

学校施設のエネルギー使用実態等調査
報告書
(平成29年度)

平成30年8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

全体概要及び考察.....	1
1. 調査概要.....	2
1.1 目的.....	2
1.2 調査項目.....	2
1.3 調査対象校の概要.....	3
1.4 調査体制.....	7
1.5 調査スケジュール.....	8
1.6 用語・単語の定義.....	8
2. 立地条件の把握.....	9
2.1 気温・湿度.....	9
2.2 風況.....	9
2.3 日射量.....	11
3. 学校施設・設備機器の運用実態調査.....	12
3.1 設置されている設備機器.....	12
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 調査項目.....	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.....	19
5. 機器測定による教室内外の実測調査.....	35
5.1 測定結果と分析.....	35
5.2 使用する計測機器.....	35
5.3 測定点.....	35
5.4 測定結果と分析.....	37
6. エコ改修前後の実態比較.....	58
6.1 エネルギーの変動.....	58
6.2 教室の熱環境.....	68
7. F A S T (Ver.2) によるエコ改修効果等の検証・分析.....	70
8. まとめ.....	71
8.1 エネルギー使用量の実態.....	71
8.2 教室内外環境の実態.....	71
8.3 エコ改修による効果等.....	72

全体概要及び考察

- ① 鹿ノ台中学校の学校施設・設備機器運用実態
 - ・普通教室に冷房設備は設置されていない。
 - ・普通教室は夏期に扇風機，冬期にガスファンヒーター，特別教室は EHP 空調を使用。
 - ・校舎，体育館の全ての照明を，LED 照明に更新。
 - ・夏季休業中も屋内での部活動が活発に実施されているため，8 月も電力消費が多くなっている。
 - ・特別教室は空調運用のルールが定められておらず，夏期の電力消費量増加の要因と考えられる。

- ② ゼロエネルギー化の達成状況
 - ・生駒市教育委員会が掲げたエネルギー削減目標は，平成 29 年度時点において達成（達成率 149.5%）。
 - ・平成 29 年度時点において，ゼロエネルギー化を達成（太陽光発電によるエネルギー創出量の余剰量は 42.5 万 MJ）。
 - ・一次エネルギーの省エネ率は，「創エネ無し」で 28.4%，「創エネあり」で 62.8%。

- ③ 主なゼロエネルギー化達成要因
 - ・設備容量が大きい太陽光発電（103.1kW）を設置。
 - ・体育館の照明を水銀灯から LED に更新。
 - ・断熱改修（ペアガラス，外壁腰壁断熱，教室間仕切り廊下側壁断熱）により，暖房の使用時間が減ったことで，ガス使用量が削減。

- ④ 教室の熱環境
 - ・ヒアリング結果からは，風通しの良さなどから夏期においても問題なく過ごせるとのことであったが，本調査の実施時期（平成 29 年 6 月～平成 30 年 1 月）については，例年に比べ夏期の外気温が高く，教室内の快適性評価である PMV の数値からは必ずしも良好な環境であったとは言えない可能性もある。例年並みの暑さにおける教室内温熱環境と異なる本調査の結果のみをもって，今後の改善方策を検討することには議論もあろうが，ナイトパーズの導入や空調設備の設置など，夏期の教室の熱環境について何らかの改善方策を今後検討することは有効であると考えられる。

- ⑤ F A S T（Ver.2）によるエコ改修効果
 - ・太陽光発電における CO₂ 削減量は，実測と 5.4t-CO₂/年程度の差であり，日照の影響を考慮すれば，予測精度は高いといえる。
 - ・エネルギー消費に伴う CO₂ 排出量は，実測値に比べ F A S T 値が 1/2 程度であった。要因としては，体育館・プール等の計算対象外施設があることや，休日が計算対象外となっていることが考えられる。

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

- ・奈良県生駒市立鹿ノ台中学校（奈良県生駒市鹿ノ台南 2-16）

1.2.2 立地条件の把握

- ・鹿ノ台中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、ガス流量計を設置し、暖房等によるガス使用量及び検針票等の資料に基づき、水道使用量を含めた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、表面温度測定を行うとともに、対象校で測定を行っている温湿度や照度データを活用し、現状の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。

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 年度に南校舎と体育館，平成 27 年度に北校舎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 29 年 5 月時点）

所在地	奈良県生駒市鹿ノ台南 2-16		
敷地面積	23,802 m ²		
校舎面積	南校舎：2,423.8 m ² 北校舎：2,245.6 m ² 合計：4,669.4 m ²		
校舎構造	南校舎：RC 造り，3 階，S56 年築 北校舎：RC 造り，3 階，S56 年築		
建物名	I 期工事（H26 年度）		II 期工事（H27 年度）
延べ床面積	南校舎（S56 年築） 2,423.8 m ²	体育館（S56 年築） 1,010.0 m ²	北校舎（S56 年築） 2,245.6 m ²
構造，階数	RC 造り，3 階	RC 造り・S 造り，3 階	RC 造り，3 階
エコ改修概要	LED 照明（教室，特別教室，管理諸室等） 廊下 LED 照明（人感センサー付き） 複層ガラスによる断熱 外壁側腰壁断熱 教室間仕切り廊下側壁断熱 節水コマ（手洗い場） 空調（特別教室，管理諸室等） 通風用窓（各階段室）	LED 照明	LED 照明（特別教室，管理諸室等） トイレ・廊下 LED 照明（人感センサー付き） 屋上断熱 複層ガラスによる断熱 外壁側腰壁断熱， 教室間仕切り廊下側壁断熱 節水コマ（手洗い場・トイレ） 節水型便器 eco ルーム整備（足踏み発電設置） 空調（特別教室，管理諸室等） 通風用窓（各階段室）
	太陽光発電 ³ （H27 年度），風力・太陽光ハイブリット型外灯（蓄電池内臓）（H27 年度），散水用雨水タンク，揚水ポンプ（H27 年度）		
校舎形状	並行配置型		
教室窓方位	南側		
学級数	普通：7 学級（7 教室） 特別支援：2 学級（2 教室）		
児童数	246 人		
職員数	30 人		
給食方式	センター方式		
稼働状況	年間開校日数：201 日（夏季休業期間（7/21～8/31）：42 日，冬季休業期間（12/25～1/6）：13 日，学期末休業期間：（3/25～4/5）：12 日，土日祝：97 日） 勤務時間：7:00～21:00（時間外含む） 授業時間：8:00～16:00 年間授業時間：1,608 時間/年（201 日/年×8 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
北校舎屋上 南校舎屋上	京セラ株式会社	多結晶シリコン太陽電池	215	103.1 (北校舎屋上：215W×208 枚) (南校舎屋上：215W×272 枚)	14.48	平成 27 年 8 月末

※蓄電池は未設置

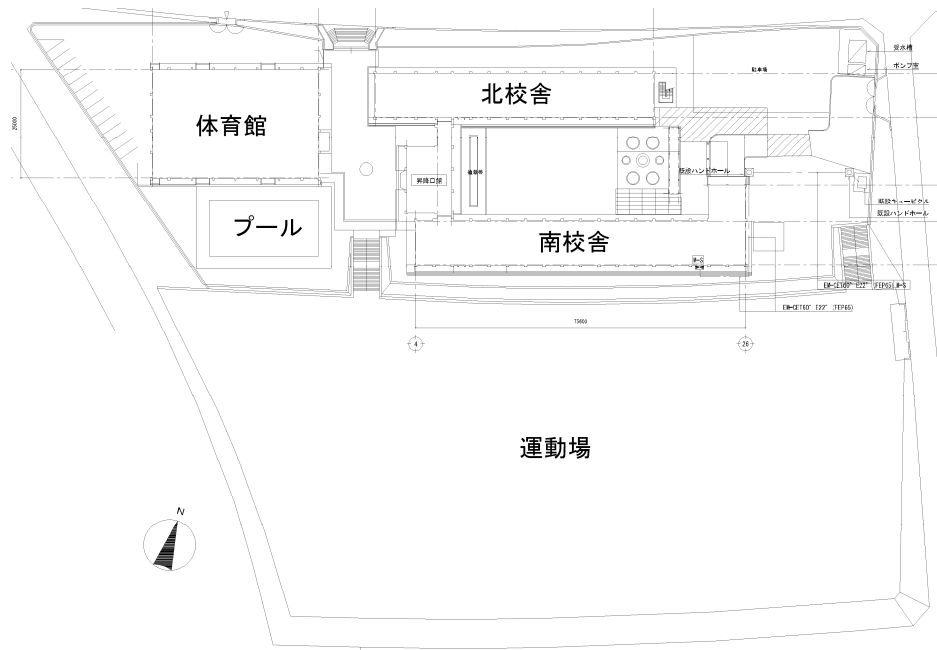
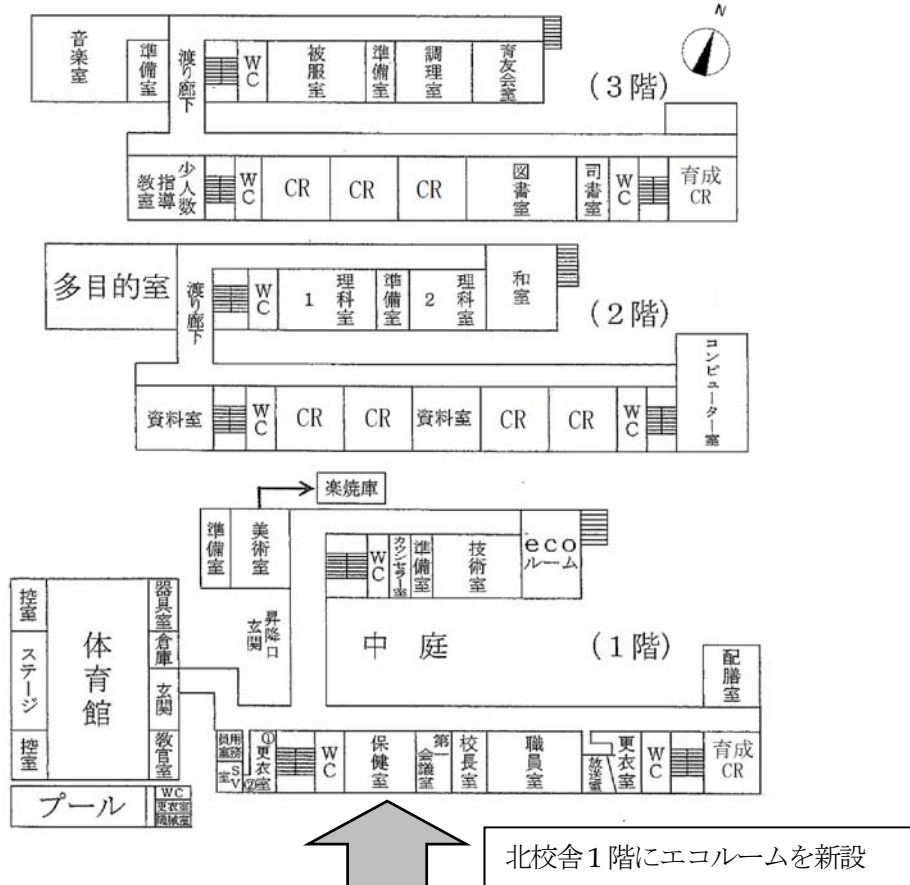


図 1-1 対象校の校舎配置図（平成 29 年度）

平成29年度
(エコ改修後)



平成24年度
(エコ改修前)

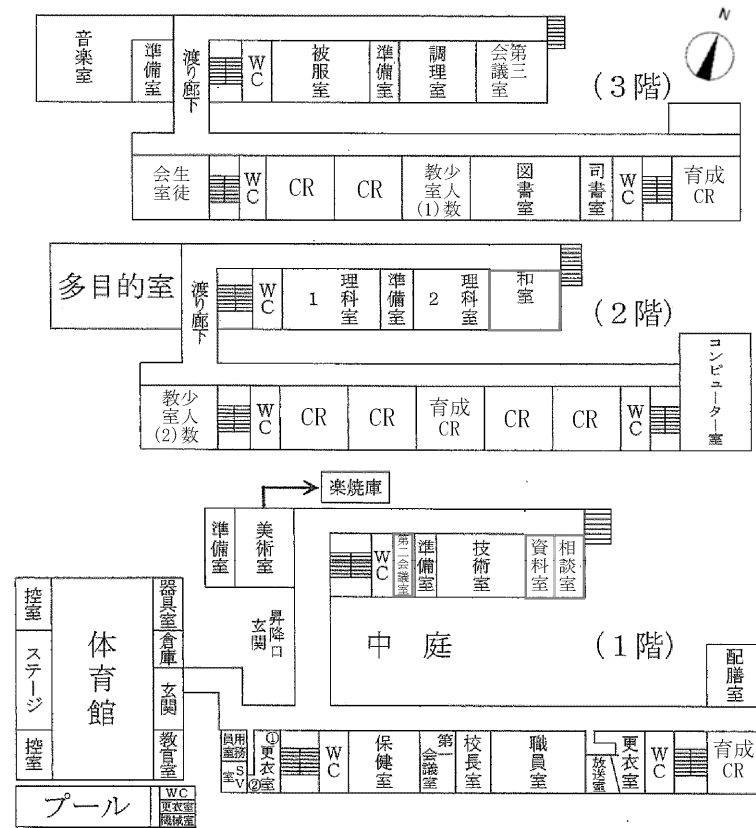
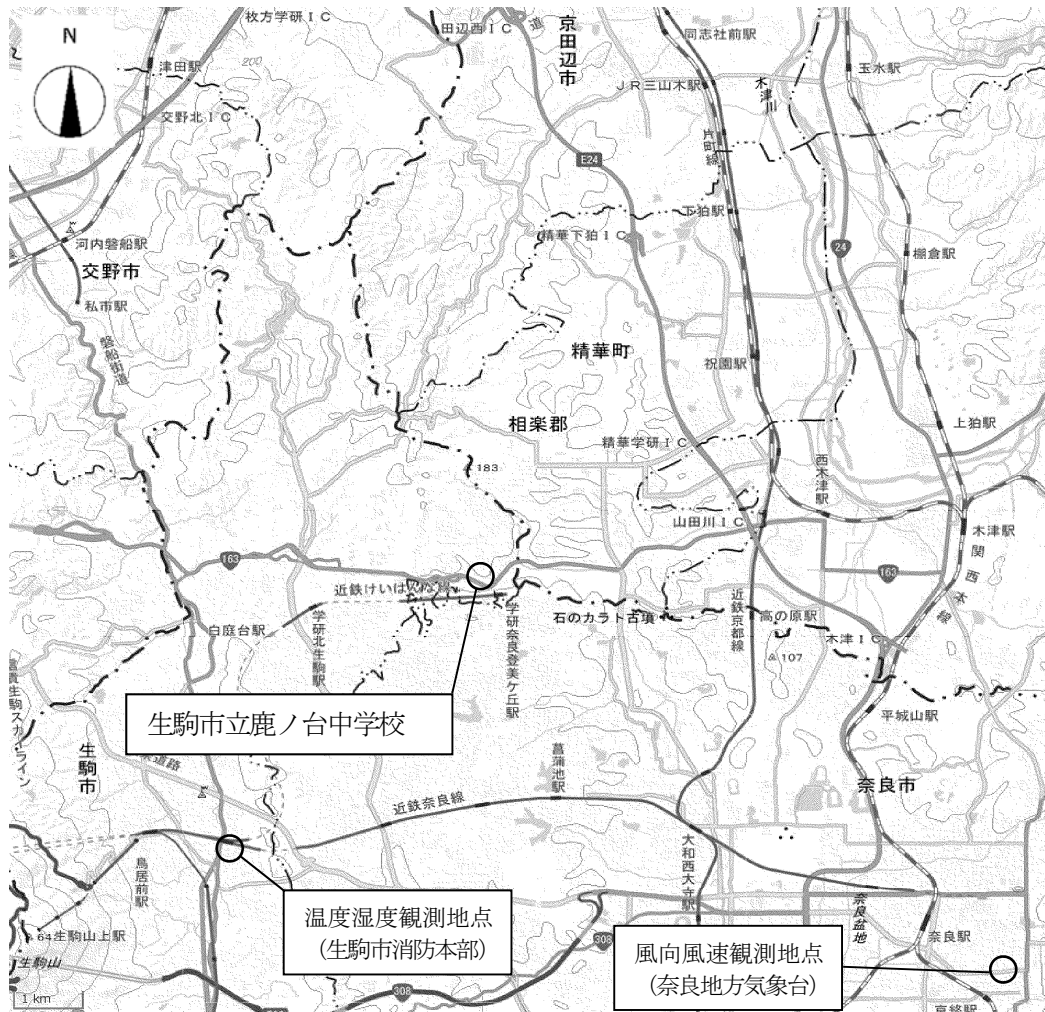


図1-2 対象校の教室配置図 (上：平成29年度，下：平成24年度)



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（対象校の南西には生駒山を中心とした生駒山脈が位置しており、比較的新しい住宅地内のなだらかな南向き丘陵に位置する。（標高約130m）

1.4 調査体制

図1-5に調査体制を示す。

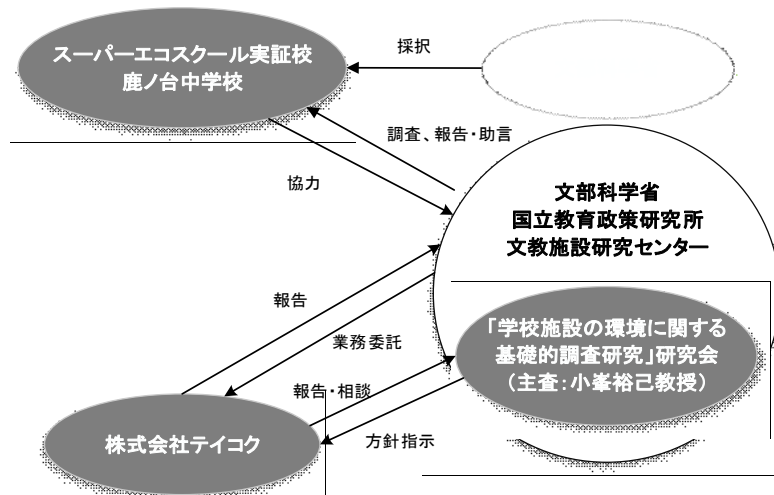


図1-5 調査体制

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29年												平成30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、電力使用量、ガス使用量、発電量)				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
⑧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					7/6												3/13

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）
都市ガス	45MJ/N m ³	

(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（関西電力）	0.311kg-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
都市ガス	2.230kg-CO ₂ /N m ³	
水道	0.514kg-CO ₂ /m ³	生駒市上下水道部「平成 28 年度版水道事業年報」

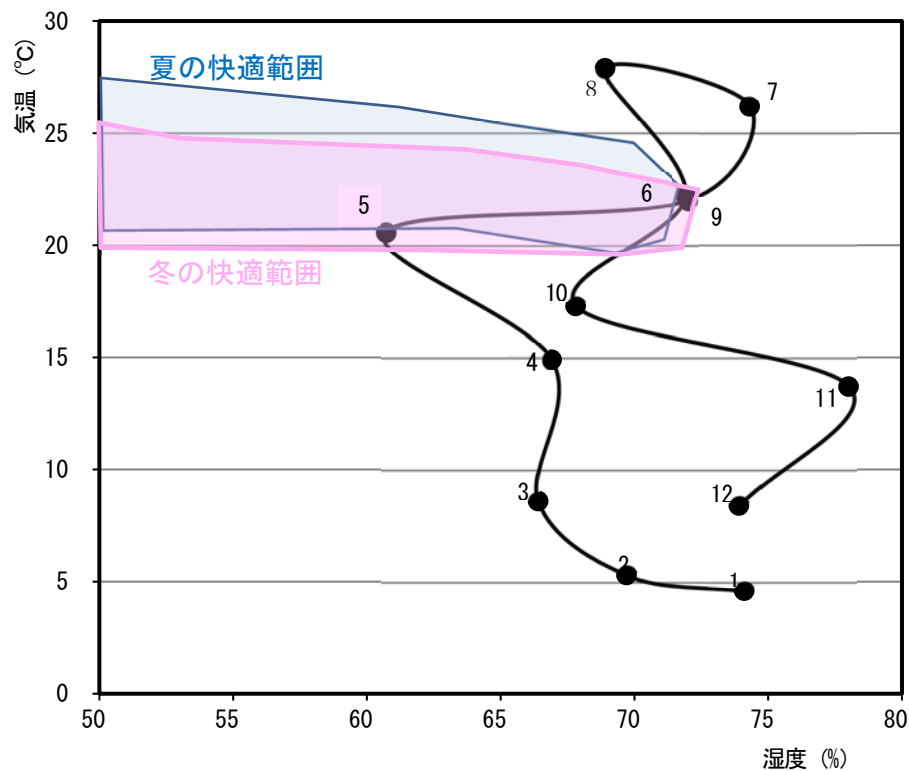
(3) 端数整理

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

生駒市消防本部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。5月、6月、9月は快適範囲内に収まっていることが分かる。なお、快適範囲はオルゲーの生気候図にもとづいた。



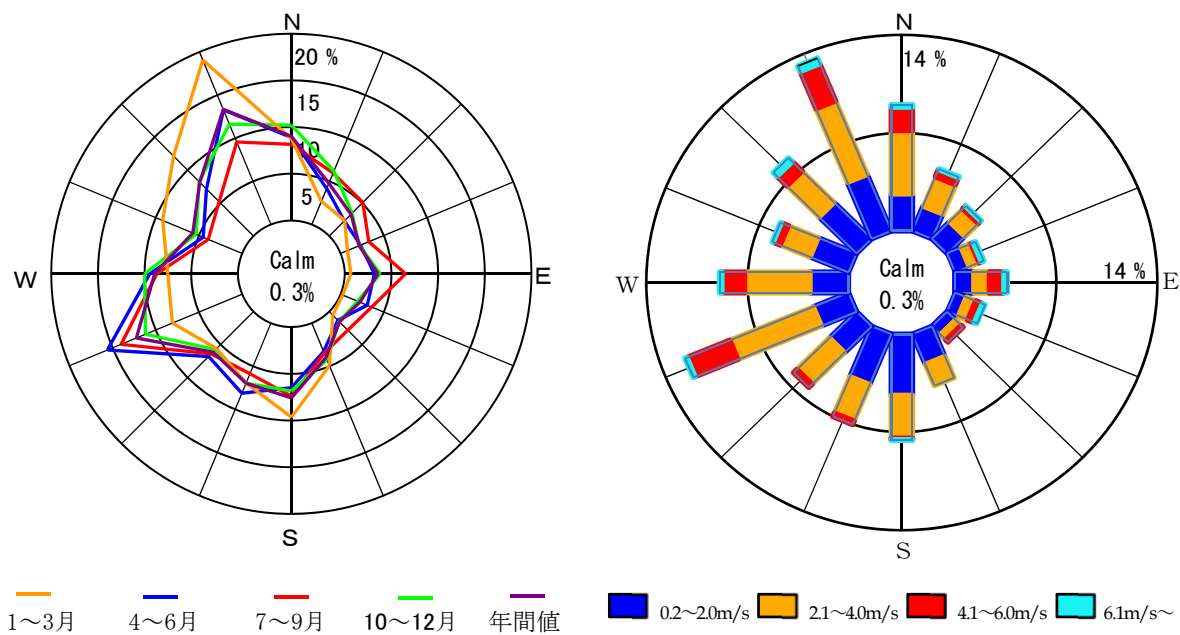
データ出典：生駒市オープンデータポータルサイト，気象本部データ

図2-1 生駒市のクリモグラフ（平成27年）

2.2 風況

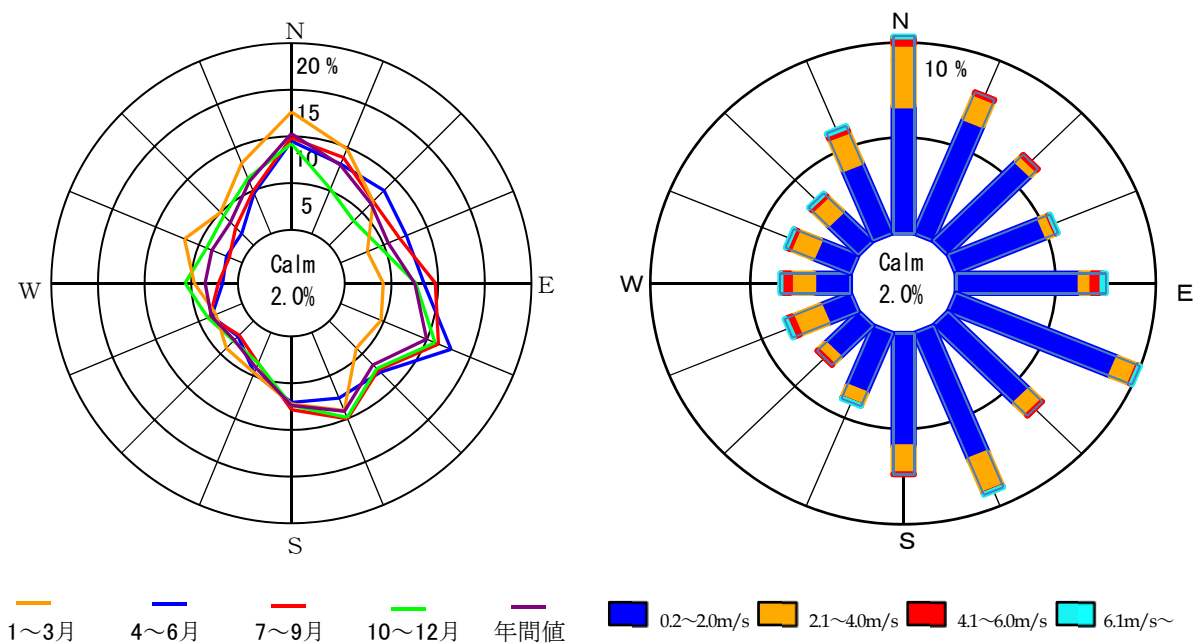
生駒市では風向及び風速の連続観測は行われていないため、隣接する奈良市のデータを用いる。奈良市における、平成29年の季節別風配図及び風向別風速階級別頻度分布を、昼間（8:00～18:00）と夜間（18:00～翌8:00）に分けて図2-2、2-3に示す。なお、風速計の観測高さは19.9mである。

昼間においては、冬期を中心に年間を通してNNWが卓越風向であり、WSWも卓越風向となっている。冬期にはEからの風はほとんど吹かない。夜間においては、昼間と異なり年間を通してN及びESEが卓越風向となっている。さらに、冬期にEからの風が吹く等、昼間と夜間で大きく風況が異なることが分かる。また、平均風速は昼間が2.6m/s、夜間が1.5m/sであり、昼間は夜間に比べ強い風が吹く傾向であり、無風となる割合も夜間の方が高くなっている。



データ出典：気象庁 HP/過去の気象データ(奈良市)

図 2-2 昼間における奈良市の季節別風配図(左)及び風向別風速階級別頻度分布図(右) (平成 29 年)



データ出典：気象庁 HP/過去の気象データ(奈良市)

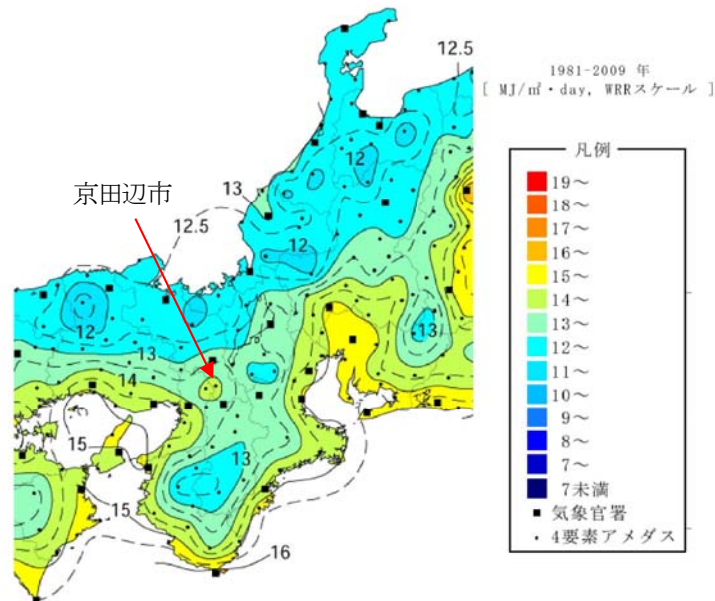
図 2-3 夜間における奈良市の季節別風配図(左)及び風向別風速階級別頻度分布図(右) (平成 29 年)

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、中部・近畿地方の、観測地点ごとの年間最適傾斜角（28.0°）における年平均日射量マップであり、生駒市はNEDO日射量データベースに登録されていないため、隣接する京田辺市について評価を行い、京田辺市の年間最適傾斜角における日射量グラフを図2-5に示す。

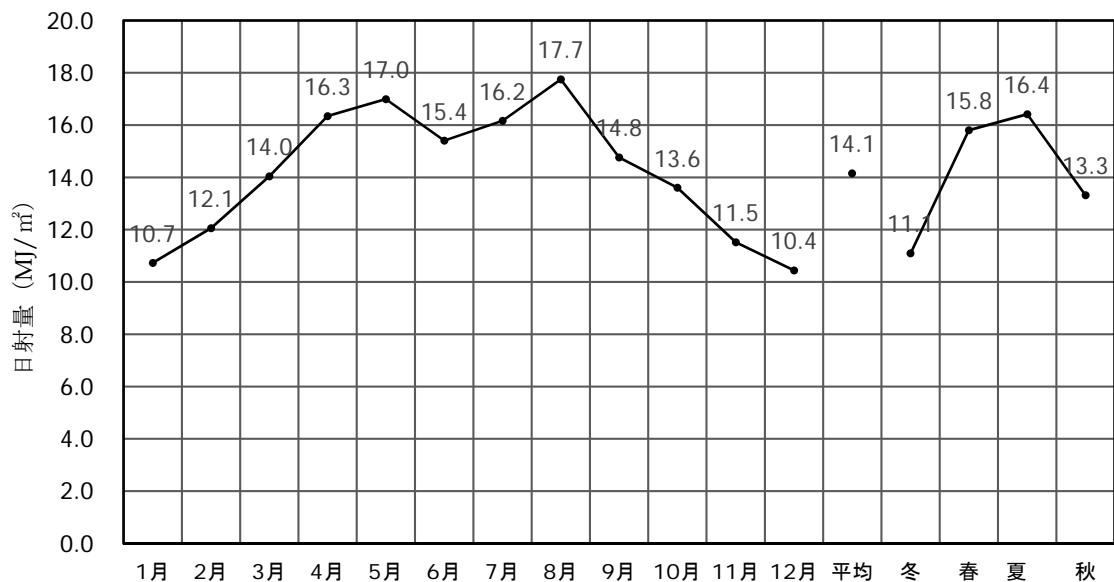
京田辺市の年間最適傾斜角における年平均日射量は14.1MJ/m²・dayであり、全国平均値の13.8MJ/m²・dayよりやや高い。



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:34°49.8'N, 経度:135°45.6'E, 標高20m



データ出典：NEDO日射量データベース

図2-5 京田辺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 3-1～3-3 に示す。また、改修前後の EHP 空調及び GHP 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（生駒市立鹿ノ台中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：103.1kW）	揚水ポンプ更新（トップランナーモーター導入）
小型風力発電設備（南校舎西端：1kW）	散水用雨水タンク設置（200L×6 か所）
足踏み発電設備（ECO ルーム）	節水コマ設置（手洗い場・北校舎トイレ）
LED 照明人感センサー付き（廊下）	節水型便器（北校舎トイレ）※（使用水量 改修前：13L，エコ改修後：大 4.8L・小 3.6L）
LED ダウンライト人感センサー付き（北校舎トイレ）※	EHP 空調更新（職員室・保健室・校長室・コンピュータ室）
LED 照明（教室・特別教室・体育館）	GHP 空調から EHP 空調更新（音楽室・多目的室・図書室）

※南校舎は平成 22 年度に改修済み

表 3-2 建物の改修一覧

北校舎屋上断熱改修（ポリスチレンフォーム：25mm）※	教室間仕切り廊下側壁断熱（ウレタン注入発泡充填，扉：25mm，パネル 40mm）
外壁腰壁断熱改修（教室・特別教室・管理諸室等） （硬質ウレタンフォーム：35mm）	階段踊り場ルーバー窓の設置（北校舎 2 箇所・南校舎 5 箇所）
教室ペアガラス更新（窓側，廊下側）	

