

# 学校施設のエネルギー使用実態等調査 フォローアップ報告書

令和3年3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

はじめに .....	2
<b>1. 京都市立金閣小学校（平成 28 年度） .....</b>	<b>3</b>
1.1. 調査対象校の概要・改修内容 .....	3
1.2. 調査時のエネルギー使用状況概要 .....	8
1.3. ヒアリング .....	10
1.4. 委員による点検・考察・提案 .....	13
<b>2. 生駒市立鹿ノ台中学校（平成 29 年度） .....</b>	<b>15</b>
2.1. 調査対象校の概要・改修内容 .....	15
2.2. 調査時のエネルギー使用状況概要 .....	20
2.3. ヒアリング .....	22
2.4. 委員による点検・考察・提案 .....	24
<b>3. 矢吹町立矢吹小学校（平成 30 年度） .....</b>	<b>26</b>
3.1. 調査対象校の概要・改修内容 .....	26
3.2. 調査時のエネルギー使用状況概要 .....	31
3.3. ヒアリング .....	33
3.4. 委員による点検・考察・提案 .....	35
<b>4. 雫石町立雫石中学校（令和元年度） .....</b>	<b>37</b>
4.1. 調査対象校の概要・改修内容 .....	37
4.2. 調査時のエネルギー使用状況概要 .....	42
4.3. ヒアリング .....	45
4.4. 委員による点検・考察・提案 .....	48
<b>5. 環境に配慮した学校施設整備推進に向けて（調査研究を終えて 委員による考察・提案）</b>	<b>50</b>
<b>6. 参考 .....</b>	<b>55</b>

## はじめに

近年、温室効果ガス排出量の削減が全世界的な課題となっており、学校施設においても環境負荷低減のための取組が求められています。学校施設は、次世代を担う子供たちが一日の大半を過ごす学習や生活の場であることから、環境対策の推進に当たっては、適切な教室内環境の確保と省エネルギー・省資源対策の両面から取り組む必要があります。

文部科学省と国土交通省において、平成 24 年 5 月に報告書「学校ゼロエネルギー化に向けて」（学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会）を取りまとめ、学校施設のエネルギー消費量を減らす「省エネ」と、太陽光発電等を利用した「創エネ」等の技術を組み合わせて、年間のエネルギー消費量を実質ゼロとする考え方を整理しました。

文部科学省では平成 24 年度から、この学校ゼロエネルギー化に向けた取組を推進するため、既存校舎等のゼロエネルギー化を目指す基本計画、基本・実施設計、工事までの支援を行う「スーパーエコスクール実証事業」を実施し、その成果を全国へ向けて発信・普及するためのモデル校として平成 24 年度から 26 年度で 7 校（うち 4 校が改修）が選定されました。

国立教育政策研究所文教施設研究センターでは、「学校施設の環境に関する基礎的調査研究（主査：小峯裕己 千葉工業大学創造工学部建築学科教授）」において、今後の学校施設整備に係る環境に関する文教施設施策に資することを目的として、ゼロエネルギー化を目指すスーパーエコスクール実証事業を行う学校施設の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データを収集し、改修内容や運用状況とエネルギー使用量等の相関性の分析を行いました。

平成 28 年度には京都市立金閣小学校、平成 29 年度には生駒市立鹿ノ台中学校、平成 30 年度には矢吹町立矢吹小学校、令和元年度には雫石町立雫石中学校を対象として調査を行い、それぞれ報告書を公表しました。

環境に配慮した学校施設整備は、改修時点で取り組みが終了するのではなく、省エネルギー対策を行いながら施設が運用され続けることが大切です。本調査では、これまで調査を行った金閣小学校、鹿ノ台中学校、矢吹小学校、雫石中学校に対して、改修後や調査後の状況と比較して、現状のエネルギーの使用状況やエコスクールを運営するにあたっての課題、今後に対する方針等について、各校関係者にヒアリングを行いました。

本書は、各校ごとに各校の概要・改修内容、調査時のエネルギー使用状況概要、ヒアリング結果、及び現状や課題を踏まえた今後の望ましい姿や改善策等についての委員の見解を示しており、加えて後半部分では、今後の環境に配慮した学校施設づくり全般に対する委員の見解を掲載しておりますので、今後の参考にご活用ください。

今後の既存校舎のエコ改修事業等に本報告書が活用され、適切な教室内環境が確保されるとともに、学校の省エネルギー・省資源対策がより一層進展していくことを期待しています。

# 1. 京都市立金閣小学校（平成 28 年度）

## 1.1. 調査対象校の概要・改修内容

調査対象校（以下、対象校という。）の概要を表 1-1、校舎配置図を図 1-1、教室配置図を図 1-2、写真を図 1-3 に示す。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 28 年 5 月時点）

所在地	京都府京都市北区平野上柳町 61-1	
敷地面積	5,137 m <sup>2</sup>	
校舎面積	南校舎：1,208 m <sup>2</sup> 北校舎：2,635 m <sup>2</sup> 東校舎：615 m <sup>2</sup> 合計：4,458 m <sup>2</sup>	
校舎構造, 階数	南校舎：RC 造り, 2 階, S39 年築 北校舎：RC 造り, 3 階, S47 年築 東校舎：RC 造り, 2 階, S50 年築	
エコ改修概要 (平成 26 年度)	太陽光発電設備の設置 <sup>1</sup> トイレ LED 照明 (人感センサー付) (北校舎 1・2 階, 南校舎 2 階, 東校舎 1 階) 昇降口 LED 照明 屋上断熱 複層ガラスによる断熱 (各室の外部窓) 外壁側腰壁の内断熱 (普通教室・職員室・保健室・コンピュータ室)	暖房便座 (北校舎 1・2 階, 南校舎 2 階) 温水便座 (東校舎 1 階) 空調 (理科室・音楽室・家庭科室・校長室) 通風換気促進装置 (北校舎階段) 水道直結型ドライミスト <sup>2</sup> (東渡り廊下) ライトシェルフ (北校舎・南校舎) 等
校舎形状	L 字型, 並行配置	
教室窓方位	南校舎・北校舎：南側 東校舎：東側	
体育館面積	455 m <sup>2</sup>	
学級数	普通：17 学級 (17 教室) 特別支援：4 学級 (3 教室)	
児童数	463 人	
職員数	常勤 39 人, 非常勤 8 人	
給食方式	自校方式	
稼働状況	年間開校日数：208 日 (夏季休業期間 (7/26～8/23)：29 日, 冬季休業期間 (12/23～1/9)：18 日, 学期末休業期間 (3/25～4/6)：13 日, 土日祝：97 日) 勤務時間：職員 7:00～20:30 (時間外含む) 授業時間：児童 8:00～16:30 (冬期は 16:00) 年間授業時間：1,768 時間/年 (208 日/年×8.5h/日)	

<sup>1</sup> 太陽光発電設備の仕様等

設置場所	北・南・東校舎屋上・東校舎南面	西渡り廊下屋根
メーカー	京セラ株式会社	元旦ビューティ工業株式会社
種類	多結晶シリコン太陽電池	単結晶シリコン太陽電池
公称最大出力	215W	245W
最大発電量	94.17kW (215W×438 枚)	2.45kW (245W×10 枚)
モジュール変換効率	14.48%	14.80%
稼働開始日	平成 27 年 10 月 21 日	平成 27 年 10 月 21 日

※蓄電池は未設置

<sup>2</sup> 水道直結型ドライミストは、水道の圧力で水を噴霧する装置であり、高圧ポンプ等を用いる一般的なドライミストとは異なる。一般的にドライミストとは、高圧ポンプ等を用いて水を微細な霧の状態にして噴射し、蒸発する際の気化熱の吸収を利用して主に地上の局所を冷却する装置のこと。水の粒子が極めて小さいため素早く蒸発し、肌や服がぬれることもない。なお、幾つかの企業により商標登録されている。

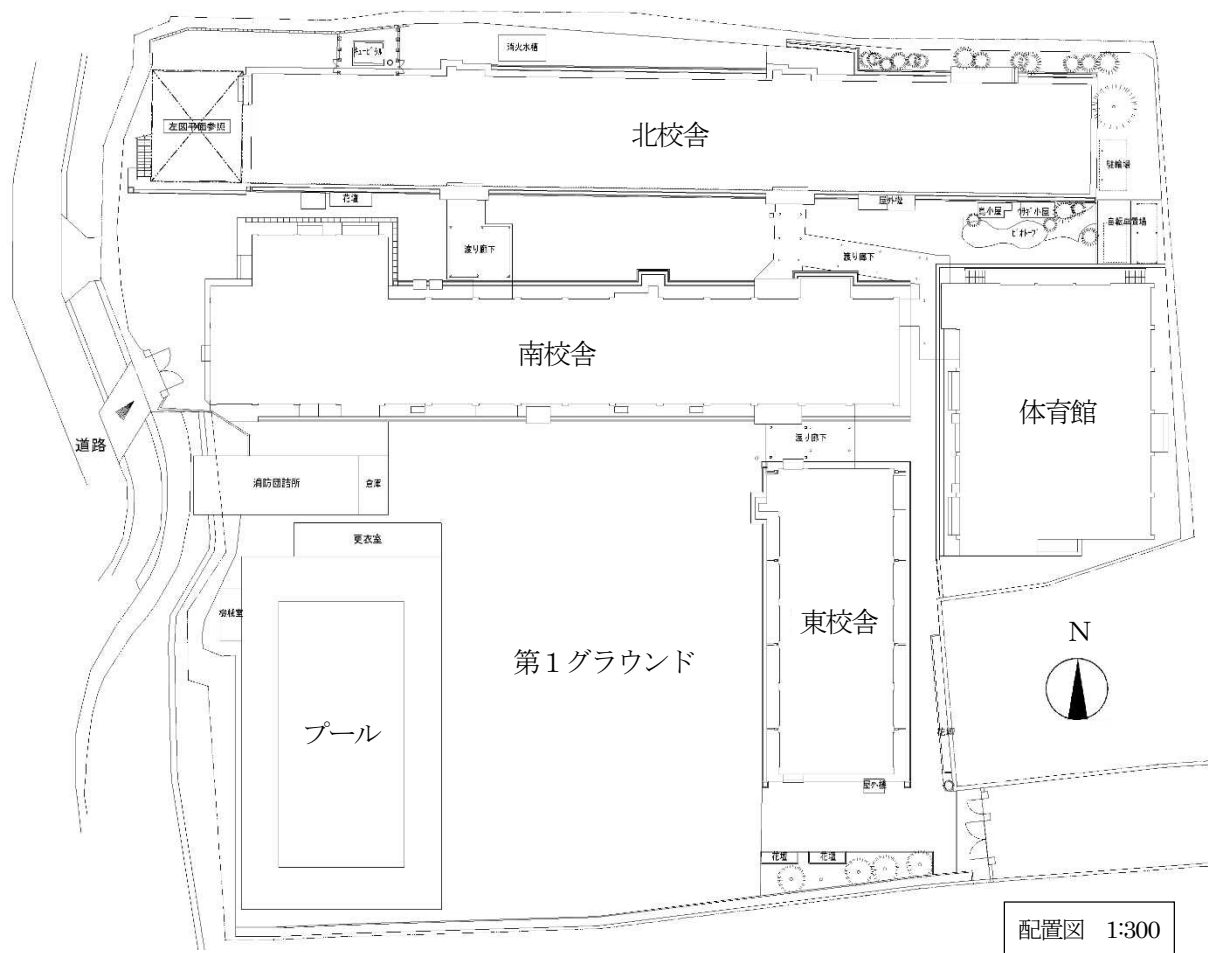


図 1-1 対象校の校舎配置図 (平成 28 年度)

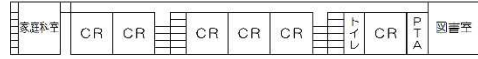
平成28年度（エコ改修後）



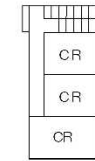
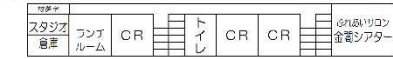
北校舎3階



北校舎2階



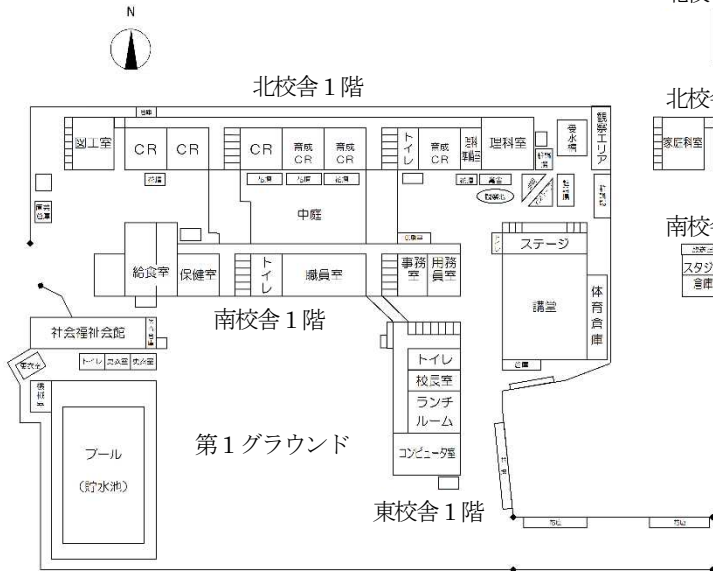
南校舎2階



東校舎2階

南校舎1階に昇降口を新設。それに伴い、北校舎1階の事務室及び用務員室を東校舎1階へ、東校舎1階のランチルームを南校舎2階へ移設。

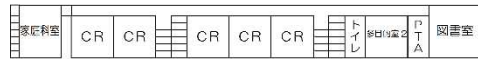
平成24年度（エコ改修前）



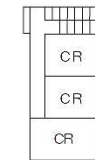
北校舎3階



北校舎2階



南校舎2階



東校舎2階

図1-2 対象校の教室配置図（上：平成28年度，下：平成24年度）



図 1-3 対象校の写真



出典：国土地理院地図

図 1-4 対象校の周辺地形図（対象校は、金閣寺の南に位置し、西には衣笠山，東には紙屋川が流れ、自然に恵まれた地域に位置する。）



## 1.2. 調査時のエネルギー使用状況概要

### ○エネルギー消費量の実態

- ・電力消費量は用途別では、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく全体の約8割を占め、次にEHP空調であった。また、太陽光発電による創エネ効果が非常に高く、年間発電量は全電気使用量を上回っており、買電量はエコ改修前の約6割となった。
- ・都市ガス消費量のピークは、夏季休業期間（8月）を挟む7月、9月の冷房期間と、1月から2月の暖房期間であった。年度によりガス消費量が大きく異なっていたが、夏期と冬期の外気温が年度により大きく異なることによる、GHP空調負荷の差によるものと考えられる。また、各校舎における、1教室当たりのGHP空調の都市ガス消費量にそれほど差がないことから、設定温度等、空調の運用ルールに即して、適切に運用されていると考えられる。
- ・一次エネルギー消費量は用途別では、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく全体の約6割を占め、次にGHP空調（ガス）であった。（図1-6参照）

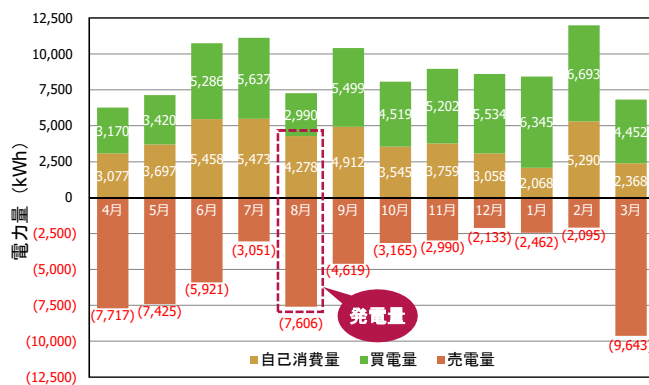


図1-5 買電量・売電量・自己消費量の比較

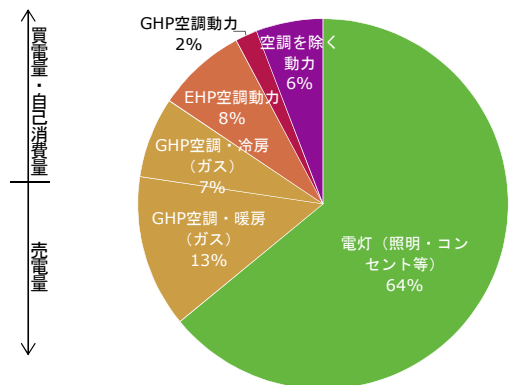


図1-6 用途別一次エネルギー消費量の割合

### ○教室内外環境の実態

- ・エコ改修後の教室の表面温度は、エコ改修前に比べ全体的に空調の設定温度に近い温度になっており、暖房時は教室全体が均一的に暖められている。（図1-7参照）

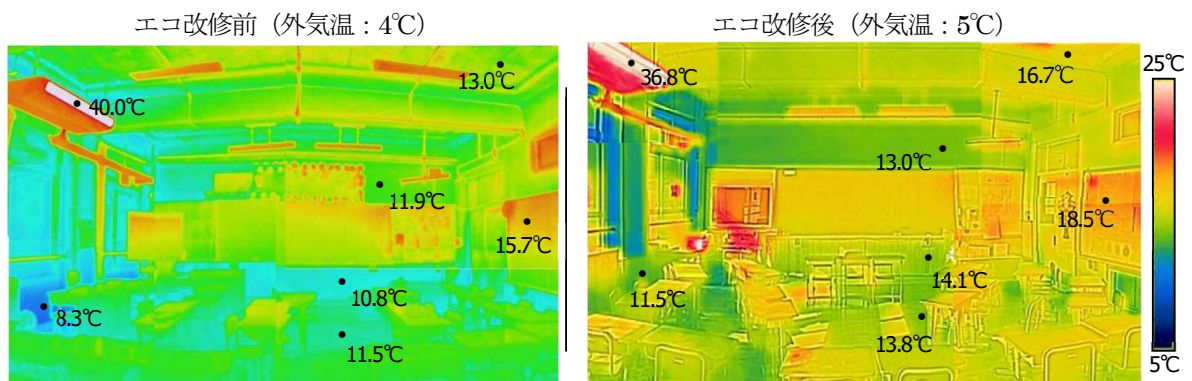


図1-7 エコ改修前後の教室内（設定温度18°C）暖房稼働1時間30分後の熱環境比較（12月）

- ・教室平面の光環境は良好であり十分な照度であったが、黒板立面の照度は、雨天時に教室平面と比べ照度が十分でなかった。

### ○エコ改修による効果等

- ・GHP空調やEHP空調を増設したにもかかわらず、電力使用量はそれほど増えておらず、また、都市ガス消費量に至っては大幅に削減されており、エコ改修（屋上断熱、複層ガラス、外壁側腰壁内断熱）

による効果と考えられる。

- ・エコ改修前の一次エネルギー消費量1,922GJ [431MJ/㎡・年] に対して、エコ改修後の一次エネルギー消費量1,398GJ [314MJ/㎡・年] で、省エネ率は27.3%であった。(表1-2参照)
- ・「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 京都市教育委員会)」で定めた、エネルギー削減目標とCO2削減目標をエコ改修後の削減実績と比較すると、ゼロエネルギー化の目標達成率は83.2%、CO2削減率は283.3%であった。(表1-4参照)

表1-2 省エネ率にみるエコ改修の効果

	電力使用量	都市ガス消費量	一次エネルギー消費量	省エネ率		
				電力	ガス	一次エネルギー
平成24年度	103,744 kWh	19,729 m <sup>3</sup>	1,922 GJ	43.4 %	8.6 %	27.3 %
平成28年度 (創エネあり)	58,747 kWh	18,040 m <sup>3</sup>	1,398 GJ			

