

バイオクライマティック建築運用のための教育—エコスクールでの取り組みを例として—
Education for Better Operation about in a Building of Bioclimatic Design.
As an example about a eco-school.

廣谷純子¹⁾, 小田桐直子²⁾
Junko Hirotani, Naoko Odagiri,

- 1) (株) みつつデザイン研究所, 代表取締役, 環境情報学修士 (千葉市中央区松波 2-8-6-601, j.hirotnai@mittudesign.com)
Mittu Design Institute Co., Ltd. M. Env & In Studies.
2) 佐藤エネルギーリサーチ(株) (豊島区西池袋 2-36-11-903, odagiri@satoh-er.com)
Satoh Energy Research Co., Ltd,

English Summary : We conducted educational programs for improvement of operations for existing eco-school. We designed its program for making behavior to keep windows opened during nighttime and to utilize daylighting from the window. We devise program that the staff of primary school be able to experience about effective of night-purge, and get the knowledge about the way of utilization of daylight. After program, they became affirmative to night purge and utilization of daylight, and began to practice them. We also set up the program of environmental study to school children and as a result, they made themselves to propose way of lighting using their bodily sensation to location and the weather conditions.

エコスクール, 運用, ナイトパージ, ライトシェルフ, 昼光利用, 環境教育
Eco-school, Operation, Night purge, Light-shelf, , Utilization of daylight, Environmental-education

1. はじめに

「設計のための建築環境学」(バイオクライマティックデザイン小委員会著、2011 年、彰国社) の中では、バイオクライマティック建築とは、地域の気候に合わせて快適な環境をなるべく少ない化石燃料で達成するパッシブ建築の意味に加えて、「人の生理・心理的な快適性」を与えることとともに、「使用者や住まい手が楽しみながら積極的に運用(行動)すること」で完成する建築デザインと定義している。

近年は建物を自動で制御することで適切に運用しようという技術開発も進んでいるが、バイオクライマティック建築を成立させるためには、使用者や住まい手が積極的に運用へ関与し、建物を適切に運用していくための教育手法の開発が必要になる。

筆者らは、既に竣工している K 市のエコスクールにおいて、環境技術のしくみや意図、使い方を教職員や児童生徒に伝え、適切な運用をしてもらうような実践を行った。教育手法の開発につなげるために、それらの実践内容を報告する。

2. エコスクールの課題

(1) エコスクールのエネルギー消費量が大きい実態

平成 15 年にはシックハウス対応の換気設備の設置が義務化、平成 16 年には「学校環境衛生基準」が改訂され、最低基準照度が 200Lx から 300Lx になった。さらに、夏の猛暑に対応して冷房設備を入れるといったアクティブ技術の導入、更新が進みエコスクールに限らず、学校のエネルギー使用量の増加が懸念される。また、池澤らの研究¹⁾では一般的な仕様である旧小中学校よりもエコスクールのエネルギー使用量が増加しているとの報告がある。筆者らの調査²⁾にお

いても、エコスクールの認定を受けている近年竣工した学校のエネルギー使用量が大きく、その要因の 1 つは、環境技術を採用して自然光を利用することが想定されているにもかかわらず、教室使用時には照明を全点灯し、窓を開けている時や下校後にも熱交換型換気を使用しているという実態があった。

(2) 教職員・児童生徒が技術の目的や使い方を知らない

エコスクールとして窓開けや自然採光を活用した運用を計画しても、窓の開け方に工夫をして涼を得たり、自然光で明るい部分を消灯したりといった細かな行動によって快適性を得るよりも、暑ければ冷房、寒ければ暖房、教室に入れば無意識に電灯照明を全点灯するような過ごし方を選択している。使い手が面倒くさがってスイッチ 1 つで簡単にできる使い方を選択していると思うかもしれないが、課題はもっと初源的である。今井らの調査³⁾においてもエコスクールの環境技術について説明の機会が「ある」との答えが 40%以下であるように、どのような時であれば窓開けで対応できるのか、必要な明るさとはどのくらいなのか、どのような設備が何の目的のために設置されているのか等、建物や設備の具体的な使い方に関して分からない、知らないという実態がある。施設管理者のいない学校においては、適切な運用を継続してもらうことが課題として挙げられることがあるが、その前に、竣工時に教職員・児童生徒に理解できる方法で使い方に関する情報を伝えていないことも問題である。