※南校舎は平成 22 年度に改修済み

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	なし	なし
	特別教室 (1)	GHP : 冷房能力 33.5kW×1 台, 23.6kW×1 台, 18.5kW×1 台, EHP : 10.0kW×2 台	(新設) EHP : 冷房能力 14.0kW×2 台, 12.5kW×2 台, 11.2kW×2 台, 10.0kW×2 台, 8.0kW×3 台
	特別教室 (2)	なし	なし
	管理諸室	EHP : 冷房能力 11.2kW×1 台, 10.0kW×2, 7.1kW×1, 5.0kW×2 台	(新設) EHP : 冷房能力 10.0kW×3 台, 5.6kW×1 台, 5.0kW×2 台
暖房	普通教室	ガスファンヒーター : 暖房能力 5.8kW (各教室 1 台)	(既設) ガスファンヒーター : 暖房能力 5.8kW (各教室 1 台)
	特別教室 (1)	GHP : 暖房能力 37.5kW×1 台, 26.5kW×1 台, 21.0kW×1 台, EHP : 11.2kW×2 台	(新設) EHP : 暖房能力 16.0kW×2 台, 14.0kW×2 台, 12.5kW×2 台, 11.2kW×2 台, 9.0kW×3 台
	特別教室 (2)	ガストーブ : 暖房能力 5.8kW×9 台, ガスファンヒーター : 暖房能力 5.8kW×2 台	(既設) ガストーブ : 暖房能力 5.8kW×9 台, ガスファンヒーター : 暖房能力 5.8kW×2 台
	管理諸室	ガストーブ : 暖房能力 5.8kW×4 台	(既設) ガストーブ : 暖房能力 5.8kW×4 台
教室 1 箇所当たりの照明		560W (FL)	400W (LED)
トイレ 1 箇所当たりの照明		80W (FL) (男女共) (北校舎)	183W (男), 225W (女) (LED) (北校舎)
体育館照明		14kW (水銀灯)	3.76kW (LED)
給水		揚水ポンプ 5.5kW×2 台	揚水ポンプ 5.5kW×2 台 (トップランナーモータ)
プール水ろ過ポンプ		5.5kW	5.5kW

※特別教室 (1) : 音楽室, 多目的室, コンピュータ室, 図書室, ECO ルーム

特別教室 (2) : 技術室, 美術室, 理科室, 家庭科室

管理諸室 : 職員室, 保健室, 校長室

※プール水ろ過ポンプは改修前後で同一規格である

表 3-4 改修前後における EHP 空調, GHP 空調能力と空調対象室面積の比較

		特別教室			管理諸室		
		改修前	改修後	変動率	改修前	改修後	変動率
室面積	(m ²)	419.8	517.2	123.2%	285.6	285.6	100.0%
冷房能力	(kW)	95.6	119.4	124.9%	48.3	45.6	94.4%
	(kW/m ²)	0.228	0.231	101.4%	0.169	0.160	94.4%
暖房能力	(kW)	107.4	131.4	122.3%	—	—	—
	(kW/m ²)	0.256	0.254	99.3%	—	—	—

※単位面積当たりの暖冷房能力は, 改修前後での増加が認められないことから, 空調能力の増加は, 空調対象面積の増加が主な要因であると言える。

3.2 設備機器の運用実態

教頭, 教育委員会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。エコ改修をきっかけとして, 生徒のエコに対する意識が高まり, 雨水による水やりや不在時の照明消灯の徹底等を実施している。なお, 詳細は巻末の参考資料の調査票 (生駒市立鹿ノ台中学校運用状況ヒアリングシート

結果)による。

①空調・換気について

- ・冷房機器として、特別教室及び管理諸室は EHP 空調を使用している。
- ・普通教室には冷房機器がなく天井に扇風機 (2 台) が設置されている。
- ・暖房機器として、教室、管理諸室はガスファンヒーター、ガスストーブを使用しており、特別教室は EHP、ガスファンヒーター、ガスストーブを使用している。
- ・冷暖房の使用について、設定温度や使用期間等、特にルールを定めていない。
- ・空調室内機のフィルター清掃は、掃除のサインが示されたときに実施しており、空調室外機の清掃は実施していない。
- ・換気扇の基本的な運用については、在室時に運転し、不在時には停止することになっている。また、教室の窓の基本的な運用については、夏期は開放し、冬季は閉鎖することになっている。

②照明

- ・エコ改修によって、校舎及び体育館の全ての照明器具が LED 照明に更新された。
- ・廊下、昇降口、北校舎トイレの照明はエコ改修によって人感センサー付き LED 照明に更新された。なお、南校舎トイレの照明はエコ改修前の平成 22 年度に LED 照明に更新されている。
- ・廊下、昇降口の照明は人感センサーで制御している。トイレの照明にも人感センサーは設置されているが、生徒会の発案により通常は人感センサーを切った状態にしており、必要に応じて手で照明を付けるようにしている。
- ・教室の照明は、授業中は天候によらず全て点灯し、休み時間は読書や勉強をしている生徒の箇所を除き消灯している。また、日差しの強い時間帯はカーテンを閉めている。
- ・グラウンドに照明設備はない。

③稼働状況

- ・放課後の普通教室の使用状況は、吹奏楽部が 2~3 室を使用する。また、テスト期間前の 1 週間は、毎日 1 時間程度の勉強会で使用 (5 回/年) されている他、生徒面談として 1 週間使用される (3 回/年)。
- ・休日に部活動の顧問が職員室を使用するが、部活動中で不在とする際は消灯・施錠している。
- ・部活動は野球・硬式テニス・サッカー (グラウンド)、男子バスケット・女子バレーボール (体育館)、吹奏楽 (音楽室・普通教室)、美術部 (美術室)、茶道部 (和室)、読書部 (図書室) がある。
- ・美術部・茶道部・読書部は 1 回/週の活動、それ以外は 5 回/週の活動があり、平日に 1 回、休日に 1 回休みがある。(エコ改修前の平成 24 年度は、吹奏楽部は休日の部活動がなかった。)
- ・体育館は、平日に部活動及び授業で 5 時間、休日に部活動で 8.5 時間使用している。また、改修前の平成 24 年度は土曜日と日曜日 (17:00~20:00) に地域開放をしていたが、平成 29 年度は土曜日 (17:00~20:00) のみ地域開放している。
- ・ECO ルーム、多目的室、少人数教室はほとんど使用されていない。
- ・天候によっては、9 月に体育の授業でプールを使用する年度がある。

④その他

- ・南校舎と体育館は平成 26 年度に、北校舎は平成 27 年度に改修済みである。太陽光発電は平成 27 年度に設置された。
- ・生徒会主導により環境教育への積極的な取組を行っておりグリーンフラッグを取得している⁴。(不在時の照明消灯の徹底、ゴーヤグリーンカーテンの栽培 (北校舎南面)、雨水による水やり、ペットボトルのキャップ回収等)。
- ・湯沸機は職員室と保健室に各 1 台設置されている。
- ・冷蔵庫は職員室、理科室、調理室、保健室に 1 台設置されている。
- ・昇降口の扉は、夏は開け、冬は閉めている。

⁴ グリーンフラッグとは環境について児童・生徒が考え、学校と地域が協力して取り組んでいる証である。エコスクールとしての取り組みについて FEE (国際環境教育基金) の審査を受け、その取り組みが基準を満たしていると認められると授与される。中学校としては厚木市立相川中学校に続き、全国で 2 校目である。認証期間は 2 年である。

表 3-5 運用状況

登校時間	登校時刻	8:30 (何時までに登校することとしているか)										
完全下校時刻	夏季(4月～9月)	18時	0分	春季・秋季(2.3.10月)	17時 30分 冬季(11月～1月)	17時 0分						
平日のクラブ・部活動の時間	朝	通年: 7時 30分～8時 15分	0.75時間									
	放課後	夏季: 16時 0分～18時 0分	2時間	春季・秋季: 16時 0分～17時 30分	1.5時間							
		冬季: 16時 0分～17時 0分	1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: 2教室										
		16時～17時: 2教室										
		17時～18時: 2教室										
		18時～19時: 0教室										
		19時～20時: 0教室										
長期休みの期間	夏休み	7月 21日～8月 31日										
	冬休み	12月 25日～1月 6日										
	春休み	3月 25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	(有)・無	デスクトップ	2台	ノート	79台					
体育館の使用時間	授業・朝礼等	2時間/日		照明の点灯のルール	使用時全灯							
	平日のクラブ・部活動	3時間/日		照明の点灯のルール	使用時全灯							
	休日のクラブ・部活動	土曜日: 8.5時間/日	日曜日: 0時間/日	照明の点灯のルール	使用時全灯							
	長期休みのクラブ・部活動	8.5時間/日	5回/週	照明の点灯のルール	使用時全灯							
	平日の一般開放	0時間/日	を 0回/週	照明の点灯のルール								
	休日の一般開放	土曜日: 3時間/日	日曜日: 0時間/日	照明の点灯のルール	使用時全灯							
	長期休みの一般開放	3時間/日	を 1回/週	照明の点灯のルール	使用時全灯							
学童保育(放課後学級)	有無	有・無										
ランド照明	有無	有・無										
配膳室	配膳室の使用時間	時～時 (ほとんど不使用(給食の配膳時のみ))										
	冷暖房の有無	暖房 有・無 冷房 有・無										
管理諸室の使用時間	校長室	7:30時～19時	0時～0時	日/月	0時～0時	日/月	8:30時～17時	20日/月	照明点灯のルール(例)在室時に点灯			
	職員室	7時～20時	8:30時～17時	4日/月	8:30時～17時	1日/月	8:30時～17時	24日/月	在室時に点灯			
	保健室	7時～20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			
	用務員室	6時～15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(外回りが多く点灯時間)			
		時～時	時～時	日/月	時～時	日/月	時～時	日/月				
	時～時	時～時	日/月	時～時	日/月	時～時	日/月					
特別教室の使用時間	第1理科室	1時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	暖房使用の有無	冷房使用の有無	
	第2理科室	1時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	音楽室	4時間/日	5日/週	8.5時間/日	4日/月	0時間/日	日/月	8.5時間/日	5日/週	有・無	有・無	
	被服室	2時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	4時間/日	5日/週	有・無	有・無	
	調理室	2時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	4時間/日	5日/週	有・無	有・無	
	図書室・司書室	7時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	美術室	2時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	4時間/日	1日/週	有・無	有・無	
	技術室	2時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	多目的室	0時間/日	0日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	少人数教室	0時間/日	0日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
ecoルーム	0時間/日	0日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無		
放送室	0.5時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無		
特別教室の授業以外の利用(地域開放)	第1理科室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	第2理科室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	音楽室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	被服室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	調理室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	図書室・司書室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	美術室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	技術室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	多目的室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
	少人数教室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無	
ecoルーム	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無		
放送室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無		
改修前後で名称(用途)が変更された教室 ※上段が改修前、下段が改修後	北校舎1階	相談室・資料室	8時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		ecoルーム	1時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		第2会議室	0時間/日	日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		カウンセラー室	6時間/日	1日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
	北校舎3階	第3会議室	8時間/日	2日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		青年会室	8時間/日	2日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
	南校舎2階	特別支援学級	9時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		資料室	1時間/日	2日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
	南校舎3階	生徒会室	1時間/日	2日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
		少人数教室	2時間/日	5日/週	0時間/日	日/月	0時間/日	日/月	0時間/日	日/週	有・無	有・無
冷暖房の設定温度	冷房(7～9月)	決まり無し	℃	普通教室に冷房は無く扇風機のみ。	備考							
	暖房(12～2月)	℃	℃	ガスストーブ、ガスファンヒーター								

4. 機器測定等によるエネルギー消費量の実測調査

4.1 調査項目

電力消費量，都市ガス消費量，水道使用量について調査を実施した。

4.2 使用した測定機器

測定に使用した機器を表 4-1 に示す。測定インターバルは 15 分とし，1 ヶ月に 1 回程度現地にてデータ回収を行った。

表 4-1 エネルギー測定機器の概要

項目		測定機器	メーカー	型番	写真
電力	学校全体の 使用量 と太陽 光発電 の発電 量	パルスセンサー	太陽工業 (株)	HPC-3.5mA-PF-L	 パルスセンサー
		エコパワーメータ (パルス用)	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
	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) AKW2110G (増設ユニット)	 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	学校全 体の消 費量	ガス流量検出器	東洋計器 (株)	GAM-01	
		パルスロガー	日置電機 (株)	LR5061	

4.3 測定方法

電力，都市ガス，水道の消費量等の測定方法を以下に示す。

- ①電力消費量： 前掲の測定機器による測定及び毎月の検針票による。電力量測定点を表 4-2，図 4-1 に示す。
- ②都市ガス消費量： 前掲の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水道使用量： 検針票による。

表 4-2 電力測定点

測定場所	測定点	電流値	相	線数
電力計 (買電)	①買電パルス			
電力計 (売電)	⑬売電量パルス			
動力系	②揚水ポンプ	100A	三相	3W
	③LM-1,2 (技術室動力)	75A	〃	〃
	④M-N (北校舎空調)	125A	〃	〃
	⑪M-S (南校舎空調)	175A	〃	〃
	⑫太陽光発電 (RF)	400A	〃	〃
電灯系	⑤1L,2L,3L-1 (北校舎東)	200A	単三	3W
	⑥1L,2L,3L-2 (北校舎西)	200A	〃	〃
	⑦1L,2L,3L-3 (南校舎西)	150A	〃	〃
	⑧1L,2L,3L-4 (南校舎東)	150A	〃	〃
	⑨TL-1 (体育館)	175A	〃	〃
	⑩LM-1,2 (技術室電灯)	150A	〃	〃

※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

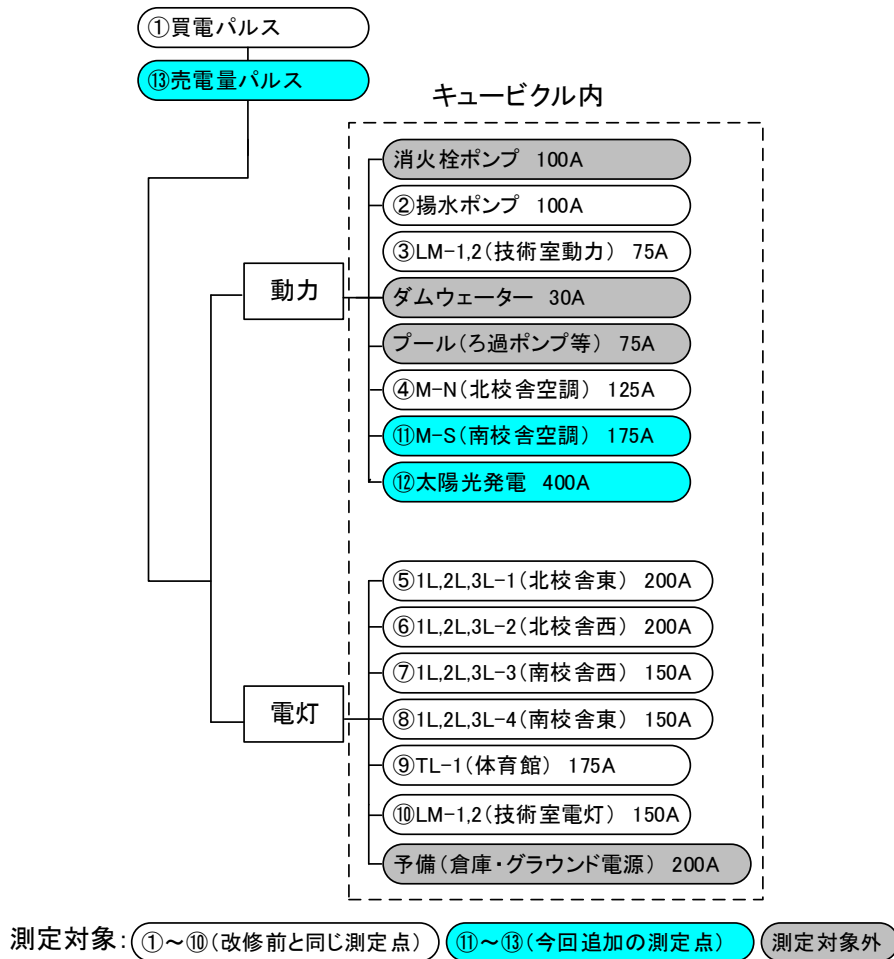
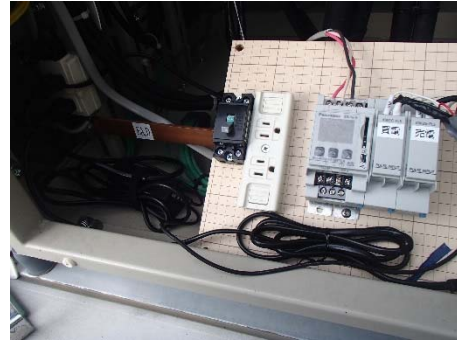
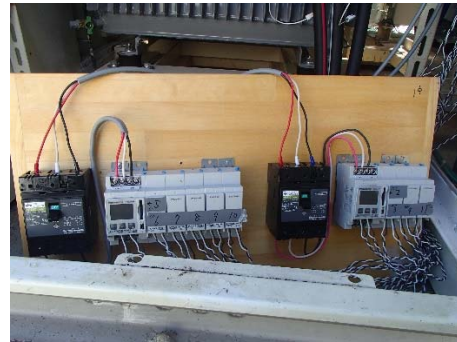


図 4-1 電力測定点系統図



パルス測定機の設置の状況



電圧・電流測定機器の設置状況

図 4-2 電力測定機器の設置状況



図 4-3 ガス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

- ・発電電力量は、予測発電電力量⁵を年間で上回り（114.2%）、予測方法に問題はないと考えられる。
- ・各月の発電量は、全電力消費量を 1,000～10,000kWh 程度上回っており、太陽光発電による買電量削減効果は高い。
- ・中間期（4～6月）は発電電力量が大きくかつ自己消費量少ないため、売電量が他の季節よりも大きい。

② 電力について

- ・年間の用途別の電力消費量は、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく、全体の50%以上を占める。
- ・夏期はプール水ろ過ポンプの常時稼働による電力消費量が大きい（4,092kWh/月）。
- ・稼働率の高い部屋の照明をLED照明に更新した効果が大きい（南校舎：約276kWh/月削減、体育館：約2,083kWh/月削減）。

③ 都市ガスについて

- ・GHP空調からEHP空調への更新により、夏期の空調稼働に伴う消費量が削減された（平成25年度7月：9.29 m³/日、平成29年度7月：0.06 m³/日）。
- ・エコ改修による断熱化効果（ペアガラス、外壁腰壁断熱、教室間仕切り廊下側壁断熱）が現れており、冬期の消費量も削減された（平成25年度1月：31.00 m³/日、平成29年度1月：19.90 m³/日）。
- ・平均外気温が9℃を下回ると、暖房（ガスファンヒーター）の稼働が顕著になる。

④ 一次エネルギーについて

- ・創エネと省エネの効果によって、エコ改修前と比べ一次エネルギー消費量が約63%削減された。
- ・年間で最も一次エネルギーの消費量が大きくなるのは7月（平成29年度：102,891MJ）であり、プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響が大きいと考えられる。

⑤ 水道について

- ・エコ改修によって超節水型便器や節水コマが設置されたが、明確な効果は現れていない。
- ・天候によって、年度ごとにプール水の使用状況が異なる。

⁵京セラ株式会社が推定する太陽光発電システムの発電電力量であり、その算出方法はNEDO日射量データベースの日射量データを用い、JIS C 8907:2005「太陽光発電システムの発電電力推定方法」による。

4.4.2 太陽光発電の発電量の測定データ整理と分析

(1) 太陽光発電の発電量

- ・太陽光発電のメーカーによる予測発電電力量と実績値の比較を表 4-3, 図 4-4 に示す。
- ・メーカーの想定日射量と今回実測した日射量を比較すると、10月を除き最大 20%程度の範囲で実測値の方が多い結果である。
- ・上記に伴い、実測発電量は予測発電電力量よりも年間で 114.2% 上回る結果となった。

表 4-3 メーカーによる予測発電電力量と平成 29 年度実績値の比較

	①想定日射量 [メーカー値] (kWh/m ² ・日)	②①に基づくメーカー の予測発電電力量 (kWh)	③日射量の実測値 (kWh/m ² ・日)	④発電量の実測値* (kWh)	⑤比較 (④/②)
4月	4.45	10,497	4.62	12,132	115.6%
5月	5.04	12,262	5.52	14,701	119.9%
6月	4.58	10,148	5.39	13,991	137.9%
7月	4.86	11,133	4.94	12,992	116.7%
8月	5.00	11,459	5.01	12,978	113.3%
9月	3.96	9,341	3.92	10,031	107.4%
10月	3.33	8,115	2.42	6,236	76.9%
11月	2.67	6,297	3.02	7,440	118.2%
12月	2.22	5,727	2.61	6,760	118.0%
1月	2.44	6,291	-	7,011	111.4%
2月	2.86	6,656	-	7,466	112.2%
3月	3.69	8,993	-	10,913	121.3%
合計		106,919		122,651	114.7%

※：2月から3月は平成 28 年度実績値

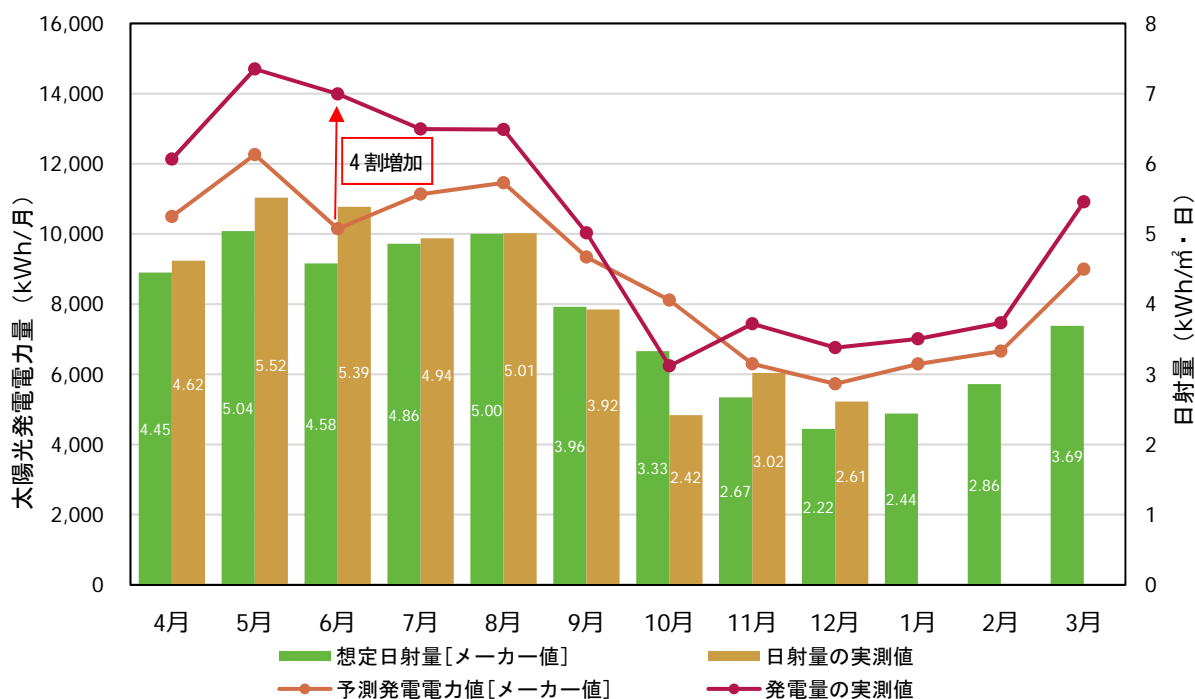


図 4-4 メーカーによる予測発電電力量と実績値の比較

(2) 太陽光発電の月変動

- ・平成29年度の太陽光発電による発電量、売電量、自己消費量、買電量、自己消費量を含む全電気使用量の関係を表4-4、図4-5に示す。・発電量から自己消費量を差し引いた余剰電力が売電され、発電量が不足する場合には買電が行われる。
- ・各月の発電量は、自己消費量を含む全電力消費量を1,000~10,000kWh程度上回っており、太陽光発電による買電削減効果は高いといえる。
- ・中間期(4~6月)は発電量が大きくかつ自己消費量少ないため、売電量が他の季節よりも大きいことが分かる。
- ・夏季休業期間中である8月は、売電量が7月や9月と比べ、1,500kWh~2,000kWh大きいことが分かる。

表4-4 発電量、売電量、自己消費量、買電量、全電力消費量の比較(平成29年度)

(単位:kWh)

	①発電量	②売電量	③自己消費量 (①-②)	④買電量	⑤全電気使用量 (③+④)
4月	12,132	10,595	1,537	1,705	3,242
5月	14,701	11,785	2,916	1,399	4,315
6月	13,991	9,807	4,184	2,649	6,833
7月	12,992	6,473	6,519	3,793	10,312
8月	12,978	8,037	4,941	3,585	8,526
9月	10,031	6,016	4,015	3,795	7,810
10月	6,236	4,172	2,064	2,474	4,538
11月	7,440	5,151	2,289	2,601	4,890
12月	6,760	4,186	2,574	2,967	5,540
1月	7,011	4,234	2,777	3,208	5,984
2月	7,466	6,331	1,135	2,462	3,597
3月	10,913	7,381	3,532	2,228	5,760
合計	122,651	84,170	38,481	32,866	71,347

※4, 5月は検針票データ, 6~1月は実測値

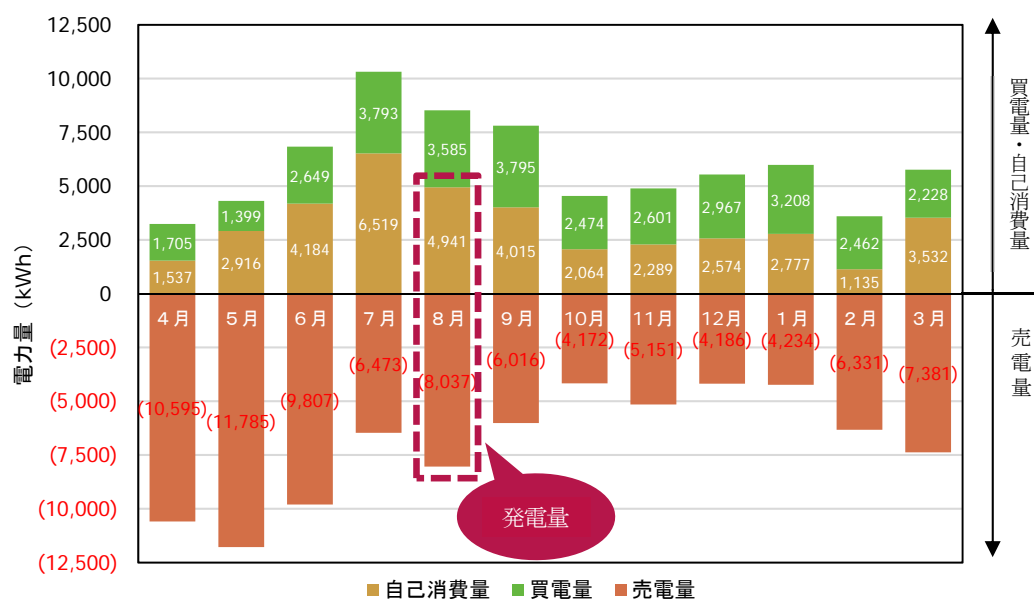


図4-5 買電量、売電量、自己消費量の比較(平成29年度)

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 25 年度から 29 年度までの検針票に基づく電気使用量を表 4-5, 図 4-6 に示す。
- ・平成 26 年度の夏期に行われた, 南校舎および体育館のエコ改修の効果が現れていることが分かる (普通教室や職員室の LED 照明化 (6 章参照, 削減量約 276kWh/月), 体育館等の LED 照明化 (6 章参照, 削減量約 2,083kWh/月), 管理諸室の空調更新等)。
- ・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。
- ・平成 27 年度以降の創エネあり・なしの比較から創エネの効果が高いことが分かる (平成 29 年度創エネなし : 71,347kWh, 平成 29 年度創エネあり : 32,886kWh)。
- ・エコ改修後 (平成 29 年度 (創エネあり) : 32,866kWh) の電力消費量が, エコ改修前 (平成 25 年:93,751kWh) と比べ約 65%削減された。

表 4-5 電力消費量の状況 (平成 25 年度から平成 29 年度)

(単位 : kWh)

	H25	H26	H27		H28		H29	
			創エネなし (全電力消費量)	創エネあり ^{※1} (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	6,314	7,406	4,320	-	2,865	1,702	3,242	1,705
5月	8,000	7,292	4,175	-	4,224	1,534	4,315	1,399
6月	10,663	10,156	6,738	-	7,479	2,796	6,833	2,649
7月	11,815	11,624	9,057	-	9,174	3,909	10,312	3,793
8月	7,649	7,823	5,540	-	7,922	2,777	8,526	3,585
9月	7,724	6,295	※2	3,943	6,195	2,180	7,810	3,795
10月	7,696	5,760	3,866	1,996	4,028	1,877	4,538	2,474
11月	6,683	3,683	4,519	2,282	4,499	2,160	4,890	2,601
12月	6,447	5,434	4,638	2,641	4,936	3,695	5,540	2,967
1月	7,746	5,143	4,825	2,643	5,703	2,774	5,984	3,208
2月	6,131	4,239	4,666	2,145	4,344	2,874	3,597	2,482
3月	6,883	4,341	4,784	1,954	4,888	2,244	5,760	2,228
合計	93,751	79,196	57,127	-	66,257	30,522	71,347	32,886

約65%減

※1 太陽光発電は8月末より移動しているため9月より反映
 ※2 29月の太陽光発電量のデータがないため算出不可

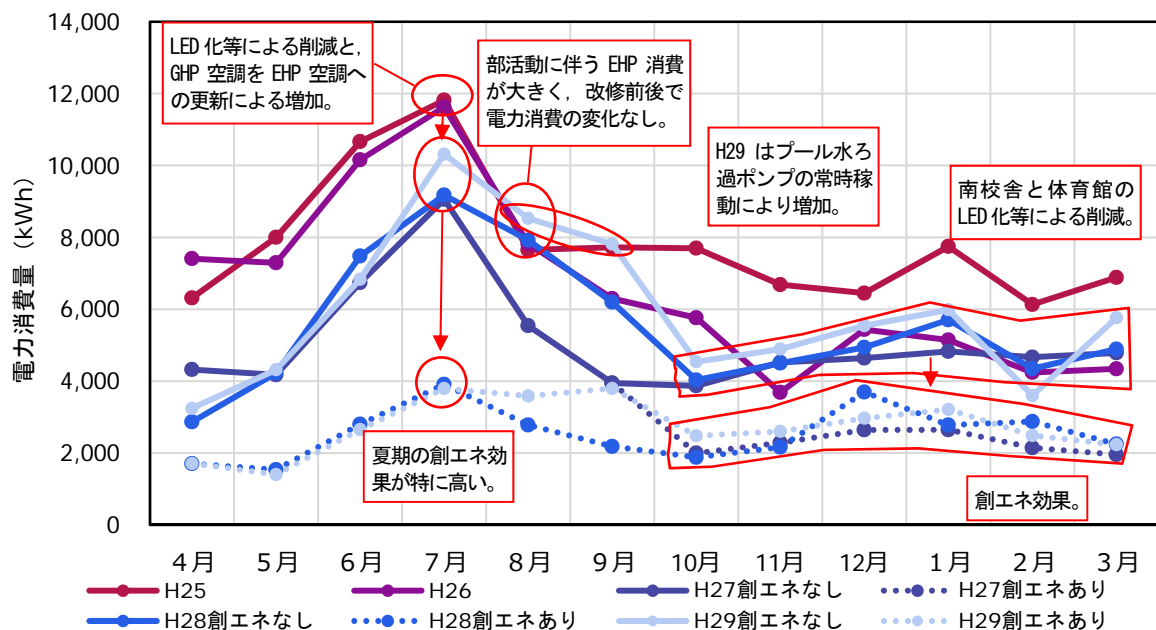


図 4-6 電力消費量の状況 (平成 25 年度から平成 29 年度)

(2) 月変動

- ・用途別の電力使用量を表 4-6, 図 4-7, 図 4-8 に示す。
- ・総電力消費量は, 電灯 (照明・コンセント等) が 50%以上を占め, その他が約 31%, 空調が約 17% となっている (図 4-8)。
- ・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動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の電力消費が減少しているが, 北校舎 EHP 空調動力は部活動に伴う空調稼動のため増加し, 南校舎 EHP 空調動力は職員室の空調稼動のため増加する。
- ・南校舎 EHP 空調動力は北校舎 EHP 空調動力に比べ, 冬期に電力消費が増加していない。これは, 職員室の暖房に EHP が用いられていないのに対し, 北校舎の特別教室には暖房に EHP が用いられる教室があるためである。
- ・体育館は, 夏季休業期間中も部活動に伴い電力が消費される。