※電力使用量は買電量の値とする。

表1-3 改修前後の1次エネルギー削減量

	目標値 (エコ改修前)	実績値 (エコ改修後)	達成率
一次エネルギー削減量	1,336 GJ	1,111 GJ	83.2 %

※上記値には、売電量を含む発電量の換算値を一次エネルギー削減量(電力分)とする。

表1-4 改修前後のCO<sub>2</sub>削減量

	目標値 (エコ改修前)	実績値 (エコ改修後)	達成率
CO <sub>2</sub> 削減量	35.4 t-CO <sub>2</sub> /年	100.3 t-CO <sub>2</sub> /年	283.3 %

※上記値には、売電量を含む発電量の換算値をCO<sub>2</sub>削減量(電力分)とする。

### 1.3. ヒアリング

#### 1. 令和元年度のエネルギー使用状況（電力・ガス・灯油それぞれ月別）及び創エネルギー量（月別）

表 1-5 一次エネルギー使用状況，太陽光発電状況

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
令和元年度	電気（買電量）(kw)	3,128	5,458	7,506	3,529	4,696	5,379	5,020	5,971	6,293	5,009	2,845	1,999	56,833
	ガス (m <sup>3</sup> )	662	684	1,024	2,064	720	2,520	1,113	829	2,098	2,594	2,563	1,191	18,062
	灯油 (ℓ)	なし												
	太陽光（売電量）(kw)	7,401	8,340	4,263	2,921	7,091	4,233	3,075	3,298	1,605	1,982	2,252	6,486	52,947
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
平成28年度	電気（買電量）(kw)	3,170	3,420	5,286	5,637	2,990	5,499	4,519	5,202	5,534	6,345	6,693	4,452	58,747
	ガス (m <sup>3</sup> )	529	641	948	2,225	792	1,984	632	760	1,620	2,662	3,132	2,115	18,040
	灯油 (ℓ)	なし												
	太陽光（売電量）(kw)	7,717	7,425	5,921	3,051	7,606	4,619	3,165	2,990	2,133	2,462	2,095	9,643	58,827

#### 2. エコスクールの推進体制

表 1-6 エコスクールの推進体制

エコスクール推進の体制		学校施設整備を担当する部署における 建築専門職の有無	教育委員会の運用開始後の 学校との関わり方
整備	運用		
教育委員会	学校長 (校長、教頭を中心に学校全体で取り組んでいる)	なし (検討段階（基本計画・設計）では建築部局と一緒に中身を詰めている。また、運用開始後の不具合や今後の改善点等については建築部局に相談している。)	活動は学校に任せているが、学校において何かあったときは教育委員会に連絡してもらう。

#### 3. 当時の報告書にある「今後の課題」や「見直し」に関する現状

※それぞれ冒頭部分は報告書からの転記。

##### (1) 方針

「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 京都市教育委員会）」を基本に，一次エネルギー消費量が大きい照明・コンセント等（電力）と空調（ガス）を中心に省エネ活動を行い，ゼロエネルギー化を目指すことが望ましい。

##### (回答)

これまでから実施している照明・コンセント等（電力）を中心とした省エネ活動について，引き続き校内で推進していく。

##### (2) エネルギー消費量の削減

###### 照明（電力）

・全電力使用量の約 8 割を占める電灯（照明・コンセント等）のエネルギー消費量の削減を中心に行うことが考えられる。特別教室や体育等の移動時は，教室の照明の消灯を徹底することや，晴天時など窓側の照度が十分に確保されているときは，照明の区画点灯をルール化することで，消費電力の削減に有効である。

##### (回答)

特別教室や体育等の移動時は，教室の照明の消灯を徹底することや，使用頻度の低い電気器具のコンセントは抜いておくなど，教職員や児童それぞれがこまめな活用を心掛けている。

###### 空調（ガス）

・北校舎と南校舎を連絡する渡り廊下に，ユーザビリティが低下しない区画ドア・間仕切りを設置することで，校舎への外気の流入が削減され，空調負荷の削減に有効である。また，空調稼働時は，教室の扉を閉めることを徹底することも有効である。

・「教室等の環境に係る学校環境衛生基準」を満たしつつ、空調の運用の工夫等省エネ活動をルール化することが有効である。なお、これまで環境教育として、全校的なエネルギー学習や省エネ活動は実施されていない。  
・北校舎1階に防犯上に配慮した給気口（ガラリ等）を設置し、日較差の大きい盆地地形の特性を利用した、夏の通風換気促進装置の活用が有効である。

(回答)

- ・北校舎と南校舎を連絡する渡り廊下に区画ドアの設置を検討したが、一度に多くの生徒が出入りするため、ユーザリビティが低下しないことが難しく、設置できていない。
- ・空調の運用については、児童の健康状態を最優先に、最大限工夫を行っている。
- ・夏の通風換気促進装置の活用（給気口の設置）については、防犯上の観点、費用対効果の面から最適な方法が現在のところ見つかっておらず、実施には至っていない。

(令和2年度の取組み)

今年度はコロナ対策のため常に換気をしながらエアコンをつけているが、各教室に扇風機を設置したため、コロナウイルスの影響がおさまった後でも、エアコンと扇風機の併用により、より効果的な空調の運用が見込まれる。

### (3) 教室内外の環境改善

・雨天時に黒板立面の照度が学校環境衛生基準を下回る箇所があることから、黒板灯を高輝度なものに取り替えることが望ましい。

(回答)

令和2年度に黒板灯を改修した。

## 4. エコ改修に関して、計画していたが実現できなかったことがある場合はその内容と理由

(回答)

屋上緑化を実現したいという思いがあったが、屋上に太陽光発電の設置が必要であったことや、防水の事後メンテナンスの点なども考慮し、計画を見送ることとなった。<sup>3</sup>

## 5. 設計時及び調査時点（平成28年度）から施設・設備面や運用面で変わったことがあればその内容と理由

(回答)

現在（令和2年度）、体育館の防災機能強化型リニューアル工事を実施中であるが、その中で、既設の太陽光発電を活用した15kWhの蓄電機能を体育館に備える予定である。そのことにより、学校施設全体としての災害時の避難所機能を強化させる。

## 6. これまでの取組の総括・感想

(回答)

- ・太陽光発電は想定以上に発電できており、創エネルギー量は大きいと感じている。
- ・渡り廊下への太陽光発電設置やジャロジー式の風力発電設置など、再生可能エネルギーの「見える化」により、日常的に児童がエコを感じることができる環境となっており、その意味でも改修効果は高かったと考えている。
- ・本市学校の電気代はデマンド料金制を採用しているが、天気の悪い日（発電量が少ない日）の電気使用量が基準になってしまう傾向にあり、結果として料金が実態より割高になっている。

## 7. 今後の取組み予定

<sup>3</sup> 回答のほか、当時計画していたが実現できなかったものを整理しており、6.参考に掲載。(p.55)

(回答)

教室の照明については、エコ改修に先立ち平成24年度にHf器具へ更新したが、将来的にはLED照明への更新を行い、建物全体のメンテナンスサイクルを確立させていくとともに、さらなる省エネ化を図っていきたい。

#### 1.4. 委員による点検・考察・提案

##### 【総論】

- ・公益財団法人 ニッセイ緑の財団「学校の森のフォーラム」メンバー登録、文部科学省「スーパーエコスクール実証事業」、国土交通省「学校施設の長寿命化事業推進」の指定を受ける等、環境教育に熱心に取り組んでいる小学校である。
- ・費用対効果の観点から竣工年度が古く躯体を大きく改修することが難しい校舎等に対するエコ改修については疑義があったが、エネルギー使用量に関する実績値に基づけば、エコ改修後も長期に亘って改修直後の値に近い状況である事から、全般的には改修の効果が認められると判断する。
- ・導入された内容に対して、良く取り組まれている。今後も継続した取り組みを期待したい。市街化された地域の既存校舎であっても、基本的な対策と太陽光発電による創エネで効果的な対策を行えることを示している。

##### (1) エコ改修計画について

- ・家庭科室に太陽熱温水器が設置され、手洗い場で温水がでる設備が導入されている点は太陽光発電一辺倒ではなく、評価したい。
- ・京都市公共建築部や京都市教育委員会はエコ改修の経験が豊富であり、金閣小学校の改修工事では、学校関係者（教員、児童、保護者等）に意見を聞き、設計事務所との調整を行っていたことは評価できる。
- ・太陽光発電パネル設置による創エネ効果は極めて大きいですが、校舎の熱的性能に関わる改修内容が上手く機能していないと思われる。特に、計画段階で暖冷房区画を確立する事が困難であると想定していたことから、断熱区画を校舎全体を一区画とするか、教室毎に区画を確立するか、明確な方針が打ち出せると、暖冷房用エネルギー消費の削減が可能になるのではないかと。
- ・竣工年度が古く躯体を大きく改修することが難しく、校舎配置の観点からもエコ改修の費用対効果が大きく望めない学校施設は、改築を前提として検討するという判断もあると考える。
- ・改修工事費用の多くを太陽光発電パネル設置に費やしており、スーパーエコスクールの一つの在り方であるが、一方で、全体のバランスを考えた内容でエコ改修を行えることが望ましく、今後の課題である。

##### (2) 電力について

- ・エコ改修後 5 年経過後における電力量の実績から判断すると、売電量（創エネ）よりも買電量が 3,886 k W/年上回った程度で有り、太陽光発電導入の意義は十分あったと考える。
- ・エコ改修により特別教室や管理諸室へ EHP を導入しているが、8 月における平成 28 年度の買電量が 2,990kW に対して、令和元年度は 4,696 k W と大幅に増加している。夏休み期間中であり、管理諸室における冷房用電力消費が影響したと思われるため、児童とともに、教職員もより高く節電への意識向上を目指せるとよい。
- ・1 月と 2 月における買電量は、各々、平成 28 年度の 6,345kW, 6,693kW に対して、令和元年度が 5,009kW, 2,845kW と大幅に抑えられている。その時期の省エネ行動を記録に残し、継続して実践するとよい。
- ・全電力使用量の約 8 割を占める電灯（照明・コンセント等）のエネルギー消費量の削減のために、使用しない時間帯における教室の照明の消灯等の省エネ活動を、教職員はもとより児童に対しても促している点は、運用面での取り組みとして効果的である。環境意識の醸成につながり教育的効果もある。
- ・詳細に電力量を計測するため、キュービクルの中の電力計の、計測器のレンジの程度をよく確認して使用することが望ましい。

##### (3) 空気環境（空調・通風・温熱環境など）について

- ・GHP 空調や EHP 空調を増設したにもかかわらず、平成 21 年度から平成 28 年度の間、エコ改修前後においてもガス消費量は殆ど変化しておらず、エコ改修後 5 年経過後である令和元年度におけるガス消費量もほぼ同値であることから、暖房負荷低減のために行った、屋上断熱、複層ガラス化、腰壁の断熱化などのエコ改修の効果があったと考えられる。

- ・分棟型の校舎配置であることから、北校舎と南校舎を繋ぐ渡り廊下に、区画扉が設置できるとよいが、建物間の移動が多いために設置が困難であることは理解できる。外気を防ぐ為に、外部に面する建具とは別に、区画用の扉を設けることについては位置の検討も難しいのだと感じる。半自動（開は手で行うが、閉は扉の装置で閉まるもの）もあるが、学校で使うには耐久性の問題があるため難しく、課題である。
- ・教室前の廊下は窓がある屋内空間であるが、改修前は、各教室前に下足入れが設置されており、運用上では屋外として使われていた。このため、断熱改修は困難な部分が多かったものと推察しているが、校舎内の冷暖房区画に配慮し、廊下や出入口の適切な位置に扉を設置できると適切な温熱環境を保つのに効果的である。
- ・通風換気促進装置、水道直結型ドライミストは環境教育などの面で一定程度設置は認められるが、環境改善効果（室内や屋外中庭等の温熱環境の改善）は少ない結果となっている。環境改善効果を得るためには、通風換気促進装置を設置した窓の位置の工夫や開口面積を増やす（1階に外気を導入する適切な開口を設置する）、窓の制御方式を最適化するなどがあげられる。これらの設備を導入する場合は、環境教育の取り組み内容と照らし合わせて、校舎がどのように環境改善できるのか科学的根拠に基づいて計画できることが望ましい。
- ・夏季の通風換気促進装置の活用は防犯上の配慮を含めて検討することが重要であり、防犯面を阻害せず実践できるナイトパーズの方法について、設計者・専門家にも相談の上、積極的に導入を検討頂けると良い。
- ・ライトシェルフは、直達日射の教室内への入射防止に役立っていると思われるが、それによる冷房負荷低減の効果と併せて、教室の暗さを招き、照明用電力消費の増加を促すことになっていないか注意が必要である。
- ・ヒアリング結果に記載の令和2年度の各教室への扇風機設置は優れた工夫である。エアコンと扇風機とを併用することで、快適性と省エネルギーをバランスさせる意図が明快であり、現場の先生方の積極的な取り組みを評価したい。

#### （４）太陽光発電について

- ・京都市の条例により最適角度と異なる角度で屋上に設置された太陽光発電パネルであるが、メーカーによる予測値を上回る実績値を得ることが出来ており、極めて大きな創エネ効果があると判断する。
- ・既設の太陽光発電を活用した15kWhの蓄電機能を体育館に備える計画は、地域の防災機能強化への貢献も期待できる。

#### （５）その他

- ・ジャロジー式の風力発電設置については、環境教育のモニュメントとして活用する意義は感じるが、費用の面からは学校への設置効果は小さいと考えられるため、導入に当たっては検討が望まれる。
- ・全校的なエネルギー学習や省エネ活動は実施されていないとのことであるので、学校全体を教材として、積極的に環境学習や省エネ活動に活用することを、また、「教室等の環境に係る学校環境衛生基準<sup>4</sup>」を満たしつつ、継続的な省エネ活動を行うことに期待したい。
- ・冬季の温熱環境が改善されている。エコ改修の前後で児童の健康に対する影響がどの程度変化したのかがわかると良い。「環境を考慮した学校施設づくり事例集—継続的に活用するためのヒント—（令和2年3月 文部科学省）<sup>5</sup>」コラム4伊予市立翠小学校のデータのように、体調不良率について変化などがあったのかデータがあるとわかりやすい。

<sup>4</sup> 学校環境衛生基準 第1 教室等の環境に係る学校環境衛生基準

[https://www.mext.go.jp/content/20201211-mxt\\_kenshoku-100000613\\_02.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20201211-mxt_kenshoku-100000613_02.pdf)

<sup>5</sup> 環境を考慮した学校施設づくり事例集—継続的に活用するためのヒント—（令和2年3月 文部科学省）

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shisetu/044/toushin/1421996\\_00001.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/044/toushin/1421996_00001.htm)

## 2. 生駒市立鹿ノ台中学校（平成29年度）

### 2.1. 調査対象校の概要・改修内容

調査対象校（以下、対象校という。）の概要を

表2-1、対象校配置図を図2-1、教室配置図を図2-2、写真を図2-3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2-4に示す。

表2-1 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 <sup>2</sup>		
校舎面積	南校舎：2,423.8 m <sup>2</sup> 北校舎：2,245.6 m <sup>2</sup> 合計：4,669.4 m <sup>2</sup>		
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） 南校舎（S56年築）	体育館（S56年築）	II期工事（H27年度） 北校舎（S56年築）
延べ床面積	2,423.8 m <sup>2</sup>	1,010.0 m <sup>2</sup>	2,245.6 m <sup>2</sup>
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 <sup>6</sup> （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）		

#### 6 太陽光発電仕様

	メーカー	種類	公称最大出力	最大発電量 (kW)	モジュール	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)	14.48	平成27年 8月末

※蓄電池は未設置



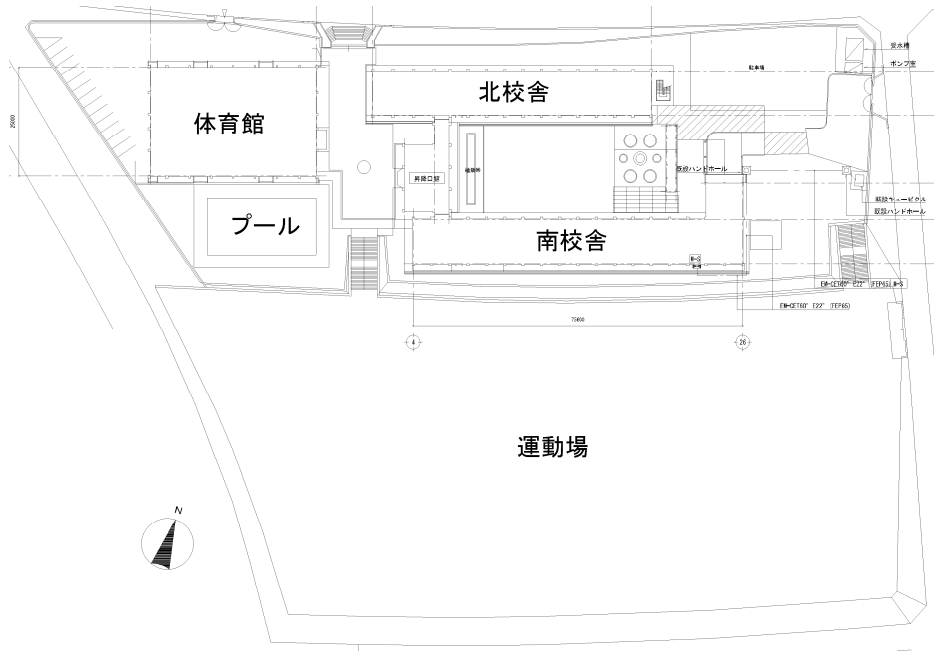
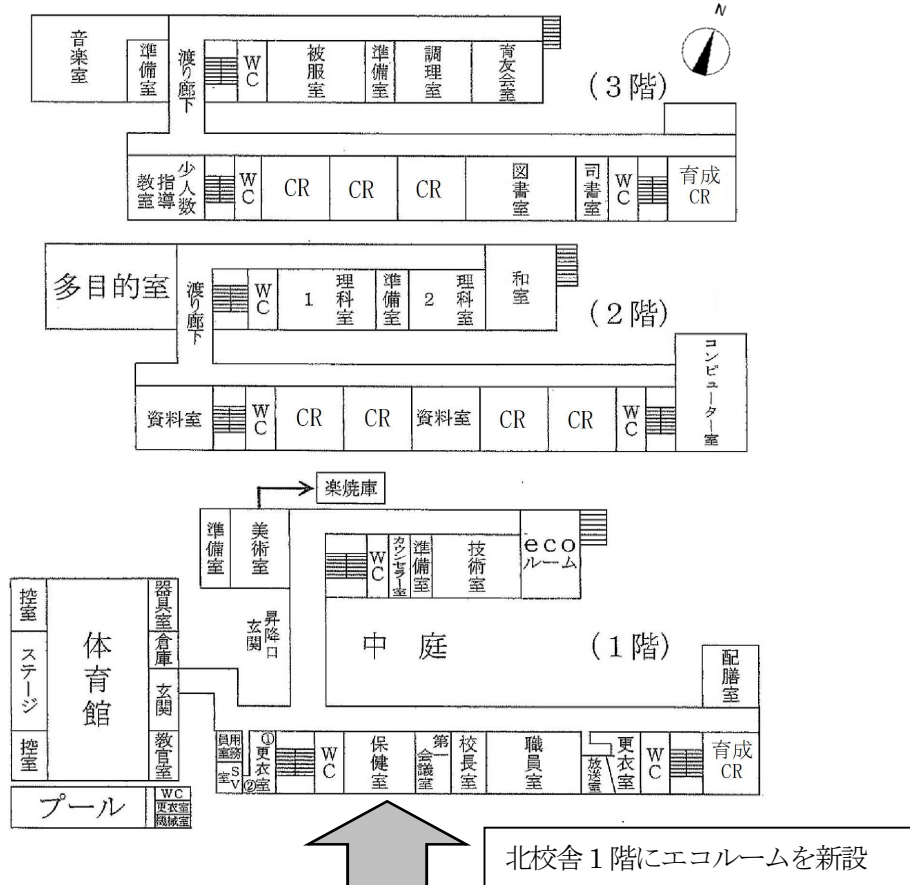


図 2-1 対象校の校舎配置図 (平成 29 年度)

平成29年度  
(エコ改修後)



