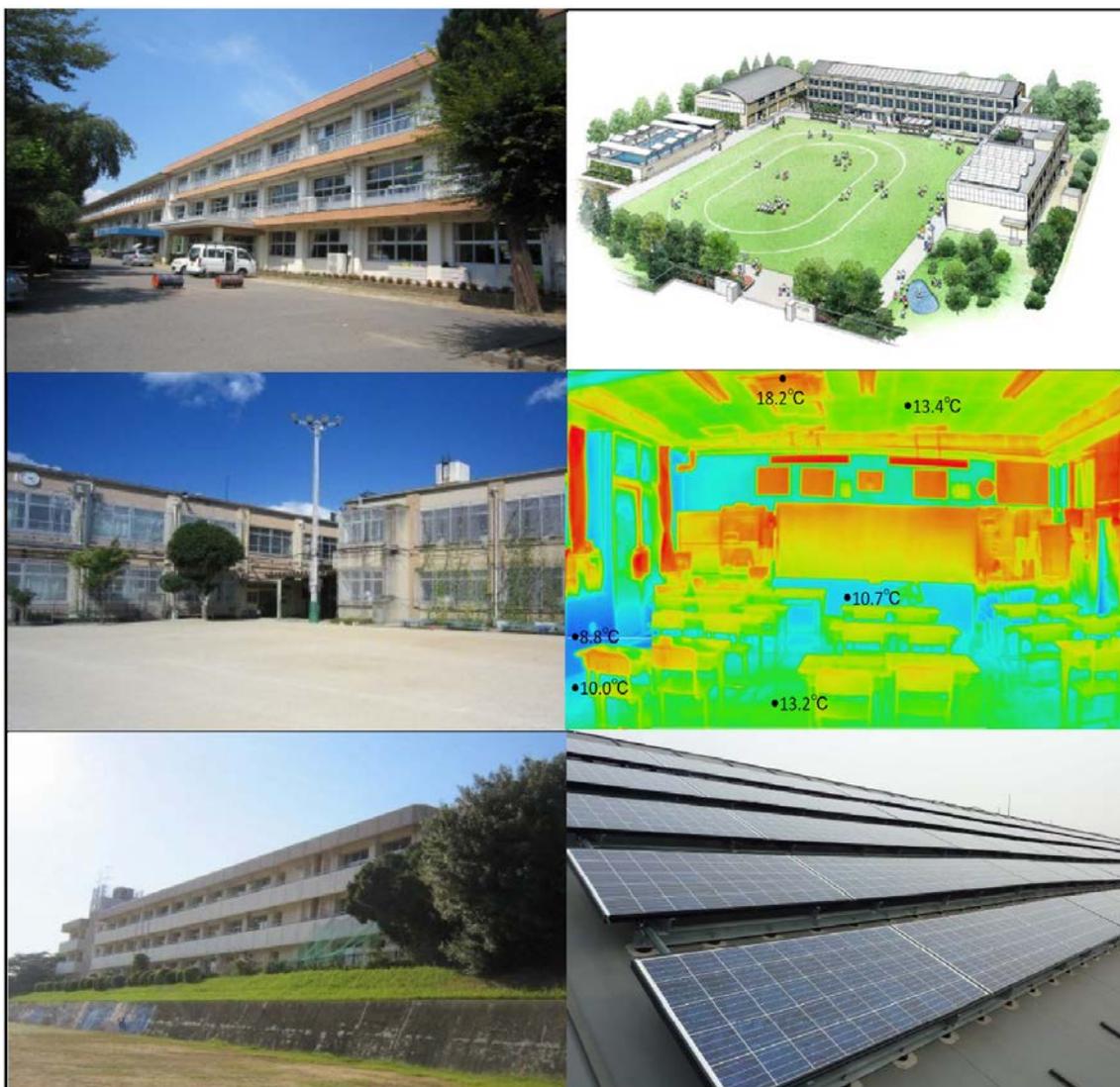


スーパーエコスクール実証事業における学校施設のエネルギー使用実態等調査
— 学校施設の環境に関する基礎的調査研究報告書 —
(平成 24 年度とりまとめ)



平成 25 年 9 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

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り組み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は、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、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みを推進するため、既存校舎のゼロエネルギー化を目指す基本計画、基本・実施設計、改修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 3 校が選定されました。

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 千葉工業大学工学部建築都市環境学科教授）」を実施し、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において、改修前後の建物仕様、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、データを蓄積して、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して研究を行っています。

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。

平成 25 年 9 月

調査研究の概要

○学校施設のエネルギー使用実態等調査

1) 調査対象校

- ①福島県矢吹町立矢吹小学校
- ②京都府京都市立金閣小学校
- ③奈良県生駒市立鹿ノ台中学校

2) 調査内容

- ①学校施設の温熱環境等調査
(学校施設の温度・湿度・照度等について、継続データを収集し、温熱環境等を調査)
- ②学校施設の運用実態調査 (アンケート)
(校舎、体育館、給食室、ベース電力等を把握するため運用実態について調査)
- ③エネルギー種別 (電気・水道・ガス・灯油等) ごとの検針結果の収集
(校舎、体育館、給食室、ベース電力等のエネルギーについてデータを収集、また、電気、ガスについては計測器を設置し、校舎、体育館、給食室、ベース電力等それぞれについての使用量を把握)

3) 分析内容

- ①学校施設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学校施設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 (Ver. 2) と実態データとの検証

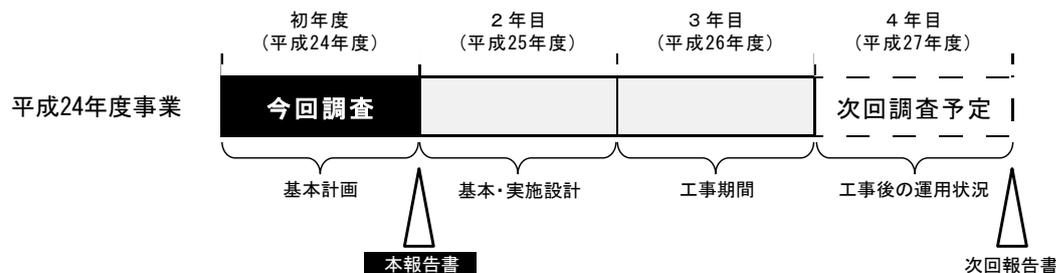
4) 全体スケジュール

改修前

現状の使用エネルギーの実態を把握(今回調査)

改修後

改修前と同条件で調査・分析を行い改修及び運用実態の効果を検証(次回調査予定)



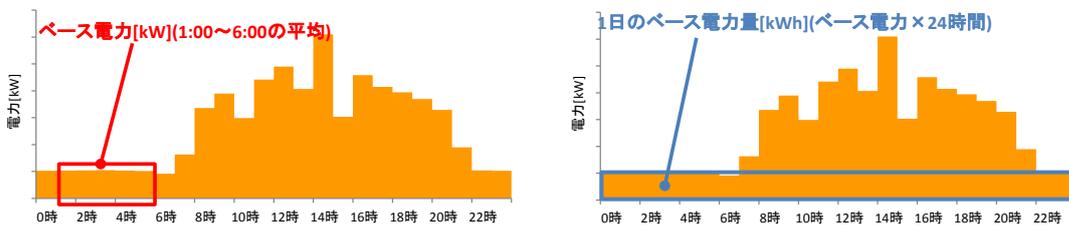
○報告書の骨子

学校施設のエコ改修において、快適性の向上・省エネルギー実現のための方策について調査研究し、以下の結果が得られた。

1) ベース電力に関する節電対策の必要性

これまでは学校のエネルギーといえば、照明、暖房、冷房等、運用に関わる用途での消費が主なものであると考えられていたが、本調査研究における詳細なエネルギー調査によって、学校全体の一次エネルギー消費量に対し、ベース電力(※)による一次エネルギー消費量の占める割合が相当大きい(2割~3割強)ことが明らかになった。

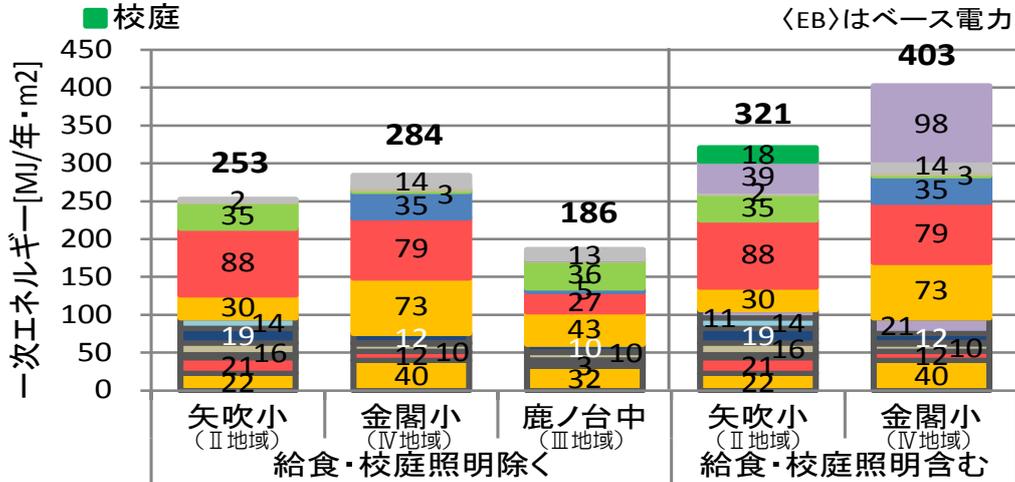
※ ベース電力：学校が運用していない時間帯(夜間)にも消費する一定の電力



2) エコ改修の検討方法について

今回調査研究を行った3校は、学校施設という共通点以外は、校舎形状、規模、所在地(気候風土)、暖冷房方式、教育的配慮を含めた運用実態等様々な面において異なり、年間のエネルギー消費量もそれぞれ異なる。このことから、ゼロエネルギー化も視野に入れたエコ改修を検討する際は、学校毎にエネルギー消費量、温熱環境、運用実態等を適切に把握し、多様な視点からの検討が必要であることが明らかになった。

- 照明・コンセント(主にコンセント)〈EB〉
- 空調〈EB〉
- 体育館〈EB〉
- その他(主に変圧器)〈EB〉
- 揚水ポンプ〈EB〉
- 濾過ポンプ〈EB〉
- 凍結防止ヒーター〈EB〉
- 給食〈EB〉
- 照明・コンセント(主に照明)
- 暖房
- 冷房(GHPのみ)
- 体育館
- その他(主に変圧器)
- 揚水ポンプ
- 不明
- 給食
- 校庭



床面積あたりの年間一次エネルギー消費量

参考：各地域の学校における年間平均エネルギー消費量
 小学校平均：Ⅱ地域 389MJ/年・m² Ⅳ地域 267 MJ/年・m²
 中学校平均：Ⅲ地域 347MJ/年・m²

3) 本報告書の成果（ゼロエネルギー化に向けたテーマ別取組方法の提案）

①ベース電力量の削減

（空調機器） 高効率機器の採用や機器を使用しない期間における当該機器主電源の OFF

（電化製品等） 夜間・休日に電源を OFF にできる仕組みの採用

（常時稼働機器） 避難口誘導灯などは LED 等の高効率機器の採用

②照明エネルギーの削減

昼光利用、高効率機器の採用の他、晴天時など必要照度が得られる条件の時にける消灯の励行など適切なルール作りが必要

③暖冷房エネルギーの削減

建物の断熱・気密性の向上の他、空調区画の整備や空調区画を確立させるためのドアの採用、適切なルール作りが必要

④運用を考慮した計画

省エネルギーや環境改善を目指した建物を整備するだけでは目的を達成することは難しく、適切な使用が可能となるよう、また、教員の異動等があっても後任に引き継げるよう運用マニュアルの整備が必要

⑤適切な変圧器の選定

学校の電力容量の使用実態を把握し、負荷率と効率を考慮した変圧器の選定が必要

4) 本報告書の活用例

当研究所の調査研究内容は、各地方公共団体が作成したスーパーエコスクール実証事業基本計画においても活用されている。

3校の基本計画（取組内容）		矢吹小学校	金閣小学校	鹿ノ台中学校	本報告書の提案
省エネ	外壁・屋上の断熱化	○	○	○	P36、59、81、109
	窓の断熱・気密性向上	○	○	○	P36、59、81
	通風（ナイトパージ）の確保	○	○	○	P83～85
	空調区画	○			P32～33、36、109
	高効率照明器具等の採用	○		○	P27、72、81、108～109
	ライトシェルフの採用		○		P59
	高効率空調機等の採用			○	P108
	節水型便器等の採用	○		○	—
	運用による省エネ	○	○	○	P36、59、81、106～110
	エネルギー（情報）の見える化	○	○	○	P111

※ 省エネ以外の取組み

矢吹小：①創エネ：太陽光発電 ②蓄エネ：蓄電池 ③その他：内装木質化、太陽熱利用

金閣小：①創エネ：太陽光発電、風力発電 ②その他：内装木質化、雨水・河川水利用、落葉発酵熱ベンチ、ドライミスト

鹿ノ台中：①創エネ：太陽光発電、風力発電、足踏み発電 ②その他：雨水・河川水利用

本報告書は、平成 24 年度のスーパーエコスクール実証事業において、当研究所が調査分析した内容を取りまとめたものであり、平成 25 年度以降実施する同事業において、地方公共団体が行う温熱環境等調査の参考とすることが可能である。なお、巻末の調査票は本調査において使用したものであり、運用状況、照度の把握に活用されたい。

目次

1.	調査概要	1
1.1	目的	1
1.2	調査の位置付け	1
1.3	調査体制	1
1.4	スケジュール	2
1.5	調査対象校の概要	2
1.6	測定概要	4
1.6.1	エネルギー消費量、温熱・光環境測定	4
1.6.2	測定期間	7
1.7	用語・単位の定義	8
2.	矢吹小学校	13
2.1	学校概要	13
2.2	主な設備機器一覧	14
2.3	運用実態	14
2.4	エネルギー消費量・温湿度調査	16
2.4.1	調査概要	16
2.4.2	エネルギー消費量・温湿度の変動	18
2.4.3	エネルギー消費特性	21
2.4.4	教室の光環境	30
2.4.5	冬期における放射環境	32
2.5	FASTの検証(改修前の実態との比較)	34
2.1	エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点	36
3.	金閣小学校	37
3.1	学校概要	37
3.2	主な設備機器一覧	38
3.3	運用実態	38
3.4	エネルギー消費量・温湿度調査	40
3.4.1	調査概要	40
3.4.2	エネルギー消費量・温湿度の変動	42
3.4.3	エネルギー消費特性	45
3.4.4	教室の光環境	54
3.4.5	冬期における放射環境	56
3.5	FASTの検証(改修前の実態との比較)	57
3.6	エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点	59
4.	鹿ノ台中学校	60
4.1	学校概要	60
4.2	主な設備機器一覧	61
4.3	運用実態	61
4.4	エネルギー消費量・温湿度調査	63
4.4.1	調査概要	63

4.4.2	エネルギー消費量・温湿度の変動	65
4.4.3	エネルギー消費特性	67
4.4.4	教室の光環境	75
4.4.5	冬期における放射環境	77
4.5	FASTの検証(改修前の実態との比較)	79
4.6	エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点	81
5.	3校の比較	82
5.1	気象条件	82
5.2	運用状況	86
5.2.1	スケジュール	86
5.2.2	設備の運用状況	86
5.2.3	就業時間外の活動	88
5.2.4	教室・管理諸室の稼働状況	88
5.3	主な設備容量	90
5.3.1	変圧器	90
5.3.2	各学校の変圧器の仕様	90
5.3.3	最新機器に変更した場合の変圧器電力量の試算	93
5.3.4	照明容量	95
5.3.5	暖冷房設備	96
5.4	エネルギー消費量	97
5.4.1	概要	97
5.4.2	一次エネルギー	97
5.4.3	ベース電力	99
5.4.4	暖房時の教室内温熱環境と暖房用消費エネルギー	100
5.4.5	年間一次エネルギー消費量	102
5.5	温熱環境	103
6.	まとめ	106
6.1	学校のエネルギー使用実態	106
6.2	スーパーエコスクールの実現に向けて	108
6.3	FASTの検証	110
7.	今後の課題	111
7.1	調査について	111
7.2	FASTについて	112
8.	スーパーエコスクール実証事業における助言等について	113
8.1	スーパーエコスクール実証事業検討スケジュール	114
8.2	ゼロエネルギー化を目指す計画の参考となる助言	115
8.3	環境研究会で調査・分析された資料の提供(3校における年間エネルギー使用量)	117
8.4	環境研究会による成果物(モデルプラン、FAST)の紹介	128
9.	調査票(運用状況ヒアリング項目調査票等)	131
10.	地方公共団体による報告書(基本計画書)	145
11.	学校施設の環境に関する基礎的調査研究	186

1. 調査概要

1.1 目的

本調査は、スーパーエコスクール実証事業を行う学校施設において、改修前後の建物仕様、運用実態及びエネルギー消費量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、ゼロエネルギーを目指す実証事業の一助とすること、併せて、「学校施設の環境に関する基礎的調査研究」の基礎データとして蓄積することを目的とし、主に下記の調査を行う。

① エネルギー消費量

校舎の照明・コンセント、暖冷房、体育館の照明、給食室の調理・洗浄 などの用途別エネルギー消費量を把握する

② 教室、体育館の温熱環境

③ 運用の実態把握(ヒアリング及び設備機器等の現地調査)

④ 教室の光環境 (調査は、教育委員会に依頼)

1.2 調査の位置付け

- 学校施設に関する運用時のエネルギー消費量等を把握し、基礎データを収集する。
- スーパーエコスクール実証事業の対象校(以下、対象校)の改修計画を行う際の参考データとして、エネルギー消費量、温熱環境実態を把握する。
- 調査結果をもとに、対象校へゼロエネルギーを目指すための改修についての助言を行う。
- 対象校のエネルギー消費実態とFAST(Ver.2)¹(以下、FAST)の試算結果を比較することで、FASTの予測精度の検証を行う。

1.3 調査体制

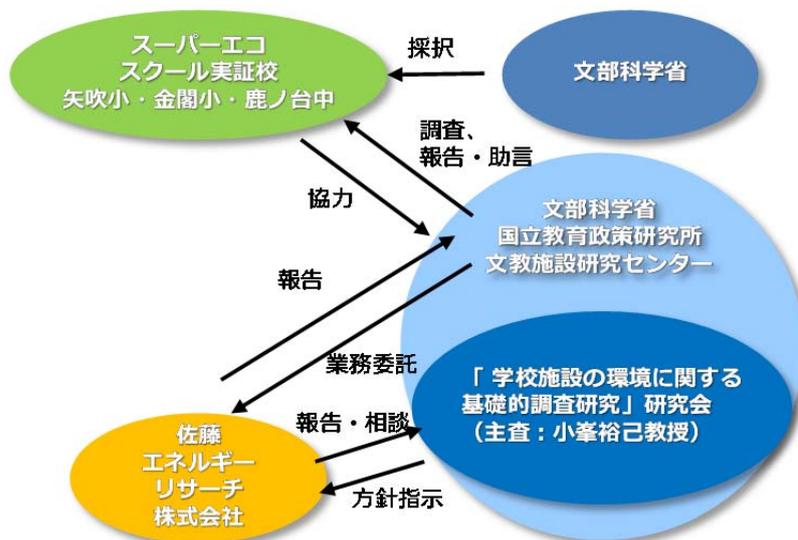


図 1-1 調査体制

- 鹿ノ台中の温熱環境測定は、生駒市との契約調査会社が行った

¹「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

1.4 スケジュール

表 1-1 スケジュール

	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
エネルギー消費量測定 温熱環境測定	● 設置		●データ 回収		●データ 回収		● 撤去
運用実態・機器設備調査			●ヒアリ ング実施				
データ分析・報告書作成							
研究会		●10/15			●1/17		●3/4
実証校への調査結果の報告及 び助言						●	

1.5 調査対象校の概要

対象校の概要を表 1-2 に、写真を表 1-3 に示す。

表 1-2 対象校の概要

	福島県矢吹町立矢吹小学校※1	京都府京都市立金閣小学校※1	奈良県生駒市立鹿ノ台中学校※1
地域区分※2	II地域	IV地域	III地域
敷地面積	10,304 m ²	5,137 m ²	23,802 m ²
校舎面積	西校舎:3,098 m ² 東校舎:1,485 m ² 合計 :4,583 m ²	南校舎:1,208 m ² 北校舎:2,635 m ² 東校舎: 615 m ² 合計 :4,458 m ²	南校舎:2,400 m ² 北校舎:2,301 m ² 合計 :4,701 m ²
校舎構造 階数	西校舎:RC造、3階、S44年築 東校舎:RC造、3階、S57年築	南校舎:RC造、2階、S39年築 北校舎:RC造、3階、S47年築 東校舎:RC造、2階、S50年築	南校舎:RC造、3階、S56年 北校舎:RC造、3階、S60年
校舎形状	一文字型 ベランダあり	L字型、並行配置	並行配置 ベランダあり
教室窓方位	西校舎:南(一部西) 東校舎:南	南校舎・北校舎:南 東校舎:西	南校舎・北校舎:南
体育館面積	1,103 m ² 水銀灯:700W×20灯=14kW	455 m ² 水銀灯:400W×9灯,200W×2灯 蛍光灯:40W×30灯 合計 :5.2kW	780 m ² 水銀灯:700W×25灯=17.5kW
学級数	普通:9学級 特別支援:1学級	普通:17学級 特別支援:3学級	普通:6学級、特別支援:4学級
児童数	254人	566人	232人
給食方式	自校方式	自校方式	センター方式
暖房方式	普通教室	FF型石油ストーブ(EHP※3も可)	GHP※4(H18年に設置)
	特別教室	FF型石油ストーブ(EHPも可)	GHP、EHP
	管理諸室	FF型石油ストーブ(EHPも可)	ガスストーブ(職員室、校長室)
冷房方式	普通教室	EHP(H24年に設置)	GHP
	特別教室	EHP(H24年に設置)	GHP、EHP
	管理諸室	EHP(H24年に設置)	EHP
浄化槽	なし	なし	なし
揚水ポンプ	なし	あり	あり
校庭照明	あり(1000W×36灯=36kW)	あり(400W×16灯=6.4kW)	なし
学童保育	あり	なし	なし
その他	トイレにヒーターあり	北校舎は一部改修済み 平成24年度に照明の高効率化 (Hf・明るさセンサー付)	南校舎トイレは人感センサー付

※1) 以下、矢吹小学校は矢吹小、金閣小学校は金閣小、鹿ノ台中学校は鹿ノ台中とする

※2) 省エネルギー基準による地域区分

※3) 電気ヒートポンプエアコン(以下、EHP)

※4) ガスヒートポンプエアコン(以下、GHP)

表 1-3 対象校の写真

	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
外観			
普通教室 ①	 西校舎	 南校舎	 南校舎
普通教室 ②	 東校舎	 北校舎	 南校舎
廊下	 西校舎	 北校舎	 南校舎
体育館			

1.6 測定概要

1.6.1 エネルギー消費量、温熱・光環境測定

3校の対象校においてそれぞれ、エネルギー消費量と温湿度環境の測定を行った。また、教頭に対してのヒアリングを行うとともに、電力を使用する設備機器調査も行った。

(1) エネルギー消費量

1) 測定項目

対象校のエネルギー消費量調査は、表 1-4 に示すように、電力とガスについては、照明・コンセント、暖冷房、体育館、給食、校庭照明のエネルギー消費量が分離できるように可能な範囲で詳細に測定を行った。

表 1-4 エネルギー調査項目

場所	主な用途	矢吹小			金閣小		鹿ノ台中	
		電力	ガス	灯油	電力	ガス	電力	ガス
	全体	○	△	△	○	○	○	○
校舎	照明 コンセントの 合計	○ 棟ごと	—	—	○ 棟ごと	—	○ 棟ごと	
	暖房	○ EHP 系統 ごと	—	△	○ 普通教室の GHP	○ 普通教室 の GHP	○ コンピューター 室の EHP	□ コンピューター 室以外のガ スストーブ・ GHP ^{※1}
					○ 保健室・職員 室・図書室の EHP	□ 職員室・ 校長室の ガスストーブ ^{※1}		
	冷房	○ EHP 系統 ごと	—	—	○ 普通教室の GHP	○ 普通教室 の GHP	○ 職員室・コン ピューター室 の EHP	□ 図書室の GHP ^{※1}
○ 保健室・職員 室・図書室の EHP								
	揚水ポンプ	—			○	—	○	—
便所	暖房便座	—	—	—	○ 職員トイレの 暖房便座	—	—	—
体育館	照明 コンセント の合計	○	—	—	○	—	○	—
給食	調理・洗浄・ 保管	○ 食洗機等 (動力)、 冷蔵庫・ 照明等 (電灯)	△ ^{※1}	—	○ 食洗機等(動 力)、 冷蔵庫・照明 等(電灯)	□ 調理	—	—
校庭	照明	○	—	—	○	—	—	—

○:連続測定 □:推定 △:検針値 —:設備なし

2) 測定機器

測定に使用した機器を表 1-5 に示す。測定インターバルは、電力は 1 分、ガスは 10 分とした。データの保存は、電力については SD カード、ガスはパルスロガーの内部メモリとし、2 ヶ月に 1 回程度現地にてデータを収集した。

表 1-5 測定機器の概要

項目	測定機器	型番	メーカー/精度	写真	
電力	学校全体の消費量	パルスセンサー	HPC-3.5m-PF-L	豊光社	
	用途ごとの消費量	エコパワーメータ (パルス)	AKW2020G (基本ユニット)	パナソニック	
		エコパワーメータ (電力)	AKW2020G (基本ユニット) AKW2110G (増設ユニット)	パナソニック/ 積算電力量の精度: ±2.0%F.S. (フルスケール)	
	電流センサ	AKW4801C AKW4802C AKW4803C	+1 デジット(最終桁の誤差)		
ガス	ガスメータごとの消費量	ガス流量検出器※	GAM-01	東洋計器	
		パルスロガー	LR5061	日置電機	

※都市ガスメータのカウンターの最小値の文字車は、単位流量のガスが流れると一回転する。文字車の「0」と「1」の間にある銀線を光センサーにより検出する(文字車部に LED を照射し、そこを銀線が通過して反射した際にパルスを出力する)仕組みである。

(2) 温熱環境

1) 測定項目

対象校の温熱環境調査は、表 1-6 に示すように、主に普通教室がある棟の最下階・中間階・最上階の教室、中間階の廊下、体育館、外気の温湿度を測定した。最上階の教室については、天井表面と床上 50mm の温度測定を行うこととした。温湿度センサー等の設置位置は、学校の運用に配慮して決定した。

表 1-6 温熱環境調査測定ポイント

測定場所	内容
最下階教室	床上 1100mm 温湿度
中間階教室	床上 1100mm 温湿度
最上階教室	床上 1100mm 温湿度、天井表面温度、床上 50mm 温度
中間階廊下	床上 1100mm～床上 2000mm の温湿度
体育館	床上 1100mm～床上 2000mm 温湿度
外気	温湿度

2) 測定機器

測定に使用した測定機器を表 1-7 に示す。測定インターバルは 10 分とした。データはロガーの内部メモリに保存し、2 ヶ月に 1 回程度現地にてデータを収集した。

表 1-7 測定機器の概要

測定機器	型番	メーカー	写真
温湿度ロガー	LR5001	日置電機	 温湿度 温度
湿度ロガー	LR5011	日置電機	
赤外線 サーモグラフィ	R300	日本アビオニクス	

(3) 光環境

照度測定概要を表 1-8 に示す。光環境については、普通教室の照度測定を行った。連続的な測定は行わず、秋期と冬期において、教育委員会若しくは教職員が表 1-9 に示す照度計を用いて測定を行った。

表 1-8 普通教室の照度測定概要

測定者	教育委員会若しくは教職員	
測定時期	秋期・冬期の晴天日・曇天日	
測定条件	①カーテン閉・照明点灯 ②カーテン開・照明点灯 ③カーテン閉・照明消灯 ④カーテン開・照明消灯	<ul style="list-style-type: none"> ● 照明器具のみの照度を把握するために、夜間における照度測定も行った
測定方法	学校環境衛生基準	<ul style="list-style-type: none"> ● 机上面照度を 9ヶ所 ● 黒板垂直面照度を 9ヶ所 ● 南側・北側屋外照度

表 1-9 測定機器の概要

測定機器	学校名	型番	メーカー	写真
照度計	矢吹小	DT-1309	株式会社エムケー・サイエンティフィック	
	金閣小	Lux	株式会社ケイズプランニング	
	鹿ノ台中	TM-201	ケニス株式会社	

1.6.2 測定期間

3校の測定期間を表 1-10 に示す。なお、分析には、2012年10月1日～2013年1月31日のデータを用いた。

表 1-10 測定期間

学校	期間
矢吹小	2012年9月21日～2013年3月29日
金閣小	2012年9月27日～2012年11月27日 2012年12月26日～2013年3月29日
鹿ノ台中	電力・ガス 2012年9月28日～2012年11月28日 2012年11月31日～2013年3月29日 温湿度(中間階教室以外) 2012年10月24日～2013年1月31日 温湿度(中間階教室) 2012年10月24日～2013年1月9日

1.7 用語・単位の定義

(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 1-11 を用いた。

表 1-11 一次エネルギー換算係数

	換算係数	備考
電力	9.76MJ/kWh	エネルギーの使用の合理化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 25 年 3 月 1 日経済産業省令第 7 号)
LP ガス	100.46MJ/m ³	
灯油	36.7MJ/リットル	
都市ガス	45MJ/m ³	大阪ガスの公表値(2013 年)

(2) CO₂ 換算係数

CO₂ 換算係数は、FAST と同様に、表 1-12 を用いた。

表 1-12 CO₂ 換算係数

	対象校	換算係数
電力	矢吹小(東北電力)	0.429kg-CO ₂ /kWh
	金閣小・鹿ノ台中 (関西電力)	0.311kg-CO ₂ /kWh
LP ガス	矢吹小	6.21kg-CO ₂ /m ³
都市ガス	金閣小・鹿ノ台中	2.23kg-CO ₂ /m ³
石油	矢吹小	2.49kg-CO ₂ /リットル
水道	矢吹小・金閣小・鹿ノ台中	0.58MJ/m ³

※換算係数は、「エコスクール推進のための FAST(Ver.2)操作マニュアル」P37 より引用

(3) ベース電力・ベース電力量

図 1-2 に示すように、各対象校の夜間 1:00～6:00 の1時間平均電力をベース電力とし、月ごとに月平均ベース電力を算出した。ベース電力は、冷蔵庫、サーバー、火災報知器、電化製品等の待機電力、その他電力が含まれている。冬期に関しては、暖房便座や凍結防止ヒーターが含まれる。1 日のベース電力量は、図 1-3 に示すようにベース電力×24[時間]とする。

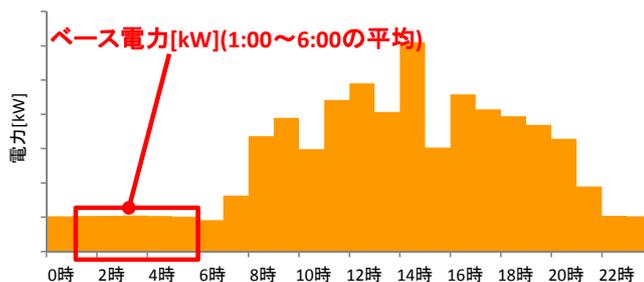


図 1-2 ベース電力の考え方

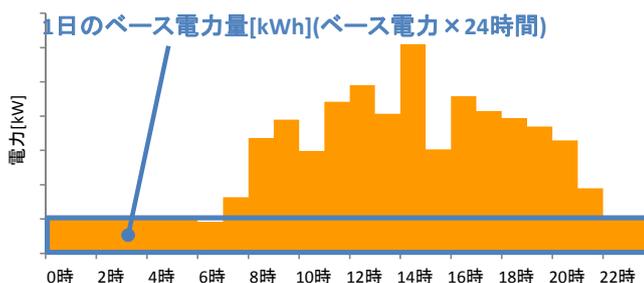


図 1-3 1日のベース電力

(4) 年間一次エネルギー消費量の内訳の推定

年間の一次エネルギー消費量の内訳を推定するために、2012年10月～2013年1月の実測結果から、図1-4に示すように実測をしていない2012年2月～9月のエネルギー消費量の内訳の推定を行い、年間の内訳を算定した。電力消費量については、測定期間の4ヶ月のデータを用い、測定をしていない期間の月の用途ごと(照明・コンセント、暖房、体育館、給食、校庭照明、揚水ポンプ、その他(主に変圧器))の電力消費量を推定した。推定方法は表1-13に示すように、用途ごとの平日・休日それぞれの平均日積算電力量に各月の平日日数・休日日数を乗じることで月積算電力量を算定した。なお、本調査では冷房期間である夏期の調査は行っていないため、EHPによる冷房の推定は行っていない。プールの濾過ポンプは定格で常時稼働していることが既知であるため、定格に稼働時間(ヒアリングによる)を乗じて算出した。

使用用途が明確な灯油、ガス(GHPの冷房によるガス消費量は検針値より把握)については、月々の検針票の値を用いた。各月の平日・休日の日数を図1-6に示す。

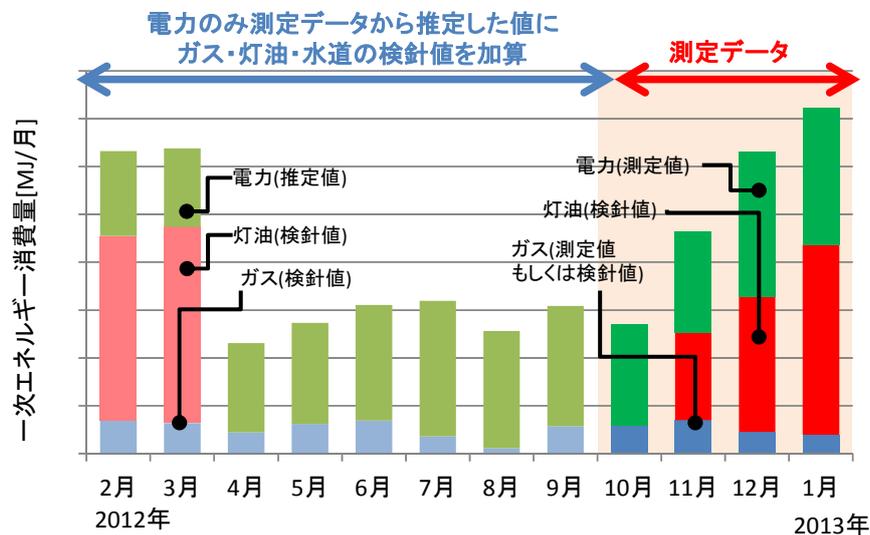
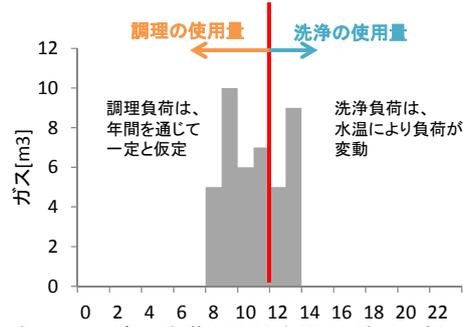


図 1-4 月別 CO2 排出量の推定例(イメージ)

表 1-13 測定を行っていない期間(2～9月)の消費エネルギーの推定方法

エネルギー種別	用途	推定方法
電力	照明・コンセント 空調(暖房) 体育館 校庭照明 揚水ポンプ その他(主に変圧器) 給食室	月積算電力量(平日のみ)=平日の平均日積算電力量測定値×平日日数 月積算電力量(休日のみ)=休日の平均日積算電力量測定値×休日日数 ※空調(暖房)は、外気温と電力消費量の関係を求め、補正を行った
	ガス	空調(暖房) 空調(冷房) 給食室
灯油	空調(暖房)	検針値

① 暖冷房の使用がない日のガス消費量より食器洗浄用給湯によるガス消費量を分離(12～13 時台の消費量)



調理と洗浄によるガス消費量(暖冷房の使用がない日)の変動

② 食器洗浄用給湯負荷の算定

下記の式より、①の条件の給湯量を算定し、表 1-14 の給水温度^{※2}を用いて各月の食器洗浄用給湯負荷を算出した(給湯効率を 0.8、給湯温度を 65℃^{※3}とした)。

$$Q[\text{MJ}/\text{日}] = \frac{V[\text{m}^3] \times 4.128[\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}] \times 1000[\text{kg}/\text{m}^3] \times (T_{hw} - T_w)[^\circ\text{C}]}{0.8}$$

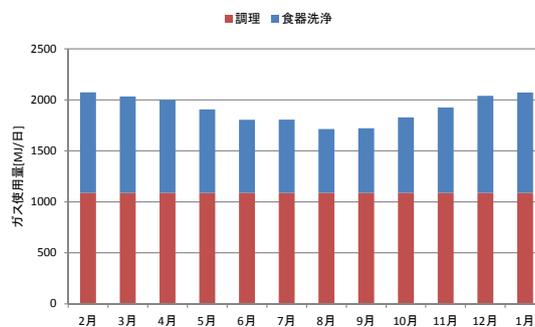
- Q: 給湯ガス使用量[MJ/日]
- V: 給湯量[m³]
- T_{hw}: 給湯温度[°C] = 65[°C]
- T_w: 給水温度[°C]

表 1-14 各月の給水温度

給水温度	
2月	8.2
3月	10.5
4月	12.5
5月	17.8
6月	23.7
7月	23.6
8月	28.9
9月	28.5
10月	22.3
11月	16.7
12月	10.2
1月	8.3

③ 給食室における日平均ガス消費量

① により、算出した各月の給食室における日平均のガス消費量を下図に示す。



給食室におけるガス消費量の内訳推定結果

図 1-5 金閣小の給食室のガス消費量の推定方法

※2 京都市上下水道局ウェブサイト 東山営業所の値

※3 学校給食における食品の洗浄について(日本食品洗浄剤衛生協会)の p.10 に適正な洗浄温度は 60～70℃とある。

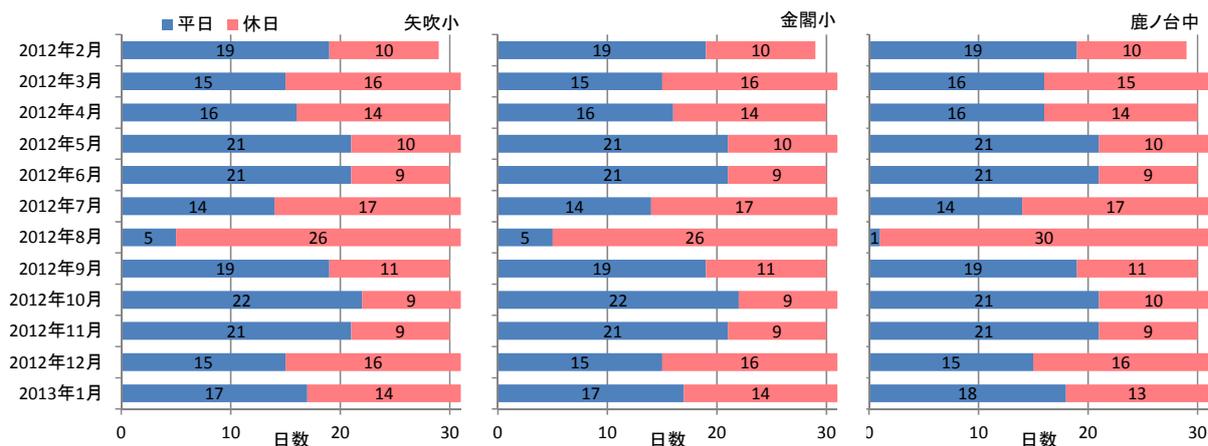


図 1-6 各月の平日・休日の日数

(5) FAST の検証のための年間 CO2 排出量の算定方法

FAST は、学校における運用時の暖房、冷房、照明、換気、水道の年間 CO2 排出量を算定するツールである。改修前における対象校の CO2 排出量と FAST の計算結果の比較を行い、FAST の予測精度の検証を行った。測定を行っていない期間(2~9 月)の CO2 排出量は、(4) で述べた方法と同じような方法に基づいて、推定を行った。

10~1 月の CO2 排出量は、測定値から FAST 計算対象項目と FAST 計算対象外項目を分離し、測定を行っていない 2~9 月の CO2 排出量は、10~1 月の測定データの用途別の平均日積算エネルギー消費量に日数及び CO2 排出係数を乗じることで各月の CO2 排出量の内訳の算定を行った。表 1-15 に各用途の分解方法を示す。

表 1-15 FAST 検証のための用途分解の方法

		用途	算定方法	備考
10～1月 (測定期間)	FAST 対象項目 ^{※1}	A1:暖房 A2:冷房 A3:照明 A4:換気 A5:水道	各月平日の測定データ(8:00～16:00) 各月平日の測定データ(8:00～16:00) 各月平日の測定データ(8:00～16:00) ^{※2} なし 各月の検針値	換気:ヒアリングより教室の換気扇をほとんど使用していないため「なし」とした
	FAST 対象外項目 ^{※3}	A1':暖房 A2':冷房 A3':照明 A4':換気 A5':水道 A6':ベース電力 ^{※4} A7':体育館 A8':給食 A9':校庭照明	各月の平日時間外+各月の休日 の測定データ 各月の平日時間外+各月の休日 の測定データ 各月の平日時間外+各月の休日 の測定データ なし なし 各月の測定データ 各月の測定データ 電力:各月の測定データ ガス:検針値 ^{※5} 各月の測定データ	
2～9月 (測定期間以外)	FAST 対象項目	B1:暖房 B2:冷房 B3:照明 B4:換気 B5:水道	外気温と A1 のエネルギー消費量の関係より推定 EHP:なし ^{※6} GHP:ガス検針値 A3 の平均値×平日日数 なし 各月の検針値(プールは除く)	冷房 EHP:測定していないため「なし」とした ^{※6}
	FAST 対象外項目	B1':暖房 B2':冷房 B3':照明 B4':換気 B5':水道(プール) B6':ベース電力 B7':体育館 B8':給食 B9':校庭照明	外気温と A1' のエネルギー消費量の関係より推定 なし ^{※6} A3' 平日時間外の平均日積算値×平日日数 +A3' 休日の平均日積算値×休日日数 なし 各月の検針値 A6' 平日時間外の平均日積算値×平日日数 +A6' 休日の平均日積算値×休日日数 A7' 平日時間外の平均日積算値×平日日数 +A7' 休日の平均日積算値×休日日数 電力:A8' の平均値 ガス:検針値 ^{※5} A9' の平均値	

※1)FAST 対象項目:用途が暖房・冷房・照明・換気・水道であり、平日 8:00～16:00 に使用したエネルギー

※2)照明のみの電力量測定は行っていないため、照明の電力量は、照明・コンセント(ベース電力除く)とした

※3)FAST 対象外項目:

- ・FAST 対象項目であり、平日の時間外、休日及び待機電力等で使用したエネルギー
- ・用途が体育館、給食、校庭照明など FAST の対象項目以外の用途で使用したエネルギー

※4)ベース電力は、暖房・冷房・照明(コンセント含む)・体育館・給食・揚水ポンプ・変圧器の 1:00～6:00 の平均電力である。プール濾過器(夏期のみ)、凍結防止ヒーター(冬期・矢吹小のみ)をベース電力に加算しているが、これらの電力は、使用期間[日]×24[時間]×定格電力[kW]より算出している(使用期間はヒアリングにより確認した)。

※5)金閣小は、給食とガスストーブによるガス消費量が分離されていないため、図 1-5 に示す方法で、給食室のガス消費量を推定し、検針値から給食室のガス消費量推定値を減じて、ガスストーブの消費量を推定した。

※6)冷房による EHP の電力量は、夏期における実測はしておらず、また、外気温、設定温度等により消費電力が大きく異なるため、FAST 対象項目、対象外項目としての推定が行えないことから除外した。なお、P35 の図 2-41、P58 の図 3-43、P80 の図 4-43 において、矢吹小は、夏期において EHP 冷房を使用しなかったことから検針値(折れ線グラフ)と内訳(棒グラフ)は合致、金閣小は、夏期において主に GHP 冷房を使用したことから検針値と内訳はほぼ合致、鹿ノ台中は、夏期において主に EHP 冷房を使用したことから検針値と内訳に差が生じたものである。

2. 矢吹小学校

2.1 学校概要

矢吹小学校の概要を表 2-1 に、配置図、教室配置図を図 2-1、図 2-2 に示す。

表 2-1 学校概要

所在地	福島県矢吹町
敷地面積	10,304 m ²
校舎面積	西校舎:3,098 m ² 、東校舎:1,485 m ² 、合計 :4,583 m ²
校舎構造、階数	西校舎:RC 造、3 階、S44 年築、東校舎:RC 造、3 階、S57 年築
校舎形状	一文字型 ベランダあり
教室窓方位	西校舎:南(一部西)、東校舎:南
体育館面積	1,103 m ²
学級数	普通:9 学級 特別支援:1 学級
児童数	254 人
給食方式	自校方式

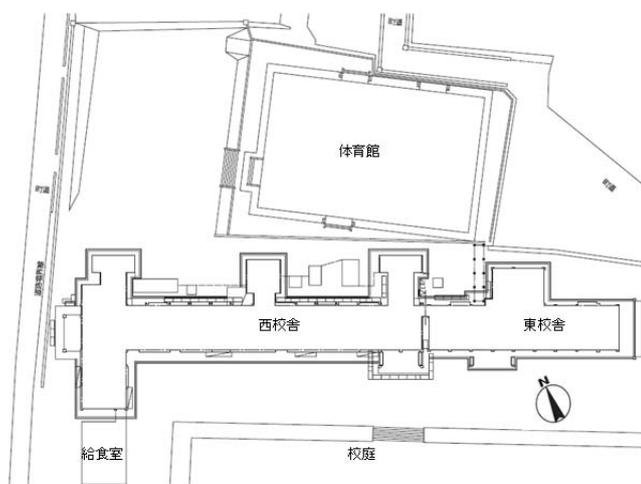


図 2-1 配置図

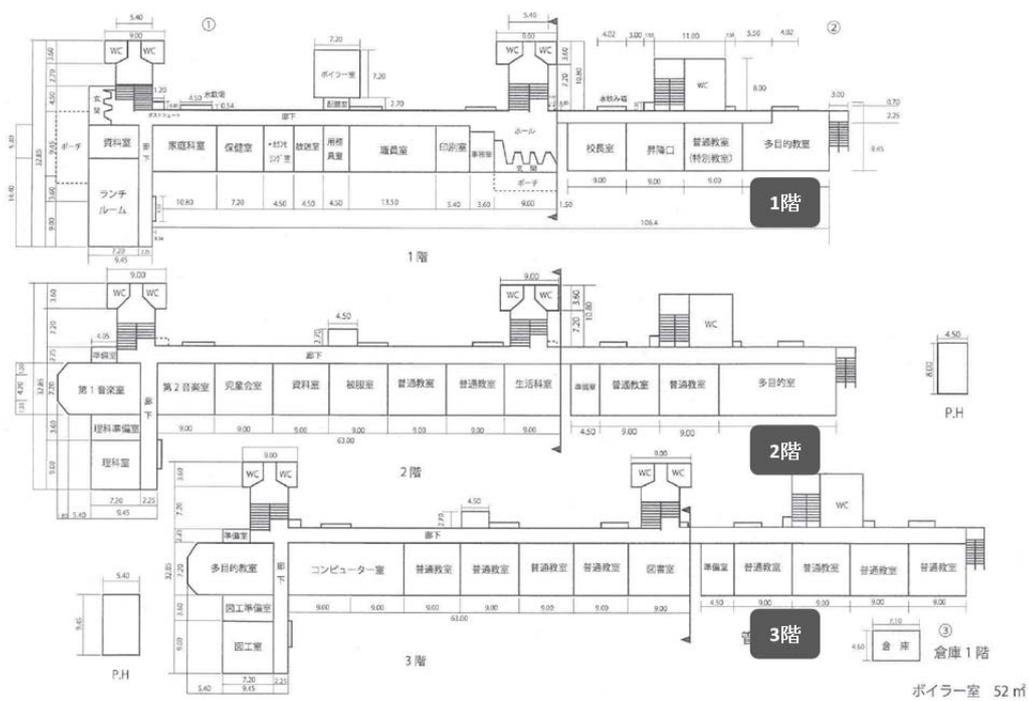


図 2-2 教室配置図

2.2 主な設備機器一覧

主な設備機器を表 2-2 に示す。

表 2-2 主な設備機器

暖房	普通教室	FF 型石油ストーブ (EHP も使用可) 暖房能力: 11.0kW
	特別教室	FF 型石油ストーブ (EHP も使用可) 暖房能力: 15.9kW
	管理諸室	FF 型石油ストーブ (EHP も使用可) 職員室の暖房能力: 11.0kW×2 台
冷房	普通教室	EHP (H24 年に設置) 冷房能力: 12.5kW ※ ¹
	特別教室	EHP (H24 年に設置) 冷房能力: 14.0kW ※ ¹
	管理諸室	EHP (H24 年に設置): 職員室の冷房能力: 21.3kW ※ ¹
1 教室当たりの教室照明		FL40W×14 灯
トイレ照明		FL40×2 灯(男女それぞれ)
普通教室の電化製品		50 型テレビ、ラジカセ、電子オルガン、黒板消しクリーナー
体育館照明		水銀灯: 700W×20 灯=14kW
浄化槽		なし
揚水ポンプ		なし
校庭照明		あり(1000W×36 灯=36kW)
給食		自校方式
その他		2012 年 2~3 月は西校舎西側トイレのみ凍結防止ヒーターあり(500W×6ヶ所) 2012 年 12 月にトイレに凍結防止用ヒーター追加 ※ ² 全体で 500W×18 ヶ所=9kW

※¹)東日本大震災の原子力発電所事故による放射線の影響を低減するため、窓を閉め切る必要があったことから、2012 年 3 月に EHP エアコンを導入した。

※²)2012 年冬期に、トイレの給水管が凍結し、破裂したため、2012 年 12 月にすべてのトイレに凍結防止ヒーターを導入した。

2.3 運用実態

教頭へのヒアリングにより、運用の実態調査を行った結果、明らかとなった教室等の運用状況を図 2-3 に示す。主な概要を下記に示す。

- 吹奏楽クラブが盛んであり、毎日放課後 1.5~2 時間程度の練習を行っている。その際にパートに分かれて、普通教室にて練習を行っているが、空調は行っていない。長期休みは、体育館で練習を行っている。
- 教職員は、放課後 50%程度が教室に残り、1 時間程度補習や業務を行っている。
- 用務員室以外の管理諸室は、1 日 10 時間以上、誰かが在室している。
- 管理諸室、教室等は、使用時には常に照明を点灯している。
- 廊下や昇降口の照明は、暗い時のみ点灯している。
- 夏期は、ベランダにより直射日光を遮ることができるため、カーテンを開けているが、他の季節は、授業中はカーテンを閉めている。
- 下校時には、カーテンや教室の出入りドアは開けている。
- 渡り廊下のドアは常に閉めており、昇降口のドアは、登下校時のみ開けている。
- 体育館は、ほぼ毎日地域開放を行っている。

登校時刻	7:50			※夏期は、4月～11月、冬期は12～3月			
下校時刻	18:00(夏期) 17:30(冬期)						
長期休暇の期間	夏休み	冬休み	春休み				
	35日間	16日間	13日間				
	7/21～8/24	12/23～1/7	3/24～4/5				
[時間/日]							
平日のクラブ・部活動の時間	始業前	放課後					
		夏期	冬期				
	0	2	1.5				
・吹奏楽クラブは毎日練習 ・放課後:16:00～18:00(夏期) 16:00～17:30(冬期)							
平日の普通教室使用率		クラブ・部活動	教職員				
	15:00～16:00	42%	50%				
	16:00～17:00	33%	0%				
	17:00～18:00	8%	0%				
・普通教室数:12教室							
管理諸室の使用時間		平日	土曜日	日曜日	長期休暇		
	校長室	11	0	0	9		
	職員室	13	4	0	9		
	保健室	11	0	0	9		
	事務室	11	0	0	9		
	用務員室	9	0	0	9		
特別教室の使用時間		授業(平日)	クラブ・部活動(平日)	クラブ・部活動(土曜日)	クラブ・部活動(日曜日)	クラブ・部活動(長期休暇)	地域開放
	理科室	3.2	0	0	0	0	0
	図工室	3.2	0	0	0	0	0
	音楽室	4	0	0	0	0	0
	調理室	2	0	0	0	0	0
	被服室	0.4	3	3	0	0	0
	多目的室	0.4	0	0	0	0	0
	コンピューター室	2.4	0	0	0	0	0
	生活科室	0.4	0	0	0	0	0
	ランチルーム	0.4	0	0	0	0	0
	学習室	0.4	1.2	0	0	0	0
暖冷房の設定温度		管理諸室	普通教室	備考			
	冷房(7～9月)	27℃	28℃				
	暖房	22℃	22℃	外気温が10℃以下になったら使用			
照明の運用		点灯状況	点灯個数				
	管理諸室	使用時に点灯	すべて点灯(職員室は、授業中は必要な箇所のみ点灯)				
	普通教室	使用時に点灯	すべて点灯				
	特別教室	使用時に点灯	すべて点灯				
	廊下	暗い時のみ点灯	暗い箇所のみ点灯				
	昇降口	暗い時のみ点灯	すべて点灯				
	トイレ	使用時に点灯	すべて点灯				
	体育館	使用時に点灯	アリーナはすべて点灯				
教室の窓の開け閉め(換気)のルール	夏期(冷房時)	冬期(暖房時)	中間期(非暖冷房時)	カーテン使用状況	夏期	中間期	冬期
	ルールなし	休み時間ごとに窓開け換気	ルールなし		常に開けている	授業中は常に閉めている	授業中は常に閉めている
下校時の教室のカーテン・ドアの状況	カーテン	ドア	出入りドア				
	開ける	開ける	昇降口ドア	登下校時のみ開ける		渡り廊下ドア	閉める
給食室の使用時間	使用時間	8:00～16:00	8時間/日				
	洗浄	14:00～15:00					
体育館・グラウンド照明の使用時間	体育館	学校	授業・朝礼等	4			
			平日のクラブ・部活動	1			
			土曜日のクラブ・部活動	3			
			日曜日のクラブ・部活動	0			
			長期休みのクラブ・部活動	2			
	地域	平日(平均)	2				
		土曜日	8				
	日曜日	8					
グラウンド照明	学校		0				
	地域		3	冬期のみソフトボール(1回/週)			
学童保育の有無	あり	2教室					

図 2-3 運用状況

2.4 エネルギー消費量・温湿度調査

2.4.1 調査概要

(1) エネルギー消費量

1) 電力量

電力量測定ポイントを図 2-4 に示す。測定は屋外のキュービクル内で行い、測定機器は前掲の表 1-5 に示した機器を用いた。

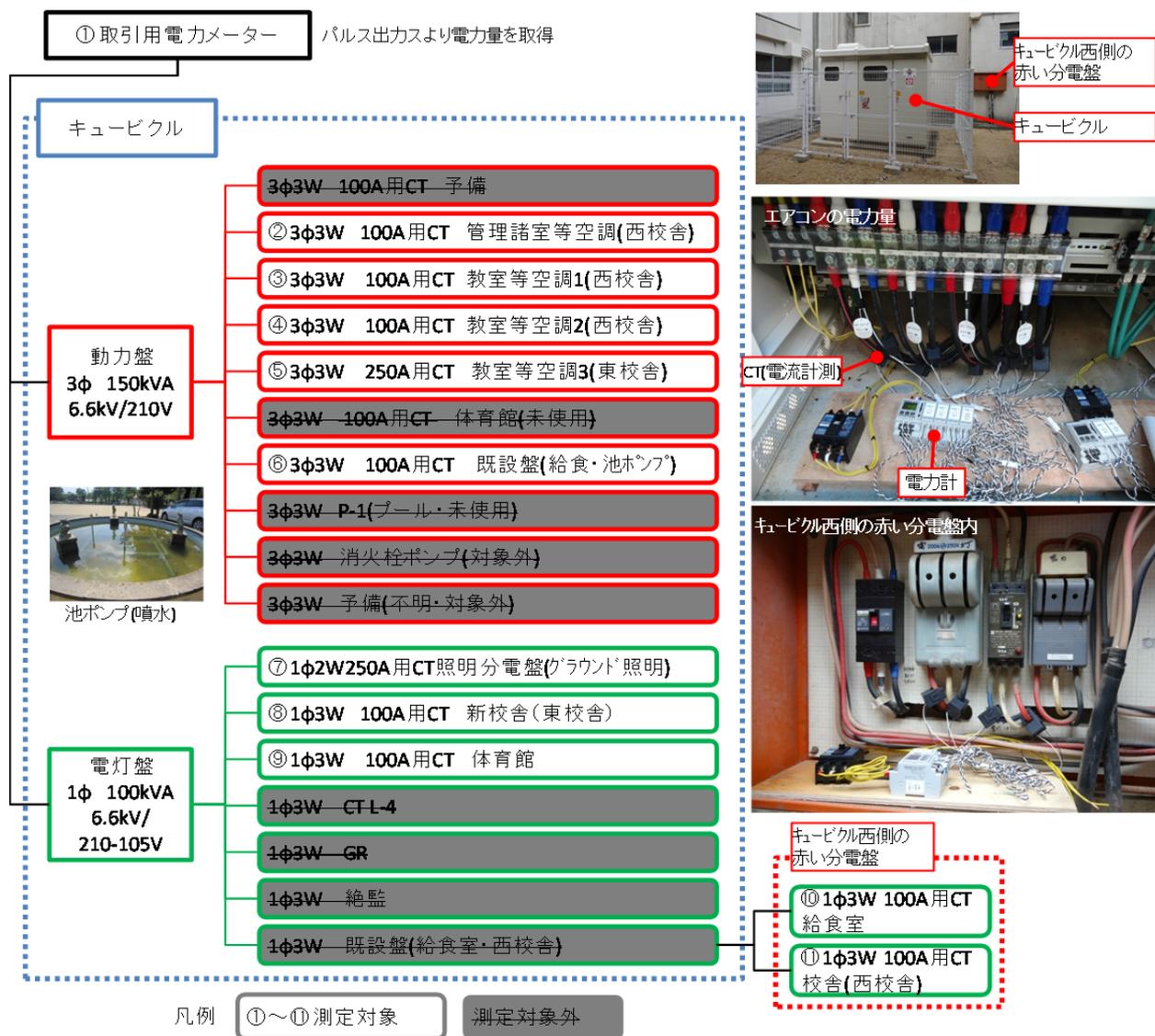


図 2-4 電力量測定ポイント

2) ガス消費量

検針票から毎月の全体のガス消費量を把握した。使用用途は主に給食調理及び食器洗浄用給湯である。

(2) 温熱環境

温湿度の測定ポイントを図 2-5 に、設置状況を図 2-6 に示す。測定機器は、前掲の表 1-7 に示した機器を用いた。

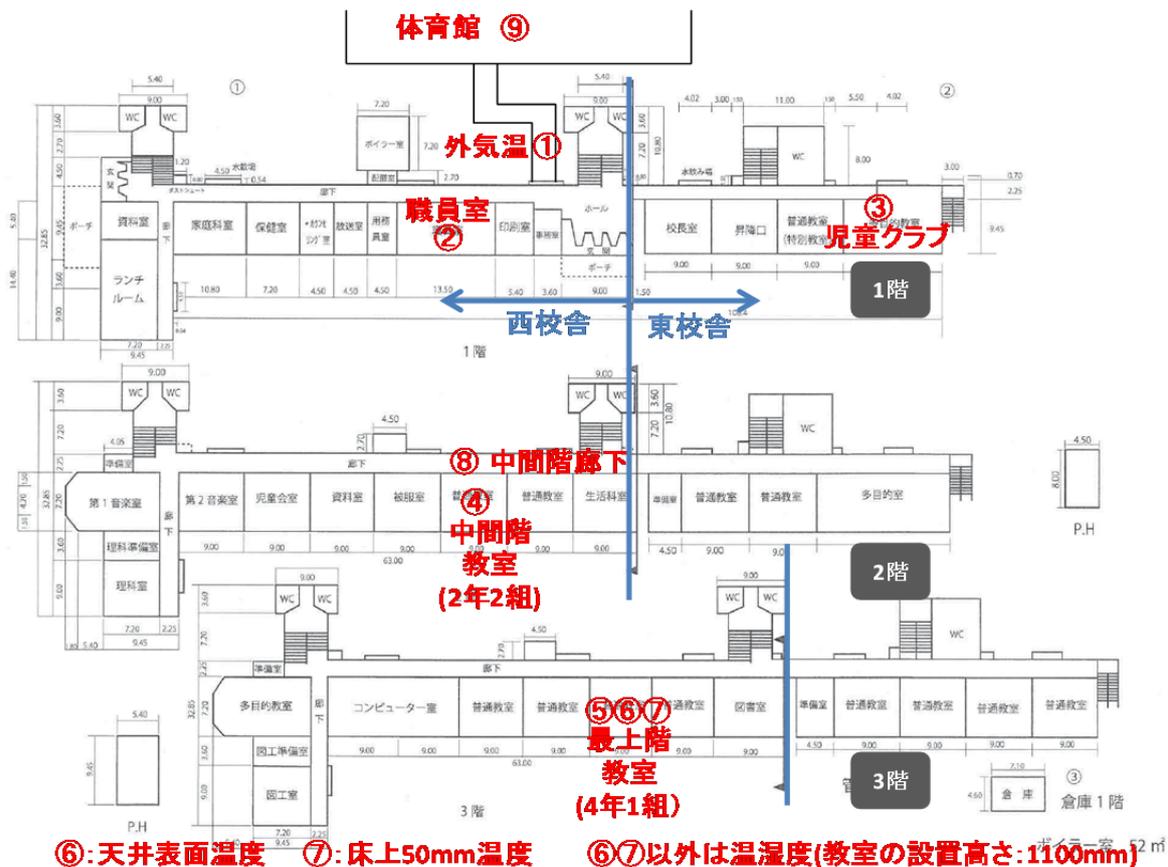


図 2-5 測定ポイント



図 2-6 測定機器設置状況

2.4.2 エネルギー消費量・温湿度の変動

(1) 電力量・温度変動

1) 秋期

秋期における電力の変動を図 2-7 に、温度変動を図 2-8 に示す。

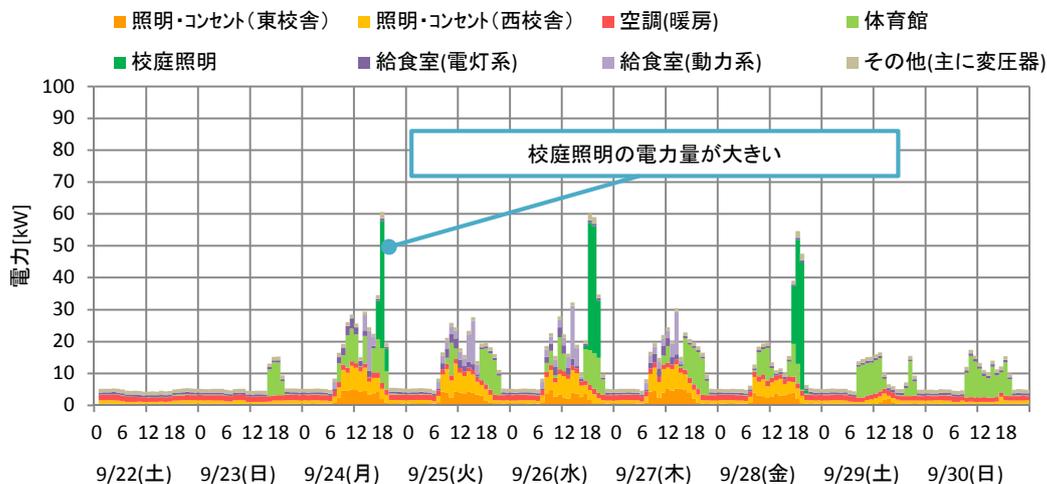


図 2-7 電力の変動

- 教室・体育館の照明は、使用時に点灯している。
- 校庭照明は、地域開放(野球)のために使用している。

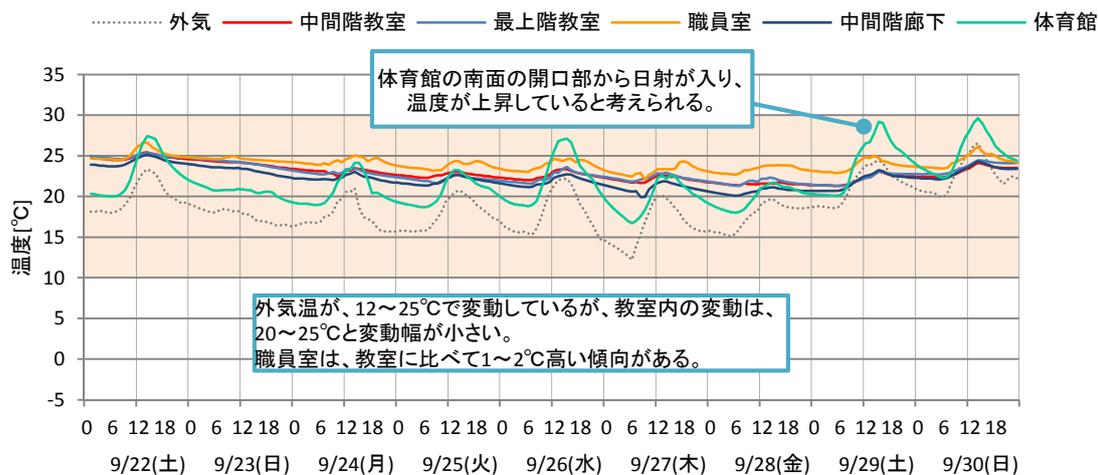


図 2-8 温度変動

- 学校環境衛生基準: 教室等の温度は、「10°C以上、30°C以下であることが望ましい」とある。

2) 冬期

冬期における電力の変動を図 2-9 に、温度変動を図 2-10 に示す。

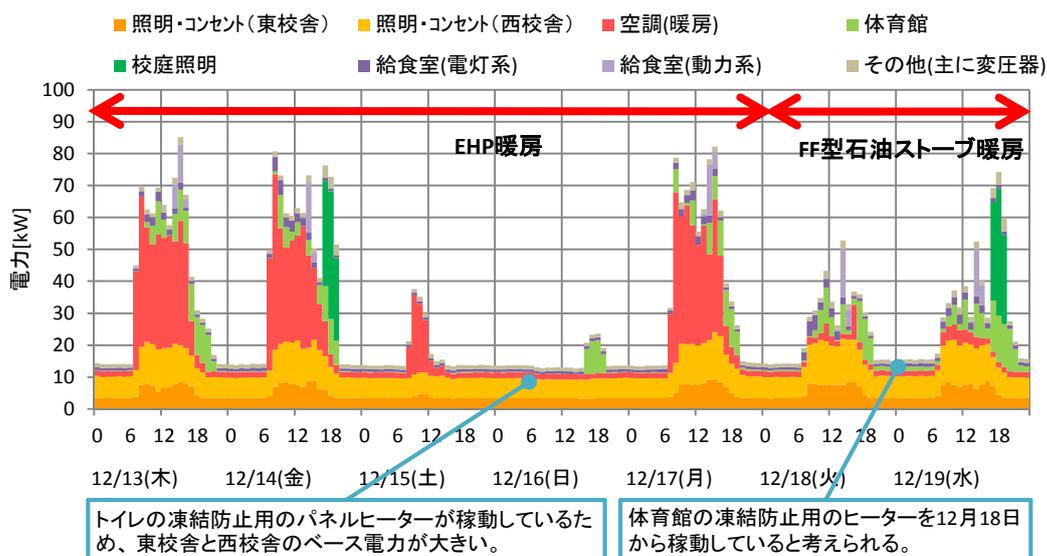


図 2-9 電力の変動

- 東日本大震災の原子力発電所事故による放射線の影響を低減するため、窓を閉め切る必要があったことから、平成 23 年度末に EHP エアコンが導入された。EHP エアコンと FF 型石油ストーブ暖房それぞれの暖房費を比較するため、矢吹町教育委員会が 12 月 9 日～12 月 17 日の期間はすべての教室において EHP エアコンによる暖房を行うよう学校へ依頼した。なお、12 月 18 日以降については FF 型石油ストーブ暖房を行った。

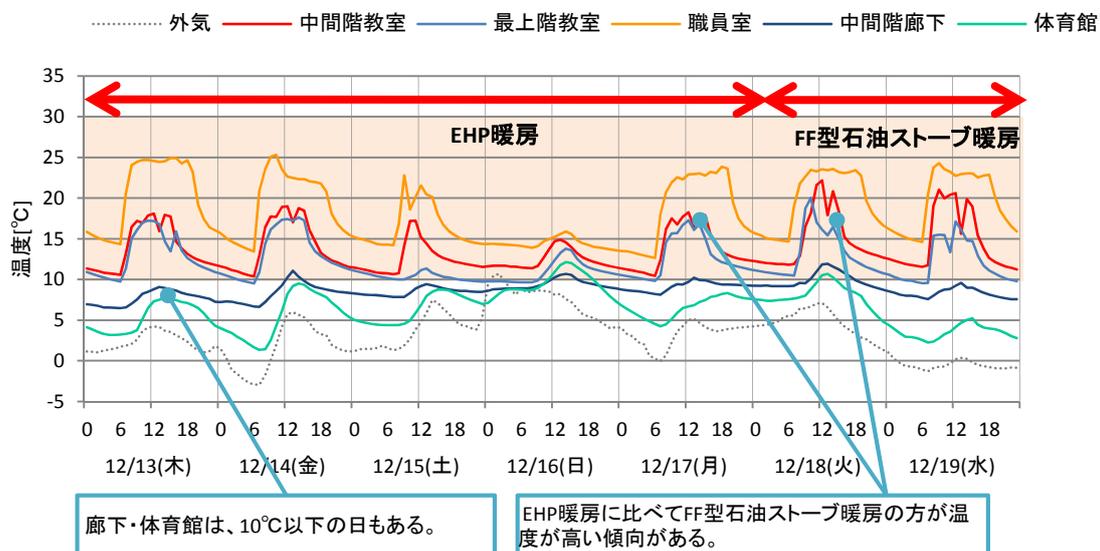


図 2-10 温度変動

- 学校環境衛生基準: 教室等の温度は、「10℃以上、30℃以下であることが望ましい」とある。

冬期における最上階教室の温度変動を図 2-11 に、教室、職員室、体育館の湿度変動を図 2-12 に示す。

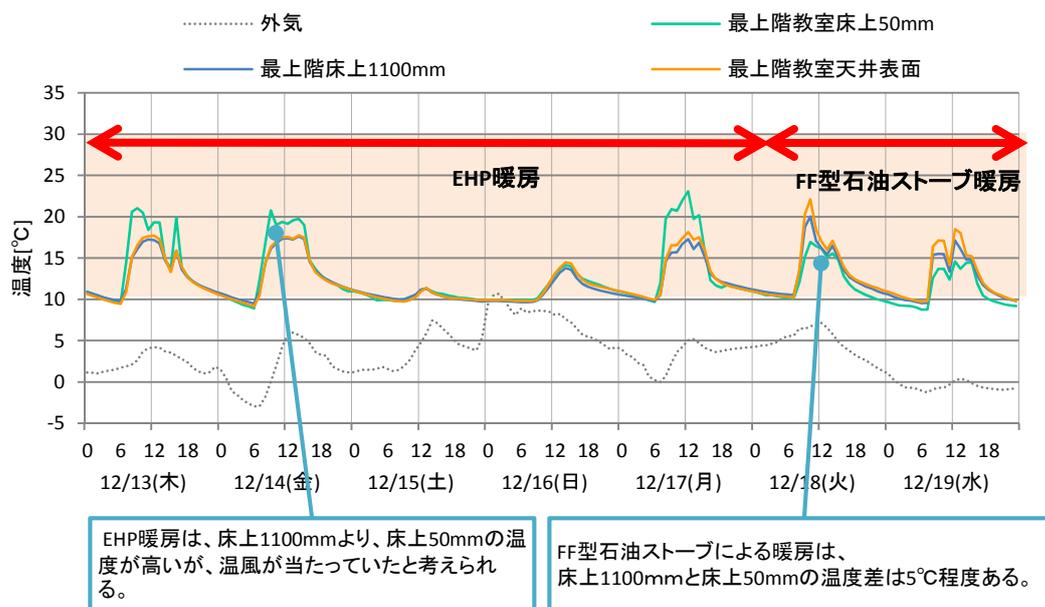


図 2-11 最上階教室の温度変動

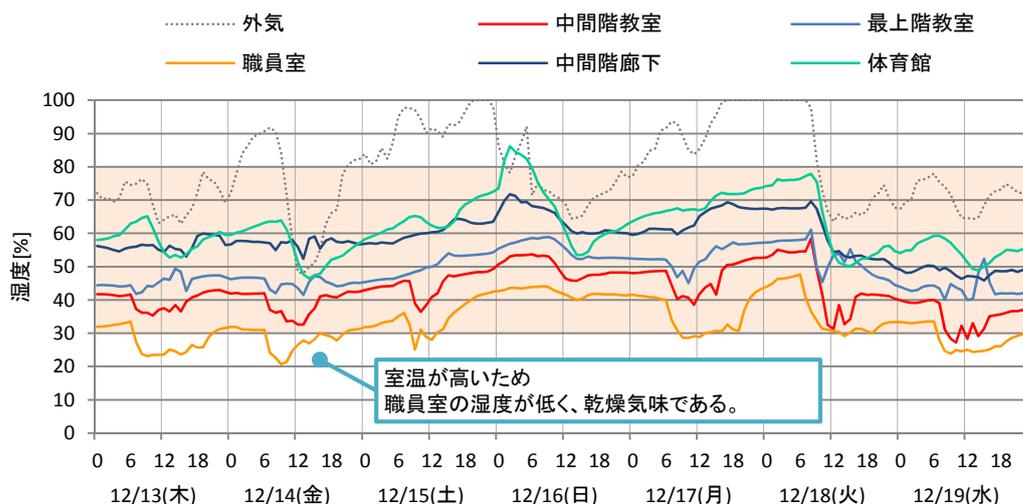


図 2-12 湿度変動

- 学校環境衛生基準: 教室等の湿度は、「30%以上、80%以下であることが望ましい」とある。

2.4.3 エネルギー消費特性

(1) 日集計

図 2-13 に平日の日平均外気温と日積算電力量の関係を、図 2-14 に休日の日平均外気温と日積算電力量の関係を示す。

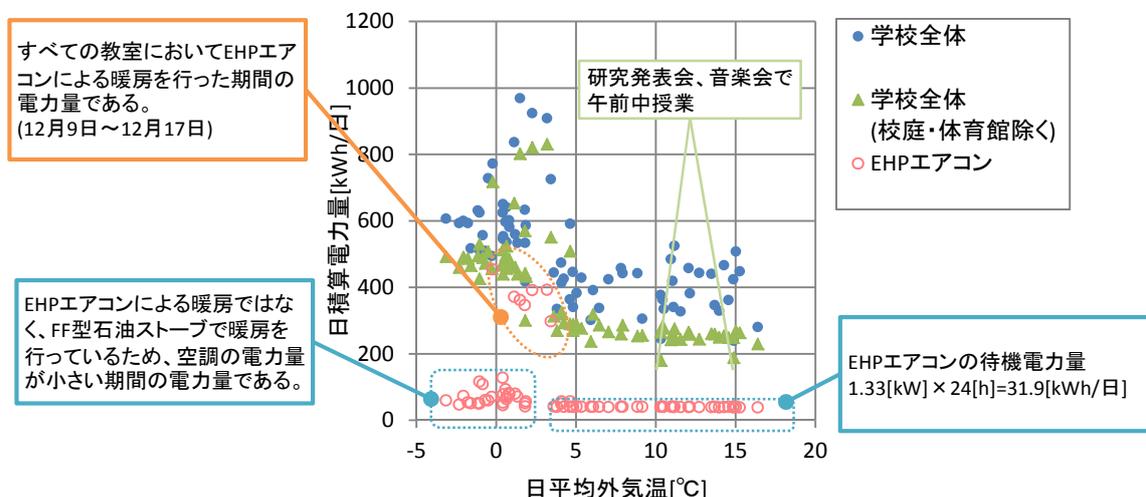


図 2-13 平日の日平均外気温と日積算電力量との関係

- EHP は、パッケージエアコンを導入しており、4.5～20kW の能力のエアコンが、1 教室に 1～3 セット設置されている。これらはエアコンを使用していなくても、冷媒を暖めるための電力(以下、待機電力)が 1 台あたり 30～40W である。学校全体の EHP の待機電力は、38W(平均)×35 台 = 1330[W]である。パッケージエアコンのカタログには、待機電力は掲載されていないので注意が必要である。