(3) エコスクールを使いこなすための支援体制の不足

筆者らは、環境省の「学校エコ改修と環境教育事業」⁴⁾のサポート本部の担当を行ってきた。モデル校は 20 校あり、そのほとんどが、エコ改修や環境教育に取り組み改修前に

比べ、改修後のエネルギー使用量を削減した。この事業において成果が出せた理由としては、学校の努力はもちろんだが、地域のサポート事務局や専門家の支援が受けられたことが重要であったと感じている。エコスクールのみならず、公共施設などの適切な運用には専門家の技術的な支援を受けられるようにすることが望ましいが、現実にはなかなか実践されていない。理由としては、予算措置や体制整備に課題があると考えている。

3. 実践例

前述の課題を共有した K 市の職員と共に、取り組んだ 2 校の実践例を紹介する。エコスクールの環境技術を知り、理解してもらうこと、理解した上で適切に運用してもらえれば、無理なくエネルギー使用量は削減でき、無理のない自然な取り組みであれば継続してもらえると仮定し、実践内容を考えている。

K 市において 2012 年に竣工した小学校 1 校(以下、A 小)、2012～2015 年に断熱化等の改修を行った小学校 1 校(以下、B 小)を対象に、エネルギー使用量と温熱環境等の調査(以下、実態調査)を行った。両校は共にエコスクール認定校で概要を表 1 に示す。この両校の実態調査結果を元に、運用上の課題を挙げ、それを改善してもらうためのプログラムを考えた。具体的な内容は、教職員向けの「校舎の使い方説明会」の開催と半強制的に体験学習してもらう「トライアル」の実施、児童向けの「環境学習」である。さらに運用改善後にアンケートと実態調査を行い、教職員に報告した。図 1 に両校における一連の取り組みの経過を示す。

表 1 A 小、B 小のエコスクールの概要

	A 小(新築校)	B 小(改修校)
環境技術	- 断熱化(屋根・壁・サッシ) - ライトシェルフ 等	- 断熱化(屋根・壁・サッシ) - 外付けブラインド等の日射遮蔽 - ナイトパーージ用窓設置 等
普通教室の設備	- 暖冷房設備(空冷 HP チラー+FCU) - 熱交換型換気 - Hf 蛍光灯	- 暖冷房設備(EHP) - 熱交換型換気 - Hf 蛍光灯
運用課題	- 明るさは十分でも、教室使用時には電灯照明を全点灯 - 常時熱交換型換気が稼働	下校時にナイトパーージ用窓を開けていない

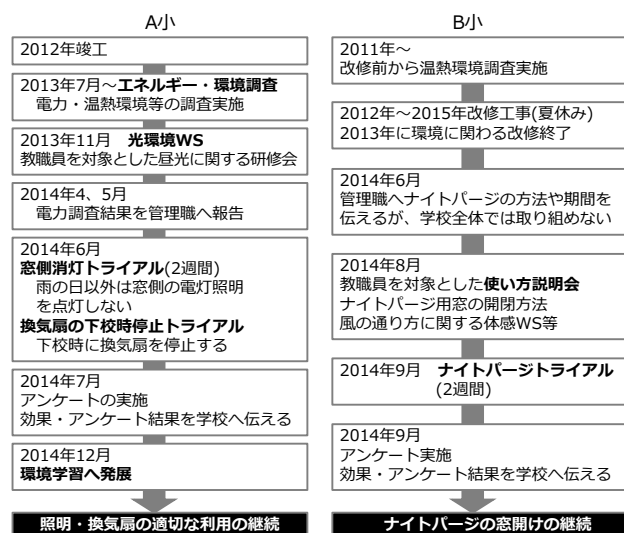


図 1 A 小、B 小における取り組みの概要

(1) 教職員向け：校舎の使い方説明会

環境技術の種類、目的、効果、使い方についての情報共有を目的として、教職員研修会という場を設けて実施した。納得を得て、積極的に運用に関わってもらえるように、具体的な数字、情報を元にして、現地で確認することや、体感、体験しながら学べるような工夫をしている。例として運用課題としても挙がっている 2 つの環境技術を取り上げて実践内容を報告する。

