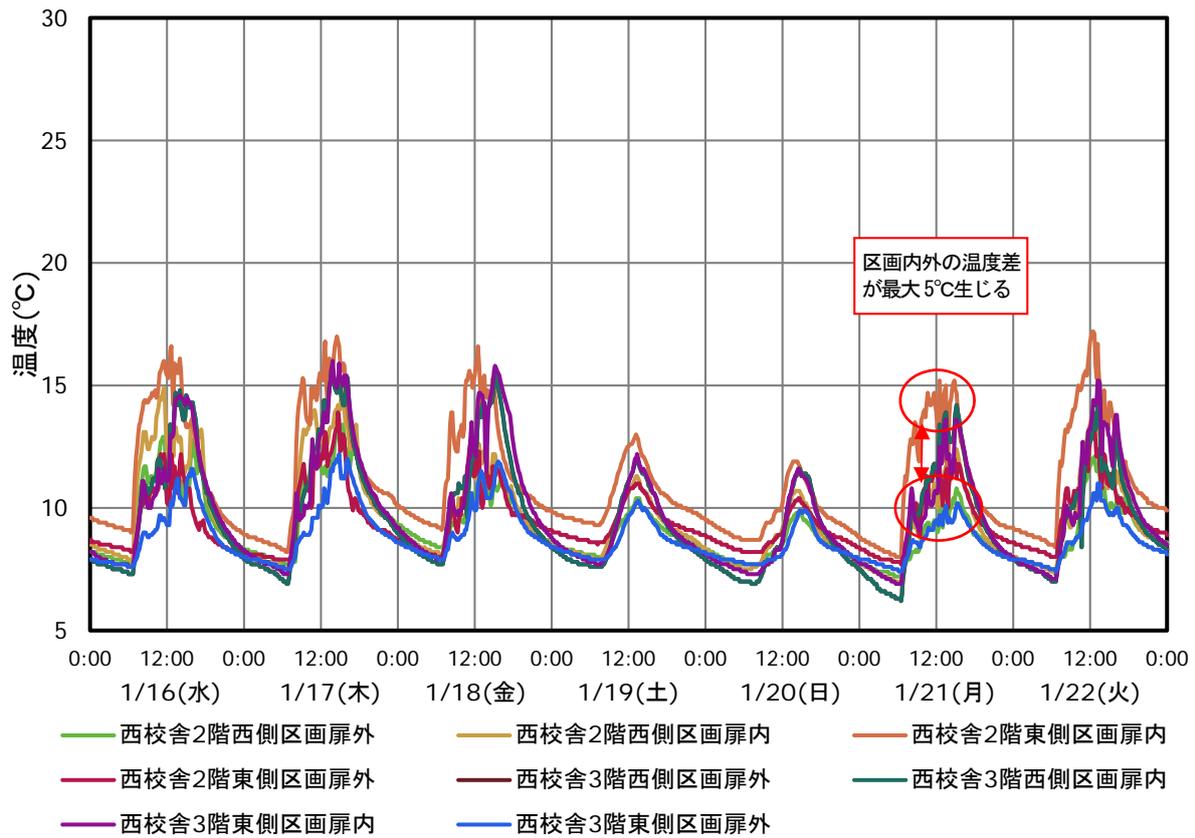


図 5-10 冬期における各区画内外の温度変動

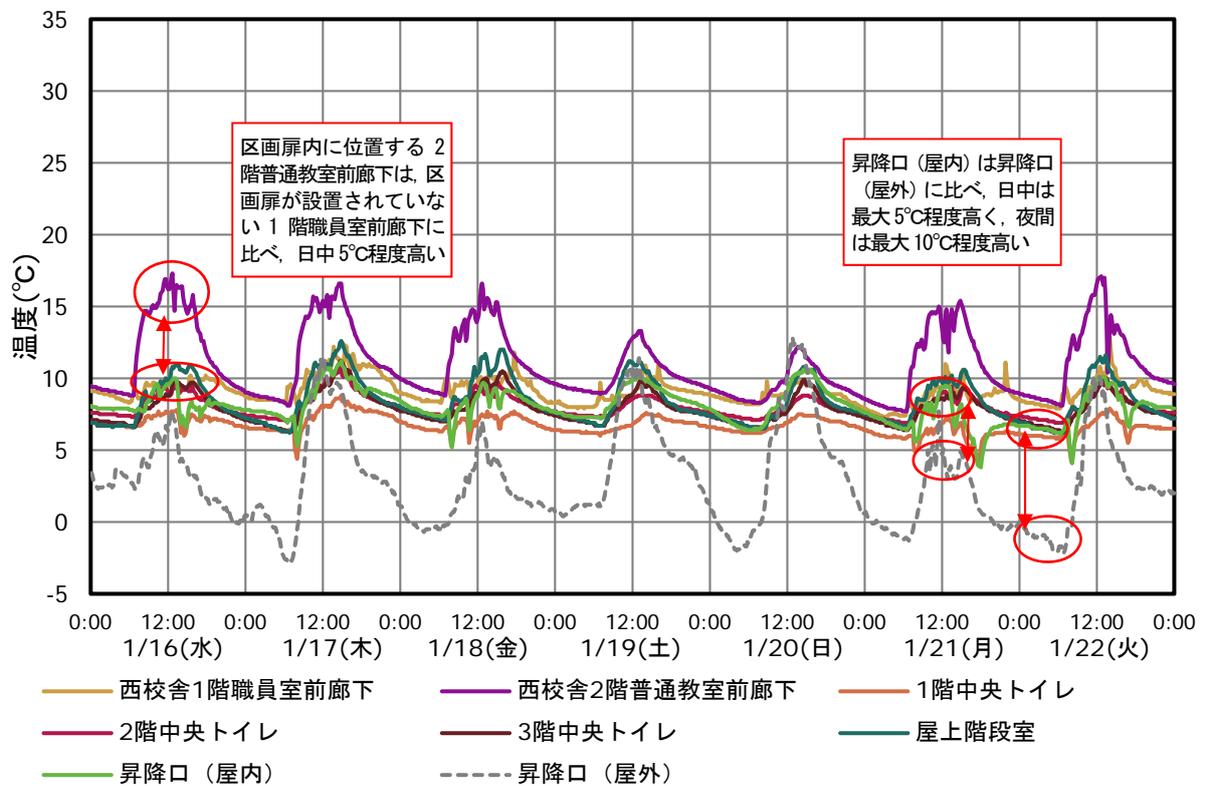


図 5-11 冬期におけるトイレ前(階段室)、廊下、昇降口内外の温度変動

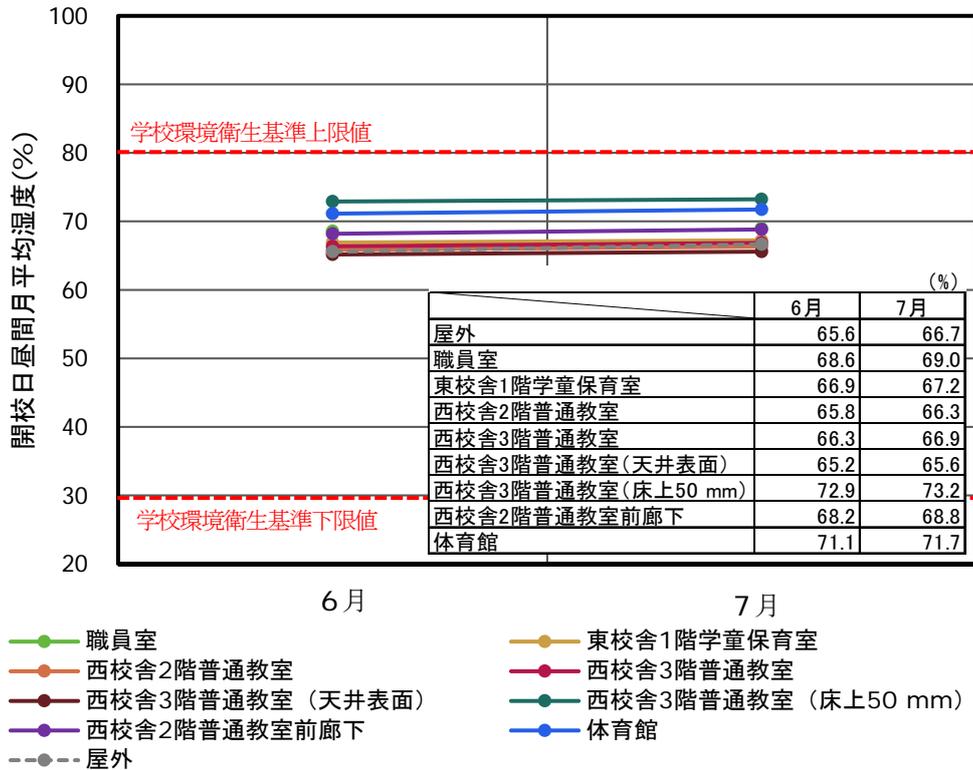
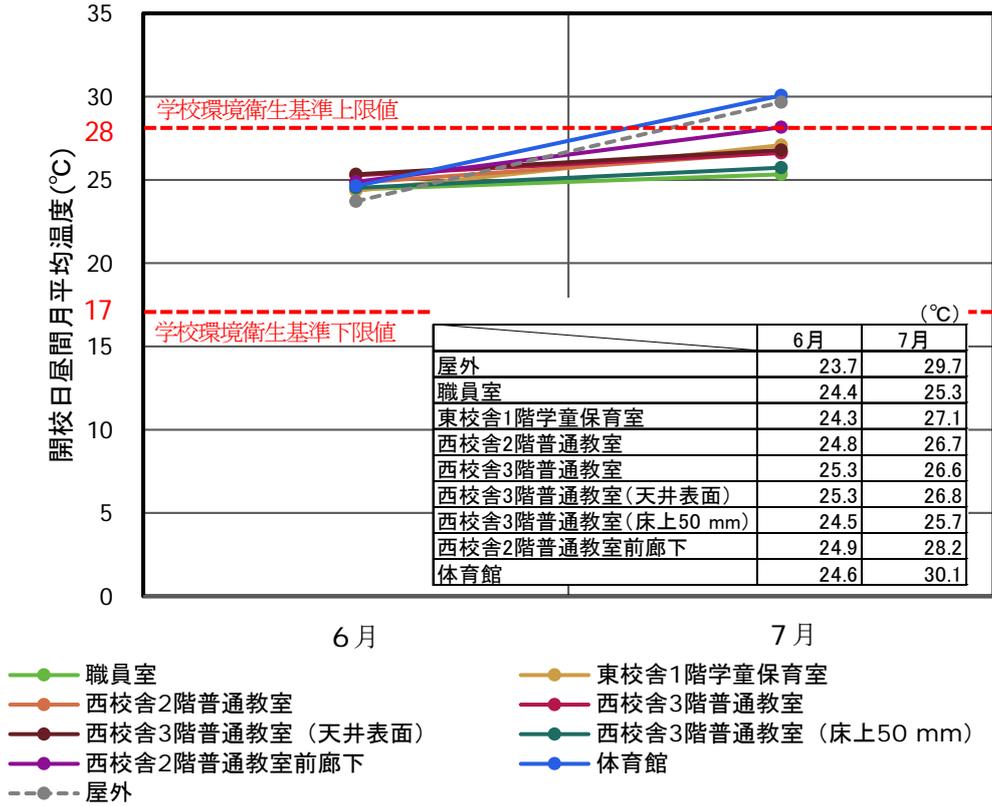


図 5-12 開校日昼間における各計測地点の6月と7月の月平均温湿度推測値(上:温度, 下:湿度)

5.4.3 教室内外の熱環境

(1) 測定概要

熱環境の測定として、西校舎3階普通教室で、夏期、中間期、冬期の昼間に、サーモカメラを用いて表面温度の測定を行った。なお、平成30年度の学校の運用に則り、夏期は冷房（EHP空調・設定温度：26℃）を、冬期は暖房（EHP空調・設定温度：20℃）を稼働させてから1時間30分経過した後測定を行った。

(2) 測定結果

各サーモグラフィデータを図5-13～図5-15に、季節ごとの各計測箇所の表面温度を表5-3に示す。

1) 夏期

- ・教室内の表面温度（26.9℃～28.5℃）は、全体的に室内温度（26.0℃）以上、外気温（29.0℃）以下であることが分かる。

2) 中間期

- ・教室内の表面温度（18.8℃～20.0℃）は外気温（16.6℃）よりも高くなっていることが分かる。
- ・教室内の表面温度は、廊下の表面温度（16.8℃～17.0℃）よりも2～3℃高いことが分かる。

3) 冬期

- ・教室内の表面温度（13.6℃～19.0℃）は、外気温（8.0℃）よりも高くなっていることが分かる。
- ・教室内上部の方が表面温度は高くなっており、教室内で表面温度の差は5℃以上生じている。
- ・廊下の表面温度（6.2℃～7.9℃）は、教室内温度（18.4℃）よりも低く、外気温（8.0℃）と同程度であるため、教室から廊下への放熱が少ないことを確認した。

表 5-3 季節ごとの各計測箇所の表面温度

(℃)

計測箇所	夏期	中間期	冬期
外気温	29.0	16.6	8.0
教室内温度	26.0	21.7	18.4
天井表面	28.5	19.4	19.0
窓側	27.2～27.7	19.3～20.0	13.6～18.6
黒板上	28.0	19.1	17.9
黒板下	27.9	18.8	14.6
廊下側	26.9	18.9	14.2
床	27.0	19.1	14.9
廊下（教室側）	27.5	17.0	7.0
廊下（窓側）	27.4	16.8	6.2