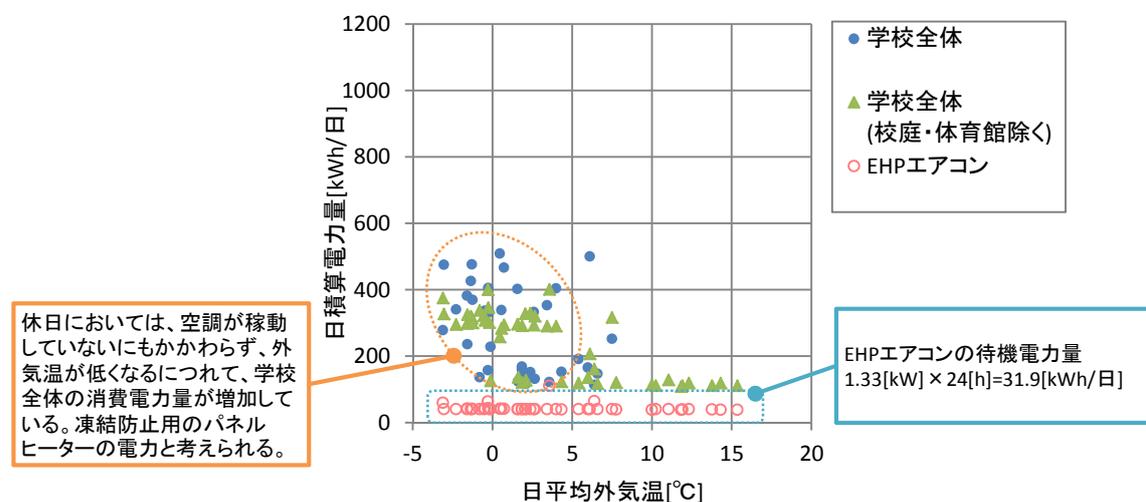


図 2-14 休日の日平均外気温と日積算電力量との関係

図 2-15 に月別の平均日積算電力量を、図 2-16 に月別の平均日積算一次エネルギー消費量を示す。
また、冬期の電力量が大きい原因と考えられる凍結防止用パネルヒーターの写真を図 2-17 に示す。

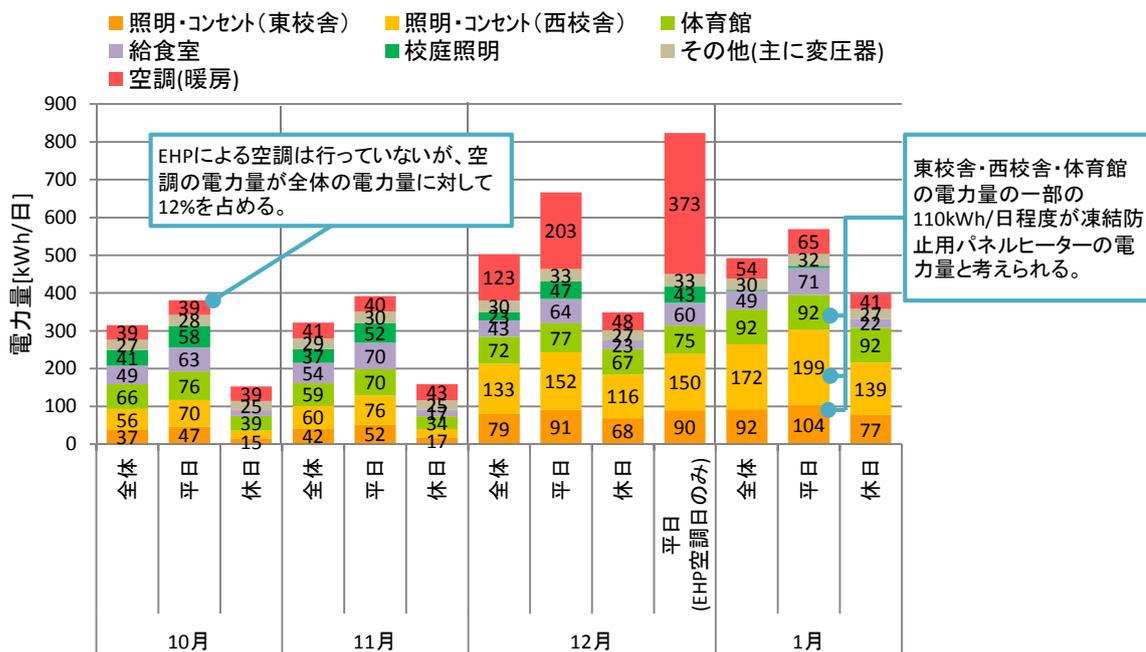


図 2-15 月別の平均日積算電力量

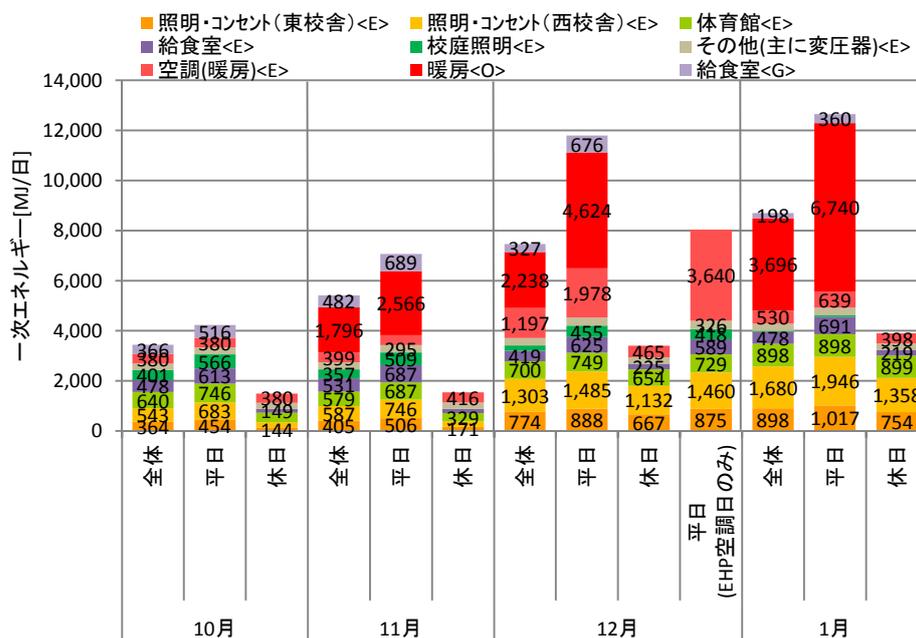


図 2-16 月別の平均日積算一次エネルギー消費量

- 凡例の<E>は電力、<O>は灯油、<G>はガス
- 暖房<O>、給食室<O>以外のエネルギー種別は電力である
- 暖房<O>、給食室<O>は検針票の値であり、平日のみに使用していたと仮定



図 2-17 トイレの凍結防止用のパネルヒーター(各トイレに1つ設置されている)

- 定格電力:500W×18ヶ所

(2) 校舎内の電力の主な用途

学校の運用時の「東校舎」と「西校舎」の電力使用の用途の多くは、照明と考えられるが、その仮説が妥当であるか簡単な試算を行った。ヒアリングより、使用時は教室の照明を常に点灯するとのことから、普通教室と管理諸室(職員室、事務室、保健室)の照明を全て点灯した場合の電力(図中、照明個数より試算)と実測値の比較を行った。その結果を図 2-18 に示す。多少の差異はあるが、試算と実測値は、ほぼ同程度である。

- 照明個数より試算: $40W \times \text{照明本数} \times 1.1$ (1.1:安定器の損失)
- 10~11月の実測値平均(ベース電力除く): 10~11月の実測値平均 - ベース電力(1.5kW)

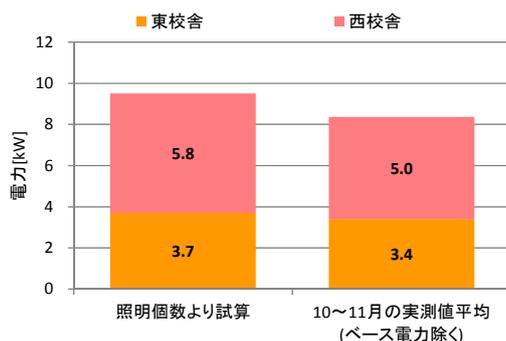


図 2-18 照明電力の試算

図 2-19 に月別の平均ベース電力の内訳を示す。ベース電力は前述の 1.7(3)で示したように、学校の使われていない 1:00~6:00 の電力の平均としている。学校を使っていない時間帯においても、中間期で 5kW、冬期で 15kW もの電力を使用していた。24 時間では 120kWh にもなり、中間期においては学校全体の日積算電力量の 30%以上を占める。

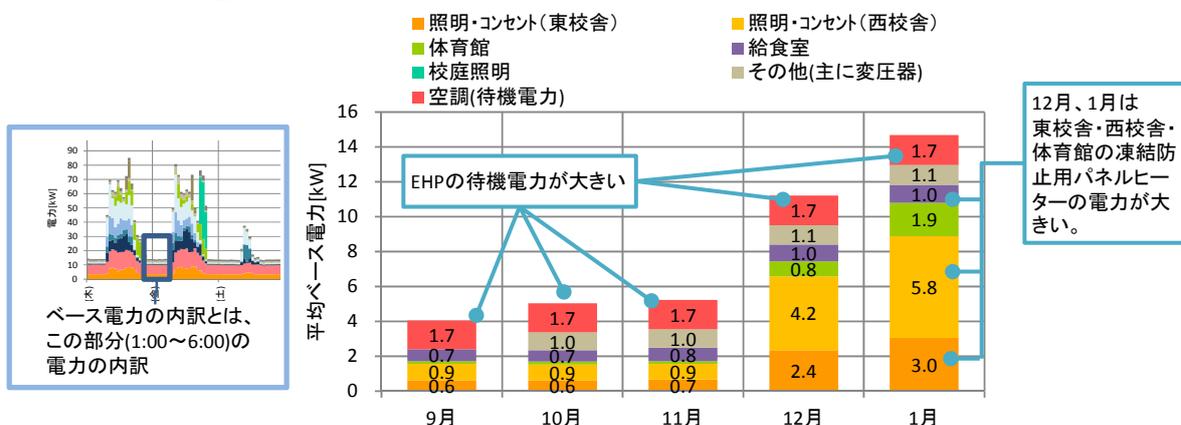


図 2-19 月別の平均ベース電力

「給食室」のベース電力は、主に冷蔵庫である。

図 2-19 の「東校舎」「西校舎」におけるベース電力の内訳を把握するために校舎内に設置されている電化製品とその稼働状況を確認するため、実地調査、及び教職員へのヒアリングを行った。その結果を図 2-20、図 2-21、表 2-3 に示す。

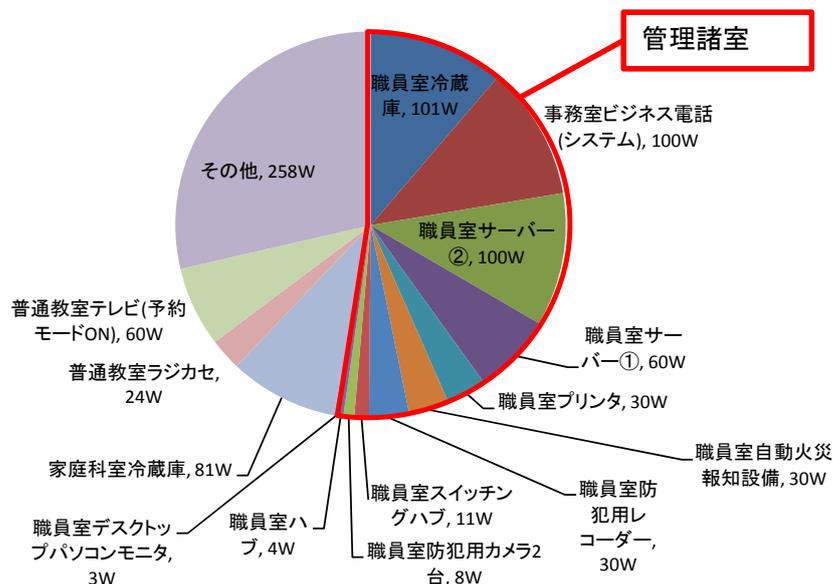


図 2-20 西校舎におけるベース電力の内訳(合計:900W)

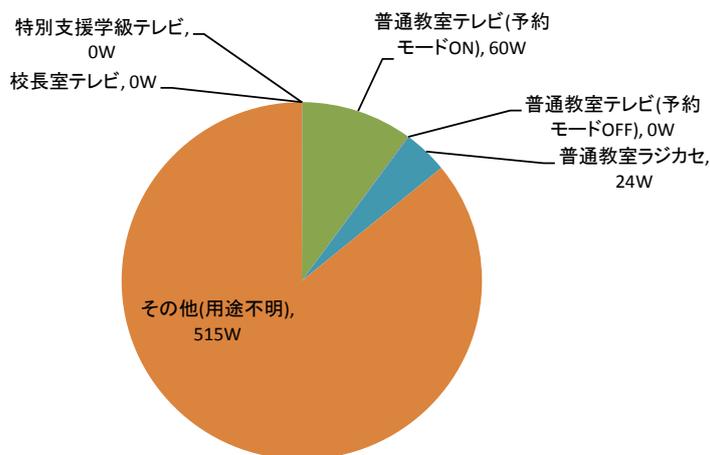


図 2-21 東校舎におけるベース電力の内訳(合計 600W)

表 2-3 校舎のベース電力の内訳

	電気製品	電力[W/台]	台数	電力[W] ※1	稼動 状況 ※2	備考
西校舎	職員室冷蔵庫	101	1	101W	ON	富士通ゼネラルER-K22V 1994製
	事務室ビジネス電話(システム)	100	1	100W	ON	最大180W
	職員室サーバー②	100	1	100W	ON	PRIMERGY TX150S6(最大280W)
	職員室サーバー①	60	1	60W	ON	TraStation
	職員室プリンタ	15	2	30W	ON	リコー C720 EPSON-1001
	職員室自動火災報知設備	30	1	30W	ON	能美防災
	職員室防犯用レコーダー	30	1	30W	ON	TOA
	職員室スイッチングハブ	11	1	11W	ON	CentreCOM FS716TX
	職員室防犯用カメラ2台	4	2	8W	ON	TOA
	職員室ハブ	4	1	4W	ON	SW16TXR
	職員室デスクトップパソコンモニタ	3	1	3W	OFF	
	職員室テレビ	0.1	1	0W	OFF	LC32E9
	家庭科室冷蔵庫	81	1	81W	ON	東芝 GR-D34N 2011製
	普通教室ラジカセ	4	6	24W	OFF	SONY MEGABASS
	普通教室テレビ(予約モードON)	20	3	60W	OFF	三菱電機 PMT-5030XG ※4
	普通教室テレビ(予約モードOFF)	0.1	3	0W	OFF	三菱電機 PMT-5030XG
	普通教室電子オルガン		6		OFF	プラグを抜いている
その他(用途不明)				258W	用途不明	
東校舎※3	特別支援学級テレビ	0.2	1	0W	OFF	三菱電機 PMT-5030XG
	校長室テレビ	0.1	1	0W	OFF	LC32E9
	普通教室テレビ(予約モードON)	20	3	60W	OFF	三菱電機 PMT-5030XG ※4
	普通教室テレビ(予約モードOFF)	0.1	3	0W	OFF	三菱電機 PMT-5030XG
	普通教室ラジカセ	4	6	24W	OFF	SONY MEGABASS
	普通教室電子オルガン		6		OFF	プラグを抜いている
	その他(用途不明)				515W	用途不明

※1)電力は、主にカタログ値

※2)「稼動状況」は、1:00～6:00 の稼動状況を示す。

※3)東校舎には、児童クラブがあるが、電化製品における稼働状況の調査を行っていないため、児童クラブの電力は「その他(用途不明)」に含めた。

※4)放課後の普通教室を調査したところ、半分程度の教室のテレビが予約モードになっていたため、半分の教室は予約モードと仮定した。予約モードのテレビの電力を測定したところ、20W であった。

普通教室と職員室・印刷室の主な電化製品を図 2-22～図 2-27 に示す。



図 2-22 普通教室の電化製品

- 延長コードを用いて配線。放課後はテレビ、ラジカセなどの全てのプラグを抜いている教室もある



図 2-23 普通教室の暖房機・電子オルガン

- 放課後はプラグを抜いている



図 2-24 職員室のサーバー



図 2-25 職員室の火災報知器設備



図 2-26 職員室の監視モニター

- 日常的に、モニターは OFF となっている



図 2-27 印刷室

(3) 建物性能向上・高効率機器の採用によりエネルギー削減が見込める項目

前掲の図 2-16 の月別の平均日積算一次エネルギー消費量を運用時におけるエネルギー消費量とベース電力によるエネルギー消費量に分けたところ、図 2-28 のような結果を得た。運用時におけるエネルギー消費量は、主に暖房や照明・コンセントのエネルギー消費量であり、建物性能の向上、高効率機器の採用などの改修によりエネルギー削減が見込める項目である。これに対して、ベース電力によるエネルギー消費量は、建物性能の向上や高効率機器の採用では、エネルギー削減は見込めず、運用方法の改善などによってエネルギー削減が実現する項目である。

運用時の一次エネルギー消費の全体に対する割合は 52% であるのに対して、ベース電力による一次エネルギー消費の占める割合は 34% (10 月～1 月の平均) であり、決して小さな値でない。ゼロエネルギーを目指すためにはベース電力の削減にも配慮する必要があることが確認できる。

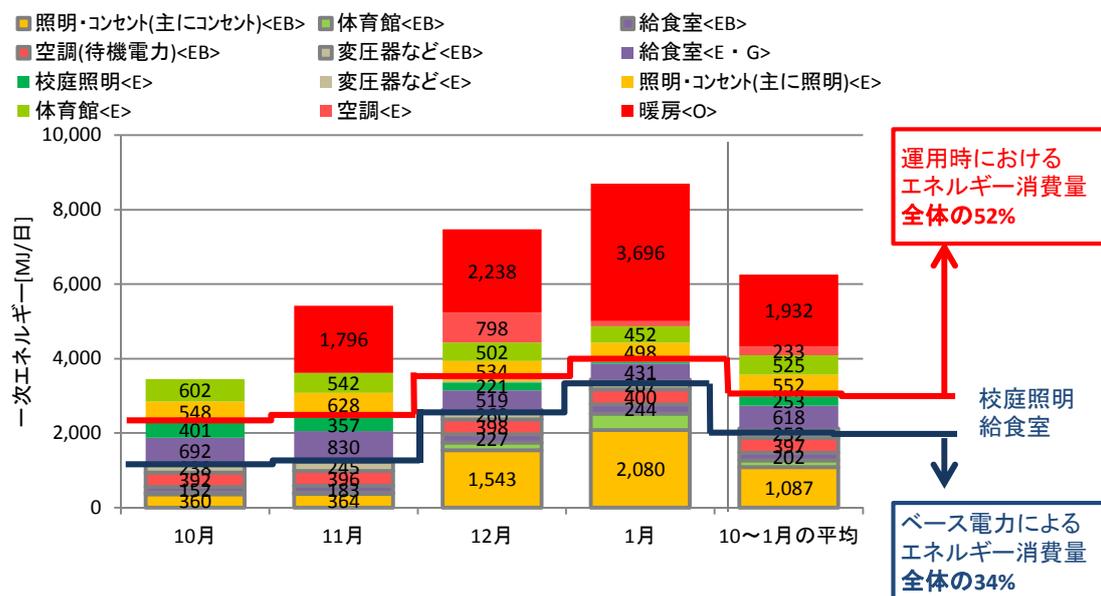


図 2-28 月別の平均日積算一次エネルギー消費量

- 凡例の<EB>はベース電力、<E>は電力、<O>は灯油、<G>はガス
- 図の右側の平均値は、年間の平均値ではなく、10～1月の平均値であることに注意が必要である。
- 12月、1月の校舎・体育館のベース電力が大きいのが、凍結防止ヒーターが常時稼働していたためである。
- 空調(待機電力)<EB>は EHP の待機電力である。

(4) 年間一次エネルギー消費量の内訳

P9の1.7(4)に示す方法で月積算エネルギー消費量及び年間一次エネルギー消費量を推定した。

図 2-29 に月積算一次エネルギー消費量を示す。中間期、夏期に比べて冬期の暖房エネルギーが大きい。4月はEHPによる空調を行っていなかったが、空調<EB>(EHPの待機電力)の占める割合が13%と大きかった。

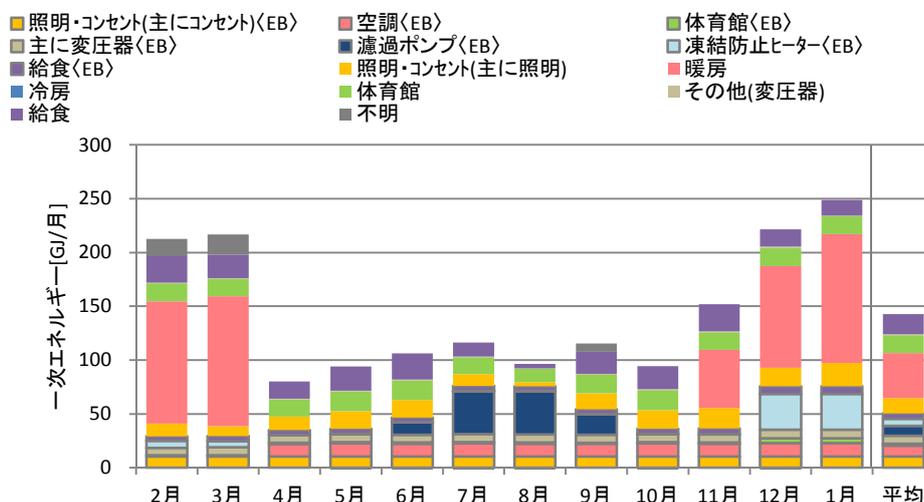


図 2-29 月積算一次エネルギー消費量(2~9月の内訳は推定)

- 各月の月積算一次エネルギー量の合計値は検針値であり、2~9月については内訳のみ推定。
- 凡例の<EB>はベース電力
- 空調<EB>は4月以降発生しているが、EHP エアコンは3月に導入されたためである。
- 凍結防止ヒーターは、2,3月の値が12,1月に比べて小さいが、凍結によって水道管が破損したため12月に凍結防止ヒーターを増設したためである。

図 2-30 に年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。全体のエネルギー消費量(給食・校庭照明除く)に対して、暖房が35%を、ベース電力の合計は38%を占め、相当大きいことが判明した。一方、照明(図中の照明・コンセント(主に照明))の占める割合は、12%程度と小さかった。また、全体のエネルギー消費量(給食・校庭照含む)に対して、給食関連は、ベース電力(冷蔵庫など)を含め16%を占める。

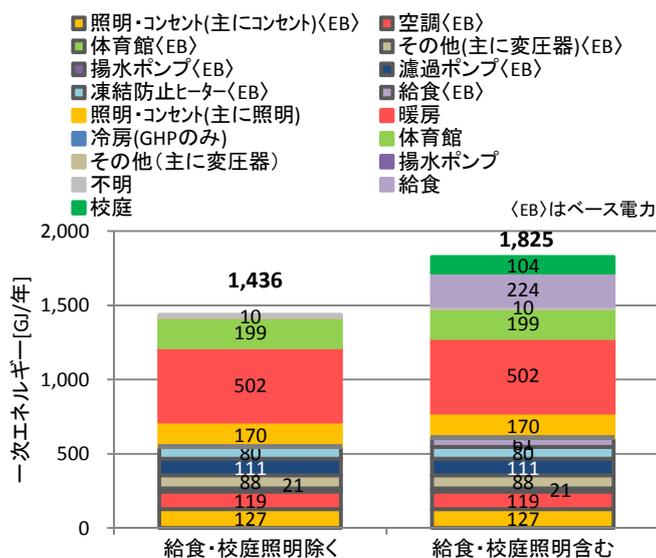


図 2-30 年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

図 2-31 に施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。矢吹小の施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量は、給食・校庭照明を含んだ場合でもⅡ地域平均に比べ 17% 小さかった。

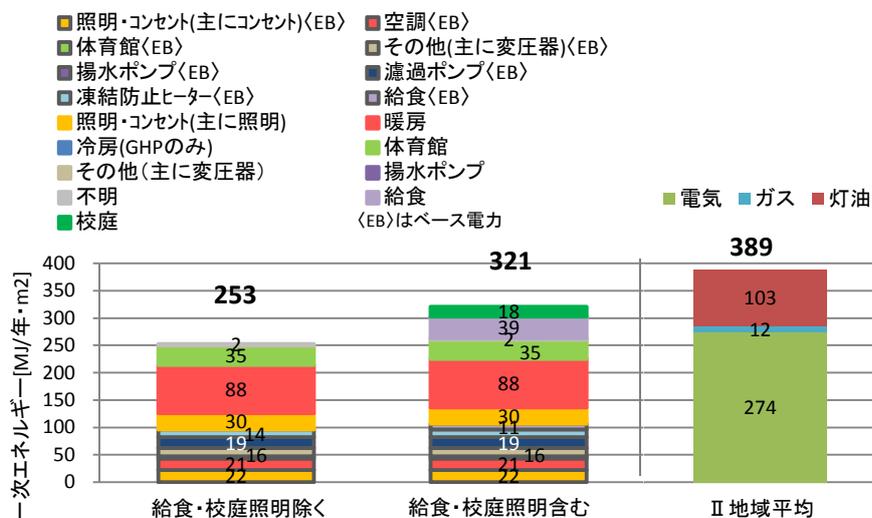


図 2-31 施設面積あたりの年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

- 施設床面積: 校舎と体育館の合計床面積
- Ⅱ地域平均: 国立教育政策研究所 文教施設研究センター調べ(平成 18 年度)

2.4.4 教室の光環境

教室の机上面の照度分布を把握するために、机上面の照度測定を行った。図 2-32 に中間階普通教室の机上面照度を示す。照明を点灯した場合においても、曇りの日(中間期くもり、冬期くもり)は中央・廊下側は 500lx を満たしていない場所があった。

晴れている日(中間期はれ、冬期はれ)は、「照明なし」、「カーテン閉」でも窓側は 500lx 以上、廊下側は 500lx 以下であった。「冬期くもり」では、「照明なし」「カーテン開」において、窓側は 500lx を満たした。これらの条件の場合には、窓側の照明を消灯することが可能で、間引き点灯を行うことによって照明の電力削減が可能と考えられる。



図 2-32 中間階普通教室の机上面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色(学校環境衛生基準:照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)

図 2-33 に中間階教室の黒板面照度を示す。曇りの日(中間期くもり、冬期くもり)は「点灯なし」では、500lx 以下であり、黒板灯の点灯が必要であることを確認した。

	☀ 中間期はれ	☁ 中間期くもり	☀ 冬期はれ	☁ 冬期くもり	🌃 夜間(昼光なし)
測定日時	2012/11/16 11:40	2012/11/17 11:30	2013/2/1 11:45	2013/1/25 11:45	2012/11/19 17:00
天気	晴れ	くもり	晴れ	くもり	晴れ
屋外北側照度	4,150 lx	2,768 lx	4,450 lx	7,390 lx	0 lx
屋外南側照度	69,700 lx	2,611 lx	63,000 lx	8,550 lx	1 lx
照度 [lx]					
照明あり	2268 1725 1448	783 615 512	2080 1734 1520	910 787 688	665 562 484
カーテン開	1935 1828 1445	575 614 520	1623 1890 1534	716 817 678	510 545 449
	1612 1740 1327	388 455 427	1235 1683 1420	512 713 596	298 387 366
照明あり	1097 985 809	747 609 496	1148 1008 805	655 596 549	722 571 491
カーテン閉	898 993 762	573 601 481	924 1012 776	533 588 505	564 577 474
	765 867 639	399 461 372	716 815 673	369 483 412	360 438 393
照明なし	1568 1164 923	82 63 55	1380 1133 982	231 218 186	
カーテン開	1376 1243 961	54 88 71	1067 1332 1030	159 250 201	
	1210 1255 993	66 104 89	867 1427 1048	184 283 239	
照明なし	545 464 361	15 13 11	466 415 320	50 47 47	
カーテン閉	408 460 346	10 12 10	361 416 310	34 42 40	
	384 441 328	9 10 9	338 400 301	34 44 40	

照度測定位置

黑板立面図

図 2-33 中間階教室の黒板面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色 (学校環境衛生基準: 照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)

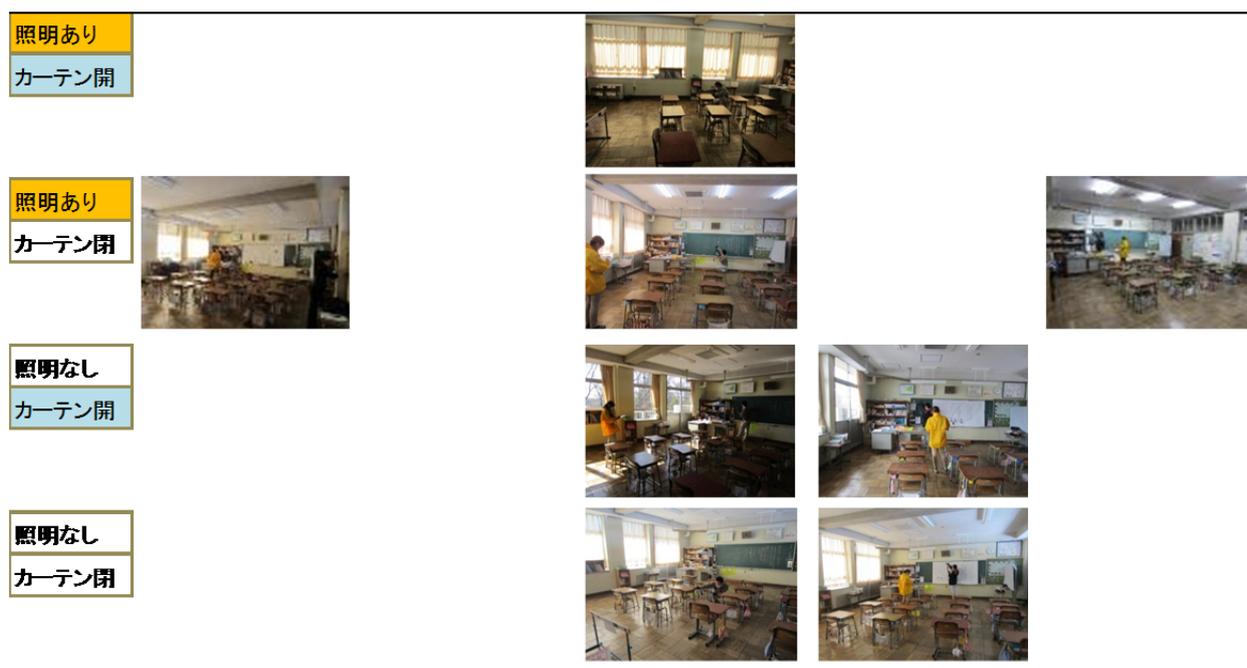


図 2-34 測定風景

2.4.5 冬期における放射環境

冬期における放射環境を把握するためにサーモカメラを用いて、教室・廊下・トイレの部位の表面温度測定を行った。

(1) 測定条件

撮影日:2012年12月26日(水) 雪ときどき晴れ

外気温:-3.4℃、教室の空気温度:17℃

教室に関しては、暖房(FF型石油ストーブ:能力11kW)開始して1時間30分後に撮影した。

(2) 測定結果

図 2-35～図 2-36 に教室の前方の熱画像を示す。壁・柱の下部が低いこと、出入り口ドアの取り合い部の温度が低く、ドアの隙間から冷気が流入していることを確認した。

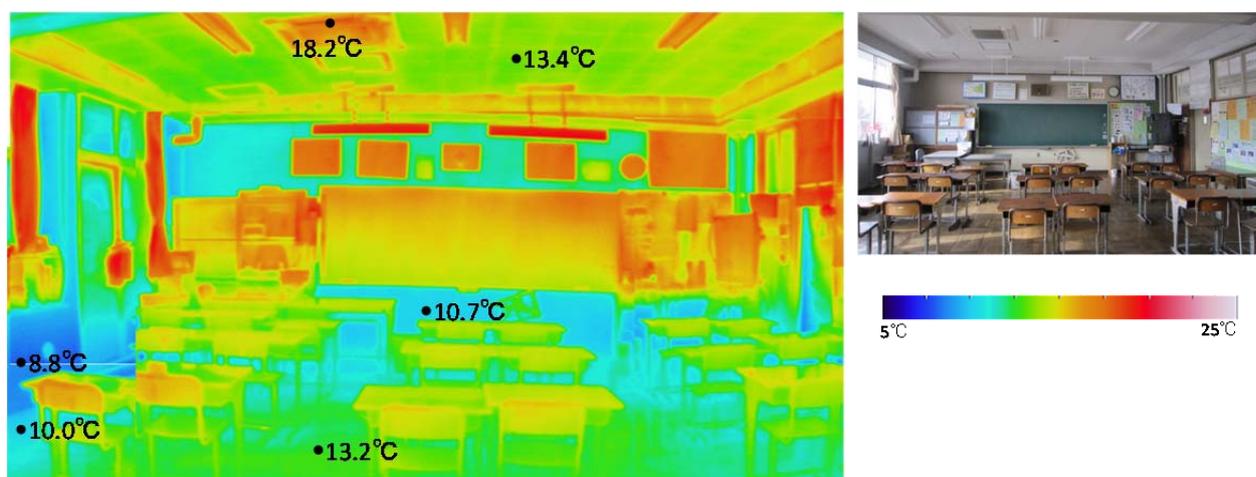


図 2-35 教室の前方

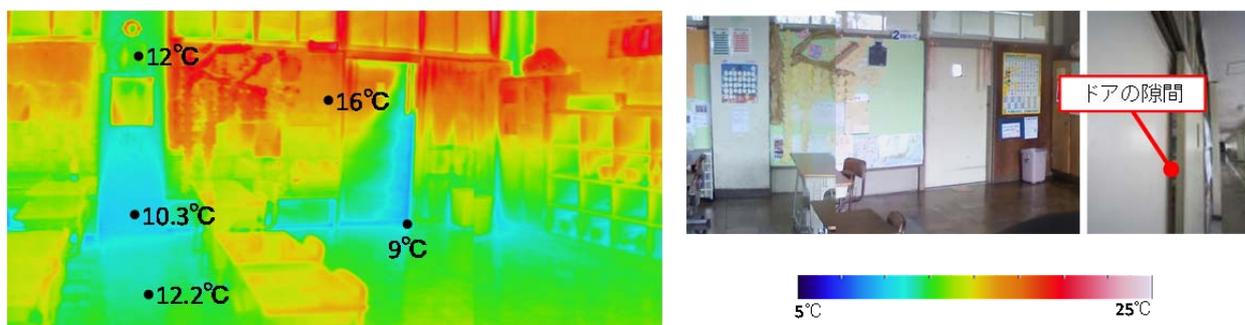


図 2-36 教室のパーティション側

図 2-37 に暖房教室前の廊下の熱画像を示す。パーティション上部の開口部の温度が高く、暖房で暖められた熱が逃げていることを確認した。その他の部位は、10℃以下であった。

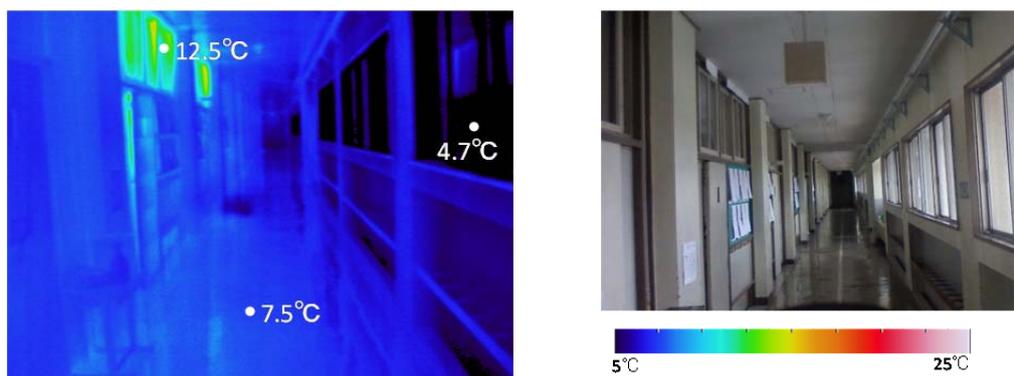


図 2-37 暖房教室前の廊下

図 2-38 にトイレのパネルヒーター(凍結防止用)周辺の熱画像を示す。パネルヒーターのみが 55℃で温度が高く、断熱性能が低いため、壁・窓表面温度は 3～6℃でとても低かった。

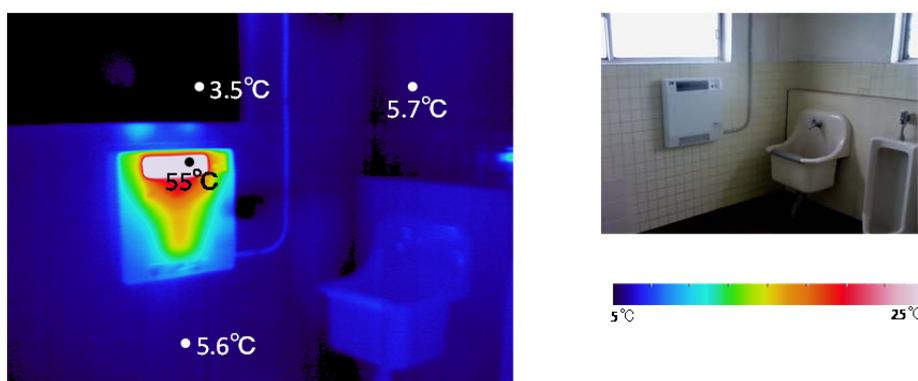


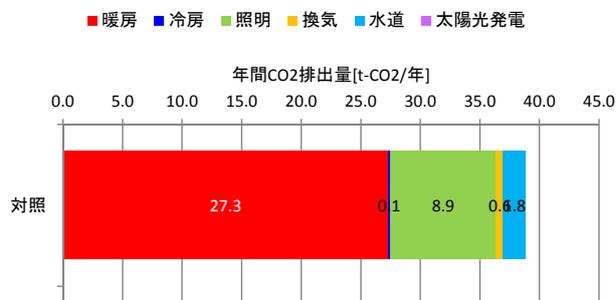
図 2-38 トイレのパネルヒーター

2.5 FAST の検証(改修前の実態との比較)

FAST は、校舎を改修した際の CO2 の削減量を試算するプログラムであり、ここでは、改修前における CO2 排出量の実測値 と FAST の改修前の校舎(「対照」という)の CO2 排出量の試算結果を比較し、FAST の予測精度を検証する。

矢吹小学校の現状についての FAST の出力結果と入力内容を図 2-39 に示す。

対照	
CO2排出量[t-CO2/年]	
暖房	27.3
冷房	0.1
照明	8.9
換気	0.6
水道	1.8
太陽光発電	
計	38.8
CO2削減量[t-CO2/年]	
CO2削減率[%]	



《①棟環境対策》

対照		
改修案採用	採用	
躯体の断熱性能	無断熱	
開口部種類	単板ガラス	
窓の形状▲	1階	腰窓+掃き出し窓
	2階以上	腰窓+掃き出し窓
日射遮へい▲	バルコニー	
窓の形状▲	1階	
	2階以上	
日射遮へい▲		
暖房方式	普通教室	FF型石油ストーブ
	特別教室	FF型石油ストーブ
	管理諸室	FF型石油ストーブ
冷房方式	普通教室	EHPエアコン(標準)
	特別教室	EHPエアコン(標準)
	管理諸室	EHPエアコン(標準)
換気方式	自然換気	
照明方式	調光制御ゾーン	窓側のみ
	普通教室	一般型蛍光灯
	本数[本/m2]	0.22
	特別教室	一般型蛍光灯
	本数[本/m2]	0.14
	管理諸室	一般型蛍光灯
	本数[本/m2]	0.21
	便所、廊下等	一般型蛍光灯
便所本数[本/m2]	0.1	
節水型器具	便所	不採用
	適用率[%]	100
	水栓	不採用
	適用率[%]	100
太陽光発電	有無	不採用
	容量[kW]	
	方位	
	傾斜角[°]	
屋根形状	陸屋根	
屋上緑化	不採用	

《学校概要》

建築区分	改修	延床面積	4583 m2
建物種別	小学校校舎	都道府県	福島県
児童生徒数	260 人	都市	小野新町
教職員数	30 人	地域区分	II地域
授業時間	6 時限	電力会社	東北電力

	①棟	②棟	③棟
建物形状		L字型	
校舎の寸法A		123.05 m	
校舎の寸法B		106.4 m	
校舎の寸法C		22.05 m	
校舎の寸法D		12.6 m	
廊下形状	片廊下型	片廊下型	
教室・窓の方位	南	西	
階数	3 階	3 階	
学級数	12 クラス	0 クラス	
特別支援学級数	1 クラス	0 クラス	
特別教室数	6 教室	5 教室	
校長室・職員室	あり	なし	
保健室	あり	なし	
用務員室	あり	なし	
多目的スペース	なし	なし	
便所数	3 箇所	0 箇所	
環境対策メニュー	簡易入力		

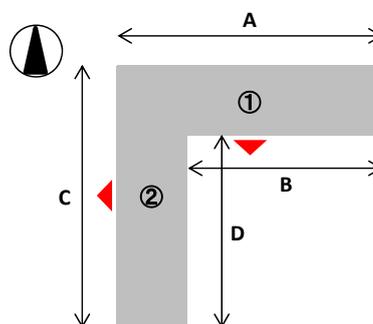


図 2-39 FAST の結果と入力内容

FAST の予測精度の検証のため、10～1月のエネルギー消費量の測定結果、及び、測定期間外については推定を行い、学校の年間CO2排出量の内訳の推定を行った。結果を図2-40に示す。

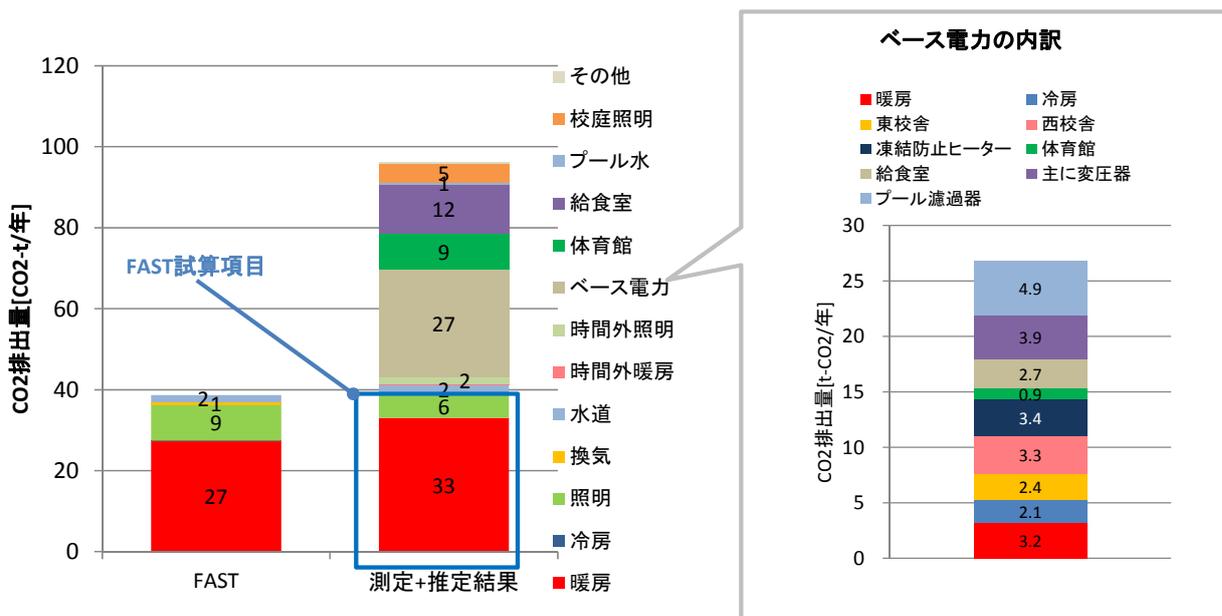


図 2-40 年間 CO2 排出量に関する FAST の出力結果と調査結果(測定+推定)との比較

図 2-40 の内訳を推定する際に、各月の CO2 排出量を推定し、それを積算することで年間 CO2 排出量の算定を行った。参考までに、推定した各月の CO2 排出量の内訳を図 2-41 に示す。

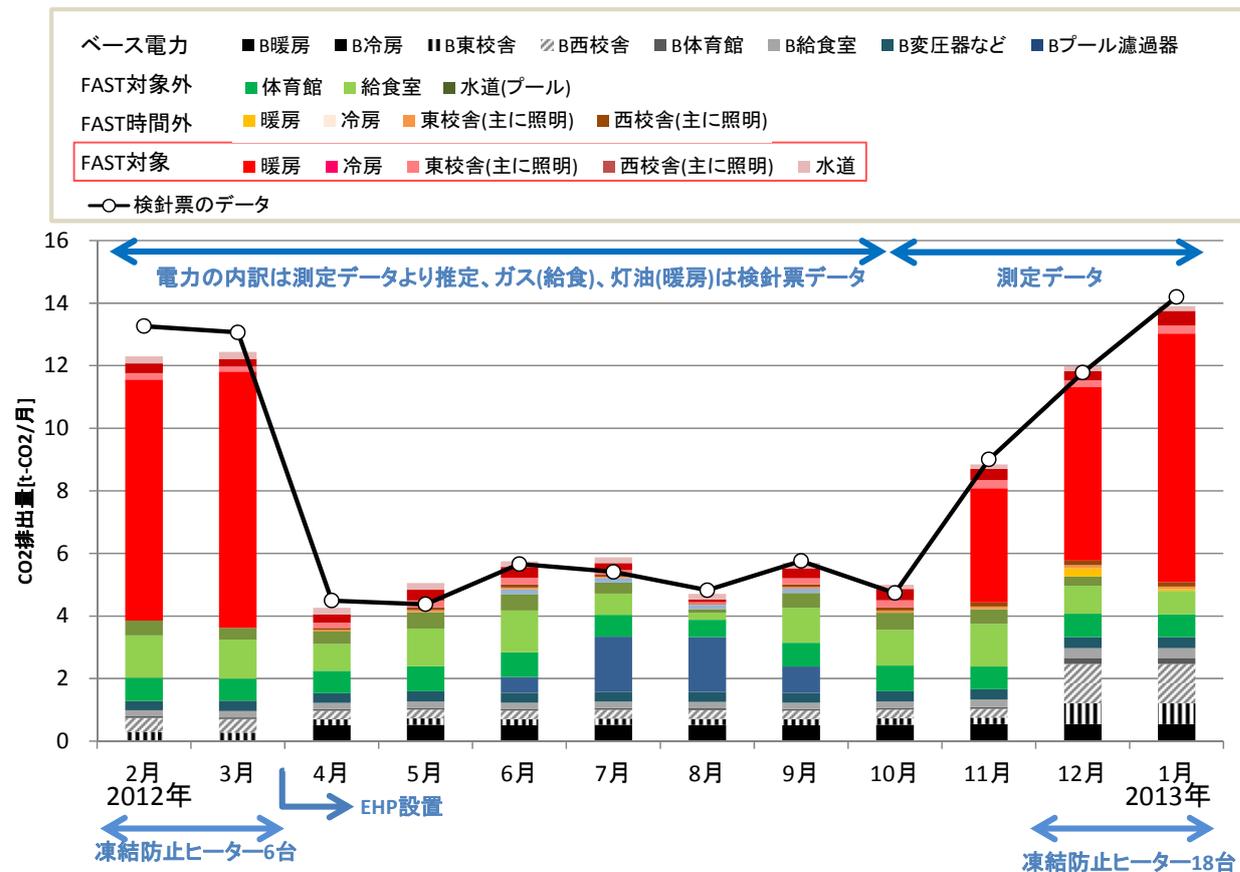


図 2-41 月別 CO2 排出量の内訳推定結果

- ベース電力の内訳の「暖房」「冷房」は、EHP によるものである。

2.1 エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点

本調査を行うことによって確認した、改修を行う際の留意点を以下にまとめる。

校舎の断熱・気密性能	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬期は日中においても廊下の温度は、10℃程度ととても低い。教室と廊下間のドアの隙間から、冷気が入ってくるため、教室内は、上下温度差が5℃程度と大きい。校舎全体の断熱性能を向上するとともに、廊下の暖房区画などを行い昇降口や渡り廊下からの冷気の流入を防ぐことが効果的と考えられる。
光環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用している教室の照明は常に点灯するような運営であるため、平日の日中における電力消費量が大きい。昼光をできる限り利用して、人工照明を必要最低限に留める運用を行うべきである。 ● 昼光利用を行うために、ルーバーの設置や両面採光を導入することで教室内の明るさの均一化が可能と考えられる。ただし、改修によって教室内の明るさ環境が向上しても、教室に入ったら照明を点灯するという習慣があるため、明るさに応じた照明の点灯・消灯ができるように、運用の仕方などにも配慮する必要がある。
設備機器	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬期におけるトイレの凍結防止用パネルヒーターの電力量が大きい。校舎の断熱性能を向上し、トイレ室内温度の昇温を図ると、凍結防止のための電力の削減が可能になるとともに、トイレ等の快適性の向上につながると考えられる。また、配管の経路、配管のみを凍結しない程度に温めるなど、水道管の凍結防止手法を検討することによって省エネ化が図られると考えられる。井戸水の利用が可能であれば、井戸水を用いることで、凍結を防ぐことも考えられる。 ● EHPの待機電力が大きく、空調を使用しない期間においても、40kWh/日もの消費電力量があった。使用しない期間は、ブレーカーを落とすなどの運用の工夫でエネルギーの削減が可能と考えられる。 ● 現在、教室内のコンセント数は少なく、使用していない電化製品のプラグを抜いている教室が見受けられた。改修によってコンセント数が多くなり、待機電力が増加する可能性がある。1教室当たり数W～電化製品のモードによっては30W以上になることが考えられる。1教室当たりの消費電力量は小さいが、教室数、時間を積算することによって、学校全体の電力量が大きくなると考えられるので、注意が必要である。オフィスなどに比べ、学校の消費電力は小さく、電化製品の使用時間の少しの増加が消費電力量に影響してしまうため、運用のルールを決めることや、教室の出入りにコンセントの電源を一括でON/OFFにできるスイッチを設けるなどの工夫が必要と考えられる。 ● トイレの改修を行う際に、暖房便座(温水洗浄含む)を採用することも考えられるが、タイマーの設置や瞬間式の採用、若しくはトイレの出入りに一括で電源をOFFにできるスイッチ等を設けることで、無駄な電力の増加を抑えられる。
省エネ化	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間エネルギー消費量に対して、暖房が35%(給食・校庭照明除く)、ベース電力の合計が38%と大きな割合を占めている。ベース電力としては、コンセント(サーバー、OA機器等)の他に、冬期の凍結防止ヒーター、EHPの待機電力の割合が大きい。また、クラブ活動や地域開放による体育館の使用時間が長いこと、体育館の照明エネルギーが校舎の照明よりも大きな割合を占めている。 ● 改修によってエネルギー消費量を削減するには、建物性能(断熱・気密性)の向上・高効率機器(特に体育館の照明器具の高効率化)の導入とともに、凍結防止ヒーターの電力やEHPの待機電力などを抑え、ベース電力を削減するための技術の採用や運用を促す手法を検討することも必要である。

3. 金閣小学校

3.1 学校概要

金閣小学校の概要を表 3-1 に、配置図、教室配置図を図 3-1、図 3-2 に示す。

表 3-1 学校概要

所在地	京都府京都市
敷地面積	5,137 m ²
校舎面積	南校舎:1,208 m ² 北校舎:2,635 m ² 東校舎:615 m ² 合計:4,458 m ²
校舎構造、階数	南校舎:RC 造、2 階、S39 年 北校舎:RC 造、3 階、S47 年築 東校舎:RC 造、2 階、S50 年築
校舎形状	L 字型、並行配置
教室窓方位	南校舎・北校舎:南 東校舎:西
体育館面積	455 m ²
学級数	普通:17 学級 特別支援:3 学級
児童数	566 人
給食方式	自校方式

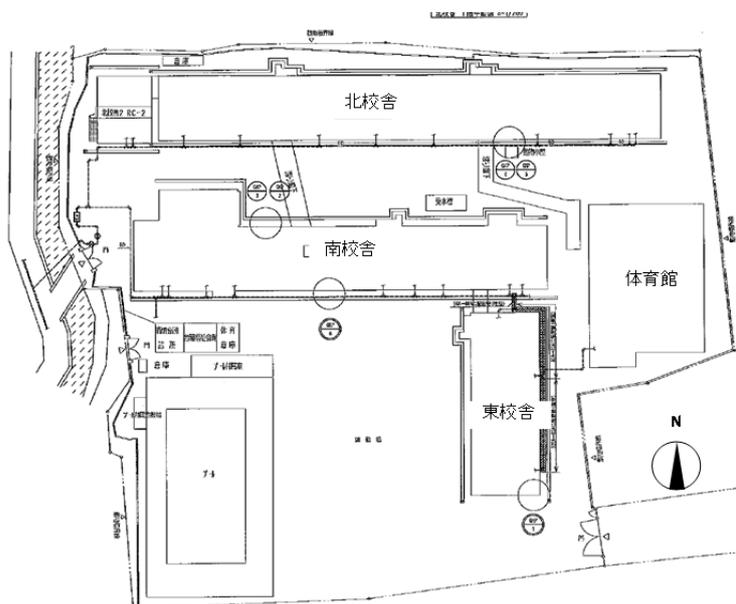


図 3-1 配置図

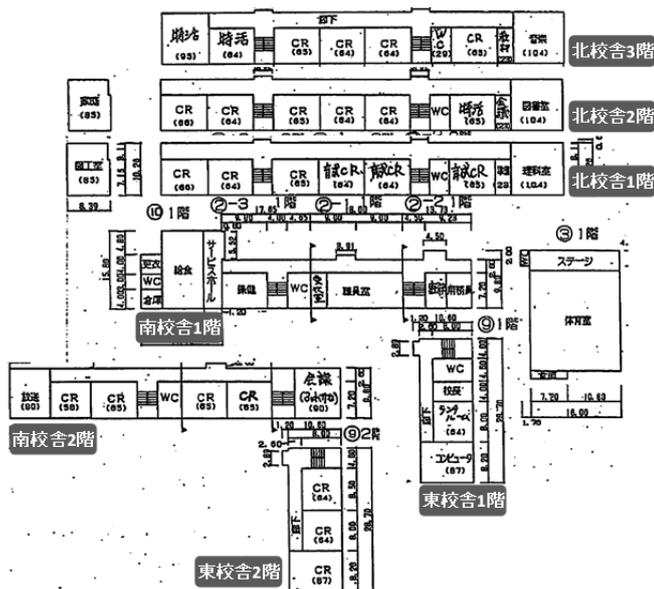


図 3-2 教室配置図

3.2 主な設備機器一覧

主な設備機器を表 3-2 に示す。

表 3-2 主な設備機器

暖房	普通教室	GHP 暖房能力:16.0kW
	特別教室	ガスストーブ 暖房能力:5.8kW
	管理諸室	ガスストーブ 職員室の暖房能力:5.8kW×2 台
冷房	普通教室	GHP 冷房能力:14.0kW
	特別教室	なし
	管理諸室	EHP:職員室の冷房能力:25kW
1 教室当たりの教室照明		Hf32W×18 灯
トイレ照明		合計:272W(男子)、320W(女子)
普通教室の電化製品		50 型テレビ、ラジカセ、パソコン、パソコンモニタ、ハブ、電話、 黒板消しクリーナー
体育館照明		水銀灯:400W×9 灯、200W×2 灯 水銀灯:40W×30 灯 合計:5.2kW
浄化槽		なし
揚水ポンプ		あり
校庭照明		あり(400W×16 灯=6.4kW)
給食		自校方式
その他		北校舎は一部改修済み 平成 24 年度に照明の高効率化(Hf・明るさセンサー付)

3.3 運用実態

校長・教頭へのヒアリングにより、運用の実態調査を行った。図 3-3 に運用状況を示す。主な概要を下記に示す。

- 陸上・卓球・バスケットボール・バレーボール・テニス・合唱のクラブがあり、放課後 15:30～17:00 に練習を行っている。
- 教職員は、放課後 50%程度が教室に残り、補習や業務を行っている。18:00 以降は職員室で業務を行うルールとしている。
- 用務員室・事務室以外の管理諸室は、1 日 10 時間以上、誰かが在室している。
- 管理諸室、教室等は、使用時は天候に関わらず常に照明を点灯している。
- 廊下や昇降口の照明は、暗い時のみ点灯している。
- 教室のカーテンは、晴天日においては 1 年中閉めている。
- 家庭科室以外の特別教室は、ほぼフル稼働である。
- 下校時には、カーテンは開け、教室の出入り口ドアは閉めている。
- 各教室に換気扇がついているが、ほとんど使われていない。
- 運用時(平日の日中)は渡り廊下のドアは常に開いている。
- 体育館は、平日は 4 日/週と土曜日に地域開放を行っている。
- 夏休みは、お盆期間以外は午前中に補習授業があり、6 割以上の児童が登校している。

3. 金閣小学校

登校時刻	8:30			※夏期は、3月～10月、冬期は11～2月			
下校時刻	16:30(夏期) 16:00(冬期)						
長期休暇の期間	夏休み	冬休み	春休み				
	35日間	16日間	13日間				
	7/21～8/24	12/23～1/7	3/24～4/5	※夏休みは、お盆期間以外は午前中に補習授業がある。(6割以上の児童が参加)			
[時間/日]							
平日のクラブ・部活動の時間	始業前	放課後					
		夏期	冬期				
	0.33	1.5	1.5				
・陸上、卓球、バスケ、バレー、テニス、合唱がある。 ・放課後：15:30～17:00(夏期・冬期)							
平日の普通教室使用率			クラブ・部活動	教職員			
	15:00～16:00		0%	50%			
	16:00～17:00		0%	50%			
	17:00～18:00		0%	50%			
・普通教室数：19教室 18:00以降は職員室で作業することになっている							
[時間/日]							
管理諸室の使用時間		平日	土曜日	日曜日	長期休暇		
	校長室	0	0	0	0		
	職員室	14	5	1.25	11		
	保健室	10	0	0	9		
	事務室	9	0	0	9		
	用務員室	9	0	0	9		
[時間/日]							
特別教室の使用時間		授業(平日)	クラブ・部活動(平日)	クラブ・部活動(土曜日)	クラブ・部活動(日曜日)	クラブ・部活動(長期休暇)	地域開放
	理科室	6	0	0	0	0	0
	図工室	6	0	0	0	0	0
	音楽室	6	0.4	0	0	0	0
	家庭科室	0.8	0	0	0	0	0
	図書室	6	0	0	0	0	0
	視聴覚室	2	0	0	0	0	0.8
	コンピューター室	6	0	0	0	0	0
	ランチルーム	2	0	0	0	0	0
暖冷房の設定温度		管理諸室	普通教室	備考			
	冷房(7～9月)	28℃	28℃				
	暖房(12～2月)	18℃	18℃	外気温が10℃以下になったら使用			
照明の運用		点灯状況	点灯個数				
	管理諸室	使用時に点灯	すべて点灯(職員室は、授業中は必要な箇所のみ点灯)				
	普通教室	使用時に点灯	すべて点灯				
	特別教室	使用時に点灯	すべて点灯				
	廊下	暗い時のみ点灯	暗い箇所のみ点灯				
	昇降口	なし	なし				
	トイレ	使用時に点灯	すべて点灯(南校舎1階・北校舎は人感センサ)				
体育館	使用時に点灯	アリーナはすべて点灯					
教室の窓の開け閉め(換気)のルール	夏期(冷房時)	冬期(暖房時)	中間期(非暖冷房時)		カーテン使用状況		
	朝・2時間目	休み時間ごとに窓開け換気	朝・2時間目		夏期	中間期	冬期
	休み・昼に窓開け換気		休み・昼に窓開け換気		授業中は常に閉めている	授業中は常に閉めている	授業中は常に閉めている
下校時の教室のカーテン・ドアの状況	カーテン	ドア	出入りドア				
	開ける	閉める	昇降口ドア		渡り廊下ドア		
			—		常に開ける		
給食室の使用時間	使用時間	8:00～16:00	8時間/日				
	洗浄	14:00～15:00					
[時間/日]							
体育館・グラウンド照明の使用時間	学校	授業・朝礼等	6				
		平日のクラブ・部活動	0				
		土曜日のクラブ・部活動	2				
		日曜日のクラブ・部活動	2				
		長期休みのクラブ・部活動	2				
	地域	平日(平均)	1.6 4回/週、2時間開放				
		土曜日	8				
グラウンド照明	学校	0					
	地域	0 春に消防団が使用					
学童保育の有無	なし						

図 3-3 運用状況

3.4 エネルギー消費量・温湿度調査

3.4.1 調査概要

(1) エネルギー消費量

1) 電力量

電力量測定ポイントを図 3-4 に示す。

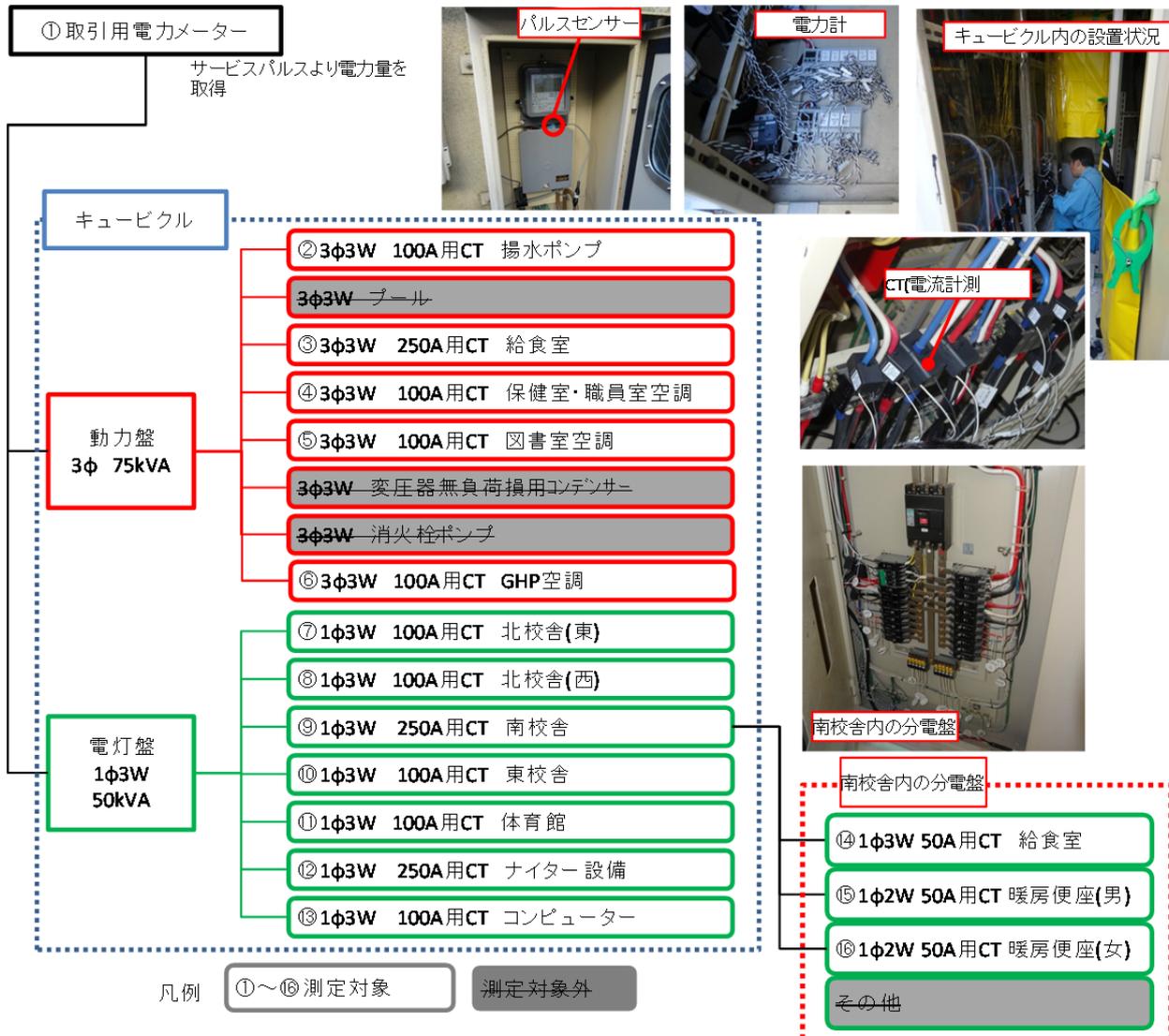


図 3-4 電力量測定ポイント

2) ガス消費量

ガス消費量測定ポイントを図 3-5 に示す。

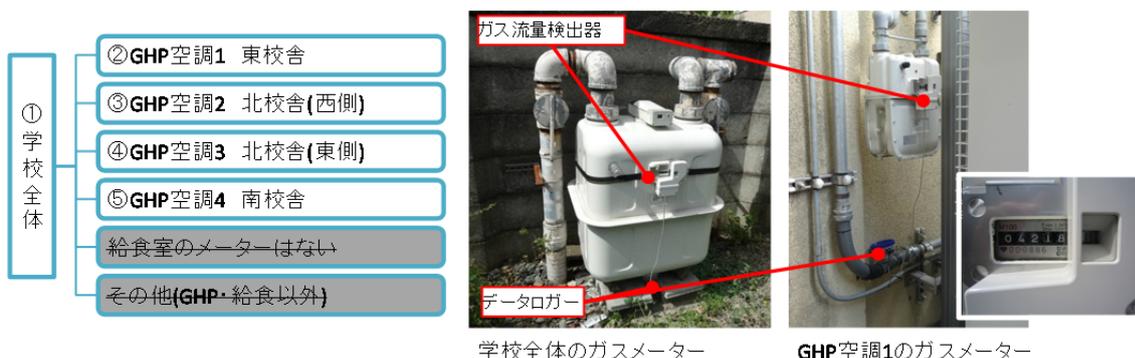


図 3-5 ガス消費量測定ポイント

(2) 温熱環境

温湿度の測定ポイントを図 3-6 に、設置状況を図 3-7 に示す。

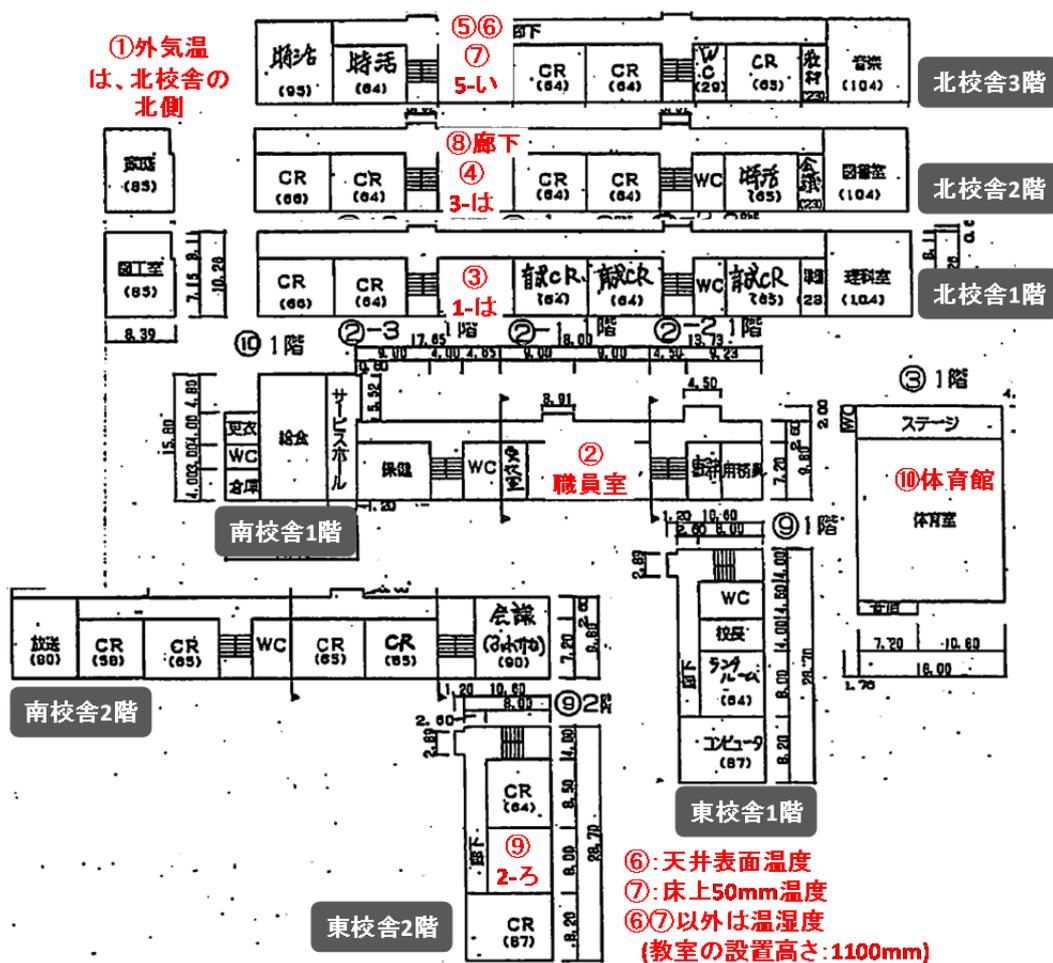


図 3-6 測定ポイント



図 3-7 測定機器設置状況

3.4.2 エネルギー消費量・温湿度の変動

(1) 電力量・温度変動

1) 秋期

秋期における電力の変動を図 3-8 に、ガスの変動を図 3-9 に、温度変動を図 3-10 に示す。

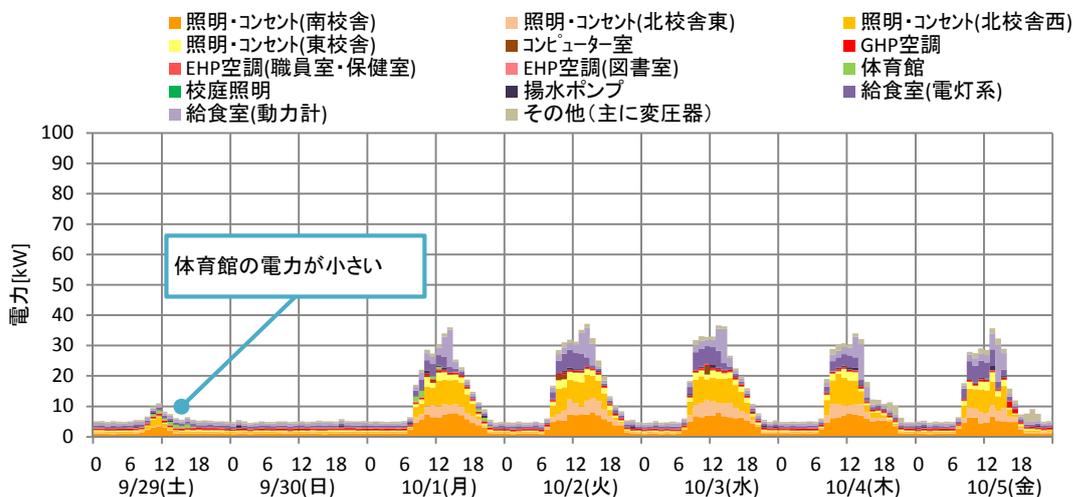


図 3-8 電力の変動

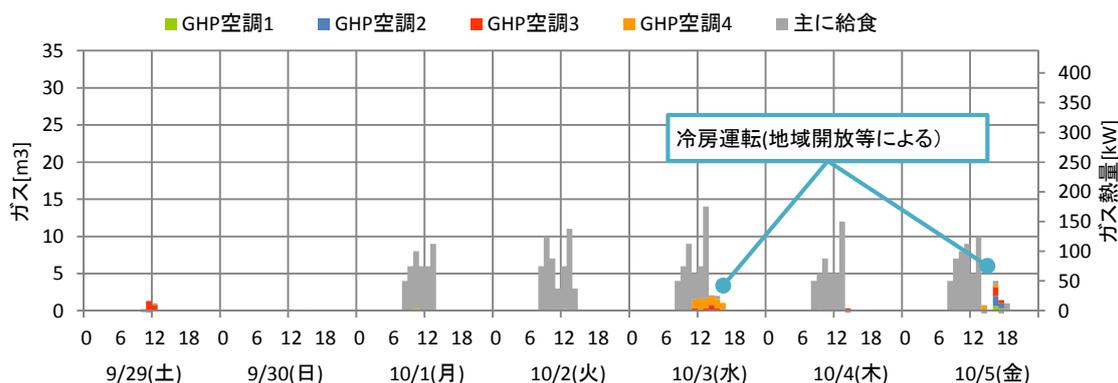


図 3-9 ガスの変動

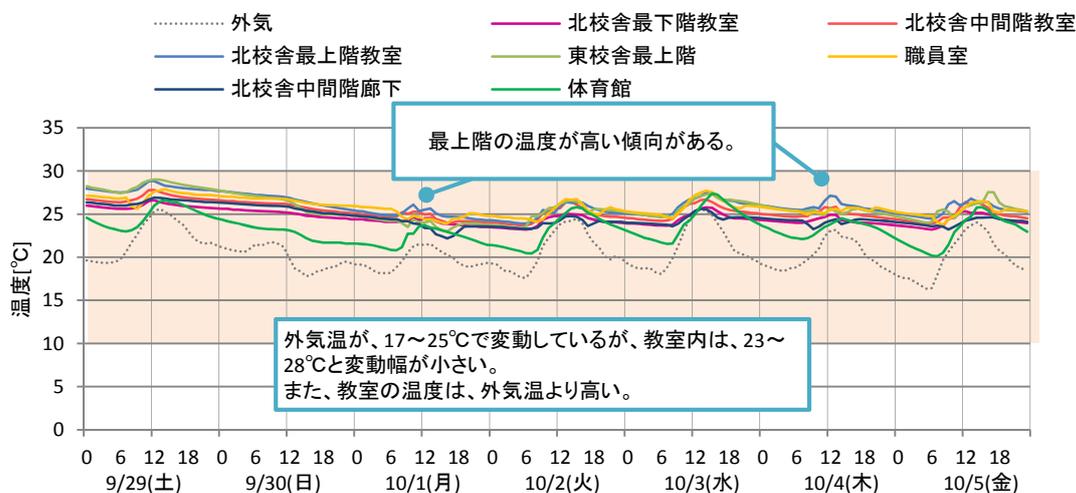


図 3-10 温度変動

2) 冬期

冬期における電力の変動を図 3-11 に、ガスの変動を図 3-12 に、温度変動を図 3-13 に示す。

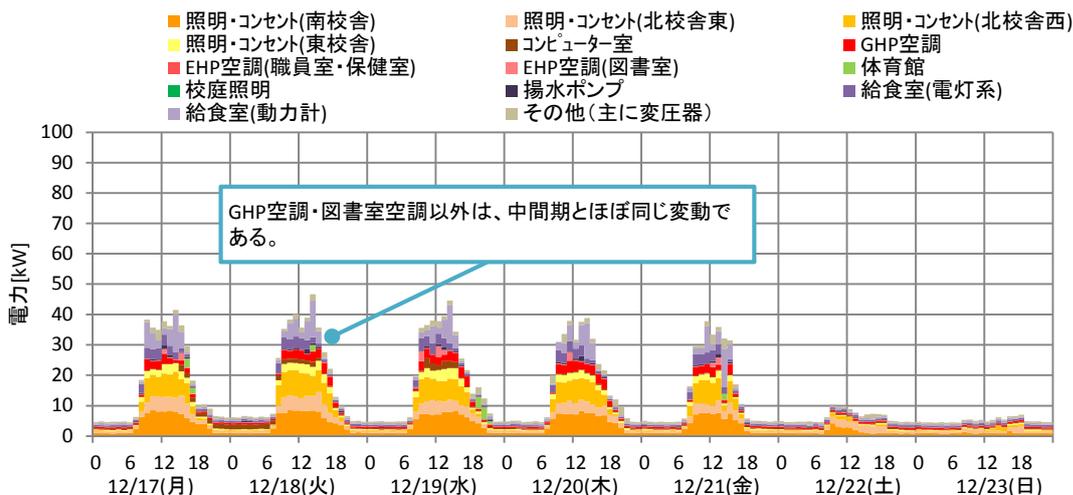


図 3-11 電力の変動

- 保健室・職員室の暖房は、ガスストーブを使用している。

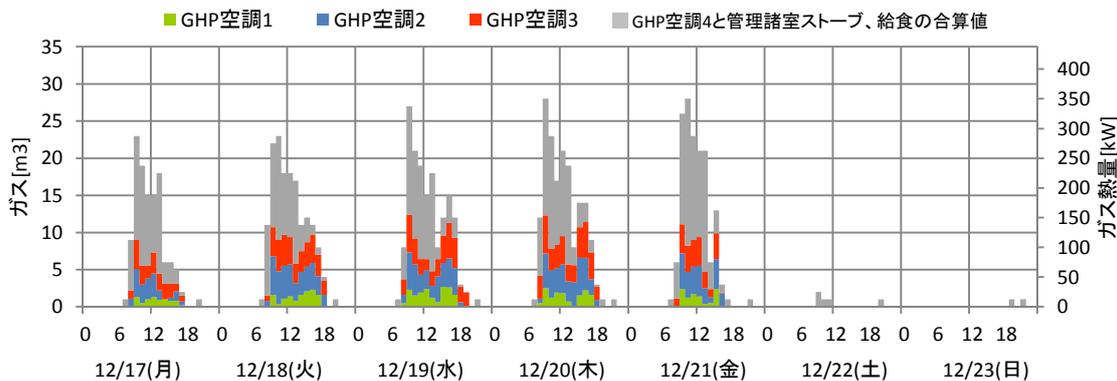


図 3-12 ガスの変動

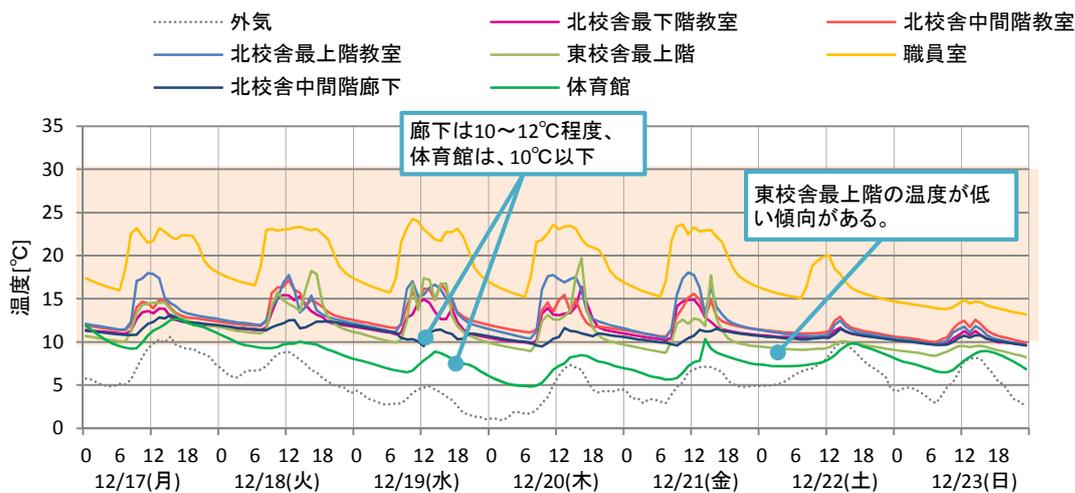


図 3-13 温度変動

- 北校舎に比べて東校舎最上階の温度が低いですが、図 3-14 に示すように、東校舎には各教室に換気ガラリが設置されており、外気が流入するためと考えられる。

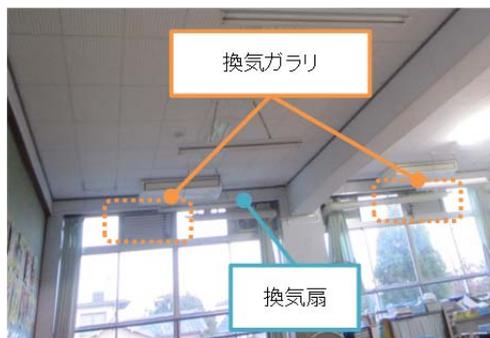


図 3-14 東校舎最上階の教室

- 南校舎・北校舎の教室には、換気ガラリはない。

冬期における最上階教室の温度変動を図 3-15 に、教室、職員室、体育館の湿度変動を図 3-16 に示す。

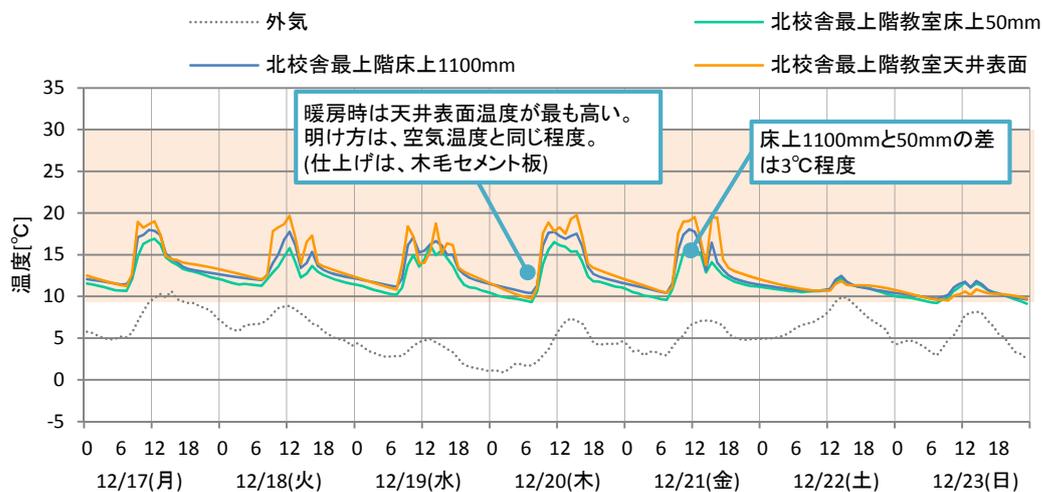


図 3-15 最上階教室の温度変動

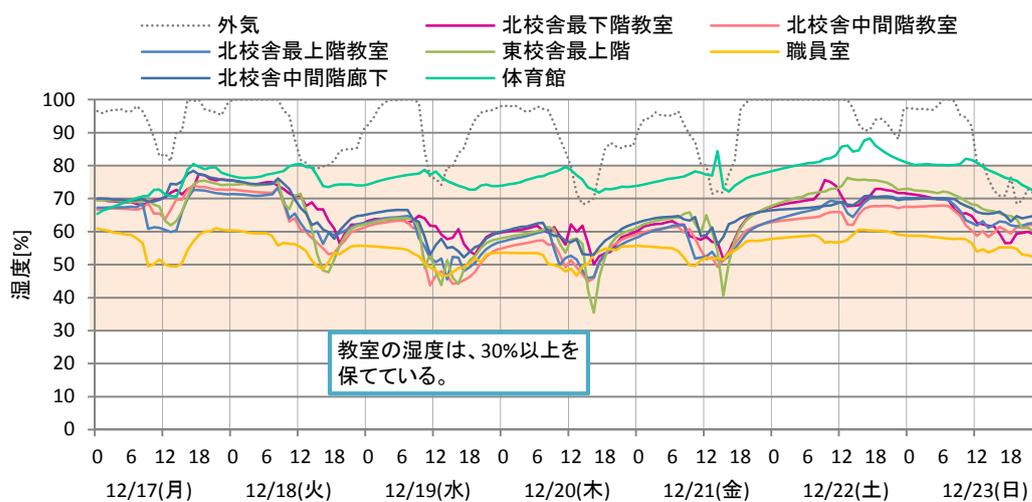


図 3-16 湿度変動

3.4.3 エネルギー消費特性

(1) 日集計

図 3-17 に平日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係を、図 3-18 に休日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係を示す。電力由来の一次エネルギーは、外気温度に関わらず、ほぼ一定の値であった。平日においては、暖房は GHP やガスストーブで行っていること、給食の食器洗浄に使用する給湯の水温が低くなることから、外気温が低下するほどガスの使用量が増加したと考える。

