

カーボンニュートラル賞

受賞名称

第9回カーボンニュートラル大賞選考委員会「選考委員特別賞」、第9回カーボンニュートラル賞 中部支部

カーボンニュートラル賞選考支部名称

第9回カーボンニュートラル大賞選考委員会、カーボンニュートラル賞選考委員会中部支部

業績の名称

開かれた建築環境技術により自然と共生するゼロ・エネルギー・スクール
『瑞浪北中学校』

所在地

岐阜県瑞浪市土岐町973番地

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社日建設計 田中 宏明

佐藤 孝広

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社日建設計					
建築主	瑞浪市					
設計者	株式会社日建設計					
施工者	新菱冷熱工業株式会社					
性能評価者	名古屋市立大学 芸術工学研究科 尹 奎英					
性能評価者	株式会社日建設計総合研究所					
延床面積	8,003.85	m ²				
階数	地上3階	地下-階	塔屋-階			
主用途	学校					
竣工年月日	2018年12月					

カーボンニュートラル大賞委員長講評

同建築物は文部科学省のスーパーエコスクール実証事業に認証されており、実績でZEBを達成しており、全国のゼロ・エネルギー・スクールの先駆けと評価できる。生徒や教員らによる省エネ活動を誘発する試み、建築と環境技術を融合した学校建築と、再生可能エネルギーによる創エネが一体となって達成されたものである。事前の現地調査とCFDの結果をもとに自然換気を促進させる配棟計画を行うとともに、文化遺産をモチーフにした「登り窯型の自然換気システム」を採用するなど自然エネルギーを最大限利用している。また、普通教室には地熱による涼風と太陽熱による温風が吹きだすクールウォームロッカーを開発し、健康と省エネを両立するウェルネススクールの取り組みを行っている。

公立中学校でありながら多様な省エネ、創エネ技術を組み合わせるとともに環境教育の提案も試みている点が評価され、特別賞に推薦された。

支部選考委員長講評

本件は、「国内初のゼロ・エネルギー・スクール」を基本理念に掲げて実施されている。自然と共生し、気候風土と歴史を生かした計画で、省エネ・省CO₂を実現可能とした施設である。

- ・既存市内中学校の実績値とウォークスルー調査により適切なエネルギー削減数値目標の設定。
- ・建屋の形状及び配置の工夫による自然換気の促進。登り窯の仕組みをモチーフにした煙突効果による自然換気システムの採用。腰壁と屋根での太陽集熱、クールウォームトレンチによる地中熱利用。教室の南北の両面自然採光。太陽光発電、風力発電、ペレットストーブの採用。実効性が高い自然エネルギーを活用した省エネルギー技術が実現されている。
- ・教室のゼロエネルギー化に着目し、自然エネルギーの足りない場合のみ冷暖房運転を行うハイブリッド方式で快適性を確保。
- ・五感で感じる環境プラットフォームで生徒の環境行動を誘発するという先駆的役割を担っている。

施工後1年目でZEB、省エネ率101%を達成し、省エネルギー手法の効果も十分得られている。アンケートからも満足度が評価されており、学習効率も向上したという結果である。本件のより実証された設備設計上の多様な要素技術を導入した施設における省エネルギー、CO₂排出量の削減手法の有効性は、低炭素社会の実現に向けたカーボンニュートラル化への今後の貢献が大きく期待できることから受賞に値すると評価する。

関与した建築設備士の言葉

瑞浪北中学校は、国が掲げるZEB施策を推進させ、全国に普及するロールモデルとなることを目指して、自然と共生し、気候風土と歴史を生かした省エネ技術の活用と、次の世代を担う子供たちへの環境教育に邁進したプロジェクトです。文部科学省の“スーパーエコスクール実証事業”の採択を受け、関係者一丸となり事業に取り組みました。

その結果、2019年9月～2020年8月の1年間で基準モデルに対しエネルギー消費量を101%削減し、ZEBを達成しました。

生徒たちが本中学校での生活・体験を通して、環境配慮の意識を家庭や地域へ還元し、これからの長い人生においてエコ・ライフスタイルの輪が広がっていくことを望みます。

受賞にあたり、瑞浪市関係者の皆様をはじめ、工事関係者の皆様に多大なご尽力・ご協力を頂きました。深く御礼申し上げます。

(田中 宏明 佐藤 孝広：株式会社日建設計)

