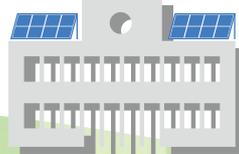


学校 ゼロエネルギー化 に向けて

創
エネ

省
エネ



文部科学省



国土交通省

学校ゼロエネルギー化の基本的考え方

恵み豊かな環境を守り、私たちの子孫に引き継いでいくためには、環境への負荷が少ない持続的発展が可能な社会を構築することが重要です。

学校施設におけるゼロエネルギー化の意義

学校施設は身近な公共施設であることに加え、例えば商業施設と比べて年間の一次エネルギー消費量が10分の1程度であるなど、他の用途よりエネルギーの消費が小さい建築物です（表1）。

このことから、良好な教育環境の確保を図りつつ、ゼロエネルギー化への取り組みを積極的に行う意義のある建築物の一つと考えられます。

そのような背景から、文部科学省と国土交通省が連携し、外部有識者による委員会を設置し、これまでの省エネに関する取り組みをより進めた学校のゼロエネルギー化の実現可能性についての検討を実施しました。

加えて、ゼロエネルギー化の対策技術による防災機能への貢献、学校施設を活用した環境教育についても検討を実施しました。

このパンフレットは、検討結果の要点を分かりやすくまとめたものであり、今後の学校づくりにおいて、実務に活用されることを期待しています。

ゼロエネルギーの定義

本検討では、学校施設の年間での利用において「一次エネルギー消費量」－「創出するエネルギー量（一次エネルギー換算量）」≦ゼロ以下である場合を「ゼロエネルギー」としています。

建物用途		一次エネルギー消費量[MJ/(年・㎡)]	サンプル数
事務所	事務所	1,862	851
商業施設	デパート スーパー	4,412	878
宿泊施設		2,706	475
病院施設		2,478	1014
教育施設	幼稚園 保育園	748	103
	小・中学校	370	1796
	高校	415	658
	大学	1,023	263
文化施設	展示施設	1,236	451

表1 建物用途別一次エネルギー消費量（MJ/（年・㎡））

DECC（Data-base for Energy Consumption of Commercial building、非住宅建築物の環境関連データベース、H19年度データ）による。

区分	学校数（全体）	うち公立
幼稚園	13,299園	5,024園
小学校	21,721校	21,431校
中学校	10,751校	9,915校
中等教育学校	49校	28校
高等学校	5,060校	3,724校

表2 学校のストック数

平成23年5月1日現在。／平成23年度学校基本調査による。

参考1 ゼロエネルギー化の実現に向けた取り組み

ゼロエネルギー化の実現に向けて、次の視点から徹底的な取り組みを行う必要があります。

視点1：徹底的な省エネルギー（図1 青）

- ①パッシブ手法で出来る限りの負荷抑制
- ②アクティブ手法で出来る限りの省エネルギー化

視点2：創エネ等によるゼロエネルギー化（図1 橙）

視点3：的確なエネルギーマネジメント（図1 桃）

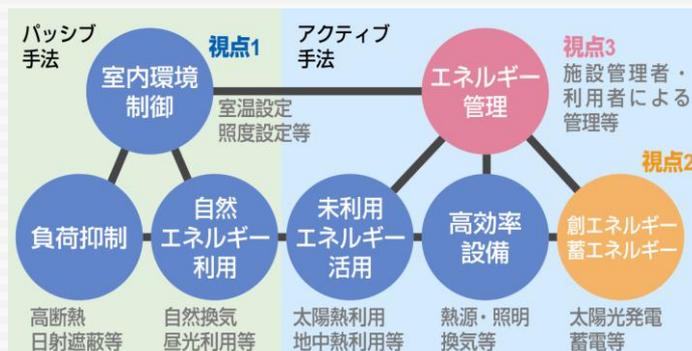


図1 ゼロエネルギー化の視点と手法

エネルギー消費の特徴

- ①照明のエネルギー消費量の比率が大きい
- ②冷房よりも暖房におけるエネルギー消費量が多い



建築的な特徴

- ①低層建築が多い
- ②延べ床面積に対する窓面積の比率が高い
- ③空間的な連続性（教室と共用部等）が高い
- ④天井が高い



利用上の特徴

- ①使用時間が短い
- ②冷房の期間が短い
- ③児童生徒等の移動に伴い、室の使用時間が多様である
- ④スポーツ施設を有する
- ⑤利用者側に設備の技術専門家がない