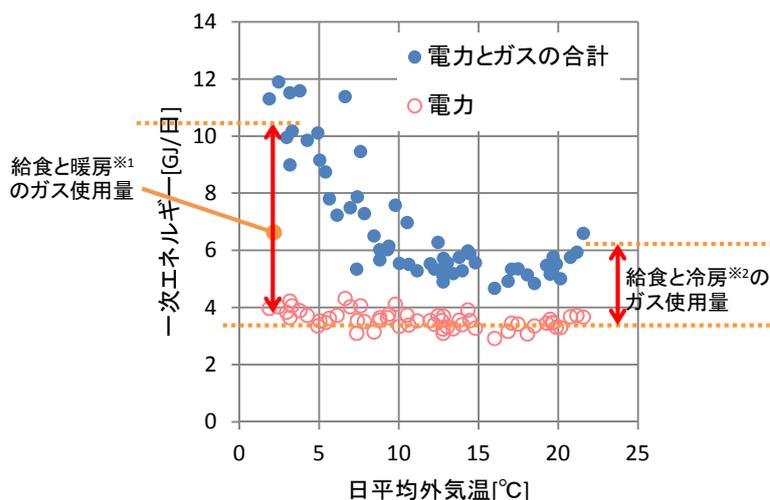


図 3-17 平日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係

※1)普通教室は GHP、特別教室・管理諸室はガスストーブで暖房を行っていた。

※2)普通教室は GHP による冷房であるが、測定開始が 10 月であるためほとんど冷房を行っていない。

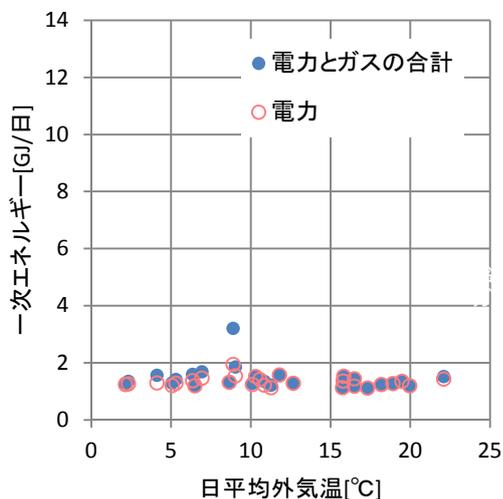


図 3-18 休日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係

図 3-19 に月別の平均日積算電力量を、図 3-20 に月別の平均日積算一次エネルギー消費量を示す。

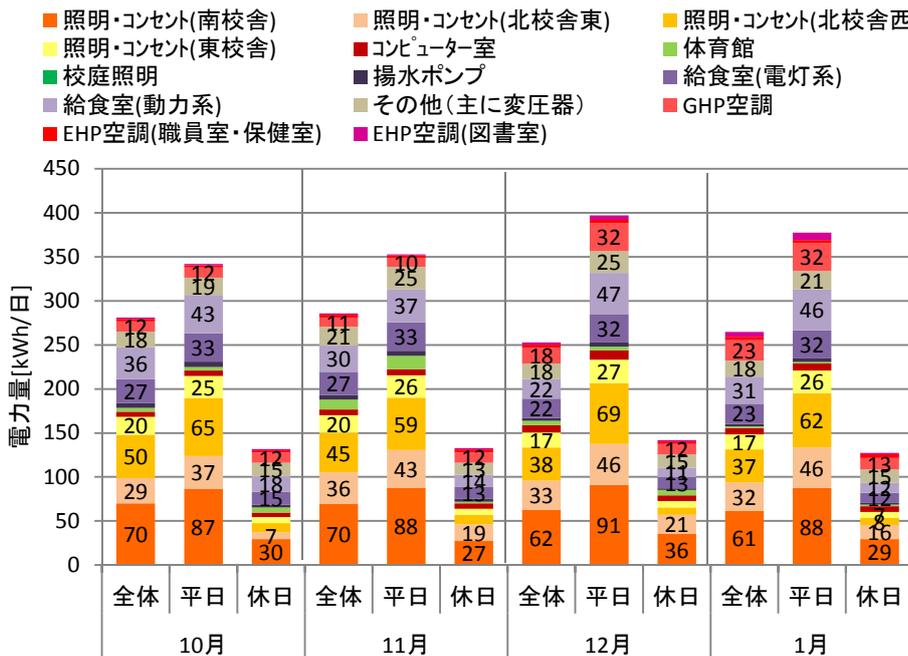


図 3-19 月別の平均日積算電力量

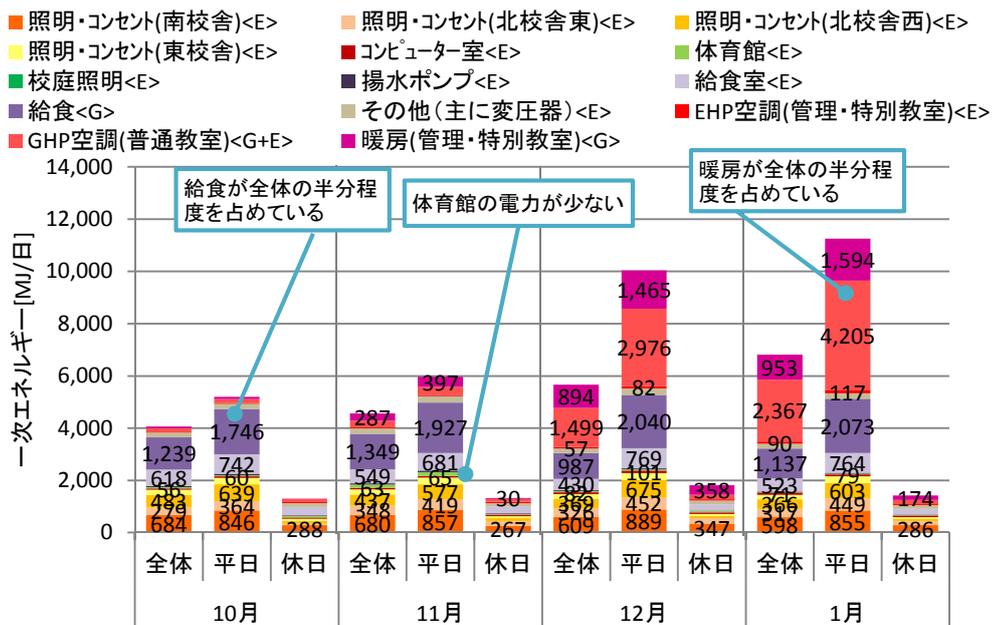


図 3-20 月別の平均日積算一次エネルギー消費量(電力とガス)

- 凡例の<E>は電力、<G>はガス

(2) 校舎内の電力の主な用途

図 3-21 に月別の平均ベース電力の内訳を示す。各月による差はほとんどなく、4.8kW 程度である。24 時間では 115kWh となり学校全体の日積算電力量の 30%以上を占める。

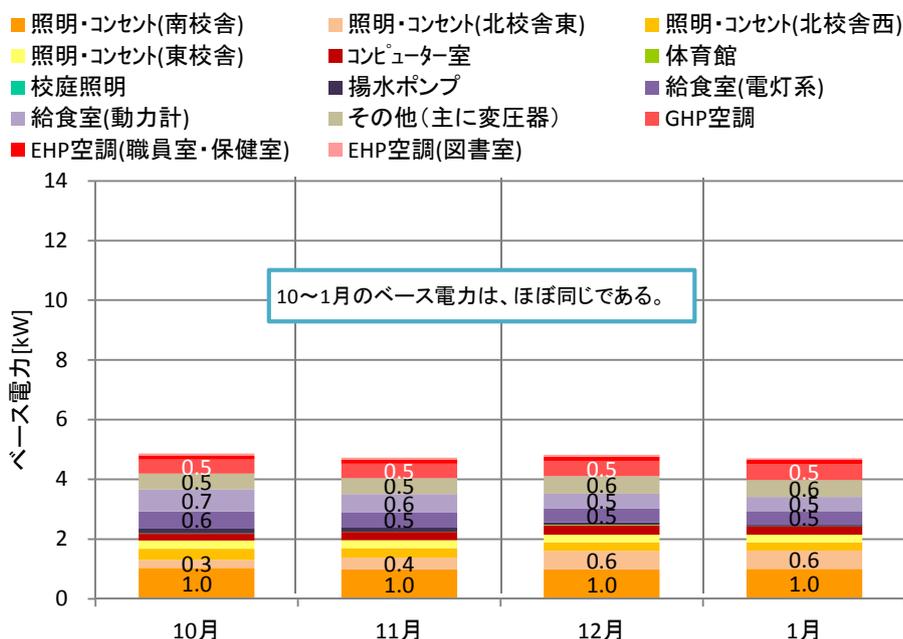


図 3-21 月別の平均ベース電力

- ベース電力は、1:00～6:00 の電力の平均とする。
- 「北校舎東」の 12 月、1 月のベース電力が 10 月に比べ 0.3kW 増加しているが、これは暖房便座 9 台によるものと考えられる。約 40W×9=約 360W
- 「その他」は、主に変圧器の電力である。
- 「GHP 空調」は、空調していない夜間においても待機電力として常時 500W 消費している。

図 3-21 の「南校舎」「北校舎東」「北校舎西」「東校舎」におけるベース電力の内訳を把握するために校舎内に設置されている電化製品とその稼働状況を確認するため、現地調査、及び教職員へのヒアリングを行った。その結果を図 3-22～図 3-24 に示す。ベース電力は、さまざまな電化製品の電力の積み上げであることが確認できる。

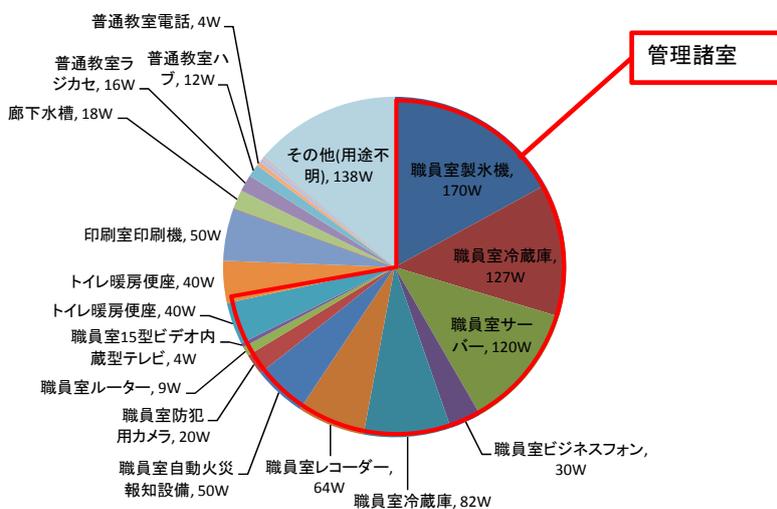


図 3-22 南校舎におけるベース電力の内訳(合計:1000W)

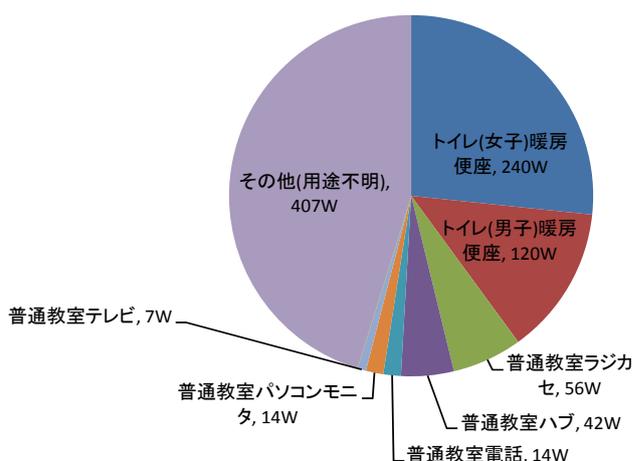


図 3-23 北校舎におけるベース電力の内訳(北校舎東・北校舎西の合計:900W)

- 用途不明が多いが、テレビやパソコンの設定によって待機電力が異なるためと考えられる。例えば教室が 14 教室あるが、テレビの設定が「クイックスタートモード」となっていると、図中の 7W が $21W \times 14 \text{ 台} = 294W$ となる。

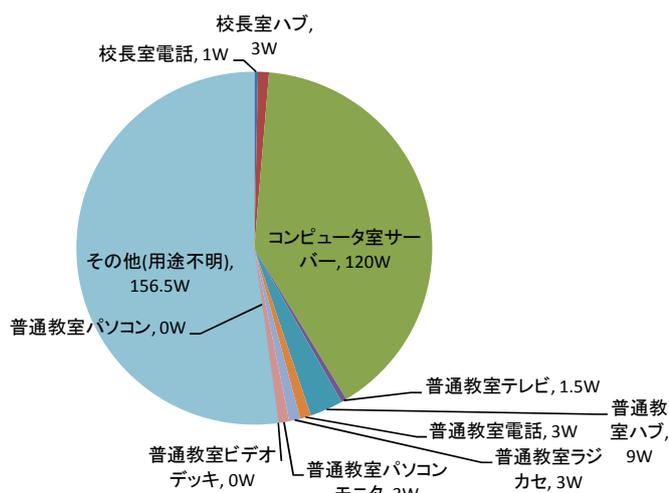


図 3-24 東校舎におけるベース電力の内訳(合計:300W)

- 用途不明が多いが、テレビやパソコンの設定によって待機電力が異なるためと考えられる。例えば、教室が 3 教室あるが、テレビの設定が「クイックスタートモード」となっていると、図中の 1.5W が、 $21W \times 3 \text{ 台} = 63W$ となる。

表 3-3 に校舎のベース電力の内訳を示す。学校の運用していない時間帯でも製氷機、冷蔵庫、暖房便座などが稼働しており、個々の機器単体での電力消費量は少ないが様々な機器が設置、運転されているので、これらを累積すると大きな電力量となる。

表 3-3 校舎のベース電力の内訳

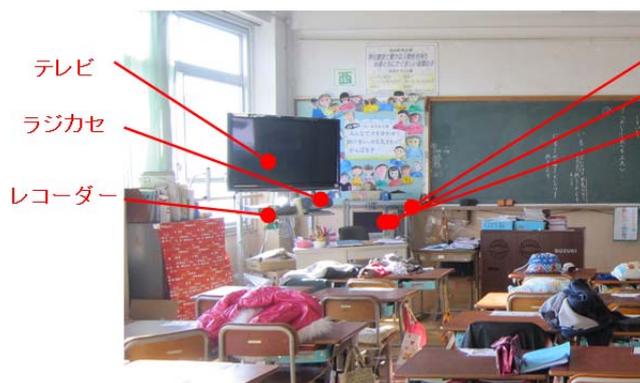
	電化製品	電力[W/台]	台数	電力[W] ※1	稼働 状況 ※2	備考
南校舎	職員室製氷機	170	1	170W	ON	ホシザキiceMaker
	職員室冷蔵庫	127	1	127W	ON	パナソニック NR-D38A1-W(1994年製)
	職員室サーバー	120	1	120W	ON	
	職員室ビジネスフォン	30	1	30W	ON	最大180W
	職員室冷蔵庫	82	1	82W	ON	シャープ SJ-14D-H(2000年製)
	職員室レコーダー	32	2	64W	ON	
	職員室自動火災報知設備	50	1	50W	ON	
	職員室防犯用カメラ	5	4	20W	ON	
	職員室ルーター	4.5	2	9W	ON	
	職員室15型ビデオ内蔵型テレビ	1	4	4W	OFF	
	トイレ暖房便座	40	1	40W	ON	測定結果
	トイレ暖房便座	40	1	40W	ON	測定結果
	印刷室印刷機	50	1	50W	ON	
	印刷室コピー機	0	2	0W	OFF	
	廊下水槽	1	18	18W	ON	
	普通教室ラジカセ	4	4	16W	OFF	パナソニック RX-MDX61
	普通教室ハブ	3	4	12W	ON	コレガ SW05TXR
	普通教室電話	1	4	4W	ON	
	普通教室パソコンモニタ	1	4	4W	OFF	IO DATA LCD-A156GW-P
	普通教室テレビ	0.5	4	2W	OFF	パナソニック TH-P50R1
普通教室パソコン	0	4	0W	OFF	NEC PC-MY18XAZ75	
普通教室ビデオデッキ	1	4	0W	OFF	SONY SLV-NX1	
その他(用途不明)※3				138W		
北校舎	トイレ(女子)暖房便座	40	6	240W	ON	
	トイレ(男子)暖房便座	40	3	120W	ON	
	普通教室ラジカセ	4	14	56W	OFF	パナソニック RX-MDX61
	普通教室ハブ	3	14	42W	ON	コレガ SW05TXR
	普通教室電話	1	14	14W	ON	
	普通教室パソコンモニタ	1	14	14W	OFF	IO DATA LCD-A156GW-P
	普通教室テレビ	0.5	14	7W	OFF	パナソニック TH-P50R1
	普通教室パソコン	0	14	0W	OFF	NEC PC-MY18XAZ75
	普通教室ビデオデッキ	1	14	0W	OFF	SONY SLV-NX1
その他(用途不明)※3				407W		
東校舎	校長室電話	1	1	1W		
	校長室ハブ	3	1	3W		
	コンピュータ室サーバー	120	1	120W		
	普通教室テレビ	4	3	12W	ON	パナソニック RX-MDX61
	普通教室ハブ	3	3	9W	ON	コレガ SW05TXR
	普通教室電話	1	3	3W	ON	
	普通教室ラジカセ	1	3	3W	OFF	IO DATA LCD-A156GW-P
	普通教室パソコンモニタ	0.5	3	1.5W	OFF	パナソニック TH-P50R1
	普通教室ビデオデッキ	0	3	0W	OFF	NEC PC-MY18XAZ75
	普通教室パソコン	1	3	0W	OFF	SONY SLV-NX1
その他(用途不明)※3				147.5W		

※1)電力は、主にカタログ値

※2)「稼働状況」は、1:00～6:00の稼働状況を示す。

※3)その他(用途不明)は、前掲の図 3-21 の各校舎のベース電力から、把握できている電化製品の値を減じた値である。北校舎、東校舎では、その他の値が大きいが、調査しきれていない電化製品があること、教室によってテレビ、ビデオデッキ、パソコンの稼働状況が異なるためと考えらえる。テレビ、ラジカセ、パソコン、パソコンモニタ、ビデオデッキは電源オフとした。テレビは、リモコンで電源 OFF にすると待機電力は、0.5W であるが、クイックスタートを ON(起動を早くするモード)とすると、21W の待機電力となるので注意が必要である。

運用状況を図 3-25～図 3-31 に示す。



各教室にテレビ、レコーダー(ビデオデッキ)、ラジカセ、パソコン、モニタ、LAN 用のハブがあり、電化製品が多い

図 3-25 各普通教室の主な電化製品



図 3-26 普通教室のタコ足配線



図 3-27 普通教室のパソコン

- 放課後にスクリーンセーバーが稼働している教室もある



図 3-28 職員室の監視モニタ

- モニタは夜間は消しており、映像はレコーダーに録画している。



図 3-29 職員室の防犯用システム等



図 3-30 職員室の製氷機

- 児童の怪我の手当てや理科の実験に使用している



図 3-31 印刷室

(3) 建物性能向上・高効率機器の採用によりエネルギー削減が見込める項目

前掲の図 3-20 の月別の平均日積算一次エネルギー消費量を運用時におけるエネルギー消費量とベース電力によるエネルギー消費量に分けたところ図 3-32 のような結果を得た。

運用時におけるエネルギー消費量は、主に暖房や照明・コンセントのエネルギー消費量であり、建物性能の向上、高効率機器の採用などの改修によりエネルギー削減が見込める項目である。これに対して、ベース電力によるエネルギー消費量は、建物性能の向上や高効率機器の採用では、エネルギー削減は見込めず、運用方法の改善などによってエネルギー削減が実現する項目である。

運用時の一次エネルギー消費の全体に対する割合は 50%であるのに対して、ベース電力による一次エネルギー消費の占める割合は 21%(10 月～1 月の平均)であり、決して小さな値ではない。ゼロエネルギーを目指すためにはベース電力の削減にも配慮する必要があることが確認できる。

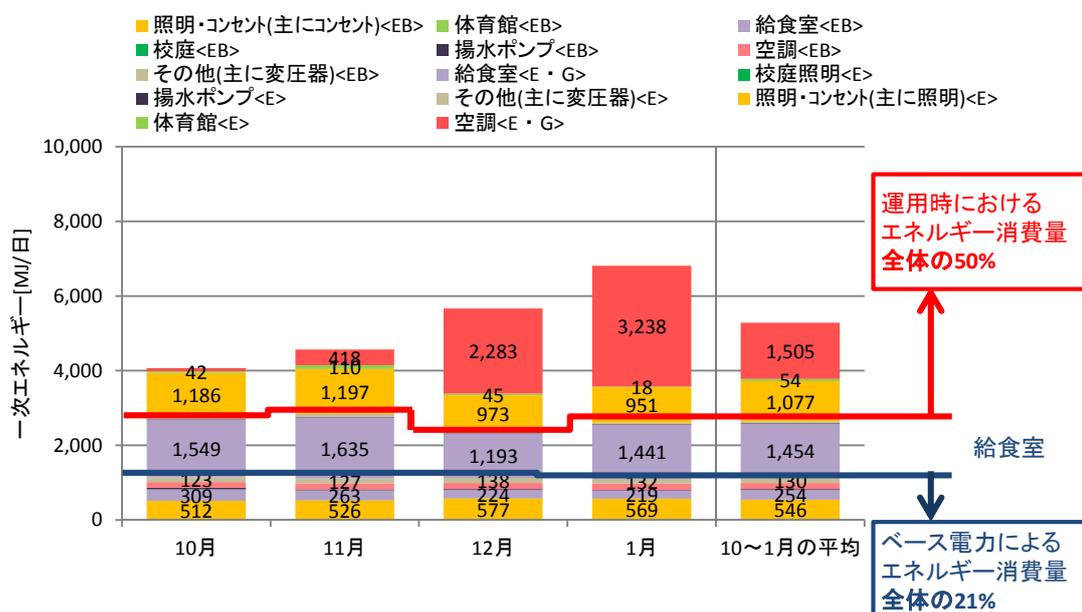


図 3-32 月別の平均日積算一次エネルギー消費量

- 凡例の<EB>はベース電力、<E>は電力、<G>はガス、<G・E>は電力及びガス
- 図の右側の平均値は、年間の平均値ではなく、10～1月の平均値であることに注意が必要である。
- 給食室によるエネルギー消費量が大きく、10月～1月の平均では全体の30%程度を占めている。

(4) 年間一次エネルギー消費量の内訳

1.7(4)に示す方法で月積算エネルギー消費量及び年間一次エネルギー消費量を推定した。

図 3-33 に月積算エネルギー消費量を示す。2月、3月、7月、9月、12月、1月のエネルギー消費量が4月の1.6~2.4倍で、暖房・冷房のエネルギー消費量が増大することで、その月のエネルギー消費が突出している。

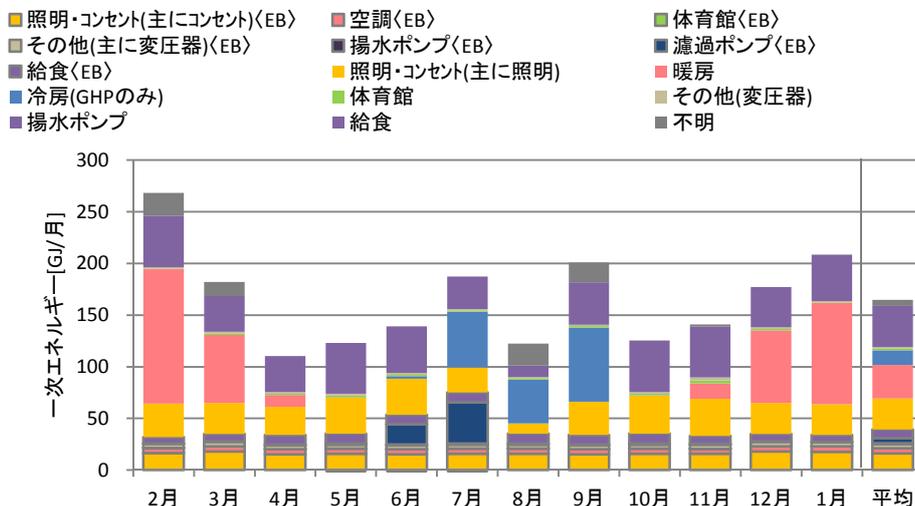


図 3-33 月積算一次エネルギー消費量(2~9月の内訳は推定)

- 各月の月積算一次エネルギー量の各月の合計値は検針値であり、内訳のみ推定。
- 凡例の<EB>はベース電力
- 8月の冷房エネルギーが大きいのが、夏休みの2/3程度は午前中に補講を行っており、ほとんどの普通教室にて冷房を行っている。
- 8月、9月に不明が多いが、前述の1.7(4)に示したように、EHPによる管理諸室の冷房の推定を行っていないためである。

図 3-34 に年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。全体のエネルギー消費量(給食・校庭照明除く)に対して、暖房が28%を、ベース電力の合計と照明(図中の照明・コンセント(主に照明))がそれぞれ26%を占め、暖房、照明、ベース電力のエネルギー消費量がほぼ同じであり、これら3つで全体の約80%を占めることが判明した。また、全体のエネルギー消費量(給食・行程照明含む)に対して、給食関連は、ベース電力(冷蔵庫など)を含め29%を占める。

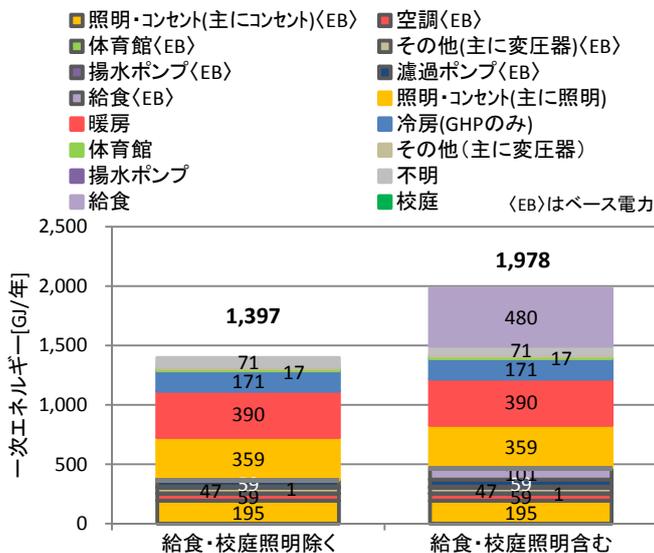


図 3-34 年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

- 前述の1.7(4)に示したように、EHPによる管理諸室の冷房のエネルギーは推定できていないため、不明に含まれる

図 3-35 に施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。金閣小の施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量は、IV地域平均に比べ給食・校庭照明を除いた場合でも 6%大きかった。

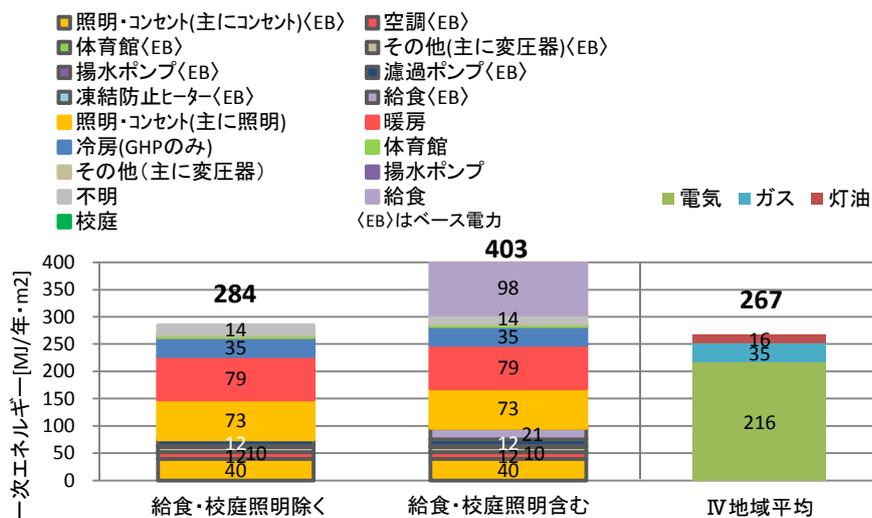


図 3-35 施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

- 施設床面積: 校舎と体育館の合計床面積
- IV地域平均: 国立教育政策研究所 文教施設研究センター調べ(平成 18 年度)

3.4.4 教室の光環境

教室の机上面の照度分布を把握するために、机上面の照度測定を行った。図 3-36 に中間階普通教室の机上面照度を示す。日中は照明を点灯した場合、曇りの日(中間期くもり、冬期くもり)の廊下側後方の席が 290lx であったが、概ね学校環境衛生基準を満たしていた。

「中間期はれ」・「照明なし」・「カーテン閉」、「冬期くもり」・「照明なし」・「カーテン開」において、窓側は 500lx を満たしており、これらの条件の場合には、窓側の照明を消灯することが可能で、間引き点灯を行うことによって照明の電力削減が可能と考えられる。



図 3-36 中間階普通教室の机上面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色(学校環境衛生基準: 照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)

図 3-37 に中間階教室の黒板面照度を示す。照明を点灯しない場合、「中間期はれ」以外の条件では、500lx 以下であり、黒板灯の点灯が必要であることを確認した。

	中間期はれ	中間期くもり	冬期はれ	冬期くもり	夜間(昼光なし)
測定日時	2012/11/12 15:00	2012/11/13 15:00	2012/12/17 12:00	2012/12/21 13:00	2012/12/21 17:00
天候	晴れ	くもり	晴れ	くもり	晴れ
屋外北側照度	3,880 lx	1,085 lx	9,410 lx	7,780 lx	6 lx
屋外南側照度	58,500 lx	1,155 lx	18,650 lx	11,800 lx	12 lx

	照度 [lx]														
照明あり カーテン開	1726	1351	1028	445	502	401	1180	1080	830	499	561	454	370	484	383
	1517	1129	856	387	420	350	1350	1100	790	496	483	405	302	387	321
	825	953	725	332	340	303	1650	1140	780	489	423	356	253	289	257
照明あり カーテン閉	1045	913	720	395	507	404	456	523	431	427	507	410	372	486	381
	908	792	630	328	399	340	406	437	379	397	425	358	315	381	335
	490	665	545	270	310	286	363	348	317	366	349	295	258	300	266
照明なし カーテン開	1270	807	540	42	27	21	397	274	197	247	172	117			
	1140	775	480	65	39	27	536	331	222	329	210	122			
	610	625	435	72	52	35	617	424	266	390	234	135			
照明なし カーテン閉	585	388	297	17	11	8	126	84	69	87	59	48			
	465	380	275	27	11	8	158	92	74	106	54	50			
	242	345	260	23	12	10	157	90	66	118	53	51			

照度測定位置

黑板立面図

図 3-37 中間階教室の黒板面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色 (学校環境衛生基準: 照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)



図 3-38 測定風景

3.4.5 冬期における放射環境

冬期における放射環境を把握するためにサーモカメラを用いて、教室・廊下の部位の表面温度測定を行った。

(1) 測定条件

撮影日:2012年12月25日(火)、薄曇り

外気温:4℃、教室の空気温度:16℃

教室に関しては、暖房(GHP)を開始して1時間30分後に撮影した。

(2) 測定結果

図 3-39～図 3-40 に教室と廊下の熱画像を示す。教室は外気に接した窓下の壁の温度が最も低く、無断熱であること、熱容量の大きいコンクリートに塗装仕上げであることから、暖房を行っても躯体が温まりにくいことを確認した。

廊下は開口部の表面温度が最も低く 7℃程度であり、他の部位も 10℃以下の面積が大きく、矢吹小と同様に躯体が冷え切っている状況であった。教室接する面の開口部ガラス面の温度が高いのは、教室の暖房の熱が廊下へ逃げているためである。

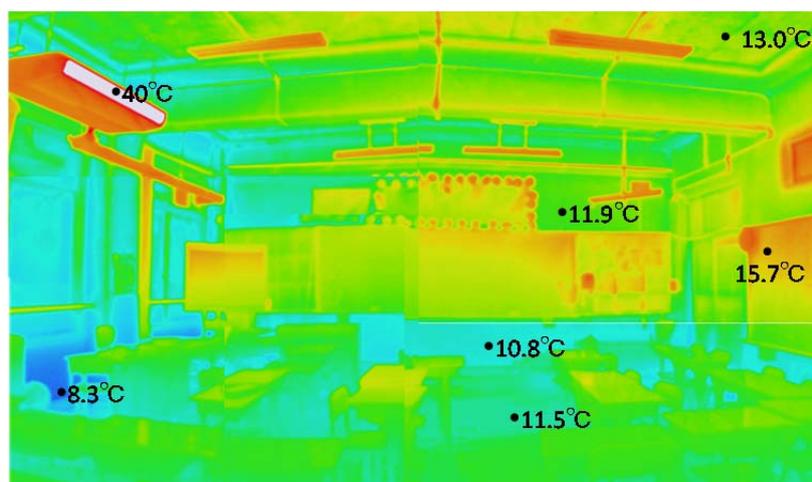


図 3-39 教室の前方

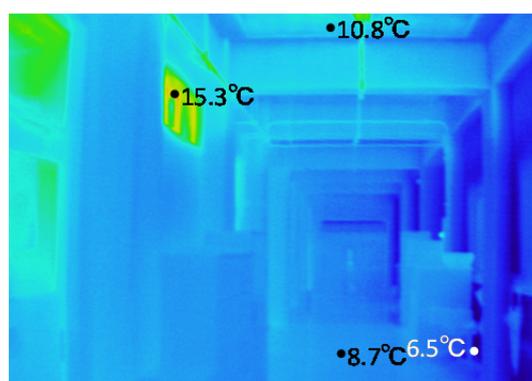


図 3-40 廊下

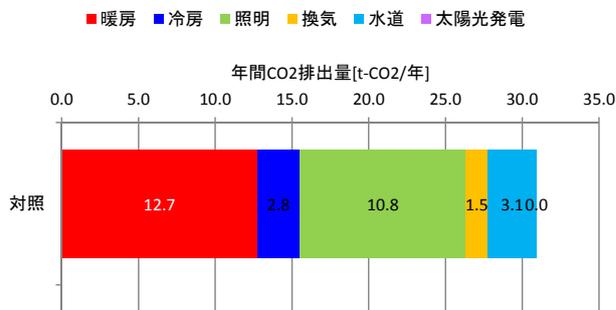


3.5 FAST の検証(改修前の実態との比較)

FAST は、校舎を改修した際の CO2 の削減量を試算するプログラムであり、ここでは、改修前における CO2 排出量の実測値 と FAST の改修前の校舎(「対照」という)の CO2 排出量の試算結果を比較し、FAST の予測精度を検証する。

金閣小学校の現状についての FAST の出力結果と入力内容を図 3-41 に示す。

	対照
CO2排出量[t-CO2/年]	
暖房	12.7
冷房	2.8
照明	10.8
換気	1.5
水道	3.1
太陽光発電	
計	30.9
CO2削減量[t-CO2/年]	
CO2削減率[%]	



《①棟環境対策》

	対照
改修案採用	採用
躯体の断熱性能	無断熱
開口部種類	単板ガラス
窓の形状 ▲	1階 腰窓 2階以上 腰窓
日射遮へい ▲	庇
窓の形状 ▲	1階 2階以上
日射遮へい ▲	
暖房方式	普通教室 GHPエアコン(都市ガス) 特別教室 GHPエアコン(都市ガス) 管理諸室 型ガスストーブ(都市ガス)
冷房方式	普通教室 GHPエアコン(都市ガス) 特別教室 冷房なし 管理諸室 EHPエアコン(旧型)
換気方式	自然換気
照明方式	調光制御ゾーン 普通教室 Hf蛍光灯 本数[本/m2] 0.26 特別教室 Hf蛍光灯 本数[本/m2] 0.32 管理諸室 Hf蛍光灯 本数[本/m2] 0.26 便所、廊下等 Hf蛍光灯 便所本数[本/m2] 0.37 廊下本数[本/m2] 0.15
節水型器具	便所 不採用 適用率[%] 100 水栓 不採用 適用率[%] 100
太陽光発電	有無 不採用 容量[kW] 方位 傾斜角[°]
屋根形状	陸屋根
屋上緑化	不採用

《学校概要》

建築区分	改修	延床面積	4458 m2
建物種別	小学校校舎	都道府県	京都府
児童生徒数	455 人	都市	京都
教職員数	48 人	地域区分	IV地域
授業時間	6 時限	電力会社	関西電力

	①棟	②棟	③棟
建物形状		L字型	
校舎の寸法A		38.3 m	
校舎の寸法B		28.5 m	
校舎の寸法C		59.6 m	
校舎の寸法D		49 m	
廊下形状	片廊下型	片廊下型	片廊下型
教室・窓の方位	東	南	南
階数	2 階	2 階	3 階
学級数	3 クラス	4 クラス	12 クラス
特別支援学級数	0 クラス	0 クラス	2 クラス
特別教室数	2 教室	0 教室	6 教室
校長室・職員室	なし	あり	なし
保健室	なし	あり	なし
用務員室	なし	あり	なし
多目的スペース	なし	なし	なし
便所数	2 箇所	4 箇所	4 箇所
環境対策メニュー	簡易入力		

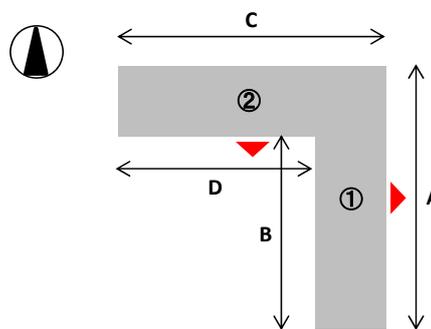


図 3-41 FAST の結果と入力内容

FAST の予測精度の検証のため、10～1月のエネルギー消費量の測定結果、及び測定期間外については推定を行い、学校の年間 CO2 排出量の内訳の推定を行った。結果を図 3-42 に示す。

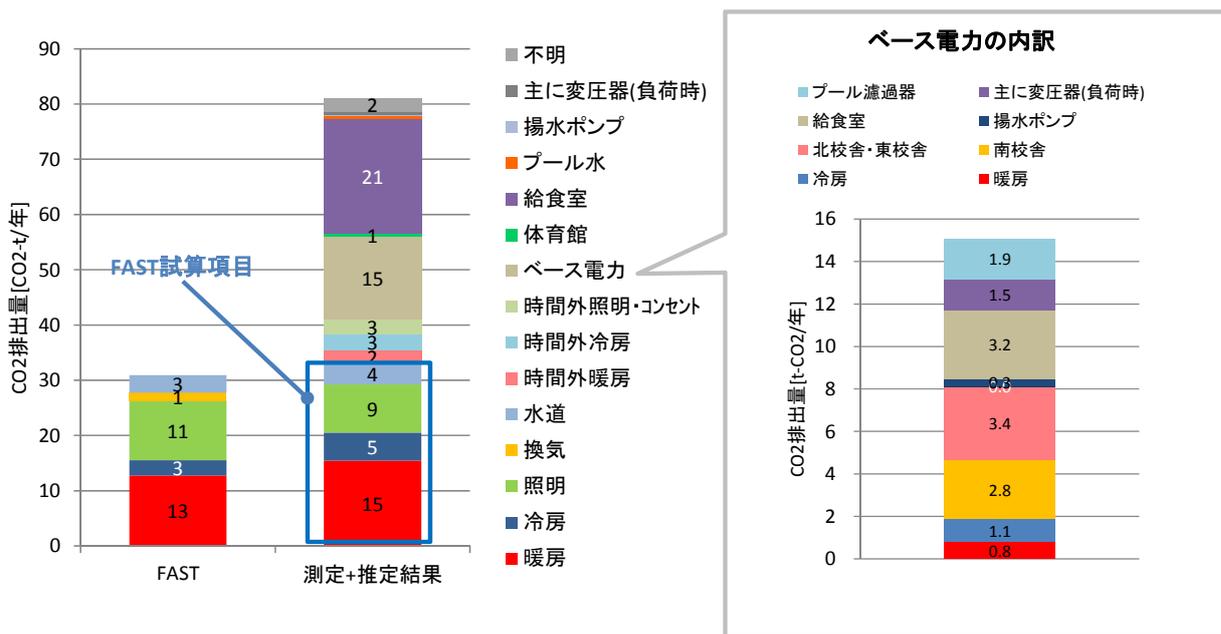


図 3-42 年間 CO2 排出量に関する FAST の出力結果と調査結果(測定+推定)との比較

図 3-42 の内訳を推定する際に、各月の CO2 排出量を推定し、それを積算することで年間 CO2 排出量の算定を行った。参考までに、推定した各月の CO2 排出量の内訳を図 3-43 に示す。暖冷房用に消費するガスの消費量が膨大であることから、CO2 排出量も暖冷房期間である1月2月7月9月の値が大き

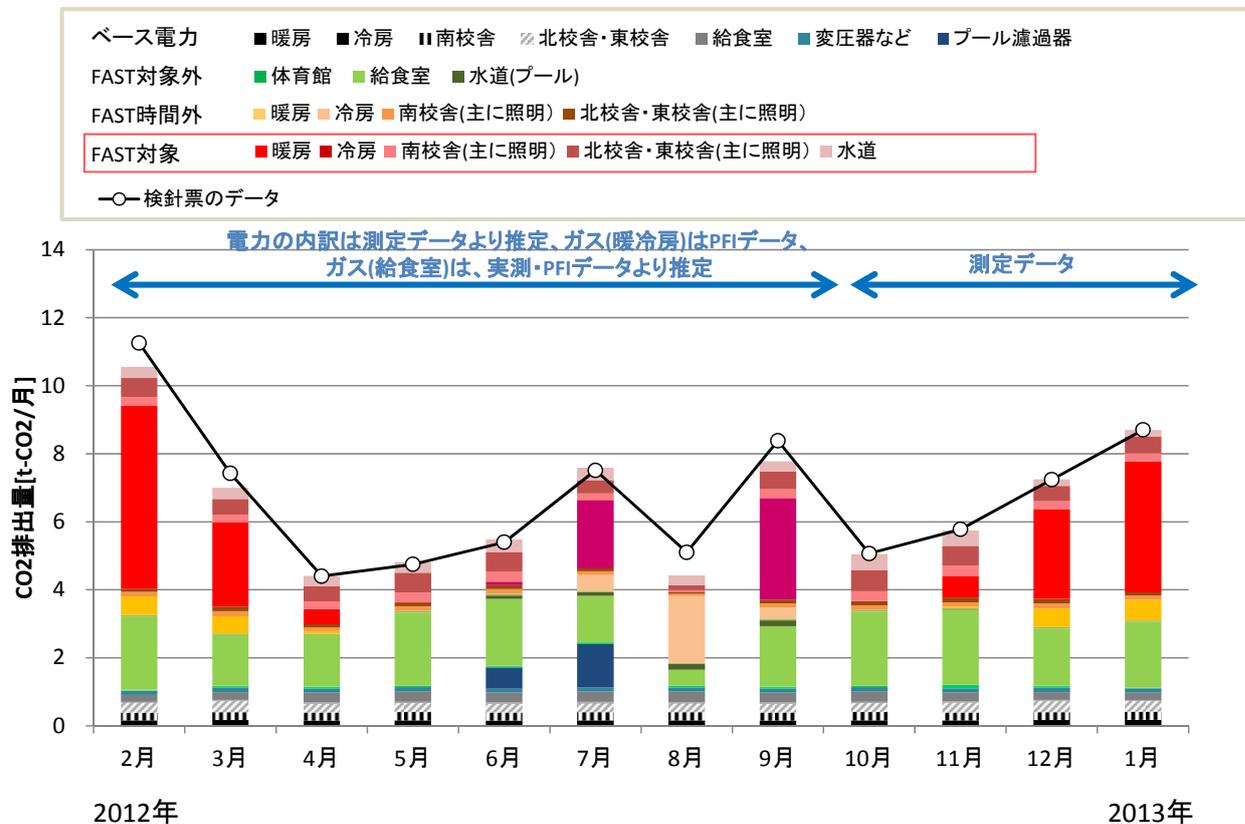


図 3-43 月別 CO2 排出量の内訳推定結果

3.6 エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点

本調査を行うことによって確認した、改修を行う際の留意点を以下にまとめる。

校舎の断熱・気密性能	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬期に廊下の温度が12℃程度までしか上昇していないことから、校舎全体を断熱改修することにより、温熱環境が改善すると共に、暖房のエネルギー消費量が削減できると考えられる。 ● 校舎同士が渡り廊下(屋外)で接続されているが、渡り廊下に繋がるドアは常に開け放しているため、廊下の温度が低いと考えられる。断熱改修を行うとともに空調の区画をしっかり行う必要があるが、その際、ドアは常閉にするなど運用に配慮することも必要である。
日射遮蔽	<ul style="list-style-type: none"> ● 本調査では夏期の測定は行っていないが、現在、教室のカーテンで夏期の日射遮蔽を行っているため、カーテンの表面温度が上昇し、放射熱により、窓側の環境が暑くなると考えられる。開口部の外側で庇、ルーバー等により日射遮蔽することが効果的と考えられる。東校舎の東西面の日射遮蔽も必要と考えられる。
光環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用している教室の照明は常に点灯するような運営であるため、平日の日中における電力消費量が大きい。昼光をできる限り利用して、人工照明を必要最低限に留める運用を行うべきである。 ● 昼光利用を行うために、ルーバーの設置や両面採光を導入することで教室内の明るさの均一化が可能と考えられる。ただし、改修によって教室内の明るさ環境が向上しても、教室に入った照明を点灯するという習慣があるため、明るさに応じた照明の点灯・消灯ができるように、運用の仕方などにも配慮する必要がある。 ● 現在、体育館には、一部に蛍光灯が設置され、体育館全体の照明容量が小さいが、照明の個数を増やしたり、消費電力の大きい照明器具に取り換えると、結果的に照明の電力量が改修前より増加することが考えられるため、注意が必要である。
設備機器	<ul style="list-style-type: none"> ● 各教室には、テレビ、パソコン、パソコンモニター、ラジカセ、ビデオデッキ、ハブなど電化製品が多い。1教室当たり数W～電化製品のモードによっては30W以上になることが考えられる。1教室当たりの消費電力量は小さいが、教室数、時間を積算することによって、学校全体の電力量が大きくなると考えられるので、注意が必要である。オフィスなどに比べ、学校の消費電力は小さく、電化製品の使用時間の少しの増加が消費電力量に影響してしまうため、運用のルールを決めたり、教室の出入りにコンセントの電源を一括でON/OFFにできるスイッチを設けるなどの工夫が必要と考えられる。 ● 暖房便座は夜間や休日にOFFにできるように、タイマーの設置や瞬間式の採用、若しくはトイレの出入りに一括で電源をOFFにできるスイッチ等を設けることで、電力の増加を抑えられる。現在、11台の暖房便座があり、11台×40W×12時間(20:00～8:00として)=5.2kWh/日であった。1日の学校全体の消費電力量は約300kWh/日であるので約2%の削減になる。2%と削減率は小さいが、もともと消費電力量の小さい学校では、小さな削減を積み重ねないと、ゼロエネルギーの実現は難しいと考えられる。
省エネ化	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間エネルギー消費量に対して、暖房・照明・ベース電力の合計それぞれが、26～28%をと大きな割合を占めている。ベース電力としては、コンセント(サーバー、OA機器等)の他に、GHP・EHPの待機電力、冬期の暖房便座の電力が含まれる。 ● 改修によってエネルギー消費量を削減するには、建物性能(断熱・気密性)の向上・高効率機器の導入とともに、GHP、EHP、各教室のテレビ・パソコン・LAN設備などの待機電力、暖房便座の夜間使用していない時間帯の稼働による電力など、ベース電力を削減するための技術の採用や運用を促す手法を検討することも必要である。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ● 南校舎、北校舎、東校舎それぞれの校舎によって、教室の特徴が異なる(例えば、東校舎は教室の開口がある方位が異なる、東校舎の教室には換気ガラリが設置されている)ため、それぞれの棟について改修項目を洗い出し、方位に合わせた日射遮蔽手法や現状の形状に合わせた開口部の計画、断熱・気密性能を確保する方法の検討等が必要と考えられる。

4. 鹿ノ台中学校

4.1 学校概要

鹿ノ台中学校の概要を表 4-1 に、配置図、教室配置図を図 4-1、図 4-2 に示す。

表 4-1 学校概要

所在地	奈良県生駒市
敷地面積	23,802 m ²
校舎面積	南校舎:2,400 m ² 、北校舎:2,301 m ² 、合計:4,701 m ²
校舎構造、階数	南校舎:RC 造、3 階、S56 年、北校舎:RC 造、3 階、S60 年
校舎形状	並行配置 ベランダあり
教室窓方位	南校舎・北校舎:南
体育館面積	780 m ²
学級数	普通:6 学級、特別支援:4 学級
児童数	232 人
給食方式	センター方式

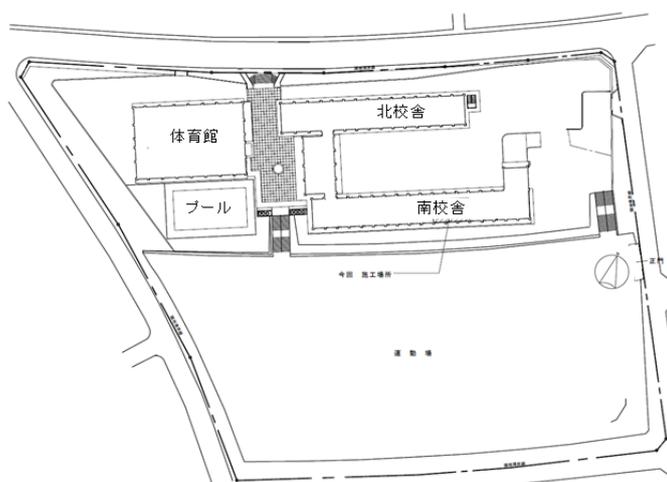


図 4-1 配置図

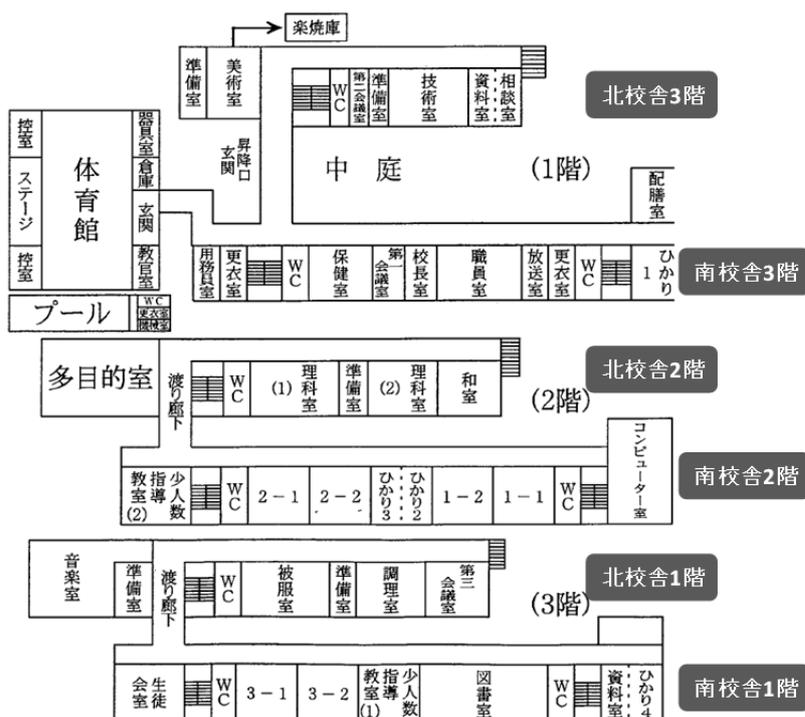


図 4-2 教室配置図

4.2 主な設備機器一覧

主な設備機器を表 4-2 に示す。

表 4-2 主な設備機器

暖房	普通教室	ガスファンヒーター 暖房能力:5.8kW
	特別教室	ガスストーブ 暖房能力:5.8kW×2 台
	管理諸室	ガスストーブ 職員室の暖房能力:5.8kW×2 台
冷房	普通教室	なし
	特別教室	音楽室(GHP:33.5kW)、多目的室(GHP:23.6kW)、図書室(GHP:18.5kW)
	管理諸室	EHP:職員室の冷房能力:31.4kW
1 教室当たりの教室照明		FL40W×14 灯
トイレ照明		南校舎(改修済み):200W(男女それぞれ)、北校舎 80W(男女それぞれ)
普通教室の電化製品		黒板消しクリーナー
体育館照明		水銀灯:700W×25 灯=17.5kW
浄化槽		なし
揚水ポンプ		あり
校庭照明		なし
給食		センター方式
その他		南校舎トイレは改修済み(照明は人感センサー付)

4.3 運用実態

教頭へのヒアリングにより、運用の実態調査を行った結果、明らかとなった教室等の運用状況を図 4-3 に示す。主な概要を下記に示す。

- バレーボール(体育館)、野球・硬式テニス(校庭)、吹奏楽・パソコン・美術・茶道(特別教室)の部活動あり、放課後 15:30(若しくは 16:00)～18:00(夏期)に練習をおこなっている。
- 保健室以外の管理諸室は、1日 10 時間以上、誰かが在室している。
- 管理諸室、教室等は、使用時には常に照明を点灯している。
- 廊下や昇降口の照明は、暗い時のみ点灯している。
- 夏期は、ベランダにより直射日光を遮ることができるため、カーテンを開けているが、他の季節は、授業中はカーテンを閉めている。
- 下校時には、カーテンは開け、教室の出入り口ドアは閉めている(施錠)。
- 各教室に換気扇がついているが、ほとんど使われていない。
- 昇降口ドアは、冬は閉め、夏は開けている。
- 体育館は、土・日曜日のみ 3 時間程度地域開放を行っている。

登校時刻	8:30						
下校時刻	18:00(4～9月)、17:30(10、2、3月)、17:00(11～1月)						
長期休暇の期間	夏休み	冬休み	春休み				
	40日間	14日間	12日間				
	7/23～8/31	12/24～1/6	3/25～4/5				
[時間/日]							
平日のクラブ・部活動の時間	始業前	放課後					
		4～9月	10、2、3月	11～1月			
	0.75	2.2	1.7	1.2			
平日の普通教室使用率		クラブ・部活動	教職員				
	15:00～16:00	授業	授業				
	16:00～17:00	1%	17%				
	17:00～18:00	1%	17%				
・普通教室数:19教室 18:00以降は職員室で作業することになっている							
[時間/日]							
管理諸室の使用時間		平日	土曜日	日曜日	長期休暇		
	校長室	11	0	0	0		
	職員室	13	7	7	7		
	保健室	7	0	0	0		
	事務室	なし	0	0	0		
	用務員室	11	0	0	0		
[時間/日]							
特別教室の使用時間		授業(平日)	クラブ・部活動(平日)	クラブ・部活動(土曜日)	クラブ・部活動(日曜日)	クラブ・部活動(長期休暇)	地域開放
	理科室	3	0	0	0	0	0
	美術室	3	2	0	0	0	0
	音楽室	3	2	0	0	0	0
	家庭科室	3	0	0	0	0	0
	図書室	3	1	0	0	0	0
	多目的室	不定期	2	0	0	0	0
	コンピューター室	2	2	0	0	0	0
[時間/日]							
照明の運用		点灯状況		点灯個数			
	管理諸室	使用時に点灯		すべて点灯(職員室は、授業中は必要な箇所のみ点灯)			
	普通教室	使用時に点灯		すべて点灯			
	特別教室	使用時に点灯		すべて点灯			
	廊下	暗い時のみ点灯		暗い箇所のみ点灯			
	昇降口	暗い時のみ点灯		暗い箇所のみ点灯			
	トイレ	使用時に点灯		すべて点灯(南校舎は人感センサ)			
	体育館	使用時に点灯		アリーナはすべて点灯			
暖冷房の設定温度		管理諸室	普通教室	備考			
	冷房(7～9月)	28℃	なし	扇風機を使用(期間などのルールなし)			
	暖房(12～2月)	20℃	20℃				
教室の窓の開け閉め(換気)のルール	夏期(冷房時)	冬期(暖房時)	中間期(非暖冷房時)	カーテン使用状況			
	ルールなし(冷房なし)	休み時間ごとに窓開け換気	ルールなし	夏期	中間期	冬期	
				常に開けている	50%程度開けている	授業中はほとんど閉めている	
下校時の教室のカーテン・ドアの状況	カーテン	ドア	出入り口ドア				
	開ける	閉める	昇降口ドア	渡り廊下ドア			
			冬期は閉める、夏期は開ける	なし			
給食室の使用時間	使用時間	8:00～16:00	8時間/日				
	洗浄	14:00～15:00					
[時間/日]							
体育館・グラウンド照明の使用時間	学校	授業・朝礼等	3				
		平日のクラブ・部活動	2				
		土曜日のクラブ・部活動	8				
		日曜日のクラブ・部活動	8				
		長期休みのクラブ・部活動	8				
	地域	平日(平均)	0				
		土曜日	3				
		日曜日	3				
グラウンド照明	学校	なし					
	地域	なし					
学童保育の有無	なし						