業績の名称：開かれた建築環境設備技術により自然と共生するゼロ・エネルギー・スクール瑞浪北中学校

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

開かれた建築環境設備技術により自然と共生するゼロ・エネルギー・スクール 瑞浪北中学校



地形を生かした校舎配置



生徒をやさしく迎える地産タイルの外観



登り窯をモチーフにしたホール

業績の経緯と概要

内陸性気候に属する濃尾平野の北東に位置する岐阜県瑞浪市は、国内有数の酷暑高湿地域です。瑞浪北中学校を新築するにあたり、「学校のゼロエネルギー化を実現し、生徒や先生・保護者の環境教育に取り込むことを狙って」、文部科学省の“**スーパーエコスクール実証事業**”の採択を受け、関係者一丸となり事業に取り組みました。国が掲げる**ZEB施策を推進させ、全国に普及するロールモデル**となることを目指して、自然と共生し、気候風土と歴史を生かした省エネ技術の活用と、次の世代を担う子供たちへの環境教育に邁進したプロジェクトです。

施設コンセプトと省エネルギー実績

～生徒が学べる技術を使って、どこでも創れるZEBをめざす～

自然と共生する建築・環境設備技術の融合によるZEBの実現

気候風土と共生する「**オープンな環境技術**」と厳しい気候条件に対応する「**クローズな環境技術**」を巧みに使い分け、徹底してエネルギー減らし、その上で地産の創エネルギーを活用することで**ZEBの実現**を目指しています。

健康・快適な学習環境の創出とZEBを両立させるウェルネス・スクール

学校のあるべき室内外環境を協創させるために、開発した「**クール・ウォームロッカー**」を用いて、建物外皮や空調・換気・照明などの汎用化技術を最大限に活かすことで、**ウェルビーイングな学習環境を提供**しています。

生徒の環境行動を誘発する五感で感じる環境教育プラットフォーム

学校生活で生徒が肌で感じた環境体験は、家庭や地域で展開され、やがて地域全体に連鎖して環境行動へとつながる、そのことに期待を込め、「**五感で育む環境体験のための多くの仕掛け**」を導入しています。

省エネ削減率101%

基準化需要量:0.49
基準化供給量:0.50

開校1年目の実績（2019.9～2020.8）において、建物の省エネルギーで50.5%削減、創エネルギーでネット50.1%を削減しました。全体合計で100.6%を削減し、**国内初のゼロ・エネルギー・スクールを実現**しました。

建築概要



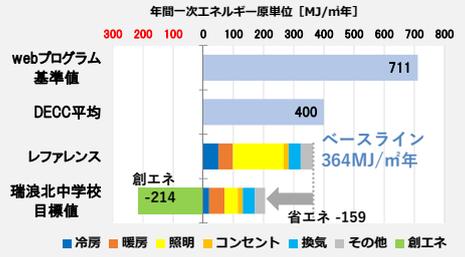
建設地 岐阜県瑞浪市
用途 中学校
構造 RC造,一部木造S造
階数 地上3階
敷地面積 16,132.26㎡
延床面積 8,090.07㎡

ZEBアイコン

③波及性の高いZEBロールモデル構築へのアプローチ

1. 将来予測を含む学校のエネルギー消費特性の把握と削減ターゲット

既存市内中学校の実績値とDECC報告値を参考にしつつ、瑞浪市で初めて**冷房を完備することも加味して1次エネルギー消費量原単位のベースラインを364MJ/m²年**とし、エネルギー消費割合の高い照明や冷暖房用エネルギーを削減ターゲットにしました。



2. 気候風土・歴史文化に関するウォークスルー調査

基本構想段階から現地環境計測を実施し、季節間・日間の寒暖気温差への対応、森林内気候のクールスポットや卓越風の活用を検討し、瑞浪の文化遺産や化石をモチーフとしたバイオフィリックデザインの活用**など様々な観点から設計に工夫を加えました。**