平成24年度  
(エコ改修前)

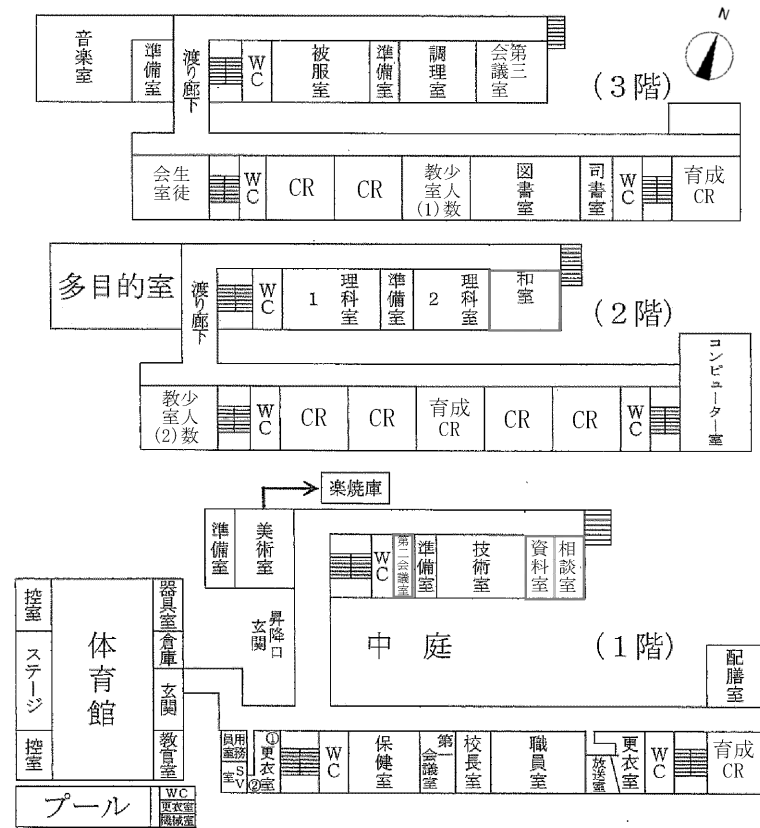
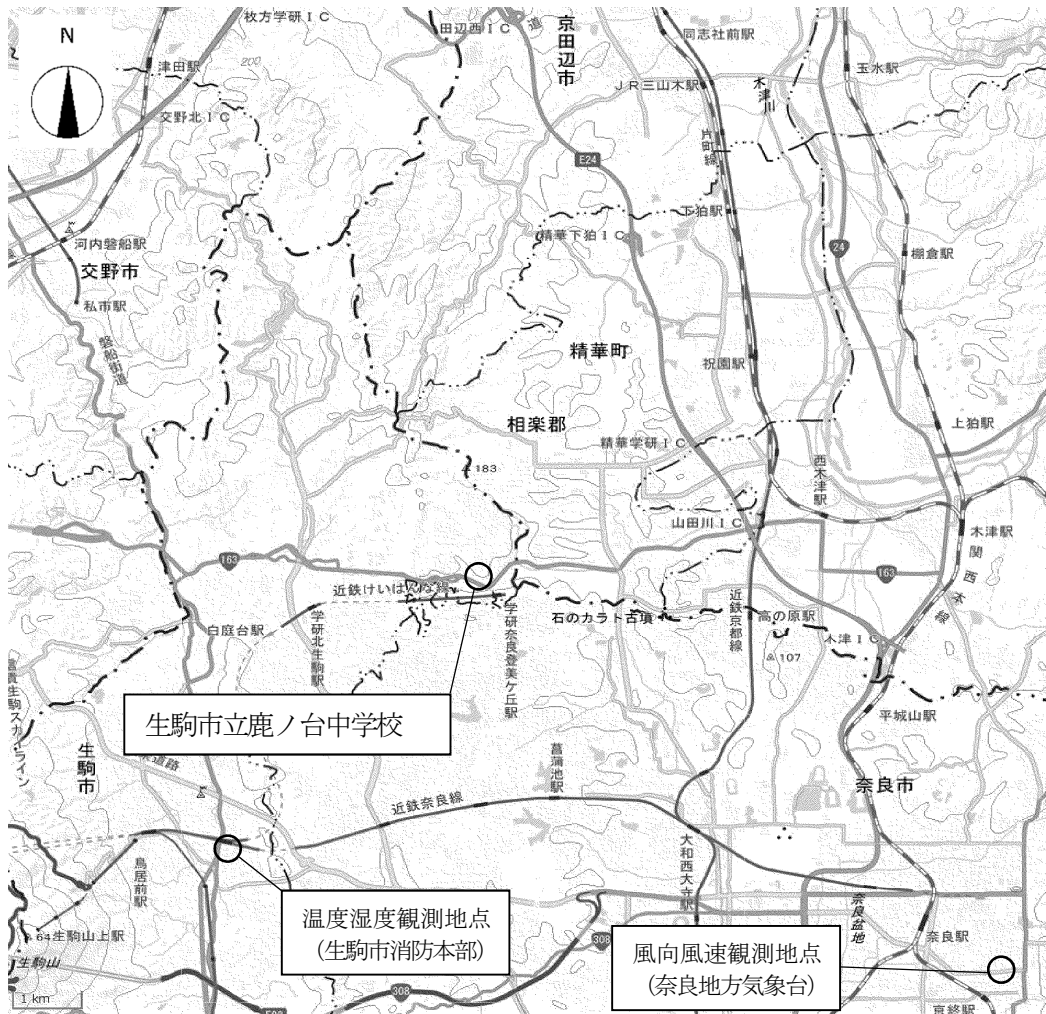


図 2-2 対象校の教室配置図 (上:平成29年度, 下:平成24年度)



図 2-3 対象校における各所の状況



出典：国土地理院地図

図 2-4 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）

## 2.2. 調査時のエネルギー使用状況概要

### ○エネルギー消費量の実態

- ・一次エネルギー消費量は用途別では、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく全体の約5割を占め、次にEHP空調、続いてガスであった（図2-5参照）。
- ・電力消費量は用途別では、電灯（照明・コンセント等）が最も大きく全体の約5割を占め、次にEHP空調であった。また、その他の電力が約3割も占めたが、これは夏期（6月～9月）に大きくなっているため、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。
- ・太陽光発電のメーカーの想定日射量と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り、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。太陽光発電の創エネ効果が高く、各月の発電量は、自己消費量を含む全電力消費量を上回っている（図2-6参照）。

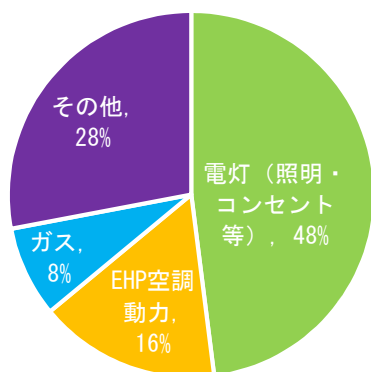


図 2-5 用途別一次エネルギー消費量の割合

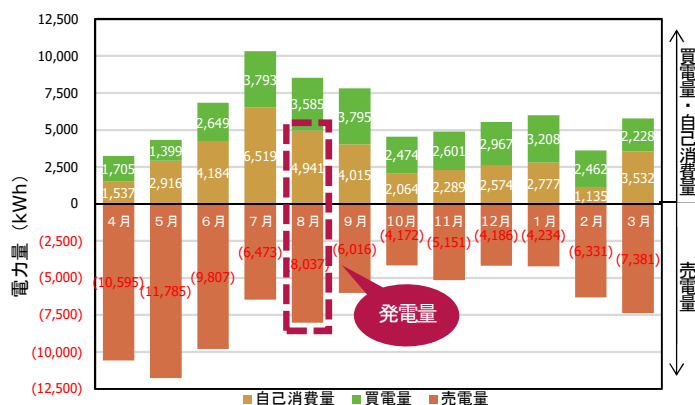


図 2-6 買電量・売電量・自己消費量の比較

### ○教室内外環境の実態

- ・夏期の昼間における室内環境について、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<sup>7</sup>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（図2-7参照）。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を今後検討することは有効であると考えられる。
- ・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。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。
- ・教室平面の光環境は良好であり十分な照度であった。

<sup>7</sup> 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。以下のとおり-3から+3までの7段階で評価される。

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

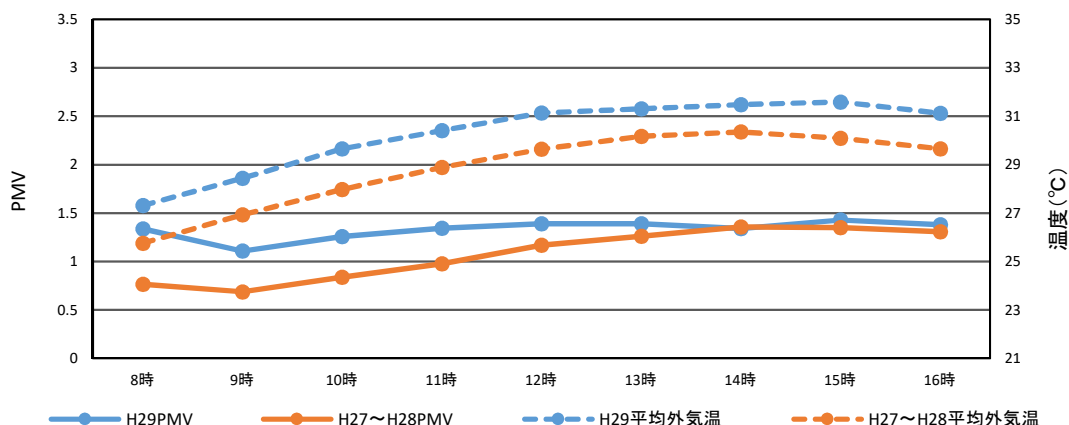


図 2-7 7月開校日における時間毎のPMV値及び平均外気温変化 (AMeDAS)

○エコ改修による効果等

- ・エコ改修前の一次エネルギー消費量1,115GJに対して、エコ改修後の一次エネルギー消費量798GJで、省エネ率は28.4%であった (表2-2参照)。
- ・「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をエコ改修後の削減実績と比較すると、ゼロエネルギー化の目標達成率は149.5%であった (表2-3参照)。
- ・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、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。
- ・エネルギー創出量 (1,223GJ) がエネルギー消費量 (798GJ) 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2-4参照)。

表 2-2 省エネ率にみるエコ改修の効果 (創エネなし)

	電力使用量	都市ガス消費量	一次エネルギー消費量	省エネ率		
				電力	ガス	一次エネルギー
平成25年度	93,751 kWh	4,017 m <sup>3</sup>	1,115 GJ	23.9 %	52.0 %	28.4 %
平成29年度	71,347 kWh	1,930 m <sup>3</sup>	798 GJ			

表 2-3 エネルギー削減目標と実績値 (平成 29 年度) との比較

	目標値 (計画時)	実績値 (平成29年度)	達成率
太陽光発電	880 GJ	1,223 GJ	139.0 %
エコ改修による省エネ	150 GJ	317 GJ	211.5 %
合計	1,030 GJ	1,540 GJ	149.5 %

表 2-4 エネルギー創出量と消費エネルギー量 (平成 29 年度)

		(MJ 換算前の数値)
①太陽光発電によるエネルギー創出量	1,223 GJ	
②電力による一次エネルギー消費量	711 GJ	71,347kWh
③ガスによる一次エネルギー消費量	87 GJ	1,930 m <sup>3</sup>
④創出量・消費量 (①-(②+③))	+425 GJ	

## 2.3. ヒアリング

### 1. 令和元年度のエネルギー使用状況（電力・ガス・灯油それぞれ月別）及び創エネルギー量（月別）<sup>8</sup>

表 2-5 一次エネルギー使用状況，太陽光発電状況

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
令和元年度	電気（買電量）（kw）	2,309	1,903	1,572	5,824	9,408	4,228	4,258	2,938	2,924	4,872	5,325	4,468	50,029
	ガス（m <sup>3</sup> ）	308	134	2	5	3	2	4	2	15	30	304	337	1,146
	灯油（ℓ）	なし												
	太陽光（売電量）（kw）	6,900	9,683	11,572	3,101	0	5,913	5,638	5,033	5,361	2,818	2,824	3,430	62,273

※8月の太陽光の売電量については、停電点検に伴い一時的に停止状態が続いていたため0となっている。

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
平成29年度	電気（買電量）（kw）	1,705	1,399	2,649	3,793	3,585	3,795	2,474	2,601	2,967	3,208	2,462	2,228	32,866
	ガス（m <sup>3</sup> ）	46	4	5	2	3	4	5	23	460	617	567	194	1,930
	灯油（ℓ）	なし												
	太陽光（売電量）（kw）	10,595	11,785	9,807	6,473	8,037	6,016	4,172	5,151	4,186	4,234	6,331	7,381	84,168

## 2. エコスクールの推進体制

表 2-6 エコスクールの推進体制

エコスクール推進の体制		学校施設整備を担当する部署における 建築専門職の有無	教育委員会の運用開始後の 学校との関わり方
整備	運用		
教育委員会	生徒会担当教諭 （各学年に1人ずつ）	なし （検討段階（基本計画・設計）では建築部局と一緒に中身を詰めている。また、運用開始後の不具合や今後の改善点等については建築部局に相談している。）	活動は学校に任せているが、学校において何かあったときは教育委員会に連絡してもらう。

## 3. 当時の報告書にある「今後の課題」や「見直し」に関する現状

※それぞれ冒頭部分は報告書からの転記。

### 全体概要及び考察

#### 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。

（回答）

近年の酷暑を受けて，令和元年度に鹿ノ台中学校の普通教室等にエアコンを設置した。このことにより，夏季の教室内の快適性が改善された。しかし，その分一次エネルギーの使用量が大きくなってしまったが，太陽光発電の創エネ効果が大きく，年間での発電量は，自己消費量を含む全電力消費量を上回っている。

## 4. エコ改修に関して，計画していたが実現できなかったことがある場合はその内容と理由

（回答）

風力・太陽光ハイブリッド型街灯の設置（2基）を検討していたが，費用対効果の観点から取りやめ，生徒発案の小型風力発電を採用した。既存街路灯の LED 化を行った。

<sup>8</sup> 表 2-5 の電気は（買電量），表 2-2 の電力使用量は発電した電気も含めた総使用量であるため，値は一致しない。

## 5. 設計時及び調査時点（平成 29 年度）から施設・設備面や運用面で変わったことがあればその内容と理由

(回答)

今まではグリーンカーテンをゴーヤで行っていたが、エコ美化委員会の提案で朝顔に変更した。しかし、実際にはあまり育たなかったため、省エネに寄与することができなかった。

## 6. これまでの取組の総括・感想

(回答)

太陽光発電は、改修後から変わらず創エネルギー量は大きく、年間発電量は全電気使用量を上回っている。生徒会組織を基軸に、全校生徒が環境学習を主体的に行い、実践につなげる活動を始め、グリーンフラッグ取得という成果を収めることができた。また、各委員会で、プラスチック（コンタクトレンズケース）の回収や食べ残しを防ぐ呼びかけなどを行うことにより、学校全体でエコ活動に対する心がけが芽生えた。ECO ルームを設置したが、あまり使用できていないのが、実情である。

## 7. 今後の取り組み予定

(回答)

エコ改修によって、太陽光発電や風力発電機を設置したが、エコ活動が義務的になってきており、年々生徒達のエコ活動への関心が薄れてきている。そのため、委員会活動を中心に、生徒に主体的に取り組むを考えてもらい、エコ活動への関心を今一度取り戻していきたいと考えている。



## 2.4. 委員による点検・考察・提案

### 【総論】

- ・エコ改修前でも、普通教室におけるガスストーブによる暖房を行う際も、その度に職員室からホースを持ち出さなければならぬようにするなど、省エネに取り組んでいた学校である。
- ・導入された内容に対して、良く取り組まれている。今後も継続した取り組みを期待したい。
- ・年間を通じて電力消費量の増加が認められることから、聞き取り調査に対する回答「エコ活動が義務的になってきており、年々生徒達のエコ活動への関心が薄れてきている。」という兆候が現れているが、そのような状況下でも売電量が買電量を大きく上回っていることから、エコ改修の意義は大きかったと判断する。
- ・太陽光発電パネル設置による創エネ効果が極めて大きく、校舎の熱的性能に関わる改修内容も学校施設の特性を十分考慮した適切な方法を採用したことから、模範的なものの一つであると考えられる。今後の生駒市や奈良県での校舎の新築・改修の参考になると思われるため、市や県の施設管理担当者の中で情報を共有してもらいたい。
- ・一次エネルギー消費量の3割近い削減と、ゼロエネルギー化を達成している。

### (1) エコ改修の計画について

- ・平行配置型校舎の結合部に位置する玄関を開放して運用する学校施設において、廊下等は半屋外空間と取り扱い、断熱区画を教室単位とするという計画は合理性が高く、エコ改修後の教室内温熱環境の向上や暖房用ガス消費量の削減が実現されている。寒冷地等、廊下を半屋外空間として取り扱うことが出来ない地域を除き、学校施設における断熱区画の考え方として適したものであると思われる。
- ・照明のLED化、節水のための給水設備、衛生設備の取り替えなども、堅実な改修内容であった。
- ・夏期の夜間における外気温の大幅な減温が期待できる地域であるという想定で各階段室に設置した通風用窓については、設置に当たり、操作性の向上など一工夫を行うとより効果的に活用できると思われる。
- ・夏期昼間の教室の室温が高く、サーモカメラを用いた測定では外気温よりも表面温度が高い。高台に位置することから、日射遮蔽の仕掛けを設置すれば、更に理想的なものとなると思われる。
- ・環境教育の一環として、壁面緑化(緑のカーテン)による日射遮蔽を行っていることは理解できるが、日射遮蔽をより確実に行うには、庇等の建築的な装置を設置するとよい。
- ・断熱材で覆われた空間を最小限として、その部分を空調対象室にする方法は、鹿ノ台中学校がある生駒市のような断熱の地域区分で5以上の地域で、かつ教室移動の多い中学校では有効な手法と考える。
- ・校舎改修の際に、生徒や地域住民の意見を聞きながら進めたことは評価できる。

### (2) 電力消費について

- ・令和元年度における買電量が平成29年度における買電量の約1.5倍に増加した。これは、近年の酷暑を受けて、令和元年度に普通教室棟にエアコンを設置したこと等によるものと考えられるが、夏期における教育環境が大幅に改善された事を考慮すると、妥当な増加量であると考えられる。一方で、令和元年度の8月における買電量は、平成29年度の値の2.6倍と極めて大きな値となっていたことについて、停電点検に伴う太陽光発電の停止が続いていたこと以外の原因も確認することが望まれる。
- ・10月、1月～3月の冬期における令和元年度の電力消費が、平成28年度の実績値を大きく上回っていた。エアコン設置により、教室における暖房の操作が簡単になったことがその原因の一つとして考えられる。
- ・平成28年度と令和元年度のガス消費量を比較すると、令和元年度における1月～2月における値が平成29年度における値よりも大幅に減少している。これは、普通教室におけるガスストーブによる暖房をエアコンによる暖房に切り替えて運用していたためと推測できる。3月における電力消費が減少については、気温の上昇によるエアコン使用率の減少や、covid-19への感染対策による一斉休校が影響したと考えられる。
- ・冬期における電力量の増加は望ましいことではないが、上述のように、エネルギー消費の推移を確認し

て運用を変更する姿勢が窺われたことは、同校の取り組みがきちんと行われているという証になっていると考える。

### (3) ガス消費について

令和元年度における晩秋から早春に掛けてのガス消費量が、平成 29 年度と比べて大幅に減少しているが、その原因として前述の通り、暖房機器をガスストーブからエアコンへ切り替えたことが考えられる。これに対して電力量が増加したため、エネルギー消費が一次エネルギー換算で 3 万 MJ 程度増加したが、ガスストーブによる教室内空気汚染の懸念がなくなったことを勘案すると、教室内環境が改善されたので評価すべき事と思われる。