表 4-6 用途別の電力消費量の状況 (平成 29 年度)

(単位: kWh)

	南校舎電灯 (照明・コンセント等)	北校舎電灯 (照明・コンセント等)	体育館電灯 (照明・コンセント等)	南校舎 EHP空調動力	北校舎 EHP空調動力	その他	月合計
6月	2,663	445	509	247	133	2,837	6,833
7月	2,562	513	775	1,438	1,024	3,999	10,311
8月	1,910	342	714	1,081	639	3,840	8,526
9月	2,634	427	917	508	335	2,989	7,810
10月	2,535	382	666	279	111	565	4,538
11月	2,466	542	467	525	232	658	4,890
12月	2,338	585	576	676	580	786	5,541
1月	2,281	604	490	800	1,000	810	5,985
合計	19,389	3,840	5,114	5,554	4,054	16,848	53,435

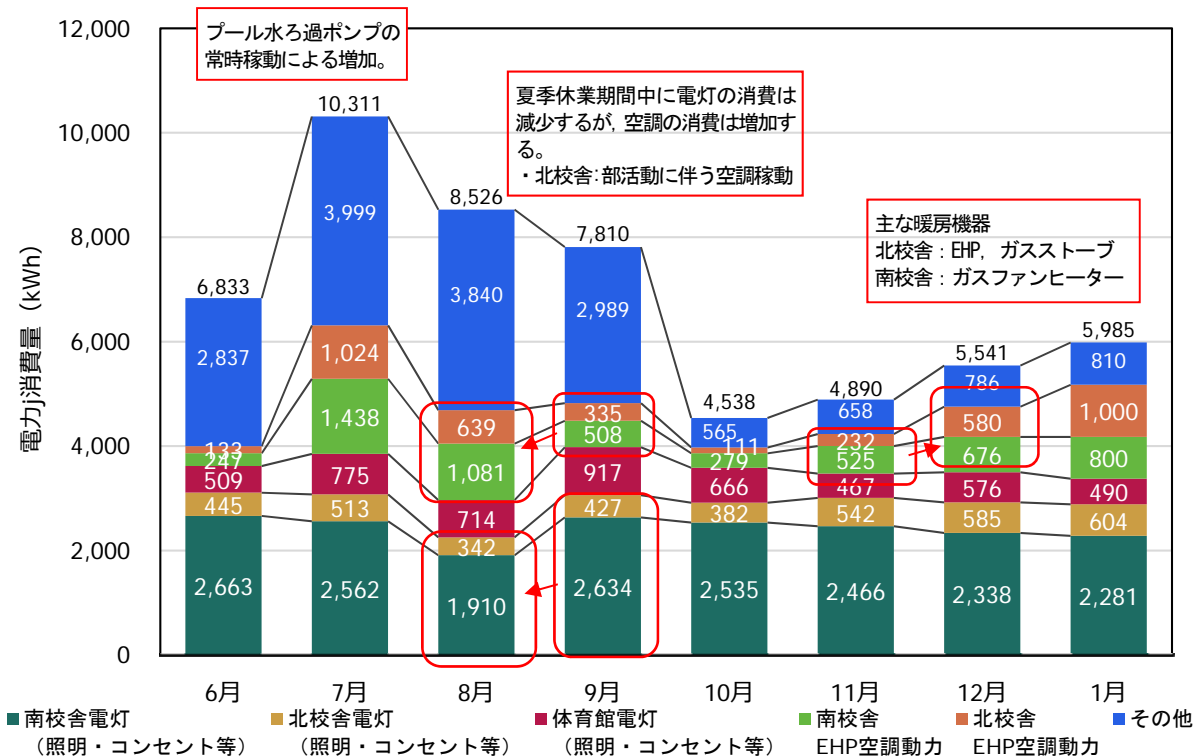


図 4-7 用途別の電力消費量の状況 (平成 29 年度)

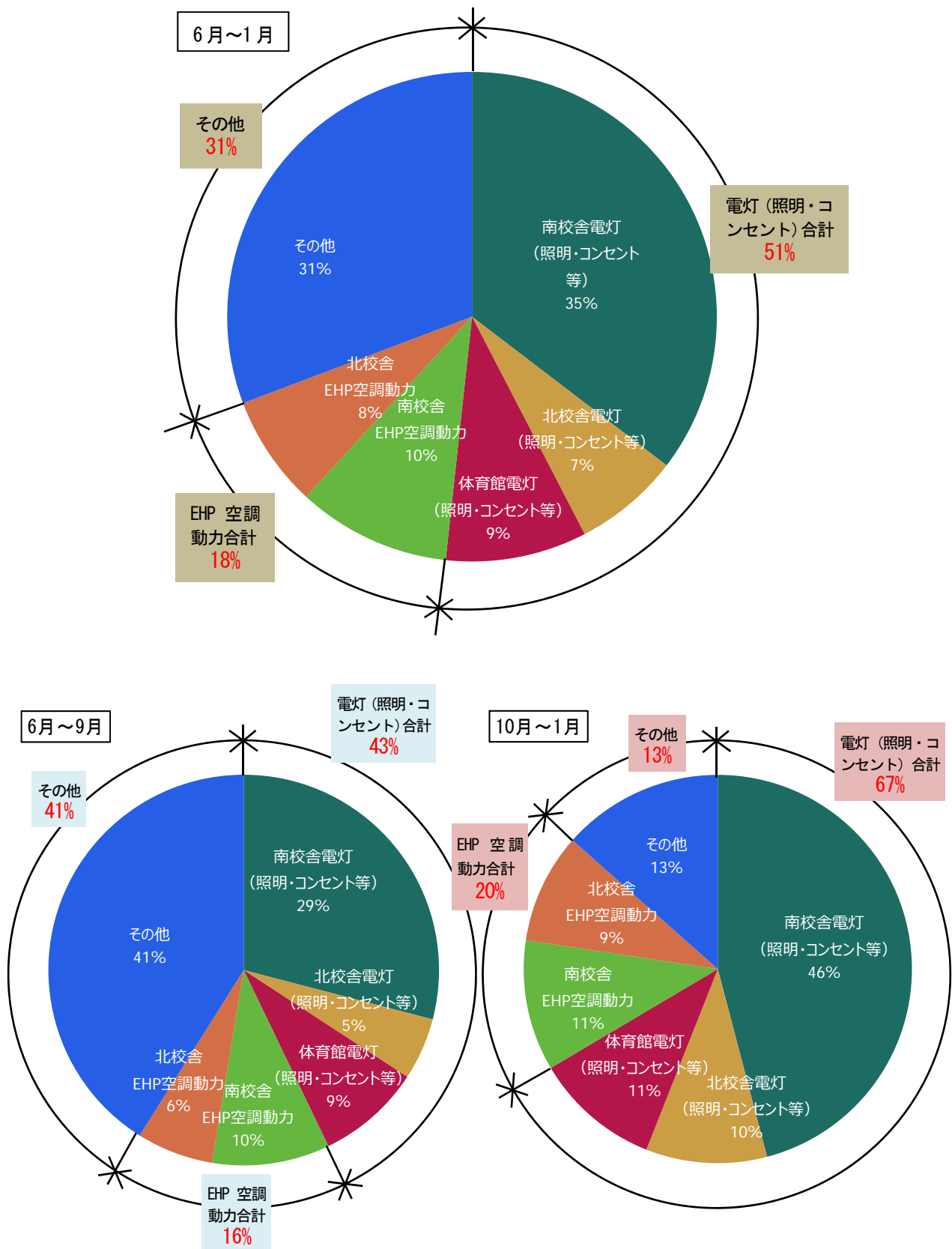


図 4-8 用途別の電力消費量の割合（上：年間，左：6～9月，右：10～1月）（平成 29 年度）
 ※計測期間は H29 年 6 月～H30 年 1 月とし，年間を通しての学校全体の電力消費量割合を把握するため，長期休業期間中や休日のデータも含む

4.4.4 ガス消費量の測定データ整理と分析

(1) 経年変動

- 平成25年度から29年度までの都市ガス消費量を表4-7、表4-8、図4-9に示す。
- 都市ガスの用途は、主に冬期の暖房使用（ガスファンヒーター、ガストーブ）である。
- エコ改修前は音楽室や図書室等の特別教室において、GHP空調を冷房として用いていたため夏期にガス消費が大きい。エコ改修後はGHP空調がEHP空調に更新され、大幅に削減されたことが分かる（平成25年度7月：9.29 m³/日、平成29年度7月：0.06 m³/日）。
- 断熱改修（ペアガラス、外壁腰壁断熱、教室間仕切り廊下側壁断熱）を行った平成26年以降、冬期のガス消費が削減した（平成25年度1月：31.00 m³/日、平成29年度1月：19.90 m³/日）。
- 図4-10に、平成25年度から平成29年度の都市ガス消費量と外気温の状況を示す。エコ改修後である平成27年度と平成28年度、平成29年度の12月における一日当たりのガス消費量は年度により異なっているが、外気温との関係性が認められる。平成29年度は外気温が両年度より低いため暖房負荷が大きくなり、都市ガス使用量が増加したと考えられる（平成27年度：外気温8.0℃、平成28年度：7.2℃、平成29年度：5.3℃）。

表4-7 平成25年度から平成29年度の都市ガス消費量の状況（日平均値）

（単位：m³/日）

	H25	H26	H27	H28	H29
4月	3.87	1.53	2.57	0.60	1.53
5月	0.58	0.23	0.52	0.16	0.13
6月	2.30	1.00	1.00	0.17	0.17
7月	9.29	14.03	2.87	0.10	0.06
8月	4.97	9.71	0.13	0.03	0.10
9月	2.50	1.63	0.23	0.10	0.13
10月	0.58	0.19	0.23	0.10	0.16
11月	5.97	2.90	3.20	0.83	0.77
12月	23.19	20.00	10.16	9.90	14.84
1月	31.00	32.81	22.84	21.13	19.90
2月	34.86	29.21	26.11	25.96	20.25
3月	14.32	11.48	9.00	12.35	6.26
合計	133.43	124.72	78.86	71.43	64.30

表4-8 平成25年度から平成29年度の都市ガス消費量の状況（月合計値）

（単位：m³/月）

	H25	H26	H27	H28	H29
4月	116	46	77	18	46
5月	18	7	16	5	4
6月	69	30	30	5	5
7月	288	435	89	3	2
8月	154	301	4	1	3
9月	75	49	7	3	4
10月	18	6	7	3	5
11月	179	87	96	25	23
12月	719	620	315	307	460
1月	961	1,017	708	655	617
2月	976	818	731	727	567
3月	444	356	279	383	194
合計	4,017	3,772	2,359	2,135	1,930

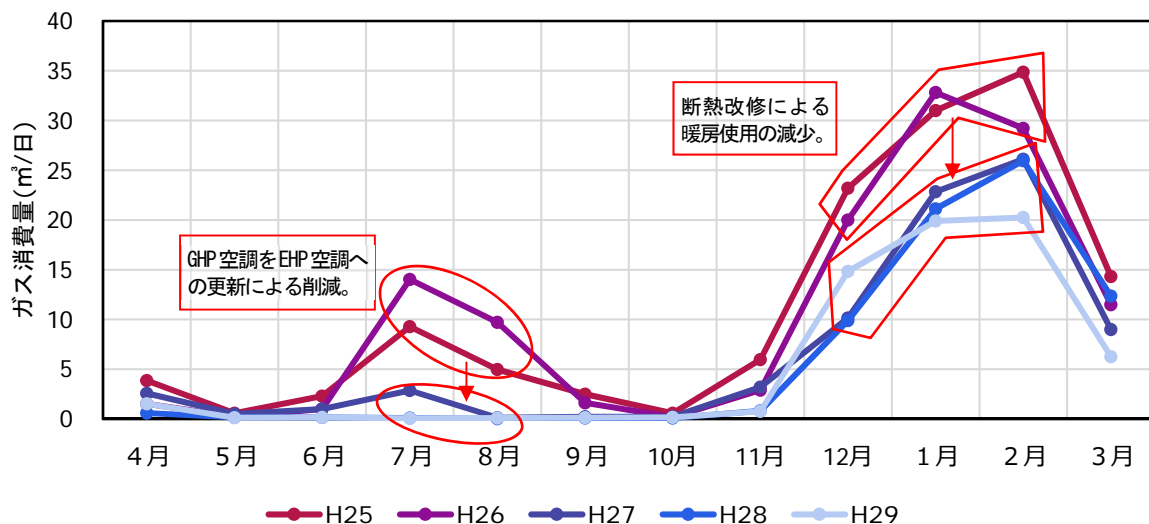


図4-9 平成25年度から平成29年度の都市ガス消費量の状況

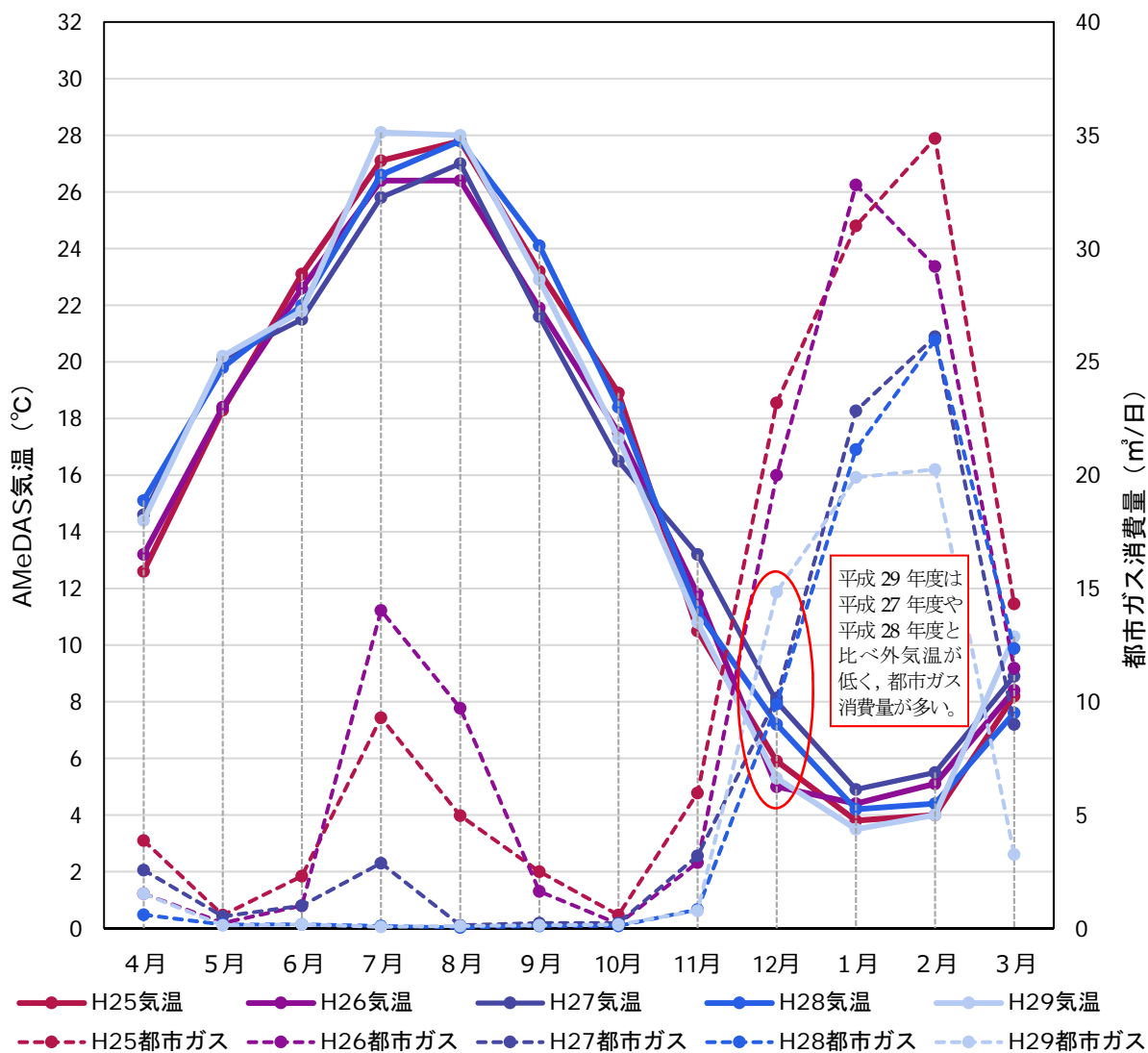


図4-10 平成25年度から平成29年度の外気温の状況

(2) ガス消費量と外気温の相関

- ・ 図 4-11 に、開校日における昼間の外気温とガス消費量の関係を示す。
- ・ ガス消費は、家庭科室での調理や理科室での実験等を除き、ほとんどが冬期の暖房利用である。
- ・ 昼間の平均外気温が 12℃を下回るのを目安に暖房が稼動し、9℃を下回ると暖房稼動が顕著になる傾向があることが分かる。

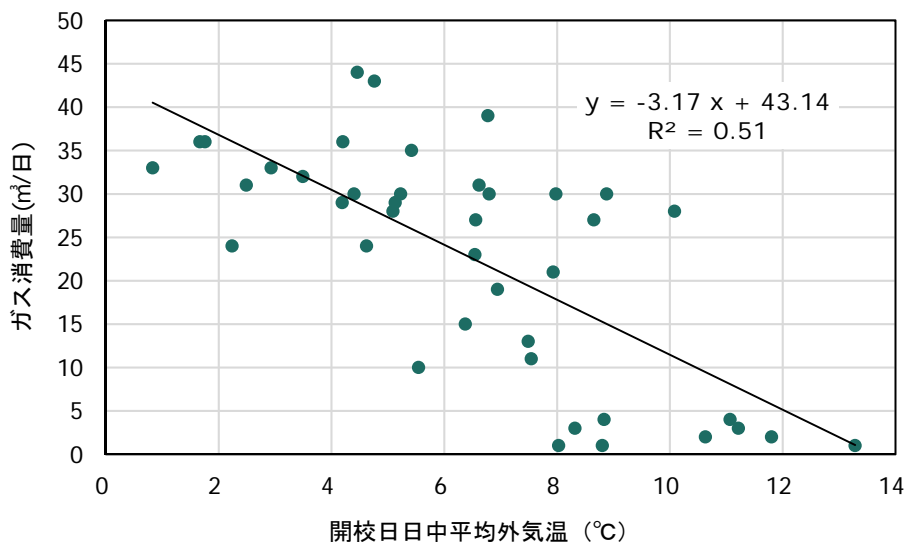


図 4-11 開校日の昼間における平均外気温と都市ガス消費量の状況

- ・ 表 4-9 に、都市ガス消費量と開校日の昼間における外気温及び日積算日射量の重回帰分析結果を示す。
- ・ 決定係数は 0.55 であり、この回帰式でガス消費量の 55%は説明できる。
- ・ t 値（絶対値）より、日射量よりも外気温の方が、都市ガス消費量に対して影響が大きいことが分かる。
- ・ P 値が 5%未満であることから、日積算日射量は都市ガス消費量に対して関係性が低いといえる。

表 4-9 都市ガス消費量と開校日昼間平均外気温及び日射量の重回帰分析結果

概要						
回帰統計						
重相関 R	0.74					
重決定 R2	0.55					
補正 R2	0.50					
標準誤差	9.15					
観測数	24					
分散分析表						
	自由度	変動	分散	観測された分散比	有意 F	
回帰	2	2117	1058	13	2.5E-04	
残差	21	1758	84			
合計	23	3875				
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%
切片	51.95	10.03	5.18	3.94E-05	31.09	72.81
開校日日中平均外気温	-4.08	0.83	-4.89	7.73E-05	-5.82	-2.35
日積算日射量	-1.69	2.04	-0.83	0.42	-5.94	2.56

回帰式：都市ガス消費量=51.95-4.08×平均外気温-1.69×日積算日射量

※11～12月のデータのみ

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25年度から29年度までの検針票に基づく、電力、都市ガスの消費量を一次エネルギーに換算したものを表4-10、図4-12に示す。
- エコ改修後（H29年度（創エネあり）：415GJ）の一次エネルギー消費量が、エコ改修前（H25年度：1,115GJ）と比べ約63%削減されたことが分かる。エコ改修後（H29年度（創エネなし）：798GJ）の一次エネルギー消費量が、エコ改修前（H25年度：1,115GJ）と比べ約28%削減されており、省エネのみの効果も大きいといえる。
- 年間で最も一次エネルギー消費量が大きくなるのは7月であり、プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響が大きいと想定される。
- エコ改修完了後のH27年度以降一次エネルギー消費量は増加傾向にある。特別教室での設定温度等の空調運用について改善が必要と考えられる。

表4-10 一次エネルギー消費量の状況（平成25年度～29年度）

（単位：GJ）

	H25			H26			H27 ^{*1} (創エネなし)			H27 ^{*2} (創エネあり)			H28 (創エネなし)			H28 (創エネあり)			H29 (創エネなし)			H29 (創エネあり)		
	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計	電力	ガス	合計
4月	63	5	68	74	2	76	43	3	46	43	3	46	29	1	30	17	1	18	32	2	34	17	2	19
5月	80	1	81	73	0	73	42	1	43	42	1	43	42	0	42	15	0	15	43	0	43	14	0	14
6月	106	3	109	101	1	102	67	1	68	67	1	68	75	0	75	28	0	28	68	0	68	26	0	26
7月	118	13	131	116	20	136	90	4	94	90	4	94	91	0	91	39	0	39	103	0	103	38	0	38
8月	76	7	83	78	14	92	55	0	55	55	0	55	79	0	79	28	0	28	85	0	85	36	0	36
9月	77	3	80	63	2	65	39	0	39	39	0	39	62	0	62	22	0	22	78	0	78	38	0	38
10月	77	1	78	57	0	57	39	0	39	20	0	20	40	0	40	19	0	19	45	0	45	25	0	25
11月	67	8	75	37	4	41	45	4	49	23	4	27	45	1	46	22	1	23	49	1	50	26	1	27
12月	64	32	96	54	28	82	46	14	60	26	14	40	49	14	63	37	14	51	55	21	76	30	21	51
1月	77	43	120	51	46	97	48	32	80	26	32	58	57	29	86	28	29	57	60	28	88	32	28	60
2月	61	44	105	42	37	79	47	33	80	21	33	54	43	33	76	29	33	62	36	26	62	25	26	51
3月	69	20	89	43	16	59	48	13	61	19	13	32	49	17	66	22	17	39	57	9	66	22	9	31
合計	935	180	1,115	789	170	959	609	105	714	471	105	576	661	95	756	306	95	401	711	87	798	328	87	415

約28%減（省エネ）

約63%減（省エネ+創エネ）

※1 太陽光発電は8月末より稼働しているため9月より反映
※29月の太陽光発電量のデータがないため算出不可

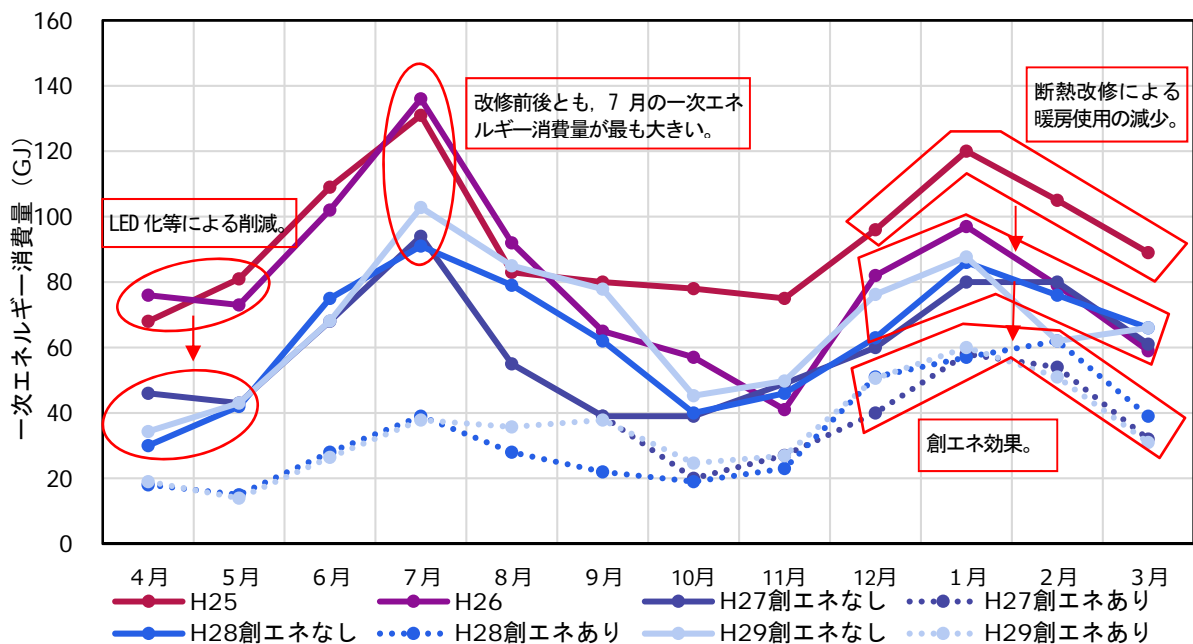


図4-12 平成25年度から平成29年度の一次エネルギー消費量の状況

(2) 月変動

- ・平成29年度の電気使用量と都市ガス消費量を合わせた一次エネルギーの用途別消費量を表4-11、図4-13、図4-14に示す。
- ・夏期はガスの使用がほとんどないため、一次エネルギー消費は電力が大半を占めている。
- ・冬期は暖房の稼働によるガス消費の占める割合が高いことが分かる（1月ガス：約32%）。
- ・一次エネルギー消費量のピークは7月（102,891MJ）であり、プール水ろ過ポンプの常時稼働による消費が大きいと考えられる（6～9月その他：41%、図4-14参照）。なお、プール水ろ過ポンプについては電力消費量を計測していないため正確な数値は不明である。プール水濾過ポンプが稼働していない月における「その他」用途の内訳を推計したが、その詳細は次項で述べる。

表4-11 一次エネルギーの用途別消費量の比較

(単位：MJ)

	南校舎電灯 (照明・コンセント等)	北校舎電灯 (照明・コンセント等)	体育館電灯 (照明・コンセント等)	南校舎 EHP空調動力	北校舎 EHP空調動力	ガス	その他	月合計
6月	26,550	4,437	5,075	2,463	1,326	225	28,285	68,360
7月	25,543	5,115	7,727	14,337	10,209	90	39,870	102,891
8月	19,043	3,410	7,119	10,778	6,371	135	38,285	85,139
9月	26,261	4,257	9,142	5,065	3,340	180	29,800	78,046
10月	25,274	3,809	6,640	2,782	1,107	225	5,633	45,469
11月	24,586	5,404	4,656	5,234	2,313	1,035	6,560	49,788
12月	23,310	5,832	5,743	6,740	5,783	20,700	7,836	75,944
1月	22,742	6,022	4,885	7,976	9,970	27,765	8,076	87,435
合計	193,308	38,285	50,987	55,373	40,418	50,355	164,345	593,072

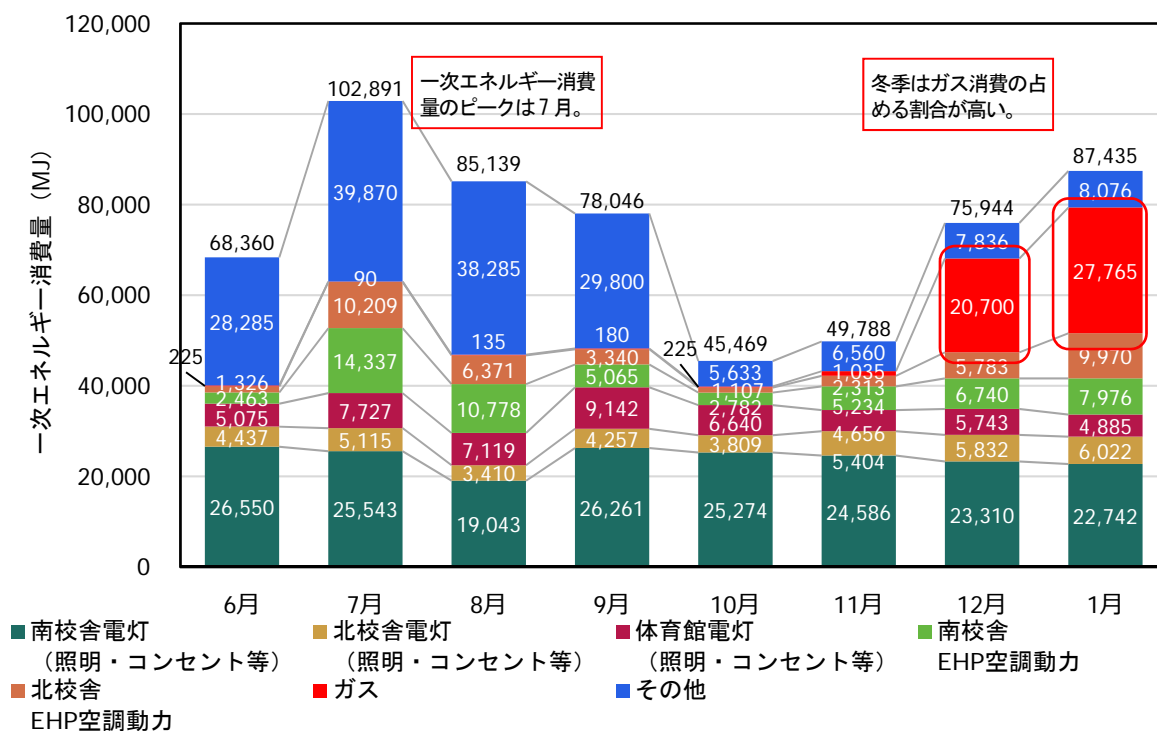


図4-13 一次エネルギーの用途別消費量の比較

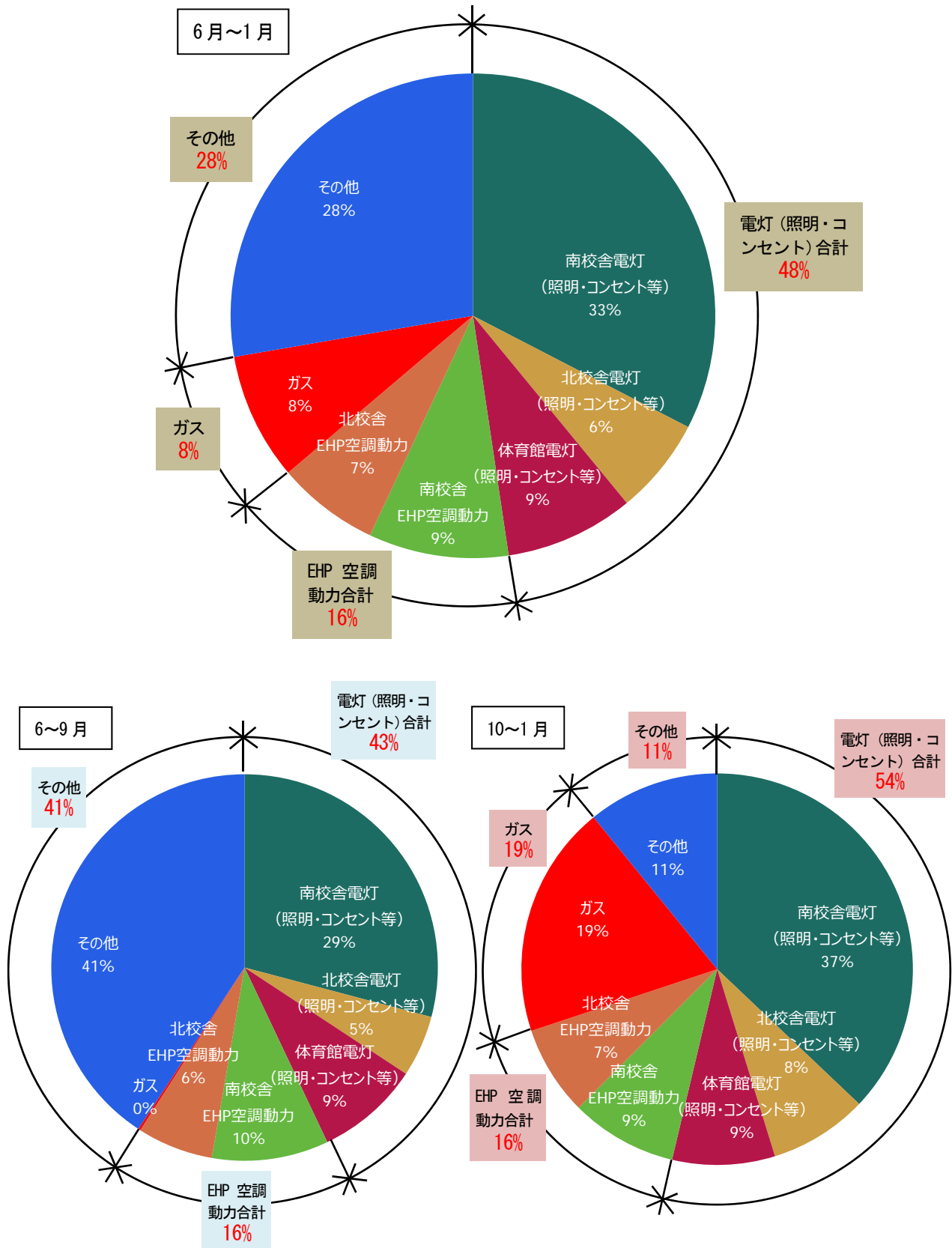


図4-14 用途別一次エネルギー消費量割合 (上:年間, 左:6~9月, 右:10~1月) (平成29年度)
 ※計測期間はH29年6月~H30年1月とし, 年間を通しての学校全体の一次エネルギー消費量割合を把握するため, 長期休業期間中や休日のデータも含む