①ナイトパーージ(B 小)

教室の実測結果(図 2)を元に、夏の夜間に教室の気温が下がっていないことを確認し、この期間に窓を開けることで昼間の熱気を排出することができ、朝登校時の教室が「むっ」としないといった効果を伝えた。さらに、登校してすぐに冷房を使わなくて済むことで、冷房の使用時間を減らすことが目標であることも伝えている。実際の行い方については、現場に行きナイトパーージに使う窓の場所と開け方を全員で確認している(図 3)。

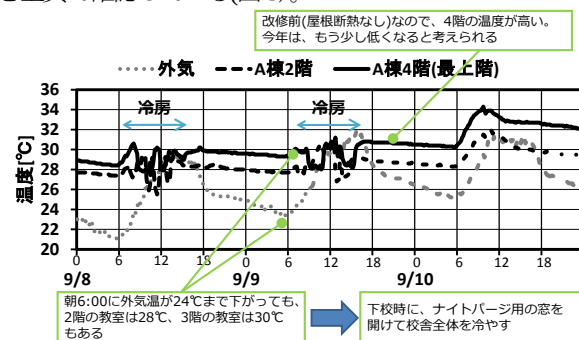


図 2 ナイトパーージの必要性を説明した資料
改修前(屋根断熱なし、ナイトパーージなし)の教室の空気温度



図 3 ナイトパーージに使う窓のところで説明している様子
場所、開け方の確認をしている

②昼光利用 ライトシェルフ(A 小・光環境 WS)

ライトシェルフの目的は、眩しきの低減と反射光の利用であり、窓からの昼光を利用するために設置されている。現状ではライトシェルフの有無に関わらず電灯照明が全点灯しているケースが多い。そこで、ライトシェルフの仕組みの説明(図 4)に加えて、まずは教室で必要な照度が 300~500lx であることと、300~500lx がどの位の明るさであるのかを体感で確認してもらっている(図 5)。その上で、実際の教室の中で、その 300~500lx を確保するためにどのような点灯・消灯方法があるかを確認した。実際の教室を会場とすることで、オープン型の教室の場合は、天候、時間によっては廊下側も消灯できるなど、環境、状況に応じて

工夫する必要があることも確認している。また、光環境は明るいことがよいことではなく、明るさのムラがないことが質の高い光環境だと説明したところ、教職員に共感してもらえた。

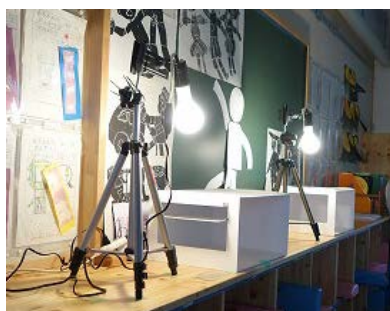


図 4 ライトシェルフの仕組みを模型で説明
ライトシェルフのある有無で比較して説明する



図 5 教職員で教室の照度を計測している様子
机に座り生徒の立場になって明るさを数字と体感で確認する
(2) 教職員向け：トライアル

運用の改善を提案する際には、通常は「説明→了承→実践」とするところを、順番を入れ替えて「説明→期間限定の実践(以下、トライアル)→了承」という順序で行った。2週間程度トライアルを行った後に改善する/しないの判断をしても良いという前提のもとに始めている。この取り組みは、頭で理解する前に身体で理解してもらうための体験学習とも言える。始める前には、管理職には温度、照度、CO2濃度の実測値を元に問題がないことや効果を説明し、了承を得ている。

A小では、ライトシェルフ設置の目的を理解し、昼光を積極的に利用してもらうために、雨の日以外は窓側の電灯照明を点灯しない「窓側消灯トライアル」と、電力使用量の大きかった熱交換型換気を対象とした「換気扇の下校時停止トライアル」を実施し、B小では、口頭での説明では、実施してもらえなかった夏期における下校時の窓開けを行う「ナイトページトライアル」を実施した。トライアルの実施前には、図6に示すラベルを貼った。