夏期：H30/9/5（火）・14時10分・晴・外気温29.0℃，室内温度26.0℃

※機器の故障により温度バーの設定変更不可



図 5-13 サーモグラフィ（夏期）

中間期：H30/10/31（水）・13時00分・曇・外気温16.6℃，室内温度21.7℃

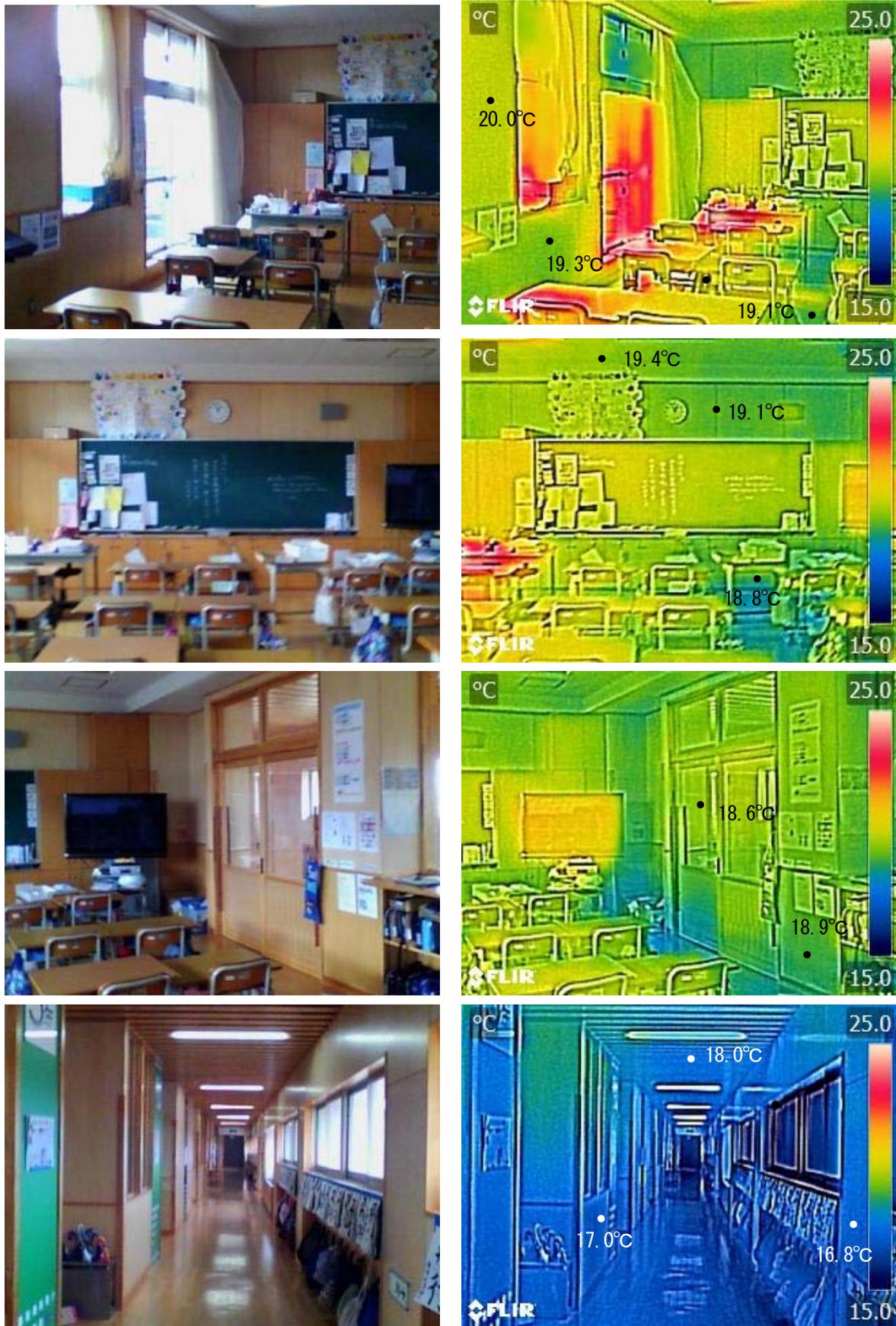


図5-14 サーモグラフィ（中間期）

冬期：H30/12/26（水）・14時10分・曇・外気温8.0℃，室内温度18.4℃

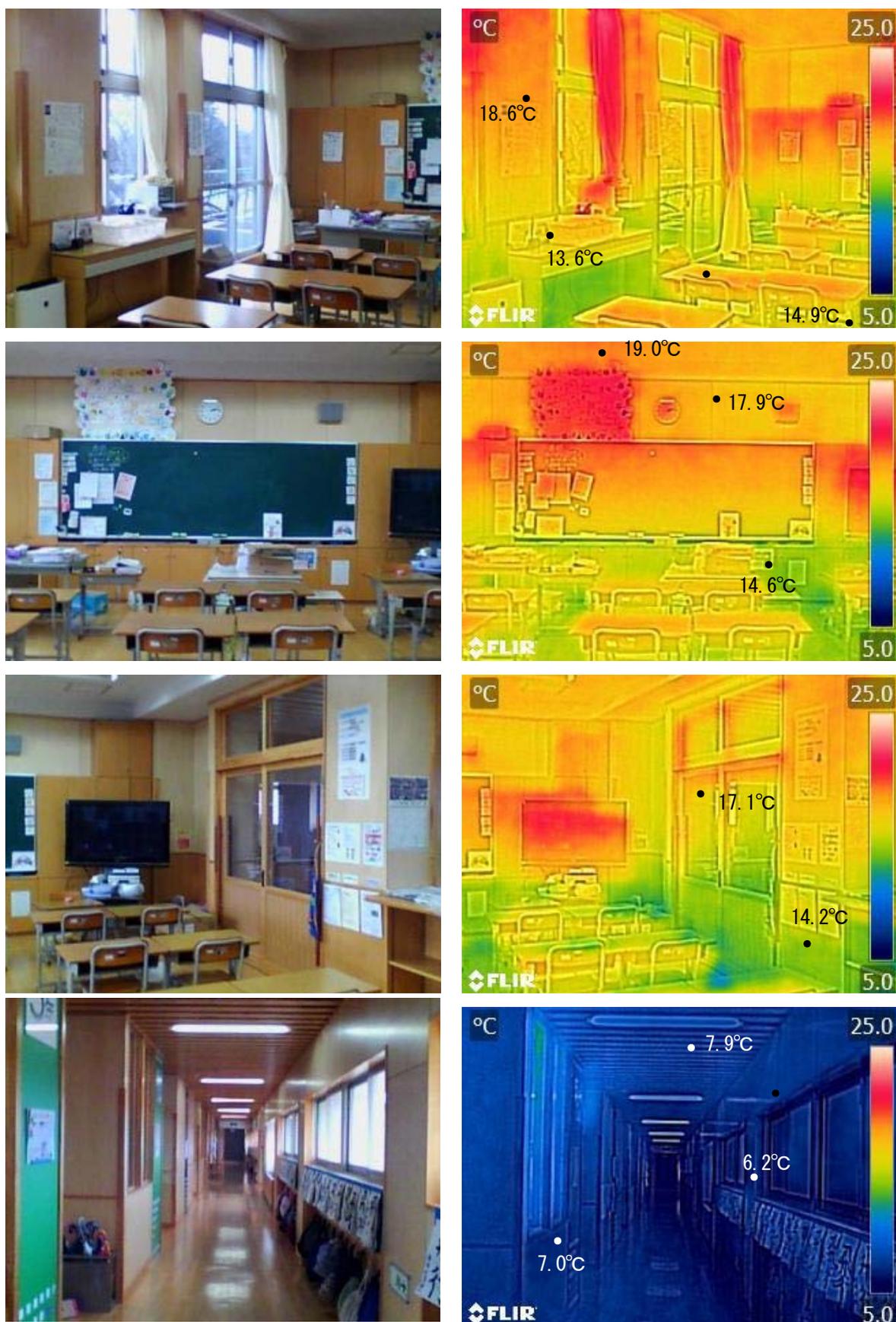


図5-15 サーモグラフィ（冬期）

5.4.4 教室の CO₂ 濃度

- ・校舎内における夏期（冷房稼働有）、中間期（空調稼働無）、冬期（空調稼働有）の CO₂ 濃度の変動を、図 5-16、図 5-17、図 5-18 にそれぞれ示す。
- ・夏期及び中間期は、普通教室では授業中に、職員室では夕方に CO₂ 濃度が高くなる傾向にあるが、学校環境衛生基準⁸であり、適切な CO₂ 濃度が保たれていることを確認した。
- ・冬期は、3 階普通教室で授業中に CO₂ 濃度が高くなり、学校環境衛生基準を上回る時間帯があることを確認した。

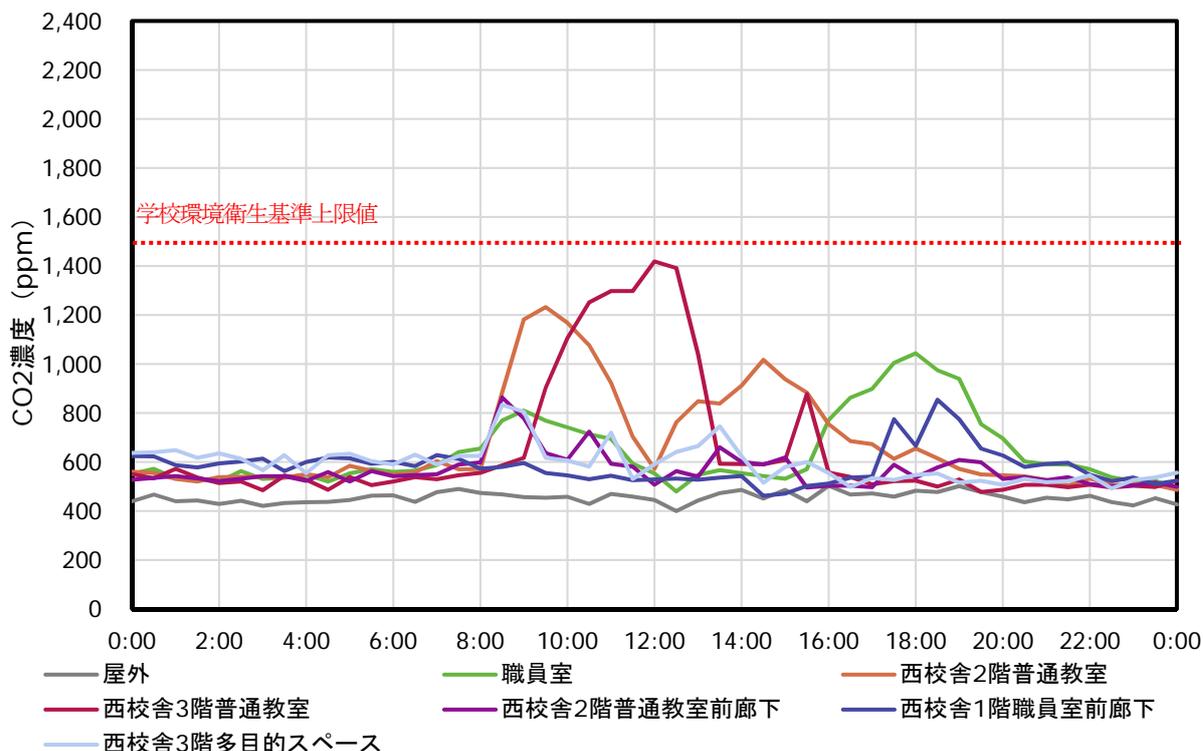


図 5-16 夏期における CO₂ 濃度変動 (9/7 (金) : 冷房稼働有)

⁸ 学校環境衛生基準では教室の CO₂ 濃度は、「換気の基準として、1,500ppm 以下であることが望ましい。」とされている。

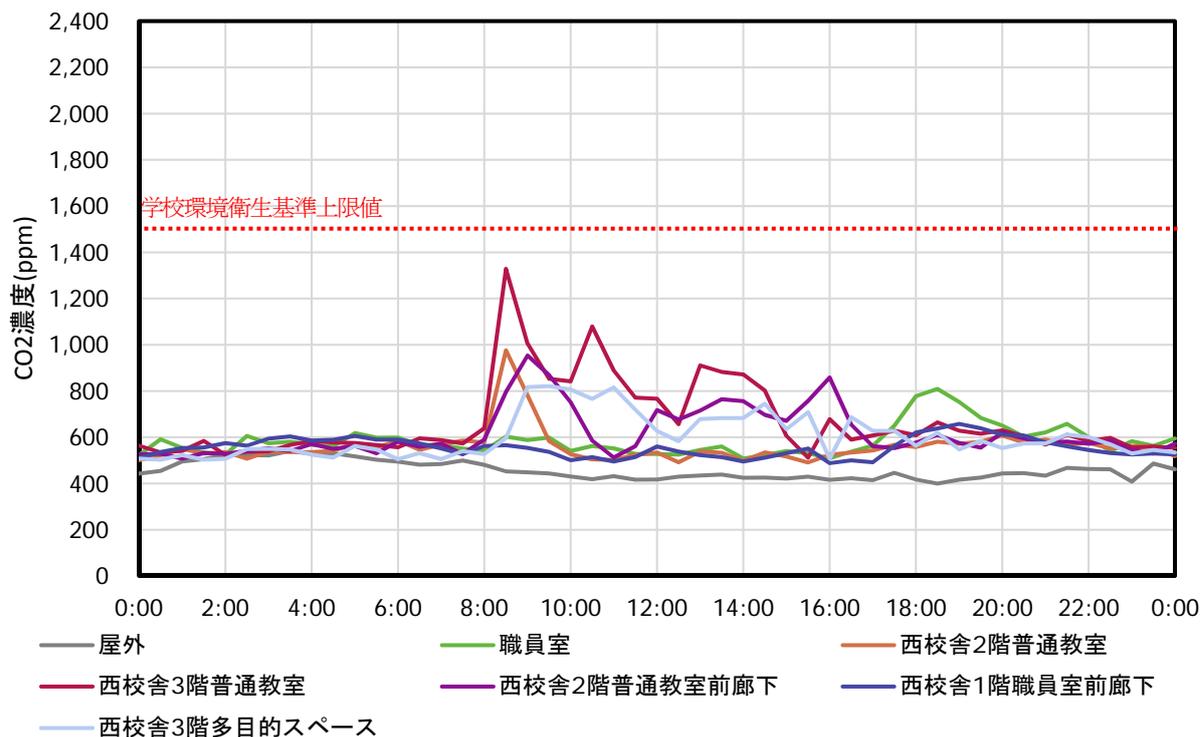


図 5-17 中間期における CO₂ 濃度変動 (10/10 (水) : 空調稼働無)