(3) プール水ろ過ポンプの電力消費を除いた一次エネルギー消費量の月変動

- ・プール水ろ過ポンプは電力消費量を計測していないため、「その他」用途の内訳を推計することは困難である。しかし、「その他」用途には変圧器による鉄損・銅損が含まれており、その損失を推測することは可能であることから、プール水ろ過ポンプの消費電力量を除いた一次エネルギー消費量の月変動を解析することにした。
- ・プール水濾過ポンプを稼働させていない10月～1月においては、その他の電力消費量は全て変圧器による損失であると見なして、その損失が全消費電力量に占める割合を算出したところ、13.4%であった。この割合は年間を通じて一定であると仮定して、6月～9月における変圧器による損失での電力消費量を推計した。
- ・平成29年度の、プール水ろ過ポンプを除いた電気使用量と都市ガス消費量を合わせた一次エネルギーの用途別消費量を表4-12、図4-15、図4-16に示す。
- ・プール水ろ過ポンプの消費量を除いた場合、一次エネルギー消費量のピークは冬期であった。
- ・年間を通して、一次エネルギー消費量の半分以上が電灯（照明・コンセント）であった（通年：57%、図4-16参照）。

表4-12 一次エネルギーの用途別消費量の比較（プール水ろ過ポンプを除く）

(単位：MJ)

	南校舎電灯 (照明・コンセント等)	北校舎電灯 (照明・コンセント等)	体育館電灯 (照明・コンセント等)	南校舎 EHP空調動力	北校舎 EHP空調動力	ガス	その他 (変圧器)	プール水ろ過 ポンプを除く 月合計
6月	26,550	4,437	5,075	2,463	1,326	225	9,129	49,204
7月	25,543	5,115	7,727	14,337	10,209	90	13,775	76,796
8月	19,043	3,410	7,119	10,778	6,371	135	11,391	58,245
9月	26,261	4,257	9,142	5,065	3,340	180	10,434	58,679
10月	25,274	3,809	6,640	2,782	1,107	225	5,633	45,469
11月	24,586	5,404	4,656	5,234	2,313	1,035	6,560	49,788
12月	23,310	5,832	5,743	6,740	5,783	20,700	7,836	75,944
1月	22,742	6,022	4,885	7,976	9,970	27,765	8,076	87,435
合計	193,308	38,285	50,987	55,373	40,418	50,355	164,345	593,072

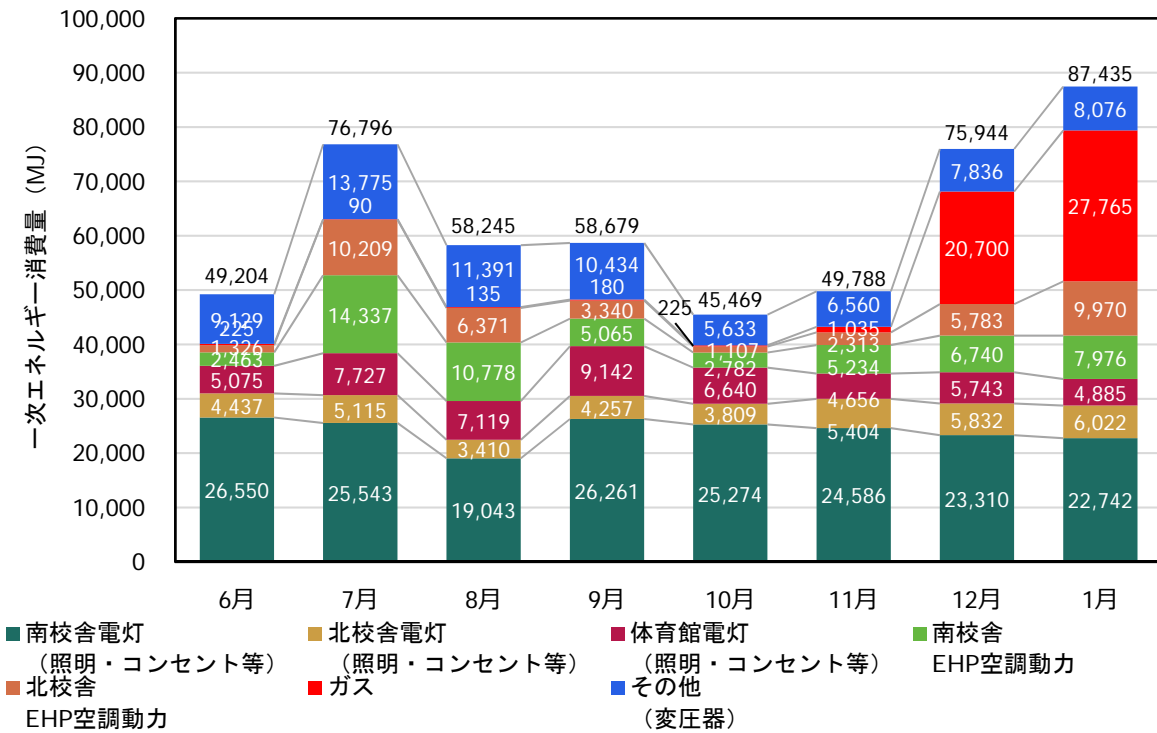


図 4-15 一次エネルギーの用途別消費量の比較（プール水ろ過ポンプを除く）

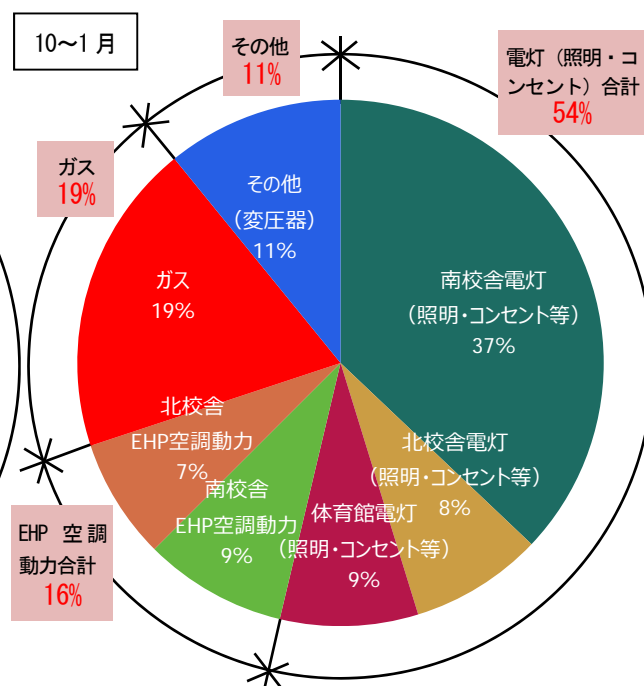
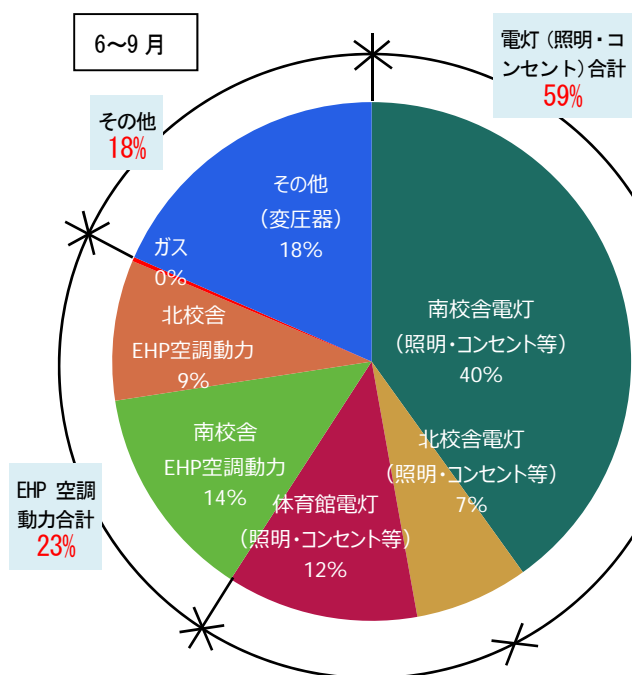
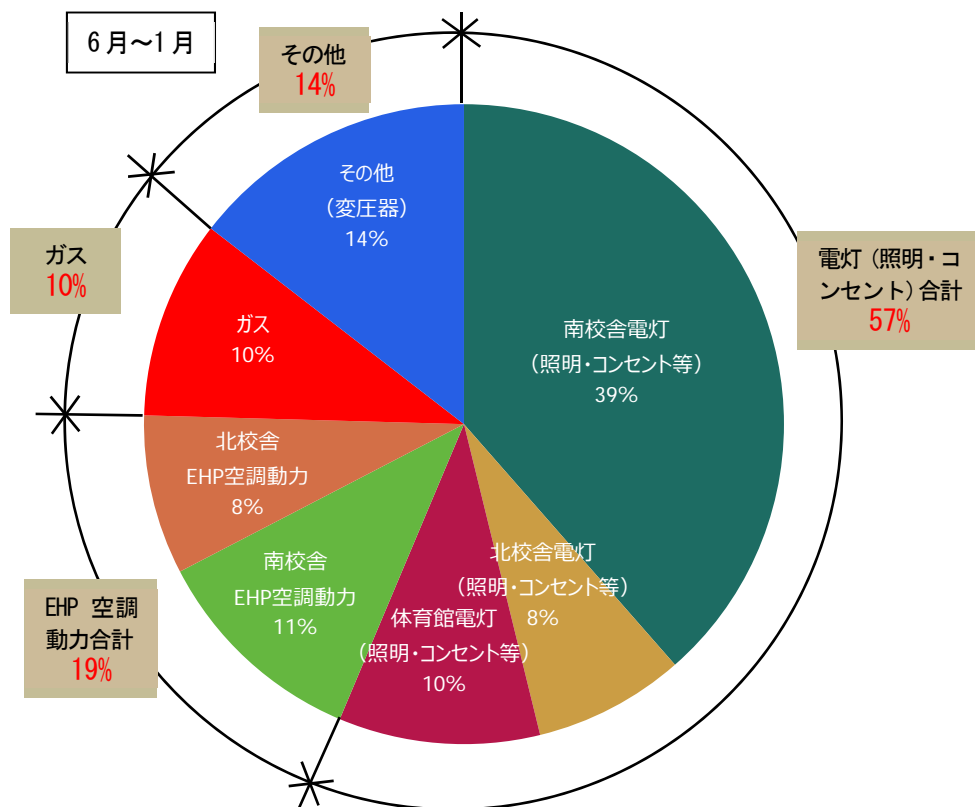


図 4-16 用途別一次エネルギー消費量割合（プール水ろ過ポンプ除く）
（上：年間，左：6～9月，右：10～1月）（平成 29 年度）

※計測期間は H29 年 6 月～H30 年 1 月とし，年間を通しての学校全体の一次エネルギー消費量割合を把握するため，長期休業期間中や休日のデータも含む

4.4.6 水道使用量の測定データ整理

- ・図 4-17、図 4-18 に平成 25 年度から平成 29 年度までの検針票に基づく水道使用量を示す。
- ・鹿ノ台中学校が位置する地区の水道のエネルギー原単位 (1.02kWh/m³)⁶は、全国平均の原単位 (0.502kWh/m³)⁷と比較して大きい。
- ・エコ改修によって超節水型便器や節水コマが設置されたが、明確な効果は現れていない。
- ・平成 29 年度は天候の影響で 9 月もプールの授業を行ったため、9 月のプール水による水道使用量が大きくなっている。

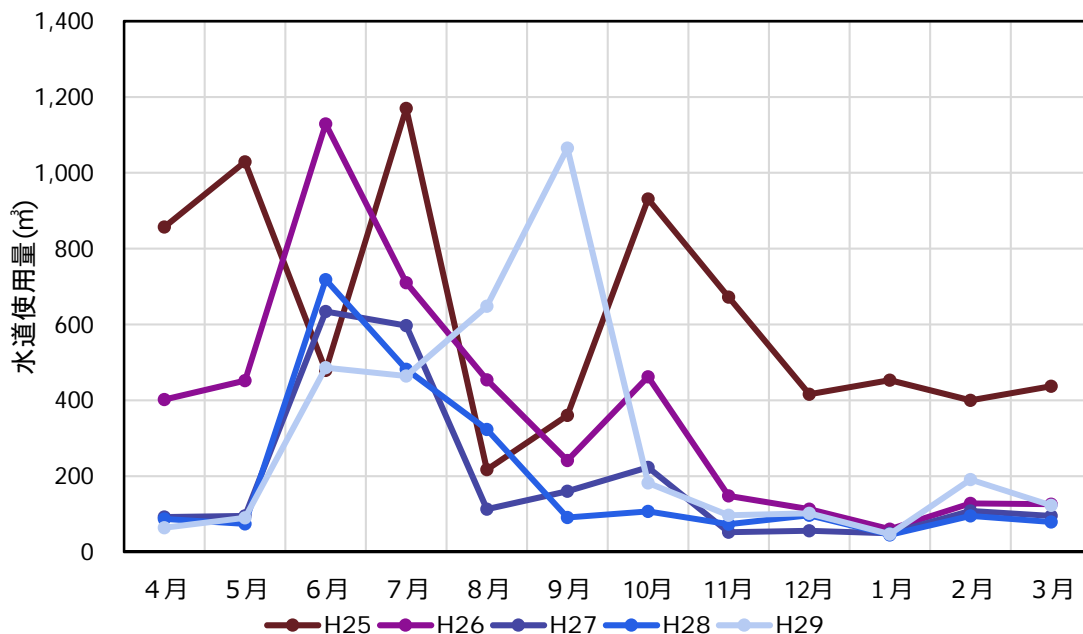


図 4-17 平成 25 年度から平成 29 年度の水道使用量の状況 (プール水あり)

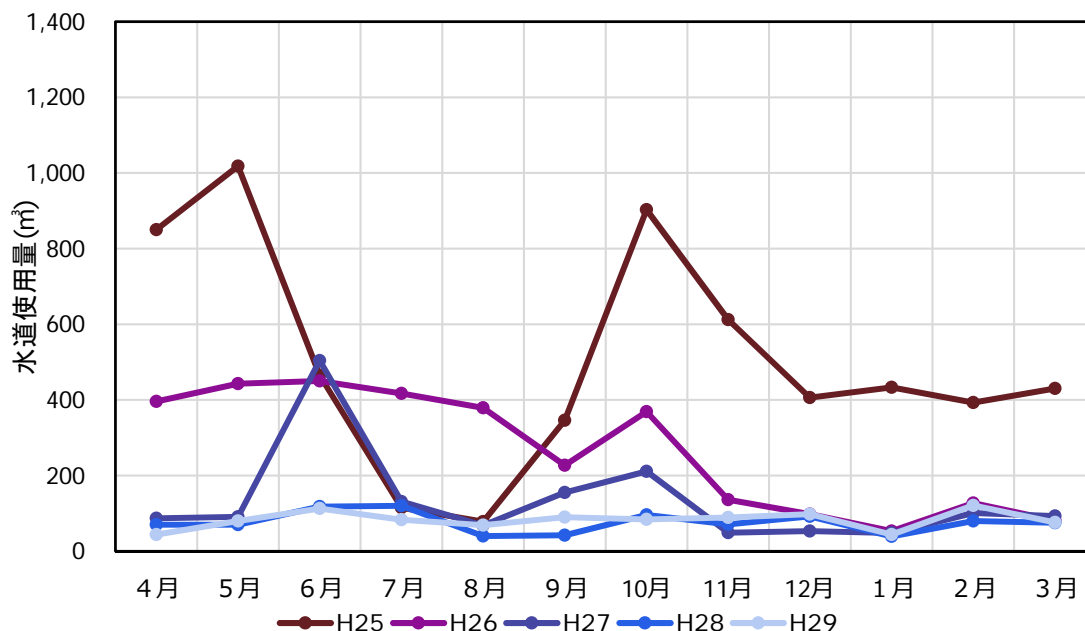


図 4-18 平成 25 年度から平成 29 年度の水道使用量の状況 (プール水なし)

⁶ 生駒市上下水道部「水道事業年報 (平成 28 年度版)」の H28 年度値

⁷ 日本水道協会「水道協会雑誌 (第 83 巻, 第 8 号)」の H24 年度値

5. 機器測定による教室内外の実測調査

5.1 測定結果と分析

温湿度、表面温度、照度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、照度はエコ改修で設置した測定機器で観測したデータを用いた。

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	TA410FC	

5.3 測定点

温湿度の測定箇所及び表面温度測定教室、既設の温湿度測定点及び照度計設置教室を表 5-2、図 5-1 に示す。表面温度の測定は南校舎 3 階普通教室にて行う。

表 5-2 温湿度測定点

番号	温湿度測定点
①	南校舎屋外 (日陰)
②	職員室
③	南校舎 2 階普通教室
④	南校舎 3 階普通教室 (床上 1,100 mm)
⑤	同上 (天井表面)
⑥	同上 (床上 50 mm)
⑦	南校舎 2 階普通教室前廊下
⑧	体育館
⑨	北校舎 1 階 ECO ルーム
⑩	北校舎 2 階多目的室
⑪	北校舎 3 階音楽室

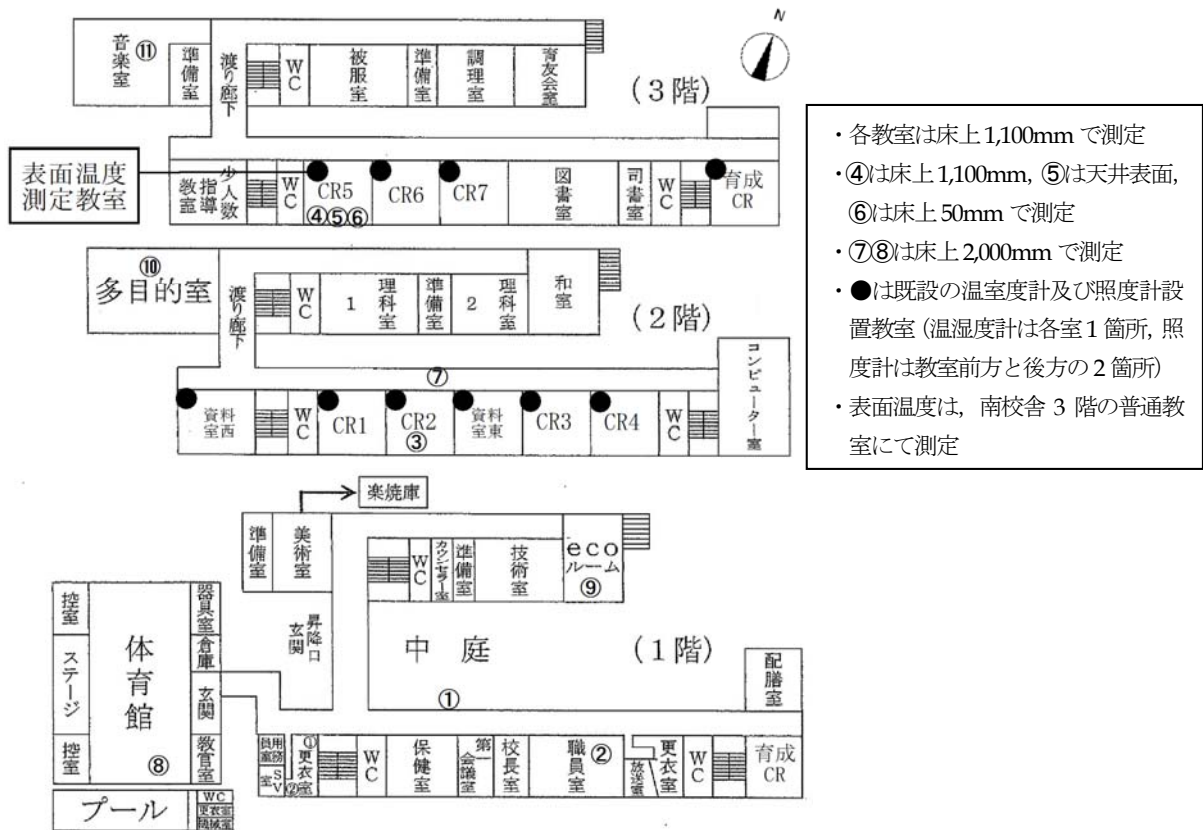


図5-1 測定対象教室等の位置見取り図



図5-2 温湿度計・照度計の設置状況

5.4 測定結果と分析

5.4.1 概要

① 教室の温湿度について

- ・夏期の開校日昼間（8:00～16:00）において、冷房のない普通教室で室内温度が学校環境衛生基準⁸である30℃を超える時間があることを確認した（南校舎3階普通教室で学習時間数の25.4%）。

② 教室の熱環境について

- ・サーモカメラを用いた測定の結果から、夏期（夏季休業期間中）の教室表面温度（32.6℃～34.7℃）は、外気温（32.0℃）より高いことを確認した。
- ・中間期は、空調を稼働させることなく、教室内が学校環境衛生基準を満たす環境となっていることを確認した。
- ・サーモカメラを用いた測定の結果から、冬期の暖房時の室内温度（13.9℃）は、廊下の表面温度（4.5℃～6.7℃）や外気温（6℃）よりも高く、エコ改修による断熱効果を確認した。

③ 教室内の快適性評価について

- ・夏期の昼間における室内環境について、ヒアリング結果からは風通しが良いことなどから問題なく過ごせるとのことであったが、温度のみでなく温熱6要素を考慮した指標であるPMVによって評価を行ったところ、室内環境は必ずしも良好であるとは言えない可能性もある。しかし、本調査の実施時期（平成29年6月～平成30年1月）は、例年に比べ夏期の外気温が高く、平年並みの暑さにおける教室内温熱環境と異なっていたと考えられる。本調査の結果のみをもって、今後の改善方策を検討することには議論もあろうが、ナイトパーズの導入や空調設備の設置など、何らかの改善方策を今後検討することは有効であると考えられる。

④ 教室の光環境について

- ・昼間の教室の照度値は500lxを超えており、学校環境衛生基準を満たしていることを確認した。
- ・室内灯は特別教室への移動時には消灯されており、生徒会主導によるエコ活動への取組が確実に実行されていることを確認した。

⁸ 学校環境衛生基準では教室等の温度は、「10℃以上、30℃以下であることが望ましい。」とされている。（平成29年度現在）

なお、平成30年4月1日の学校環境衛生基準の改正により「17℃以上、28℃以下であることが望ましい。」とされた。

5.4.2 教室の温湿度

- ・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 5-4 に示す。また、各地点における 1 週間の温湿度変動を図 5-5～図 5-13 にそれぞれ示す。
- ・夏期（7 月～9 月）の開校日における日最高温度が 30℃を超える時間数の学習時間数に対する割合は、南校舎 2 階普通教室で 22.0%，南校舎 3 階普通教室で 25.4%であった（図 5-3）。

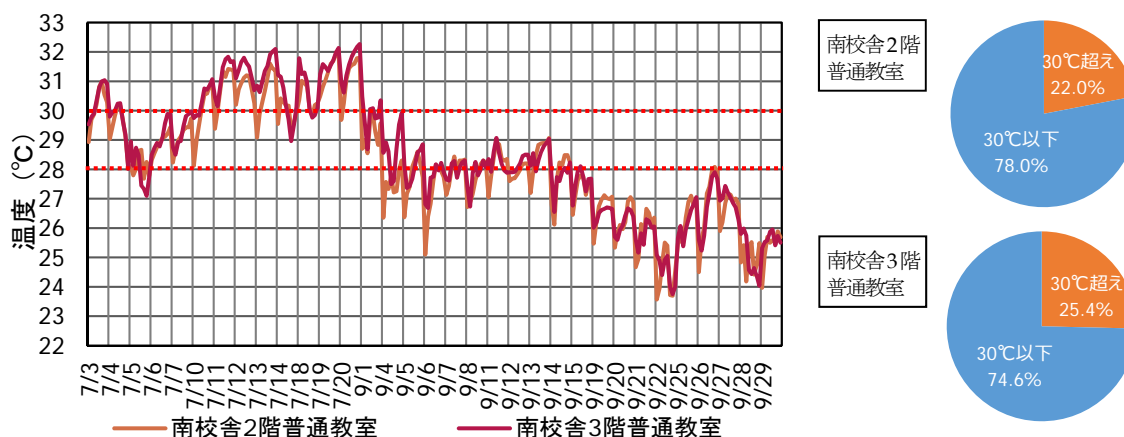
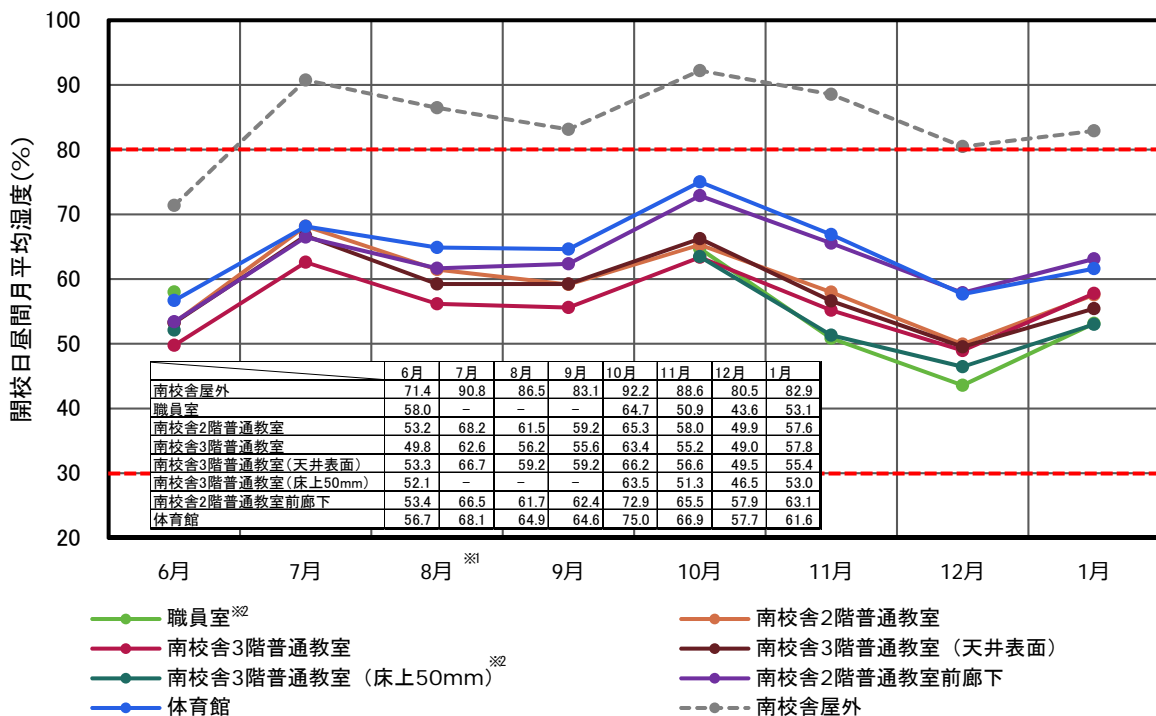
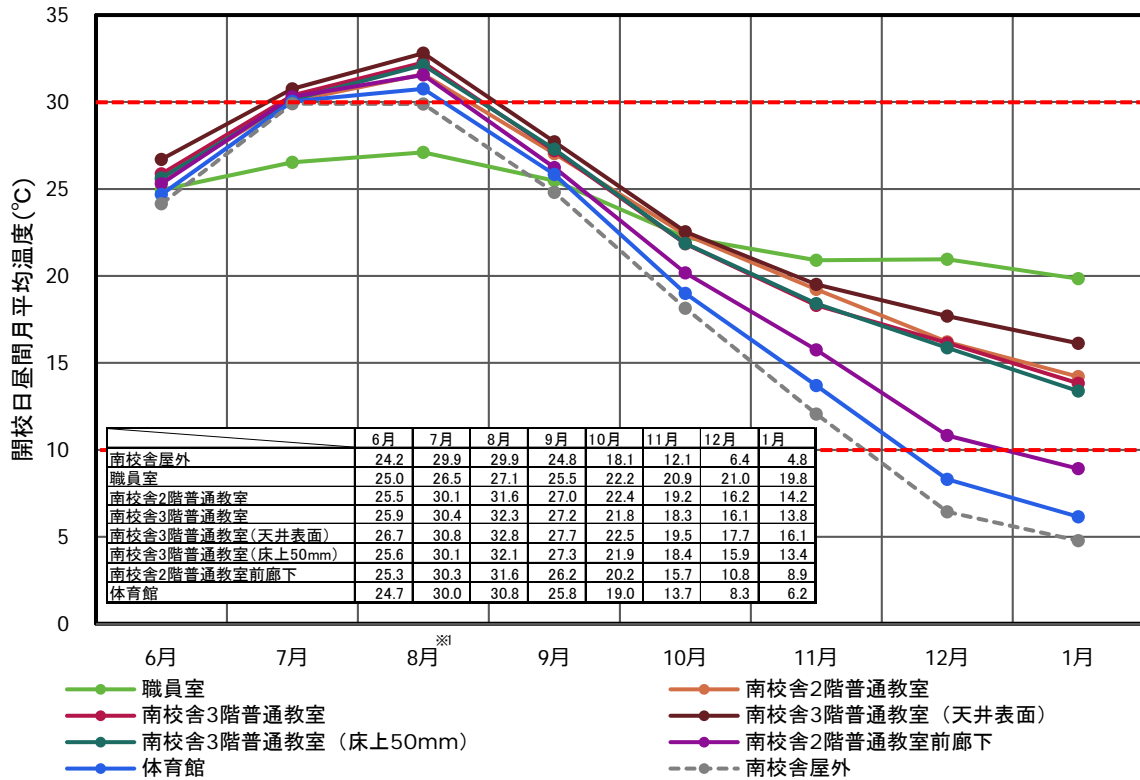


図 5-3 夏期における南校舎普通教室の温度変化と 30℃を越える割合（時間当たり）

- ・職員室の温度は普通教室と比べ、冷房需要の高い夏期に大幅に低く、暖房需要の高い冬期に大幅に高い（図 5-4）。
- ・夏期においては上層階ほど教室内温度が高く（最大 2℃差）、同フロアにおける教室内の温度の差はほとんどないことを確認した（図 5-6）。
- ・南校舎 3 階普通教室内においては、天井表面が最も温度が高く、特に暖房が稼働している冬期の昼間においては、床上 50mm と床上 1,100mm の温度差は最大 2.9℃、床上 50mm と天井表面の温度差は最大 7℃程度あることを確認した（図 5-11）。これは、ISO-7730⁹を満たしている。
- ・7 月の廊下の温度は、昼間は教室内と同程度である（図 5-5）。
- ・夏期及び冬期において、教室内の夜間室内温度は外気温より 5～7℃程度高く保たれており、エコ改修による断熱効果が高いことを確認した（図 5-5、図 5-11）。夏期においては望ましくない状況であるので、ナイトパーズの導入によって、夜間に温度の低い外気を取り込み、教室内の暖気を排出して室内温度を下げる等の措置が有効と考えられる。