窓側回路のスイッチに「雨マーク」



ナイトページ用窓にラベル貼付

図 6 トライアル実施前にスイッチ等にラベルを設置

2週間程度のトライアル直後には、教職員に対してアンケートを実施し、アンケート結果とエネルギー使用量をまと

め、教職員へ報告した。「窓側消灯トライアル」と「換気扇の下校時停止トライアル」を行ったA小へ報告した内容の一部を図7～9に示す。トライアル直後に結果を報告することによって、エネルギー削減効果を知ってもらうこと、窓側消灯を行った感想を共有してもらうことによって、この運用を自発的に継続してもらいたいとの意図がある。図7に示すように、普通教室および普通教室前のオープンスペースの電灯系の電力量は換気扇を停止することによって40%、窓側照明を消灯することによってさらに20%の削減となった。学校全体の電力量では20%の削減となり、1年間行くと100万円もの光熱費が抑えられると伝えた。

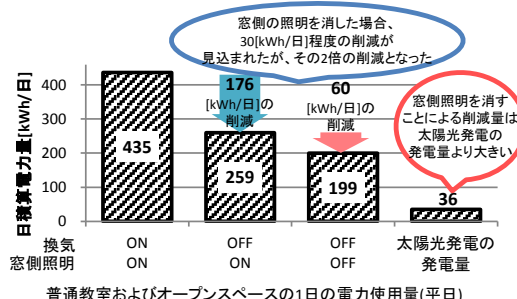


図 7 トライアル実施後の効果報告(抜粋)
窓側消灯・下校時の換気扇停止による電力の削減量

「窓側消灯トライアル」後の教職員を対象としたアンケートにおいて、トライアル前後の明るさのムラについての問いでは、図8に示すように「変わらない」との回答者が最も多いが、「ムラがとても少ないと感じた」「ムラがやや少ないと感じた」が30%以上を占め、光環境WSでの学びの効果が顕れている。また、今後において、「窓側の消灯が可能と思うか」との問いに対して、80%の教職員が「とても思う」「やや思う」と回答しており、今後も多くの教職員がこの運用を続けてもよいと考えていることを伝えた(図9)。

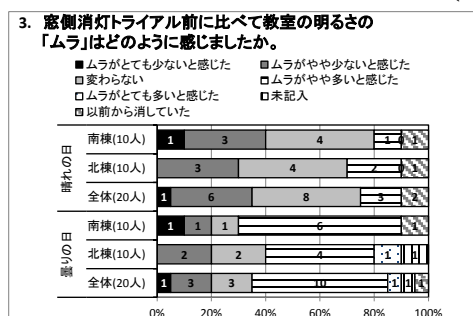


図 8 トライアル実施後の効果報告(抜粋)
明るさの「ムラ」についてのアンケート結果

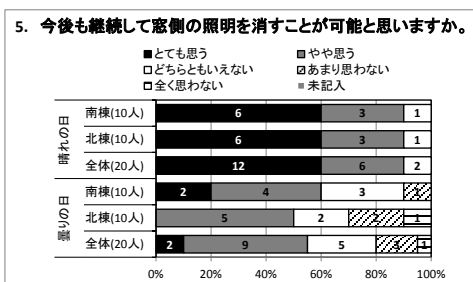


図 9 トライアル実施後の効果報告(抜粋)
窓側消灯の可否についてのアンケート結果

（3）児童向け：環境学習

ゲストティーチャーとして、6年生の家庭科で2コマ、5年生の総合的な学習の時間で3コマの授業を行った。図10に示した6年生の家庭科の授業は、単元と整合性を図ることを重視しながら、校舎の工夫を広く全般的に伝える内容としたため、授業後に教師や生徒が電灯照明の点灯行動や窓開け等の運用に積極的に関わるといった行動には繋がりにくかった。一方、図11に示した5年生の授業は、担任の先生からの要望として、現在教職員が中心に取り組んでいる窓側消灯活動を子どもたちにも広げたいという思いが発端となっている。そこで、電灯照明の適切な運用に繋がるように内容を絞り、実践向きに工夫して計画した。教職員や児童には「昼光利用」という言葉は分かりにくいので、「日光照明」という造語を用いる工夫もしたところ、教員から「わかりやすい」と好評だった。