学校施設におけるエネルギー消費の特徴

学校のエネルギー消費源の7割以上が電力由来です。

東京地域でモデル学校における年間エネルギー消費量の構成は、照明 45%、暖房 22%、換気 14%、冷房 4%、その他（コンセント、給湯、コピー機等）15%となっています。（図2）

※給食室等は運営方式や施設の有無により各学校で異なるため、本検討には含めておりません。

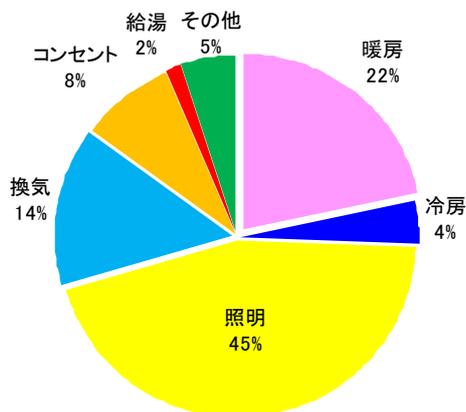


図2 学校施設のエネルギー消費量（年間）の内訳例

計算条件/建設地域：東京地域/延床面積：9080㎡（RC造）/空調設備：個別式ガス熱源空調（冷房 COP3.1、暖房 COP3.7）/照明設備：一般型蛍光灯（制御なし）/換気設備：一般換気（制御なし）/厨房施設：あり（配膳のみ、調理なし）/地域開放：あり

学校施設のゼロエネルギー化の実現に向けて

①エネルギー使用状況から重点対象を決定する。

学校施設のエネルギー消費構造に係る特徴、学校の利用状況等を勘案し、以下の項目について優先して対策を検討する必要があります。

1. 照明エネルギー消費量の削減
2. 暖冷房エネルギー消費量の削減
3. 換気エネルギー消費量の削減

②省エネと創エネの最大目標値を設定する。

ライフサイクルでの経済性（初期投資額の増加、光熱水費の削減、メンテナンスコストの増額等）に配慮し、現状から、省エネルギー量と創エネルギー量の目標値を設定する必要があります。

ゼロエネルギー化の留意点

- ゼロエネルギー化の取り組みは、常時の使用においてオーバースペックとならないよう計画に応じて適切に省エネルギー技術を導入し、環境教育や防災面に配慮します。
- 日別や月別の電力消費データを蓄積し、効果について評価を行い、適切な運営状態を保つことに配慮します。
- 日常の点検・補修及び定期的な維持修繕が必要なため、これらを行いやすい計画とします。
- 児童生徒等の行動範囲、動作領域、人体寸法を考慮するとともに、心理的な影響も含めて計画します。
- 児童生徒等の多様な行動に対し安心感のある計画とするとともに、万が一事故が発生しても被害が最小限となるよう、安全性に十分配慮した計画とします。

学校ゼロエネルギー化実現のための対策

ゼロエネルギー化を目的とした学校施設の整備においては、東京地域（温暖地）や仙台地域（寒冷地）における本シミュレーションを参考に、地域や学校の実情等を十分踏まえ、具体的な各種対策を効果的かつ適切に採用することが重要です。

ゼロエネルギー化のためのシミュレーション

代表的な地域として東京地域（温暖地）、仙台地域（寒冷地）を対象に、RC造、木造について（※1）「標準仕様」（※2）「標準努力対策」「最大努力対策」のケースごとにエネルギー消費量を検討しています。

基本的な省エネ対策を行う「標準努力対策」

標準努力対策では、今後の施設整備において導入が見込まれる建物の基本的性能を高める建築的手法及び経済性に優れた設備技術を、全面的に導入することを想定しています。

- 1-1 屋根・外壁の高断熱化、床断熱化
- 1-2 低放射複層ガラスまたは二重サッシ化
- 1-3 高効率熱源機器等の採用
- 1-4 高効率照明（各室共通）、人感センサー
- 1-5 換気ルートが無駄の回避、発停制御
- 1-6 太陽光発電 定格出力 20kw