図 4-3 運用状況

4.4 エネルギー消費量・温湿度調査

4.4.1 調査概要

(1) エネルギー消費量

1) 電力消費量

電力量測定ポイントを図 4-4 に示す。

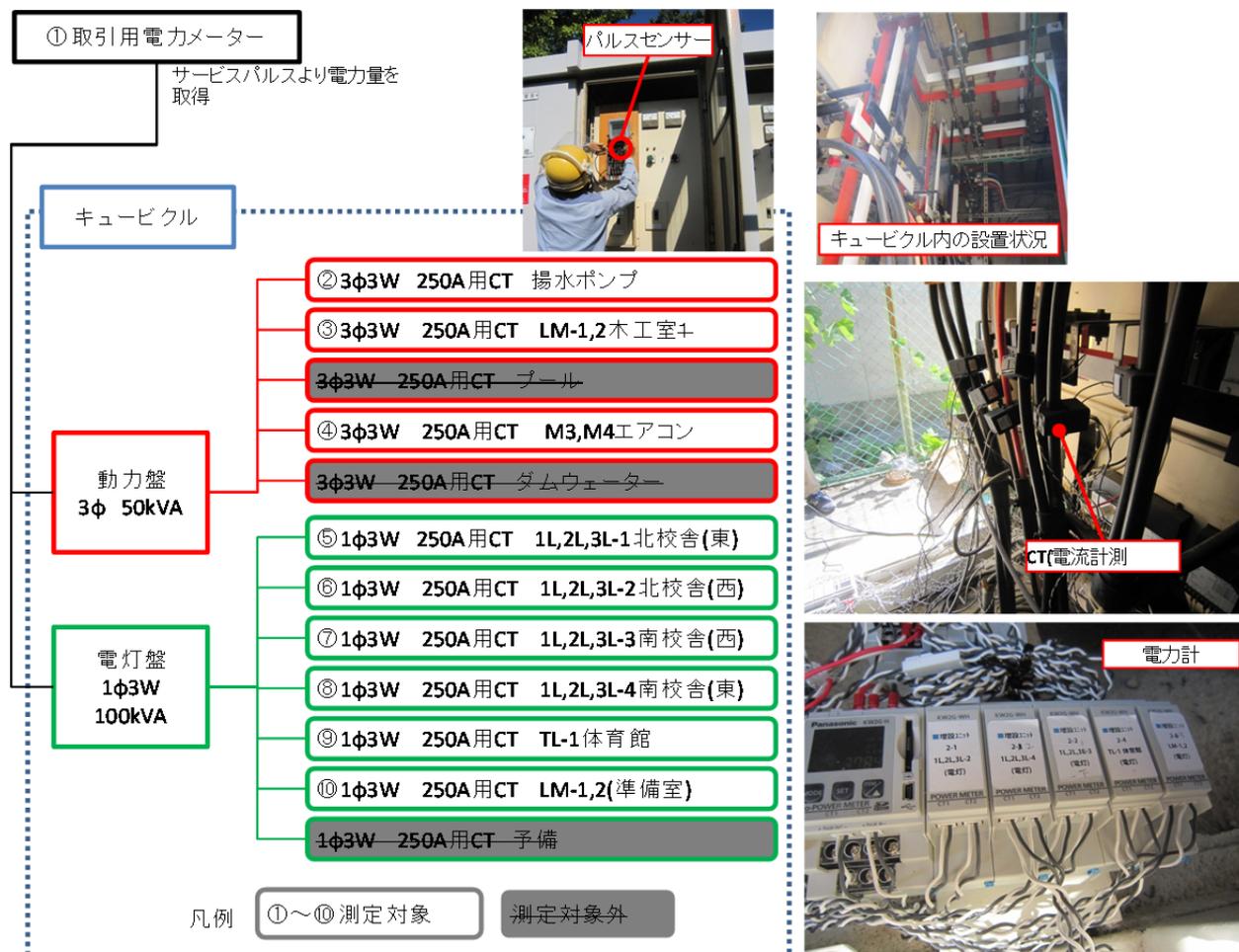


図 4-4 電力量測定ポイント

2) ガス消費量

ガス消費量測定ポイントを図 4-5 に示す。

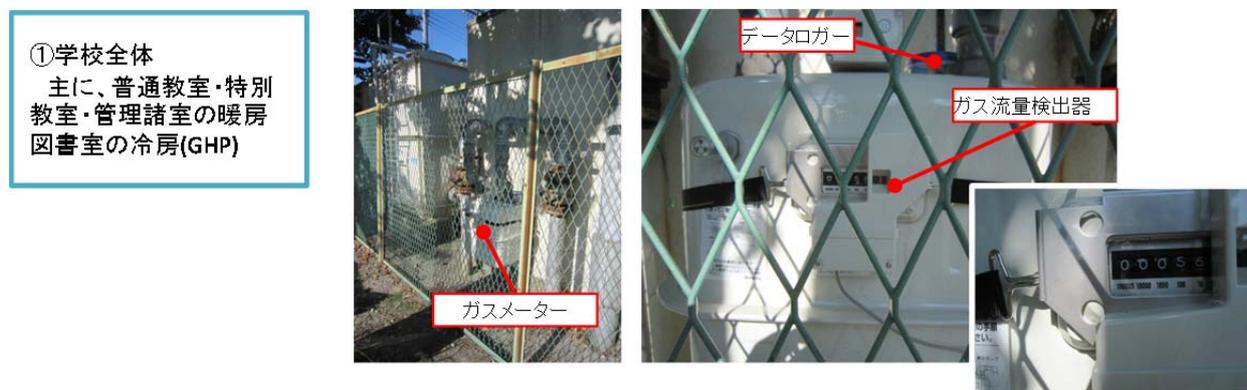


図 4-5 ガス消費量測定ポイント

(2) 温熱環境

温湿度の測定ポイントを図 4-6 に示す。測定及びデータ回収は、生駒市の契約業者が行い、データを提供してもらい、分析を行った。

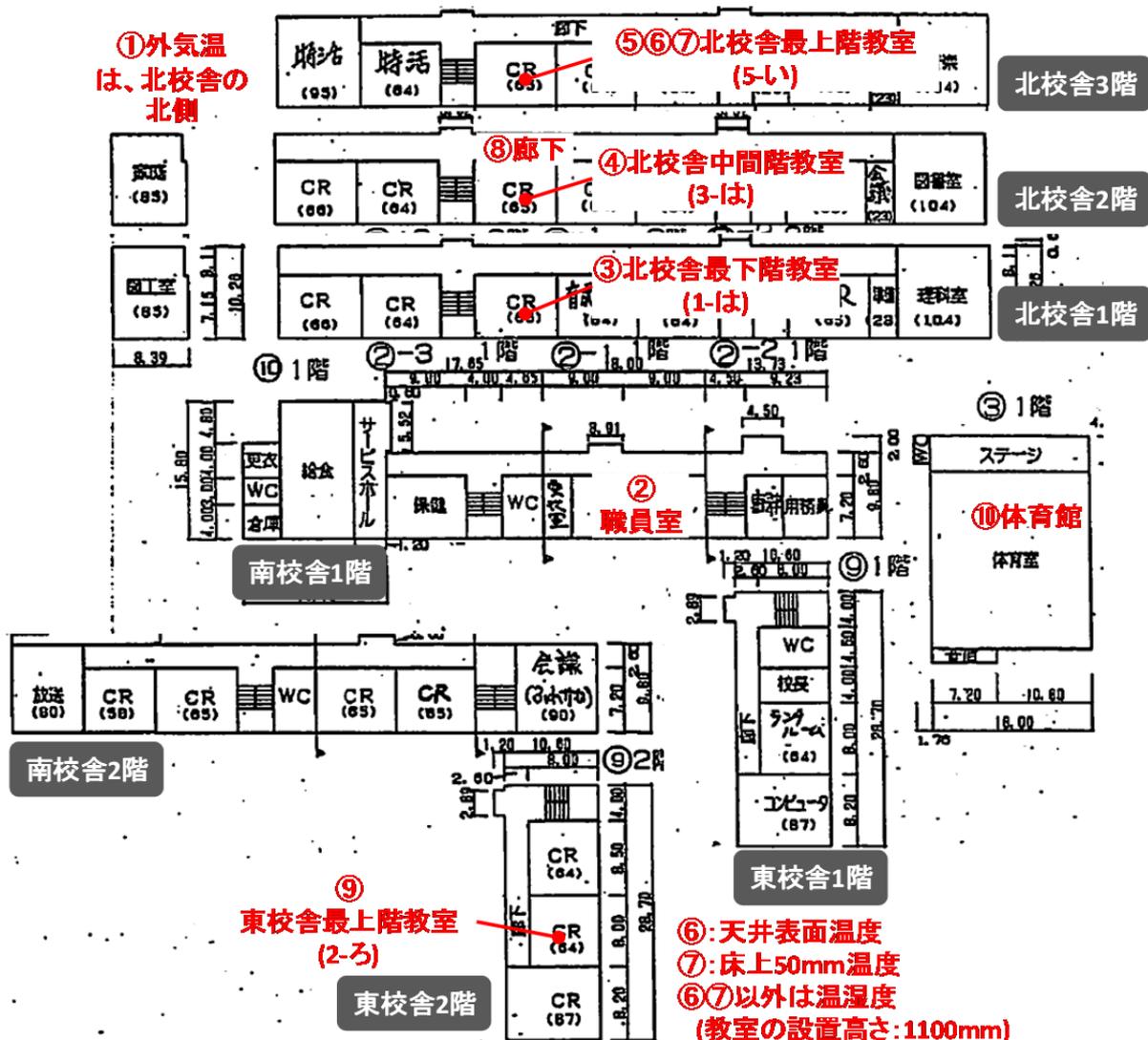


図 4-6 測定ポイント

4.4.2 エネルギー消費量・温湿度の変動

(1) 電力量・温度変動

1) 秋期

秋期における電力の変動を図 4-7 に、ガスの変動を図 4-8 に、温度変動を図 4-9 に示す。

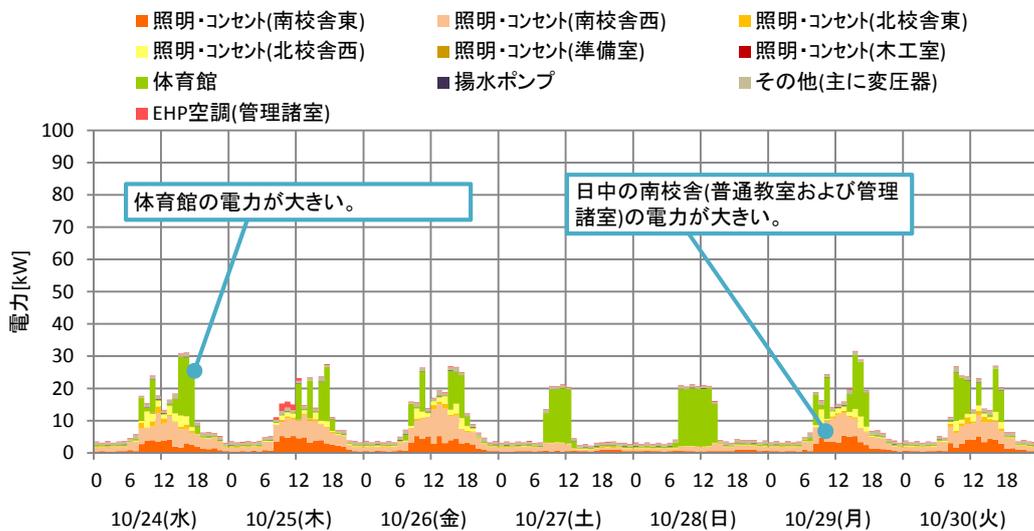


図 4-7 電力の変動



図 4-8 ガスの変動

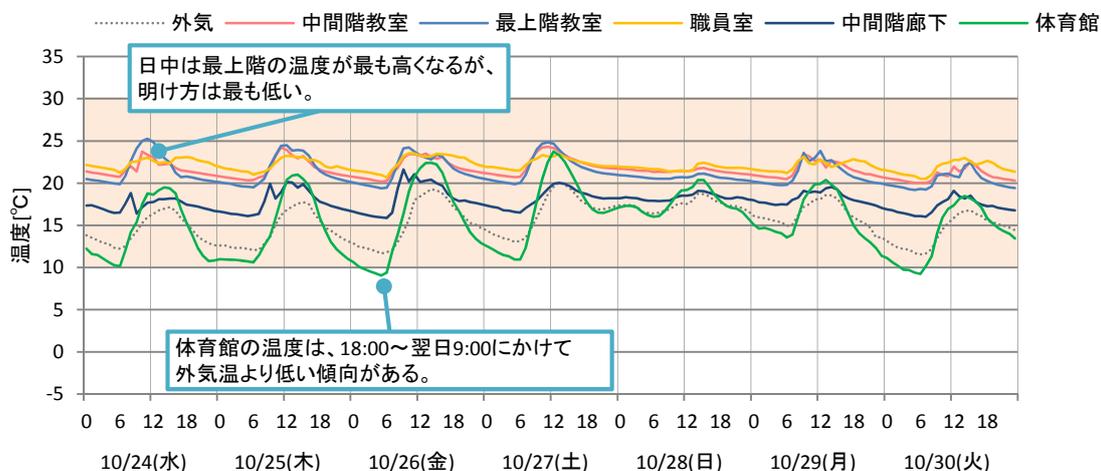


図 4-9 温度変動

2) 冬期

冬期における電力の変動を図 4-10 に、ガスの変動を図 4-11 に、温度変動を図 4-12 に示す。

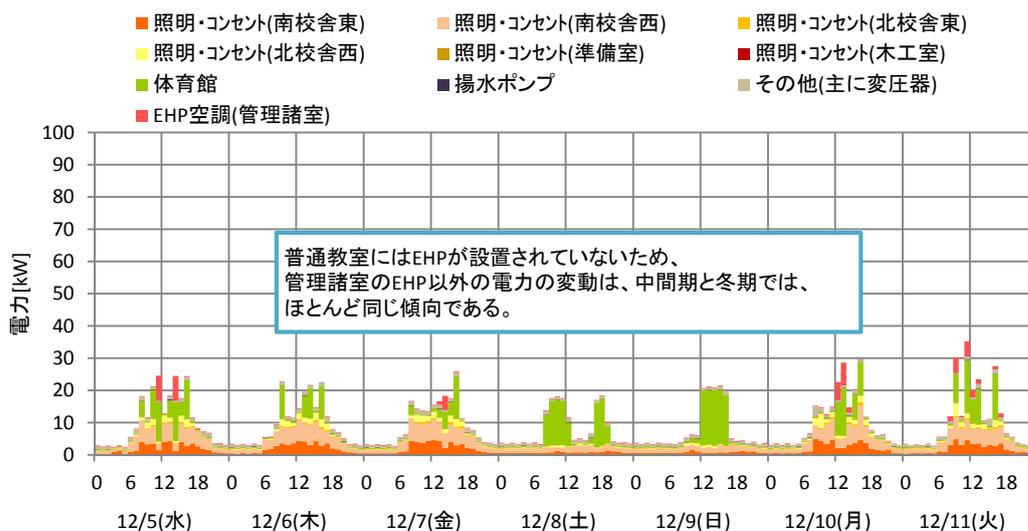


図 4-10 電力の変動

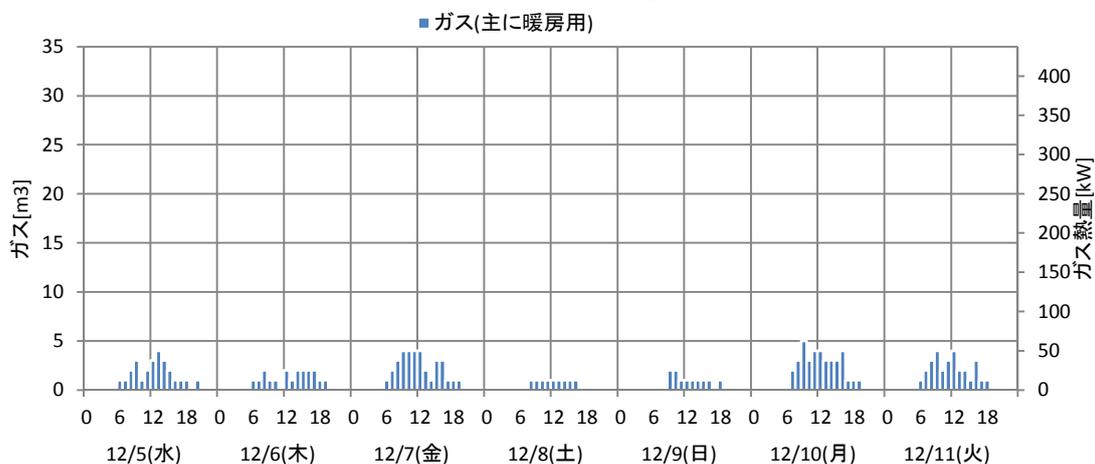


図 4-11 ガスの変動

- 暖房の他に、理科室の実験、家庭科室の調理等で使用されている。

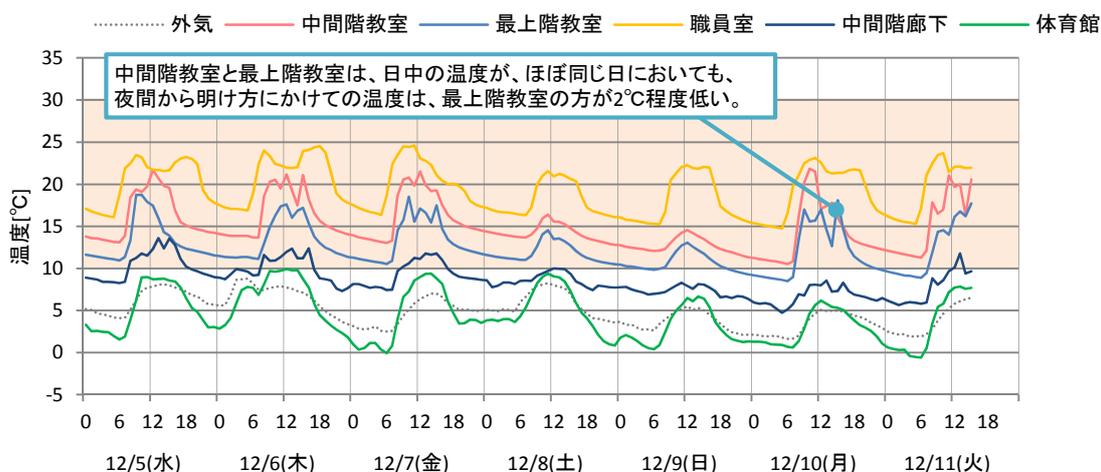


図 4-12 温度変動

冬期における最上階教室の温度変動を図 4-13 に、教室、職員室、体育館の湿度変動を図 4-14 に示す。

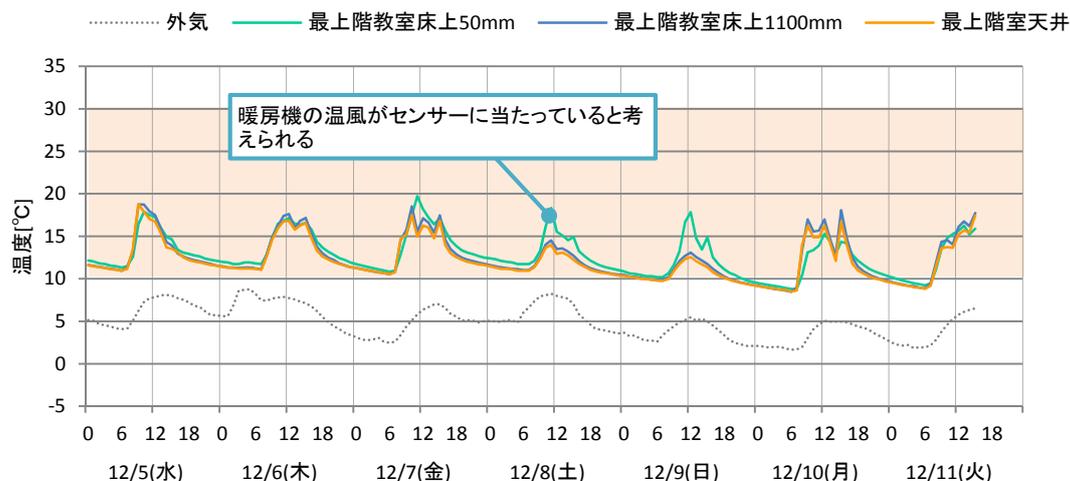


図 4-13 最上階教室の温度変動

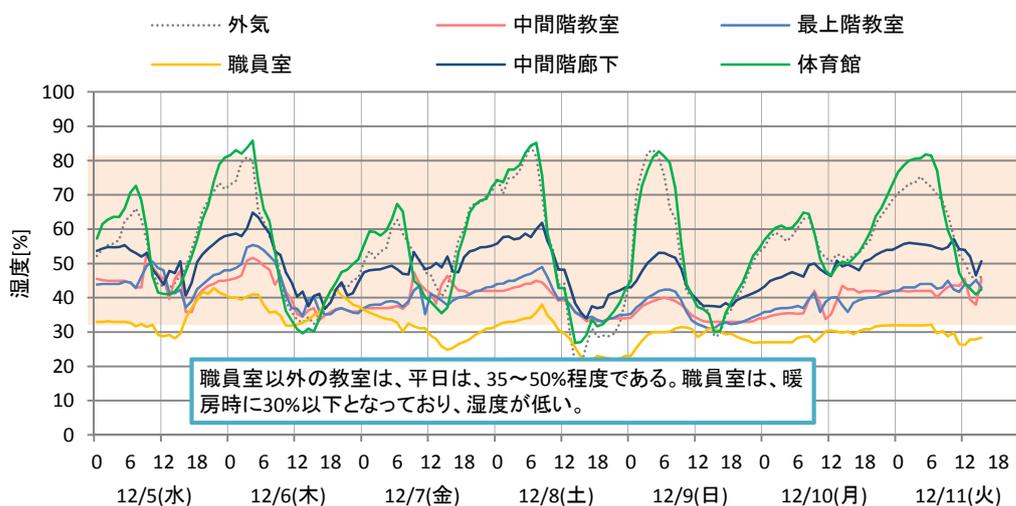


図 4-14 湿度変動

4.4.3 エネルギー消費特性

(1) 日集計

図 4-15 に平日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係を示す。

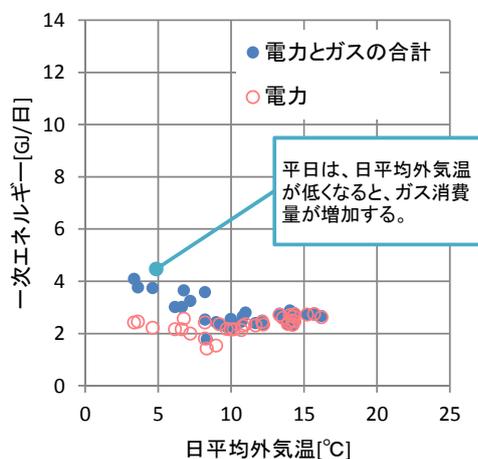


図 4-15 平日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係

図 4-16 に休日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係を示す。

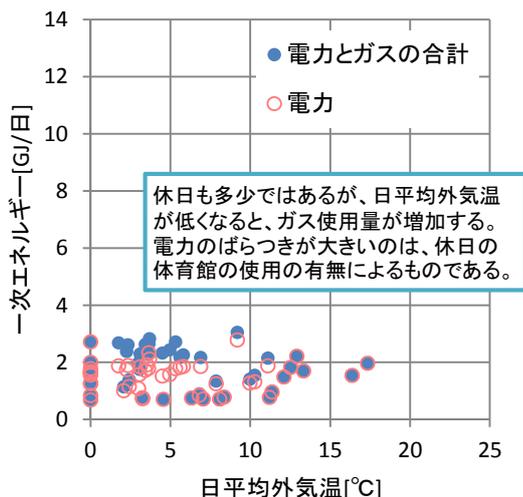


図 4-16 休日の日平均外気温と日積算一次エネルギー消費量の関係

図 4-17 に月別の平均日積算電力量を示す。

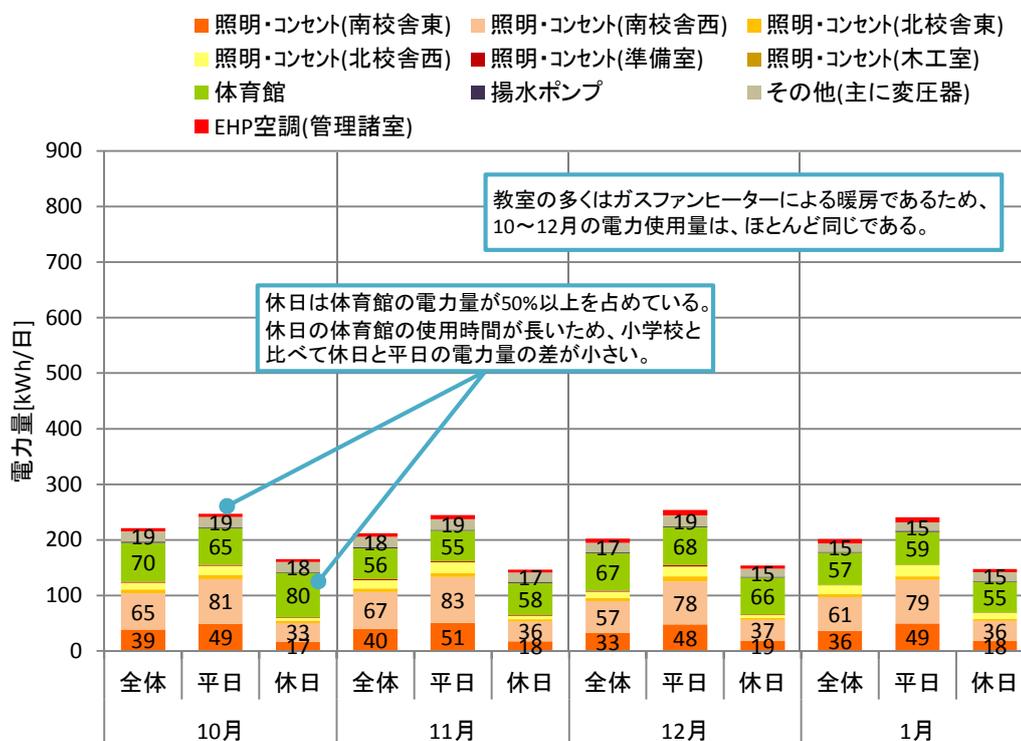


図 4-17 月別の平均日積算電力量

図 4-18 に月別の日積算一次エネルギー消費量を示す。

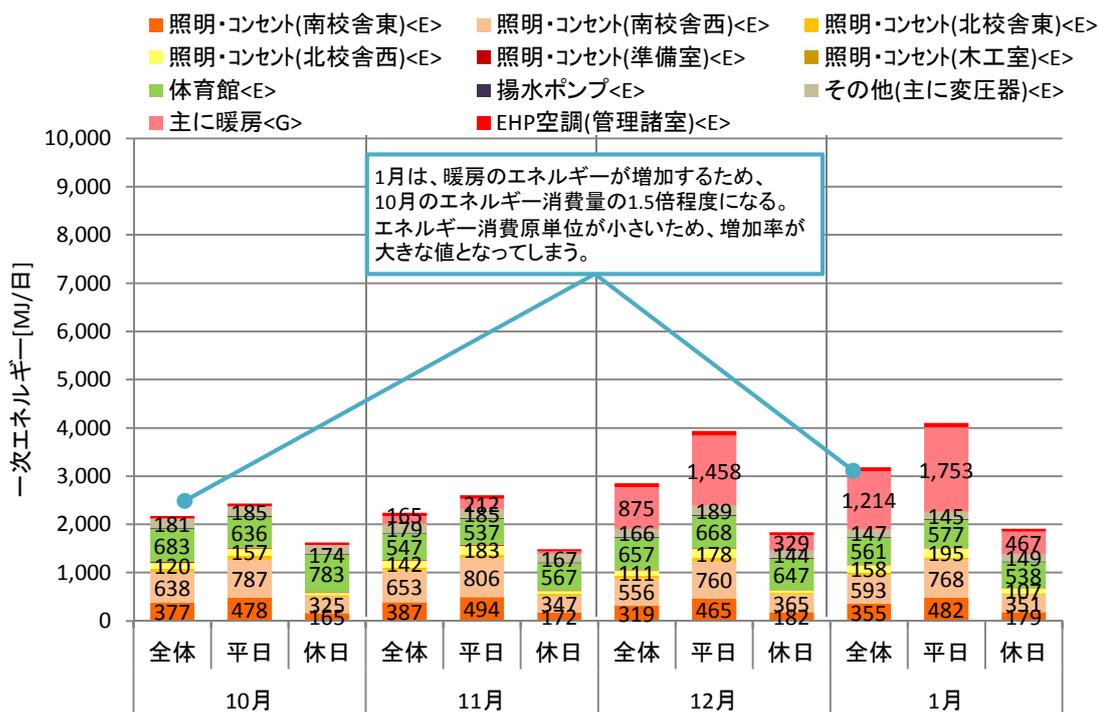


図 4-18 月別の平均日積算一次エネルギー消費量

● 凡例の<E>は電力、<G>はガス

(2) ベース電力の内訳

図 4-19 に月別の平均ベース電力の内訳を示す。各月による差はほとんどなく、運用時間外の電力は 3.5kW 程度であった。1 日で 84kWh となり、日積算ベース電力量は学校全体の日積算電力量の 30%以上を占める。

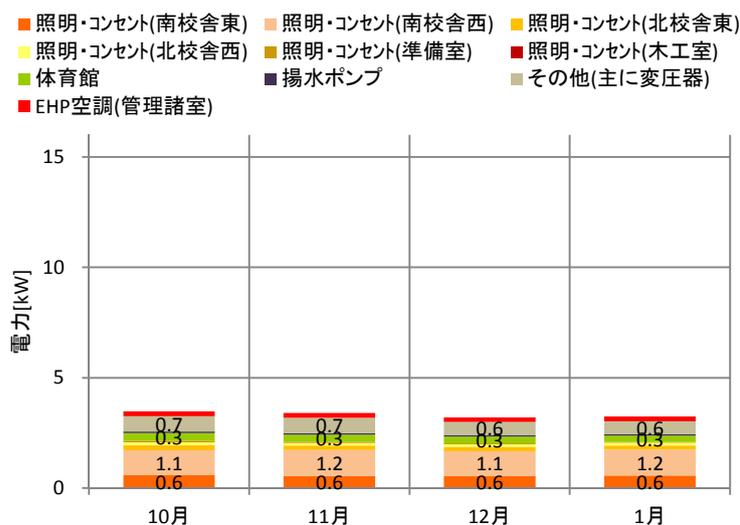


図 4-19 月別の平均ベース電力

● 「体育館」は、外灯で使用している電力である。
 ● 「その他」は、主に変圧器の電力である。

図 4-19 の「南校舎東」「南校舎西」「北校舎東」「北校舎西」におけるベース電力の内訳を把握するために校舎内に設置されている電化製品とその稼働状況を確認するため、実地調査、及び教職員へのヒアリングを行った。その結果を図 4-20、図 4-21、表 4-3 に示す。「南校舎東」「南校舎西」の合計値を「南校舎」、「北校舎東」「北校舎西」の合計を「北校舎」とする)

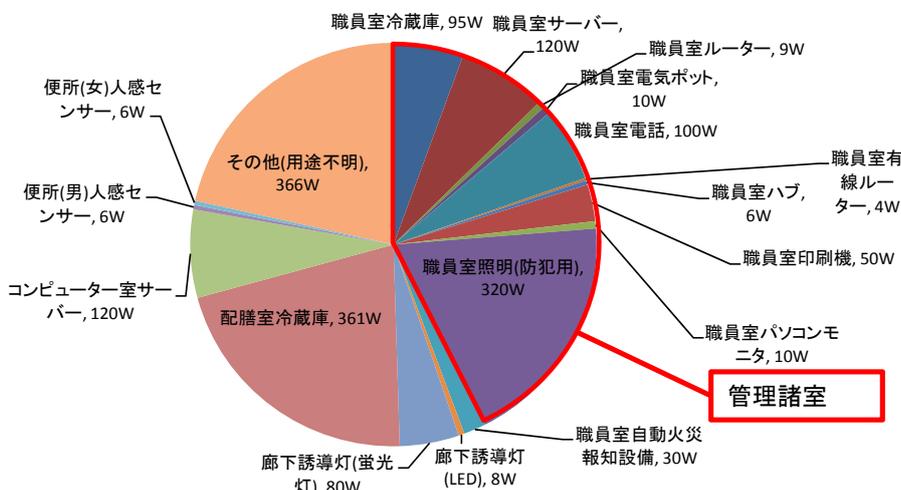


図 4-20 南校舎におけるベース電力の内訳(合計:1700W)

- 職員室の防犯のための照明は、LED などの高効率なものをを用いると良いと考えられる。

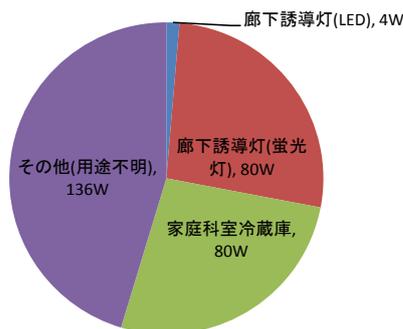


図 4-21 北校舎におけるベース電力の内訳(合計:300W)

表 4-3 校舎のベース電力の内訳

電化製品	電力[W/台]	台数	電力[W]	稼働状況	備考
南校舎 職員室冷蔵庫	95	1	95W	ON	東芝GR-151AG
職員室サーバー	120	1	120W	ON	Express5800/110Gc
職員室ルーター	4.5	2	9W	ON	バッファローBroad Station BBR-4HG V2
職員室電気ポット	10	1	10W	ON	象印4L
職員室電話	100	1	100W	ON	最大180Wより
職員室有線ルーター	3.5	1	4W	ON	バッファロー WHR-HP-G54
職員室ハブ	6	1	6W	ON	CentreCOM FS708XL
職員室印刷機	50	1	50W	ON	理想科学工業 RZ530
職員室パソコンモニタ	2	5	10W	ON	
職員室照明(防犯用)	40	8	320W	ON	職員室の照明を4灯×2個点灯
職員室自動火災報知設備	1	30	30W	ON	ホーチキ
廊下誘導灯(LED)	2	4	8W	ON	1階のみLED
廊下誘導灯(蛍光灯)	4	20	80W		
配膳室冷蔵庫	361	1	361W	ON	ホシザキ MR-180X
コンピュータ室サーバー	120	1	120W	ON	Express5800/110Gc
便所(男)人感センサー	2	3	6W	ON	
便所(女)人感センサー	2	3	6W	ON	
その他(用途不明)			366W		
北校舎 廊下誘導灯(LED)	2	2	4W	ON	1階のみLED
廊下誘導灯(蛍光灯)	4	20	80W	ON	
家庭科室冷蔵庫	80	1	80W	ON	
その他(用途不明)			136W		

- その他(用途不明)は、図 4-19 の各校舎のベース電力から、把握できている電化製品の値を減じた値である。

運用状況を図 4-22～図 4-29 に示す。



図 4-22 普通教室のコンセント 1

- 教室の電化製品は、黒板消しクリーナーのみである



図 4-23 普通教室のコンセント 2



図 4-24 火災報知器(職員室)



図 4-25 冷蔵庫(職員室)



図 4-26 コンピューター室



図 4-27 配膳室冷蔵庫(牛乳保管庫)



図 4-28 誘導灯(LED)



図 4-29 職員室の照明・換気スイッチ

(3) 建物性能向上・高効率機器の採用によりエネルギー削減が見込める項目

前掲の図 4-18 の月別の平均日積算一次エネルギー消費量を運用時におけるエネルギー消費量とベース電力によるエネルギー消費量に分けたところ、図 4-30 のような結果を得た。

運用時におけるエネルギー消費量は、主に暖房や照明・コンセントのエネルギー消費量であり、建物性能の向上、高効率機器の採用などの改修によりエネルギー削減が見込める項目である。これに対して、ベース電力によるエネルギー消費量は、建物性能の向上や高効率機器の採用では、エネルギー削減は見込めず、運用方法の改善などによってエネルギー削減が実現する項目である。

運用時の一次エネルギー消費の全体に対する割合は 70%であるのに対して、ベース電力による一次エネルギー消費の占める割合は 30%(10~1 月の平均)であり、決して小さな値ではない。他の 2 校に比べて給食室がないこと、空調機(EHP・GHP)の待機電力がほとんど無いことからベース電力の絶対値は比較的小さいが、ゼロエネルギーを目指すためにはベース電力の削減にも配慮する必要があることが確認できる。

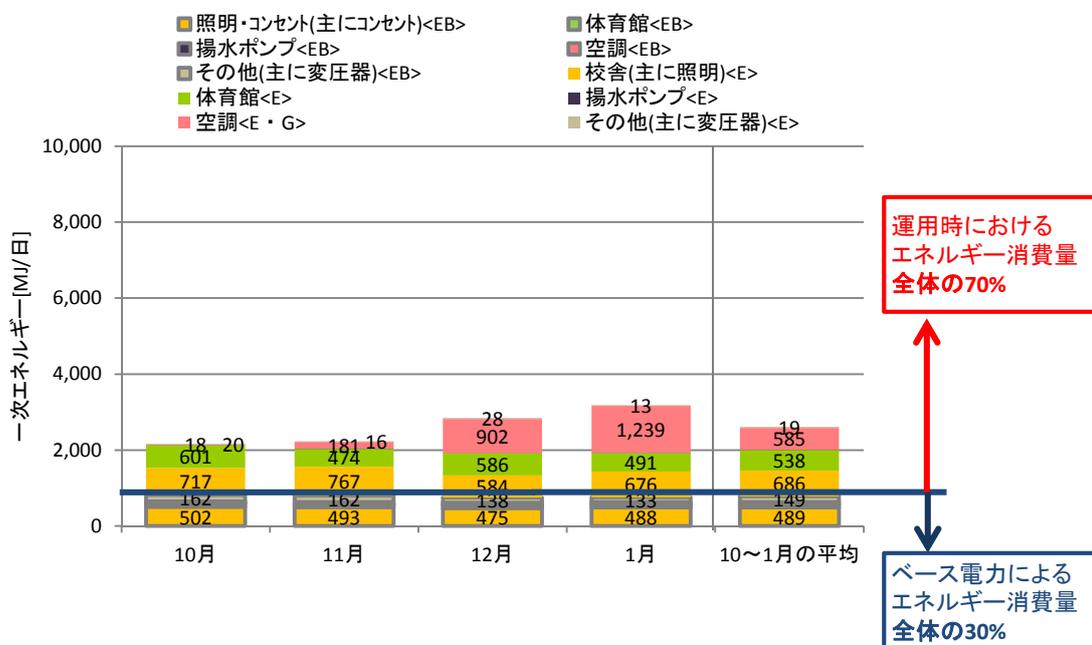


図 4-30 月別の平均日積算一次エネルギー消費量

- 凡例の<EB>はベース電力、<E>は電力、<G>はガス、<E・G>は電力及びガス を示す。
- 図の右側の平均値は、年間の平均値ではなく、10~1 月の平均値であることに注意が必要である。

(4) 年間一次エネルギー消費量の内訳

1.7(4)に示す方法で月積算エネルギー消費量及び年間一次エネルギー消費量を推定した。

図 4-31 に月積算エネルギー消費量を示す。7月のエネルギー消費量が最も多い。測定は行っていないが、冷房とプール濾過ポンプによるものと考えられる。冬期は暖房のエネルギーが多く、1,2月はその消費量の38%と、大きかった。

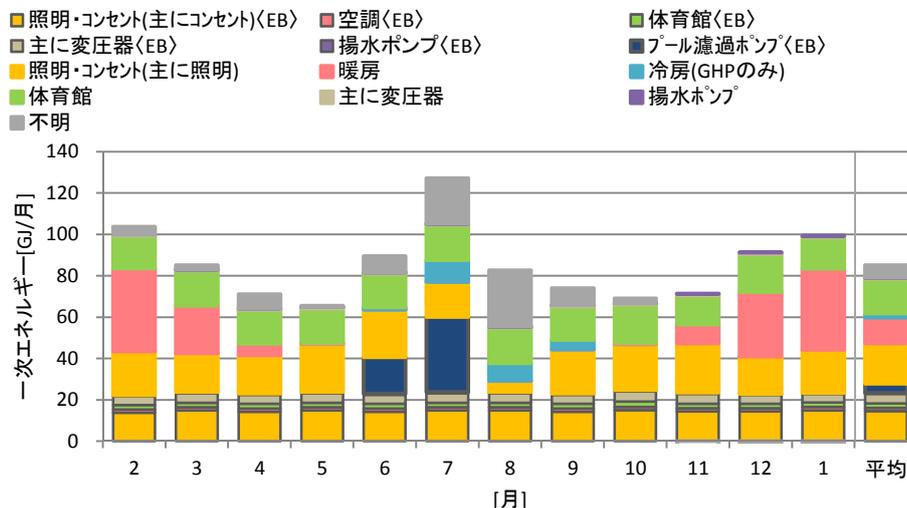


図 4-31 月積算一次エネルギー消費量(2~9月の内訳は推定)

- 各月の月積算一次エネルギー量の各月の合計値は検針値であり、内訳のみ推定。
- 凡例の〈EB〉はベース電力
- 6~9月に不明が多いが、前述の1.7(4)に示したように、EHPによる管理諸室の冷房の推定を行っていないためである。

図 4-32 に年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。全体のエネルギー消費量に対して、暖房、校舎(照明)、体育館(照明)、校舎(ベース電力)が、ほぼ同じ割合でそれぞれ15~22%を占め、相当大きいことが判明した。体育館には700W/個の水銀灯が25灯設置され、部活動・地域開放で長時間使用しているため、エネルギー消費量が大きくなったものと考えられる。

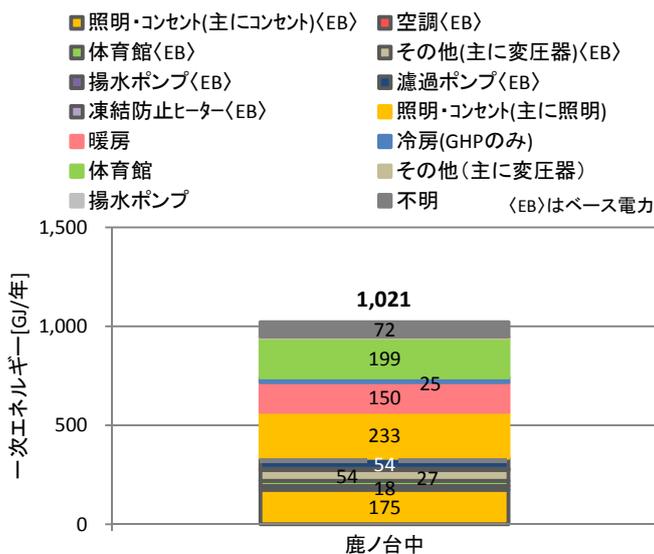


図 4-32 年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

- 前述の1.7(4)に示したように、EHPによる管理諸室の冷房のエネルギーは推定できていないため、不明に含まれる。

図 4-33 に施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量の内訳を示す。鹿ノ台中の施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量は、Ⅲ地域平均に比べ 46% 小さかった。

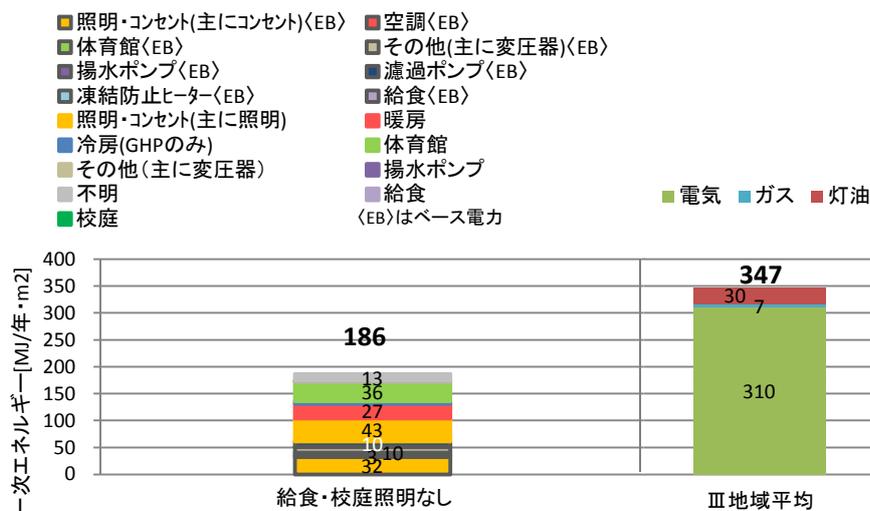


図 4-33 施設面積当たりの年間一次エネルギー消費量の内訳(推定)

- 施設床面積: 校舎と体育館の合計床面積
- Ⅳ地域平均: 国立教育政策研究所 文教施設研究センター調べ(平成 18 年度)

4.4.4 教室の光環境

教室の机上面の照度分布を把握するために、机上面の照度測定を行った。図 4-34 に中間階普通教室の机上面照度を示す。日中に点灯した場合においても曇りの日(冬期くもり)は、中央・廊下側の照度が300lxを満たしていない環境であった。

「冬期くもり」では、「照明なし」「カーテン開」において、窓側は500lxをほぼ満たしており、これらの条件の場合には、窓側の照明を消灯することが可能で、間引き点灯を行うことによって照明の電力削減が可能と考えられる。



図 4-34 中間階普通教室の机上面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色(学校環境衛生基準: 照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)

図 4-35 に中間階教室の黒板面照度を示す。照明を点灯しない場合、「中間期はれ」「カーテン開」以外の条件では、500lx 以下であり、黒板灯の点灯が必要であることを確認した。



図 4-35 中間階教室の黒板面照度

- 500lx 以上: 赤色、300lx 以下: 白色 (学校環境衛生基準: 照度の下限値は 300lx、500lx 以上が望ましい)

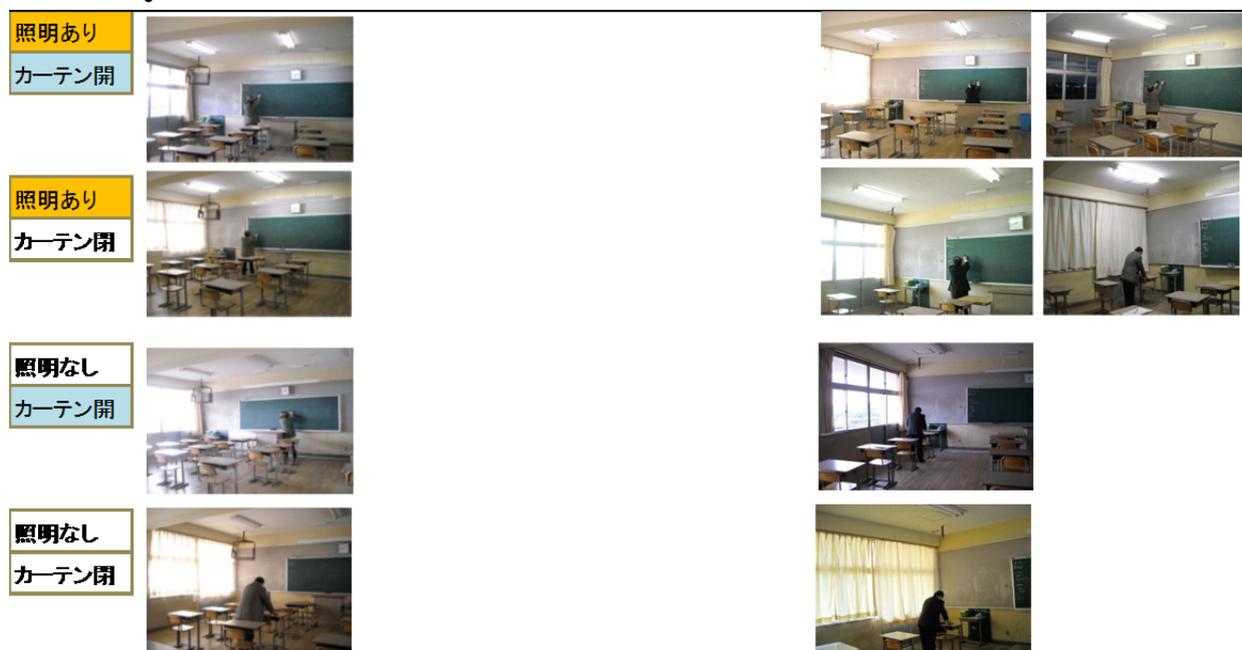


図 4-36 測定風景

4.4.5 冬期における放射環境

冬期における放射環境を把握するためにサーモカメラを用いて、教室・廊下の部位の表面温度測定を行った。

(1) 測定条件

撮影日:2012年12月25日(火)、薄曇り

外気温:6°C、教室の空気温度:17°C

教室に関しては、暖房(ガスファンヒーター)を開始して1時間30分後に撮影した。

(2) 測定結果

図 4-37～図 4-39 に教室と廊下の熱画像を示す。教室は外気に接した窓下の壁の温度が最も低く、無断熱であること、熱容量の大きいコンクリートに塗装仕上げであることから、暖房を行っても躯体が温まりにくいことを確認した。前方にガスファンヒーターを設置しているが、周辺の机と壁・天井面上部の温度は高いが、黒板下の壁表面温度が低く、教室内の部位表面温度ムラが7°C程度あることを確認した。

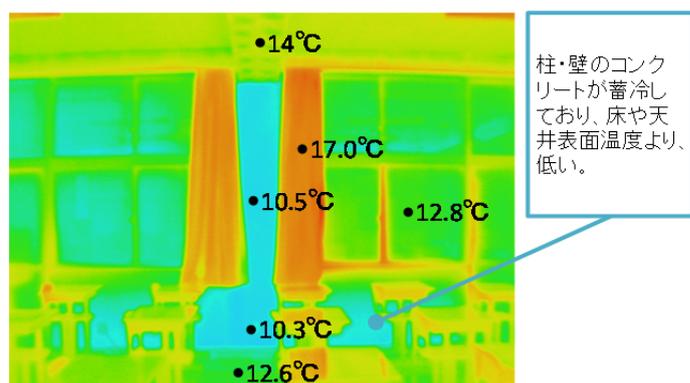


図 4-37 教室の窓側

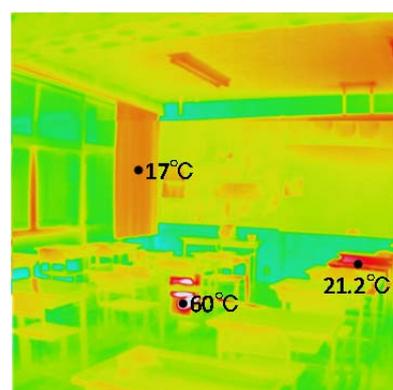


図 4-38 教室の前方(窓側)



図 4-39 教室の前方(廊下側)



4. 鹿ノ台中学校

廊下は開口部、壁と床の取り合い部の表面温度が最も低かった。パーティションのガラス面の温度が高いのは、教室の暖房の熱が廊下へ逃げているためである。矢吹小・金閣小と同様に躯体が冷え切っている状況であった。

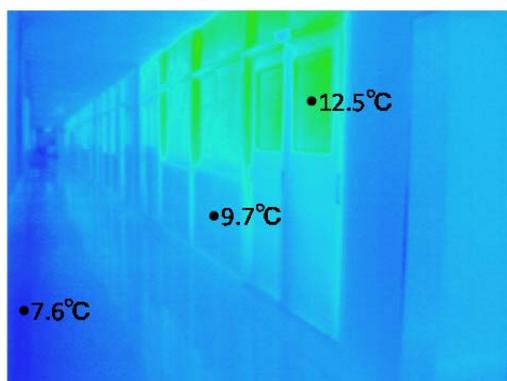


図 4-40 廊下

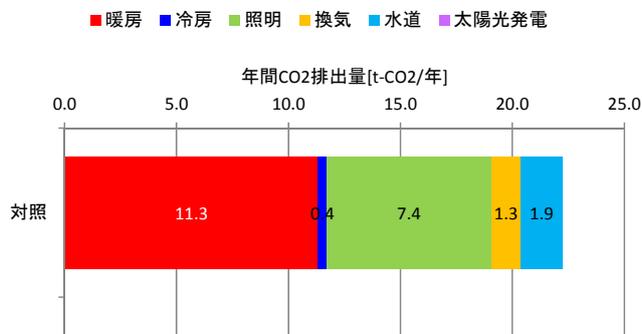


4.5 FAST の検証(改修前の実態との比較)

FAST は、校舎を改修した際の CO2 の削減量を試算するプログラムであり、ここでは、改修前における CO2 排出量の実測値 と FAST の改修前の校舎(「対照」という)の CO2 排出量の試算結果を比較し、FAST の予測精度を検証する。

鹿ノ台中学校の現状についての FAST の出力結果と入力内容を図 4-41 に示す。

	対照
CO2排出量[t-CO2/年]	
暖房	11.3
冷房	0.4
照明	7.4
換気	1.3
水道	1.9
太陽光発電	
計	22.2
CO2削減量[t-CO2/年]	
CO2削減率[%]	



《①棟環境対策》

	対照
改修案採用	採用
躯体の断熱性能	無断熱
開口部種類	単板ガラス
窓の形状▲	1階 腰窓+掃き出し窓 2階以上 腰窓+掃き出し窓
日射遮へい▲	バルコニー
窓の形状▲	1階 2階以上
日射遮へい▲	
暖房方式	普通教室 F型ガスストーブ(都市ガス) 特別教室 F型ガスストーブ(都市ガス) 管理諸室 F型ガスストーブ(都市ガス)
冷房方式	普通教室 冷房なし 特別教室 冷房なし 管理諸室 EHPエアコン(旧型)
換気方式	自然換気
照明方式	調光制御ゾーン 窓側のみ 普通教室 一般型蛍光灯 本数[本/m2] 0.21 特別教室 一般型蛍光灯 本数[本/m2] 0.22 管理諸室 一般型蛍光灯 本数[本/m2] 0.21 便所、廊下等 一般型蛍光灯 便所本数[本/m2] 0.58 廊下本数[本/m2] 0.2
節水型器具	便所 不採用 適用率[%] 100 水栓 不採用 適用率[%] 100
太陽光発電	有無 不採用 容量[kW] 方位 傾斜角[°]
屋根形状	陸屋根
屋上緑化	不採用

《学校概要》

建築区分	改修	延床面積	4701 m2
建物種別	中学校校舎	都道府県	奈良県
児童生徒数	232 人	都市	奈良
教職員数	23 人	地域区分	IV地域
授業時間	6 時限	電力会社	関西電力

	①棟	②棟	③棟
建物形状	並行配置型		
校舎の寸法A	75.6 m		
校舎の寸法B	24 m		
校舎の寸法C	63.95 m		
校舎の寸法D	-8.9 m		
廊下形状	片廊下型	片廊下型	
教室・窓の方位	南	南	
階数	3 階	3 階	
学級数	6 クラス	0 クラス	
特別支援学級数	2 クラス	0 クラス	
特別教室数	2 教室	8 教室	
校長室・職員室	あり	なし	
保健室	あり	なし	
用務員室	あり	なし	
多目的スペース	なし	なし	
便所数	6 箇所	3 箇所	
環境対策メニュー	簡易入力		

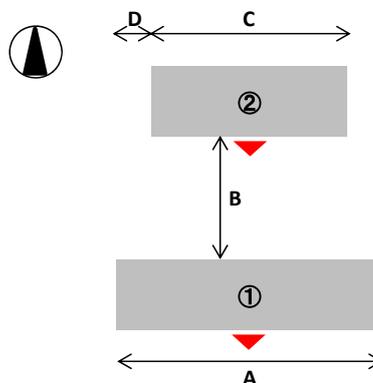


図 4-41 FAST の結果と入力内容

FAST の予測精度の検証のため、10～1 月のエネルギー消費量の測定結果、及び、測定期間外については推定を行い、学校の年間 CO2 排出量の内訳の推定を行った。結果を図 4-42 に示す。暖房による CO2 排出量は FAST の方が大きい結果となった。教室の温度測定結果では最上階の教室の平均温度は 16.2℃であり、FAST の設定温度の 18℃よりも低く、この温度差分の暖房エネルギーの違いが差異を生じた要因の一つと考えられる。

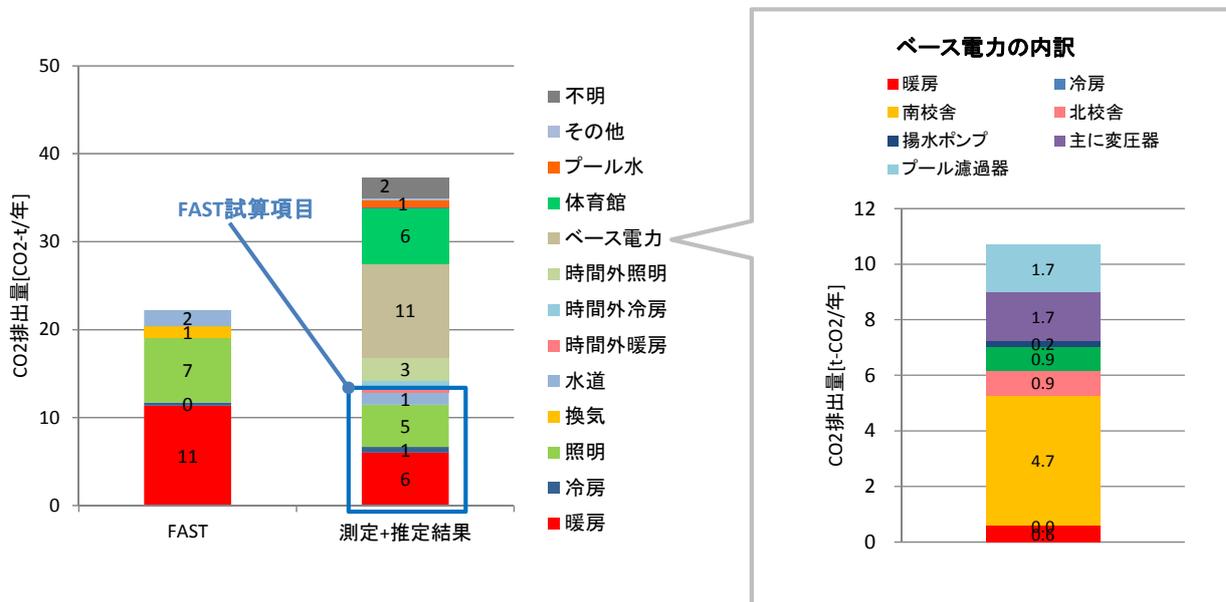


図 4-42 年間 CO2 排出量に関する FAST の出力結果と調査結果(測定+推定)との比較

- ベース電力の内訳の「暖房」「冷房」は、EHP によるものである。

図 4-42 の内訳を推定する際に、各月の CO2 排出量を推定し、それを積算することで年間 CO2 排出量の算定を行った。参考に CO2 排出量の内訳推定結果を図 4-43 に示す。年間変動があるように見られるが、他校に比べ、縦軸のスケールを拡大しているためである。

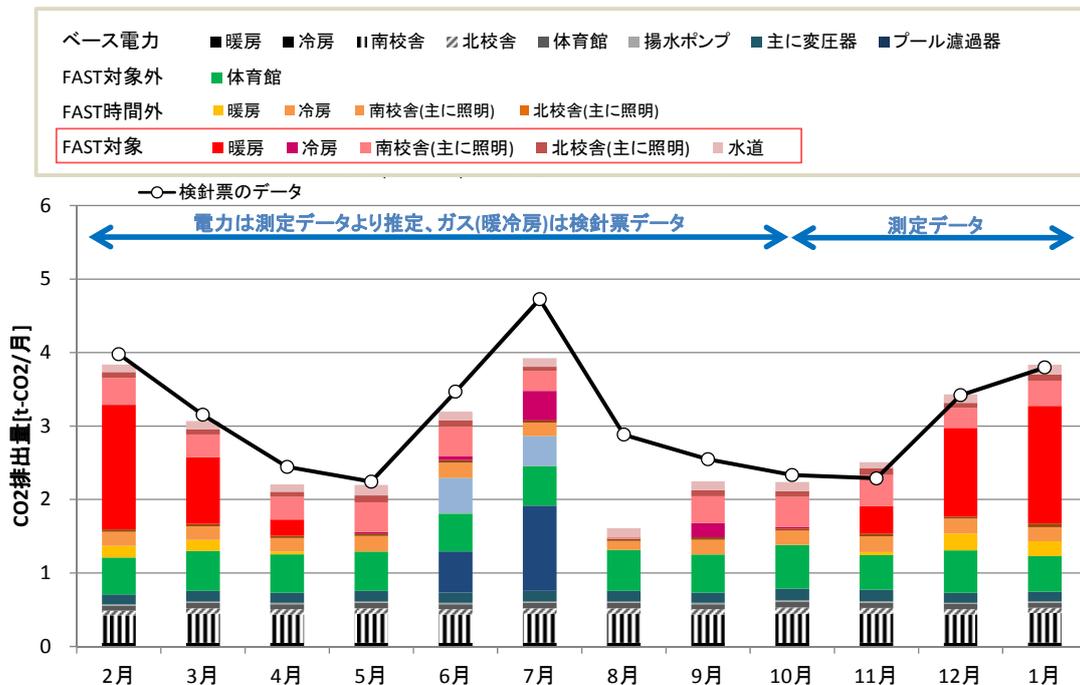


図 4-43 月別 CO2 排出量の内訳推定結果

- 夏期の調査を行っておらず、EHP による冷房電力量が推定できていないため、7～9 月の電力の推定値が小さいと考えられる。

4.6 エネルギー削減・環境改善のための改修を行う際の留意点

改修を行う際の留意点を以下にまとめる。

<ul style="list-style-type: none"> ● 校舎の断熱・気密性能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 冬期に最上階教室の温度が低い傾向があり、屋根または天井断熱を行うと効果的と考えられる。本調査では、夏期の温熱環境の測定は行っていないが、教員へのヒアリングでは、最上階が夏に暑いという回答であった。屋根または天井の断熱を行うことで、夏期の温熱環境も向上すると考えられる。 ● 冬期に廊下の温度が 10℃以下の日もあり、廊下から教室へ冷気が流入していると考えられる。校舎全体の断熱性能を向上するとともに、廊下の暖房区画などを行い昇降口などからの冷気の流入を防ぐことが効果的と考えられる。
<ul style="list-style-type: none"> ● 光環境 	<ul style="list-style-type: none"> ● 南校舎の日中の電力量が大きい。昼光を利用することで、照明の電力量を削減することが可能と考えられる。昼光利用に際しては、廊下と教室の間のパーティションの上部窓だけでも透明にし、北側採光を取り入れると明るさのムラのない光環境が可能となる。 ● 体育館の照明の電力量が大きいため、北面開口部から柔らかい光を取り入れる昼光利用することによる間引き点灯の採用や、高効率型の照明器具の導入が効果的と考えられる。
<ul style="list-style-type: none"> ● 設備機器 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在、教室での消費電力は照明以外はほとんどないが、今後パソコンや校内 LAN の導入により消費電力量が増加することが考えられる。1 教室当たりの消費電力量は小さいが、教室数、時間を積算することによって、学校全体の電力量が大きくなると考えられるので、注意が必要である。オフィスなどに比べ、学校の消費電力は小さく、電化製品の使用時間の少しの増加が消費電力量全体に大きく影響してしまうため、運用のルールを決めることや、教室の出入りにコンセントの電源を一括で ON/OFF にできるスイッチを設けるなどの工夫が必要と考えられる。 ● トイレの改修を行う際に、暖房便座を採用することも考えられるが、タイマーの設置や瞬間式の採用、若しくはトイレの出入りに一括で電源を OFF にできるスイッチ等を設けることで、電力の増加を抑えられる。 ● 変圧器の容量及び無負荷損の小さい機種へ見直す等により、電力の削減が可能と考えられる。
<ul style="list-style-type: none"> ● 省エネ化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間エネルギー消費量に対して、暖房・校舎(照明)・体育館(照明)・校舎(ベース電力)が、ほぼ同じ割合でそれぞれ 15～22%を占めている。体育館には 700W/個の水銀灯が設置されているため、更に消費電力が大きくなると考えられる。 ● 暖房については、建物性能(断熱・気密性)の向上、校舎(照明)は昼光利用や分かりやすいスイッチの配置、体育館(照明)については、高効率器具の設置、日中は昼光を利用し間引き点灯ができるような照明の回路計画と分かりやすいスイッチ計画等がエネルギー削減に効果的と考えられる。ベース電力の削減には、現在防犯のために点灯している職員室の照明器具の高効率化、誘導灯の高効率器具への変更が効果的と考えられる。

5. 3 校の比較

5.1 気象条件

以下に調査対象の 3 校の気象条件をまとめる。気象データは、拡張アメダス気象データ標準年(2000年)を用いた。なお、矢吹小は小野新町、金閣小は京都、鹿ノ台中は奈良のデータを用いた。

(1) 温度・湿度

図 5-1 にクリモグラフを示す。矢吹小は金閣小・鹿ノ台中に比べて寒冷の気候条件である。

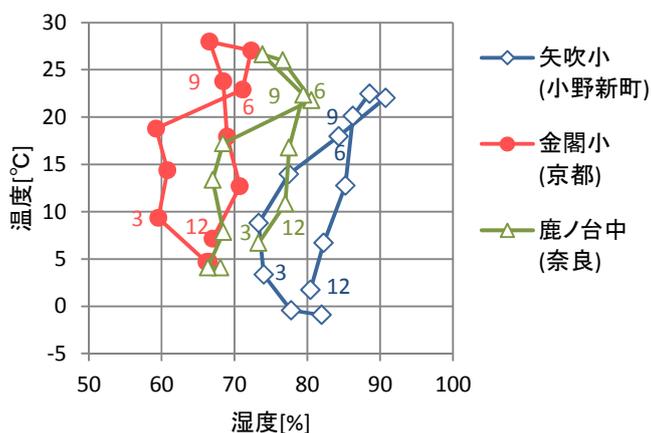


図 5-1 クリモグラフ(月平均温度・湿度)

- 図中の数字は月を表す。

(2) 水平面日射量

図 5-2 に水平面日射量を示す。夏期の日射量は鹿ノ台中が最も大きく、冬期の日射量は 3 校で同程度である。

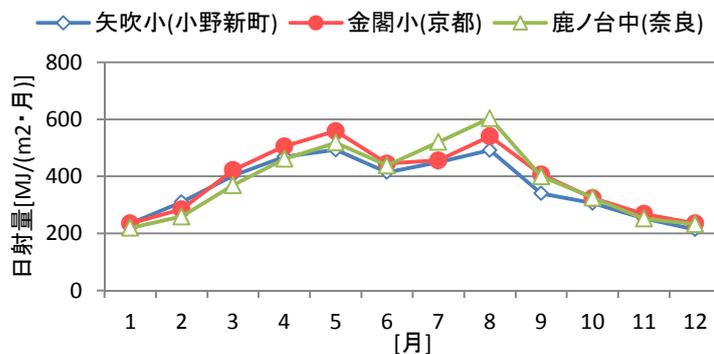


図 5-2 水平面日射量

(3) 暖房デGREEデー

図 5-3 に暖房デGREEデーを示す。矢吹小の暖房デGREEデーは、金閣小の 1.7 倍、鹿ノ台中の 1.6 倍である。

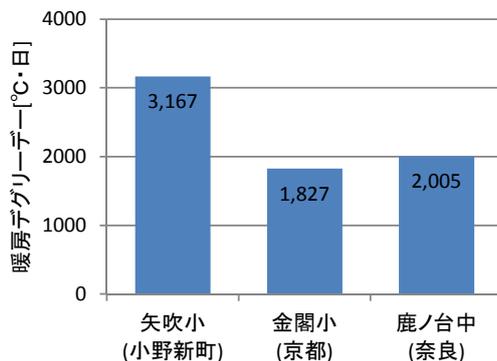


図 5-3 暖房デGREEデー

- 暖房デGREEデー (D_{18-18}) : 日平均外気温と暖房温度の差の年積算値。 D_{18-18} は、外気温が 18°Cより低い日を暖房期間とし、設定温度 18°Cで暖房する場合のデGREEデーを示す。

(4) 風向・風速

1) 年間の風向風速

図 5-4 に年間の風向・風速を示す。風速については、矢吹小は無風(0m/s)、金閣小・鹿ノ台中は 0~1m/sの頻度が最も多い。風向については、矢吹小は北風、金閣小・鹿ノ台中についても北~北東の頻度が多い。

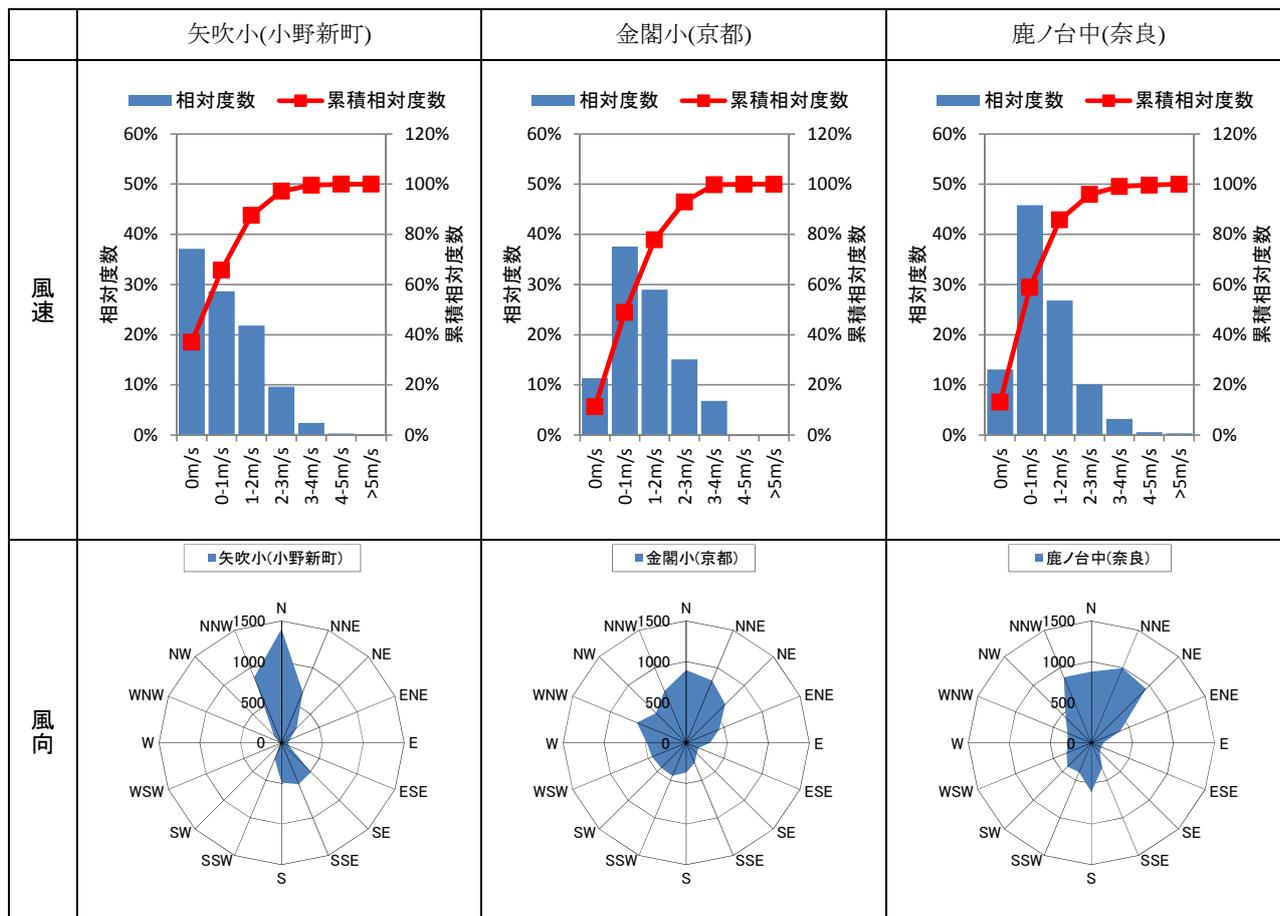


図 5-4 年間の風向・風速

- 風速の高さは、すべて地上 6.5m

2) 夏期の風向風速

図 5-5、図 5-6 夏期における日中と夜間における風速・風向を示す。通風やナイトページ計画に使用できるように外気温との関係を併記している。凡例の温度は外気温である。

矢吹小は、日中において 0~2m/s の南風もしくは北風の頻度が多く、外気温は 28℃以下が 80%を占め、学校使用時の通風を積極的に行うことが可能な気象条件である。金閣小は1~2m/sの比較的風速が大きいときに外気温が 28℃を超える頻度(時間)が多い。28℃以下となる時間数は全体の 60%程度である。鹿ノ台中は、金閣小に比べ風速が小さい傾向があるが、28℃以下となる時間数は、金閣小より多く 70%程度を占める。

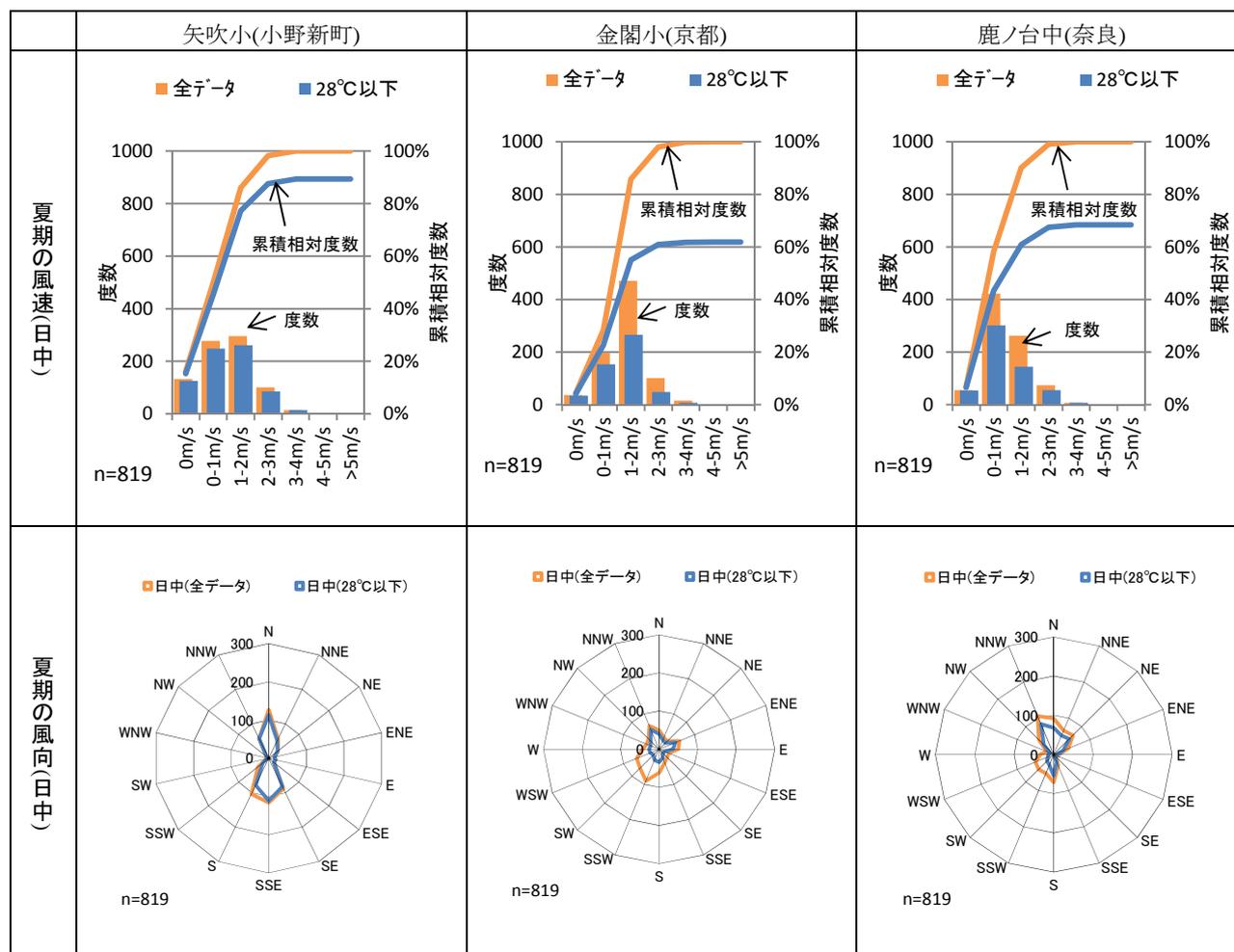


図 5-5 夏期の日中における風向・風速

- 夏期の風速: 期間は 6~9 月(8 月除く)
- 夏期の風向(日中): 期間は 6~9 月(8 月除く)の 8:00~16:00
- 夏期の風速(夜間): 期間は 6~9 月(8 月除く)の 17:00~7:00
- 風速高さは地上 6.5m

矢吹小は夜間の外気温が 25℃以下になる割合が 98%で、ナイトパーズが有効と考えられる。しかし、夜間の風速は小さいことに留意する必要がある。金閣小は、全体の40%程度が風速 1m/s 以上であるが、25℃以下となる割合が 65%程度である。鹿ノ台中は、金閣小に比べ外気温が低い傾向があり、25℃以下の割合が 80%を占める。金閣小・鹿ノ台中については、北～北東からの風の頻度が高いことに配慮して、ナイトパーズの計画を行うことが効果的と考えられる。

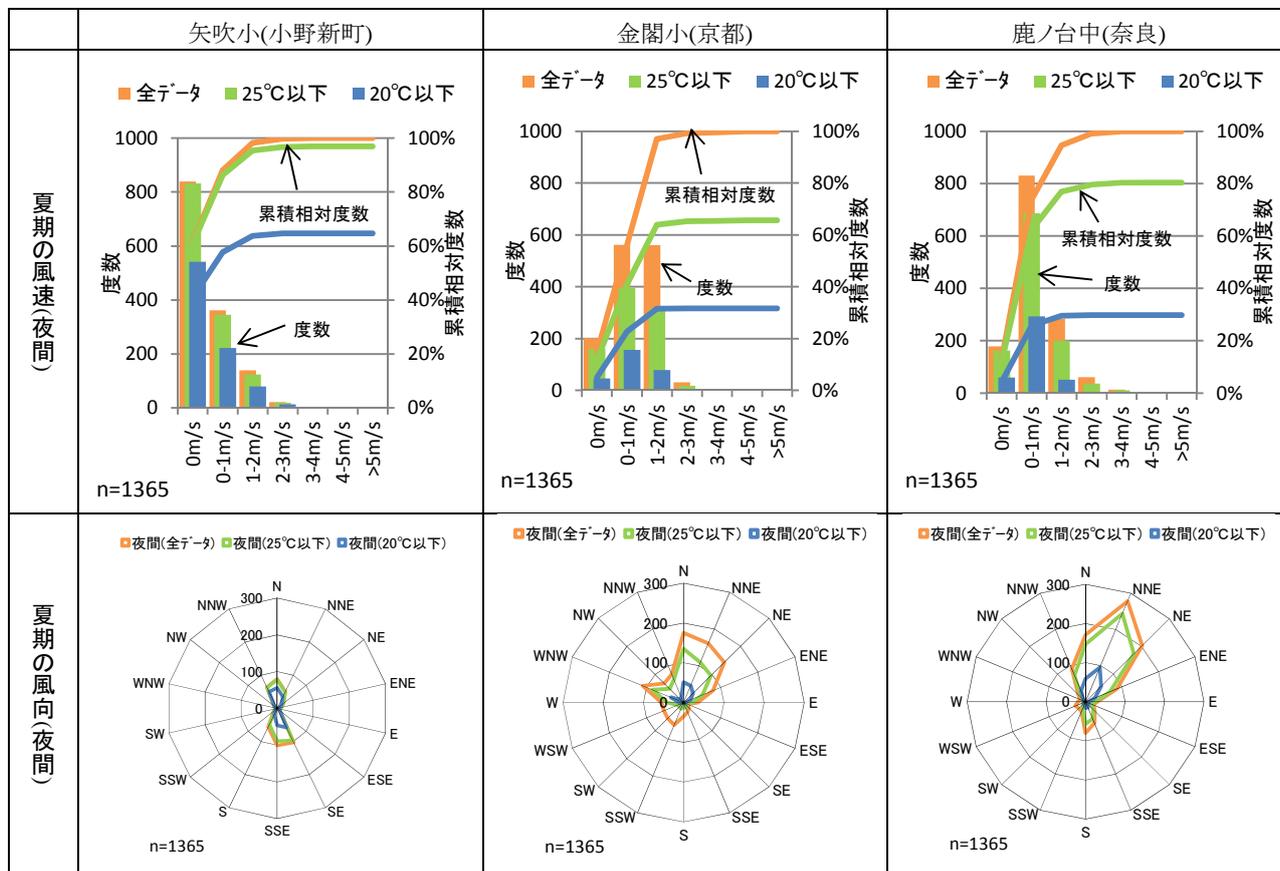


図 5-6 夏期の夜間における風向・風速

5.2 運用状況

5.2.1 スケジュール

(1) 登下校時間

表 5-1 登下校時間

	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
登校	7:50	8:30	8:30
下校	18:00(夏期) 17:30(冬期)	16:30(夏期) 16:00(冬期)	18:00(4~9月)、 17:30(10、2、3月)、 17:00(11~1月)

(2) 長期休み

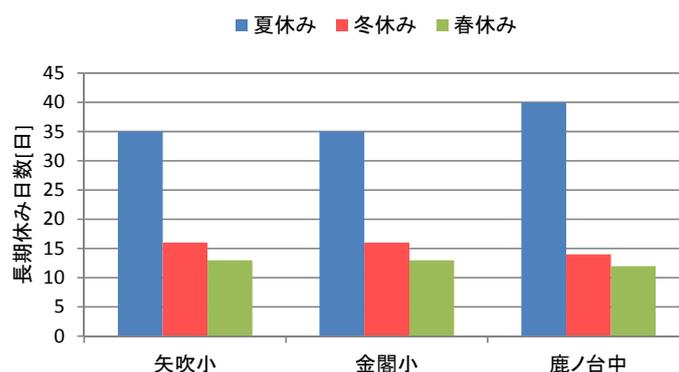


図 5-7 長期休みの日数

- 金閣小の夏休みにおいては、お盆休み以外は、ほぼ毎日午前中に補習授業を行っている。

5.2.2 設備の運用状況

(1) 照明

表 5-2 照明の運用状況

	点灯状況			点灯個数		
	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
管理諸室	使用時	使用時	使用時	すべて	すべて	すべて
普通教室	使用時	使用時	使用時	すべて	すべて	すべて
特別教室	使用時	使用時	使用時	すべて	すべて	すべて
廊下	暗い時	暗い時	暗い時	暗い箇所	暗い箇所	暗い箇所
昇降口	暗い時	暗い時	暗い時	すべて	すべて	すべて
トイレ	使用時	使用時	使用時	すべて	すべて	すべて
体育館	使用時	使用時	使用時	すべて	すべて	すべて

- 3校において職員室は、授業中に教職員の人数が少ない場合は、必要な部分のみ点灯
- 鹿ノ台中は、南校舎(管理諸室・普通教室棟)のトイレには人感センサーが既に設置済み

(2) 空調

表 5-3 空調の設定

	冷房			暖房		
	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
教室	28℃	28℃	冷房なし	22℃	18℃	20℃
管理諸室	27℃	28℃	28℃	22℃	18℃	20℃
教室の空調稼働のルール	7～9月	7～9月	暑ければ扇風機	外気温が10℃以下	外気温が10℃以下	12～3月

- 3校において冬期に関しては、寒ければ設定温度を上げる時もある(ヒアリング)。
- 矢吹小は、ほとんど冷房を使用していない(ヒアリング)。

(3) 普通教室ドア・カーテン

表 5-4 普通教室の授業中のカーテンの開閉状況

	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
夏期	常に開けている	授業中は常に閉めている	常に開けている
中間期	授業中は常に閉めている	授業中は常に閉めている	50%程度開けている
冬期	授業中は常に閉めている	授業中は常に閉めている	授業中はほとんど閉めている

- 矢吹小・鹿ノ台中は、南側にベランダがあり、夏期の日射は遮蔽できているため、夏期はカーテンを開けていると考えられる。

表 5-5 ドア及び下校時のカーテン教室ドアの開閉

		矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
就業時間帯	昇降口ドア	登下校時のみ開ける	なし(渡り廊下と共有)	冬期は閉める 夏期は開ける
	渡り廊下ドア	閉める	開ける	渡り廊下なし
下校時	教室のカーテン	開ける	開ける	開ける
	教室の出入り口ドア	開ける	閉める	閉める

表 5-6 普通教室の換気(窓開け)ルール

	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
夏期(冷房時)	ルールなし	朝・2時間目休み・昼	冷房なし
冬期(暖房時)	休み時間毎	休み時間毎	休み時間毎
中間期(非暖冷房時)	ルールなし	朝・2時間目休み・昼	ルールなし

- 金閣小、鹿ノ台中には、教室に換気扇が設置されているが、換気扇使用のルールは特にない。また、あまり使われていない。(ヒアリング)

5.2.3 就業時間外の活動

図 5-8 に平日のクラブ・部活動の活動時間数を示す。

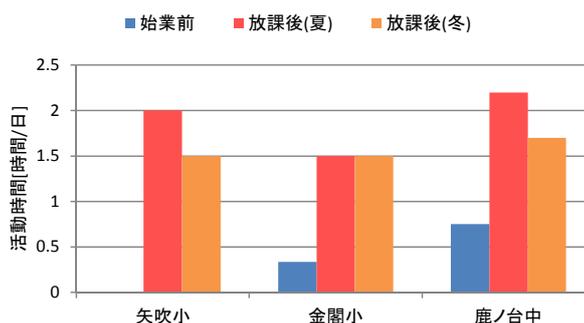


図 5-8 平日のクラブ・部活動の活動時間数

- 矢吹小:吹奏楽(特別教室、普通教室)
- 金閣小:卓球・バスケットボール・バレーボール(体育館) テニス(校庭)、合唱(音楽室)
- 鹿ノ台中:バスケットボール・バレーボール(体育館)、野球・硬式テニス(校庭)、吹奏楽・パソコン・美術・茶道(特別教室)

図 5-9 に放課後における普通教室の稼働率を示す。学校により稼働状況は異なる。

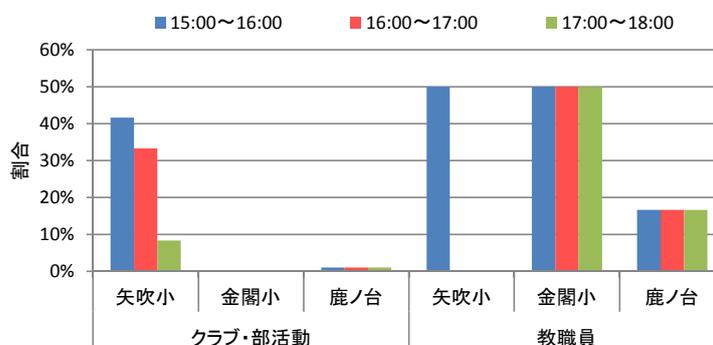


図 5-9 放課後における普通教室の稼働率

- 稼働率: 普通教室数に対して稼働している普通教室数の割合
- 3校においてクラブ・部活動については、矢吹小は、吹奏楽のパート練習に使用
- 3校において教職員については、補習やその他業務で使用。金閣小では、普通教室の使用は18:00までとルールがある。