授業後には、昼光利用に対する理解と電灯照明の使い方に対する具体的な提案、日常生活における変化が見られた。

①昼光利用に対する理解と電灯照明の使い方について

表2に示すとおり、階の違い、窓の大きさ、ガラスの透明度によって昼光で得られる明るさが異なることを理解し、どの電灯照明をどのような時に使えばいいか、用途、場所、天候を考慮して具体的な使い方が提案できている。

表2 児童が挙げたまとめ

場所	感じたこと・提案
階段室北	1-2階の踊り場は窓の数が少なく照度が低かった。しかし階段は見えていたので、電灯照明はなくても良い。2-3階、3-4階の踊り場は日光照明だけで十分な明るさがあった。
階段室南	窓ガラスが厚く光が入りにくい。曇り・雨の日は電灯をつけた方がいい。
4階トイレ前の廊下	曇りの場合は、授業中はつけずに、掃除のときにつけければいい。晴れの場合は、掃除の時も点けなくていい。
理科室	日光照明は窓側で使える。窓から離れていることはlxが少ない。準備室以外は電灯照明がなくても大丈夫。
多目的室	1列だけ電灯照明をつける。音楽室の方に電灯照明をつけた方がいい。
児童会室	部屋の中は電灯はいらないが、エレベータ前と階段は電灯をつけないと少し暗い。曇りの日の午後は全部の電灯をつけた方がいい。

② 日常生活における変化

電灯照明、日光照明のどちらを使うかを先生が子どもたちに問うようになり、子どもたちは照度計を使わなくても文字の見え方等を確認しながら体感で判断できるようになった。また、学んだことを活かすために、5年生が中心となって、低学年に電灯照明の使い方を伝える活動を行った。

4. まとめ

K市のエコスクール2校での実践を通して、使用者が積極的に運用することに繋がる教育とするために重要と感じた点を整理する。

①教職員向け：校舎の使い方説明会

座学や口頭での説明に加え、実際に環境技術設備を動か

したり、場所を確認するなど使い方を具体的に説明する。時刻や天気によって、環境技術の仕組みが確認できないものに関しては、模型等を用意して疑似体験できるようにし、身体で理解できるような体験の場をつくる。

②教職員向け：トライアルによる体験

使い方説明会から日を開けずに続けて行うのが良い。使い方説明会での疑似体験だけでなく、適切な運用を実際の生活の中で半強制的に体験する機会を期間限定で設け、教職員と一緒に運用方針を話し合う。その際、以下の定量的なデータに基づいた情報提供が有効と考える。

- ・トライアルを行う前後には温湿度・光・エネルギー調査等を行い、行った場合の差異が確認できるようにする。
- ・トライアル実施直後に教職員に対して簡単なアンケートを行い、結果を見せることで感想を共有する。

③児童向け：環境学習

子どもたち含め学校全体で運用に取り組むには、計測等の調査を元に提案するといった内容にして実践につなげることが重要で、家庭科や総合的な学習の時間などを活用すると良い。教職員が異動するため継承が難しいという課題については、教科や環境学習のカリキュラムの中に正式に残していくという方法がある。ただしその場合は、管理職が意欲的に取り組むことを決め、建築関係者が支援しながら、教材やプログラムの準備をする必要があり、実現するには予算措置と支援体制の構築という点でハードルがあることも事実である。

5. 今後に向けて

適切な運用があつて初めてエコスクールが成り立つことを考えると、エコスクールの建設に合わせて、本報で紹介した実践のような「運用教育」を盛り込んだ建設計画とすることがこれから重要になってくると考える。

さらにエコスクールだけの問題ではなく、環境建築、パッシブ建築等も同様である。バイオクライマティックデザインでは、使用者、使い手の行動までを含めてデザインと定義している点で、従来の環境建築、パッシブ建築よりも視点が広く、深いため、面白いデザインに繋がる可能性があると感じている。今回は完成しているハードに対しての取り組みであったが、使用者が積極的に運用することに繋がる教育に設計時から一体的に取り組むことで、ハードとソフトが一体化した先進的な建築の提案に繋がっていくのではないかと考えている。