3. 波及効果に重点をおいたZEB化手法の抽出と数値目標の設定

文部科学省が提示する**ZEB化のアプローチ手法**を参考に、負荷を最小にした上で高効率システムを導入し、太陽光発電・太陽熱などの創エネも上手に取り込みました。数値目標として、省エネで51%削減、創エネで50%を削減、**合計101%削減して、ネット・ゼロ・エネルギー化を目標**としました。

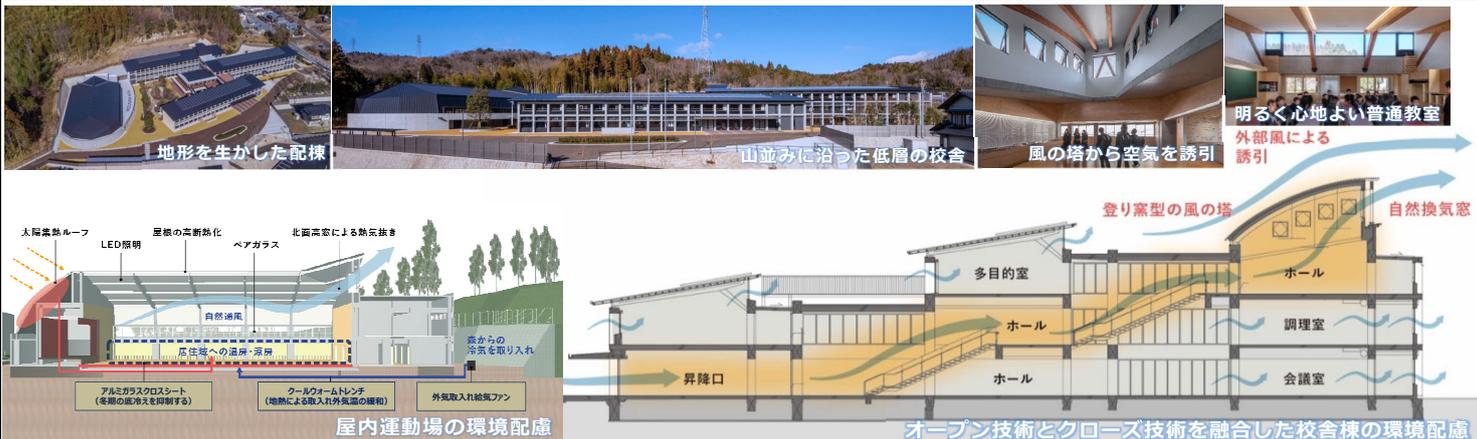


～ZEBのロールモデルになるパッシブ技術を追求する～

①自然と共生する建築・環境・設備技術の融合によるZEBの実現

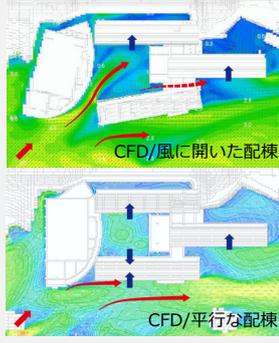
酷暑を和らげる「オープン技術」と厳冬を凌ぐ「クローズ技術」

- ・全国に波及する**ロールモデルを創ることを第一に考え**、省エネの実効性が高く、比較的費用対効果の高い省エネ技術を採用しました。
- ・稼働率の高い普通教室を最上階に配置して、エコルーフ（高反射高断熱屋根＋太陽光発電）と屋根庇、Low-ε複層ガラスを採用し、冷暖房負荷を抑制する**クローズ技術**を採用しました。さらに、北側に開口を大きく採り、自然採光による照明電力の削減、そよ風の森と称した中庭に涼風を呼び込んでから、建物内に風を取り込む配棟デザインを行うなど**オープンな技術も採用**しています。
- ・地産エネルギーであるクールウォームトレンチによる涼房温房、創エネルギーとして太陽光・風力発電・パレットストーブを採用しました。



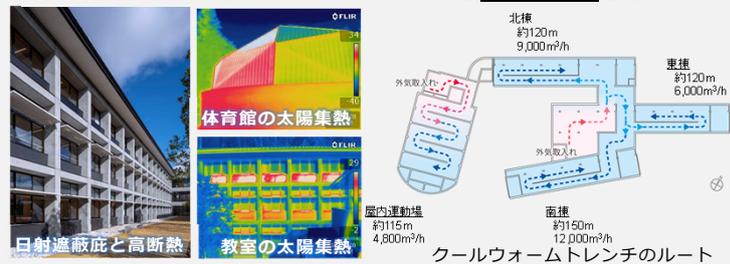
風 中庭からの涼風を導く「風に開いた」配棟デザイン 文化遺産「登り窯」の仕組みに学ぶ自然換気とナイトパージ