5.2.4 教室・管理諸室の稼働状況

図 5-10 に管理諸室の使用時間を示す。3校において職員室の使用時間は長く、年末年始以外はほぼ毎日使用している。

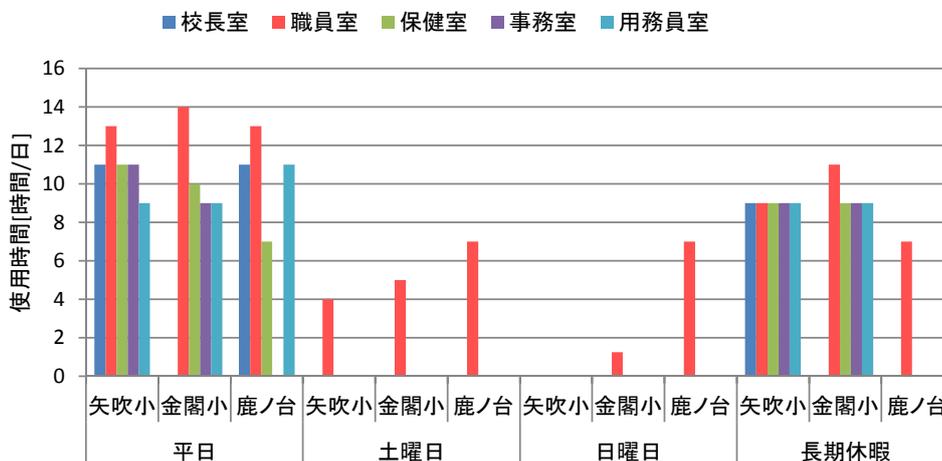


図 5-10 管理諸室の使用時間

図 5-11 に特別教室の使用時間を示す。金閣小は学級数が多いため、特別教室の稼働率が高い。

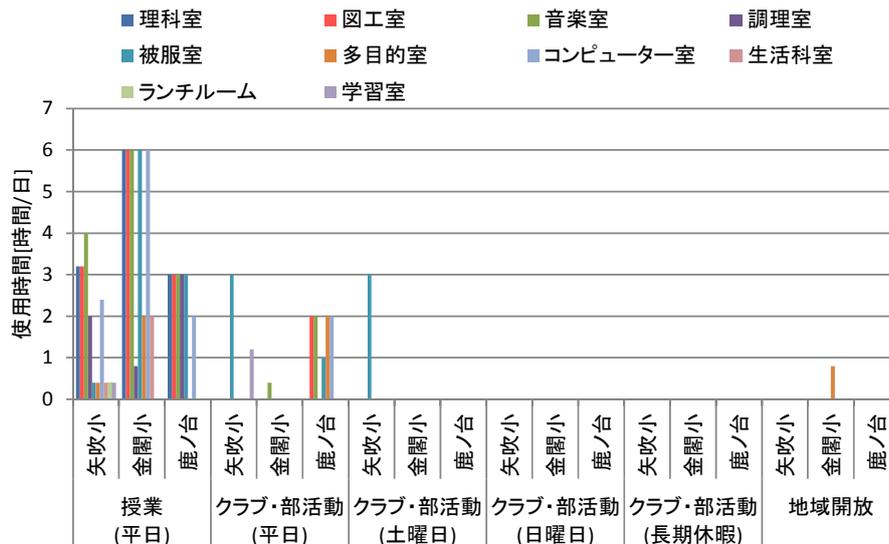


図 5-11 特別教室の使用時間

- 金閣小では、地域住民がコーラスの練習を1回/週(2時間)行っている。

図 5-12 に体育館・校庭の使用時間を示す。体育館は平日・休日を問わず、体育館の使用時間は長い。

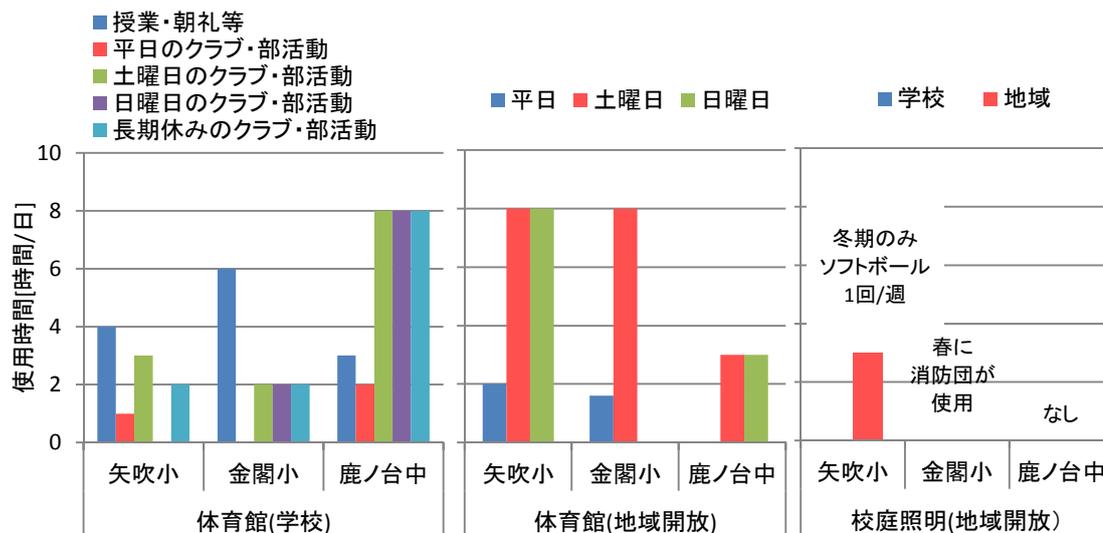


図 5-12 体育館・校庭の使用時間

5.3 主な設備容量

5.3.1 変圧器

5.3.2 各学校の変圧器の仕様

表 5-7 各学校の変圧器の仕様(現状)

		矢吹小		金閣小		鹿ノ台中	
		電灯	動力	電灯	動力	電灯	動力
種類		油入式	モールド	油入式	油入式	油入式	油入式
メーカー		東芝	日立	三菱電機	東芝	松下電器	松下電器
型式		HCR-S5	MRI-YDCR1	SF-T 形 1 種	PT6-K12		TBF-ROO
製造年	年	1994	2011	2000	1995	1981	1981
定格容量	kVA	100	150	75	50	100	50
無負荷損	W	292	276	216	259	276	248
負荷損	W	1510	1875	1108	830	1405	880
全損失	W	1802	2151	1324	1089	1681	1128

図 5-13 に変圧器の容量を示す。矢吹小は、普通教室に EHP を設置しているため、容量が大きい。

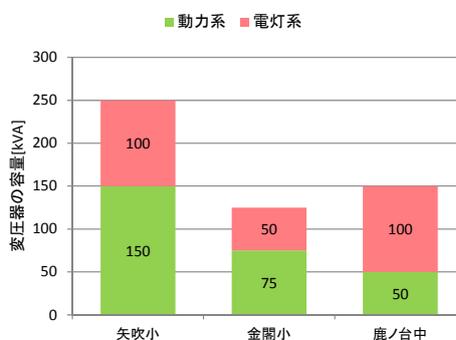


図 5-13 変圧器容量

図 5-14 に変圧器電力の計算方法概略図を示す。

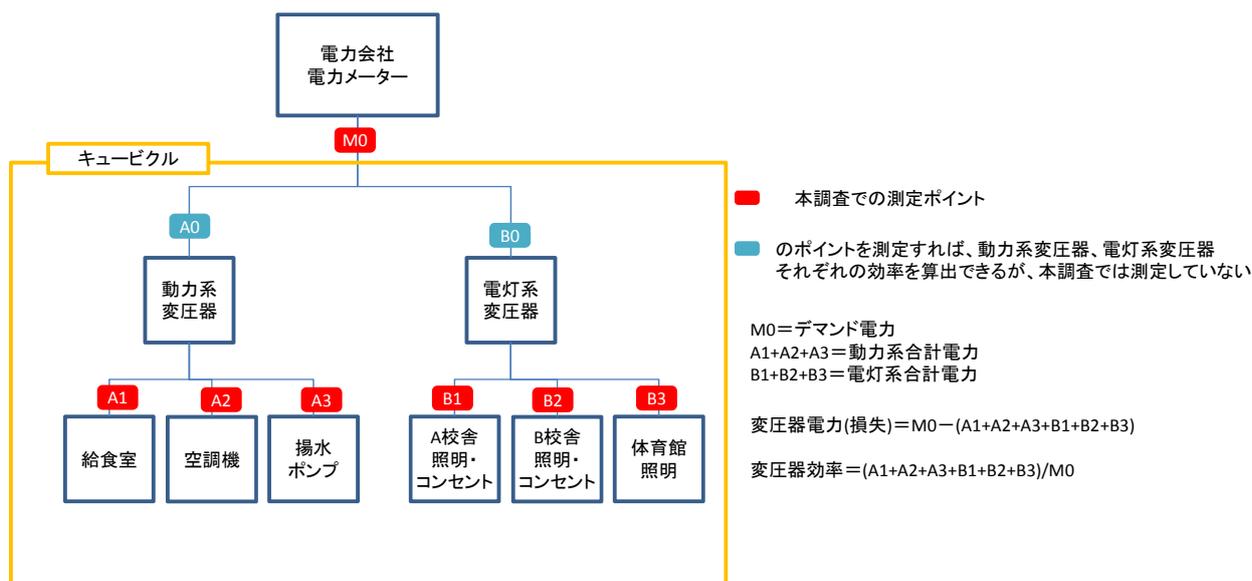


図 5-14 変圧器電力の計算方法概要図

図 5-15 に変圧器の負荷率を示す。電灯系は、矢吹小・鹿ノ台中では、体育館の照明点灯時に負荷率が高い。動力系は、矢吹小・金閣小では、食器乾燥時に負荷率が高い。矢吹小で12月の稼働率が高いのは、EHP 使用時である。

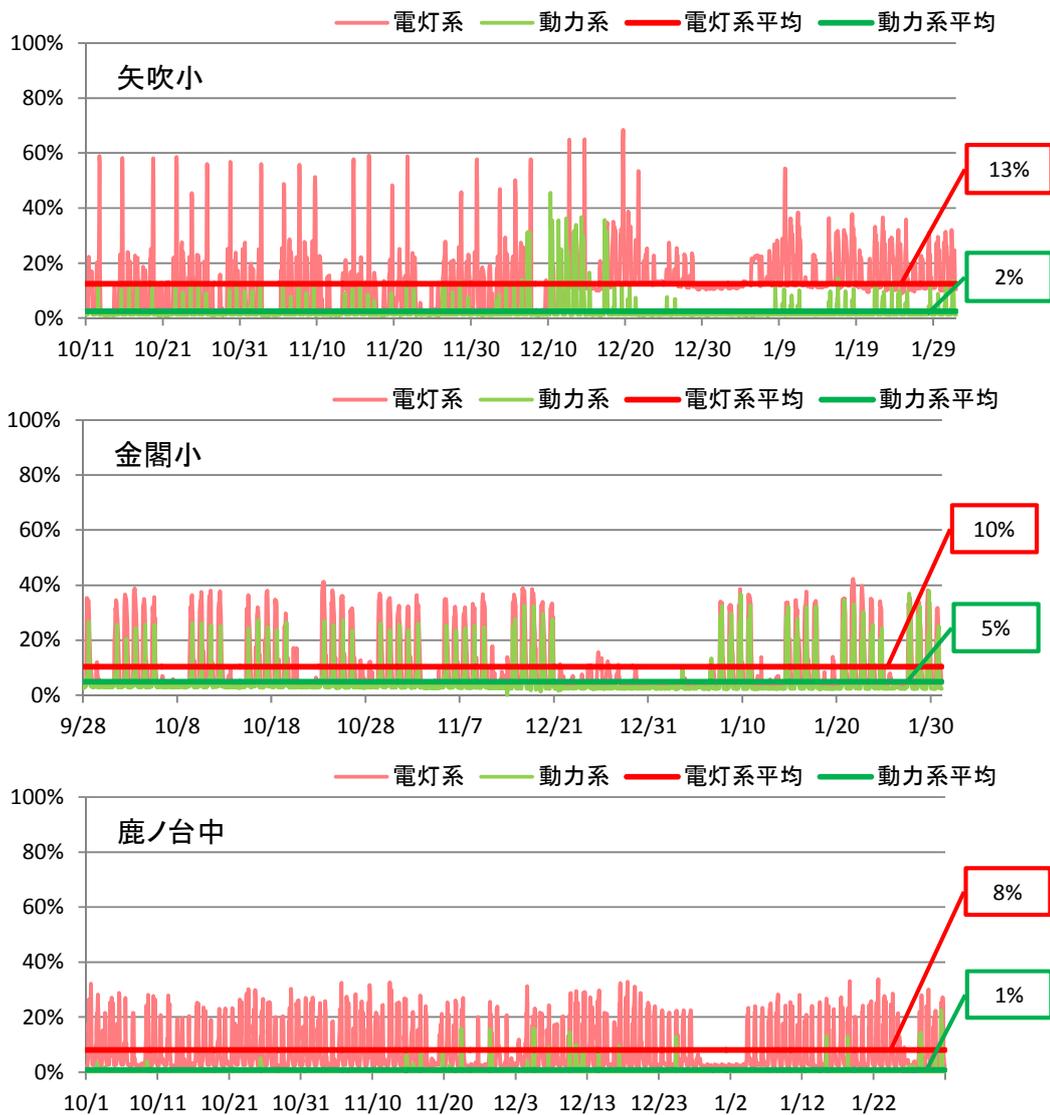


図 5-15 負荷率の変動

- 負荷率は変圧器容量に対するそれぞれの系統の電力

変圧器の負荷率と効率の関係を図 5-16 に示す。

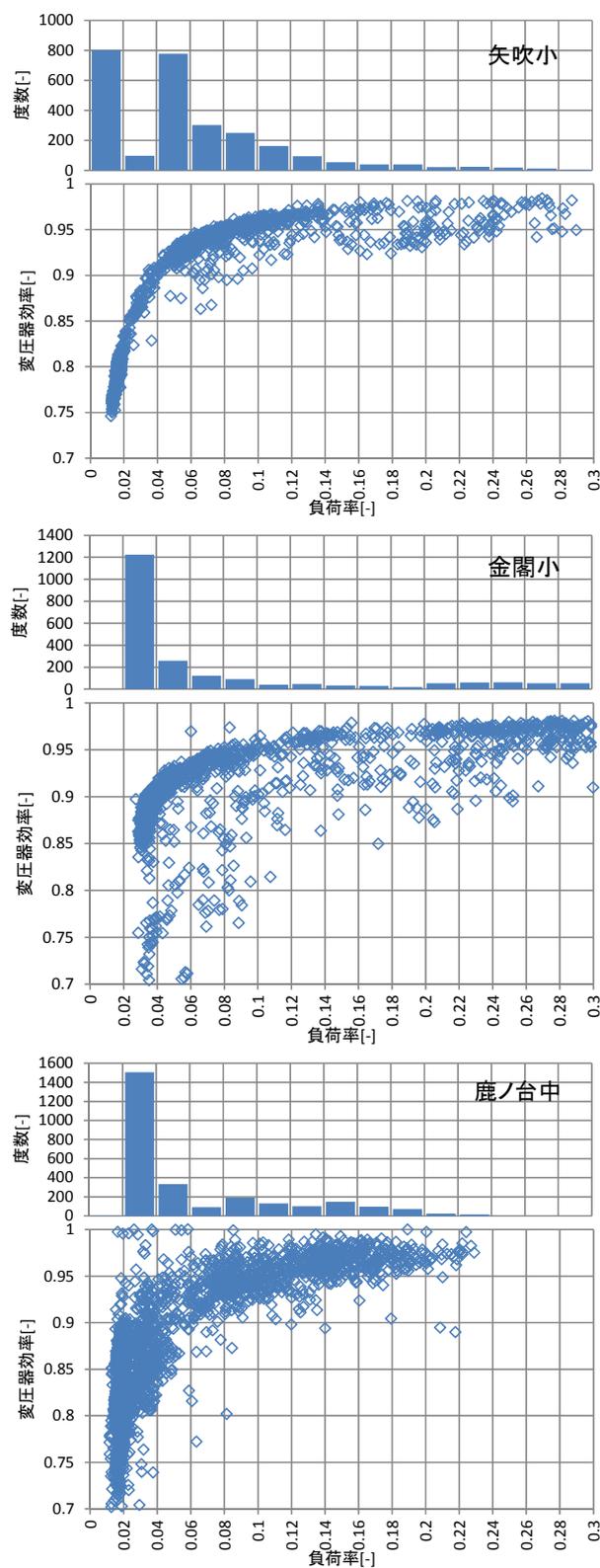


図 5-16 変圧器の負荷率と効率の関係

- 変圧器は、電灯系と動力系が設置してあるが、変圧器の電力(損失)は、図 5-14 に示すように電力系と動力系の合計値のみを算定しているため、図は電灯系と動力系の合計値より作成した。
- 負荷率=(電灯系統合計電力+動力系統合計電力)[kW]/変圧器定格容量[kVA]
- 変圧器効率=(電灯系統合計電力+動力系統合計電力)[W]/デマンド電力[W]

5.3.3 最新機器に変更した場合の変圧器電力量の試算

(1) 試算方法

変圧器の電力量について、以下の①～③の項目の比較を行った。②③については、図 5-17 の方法を用い、無負荷損(カタログ値・表 5-8)、負荷損(カタログ値・表 5-8)、負荷率(測定値)より算定した。

- ①測定値 ②現状機器の算定値 ③最新機器の算定値

試算の際には変圧器容量は現状と同じものとした。

変圧器が運転中に発生する損失には、無負荷損と負荷損があります。

■無負荷損:変圧器に電圧を印加(励磁)することにより負荷の大きさに関わらず、変圧器の鉄心から発生する損失。

■負荷損:変圧器に電流が流れる(負荷をとる)ことにより、主に変圧器のコイルから発生する損失。負荷の大きさの2乗に比例して発生します。

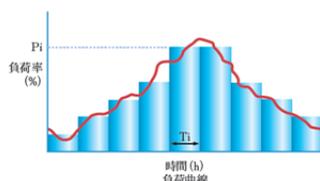
変圧器の全損失は以下にて算出します。

$$W_T = W_i + \left(\frac{P_e}{100}\right)^2 W_c$$

W_T : 変圧器の全損失 (W)
 W_i : 無負荷損 (W)
 W_c : 負荷損 (W)
 P_e : 等価負荷率 (%)

等価負荷の算出方法

変圧器の実際の負荷は下図曲線のように非常に複雑であるので、階段状に近似して算出します。



負荷時間を時間 T_i で区切り、その実負荷率を平均値 P_i で近似します。その場合の等価負荷率は下記にて算出できます。

等価負荷率

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 T_1 + P_2^2 T_2 + P_3^2 T_3 \cdots P_k^2 T_k}{T_1 + T_2 + T_3 \cdots T_k}}$$

図 5-17 計算方法⁴

表 5-8 現状・最新の変圧器の仕様

	矢吹小		金閣小		鹿ノ台中		
	電灯系	動力系	電灯系	動力系	電灯系	動力系	
	100kVA	150kVA	75kVA	50kVA	100kVA	50kVA	
現状	無負荷損[W]	292	276	216	259	276	248
	負荷損[W]	1,510	1,875	1,108	830	1,405	880
最新	無負荷損[W]	150	276	103	145	152	145
	負荷損[W]	1,341	1,875	704	871	1,238	871

※矢吹小は 2011 年に EHP を設置したため、動力系の変圧器は最新のものが入っているため、動力系は現状と最新が同じ(モールド変圧器)

※最新の機器の定格は、日立配電用変圧器 Super トップランナー 油入・モールド変圧器のカタログ値を用いた。矢吹小の動力計変圧器以外は、油入変圧器で試算

⁴三菱配電用油入変圧器カタログ、p8、<http://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/fa/document/catalog/transformers/110024/10024-E.pdf>

(2) 試算結果

① 現状と最新機器の比較

図 5-18 に測定値と試算結果を示す。「測定値」と「現状機器の算定値」を比較すると、「測定値」の方が 30～60%程度大きい値であった。「最新機器の算定値」は、「現状機器の算定値」に比べて、20～40%程度削減となる。

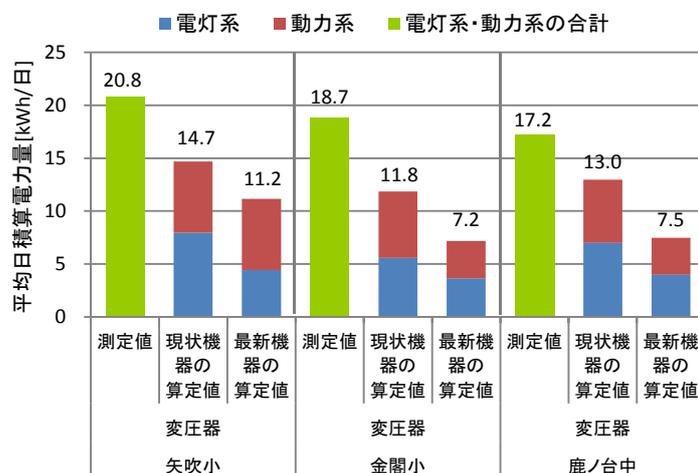


図 5-18 変圧器の日積算電力量(損失)の比較

② デマンドとの比較

変圧器の現状機器の算定値電力量はデマンドに対して、3～5%程度(測定値では4～8%)であり、最新の変圧器を導入することによってデマンドに対しては 1～3%程度の削減となる。

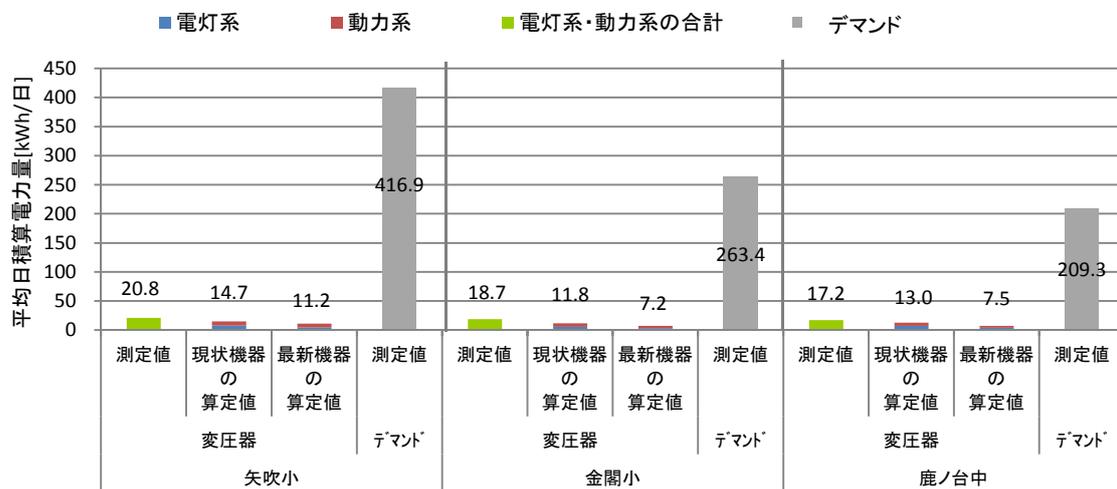


図 5-19 デマンドに対する変圧器の割合

5.3.4 照明容量

図 5-20 に普通教室の照明容量を示す。金閣小では、H24 年度に Hf32 型の照明を採用しているが、照明容量は、他の 2 校とほぼ同じである。

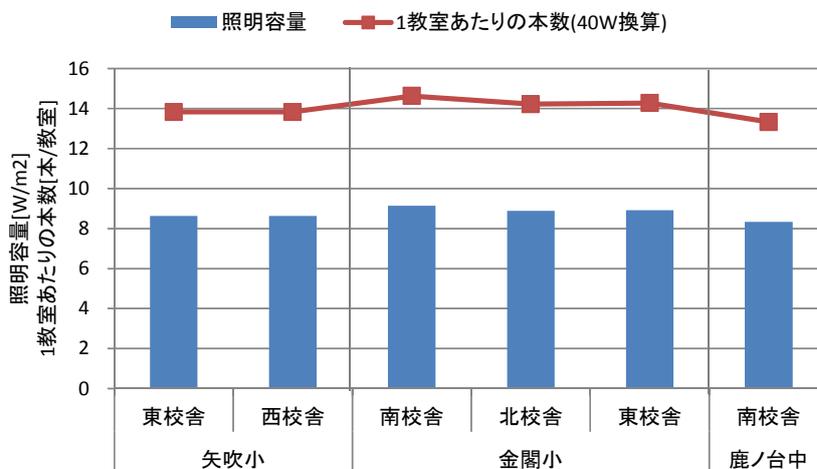


図 5-20 照明容量(普通教室)

- いずれも黒板灯含む

図 5-21 にトイレの照明容量を示す。改修を行ったトイレの方が、照明容量が大きい傾向がある。

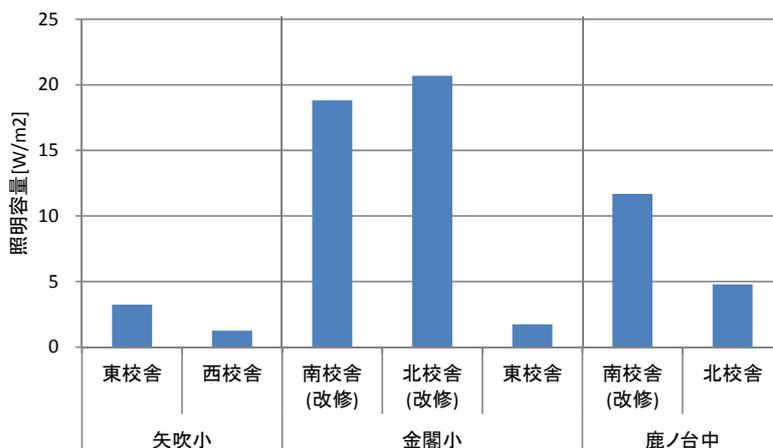


図 5-21 照明容量(トイレ)

- 金閣小学校南校舎・北校舎は改修済み(人感センサー付)
- 鹿ノ台中の南校舎は改修済み(人感センサー付)



東校舎トイレ
FL40W2本



北校舎トイレ
Hf32W(FHP)4本 Hf32W(FHF)4本
FHT16W(ダウンライト)4ヶ

図 5-22 金閣小トイレの様子

5.3.5 暖冷房設備

図 5-23 に暖房設備の能力を、図 5-24 に冷房設備の冷房能力を示す。矢吹小(II 地域)と金閣小(IV 地域)の暖房能力がほぼ同じで、鹿ノ台中のガスファンヒーターの能力は、1/3 程度である。

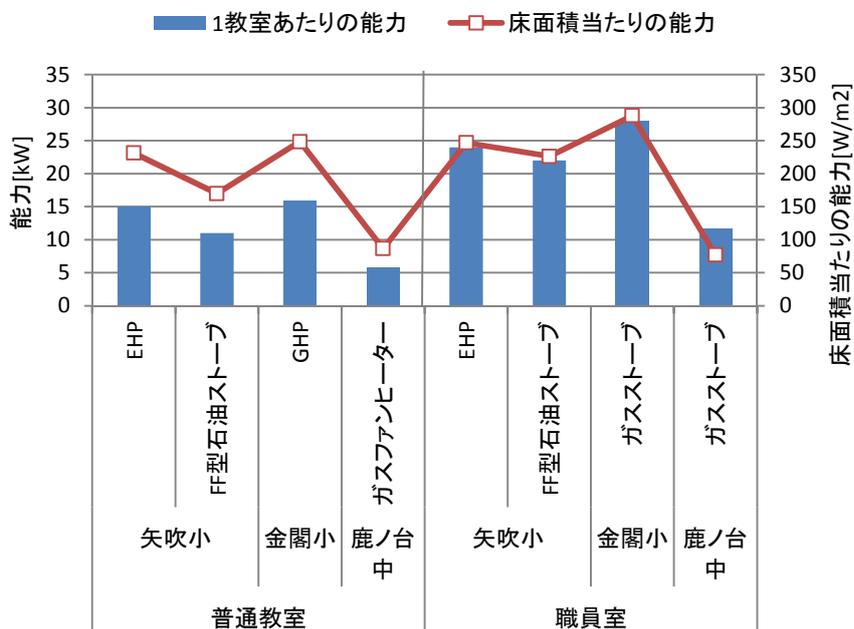


図 5-23 暖房設備の暖房能力(教室当たり)

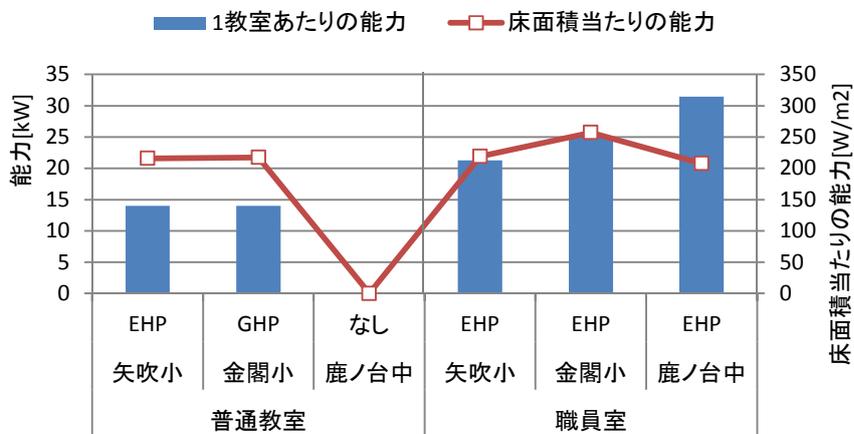


図 5-24 冷房設備の冷房能力(教室当たり)

5.4 エネルギー消費量

5.4.1 概要

表 5-9 に3校の学校概要を、図 5-25 に校舎床面積当たりの児童・生徒人数を示す。矢吹小、金閣小の床面積当たりの児童・生徒人数はほぼ同じであるが、金閣小は、2校の2倍もの床面積当たりの人数である。

表 5-9 学校概要

	矢吹小	金閣小	鹿ノ台中
校舎床面積[m ²]	4,583	4,458	4,701
体育館床面積[m ²]	1,103	455	780
施設床面積[m ²]	5,686	4,913	5,481
児童・生徒人数[人]	254	455	232
教室数[教室]	10	20	10
1人当たりの施設面積[m ² /人]	22.39	10.80	23.63
1教室当たりの人数	25.40	22.75	23.20

※1)施設床面積:校舎と体育館の床面積の合計

※2)教室数:普通教室と特別支援教室の合計

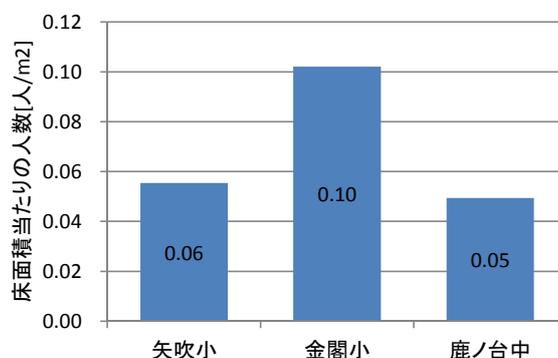


図 5-25 校舎床面積当たりの児童・生徒人数

5.4.2 一次エネルギー

図 5-26 に月平均外気温と月積算一次エネルギー消費量の関係を示す。鹿ノ台中は、給食室がないため、他の学校に比べてエネルギー消費量が少ない。

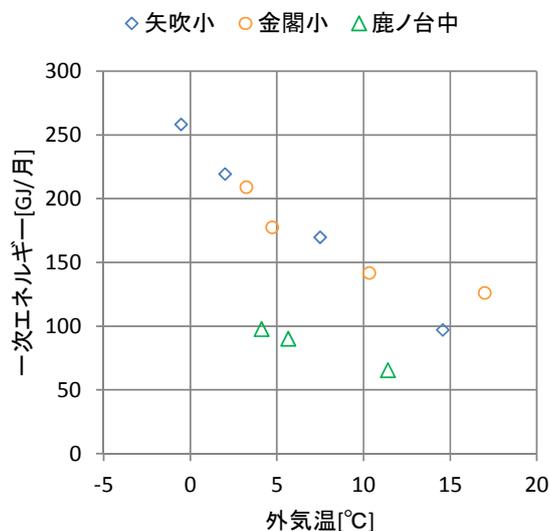


図 5-26 月平均外気温と月積算一次エネルギー消費量の関係

図 5-27 に月平均外気温と月積算一次エネルギー消費量(給食除く)の関係を示す。月平均外気温が10°C以上では、3校が同程度のエネルギー消費量である。

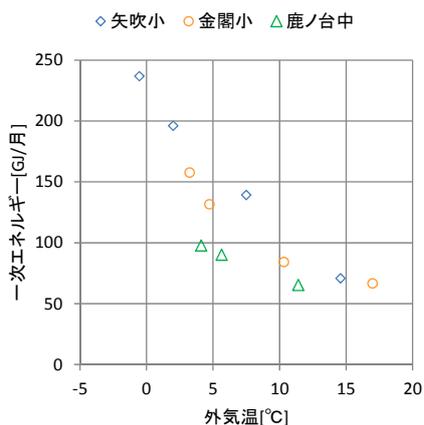


図 5-27 月平均外気温と月積算一次エネルギー消費量の関係(給食除く)

図 5-28 に月平均外気温と施設床面積当たりの月積算一次エネルギー消費量(給食除く)を示す。暖房度日が矢吹小は他校の2倍であり、金閣小は鹿ノ台中と暖房度日が同じであるにも関わらず原単位が1.5倍程度である。

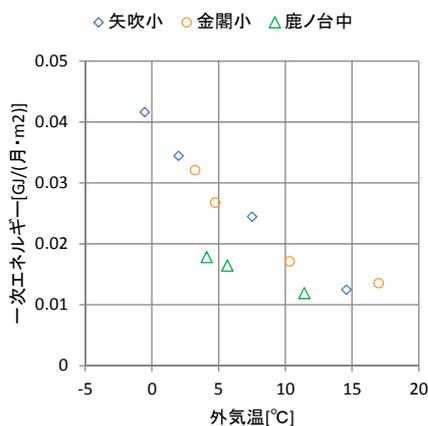


図 5-28 月平均外気温と施設床面積当たりの月積算一次エネルギー消費量の関係(給食除く)

図 5-29 に月平均外気温と児童・生徒人数当たりの月積算一次エネルギー消費量(給食除く)の関係を示す。

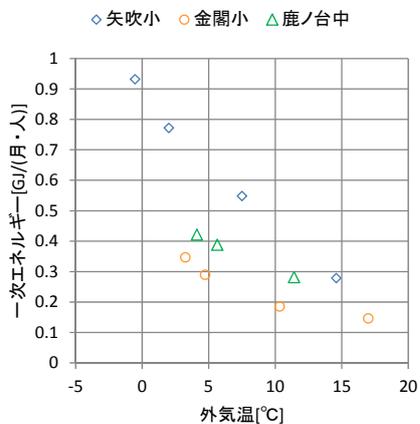


図 5-29 月平均外気温と児童・生徒人数当たりの月積算一次エネルギー消費量の関係(給食除く)

図 5-30 に給食関連のエネルギー消費量を示す。

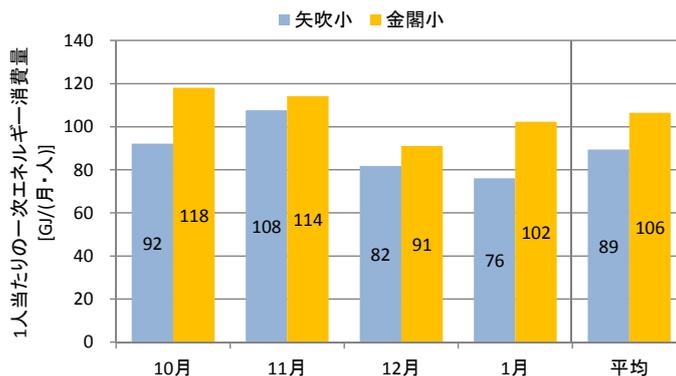


図 5-30 給食関連のエネルギー消費量

- 給食関連のエネルギーとは給食の調理、洗浄、保管に係る電力とガスの消費量の合計
- 1人あたりの一次エネルギーは、給食関連のエネルギー消費量を児童・教職員人数で除した値

5.4.3 ベース電力

図 5-31 にベース電力を示す。給食、凍結防止ヒーターを除くと 3.5～4.5kW 程度である。矢吹小のその他(主に変圧器)が大きい理由は、変圧器容量が大きいためである。また、EHP(図中、空調)のベース電力の占める割合も大きい。ゼロエネルギー化を目指すのであれば、寒冷地の学校施設として、電力に頼らない凍結防止対策を考える必要がある。金閣小の空調の合計は 0.7kW であるが、EHP(管理諸室・特別教室で使用)と GHP(普通教室で使用)の合計である。鹿ノ台中は、普通教室に EHP や GHP の設置がないため、空調の待機電力が小さい。冬期には、ガスファンヒーターを使用しているが、下校時にはプラグを抜いている。

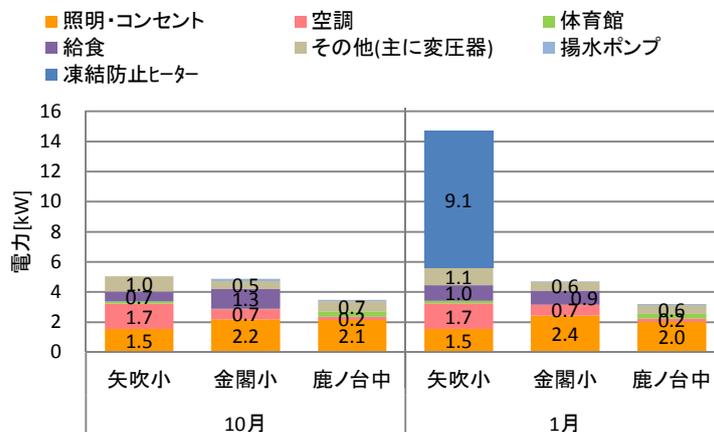


図 5-31 ベース電力

5.4.4 暖房時の教室内温熱環境と暖房用消費エネルギー

図 5-32 に月平均外気温と月平均教室温度の関係を示す。一般的に、外気温が一定の温度以下になると暖房を稼働するため、教室の温度は 15℃以上を保つと考えられるが、金閣小、鹿ノ台中は外気温が低くなっても、教室の温度が低下する傾向がある。矢吹小は月平均外気温が 8℃以下の場合、教室の温度は 16℃以上である。矢吹小では外気温が 3.5℃(12 月)のときよりも 0.7℃(1 月)の時の方が室温は高いが、12 月は 10 日間 EHP にて暖房を行い、その他の期間については FF 型石油ストーブで行った。EHP にて暖房を行った期間の室温が低かったため、外気温 3.5℃の時の室温が低い結果となった。

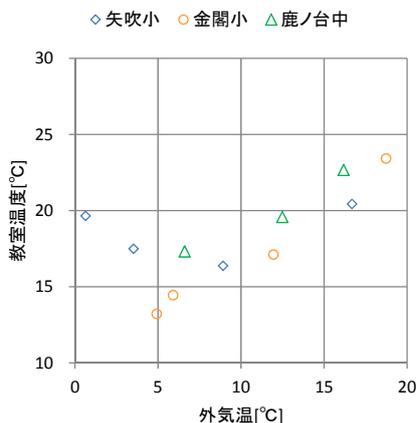


図 5-32 月平均外気温と月平均教室温度の関係

- 外気温、教室温度は、8:00～16:00 の平均温度である。
- 教室温度は、中間階、最上階の平均温度とした。

図 5-33 に月平均外気温と暖房一次エネルギー消費量の関係(校舎面積当たり)、図 5-34 に月平均外気温と暖房一次エネルギー消費量の関係(児童・生徒人数当たり)を示す。金閣小は暖房一次エネルギーが増大しているにもかかわらず、内外温度差に変化がない結果であった(図中のコメント部分)。その理由は断定できないが、渡り廊下のドアが常時開放されており、暖房区画を行っていないことが、理由の一つとして考えられる。

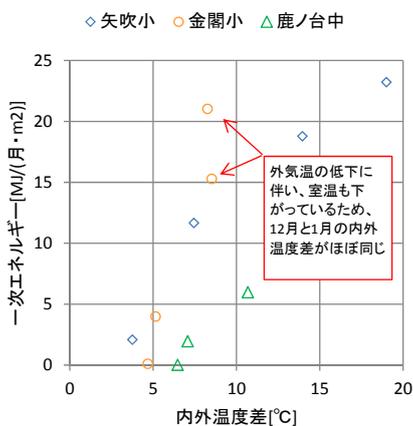


図 5-33 月平均外気温と暖房一次エネルギー消費量の関係(校舎面積当たり)

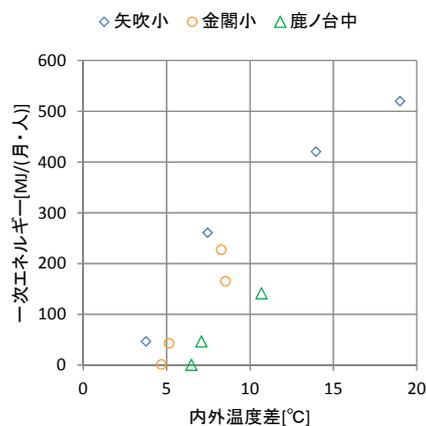


図 5-34 月平均外気温と暖房一次エネルギー消費量の関係(児童・生徒人数当たり)

- 外気温、教室温度は、8:00～16:00 の平均温度である。
- 教室温度は、中間階、最上階の平均温度とした。

図 5-35 に体育館(照明)の一次エネルギー消費量と照明容量を示す。照明容量が大きいと、一次エネルギー消費量が多いことが分かる。矢吹小、鹿ノ台中において、使用時は必ず照明を点灯するという教頭からのヒアリングどおり、昼光が利用できるときでも間引き点灯を行っていない結果と考えられる。

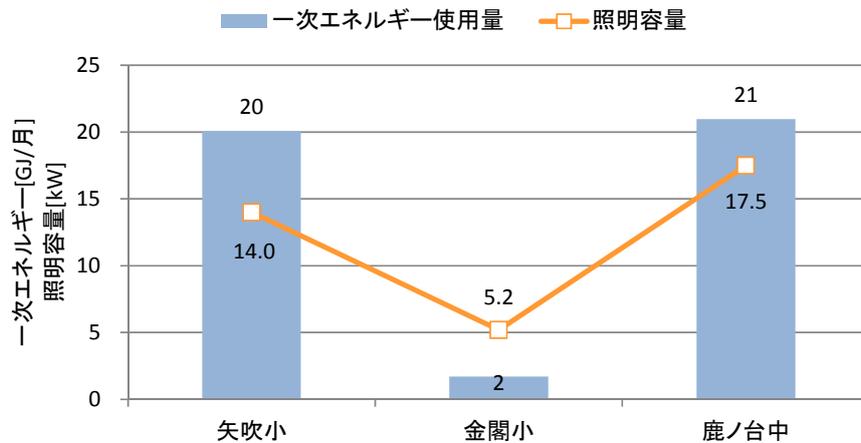


図 5-35 体育館の一次エネルギー消費量

- 床面積当たりの照明容量は、矢吹小:13W/m²、金閣小:11 W/m²、鹿ノ台中:22 W/m²
- 金閣小は照明容量が小さく、消費量も少ない。図 5-36 に示すように、中央の水銀灯を点灯していないためと考えられる(水銀灯を点灯しない場合の照明容量は、2.8kW)



図 5-36 体育館の点灯状況(金閣小)

5.4.5 年間一次エネルギー消費量

図 5-37に3校の床面積当たりの年間一次エネルギー消費量の推定結果を示す。3校においてエネルギー消費特性が異なっているため、学校ごとの特徴を以下にまとめる。

矢吹小は寒冷地であることから、暖房のエネルギー消費量が 35%を占め(給食除く)最も大きい。また、ベース電力(図中の〈EB〉の合計)の占める割合が 38%と大きい、EHP の待機電力が大きい(1 教室当たり 30~40W)こと、冬期の凍結防止ヒーターの使用、EHP 導入による変圧器の容量増大、プールの長期間使用に伴う濾過ポンプの大きな電力消費等が主な要因である。

金閣小は他の 2 校に比べて、単位床面積当たりの一次エネルギー消費量が高いが、他の 2 校よりも床面積に対する児童人数、教室数が多いことも理由の一つである。暖房と照明のエネルギー消費量が同程度で、大きな割合を占める。一方、体育館は照明容量が小さいため、エネルギー消費量は小さい。照明・コンセント(主にコンセント)のベース電力が大きい、前述の p47 の 3.4.3(2)に示したように職員室の機器が多いこと、各教室へのテレビ・パソコン・LAN 設備・ビデオデッキ等の設備が設置されていることがその理由と考えられる。冷房が 12%(給食・校庭照明除くと、大きな割合を占めるが、夏休みの 2/3 は午前中補講を行っており、冷房期間が長いと考えられる。

鹿ノ台中は、部活動の活動時間が長い、体育館のエネルギー消費量が高い。照明・コンセント、暖房、体育館のエネルギー消費量の割合が同程度である。EHP、GHP の設置が管理諸室・特別教室のみであるため、空調のベース電力がほとんどない。照明・コンセント〈EB〉には牛乳を保管するための冷蔵庫による電力が含まれる。

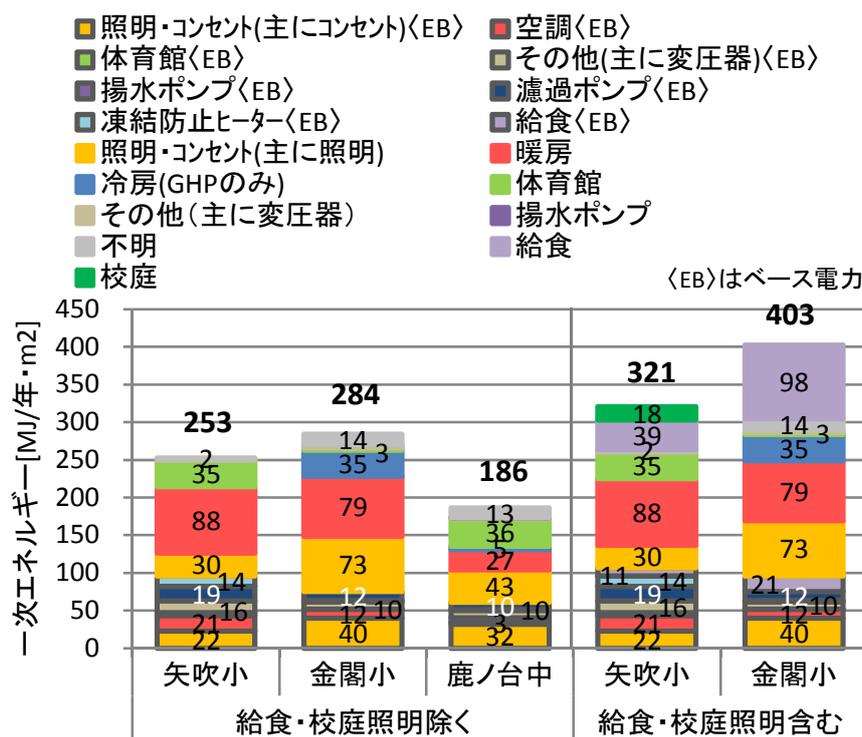


図 5-37 床面積当たりの年間一次エネルギー消費量(推定含む)

5.5 温熱環境

図 5-38、図 5-39 に 10 月と 12 月の各校の温度を示す。10 月は、矢吹小は他の 2 校に比べて外気温が低いが教室の温度は金閣小と大きく変わらない。鹿ノ台中は 1~2℃程度高い傾向がある。

12 月については、廊下は 3 校において平均 9~11℃と全体的に低い。矢吹小と鹿ノ台中の教室の平均温度は 16~18℃であるが、金閣小は 15℃以下である。金閣小は、校舎と渡り廊下の間のドアが開放されており、外気が流入するため、教室の温度が低いと考えられる。職員室は 3 校とも平均 20℃以上で十分に暖房されている環境である。ただし、普通教室の測定結果では内外温度差が大きい場合に上下温度差も大きくなっていることから(図 5-41)、職員室も足元の温度が低く、不快な環境であると推測される。

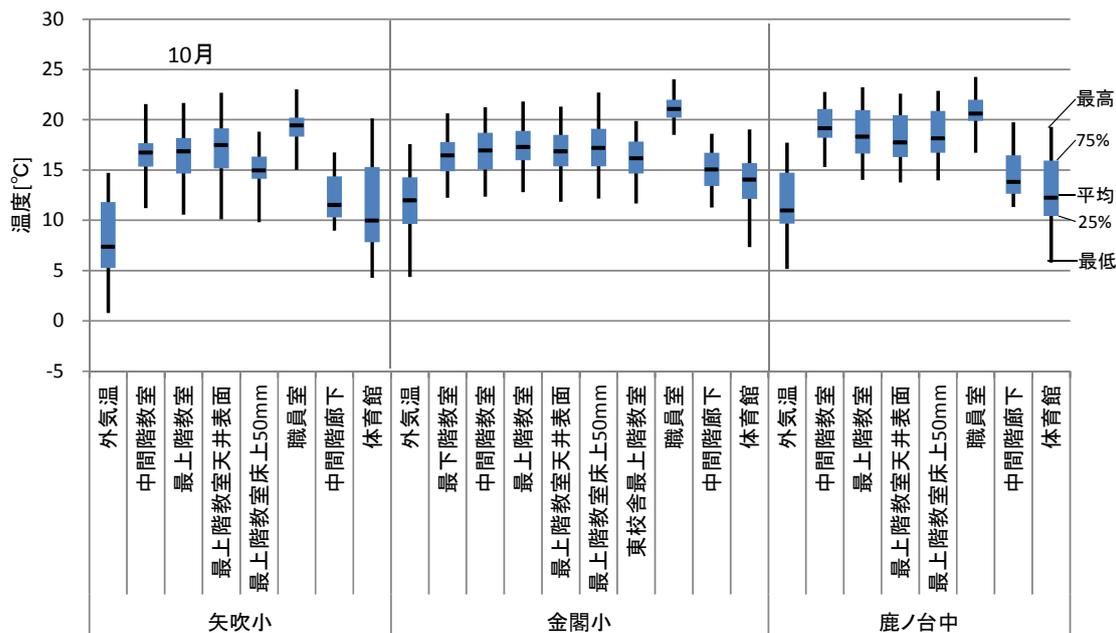


図 5-38 教室・廊下の温度(10月)

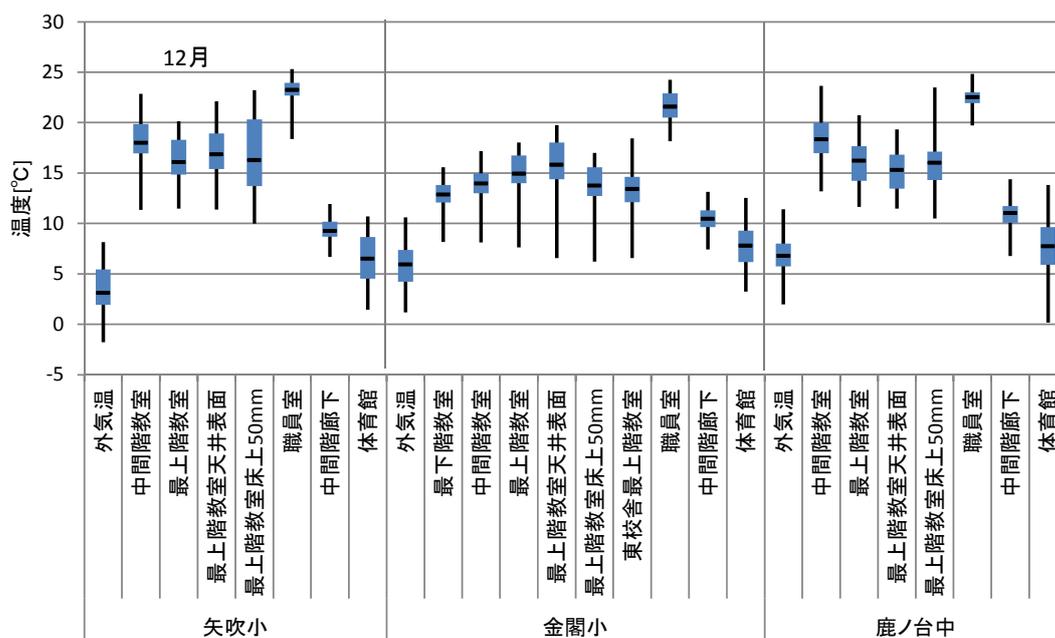


図 5-39 教室・廊下の温度(12月)

- 暖房設定温度 矢吹小:22℃、金閣小:18℃、鹿ノ台中:20℃
- 平日(8:00~15:00)のデータより集計

図 5-40 に外気温と内外温度差の関係を示す。外気温が 10℃以下になると急勾配になり、温度が低いほど内外温度差が大きくなる。3 校の傾きはほぼ同じであり、校舎の断熱性能は同程度であると考えられる。

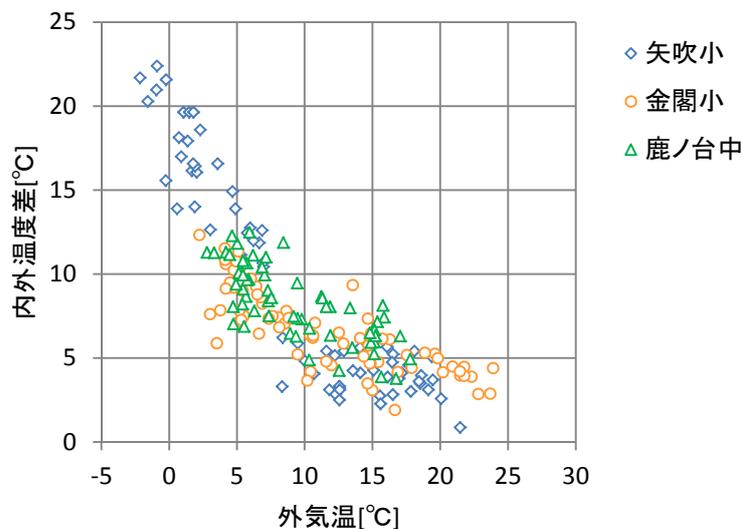


図 5-40 外気温と内外温度差

- 外気温と内外温度差は、平日(8:00~15:00)の日平均温度
- 内外温度差:最上階教室(床上 1100mm)温度と外気温度差

図 5-41 に最上階における内外温度差と上下温度差の関係を示す。鹿ノ台中はばらつきがあるものの 3 校でほぼ同じ傾向を示す。内外温度差が 10℃程度の場合、床上 1100mm と床上 50mm の温度差は 2℃程度である。矢吹小では、内外温度差が 20℃を超える日もあるが、その際、上下温度差は 8℃と大きい。外気温の低下に伴い、隙間風や窓面のコールドドラフトの影響による上下温度差が大きくなる傾向が認められる。

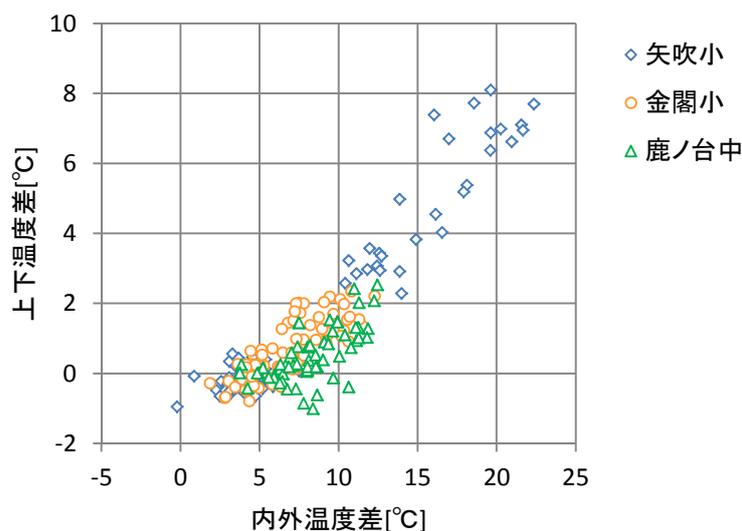


図 5-41 内外温度差と上下温度差の関係

- 平日(8:00~15:00)の日平均温度
- 内外温度差:最上階教室(床上 1100mm)温度と外気温の日平均(平日:8:00~15:00)温度差
- 上下温度差:最上階教室(床上 1100mm)温度と最上階(床上 50mm)の温度差
- 鹿ノ台中学校は教室前方に温度センサーを設置していたが、ガスファンヒーターが移動できるため、日によっては、温度センサー方向に暖房の暖かい空気が吹出しているため、床上 50mm の温度が高い日があったと考えられる。

図 5-42 に朝 6:00 の外気温と教室温度の関係を示す。金閣小は中間階と最上階でほぼ同じ傾向であるが、外気温が 5°C の場合、矢吹小は 1.5°C 程度、鹿ノ台中は 3°C 程度、最上階の教室温度の方が低い傾向がある。

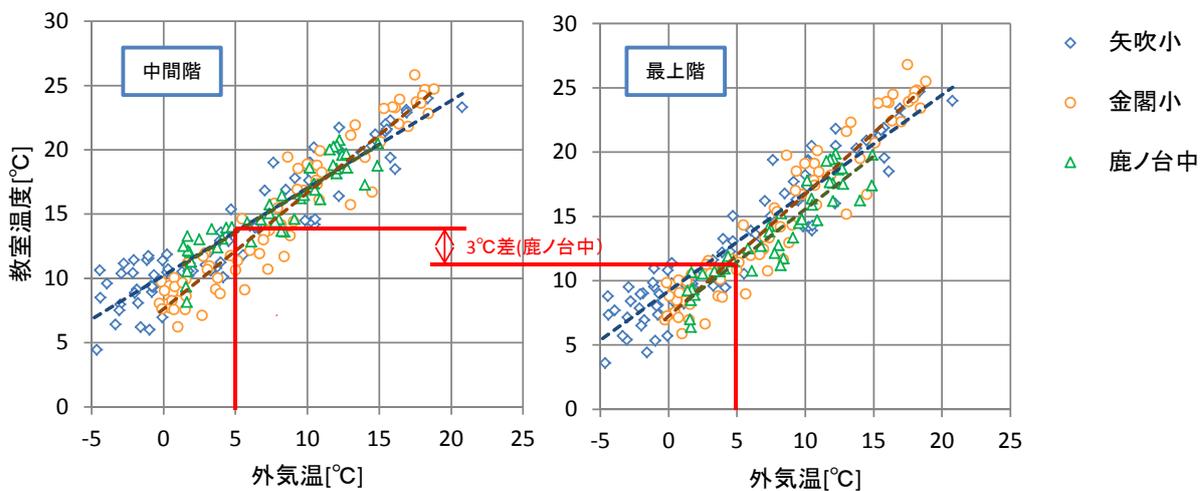


図 5-42 6:00 の教室温度(左:中間階 右:最上階)

- 朝 6:00 の温度を比較することによって、前日の暖房終了時からの教室の温度低下の状況を確認し、断熱性能を比較することができる。同じ外気温の場合に教室温度が低い程、断熱性能が低いことを示す。

6. まとめ

6.1 学校のエネルギー使用実態

2012年10月～2013年1月における3校の詳細なエネルギー調査によって、今まで明らかになっていなかった学校のエネルギー使用実態について、貴重な知見を得た。学校のエネルギーの内訳とえば、照明、暖房、冷房が主なものであり、本調査においても、これらのエネルギー消費量は大きな割合を占めることを確認したが、その他としてベース電力、体育館の照明、給食のエネルギー消費量も大きいことを把握した。これにより、学校のエネルギー消費量を削減するためには、多様な視点からのアプローチが必要であることが分かった。

以下に学校のエネルギー使用実態について把握したことを項目ごとにまとめる。本調査は、秋期～冬期における4ヶ月のデータよりまとめており、集計には夏期のエネルギー消費量は含まれていないため年間の調査結果ではないことにご留意いただきたい。

(1) ベース電力量

10～1月の測定結果では、3校において学校全体のエネルギー消費量に対してベース電力量は21%～34%を占めており、ベース電力量が大きいことを把握した。ベース電力量は、様々な機器の待機電力やサーバー、冷蔵庫、避難誘導灯、防犯システム等の常時稼動している機器の電力量を積算した値である。機器それぞれの電力は小さくなくとも、24時間稼動しているため、エネルギー消費量の中で大きな割合を占める結果となった。

① 空調機器

中間期(暖冷房を使用していない期間)において、矢吹小では学校全体のエネルギー消費量に対してEHPの待機電力が11%、金閣小ではGHPの待機電力が4%を占め、全く使用していない機器であるにも関わらずエネルギー消費量の大きな割合を占めていた。

② 凍結防止ヒーター、暖房便座

矢吹小では、凍結防止ヒーターの電力量が大きく、1月の学校全体のエネルギー消費量のうち20%が凍結防止ヒーターによるものであった。また、金閣小の暖房便座の測定結果では、1台当たり平均30Wで稼動しており、10台では300Wで1月の学校全体のエネルギー消費量の2%程度を占めており、小さい値ではない。

③ 普通教室の電化製品

校舎床面積が同等である矢吹小と金閣小の校舎のベース電力量を比較すると、金閣小の方が大きかった。本調査では、詳細な測定は行っていないが、金閣小学校は各普通教室に大型テレビ以外にパソコンやハブがあり、普通教室に電化製品が多いことがベース電力量を増大させている要因の一つとして考えられる。

④ 常時稼動が必要な機器

個々の詳細な電力測定はできていないが、機器の実態調査、カタログ値などから電力量を推定した。校舎では職員室内のサーバーや防犯システム(防犯カメラやモニタ、レコーダー)、冷蔵庫が大きく、廊下

の避難誘導灯は個数が多いため、電力量が大きいことを確認した。

⑤ 変圧器の損失

変圧器の損失は、全体の使用電力量の 5%程度であること、変圧器の負荷率は平均 1~13%ととても小さいことを確認した。

(2) 照明のエネルギー消費量

照明系統のみの測定は不可能であったが、ヒアリングと電力変動の結果より、使用している教室、体育館においては常に照明を点灯していることを確認した。その結果、中間期の照明(体育館含む)のエネルギー消費量の占める割合は、給食室のある小学校では 30%、給食室のない鹿ノ台中学校では 60%程度であった。

教室の照明を高効率照明器具(Hf 照明)に更新した学校では、照度基準を満たすために照明本数を増設しているので、床面積当たりの照明容量は、高効率照明を採用していない学校と同程度であった。また、トイレに関しても、近年トイレ改修を行い高効率照明を採用した方が、改修を行っていない場合よりも照明容量が大きい傾向があった。

(3) 暖房のエネルギー消費量

本調査の対象校は寒冷地(1校)と温暖地(2校)に位置するが、どの学校においても冬期については暖房のエネルギー消費量は学校全体のエネルギー消費量の 30%以上を占めた。

(4) 冬期の温熱環境

冬期に暖房を行い、教室の温度が 15℃以上となった場合でも、開口部下の腰壁の表面温度は、矢吹小・金閣小で 8℃、鹿ノ台中で 10℃と躯体の冷え切った状況であり、これは断熱を行っておらず断熱性能が低いことに起因するものと考えられる。

3校において、内外温度差 10℃程度の場合、上下温度差(床上 1100mm と床上 50mm の差)は 2℃程度であった。一方、矢吹小では内外温度差が 20℃では上下温度差 8℃と大きかった。

平日の朝 6:00 の教室の温度については、最上階教室は中間階教室に比べて矢吹小では 1.5℃、鹿ノ台中では 3℃低いことから、天井面からの熱損失が大きいと考えられる。

(5) 教室の光環境

光環境については、連続的な測定を行っていないが、中間期と冬期の晴天日・曇天日に机上面と黒板面の照度測定を行った。照明を消灯し、カーテンを開けた場合、晴天日は、窓側の机上面照度が高く、眩しい環境であったが、曇天日には、窓側は適切な照度であった。

中間期の晴天日に照明を消灯し、カーテンを閉めた場合、矢吹小、金閣小では、窓側の机上面照度は 500lx を超え、基準照度を満たしていた。しかし、廊下側は 300lx 以下であり、基準照度を満たしていないだけでなく、窓側と廊下側の明るさのムラが大きかった。

6.2 スーパーエコスクールの実現に向けて

スーパーエコスクールは、一般的なエコ改修で行われる断熱・気密化、高効率機器の採用、日射遮蔽設備の設置などによる暖房・冷房・照明のエネルギーを削減するだけでは、ゼロエネルギーを実現することは難しく、他の項目についても、可能な限りエネルギー消費量を削減した上で、太陽光発電等を導入する必要がある。本調査で得た知見より、スーパーエコスクール(ゼロエネルギー化)を実現するための留意点を以下にまとめる。

(1) ベース電力量の削減

① 空調機器

暖冷房を使用していない期間及び使用していない時間帯の GHP・EHP の待機電力が大きいことから、空調機の選定には、高効率機器を選定するだけでなく、待機電力の確認や必要のない季節には主電源を切るといった運用ができるような施設面の設えが必要と考えられる。

② トイレ(凍結防止ヒーター・暖房便座)

凍結防止ヒーターは、簡易に設置できるため水道管の破裂などが想定される場合に、寒冷地において採用されることがあるが、エネルギー消費量が増大することが懸念される。建物の断熱性能を向上させるとともに、給水配管のルートなども考慮して計画する必要がある。また、断熱やルートの工夫で凍結を防げない場合には、トイレ空間全体を暖めるのではなく、配管にヒーターを巻きつけるなど、電力消費の小さい方法を選択することが望ましい。

近年、学校にも洋便器の採用の増加にともない、改修の際に洋便器と暖房便座の導入が考えられるが、温水洗浄機能のある高性能機種のみにはタイマー設定や瞬間式がなく、多くの学校が導入している一般(温水洗浄機能のない)暖房便座は、使用することが無い夜間にも稼働している可能性が高く、無駄にエネルギーを使用していると推測される。暖房便座の計画の際は、夜間や休日に電源を切ることができるような仕組みを採用する必要がある。

③ 普通教室の電化製品

近年、IT 化が進み教室へのテレビやパソコンの設置が増えている。授業などによって使用するためのエネルギーは必要なものであるが、運用の仕方によっては、これらの機器を使用していない夜間や休日等の待機電力が増加することが懸念される。これらについても、運用のルール作りを行うと共に、稼働の必要のない機器の電源の入り切りをしやすい配置にする、教室や系統ごとに電源の入り切りなどができるスイッチを設けるなど、建物や設備で工夫する必要があると考えられる。

④ 常時稼働が必要な機器

避難口誘導等などは LED や蓄光式等、高効率な機器が普及しつつある。このように個数が多く 24 時間常に点灯、稼働している機器は、高効率機器を採用することでエネルギー削減効果が大きくなると考えられる。その他、冷蔵庫(特に給食用の大型冷蔵庫)やサーバーについても高効率な機器を選定する必要がある。

⑤ 変圧器の損失

学校は、夜間や休日、長期休みなど低負荷の時間が長いことから、変圧器の更新の際には、低負荷時(無負荷損)の効率がよい変圧器を選定する必要がある。また、容量が大きいと無負荷損の電力が増大するため、過大な容量の変圧器を選定しないことも重要である。

(2) 照明のエネルギーの削減

照明エネルギーの削減には、昼光利用及び高効率機器の採用が効果的である。しかし、ヒアリングによると明るさには関係なく、教室や体育館を使用するときには点灯するとの回答であった。これらの習慣を改善できるようなマニュアル化、または必要な明るさや省エネルギー設備の仕組みを理解して運用ができるような仕組み(例えば、現在の照度を示す表示板等の設置)が必要と考えられる。

中学校では、部活動による体育館の使用時間が長いことより、体育館の照明の点灯時間が長く、エネルギー消費量が多い。昼光が期待できない夕方の使用時間も長いことから、高効率照明機器の採用は効果的であると考えられる。また、日中に関しては、直射日光がまぶしいことから、カーテンやブラインドを閉めることが多いが、一度閉めてしまったカーテンを開けることが大変であるため、曇天日においてもカーテンを閉めたまま照明を点灯するといった運用が見られた。体育館においては、計画時にカーテンの開け閉めのし易さなどにも配慮することで、積極的に昼光利用を行うことが可能と考えられる。

(3) 暖房のエネルギーの削減

建物の断熱・気密性能の向上により、暖房エネルギーの削減は期待できる。しかし、特に温暖地においては、昇降口や渡り廊下のドアを常時開放する習慣があるため、これらの運用の見直しを行わなければ、開け放したドアから廊下を経由して外気が教室に流入してし、断熱改修を行っても暖房エネルギーの削減が実現できないことも考えられる。また、授業によっては、教室を行き来するために教室のドアを開放して行う活動もある。空調区画などを設け、適切に区画する必要がある。これらに対応するためには、開け閉めし易いドアの採用や運用のルール作りも欠かせないと考えられる。

(4) 冬期の温熱環境の改善

建物の断熱・気密性能の向上により、部位の表面温度が上昇し、放射環境が改善され、冬期における教室温度の低下が抑えられる等、環境改善が期待される。しかし、(3)と同様に運用方法が適切でない場合、温熱環境の改善効果も実現できない恐れがある。運用のルールやマニュアル作りも欠かせないと考えられる。

(5) 光環境の改善

昼光によって適切な照度を得られる場合においても、照明を点灯しているのが現状である。教室の窓側は明るい廊下側は暗く、明るさにムラが大きいため、全体的に暗く感じることで照明を点灯しているとの指摘もある。窓側からの光を拡散して、眩しさの軽減を図ることや、廊下側のパーティション上の欄間を透明ガラス等にし、両面採光をとることによって、教室全体の明るさのバランスに配慮することも大事である。

(6) 運用方法を考慮した上での計画

省エネルギーや環境改善を目指したハード的な整備を行っても、前述のような適切な運用がなければ、

ゼロエネルギーの実現は難しいと思われる。改修計画時に、使い方についてユーザーである教職員と意見交換をすることは重要である。更に、ルール作りや運用マニュアル、教職員が異動した際にも運用方法を引き継げるよう、引き継ぎ方などを整理する必要がある。

6.3 FAST の検証

3校について、FAST の算定結果と本調査での測定結果(一部推定)の比較を行った結果、FAST の評価項目については、多少の差異はあるものの、一定の予測精度があることを確認した。しかし、FAST で評価している内容は、学校全体のエネルギー消費量の3割程度の部分であり、FAST で評価可能な項目以外のベース電力量、体育館照明、プール濾過器のエネルギー消費量も大きな割合を占めていることを確認した。現状では、スーパーエコスクール(学校のゼロエネルギー化)の計画に用いる際は、このことに留意する必要がある。

今後、FAST の改良に当たり、ベース電力量、体育館照明、プール濾過器等の評価項目を追加することで、スーパーエコスクールの計画を立てる際に更に役立つツールとなるだけでなく、学校全体のエネルギー評価を可能にすることで、精度及び汎用性の高いツールになると考えらえる。

7. 今後の課題

7.1 調査について

① 夏期調査の必要性

本調査では、10月～1月と中間期と冬期の測定のみであった。学校のエネルギー使用実態を正確に把握するためには、年間を通じた調査が必要である。また、夏の温熱環境が劣悪であることは広く知られており、実態を把握し、適切な改善方法を示す必要があると考えられる。

② 教室単位の調査

本調査では、校舎の電力量を把握し、そのほとんどが照明の電力であると仮定したが、数教室でも、照明とコンセントの電力量をそれぞれ測定し、照明の電力量を明確に把握する必要があると考える。また、ベース電力量が大きいことは把握できたが、普通教室や職員室の詳細な電力測定は行っていないため、ベース電力量の内訳を詳細に把握できなかった。数教室及びOA機器の多い職員室において、コンセントの電力を測定することによって、更に詳しく用途別の電力の使用実態を把握することができる。そのことによって、OA機器導入や運用方法の留意点等を示すことが可能と考えられる。

③ 暖冷房設備の負荷率の把握

建物自体の性能向上(校舎の断熱敷設や日射遮蔽等の設置)等の改修を伴わず暖冷房設備のみの更新を行う場合、過大な空調設備を採用している可能性がある。その後、改修により建物自体の性能が向上しても、低負荷運転となるため機器効率が低下し、効果的に暖冷房のエネルギー削減が見込めない可能性があると考えられる。また、現状における空調機の負荷率等の調査なども必要と考えられる。更に、改修時に暖冷房設備を更新する場合にも適切な設計指標を示すことで、高効率機器を効率的に使用して暖冷房を行うことが可能になると考えられる。

④ 照度の継続計測

本調査では、照度は連続的に測定していないが、照明の電力量を削減するために、光環境を連続的に把握することが有効であると考えられる。

⑤ 給食室におけるエネルギーの分離

本調査では、給食室におけるエネルギー消費量が大きいことを確認した。電力については、給食室と校舎では、回路が分かれている場合が多かったが、ガスについては校舎と給食室で1つのメーターであった。特に暖房と給食でガスを使用し、ガスメーターが1つである場合は、分離することが難しいため、予め、メーターを設置するなどの対処が必要と考えられる。校舎の改修効果を正確に把握するためには必要と考えられる。

⑥ 教室の吹出温度の測定

学校の活動では、普通教室で常時授業を行わず、特別教室や体育館、校庭で授業を行う時間も長い。エネルギーや温熱環境評価を行う際に、暖冷房稼働時間を適切に把握することにより、詳細な分析が可能と考えられる。

⑦ 温度センサー等の設置位置

学校運営の支障とならないように、温度センサー等を設置する必要があるが、季節によって暖冷房機器の設置場所を変更する場合もあり、温度センサー等の設置位置には注意が必要である。設置前に教職員に年間を通じた教室の使い方などについてヒアリングを行い、センサーの設置位置を決定する必要がある。

7.2 FAST について

● スーパーエコスクール(ゼロエネルギー化)設計を行うツールとしてのバージョンアップ

本調査において、FAST の計算対象外の体育館、ベース電力、給食室等のエネルギー消費量を把握した。現在のFASTにエネルギー消費量の大きいこれらの用途を追加することによって、スーパーエコスクールの設計検討ツールとして、更に有用に使用できると考えられる。

8. スーパーエコスクール実証事業における助言等について

1. 目的

スーパーエコスクール実証事業の実施要項には、「委託事業への助言や事業実施後の情報収集等について、国立教育政策研究所の協力を得るものとする」と記されており、国立教育政策研究所（学校施設の環境に関する基礎的調査研究）では、スーパーエコスクール実証事業の趣旨を踏まえ、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目指す計画となるよう、オブザーバーとして委託事業への助言等を行った。

2. 具体的方法

「学校施設の環境に関する基礎的調査研究（以下、「環境研究会」という。）」の研究会委員等が、本事業の実施に当たり設置される各地方公共団体の実施委員会（検討会）に参加し、以下の助言等を行った。

- ・ゼロエネルギー化を目指す計画の参考となる助言
- ・環境研究会で調査・分析された資料の提供
- ・環境研究会による成果物（モデルプラン、FAST）の紹介 等

3. 資料

- 8.1 スーパーエコスクール実証事業検討スケジュール
- 8.2 ゼロエネルギー化を目指す計画の参考となる助言
- 8.3 環境研究会で調査・分析された資料の提供
- 8.4 環境研究会による成果物(モデルプラン、FAST)の紹介

8.2ゼロエネルギー化を目指す計画の参考となる助言

※「学校施設の環境に関する基礎的調査研究」で検討・審議した助言内容は、報告書本文に反映され各地方公共団体に説明を行った。ここでは研究会で審議・検討された内容から主なものを抜粋し掲載した。

■矢吹町立矢吹小学校

- ・ 矢吹町より暖かいⅣ地域の中学校でもゼロエネを目指すために 200KW の太陽光発電が必要なケースがあるが、Ⅱ地域のこの学校の 120KW といった計画では、運用においても相当な省エネを図る必要がある。
- ・ トイレの凍結防止用パネルヒーターの電力量が大きいのが、改修によって断熱性能を上げる（トイレの位置変更や壁の断熱材の採用等）と不要にならないか。水道管の凍結防止であれば、流水型の便器等の採用も考えられる。
- ・ EHP の待機電力が大きいので、中間期にブレーカーを落とせば省エネにつながる。キュービクルに一般人が入るのは危険なので、遮断器があればそちらで対応しては。
- ・ FF 石油ストーブにおいて上下温度差の解消のために室内空気を攪拌するような工夫が必要。