※1 共通条件・標準的な運用条件

構造階数（面積）：RC造3階建（約9,000㎡）、木造2階建（約5,000㎡）／主な室数：RC造（普通教室24室）、木造（普通教室6室）／空調方式：個別熱源方式／平日の使用時間：普通教室（8:00～15:30）、管理諸室（8:00～20:00）※体育館・特別教室の地域開放なし／休日：土日祝日は校舎未使用／夏休み（7/20～8/31）、冬休み（12/24～1/8）ただし、管理諸室は8:00～17:00／暖房期間：東京地域（12/1～2/28）、仙台地域（11/1～3/31）／冷房：両地域（6/1～9/30）

※2 標準仕様（2000年以降程度の一般的な小学校の建築・設備仕様）

【建築仕様】躯体の断熱水準：（屋根）押出法ポリスチレンフォーム2種b（40mm）、（壁）同断熱材（20mm）、（床）無断熱／開口部：単層ガラス（6mm）／庇：バルコニー兼庇（計画による）／屋上緑化：一部採用（計画による）／【設備仕様】暖房・冷房方式：（普通教室）FF石油ファンヒーター・冷房なし、（特別教室・管理諸室）一般効率のエアコン／換気方式：換気扇（24時間換気、制御なし）／照明方式：一般型蛍光灯（各室共通、調光制御なし）／太陽光発電設備：なし