・体育館を円弧にし、かつ南棟と体育館を10°南に傾けた配置にして**中庭に導く外部風速を50%アップ**させ、自然換気を促進させた。ホールでは、燃焼排熱の煙突効果で連結する窯の予熱を行う**登り窯の仕組みをモチーフ**にした自然換気システムを採用した。



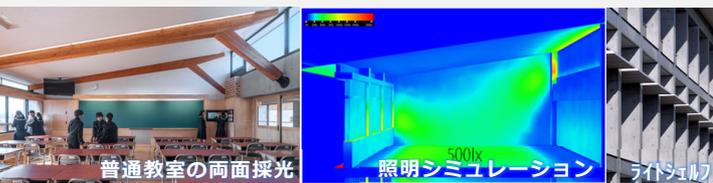
熱 高断熱・高气密／屋根と壁面太陽集熱による補助暖房 大規模クールウォームトレンチによる涼房温房

屋根庇と1～2階南面のライトシェルフによる日射遮蔽や窓・外壁の高断熱化、**普通教室腰壁と体育館屋根での太陽集熱**による暖房利用、クールウォームトレンチによる**地中熱利用**を行った。



光 普通教室の南北・両面採光と昼光制御 中間階のライトシェルフによる自然採光

普通教室では、自然採光による省エネ効果が最大となり、机上面照度分布の均斉度も良好となる**南と北の両面自然採光**を採用した。さらに、LED照明と自動調光制御を組み合わせにより、**照明電力消費量の62%削減**をめざした（シミュレーションによる性能予測より）。



創 太陽光発電 風力発電 パレットストーブ

太陽光発電 120kW
風力発電 1.0kW
パレットストーブ 3.0kW



緑 中庭緑陰 屋根緑化

緑陰スペースを各所に設け、**屋外暑熱環境を改善**している。



水 屋根散水 雨水利用 節水型器具

体育館の屋根散水による暑熱環境改善、雨水の植栽散水利用



～学校のあるべき室内外環境を協創する～

②健康で快適な学習環境とゼロ・エネルギーを両立させるウェルネス・スクール

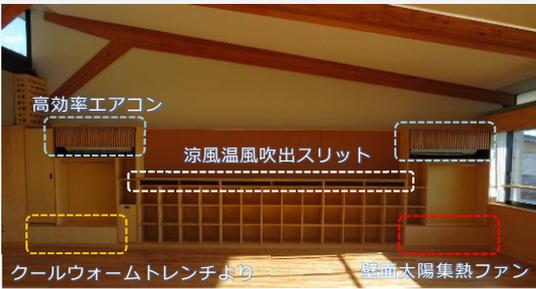
- ・ゼロエネルギー化のためには、生徒が学校生活の中で最も長い時間を過ごす**教室のゼロエネルギー化が重要**です。建物外皮、建物設備（照明、空調、換気等）の汎用技術を組み合わせて、熱・光・空気質を適切にコントロールして、快適な学習環境を提供しました。
- ・**クール・ウォーム・ロッカー**は、ウェルビーイングな学習環境を実現させるために、**教室内の仕器と融合させて開発したユニット**です。暖気や冷気を居住域でムラなく供給することで従来の学校の課題であった空気質と温熱環境を改善します。