### (4) 太陽光発電について

- 太陽光発電（最大発電量約 100kW）が省エネ・創エネに大きな効果を上げており、年間発電量が全電気使用量を上回っている。

### (5) エコ活動への学校の意識について

- 環境教育の取り組みが熱心であり、生徒の自主的な取り組みからトイレの消灯などの方法を実践していることは評価できる。一方で、当初予定していた学校校舎を活用した授業や環境教育の活動は限定的になっているため、しっかりと取り組むことが望まれる。
- 全校生徒が環境学習を主体的に行い、実践につなげる活動を開始し、グリーンフラッグを取得した。エコ改修を契機としたこうした活動を継続させ、環境意識の定着を期待したい。
- 生徒発案のエコ活動を積極的に取り入れ実践されていることは大変良い。エネルギー削減に対する効果が少ないものもあるようなので、専門家のアドバイスを受けながら、生徒達のをよりブラッシュアップしていくことが望まれる。
- 聞き取り調査に対する回答「委員会活動を中心に、生徒に主体的に取り組むを考えてもらい、エコ活動への関心を今一度取り戻していきたい。」を実践して、初心に戻った取り組みを継続して欲しいと願っている。
- 大規模太陽光発電によってゼロエネルギー化が達成されていると省エネ意識が緩みがちになることも考えられるため、普通教室にエアコンが設置された現状でこそ、快適性を維持しつつ一層の一次エネルギー消費の削減に向けて、工夫しながら省エネ活動を続けることが重要である。
- 数値として目に見えるエネルギー削減効果を上げることが、エコ活動の継続意欲にもつながると思われる。

### (6) その他

- 教室のガスファンヒーターのホースは、職員室で管理している点が良い。
- 普通教室にもエアコンが導入されたため、職員室に設置されている BEMS（照度、温湿度等のデータ）を積極的に活用し、特別教室を含めてエアコンの運用について省エネルギーと室内環境の観点から検討するとよい。また、その際、施設管理者だけでなく、授業での活用の視点からの検討も望まれる。
- 教室と廊下の間仕切り壁・窓・扉の部分で断熱されているが、夏季の夜間は出入口扉を開いた方が、ナイトパーシしやすい状況になると思われる。
- 超節水型便器や節水コマを設置しているのにも関わらず、水の使用量の変化が少ないため、使用状況を確認することが望まれる。
- ゴーヤや朝顔で高さのあるカーテンを作るには、プランターの十分な大きさが必要になる。断面が 30 cm 角の普通のものではなく、50~60 cm 角程度の大きさのプランターを設置すると大きく育つ事例がある（東京都板橋区第 7 小学校の緑のカーテン等）。
- ECO ルームに設置した足踏み発電装置、小型風力発電機などは、設置当初だけでなく、担当者で引き継ぐなど、継続的に使用できるようにすることが望まれる。なお、長期的な使用が見通せない場合は設置しない判断もあると考える。

### 3. 矢吹町立矢吹小学校（平成30年度）

#### 3.1. 調査対象校の概要・改修内容

- ・調査対象校（以下、対象校という。）の概要を表3-1、対象校配置図を図3-1、教室配置図を図3-2、写真を図3-3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3-4に示す。

表3-1 対象校の概要（平成30年4月時点）

所在地	福島県西白河郡矢吹町中町100		
敷地面積	22,446 m <sup>2</sup>		
校舎面積	西校舎：3,098 m <sup>2</sup> 東校舎：1,485 m <sup>2</sup> 合計：4,583 m <sup>2</sup>		
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)	体育館 (H 元年築)
延べ床面積	3,098 m <sup>2</sup>	1,485 m <sup>2</sup>	1,306 m <sup>2</sup>
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 <sup>9</sup> ，蓄電池 <sup>10</sup> ，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（7/21～8/26）：37日，冬季休業期間（12/22～1/7）：17日，学期末休業期間（3/23～4/7）：16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）		

#### <sup>9</sup> 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(kWh)	モジュール	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

#### <sup>10</sup> 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

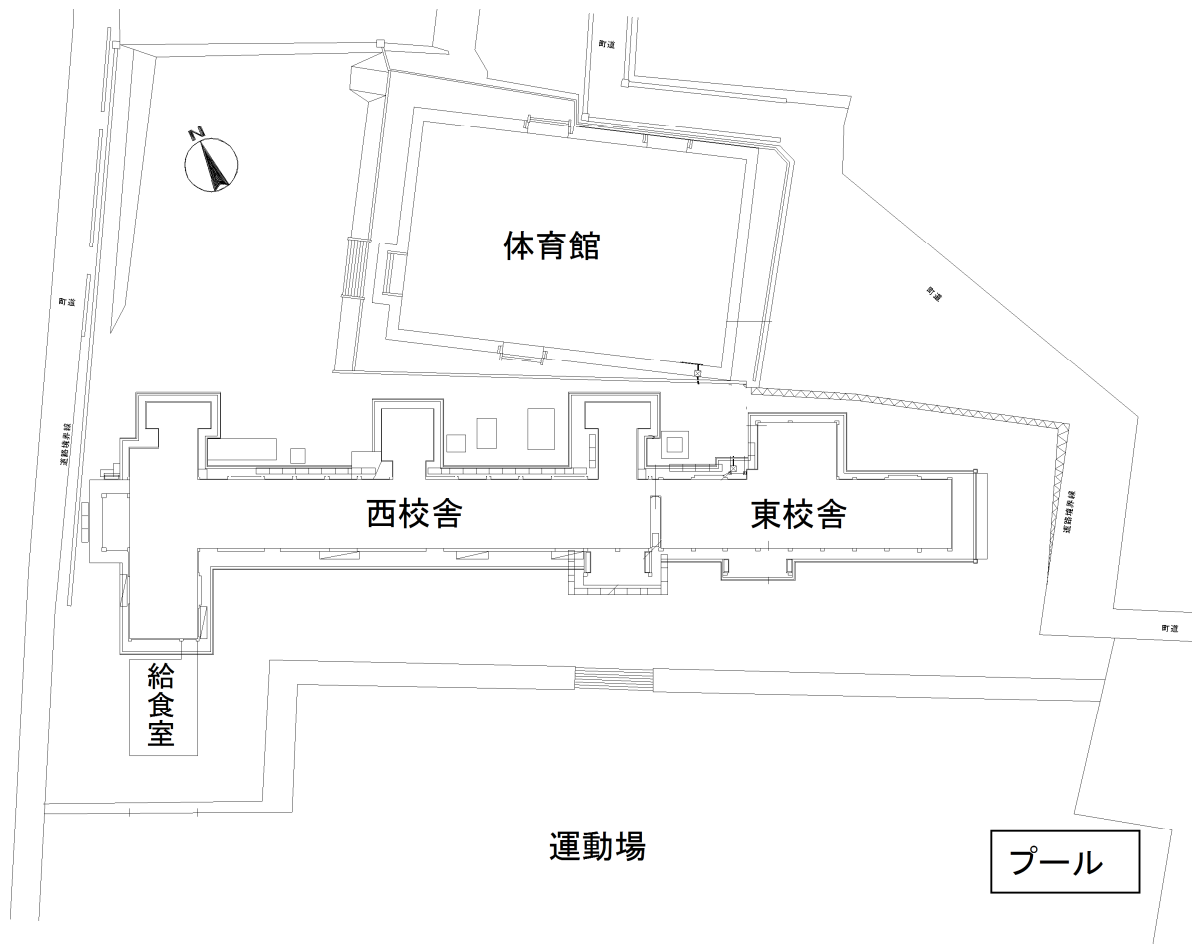


図 3-1 対象校の校舎配置図 (平成 30 年度)

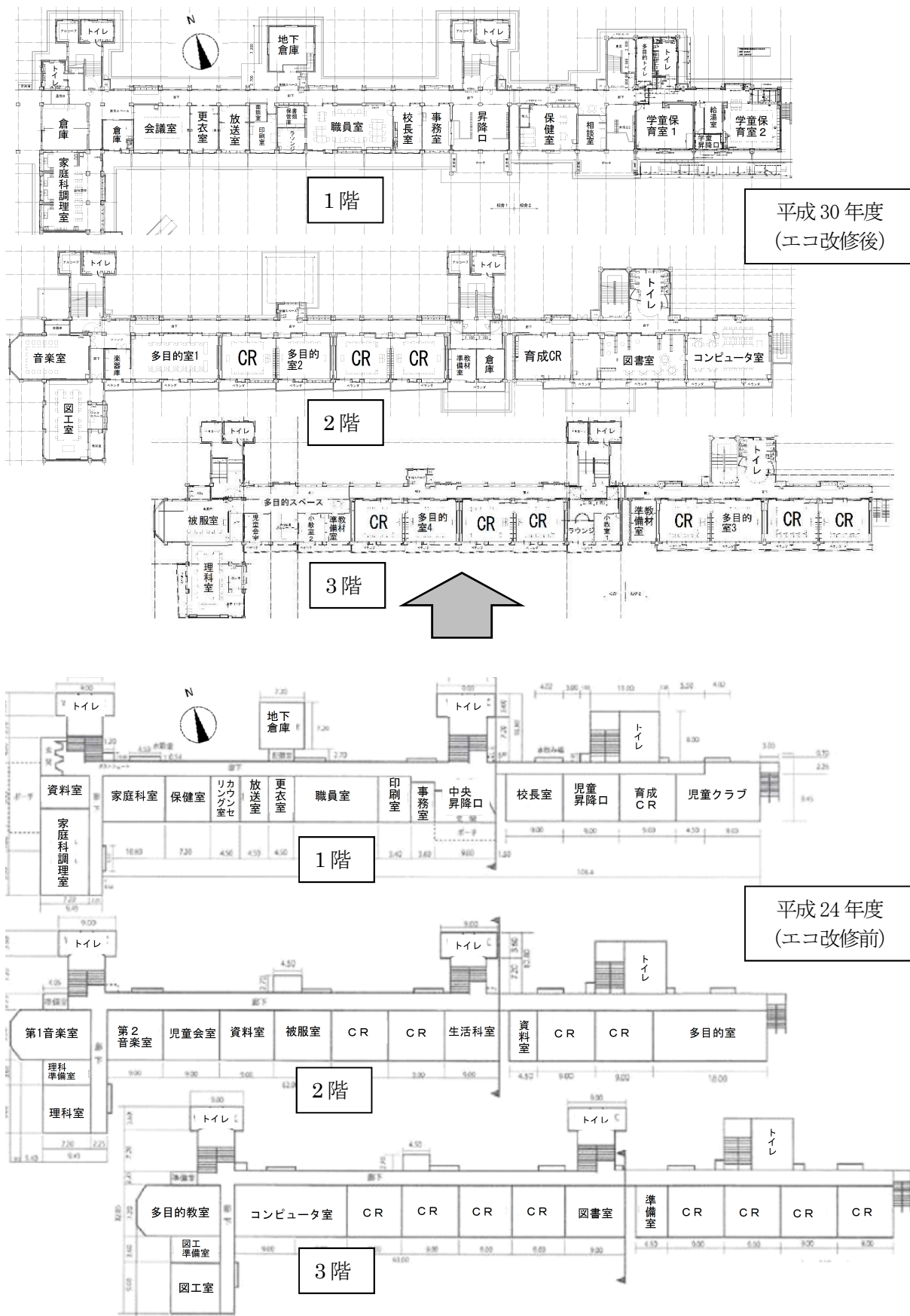
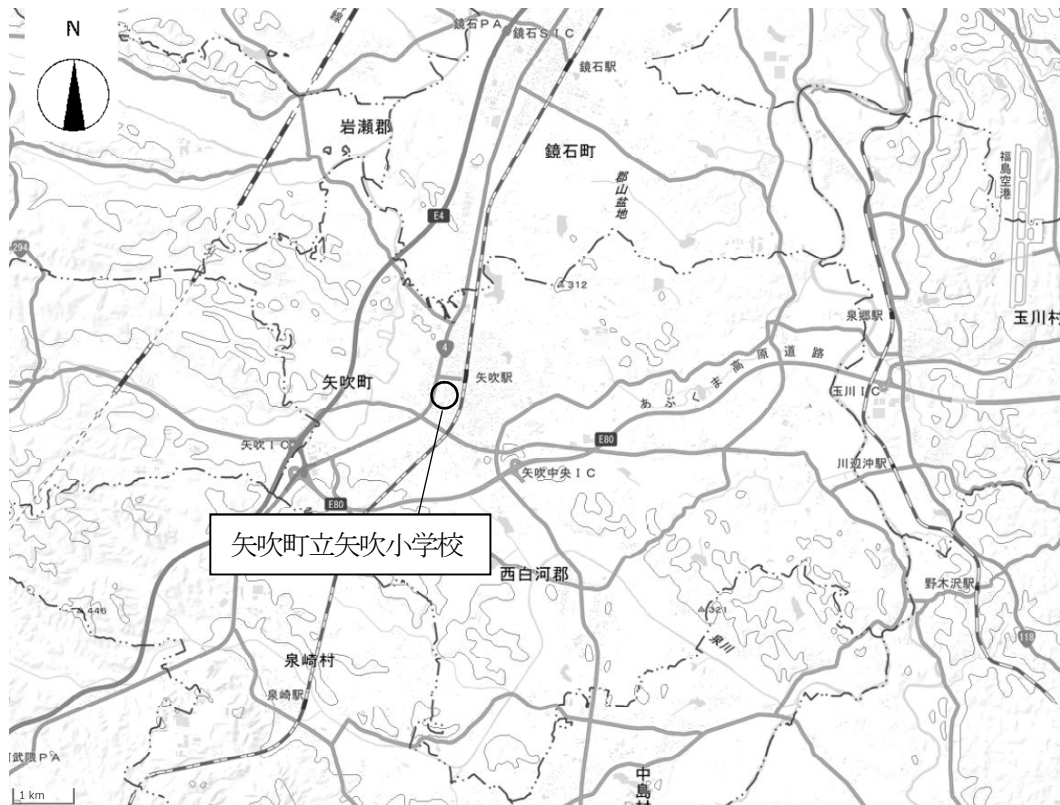


図 3-2 対象校の教室配置図 (上：平成30年度，下：平成24年度)



図 3-3 対象校における各所の状況



出典：国土地理院地図

図 3-4 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）

### 3.2. 調査時のエネルギー使用状況概要

#### ○エネルギー消費量の実態

- ・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EHP空調を用いており、一次エネルギー消費量のほとんどを電力が占めている。
- ・エネルギー削減対象外である給食室を除いた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約5割を占め、次にEHP空調であった（図3-5参照）。また、夏期（6月～9月）にその他の電力が約4割も占めたが、これ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。
- ・改修前後で比較すると、照明の増設やトイレの凍結防止ヒーターの稼働により照明・コンセントの一次消費エネルギーが増加しているが、断熱改修や区画扉の設置等のエコ改修によって、暖房用途の一次エネルギー消費量は大幅に減少している（図3-6参照）。

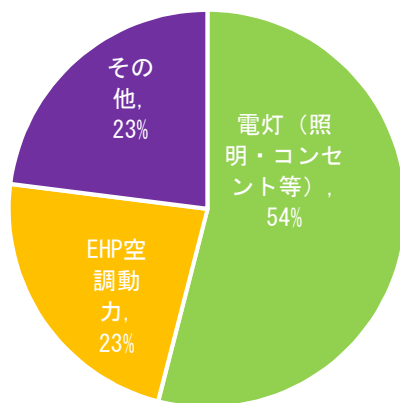


図 3-5 電力消費量の割合（給食室除く）

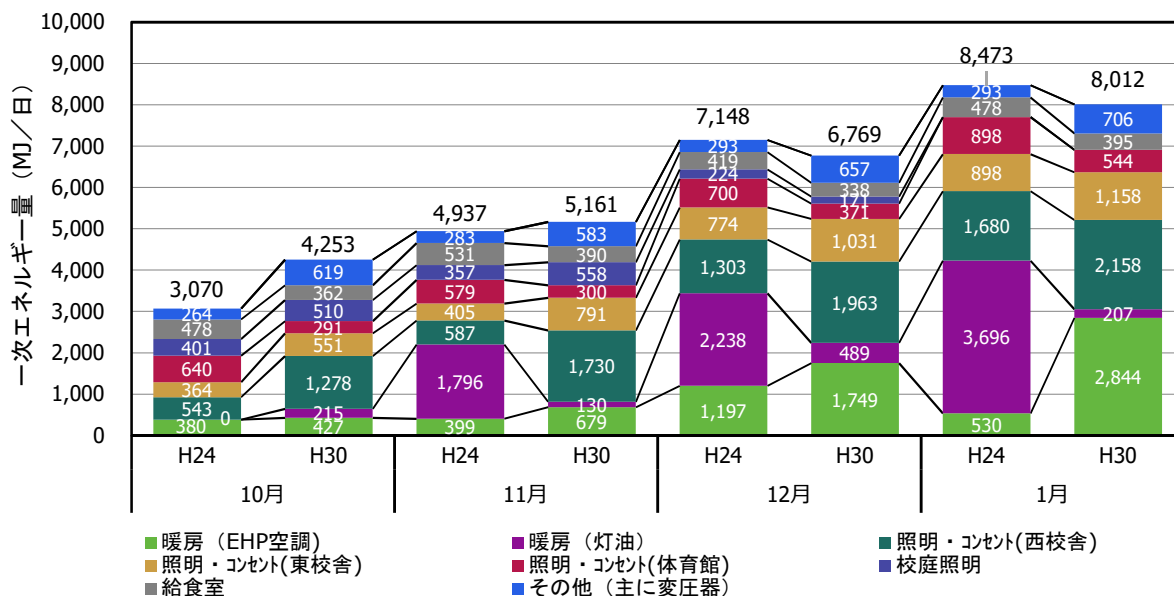


図 3-6 エコ改修前後の日平均積算一次エネルギー消費量の比較

#### ○教室内外環境の実態

- ・太陽光発電電力を有効活用した空調稼働をしており、年間を通じて室内環境は快適に保たれている。
- ・冬期において、暖房区画扉内外の温度差は5℃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が確認できた。
- ・教室内外照度の均一化及び部分消灯のための系統分けを目的とした改修により照明の配置の見直し及び



照明の増設がされており、十分な照度が確保されていることが確認できた。また、測定結果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。

○エコ改修による効果等

- ・暖房機器を石油ストーブからEHP空調へ切り替えたことにより灯油使用量は大幅に減少しているが、夏期のEHP空調稼働や照明の増設、トイレの凍結防止ヒーターの常時稼働等の影響により、電力消費量が増加している。このことから、エコ改修後の一次エネルギー消費量はエコ改修前に比べて16.1%増加している（表3-2参照）。
- ・「スーパーエコスクール実証事業報告書（平成25年3月 矢吹町教育委員会）」で定めた、エネルギー削減目標をエコ改修後の実績と比較すると、ゼロエネルギー化の目標達成率は14.8%であり目標は達成できなかった（表3-3参照）。
- ・目標が達成できなかった要因としては、一次エネルギー消費量が増加していることに加え、計画時（110kW）に比べ太陽光発電の設備規模が小さい（92.2kW）こと、東北電力の送電線の容量に空きがなかったために系統連携しておらず、学校の消費電力以上に発電しないように制御していることなどから、発電量が目標値の半分程度となっていることが挙げられる。
- ・エネルギー創出量（490GJ）がエネルギー消費量（2,039GJ）を下回っており、ゼロエネルギー化は達成できていない（表3-4参照）。

表 3-2 省エネ率にみるエコ改修の効果（創エネなし）

	電力消費量	灯油消費量	一次エネルギー消費量	省エネ率		
				電力	灯油	一次エネルギー
平成24年度	133,730 kWh	11,549m <sup>3</sup>	1,759 GJ	-48.4 %	85.7 %	-16.1 %
平成30年度 <sup>11</sup>	198,449 kWh	1,652 m <sup>3</sup>	2,039 GJ			

表 3-3 エネルギー削減目標と実績値（平成 30 年度）との比較

	目標値（計画時）	実績値（平成30年度 <sup>12</sup> ）	達成率
太陽光発電	1,070 GJ	490 GJ	45.8 %
エコ改修による省エネ	334 GJ	-282 GJ	-84.4 %
合計	1,404 GJ	208 GJ	14.8 %