東京地域（温暖地）、仙台地域（寒冷地）の

シミュレーションイメージ図

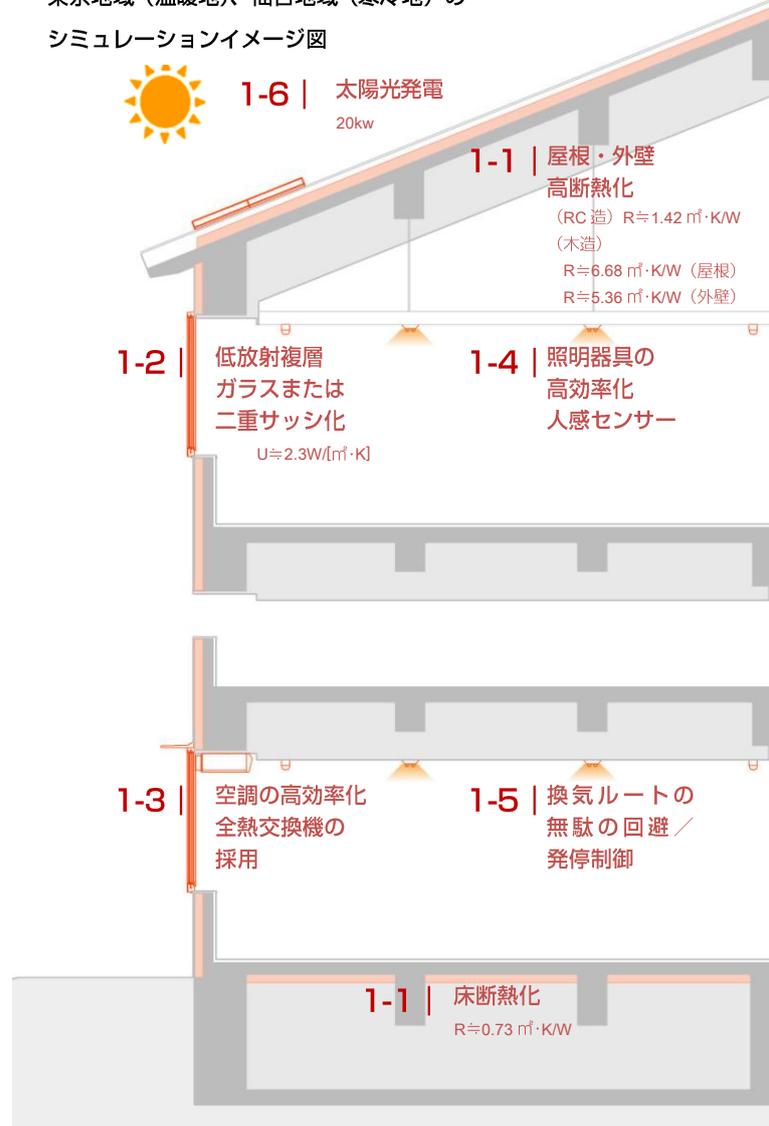


図3 標準努力対策の対策技術

※R：熱抵抗値（㎡・K/W）

U：熱貫流率（W/(㎡・K)）

参考2 試算結果と省エネ効果

- 標準努力対策ではRC造と木造どちらの試算でも、創エネルギーを加えて、標準仕様より約30%の省エネが実現します。
- 最大努力対策では建物の工夫や高効率設備の採用により、RC造は約50%、木造は約40%の省エネルギーを実現し、加えて、大容量の太陽光発電の導入により、どちらの構造でもゼロエネルギーが可能となります。