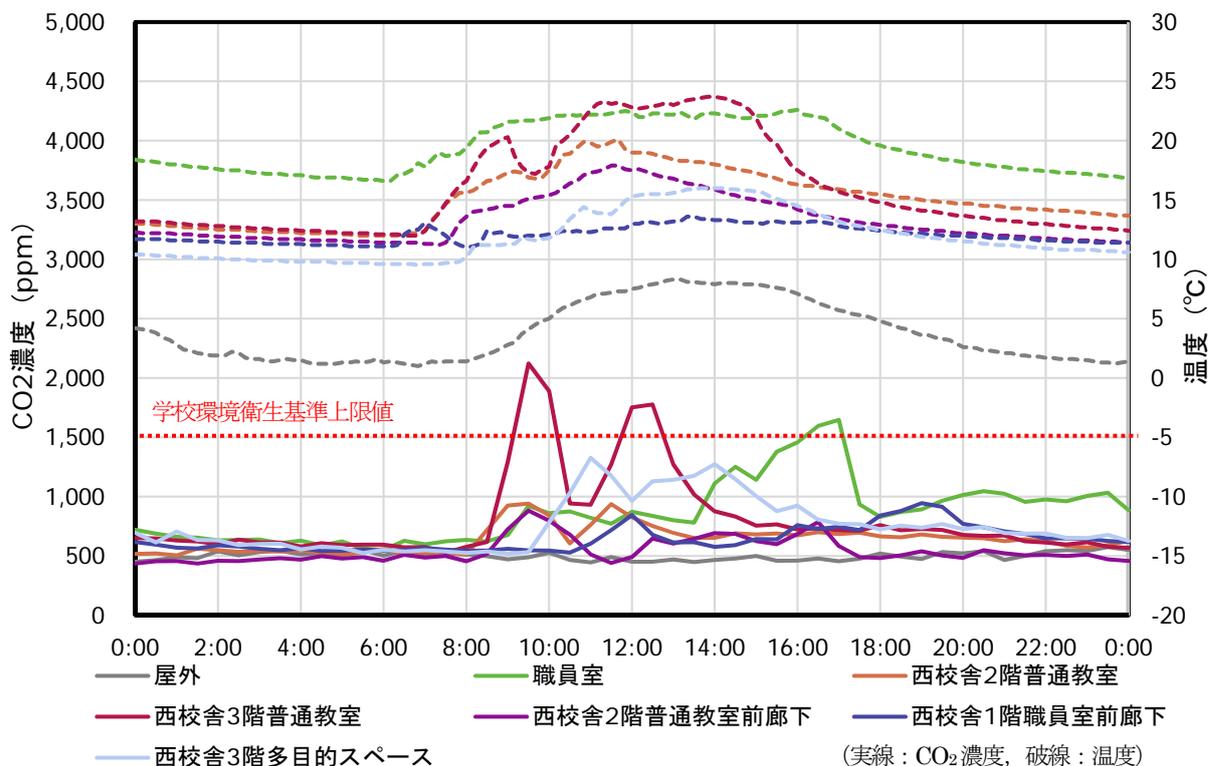


図 5-18 冬期における CO₂ 濃度及び温度変動 (12/21 (金) : 空調稼働有)

5.4.5 ナイトパージ効果測定

(1) ナイトパージ概要

対象校にはナイトパージの給気用として、各教室にサッシ一体型手動開閉ガラリ及び設備給気口が設置されている（図5-19、図5-20参照）。また、排気については、各トイレに設置されている換気扇（24時間換気）を利用するとしている。これらの給排気設備によって、各室の換気量（室容積×0.3回/h）の空気の入れ替えが可能であり、4時間で各室の空気が入れ替わる計算である。なお、サッシ一体型手動開閉ガラリ及び設備給気口による給気量が2,160m³/h（設計者へのヒアリング値）、トイレ換気扇による排気量が6,100m³/hである。



図 5-19 左からサッシ一体型手動開閉ガラリ，設備給気口，トイレ換気扇

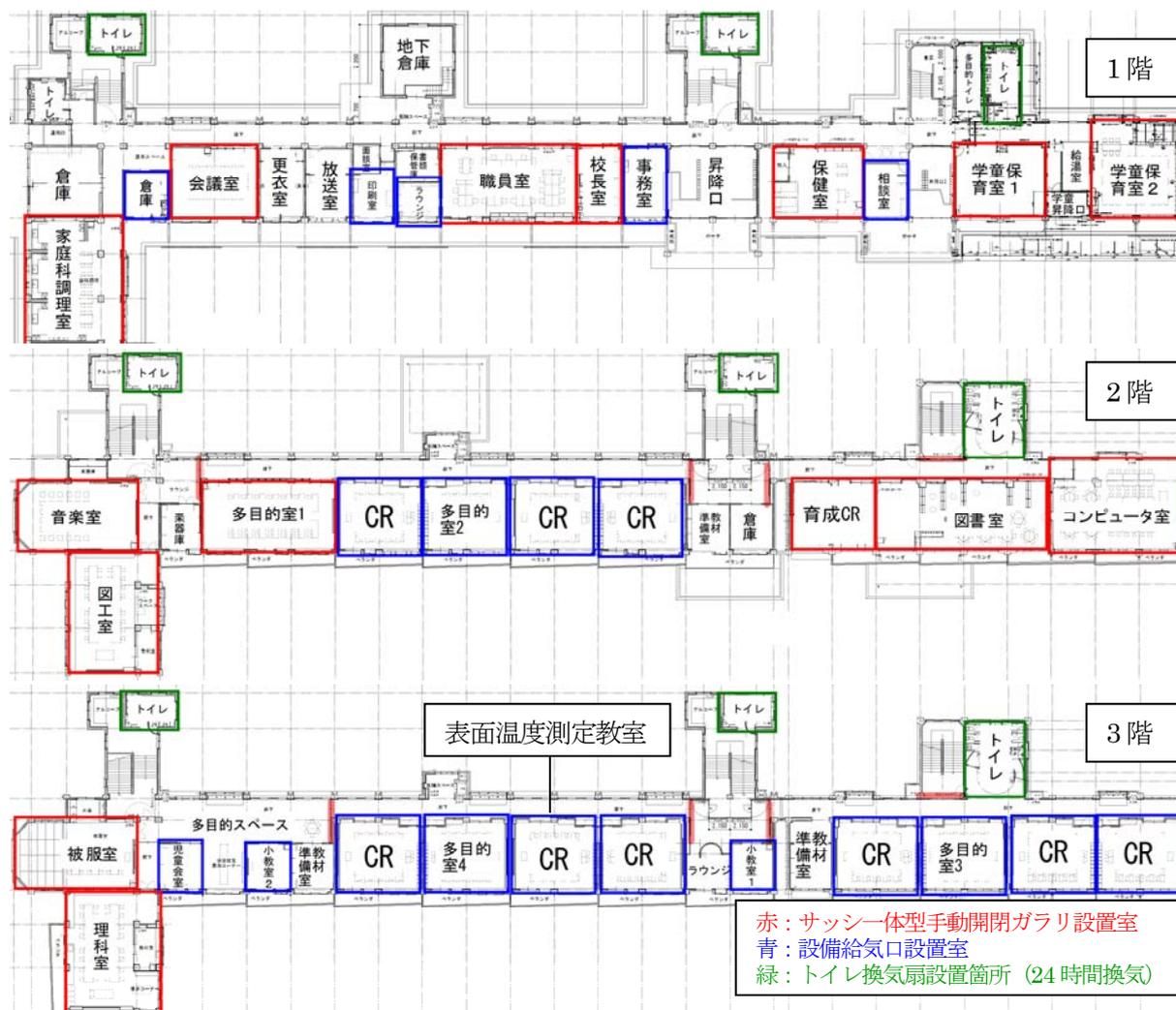


図 5-20 サッシ一体型手動開閉ガラリ，設備給気口，トイレ換気扇の設置箇所図

(2) ナイトパーズ効果測定方法

以下の各条件での、通風状況及び温湿度、表面温度を測定し、ナイトパーズ効果の測定を行った。測定条件は下記2パターンとし、児童が完全下校する17時から、児童が登校し始める翌朝7時半の間で測定を行った。また、測定条件を以下に示す。

1. ナイトパーズ装置開(サッシ一体型手動開閉ガラリと設備給気口を開け、教室廊下間扉も開ける)
2. ナイトパーズ装置閉(サッシ一体型手動開閉ガラリと設備給気口を閉じ、教室廊下間扉も閉じる)

*測定条件

1. 測定実施日

ナイトパーズ装置閉：9/5～9/6 (平均外気温：23.0℃，天気：曇り)

ナイトパーズ装置開：9/6～9/7 (平均外気温：23.3℃，天気：曇り)

2. 測定項目

温湿度	対象校に設置の計測器により測定 (図 5-1 参照)。
表面温度	測定開始時と測定終了時の教室内の表面温度を測定。
風速	手持ちの風速計にて、校舎内の各地点について測定。給排気口の通風状況に加え、中間として廊下や階段室等の通風状況も調査を行った。加えて、未稼働の換気扇や昇降口からの漏気の有無について調査を行った。

(3) ナイトパーズ効果測定結果

- ・ナイトパーズ装置の開閉による、外気温及び3階普通教室内温度変化と JISA 1406 より求めた給気量を図 5-21 に、3階普通教室内表面温度変化を表 5-4、図 5-22、図 5-23 に、ナイトパーズ装置開とした際の通風状況について、風速値を表 5-5 に示す。
- ・測定対象とした3階普通教室では、測定した9/5 (ナイトパーズ装置閉) 及び9/6 (ナイトパーズ装置開) において、日中の間は空調が稼働されていた。また、測定終了時 (翌朝7時半) の外気温は、測定開始時 (17時) と比較して、9/5 (ナイトパーズ装置閉) は -3.9°C 、9/6 (ナイトパーズ装置開) は -4.0°C であった (図 5-21 参照)。
- ・9/6 (ナイトパーズ装置開) の際、給気量は概ね $20\sim 50\text{ m}^3/\text{h}$ であり、設備給気口からの給気量設計値 ($60\text{ m}^3/\text{h}$ 、設計者へのヒアリングによる) に達していない (図 5-21 参照)。
- ・測定終了時 (翌朝7時半) の3階普通教室内温度は、測定開始時 (17時) と比較して、ナイトパーズ装置閉の際に -0.7°C 、ナイトパーズ開の際に $\pm 0^{\circ}\text{C}$ であった (図 5-21)。
- ・測定終了時 (翌朝7時半) の3階普通教室内の表面温度は、測定開始時 (17時) と比較して、ナイトパーズ装置閉の際に平均 -1.06°C 、ナイトパーズ装置開の際に平均 -0.64°C であった (表 5-4、図 5-22、図 5-23)。
- ・ナイトパーズ装置開の際、給気口における平均風速は、1階で 0.66 m/s 、2階で 0.89 m/s 、3階で 1.14 m/s であった。また、排気口 (トイレ換気扇) では $2.09\text{ m/s}\sim 2.21\text{ m/s}$ 、廊下や階段室等の中間地点では 0.08 m/s 以下であった。未稼働換気扇の排気口では 0.06 m/s 、昇降口では 0.20 m/s の風速が検出され、漏気があることが確認できた (表 5-5、図 5-24)。
- ・ナイトパーズ装置閉の際、給気口からの漏気は検出されなかった。
- ・ナイトパーズ装置開とナイトパーズ装置閉の測定結果からは、ナイトパーズ装置として期待される効果は得られなかった。原因としてはナイトパーズ装置としての給気量が不十分であることが想定される。
- ・設計者にヒアリングを行ったところ、計画時点では機械式ナイトパーズシステムの導入を検討しており、現況の3.5倍の給気量を想定していたが、予算の都合で導入を断念したとの回答が得られた。また、ナイトパーズとしての効果を得るためには、現況の3.5倍の給気量が必要であるとの回答が得られ、現況の設備ではナイトパーズとしての効果を得られないと考えられる。