表 3-4 エネルギー創出量と消費エネルギー量（平成 30 年度）

①太陽光発電によるエネルギー創出量	490 GJ
②一次エネルギー消費量	2,039 GJ
③創出量-消費量（①-②）	-1,549 GJ

<sup>11</sup> 平成 30 年 3 月～平成 31 年 2 月のデータを用いている。

<sup>12</sup> 太陽光発電については平成 30 年 2 月～平成 31 年 1 月、一次エネルギー消費量については平成 30 年 3 月～平成 31 年 2 月のデータを用いている。

### 3.3. ヒアリング

#### 1. 令和元年度のエネルギー使用状況（電力・ガス・灯油それぞれ月別）及び創エネルギー量（月別）<sup>13</sup>

表 3-5 一次エネルギー使用状況，太陽光発電状況

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
令和元年度	電気（買電量）	(kw)	11,163	6,519	9,801	10,529	9,991	7,748	7,663	9,447	12,036	13,276	10,069	8,007	116,249
	ガス※1	(m)	62	74	106	100	63	51	91	104	121	87	127	122	1,108
	灯油	(ℓ)	0	0	0	0	0	0	0	362	180	219	178	108	1,047
	太陽光（発電量）※2	(kw)	3,719	2,561	2,207	※3	※3	※3	※3	2,774	3,331	3,301	※3	※3	17,893

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
平成30年度	電気（買電量）	(kw)	10,771	9,781	10,001	11,251	10,462	8,361	8,952	11,730	16,048	19,454	17,843	14,739	149,393
	ガス※1	(m)	94	102	128	122	53	41	73	110	118	90	143	160	1,234
	灯油	(ℓ)	0	0	0	0	0	0	182	106	413	175	448	353	1,677
	太陽光（発電量）※2	(kw)	3,800	3,750	3,951	5,557	3,214	2,672	3,617	3,479	3,492	4,827	5,960	4,881	49,200

※1給食棟のみ使用。 ※2売電は行っていない。 ※3データの提供なし。

#### 2. エコスクールの推進体制

表 3-6 エコスクールの推進体制

エコスクール推進の体制		学校施設整備を担当する部署における 建築専門職の有無	教育委員会の運用開始後の 学校との関わり方
整備	運用		
教育委員会	学校長 (校長、教頭を中心に学校全体で取り組んでいる)	なし (運用において不具合や障害が発生した際は設計業者や積算業務等の支援業者に相談し改善方法を検討している。※建築部局に相談する場合もあるが頻度は低い。)	運用は主に学校判断のもと実施しているが、不具合や疑問が生じた際には教育委員会に連絡してもらう。また、エネルギー使用量の増加傾向が見られる場合などは教育委員会から学校へ助言や指摘を行う。

#### 3. 当時の報告書にある「今後の課題」や「見直し」に関する現状

※それぞれ冒頭部分は報告書からの転記。

#### 8.4 今後の課題について

##### 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。

(回答)

教職員が次の時間の教室使用の有無を把握しておき，使用しない場合には授業後に照明，空調を停止するよう意識づけした。

##### 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。

<sup>13</sup> 表 3-5 の平成 30 年度の電気は（買電量），表 3-2 の電力使用量は発電した電気も含めた総使用量であるため，値は一致しない。また，灯油消費量は表 3-2 では 3 月の消費量は平成 30 年 3 月のデータを用いているが，表 3-5 では平成 31 年 3 月のデータを用いているため，値は一致しない。

(回答)

冬季以外の期間（4月～11月）の稼働停止及び制御温度の見直しを行った。  
（見直し前）20℃を下回ると稼働→（見直し後）5℃を下回ると稼働

### ③ 照明の運用の見直し

- ・工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。

(回答)

職員室から教頭をはじめ教職員が適宜確認する集中管理により未使用教室の消灯を徹底するよう運用の見直しを行った。  
快晴時には教室の窓側照明1列を消灯、掃除の時間も消灯し電気使用量の削減に努めた。

### ④ 太陽光発電制御の見直し

- ・太陽光発電量は、工コ改修前の電力消費実績（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。

(回答)

適切な発電量を把握した後、制御方式の見直しを検討しているところ。

## 4. 工コ改修に関して、計画していたが実現できなかったことがある場合はその内容と理由

(回答)

校舎屋上に110kWの太陽光発電の設置を予定していたが、事業費抑制のため90kWに縮小した。<sup>14</sup>

## 5. 設計時及び調査時点（平成30年度）から施設・設備面や運用面で変わったことがあればその内容と理由

(回答)

2. のとおり空調設備等の設定温度を見直し電気使用量削減に努めたことで年間を通して電気使用量が15%程度削減された。

## 6. これまでの取組の総括・感想

(回答)

BEMSでエネルギー使用量を可視化したことで、エネルギーを節約することの大切さや発電設備等に関する興味関心を持つきっかけとなり、児童がエネルギーについて学ぶ機会が創出されている。

## 7. 今後の取り組み予定

(回答)

空調の使用時は間仕切りの設置や送風機を活用し、エネルギー効率の高い温度管理を実施していく。  
また、児童が率先して照明の消灯を行い不要な点灯時間をより削減するようルールを定め運用していく。

---

<sup>14</sup> 回答のほか、当時計画していたが実現できなかったものを整理しており、6.参考に掲載。(p.55)

### 3.4. 委員による点検・考察・提案

#### 【総論】

- ・令和元年度におけるエネルギー消費の実績、ヒアリングに対する回答から、平成 30 年度報告書で提言した内容を実践する努力を行っていると思われる。矢吹小学校は共用部と縦の吹抜け空間となっている階段室を区切る暖房区画など、使い方で省エネルギーの効果が出てくる設備が多く設置されているので、ソフト面を上手く継承しながら使用することが大切である。
- ・エコ改修・運用による省エネの達成率が 14.8%であり、エコ改修による省エネが達成できていないため、今後も目標を目指して改善を期待したい。
- ・エコ改修計画時点で、太陽光発電の売電の見通しについて十分に確認して発電容量を決めることが重要である。
- ・一次エネルギー消費量増加の要因がどこにあるのかが明確になるとよい。冬期は凍結防止ヒーターの影響も大きいと思われるが、3.2の図3-6で、中間期10月の「照明・コンセント(西校舎)」が700MJ以上増加している。LED化による省エネ量以上の照明増設を行っているが、設計時において、省エネルギーによる減分を打ち消すような整備となっていないか、真に必要なかよく確認することが重要である。

#### (1) エコ改修の計画について

- ・矢吹町に近い白河市における年平均日射量が14.3MJ/(m<sup>2</sup>・日)であり、京都市や生駒市に隣接する京田辺市における値とほぼ同値であることから、創エネとして太陽光発電パネルを設置したことは妥当である。しかし、鹿ノ台中学校が位置する生駒市の冬期における気象条件よりも矢吹町は気象条件が厳しい。こういった気象条件から断熱性能をよりしっかりと検討する必要がある。
- ・トイレが階段部にあり、寒くなりやすい位置に配置されているため、トイレの断熱強化を廊下や教室以上に行うとよい。
- ・昇降口や渡り廊下、階段室に暖房区画の扉を設置したこと、教室の照明の系統分けを配慮して、改修が行われていること、改修時に合わせて、多目的トイレの設置などバリアフリー対策も進めている点は評価できる。
- ・ナイトパージと呼ばれているサッシ等は、効果をよく検討の上、開口部の大きさを計画することが重要である。

#### (2) 電力消費について

- ・暖冷房区画を確立するために、階段室、廊下、昇降口へ区画扉を設置したこと、断熱性能の向上を行ったこと、LED照明への取り替えたことにより、本来であれば、空調用電力消費量が削減されるはずであったが、エコ改修後の平成29年度の電力消費量がエコ改修前における電力消費量の1.4倍程度と大幅に増加していた。省エネを意識しないEHP空調を実施したことが原因であると推測される。これに対して、平成30年度、令和元年度とも、電力消費量が削減されており、省エネ意識が向上したと思われる。
- ・平成30年度における年間電力消費量は、太陽光発電による自己消費を含めて約19万8千kWであり、平成29年度における約20万3千kWとほぼ同値であった。これに対して、令和元年度における年間電力消費量は約13万4千kWと大幅な削減が認められる。ガス、灯油の消費量が平成30年度と令和元年度とでほぼ同値であり、また、他のエネルギー源への転換も行っていないことから、省エネ意識が向上している証であると考えられる。
- ・平成30年度と令和元年度において、11月～5月の暖房期における電力消費量の削減量は大きかったと考えるが、夏期の冷房期における削減量は小さなものであった。これは、エコ改修前から校舎南側にバルコニーがあることで、日射遮蔽性能が備わっていたためであると考えられる。夏期における削減量を多くする工夫として、エアコンによる冷房をする際、扇風機を同時に動かして気流による体感温度の低下を図ることにより、設定温度を高めにするのが考えられるが、既に実施済みと言う回答が得られていることから、これ以上、簡易な工夫で削減することは難しいと考える。なお、空調の使用時の送風機同時使用については、使用電力量と快適性を比較しながら費用対効果を計ると良い。

### (3) 太陽光発電について

- ・太陽光発電による創エネのポテンシャルが高い地域であることから、東北電力への売電が出来ない状況を勘案すると、買電量を減少させるような発電制御を行うのが望ましい。
- ・70kW 系統の太陽光発電パネルは、自家消費量を上回る発電量があるときには、発電を停止する制御が行われているとされているが、平成 30 年度報告書によれば、自家消費量が年間における全電力消費量の 25%程度であるのに対し、太陽光発電パネルの年間発電可能量は、年間における全電力消費量の半分程度を占めることから、買電量を削減するために、早急な発電制御の変更が求められる。
- ・太陽光発電の制御、蓄電など、改良の余地があると考えられ、費用の関係で実現が難しい点もあると思われるが、実現可能な範囲で実施を進めていくことが期待される。

### (4) エコ活動への学校の意識について

- ・ヒヤリングに対する回答「空調の使用時は間仕切りの設置や送風機を活用し、エネルギー効率の高い温度管理を実施していく。また、児童が率先して照明の消灯を行い不要な点灯時間をより削減するようルールを定め運用していく。」から判断すると、今回のプロジェクトで省エネに対する意識が少しずつ根付き始めたと思われる。今後とも継続して、意識の向上、定着に尽力されることを期待したい。
- ・照明設備の運用見直しを実施し、未使用教室の消灯や晴天時及び掃除時間中の教室の消灯などを行っていることは評価できる。
- ・凍結防止ヒーターの当初設定温度 (20℃) は、設計者または施工者の運用指導が不十分と思われるので、こういった設備の使用方法について、設計者または施工者から運用する学校側が指導を受けられるとよい。
- ・効果的な暖房区画の設置と令和元年度に空調設備の運用方法や設定温度、トイレの凍結防止ヒーターの設定温度を見直すといった適切な運用により省エネ及び室内環境の快適性が保たれており、改善を継続していただけると良い。15%の削減数字は評価できる。
- ・単に、太陽光発電や風力発電機など設置してあるものを目にすることでエコに対する意識を高めるだけでなく、生徒の学習段階に応じて、BEMS データなど可視化されたエネルギー使用量の数値を教材として用い、エコ改修、運用の効果を定量的に実感してもらえようような取り組みをして頂けると良い。
- ・省エネルギーの観点から校内の節電対策と太陽光発電の運用のルールを今後もしっかりと検討いただくことを期待したい。
- ・照明設備の省エネ対策については、中央制御や人感センサーなどの設備もあるが、校舎内を巡視するような児童の活動や教員の役割分担などを行うことも、環境意識の向上につながりメリットがあるのではないかとと思われる。
- ・空調の設定温度や、不在時にも使用していないかなど、建物のエコ改修を行うことで安心することなく、省エネの意識を持って運営することが大切である。

### (6) その他

- ・BEMS や中央制御などの設備の導入に当たっては、学校において適切な運用が難しいと推測される場合は、建築部局等と連携をとれる仕組みにするなど、適切に運用いただくのがよい。

## 4. 雫石町立雫石中学校（令和元年度）

### 4.1. 調査対象校の概要・改修内容

調査対象校（以下、対象校という。）の概要を表 3-1、対象校配置図を図 2-1、教室配置図を図 4-2、対象校における各所の状況を図 4-3 に示す。対象校は、平成 28 年度に管理棟のエコ改修と武道場の新築、平成 29 年度に普通教室棟と接続棟のエコ改修が実施された。なお、エコ改修の計画時には特別教室棟も対象であったが、未実施である。また、対象校周辺の地形図を、図 2-4 に示す。

表 4-1 対象校の概要（改修後 平成 31 年 4 月時点）

所在地	岩手県岩手郡雫石町柿木 74-1			
敷地面積	44,228 m <sup>2</sup>			
校舎面積 <sup>15</sup>	管理棟：2,335 m <sup>2</sup> 普通教室棟：2,090 m <sup>2</sup> 特別教室棟：2,655 m <sup>2</sup> 接続棟：442 m <sup>2</sup> 武道場：599 m <sup>2</sup> 体育館：1,472 m <sup>2</sup>			
校舎構造	管理棟：RC 造，3 階，S49 年築 普通教室棟：RC 造，3 階，S48 年築 特別教室棟：RC 造，3 階，S47 年築 接続棟：RC 造，2 階，S48 年築 武道場：木造，平屋，H28 年築 体育館：S 造，2 階，S51 年築			
建物名 工事規模 構造・階数 工事概要	I 期工事（平成 28 年度）		II 期工事（平成 29 年度）	
	武道場(H28 年新築)	管理棟(S49 年築)	普通教室棟(S48 年築)	接続棟(S48 年築)
	599 m <sup>2</sup> 木造平屋	2,335 m <sup>2</sup> RC 造，3 階	2,090 m <sup>2</sup> RC 造，3 階	442 m <sup>2</sup> RC 造，3 階
	外壁内断熱(発泡ウレタン吹付 30mm) 屋根断熱(グラスウール 24K 100mm) 土間下断熱(発砲ポリスチレン 30mm) 複層ガラス LED 照明(トイレ，更衣室のみ人感センサー) 暖房便座，節水型便器 灯油ボイラー	外壁内断熱改修(発泡ウレタン吹付 40mm) 屋根断熱改修(グラスウール 24K 100mm) 複層ガラス 区画扉(階段室) 内装木質化 太陽光発電 <sup>16</sup> ，蓄電池 <sup>17</sup> ，太陽熱集熱装置(空調利用) LED 照明導入 トイレ改修(暖房便座，節水型便器) ボイラー更新(重油ボイラーから灯油ボイラーへ更新) EHP 空調設置(保健室，図書室) 全熱交換器設置(保健室，図書室，用務員室，事務室)		
校舎形状	並列配置			
教室窓方位	南			
学級数	普通学級：12 学級(改修前：14 学級) 特別支援学級：2 学級(改修前：1 学級)			
生徒数	372 人			
職員数	常勤 32 人，非常勤 13 人			
給食方式	自校式			
稼働状況	年間開校日数：202 日(夏季休業期間(7/27~8/18)：23 日，冬季休業期間(12/26~1/13)：19 日，学期末休業期間(3/15~4/5)：22 日，土日祝：99 日) 勤務時間：7:00~20:30(時間外含む) 授業時間：8:20~16:10 年間授業時間：1,582 時間/年(206 日/年×7 時間 50 分/日)			

<sup>15</sup> 改修前の第 2 体育館(780 m<sup>2</sup>)に比べ、改修後に新築した武道場は面積が減少している。管理棟(改修前の調査報告書では接続棟含む)及び普通教室棟は、改修前の調査報告書とは参照値が異なるため面積が異なるが、減築はされていない。

<sup>16</sup> 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)	セル実行変換効率 (%)	稼働開始日
管理棟屋上 普通教室棟屋上	OMソーラー	単結晶シリコン	125	50.0kW (管理棟屋上：125W×160 枚) (普通教室棟屋上：125W×240 枚)	17.4	平成 29 年 11 月

<sup>17</sup> 蓄電池仕様

メーカー	種類	定格出力 (kW)	容量 (kWh)	稼働開始日
SONY	リチウムイオン電池	3.5	10	平成 29 年 11 月

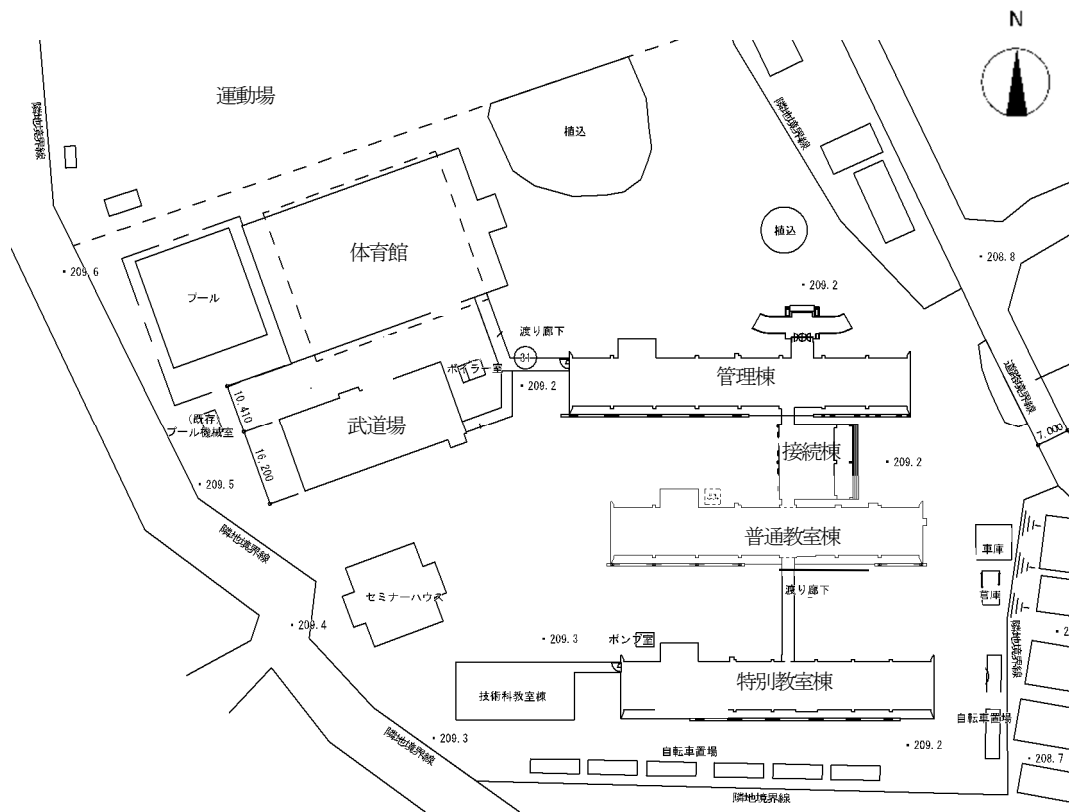
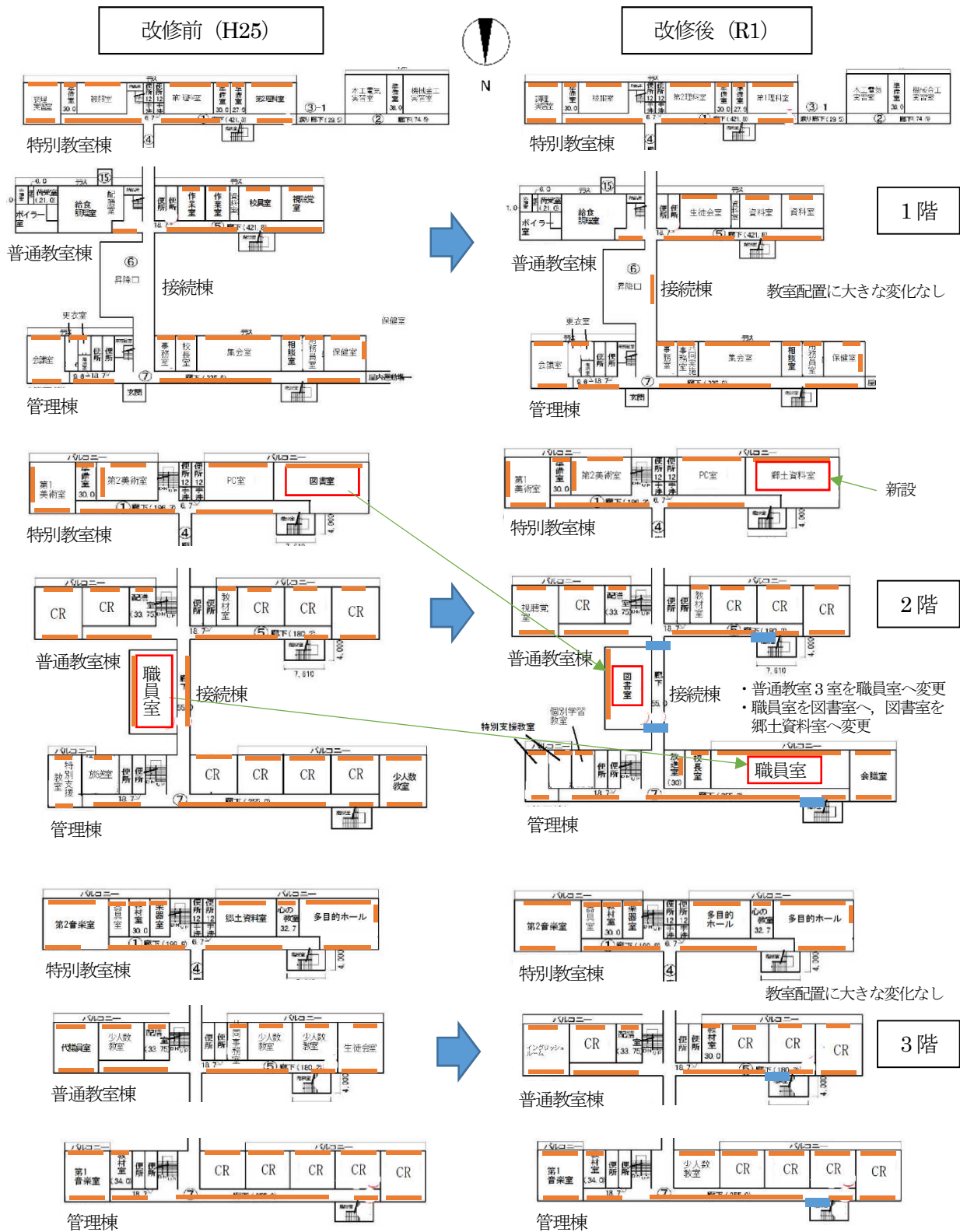