⁹ ISO-7730 では、椅座位における頭の高さ（1,100mm）とくるぶしの高さ（100mm）の温度差は 3℃以下が良いとされている



※1 8月は夏季休業期間であり全日のデータを採用
 ※27~9月の職員室、南校舎3階普通教室(床上50mm)は異常値が検出されたため欠測とした

図5-4 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)(平成29年度)

夏期

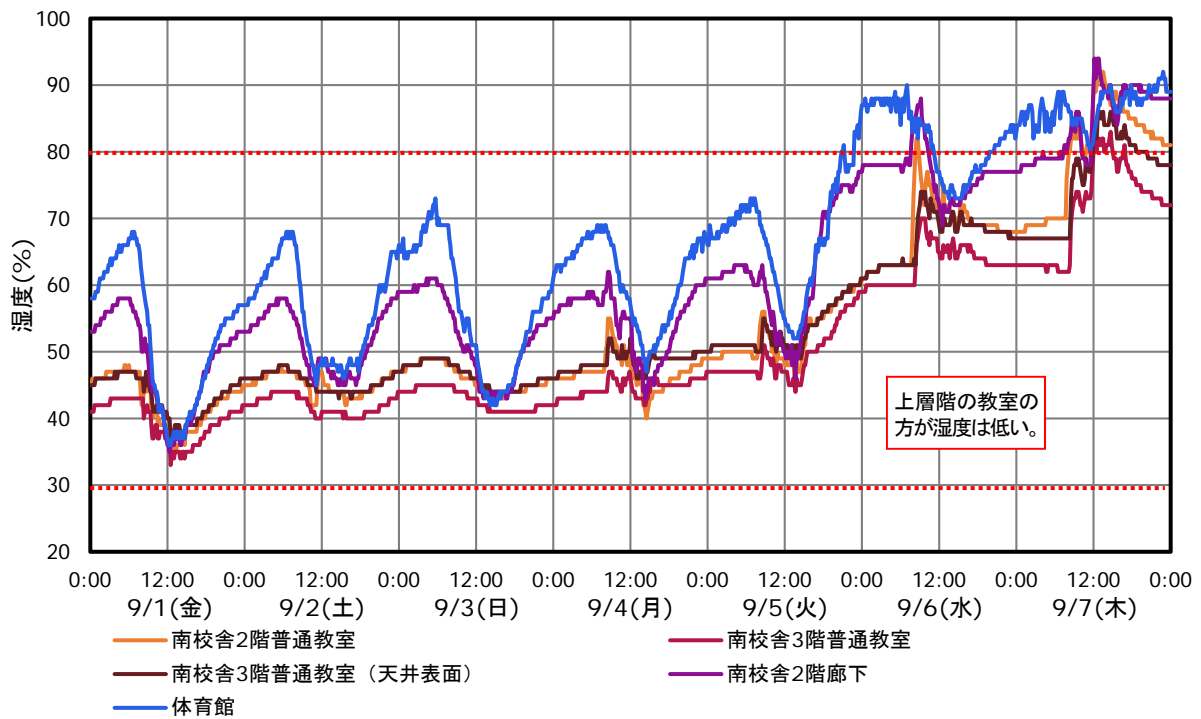
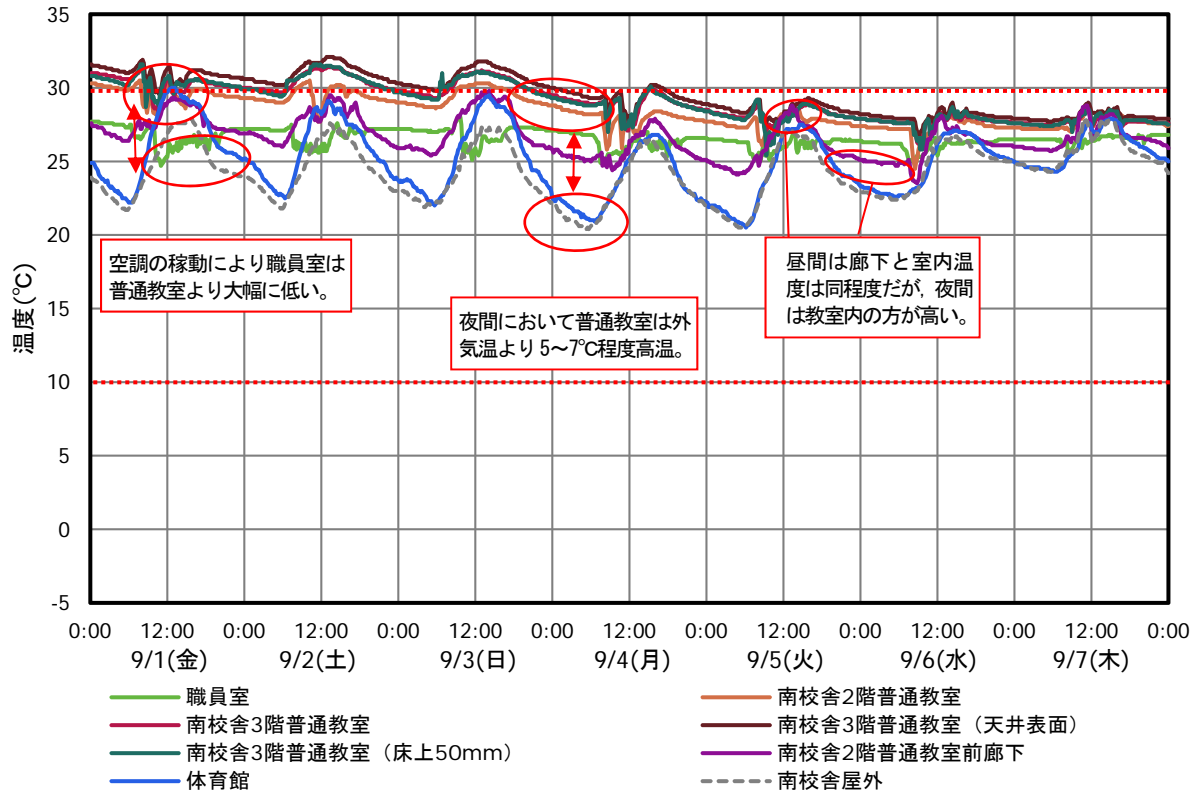


図5-5 夏期における各計測地点の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度) (平成29年度)

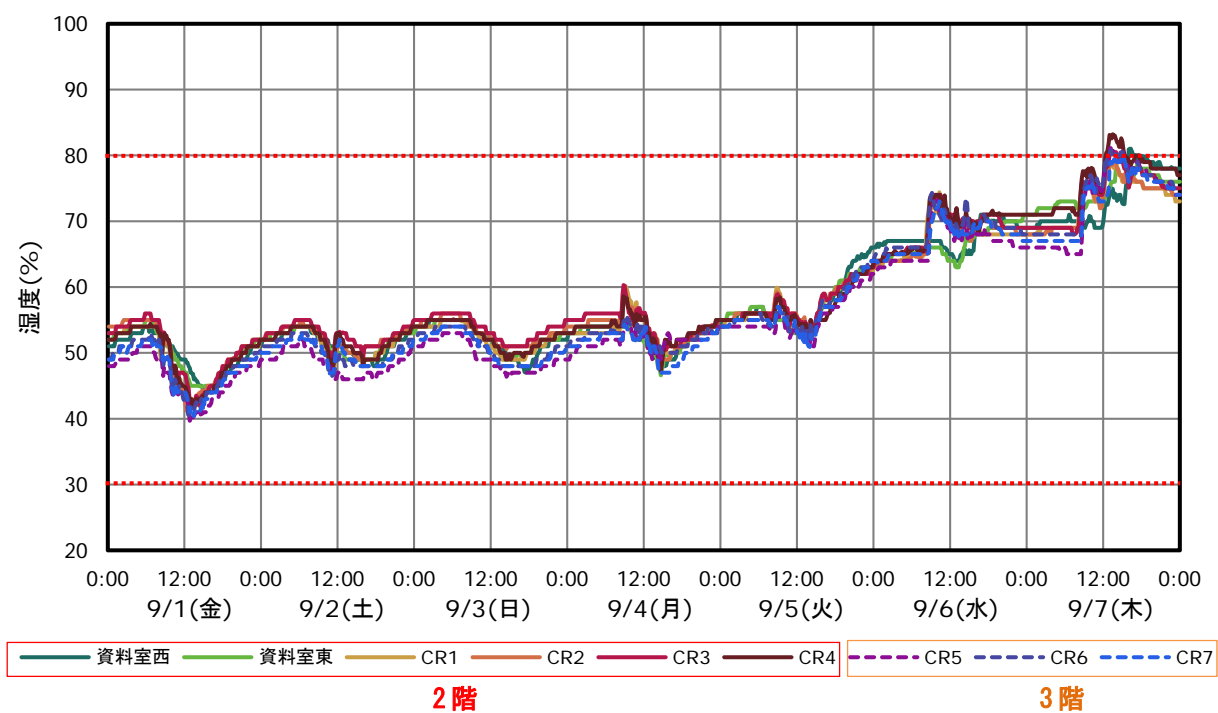
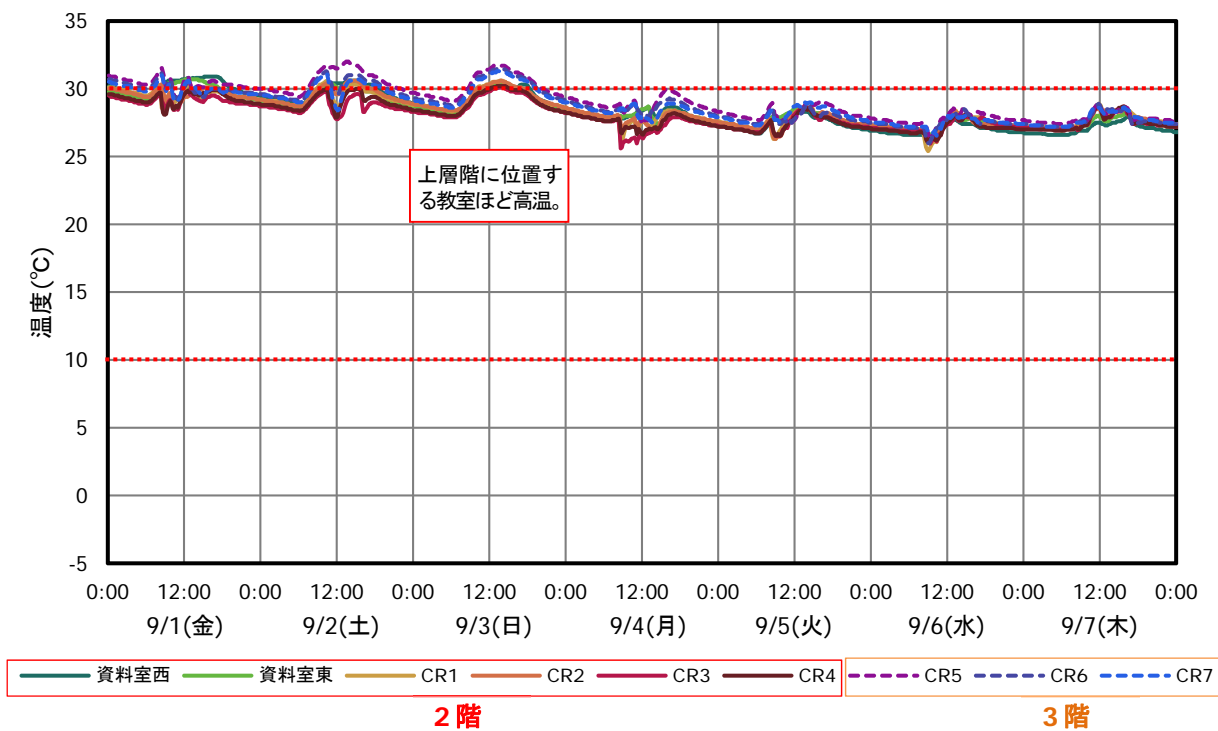


図 5-6 夏期における各教室の温湿度変動（既設温湿度計による計測値）（上：温度，下：湿度）
（平成 29 年度）

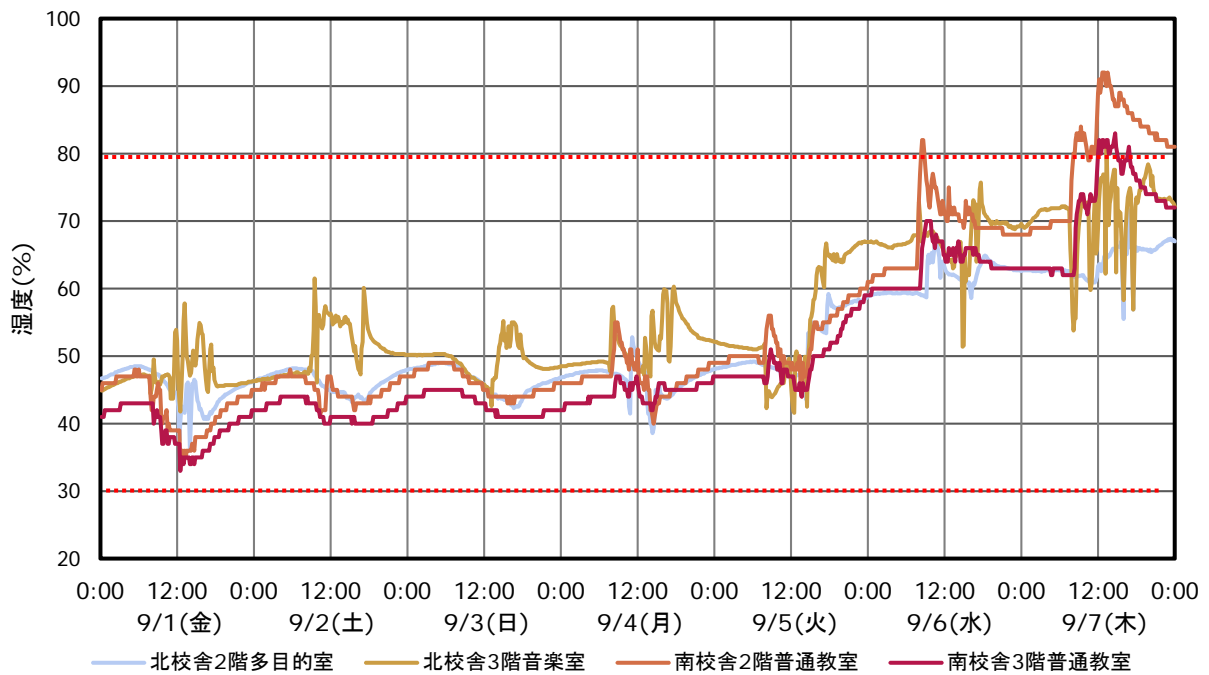
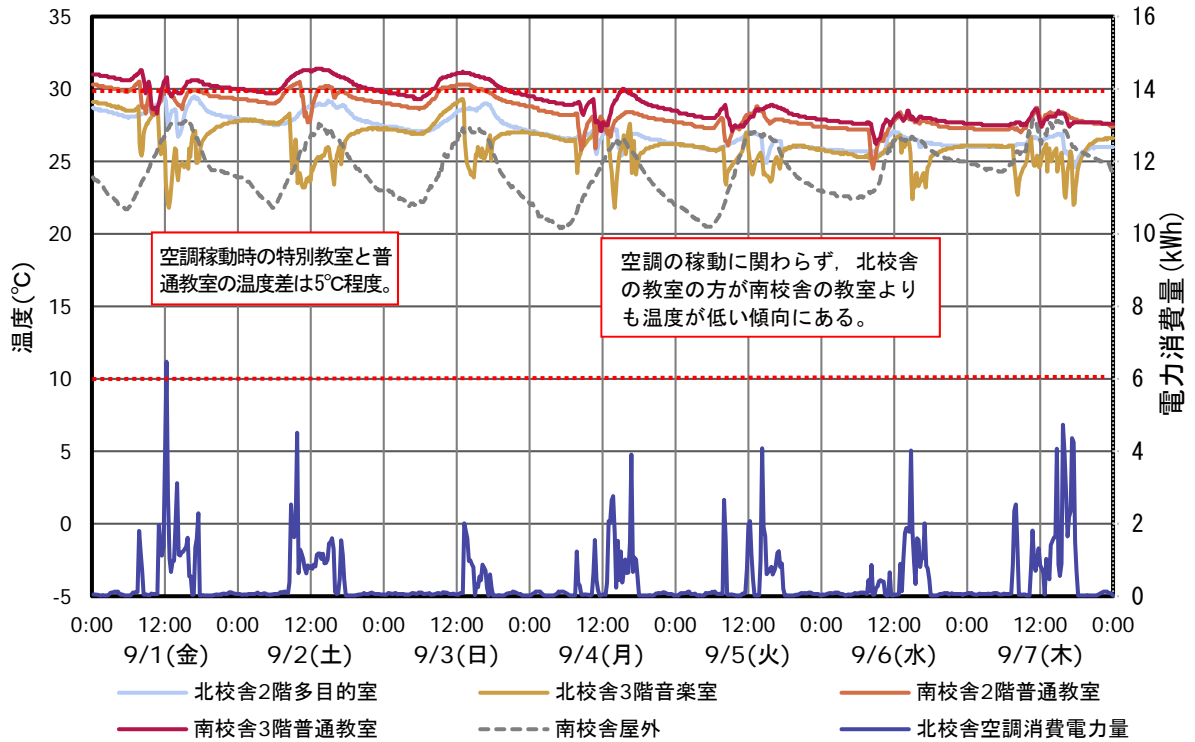


図 5-7 夏期における校舎別の各教室の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度) (平成 29 年度)

中間期

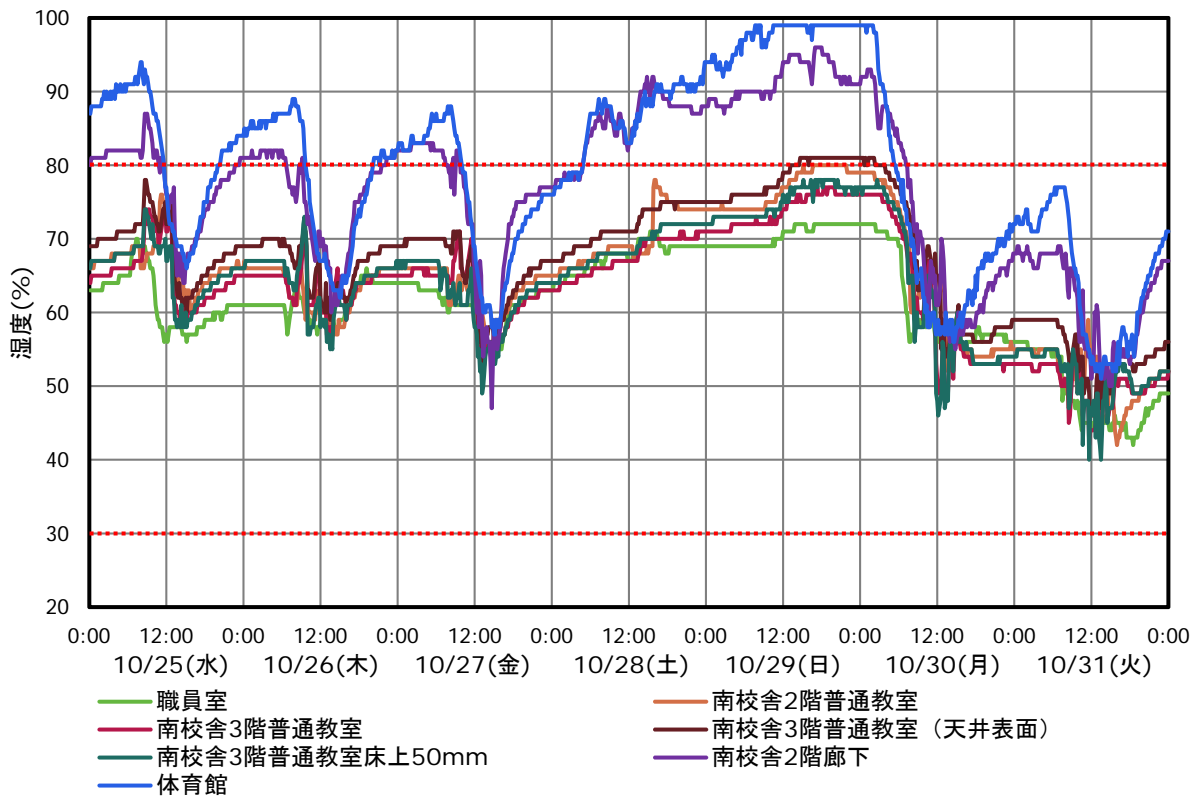
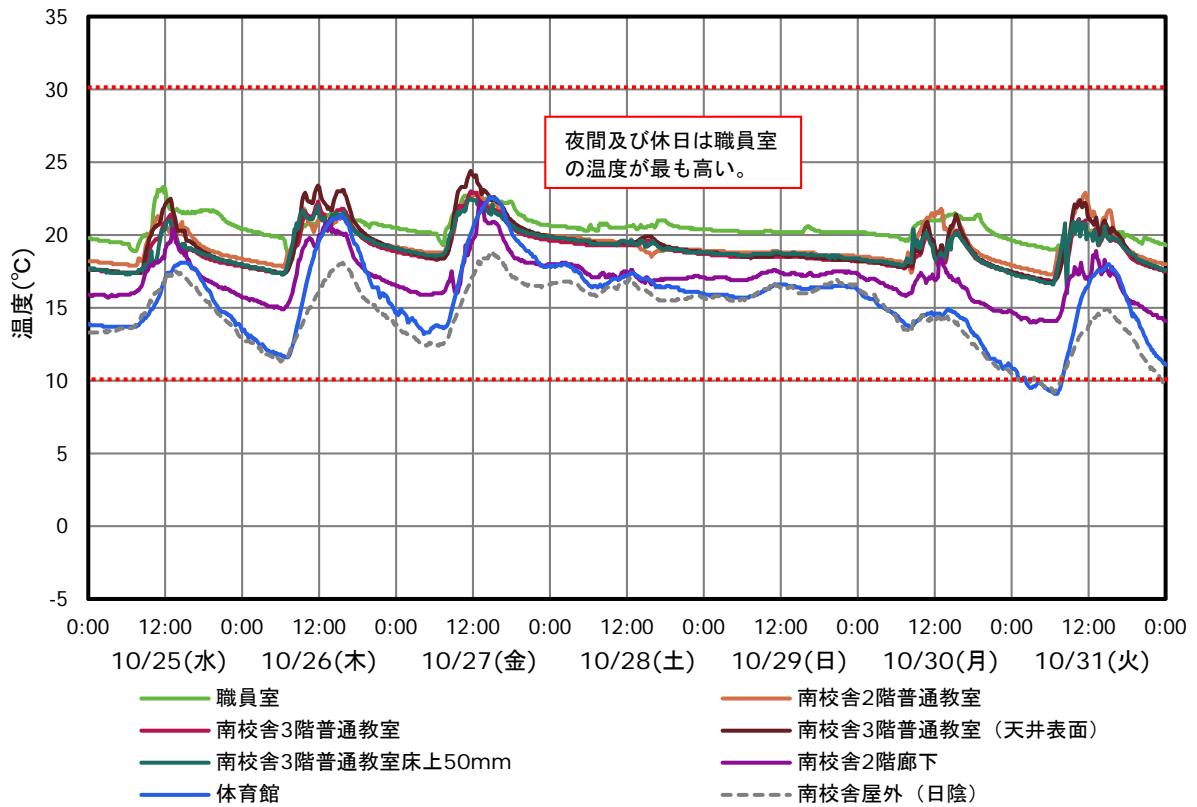


図5-8 中間期における各計測地点の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度) (平成29年度)

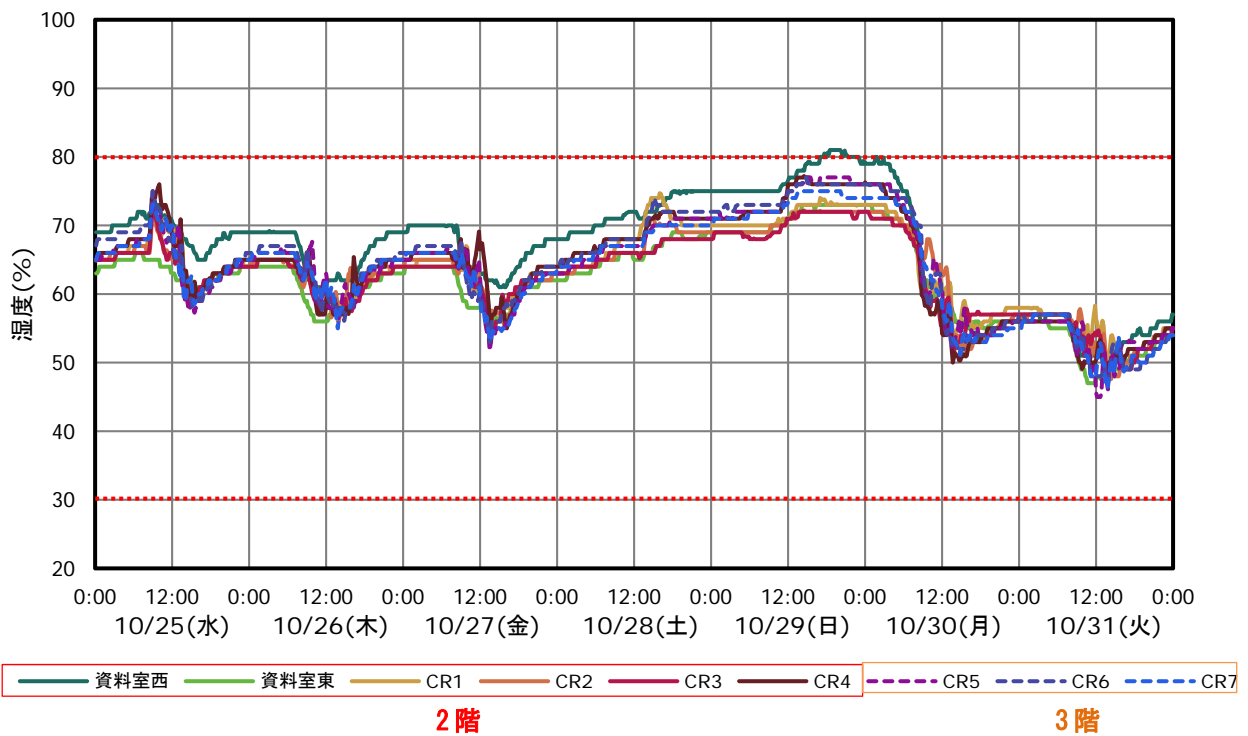
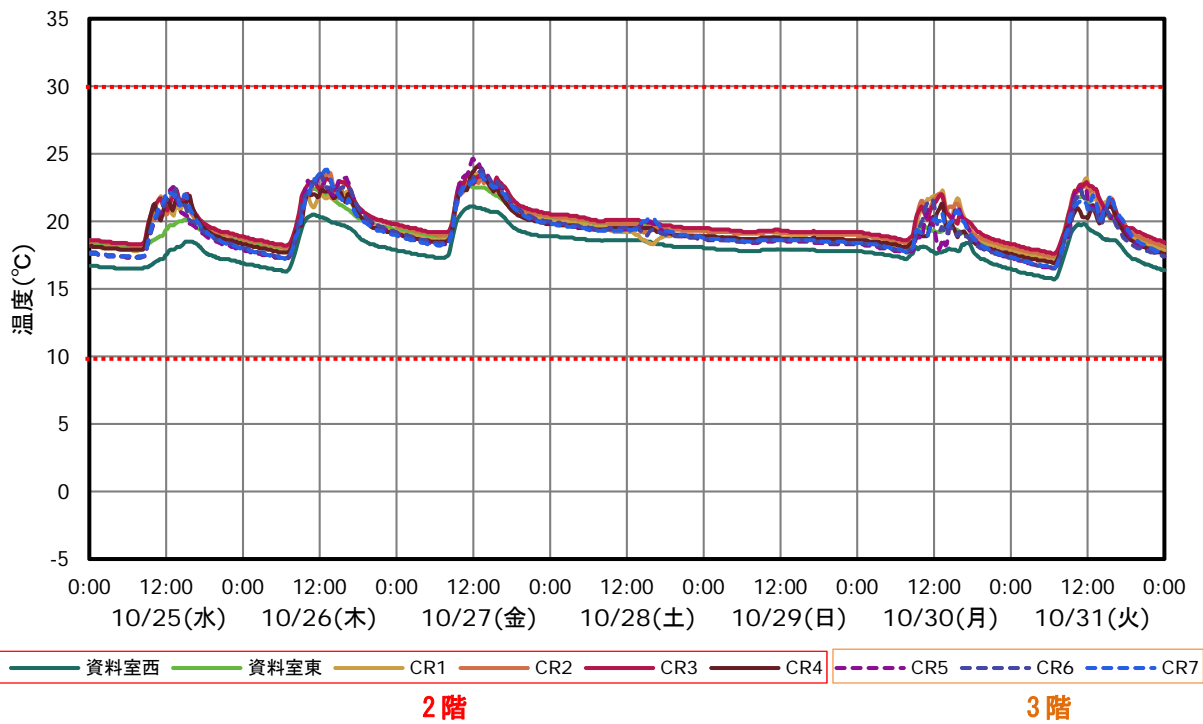


図5-9 中間期における各教室の温湿度変動（既設温湿度計による計測値）（上：温度，下：湿度）（平成29年度）

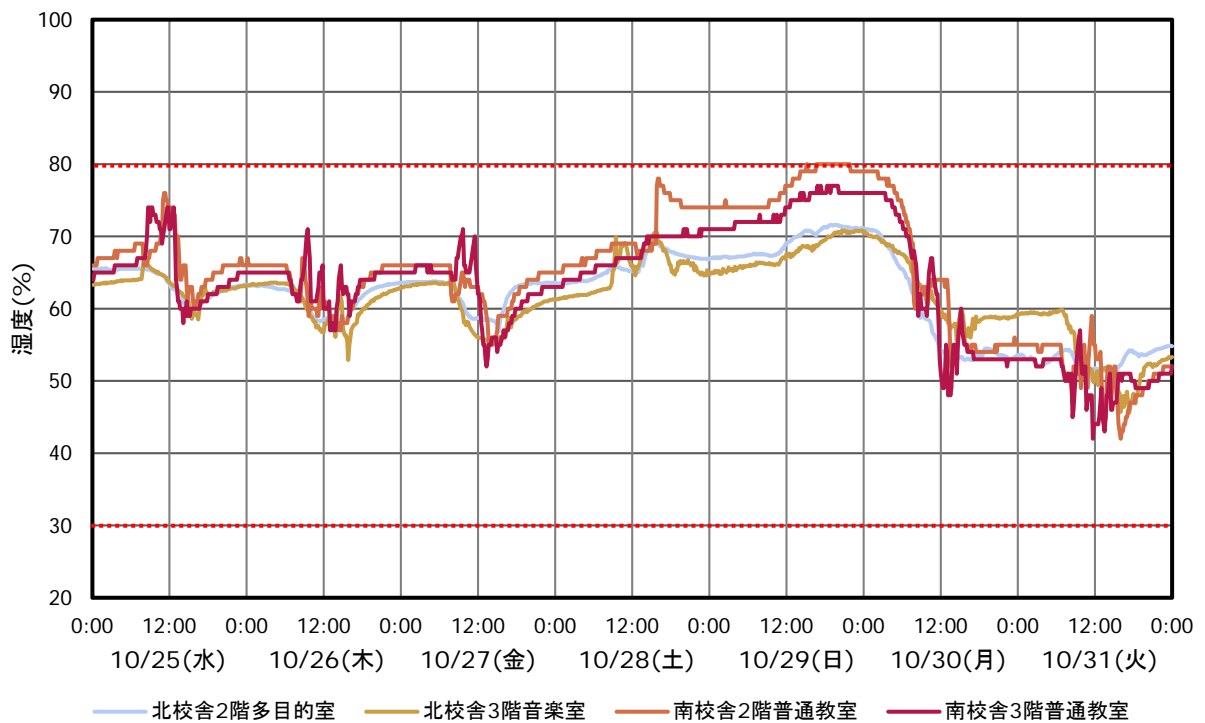
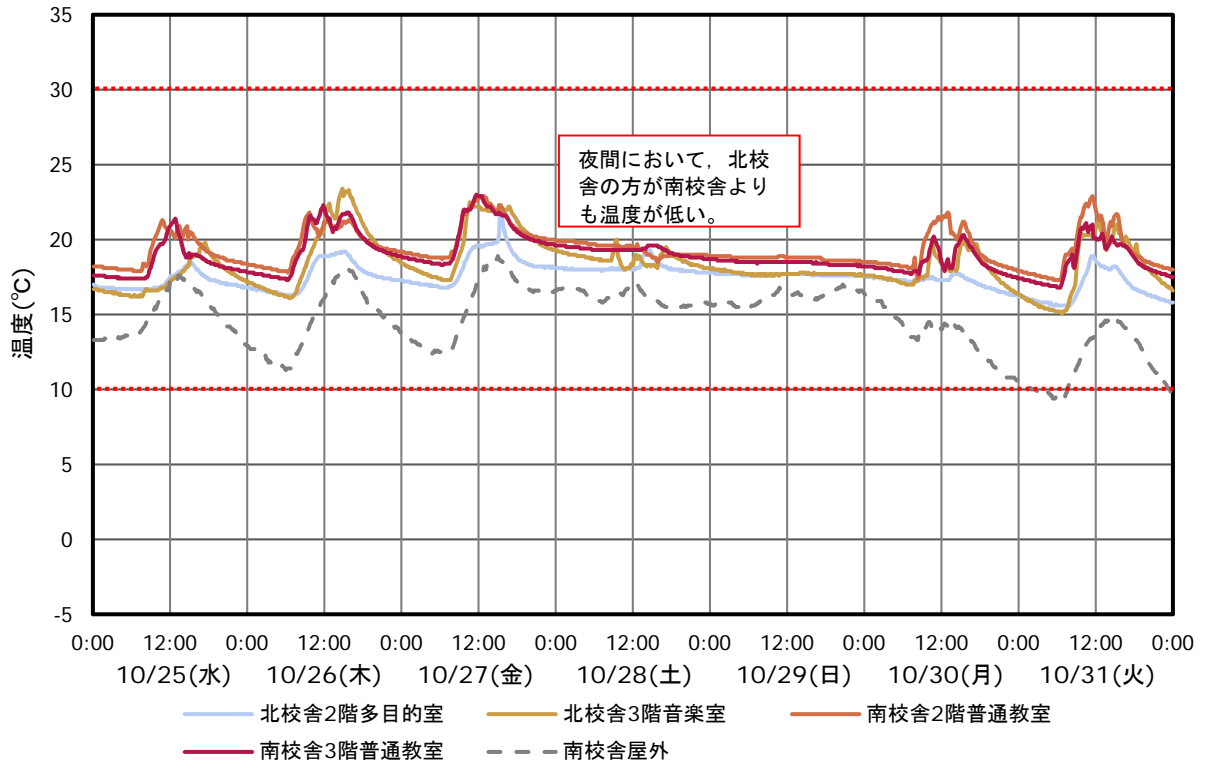