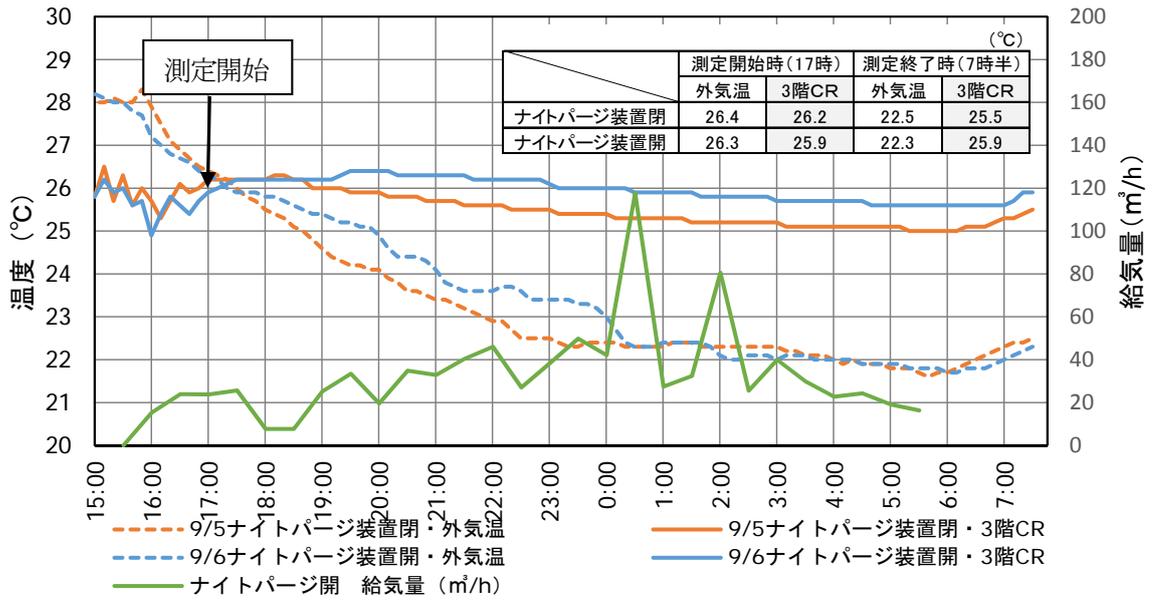


図 5-21 ナイトパーズ装置の開閉による外気温及び3階普通教室内温度変化と給気量

表 5-4 ナイトパーズ装置の開閉による3階普通教室内表面温度変化 (°C)

測定点	ナイトパーズ装置閉		ナイトパーズ装置開	
	測定開始時	測定終了時	測定開始時	測定終了時
窓側壁	27.1	25.9	27.4	26.2
天井	27.3	25.6	27.2	26.2
黒板下	26.6	25.9	26.5	26.1
床	26.4	25.7	26.3	26.1
廊下側壁	26.7	25.7	26.5	26.1
平均	26.82	25.76	26.78	26.14



30°C 24°C

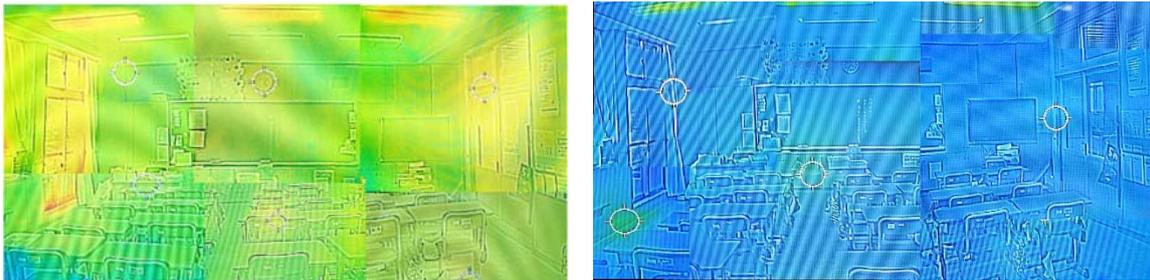


図 5-22 ナイトパーズ装置閉サーモグラフィ (左: 測定開始時, 右: 測定終了時)



図 5-23 ナイトパーズ装置開サーモグラフィ (左: 測定開始時, 右: 測定終了時)

表 5-5 各給気口の通風状況（上段：最大風速，中段：最小風速，下段：平均風速）
(m/s)

	給気		中間		排気		漏気	
3階	理科室	1.92	廊下	0.18	トイレ換気扇	2.38	理科室	0.09
	西側給気ガラリ	1.60		0.01		2.06	未稼働換気扇	0.02
		1.83		0.10		2.21		0.05
	普通教室	0.47	西階段室	0.02				
	南側給気口	0.43		0.00				
		0.45		0.01				
			中央階段室	0.01				
		0.00						
		0.00						
2階	図工室	1.68	廊下	0.16				
	西側給気ガラリ	1.31		0.00	1.52	未稼働換気扇	0.09	
		1.59		0.05	2.09		0.10	
	多目的室	0.63	西階段室	0.19				
	南側給気ガラリ	0.58		0.06				
		0.60		0.14				
	普通教室	0.49	中央階段室	0.12				
南側給気口	0.45	0.00						
	0.47	0.05						
1階	家庭科調理室	0.46	廊下	0.18				
	西側給気ガラリ	0.42		0.05	1.92		0.13	
		0.44		0.11	2.17		0.20	
	職員室	1.38	西階段室	0.13				
	南側給気ガラリ	0.93		0.00				
		1.11		0.04				
	事務室	0.45	中央階段室	0.01				
南側給気口	0.39	0.01						
	0.42	0.01						

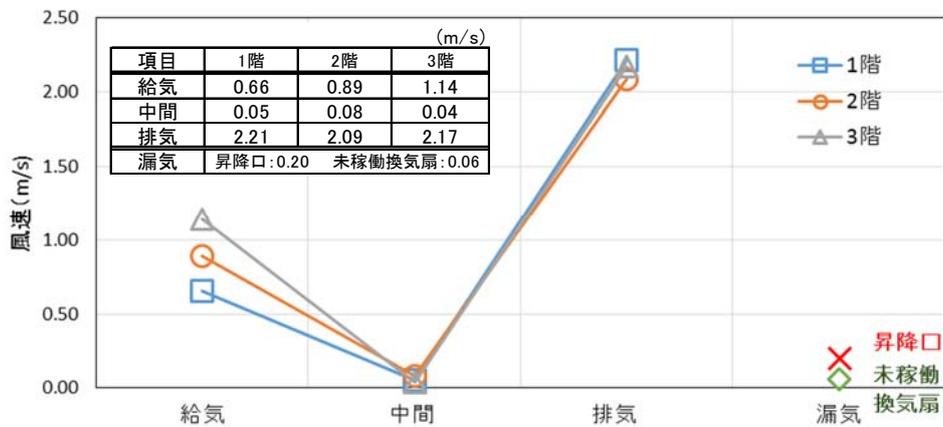


図 5-24 各計測項目におけるフロア毎の平均風速

6. エコ改修前後の実態比較

6.1 エネルギーの変動

エコ改修前（平成 24 年度）とエコ改修後（平成 30 年度）のエネルギー消費量の変動を比較し、エコ改修による省エネ効果を検証する。平成 24 年度に測定を行った 10 月から 1 月と、平成 30 年度の同期間で比較を行う。

(1) ベース電力の比較

- ・エコ改修前後のベース電力の比較を図 6-1 に示す。ベース電力は 1:00～6:00 の平均電力とする。
- ・各月のベース電力は、エコ改修前に比べエコ改修後の方が増加している（10 月：3.5kW 増、11 月：6.3kW 増、12 月：4.2kW 増、1 月：3.0kW 増）。
- ・平成 24 年 12 月に、校舎及び体育館トイレに凍結防止ヒーターが増設された（表 6-1）。トイレ凍結防止ヒーターの稼働に伴い、10 月及び 11 月はエコ改修後にベース電力が大幅に増加している。
- ・西校舎及び東校舎の 1 月について、主なベース電力の内訳及び増加分の推計値を表 6-2 に示す。表 6-2 中の着色項目はベース電力の増加分を示す。
- ・西校舎及び東校舎の照明・コンセントは、24 時間換気扇の稼働、エネルギー・環境計測データ収集用装置・保管用 PC、暖房便座が設置されたためベース電力が増加したと考えられる。加えて、西校舎では電気温水器の常時稼働、印刷室に設置されているパネルヒーターの常時稼働によって、ベース電力が増加したと考えられる。（西校舎 エコ改修前 1 月：3.0kW、エコ改修後 1 月 3.9kW（0.9kW 増）、東校舎 エコ改修前 1 月 5.8kW、エコ改修後 1 月 6.9kW（1.1kW 増））
- ・その他は、変圧器容量の変更（エコ改修前：250kVA、エコ改修後：300kVA）に伴う、無負荷損の増加と、給水管凍結防止ヒーター（受水槽、給食室、消化水槽）の設置によって増加したと考えられる。
- ・表 3-4 より、EHP 空調はエコ改修によって若干数増設されたのみであるため、EHP 空調によるベース電力はエコ改修前後ではほぼ変化がない。

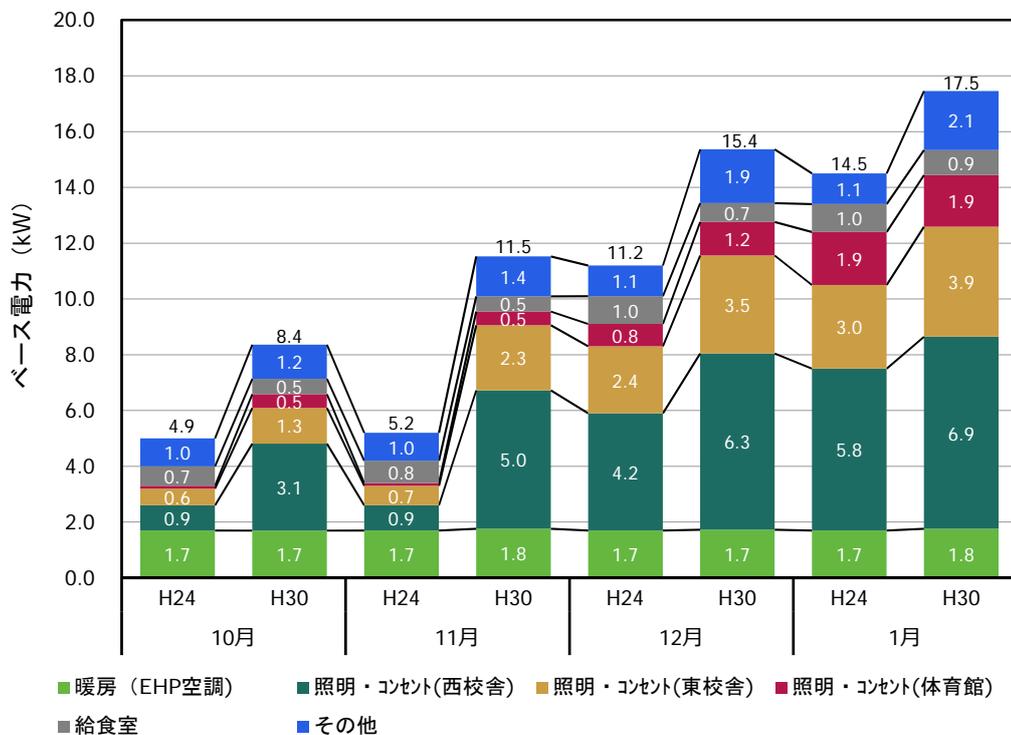


図 6-1 エコ改修前後のベース電力の比較

表 6-1 エコ改修前後のトイレ凍結防止ヒーターの設置台数

	西校舎(0.5kW)	東校舎(0.5kW)	体育館(0.75kW)
エコ改修前(10月, 11月)	6台 (未稼働)	0台	0台
エコ改修前(12月, 1月)	12台	6台	2台
エコ改修後	8台	6台	2台

表 6-2 西校舎及び東校舎の主なベース電力の内訳及び増加分の推計値 (1月)
(着色項目はエコ改修後の増加分)

西校舎		東校舎	
職員室冷蔵庫	67W	保健室冷蔵庫	62W
家庭科室冷蔵庫	86W	学童保育室冷蔵庫	86W
職員室・事務室電気温水器 (日曜を除き 24 時間稼働)	250W×2 台=500W		
家庭科室ガス給湯器給水管 凍結防止ヒーター	30W×4 台=120W		
職員室サーバ	100W	コンピュータ室サーバ	100W
職員室 UPS	150W	コンピュータ室 UPS	150W
防犯設備	70W		
火災警報器・時計	60W		
エネルギー・環境データ 保管用 PC	60W		
エネルギー・環境データ 収集装置	20W×3 台=60W	エネルギー・環境データ 収集装置	20W×3 台=60W
24 時間稼働換気扇	20W×12 台=240W	24 時間稼働換気扇	20W×8 台=160W
トイレ凍結防止ヒーター ※計測値より改修後の稼働 率 100%, 改修前の稼働率 80%。改修前後の制御方法 の違いによるものと想定	500W×8 台=4,000W ※エコ改修前 500W×80%×12 台= 4,800W エコ改修前より 800W 減少	トイレ凍結防止ヒーター ※エコ改修前 500W×80%×6 台= 2,400W エコ改修前より 600W 増加	500W×6 台=3,000W
印刷室パネルヒーター	500W×1 台=500W		
暖房便座	28W×18 台=504W	暖房便座	28W×15 台=420W
外灯※	7.2W×24 灯=173W		
西校舎合計	6,690W (実測値 6.9kW)	東校舎合計	4,038W (実測値 3.9kW)
西校舎ベース電力増加分の 推計値 (着色項目分)	1,184W (実測値 1.1kW 増)	東校舎ベース電力増加分の 推計値 (着色項目分)	1,240W (実測値 0.9kW 増)