図 4-1 対象校の校舎配置図（令和元年度）



- ・職員室の位置が改修前後で変更（改修前：接続棟 2F，改修後：管理棟 2F）。
- ・図書室の位置が改修前後で変更（改修前：特別教室棟 2F，改修後：接続棟 2F）。
- ・利用教室の集約と暖房エリアの制御を目的として，特別教室棟に位置していた図書室を接続棟へ移設し，接続棟に位置していた職員室を管理棟へと移設した。

図 4-2 対象校の教室配置図（左：平成 25 年度，右：令和元年度）



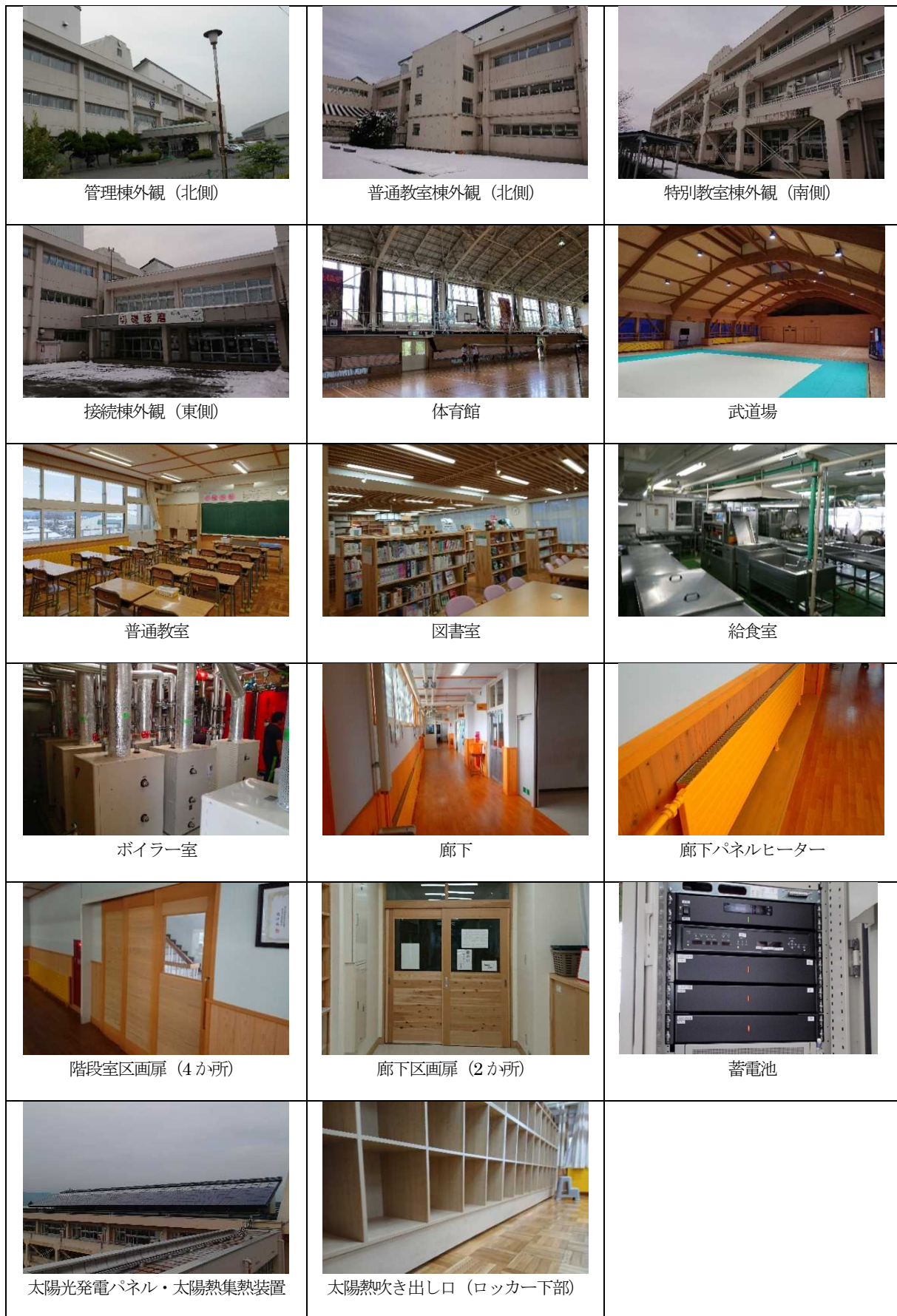
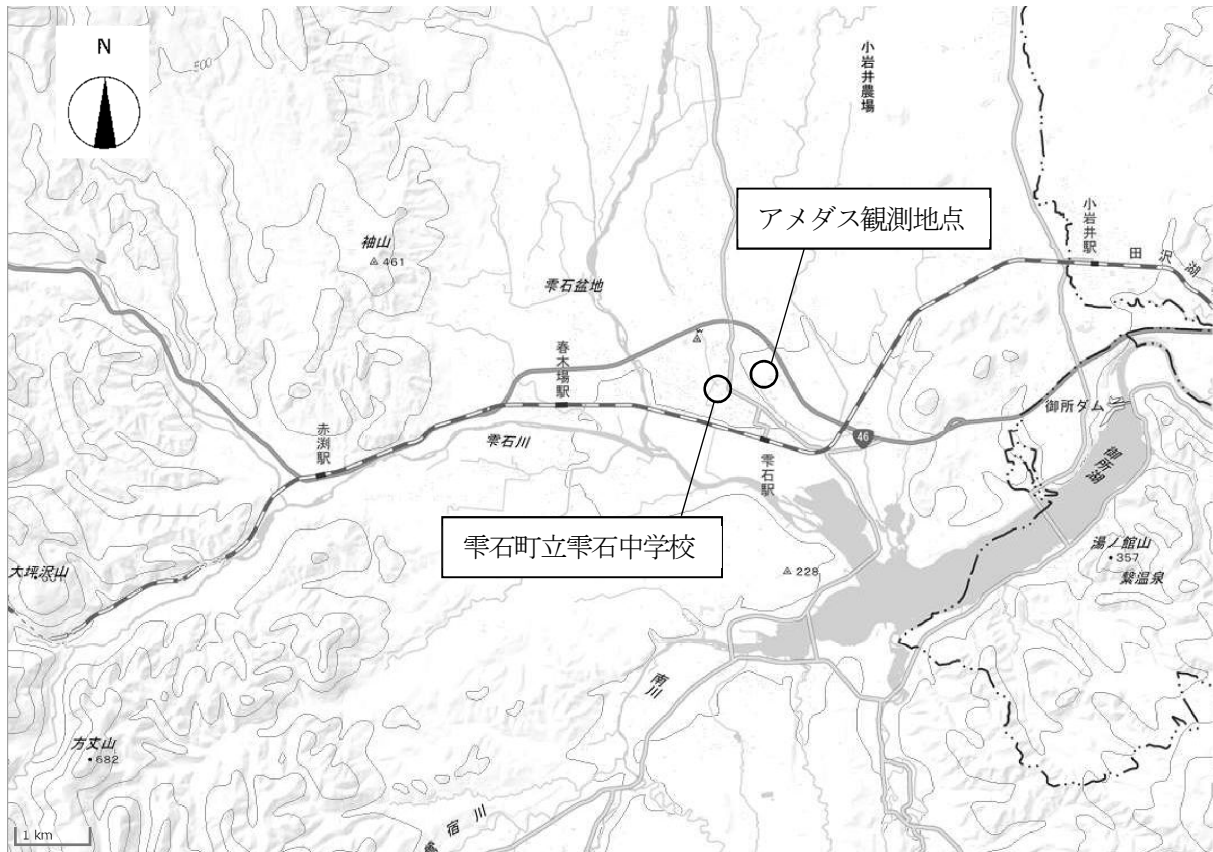


図 4-3 改修後の対象校における各所の状況



出典：国土地理院地図

図 4-4 対象校周辺の地形（雫石町の中心市街地に位置し，西に奥羽山脈系の山々が位置し，周辺は水利の良い比較的なだらかな地形である（標高約 209m）

## 4.2. 調査時のエネルギー使用状況概要

### ○エネルギー消費量の実態

- ・地域区分3に位置しており、冬季はボイラーや灯油ストーブ等の暖房用途の灯油の割合が大きく5割を占める。(図4-5参照)
- ・灯油以外の一次エネルギーとして、電力の中では、照明・コンセント等<sup>18</sup>の用途が約9割を占める。(図4-5参照)
- ・エコ改修前後では、全一次エネルギー消費量として、11月は4.5%、12月は3.7%、1月は11.8%、改修前より減少した。(図4-6参照)
- ・一方で灯油+重油の消費量としては、11月は120.2%、12月は27.0%、1月は16.2%、各々エコ改修前より増加している。これは、増加要因としては、11月についてはエコ改修前後でボイラー稼働の開始時期がずれていた(改修前：11月中旬、改修後：11月初旬)ことがあげられるが、内断熱や複層ガラスといった断熱改修を行っていたことや、平成25年度と令和元年度の平均外気温では、1月は令和元年度の方が1.7℃高かったこともあり、暖房を過剰に使用していないか検討する余地があると考えられる。

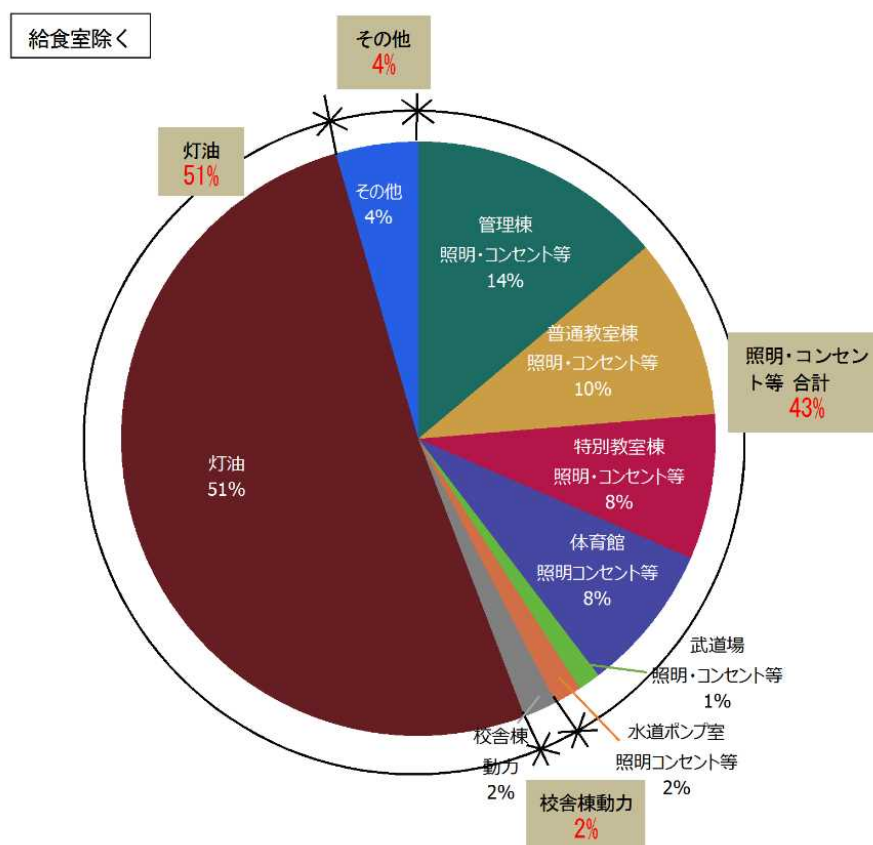


図4-5 用途別一次エネルギー消費量の割合(令和元年度 11月～1月合計)<sup>19</sup>

<sup>18</sup> トイレの凍結防止ヒーターに加え、暖房便座をもうけており、これらの電力も照明・コンセント等に含まれる。

<sup>19</sup> エネルギー削減の対象外である給食室は除外して計測している。

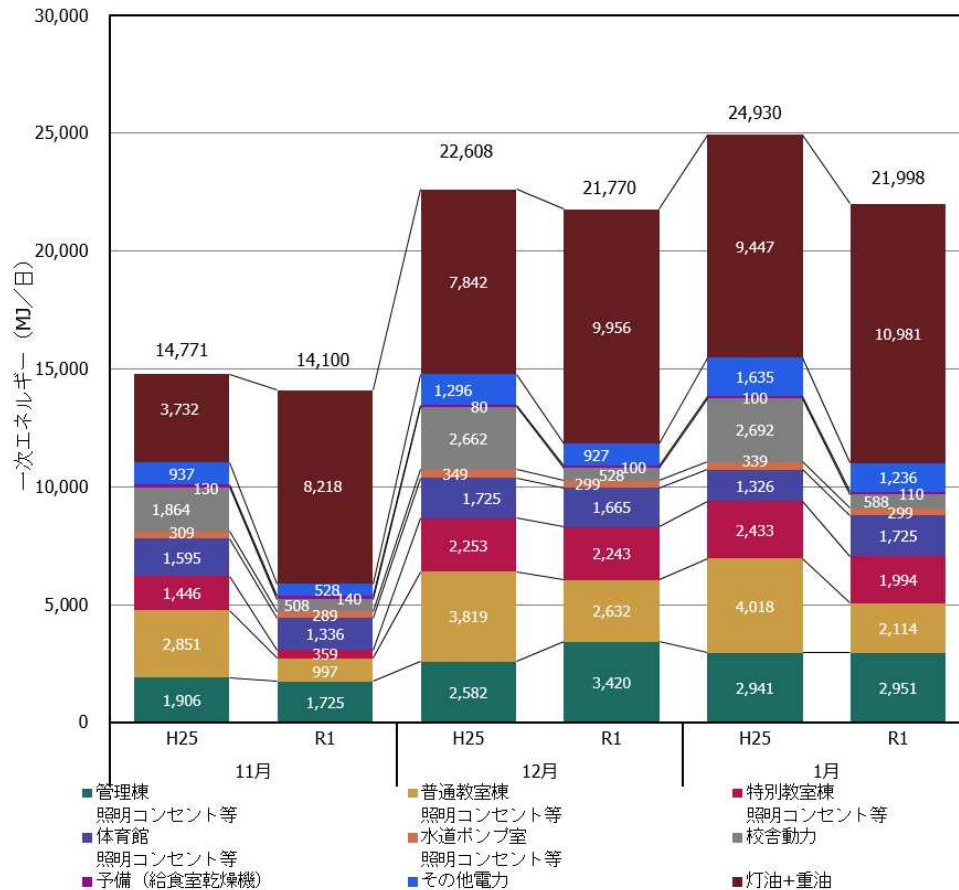


図4-6 エコ改修前後の一次エネルギー消費量比較 (武道場除く) <sup>20</sup>

#### ○教室内外環境の実態

- ・11月, 12月, 1月における校舎内の平均温度は20℃～23℃程度であり, 学校環境衛生基準内に保たれていた。
- ・12月の夜間の普通教室内温度は, 約12℃以上に保たれており, 外気との温度差が20℃程度生じていた。
- ・区画扉内外 (普通教室・普通教室前廊下と階段) の温度差は, 昼間に最大10℃程度, 夜間に5℃程度であった。
- ・教室内の表面温度については, 外気温2.4℃, 教室室温23.3℃の時のサーモグラフィの測定結果によると, ヒーター上部に位置する複層ガラスを除き, 教室内装仕上げ材の表面温度は17.6℃～22.9℃の範囲であり, 教室表面と室内の温度差は数度の範囲に収まっていた。

#### ○エコ改修による効果等

- ・区画扉内外 (普通教室・普通教室前廊下と階段) の温度差は, 昼間は最大10℃程度, 夜間は5℃程度であったことから, 区画扉を設置する効果が認められた。
- ・校舎照明のLED化更新や普通教室数の減少により電力消費量の削減が見られる。
- ・エネルギー使用量としては, 電力量は27.5%, 一次エネルギー全体としては13.5%削減と一定の効果が見られた。(表4-2参照)

<sup>20</sup> 武道場は新設のため, 除外。

- ・一方で「平成25年度スーパーエコスクール実証事業基本計画報告書（雫石町教育委員会）」で定めたエネルギー削減量の目標に対する達成率は21.4%，また，一次エネルギーの省エネ率は13.5%であり，目標を達成できていない。（表4-2,表4-3参照）
- ・主な要因としては，太陽光発電の設備容量が計画時（112kW）に比べ小さいこと（50kW）や，計画されていた特別教室棟のエコ改修や水冷ヒートポンプとしての井水利用設備の導入がなされていないこと，トイレ凍結防止ヒーターの稼働抑制がなされていないこと，ボイラー更新による暖房用途の一次エネルギー消費量削減効果が乏しかった（ボイラー効率の向上は図れたが，ボイラーの設定温度の変更を行わなかったことや，稼働時間が長時間化したことにより，一次エネルギー消費量の削減効果が得られなかった）ことなどが挙げられる。

表4-2 省エネ率にみるエコ改修の効果<sup>21</sup>

	電力消費量 (kWh)	重油+灯油 消費量 (GJ)	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25年度	351,568	1,202	4,707	27.5%	-27.1%	13.5%
令和元年度 (創エネあり)	255,022	1,528	4,071			

表4-3 エネルギー削減目標と実績値（令和元年度）との比較

	目標値（計画時）	実績値（令和元年度） <sup>22</sup>	達成率
太陽光発電	1,100GJ	589GJ	53.5%
エコ改修・運用による 省エネ	2,071 GJ	90 GJ	4.3%
合計	3,171 GJ	679 GJ	21.4%