■京都市立金閣小学校

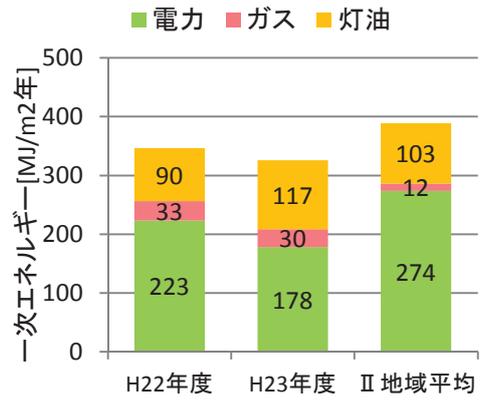
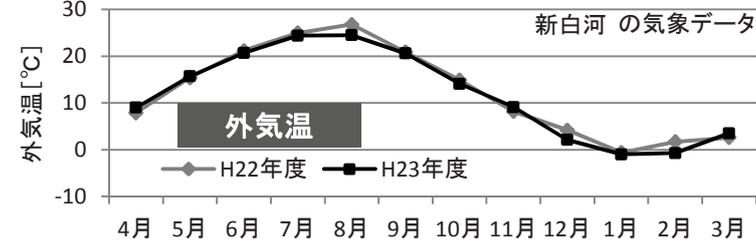
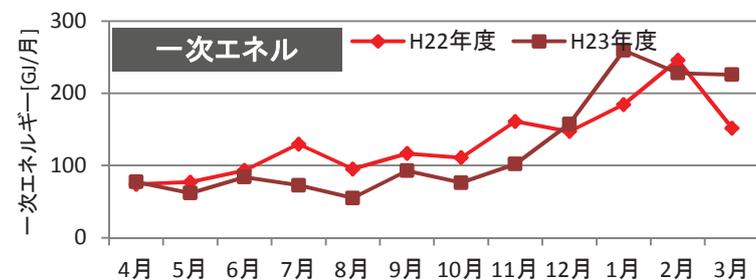
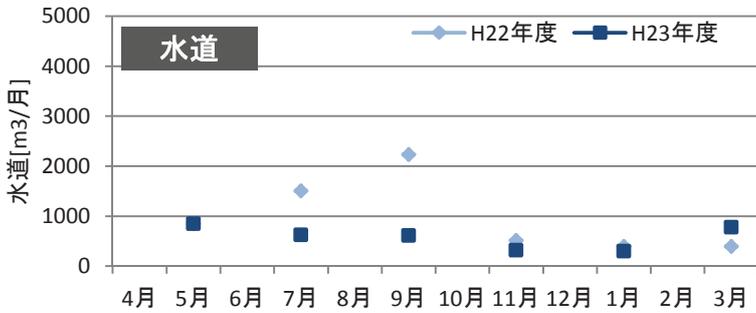
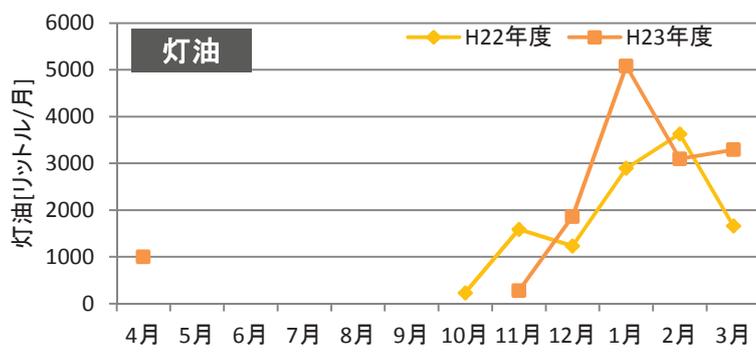
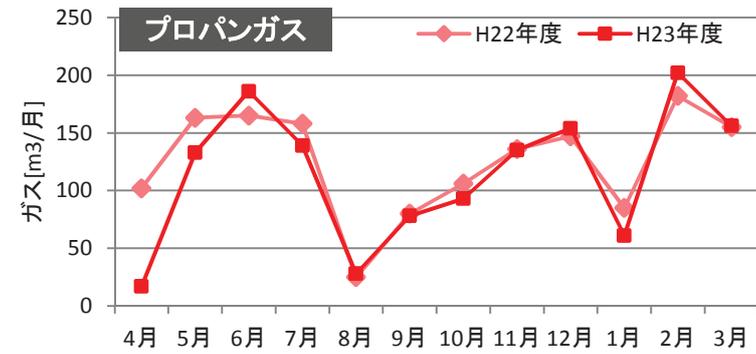
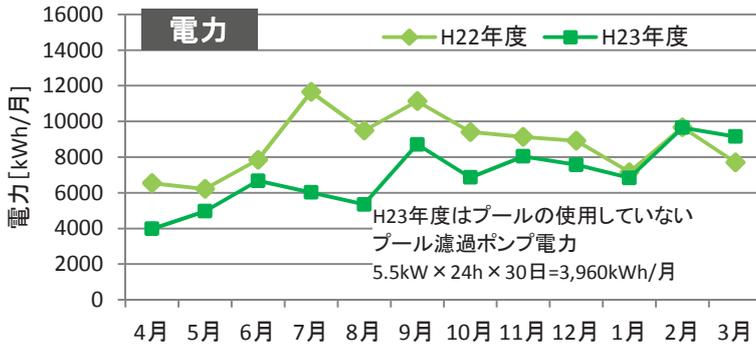
- ※前提条件：GHP 空調は PFI 事業で改修しており、また、照明器具も平成 24 度中に全て更新するため、「空調」及び「照明」は本事業では改修を行わない。
- ・ 給食後の時間帯において、ガスを大きく消費しているのは給湯（食器洗浄機等）に使用されているためと考えられる。
 - ・ 運用・指導等による、現在のエネルギー使用量の 50%を削減することは難しいと考える。省エネルギーセンターの試算等においても、せいぜい 10%程度の削減である。
 - ・ 「南校舎」のベース電力が大きいのは、職員室があることと、防犯カメラが常に作動していることが考えられる。
 - ・ ベース電力の「その他」が 500～600W もあるのは、古く大きいトランスを使用していることによる鉄損によるところが大きい。
 - ・ 景観条例の規制により太陽光発電も陸屋根に平置き程度しかできないと考えられ、発電効率はあまり良くないものと思慮される。
 - ・ ゼロエネを目指す考え方は、児童生徒が使用する部分が対象となるのか、又は地域開放等も含めた学校全体が対象となるのか整理が必要。

■生駒市立鹿ノ台中学校

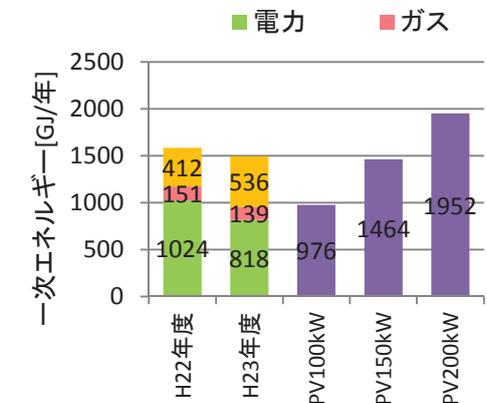
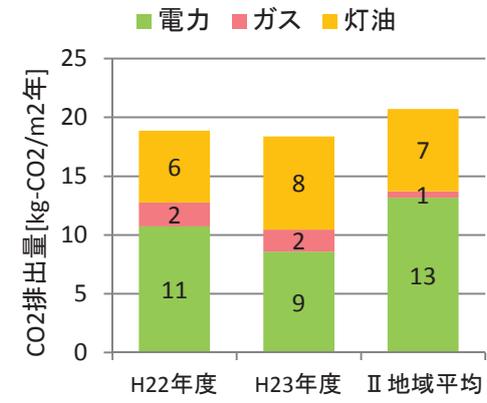
- ・晴天時においても教室内の照度が低めであるのは、バルコニーがあることも原因の一つと考えられる。
- ・夜間の教室照度測定において、照明点灯にも拘わらず全ての測定ポイントにおいて、学校環境衛生基準の 300lx を大幅に下回っている。測定時に測定者の影が影響と考慮。
- ・全ての室に照度計を用意し、照明を点灯しなくて良い照度の時には適切に消灯を行うなど運用面での配慮も有効である。
- ・生徒が長く居る普通教室とその他の特別教室等において、一律に同じ運用や改修を行うのではなく、メリハリをつけた運用や改修を行ったらどうか。
- ・ベース電力の「その他」が 700W（ベース電力全体の 1/5）もあるのは、木工室の木材切断機等の動力機械や古く大きいトランスの鉄損が考えられる。
- ・昼光照明をより明るく見せるには、壁や床の色を白く（明るく）、反射率を高くするとよい。
- ・教室と廊下間の壁をポリカーボネート等で仕切ることによって、開放的でより明るさの確保が可能となる。
- ・体育館はカーテンを閉じていることが多い（一度閉めるとなかなか開けない）ため、カーテンを開けやすくする工夫を行えば、より昼光の利用が可能となる。
- ・スポーツの種類によっては、昼光の入射を嫌うものもあると考えられるが、ルーバーの設置により体育館の天井面へ昼光を反射させることも一つの方法である。

8.3環境研究会で調査・分析された資料の提供（3校における年間エネルギー使用量）

矢吹小学校



II 地域平均値は、文教施設研究センター調べ(平成18年度値)



※PV1kWあたり1,000kWh/年として試算
一次エネルギー換算係数

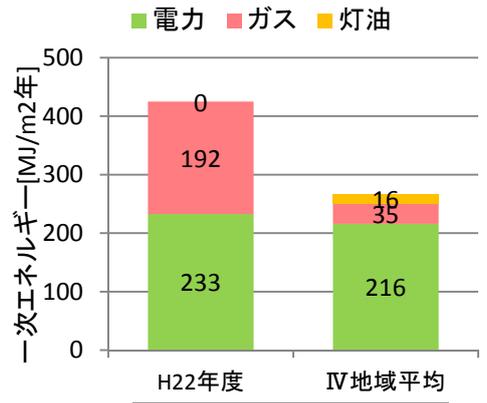
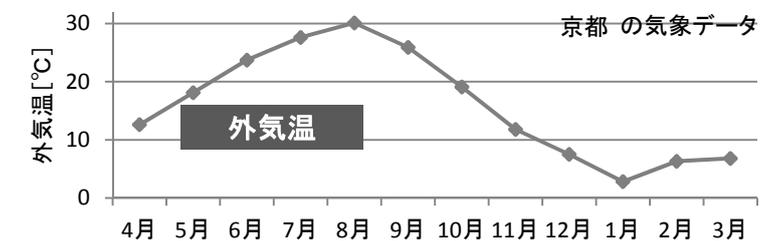
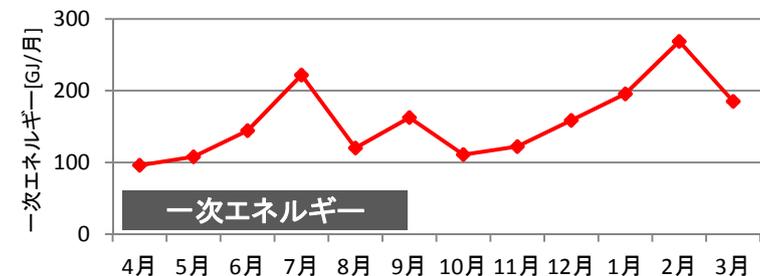
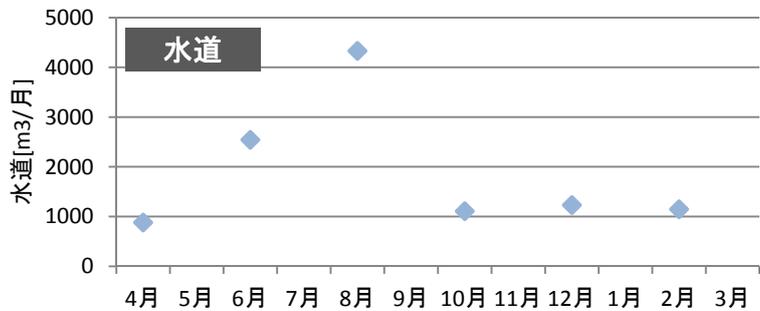
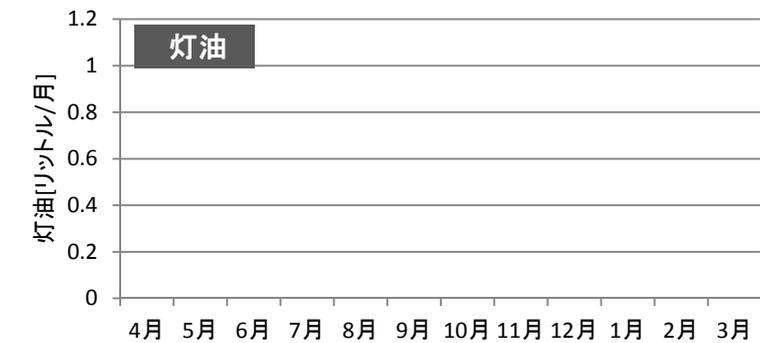
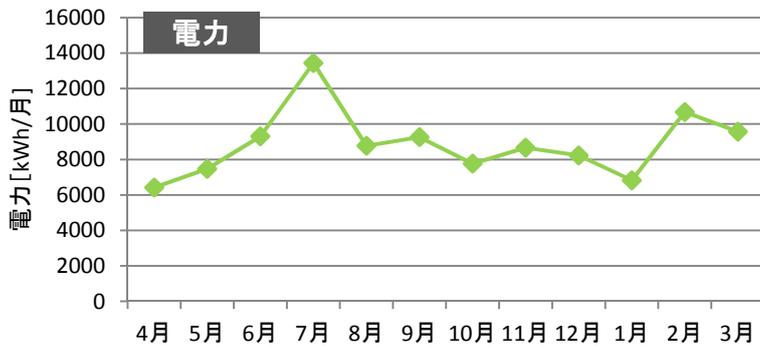
電力	9.76 MJ/kWh
プロパンガス	100.46 MJ/m3
灯油	36.7 MJ/リットル
CO2換算係数	
電力	0.469 kg-CO2/kWh
プロパンガス	6.21 kg-CO2/m3
灯油	2.49 kg-CO2/リットル

学校の概要

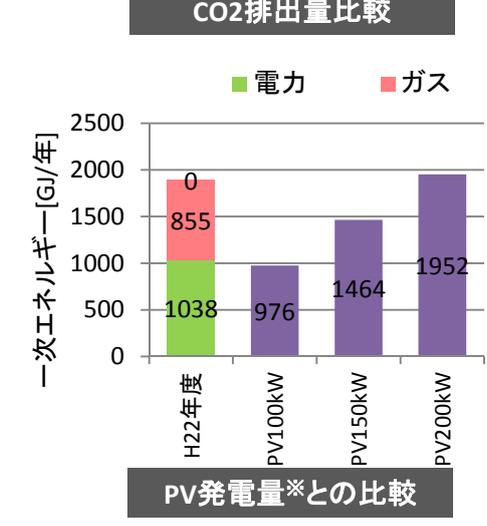
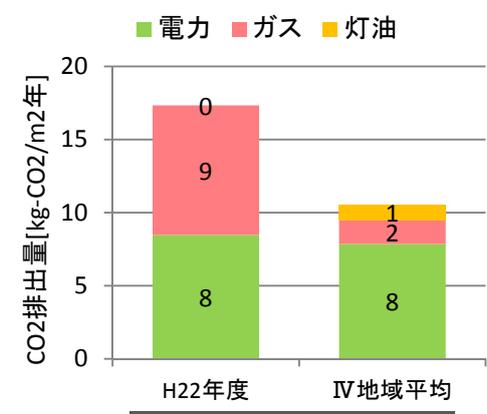
校舎延床面積	4,583 m2
児童・生徒人数	254 人
教室数(普通+特別支援)	9+1 教室
地域区分	II 地域

※H24年度より冷房導入

金閣小学校



IV地域平均値は、文教施設研究センター調べ(平成18年度値)



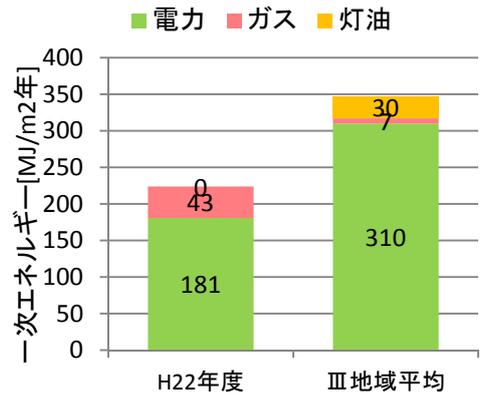
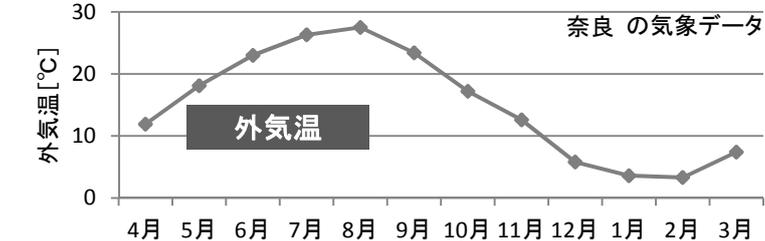
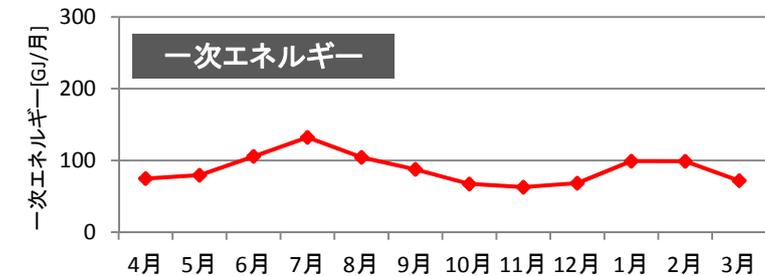
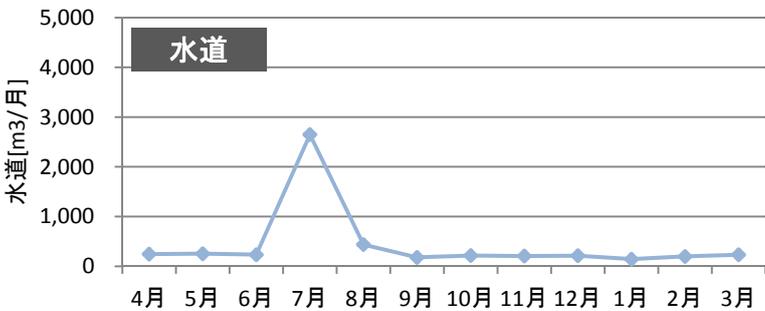
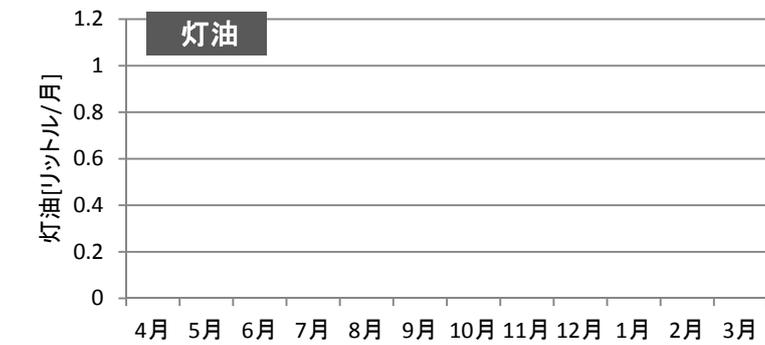
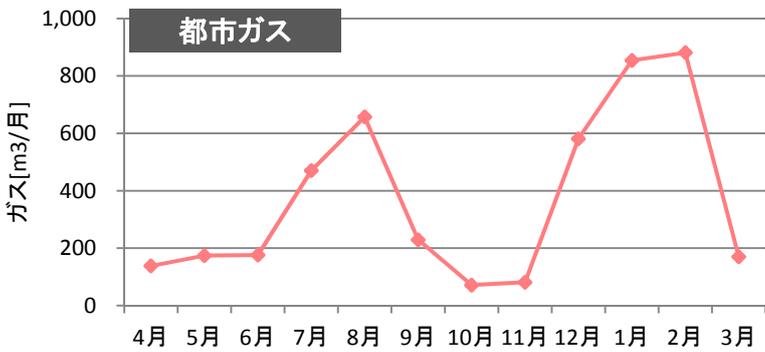
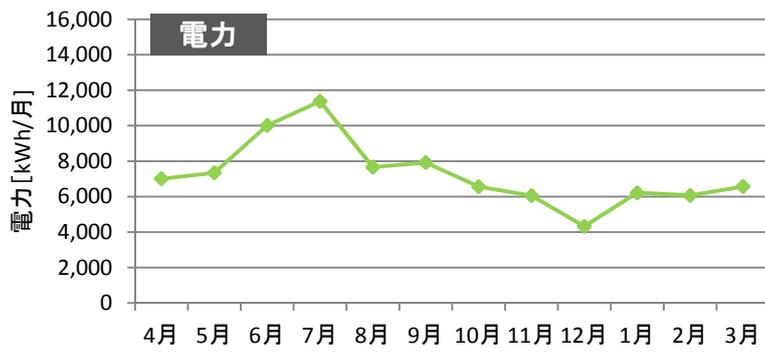
*PV1kWあたり1,000kWh/年として試算

電力	9.76 MJ/kWh
都市ガス	45 MJ/m³

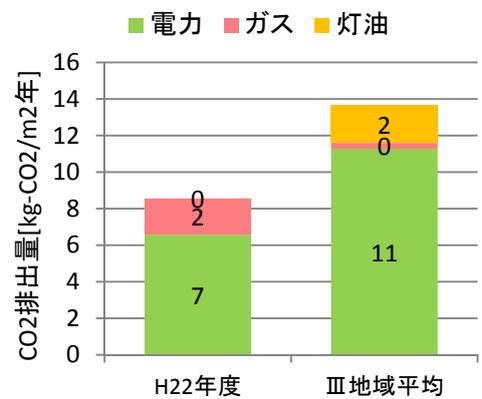
電力	0.355 kg-CO2/kWh
都市ガス	2.08 kg-CO2/m³

校舎延床面積	4,458 m²
児童・生徒人数	455 人
教室数(普通+特別支援)	17+3 教室
地域区分	IV地域

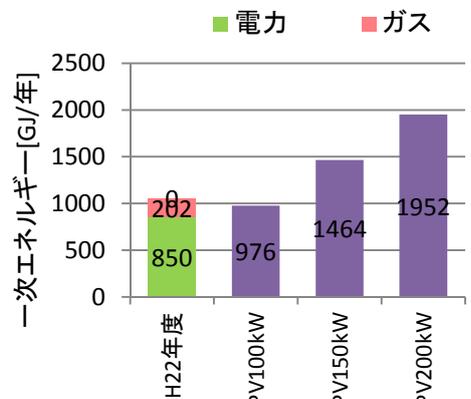
鹿ノ台中学校



Ⅲ地域平均値は、文教施設研究センター調べ(平成18年度値)



CO2排出量比較



※PV1kWあたり1,000kWh/年として試算
一次エネルギー換算係数

電力	9.76 MJ/kWh
都市ガス	45 MJ/m³

CO2換算係数

電力	0.355 kg-CO2/kWh
都市ガス	2.08 kg-CO2/m³

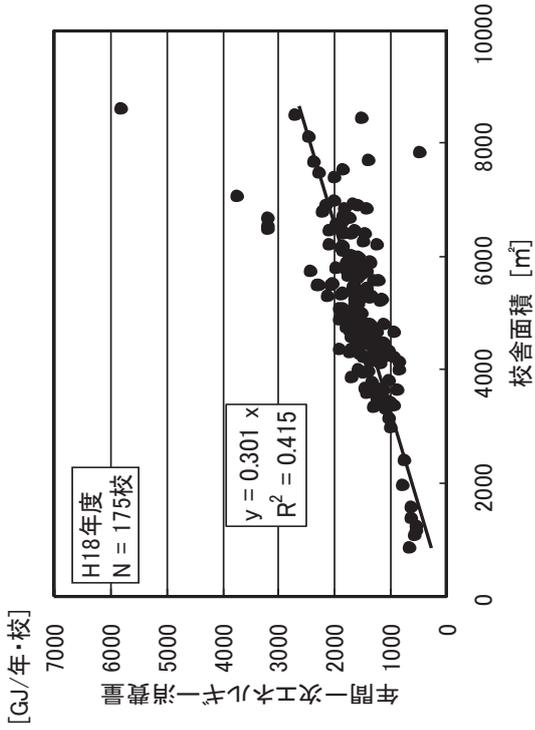
学校の概要

校舎延床面積	4,701 m²
児童・生徒人数	232 人
教室数(普通+特別支援)	6+4 教室
地域区分	Ⅲ地域

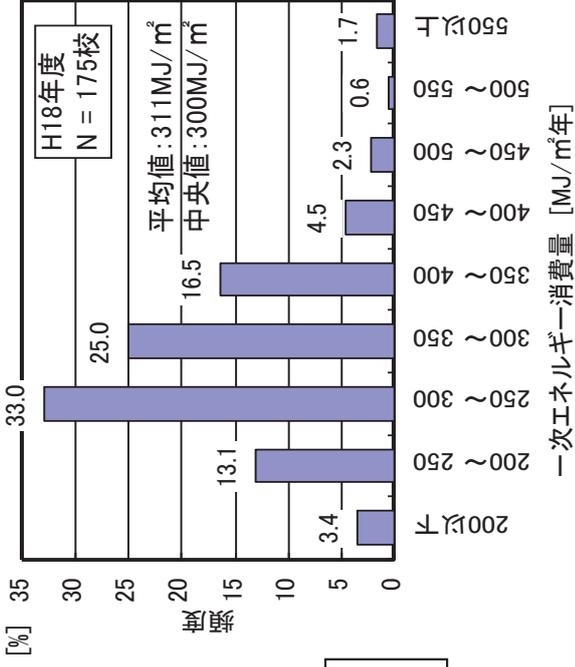
小中学校のエネルギー消費量（京都市）

京都市：IV地域

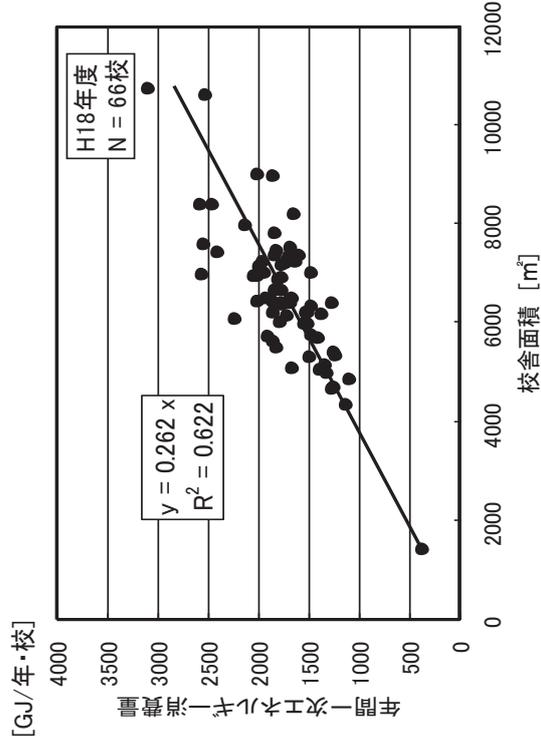
（京都市の学校と京都市立金閣小学校とのエネルギー消費量比較）



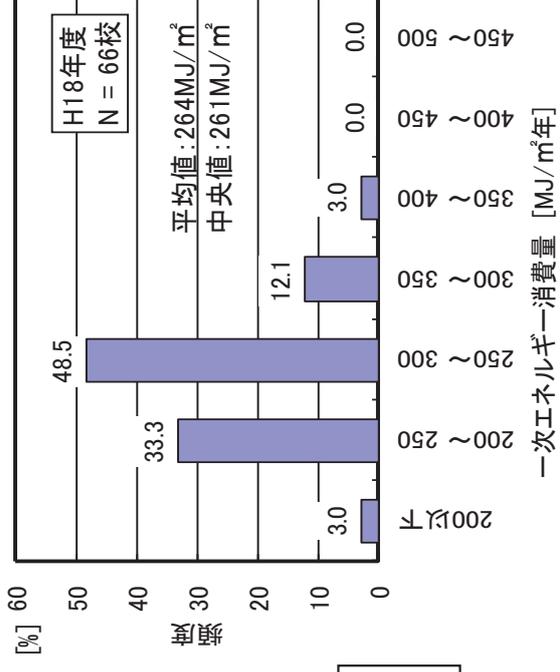
(1) エネルギー消費量（京都市：小学校）



(2) エネルギー消費量の分布（京都市：小学校）

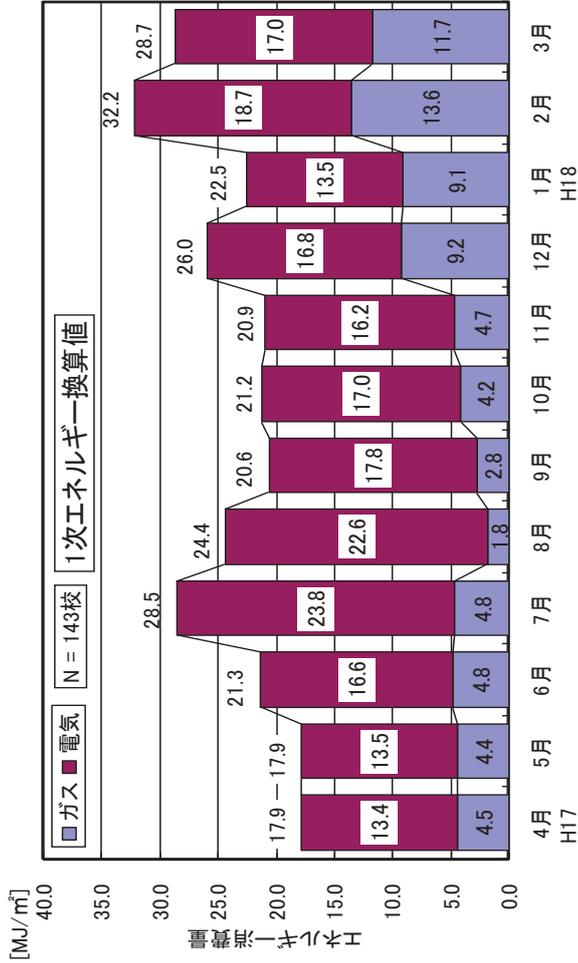


(3) エネルギー消費量（京都市：中学校）



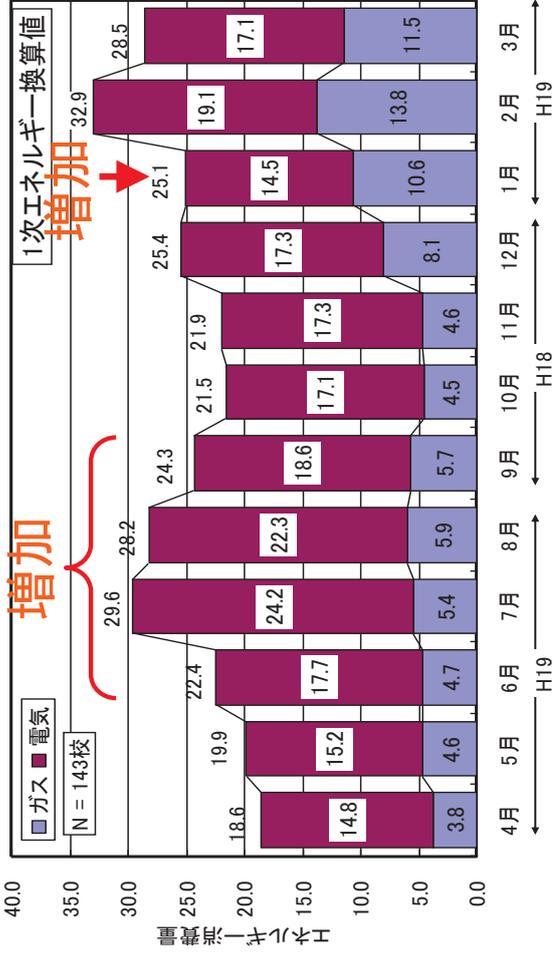
(3) エネルギー消費量の分布（京都市：中学校）

エアコン設置前後のエネルギー消費量の変化（京都市・小中学校）



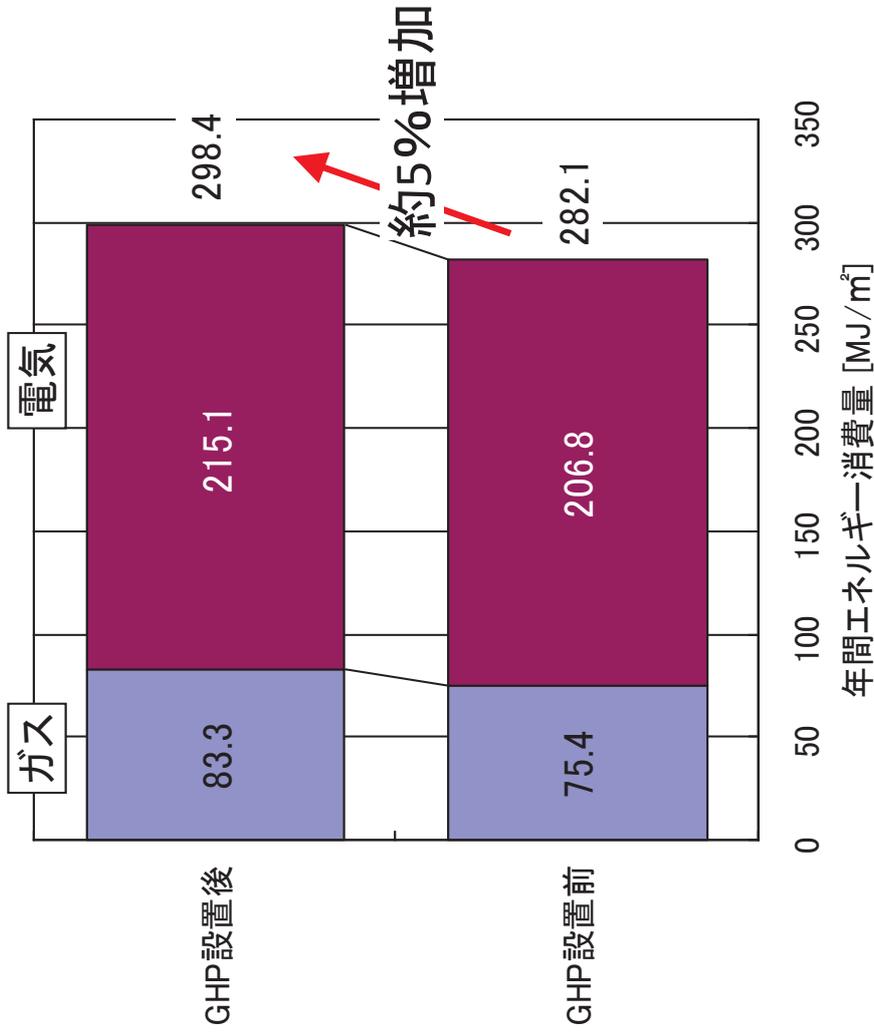
(1) 設置前のエネルギー消費量

6月から9月、1月のエネルギー消費量が増加傾向



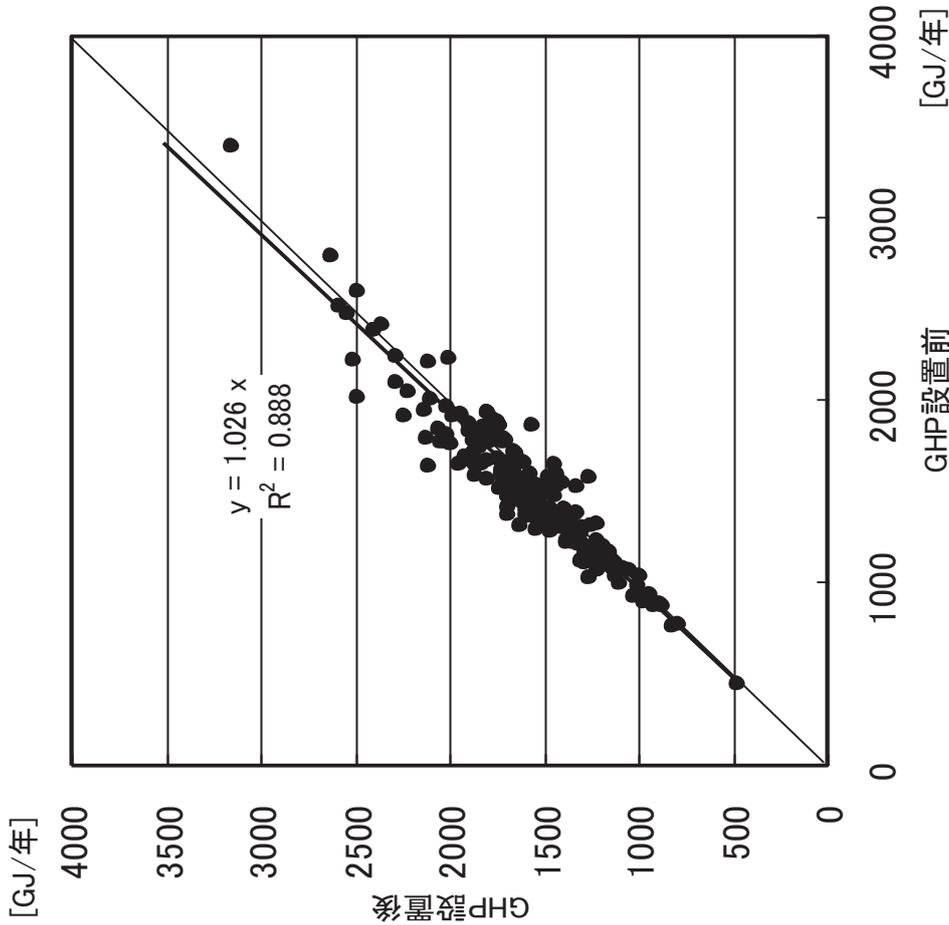
(2) 設置後のエネルギー消費量

ガスヒートポンプ(GHP)の設置前後の比較



(3) 設置前後の年間エネルギー消費量の変化

エアコン設置前後のエネルギー消費量の変化（京都市・小中学校）



GHP設置前後のエネルギー消費量は、増加は、195校中131校(67%)の学校の年間エネルギー消費量が増加している。

設置前後の年間エネルギー消費量の増減 [GJ/年]	学校数	割合 [%]
-300以下	2	1.0
-300 ~ -200	4	2.1
-200 ~ -100	15	7.7
-100 ~ 0	43	22.1
0 ~ 100	71	36.4
100 ~ 200	40	20.5
200 ~ 300	16	8.2
300 ~ 400	2	1.0
400以上	2	1.0

(4) 設置前後の一次エネルギー消費量

金閣小学校のエアコン設置前後のエネルギー消費量の変化

※校舎の延床面積は体育館を含めた4940㎡として計算

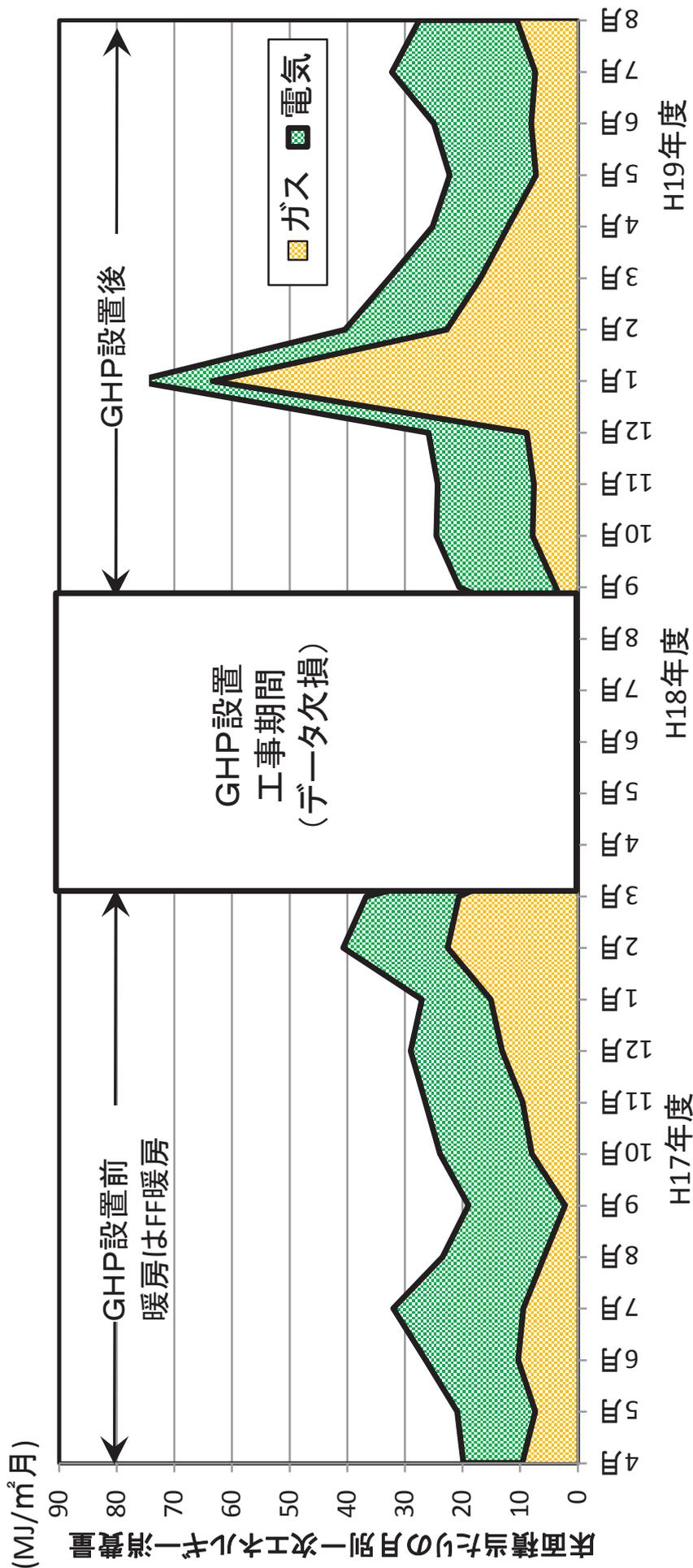
GHP設置前の一次エネルギー消費量

ガス: 133.1MJ/㎡年
 電気: 191.6MJ/㎡年
 ガス+電気合計 324.7MJ/㎡年



GHP設置後の一次エネルギー消費量

ガス: 175.8MJ/㎡年
 電気: 200.8MJ/㎡年
 ガス+電気合計 376.7MJ/㎡年



京都市の小学校の一次エネルギー消費原単位は311MJ/㎡年（175校の平均値）。
 金閣小学校は376.7MJ/㎡年であり、測定当時はややエネルギー消費量が多い状況である。

(エコ改修に関する具体的事例)

1. 断熱・気密



(内)アキレスボード 30mm(埼玉県立浦和高等学校)



(内)発泡ウレタン吹付 25mm(高山市立北小学校)



(内)杉板 30mm(海士町立海士中学校)



(外)ウレタン吹付 30mm(若狭町立三方中学校)

2. 暖房区画



2階
区画ライン

階段室と廊下を区画(荒川区立第七峡田小学校)

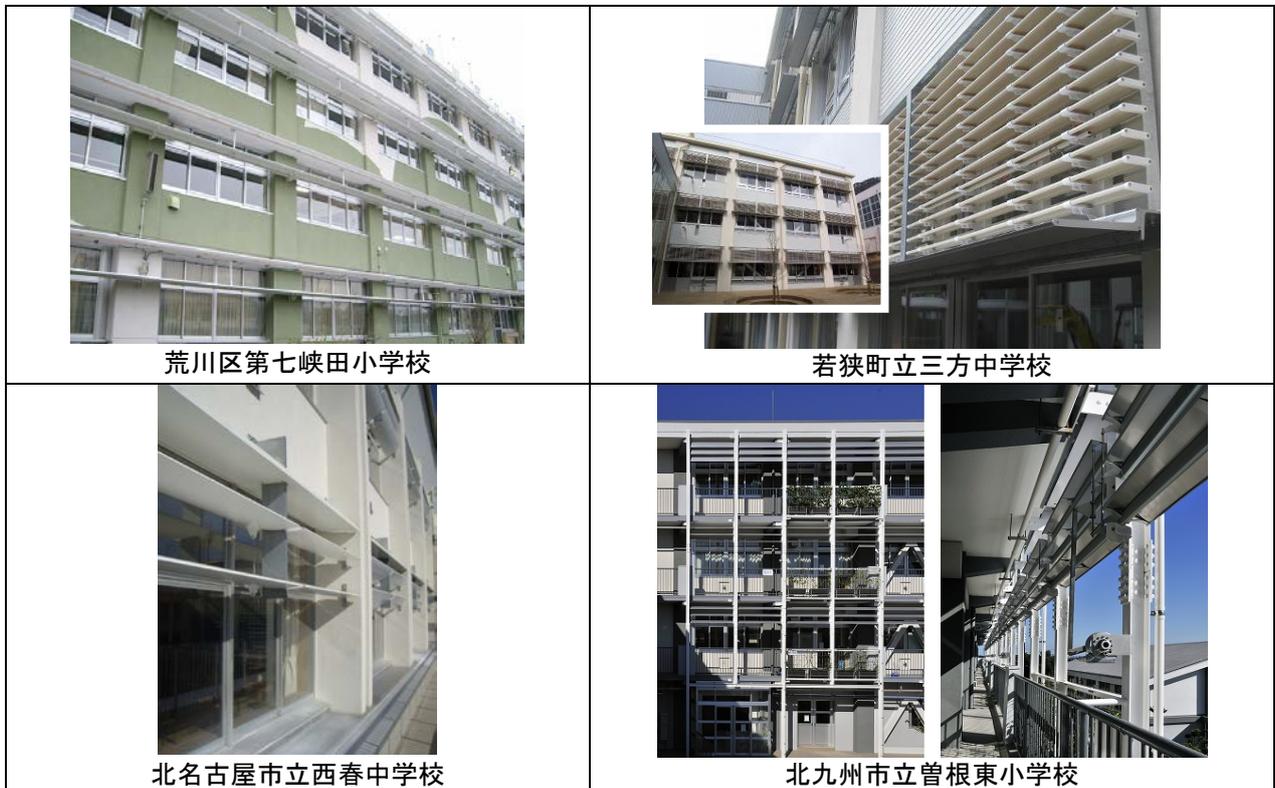


昇降口(若狭町立三方中学校)

3. 換気スリット



4. ライトシェルフ・ルーバー



5. 温度差換気



北名古屋市立西春中学校



神戸市立多聞東中学校

6. 照明の工夫・両面採光



窓側の蛍光灯の数で調整(若狭町立三方中学校)



スイッチの工夫(伊予市立翠小学校)



改修前(若狭町立三方中学校)



改修後(若狭町立三方中学校)
両面採光、暑い日はパーティションを開放して、通気を促す

7. 体育館の昼光利用の例(新築)



府中市立府中学園 撮影者:日暮写真事務所 日暮雄一



府中市立府中学園 撮影者:日暮写真事務所 日暮雄一



港区立港南小学校 撮影者:SS 東京



港区立港南小学校 撮影者:SS 東京

8. 太陽光発電デザイン



東京工業大学 環境エネルギーイノベーション棟



北海道工業大学

9. その他



ネットの設置(神戸市立多聞東中学校)

建物自体をマニュアル化



運用がうまくできるような工夫(例)

※1～6、9の参考文献は以下のとおり。

環境省、(株)エコエナジーラボ：学校エコ改修と環境教育事業 モデル校における3年間の取り組みのまとめ（平成22年3月）

環境省、エコフローサポート本部：環境省・学校エコ改修と環境教育事業

エコ改修後の学校で快適に生活する運用ガイド作成のための手引き（平成22年3月）

※8は各大学HPより引用

8.4環境研究会による成果物(モデルプラン、FAST)の紹介

※ 環境研究会により作成した報告書を、学校施設ゼロエネ化検討の参考としてもらうために、スーパーエコスクール実証事業を実施する地方公共団体へ配付及び説明を行った。

◀ 校舎のエコ改修の推進のために ▶

既存校舎の「エコ改修」の改修内容、改修効果、イニシャルコスト等を評価・検討し、全国各地域に対するモデルプランを作成した。

■校舎のエコ改修の基本的な考え方

モデルプランにおけるCO₂排出量シミュレーションの結果、以下の3つを総合的に実施することで、冷房化を含む教室の暑さ寒さ対策とCO₂排出量の削減を同時に達成することが十分に可能であることが分かった。

- ① 断熱化や日射遮へいなど建物性能の向上
- ② 照明機器や冷房機器の効率化
- ③ 温度設定など適切な運転管理の励行

以下のURLで参照することができます。

<http://www.nier.go.jp/shisetsu/pdf/allmodelplan.pdf>

校舎のエコ改修の推進のために

モデルプランにおける環境対策のシミュレーション結果 (全圖版)

— 学校施設の環境に関する基礎的調査研究報告書 —



国立教育政策研究所 文部施設研究センター
 NIER 「学校施設の環境に関する基礎的調査研究」研究会
 本報告書の全体版は次のアドレスよりご覧いただけます。 <http://www.nier.go.jp/shisetsu/pdf/allmodelplan.pdf>

《効果の高いエコ改修ポイント》

- ① 屋根・外壁・窓の断熱化
- ② 照明機器の高効率化 (コストパフォーマンスが高い)
- ③ 冷暖房を高効率エアコンに変更 (プランB)



高効率
 プランA(教室の冷房なし)
 職員室・特別教室:【暖房・冷房】高効率HPエアコン(2008年レベル)
 教室・多目的室:【暖房】FF式石油暖房機、【冷房】なし
 プランB(教室の冷房あり)
 職員室・特別教室:【暖房・冷房】高効率HPエアコン(2008年レベル)
 教室・多目的室:【暖房・冷房】高効率HPエアコン(2008年レベル)

節水
 手洗い: 泡沫水洗
 大便器: 聲音装置、小便器: 自動水洗式

学校施設（体育館）のエコ改修の推進のために

構造や使われ方が校舎と異なる体育館に着目し、既存の標準的な体育館をベースとしてエコ改修を行う際のモデルプランを作成した。

■体育館のエコ改修の基本的な考え方

◇室内温熱環境の改善には、

- ①建物の断熱、日射遮へい
- ②気密性能の向上（冬期）
- ③高低差による温度差を利用した自然換気の確保（夏期）等の工夫が必要

◇室内光環境の改善には、

- ①ハイサイドライトなどからの昼光の積極的利用
- ②運動の支障となる直射日光の遮へい等が必要

◇エネルギーの効率的利用・運用管理の面では、

- ①照明器具の省エネ型への交換
- ②明るさ不足の箇所のみを点灯させるゾーン制御
- ③自然エネルギーの活用等の検討が必要

以下の URL で参照することができます。

<http://www.nier.go.jp/shisetsu/pdf/taiikukan.pdf>



学校施設のCO₂削減設計検討ツール (Ver.2) >>

※ 略称 FAST: Facilities Simulation Tool (for ECO SCHOOL) (Ver.2)

■学校施設のCO₂削減設計検討ツール (FAST)とは

老朽校舎を大規模改修する際に、どのような環境対策手法を実行すれば、どれだけCO₂排出量を削減できるかの目安を瞬時に算出するプログラム。FASTにより算出した結果は、学校施設の大規模改造（老朽：エコ改修）の補助申請を行う際に、必要となる資料としても活用される。

平成 23 年 1 月に公表した Ver. 1 の改良版 Ver. 2 を平成 24 年 6 月に公表。

■FAST の 5 つの特徴

- ①誰でも使用することができるプログラム
- ②簡易な入力方式と短い計算時間で瞬時に結果を算出
- ③日本全国を対象に地域の気象特性を反映した計算を実行
- ④改修前の校舎の設計図が不要
- ⑤計算結果は、エコ改修の先進事例のデータと整合

以下の URL で参照することができます。

FAST(プログラム) : http://www.nier.go.jp/shisetsu/tools/FAST_Ver2.zip

操作マニュアル : http://www.nier.go.jp/shisetsu/pdf/FAST2_manual.pdf

◆◇ 主な改良点 ◇◇

- ① 環境対策メニュー：簡易入力と詳細入力の選択
FAST (Ver. 1)：校舎全体を同一改修条件(簡易入力)
FAST (Ver. 2)：棟ごとに改修条件(詳細入力)の選択が可能
- ② 授業時間：教室稼働時間の調整機能を追加
FAST (Ver. 1)：教室稼働時間は授業6時限相当で自動設定
FAST (Ver. 2)：教室稼働時間の入力が可能
- ③ 校舎形状：L字型、コの字型、並行配置型を追加
FAST (Ver. 1)：一文字型のみ
FAST (Ver. 2)：一文字型に加え、L字型、コの字型、並行配置型の選択も可能
- ④ 廊下形状：中廊下型を追加
FAST (Ver. 1)：片廊下型のみ
FAST (Ver. 2)：片廊下型に加え、中廊下型の選択も可能

基本情報入力画面

環境対策メニュー：簡易入力と詳細入力の選択

授業時間：教室稼働時間の調整機能を追加

校舎形状：L字型、コの字型、並行配置型を追加

廊下形状：中廊下型を追加

計算結果表示画面

項目	改修前	改修後	削減率
校舎全体	12.3	9.2	25%削減

9. 調査票(運用状況ヒアリング項目調査票等)

A. 運用の概要

1	登校時間	登校時刻	時 (何時までに登校することとしているか)						
			夏季(月～月)	時	冬季(月～月)	時	月	時	
2		完全下校時刻	夏季(月～月)	時	冬季(月～月)	時	月	時	
3	平日のクラブ・部活動の時間	朝	夏季(月～月)	時	冬季(月～月)	時	月	時	
4		放課後	夏季(月～月)	時	冬季(月～月)	時	月	時	
5	放課後の普通教室の使用教室数	部活・クラブ	15時～16時	教室					
6			16時～17時	教室					
7			17時～18時	教室					
8			18時～19時	教室					
9			19時～20時	教室					
10			20時～21時	教室					
11		教職員の作業		15時～16時	教室				
12				16時～17時	教室				
13				17時～18時	教室				
14				18時～19時	教室				
15			19時～20時	教室					
16			20時～21時	教室					
17	長期休みの期間	夏休み	月	日	月	日			
18		冬休み	月	日	月	日			
19		春休み	月	日	月	日			
20	コンピュータ室使用時間		時間/週	サーバーの有無	有・無	デスクトップ	台	ノート	台
21	体育館の使用時間	授業・朝礼等	時間/日			照明の点灯のルール			
22		平日のクラブ・部活動	時間/日			照明の点灯のルール			
23		休日のクラブ・部活動	土曜日: 時間/日	日曜日: 時間/日		照明の点灯のルール			
24		長期休みのクラブ・部活動	時間/日	を	回/週	照明の点灯のルール			
25		平日の一般開放	時間/日	を	回/週	照明の点灯のルール			
26		休日の一般開放	土曜日: 時間/日	を	回/週	照明の点灯のルール			
27		長期休みの一般開放	時間/日	を	回/週	照明の点灯のルール			
28									

29	学室 (放課後 学級)	有・無	有・無
30	使用教室数	教室	
31	使用教室の名称	①	② ③ ④
32	人数	人	
33	運営時間(平日)	時間/日	
34	運営時間(土曜日)	時間/日	
35	運営時間(夏休み)	時間/日	
36	暖冷房使用の有無	暖房 有・無 冷房 有・無	暖房機器の種類 冷房機器の種類
37	グラウンド 照明	有・無	
38	利用時間(クラブ・部活等)	時間/日	(グラウンド照明がある場合のみお答えください)
39	利用時間(一般開放)	時間/週	(グラウンド照明がある場合のみお答えください)
40	コイン制度の有無	有・無	
41	給食室の室使用时间	調理: 時～ 時 洗浄: 時～ 時	
42	冷暖房の有無	暖房 有・無 冷房 有・無	
43			
44		平日の利用時間	土曜日 日曜日
45		利用時間	利用時間 回数 回数
46	管理諸室の 運用状況	校長室	夏休み 利用時間 回数 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月 時～ 時 日/月
47		職員室	照明点灯のルール (例)在室時に点灯
48		保健室	
49		事務室	
50		用務員室	
51		その他()	
52		その他()	
53			
54			
55			
56			
57			

	特別教室 の 授業以外 の利用 部活動	平日		土曜日		日曜日		夏休み		暖房使用 の有無	冷房使用 の有無
		利用時間	回数	利用時間	回数	利用時間	回数	利用時間	回数		
58											
59											
60	理科室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
61	図工室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
62	音楽室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
63	家庭科室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
64	図書室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
65	コンピューター室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
66	視聴覚室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
67	ランチルーム	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
68	()	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
69	()	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
70											
71											
72	特別教室 の 授業以外 の利用 (地域開 放)	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
73	理科室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
74	図工室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
75	音楽室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
76	家庭科室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
77	図書室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
78	コンピューター室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
79	視聴覚室	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
80	ランチルーム	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無
81	()	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	時間/日	日/週	有・無	有・無

B. 照明の機器と運用

■ は、ヒアリング

■ は現地調査

No.	名称	蛍光灯種類・ランプW数		蛍光灯本数		回路数 (スイッチ の数)	照明区画の方向	消灯時の 明るさの 感じ方	照度	壁・天井・床の色	点灯のルール ①在室時のみ点灯 ②在室+暗い時のみ
		黒板灯 ランプW数 種類	黒板に垂直 ランプW数 種類	黒板灯 本数	黒板に垂直 本数						
1	入力例	FL	40 W/本	Hf	32 W/本	4	黒板に垂直	暗い	500 lx	クリーム・クリーム・濃い灰色	①
5	普通教室()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
6	普通教室()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
7	普通教室()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
8	普通教室()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
9	理科教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
10	生活教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
11	音楽教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
12	図画工作教室(美術室)		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
13	技術室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
14	家庭教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
15	外国語室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
16	視聴覚教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
17	コンピュータ教室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
18	図書室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
19	特別活動室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
20	教育相談室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
21	多目的室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
22	少人数		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
23	校長室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
24	職員室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
25	保健室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
26	事務室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
27	用務員室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
28	放送室		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
29	その他()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		
30	その他()		W/本		W/本		黒板に垂直・黒板に平行		lx		

31	種類	ランプW数	蛍光灯本数 1教室当たりの本数	回路数 (1階あたりの回路数)	センサーの有無 (なければ取り消し線)	点灯のルール		消灯時の明るさの感じ方	照度	備考
						晴れ	点灯のルール くもり・雨			
32	入力例	40 W/本	4 本/教室	2 回路	人感・タイマー・明るさ	①②	⑦	暗い	500 lx	
33	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
34	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
35	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
36	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
37	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
38	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
39	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
40	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
41	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
42	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
43	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
44	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
45	棟 階)	W/本	本/教室		人感・タイマー・明るさ				lx	
46	種類	ランプW数	蛍光灯本数 1階当たりの本数	回路数 (1階から最上階までの回路数)	センサーの有無 (なければ取り消し線)	点灯のルール		消灯時の明るさの感じ方	照度	備考
47	入力例	40 W/本	4 本/廊下	2 回路	人感・タイマー・明るさ	晴れ	点灯のルール くもり・雨	暗い	500 lx	
48	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ	①登校時 ③休み時間 ⑤夜間 ⑦暗いときのみ	②授業中 ④放課後 ⑥この廊下付近の教室の使用時 ①～⑦で記入		lx	
49	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
50	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
51	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
52	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
53	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
54	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
55	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	
56	棟 階段)	W/本	本/廊下		人感・タイマー・明るさ				lx	

D. 換気

■ は、ヒアリング ■ は現地調査

No.	換気扇種類 (なしは、取り消し線)	メーカー・型式	風量[m3/h]			電力[W]			使用時の運転 のモード	換気扇運転のルール			備考
			強	中	弱	強	中	弱		期間 ①通年(長期休 み以外) ②冷暖房と連 動	時間 ①始業~終業まで ②始業~課外活動終わり まで ③在室時のみ	平日	
1			500	300	200	170	150	120	W	②	③		
4	記入方法/例	三菱・SCH-50ESH	500	300	200	170	150	120	W	②	③		
5	普通教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
6	理科教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
7	生活教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
8	音楽教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
9	図画工作教室(美術室)	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
10	技術室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
11	家庭教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
12	外国語室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
13	視聴覚教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
14	コンピュータ教室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
15	図書室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
16	特別活動室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
17	教育相談室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
18	多目的室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
19	少人数	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
20	校長室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
21	職員室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
22	保健室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
23	事務室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
24	用務員室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
25	放送室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					
26	トイレ()	排気型			m3/h			W					
27	トイレ()	排気型			m3/h			W					
28	トイレ()	排気型			m3/h			W					
29	トイレ()	排気型			m3/h			W					
30	その他()	排気型			m3/h			W					
31	給食室	全熱交換型・排気型			m3/h			W					

E. 水関係

■ は、ヒアリング

■ は現地調査

1	大便器種類		小便器種類		トイレの手洗い		暖房便座				
	棟	水量	水量	自動水栓の有無	長期休みに閉にするかどうか(○で囲む)	自動水栓の有無	節水コマの有無	自動水栓の有無	使用期間	使用時間	休日の使用のルール
2	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
3	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
4	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
5	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
6	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
7	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
8	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転
9	トイレ(棟)	リットル/回	リットル/回	有・無	閉にする・閉にしない	有・無	有・無	有・無	月～	時～	休日停止・休日運転

10											
11			節水コマの有無								
12	水飲み場(棟)	有・無									
13	水飲み場(棟)	有・無									
14	水飲み場(棟)	有・無									
15											
16											
17											
18	プール1	x									
19	プール2	x									
20											
21											
22	緑のカーテン1	m									
23	緑のカーテン2	m									

F. その他

■ は、ヒアリング ■ は現地調査

教職員人数		人	
1	給食室	冷蔵庫	消費電力 kW
3		冷蔵庫	消費電力 kW
4		冷蔵庫	消費電力 kW
5		冷凍庫	消費電力 kW
6		冷凍庫	消費電力 kW
7		冷凍庫	消費電力 kW
8		食器洗浄機	エネルギー種別 ガス・電力
9		食器乾燥機	エネルギー種別 ガス・電力
10	職員室	冷蔵庫	kW
11		パソコン ノート型	台
12		デスクトップ型	台
13		電気ポット	台
14		コピー機	台
10	ピオトープ	循環ポンプ電力	kW
15	その他		
16	その他		
17	その他		
18	その他		

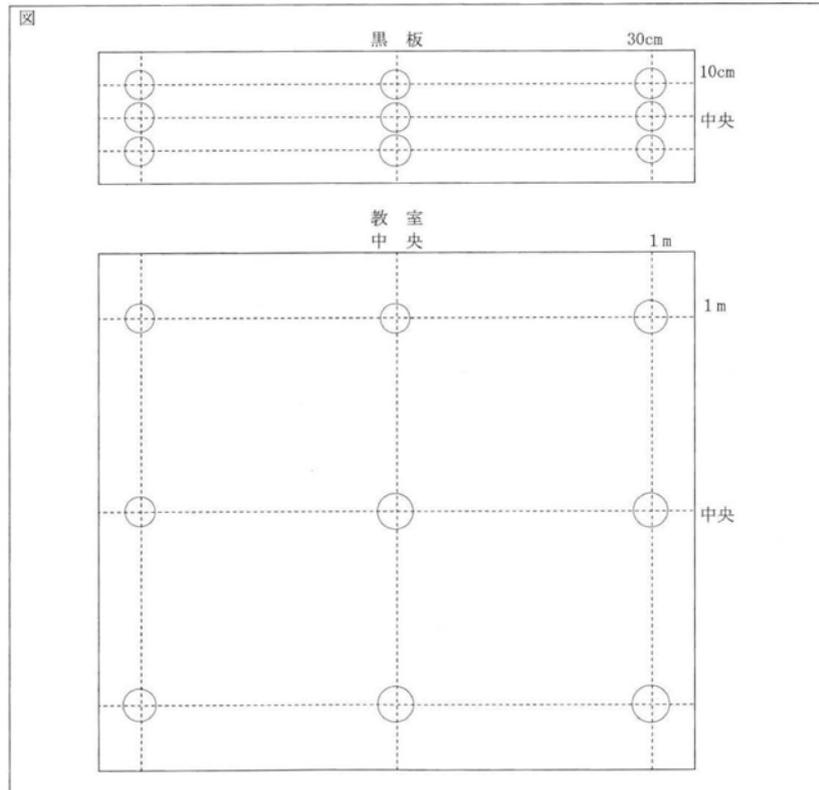
G. その他 校舎の劣化状況、不便な部分、温熱環境、光環境についてのヒアリング

1	校舎の劣化状況	雨漏り	有・無	雨漏りの場所	
2		カビ	有・無	カビの発生する時期・場所	
3		水飲み場	水の出について	排水溝の詰まりやすさ	
4		トイレ	水の出について	詰まりやすさ	臭い
5		コンセント	数量の過不足	故障の有無	
6		照明スイッチ	操作性		
7	温熱・光・音環境	夏の教室	風通り	冷房の効き	教室による暑さの差
8		冬の教室	隙間風	暖房の効き	教室による寒さの差
9		教室の光環境	暗い教室の有無		
10			まぶしさについて		
11			黒板の見やすさ		
12			カーテンを閉める時期・時間について		
13		廊下の光環境	廊下の明るさ		
14		夏の体育館	体育館の暑さについて		
15		冬の体育館	体育館の寒さについて		
16		夏の体育館	体育館の暑さについて		
17		校舎内の音	音について問題があるか		
18		改善要望箇所			
19					
20					

照度測定調査票

1) 調査場所

- ・ 外部…校舎の北側及び南側 2箇所
- ・ 内部…中間階の教室1室における机上面(水平面) 9箇所、黒板面(垂直面) 9箇所



2) 調査方法

中間期、冬期において、

- ・ 天候が、晴れ、曇り(または雨等)のそれぞれ
- ・ カーテン又はブラインドの開・閉のそれぞれ
- ・ 照明の点灯・消灯のそれぞれ
- ・ 日中(正午頃)・夜間(日没後)※のそれぞれ

において、1) 調査場所における照度を測定する。

※ただし、夜間(日没後)は、時期・天候問わず、照明点灯時にカーテン又はブラインドの開・閉のそれぞれについて1回のみ測定する。

3) その他

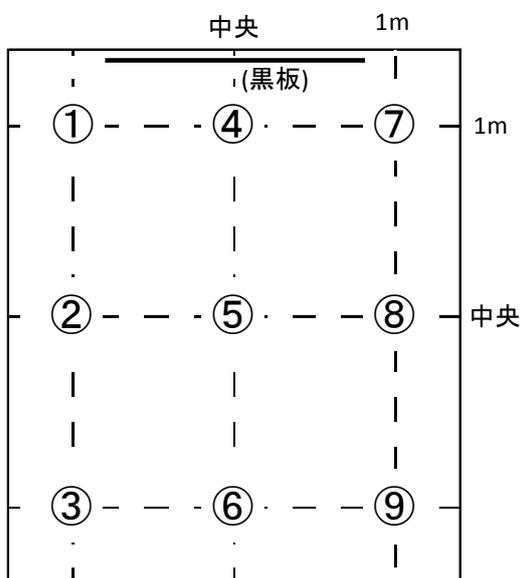
本調査方法に記載なき事項は、「学校環境衛生基準」Ⅱ学校環境衛生基準 第1教室等の環境に係る学校環境衛生基準 2採光及び照明 B検査方法等の解説 (10)照度 ③検査方法 によるものとする。

照度計測【調査票】

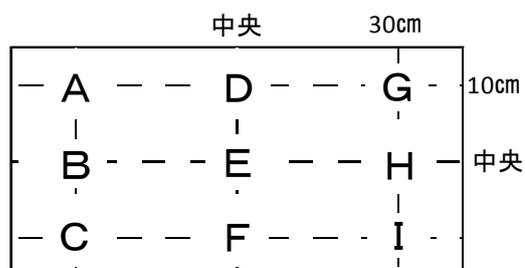
調査教室名： _____

記録者： _____

調査日時			平成 年 月 日 () 時									
天 候			晴れ ・ 曇り ・ 雨 ・ 雪									
外部 (Ix)			(校舎北側)					(校舎南側)				
内部 (中間階教室) (Ix)	照明点灯	ブラインド /カーテン開	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	
		ブラインド /カーテン閉	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	
		照明消灯	ブラインド /カーテン開	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
				A	B	C	D	E	F	G	H	I
	ブラインド /カーテン閉		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	



教室平面図



黒板立面図

10. 地方公共団体による報告書（基本計画書）

スーパースクール実証事業 基本計画書

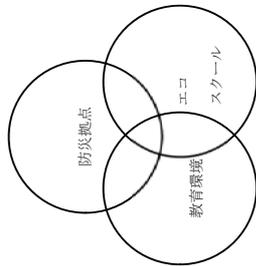
矢吹町立矢吹小学校



矢吹町教育委員会

施設計画の基本方針

矢吹小学校の改修計画を立案するにあたり、3つのテーマを三位一体で推進することを基本方針とした。



- ①防災拠点の機能強化
- ②教育環境の機能的改善・質的向上
- ③クリーンで安全なエネルギー利用を推進する福島発のエコスクール

本基本計画書はエコスクールを中心にまとめる。

学校づくりの目標

検討委員会において議論を積み重ね、本校の教育目標と施設づくりをつなぐ「学校づくりの目標」を定めた。教育目標に基づき、これからの矢吹小学校の学校づくりの理念として位置付ける。

1. 学ぶ喜び、ともに学ぶ楽しさを実感できる学校づくり
 - ・互いを思いやり、認め合い、高め合える学校
 - ・教師の発想を広げ、教える楽しさが実感できる学校
 - ・明日も行きたい、帰りたい学校
2. 地域を支え、地域に支えられる学校づくり
 - ・保護者や地域の人々が足を運び、交流の場となる学校
 - ・矢吹小と矢吹の歴史、伝統文化を地域の教育力で伝え継承する学校
 - ・教職員と地域、行政の協力の下、安心して子どもを育てられる学校
 - ・非常時には、地域の安全・安心を支える学校
3. 地球の尊さを学び、環境を守る行動力が身に付く学校づくり
 - ・自然と共生する知恵を学べる学校
 - ・様々な資源の大切さを学べる学校
 - ・矢吹の気候風土を学べる学校
 - ・施設を大切に、永く使っていける学校

施設計画の目標—エコスクール

学校づくりの目標に基づき、防災拠点、教育環境、エコスクールについてそれぞれ施設計画の目標を定めた。次にエコスクールの目標を示す。

1. 校舎等の温湿光環境の改善、快適性の向上と省エネの両立
 - ・断熱性と気密性の向上を図り、少ないエネルギーで快適な内部空間を維持できる環境を整備する。
 - ・夏季や中間期の通風を確保し、冬季は冷気の流動を防げる施設設備とする。
 - ・自然光や高効率照明器具を有効利用して窓側と廊下側の照度差を改善し、目に優しく環境に優しい光環境を用意する。
 - ・水を大切に使える環境を用意する。
2. ゼロエネルギー
 - ・太陽光発電による創エネルギーと消費エネルギーとのバランスを目指す。
 - ・消費エネルギーと創エネルギーの「見える化」を図り、効率的なエネルギーの消費を運営上の工夫で効果的に組み立てられるようにする。
 - ・運用負荷に合わせて電気を蓄電するなどエネルギーの無駄を防ぐ。
3. 木質化
 - ・県産材を活用し、あたたかみのある落ち着いた学校空間をつくる。
 - ・内装に木を使うことで、室内環境の調湿性を高める。
4. 環境教育の推進
 - ・カリキュラムの中で「環境教育」を位置付け、本校の教育的特長として継続的に推進するための環境教育教材となる施設整備を行う。

施設計画

1. 校舎等の快適性の向上と省エネの両立
 - (1) 外壁、屋上等に十分な断熱を施す。
 - ・断熱方式について、屋根面は外断熱とする。
 - ・壁面の断熱方式は設計段階で施工方法やコストを精査し決定する。
 - ・断熱仕様は、次世代省エネルギー基準の地域区分（矢吹町はⅡ地域）を踏まえ、一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構が公開しているRC造住宅の断熱厚さ（参考資料参照）を参考に決定する。
 - ・体育館も同様に断熱性を高める。その仕様については「学校施設（体育館）のエコ改修の推進のために（国立教育政策研究所）」に示されたⅡ地域の断熱仕様を参考に決める。



写真、外壁の内側に断熱材を設置した例

- (2) 窓の断熱性・気密性を高める。
 - ・外部に面する窓ガラスは複層ガラスに変更する。サッシはカーバー工法（既存枠の上に新しい枠を取り付ける方法）等により断熱性の優れたものに取り換える。

- ・既存の窓を残したまま、木製の窓をもう一枚内側に設け2重窓とすることも考えられる。ただしこの場合、内断熱とすることが前提となる。設計段階でコストと性能を比較検討し採用する。

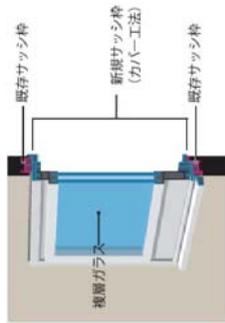


図. カバー工法による窓面の高断熱化

- (3) 通風を確保しエネルギーロスの少ない換気システムを採用する。

夏季

- ・通風を確保するために、廊下側の一部ガラスブロックを使用している窓は引き違いの窓に改修する。
 - ・ナイトパーページ（夜間換気）により内部蓄熱の放熱を図る。
- 冬季
- ・南面に太陽熱利用による新鮮空気による給気システムの導入を検討する。
 - ・換気の排気を廊下側とすることで、教室内の暖められた（冷やされた）空気により廊下の熱環境を改善する。

- (4) 冬季の冷気を遮断する。

- ・階段室の冷気を遮断するために扉を設ける。
- ・昇降口に扉を設け風除室とする。



写真、階段室に設置した扉

- (5) 照明による消費エネルギーを削減する。

- ・LED等の高効率照明器具に交換する。
- ・教室の窓側と廊下側の照明の系統を分ける。星光センサー（LEDを採用した場合を除く）を設置する。
- ・トイレには人感センサーを設置し、照明の消し忘れによる無駄な電力消費を省く。

- (6) 節水する。

- ・トイレの改修、改築に合わせて便器は全て節水型に取り換える。

- ・校舎の樋に雨水タンクを設け、花壇等の散水利用を図る。

- (7) 太陽熱を有効利用する。

- ・体育館に空気集熱式ソーラーシステムを導入する。



写真、空気集熱式ソーラーシステムを導入した体育館

2. 木質化

- (1) 福島県の木材を利用し、森林の保全に貢献する。

- ・内装仕上げ、教室と廊下の間仕切り壁に県産木材を積極的に利用する。床、壁、天井、造作家具に使用する。



写真、内装木質化改修例（改修後）



（改修前）

3. ゼロエネルギー化

- (1) 数値目標の設定

- ・一次エネルギー換算でおおよそ1,500GJ/年消費しているエネルギーの2割強の削減を目標とする。
- ・現在の電力消費量の2割、灯油の消費量の4割削減でその実現を図る。

※ただし、本校は平成24年度より冷房設備を導入したため、それを加えたエネルギー消費量を把握し、場合によっては目標の修正を行う。

- (2) 太陽光発電容量

- ・削減後のエネルギーをまかなうために110kwの太陽光発電を導入する。

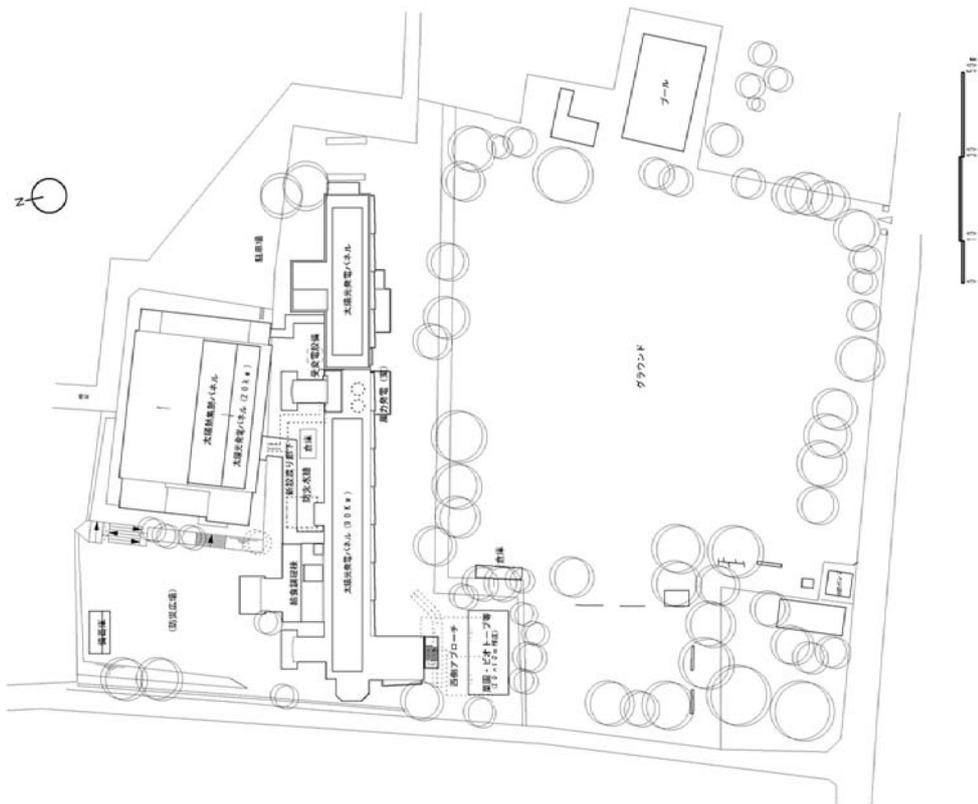


図. 配置計画

- (3) 数値目標達成の手法
次に示す2つの手法により、2割強の消費エネルギー削減を目指す。
- ア. エコ改修
- ・建物の断熱性を向上し、高効率照明等の省エネ設備を導入することで消費エネルギーを削減する。
 - イ. エネルギー管理
 - ・汎用的なBEMS（ビルディング&エネルギーマネージメントシステム）の導入により、消費エネルギーを適切に管理して無駄をなくす。