※外灯は校舎の外周に設置されているが、系統は西校舎の配電盤に含まれている。

(2) 電力消費量の比較

- ・エコ改修前後の日平均積算電力消費量の比較を図 6-2 に示す。
- ・各月の電力消費量は、エコ改修前に比べエコ改修後の方が増加している（10月：90kWh/日増、11月：183kWh/日増、12月：127kWh/日増、1月：294kWh/日増）。
- ・エコ改修前は、暖房機器として EHP 空調と石油ストーブを併用しており、エコ改修前の 1 月は EHP 空調よりも石油ストーブの稼働が顕著であったことが想定される。
- ・体育館は、水銀灯（700W×20 灯=14.0 kW）から LED 照明（200W×36 灯=7.2kW）への更新による電力消費量の削減効果が大きく、エコ改修前に比べエコ改修後は平均で 34.5kWh/日減少していることが分かる。
- ・校舎は、前項で示したベース電力の増加に加え、蛍光灯（普通教室 1 室あたり：40W×14 灯=560W）から LED 照明（普通教室 1 教室あたり：62W×9 灯+33W×3 灯=657W）への更新により、電力消費量が増加したため、改修後の方が電力消費量は増加したと考えられる。

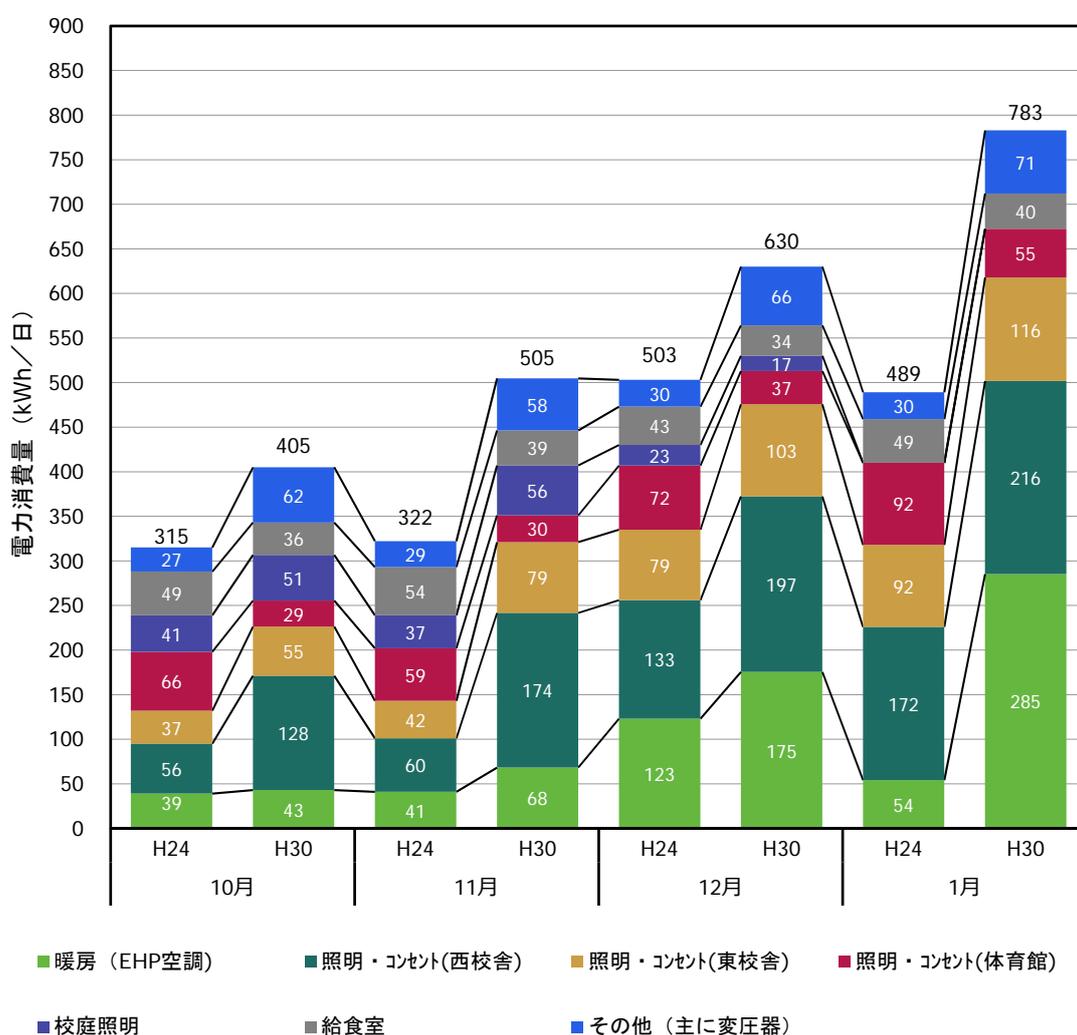


図 6-2 エコ改修前後の日平均積算電力量

- ・体育館の電力消費量の削減分、校舎の電力消費量の増加分の推計について、以下の参考 1、参考 2 に示す。なお、改修前後で教室配置が大きく変更しており、校舎ごとの比較が困難なため校舎全体での推計値を示す。

参考 1 体育館照明の LED 化による電力削減量

① エコ改修前後の 1 ヶ月あたりの体育館使用時間

	エコ改修前 (H24)			エコ改修後 (H30)		
	時間/日	日数	1 ヶ月あたり 使用時間(h)	時間/日	日数	1 ヶ月あたり 使用時間(h)
平日	6	20	120	7	20	140
休日 (部活動)	3	4	12	0	0	0
休日 (地域開放)	8	8	64	6	8	48
合計		28	176		28	188

② エコ改修前後の照明の消費電力

エコ改修前消費電力：700W×20 灯 (水銀灯) =14kW

エコ改修後消費電力：200W×36 灯 (LED) =7.2kW

③ エコ改修前後における 1 日あたりの電力消費量

エコ改修前消費電力量：14kW×176 時間÷28 日=88kWh/日

エコ改修後消費電力量：7.2kW×146 時間÷28 日=48kWh/日

④ エコ改修による 1 日あたりの電力削減量の推計値

88kWh/日－48kWh/日=40kWh/日

参考 2 校舎照明の LED 化による増加電力量

① 1 ヶ月あたりの各室の使用時間 (ヒアリングによる)

	エコ改修前 (H24)			エコ改修後 (H30)		
	時間/日	日数	1 ヶ月あたり 使用時間(h)	時間/日	日数	1 ヶ月あたり 使用時間(h)
普通教室・特別支援学級	9	20	180	同左		180
学童保育室	平日	6.5	20	同左		176
	休日	11.5	4			
職員室	平日	13	20	15	20	318
	休日	4	4	4.5	4	
事務室	11	20	220	同左		220
保健室	11	20	220	同左		220
校長室	11	20	220	同左		220

② 改修前後の照明の消費電力の差

	改修前 (FL 蛍光灯)	改修後 (LED)	消費電力差
普通教室・特別支援学級	(80W×6 灯+40W×2 灯)×10 室 =5,600W	(62W×9 灯+33W×3 灯)×10 室 =6,570W	+970W
学童保育室*	80W×6 灯+40W×2 灯=560W	(62W×16 灯)+(62W×9 灯+33W×3 灯) =1,649W	+1,089W
職員室	80W×15 灯=1,200W	62W×18 灯=1,116W	-84W
事務室	80W×3 灯=240W	62W×6 灯=372W	+132W
保健室	40W×6 灯=240W	62W×9 灯+14.7W×3 灯=602W	+362W
校長室	80W×4 灯=320W	88W×6 灯=528W	+208W

※学童保育室はエコ改修によって 1 室から 2 室に増設

③ エコ改修前後における1日あたりの電力消費量及び1日あたりの電力増加量

	エコ改修前電力消費量	エコ改修後電力消費量	1日当たりの電力増加量
普通教室・ 特別支援学級	$180\text{h} \times 5,600\text{W} \div 20$ =50.4kWh/日	$180\text{h} \times 6,570\text{W} \div 20$ =59.1kWh/日	8.7kWh/日
学童保育室	$176\text{h} \times 560\text{W} \div 24$ =4.1kWh/日	$176\text{h} \times 1,649\text{W} \div 24$ =12.1kWh/日	8.0kWh/日
職員室	$276\text{h} \times 240\text{W} \div 24$ =13.8kWh/日	$318\text{h} \times 1,116\text{W} \div 24$ =14.7kWh/日	0.9kWh/日
事務室	$220\text{h} \times 240\text{W} \div 20$ =2.6kWh/日	$220\text{h} \times 372\text{W} \div 20$ =4.1kWh/日	1.5kWh/日
保健室	$220\text{h} \times 240\text{W} \div 20$ =2.6kWh/日	$220\text{h} \times 602\text{W} \div 20$ =6.5kWh/日	3.9kWh/日
校長室	$220\text{h} \times 320\text{W} \div 20$ =3.5kWh/日	$220\text{h} \times 528\text{W} \div 20$ =5.8kWh/日	2.3kWh/日
合計			<u>25.3kWh/日</u>

④ 校舎照明・コンセントの電力増加量の推計

	10月	11月	12月	1月
ベース電力の増加による 電力増加量	69.6kWh/日	136.8kWh/日	76.8kWh/日	48.0kWh/日
LED化による電力増加量	25.3kWh/日	25.3kWh/日	25.3kWh/日	25.3kWh/日
電力増加量の推計値合計	94.9kWh/日	162.1kWh/日	102.1kWh/日	73.3kWh/日
電力増加量の実測値	<u>90.0kWh/日</u>	<u>151.0kWh/日</u>	<u>88.0kWh/日</u>	<u>68.0kWh/日</u>

(3) 一次エネルギー消費量の比較

- ・エコ改修前後の一次エネルギー消費量の比較を図 6-3 に示す。
- ・エコ改修前後の暖房用途一次エネルギー消費量の比較を表 6-3 に示す。エコ改修前は暖房機器として石油ストーブを用いていたが、エコ改修後は調理室を除き暖房機器として EHP 空調を用いている。暖房用途の一次エネルギー消費量はエコ改修によって大幅に減少している（11 月：63% 減、12 月：35% 減、1 月：28% 減）。
- ・上記に伴い、12 月及び 1 月のエネルギー消費量はエコ改修前よりも減少している（12 月：5% 減、1 月：5% 減）。11 月は、エコ改修前にトイレ凍結防止ヒーターが設置されていなかったため、一次エネルギー消費量は増加している（11 月：5% 増）。

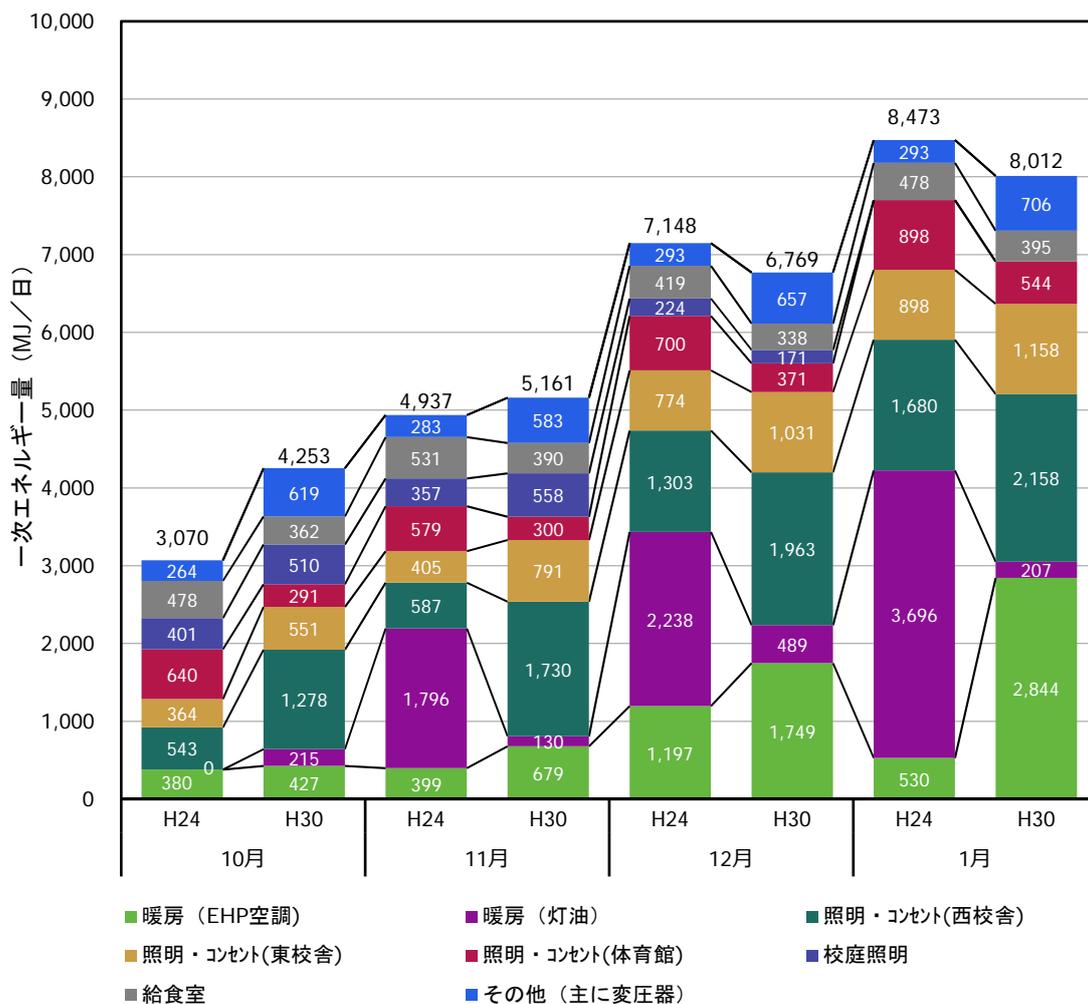


図 6-3 エコ改修前後の日平均積算一次エネルギー消費量の比較

表 6-3 エコ改修前後の暖房用途一次エネルギー消費量比較

	エコ改修前(平成 24 年度)			エコ改修後(平成 30 年度)			エコ改修による削減率
	EHP 空調	灯油	合計	EHP 空調	灯油	合計	
10 月	380	0	380	427	215	643	- 69%
11 月	399	1,796	2,195	679	130	809	63%
12 月	1,197	2,238	3,435	1,749	489	2,238	35%
1 月	530	3,396	4,226	2,844	207	3,051	28%