<sup>21</sup> 令和元年2月～令和2年1月のデータ。電力消費量は買電量の値。

<sup>22</sup> 令和元年2月～令和2年1月のデータ。

### 4.3. ヒアリング

#### 1. 令和元年度のエネルギー使用状況（電力・ガス・灯油それぞれ月別）及び創エネルギー量（月別）<sup>23</sup>

表 4-4 一次エネルギー使用状況，太陽光発電状況

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計
令和元年度	電気（買電量） (kw)	33,807	15,845	8,261	12,063	12,602	13,225	11,820	12,791	16,508	35,628	31,474	26,973	230,997
	ガス (m <sup>3</sup> )	38.7	141.3	201.3	197.1	103.4	98.8	158.8	188.7	254.8	124.6	213.8	240.4	1,962
	灯油 (ℓ)	2823	0	0	0	27	0	0	6961	8715	9619	7,295	6,575	42,015
	太陽光（発電量）※1 (kw)	6,339	8,200	6,711	5,866	5,599	5,210	3,940	3,724	2,414	3,099	3,249	5,304	59,655

※1 売電を行っていない。

#### 2. エコスクールの推進体制

表 4-5 エコスクールの推進体制

エコスクール推進の体制		学校施設整備を担当する部署における 建築専門職の有無	教育委員会の運用開始後の 学校との関わり方
整備	運用		
教育委員会	学校用務員	なし（改修時是有り） （検討段階（基本計画・設計）では建築専門職 が中心になって、建築部局と一緒に中身を詰めて いる。なお、現在の不具合や今後の改善点等 については建築部局に相談している。）	用務員中心で学校独自に取り組ん でいるので、教育委員会としては あまりタッチしていない。

#### 3. 当時の報告書にある「今後の課題」や「見直し」に関する現状

※それぞれ冒頭部分は報告書からの転記。

#### 8.4 今後の課題について

##### ① 暖房の運用の見直し

- ・完全下校時刻が 16:10 に対して、ボイラーの稼働時間は 17:00 までとなっており稼働時間が長い。ボイラーの稼働時間を短縮し、放課後に 1 教室などごく少数の教室のみ暖房する場合は暖房機器として個別のストーブを用いることを検討。
- ・ボイラーの設定温水温度（60℃）が過剰であることが想定される。設定温度を下げた運用を行い、最適な設定温水温度のチューニングを検討する余地があると考えられる。
- ・ボイラーの制御ポイントの設定の見直し（システム全体/個々の教室内）を検討する。
- ・外気温に応じたボイラー稼働のルールを定め、11 月や 4 月のボイラー稼働時間・稼働期間を短縮する。また、翌日の天気予報を確認して、太陽熱集熱装置の稼働が見込まれる場合には、ボイラーの設定温度の低減や稼働抑制を行う。
- ・季節に合わせた変更に加え、教室の稼働状況と室温を見ながら、ボイラーの稼働時間・稼働期間ボイラーの設定温度を柔軟に変更を行い、暖房のエネルギー消費量を抑える対策を行う。

(回答)

- ・ボイラーの稼働時間については、教職員の勤務終了時間が 16:50 であること、また、部活動において放課後に各教室を使用しているため、指摘にある通りには実施できない。
- ・ボイラーの設定温度についても、設定温度を下げると室温が下がる。換気扇も 24 時間換気であり、OM ソーラーも冬期間はほとんど機能しない。寒さを感じて結局エアコンを使用されるため今は実施していない。季節に応じた温度設定の変更は行っている。

##### ② トイレの凍結防止ヒーターの運用の見直し

- ・本調査内で、トイレ凍結防止ヒーターの設定温度を 7.5℃に下げたが、トイレ内温度は 10℃以上に保たれており、凍結防止ヒーターとしての役割を十分に果たしていると考えられる。今後も、凍結防止ヒーターの設定温度は、7.5℃のままの運用が望ましいと考えられる。
- ・暖房便座の運用が通年となっているが、特に夏季は不要と考えられる。通年ではなく秋冬（11 月から 3 月）中

<sup>23</sup>表 4-2 では 2,3 月の電力消費量は令和元年 2,3 月のデータを用いているが、表 4-4 では令和 2 年 2,3 月のデータを用いているため、合計値は一致しない。

心に稼働させる。

・暖房便座の消費電力を抑える観点から便座の蓋を閉める運用を行うことが望ましい。

(回答)

・トイレ内のヒーターは、室内の暖房を兼ねているため、凍結防止だけを考えた温度設定はできない。設定温度を下げた運用で教職員から苦情が出ている。他の部屋との温度差が大きくなることで、ヒートショック等の悪影響も懸念されるため、実施に至っていない(13から15℃で設定)。

・暖房便座については、4月～10月は電源を切っており、11月から3月は学校が開いている時間は電源を入れている。節電モードを活用しているため、設定温度(最低にしている)に達した時はオフになる仕様である。また、便座の蓋に関しても、使用後は閉めるように周知している。

### ③ その他の見直し

- ・電気温水器は毎日稼働することとなっていることから、土日等必要のない時の運転を停止することが望ましい。
- ・11月から設定温度15℃で稼働している水道ポンプ室の凍結防止ヒーターについて、設定温度、稼働期間ともに、トイレの凍結防止ヒーターと同様の運用(12月から3月稼働、設定温度7.5℃)へ変更する。
- ・十分に日射が得られる場合は、教室の窓側の照明を消す、照度を落とすなどの運用を行う。

(回答)

・電気温水器は、休日出勤や部活動の教員により、実際にはほぼ毎日稼働している。運転の停止は現実的ではない。

・水道ポンプ室の凍結防止ヒーターについては、冬期間の必要な時期のみ使用している。

## 4. エコ改修に関して、計画していたが実現できなかったことがある場合はその内容と理由

(回答)

太陽光発電については、計画では設備容量112kWを設置予定であったが、50kWを超えるものを設置する場合は管理者を置く必要があり、維持費が嵩むため、容量を抑えて設置することとなった。特別教室等を改修する計画であったが、予算不足のため実施に至らなかった。

## 5. 設計時及び調査時点(令和元年度)から施設・設備面や運用面で変わったことがあればその内容と理由

(回答)

凍結防止の暖房等について必要な期間のみ使用する事、暖房便座の蓋を閉める事、教室のこまめな消灯を励行するなど、できる範囲での対策を行っており、電気使用量は減少している。

## 6. これまでの取組の総括・感想

(回答)

OMソーラーについて、冬期間は積雪等のためほとんど稼働できていない。

## 7. 今後の取り組み予定(冒頭は報告書の「8.4 今後の課題について」から転記)

### 8.4 今後の課題について

#### ④ 次期エコ改修(特別教室棟など)への期待

- ・太陽光発電の容量拡充のため、特別教室棟への増設の検討。
- ・廊下の照明に人感センサーの設置の検討。
- ・(各教室)放射パネル温水入口への電磁弁の設置
- ・夏季の教室内環境を調査した上で、屋上や外壁の緑化、豊富な井水を活用した自噴井、無電源ポンプによる屋上等への散水等、省エネルギー化をはかりながら行える建物内の室温上昇の抑制を検討。

(回答)

新型コロナウイルス感染症の影響もあり、換気のため窓を開けながら暖房をかける時間があるなど、通常時の運用を行えない状況下であり、また財政的な余裕もないため新たな設備投資も現実的ではな

いが、こまめな消灯や、暖房便座は使用后閉めるなど、これまで励行してきたことを徹底しながら、ボイラー等の設定温度の調整や、凍結防止ヒーター等の使用時期の調整を行うなど、運用面の研究を行いエコにつなげていきたい。



#### 4.4. 委員による点検・考察・提案

##### 【総括】

- ・冬季の厳しい条件下で、健康・快適性を損ねない範囲で設定温度の見直しや間欠運転など最大限努力して頂いているようである。費用対効果も考え、周辺環境に対して機能・効果を発揮する設備を選定することが重要であることを改めて認識させられる。
- ・効果的な暖房区画の設置と適切な運用により、省エネ及び室内環境の快適性が保たれている点が評価できる。
- ・様々な設備が導入されているので、生徒の教材として校舎を利用し、効果を計測することでメリットやデメリットを考察し、環境教育を行うことが出来ればエコスクールとして計画されたことが生かされる。エコスクールとして施設設備を運用しながら今後も省エネ活動を継続していただきたい。
- ・太陽電池の設置容量が減少し、トータルエネルギー削減効果が達成できなかったことは理解できるものの、エコ改修・運用による省エネの達成率が4.3%であることは、当初の計画で無理が生じていると考えられる。今後の整備において達成率をあげられる検討を期待したい。
- ・冬期における一次エネルギー消費量が夏期における消費量の3~4倍に達していることから、暖房に要するエネルギー消費の徹底的な削減を目標とした運用、改修を行うことが肝要である。

##### (1) 温熱環境（ボイラー・断熱）について

- ・複層ガラスへの変更が行われていることが評価できる。
- ・12月のエネルギー消費量をみると、改修後のエネルギー消費量は全般的に多く、断熱の効果が見られない状況である。校舎の棟単位で断熱区画を作り、各棟の階段室に区画扉を設置したことは適切な改修内容であったが、各棟を繋ぐ渡り廊下や、特別教室棟の階段室への設置も行うことでより効果を発揮すると考えられる。
- ・温水暖房の熱源を台数制御可能な灯油炊き小型ボイラーに交換したことは評価できるが、温水の送水制御が適切になされていないのは課題である。現地調査時でも、熱源に近い教室は室温が高くなりすぎて、窓を開放することがあるというコメントがあり、暖房用エネルギーに無駄を生じている。温水制御弁が各階系統の上流側に1個設置されているのみであるため、各階最下流に位置する教室の室温に基づく流量制御では、教室間で温度斑を生じてしまう。このため、各教室の放熱器周りを整備し、流量制御弁を設置するなどの制御系での工夫が望まれる。今後の課題としてご検討いただきたい。
- ・エコ改修後の灯油消費量の削減が見られなかったことの原因の一つとして、エコ改修後の温水の行き帰り温度が高すぎる事があげられる。

##### (2) 太陽光発電について

- ・雫石町の年間最適傾斜角度における年平均日射量は12.6MJ/(m<sup>2</sup>・日)であり、年平均日射量の全国平均は13.8MJ/(m<sup>2</sup>・日)と比較すると大差はないが、冬期における日射量が夏期における値の半分以下にまで減少するなど、月変動が大きい。今回の4校の内、雫石町を除く3校が立地している地域の平均日射量は月変動が少ないので、太陽光発電パネルを設置することは適切であるが、雫石中学校のように月変動が大きい地域への太陽光発電パネル設置要否の検討は慎重に行う必要がある。なお、雫石中学校の場合、全電力消費量に占める太陽光発電量の割合は、最も多い月で45%程度、最も少ない月で8%であり、費用対効果を考慮すると有効なエコ改修であったとは言い難い。

##### (3) OMソーラーについて

- ・OMソーラーは殆ど機能していない点が課題である。専門的知識を持った設計者が定期的に状況の確認と運用改善の提案を行えることが理想である。今後のエコ改修においては、このような設備は立地条件や気候に適しているかの事前予測やシミュレーションが必要であると言える。
- ・OMソーラーは、外気温が低い時期であっても日射時間が長い季節では効果的である。その反面、日射時間の短い冬季では集熱する効果が低くなる。今回の調査結果を見ても、10月や11月4月など、日射時間が長い期間については有効に働いていると思われる。

(4) エコ活動への意識について

- ・運用開始後の取り組みに対し、教育委員会が学校から報告を受けるなど、連携してエコ活動を推進できることが望ましい。

(5) その他

- ・ヒートショックをなくすために暖房を行うことが必須ならば、トイレの凍結防止ヒーターの設定温度を上げるよりも、パッケージエアコンの設置が有効であると思われる。トイレの凍結防止ヒーターは、1 エネルギーで1の仕事量しか発熱しないが、エアコンは少なくとも2から3の仕事量の発熱がある。
- ・照明のLED化を行っているが、管理棟電力の削減がほとんど見られていない。改善の余地があると思われるため、使用状況を確認することが望まれる。

## 5. 環境に配慮した学校施設整備推進に向けて(調査研究を終えて 委員による考察・提案)

### 寄稿 1

#### (1) 地域別モデルの提案

本研究でも、「省エネルギー基準による地域区分Ⅰ～Ⅵ地域」の代表地に立地する学校施設を対象とした校舎のエコ改修モデルプランを作成して、「校舎のエコ改修の推進のために モデルプランによる環境対策のシミュレーション結果(全国版)」として発表した。多くの市町村教育委員会施設担当者は建築が専門でないため、これらのモデルプランだけでは、当該地域のエコ改修として最も適切な改修内容を企画することが困難であるとする。日照条件、風況、日射量などの複数の気象条件、校舎の形態などを加味した数多くのモデルプランを作成して、建築の専門外である多くの市町村教育委員会施設担当者が当該地域として最適なエコ改修を策定できるような技術資料を整備すべきである。

#### (2) アドバイス体制の構築

調査対象校においても、エコ改修を行うに当たり、関係者の学校施設の環境・設備に関する専門知識が必ずしも十分でなかったと思われるが、計画地において費用対効果を高める要素技術が何であるか、アドバイスをする体制を文部科学省、国立教育政策研究所などで構築することが強く望まれる。

#### (3) エコ改修で必須の要素技術

##### ①断熱区画の構築

学校施設が建つ地域、校舎の形態により断熱区画の構成が異なるが、エコ改修では断熱性能の向上が必須である。教室単位とすべきか、校舎の棟単位とすべきか、モデルプランを提示することが強く望まれる。壁面と比べて確実な施工が困難な屋上、屋根、接地部、基礎などにおける断熱改修構法を周知させる事も必要である。

##### ②区画扉の設置

断熱区画を構築するということは、その空間の総合熱貫流率を低下させることである。即ち、部位の断熱性能の向上(部位の熱貫流率の低減)だけでなく、換気による熱損失の削減が不可欠である。特に、学校施設の場合には、昇降口を開放したままの状態である事が多いことから、他の建築物と比べて、換気量が桁違いで多いと推測される。児童生徒の移動に支障があると否定的な意見が多いが、階段室、棟間の渡り廊下などは必ず、区画扉で閉鎖することが肝要である。

##### ③太陽光発電パネルの設置

学校施設における創エネのためには、非常に有効な要素技術である。ただし、全国の学校施設全てに適したものであるとは言い難い。年平均日射量、月平均日射量、月変動など、設置することが適切でない条件を明確にできるとよい。また、太陽光発電による発電量は従前、電力会社への売電を前提としていたが、自家消費を前提とした太陽光発電システムの構築が必要であり、適切な計画を行う為に必要とする技術資料を整備する必要がある。

#### (4) 運用体制

エコ改修による設備機器の交換、更新を行っただけでは、目標とする省エネルギーを達成することが困難である。教育委員会の担当者、学校施設の現場担当者だけでは専門的な知識が不足することが想定される。一般財団法人省エネルギーセンターなどの既存の組織と連携して、高度な専門知識に基づく設備機器のチューニングを実施できる体制の整備が望まれる。「(2)アドバイス体制の構築」の一環としても良いと考える。

### 寄稿 2

#### (1) 郊外と市街地の学校設置条件の環境の違いを意識する

学校の配置計画にあたっては校地の形状、勾配、四季の風向きなどを総合評価してバランスの取れた校舎配置を作成する必要がある。特に重要なのは学校周辺の環境であるとする。市街地か郊外地によって学校に与える環境負荷が異なってくる。その意味で学校を改築・改修等行うには「それぞれの学校周辺環境に適合した設計」をすることが求められる。

## (2) エコ改修の一步進んだ運用計画

校舎内の温度設定については、日々の天候に合った温度設定を行うことが重要なポイントであり、一方的にマニュアル通りでなく、日々の学校環境を機敏に感じ取って、調整をする運用計画が求められる。具体的には環境の「見える化」を積極的に目指して、学校管理者が難しい理論ばかりでなく、「直観」で理解できる方式を作る必要がある。これを踏まえた高性能の設備機器の採用をめざすこともよい。いずれにしても学校を取り巻く日々の環境を感じ取ることが重要な「運用計画」である。

## (3) 再生可能エネルギーの中心となる太陽光発電

今回の調査において、再生可能エネルギー活用で積極的な評価を受けたのは「太陽光発電」であった。太陽光発電は、特に我が国の太平洋側の雨季が短い環境には適切であると考えられる。ただし寒冷地や積雪地では冬期には太陽光発電システムが故障するリスクがあることも認識が必要である。年間の日照時間が一定以上確保できる地域では「創エネ」の面からも有効である。

## (4) 学校の平面断面計画や置屋根のデザイン

今回の調査校は基本的に北側が片廊下式で、原則普通教室は南面に面しており、日あたりの良い南側教室、日あたりの悪い北側廊下、便所という構成が典型として位置づけられる。また、校舎の階数は小学校2~3階建て、中学校は3~4階建てが中心である。学校校舎の形状、階数はそれぞれ学校により異なることから、改修にあたっては今回の調査校の形状、階数を全面的な条件にする必要はない。

置屋根については、屋上の利用を前提としない太陽光発電パネルを屋根に取り付けた、断熱性のある金属製の置屋根の計画が増えていると感じている。

## (5) 建物がめざす高断熱校舎

これまでの校舎に関するエコ改修は、高性能な暖冷房設備機器の導入、発光ダイオード照明の採用がきっかけであった。体育館の改修を考えるにあたって、安定した室内環境を確保するためには壁や床や屋根スラブの断熱化が重要である。建物の断熱性能の向上には、設計にあたり、壁や床や屋根の断熱性能の向上、開口部のペアガラス化、日射遮蔽が重要である。

## (6) 総合的な調査・設計・運用の判断

設備機器の制御は空調設備機器に一方的に依存するのではなく、「見える化」を行い、教職員が日々感じる感覚で判断できることが重要である。判断して操作が可能な設備が整備されることが望ましい。

## (7) 個性ある学校のエコ改修計画

学校のエコ改修計画は、設備機器の更新ばかりではなく、建物の断熱性能の向上が重要である。また、改修工事完了後の運用に対しては、学校教職員が積極的にシステムを理解したり、調整能力を身につけたりが可能となることが望ましい。エコ改修はハードな計画のみならず、手作りの日々の運用調整が重要と考える。結果としてハードとソフト両者のバランスが取れた計画が評価される。

## 寄稿 3

- ・適切な暖房区画の設置によってエネルギー使用量削減が図られていることが確認された。特に、寒冷地においては冬季の暖房負荷が大きくなるため、暖房区画の適切な設置と運用が効果的である。
- ・省エネ及び室内環境の快適性確保のためには窓、外壁、屋根の断熱化は有効な手段である。
- ・エコ改修はエネルギー使用量削減が大きな狙いではあるが、同時に児童生徒の健康維持の観点から室内環境の快適性確保の視点は欠かせない。これらは一体のものとして計画する必要がある。
- ・学校における日々の省エネ活動等にあたっては、太陽光発電量のモニター画面など、その効果が可視化できるような工夫をあらかじめ施設的にしておく効果を実感しやすい。
- ・児童生徒を省エネ活動等に参画させる場合には、単なる維持保全のためではなく教育の一環として行われているものであることを特に意識させることが大事である。

## 寄稿 4

どの学校にもいえるが、現場の運用担当者(校長や担当教諭、用務員等)は、月単位のエネルギー消費量を毎月確認し、推移をグラフ化して過去の同月との比較を行っていただきたい。せっかく様々な工夫の取り組みをしても、その効果が分からないとモチベーションも上がりにくく、消費量の増加に気づかなければ、改善の取り組みも実施できない。

また、エコスクール推進体制の調査結果を見ると、全校で、教育委員会は活動を学校に任せており、学校施設整備担当部署に建築専門職もないとの回答である。すなわち、計画・設計段階で検討・導入された省エネ設備等についても、運用段階ではこれらを使いこなせる人が現場にも自治体担当部署にもいないということである。現場の先生方は頑張っているつもりでも、適切な運用がされているとは限らず、チェックもできないのは非常にもったいない状況と言える。対策としては、建築設備の素人にも分かりやすい運用・チェックマニュアルのようなものを整備するとともに、専門知識を有する人（自治体担当部署にいないければ設計者が妥当か）が定期的にフォローする仕組みの整備なども必要と言えるのではないだろうか。