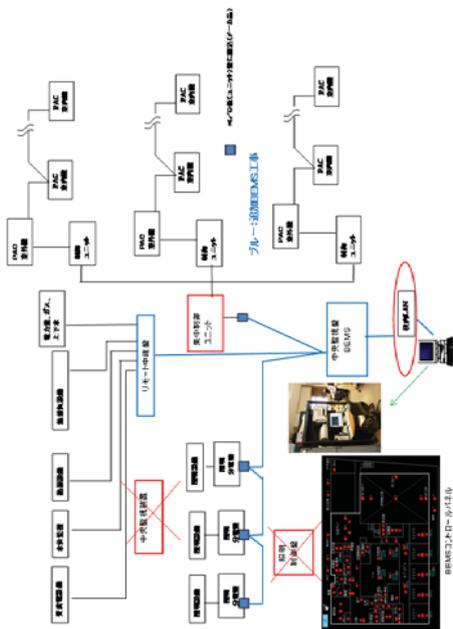


図. BEMS の導入のイメージ

4. 環境教育の推進

(1) 緑の空間

- ・現給食調理室を解体した後のスペースを利用して、菜園や花壇、ピオトープなどの子どもたちが緑と触れ合い、体験を通して自然の大切さを学べる空間を設ける。

(2) 環境学習室

- ・エコ改修の考え方や仕組みを学ぶ場、省エネ活動の拠点として環境学習室を設ける。児童が訪れやすい昇降口の隣に設け、廊下との間仕切りを取り外して何時でも訪れることができるスペースとする。
- ・環境学習室の前に自然の循環システムを体験的に学べる温室「グリーンルーム（仮称）」を設ける。

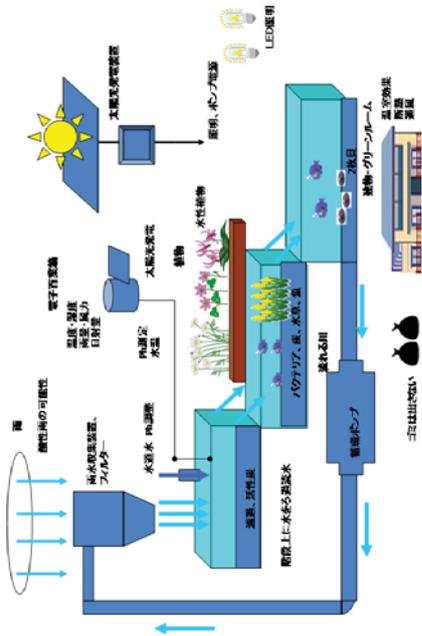
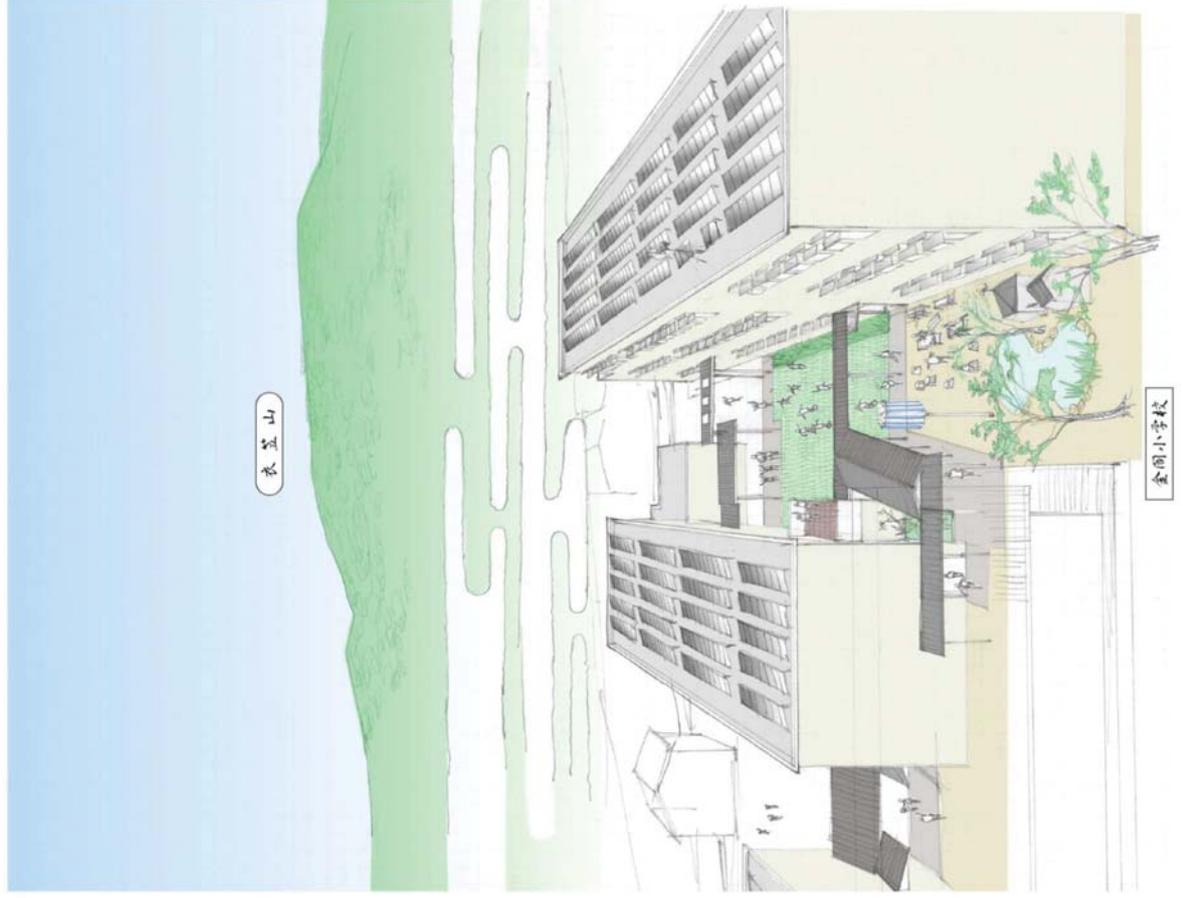


図. グリーンルーム（仮称）の水の循環システム（案）

スーパーエコスクール実証事業 基本計画書

衣笠山の森林と共に、金閣小学校



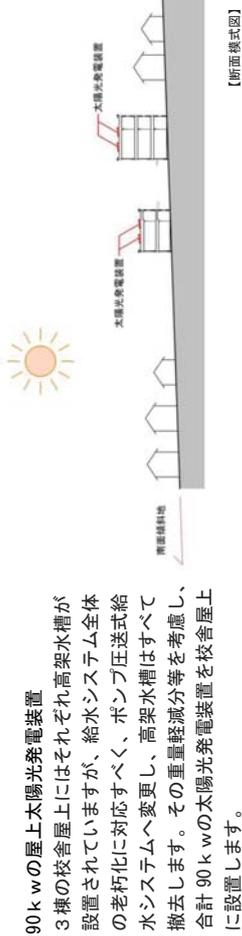
1. 立地特性を活かした環境技術と環境学習

京都は風水都市『平安京』造営以来の歴史・文化と、その自然地形から来る特徴的な気候によって、大きな環境ポテンシャルを有しています。当該地はその都城の北端からさらに北の緩やかな南面傾斜地に位置し、東方向に天神川を挟んで船岡山、北は金閣寺、西は衣笠山に繋がっています。このような立地特性に即した環境技術を取り入れ、それを環境学習に活かすことで、ここにしかない『スーパーエコスクール金閣小学校』をめざします。

① 南面傾斜地の地形と風致地区の建築規制を活かした大規模太陽光発電装置

■ 良好な太陽光発電環境

- ・ 敷地は南面傾斜地で、校舎も南側に2階建2棟、北側に3階建1棟と南から北に高くなっていきます。また、風致地区の建築規制によって、周辺建物も低層に抑えられています。太陽光発電装置の設置に当たっては、周辺から見えないことが条件になり、屋上パラペットより突出させることができない等の規制を守る必要がありませんが、敷地内外に屋上太陽光発電装置に日影を生じさせざる障雪建物等がないため、良好な太陽光発電環境が備わっています。

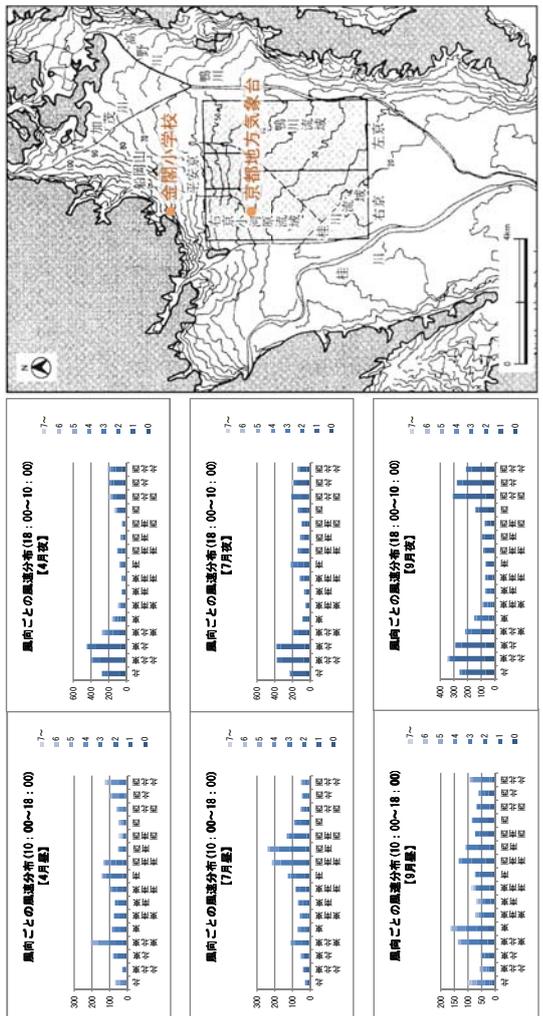


- 90k wの屋上太陽光発電装置
- ・ 3棟の校舎屋上にはそれぞれ高架構水塔が設置されていますが、給水システム全体の老朽化に対応すべく、ポンプ圧送式給水システムへ変更し、高架構水塔はすべて撤去します。その重量軽減分を考慮し、合計90k wの太陽光発電装置を校舎屋上に設置します。

② 卓越風を利用した自然通風換気システムと風力発電装置

- 日の卓越風となる広域海風・湖風
- ・ 金閣小学校においては、紀伊水道から瀬戸内海を抜ける大阪平野や中国地方南部全体に広がる広域的な海風の影響とみられる南西風と、琵琶湖からの湖風とみられる東風が日中の卓越風として見られます。
- ・ 夜間は陸風の北西風又は北東風が卓越風として見られます。
- ・ 冬季は西高東低の気圧配置の影響で北西風が卓越します。

注 北校舎屋上に簡易気象観測装置を設置し、風向・風速を測定したところ、敷地からほぼ真南に(断面斜面を下る)2km離れた京都地方気象台のデータと明確な相関傾向が確認されたため、気象台データから敷地の風特性を分析することになりました。

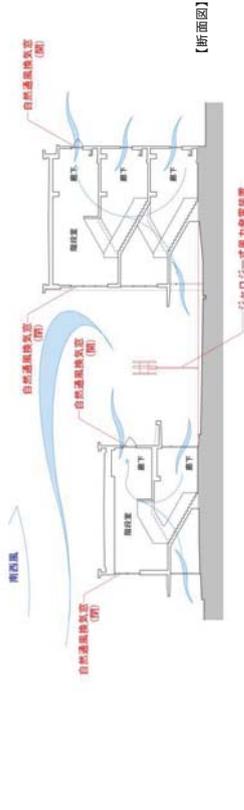


■ 中間期の通風換気促進による環境改善

- ・ 中間期における日中の卓越風である南西風を中心とした南風によって換気を促進し、できる限り冷房期間を短縮することで省エネを図ります。また、階段上部からの換気による上昇気流によって、子どもたちが通風効果による快適さを実感できるようにします。

■ 南北校舎間に出来る風の道を利用する風力発電

- ・ 南北校舎間の東西方向の中庭は、3階建て北校舎に当たった南西風が吹き込んだり、東風によって風の道になりまます。この風を効果的に受け取ることが出来るように、中庭と東校舎に沿った柱間的空間との交差点付近に徹風でも発電能力をもつジャロジー式の風力発電装置を設置します。



- ③ 雨水貯留による灌水
 - 堅壁に設ける小規模雨水貯留タンクによる灌水
 - ・ 京都市の年間降雨量は全国平均レベルであり、夏季の降雨も比較的豊富であることから、堅壁毎の小規模貯留タンクを設け、学習農園、坪庭、ピオトープ、芝生等への灌水や補給水として利用します。
- ④ 敷地西側に隣接する宇多川の水利利用
 - 宇多川の水を揚水引込みし、ピオトープに利用
 - ・ 宇多川は金閣小学校隣接部で暗渠排水となっているため、敷地内会所に横引きし、ポンプアップしてピオトープ池に給水します。
 - ・ 宇多川の水量、水質調査を環境学習に取り入れ、衣笠山の自然への理解を深めます。

2. 快適性と省エネルギーの両立

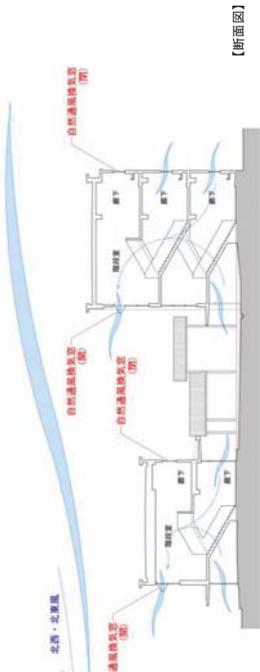
様々な省エネルギー技術が、消費エネルギーの削減という数値結果としてあらわれるだけでなく、子供たちの日常生活の中で、以前より快適になったと言えるような環境改善の体感を伴うようにします。

① 高断熱化による省エネルギーによって体験できる快適性

- ペアガラスによる高断熱化
- ・ 冷暖房を通じて最も高い負荷となる窓開口部をペアガラス化することで、暖房時の窓面からのドラフト冷気を防ぐことができます。これまでは、暖房による温度不均一状況に加えて、外壁側サッシ面からの冷気が床を伝わることによる温度ムラが室内の快適性を損ねていたと思われませんが、これらの状況を大幅に改善することができます。
- 窓面の外断熱手法の一つとしてのライトシェルフの活用
- ・ ライトシェルフによって、中間期から夏季の直射日光を窓外で反射し、冷房負荷を低減することができます。中間期から冬季の低い角度での日射については、反射光を天井に当てることで、暖かくて明るい室内環境をつくりまます。
- ・ この外光反射技術によって、カーテンに頼ることのない快適で開放的な教室環境が実現できます。

② 夏期夜間のナイトパーズ効果による省エネルギーによって体感できる快適性

- 風圧、温度差（重力量）によるナイトパーズ
- ・ 京都は内陸性気候のため、昼間と夜間の温度差が大きく、夏期夜間の外気取り入れによる躯体冷却効果が得られやすいと想定されます。
- ・ 北西、北東風を想定した通風換気や夜間外気の取り込みによって、室内の下層に外気冷気が、上層に昼間に暖められた暖気が集まり、重力差による上昇気流が発生し、建物上部に設けられた自然通風換気窓から暖気が排気され、それにより躯体冷却効果が得られます。
- ・ 夏期の登校時に教室に熱気がたまる不快な状況が改善され、冷房運転時間の短縮が可能になります。



【断面図】

3. 衣笠山の森林教室から学ぶエコロジーな生活の知恵

金閣小学校における環境教育は以前から継続的に活発に行われており、特に、衣笠山の『森林教室』では子供たちが豊かな自然の恵みを知るうえで、大きな成果を上げています。エネルギーの自給自足的な取り組みでもあるスーパードエコスクール実証事業を通して、『森での学び』を『里(学校)でのエコロジーで豊かな生活(学習)』に発展的に繋げていきます。

- ① 落葉発酵ベンチの設置
 - 地域活動拠点『金閣セントラルガーデン』に設置する落葉堆肥槽と暖房ベンチ
 - ・ 校内や近所の公園の清掃によって落葉を集めて堆肥を作ります。
 - ・ 金閣セントラルガーデンに設ける堆肥槽に落葉と米ぬかを交互に入れ、水を加えながら攪拌し、教員重ねます。蓋を木製ベンチにすることで、発酵熱を利用した暖房ベンチとして、約1か月暖を取ることができます。
- ② 京都市産木材を活用する木質空間
 - 京都らしさと若々しさを兼ね備えた木質空間
 - ・ 衣笠山の自然と共に林業の営みについて学ぶと共に、新しく設ける昇降口や教室の腰壁などに京都杉木を利用し、身近な自然素材の良さを肌で感じることができるようになります。
 - 渡り廊下の木造屋根
 - ・ 法的な制約から渡り廊下の構造は既存鉄骨とし、垂木、野地板を不燃杉材とします。屋根は和瓦風のいぶし銀色の耐候性鋼板葺きとし、立地にふさわしい和風デザインに改修します。

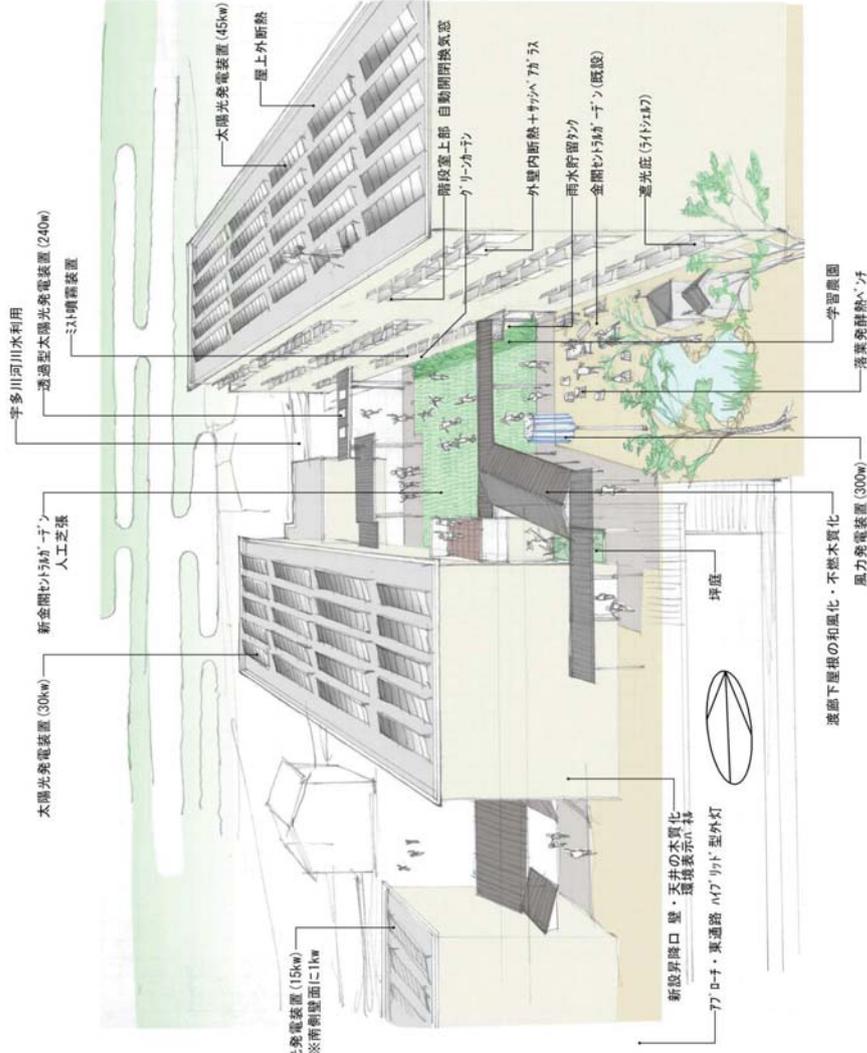
4. 環境技術の「見える化」による環境学習

子供たちが日常生活の中で生き生きと遊びながら、環境技術に自然に触れることができるように様々な工夫をします。スーパーエコスクール(ゼロエネルギー化)への取り組みが創エネルギーと消費エネルギーの相関関係として一目でわかる「見える化」をします。また、創エネルギーや省エネルギーのメリットが直接的に体験できる仕掛けが満載された楽しい学校にします。

- ① 新しくできる昇降口の壁に掲げる環境モニター
 - 一目でわかる創エネルギーと消費エネルギーの比較表示
 - ・ 現状、日果積、週果積、月果積、年果積における太陽光発電による創エネルギー量と電力、ガス消費量をわかりやすい表現で表示します。
 - ・ エネルギー消費量は、棟別、用途別等の系統毎に測定し、省エネ努力やその効果の検証をしやすくします。

② 子供たちの遊びの中心広場、環境技術に囲まれた『新金閣セントラルガーデン』

- 中庭の受水槽の更新移設によってできる広々とした人工芝の広場
- ・ 衛生点検上の問題がある現状のコンクリート受水槽は撤去し、別の位置にポンプ組み込みユニット式受水槽として整備します。
- ・ 受水槽跡を含めて、中庭を上足でも遊べる人工芝の広場とし、「新金閣セントラルガーデン」と称します。
- 自然に目に入る様々な環境技術
- ・ 新金閣セントラルガーデンの北校舎南面壁際に帯状の学習農園(奥にグリーンカーテン)を設けると共に、堅樋につないだ小規模雨水貯留タンクを利用した灌水を行います。また、学習農園に沿って宇多川の水の水路が流れます。
- ・ 教室の窓にはライトシェルフがつくなど、これまでと違う校舎が一目でわかります。
- ・ 北校舎1階窓上部にドライミスト発生装置を設け、夏季の子供たちの遊びの場の直接的な環境改善を通して、気化潜熱というエネルギー移動が体験できます。
- ・ 中庭西側の渡り廊下の一部に太陽光発電装置を設け、東側の中庭奥にジャロージ式の風力発電装置を設けます。これらの再生可能エネルギーの「見える化」の工夫として、光と風をテーマに、北校舎1階廊下にLEDスポットライト付きプラントを設けます。また、系統分離が容易な風力発電では、風力発電直結のコンセントを設け、昇降口にエアマルチプライヤー式ホット・クールファンを接続し、風力発電で創られた電力によりファンを回すことができます。



スーパーエコスクール鹿ノ台中学校基本計画



経緯

生駒市鹿ノ台は、関西学研都市の南端に位置する比較的新しい住宅地であり、南東に平城京跡、若草山を、南西に生駒山を望むむなだらかな南向き丘陵に位置する。この地域では最も新しい地下鉄も伸び、おおらかな自然の中に最新の都市インフラが充実した街である。生駒市立鹿ノ台中学校はこの住宅地の中にある中学校であり、防災や育樹と地域との密な連携を特色の一つとしている。

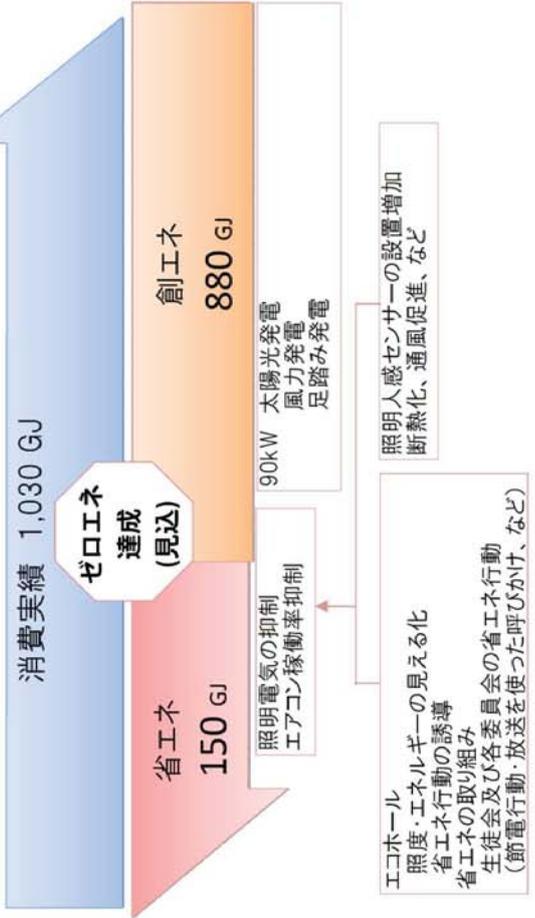
生駒市スーパーエコスクールの提案は、学校と付近周辺との距離、地域との関連、教育の伝統などの観点から、この鹿ノ台中学校を対象として計画された。

生駒市鹿ノ台スーパーエコスクール計画は、以下の3つを主たる特徴とする。

- 【1】 環境行動のシンボルであり、実践の場であるエコホールの新設
エコホールと各教室の「見える化」による環境行動の啓発・実施支援、並びに地域との連携強化
- 【2】 ハッシュタグ技術の積極的導入による省エネルギーの促進と環境改善
- 【3】 アクティブ技術による「意識しない」省エネの実践



■ゼロエネ達成の基本計画



エコホール新設と環境行動支援	(1) エコホールでの環境・エネルギー情報見える化 (2) 各教室に照度計・温度計設置、教室で見える化 (3) 地域に対する環境教育情報発信 (4) 校舎窓：ペアガラスへの更新 (5) 教室：間仕切壁の断熱化 (6) 教室の内装改修、断熱化 (7) 北館屋上の防水改修、断熱化 (8) 太陽光発電 (9) 足踏み発電(生徒会) (10) 小型風力発電かぜまぐるくん(生徒会) (11) 風力・太陽光ハイブリッド型街灯(2基) (12) 省エネ型エアコン更新 (13) 通風促進 (14) 照り人感センサー：廊下 (15) 照り人感センサー：北館トイレ (16) LED照明：体育館、昇降口ホール、廊下他 (17) 高効率照明：教室 (18) 雨水タンク設置、散水利用 (19) 給水揚水ポンプ更新 (20) 節水コマ：手洗場、北館トイレ (21) 節水型便器：北館トイレ (22) 女子トイレに擬音発生装置
ハッシュタグ技術の導入による省エネと環境改善	創エネ 蓄エネ 冷暖房抑制
アクティブ技術による創エネ・省エネ・蓄エネ	照明
	節水

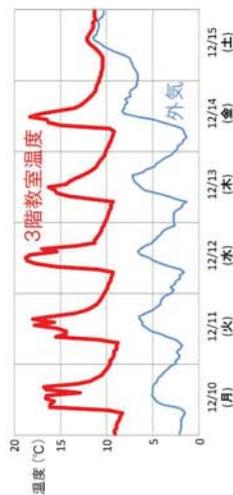
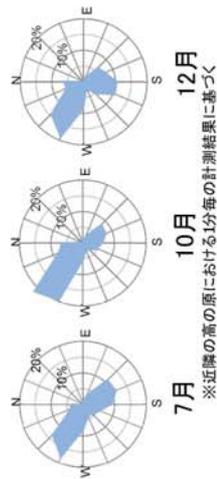
【1】環境行動のシンボルであり、実践の場であるエコホールの新設
エコホールと各教室の「見える化」による環境行動の啓発・実施支援、
並びに地域との連携強化

生駒市スーパーエコスクール構想の基本核となる場を、中学校の位置的中心
かつ、教員・生徒が必ず出入りをするメインエントランスに設けることで、環境活
動を日常生活の基盤と位置づけさせる。この「エコホール」では、各教室で使用
されたエネルギーを一覧できるようにし、各教室の省エネ実践の程度を理解で
きるようにすることで、生徒達の省エネ行動を支援する。また、環境行動に係る
図書やパネルの設置し、生徒や地域の人々の学習の場とする。ホールは、木質
を主とした構造体で天井を支え、真ん中に柱の無い穏やかな空気感となるよう
に設計される。学習の場であると同時に、ここを利用する人達の和みの場となる
ことも期待される。

【2】パッシブ技術の積極的導入による省エネルギーの促進と環境改善

建築の省エネエネルギー技術には、躯体性能に関するパッシブな手法と、機械
設備によるアクティブな手法の2つに大別される。鹿ノ台中学校は、断熱区分
Ⅲ地域という、関西の一般地からワンランク寒い気候区分に位置し、冬の期
授業中の教室内で、温度は18℃より低い計測結果を報告されている。
本構想では、この点の改善も踏まえ、躯体の断熱材貼付、ならびに開口部が
ラスの複層化といった断熱性能の強化を導入技術の基本と位置付ける。
また、夏期は、北西から南東、概ね、斜面の傾斜に沿った方向の地域卓越風
をより積極的に利用する通風促進措置を検討する。
また、各教室に、その照度と温度を表示することで、照明の点消やエアコンの
発停の指針とする。

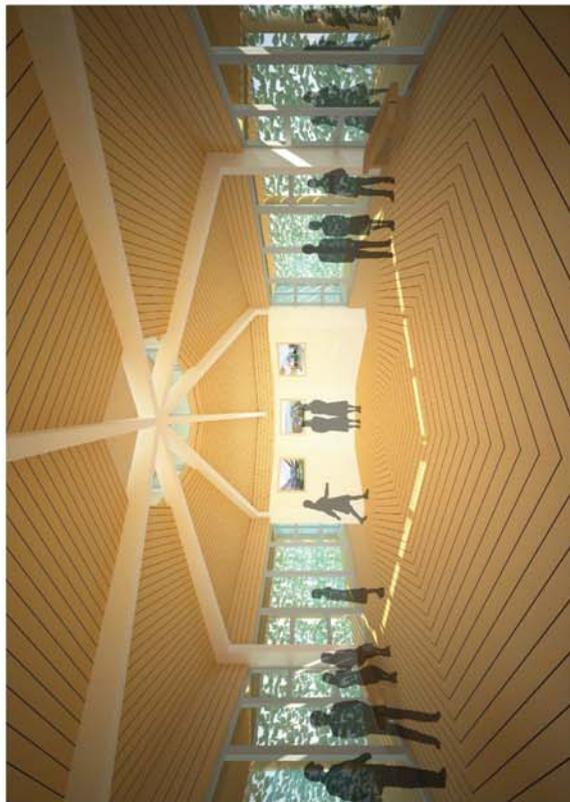
■ 教室の温熱環境



■ エコホール外観



■ エコホール内観



【3】アクティブ技術による「意識しない」省エネの実践

創エネ化で必須であるエネルギーの創出は、アクティブ技術の最たるものである太陽光発電による。校舎南棟・北棟、共に利用可能な屋上をほぼ全て利用して太陽光発電パネルを90kW分を設置する。これは一般家庭の25～30件分に相当する。

照明や冷暖房、水使用のエネルギー使用を抑制するため、LED照明や高効率エアコン、節水コマ、人感センサーなどの機器を導入し、人の操作に依存しない省エネを図る。

さらに、環境行動そのもの見える化の一つとして、太陽光・風力ハイブリッド発電の街灯の設置、生徒からの提案による風力発電装置「かぜまるくん」や足踏み発電の設置などを行い、生徒・地域に対する環境行動の日常的な働きかけを行う。

屋上をほぼ全て利用した太陽光発電設備の設置



小型風力発電設備の設置：昇降口前（生徒案：かぜまるくん）

特記

本構想の検討の場においては、中学校の生徒、教員、ならびに建築・省エネの専門家と行政の担当者からなる委員会が構成され、短い期間の中で、集中的な議論と意見交換がなされた。なかでも生徒からは本構想でも取り上げられた手法の提案が非常に多岐にわたった。その意味において、本構想は既に計画段階ではなく、動き始めたと言ってよい。

計画策定の段階では、ピオトープ、体育館の屋上緑化、薪ストーブ、ミストシャワーなどの手法も提案、検討されたが、建物の構造的体力の限界、不特定多数の利用、管理手間の削減必要性などの観点でこれらの手法は採用を見送った。今後、状況が変化することで、さらなる環境行動の促進のために適宜、導入を検討したい。

スーパーエコスクール実証事業報告書(概要版)



平成25年3月

矢吹小づくり検討委員会

矢吹町教育委員会

I 計画の背景

矢吹小学校は特別支援1クラスを含む全校13クラスの学校である。施設は昭和44年竣工（3,098㎡）と同57年竣工（1,485㎡）の校舎と平成元年竣工の体育館（1,103㎡）がある。このうち昭和44年竣工の旧耐震校舎は平成22年に耐震改修を行っているが、建設後30～40年経過し老朽化が進んでいるため、大規模改修を行うことになった。

東日本大震災では福島県の南部に位置する矢吹町も大きな被害を受けた。幸い本校は耐震改修を行っていた校舎を含め、建物の構造躯体に大きな被害は受けなかったが、天井や家具等の2次部材が被災した。そのため地域避難場所としても使用することはできなかった。この時の課題では防災機能の向上を図ることとした。

震災当初はガソリンや灯油が供給不足となり採暖に苦慮し、上下水道も寸断され各地で給水活動が行われた。大規模な災害によりゼロエネルギーに近い状態で過ごすことを余儀なくされた経験から、季節を問わず必要最低限の生活環境が維持できる避難場所の整備が急務となっている。

復興における学校の役割は非常に大きい。学校教育環境を改善し、かつ防災機能を高めることで、町民が安心して暮らせる環境を整え、町の復興と発展につなげたい。

原子力災害に見舞われている福島県は、クリーンで安全なエネルギーを使用し、安心して日常生活を過ごせる環境づくりに取り組んでいる。矢吹町はまず学校施設でこの課題に取り組む、福島県矢吹町発として世に問いたい。快適性と省エネの両立を図り、自然エネルギーを有効利用することが必要であろう。

今後、矢吹町では学校施設の大規模改修計画を進めていくが、矢吹小学校は先行事例として町のモデル事業となる。専門的知見を集め、多角的な視点を通した検討を行い、より良い大規模改修が実現できる計画に取り組み。

II 矢吹小学校の概要

(1) 歴史・位置

矢吹小学校は学制発布の翌年である明治6年（1873年）に開校した歴史ある学校である。矢吹町の中心市街地に位置し、JR矢吹駅より直線距離で1kmのところにある。旧奥州街道沿いに形成された古くからの商店街の傍にある。

(2) 教育目標

- 心の美しい子ども
（情報豊かで、礼儀正しい子ども）
- 〇じょうぶな子ども
- 〇がんばる子ども
- 〇思いやりのある子ども
- 〇よく考え工夫する子ども

(3) 児童数等（平成24年9月現在）

- ・児童数 255名（普通12学級、特別支援1学級）
- ・職員数 26名（男性10名、女性16名）

図．矢吹小学校の位置



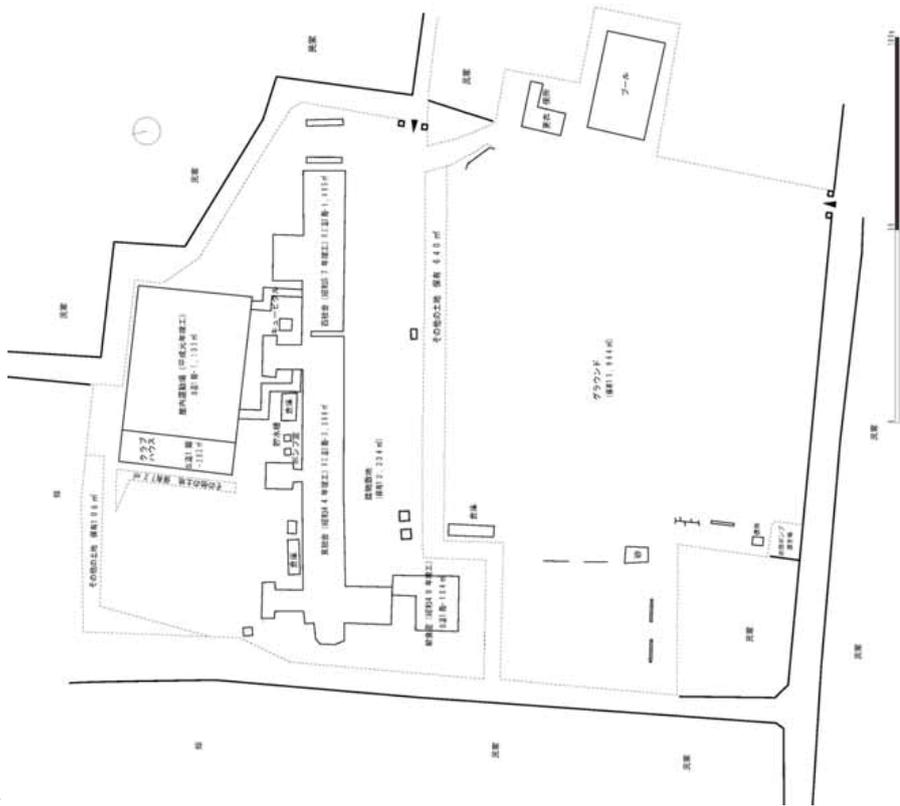
(4) 施設環境

・校地面積： 建物敷地 10,304㎡ 運動場 11,964㎡ その他 818㎡

・主な施設の床面積

校舎：3,098㎡（RC造3階建 S44 築 H22 耐震改修）、1,485㎡（RC造3階建 S57 築）
 体育館：1,103㎡（S造1階建 H1 築）
 クラブハウス：203㎡（S造1階建 H1 築 体育館に付属）
 給食棟：184㎡（S造1階建 S48 築）

・施設配置



配置図（施設台帳）

校舎の南側にグラウンドがあり、北側に体育館がある。グラウンドと校舎、校舎と体育館にそれぞれ1.5m程の段差があり、北側に向かうほど高くなっていく。

グラウンドを囲むように高木が立ち並び、緑豊かな外部環境を形成している。

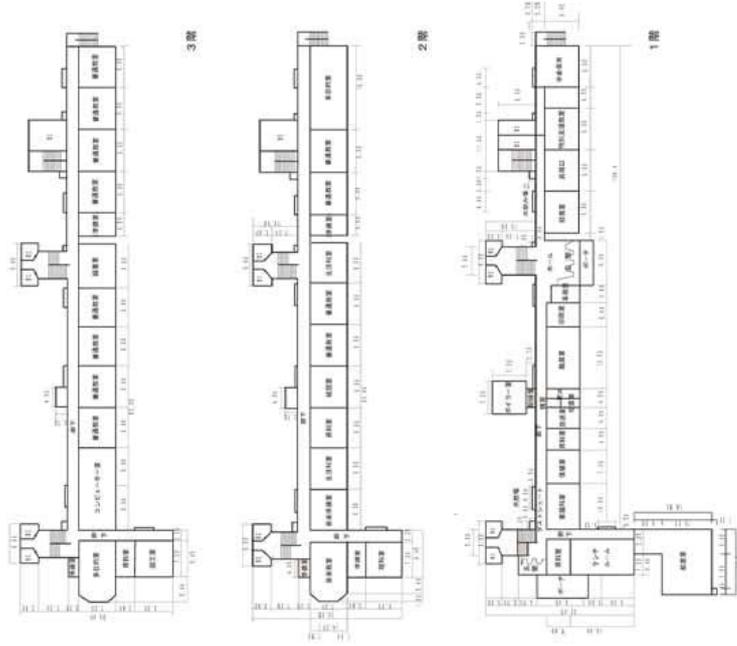


写真、校庭から校舎を見る



写真、校舎の前庭

・校舎の構成



校舎各階平面図（施設台帳）

校舎は西端で南に折れるL字の形をしている。折れた部分は特別教室がある。1階は管理諸室、2階と3階に学級教室が位置する。特別教室は各階の両端に位置する。

L形部分を含む西側の棟（図では左）が昭和44年竣工の古い校舎で、東側の棟が昭和57年竣工の校舎である。西棟、東棟ともに校舎2・3階の南面にはバルコニーが付いている。

教室の壁面に色紙を貼り、教室が明るくなるように環境づくりを行っている。教室前の廊下は照明が少なく曇りの日や夕方方は暗い。特別教室は狭く配管が床上に露出している等の課題がある。図書室は当初校舎の端にあったが、使い勝手が悪いため、3階中央の普通教室を図書室に模様替えして使用している。職員室から校長室が離れた位置にあり、移動が面倒等の意見がある。一部のトイレが階段の踊り場であり、冬場は凍結する等の課題がある。

窓は単板ガラス＋アルミサッシを使用している。外壁面及び屋上に断熱はない。暖房はFFストーブを窓下に設置しているが、平成24年度に教室と特別教室、職員室の天井に空調を取り付けた。



写真、普通教室



写真、教室前の廊下



写真、理科室（2階）



写真、家庭科室（1階）

7	武藤 誠	矢吹小学校長	学校の代表として選出
8	富永 理恵	矢吹小学校教諭	学校の教諭代表として選出
9	大河原篤子	矢吹幼稚園長	学区に在る幼稚園の代表として選出
10	会田 光一	矢吹町町民生活課長	矢吹町の防災担当課代表として選出
11	栗林 正樹	矢吹町教育委員会教育長	矢吹町教育委員会代表として選出
12	長澤 悟	東洋大学教授	学校建築計画を専門とする学識経験者として選定

(2) 検討スケジュール

- 平成 24 年 6 月 19 日 第 1 回矢吹小学校教職員意見交換会 参加者 9 名
主な議題：改修にあたって意見・要望（ヒヤリング）
- 平成 24 年 8 月 10 日 第 1 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：事業内容の説明と確認
- 平成 24 年 10 月 1 日 第 2 回矢吹小学校教職員意見交換会 参加者 10 名
主な議題：目指す学校像、室配置、教室・教室まわり、図書・コンピュータ
- 平成 24 年 10 月 9 日 第 2 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：先進校視察（荒川区立第 7 峡田小学校）
- 平成 24 年 10 月 26 日 第 3 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：視察報告、目指す学校像、教育環境整備、夏期調査報告、防災拠点等
- 平成 24 年 12 月 11 日 第 4 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：目指す学校像、教育環境整備、断熱について、防災拠点等
- 平成 24 年 12 月 11 日 第 3 回矢吹小学校教職員意見交換会 参加者 10 名
主な議題：目指す学校像、計画目標、室配置、エコスクール等
- 平成 25 年 2 月 15 日 第 4 回矢吹小学校教職員意見交換会 参加者 10 名
主な議題：室配置等
- 平成 25 年 2 月 21 日 第 5 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：学校づくりの目標、教育環境整備、冬季調査報告、防災拠点等
- 平成 25 年 2 月 23 日 矢吹小づくりワークショップ 参加者 23 名
講演：環境教育の狙い・目標とエコ改修を通して実践例とカリキュラムデザイン
小澤紀美子先生（東海大学特任教授）
グループワーク：環境教育教材として、学校施設を生かすアイデアを考えよう！
- 平成 25 年 3 月 12 日 第 6 回矢吹小づくり検討委員会
主な議題：報告書内容検討

IV 調査内容

(1) 調査の目的

スーパーエコスクール実証事業では、当地の気候や既存校舎等の温熱光環境とエネルギー利用実態を踏まえ、エコ改修手法とゼロエネエネルギー化の施策、そしてその実現性を検討することを目的とした。当地の気候と温熱光環境の実態を把握するために、矢吹小学校の温湿度と照度等の計測を夏季と冬季の 2 度行った。なお計測に際しては、教室の運用状況を合わせて把握し、温熱光環境の変動との関連性を調査した。エネルギー使用については、国立教育政策研究所が行った調査結果を参考とした。

(2) 調査対象地域の概要

気象庁の統計データを基に、気温、風速、降水量について整理した。ただし、気象庁の統計では矢吹町に関するデータがないため、矢吹小学校から気象庁の観測地点が最も近い（直線距離：約 10km（東方向）、「玉川村」のデータ（2012 年）を引用し、矢吹町の基本情報とみなして東京の気象データと比較した。

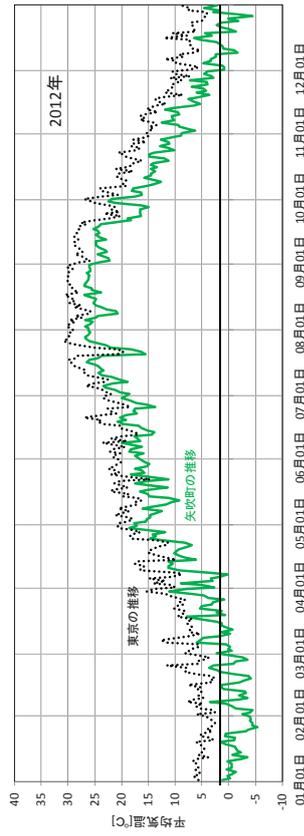


図. 平均気温の推移

・当地の平均気温は東京より概ね 5℃の低い。

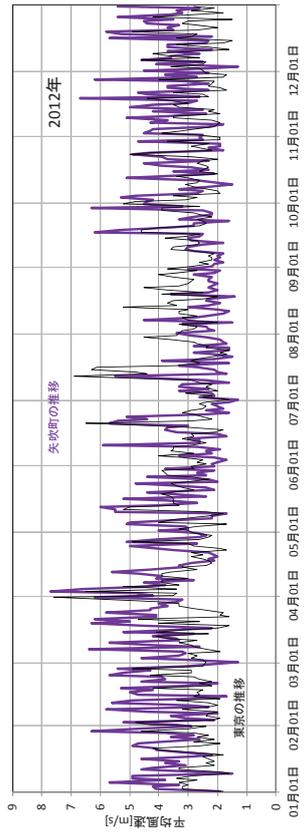
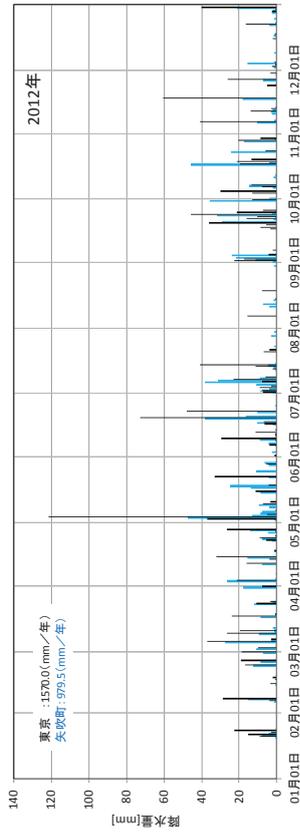


図. 平均風速の推移

・冬の平均風速は東京に比べ大きい傾向にある。特に 1 月から 4 月中旬あたりまで顕著である。夏は東京の平均風速よりも小さい傾向にある。



図．年間降水量

・年間を通じて降水量が少なく、東京の6割程度となっている。

(3) 温熱環境等の計測

1. 計測期間

計測期間は夏冬ともに1週間とした。

夏季

① 教室（職員室）内および外気の温湿度計測

2012年8月23日（木）PM13:00 ～ 2012年8月31日（金）PM15:00

② 表面温度と教室（職員室）内の照度計測

2012年8月23日（木）AM11:00～AM12:00（計測機器設置日）

2012年8月31日（金）PM15:30～PM16:30（計測機器回収日）

冬季

① 教室（職員室）内および外気の温湿度計測

2013年1月25日（金）PM17:00 ～ 2013年2月1日（金）PM15:00

② 表面温度と教室（職員室）内の照度計測

2013年1月25日（金）PM15:30～PM17:00（計測機器設置日）

2013年2月01日（金）PM15:30～PM17:00（計測機器回収日）

2. 計測機器設置場所

① 温湿度計測

計測場所と計測高さを次に示す。

夏季

教室（職員室）	床上 800mm、1,500mm、2250mm
体育館	南側及び北側 床上 1,500mm
屋外	屋上：床上 300mm 1階教室外：床上 3,000mm 1階校舎-体育館渡り廊下：2,300mm

図．温（湿）度計測機器設置場所と計測高さ（夏季）

冬季

教室（職員室）	床上 800mm、1,500mm、2,250mm（4-1 教室と 2-2 教室：床面）
トイレ・廊下	1階 床上約 1,000mm
体育館	南側 床上約 1,000mm
屋外	屋上：床上約 300mm

図．温（湿）度計測機器設置場所と計測高さ（冬季）

夏季の計測結果を受けて、1階教室外、1階校舎-体育館の渡り廊下、体育館北側の計測を除外した。新たに寒さが時に厳しいと指摘された1階・3階廊下（床上 1,500mm）、1階・3階の男子トイレ（踊り場）と、各教室の上下温度分布を把握するために3階 4-1 教室、2階 2-2 教室の床面の計測を追加した。

② 表面温度計測

次に示す箇所の表面温度を計測した。

- ・教室及び職員室：窓（内側、外側）、外に面した柱（内側、外側）、天井、天井下、床
 - ・廊下：窓（内側、外側）、教室側の柱（内側、外側）、外壁（内側、外側）
 - ・体育館：南側外壁（内側、外側）、北側外壁（内側、外側）、天井（南側、北側）、床
- なお、冬季の計測場所は夏季と同様とした。

③ 照度計測

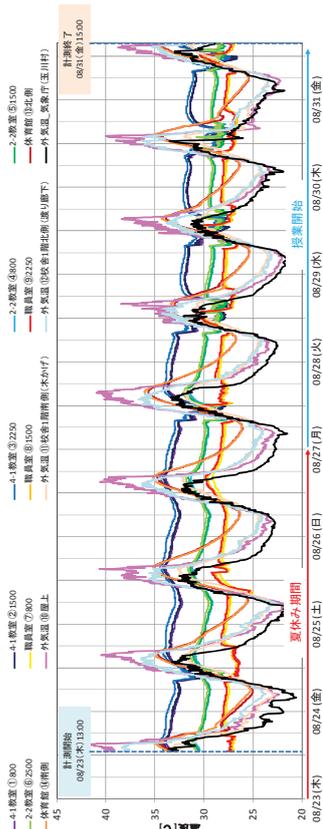
計測高さを机上面高さとし、照明の On-off 時について教室及び職員室内の3点（窓側、中央、廊下側）を計測した。体育館については、照明 Off 時について計測した。

なお、冬季の計測場所は夏季と同様とした。

3. 計測結果

計測結果の一部を次に示す。

① 校舎各室の気温



図．各室の気温と外気温（夏季）

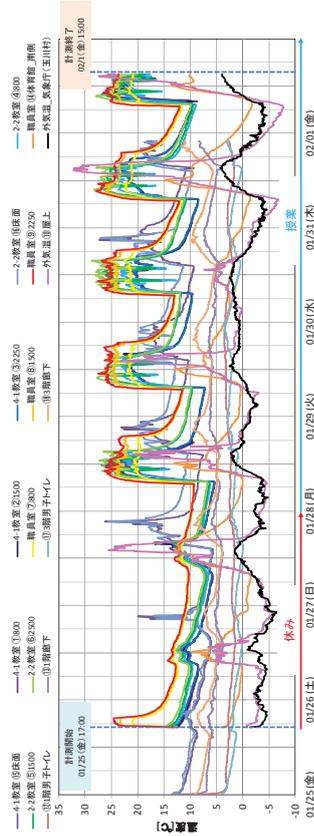


図. 各室の気温と外気温（冬季）

夏季

・室温は1階（職員室）から3階（4-1教室）に上がるに従い高くなった。その温度差は、3階と2階を比較すると概ね3℃、2階と1階を比較すると2℃程度の差が生じている。また、各教室（職員室）内の上下温度に差がほぼないことから、室内温度は均一と思われる。

冬季

・暖房を行わない場合の各教室の室温は、3階から1階に下がるにつれ高くなった。FFストーブを使って暖房を行っていた1月28日（月）の室温は、各教室の運用状況によって室温の変動はあるものの、最高温度はほぼ同様となった。なお、1月29日（火）から1月31日（木）までの間、4-1教室の暖房はエアコンのみとしたが、その間、2-2教室及び職員室との室温の差が5℃程度生じた。

・一般的にエアコンを使用した場合は、上下温度分布に差が出やすいと言われているが、床面を除き800mm、1,500mm、2,250mmの高さで温度の差異は見られなかった。FFストーブを利用した場合には、上下温度分布が2℃程度の差が見られた。これは、ストーブとエアコンの設置位置や吹き出し位置、吹き出し風速等による影響が大きいと思われる。なお、床面はどちらも低い。

② トイレの気温（冬季のみ）



図. 1階と3階のトイレ（冬季）

・踊り場にあるトイレは計測日全体を通して5℃以下となっており、非常に寒い空間であることが分かった。1階のトイレは、3階のトイレよりも若干ではあるが、室温が高い傾向にある。

③ 体育館の気温

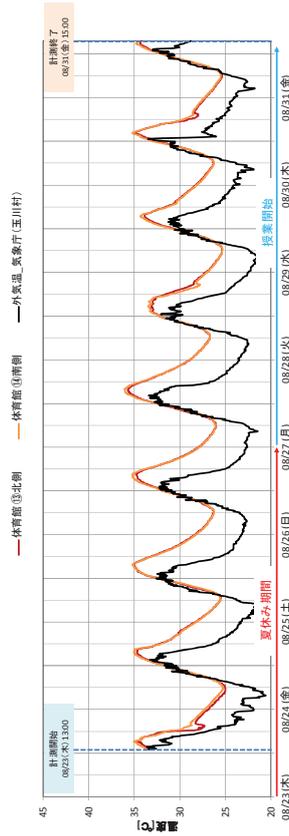


図. 体育館の気温（夏季）

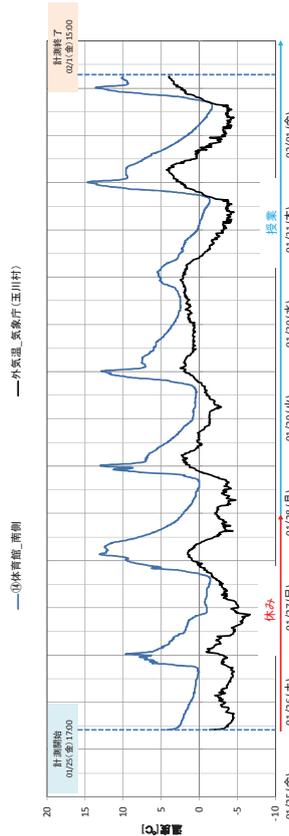


図. 体育館の気温（冬季）

夏季

- ・日中の室内（アリーナ）の気温は外気温より2～5℃程高い。
- ・アリーナ内は南側、北側に関係なく、ほぼ同じ室温となっており、方向による差異はほとんどない。
- ・日中は35℃程度まで上がるが、明け方は25℃程度まで下がる。

冬季

- ・曇りの日であった1月30日（水）を除き、晴れの日では中で10℃程度の室温を記録した。外気温との差が最大10℃程度あった。

④ 教室等の温度変化

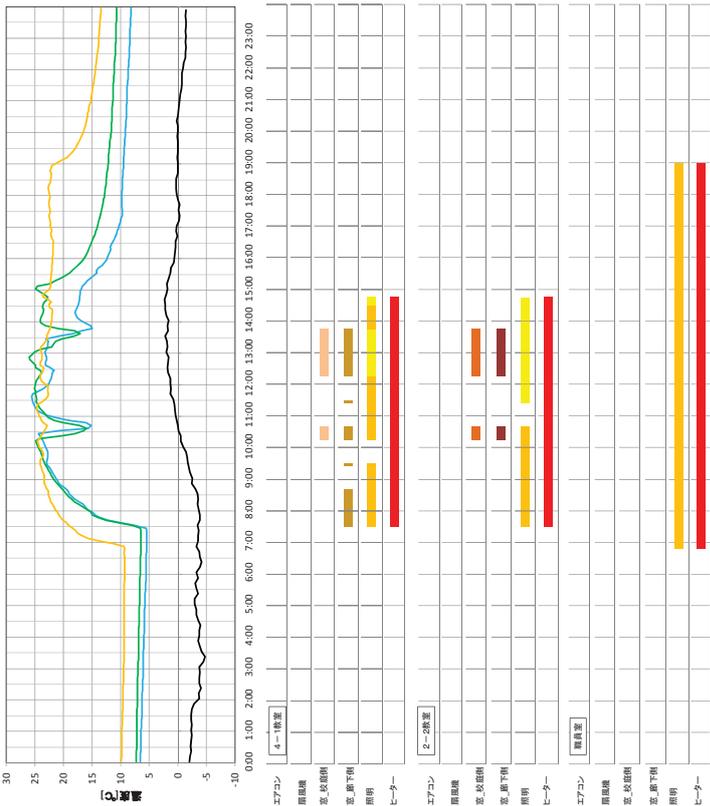


図. 温度変化と運用状況（冬季 1月28日（月））

午前：晴れ 午後：晴れ（屋上およびグラウンド等に積雪あり）

※横棒グラフは運用状況について示している。

薄い色は、断続的な使用
濃い色は、連続使用

冬季

- ・各教室ともFFストーブによる暖房をしていたが、最高温度はほぼ同様となった。
- ・室温が急激に下がる時間帯もあるが、休み時間における窓やドアの開閉の影響によるものと思われる。

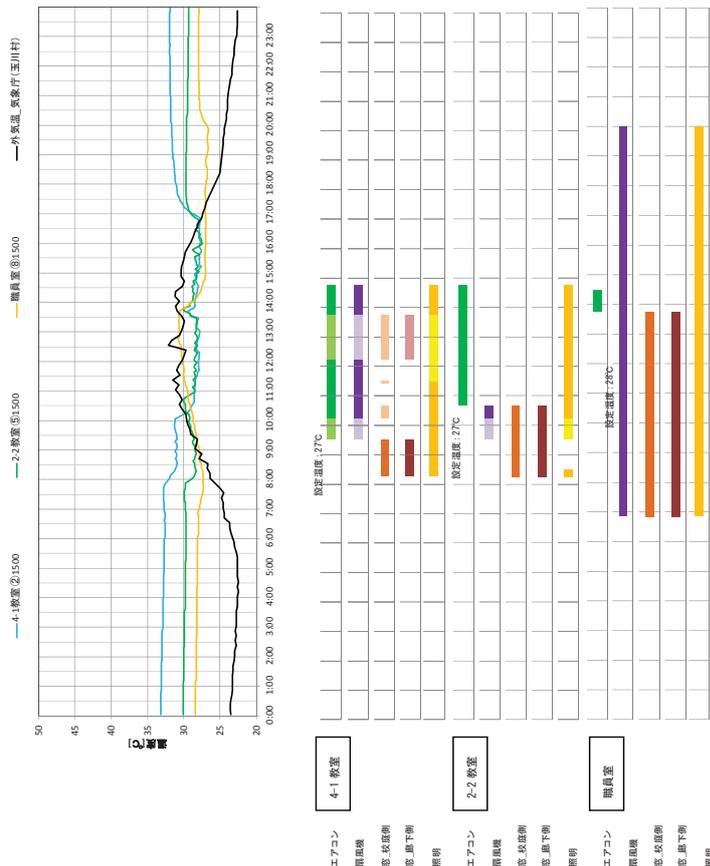


図. 教室等の温度変化と運用状況（夏季 8月28日（火））

天候 午前：晴れ 午後：晴れ

※横棒グラフは運用状況について示している。

薄い色は、断続的な使用
濃い色は、連続使用

夏季

- ・4-1教室、2-2教室および職員室は、始業前に室温が低下している。窓を開放すること起因していると思われ。
- ・4-1教室、2-2教室はエアコンを午前前から使用している。職員室ではエアコンを使用していないため室温がゆるやかに上昇している。
- ・エアコンを使用した際の各室の室温は28°C程度を保っている。
- ・職員室では、午後8時まで扇風機を使用していたが、使用後は室温が1°C程度上昇した。

⑤ 教室等の湿度

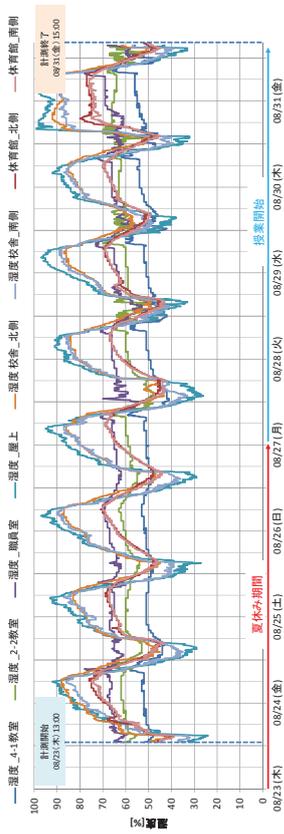


図. 教室と屋外の湿度 (夏季)

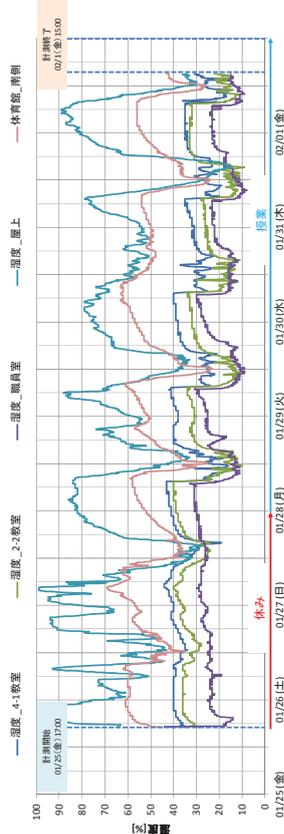


図. 教室と屋外の湿度 (冬季)

夏季

- ・ 外気の相対湿度については、屋上が最も変動幅が大きく、60%の差が生じた。
- ・ 体育館の相対湿度は、南側と北側を比較しても差異は見られない。
- ・ 各教室の相対湿度については、1階から3階に上るに従い相対湿度が低くなる。これは上階の方が温度が高くなることに起因していると思われる。高温ほど飽和水蒸気量が高くなる (より多くの水蒸気を含むことができる) ため、水蒸気量が同じ場合、室温が高いと相対湿度は低くなる。

冬季

- ・ 1階から3階に上るに従い相対湿度が高くなる傾向にある。
- ・ 各教室がFFストーブを使用した1月28日(月)の日中の相対湿度は10%~20%程度とほぼ同様な値を推移している。しかし、4-1教室がエアコンのみを使用した1月29日(火)~1月31日(木)の相対湿度は、FFストーブを使用した2-2教室および職員室と比べるとその差が10%程度高くなっている。これは、4-1教室の室温が低いことに起因していると思われる。高温ほど水蒸気を多く含むことが可能となるため、水分量が同じ場合、室温が高いと相対湿度は低くなり、室温が低いと相対湿度は高くなる。
- ・ なお、計測期間中は教室内に加湿器の設置はしておらず、数本のペットボトルのキャップを開けた状態で設置するなどの湿度向上の対策を施していたが、湿度は低い状況にあり、あまり効果はなかったものと考えられる。

⑥ 教室等の表面温度

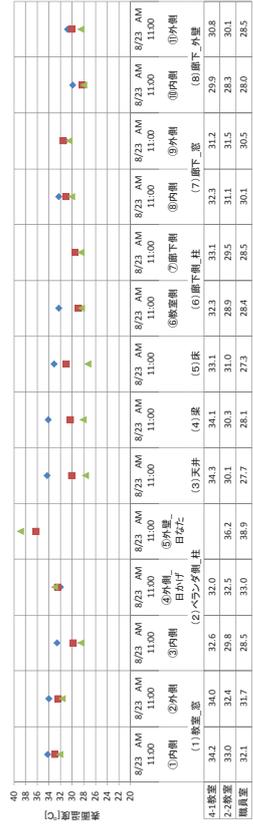


図. 教室と職員室の表面温度 (夏季 8月23日 (木) AM11:00)

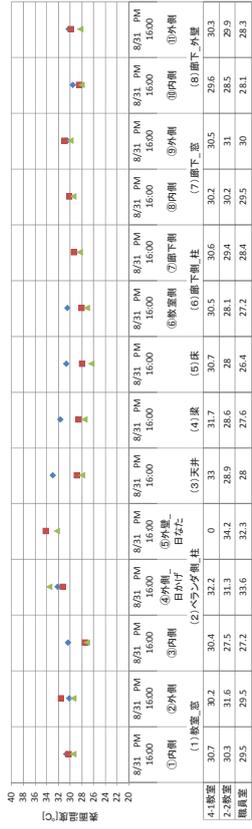


図. 教室と職員室の表面温度 (夏季 8月31日 (金) PM16:00)

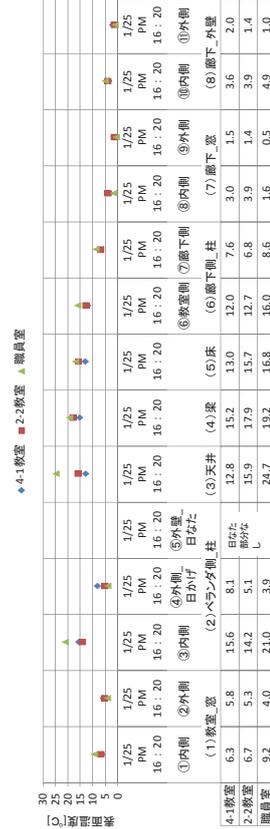


図. 教室と職員室の表面温度 (冬季 1月25日 (金) PM16:20)

夏季

- ・ 校舎3階の4-1教室、2階の2-2教室、1階の職員室の該当箇所について表面温度を計測したところ、階数が高い室内ほど表面温度が高くなる傾向がみられた。

冬季

- ・ 教室内の柱や梁といった躯体や、床や天井などの仕上げ材の表面温度は、1階の職員室が高く上階は低い傾向が見られるが、教室や廊下の窓の表面温度は3階から1階に下るに従い低下している。これは、低層階ほど窓や壁が積雪によって冷やさわれていることが原因と思われる。

⑦ 教室等の照度

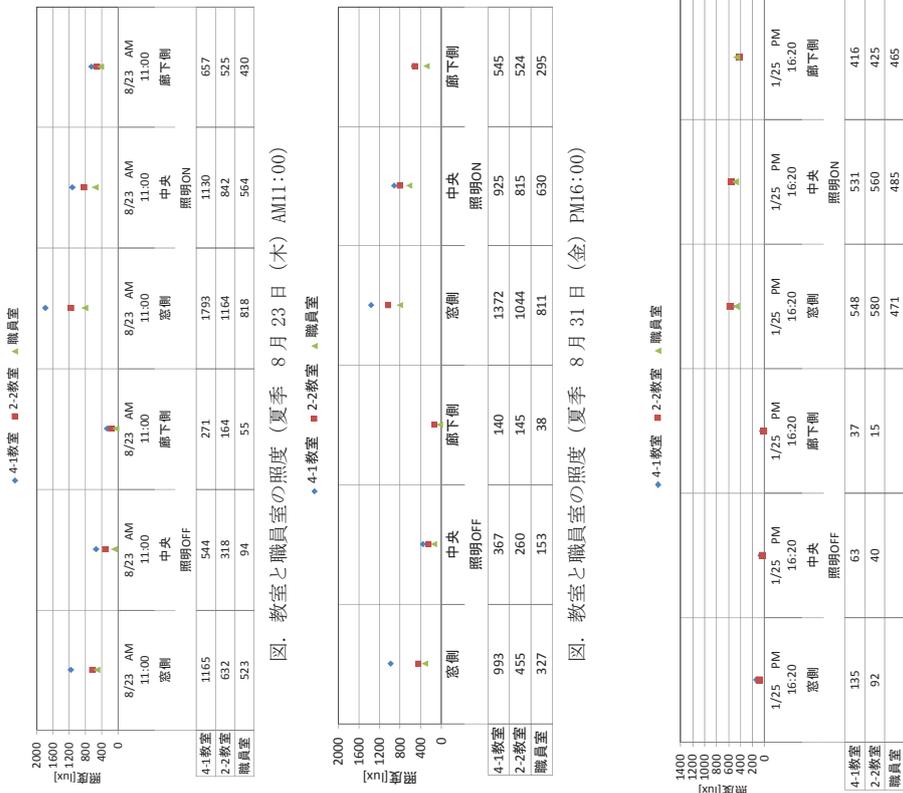


図. 教室と職員室の照度 (夏季 8月23日 (木) AM11:00)

図. 教室と職員室の照度 (夏季 8月31日 (金) PM16:00)

図. 教室と職員室の照度 (冬季 1月25日 (金) PM16:20)

夏季

- ・照明 ON 時の照度は OFF 時よりも高い。
- ・窓側から廊下側に向かうに従い照度が低くなる。また、3階から1階に下りるに従い照度が低くなるが、校舍南側に植栽された樹木の影響を受けたものと思われる。

冬季

- ・窓側から廊下側に向かうに従い照度が低くなる。
- ・なお、季節と計測時間による違いはあるが、総じて夏よりも照度が落ちる傾向にある。

(5) エネルギー使用量の把握

1. 一次エネルギー換算によるエネルギー使用量
矢吹小学校の検針票から毎月の全体の電力量、ガス使用量、灯油使用量を把握し分析を行った結果の一部を示す。なお、本調査及び分析は国立教育政策研究所が行った。各エネルギーを一次エネルギーに換算したエネルギー総使用量とエネルギー種別による一次エネルギー換算の比較を示す。

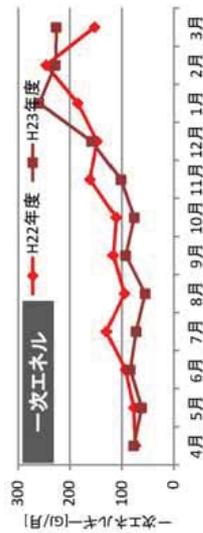
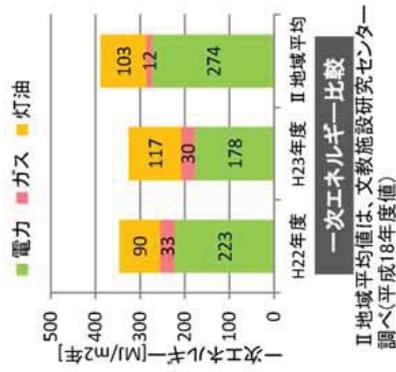


図. 総エネルギー使用量 (国立教育政策研究所作成)



一次エネルギー比較
II 地域平均値は、文教施設研究センター調べ(平成18年度値)

図. 一次エネルギー換算による種別毎の使用量の比較 (㎡当たり)
(国立教育政策研究所作成)

- ・エネルギー使用量は冬季の方が多いために分かる。
 - ・一次エネルギー換算でみたエネルギー使用量は電力が半分以上を占める。
 - ・単位面積当たりのエネルギー使用量を矢吹町が該当する寒冷地区II地域の平均値と矢吹小学校を比較すると少ないことが分かる。
2. 冬季のエネルギー使用状況
国立教育政策研究所が秋から冬季にかけて行った電力使用状況の調査分析結果の一部を示す。

夏期の室温については、日射の影響を壁面だけでなく屋上からも受けていることが考えられる。そのため、屋上の断熱も肝心である。また、開口部についても断熱性を高めることが重要と考えられる。朝方の冷たい外気を教室内にとりこむことで、教室内がある程度涼しくなっていることから、夏期は、夜間から朝方までの外気を積極的に取り入れることが温熱環境改善のポイントと考えられる。

- ② トイレ
- ・冬期計測期間におけるトイレの室温は、5℃以下を推移しており、非常に寒いことが分かった。
- ③ 体育館
- ・夏冬ともに南側、北側に関係なく、ほぼ同じ室温となっており、方位による差はほとんどみられなかった。
- 夏季の日中は、35℃程度と外気温よりも数度高い。
- ・冬季は、晴れの場合、日中外気温が5℃以下でも10℃程度の室温を記録した。

2. 湿度

- ・冬期は1階から3階に上るに従い湿度が高くなり、夏期は3階から1階に下るに従い湿度が高くなる傾向がみられた。これは、高温ほど飽和水蒸気量を多く含むことが可能であるため、水分量が同じ場合、室温が高いと相対湿度は低くなり、室温が低いと相対湿度は高くなることが要因と思われる。
- ・冬期の相対湿度については、各教室がFFストーブを使用した場合、日中の湿度は10%~20%程度とほぼ同じ値を推移した。教室内に加湿器の設置はしておらず、教本のペットボトルのキャップを開けた状態で設置するなどの湿度向上の対策を施していたが、湿度は低い状況にあった。

3. 光環境

- ① 教室
- ・窓側から廊下側に向かうにつれて照度が低くなる。また、3階から1階に下がるに従い照度が低くなるが、校舎南側に植えてある樹木の影響を受けたものと考えられる。
- ② 体育館
- ・照度は中央部分が低くなる傾向がみられた。北側と南側の窓の影響が大きいものと考えられる。

4. 電力使用量（国立教育政策研究所）

- ・EHPの待機電力が大きい。空調を使用しない期間においても、40kWh/日の消費電力量がある。使用しない期間はブレーカーを落とすなどの運用の工夫でエネルギーの削減が可能と考えられる。
- ・冬季の凍結防止用パネルヒーターの電力量が大きい。校舎の断熱性能が向上することによって、凍結防止用の電力を削減するとともに、トイレの快適性の向上につながると考えられる。
- ・教室内のコンセント数が多く、使用していない電化製品のプラグを増やす可能性がある。1教室あたり数Wから、電化製品のモードによっては30W以上増やすことが考えられる。1教室あたりの消費電力量は小さいが、教室数、時間を積算することによって、電力量が大きくなると考えられるので、注意が必要である。もともと、オフィスなどに比べ、学校の消費電力は少なく、電化製品の使用時間の増加が消費電力量に影響してしまうため、運用のルールを決めたり、一括で電源をOFFにできるスイッチを教室ごとに設けるなど、工夫が必要と考えられる。暖房便座を設ける場合も同様の配慮が必要と思われる。

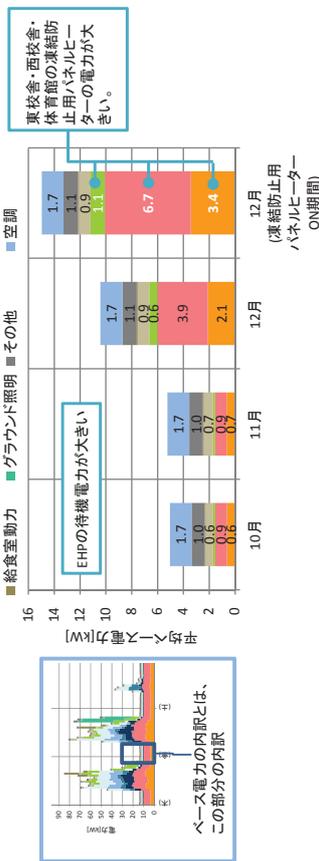


図. 月別のベース電力

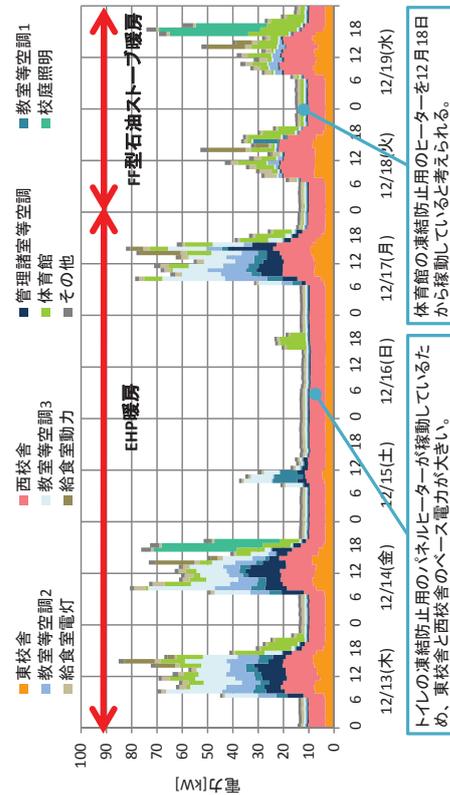


図. 電力の変動（12月中旬）

- ・ベース電力は冬季に増す。
- ・その理由として、トイレに設置したパネルヒーターの電力量が大きいたことが挙げられる。

(6) まとめ

考察の一部を次に示す。

1. 温度
 - ① 教室（職員室）
 - ・1階から3階に上るに従い、夏期は温度が高く、冬期は低い傾向がみられた。特に3階教室（4-1教室）の

V エコ改修・ゼロエネルギー化の検討

(1) 断熱性の向上

本校の温熱環境を改善するためには、断熱性と気密性の向上を図る必要があることは自明の理である。断熱性の向上を図るために改修による断熱方式の検討を行った。

1. 断熱方式

断熱方式には大きく分けて内断熱工法と外断熱工法の2通りがある。日本では内断熱工法が主流である。内断熱工法と外断熱工法では、室内環境等において違いがみられる。

- ・内断熱工法：鉄筋コンクリート造などの構造躯体の室内側に断熱材を張る工法
- ・外断熱工法：鉄筋コンクリート造などの構造躯体の外側に断熱材を張る工法

2. 内断熱・外断熱工法の違いによる室温変化

建物が鉄筋コンクリート造の場合、コンクリートの熱容量（物体の温度を1℃上昇させるのに必要な熱量）が高いために冷暖房の効果に違いがある。

- ・内断熱：コンクリートが外に面し断熱材が室内側にあり内断熱の場合、冷暖房の効き目が早い。その反面、冷暖房を切ると室温がすぐ下ががる傾向にある。
- ・外断熱：外断熱は、冷暖房のスイッチを入れてもすぐには涼しく（暖かく）なりにくい。しかし一旦涼しく（暖かく）なるとコンクリートに蓄熱されるため、冷暖房を止めてもすぐには室温が上下しない。