- ・エコ改修後の検針票データに基づき省エネ率⁹を算定し、太陽光発電の発電量を含まない創エネなしの場合を表 6-4、太陽光発電の発電量を含む創エネありの場合を表 6-5 に示す。
- ・暖房機器を石油ストーブから EHP 空調へ変更したことで、灯油消費量が大きく削減されているが、EHP 空調の稼働に加え、校舎照明の LED 化更新やトイレ凍結防止ヒーターの設置等によって、電力消費量が増加したことが分かる。
- ・創エネなしの場合では一次エネルギーは 16.1%増加しており、創エネありの場合では一次エネルギーは 11.8%削減している。

表 6-4 省エネ率にみるエコ改修の効果（創エネなし）

	電力消費量 ^{※1} (kWh)	灯油 消費量 (m ³)	一次エネルギー 消費量 (GJ)	省エネ率		
				電力	灯油	一次エネルギー
平成 24 年度	133,730	11,549	1,757	-48.4%	85.7%	-16.1%
平成 30 年度 ^{※2} (創エネなし)	198,449	1,652	2,039			

表 6-5 省エネ率にみるエコ改修の効果（創エネあり）

	電力消費量 ^{※1} (kWh)	灯油 消費量 (m ³)	一次エネルギー 消費量 (GJ)	省エネ率		
				電力	灯油	一次エネルギー
平成 24 年度	133,730	11,549	1,757	-11.7%	85.7%	11.8%
平成 30 年度 ^{※2} (創エネあり)	149,393	1,652	1,550			

※1 電力消費量は買電量の値とする

※2 平成 29 年度 3 月～平成 30 年度 2 月のデータとする

⁹ 省エネ率とは、管理範囲内で、使用エネルギー削減量（省エネによる）を分子とし、省エネ前の使用する全てのエネルギーを分母とする省エネ法で定められた省エネ効果を示す指標。

(4) エコ改修実施校との一次エネルギー消費量比較

- ・今回調査対象とした矢吹小学校と、矢吹小学校と同様にエコ改修を行った A 小学校, B 中学校の、エコ改修後の太陽光発電量と一次エネルギー消費量、一次エネルギー消費量原単位を表 6-7 に示す。なお、調理室は計算対象外とした。
- ・3 校とも、設置されている太陽光発電設備容量は同程度 (92.2kW~103.1kW) であり、発電量も同程度 (103,439kWh~122,651kWh) である。
- ・地域の違いはあるものの、一次エネルギー消費量は矢吹小学校が他校の 1.8~2.0 倍程度であり、単位面積当たり一次エネルギー消費量も他校の 1.8~2.1 倍となっているため、矢吹小学校の一次エネルギー消費量が大きいが分かる。
- ・日本サステナブル建築協会 (JSBC) がとりまとめた非住宅建築物の環境関連データベース (DECC データベース) では、3 地域の小中学校の一次エネルギー消費量原単位は 0.34GJ/m²となっており、これと比較すると、矢吹小学校の一次エネルギー消費量原単位は 1.3 倍程度大きな値となっている。

表 6-6 3 校の太陽光発電量、一次エネルギー消費量、一次エネルギー消費量原単位比較

	矢吹小学校	A 小学校	B 中学校	DECC データ
省エネ地域区分	3	5	4	3
太陽光発電設備容量(kW)	92.2	96.6	103.1	-
発電量(kWh)	103,439 ^{※2}	105,810	122,654	-
自己消費量を含む全電力消費量(kWh/年)	198,449	87,746	91,124 ^{※3}	-
空調用途ガス消費量(m ³ /年)	0	4,821	1,930	-
一次エネルギー消費量(GJ/年)	1,979	1,092	995	-
延べ床面積(m ²)	4,583	4,458	4,669	2,000~10,000
一次エネルギー消費量原単位(GJ/年・m ²)	0.43	0.24	0.21	0.34 ^{※4}

※1 平成 29 年度 3 月~平成 30 年度 2 月のデータとする

※2 太陽光発電が制御されていない場合の発電量の想定値

※3 普通教室内に冷房機器が設置されていないが、EHP 空調を設置した場合の電力消費量の想定値

※4 2006 年度~2012 年度平均値、給食室含む

(5) 平成 29 年度におけるゼロエネルギー化の達成状況

- ・「スーパーエコスクール実証事業報告書（概要版）（矢吹町教育委員会）」で目標とした一次エネルギー削減量と、平成 30 年度のエコ改修後一次エネルギー削減量との比較を表 6-7 に示す。
- ・「スーパーエコスクール実証事業報告書（概要版）（矢吹町教育委員会）」では、給食室における電力及び灯油の一次エネルギーを含めた削減目標としている。
- ・ゼロエネルギー化の目標達成率は 14.8%であり、削減目標は達成できていない（表 6-7）。
- ・ゼロエネルギー化達成目標の基準となる一次エネルギー消費量は、平成 22 年度から平成 23 年度の年間一次エネルギー消費量の平均値とされており、EHP 空調が設置されていない状況での一次エネルギー消費量が基準となっている。
- ・削減目標を達成できていない要因としては、計画時（110kW）に比べ設置されている太陽光発電の設備容量（92.2kW）が小さいこと、太陽光発電量を意図的に制御しているため、発電量の実績値が計画値の 45.8%と小さかったこと、LED 照明への更新の際に照明用途の消費電力が増加したこと、目標設定時には想定していなかった夏期の EHP 空調稼働や、省エネをあまり意識しない空調稼働の影響により、エコ改修前よりも電力消費量が増加したこと、トイレ凍結防止ヒーターの常時稼働による増加等が考えられる。

表 6-7 ゼロエネルギー化のためのエネルギー削減目標と平成 30 年度削減実績との比較

取組内容		一次エネルギー削減量 (MJ)		備考 (実績値の説明)
		目標	実績	
創エネによる創出	太陽光発電	1,070,250	490,514	発電量: 49,199kWh/年 × 9.97MJ/kWh
エコ改修、運用による省エネ	照明電気の抑制 断熱性の向上等	334,354	-282,029	全電力消費量 (H24-H30) + 灯油消費量 (H24-H30) (133,730kWh/年-198,449kWh/年) × 9.97MJ/kWh + (11,549m ³ /年-1,652m ³ /年) × 36.7MJ/m ³
合計		1,404,604	208,486	
目標達成率			14.8%	

※平成 29 年度 3 月～平成 30 年度 2 月データ

- ・売電が可能で太陽光発電量の制御不要な場合の、太陽光発電量の推定値に基づく、平成 30 年度におけるエコ改修後の一次エネルギー削減量との比較を表 6-8 に示す。
- ・ゼロエネルギー化の目標達成率は 53.3%であり、目標を達成していない。
- ・太陽光発電量は目標値と同程度となるが、エコ改修前よりも電力消費量が増加したため、目標を達成することはできない。

表 6-8 ゼロエネルギー化のためのエネルギー削減目標と平成 30 年度削減実績との比較
(太陽光発電量：推定値)

取組内容		一次エネルギー削減量 (MJ)		備考 (実績値・推定値の説明)
		目標	実績・推定	
創エネによる創出	太陽光発電	1,070,250	1,031,287	発電量(推定値): 103,439kWh/年 × 9.97MJ/kWh
エコ改修、運用による省エネ	照明電気の抑制 断熱性の向上等	334,354	-282,029	全電力消費量 (H24-H30) + 灯油消費量 (H24-H30) (133,730kWh/年-198,449kWh/年) × 9.97MJ/kWh + (11,549m ³ /年-1,652m ³ /年) × 36.7MJ/m ³
合計		1,404,604	749,258	
目標達成率			53.3%	

※平成 29 年度 3 月～平成 30 年度 2 月データ

- ・トイレ凍結防止ヒーターの稼働及び LED 照明の増設による一次エネルギー消費量の増加分の推定値、太陽光発電の制御による発電量の損失分の推定値を表 6-9 示す。
- ・トイレ凍結防止ヒーターの常時稼働と太陽光発電量の制御が、ゼロエネルギー化未達成の大きな要因であることが分かる。

表 6-9 一次エネルギー消費量の増加分及び発電量の制御による損失分の推定 (平成 30 年度)

	一次エネルギー消費量 (MJ/年)	備考
トイレ凍結防止ヒーターの稼働	400,878	年間稼働率 54%と想定
LED 照明の増設による増加分	59,160	p.62 の③より推定
太陽光発電量の制御	540,773	表 6-7 と表 6-8 の比較より

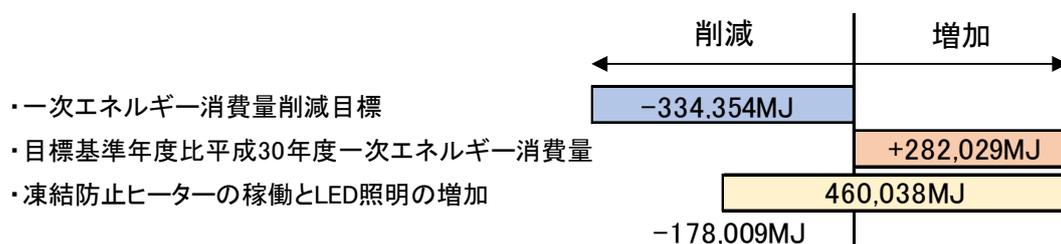


図 6-4 一次エネルギー消費量の削減目標と平成 30 年度一次エネルギー消費量実績イメージ図

6.2 教室の熱環境

(1) 測定概要

- ・エコ改修前の測定と同様の条件（同教室，同日時）でサーモカメラを用いて表面温度の測定を行い，エコ改修前後で教室の熱環境の比較を行った。

(2) 測定結果

- ・測定条件を表 6-10 に示す。なお，暖房機器を稼働させてから 1 時間 30 分後に測定を行った。
- ・測定結果を図 6-5 から図 6-7 に示す。
- ・教室内の測定結果より，エコ改修前は教室廊下間仕切り扉から，冷気が教室内に入り込んでいるのに対し，エコ改修後はほとんど入り込んでいないことから，普通教室の気密性が高まったことが分かる。
- ・トイレ及び廊下の測定結果より，ペアガラス化による断熱効果が表れていることが分かる。
- ・トイレの表面温度が低下しているのは，換気扇の 24 時間稼働によって蓄熱されにくくなったためと考えられる。

表 6-10 サーモカメラの測定条件

	改修前	改修後
撮影日	2012 年 12 月 26 日 (水)	2018 年 12 月 26 日 (水)
天候	雪時々晴れ	曇り
教室名	南校舎 3 階普通教室	南校舎 3 階普通教室
暖房機器	FF 型石油ストーブ	EHP 空調
外気温	-3.4℃	8.0℃
室内温度	17℃	18.4℃

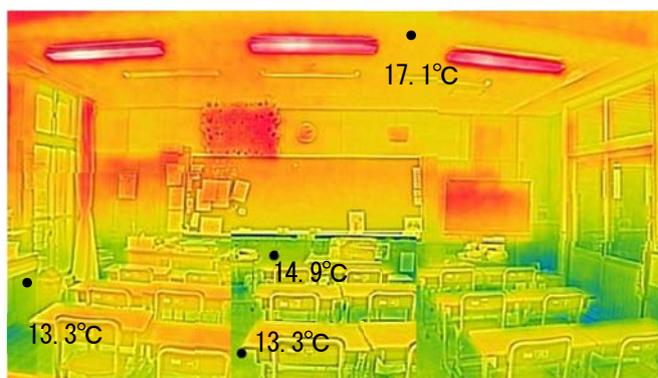
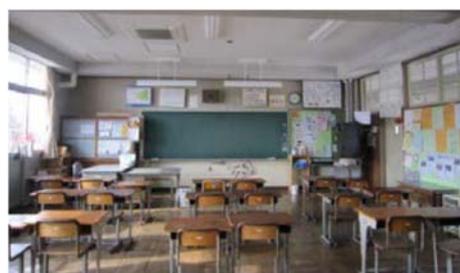
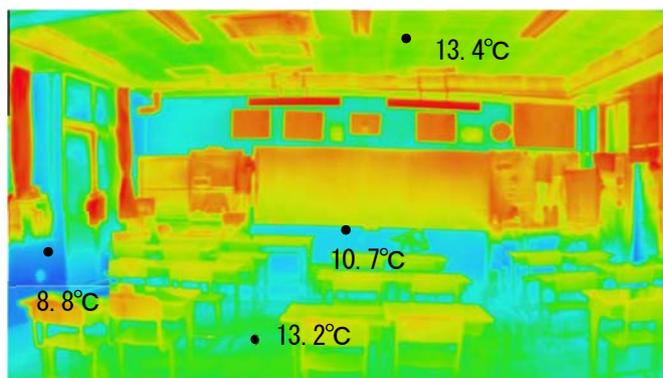