## 寄稿 5

- 学校の省エネルギーや環境改善のためには、教育委員会に専門家を配置し、検針票に基づくものであっても構わないので市町村の全学校でデータを収集し、エネルギー消費量や水使用量、太陽光発電量などについての原単位管理を導入した方が良い。また、これらは環境教育などでも活用できると思われる。（例えば、企業の環境報告のように、教育委員会においても文教施設の環境報告を作成するなどの方法もあると思われる。）
- 校舎の管理は学校の教職員だけでは限界があり、知識が不足しているため管理が行き届いていない状況である。市町村の教育委員会や施設管理課が担当するだけでなく、PFI や指定管理者制度等の活用により民間が行うことも必要になると思われる。このための人材育成は必須である。
- 創エネが太陽光発電一辺倒になっている状況は問題が多いと思われる。矢吹小学校のように系統連系が上手くできない場合、省エネと逆行する結果が生じている。
- 太陽光発電の関係もあり、蓄電池を設置するケースもみられる。15kWh の蓄電池を設置した場合、災害時は昼間は太陽光発電を活用し夜間に蓄電池を利用することになる。コンセントは4か所程度で情報収集用の電話交換機、防災無線、ラジオ・テレビの電源、体育館等の照明電源、保健室で医療用電源としての活用が想定されている。一部の自治体では地域住民と協議の上、運用マニュアルを作成しているところもある。運用マニュアルが作成され、非常時にも十分に役立てていただきたい。
- 太陽光発電設備も経年劣化する。地域によっては積雪によるパネルやケーブル類の故障、強風による破損、屋根防水の損傷による雨漏り等の事例が報告されている。定期的なメンテナンスが必要である。
- 金閣小学校で報告されているが、学校の電気代はデマンド料金制を採用しているため、天気の良い日（発電量が少ない日）の電気使用量が基準になってしまう傾向にあり、結果として料金が実態より割高になっている場合があり、実態を踏まえた検討が望まれる。
- 太陽光発電の設置により発生する様々な費用（系統連系の問題、固定買取制度の問題、変圧器等の設備の増強、維持管理など）について、実態を把握することで、学校校舎への太陽光発電の導入効果を、エネルギー消費量以外の面でも検証したい。
- 今後使用する予定がない余裕教室は、減築や冷暖房区画から外すなども環境配慮の一助となる。
- 金閣小学校の報告をみると、メンテナンスサイクルの確立について述べられているが、これは重要な視点である。エコスクールの事例を積み上げ、教室環境の改善と省エネルギーの両立を図る継続的な取り組みが、市町村教育委員会へ求められる。
- 体育館の温熱環境は研究対象外であるが、体育館の温熱環境の改善も必要と思われる。鹿ノ台中学校のエネルギー消費量の測定結果によると、エコ改修前後の一日当たりの電力削減量は校舎照明（Hf からLED）よりも、体育館（水銀灯からLED）の方が変更後の削減量が多い。水銀灯からLEDの変更は進んでいると思われるが、体育館の冷暖房を行うことになると、断熱改修などの省エネルギー対策が必須になる。
- 変圧器の負荷損については学校校舎の特性から考えて対応することが必要である。変圧器を更新する大規模改修では、低負荷損の変圧器を選択するのが望まれる。
- 教室の照明は複数の照明器具をまとめたスイッチになっているが、スイッチは窓際・中央列・廊下側の場合と、前・中・後の場合がある。近年、電子黒板やプロジェクターの使用など、学校教育も変化していることも踏まえながら、省エネを意識した照明スイッチを検討できるとよい。
- ベース電力は夜間休日を含めて消費されるエネルギーであり、学校校舎の場合ではその割合は比較的高い。ベース電力の削減は中間期のエネルギー消費をみると把握しやすいため、5月、10月の電力消費量

について、確認するのが良い。

- ・プールのろ過ポンプの省エネ化についても検討が求められる。
- ・雨水タンクが設置されるケースがみられるが、メンテナンス不足により水質が悪化していないかを確認する必要がある。
- ・北海道・東北地方でトイレに暖房目的でヒーターを入れるのであれば、暖房効率の良い 24 時間稼働する暖房設備を設置するのが良い。
- ・廊下を暖房しているのであれば、廊下の空気をトイレへ誘引するようにし、校舎内の気流の流れに配慮した計画にすることによって、トイレの温度を上昇させることが可能である。ただし、教室に有圧扇で排気する第三種換気方式にしていると、校舎内の空気は昇降口や階段等を通り、廊下を通過して教室へ流れるため、教室の換気設備を第一種換気（熱交換換気扇）に変更することや教室や廊下の外気取入口の位置に対する配慮も必要である。
- ・校舎全体の空気の流れについては、計画があまり行われていない状況がある。普通教室の換気は有圧扇で排気しているケースが多いが、外気取入口の配置が不十分な場合もあり、廊下や階段等の空気が教室へ流れているケースも多い。一方、熱交換換気扇を設置した場合、熱交換換気扇を置くスペースの問題が生じ、熱交換換気扇からの音も大きく、導入が見送られる場合もある。省エネルギーと室内空気質（シックスクールや感染症対策）の観点から学校校舎の空気の流れに着目した設計を行う必要があると思われる。
- ・太陽光・風力ハイブリッド型外灯は省エネ効果や環境教育での利用も限定的であるため、現状の設備としては必要ではないと考える。

以下、4校を比較

●太陽光発電について

- ・金閣小学校 94.17kW+2.45kW=96.62kW 年間発電量÷公称最大出力=1095 妥当な値  
平成 29 年 6 月の報告書より、年間自家消費量 46983kWh, 年間売電量 58827kWh  
年間発電量 105810kWh 年間自家消費量÷年間発電量=44.4%  
買電量 58747kWh 買電量÷(自家消費+買電量)=55.6%

※太陽光発電は周辺建物の影や売電制御の影響が少なく、きちんと発電されているものと思われる。  
校舎で使用する電力の 55.6%は系統連系で買ってきている。

- ・鹿ノ台中学校 103.1kW 年間発電量÷公称最大出力=1190 妥当な値  
平成 30 年 8 月の報告書 自家消費量 38483kWh, 売電量 84168kWh  
年間発電量 122651kWh 自家消費量÷年間発電量=31.4%  
買電量 32866kWh 買電量÷(自家消費+買電量)=46.1%

※太陽光発電は周辺建物の影や売電制御の影響が少なく、きちんと発電されているものと思われる。  
金閣小学校と比べると、太陽光発電の最大出力が大きいいため、年間の自家消費割合も低く、買電力割合も低い状況になっている。

- ・矢吹小学校 92.2kW 年間発電量÷公称最大出力=533 かなり少ない。

(H30) 年間発電量 49200kWh 買電量 149393kWh  
売電を行わず発電制御を行っているため、自家消費量÷年間発電量=100%  
買電量 32866kWh 買電量÷(年間発電量+買電量)=75.2%

※しっかりと発電できていない状態である。発電制御をしているためであり、積雪等の関係はない。売電していないため、発電量は全量自家消費である。校舎で使用している年間総電力消費量と買電力量

の関係は 75.2%である。

- ・ 雫石中学校 年間発電量 50kW 年間発電量÷公称最大出力=1182 妥当な値。  
令和元年報告書より 年間発電量 59081kWh 買電量 269061kWh  
自家消費量÷年間発電量=100% 売電量がないため発電量は全量自家消費。  
買電量÷(年間発電量+買電量)=82.0%

※雫石中学校は矢吹小学校と同様に売電していない。発電制御ではなく、太陽光パネルの量が少ないため、結果として休日を含めて自家消費になっている。校舎で使用している年間総電力消費量と買電力量の関係は 82.0%である。太陽光発電の容量が少ないこともあり、買電力量の割合が多い。このため、このような状況で蓄電池を設置しても効果が小さい。このような場合は、蓄電池を 10kWh 小さくし、非常時の使用を考え、可搬型発電機を設置すると良いだろう。

#### ●改修後のエネルギー消費量削減

改修前の校舎の状況にもよるが、断熱改修・照明設備でできるエネルギー消費量の削減は頑張って 20%程度である。

エネルギー消費量の削減 (一次エネルギー全体)

金閣小 27.3% 鹿ノ台中 28.4% 矢吹小 16.1%増加 雫石中 13.5%

#### 寄稿 6

- (1) ソフトを継承してくためには、児童や生徒への環境教育や環境配慮の活動が必要である。
  - (2) 一般的ではない機器が導入された校舎は、運用や管理の継承が重要である。
  - (3) 創エネの装置としては太陽光発電設備の効率が良いように感じる。但し日射時間の短い地域では設置に関して局所の気候を十分検証する必要がある。また、夏休みのある公立小中学校では発電した電力が売電出来ない場合は、デメリットとなる可能性がある。
  - (4) 照明設備が LED 化され、空調設備がヒートポンプ形式となった場合には、その他附属的な機能のものがエネルギーを浪費している事例があった。計画時に十分使用状況を調査し検討することが必要である。
  - (5) 創エネは太陽光発電が適していることが判った。但し、日射時間が短く導入に消極的な地域もあるのではないだろうか。そのような太陽光発電設備を設置しても日射時間が短い地域や冷房する期間が短い地域の多くは、背後に森林を持つ地域ではないかと推測する。そのような地域では SDG's や ZEB 化を目指し取り組むために、バイオマスエネルギーを利用することを検討してはどうか。冷暖房を考えると、ペレット焚吸収式冷温水器を使う必要があるが、市町村に支払われる森林環境贈与税による導入や更新が考えられないだろうか。木材のペレットやチップは運送距離が長くなるとウッドマイレージが嵩むが、地域の森林資源を利用することが出来れば、効率も上がってくる。間伐材の利用促進も進むため、地域の森林環境が良好になり、山の保水率も上がり防災化も進むことになるのではないかと。学校建設構造体や内装材として木材を利用することも考えられるが、毎年エネルギーとして一定量を利用することが出来る、バイオマスエネルギーの利用が森林利用のベースになっても良いのではないかと。(取り組んでいる自治体や先進校も見られる。)
- これまで、エコスクールづくりが難しかった地域で動機付けになり、児童や生徒の学びや生活の快適性を向上させ、地域の環境を良好にできる機会となる。
- (6) 結び
- 委員会での活動を通じて、ベースとなる要素はしっかりと満足した上で、これまでの計画内容に囚われず、その場所にあった学校づくりを考えることが、エコスクールづくりになると感じた。

## 6. 参考

### (参考1) 金閣小学校におけるエコ改修による導入した施設・設備

番号	スーパーエコスクール実証事業基本計画書・報告書等に記載のある改修項目	設計における方向性	変更する（または実施しない）理由	備考
1	太陽光発電（90kW）	実施	—	北校舎約50kW、南校舎約30kW、東校舎約10kW、ほか東校舎壁面、渡り廊下屋根（透過型パネル）にも設置
2	中庭西側渡り廊下屋根への太陽光発電装置新設	実施	—	透過型太陽光発電装置
3	太陽光発電によるコンセントを体育館付近に設置	実施	—	東校舎東側（体育館側）に自立運転コンセントを設置
4	風力発電装置	実施	—	中庭に垂直型風力発電装置を学習用として設置
5	風力発電装置直結のコンセントを設け、ホット・クールファン設置	実施	—	電源は蓄電池付き（発電時のみ使用できるコンセントにするとそれに接続する機器側に負担がかかるおそれがあるため）。ホット・クールファンは備品対応。
6	太陽熱利用給湯	実施	—	太陽熱給湯用の水栓を、図工室・家庭科室に1～2か所ずつ設置
7	屋上断熱	実施	—	断熱防水改修
8	複層ガラスによる断熱化	実施	—	各教室の外部窓は原則として複層ガラス化する
9	理科室に3種類のガラスを設置（比較学習に利用）	実施	—	理科室に、強化ガラス・複層ガラス・Low-E複層ガラスを設置
10	外壁腰壁の内断熱	実施	—	
11	ライトシェルフの活用	実施	—	北校舎及び南校舎の南面に二段庇を設置
12	防球ネット撤去	内容変更	◆防球ネット付き二段庇を設置する。	学校要望により変更
13	通風換気促進・ナイトバージ	実施	—	階段室最上階に自動開閉換気窓を設置
14	京都市産木材を活用する木質空間	実施	—	新昇降口及び教室内腰壁等を「みやこ杣木」の活用等により木質化
15	新昇降口に設置する環境モニター	実施	—	電気使用量は棟別、ガス使用量は全体及びガス空調機毎に測定・表示
16	中庭の受水槽の移設・更新	実施	—	中庭の既存受水槽撤去、北校舎東側にステンレスパネルタンク及び加圧給水ポンプを新設
17	中庭の人工芝化	実施	—	既存受水槽跡も含めて実施
18	学習農園・グリーンカーテン	実施	—	北校舎南側に学習農園及びグリーンカーテン用フック新設（グリーンカーテンは備品対応）
19	ドライミスト	実施	—	北校舎南側にドライミスト接続用水栓を設置（噴霧装置自体は備品対応）
20	雨水貯留による灌水	実施	—	小規模雨水貯留タンク（中庭3か所・東門付近1か所）、既存雨水タンク活用（ピオトープ付近）
21	宇多川の水利用	本工事では見送り	◆水質に問題がある可能性があり、ピオトープに引き込むと生物・植物に悪影響を与えるおそれがある。また、万が一不法投棄の有害物質等が流れてきた場合に対処が困難。 ◆水を引き込むためにはポンプアップする必要があり、ポンプ及びごみ取りスクリーンの日常的なメンテナンス（暗渠内作業となるためおそろく専門業者への委託が必要）等、維持管理コストが高くなることが見込まれる。	代替案として手押しポンプ付き井戸の設置を検討したが、専門業者への確認の結果、次の理由から本工事では見送る。 ①金閣小付近は浅井戸（8m以下）を掘っても水が出ない可能性が高く、水が出たとしても水質に問題がある可能性が高い ②深井戸（50m等）を掘れば水は出ると思われるが、大掛かりな工事となり、ポンプ等の定期的なメンテナンスも必要となる
22	落葉発酵熱ベンチの設置	本工事では見送り	◆既製品等がなく、設計における仕様の指定が困難なため、別途検討。	
23	渡り廊下の木造屋根	実施	—	北校舎・南校舎間の渡り廊下について、垂木・野地板の不燃木材化、屋根の銅板葺き化を実施
24	金閣寺垣の設置	実施	—	東門付近に設置
25	LEDスポットライト付きブランター設置（北校舎1階）	工事対象外項目	◆備品対応	
26	高架水槽撤去⇒ポンプ圧送式給水システムへの変更	実施	—	
27	受変電設備更新	実施	—	太陽光発電との連系による改修を行う。高圧引込ケーブル及び二次側配線も更新（エコケーブル）。変圧器は2014年のトップランナー基準に準拠する。
28	ハイブリッド外灯	内容変更	◆校内動線上、支障となる位置への設置は取り止め	東門付近に1基設置
29	手洗い水栓に節水コマを設置	実施	—	
30	空調区分の区画（一部の廊下を仕切る）	本工事では見送り	◆ユーザービリティ、教育への影響及び災害時の避難経路確保等の観点から別途検討。	
設計における新規実施項目		説明		備考
1	超節水型大便器の導入	従来より少量の水で流すことができる大便器を導入し、水使用量の削減を図る。		スーパーエコスクール実証事業採択校であることから、京都市ではまだ導入実績のない本設備を先行導入する。
2	便所の照明として人感センサー付きLEDダウンライトの導入	各便所にLEDダウンライトを設置し、点灯は人感センサーによる点灯とする。		
3	東門の門扉塗装・門柱補修	学校の顔である東門付近を整備する。		
4	ピオトープ周辺の地面の整備	既存インターロッキングを撤去し、脱色アスファルト舗装を新設する。		



(参考2) 矢吹小学校における基本計画の改修工事への実施状況

番号	スーパーエコスクール実証事業 基本計画書・報告書等に 記載のある改修項目	設計におけ る 方向性	変更する（または実 施しない）理由	備考
1	外壁、屋上等の断熱化	実施	一部変更 (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屋根断熱の方式を外断熱から内断熱仕様に変更</li> <li>・外壁断熱の方式を外断熱から内断熱仕様に変更</li> <li>・校舎の外壁及び屋上は、現場発泡ウレタン厚20mm吹付け</li> <li>・体育館の屋根は、シリコン形遮熱塗料塗替え、化粧グラスウールボード厚25.90kg/m<sup>3</sup></li> <li>・体育館の外壁は、グラスウール厚さ50mm、ポリスチレンフォーム2種b t=30</li> </ul>
2	窓の断熱化、気密化	実施	一部見送り (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部に面する窓ガラスを二重ガラス化</li> <li>・サッシはカバー工法</li> <li>・既存窓を残し木製窓を設ける二重窓化は見送り</li> </ul>
3	通風の確保、換気システム採用	実施	一部見送り (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガラスブロック窓を引き違い窓に改修</li> <li>・ナイトパージ（夜間換気：サッシ一体型手動開閉プレス）設置</li> <li>・給気システム（廊下排気含む）の導入は見送り</li> </ul>
4	冷気遮断	実施	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・階段室に扉設置</li> <li>・昇降口に扉を設置し風除室とした</li> </ul>
5	照明による消費エネルギー削減	実施	一部見送り (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全照明（体育館含む）をLED照明器具に交換</li> <li>・教室の窓側と廊下側の照明系統を分割（手動での対応）</li> <li>・昼光センサー設置は見送り</li> <li>・トイレと廊下に人感センサー設置</li> </ul>
6	節水	実施	一部見送り (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トイレ便器は全て節水型に交換</li> <li>・散水利用のための雨水タンク設置は見送り</li> </ul>
7	太陽熱の有効利用	本工事では見送り	事業費抑制及び荷重の問題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体育館に空気集熱式ソーラーシステム設置は見送り</li> </ul>
8	木質化	実施	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内装仕上げ、床、壁、天井、造作家具に県産木材使用</li> </ul>
9	太陽光発電	実施	一部変更 (事業費抑制のため)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・校舎屋上に90kwの太陽光発電を設置（計画では110kwを予定していたが縮小）</li> </ul>
10	エネルギー管理	実施	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>・BEMS導入により、発電量（太陽光）及び消費エネルギー（電力使用量及び水道使用量）を適正管理</li> </ul>
11	環境教育の推進	本工事では見送り	事業費抑制のため	<ul style="list-style-type: none"> <li>・緑の空間（花壇、ビオトープ等）の設置は見送り</li> <li>・環境学習室の設置は見送り</li> <li>・自然循環システムを体験できる温室「グリーンルーム」の設置は見送り</li> </ul>
12	給食室の改修	本工事では見送り	事業費抑制のため	<ul style="list-style-type: none"> <li>・町内の学校の給食室を廃止しセンター方式へ検討中</li> </ul>

(参考3) 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  
令和2年4月1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。

政府においては、京都議定書の約束期間が開始された平成20年以降、温室効果ガスの排出削減等の取組を強化しており、平成28年には、パリ協定(平成27年採択)を批准している。

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、学校施設における環境対策の推進に資することを目的として、調査研究を行う。

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CO<sub>2</sub>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日から令和3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	株式会社日本設計プロジェクト管理部フェロー
○小峯 裕己	千葉工業大学創造工学部建築学科教授
坂口 淳	新潟県立大学国際経済学部国際経済学科教授
寺嶋 修康	寺嶋研究所代表
中島 裕輔	工学院大学建築学部まちづくり学科教授
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)

渡邊 恭令	施設企画課課長補佐
松村 泰成	施設企画課環境施設企画係長
森井 敦也	施設助成課課長補佐
辻本 慶太	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。

丹沢 広行	文教施設研究センター長
早田 清宏	文教施設研究センター総括研究官
谷口 奈津子	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