3. 結露対策

・外断熱の場合、外気・気温の影響を受けず、室内環境に壁面温度が同調するため、内断熱に比べ結露を抑制する効果がある。しかし、施工精度や断熱材の性能等によって、断熱材の外側で内部結露を生じる可能性があるため、導入には注意を要する。

4. 断熱改修の課題

- 熱橋（ヒートブリッジ：熱が通る箇所）対策が十分に行えない。
- ・内断熱の場合は、教室境の壁と外壁面の接合箇所等における熱橋を考慮しなければならぬ。
- ・外断熱の場合は、バルコニーと外壁面の接合箇所、そして1階床下の熱橋を考慮しなければならぬ。

5. 建設コスト・工期

イニシャルコストは内断熱に比べて外断熱の方が大きく割高となる。建築工事に加えて調湿を備えた換気システムを導入する等の換気設備の導入が一層求められることもその要因となる。一方で、工期は内断熱工法の方が施工期間が増え、時間が掛かる可能性が高い。

(2) 湿気・冷気対策

1. 夏季

教職員ヒヤリングを通して、校舎の西側の湿度が高く、特に家庭科調理室は、換気に気をつけても日当たりが悪くてジメジメしているという意見があった。また、梅雨時期になると湿気が多くなるので床が滑るとの意見もある。

家庭科調理室の前の廊下の窓はガラスブロックとなっているため、通風が十分に取れないことがその一因と

考えられる。引き違いの窓に改修し通風を確保する。

また、外気温は日中と夜間の寒暖の差が大きいたということが調査により分かった。一方で室内は夜間も室温があまり下がりたらないことも分かった。夜間は教室側の窓を開け、換気扇を廊下側の窓に設けて外の冷気を室内に取り入れ熱気を逃がす夜間換気が効くことが予測される。

2. 冬季

冬季は非常に廊下やトイレが寒い、特に1階が寒いとの意見があった。計測調査により大変低い温度であることが分かった。窓や外壁面の表面温度も低く、コールドドラフトが発生していることが予想される。また、冷気が階段を通して降りてきていることも予測できる。

廊下側の外壁面の断熱性を向上するとともに、3か所の階段に扉を設け、冷気が下りてくることを防ぐことが考えられる。

冬季の換気については、できる限り外気を温めて室内に給気することが望ましい。全熱交換器の導入が考えられるが、太陽熱を利用して空気を温め、室内に取り入れることも今後検討する。

また、冬季の加湿については加湿器の設置が考えられる。

(3) 電力・エネルギー消費量の削減

1. 照明・自然採光利用

光環境の調査結果より、窓側と廊下側では大きな照度差があること、晴天時には、窓側は照明を付けなくても冬季でも十分な照度（机上500lx）が確保できることが分かった。

照明負荷低減には、まず窓側と中央、廊下側の照明を系統分けすることが考えられる。また、LED等の高効率照明に変えて消費電力を抑えることも求められる。

窓側の照度は夏場の晴天時でも1,000～1,800lx程度であった。バルコニーが庇替わりとなり、夏場の強い直射光が抑えられていると考えられる。

自然光をより生かすために、バルコニーにルーバー等を取り付けることが考えられるが、管理の問題を考慮し、室内のカーテンボックス等で光を反射させ、奥の方に取り入れることも考えられる。

2. 凍結予防対策

国立教育政策研究所の調査分析により、各トイレに設置した凍結予防のパネルヒーターの電力消費量が大きいことが分かった。現在は夜間に連続運転せざるを得ない状況にある。

給水設備の凍結防止には、ロータンク方式の場合、水抜きすることも考えられるが、災害時の利用を考えた際には課題がある。また水を流動させることも考えられるが、節水の面で課題がある。

便器の凍結防止には、トラップ部分にヒーターを付ける便器も販売されているが、1台あたり20～35W程度の消費電力が掛かる。水を抜くことも考えられるが臭気対策ができない。

以上のことから、トイレの改修では温度環境を改善するために十分な断熱等を施した上で暖房設備を設置し、トイレ内が0度以下にならないように運転する暖房はできる限り連続運転を行わずに済む環境を用意する必要がある。

3. ベース電力の削減

国立教育政策研究所の調査分析により、エアコン等の待機電力の負荷が比較的大きいとの結果報告があった。長期休みは受変電設備で使わない室内のエアコンの動力系統を落としておくことも有効だと考えられる。

4. BEMS（ビルディング アンド エネルギー マネジメント システム）

電力消費量を抑えるためには、どこでどの程度の電力量を使用しているかリアルタイムで把握できるような仕組みを導入することも有効である。電力だけではなく、水や灯油、ガスの使用量も把握できる。いわゆるエネルギーギーの見える化であるが、その検討を行った。

① 現状の管理システム

現在の電力管理における課題を整理する。

- ・照明はローカルスイッチのみであり、センターで管理できない。
- ・空調機はセンターコントロールパネルがあり、職員室で集中管理ができる。
- ・中央監視装置、エネルギーモニターや故障、警報をセンター化したものはない。

② BEMS 導入の可能性

照明分電盤、空調制御ユニット、灯油等の各エネルギーメーター等に信号装置を取り付け、BEMSを構築した場合、

- ・各種エネルギーデータのモニタリングにより、消費エネルギーを予測した省エネ対策が計画しやすくなる。
- ・照明電力量、空調電力量を随時測定し、スケジューラル制御を行うことにより、省エネを図る。
- ・各階の廊下等の照明を学校の運用状態に合わせてチドリ点灯、消灯しやすくなる。
- ・警備システム等より最終出退信号を受け、各室の照明、空調の切り忘れを防止できる。
- ・学校のホームページ上でエネルギー使用量（電気、ガス、水、油）を1時間単位でもどこでも閲覧可能となる。

写真、Web モニター



③ 課題

BEMS 導入の課題を整理する。

- ・節電効果の目標設定
- BEMSを導入する際には電力消費削減量の目標値を想定する必要がある。例えばは民間のオフィスパイルが補助金を受けて導入する場合は最低 10%以上削減することが必須と言われている。
- ・導入コストと維持管理コスト

現在の電力料金等に対して BEMS 導入による削減効果を予測し、初期投資がどの程度の期間で回収できるかを考慮して初期投資額を決めることが求められる。また、アグリゲータと呼ばれるエネルギー管理支援サービスを行う事業者の支援を受けなければ維持管理を含めてその運用は難しい。そのコストの回収も踏まえてシステムを組み立てる必要がある。

5. 節水・雨水利用

上水の消費量を減らすために、トイレの便器を節水型に変更することが考えられる。

現在の従来品の大便器は大よそ 13l/回（大）、10l/回（小）の水を消費している。節水型にした場合、大よそ 6l/回（大）、5l/回（小）となる。小便器は 6l/回（従来品）、4l/回（節水型）である。

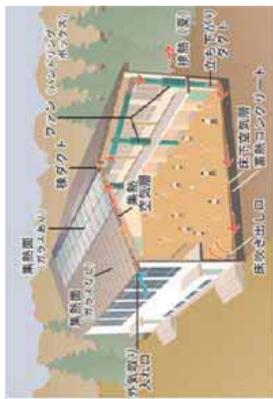
児童のトイレ利用回数について、小便 4回（6回/日のうち、学校でトイレを使う回数）、大便 0.3回（男子）

0.5回（女子）と仮定し、現在の児童数で水消費量を計算すると、大よそ 4,000l（4t）の水消費量を削減できる可能性がある。

なお、洗浄水量が 5l/回を切る超節水型便器も市販されているが、排水管内の詰りの危険性が少ない 6リットル/回以上の仕様とすることが望ましいと考えられる。

(4) 太陽熱利用

体育館の温熱環境を改善するために、検討委員会で見学した荒川区立第 7 峽田小学校にも導入されていた太陽熱を利用した採暖システムを採用することが考えられる。屋根に集熱パネルを設け、集熱した空気を床暖房に生かすシステムであり、通称、空気集熱式ソーラーシステムと呼ばれている。これをユニット化し販売している専門のメーカーが存在する。



写真、空気集熱式ソーラーシステムの概念図

ユニットは集熱面と空気を床下に送るエアハンドリングユニットからなるものであり、床面積 150～200 m²で 1 ユニットが目安とされている。現体育館のアリーナ床面積は大よそ 1,000 m²であるため、6 台程度のユニットを設置する必要がある。

導入にあたっては、

- ・既存の屋根面に載せるために積載荷重が増す。そのため構造の荷重条件を確認する必要がある。
- ・災害時に停電となった場合にも運転できるように、自立運転可能な太陽光発電と組み合わせることを検討する。なお、エアハンドリングユニットの消費電力量は、中速運転で 200W 程度である。

(5) 木質化

温かみと潤いのある学校空間を実現するために、内装に木材を積極的に使用することを検討委員と教職員より積極的に求められた。

その実現にあたっては、地元の木、県産材を使い、森林育成に貢献することが肝要と考える。壁面、床面、天井の仕上げ、児童ロッカー等の造作家具において使用できると思われる。水が掛かる部分は避ける等の適材適所を図る必要がある。

(6) ゼロエネルギー化

ゼロエネルギー化について、太陽光発電の発電量の検討を行った。

1. 現在の消費電力量

平成22年7.23年の平均で大よそ	92,000 kWh/年
9,200 kWh/月 暖房は灯油利用、学校のエネルギーとしては、冬の増加がないのでほとんどが照明負荷と推測	
460 kWh/日 200日(授業を行う年間日35週×5日+α)	
58 kWh 1時間当たりの電力量	学校の運用時間を8時間と仮定

2. 太陽光の年間発電量の検討

・計算根拠
 月次発電量計算式
 $KWh/月 = KWh/m^2 / 日 \times 日数 \times (1 - \text{温度ロス}) \times (1 - \text{その他のロス}) \times \text{太陽光発電容量}$

* 季節にかかわらず効率を設定している数字を選択

日照グラフ/月	過去平均	KWh/m ²	1-温度ロス	月次発電量
緯線角	50度			KWh/月
方位	45度			
平均日射量	日			
1	3.0	31	0.90	6,026
2	3.8	28	0.90	6,895
3	3.9	31	0.85	7,399
4	4.0	30	0.85	7,344
5	4.0	31	0.85	7,589
6	3.7	30	0.80	6,394
7	3.7	31	0.80	6,607
8	3.7	31	0.80	6,607
9	3.1	30	0.85	5,692
10	3.1	31	0.85	5,881
11	3.1	30	0.80	5,357
12	3.1	31	0.90	6,227

NEDO DATAbase
 場所：福島県 石川

計算式より想定
 太陽光発電想定容量 **80 kW**

460 kWh/日
 エコ改修で約80%負荷省エネ↓
 電気消費量/日 **368 kWh/日**

* 1-その他のロス = 0.9
 諸条件による

年間の発電量 **78,017 kWh/年**

78,017 kWh ÷ 368 kWh = **212 日** 運用可能日数
 電気消費量使用可能日数 **212 日** 電気消費量

以上により、現在使用している電力量をエコ改修+省エネ利用で2割削減し、80kwの太陽光発電を導入すれば、1年間の消費電力をまかなえると予測できる。(ただし、夏期を中心とした余剰発電消費を含める)

3. 灯油を電力換算した場合

・灯油の消費量：約 13,000 l = 36.7MJ / l × 13,000 l = 477.1GJ (2年間平均)

灯油の電力換算	年間	477 GJ/年
電力量換算		48,883 KWh/年 (9.76MJ/kwh)
負荷低減目標		60% (エコ改修による)
太陽光発電で賅う目標発電量		29,330 KWh/年

*80kwの太陽光発電(78,017/kwh/年)と比較して、太陽発電量を求めると
 太陽光発電想定容量 **30 kw**

110 kw トータル発電容量

現在の灯油消費量の4割削減できれば、80kwの太陽光発電により1年間を通した一次エネルギーベースにおけるゼロエネルギー化が図れる。

4. 冬期の暖房をエアコンに頼る場合

エアコン定格電力	131.1 kw
1日8hで70日	8 h
負荷率	70 日
50%	
想定エアコン年間負荷	131.1*8h*70日*0.5= 36,708 KWh/年
目標とする省エネ率と消費量	80% 29,366 KWh/年 (エコ改修による)
太陽光発電想定容量	30 kw
トータル発電容量	110 kw

5. 太陽光発電容量
 以上により、目標値を**110kw**と想定する。

6. 設計概算

想定容量	110 kW	・計算根拠	1 m ² 発電効率	160 W
パネル設置面積	688 m ²	太陽光発電設置面積	756 m ²	
架台等考慮	22,688 kg	機器概算 荷重	30 kg/m ²	

7. 主たる構成機器の期待寿命

- ・太陽電池パネル・・・期待寿命 20 年以上
- ・パワーコンディショナ・・・期待寿命 10 年以上

8. 考察

110kwの太陽光発電を導入した場合、現在の消費エネルギーより、電力を2割、灯油を4割削減することがゼロエネルギー化の条件となる。

ただし、平成24年度に導入したエアコンの夏期の電力消費量を踏まえていないため、設計段階で更に精査する必要がある。

また、10年後のパワーコンディショナの交換費用の他、日常の清掃を含めた維持管理費を見込んでおくことも求められる。

(7) 環境教育

環境教育に資する学校施設として、緑化空間の整備、環境学習室、グリーンルームの検討を行った。

1. 緑化空間の整備

給食施設の跡地を利用して児童が緑や土に触れられる空間を用意し、体験を通して自然環境を学ぶ場とする

ことを検討した。菜園や花壇、ビオトープ、芝生、原っぱなどに行うことが考えられる。ただし、設計で作成し込み過ぎないようにすることが肝要である。

2. 環境学習室

エコ改修の考え方や仕組みを学ぶ場、省エネ活動の拠点として児童が訪れやすく分かりやすい位置に環境学習室を設けることを検討した。

具体的な設えは設計段階で決定する。ワークショップを通して得られたアイデアとして、

- ・どの程度溜ったか把握できるリサイクルボックス
- ・断熱改修の仕組みが分かる工夫
- ・太陽発電量が分かる仕組み
- ・電力等のエネルギー消費量が分かる仕組み
- ・環境教育の学習成果物の発表の場（掲示・展示）

などが考えられる。

3. グリーンルーム

自然の循環システムを体験的に学べる温室を検討した。スウェーデンの学校に設けられたグリーンルームを事例として紹介した。



図. グリーンルームのイメージ

スウェーデンの学校では、太陽発電によりポンプを動かし、雨水をろ過して温室内で循環させている。その水で魚や植物を育てることで、地球の循環システムを体験的に学べる場としている。天気の変化によって、ポンプも動かなくなるなど、環境の変化にその循環システムも大きな影響を受けることが理解できる。

スウェーデンの事例は一つの可能性を示したものに過ぎず、今後の検討にあたっては、環境教育における具体的な利用方法とその教育的価値を考え、矢吹小学校に必要とされる場所として設計する必要がある。

4. その他

ワークショップでは環境教育のアイデアを出し合った。その結果の一部を示す。

- ・生ゴミのたい肥化
- ・打ち水として利用できる雨水タンクの設置
- ・グリーンカーテン
- ・楽しく分別できる教室のゴミ箱
- ・風車

などについて設計段階で更に検討を進める。

VI まとめ：施設計画の目標

以上の検討を通して、次に示すエコスクールに関する施設計画の目標を定めた。

1. 校舎等の温湿光環境の改善、快適性の向上と省エネの両立

- ・断熱性と気密性の向上を図り、少ないエネルギーで快適な内部空間を維持できる環境を整備する。
- ・夏季や中間期の通風を確保し、冬季は冷気の流動を防げる施設設備とする。
- ・自然光や高効率照明器具を有効利用して窓側と廊下側の照度差を改善し、目に優しく環境に優しい光環境を用意する。
- ・水を大切に使える環境を用意する。

2. ゼロエネルギー化

- ・太陽発電による創エネルギーと消費エネルギーとのバランスを目指す。
- ・消費エネルギーと創エネルギーの「見える化」を図り、効率的なエネルギーの消費を運営上の工夫で効果的に組み立てられるようにする。
- ・運用負荷に合わせて電気を蓄電するなどエネルギーの無駄を防ぐ。

3. 木質化

- ・県産材を活用し、あたたかみのある落ち着いた学校空間をつくる。
- ・内装に木を使うことで、室内環境の調湿性を高める。

4. 環境教育の推進

- ・カリキュラムの中で「環境教育」を位置付け、本校の教育的特長として継続的に推進するための環境教育教材となる施設整備を行う。

平成24年度
スーパーエコスクール実証事業報告書

京都市教育委員会
平成25年3月

1 京都市立金閣小学校（対象施設）の概要

本事業の対象施設である京都市立金閣小学校は、省エネ区分Ⅳに分類される京都市の北西に位置する。昭和33年に衣笠小学校宮敷分校として誕生し、昭和40年に第二衣笠小学校として独立開校した。平成27年度には開校50周年を迎える予定である。

学校の周辺には、世界文化遺産である金閣寺や龍安寺、仁和寺を初めとする名刹に加え、堂本印象美術館や立命館大学等といった文化教育施設に恵まれ、多くの観光客でにぎわう一方で、宇多天皇ゆかりの衣笠山等の自然環境にも囲まれ、子どもたちが地域を知るフィールドワークに活用してきた。平成21年度には学校運営協賛会議を発足させ、地域住民の支援を得て体験的活動や作業的活動等多様な学習活動を取り入れることで、児童が生き生きと学習する環境が整っている。

一方、校舎は昭和30年代から50年代に建築された建物で、老朽化に伴い今日的な教育活動を行う上での課題を抱えている。

- (1) 学校名・児童数・教職員数・クラス数（平成24年5月1日現在）
京都市立金閣小学校（副佐準一校長） 児童数 566名 教職員数 37名
普通学級 19クラス 育成学級 3クラス

(2) 建物概要

棟名称	棟番号	構造・階数	床面積	建築年
北校舎	1-1	RC造3階建	688㎡	昭和33年
	1-2	RC造3階建	282㎡	昭和34年
	1-3	RC造3階建	277㎡	昭和35年
	1-4	RC造3階建	402㎡	昭和37年
	1-5	RC造3階建	405㎡	昭和38年
南校舎	1-6	RC造3階建	411㎡	昭和39年
	12	RC造2階建	170㎡	昭和54年
	2-1	RC造2階建	358㎡	昭和45年
オ	2-2	RC造2階建	278㎡	昭和44年
	2-3	RC造2階建	346㎡	昭和47年
カ	10	RC造2階建	226㎡	昭和52年
キ	9	RC造2階建	615㎡	昭和50年
	3	RC造1階建	455㎡	昭和41年

- ア 施設用途 小学校
- イ 施設所在地 京都市北区平野上柳町61番地の1
- ウ 校地面積 15,137㎡
- エ 建物敷地面積 7,573㎡
- オ 校舎延べ面積 4,456㎡
- カ 屋内運動場面積 455㎡
- キ 運動場面積 7,564㎡

2 施設の特徴

- (1) 風致地区
金閣小学校周辺は、京都市風致地区条例に基づき「風致特別金閣寺周辺第三地区」に指定されており、金閣寺が重要な要素となつて優れた自然的景観を有するとされている。計画策定にあたっては、周辺環境との調和が求められる。特に太陽光発電は公共用空地から見えない位置に設置する必要がある。
- (2) 校舎配置・部分改修
校舎は「北校舎」「南校舎」の3棟で構成されている。北校舎・南校舎は東西方向に、東校舎は南北方向に長く、日射や風向き等の条件が異なる。また部分的に改修している（北校舎教室間仕切り）等、棟ごとに条件が異なることから細やかな計画の立案が求められる。
- (3) 空調整備・照明改修
京都市では普通教室の冷房化を平成18年度に完了しており、金閣小学校においても普通教室・管理諸室に空調が整備されている。未空調化室の暖房はガスストーブを使用しており、省エネ化のためには、快適性を損なわずにガスストーブや空調の稼働率を引き下げる工夫が求められる。

また、照度確保と省エネルギー化を進めるため、平成24年度に、全ての居室において窓側に照度センサー付きHf蛍光灯、廊下側はHf蛍光灯、廊下の照明はLED照明への更新が完了している。

(4) 給食室・プール

京都市の小学校では自校調理方式を採用しており、校内に給食室を整備している。調理機器はガス回転釜のみであり、食器消毒に電気式の乾燥機を用いている。

また、プールについては敷地条件により設置できない学校を除き、全校に整備している。主なエネルギー消費はろ過機の稼働である。

(5) 周辺気候・敷地形状等

計画策定にあたって実施した微気候調査によれば、京都地方気象台の測定値に近く、京都市の代表的な気象条件を元に計画策定することとする。校舎敷地は北から南にかけて緩やかな下り坂となっており、校舎の日照条件は良い。

<微気候調査の概要>

- ア 測定日 平成24年8月27日～9月14日
- イ 測定内容 北校舎屋上に測定機器を設置し、「風速」「風向」「風湿度」「降雨量」を計測



計測機器の配置状況



風速計・降雨量計



記録機器

<測定結果>

日付	金閣小学校		京都地方気象台		風速	風向	最大風速	風速	風向	最大風速
	気温	湿度	気温	湿度						
9月8日	11:30	30.9	1018	4	30.6	1018.4	3.9	南	6.7	
9月8日	11:40	30.8	1017	4	30.7	1018.3	4.9	南	7.8	
9月8日	11:50	30.6	1017	7	30.2	1018.3	3.9	南南西	6.4	
9月8日	12:00	30.7	1017	4	30.2	1018.2	3.6	南西	6.2	
9月8日	12:10	30.6	1017	3	30.3	1018	3.5	南南西	5	
9月8日	12:20	31.1	1017	6	31	1017.9	3.5	南南東	5.8	
9月8日	16:30	30.6	1015	2	30.1	1016.3	2.7	東	4.1	
9月8日	16:40	30.6	1015	4	30.2	1016.3	3.1	東	5.9	
9月8日	16:50	30.7	1015	2	30.1	1016.5	2.6	東	4.6	
9月8日	17:00	30.3	1015	2	30.1	1016.6	2.5	東南東	4.4	
9月8日	17:10	30	1015	4	29.8	1016.6	3	南南東	5	
9月8日	17:20	29.7	1015	2	29.6	1016.6	3.4	南東	5.6	
9月8日	20:30	27.6	1017	4.6	27.8	1018.1	2.9	南東	5.1	
9月8日	20:40	27.6	1017	3.2	27.8	1018.2	2.5	南東	4.4	
9月8日	20:50	27.5	1017	3.2	27.7	1018.3	2.4	南東	3.9	
9月8日	21:00	27.5	1017	4.3	27.7	1018.2	2.1	南東	3.6	
9月8日	21:10	27.4	1017	3.7	27.7	1018.2	2	南東	3.1	
9月8日	21:20	27.4	1017	3.1	27.6	1018.2	2.3	南東	3.6	

3 検討体制

本実証事業の目的は、ゼロエネルギー化の達成であるが、施設的な条件整備だけではなく、省エネに向けた地域・全市への波及効果を高める環境教育を重視することとし、学校関係者、学識経験者、地域住民、設計者からなる委員会を組織して検討を進めた。また、京都市では平成 21～23 年度に環境省モデル事業「学校エコ改修と環境教育事業」の指定を受け、既存校舎の環境配慮型改修を行った実績があり、この知見を生かして事業を進めることとした。また、ワークショップの講師手配にはプラチナ構想ネットワークの協力を得た。

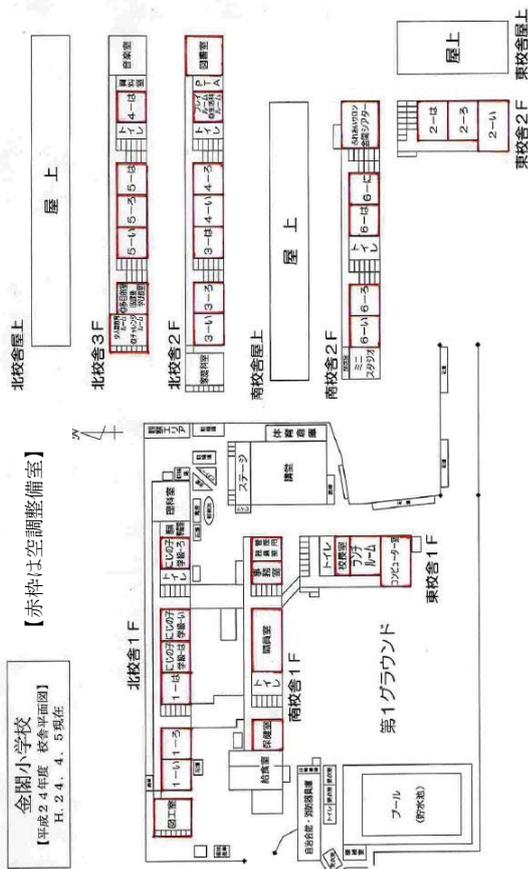
(1) 委員構成 (○：委員長)

氏名	職名	委員選定理由
○諏佐 準一	京都市立金閣小学校校長	対象校の校長であり、改修計画や教育面への活用などを総合的に判断できるため
立川 博司	京都市立金閣小学校学校運営協議会会長	対象校の学校運営協議会会長であり、地域の代表として主に環境学習の発信拠点としての整備について助言を受けるため
近本 智行	立命館大学理工学部建築都市デザイン学科教授	建築都市環境・建築設備工学の専門家であり、「学校エコ改修と環境教育事業」(環境省：H21-23)を踏まえて環境配慮建築物としての改修内容や環境教育への活用に向けての助言を受けるため
西村 清晃	株式会社浦辺設計代表取締役 京都市教育委員会事務局 総務部教育環境整備室担当課長	公募により決定した設計事務所の代表
今北 幸洋		本実証事業所管課の担当課長

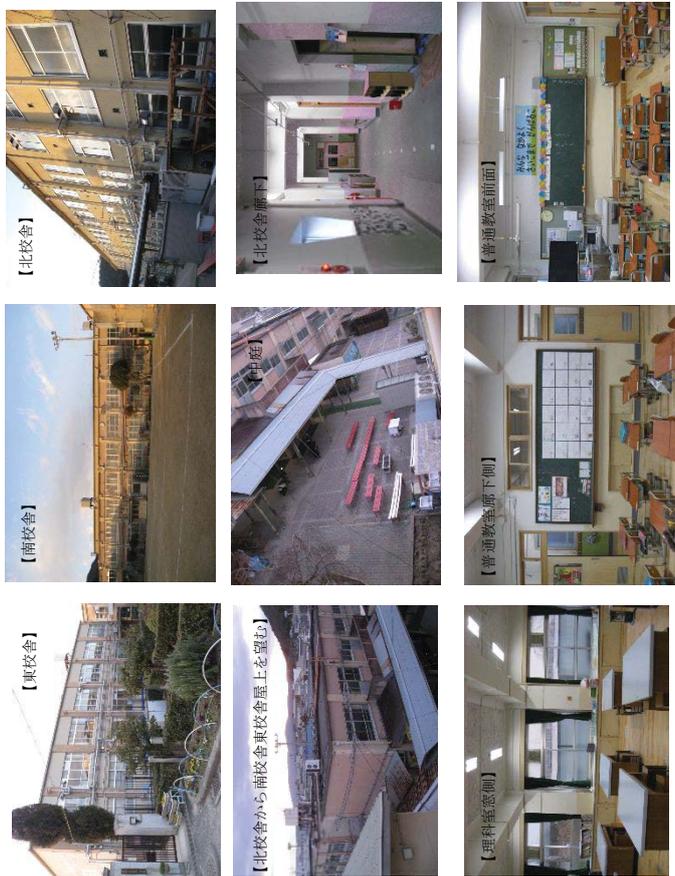
(2) 検討スケジュール

日程	会議名	協議内容等
8月31日 @金閣小学校	第1回検討委員会	○事業概要説明 ○施設状況・環境教育の取組について報告 ○考えられる再生エネルギー、省エネルギーの工夫 ○今後のスケジュール
9月24日 @京都市立朱雀第四小学校	第1回ワークショップ	○「学校エコ改修と環境教育事業」実施校の視察
11月8日 @金閣小学校	第2回ワークショップ (教職員も参加)	○施設を利用した環境教育についての委員ヒアリング ○講演「北のエコスクールに因りて」(麻松内中エコ改修の紹介) 北海道立総合研究機構北方建築総合研究所 鈴木大隆氏 ○教員によるグループ討論
12月17日 @金閣小学校	第2回検討委員会	○ゼロエネルギー化に向けた学校における省エネの取組について ○環境教育への活用について ○報告書骨子案について
2月19日 @金閣小学校	第3回検討委員会	○ゼロエネルギー化するための改修内容について ○環境教育への活用について ○地域・保護者への波及効果について
3月14日 @金閣小学校	第4回検討委員会	○実証事業報告書について

(6) 既存校舎配置図



(7) 既存建物写真



4.ゼロエネルギー化の目的と改修の基本的な考え方

(1) 学校施設においてゼロエネルギー化を目指す目的

学校施設の消費エネルギーは商業施設等に比べて小さく、日本全体のスケールで見るとゼロエネルギー化による省エネ効果は限定的である。しかし、学校施設は子どもたちの学びの場であり地域活動の拠点でもあることから、施設自体を教材として体感的に省エネ生活を学ぶことができれば、省エネ志向を持った人材の育成に寄与することができる。地域住民への波及効果も期待できる。

また、できるだけエネルギーを使わずに快適に過ごせる施設は、災害時の避難所としての機能向上につながる。これらの観点からゼロエネルギー化の目的を次の3点に整理する。

ア 児童がゼロエネルギー化にチャレンジし、エネルギーの大切さを体感的に学習することを通じて、省エネ志向を持った人材育成を行うこと

イ 地域ぐるみの取組を通じて住民や保護者への省エネ志向の波及を図ること

ウ 自然エネルギーを活用した省エネ化により災害時の避難所機能を強化すること

(2) エネルギー利用状況

平成23年度の電気・ガス利用状況はメガジュール換算で1,893,648メガジュールである。

このうち、空調に係るエネルギー消費量は415,933メガジュールである。

(空調年間消費量：ガス8,026m³、電気5,611kWh、年間運転時間：8,845時間)

月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
電気(kWh)	6,420	7,470	9,304	13,439	8,773	9,256	7,764	8,665
ガス(m ³)	2,039	742	777	1,189	2,013	786	1,603	782
月	12月	1月	2月	3月	合計	メガジュール換算	年間エネルギー	
電気(kWh)	8,229	6,823	10,673	9,566	106,382	1,038,288	1,893,648	
ガス(m ³)	836	1,739	2,866	3,656	19,008	855,360		

※給食室・プールの稼働にかかるエネルギー消費を含む
平成24年10月～平成25年1月にかけて、国立教育政策研究所が金閣小学校のエネルギー使用状況を調査した。主な特徴は以下のとおりである。

- ア 校舎の電力量は、日中は、ほぼ一定であり照明による電力と考えられる。
 - イ 各教室には、テレビ、パソコン、パソコンモニター、ラジカセ、ビデオデッキ、ハブ等電化製品が多い。1教室当たりの消費電力は小さいが、教室数、時間を積算することによって電力量が大きくなると考えられる。(電気製品の待機電力の合計 2200W (北校舎 900W, 南校舎 1000W, 東校舎 300W))
- このことから、省エネには照明の節電や、待機電力の削減が有効であることが分かる。

(3) ゼロエネルギー化実現のための省エネ・創エネの取組

ア ゼロエネルギー化の対策

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書(平成24年5月：学校ゼロエネルギー化可能性検討シミュレーション委員会)(以下学校ゼロエネルギー化報告書)7ページのゼロエネルギー化可能検討シミュレーションにおいて、「給食室等の運営方式や施設の有無により各学校で異なる要素についてはここでは考慮しない」と

されていることから年間消費エネルギーのうち、給食室及びプールの消費エネルギーは検討から除く。

イ 省エネの検討

(ア) 電力に係る省エネ(照明・待機電力)

学校が消費するエネルギーは、給食室を除けば、照明と空調が大部分を占める。「学校施設の節電対策に関するシミュレーションについて」(平成23年5月：国立教育政策研究所)によれば、普通教室と特別教室の1/3及び廊下の照明を消灯すれば電気使用量の2割を削減できるとの試算結果がある。平成23年度にライントシェルフを設置した本市の朱雀第四小学校で改修後照度測定を行ったところ、晴天であれば窓側を消灯しても概ね500ルクスを確保できることが分かった。

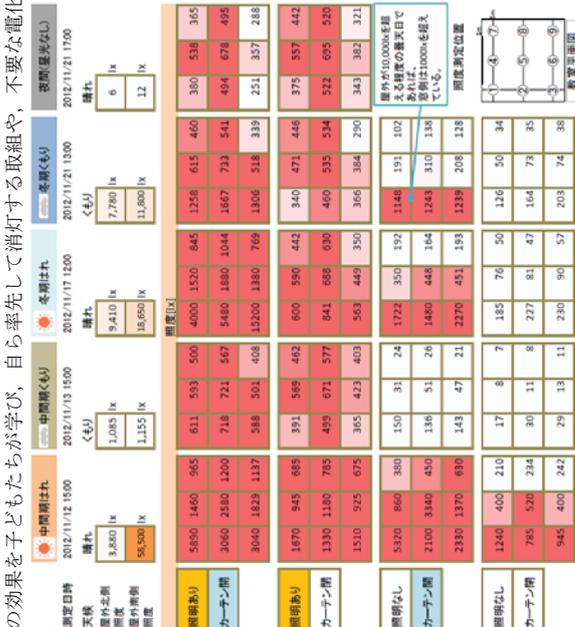
条件	調査結果【比較等：階層活動教室】		
	改修前：カーテン無照度調整	改修後：カーテン無照度調整	改修後：カーテン無照度調整+昼行
窓側結果 上：照度 下：照度率	窓側値	窓側値	窓側値
	総値	総値	総値
	ロウカー側	ロウカー側	ロウカー側
廊下結果	窓側値	窓側値	窓側値
	総値	総値	総値
	ロウカー側	ロウカー側	ロウカー側

改修前測定：平成22年7月10日 14:00-15:00 改修後測定：平成24年7月27日 11:30-12:00

国立教育政策研究所が平成24年11月に金閣小学校の照度測定を行った。晴天であれば、照明を点灯させずにカーテンを開けた状態で教室の中央付近まで300ルクスを超える結果となった。

この結果は、金閣小学校においてもライントシェルフ等の日射遮蔽を行い、カーテンを開ければ、照明に頼らずとも十分な照度を確保できることを示している。

ライントシェルフ等環境配慮施設の効果も子どもたちが学び、自ら率先して消灯する取組や、不要な電化製品はコンセントを抜く等の待機電力を削減する取組など、電気製品の使い方を環境教育で見直すことで、学習活動への影響を配慮しながら消費電力を削減することができると考えられる。この取組により消費電力量の2割を削減できると試算する。



(イ) 空調にかかると省エネ

断熱によるエネルギー効率の向上や通風確保により空調稼働率を減らし、学習活動への影響を最小限にしながら省エネ化する方法を検討する。検討にあたっては、平成 23 年度に学校エネ改修工事で壁面・窓・屋上の断熱等を行った本市立朱雀第四小学校における、改修前後のエアコン稼働率の比較を参考にすると、改修後、朱雀第四小では夏期のエアコン稼働時間が 2,294 時間から 765 時間に削減されており、削減割合は約 67%であった。敷地条件による差異を考慮しても、稼働時間の約 6 割を削減できたと見込まれる。

＜朱雀第四小学校における改修前後の空調稼働率比較＞

	改修前	改修後	削減時間
4月～10月	2,294時間	765時間	1,529時間(67%削減)

ウ 創エネの検討

風力発電や太陽熱発電等発電の仕組みは様々あるが、発電効率の観点から太陽光発電を主な発電設備として採用する。金閣小学校は、風致地区に立地している。風致地区では、都市計画法に基づき地方自治体が条例で建築物等の制限を設けることができる。京都市においても「京都市風致地区条例」により制限を設けているが、太陽光発電については、「京都市風致地区条例施行規則」に以下のような設置基準を設けている。

京都市風致地区条例施行規則第 13 条第 1 項第 4 号キ

- キ 太陽光発電装置等を屋根の上に設ける場合には、次に掲げる基準に適合するものであること。
- (ア) 公共用空地から見えない場所に設ける場合にあつては、当該太陽光発電装置が景観上支障がないと認められる形態であり、かつ、第 1 号オ(ウ)に掲げる色彩(注：濃い灰色、黒色又は濃紺色)であること。
- (イ) 公共用空地から見えない場所に設ける場合にあつては、当該太陽光発電装置が屋根面から著しく突き出さず、景観上覆れた形態であり、かつ、第 1 号オ(エ)に掲げる色彩(注：濃い灰色又は黒色)であること

原則として公共用空地から見えない場所に設置することが求められ、公共用空地から見えない場合であっても屋根面から著しく突き出さないことが求められる。景観行政所管課と協議し、太陽光発電の上部がパラペットより下になる位置に設置することとなった。こうした景観への配慮は、町並みの保全とゼロエネルギー化の両立のために極めて重要なプロセスであり、古都京都を代表する歴史的景観地区にある金閣小学校において大規模太陽光発電を設置するゼロエネルギー化の実証を行うことは、この点においても有意義であるといえる。

また、金閣小学校校舎は耐震補強済みであり、太陽光発電の荷重による耐震性能に影響を考慮しなければならぬ。年間エネルギー消費量に見合う発電を行うには 90kW 程度の太陽光発電が必要であるが、荷重検討の結果、校舎の屋上の高架水槽を撤去し、その荷重軽減分と耐震補強時の屋上荷重余力の範囲で設置可能であるとわかった。こうした検討を踏まえて 90kW の太陽光発電を設置することとした。

エ 他校への波及効果の検討

本実証事業はゼロエネルギー化の実現可能性について、実際の学校で検証し、その成果を全国の学校のゼロエネルギー化するためモデルケースとすることが目的であることから、全国の学校にも波及効果が高いと考えられる点について検討する。

(ア) 窓側照明を消しても照度は確保できること

京都市においては、採光を確保するため、普通教室は南側に面して配置することを原則としている。南側は採光に優れている一方、日差しがまぶしく、通常カーテンを閉じて授業を行っており、不足する照度を人工照明で補っている場合が多い。今回、日射遮蔽庇を教室外部の窓に設けることとしている。この庇により日射日光を遮るとともに庇のライトシールド効果で天井面を照らすことで窓側と廊下側の照度バランスが補正されることを期待している。これによりカーテンを開けて自然光を教室に取り入れることができ、窓側の照明を消灯したり、照度センサーによる減光によって電力消費を抑えることができる。全国的にも多くの教室が南側採光を有していると考えられるため、波及効果が高いと考える。

(イ) 高架水槽を撤去し荷重軽減分を利用することで耐震性への影響なしに太陽光発電を設置できること

金閣小学校校舎は耐震補強工事を終えており、屋上へ太陽光発電等の荷重を加えるには、重量によっては再補強が必要となる。金閣小学校は高架水槽による給水方式を採用しており、北校舎・南校舎・東校舎にそれぞれ高架水槽が設置されている。今回、給水方式を加圧給水方式に変更し、高架水槽を撤去することで、荷重増分が吸収できないか検討した。

金閣小学校は構造体としては北校舎・東校舎・南校舎の 4 棟から構成されており、うち北校舎・東校舎・南校舎の 3 棟に高架水槽が設置されている。高架水槽の荷重は 3 棟とも 8.3 トン(水槽 3 m³: 3.0 トン、鉄骨架台 1.9 トン、RC ベース 3.4 トン)である。設置する太陽光発電の重量は北校舎 8.2 トン(45kW)、南校舎 5.7 トン(30kW)、東校舎 2.5 トン(15kW)であり、いずれも高架水槽の荷重を下回ることから、耐震性能には影響しないと評価できる。また太陽光パネルの設置範囲が校舎全体に渡っているが、パネルの総重量がラーメン用積載荷重(65kg/m²)以下になっている(北校舎: パネル重量 8.7kg/m²、南校舎パネル重量: 8.0kg/m²、東校舎パネル重量: 8.3kg/m²)ため、問題はない。北校舎西側には高架水槽がないが、太陽熱集熱パネル(1.0 トン)の 1 m²あたりの荷重は 12.1kg/m²であり、地震用積載荷重 30kg/m²及びラーメン用積載荷重 65kg/m²を下回っており、耐震性能には影響しない。

京都市立学校には、438 槽の高架水槽があり、1 槽当たりの重量を 3.8 トンとし、高架水槽を撤去し同量の太陽光発電パネルを設置する(170kg/kW と想定)と仮定すると、9,790kW の太陽光発電が設置できる計算になる。全国的にも高架水槽による給水方式は一般的であり、波及効果が高いと考える。ただし、耐震性能は棟の構成や補強の考え方により異なることから個別に検討することが必要である。

オ 検討のまとめ（単位：MJ）

(ア) ゼロエネルギー化達成目標

	電気	ガス	計	備考
年間エネルギー消費量①	1,038,288	855,360	1,893,648	換算式 電気 1kWh=9.76MJ ガス 1m ³ =45MJ
エアコンによる消費内数	54,763	361,170	415,933	
ゼロエネルギー化対象外②	給食ガス消費量 (年間ガス消費-空調ガス消費)			
			494,190	
			61,000	給食室運営に係る電気エネルギー
			15,500	プール運営に係る電気エネルギー
ゼロエネルギー化対象(①-②)			1,322,958	

(イ) ゼロエネルギー化のための創エネ・省エネの取組

取組内容	削減量	説明
創エネによる創出	878,400	90kW太陽光発電
運用・指導による省エネ	207,658	教室窓側照明消灯
	249,560	エアコン稼働率60%削減
合計	1,335,618	

※ ゼロエネルギー化対象 1,322,958MJ と創エネ・省エネの取組による削減量 1,335,618MJ との差 12,660MJ (約 2 教室分の年間照明エネルギー相当) は、雨天や夜間に教室照明を点灯せざるを得ない可能性もあることを考慮し、計画実現のための予備値として計画に計上する。

(4) 環境教育に活用できる施設とするための取組

金閣小学校の校区には衣笠山をはじめとする豊かな自然があり、自然を大切にすることや自然と共存していくことの大切さを体験的に学習する「森林教室」の取組を進めてきた。また発電所の見学「発電教室」を通じて環境問題への関心を高める取組を進めている。こうした実践をさらに発展させ、省エネの「見える化(show エネ)」をテーマとして次の観点からの改修を行うこととする。

- ア 省エネや発電の仕組みの見える化
 - ・ 設備の省エネ効果等が子どもたちに理解しやすい形に整備する。
 - ・ 設備の効果を比較できるような省エネ設備を用意する。
- イ 快適性と省エネの両立
 - ・ 快適性と省エネは両立することを体験的に学習 (断熱等)
- ウ 校区の自然を生かした環境教育に資する
 - ・ 川水をピオトープに引き込む (河川管理者との協議が必要)
 - ・ 市内産木材による木質化

(5) 地域の環境教育への発信拠点とするための取組

地域行事の拠点でもある金閣小学校には日常的に地域住民が集まる。中庭を新金閣セントラルガーデンと位置付け、ミストシャワーや風力発電等の環境配慮施設を見える形で整備することで、利用の際に環境に関する関心を高める。

また、金閣小学校は、金閣寺から龍安寺にいたる「きぬかけの道」にあり、多くの観光客が学校周辺を訪れる。全国初の「スーパーエコスクール」として環境配慮技術や環境教育の重要性を発信することで、観光客が、古来、京都人が京町家を培ってきた自然エネルギーを活用した生活様式 (坪庭で風の道を作る、高窓で光を取り込む、軒を作って光を遮る等) を再認識するエコツアーリズム効果も期待できる。

さらに、隣接する立命館大学とも連携し、環境教育の取組への学生の参加を促し、小学校の枠を超えた地域ぐるみの環境教育の実践を目指す。

(6) 多角的視点から施設を評価

「快適性」「安全性」「経済性」「学習活動への適応性」「環境への適応性」の 5 つの観点から施設を評価し必要な改修を計画。

<特に改善が必要と考えられる項目>

- 校舎内廊下床のモルタル面老朽化により、メンテナンス性が低下している。さらに床面の黒さが廊下全体を暗くしているため快適性に欠ける。【安全性・快適性・快適性・経済性】
- 北校舎 3 階の音楽室が夏場特に暑い。【安全性・快適性】
- 校舎出入口、トイレ等全般的にバリアフリー化が遅れている。【快適性】
- 良好な衛生環境を保つため、トイレの改修が必要である。【快適性】
- 中庭の遊び場としての整備が必要である。【快適性】
- 上下足置場が散在しており、昇降口の整備が必要である。【学習活動への適応性】
- 施設及び外構において、京都らしさを感じられるところがない。【学習活動への適応性】
- 学校内に環境教育への活用ができる施設、設備等が少ない。【学習活動への適応性】

(7) 基本計画のコンセプト

これまでの検討を踏まえ、基本コンセプトを以下のとおり整理する。

ア 立地特性を生かした環境技術と環境学習

- (ア) 南面傾斜・風致地区規制による良好な太陽光発電環境 (校舎日影なし)
- (イ) 卓越風を利用した風力発電装置、自然通気システム
- (ウ) 雨水貯留による灌水
- (エ) 宇多川河川水のピオトープへの引込み

イ 快適なのに省エネルギー

- (ア) 屋上断熱、教室壁面内断熱、窓ガラスの複層化による温熱環境の改善、空調効率の向上
- (イ) 遮光庇により、天井面の明るさを保ちながら教室の照度バランスを改善、照度センサー付き照明が庇の反射光を検知し、消費電力を削減
- (ウ) 重力換気窓によるナイトバージ (夜間の外気取り入れにより躯体を冷却) で熱気を改善、冷房効率の向上

ウ 衣笠山の森林教室から学ぶエコロジリーな生活の知恵

- (ア) 森林管理作業を学ぶ芝刈り

(イ) 中庭「金閣セントラルガーデン」に森林教室で持ち帰った木材をストックし活用)

(イ) 教室・昇降口・渡り廊下を市内産間伐材(みやこ杣木)等により木質化

エ 環境技術の見える化による環境学習

(ア) 昇降口に環境モニターを設置(エネルギーの作られ方・消費のされ方を学習)

(イ) 自然に目に入る様々な環境技術

a 受水槽移設・人工芝化により、中庭を「金閣セントラルガーデン」として整備。ミストシャワー、風力発電、透過型太陽光発電、雨水貯留タンク等の環境配慮施設を集中的に整備し環境学習の拠点として活用。地域利用も想定し、省エネ志向の波及効果も期待

b 中庭に風力発電・透過型太陽光発電を設け、発電電力を使えるコンセントを設置。環境学習に活用

c 太陽光発電、透過型太陽光発電、太陽熱発電、風力発電電、太陽熱発電、風力発電電を一体的に整備し仕組みの違いを学習

d 風力発電の電力を昇降口のホット・クールファンに接続。発電時のみ稼働

(ウ) 比較対象により環境技術の効果をわかりやすく

a 理科室に異なるガラス(Low-e、複層、強化)を整備し、断熱効果の学習に利用

b 廊下下面、未空調室には壁・窓の断熱を設けず、断熱効果の比較対象として活用

5.ゼロエネルギー化でこう変わる金閣小学校

(1) 整備内容と効果・概算経費

コンセプトの実現に必要な整備内容と期待する効果は下表のとおりである。

整備内容	省	教	地	防	期待する効果	概算費用
太陽光発電	○	○	○	○	全校舎から東・南校舎の設備を閲覧可。	101,300
透過型太陽光	○	○	○	○	渡り廊下屋根に整備。発電電力は専用コンセントから、環境教育に活用	775
風力発電	○	○	○	○	中庭に整備。発電電力は専用コンセントから、環境教育に活用	3,670
太陽熱発電	○	○	○	○	図工室・家庭科室の給湯に活用。比較学習ができるよう、太陽光、透過型太陽光、風力等発電の仕組みが異なる設備を整備。	4,094
屋上断熱	○	○	○	○	空調稼働率減に寄与。教室内の温熱環境改善。	30,380
複層ガラス化	○	○	○	○	空調室をアタッチメントで複層ガラス化。空調効率向上による省エネ効果	20,127
Low-e ガラス	○	○	○	○	東校舎、理科室の一部に整備。理科室に複層・フロート・Low-eの3種類のガラスを整備し比較学習が可能	1,641
外壁内断熱	○	○	○	○	空調室の壁を内断熱化。空調効率向上による省エネ効果	5,582
自然通気換気	○	○	○	○	重力換気窓を階段室に整備。パッシブエネルギーによるナイトバード効果	23,709
通気窓	○	○	○	○	遮光による空調効率向上。照度バランスの改善。ライトシェルフ効果による照明電力の削減効果	13,518
ドライミスト	○	○	○	○	中庭に整備。氧化熱の仕組みを体験的に学習	1,036
環境エネルギー情報一五化	○	○	○	○	玄関に発電量やエネルギー消費量の掲示パネルを設置。棟ごとにエネルギー消費のされ方を把握。環境学習に寄与	13,986
受電設備更新	○	○	○	○	高効率型変圧器に更新し、省エネを図る。	19,544
ハイブリッド外灯等	○	○	○	○	太陽光発電による照明・時計を学校入口に整備。省エネの他地域波及に期待	7,956
雨水利用	○	○	○	○	各校舎に雨水タンクを設置。散水等に利用	1,688
河川水引込み	○	○	○	○	小学校構内流れる川を校内のビオトープに引込み。環境学習に活用	2,995
発電電力の利用	○	○	○	○	①風力発電の電力を昇降口のホットクールファンに接続。発電時のみファンが稼働し発電の見える化を図る。②停電時に太陽光発電の電力を供給するコンセントを体育館そばに設置。避難所確保の強化を図る。③透過型太陽光発電の発電電力を中庭屋内コンセントに流し、環境教育に活用。	1,825
節水コマ	○	○	○	○	手洗水栓に節水コマを設置。水使用量削減。	463
内装木質化	○	○	○	○	市内産間伐材により教室壁、昇降口の内部を木質化。木の由来を学習し森林学習に寄与。	12,632
発酵熱ベンチ	○	○	○	○	落ち葉などの発酵熱を利用した温ベンチを中庭に設置。環境学習に寄与	547
空調区分の区画	○	○	○	○	一部の廊下を切り、空調区分を形成して保温効果を高める	254

※ 省=省・創エネに資する 教=環境教育に資する 地=地域波及に資する 防=防災機能強化に資する

※ 改修項目の囲みは、「校舎のエコ改修の推進のために」(平成22年11月国立教育政策研究所)によるIV地域に特微的な改修項目を示す。

※ 改修項目の下線は、環境教育への活用のために整備する項目

(2) 整備費の妥当性の検討

本実証事業は実現可能なゼロエネルギー化のモデルを示すことが目的であることから、事業費が過大にならないよう配慮することが求められる。このため、窓・壁面断熱を行う部分を空調室の窓面に限定することとした。高断熱化のためには棟全体を断熱することが有効であるが、断熱面を限定することで断熱室と非断熱室の体感温度の差を学習できる等の環境教育効果も期待できる(非断熱室は、基本的に特別教室)。また、感染症予防のために十分な換気が必要であるが、空調効率の点では熱交換ができる換気設備が有効である。しかし、窓の開閉による換気で十分換気量を確保できること、引込み換気を増やすことによる空調効率の低下、事業費圧縮の観点から熱交換換気設備は採用せず、東校舎のみ欄間換気や廊下を一体化した教室換気等

を取り入れ、校舎による換気の違いを明確にすることとした。

なお、学校エコ改修により空調稼働率が67%減少した京都市立朱雀第四小学校においても、廊下壁面の断熱及び熱交換ができた換気設備は採用していないことから、今回ゼロエネルギー化達成のために見込んでいた空調稼働率60%削減には影響しないと考えられる。

次に、整備費用の妥当性を「校舎のエコ改修のために」（平成22年11月国立教育政策研究所）のエコ改修シミュレーション（以下シミュレーション）を根拠に検討する。本事業の目的達成のための整備費は63千円/㎡（271,220千円）^{※1}である。シミュレーションと比較するため、すでに整備済の照明と空調設備の整備費^{※2}を加えると68千円/㎡となる。このうちゼロエネルギー化や環境教育に活用する等本事業に特格的な設備である、太陽光発電設備23千円/㎡（101,300千円）（シミュレーションにおいてもオプション扱いとされ費用に含まれていない）及び環境教育に活用するための整備費^{※3}47千円/㎡（33,673千円）を検討から除外すると、本事業の整備費は38千円/㎡である。

シミュレーションによればIV地域における環境配慮にかかると経費増は36千円/㎡とされており、本事業の整備費との差は2千円/㎡（8,564千円）であることから、本事業の整備費は過大ではないと考える。

総整備費	63千円/㎡
+ 照明・空調更新	5千円/㎡
- 太陽光発電	23千円/㎡
- 環境教育のための整備	7千円/㎡
差引整備費	38千円/㎡
（比較対象）エコ改修シミュレーション	36千円/㎡

※1 整備費271,220千円には特殊仮設費3,498千円を含む。㎡単価は給食室を除く床面積4,282㎡で算出した値

※2 照明改修費3千円/㎡（24年度工事実績）、空調改修費2千円/㎡（国立教育政策研究所シミュレーションにおける空調設備校と未整備校の単価差から推定）

※3 整備内容一覧表のうち、省エネに○がなく、環境教育に○があるもの（表中整備内容に下線を付した項目）

(3) CASBEE 学校、FAST の評価

	現状	計画
CASBEE 学校	BEE=0.9 (B ⁺)	BEE=1.8 (A)
FAST	27.8	-7.6 (35.4t-CO2/年, 127.2%減)

(4) 今後のスケジュール

ア 省エネ行動計画・環境学習計画

ゼロエネルギー化には継続的な省エネの取組が必要であることから、省エネ行動計画を策定することとする。児童が自ら率先する継続的な行動を引き出すため、計画は「児童が考え」「児童が実行する」こととし、平成25年度当初に教職員が研究部において、環境学習・省エネの指導計画を検討する。

イ 地域等への波及

平成25年度以降、学校を利用した地域行事や学校通信等を活用して、本基本計画や検討委員会での議論、今後の環境教育等スーパーエコスクール実証事業で得た知見を広く紹介し、家庭・地域等への環境配慮指向の波及を図る。また、近隣大学と連携した取組を進めるとともに、児童の活動を公開し、参観やPTA行事の中で、保護者の環境活動を行うことで、エコへの意識を高める。

ウ 設計・施工

平成25年度に基本設計・実施設計を行い、平成26年度に施工する。

エ 大学等研究機関との連携

計画から工事の竣工、その後の環境教育の実践につながる息の長い取り組みを支える重要な柱として、大学等研究機関と協力し、環境教育への取組手法や改修後の効果検証について助言を仰ぎ、事業の継続性を担保する。

	平成25年度	平成26年度	平成27年度～
環境教育	【研究部での検討】 ○省エネ行動計画策定 ○環境教育に関する研究・研修 ・テーマ教材の選定 ・年間指導計画の策定 ・教材開発 全市向け研究発表 【基礎資料の継続的な収集・分析】 ○電気エネルギー使用量（電力量）記録比較 ○温度変化測定記録・比較 ○二酸化炭素濃度測定（学校薬剤師の協力）	→ ～新たな環境教育の実践～ （以前との違いを明確にする）	
	学校通信・ホームページ等による情報発信の他、地域行事・PTA行事等折に触れ新たな取組を紹介	授業公開	学校施設公開
設計・施工	設計	施工・竣工	
大学等研究機関との連携	省エネ行動計画や環境教育に関する研究		省エネ効果や環境学習への効果検証

<参考資料>

- 1 検討委員会・ワークショップ摘録
- 2 FAST・CASBEE学校評価
- 3 学校施設評価
- 4 太陽光発電設置による耐震性影響評価

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

鹿ノ台中学校の概要

生駒市鹿ノ台は、関西学研都市の南端に位置する比較的新しい住宅地であり、南東に平城京跡、若草山を、南西に生駒山を望むなだらかな南向き丘陵に位置する。この地域では最も新しい地下鉄も伸び、おおよそ自然の中に最新の都市インフラが充実した街である。生駒市立鹿ノ台中学校はこの住宅地唯一の中学であり、防災や育樹で地域との密な連携を特色の一つとしている。

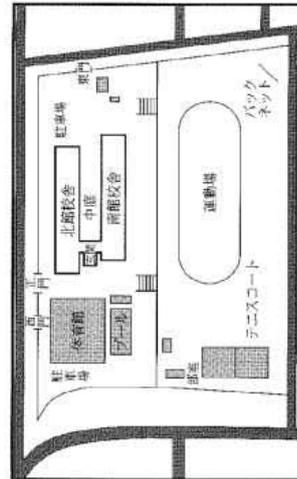
- (1) 学校名・生徒数・職員数・教室数（平成24年5月1日現在）
 学校名：生駒市立鹿ノ台中学校
 所在地：奈良県生駒市鹿ノ台南2丁目16番地
 生徒数：232人
 教職員数：22人
 教室数：40室（普通教室10室、特別教室11室、その他19室）

(2) 建物概要

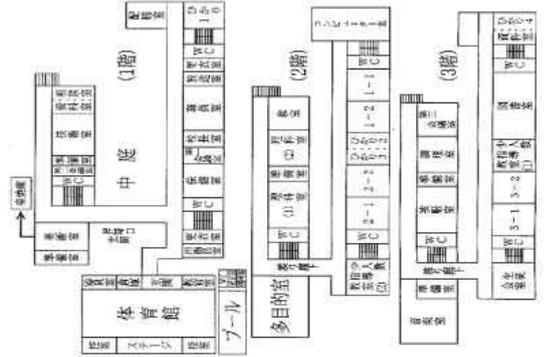
校地面積：23,802㎡
 建物敷地：9,719㎡
 校舎延べ面積：4,750㎡
 屋内運動場面積：1,010㎡
 運動場面積：9,556㎡

棟名称	棟番号	構造・階数	延床面積	建築年
南館	1-1	RC造3階建	2,400㎡	昭和56年
北館	1-2	RC造3階建	1,261㎡	昭和56年
	1-3	RC造3階建	1,040㎡	昭和56年
屋内運動場	2-1	RC造1階建	780㎡	昭和56年
	2-2	RC造1階建	230㎡	昭和56年

既存校舎配置図



教室配置図



(3) 省エネ区分

Ⅲ 地域

（住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準に示す地域）

昇降口（小型風力発電設備設置予定）



中庭（エコホール設置予定）



普通教室（照度計・温度計設置、間仕切壁設置予定）



屋上（太陽光発電設備設置予定）



鹿ノ台中学校スーパーエコスクール事業の経緯

生駒市スーパーエコスクールの提案は、学校と付近周辺との距離、地域との関連、教育の伝統などの観点から、この鹿ノ台中学校を対象として計画された。

生駒市鹿ノ台中スーパーエコスクール計画は、以下の3つを主たる特徴とする。

- 【1】 環境行動のシンボルであり、実践の場であるエコホールの新設
エコホールと各教室の「見える化」による環境行動の啓発・実施支援、並びに地域との連携強化
- 【2】 パッシブ技術の積極的導入による省エネルギーの促進と環境改善
- 【3】 アクティブ技術による「意識しない」省エネの実践



エコホール新設と環境行動支援	(1) エコホールでの環境・エネルギー情報見える化
	(2) 各教室に照度計・温度計設置、教室で見える化
パッシブ技術の導入による省エネと環境改善	(3) 地域に対する環境教育情報発信
	(4) 校舎窓：ペアガラスへの更新
	(5) 教室：間仕切り壁の断熱化
	(6) 教室の内装改修、断熱化
	(7) 北館屋上の防水改修、断熱化
	(8) 太陽光発電
	(9) 足踏み発電(生徒案)
	(10) 小型風力発電かせまくん(生徒案)
	(11) 風力・太陽光ハイブリッド型街灯(2基)
	(12) 省エネ型エアコン更新
アクティブ技術による創エネ・省エネ・蓄エネ	(13) 通風促進
	(14) 照度センサー：廊下
	(15) 照度センサー：北館1F
	(16) LED照明：体育館、昇降口ホール、廊下他
創エネ	(17) 高効率照明：教室
	(18) 雨水タンク設置、散水利用
蓄エネ	(19) 給水揚水ポンプ更新
	(20) 節水コマ：手洗場、北館1F
冷暖房抑制	(21) 節水型便器：北館1F
	(22) 女子トイレに擬音発生装置

■ゼロエネ達成の基本計画



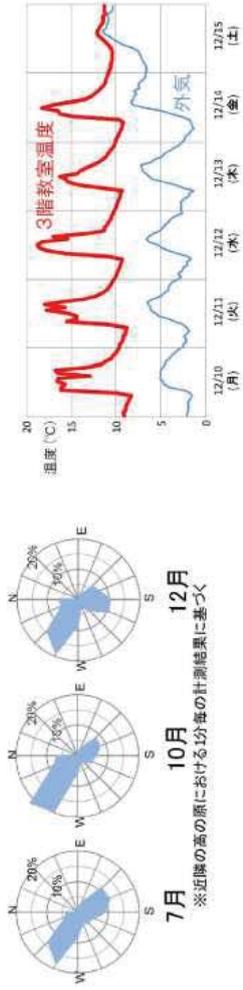
【1】環境行動のシンボルであり、実践の場であるエコホールの新設
エコホールと各教室の「見える化」による環境行動の啓発・実施支援、
並びに地域との連携強化

生駒市スーパーエコスクール構想の基本核となる場を、中学校の位置的中心
かつ、教員・生徒が必ず出入りするメインエントランスに設けることで、環境活
動を日常生活の基盤と位置づけさせる。この「エコホール」では、各教室で使用
されたエネルギーを一覧できるようにし、各教室の省エネ実践の程度を理解で
きるようにすることで、生徒達の省エネ行動を支援する。また、環境行動に係る
図書やパネルの設置し、生徒や地域の人々の学習の場とする。ホールは、木質
を主とした構造体で天井を支え、真ん中に柱の無い穏やかな空気感となるよう
に設計される。学習の場であると同時に、ここを利用する人達の和みの場となる
ことも期待される。

【2】パッシブ技術の積極的導入による省エネルギーの促進と環境改善

建築の省エネルギー技術には、躯体性能に関するパッシブな手法と、機械
設備によるアクティブな手法の2つに大別される。鹿ノ台中学校は、断熱区分
Ⅲ地域という、関西の一般地からワンランク寒い気候区分に位置し、冬の期
授業中の教室内で、温度は18℃より低い計測結果を報告されている。
本構想では、この点の改善も踏まえ、躯体の断熱材貼付、ならびに開口部が
ラスの複層化といった断熱性能の強化を導入技術の基本と位置付ける。
また、夏期は、北西から南東、概ね、斜面の傾斜に沿った方向の地域卓越風
をより積極的に利用する通風促進措置を検討する。
また、各教室に、その日照度と温度を表示することで、照明の点消やエアコンの
発停の指針とする。

■ 教室の温熱環境



■ エコホール外観



■ エコホール内観



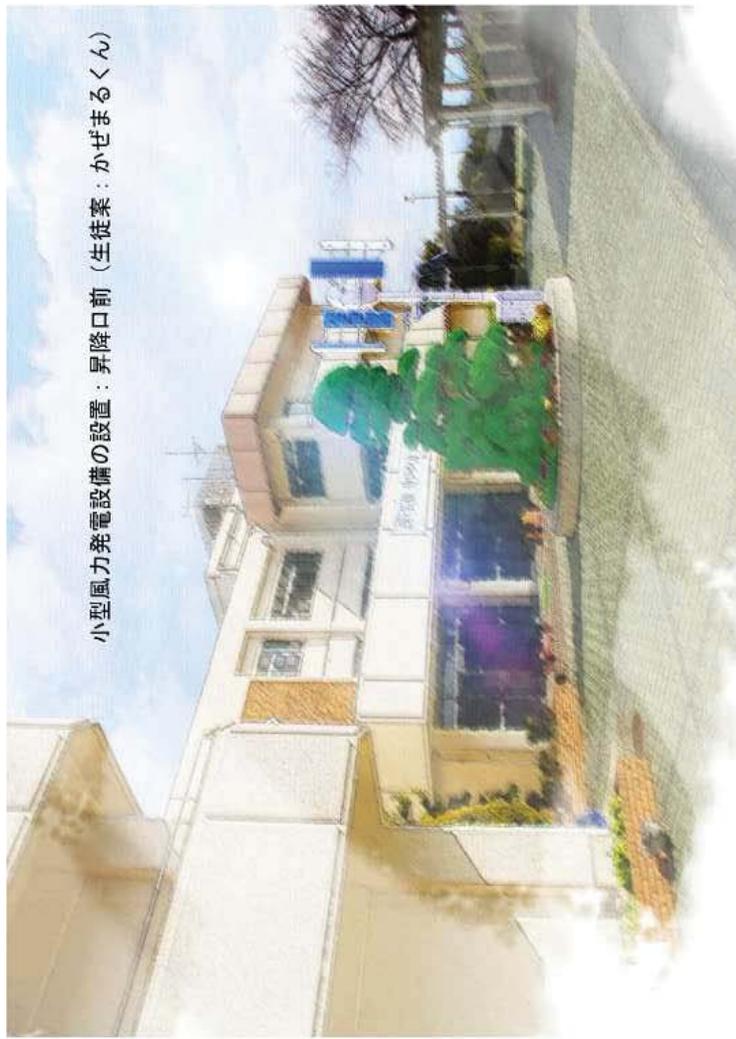
【3】アクティブ技術による「意識しない」省エネの実践

創エネ化で必須であるエネルギーの創出は、アクティブ技術の最たるものである太陽光発電による。校舎南棟・北棟、共に利用可能な屋上をほぼ全て利用して太陽光発電パネルを90kW分を設置する。これは一般家庭の25～30件分に相当する。

照明や冷暖房、水使用のエネルギー使用を抑制するため、LED照明や高効率エアコン、節水コマ、人感センサーなどの機器を導入し、人の操作に依存しない省エネを図る。

さらに、環境行動そのもの見える化の一つとして、太陽光・風力ハイブリッド発電の街灯の設置、生徒からの提案による風力発電装置「かぜまるくん」や足踏み発電の設置などを行い、生徒・地域に対する環境行動の日常的な働きかけを行う。

屋上をほぼ全て利用した太陽光発電設備の設置



小型風力発電設備の設置：昇降口前（生徒案：かぜまるくん）

特記

本構想の検討の場においては、中学校の生徒、教員、ならびに建築・省エネの専門家と行政の担当者からなる委員会が構成され、短い期間の中で、集中的な議論と意見交換がなされた。なかでも生徒からは本構想でも取り上げられた手法の提案が非常に多岐にわたった。その意味において、本構想は既に計画段階ではなく、動き始めたと言える。

計画策定の段階では、ピオトープ、体育館の屋上緑化、薪ストーブ、ミストシャワーなどの手法も提案、検討されたが、建物の構造的体力の限界、不特定多数の利用、管理手間の削減必要性などの観点でこれらの手法は採用を見送った。今後、状況が変化することで、さらなる環境行動の促進のために適宜、導入を検討したい。

環境教育への活用

○整備した施設の環境教育への具体的な活用方法

- ・エコホール
ホールの中に表示パネルなど情報を一元化し、パネルを工夫することにより、電力の発生から利用までの仕組みなどを知ることができ、エネルギーの活用方法を幅広く学習できる。
- また、地域に開放することにより地域の環境教育の拠点として、学校での取り組みを地域に発信し、学校と地域が連携して環境対策を実践したり、子どもたちを通じて家庭に伝えたりすることで環境への意識の高い地域社会ができて環境に配慮した生活の普及促進に役立つことができる。
- ・太陽光発電・小型風力発電・LED照明・ペアガラス・緑のカーテン等
風力や太陽光で電力が発生することを実際に見て実感することで、身近にエネルギーを作り出す設備があることなど生徒自らエネルギーに関し考えられる機会が増え、また、調べたことや学習したことを発表することでエネルギー利用の意義や地球温暖化対策の重要性についてより一層の学習効果を上げられる。
- 環境教育に活用するための工夫
 - ・総合的な学習の時間で、学校全体の総合のテーマとして「エコ学習」をテーマに設定。
 - ・各学期に教時間設定し、全校で共通して取り組む。
 - ・生徒会にエコ委員会を設置し、エコ活動が推進できる体制をつくる。
 - ・各教科で「エコ」に関する指導単元をピックアップし、「エコ」指導に関する年間指導計画を作成する。

○エコポーター制度の環境教育への活用について

生駒市では、平成23年度から生駒市立全幼稚園・小学校・中学校において、「STOP!地球温暖化事業」という事業に取り組みしており、その取り組みの一環として、平成24年度からエコポーター制度を実施している。これは、幼稚園・小学校・中学校の節電の取組に対して、過去4か年の電気使用実績に対して節電した電力料金の2分の1にあたる金額を、備品購入費として還元する事業であり、予算配当に当たっては、児童・生徒・保護者用にエコポーターの趣旨や幼稚園・学校予算についてわかりやすい資料を作成し、すべての児童、生徒及び保護者に配布し、エコポーターの理解を図るとともに、「STOP!地球温暖化事業」の一環である、学校エコ委員会を活用した備品選定などを各校園で考えてもらい、環境教育に対してより関心が高まるような方策となることを期待し実施している。

鹿ノ台中学校でスパーエコスクール実証事業を実施することに伴い、教室の照明を高効率照明へ更新するなど、学校施設のエコ改修が実施されるとともに、各学年・クラス・学年・クラスの電気使用量がモニターに数値表記され「エネルギーの見える化」を実施することにより、生徒の省エネ意識が高まり、従来の電気使用量から大幅な節電効果が見込まれ、多額の備品購入費が鹿ノ台中学校の省エネ実績に還元される。その還元された備品購入費を生徒からの提案の一つ「節電クオラ対抗大会」などで各クラスの省エネ実績に応じた備品購入費を分配し、必要な物品を購入してもらい、生徒に省エネ活動の成果をわかりやすく「見える化」し、省エネ活動を長く継続する一助となるようにする。

施策と効果と概算金額

○エコホール新設と環境行動支援

施策	エコホールの増築 97.69 m ² ※
効果	環境風換気システム※ 見える化及び展示※ 鹿ノ台中学校の環境行動のシンボルであり、実践の場として、環境教育と地域への貢献に寄与。 発電量やエネルギー消費量、各教室での消費量の測定結果を表示し、環境教育と省エネ意識の向上に寄与
金額	57,645,000円

○パッシブ技術の導入による省エネと環境改善

施策	校舎窓のペアガラスへの更新 教室間仕切壁の更新（断熱化、北側屋光利用） 教室内装改修及び断熱化（特別教室、職員室の断熱化共） 北館屋上防水改修及び断熱化
効果	・省エネルギー基準による地域区分Ⅲ（準寒冷地域）に該当する鹿ノ台中学校では主として暖房効果を上げるために寄与 ・計測結果から教室の廊下側からの暖房の浪費が大きく、間仕切りを断熱化することで暖房効率を上げるために寄与 ・外壁の内断熱で暖房効率を上げると共に、腰貼りに県産材の木材を使うことで地域貢献にも寄与
金額	・地域区分Ⅲに該当する鹿の台中学では夏の温度上昇も考慮する必要があり、屋上を断熱化することで夏場の温度上昇に寄与 89,540,000円

○アクティブ技術による創エネ・省エネ・蓄エネ

施策	創エネルギー・蓄エネルギー 太陽光発電設備の設置（100kw）及び受変電設備※ 昇降口足踏み発電設備の設置（生徒案）※ 小型風力発電設備「かぜまるくん」の設置（生徒案）※ ハイブリッド型外灯の設置
効果	・校舎屋上を活用して利用した太陽光発電設備はゼロエネルギー化と見える化によって環境教育並びに防災に活用、寄与 ・生徒から提案された案を採用したことによる、参加意識と今後の環境教育に寄与 ・風力と太陽光発電設備による照明は、身近に体験できる設備として環境教育に役立てると共に防災にも寄与
金額	106,968,000円

冷暖房抑制

施策	省エネ型エアコンへの更新（空調設置室） 通風の促進（各階段室の窓を通風窓（ルーバー窓）に更新）
効果	・効率の悪い既存設備を省エネ型エアコンに更新することで、省エネに寄与（ガス及び電気） ・現在、ハメ殺しである階段室の窓をルーバー型に変更することによって通風を確保する。
金額	14,952,000円
照明	照度センサーの設置（廊下・北館トイレ） LED照明の採用（体育館※・昇降口・廊下・職員室ほか） 高効率照明への更新（教室ほか）

効果
金額

- ・学校の消費エネルギーは照明分が大きい中で、鹿ノ台中学校では計測から体育館照明の電気消費量が殊に大きい。体育館のメイン照明と長時間使用の職員室の照明をLEDに変更することでゼロエネルギー化に大きく寄与
- ・高効率照明への更新を行うことで、節電量に大きく寄与

金額 17,634,000円

節水
施策
効果
金額

- 雨水貯留タンクの設置（散水利用）※
- 給水場水ポンプの更新※
- 節水コマの設置（手洗場・北館トイレ）
- 節水型便器の設置（北館トイレ）
- 女子便所に擬音装置を設置（全館トイレ）
- 北館トイレ改修
- ・鹿ノ台中学校では整備委員会があり花壇への水遣りが活動の中心である、雨水貯水タンクを設置し利用することで、節水及び環境教育に寄与すると共に、同じように花作り活動が活発なこの地域への波及効果も考えられる。
- ・照明人感センサー及び節水型便器の設置を含むトイレ改修工事で節電、節水に寄与

金額 21,614,000円

施策概算金額合計 308,353,000円

過大とならない適切な工事費（概算金額）の検討

○前提
検討のための比較は平成22年11月 国立教育政策研究所、文教施設研究センターより発表されている「校舎のエコ改修の推進のために」のシミュレーション結果を参考として行う。
なお、鹿ノ台中学校は省エネルギー基準による地域区分Ⅲ（準寒冷地域）に該当するため、比較は同じ地域区分Ⅲのシミュレーション結果（プランA）を参考とする。
比較検討のために、シミュレーションに含まれていない項目を比較対象外とし（前項「施策と効果と概算金額」の施策に※を付した項目）、既に改修されているため、今回の概算金額に含んでいない項目を追加する。

○比較のための鹿ノ台中学校における概算工事費の算定

	概算金額	合計	308,353,000
比較対象外として省く金額の合計			▲159,852,000
比較のために加える金額			
1. 南館屋上1,083㎡（北館884㎡の1.17倍）			12,000,000
2. 南館トイレ改修（北館トイレ改修の2倍）			33,900,000
	比較対象概算金額	合計	194,401,000

○鹿ノ台中学校の単位面積当たりの概算工事費の算定

校舎面積	4,701㎡
比較対象概算金額	194,401,000円
単位面積当たりの概算工事費	41,353円

○シミュレーション結果の単位面積当たりの概算工事費の算定
モデルプランの基本的な考え方は、従来の耐震補強や老朽改修に環境対策を加えた実施を前提としているため、従来の改修に当たたる部分を差引

プランA 単位面積当たりの概算工事費	133,500円
従来の改修 単位面積当たりの概算工事費	▲87,000円
比較用 単位面積当たりの概算工事費	46,500円

○結果
以上の結果、鹿ノ台中学校の概算工事費とシミュレーション結果の概算工事費では、鹿ノ台中学校が若干低く、妥当な範囲と考える。

11. 学校施設の環境に関する基礎的調査研究

平成19年10月24日
平成25年3月29日(最終改正)
国立教育政策研究所長決定

1 趣旨

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

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

2 調査研究事項

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

3 実施方法

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

4 実施期間

平成19年10月24日から平成26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)

○ 小泉 治	(株)日本設計第2建築設計群 副群長 チーフ・アーキテクト
○ 小峯 裕己	千葉工業大学工学部建築都市環境学科教授
坂口 淳	新潟県立大学国際地域学部国際地域学科教授
寺嶋 修康	(株)長大まちづくり推進事業部 副技師長
中野 淳太	東海大学工学部建築学科准教授
望月 悦子	千葉工業大学工学部建築都市環境学科准教授

(オブザーバー：文部科学省大臣官房文教施設企画部)

真野 善雄	施設企画課専門官
島田 智康	施設企画課指導第二係長
高見 英樹	施設助成課課長補佐 (平成24年12月25日まで)
錦 泰司	施設助成課課長補佐 (平成24年12月26日から平成25年7月7日まで)
木村 哲治	施設助成課課長補佐 (平成25年7月8日から)
扇谷 圭一	施設助成課技術係長

(調査協力)

佐藤エネルギーリサーチ (株)

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。

齋藤 福栄	文教施設研究センター長
小林 正浩	文教施設研究センター総括研究官 (平成25年3月31日まで)
西 博文	文教施設研究センター総括研究官 (平成25年4月1日から)
幅崎 美行	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:03-6733-6994 FAX:03-6733-6966