図5-10 中間期における校舎別の各教室の温湿度変動（上：温度，下：湿度）（平成29年度）

冬期

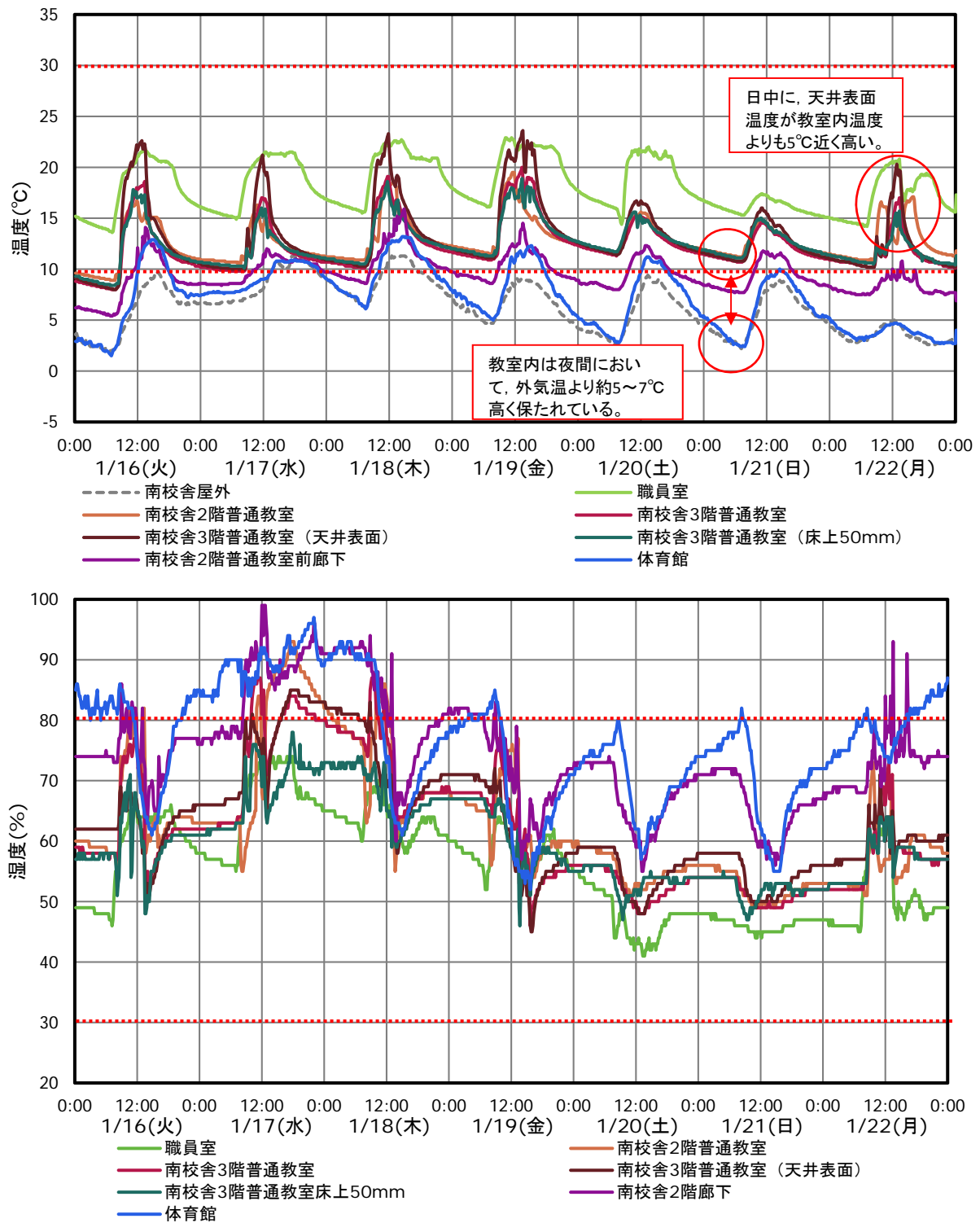


図 5-11 冬期における各計測地点の温湿度変動 (上: 温度, 下: 湿度) (平成 29 年度)

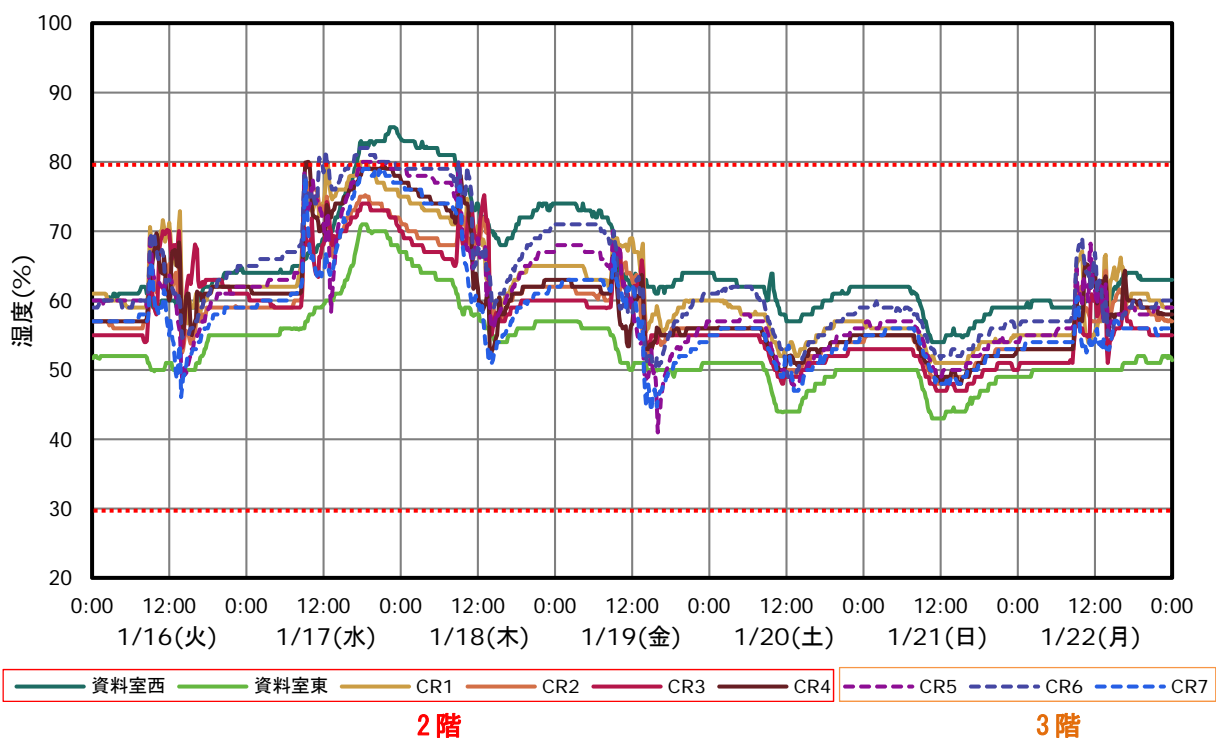
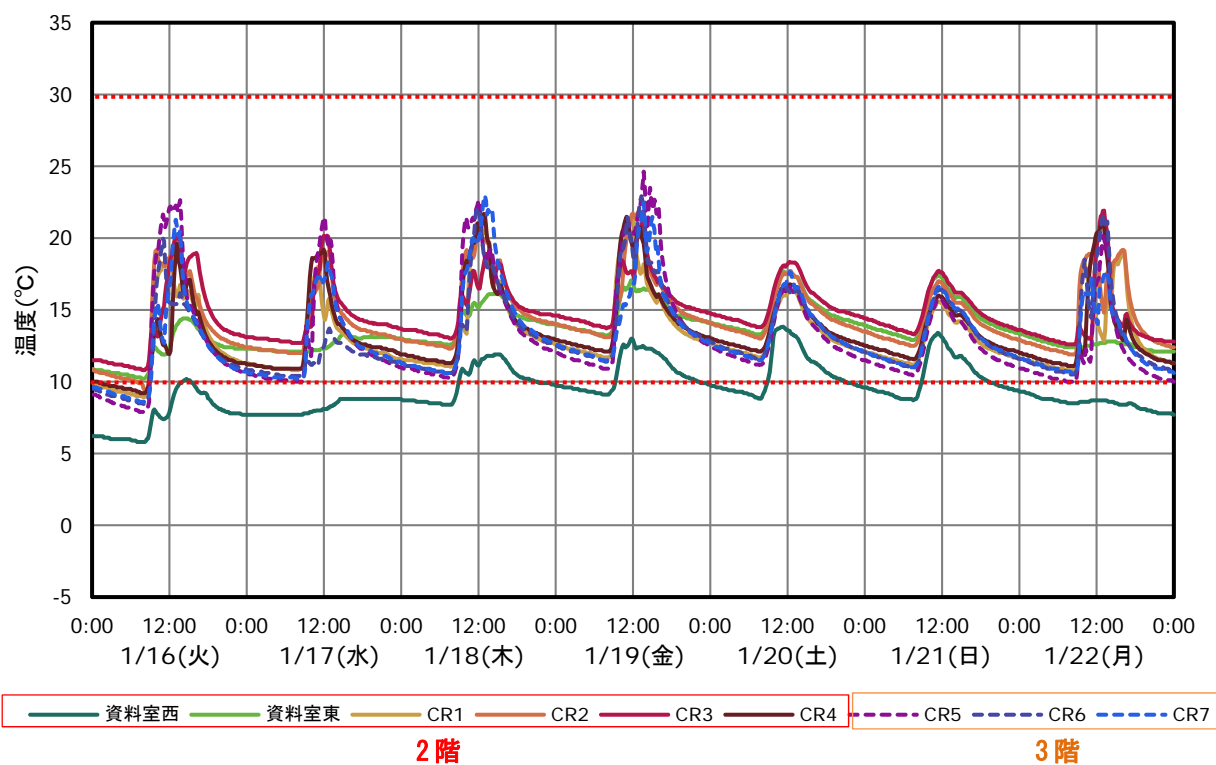


図5-12 冬期における各教室の温湿度変動（既設温湿度計による計測値）（上：温度，下：湿度）（平成29年度）

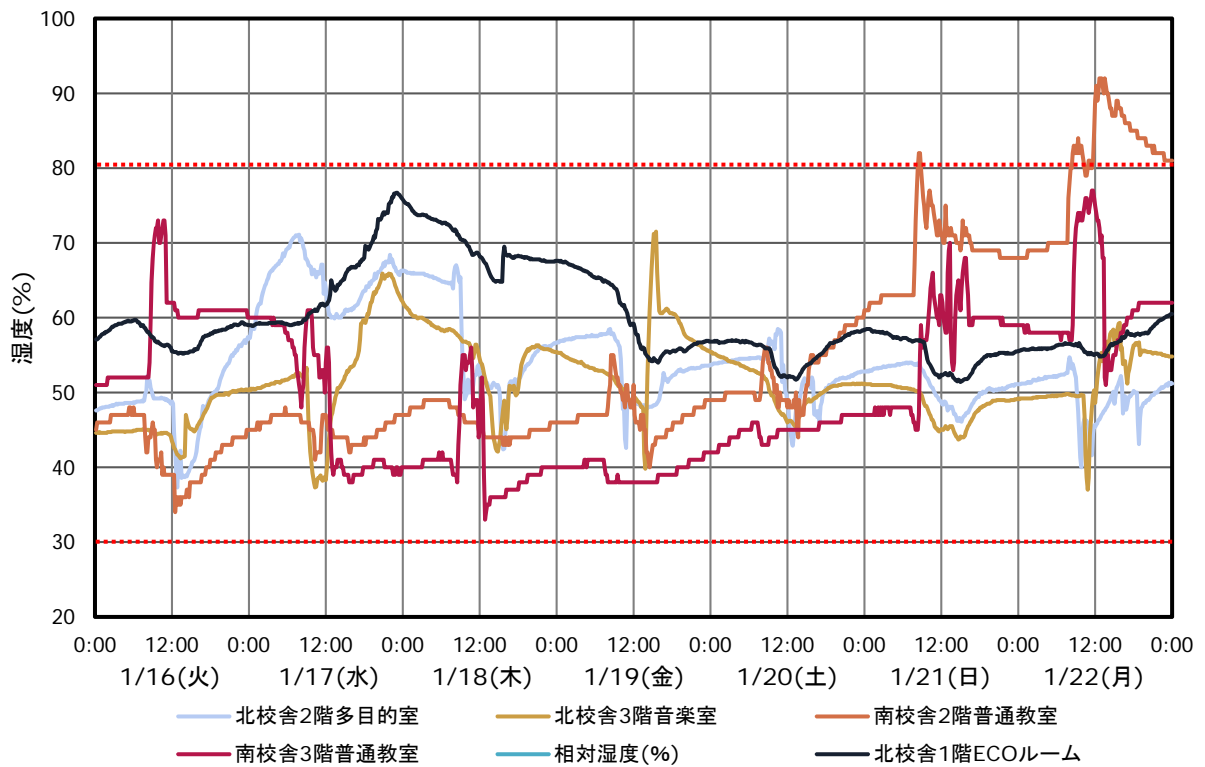
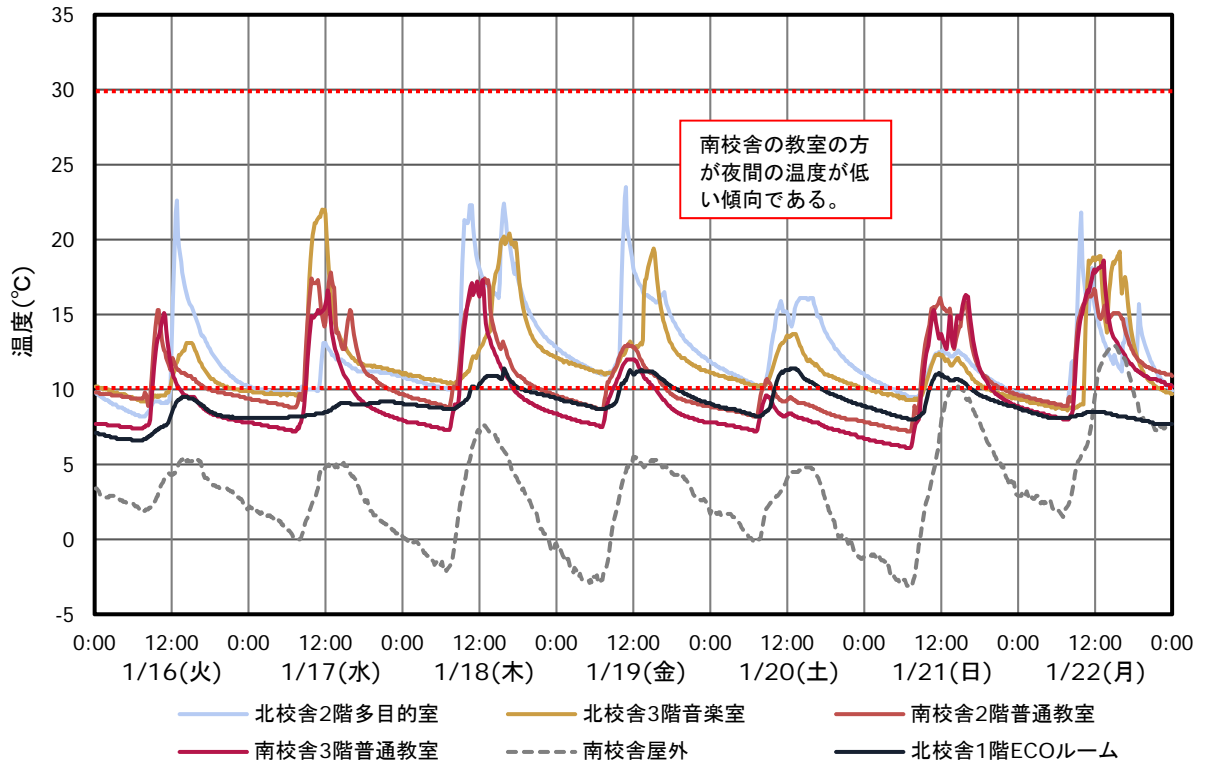


図5-13 冬期における校舎別の温湿度変動（上：温度，下：湿度）（平成29年度）

5.4.3 教室の熱環境

(1) 測定概要

熱環境の測定として、南校舎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、学校の運用に則り、夏期は窓を開放し扇風機を稼働させてから、中間期は窓を開放してから、冬期は暖房（ガスファンヒーター）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5-15～図5-17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（32.6℃～34.7℃）は、全体的に室内温度（32.6℃）を上回っている。
- ・教室内の表面温度は、外気温（32.0℃）を上回っており躯体が蓄熱していることを確認した。

2) 中間期

- ・教室内の表面温度（18.8℃～22.2℃）は、外気温（18.1℃）よりも高くなっている。また、天井の表面温度（約21.2℃）や窓の表面温度（22.2℃）は室内温度（20.6℃）より高くなっているが、外壁側のコンクリート壁面の表面温度（19.7℃）や黒板側のコンクリート表面温度（18.8℃）は室内温度より低い。

3) 冬期

- ・天井表面（約14.5℃）は室内温度（13.9℃）よりも高いが、外壁側や黒板側のコンクリート表面温度（約9.4℃）は室内温度よりも低い。
- ・外壁廻りの断熱化を行った腰壁の表面温度（13.4℃）は窓側のコンクリート表面温度（9.4℃）と比べ4℃高く、改修の効果が出ていることが分かる。
- ・冬期の暖房時の教室室内温度（13.9℃）は、廊下の表面温度（4.5℃～6.7℃）や外気温（6℃）よりも高く、改修の効果が出ていることが分かる。

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	32.0	18.1	6.0
教室室内温度	32.6	20.6	13.9
天井表面	33.1～33.6	20.7～21.8	14.3～14.5
腰壁	33.4	22.0	13.4
窓	34.7	22.2	10.7
コンクリート表面（窓側）	32.7	19.7	9.4
コンクリート表面（黒板下）	32.6	18.8	9.3
廊下（教室側）	32.8	19.0	6.1
廊下（窓側）	30.9	16.5	4.5



図 5-14 教室（廊下側）間仕切り壁（エコ改修により断熱化）

夏期：H29/8/29（火）・14時10分・晴・外気温32.0℃，室内温度32.6℃，

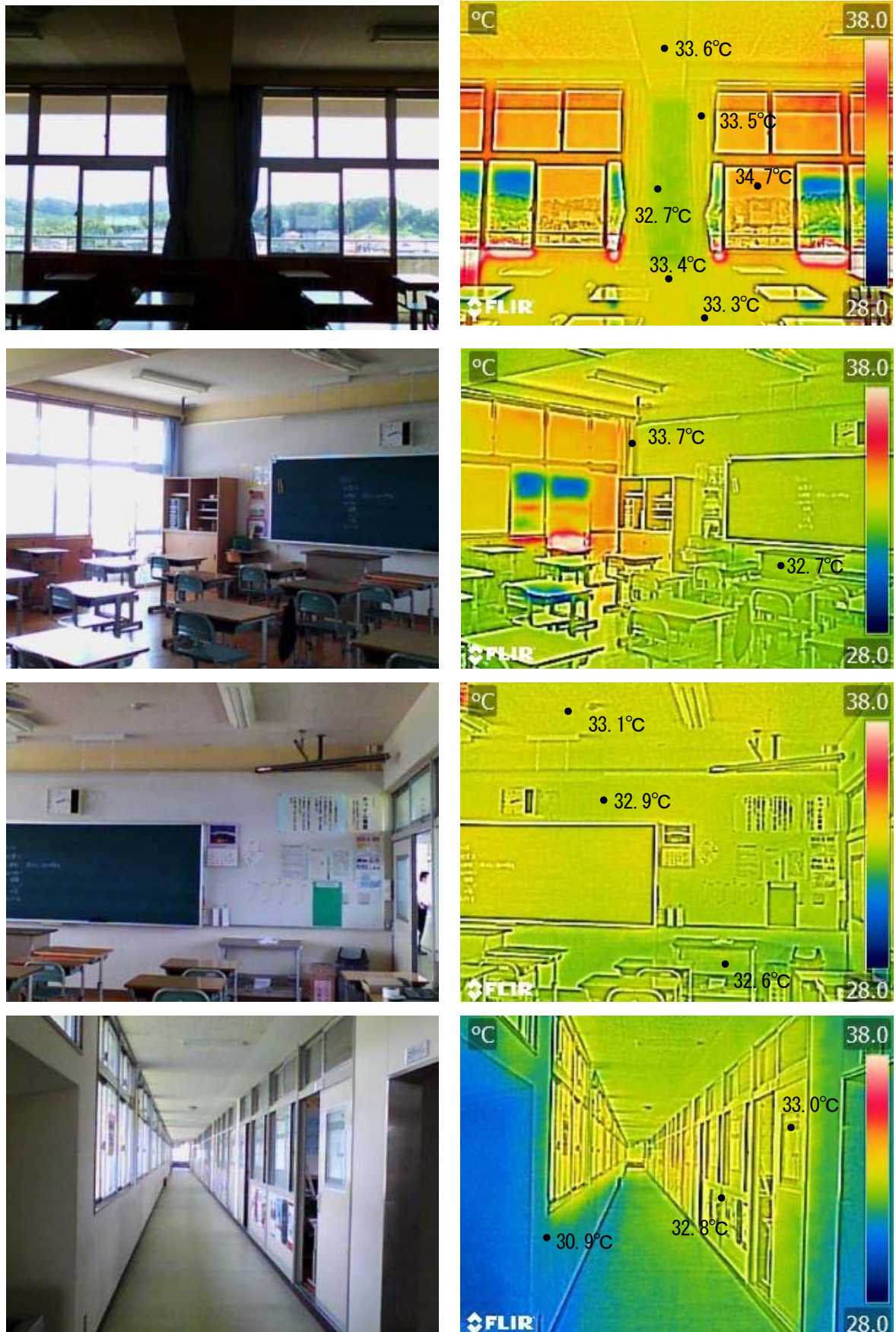


図5-15 サーモグラフィ（夏期）

中間期：H29/11/7（火）・14時30分・曇・外気温18.1℃，室内温度20.6℃

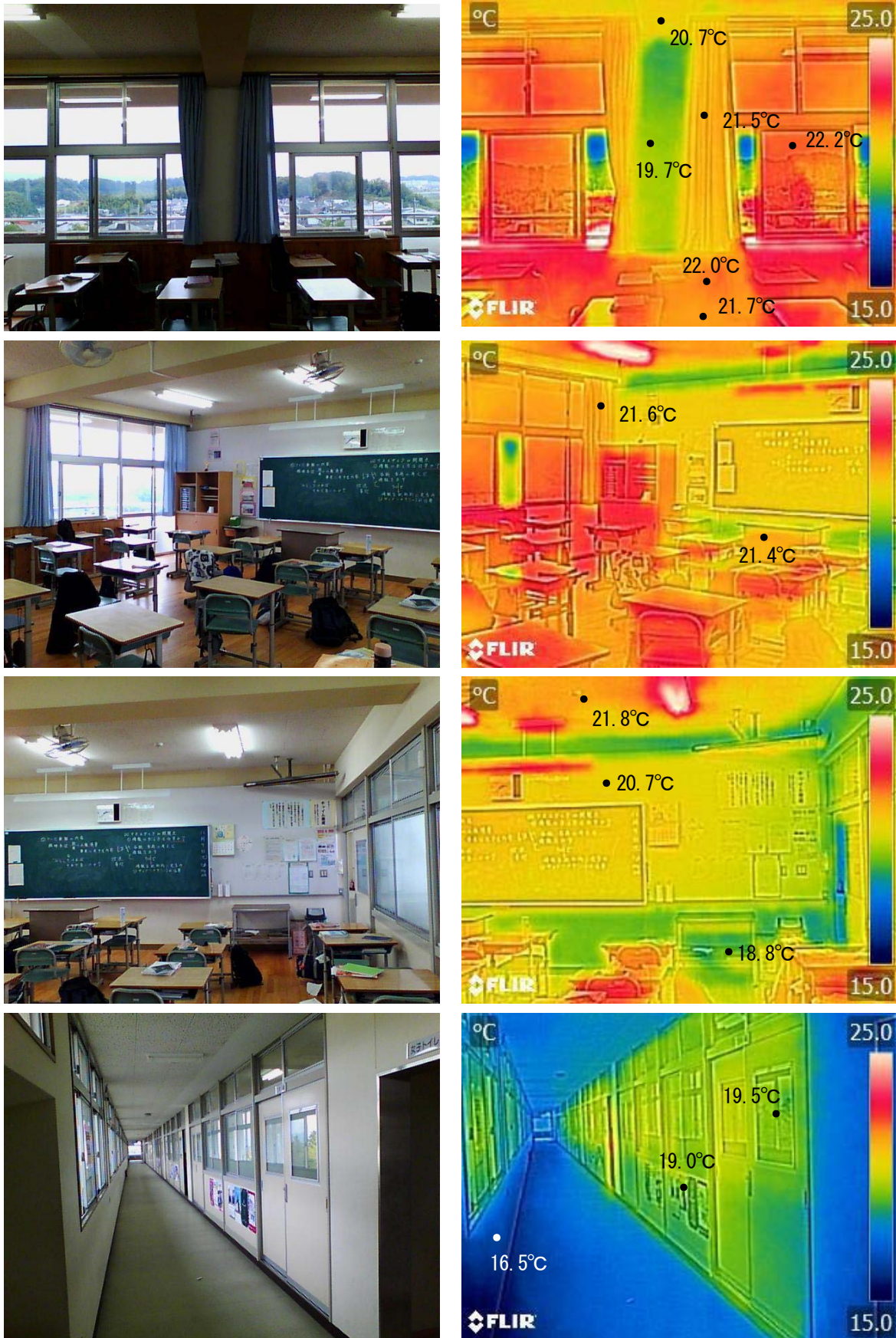


図5-16 サーモグラフィ（中間期）

冬期：H29/12/28（木）・14時50分・曇・外気温6.0℃，室内温度13.9℃

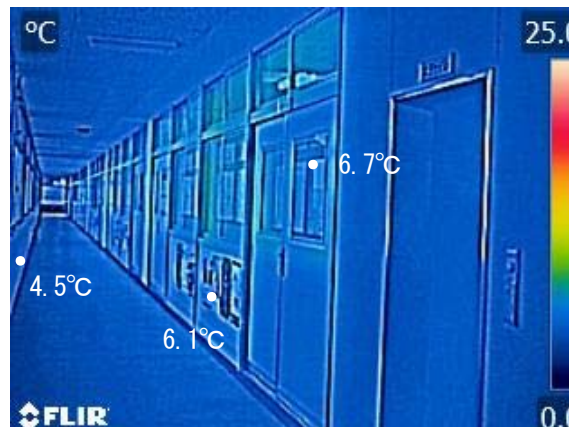
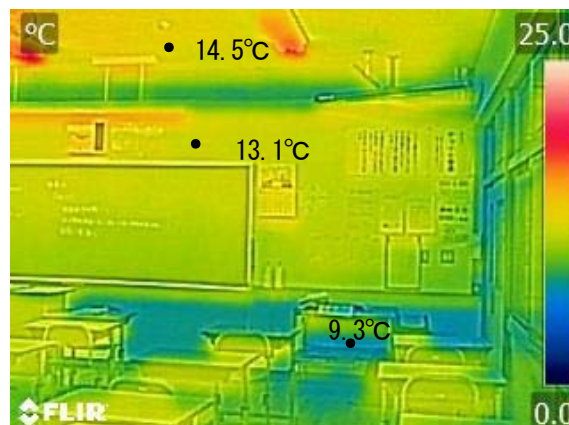
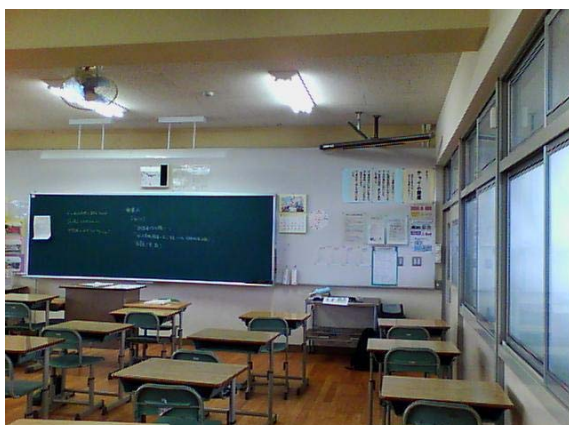
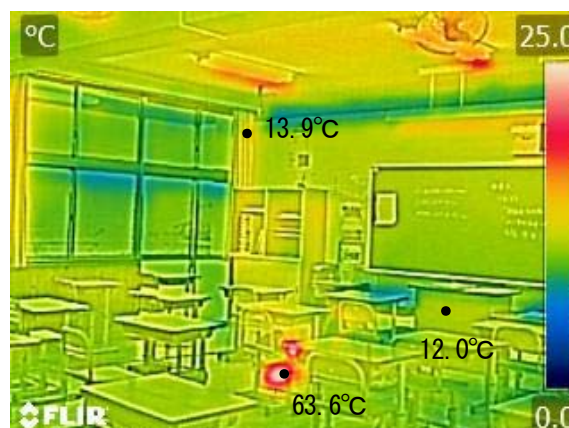
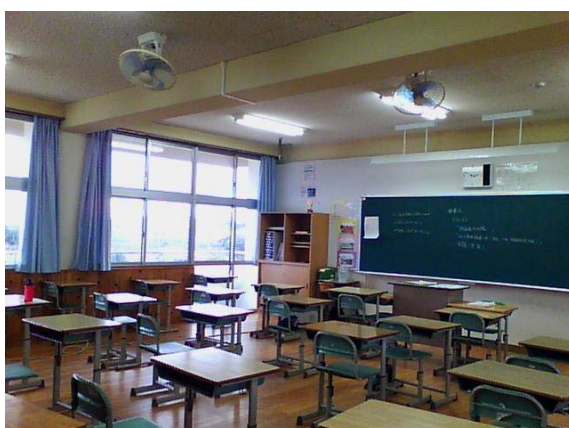
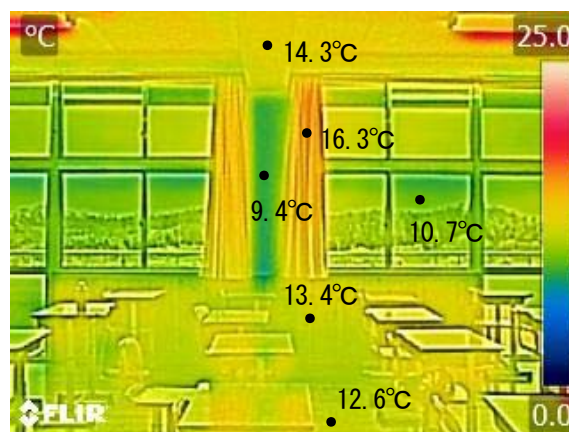