快 クール/ウォームロッカーを利用した自然換気併用ハイブリッド空調による均一な温熱環境

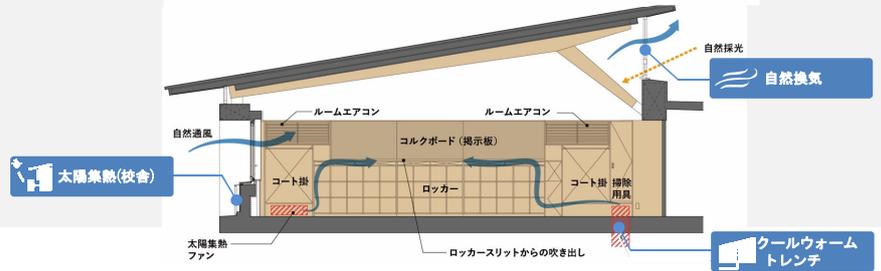
既存の教室は温度ムラが大きく快適ではありませんでした。庇による日射遮蔽と高断熱化に加え、ロッカー上部に設けた幅広い吹出口から外気供給を行い、**均一な温熱環境を提供**します。外気はクールウォームトレンチで予冷を行い夏は20～25℃で涼風を供給、冬季は壁面太陽集熱により補助暖房を行います。自然エネルギーで足りない場合のみ、**冷暖房運転をハイブリッド**で行い、快適性を確保します。

快 換気変風量機能（0～10回/h）と自然換気の併用による快適な空気質の確保

教室は給気を押し込む2種換気を採用し、**換気回数を0～10回/hの範囲で手動調整**できる様にしました。自然換気との併用により、10回/h～20回/hの換気を行うことが可能になります。



教室内のツール位置



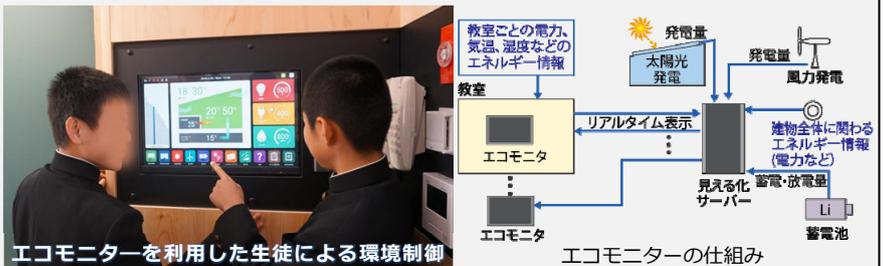
～次の世代へ環境親和を伝承する～

③生徒の環境行動を誘発する『五感で感じる環境体験プラットフォーム』

学校生活で生徒が肌で感じた環境体験は家庭や地域で展開され、やがて地域全体に連鎖して環境行動へとつながる、そのことに期待を含め「五感で育む環境体験」のための多くの仕掛けを導入した。校内随所にある「**感じる化の仕組み**」、デジタル技術を利用した**エコモニターによる見える化**、継続的運用を支援する**環境マニュアル**、歴史や自然から癒しや気づきをもらう**バイオフィリックデザイン**などの環境教育プラットフォームを整え、生徒自身が省エネに気づき・考え・環境行動を行う、全国でも初となる環境教育のロールモデルに取り組んだ。

味 啓発の設えを体験（味わい）し、今後活かす

「**環境プラットフォーム**」とは、建物に適用されている様々な“設え”を生徒の五感に訴えるための教材です。この教材を使って、3年間という短い学校生活のなかで生徒自らが、環境の創られ方や係わりを知り・学び・体験する機会を愉しむことで、興味を抱き、啓発行動に繋げ、社会に広げる。そんな伝承を期待しています。



生徒の環境行動を誘発する『環境プラットフォーム』

<p>聴 風の音を聴く</p> <p>ふれあいの森に呼び込まれる風で揺れる木々の音を聴く</p> <p>貝の形の外気取入口</p>	<p>嗅 Solar Cooker</p> <p>太陽の熱で焼いたパンや茹でた玉子の臭いを嗅ぐ</p> <p>環境ワークショップ</p>	<p>触 違いを感じる</p> <p>いろいろな断熱材の種類を知り、遮熱の違いを触って感じる</p> <p>断熱タッチ屏</p>	<p>視 空気の通り道</p> <p>トレンチ内を外気が流れる様子をリボンの動きを見て学ぶ</p> <p>トレンチリボン</p>	<p>触 熱を感じる</p> <p>ダクトの中を空調の冷気や暖気が流れるのを触って感じる</p> <p>空気を運ぶ体感ダクト</p>	<p>視 採光の移ろい</p> <p>太陽の移動による光の移ろいを天井面の目盛りを使って視る</p> <p>採光目盛り天井</p>
--	---	---	---	---	--