【参考文献】

- 1) 池澤ら：アンケート調査によるエコスクール認定校の実態把握、日本建築学会環境系論文集、pp.783-788、2009.7
- 2) 小田桐ら：環境に配慮した学校施設の整備に関する研究(その2)、空気調和・衛生工学会大会学術論文集、pp.273-276、2014.09
- 3) 今井ら：エコスクールにおける環境学習の実施状況調査と導入技術の活用方法に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集、pp.1035-1036、2014.9
- 4) 校舎をエコ改修するとともに環境教育に取り組む環境省の地球温暖化対策事業の1つ。専門家と教職員、地域住民、がともに学びながら進めてくプロセスが特徴。詳しくは、事業専用のホームページを参照のこと。http://www.ecoflow.go.jp/

【謝辞】ともに実践を重ねたK市の職員の皆様に謝意を表します。

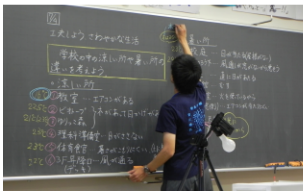
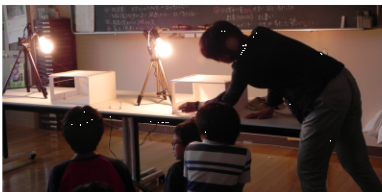
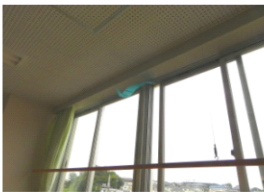
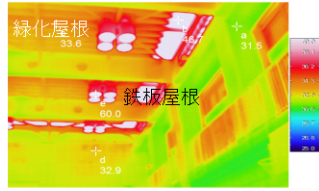
実施日	H26年7月4日	時間	2時間
教科	家庭科	単元	工夫しようさわやかな生活
学習の目的	暑い夏を快適に過ごす校舎の工夫と校内での過ごし方を知ること、家でも涼しい暮らし方を工夫できるようになる。		
1時間目	「学校の中の涼しいところや暑いところはどこだろう」（進行 担任）		
① 校内の調査	校内をまわり、涼しいところと暑いところを探し、その理由を見つける	 放射温度計をグループに1台づ渡し、暑いところ、涼しいところの予想を教室で行い、その後現場を確認するという活動を実施。周囲にどんなものがあるか、どんな環境なのかを観察してくるよう指導している。	
② 調査のまとめ	涼しいところと暑いところとその理由を挙げる	 くまとめの例> 涼しいところ: エアコンのある教室、木陰のあるビオトープ、日が入らない理科室等。 暑いところ: 日が当たる屋上や校庭、窓が上にしかないので風通しが悪い体育館等。	
2時間目	ゲスト講師の授業「暑い夏を快適に過ごす校舎の工夫を知ろう」		
① 導入		・1時間目の調査で挙げた校内の暑い場所、涼しい場所とその理由が、快適に過ごすための大事なポイントであることを伝え、これからそれを説明していくことを伝える。 ・またこの学校はエコスクールであること、だから特別な工夫があることを知ってほしいことも伝える。	
① 暑い日差しを防ぐ工夫について	日が当たると暑い、日かげは涼しいという発見につなげて、ライトシェルフ(2段庇)の仕組みと庇の日射遮蔽効果の説明。		・庇の有/無で教室にできる影がどのように違うかを模型で比較し、日射遮蔽効果を伝える。 ・2段目の庇の反射効果を模型で確認した上で、教室の庇の形と効果を確認する。
② 風を通す工夫について	風のあるところが涼しいという発見につなげて、風の入り口と出口を作ることで風の通り道ができることを説明。オープン型であるA小は、他の学校よりも風通しがいいことも説明。	 窓に取り付けた紙の動きで、風の入口と出口を確認。	 昔の家の間取りとオープン型の教室を比較して、風通しのいい家の工夫を伝える。
③ 気化熱を使う(植物の蒸散作用など)	ビオトープや木陰が涼しいという発見につなげて、汗の蒸発効果を体感した上で、屋上緑化の効果を説明。	 緑化屋根 鉄板屋根	 緑化屋根 33.6 鉄板屋根 32.9 体育館の緑化部分と鉄板屋根部分をサーモカメラで比較して効果を確認する。
④ 暑いときにはエアコンを賢く使う。	エアコンの教室は涼しいという発見につなげて、冷気を無駄にしないために、校舎に断熱材や複層ガラスがついていることを説明。みんなに出来ることとしては、窓の開閉と換気扇の使い方に注意することを説明。	 複層ガラスの保冷効果を体感する。	<みんなができること> ・冷房をつけたら窓を閉めて換気扇をつける。 ・窓を開けたら換気扇は止める。 ・帰るときには換気扇を止める。
④ ワークシートにまとめとふりかえりを記入			