図5-17 サーモグラフィ（冬期）

5.4.4 教室の快適性評価

- 教室の温度測定結果から、夏期の開校日昼間（8:00～16:00）において、室内温度が30℃を超える時間帯が、25%程度あることを確認した。
また、平成30年4月1日に改正された学校環境衛生基準で望ましいとされている28℃を超える時間帯は、56%程度であった。
- 教室には扇風機が設置されており、また、風通しが良いと立地条件であることから、温度のみでなく温熱6要素を考慮した指標であるPMV¹⁰によって快適性評価を行う。
- PMV算出条件を表5-4に示す。夏期（7月）と合わせて冬期（1月）についても評価を行う。
- 室内温度、湿度、風速は計測値を用い、代謝量は椅座位、着衣量は夏制服及び冬期制服とし、平均放射温度は計測を行っていないため、想定値として室内気温と同値とした。なお、夏期の風速は、扇風機を稼動した状態で気流を最も多く受ける机上位置の計測値とした。既設の温湿度計による計測値を用いて、平成29年度と平成27年度～平成28年度平均値との比較を行う。
- PMV値とPPD¹¹値の相関図を図5-19に示す。ISO-7730では、 $-0.5 < PMV < +0.5$ つまり $PPD \leq 10\%$ が快適範囲として推奨されている。
- 夏期の開校日昼間（8:00～16:00）における時間毎のPMV値と、平均外気温の時間変化を図5-20に示す。平成29年度の算出結果から、PMVの最小値は1.11であるため、室内環境は快適であるとは言い難い。平成29年度7月の外気温は、平成27年度～平成28年度の外気温より1℃以上高く、それに伴いPMV値も高いことが分かる。
- 冬期の開校日昼間（8:00～16:00）における時間毎のPMV値と、平均外気温の時間変化を図5-21に示す。平成29年度の算出結果から、PMVの最大値は-1.49であるため、室内環境は快適であるとは言い難い。平成29年度1月の外気温は、平成27年度～平成28年度の外気温より1℃以上低く、それに伴いPMV値も低いことが分かる。
- 計測結果の数字から判断すると、夏期及び冬期において、室内環境が快適であるとは言い難い。しかし、ヒアリング結果からは、夏期は風通しがよいため空調がなくても問題なく過ごせ、冬期はエコ改修による断熱改修の効果で暖房の使用時間が短縮されたという回答も得られている。ヒアリング結果から使用者の主観としては室内環境に問題はないと考えられるが、計測結果の数値から客観的に判断すると必ずしも良好な環境であるとは言えないと考えられる。
平年の気象と異なる気象条件における本調査の結果のみをもって改善方を検討することは議論もあるが、何らかの改善方策（ナイトパーズの導入や空調設備の設置など）を検討することは有効であると考えられる。

表5-4 PMV算出条件

日時	平成29年度7月 開校日昼間	平成29年度1月 閉校日昼間	備考
測定場所	南校舎3階普通教室		
代謝量 (W/m ²)	58.2		椅座位
着衣量 (clo)	0.5	1.2	夏服, 冬服
室内温度 (℃)	時間毎の月平均値		計測値
平均放射温度 (℃)	室内温度と同値		推定値
風速 (m/s)	0.7	0.0	計測値
湿度 (%)	時間毎の月平均値		計測値

10 PMV (Predicted Mean Vote, 快適指数)

温熱環境に関する6要素（空気温度、平均放射温度、気温、湿度、着衣量、代謝量）の組合せで求めることができ、ISO-7730として、国際規格となっている。下記表に基づき-3から+3までの7段階で評価される。

暑い	暖かい	やや暖かい	どちらでもない	やや涼しい	涼しい	寒い
3	2	1	0	-1	-2	-3

11 PPD (Predicted Percent of Dissatisfied, 予測不快者率)

あるPMVの値に対して何%の人が不快と感じるかを示したもの。

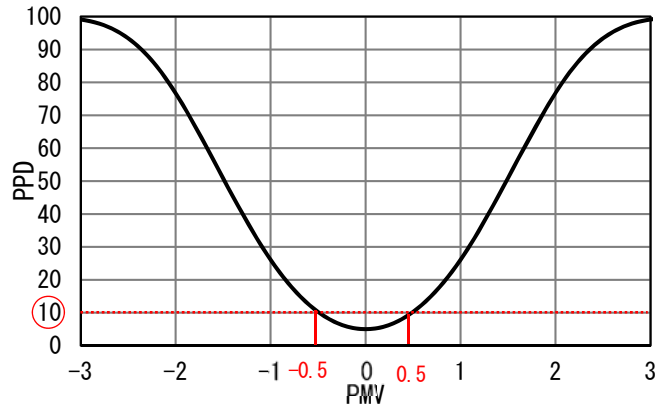


図5-19 PMVとPPDの相関図

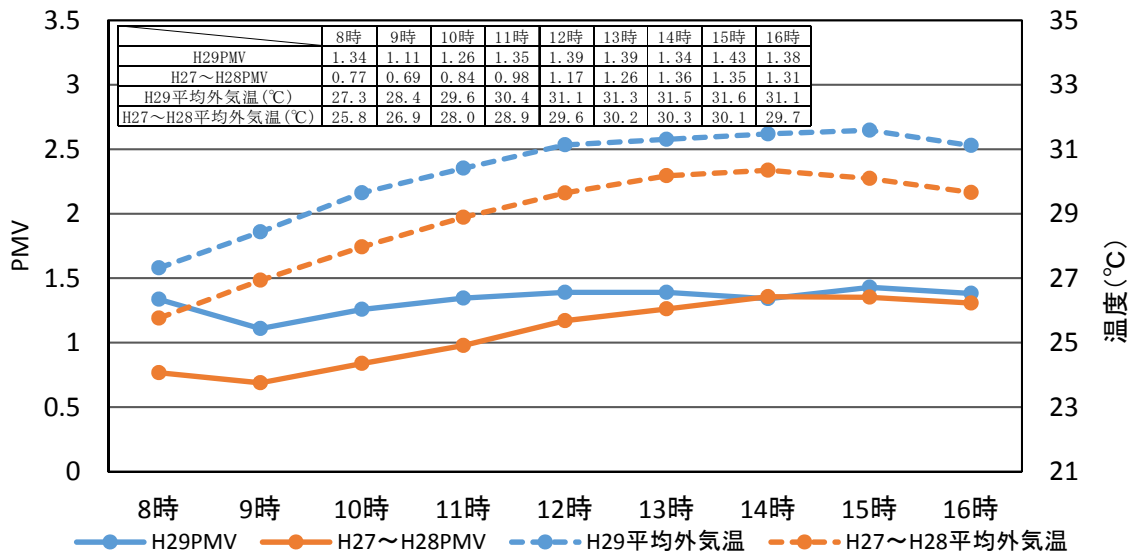


図5-20 7月開校日における時間毎のPMV値¹²及び平均外気温変化(AMeDAS)

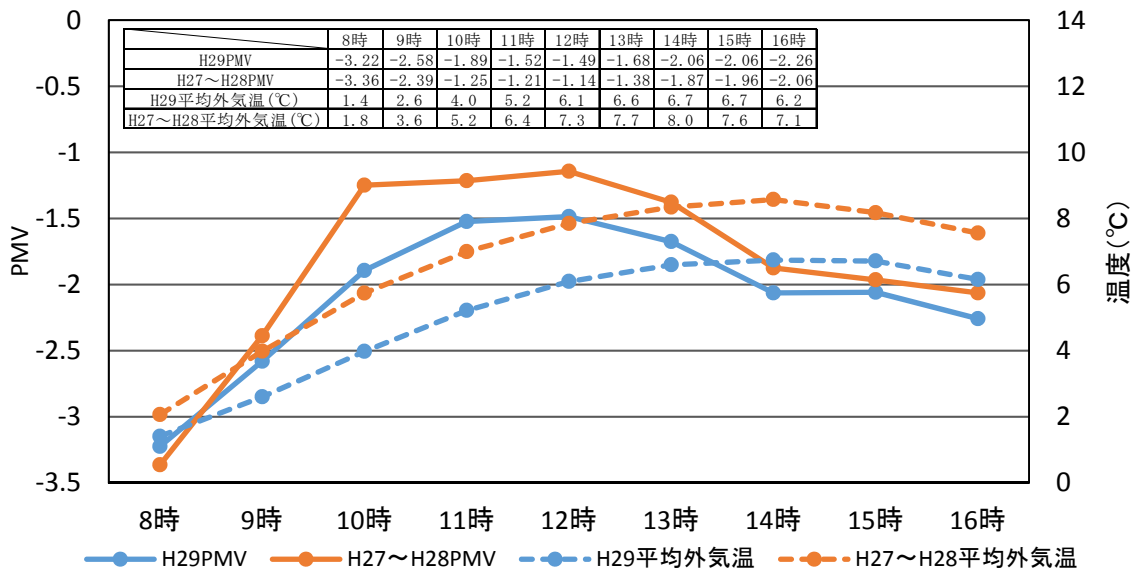


図5-21 1月開校日における時間毎のPMV値¹¹及び平均外気温変化(AMeDAS)

¹² 平成27年度～平成28年度のPMV値は、既設の計測器のデータを用い、時間毎における2年間の平均温度及び平均湿度を用い、その他の条件は表5-4と同様として計算を行った。

5.4.5 教室の光環境

- 平日における教室の照度変動を図 5-23 に、休日における教室の照度変動を図 5-24 に示す。
- 室内灯は、特別教室への移動時には消灯されており、在室時には点灯されていることから、生徒会主導によるエコ活動への取組が確実に実行されていることを確認した。
- 在室時の照度値は 500lx を超えており、学校環境衛生基準¹³を満たしていることを確認した。
- 照度値は教室ごとにばらつきがあり、照度計表面を掃除してもその傾向は変わらない。
- 上記の原因は、各教室の照明の明るさに差があることや、照度計センサーの個体差が考えられる。また、図 5-22 に示すように照度計の設置方法が教室によって異なることも原因である。



図 5-22 通路側の照度計の設置状況 (左 : CR1, 右 CR3)

¹³ 学校環境衛生基準では、「(ア) 教室及びそれに準ずる場所の照度の下限値は、300lx とする。また、教室及び黒板の照度は、500lx 以上であることが望ましい。(イ) 教室及び黒板のそれぞれの最大照度と最小照度の比は、20 : 1 を超えないこと。また、10 : 1 を超えないことが望ましい。」とされている。

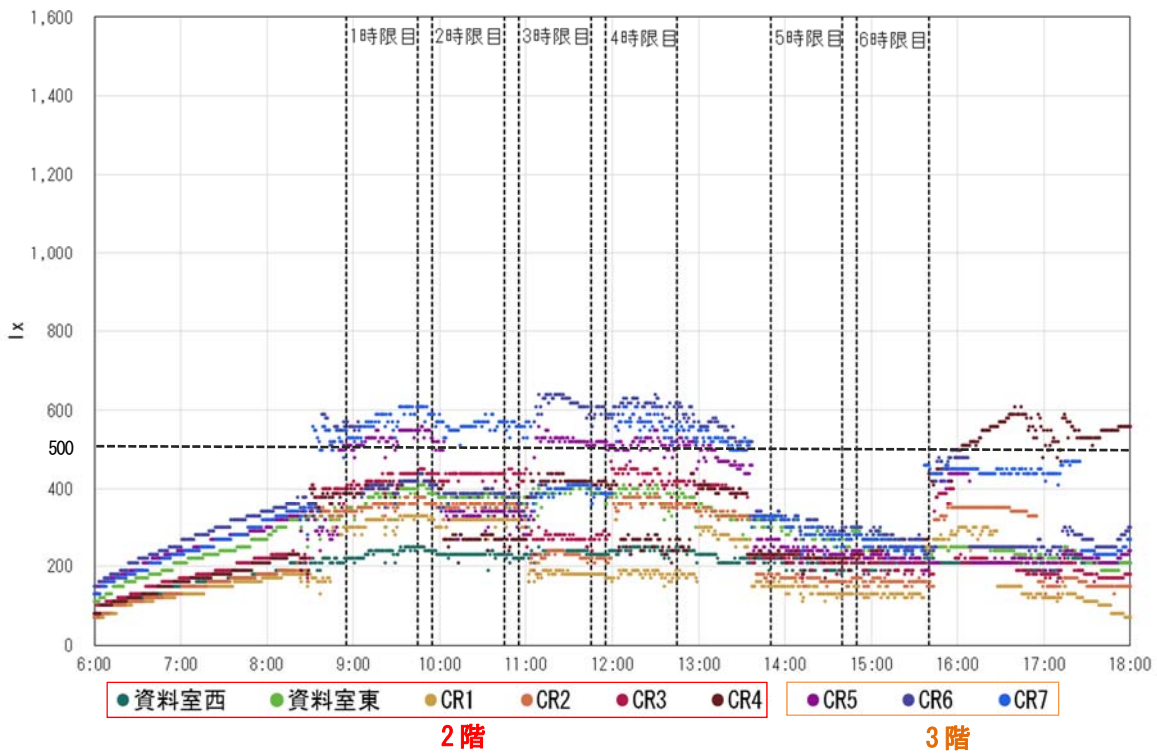
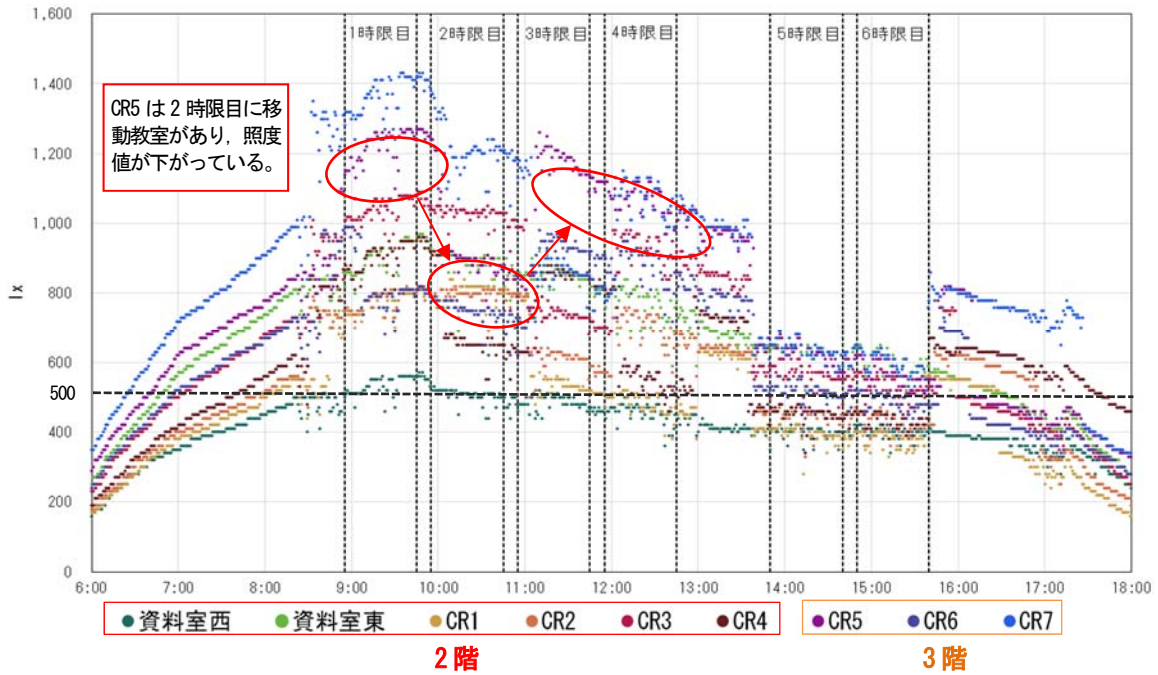


図5-23 各教室の平日の照度変動 (H29/6/14 (水)・晴, 上:窓側, 下:通路側)

表5-5 水曜日の各クラスの時間割表

	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7
1時限目(8:55~9:45)	理科	国語	社会	英語	数学	理科	社会
2時限目(9:55~10:45)	国語	社会	数学	美術	体育	体育	数学
3時限目(10:55~11:45)	体育	美術	家庭	数学	社会	数学	理科
4時限目(11:55~12:45)	美術	理科	国語	体育	英語	社会	国語
5時限目(13:50~14:40)	総合	総合	総合	総合	総合	総合	総合
6時限目(14:50~15:40)							

※ 理科の授業は半分程度を理科室にて行う

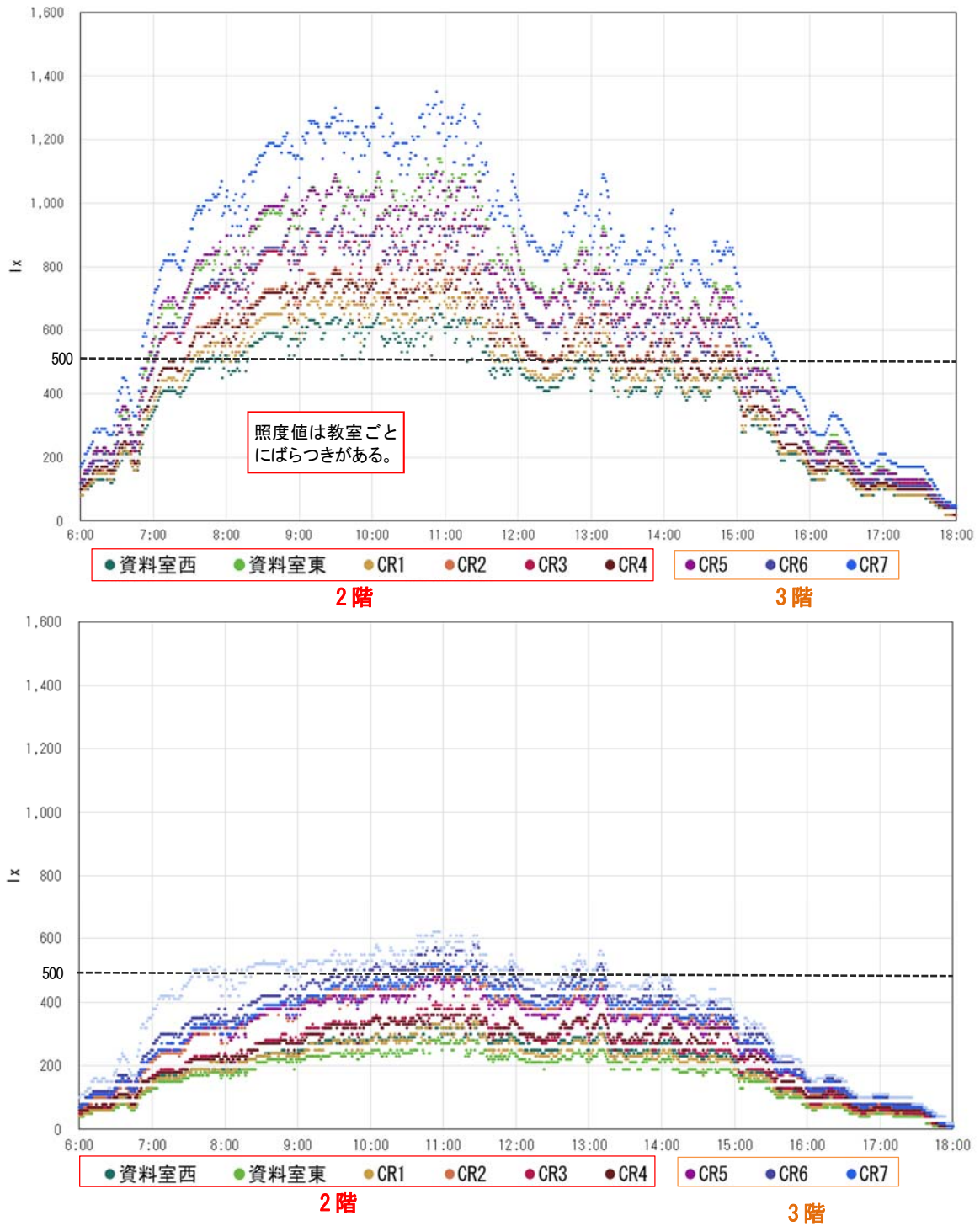


図5-24 各教室の休日の照度変動 (H29/6/24 (土) 晴, 上: 窓側, 下: 通路側)

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 29 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 29 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、照明コンセント（南校舎）の主なベース電力の内訳を表 6-1 に示す。ベース電力は 1:00～6:00 の電力の平均とする。
- 揚水ポンプ（トップランナーモーターの導入、平成 24 年度：0.1kW、平成 29 年度：0.0kW）と照明・コンセント（体育館・南校舎 LED 照明への更新等、平成 24 年度：1.7kW、平成 29 年度：1.4kW～1.6kW）が減少している。
- GHP 空調から EHP 空調への更新によって、EHP 空調が稼動する冬期のベース電力が増加している（平成 24 年度 1 月：0.1kW、平成 29 年度 1 月：0.6kW）。
- GHP 空調から EHP 空調への更新によって、変圧器容量が変更（エコ改修前：225kVA、エコ改修後：275kVA）され、無負荷損が増加している（平成 24 年度 1 月：0.6kW、平成 29 年度 1 月：1.0kW）。
- 配膳室に設置されている牛乳保管用の冷蔵庫のベース電力が大きいことが分かる（表 6-1）。

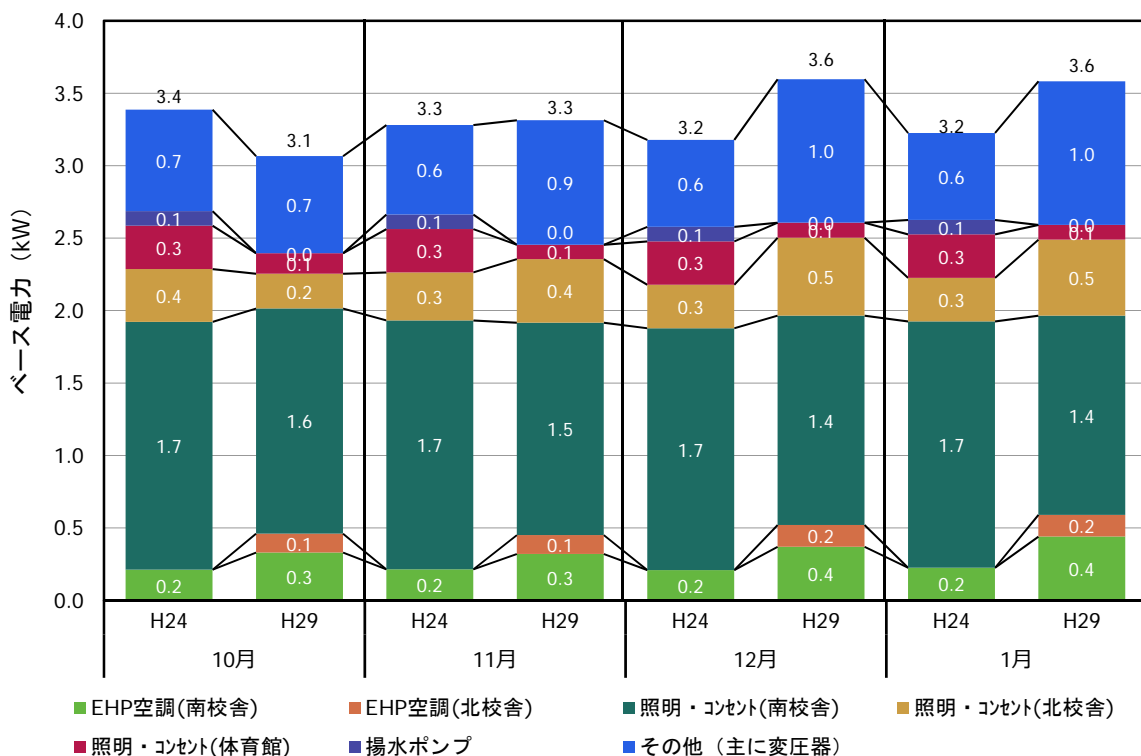


図 6-1 エコ改修前後のベース電力の比較

表 6-1 主な南校舎のベース電力の内訳

配膳室冷蔵庫	361W×1 台
職員室電話	52W×1 台
職員室・コンピュータ室サーバー	120W×2 台
職員室冷蔵庫	38W×1 台

(2) 電力消費量の比較

- ・エコ改修前後の日平均積算電力量の比較を図6-2に示す。
- ・LED照明への更新等により、照明・コンセント（南校舎・体育館）の電力消費量が大幅に削減されたことが分かる（体育館、平成24年度10月：70kWh/日、平成29年度10月：21kWh/日・南校舎、平成24年度10月：104kWh/日、平成29年度10月：82kWh/日）。
- ・照明・コンセント（北校舎）が12月に増加（平成24年度：17kWh/日、平成29年度：18kWh/日）しているのは、冬季休暇中の部活動による音楽室の利用等によるものと考えられる。
- ・GHP 空調から EHP 空調への更新によって、EHP 空調が稼動する冬期の電力消費量は増加している（平成 24 年度 1 月：8kWh/日、平成 29 年度 1 月：58kWh/日）。
- ・GHP 空調から EHP 空調への更新によって、変圧器容量が変更（エコ改修前：225kVA、エコ改修後：275kVA）され、負荷損が増加している（平成 24 年度 1 月：15kWh/日、平成 29 年度 1 月：25kWh/日）。

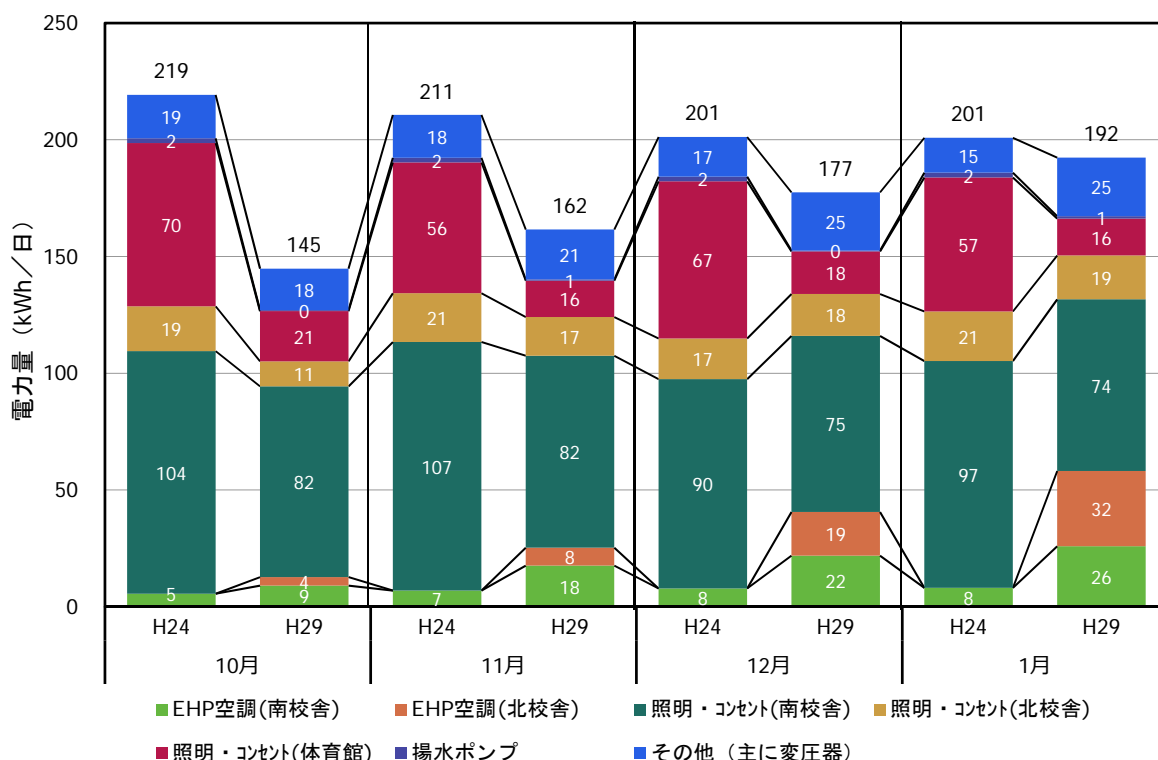


図6-2 エコ改修前後の日平均積算電力量の比較

- ・エコ改修後に日平均積算電力量が大きく削減された、体育館と照明・コンセント（南校舎）について、エコ改修による電力削減量の推算を以下の参考1、参考2に示す。

参考1 体育館照明のLED化による電力削減量

①

表6-2 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 (H29)		
	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	5	20	100	5	20	100
休日 (部活動)	8	8	64	8.5	4	34
休日 (地域開放)	3	8	24	3	4	12
合計		28	188		24	146

- 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：188W×20 灯（LED）=3.76kW
- 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×188 時間÷28 日=94kWh/日
 エコ改修後消費電力量：3.76kW×146 時間÷24 日=23kWh/日
- ④ エコ改修による 1 日あたりの電力削減量
 94kWh/日－23kWh/日=71kWh/日

参考 2 南校舎照明の LED 化による電力削減量

①

表 6-3 エコ改修前後の 1 ヶ月あたりの各室の使用時間

	エコ改修前 (H24)			エコ改修後 (H29)		
	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	8	20	160	同左		160
職員室	平日	20	316	同左		296
	休日	8		9	4	
図書室	4	20	80	7	20	140
コンピュータ室	4	5	20	2	5	10
保健室	7	20	140	13	20	260
校長室	11	20	220	同左		220

②

表 6-4 エコ改修前後の照明の消費電力

	エコ改修前 (Hf 蛍光灯)	エコ改修後 (LED)
普通教室・特別支援学級	(80W×6 灯+40W×2 灯) ×9 室=5,040W	(57W×6 灯+29W×2 灯) ×9 室=3,600W
職員室	80W×14 灯=1,120W	57W×25 灯=1,425W
図書室	80W×9 灯=720W	57W×9 灯=513W
コンピュータ室	80W×8 灯+40W×2 灯=720W	57W×8 灯+29W×2 灯=514W
保健室	80W×6 灯=480W	57W×6 灯=342W
校長室	120W×3 灯+60W×10 灯=960W	69W×3 灯+18.5W×6 灯=318W

③

表 6-5 エコ改修前後における 1 日あたりの電力消費量及び 1 日あたりの電力削減量

	エコ改修前電力消費量	エコ改修後電力消費量	1 日あたりの電力削減量
普通教室・特別支援学級	160h×5,040W÷20 =40.3kWh/日	160h×3,600W÷20 =28.8kWh/日	40.3kWh/日－28.8kWh/日 =11.5kWh/日
職員室	316h×1,120W÷28 =12.6kWh/日	296h×1,425W÷24 =17.6kWh/日	12.6kWh/日－17.6kWh/日 =-5.0kWh/日
図書室	80h×720W÷20 =2.9kWh/日	140h×513W÷20 =3.6kWh/日	2.9kWh/日－3.6kWh/日 =-0.7kWh/日
コンピュータ室	20h×720W÷5 =2.8kWh/日	10h×514W÷5 =1.0kWh/日	2.8kWh/日－1.0kWh/日 =1.8kWh/日
保健室	140h×480W÷20 =3.4kWh/日	260h×342W÷20 =4.4kWh/月	3.4kWh/日－4.4kWh/日 =-1.0kWh/日
校長室	220h×960W÷20 =10.6kWh/日	220h×318W÷20 =3.5kWh/月	10.6kWh/日－3.5kWh/日 =7.1kWh/日
合計			13.7kWh/日

(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。
- ・平成24年度と平成29年度の10月～1月の平均外気温を比べると、平成29年度の方がやや高いといえる（図6-4参照、平成24年度基準、10月：+0.6℃、11月：+0.5℃、12月：+0.5℃、1月：+0.1℃）。
- ・空調用途（EHP空調（南校舎）、EHP空調（北校舎）、都市ガス）による一次エネルギー消費量はエコ改修後に増加しているが、これはEHP空調の増設によるベース電力の増加、部活動による休日における北校舎でのEHP空調稼働が原因と考えられる。