性能検証結果

1年目実績で省エネ率-101%、ネット・ゼロ・エネルギーを達成

1. 施設のエネルギー評価 ネットエネルギー消費量101%削減 (Net-ZEB)

■1年目でZEBを達成 (図1-1)

基準値に対して、**省エネで50%削減**、創エネを利用して72%まで削減、敷地外へ太陽光発電電力を逆潮流するオフサイトの省エネと合わせて、**トータルで101%削減**を達成した。

■2020.4~8月コロナによるエネルギー消費量の減少は無し (図1-2)

2019年と2020年の買電量を比較すると、4~6月は休校により25~6%減少したが、7~8月は返校により11~42%増加し、4月~8月の類型のみで2.3%増加した。**ZEB判定に及ぼすコロナの影響はない**と判断した。

■電力ピークは冬季 (図1-3)

1月に暖房により電力消費のピークが発生している。夏季と中間期は**PEB(Positive Energy Building)**を達成している。

■年間電力量の消費先内訳 (図1-4)

暖房が36%を占め最も高く、冷房・照明・コンセントは15~20%であった。照明と冷房の省エネ対策の効果が特に大きくでている。

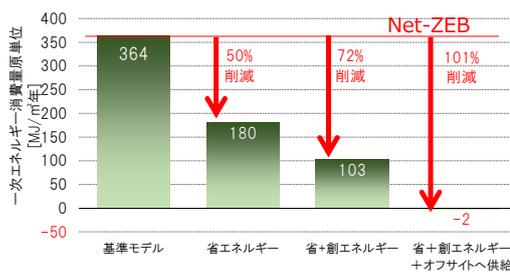


図1-1 ZEB評価

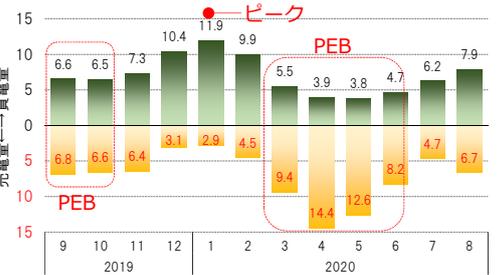


図1-3 施設全体の買電量と売電量の月別推移

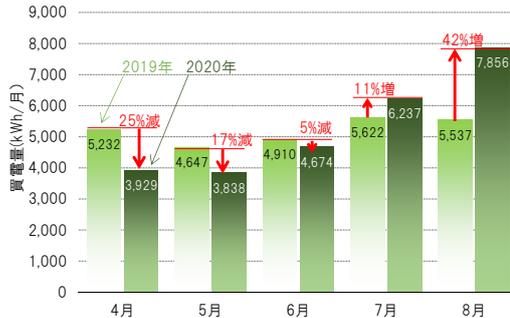


図1-2 コロナの影響 (前年同月比の比較と累積電力量の比較)

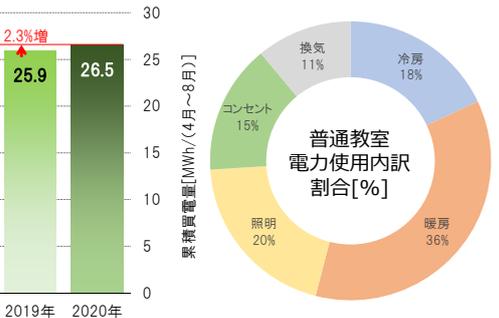


図1-4 年間電力量の消費先内訳

2. 省エネルギー手法の効果検証

■地中熱利用の効果 (図2-1)

7~9月の外気温と南・東・北棟の各クールウォームトレンチ出口温度の相関から、外気がトレンチを通過して冷やされ、**20~25℃まで温度低下**しており、取り入れ外気の負荷削減効果が得られていることがわかる。

■自然換気効果 (図2-2)

メインホールの自然換気の効果について換気回数で評価すると、中間期(4月~10月末)の期間では、最大15回/hを超え、**平均で5回/h程度**となっていることがわかる。

■太陽集熱効果 (図2-3)

教室の二重壁内温度をみると集熱効果が確認できる。体育館においても高い集熱効果を得られている。

■電力消費量の内訳 (図2-4)

太陽光発電の発電量のうち、約42%は学校で自家消費し、残りは逆潮流して**オフサイトへ供給**していることがわかる。オフサイトへの供給量は中間期に多くなっている。