図10 6年生家庭科における環境学習の概要

実施日	H26年12月4・19日	時間	3時間(総合的な学習の時間 40時間の内の一部として実施)																
教科	総合的な学習の時間	テーマ	「広げようA小エコ活動～わたしたちにできること～」 タイトル 日光照明を利用しよう！																
学習の目的	現在は「晴れている時は窓側の照明を消す」というルールで実践している。これを「太陽の光で明るいとき・ところを自分たちで判断して、消灯する」ことができるようになる。																		
12月4日 ゲスト授業:調査体験を主とした学習																			
教室内の日光の明るさ調査(1時間)																			
① 導入 窓側消灯って何をしてるの？		日光照明 窓側を消灯しているということは、日光を照明として利用していることを確認。 それを日光照明と呼ぶことを提案。																	
② 教室の日光の明るさを調べてみよう 日光照明による教室の明るさ分布とみんなの体感確かめてみる。		照度と体感を一覧表にして、窓側や屋外は照度が高いこと、同じ明るさでも人によって感じ方が異なることを共有する。 どのくらいの明るさが必要？ どのような明るさが必要なのか、基準照度を元に伝え、日光照明が使えるかどうかの判断とした。場所、行為によって必要な明るさが異なることも																	
校内で日光照明が利用できそうなところを探してみよう(1時間)																			
① 校内の調査 照度計で計測しながら、校内で日光照明が利用できそうなところを探してみる。 (同様の活動を天候の異なる別の日にも実施している)		照度を調査している様子。 床から同じ高さで計測して比べることをルールとしている。 校内の明るさ調査 <table><tr><th>調査した場所 ()</th><th>① 予想照度</th><th>② はかった照度</th><th>③ 照度チェック</th></tr><tr><td>a</td><td></td><td>lux</td><td>・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方</td></tr><tr><td>b</td><td></td><td>lux</td><td>・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方</td></tr><tr><td>c</td><td></td><td>lux</td><td>・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方</td></tr></table> ④ その場所を観察して気づいたこと、思ったこと 考えてみよう！ 日光照明が使えるところはどこだろうか？ ワークシート 1つの場所で3つの地点の照度を調べ、日光照明、電灯照明のどちらが利用できるかを確認している。		調査した場所 ()	① 予想照度	② はかった照度	③ 照度チェック	a		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方	b		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方	c		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方
調査した場所 ()	① 予想照度	② はかった照度	③ 照度チェック																
a		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方																
b		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方																
c		lux	・日光照明だけ ・電灯照明だけ ・両方																
② ふりかえり 日光照明が使えるところはどんなところだろうか？自分たちが今できることはどんなことができるかな？																			
12月19日 まとめと共有の授業																			
クラスごとに調べた調査結果の発表 1時間 (進行:担任)																			
ゲスト授業 解説 1時間																			
解説概要 ・日光の明るさの特徴を知ろう ・日光を上手につかうための校舎の工夫を知ろう ・日光照明を使うと、どのくらいの電気を使用量を減らせるの？ ・家が学校で日光照明を使ってみよう！		2. かくさん光の特徴 雲や空に反射した日光 曇りでも明るい 照度が1日の中であまり変化しない 「直射光ほど明るくない」けど「やさしい光」 照明用として Good! ・北の窓から入ってくる ライトシェルフ 直射光をかくさん光に変えるひさし 直射光と拡散(天空)光の2つの光の種類と特徴を説明し、ライトシェルフの役割を伝える																	

図 11 5年生総合的な学習の時間における環境学習の概要