図 6-5 エコ改修前後の教室内廊前方の熱環境比較（上：改修前，下：改修後）

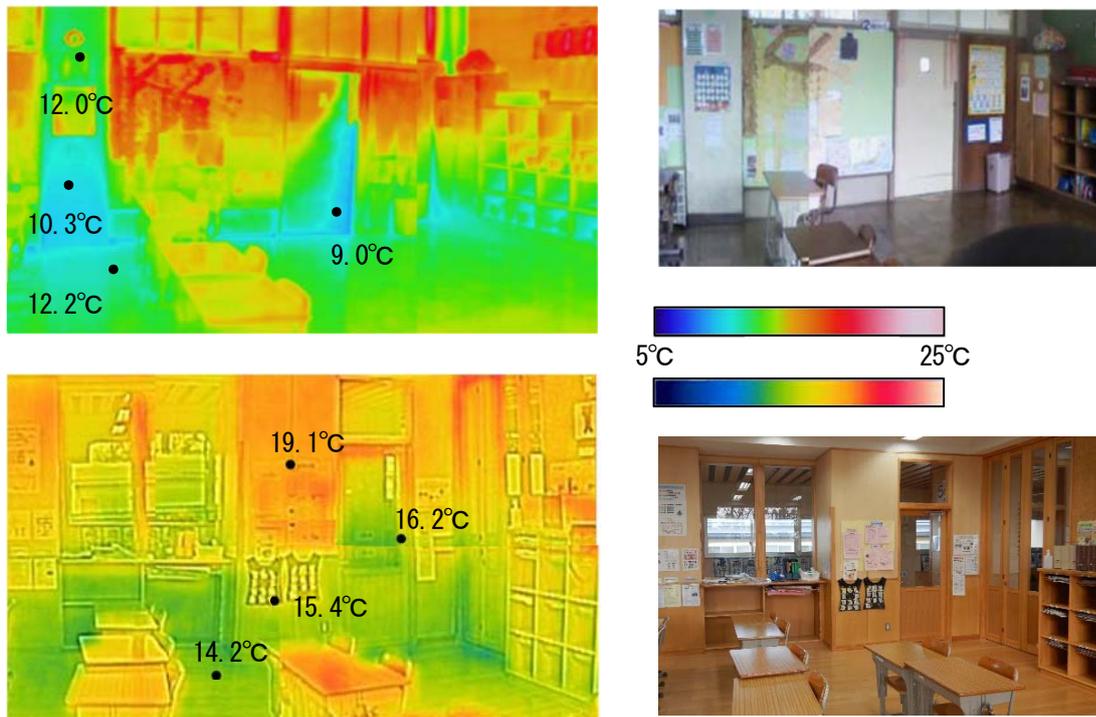


図 6-5 エコ改修前後の教室内廊下側の熱環境比較（上：改修前，下：改修後）

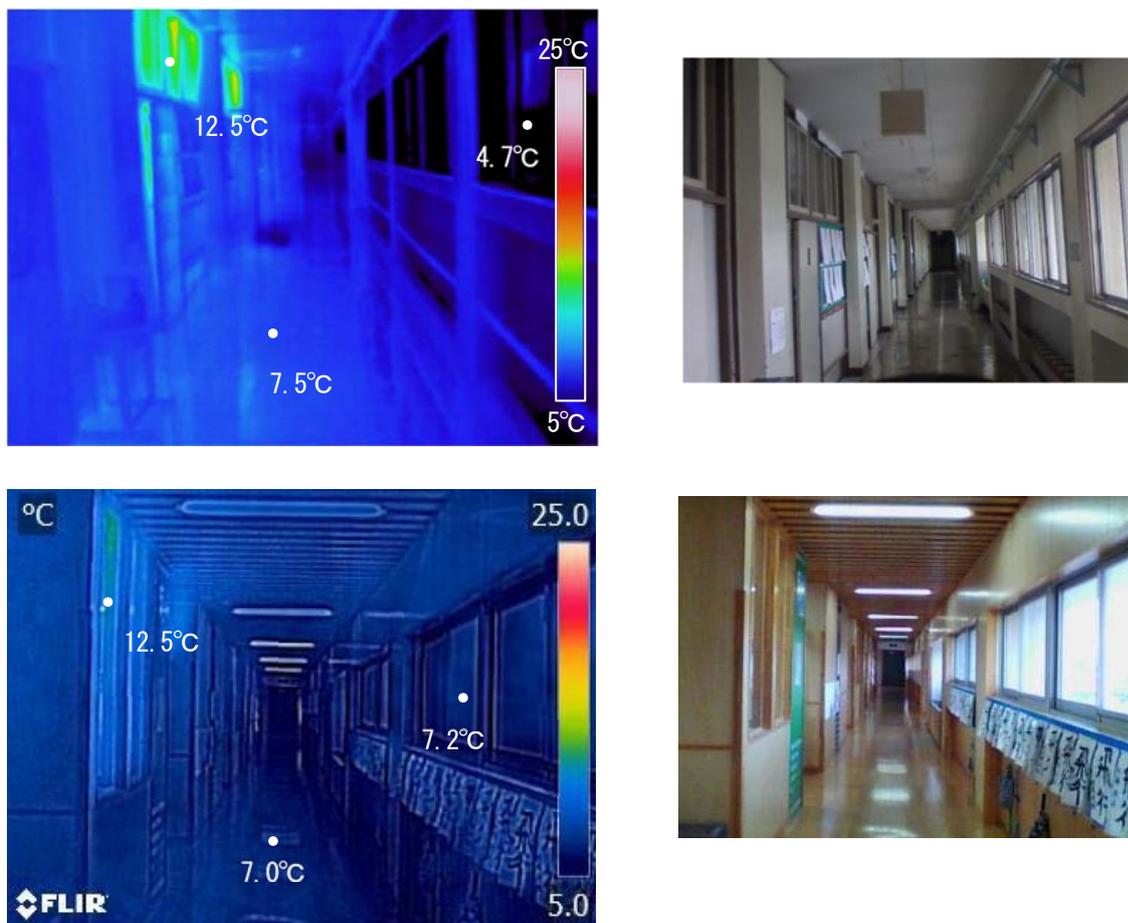


図 6-6 エコ改修前後の廊下の熱環境比較（上：改修前，下：改修後）

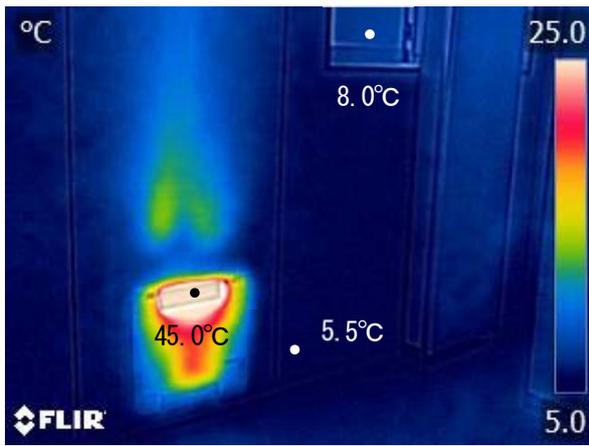
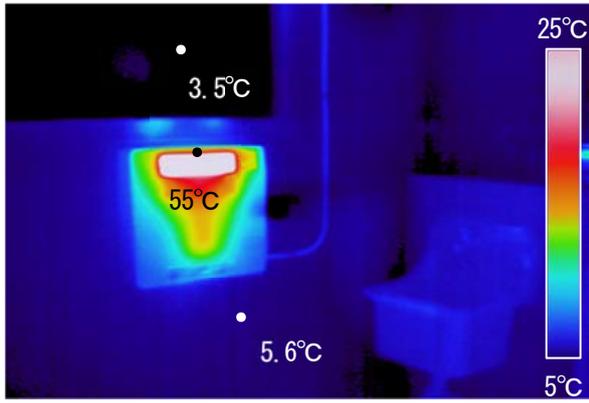


図 6-7 エコ改修前後のトイレの熱環境比較（上：改修前，下：改修後）

6.3 教室の光環境

(1) 測定概要

- 改修前後の教室内の光環境の調査として、照度値の比較を行った。エコ改修によって普通教室の照明灯数が増加している（表 6-11）。教室机上面について、図 6-8 に示す 9 地点にて測定を行った。

表 6-11 エコ改修前後の照明比較

エコ改修前	エコ改修後
FL : 80W×6 灯 40W×2 灯 合計 560W	LED : 62W×9 灯 33W×3 灯 合計 657W

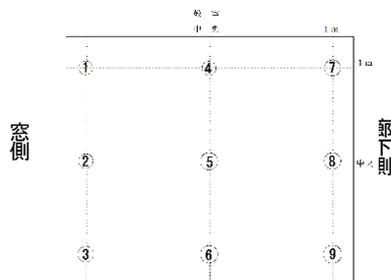


図 6-8 教室平面の照度測定地点

(2) 測定結果

- 測定結果を図 6-9 に示す。また、教室内の照明位置を図 6-10 に示す。照明灯数増加の目的は、教室内部照度の均一化、系統を分けることによる晴天時の窓側照明の消灯に伴う消費電力量削減である。
- エコ改修前は照明を点灯した場合でも廊下側の照度値が学校環境衛生基準¹⁰を下回っているのに対し、エコ改修後は照明を点灯した場合には十分な照度値が確保されていることから、照明を増加したことで、良好な光環境が得られたことが分かる。
- 消灯時カーテン開の場合でも、窓側の照度は学校環境衛生基準を上回っていることから、晴天時には窓側の照明を消灯しても十分な光環境が保たれると推測できる。

	エコ改修前	エコ改修後
測定日時	平成25年1月25日(金) 11:45~	平成30年12月26日 (水)14:00~
天候	曇	曇
調査教室名	西校舎2F普通教室	西校舎3F普通教室
屋外日向	8,550	10,720
屋外日陰	7,390	3,140

■教室平面

	窓側	中央	廊下側	窓側	中央	廊下側
照明点灯／カーテン開	1,126	792	393	1,861	1,380	1,118
	748	723	494	1,659	1,664	1,213
	1,308	569	264	2,510	1,900	1,555
照明点灯／カーテン閉	286	571	351	1,425	1,320	976
	367	505	387	1,410	1,323	1,025
	319	350	213	1,640	1,536	1,227
照明消灯／カーテン開	935	243	138	627	319	210
	535	319	177	741	411	194
	983	239	112	1,006	395	171
照明消灯／カーテン閉	94	47	50	395	194	154
	92	61	63	380	211	102
	98	50	47	424	197	103

図 6-9 エコ改修前後の普通教室内部照度比較

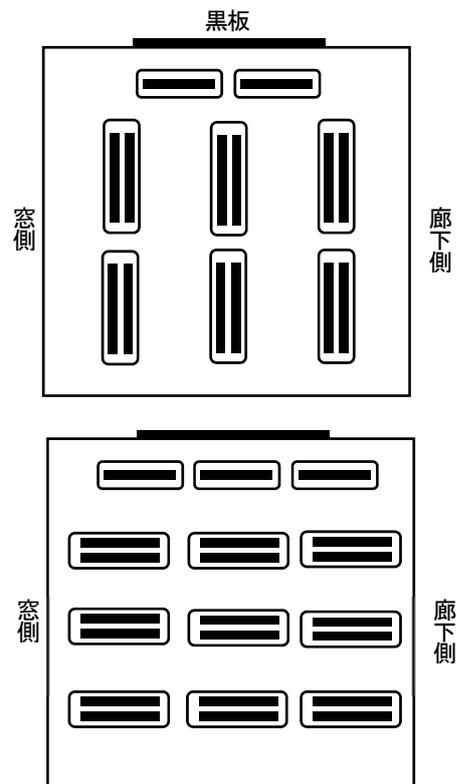


図 6-10 普通教室の照明位置
(上：エコ改修前，下エコ改修後)

¹⁰ 学校環境衛生基準では、「教室及びそれに準ずる場所の照度の下限値は、300 lx とする。また、教室及び黒板の照度は、500 lx 以上であることが望ましい。」とされている。

7. F A S T (Ver.2) によるエコ改修効果等の検証・分析

- F A S T (Ver.2) による、エコ改修前の年間 CO₂ 排出量と、工事内容を基に算出したエコ改修後の年間 CO₂ 排出量、平成 30 年度の年間 CO₂ 排出量の実績値の比較を表 7-1、図 7-1 に示す。
- エコ改修後(H30)実測値及びエコ改修後(H30)太陽光発電推定値では、F A S T (Ver.2) の計算対象外となっている項目の内、本調査でエネルギー消費量を把握できた体育館、給食室、グラウンド照明を除外した値とする。
- 太陽光発電を除いたF A S Tによる CO₂ 排出量の予測値 (18.4t-CO₂/年) は実績値 (53.7t-CO₂/年) に比べ、半分以下である。これは、F A S Tでは体育館、給食室、グラウンド照明に加え、プール水ろ過ポンプや凍結防止ヒーターを含むコンセント類のエネルギー消費量が対象となっていないことや、休日が計算対象外であることが原因であると考えられる。
- 太陽光発電による CO₂ 削減量の予測値 (39.6t-CO₂/年) は実績値 (21.1t-CO₂/年) の方が少ない。これは、4 章でも述べたように太陽光発電量が制御されていることによるものと考えられる。
- 太陽光発電量が制御されていなかった場合の CO₂ 削減量の推定値 (44.4t-CO₂/年) は予測値に近く、予測精度は満足できると考えられる。

表 7-1 エコ改修前後の年間 CO₂ 排出量の比較

	エコ改修前 (H24)	エコ改修後 (H30)	エコ改修後 (H30)実績値	エコ改修後(H30) 太陽光発電推定値
CO ₂ 排出量[t-CO ₂ /年]				
暖房	21.6	6.4	電力 52.7	電力 52.7
冷房	0.1	0.1		
照明	7.8	10.0		
換気	0.6	0.6		
水道	1.4	1.2		
小計	31.5	18.4	0.9	0.9
太陽光発電		-39.6	-21.1	-44.4
計	31.5	-21.2	33.5	10.3
CO ₂ 削減量[t-CO ₂ /年]		52.7	-2.1	21.2
CO ₂ 削減率(創エネなし)[%]		41.6	-170.6	-170.6
CO ₂ 削減率(創エネあり)[%]		167.4	-6.6	67.4