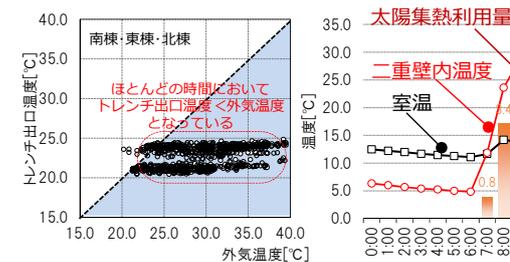


図2-1 地中熱利用の効果 (2019年7~9月 実測値)

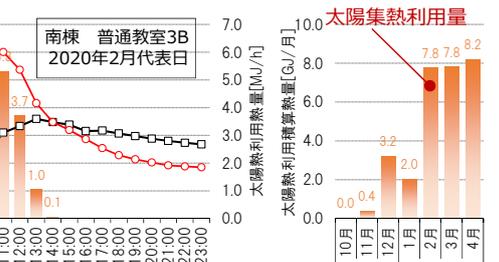


図2-3 太陽集熱の効果 (実測値) (左: 教室、右: 屋内体育館)

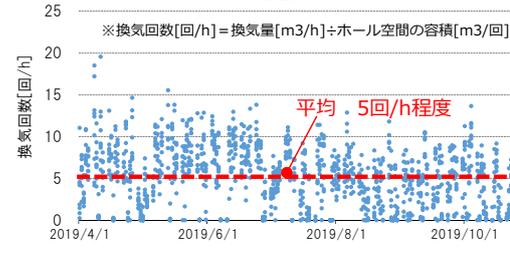


図2-2 メインホールの自然換気回数 (実測値)

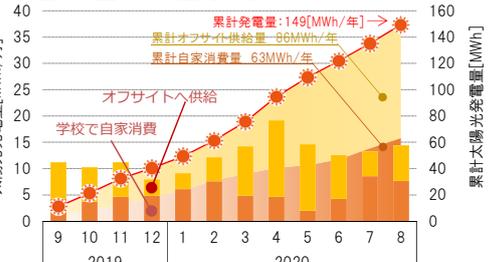


図2-4 太陽光発電電力量 (実測値)

3. アンケートによるPOE評価

■室内温度・明るさ環境が80%以上改善 (図3-1~図3-4)

新校舎への移動により「**良くなった** or **どちらかという良くなった**」と回答した生徒が、温度で90%超、明るさで80%を超えた。

■エコモニターの活用 (図3-5)

新校舎に設置したエコモニターを「**毎日** or **週3日程度**」利用する割合は、教員は50%、生徒は80%以上であり、利用頻度は高い。

■日常のエコ活動の意識を85%以上の生徒が感じていた (図3-6)

エコ活動を「**意識する** or **少し意識する**」ようになった教員は70%、生徒は85%以上となる。環境への意識がとても高く、環境教育の効果が表れていると考えている。

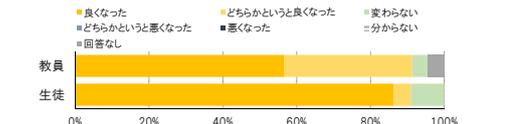


図3-1 本建物に移る前後の温度の快適さについて

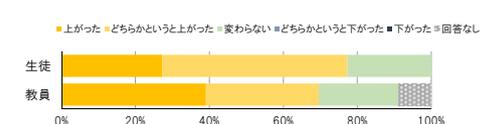


図3-2 本建物に移った後の学習効率の向上について

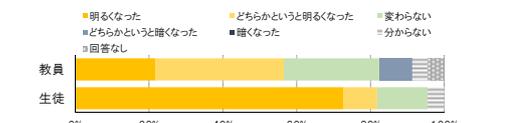


図3-3 本建物に移る前後の明るさについて

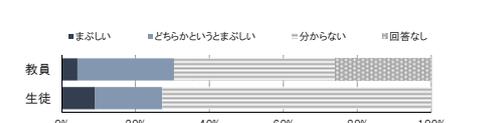


図3-4 本建物に移る前後のまぶしさについて



図3-5 エコモニターの利用頻度について



図3-6 日常のエコ活動に関する意識・行動への影響