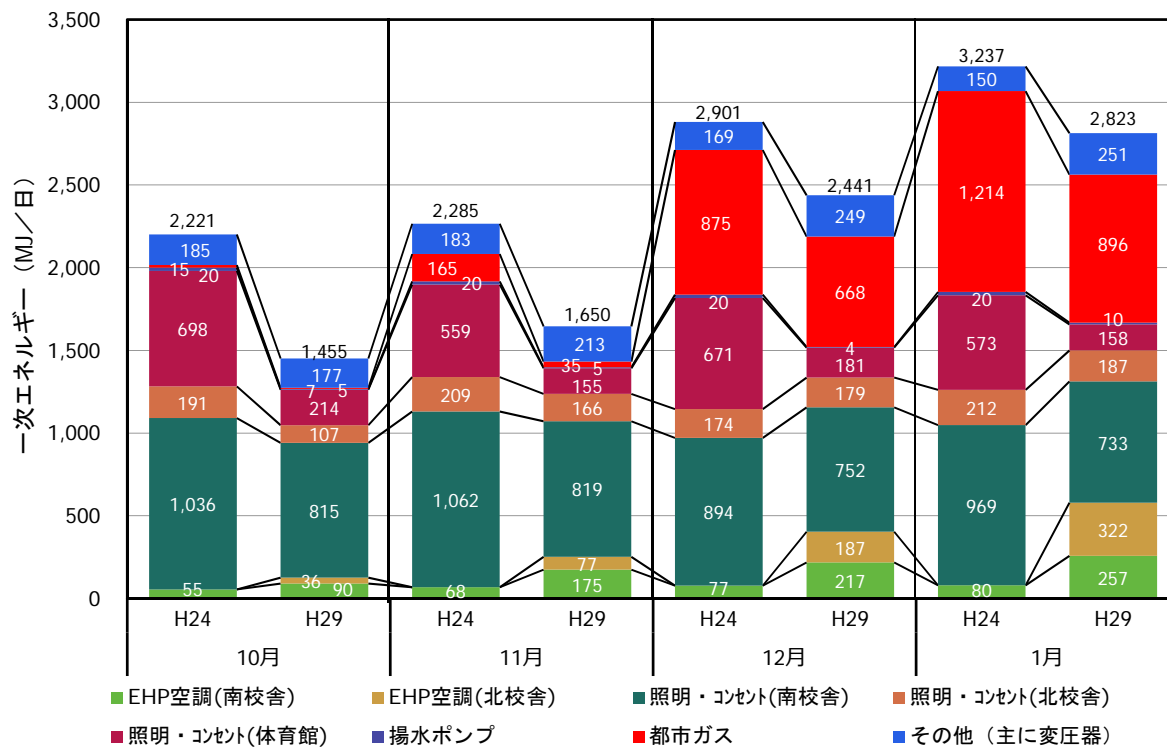


図6-3 エコ改修前後の日平均積算一次エネルギー消費量の比較

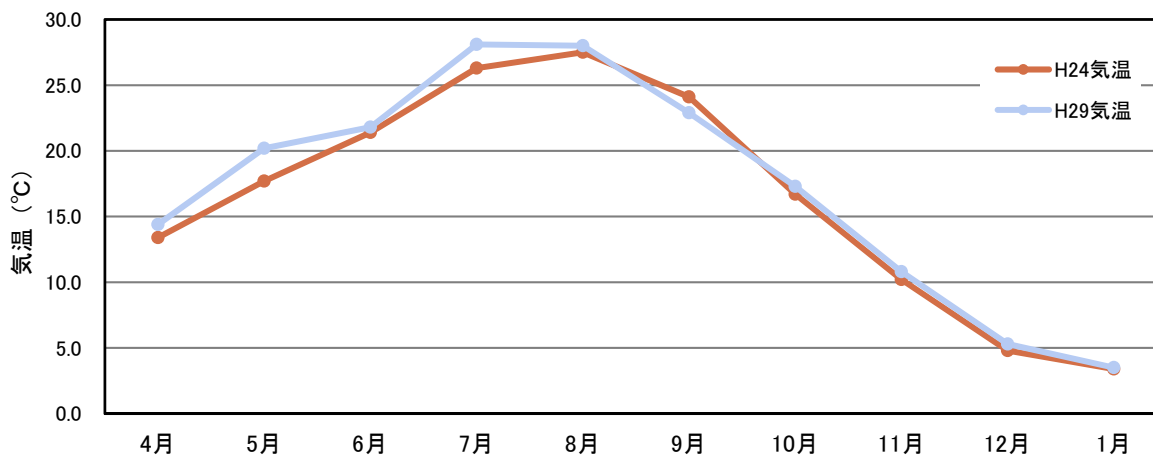


図6-4 エコ改修前後の月平均外気温比較 (AMeDAS)

空調用途の一次エネルギー消費量増加の要因

① ベース電力の増加

- ・図 6-2 より、EHP 空調（南校舎）と EHP 空調（北校舎）のベース電力がエコ改修前後で増加している増加していることが分かる。
- ・エコ改修による EHP 空調の増設に伴うベース電力の増加分を表 6-6 に示す。また、表 6-7 にエコ改修によって増設された EHP 空調及び空調対象室面積を示す。

表 6-6 エコ改修による EHP 空調のベース電力増加分と一次エネルギー消費量増加量

	10 月			11 月			12 月			1 月		
	H24	H29	増加分	H24	H29	増加分	H24	H29	増加分	H24	H29	増加分
EHP 空調（北校舎）(kW)	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.2	0.2	0	0.2	0.2
EHP 空調（南校舎）(kW)	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2
合計 (kW)	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.6	0.4	0.2	0.6	0.4
一次エネルギー消費量増加量 (MJ/日)			48			48			96			96

表 6-7 エコ改修前後の暖房用途に用いられる EHP 空調能力と空調対象室面積

教室名		改修前		改修後	
		室面積 (㎡)	暖房能力 (kW)	室面積 (㎡)	暖房能力 (kW)
北校舎	音楽室	107.4	—	107.4	32.0
	多目的室	127.6	—	141.0	25.0
	ECO ルーム	—	—	84.0	22.4
南校舎	図書室	100.8	—	100.8	25.0
	コンピュータ室	84.0	22.4	84.0	27.0
合計		419.8	22.4	517.2	131.4

※音楽室、多目的室、図書室にはエコ改修前は GHP 空調が導入されていた（表 3-3、表 3-4 参照）。

② 休日における北校舎の空調稼働による増加

- ・改修前は休日に音楽室や多目的室が使用されていなかったため、北校舎の空調稼働によるエネルギー消費はなかったと想定される。
- ・表 6-8 に、休日における日当たりの北校舎の空調稼働による一次エネルギー消費量を示す。

表 6-8 平成 29 年度の EHP 空調（北校舎）の一次エネルギー消費量

	10 月	11 月	12 月	1 月
月合計 (MJ/月)	1,107	2,313	5,783	9,970
休日合計 (MJ/月)	325	814	1,893	3,989
休日における日当たりの一次エネルギー消費量 (MJ/日)	10	27	61	129

- ③ ベース電力増加分と休日における EHP 空調（北校舎）分を除いた空調用途の一次エネルギー消費量
- ・エコ改修前後におけるベース電力増加分と、休日における EHP 空調（北校舎）分を除いた、暖房用途の一次エネルギー消費量は、暖房の稼働がない 10 月を除いてエコ改修によって削減されたことが分かる（月当たり 3%～9%）。

表 6-9 空調用途の一次エネルギー消費量

(MJ/日)

	10月		11月		12月		1月	
	H24	H29	H24	H29	H24	H29	H24	H29
EHP 空調（北校舎）	—	36	—	77	—	187	—	322
EHP 空調（南校舎）	55	90	68	175	77	217	80	257
都市ガス	15	7	165	35	875	668	1,214	896
合計	70	133	233	287	952	1,072	1,294	1,475
エコ改修前後の差	+63		+54		+120		+181	
ベース電力分と EHP 空調 （北校舎）の休日分を除外 したエコ改修前後の差	+5 削減率：-7%		-21 削減率：9%		-37 削減率：4%		-44 削減率：3%	

- ・エコ改修後の検針票データに基づき省エネ率¹⁴を算定し、創エネなしの場合を表 6-10、創エネありの場合を表 6-11 に示す。
- ・LED 照明への更新等によって、電力使用量が大きく削減されたことが分かる。
- ・GHP 空調から EHP 空調への更新や、断熱改修により、都市ガス使用量が大きく削減されたことが分かる。
- ・太陽光発電の導入により、買電量が減少したことから電力使用量が大きく削減されており、創エネの効果が高いことが分かる。

表 6-10 省エネ率にみるエコ改修の効果（創エネなし）

	電力使用量 (kWh)	都市ガス 消費量 (m ³)	一次エネルギー 消費量 (GJ)	省エネ率		
				電力	ガス	一次エネルギー
平成 25 年度	93,751	4,017	1,115	23.9%	52.0%	28.4%
平成 29 年度 (創エネなし)	71,347	1,930	798			

表 6-11 省エネ率にみるエコ改修の効果（創エネあり）

	電力使用量 (kWh)	都市ガス 消費量 (m ³)	一次エネルギー 消費量 (GJ)	省エネ率		
				電力	ガス	一次エネルギー
平成 25 年度	93,751	4,017	1,115	64.9%	52.0%	62.8%
平成 29 年度 (創エネあり)	32,886	1,930	415			

※電力使用量は買電量の値とする。

¹⁴ 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) エネルギー削減目標と削減実績の比較

- ・「平成 24 年度スーパーエコスクール実証事業報告書（生駒市教育委員会）」で定められた一次エネルギー削減目標と、平成 29 年度におけるエコ改修後の削減との比較を表 6-12 に示す。
- ・エネルギー削減目標の達成率は 149.5%であり、目標を大きく達成している。
- ・目標を大きく達成した要因としては、計画時（90kW）に比べ太陽光発電の設備規模を大きくした（103.1kW）ことに加え、4 章でも示したとおり実測発電量が予測発電電力量を上回ったことや、エコ改修、運用による省エネ効果の予想を実績が大きく上回ったことなどが挙げられる。

表 6-12 ゼロエネルギー化のためのエネルギー削減目標と平成 29 年度削減実績との比較¹⁵

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	880,000	1,222,830	発電量：122,651kWh/年 × 9.97MJ/kWh
エコ改修、運用による省エネ	照明電気の抑制 空調稼働率抑制等	150,000	317,283	全電気消費量（H25-H29）+ガス消費量（H25-H29） （93,751kWh/年-71,347kWh/年）× 9.97MJ/kWh +（4,017m ³ /年-1,930m ³ /年）× 45.0J/m ³
合計		1,030,000	1,540,113	
目標達成率			149.5%	

- ・表 6-13 に、平成 29 年度の太陽光発電によるエネルギー創出量と電力及びガスによるエネルギー消費量を示す。
- ・エネルギー創出量（1,222,830MJ）がエネルギー消費量（798,180MJ）を上回っており、ゼロエネルギー化の達成が確認できた。

表 6-13 平成 29 年度におけるエネルギー創出量と消費エネルギー量
（単位：MJ）

①太陽光発電によるエネルギー創出量	1,222,830
②電力による一次エネルギー消費量	711,330
③ガスによる一次エネルギー消費量	86,850
④創出量-消費量（①-(②+③)）	+424,651

¹⁵ 一次エネルギー換算係数は、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 2 月 24 日経済産業省令第 10 号）に基づき以下の数値を用いた。

- ・電力：9.97MJ/kWh
- ・都市ガス：45.0MJ/m³

(5) 普通教室への空調導入の検討

- ・5章の計測結果の数字から判断すると夏期における教室内の熱環境は良好とは言い難い。
- ・表 6-13 より、ゼロエネルギー化を達成した場合、424,651MJ/年の一次エネルギーが余剰となるのを利用し、南校舎普通教室及び特別支援学級への、空調 (EHP:冷房能力 10kW, 暖房能力 11.2kW) の導入を検討。
- ・南校舎普通教室及び特別支援学級に空調を導入し、夏期及び冬期に空調を稼働させても、ゼロエネルギー化は達成されると見込まれる。

表 6-14 空調設置教室および設置空調諸元

設置教室	南校舎 3 階 : 4 教室, 南校舎 2 階 : 4 教室 南校舎 1 階 : 1 教室
教室床面積 (㎡/室)	67.2
冷房能力 (kW)	10.0
冷房定格消費電力 (kW)	2.59
冷房中間消費電力 (kW)	0.75
冷房稼働条件	教室内温度 30℃以上
暖房能力 (kW)	11.2
暖房定格消費電力 (kW)	2.45
暖房中間消費電力 (kW)	0.79
暖房低温消費電力 (kW)	4.89
暖房稼働条件	11 月中旬～4 月中旬

※同床面積の保健室に設置されている空調と同規模の機器を選定
※消費電力はメーカーカタログ値

冷房稼働

① 平日

- ・全ての授業時間において連続稼働と想定し、定格運転を 2 時間、それ以降は中間運転とする。

表 6-15 冷房稼働による空調消費電力 (平日)

	1・2 階教室	3 階教室
教室数	5	4
30℃を超える日数 (日/年)	11	14
授業時間 (時間)	8	8
消費電力量 (kWh/年)	532.4	542.1

② 休日・長期休業期間

- ・吹奏楽部の部活動で、南校舎 3 階普通教室を 8.5 時間/日、2 室使用。
- ・毎週土曜日と、夏季休業期間 (5 日/週) に使用し、定格運転を 2 時間、それ以降は中間運転とする。

表 6-16 冷房稼働による空調消費電力 (休日)

	3 階教室
教室数	2
30℃を超える日数 (日/年)	36
使用時間 (時間)	8.5
消費電力量 (kWh/年)	724.0

③ 合計

532.4kW/年+542.1kW/年+724.0kW/年=1,798.5kW/年

暖房稼働

① 平日

- ・全ての授業時間において連続稼働と想定し、11月、12月、3月、4月は、定格運転を2時間、それ以降は中間運転とする。1月、2月は常時低温運転とする。

表 6-17 暖房稼働による空調消費電力（平日）

	定格+中間運転	低温運転
教室数	9	
年間稼働日数（日/年）	46	36
授業時間（時間）	8	
消費電力量（kWh/年）	3,991.0	12,674.9

② 休日・長期休業期間

- ・吹奏楽部の部活動で南校舎3階普通教室を8.5時間/日、2室使用。
- ・毎週土曜日と、年末年始を除いた冬期休業期間及び学期末休業期間（5日/週）に使用すると想定。11月、12月、3月、4月は、定格運転を2時間、それ以降は中間運転とし、1月、2月は常時低温運転とする。

表 6-18 暖房稼働による空調消費電力（休日）

	定格+中間運転	低温運転
教室数	2	
年間稼働日数（日/年）	24	10
使用時間（時間）	8.5	
消費電力量（kWh/年）	481.7	831.3

③ 合計

$3,991.0\text{kWh/年} + 12,674.9\text{kWh/年} + 481.7\text{kWh/年} + 831.3\text{kWh/年} = \underline{17,978.9\text{kWh/年}}$

年間稼働

$1798.5\text{kWh/年} + 17,978.9\text{kWh/年} = 19,777.4\text{kWh/年} = \underline{197,181\text{MJ/年}} < 424,651\text{MJ/年}$

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，同外気温）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 6-19 に示す。なお，暖房（ガスファンヒーター）を稼働させてから1時間30分後に測定を行った。
- ・エコ改修前の測定では，測定前に教室が使用されており，蓄熱されていたと想定されるが，エコ改修後の測定では，測定前に教室が使用されておらず蓄熱されていない状況であった。
- ・改修前に比べ室内気温は低い，外壁廻りの断熱化を行った腰壁は約3℃高くなっており，断熱改修（ペアガラス，外壁腰壁断熱，教室間仕切り廊下側壁断熱）の効果が出ていることが分かる。
- ・エコ改修前後で外気温は同様であるが，廊下の表面温度は大きな差（3～6℃）があることから，教室間仕切り廊下側壁断熱改修を行ったことによって，廊下への放熱が少なくなったことが分かる。
- ・図 6-5 に，暖房停止後の教室室温の経時変化を参考までに示す。

表 6-19 サーモカメラの測定条件

	改修前	改修後
撮影日	2012年12月25日（火）	2017年12月28日（木）
天候	薄曇り	薄曇り
教室名	南校舎3階普通教室	南校舎3階普通教室
外気温	6℃	6℃
室内温度	14.8℃	13.9℃

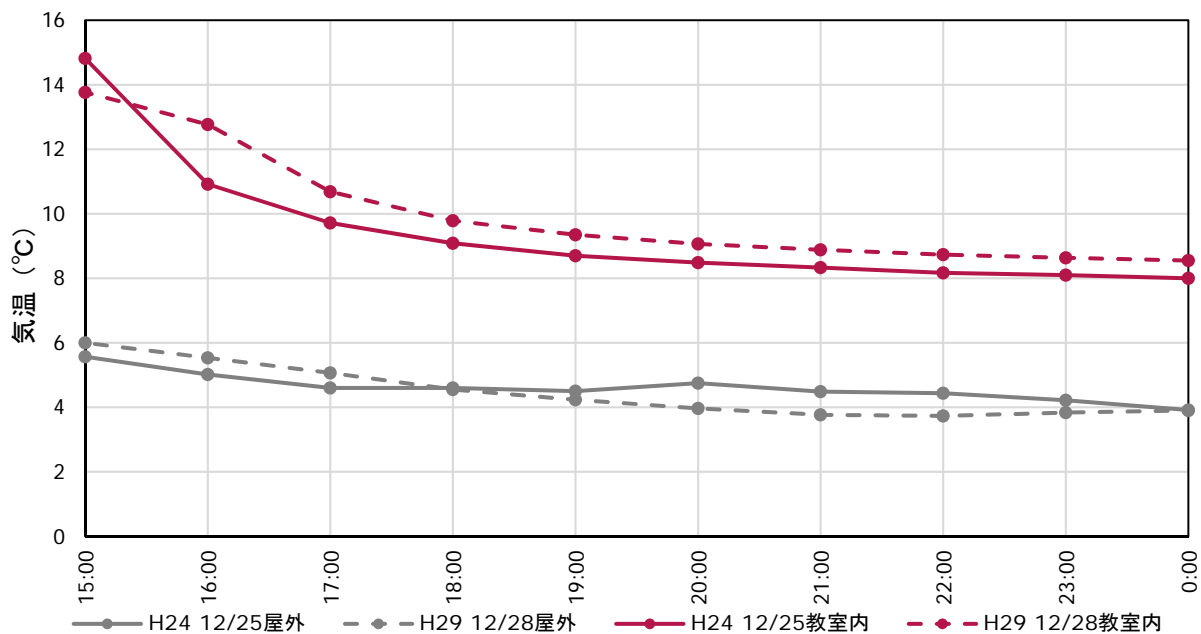


図 6-5 暖房停止後の教室室温の経時変化

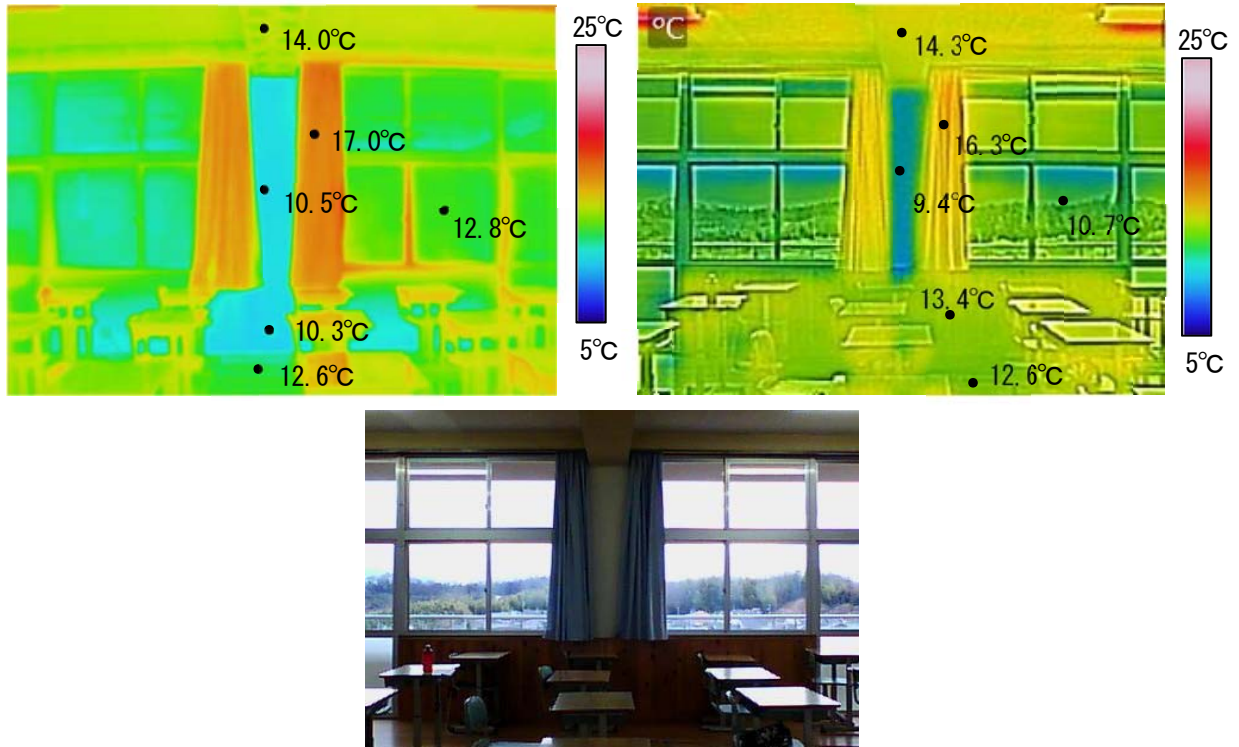


図 6-6 エコ改修前後の教室内の熱環境比較 (左 : エコ改修前, 右 : エコ改修後)

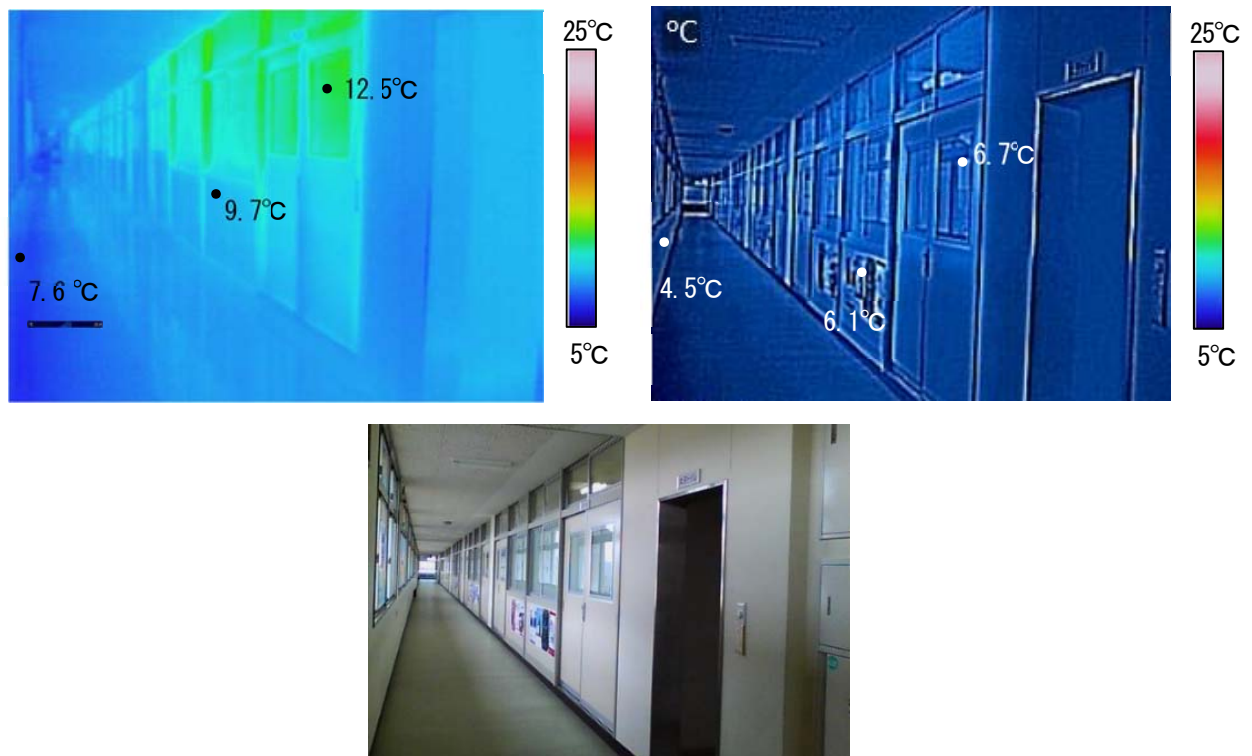


図 6-5 エコ改修前後の廊下の熱環境比較 (左 : エコ改修前, 右 : エコ改修後)

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、工事内容に基に算出したエコ改修後の年間 CO₂ 排出量、平成 29 年度の年間 CO₂ 排出量の実績値を比較したものを表 7-1、図 7-1 に示す。
- 実績値に比べ、F A S T による予測値は CO₂ 排出量が半分程度小さい。これは、F A S T では体育館やプール等が対象となっていないことや、休日が計算対象外となっていることが原因であると考えられる。
- 太陽光発電による CO₂ 排出削減量は、実績値の方が少ない。これは、4 章でも述べたように平成 29 年度の発電量が想定値よりも大きかったことによるものと考えられるが、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(H29)	エコ改修後(H29)実績	
CO ₂ 排出量[t-CO ₂ /年]				
暖房	11.3	6.6	都市ガス	5.1
冷房	0.4	0.3		
照明	7.4	5.5	電力	22.2
換気	1.3	1.3		
水道	1.9	1.1		
小計	22.3	14.8		29.3
太陽光発電(創エネ)		-32.7		-38.1
計	22.3	-17.9		-8.9
CO ₂ 削減量[t-CO ₂ /年]		40.2		31.2
CO ₂ 削減率(創エネなし)[%]		33.6		-31.3
CO ₂ 削減率(総エネあり)[%]		180.3		139.7

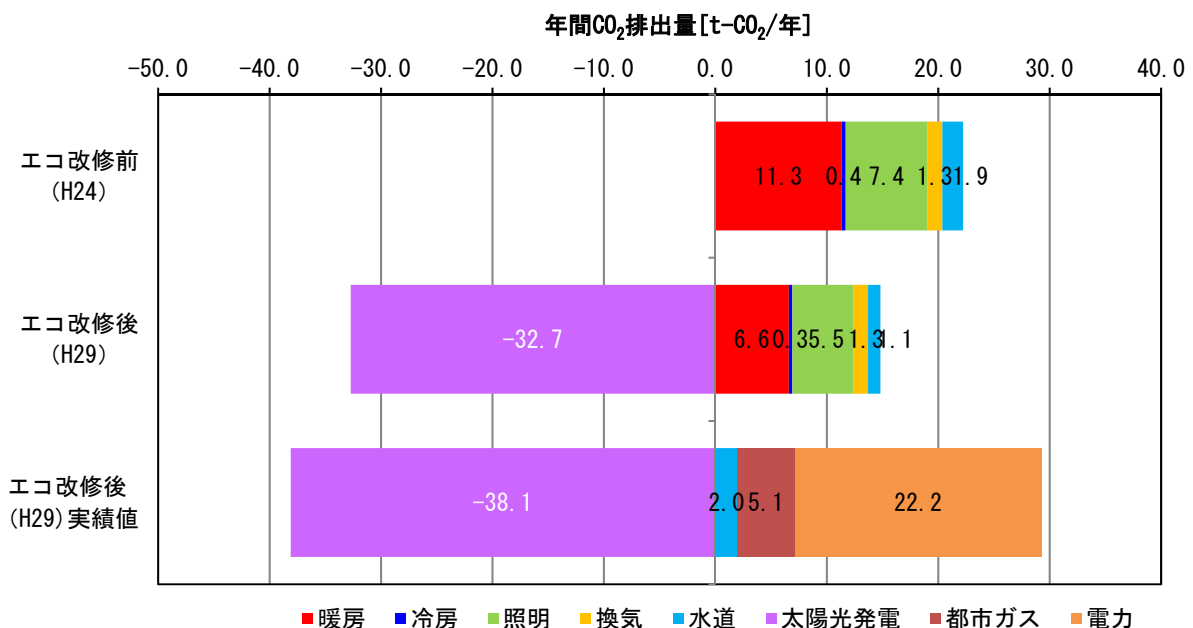


図 7-1 エコ改修前後の年間 CO₂ 排出量の比較

8. まとめ

8.1 エネルギー使用量の実態

①電力について

- ・年間の用途別の電力消費量は、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく、全体の50%以上を占める。
- ・夏期はプール水ろ過ポンプの常時稼働による電力消費量が多い（4,092kWh/月）。
- ・稼働率の高い部屋の照明をLED照明に更新した効果が多い（南校舎：約276kWh/月削減、体育館：約2,083kWh/月削減）。

②都市ガスについて

- ・GHP空調からEHP空調への更新により、夏期の空調稼働に伴う消費量が削減された（平成25年度7月：9.29 m³/日、平成29年度7月：0.06 m³/日）。
- ・エコ改修による断熱化効果（ペアガラス、外壁腰壁断熱、教室間仕切り廊下側壁断熱）が現れており、冬期の消費量も削減された（平成25年度1月：31.00 m³/日、平成29年度1月：19.90 m³/日）。
- ・平均外気温が9℃を下回ると、暖房（ガスファンヒーター）の稼働が顕著になる。

③一次エネルギーについて

- ・創エネと省エネの効果によって、エコ改修前と比べ一次エネルギー消費量が約63%削減された。
- ・年間で最も一次エネルギーの消費量が大きくなるのは7月（平成29年度：102,891MJ）であり、プール水ろ過ポンプの常時稼働による影響が大きいと考えられる。

8.2 教室内外環境の実態

①教室の温湿度について

- ・夏期の開校日昼間（8:00～16:00）において、冷房のない普通教室で室内温度が学校環境衛生基準¹⁶である30℃を超える時間があることを確認した（南校舎3階普通教室で25.4%）。

②教室の熱環境について

- ・サーモカメラを用いた測定の結果から、夏期（夏季休業期間中）の教室表面温度（32.6℃～34.7℃）は、外気温（32.0℃）より高いことを確認した。
- ・中間期は、空調を稼働させることなく、教室が学校環境衛生基準を満たす環境となっていることを確認した。
- ・冬期の暖房時は、廊下の表面温度（4.5℃～6.7℃）が教室内温度（13.9℃）よりも低く、外気温（6℃）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教室内の快適性評価について

- ・夏期の昼間における室内環境について、ヒアリング結果からは風通しが良いことなどから問題なく過ごせるとのことであったが、温度のみでなく温熱6要素を考慮した指標であるPMVによって評価を行ったところ、室内環境は必ずしも良好であるとは言えない可能性もある。例年並みの暑さにおける教室内温熱環境と異なる本調査の結果のみをもって今後の改善方策を検討することには議論もあるが、ナイトページの導入や空調設備の設置など、夏期の教室の熱環境について何らかの改善方策を今後検討することは有効であると考えられる。

¹⁶ 学校環境衛生基準では教室等の温度は、「10℃以上、30℃以下であることが望ましい。」とされている。（平成29年度現在）

なお、平成30年4月1日の学校環境衛生基準の改正により「17℃以上、28℃以下であることが望ましい。」とされた。

④ 教室の光環境について

- ・昼間の教室の照度値は500lxを超えており，学校環境衛生基準を満たしていることを確認した。
- ・室内灯は特別教室への移動時には消灯されており，生徒会主導によるエコ活動への取組が確実に実行されていることを確認した。

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（平成 25 年 3 月 生駒市教育委員会）」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149.5%であり，ゼロエネルギー化を達成している。
- ・年間エネルギー創出量が年間エネルギー消費量を上回っていることから，ゼロエネルギー化が達成されていることが分かる。
- ・ゼロエネルギー化が達成された主な要因としては，太陽光発電による発電量が想定より大きかったこと，学校が高台にあることで，夏期は風通しがよく冷房を必要としないことや，教室単位で断熱化したことで断熱効果が高まり，冬季は日射が入ることで教室が暖められやすくなり，暖房の使用が大幅に減ったこと，また，体育館の照明を水銀灯からLEDに更新したことが考えられる。