※平成 29 年度 3 月～平成 30 年度 2 月値

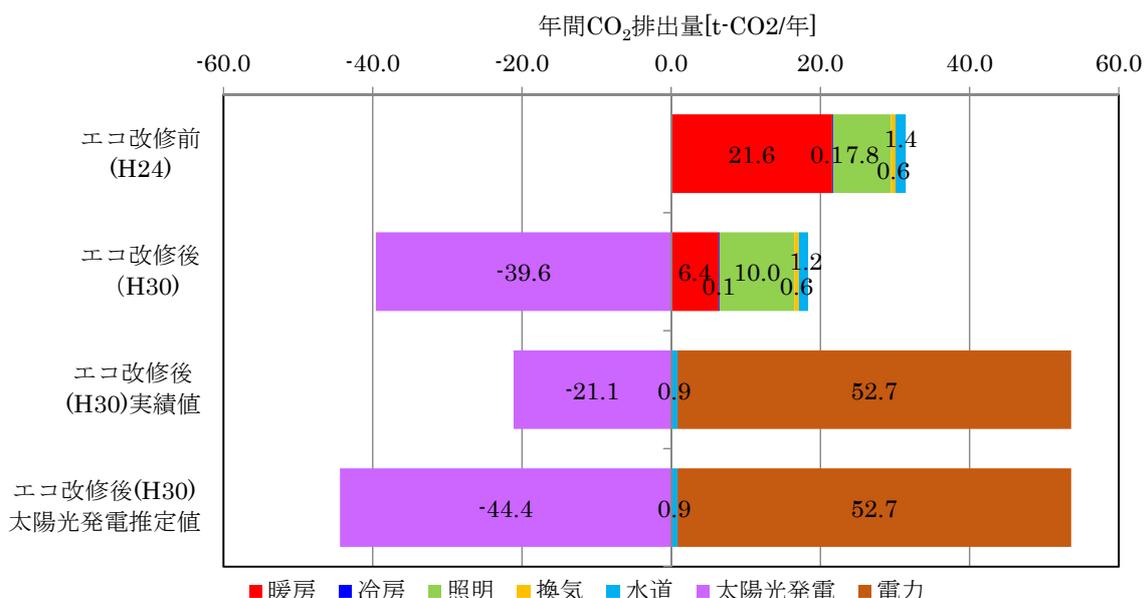


図 7-1 エコ改修前後の年間 CO₂ 排出量の比較

8. まとめ

8.1 エネルギー使用量の実態

① 太陽光発電について

- ・エコ改修を行う際には既に東北電力の送電線の容量に空きがなかったため、太陽光発電は系統連系しておらず、学校での電力消費量以上に発電しないように、発電量を意図的に制御している。
- ・発電量を制御していることから、発電量の実測値は、発電可能量と比較して平均 51.6%となっている。
- ・各月の太陽光発電の自己消費量は、全電力消費量の 17~33%となっており、買電の依存度が高い。
- ・各月の発電可能量は、全電力消費量を下回っており、売電が可能で発電量の制御が不要な場合であったとしても、太陽光発電による創エネのみで学校の全電力消費量を賄うことはできていない。

② 電力について

- ・エコ改修後（平成 29 年度（創エネなし）：178,802kWh）の電力消費量が、エコ改修前（平成 25 年度：128,799kWh）と比べ 38.8%増加している。増加の要因として、省エネをあまり意識しない EHP 空調稼働（夏期室内設定温度：25℃、早朝 7 時から空調一斉稼働、不在教室の空調稼働等）、暖房用途としての EHP 空調の稼働、教室の光環境改善のための照明増設による消費電力量の増加等が挙げられる。
- ・エネルギー削減対象外である給食室を除いた、平成 30 年度 6 月~1 月の電力消費量の用途別割合は、電灯（照明・コンセント等）が 54%、空調が 23%、その他が 23%となっている。
- ・夏期にその他の電力消費量が大きくなっているのは、プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響であると考えられる。冬期に校舎内電灯が増加しているのは、トイレの凍結防止ヒーターの稼働に伴うものと考えられる。

③ 灯油について

- ・エコ改修前は、暖房機器として石油ストーブと EHP 空調が併用されていたが、エコ改修後は、石油ストーブは学童保育室と給食室のみで用いられており、その他の室は暖房機器として EHP 空調を用いている。そのため、エコ改修後に灯油消費量は大幅に削減された。

④ LP ガスについて

- ・LP ガスの用途は、給食室での調理用途と、家庭科での調理実習のみであり、暖房用途には用いられていない。そのため、長期休業期間を除いて、年間を通して LP ガス消費量の変動は小さい。

⑤ 一次エネルギーについて

- ・エコ改修後（H29 年度（創エネなし）：1,863GJ）の一次エネルギー消費量が、エコ改修前（H25 年度：1,572GJ）と比べ 18.5%増加した。
- ・創エネあり・なしの比較から、創エネによって一次エネルギー消費量が 23.2%削減された（平成 29 年度（創エネなし）：1,863GJ、平成 29 年度（創エネあり）：1,430GJ）。
- ・夏期（H30 年度（創エネなし）7 月：167GJ）と冬期（H30 年度（創エネなし）2 月：253GJ）の一次エネルギー消費量を比べると、冬期の方が 1.5 倍程度大きくなっており、暖房やトイレの凍結防止ヒーターの稼働が、冬期のエネルギー消費量の増加の要因と考えられる。
- ・今回調査した矢吹小学校を、本調査研究で過去に調査した A 小学校、B 中学校と比較すると、地域の違いはあるものの、単位面積当たり一次エネルギー消費量も他校の 2 倍程度となっている。また、日本サステナブル建築協会（JSBC）がとりまとめた非住宅建築物の環境関連データベース（DECC データベース）の同地域の小中学校と比較すると、設備等の違いはあるものの、単位面積当たり一次エネルギー消費量は 1.3 倍程度大きな値となっており、矢吹小学校の一次エネルギー消費量が大きいことが分かる。

8.2 教室内外環境の実態

- ① 教室内外の温湿度について
 - ・年間を通して教室内部温度は学校環境衛生基準内であることを確認した。
 - ・冬期において、暖房区画扉内外の温度差は5°C程度生じ、区画扉による断熱効果が大きいことを確認した。
- ② 教室内外の熱環境について
 - ・夏期の冷房稼働時は、教室内の表面温度(26.9°C~28.5°C)は、室内温度(26.0°C)以上、外気温(29.0°C)以下であることを確認した。
 - ・冬期の暖房稼働時は、廊下の表面温度(6.2°C~7.9°C)は、教室内部温度(18.4°C)よりも低く、外気温(8.0°C)と同程度であるため、教室から廊下への放熱が少ないことを確認した。
- ③ 教室内外のCO₂濃度について
 - ・夏期及び中間期は、学校環境衛生基準内であり、適切なCO₂濃度が保たれていることを確認した。
 - ・冬期の暖房稼働時には、普通教室内部で授業中にCO₂濃度が高くなり、学校環境衛生基準を上回る時間帯があることを確認した。
- ④ ナイトパーズ効果測定について
 - ・対象校にはナイトパーズの給気用として、各教室にサッシ一体型手動開閉ガラリ及び設備給気口が設置されており、排気については、各トイレに設置されている換気扇(24時間換気)を利用している。
 - ・ナイトパーズ装置開とした際、給気量は概ね20~50 m³/hであり、設備給気口からの給気量設計値(60 m³/h、設計者へのヒアリングによる)に達していない。
 - ・ナイトパーズ装置の開閉による教室内部温度差は小さく、ナイトパーズ装置として期待される効果は得られなかったため、ナイトパーズ装置としての給気量が不十分であることが想定される。
 - ・ナイトパーズとしての効果を得るためには、現況の3.5倍の給気量が必要と考えられる。
- ⑤ 教室の光環境について
 - ・エコ改修によって1教室当たりの照明灯数が増加したが、光環境はエコ改修前よりも改善している。

8.3 エコ改修による効果等

- ・「平成24年度スーパーエコスクール実証事業報告書(概要版)(矢吹町教育委員会)」で定めた、エネルギー削減目標と比較すると、ゼロエネルギー化の目標達成率は14.8%であり、ゼロエネルギー化を達成していない。
- ・一次エネルギーの省エネ率は11.8%である。
- ・ゼロエネルギー化を達成できなかった主な要因としては、計画時に比べて太陽光発電の容量が小さくなったことに加え、発電量を制御していることから、発電量の実績値が計画値の45.8%と小さくなっている。また、教室の光環境改善のための照明増設、省エネをあまり意識しない空調稼働、トイレ凍結防止ヒーターの常時稼働により、エコ改修前よりも電力消費量が増加したことが考えられる。特に、トイレ凍結防止ヒーターの常時稼働による一次エネルギー消費量の増加が大きい。
- ・断熱改修に加え、暖房機器をFF式石油ストーブとEHP空調の併用から、EHP空調の単独稼働へと切り替えたことで、暖房用途の一次エネルギー消費量の削減につながった。暖房の設定温度を20°Cとしても十分快適な教室環境である。
- ・照明の増設や空調の稼働によって、教室内部は快適な環境となっている。
- ・廊下に設置した暖房区画扉内外の温度差は5°C程度生じている。暖房区画扉を、休憩時間等の動線

を考慮した位置に設置することで、暖房に必要なエネルギー消費量の抑制につながると考えられる。

8.4 今後の課題について

- ・太陽光発電電力を有効活用している側面もあるが、省エネをあまり意識していない空調稼働やトイレ凍結防止ヒーターの長期間の常時稼働により、年間を通じて室内環境は快適であるが、電力消費量の増加につながっている。地域や設備等の違いはあるものの本調査研究の過去の調査結果等と比較しても単位面積あたりの一次エネルギー消費量は大きなものになっている。
- ・太陽光発電の発電量を抑制する必要があるなど、当初の計画時とは状況が変わりゼロエネルギー化の達成が困難ではあるが、特にエネルギー消費量の増加の要因と考えられる以下について見直しを検討するなど、エネルギー消費量の削減に取り組むことが望ましい。

① 空調の運用の見直し

- ・省エネをあまり意識しない EHP 空調稼働（夏期室内設定温度：25℃、早朝 7 時から空調一斉稼働、不在教室の空調稼働等）が電力消費量の増加の要因となっている。
- ・EHP 空調の稼働について、設定温度の見直しや、在室時のみの空調停止の徹底等、室内が学校環境衛生基準内に保たれる範囲内での空調運用の見直しが必要と考えられる。

② トイレの凍結防止ヒーターの運用の見直し

- ・トイレ内温度が 20℃を下回ると、凍結防止ヒーターが稼働する制御となっており、電力消費量増加の要因となっている。
- ・制御温度の引き下げや稼働期間の見直し等、運用面の改善が必要と考えられる。

③ 照明の運用の見直し

- ・エコ改修によって照明の灯数が増加したことで、教室内の光環境が改善されている。
- ・晴天時には教室内の照度が学校環境衛生基準を十分に満たすことが想定されるため、晴天時には窓側照明の消灯によって電力消費量の削減が可能と考えられる。

④ 太陽光発電制御の見直し

- ・太陽光発電量は、エコ改修前の電力消費量実績（現状の 7 割程度）に基づき制御されており、現状の電力消費量に適した制御となっていない可能性がある。
- ・現状の電力消費量に適した制御方式とすることで、太陽光発電を有効活用できると考えられる。

(参考) 学校施設の環境に関する基礎的調査研究

平成19年10月24日
平成30年 4月26日(最終改正)
国立教育政策研究所長決定

1 趣旨

近年、地球規模の環境問題が世界共通の課題として提起されており、学校施設においても環境負荷の低減や自然との共生を考慮した施設を整備することが求められている。また、平成20年に京都議定書の約束期間が開始することから、政府等においても、温室効果ガスの排出削減等の取り組みを強化している。

このような状況を踏まえ、学校施設のエネルギー消費の現状を把握するとともに、既存校舎における環境対策の推進方策等について調査研究を行い、今後の学校施設整備に係る文教施設施策に資する。

2 調査研究事項

- (1) 学校施設におけるエネルギー消費に関する実態把握
- (2) 既存校舎を対象にした環境対策モデルプランの作成
- (3) 学校施設におけるCO₂排出量算出ツールの開発
- (4) その他

3 実施方法

別紙の学識経験者等の協力を得て、2に掲げる事項について調査研究を行う。なお、必要に応じ、その他の関係者の協力を求めることができる。

4 実施期間

平成19年10月24日から平成32年3月31日までとする。

(別紙)

学校施設の環境に関する基礎的調査研究協力者

(五十音順, ○印:主査)

(委員)

磯山 武司	津山工業高等専門学校校長
小泉 治	株式会社日本設計第3建築設計群副群長チーフ・アーキテクト
○小峯 裕己	千葉工業大学創造工学部建築学科教授
坂口 淳	新潟県立大学国際地域学部国際地域学科教授
寺嶋 修康	寺嶋研究所代表
中野 淳太	東海大学工学部建築学科准教授
望月 悦子	千葉工業大学創造工学部建築学科教授

(オブザーバー: 文部科学省大臣官房文教施設企画部)

松下 洋介	施設企画課課長補佐
島岡 玉樹	施設企画課環境施設企画係長
原 誠史	施設助成課課長補佐
佐々木 匡史	施設助成課技術係長

(調査協力)

株式会社テイコク

なお、国立教育政策研究所においては、次の関係官が本報告書の作成にあたった。

森 政之	文教施設研究センター長
高草木 伸	文教施設研究センター総括研究官
上田 良平	文教施設研究センター専門調査員



国立教育政策研究所文教施設研究センター
〒100-8951 東京都千代田区霞が関 3-2-2
電話 : 03-6733-6992 FAX : 03-6733-6966