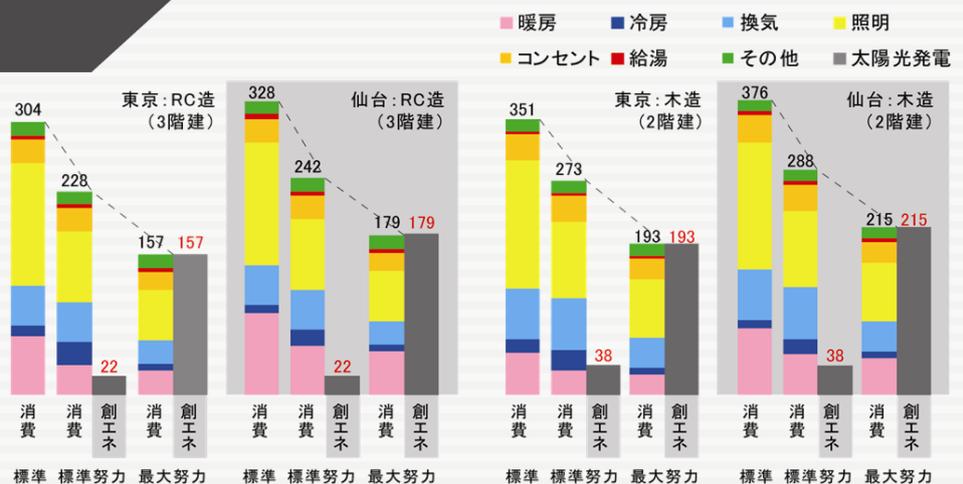


図5 試算結果の省エネ効果（一次エネルギー消費量（MJ/(年・㎡)））

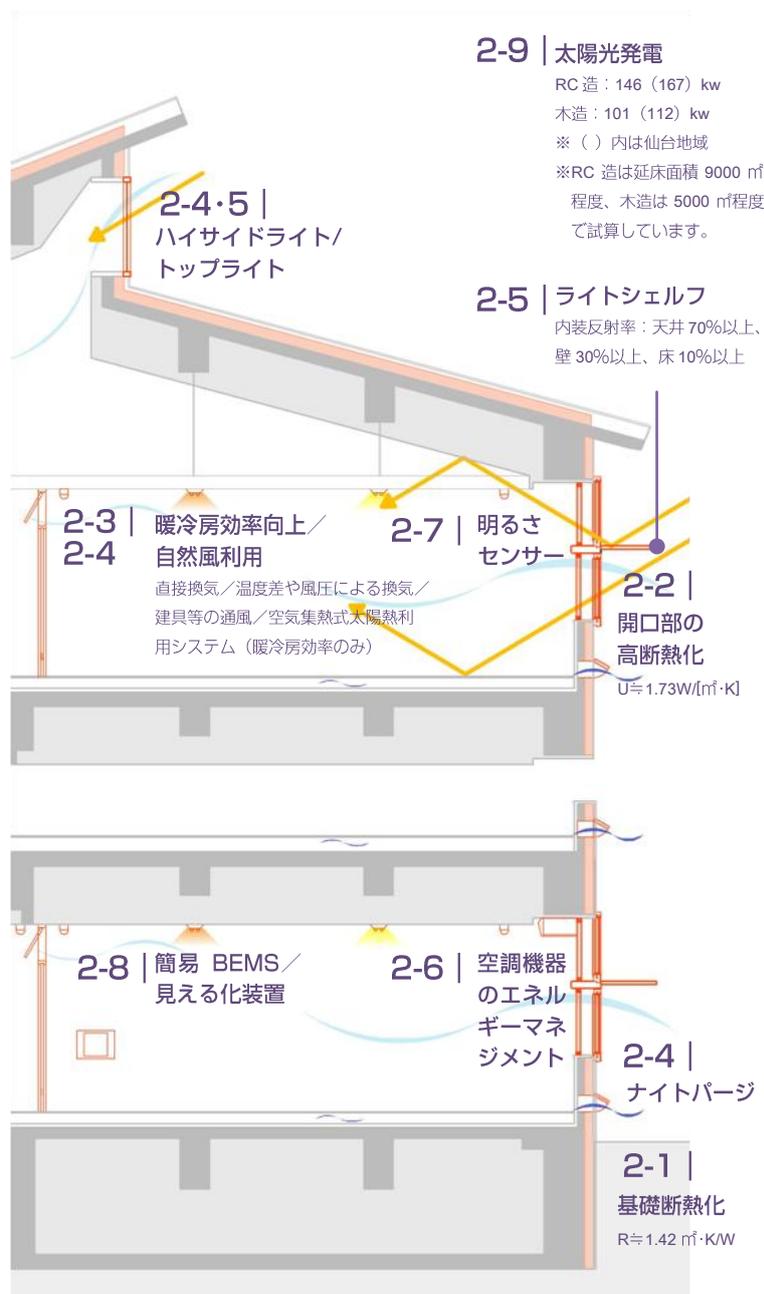


図4 最大努力対策の対策技術

ゼロエネを実現する「最大努力対策」

最大努力対策では、ゼロエネルギー化を目的として、建築・設備の統合的工夫が必要なパッシブ技術や室内の快適性を確保しながら省エネを図る設備項目に加えて、大規模な太陽光発電設備の導入を想定しています。

1-1	【共通】屋根・外壁の高断熱化
2-1	基礎断熱化
2-2	開口部の高断熱化
2-3	開口部等の工夫による暖冷房性能の向上
2-4	自然換気を誘発する建築計画
2-5	昼光を取り入れる開口計画
1-3	【共通】高効率熱源機器等の採用
2-6	空調機器のエネルギーマネジメント
1-4	【共通】高効率照明、人感センサー
2-7	明るさセンサー
1-5	【共通】換気ルートの無駄の回避、発停制御
2-8	簡易 BEMS、見える化装置
2-9	太陽光発電 (大規模)

CASBEE 学校による評価と内装木質化

表3のとおり、RC造の事例における建築環境総合性能評価では、対策技術の導入の程度に応じ、建築物の環境効率や LCCO₂ (CO₂ 排出率) の評価が向上します。このことから技術の導入が良好な学習環境の確保にも貢献することが伺えます。木造では建設時や修繕時等の CO₂ 排出量が削減され、さらに LCCO₂ の評価が向上します。また、内装の木質化を行うことでも、RC造、木造に関係なく、環境負荷低減性の評価が向上します。

区分	建築物の環境効率	LCCO ₂
標準仕様	BEE=1.1 ★★★	☆☆
標準努力対策	BEE=1.6 ★★★★	☆☆
最大努力対策	BEE=3.1 ★★★★★	☆☆☆☆

表3 CASBEE 学校による評価 (RC造、東京地域)

安全・運営上の留意点

- <照明> □昼光利用の効果を発揮しない可能性もあるため、窓や壁面への作品掲示、夏場のカーテン閉鎖等、実際の運用状態を考慮します。
 - 黒板は光の反射を抑える曲面黒板などを用いて、見えやすさに留意します。
 - トップライト等は積雪により、効果を発揮しない可能性もあるため、積雪の安全な除去方法や、融雪の方法について考慮します。
 - トップライトは、夏季の温度上昇、材料の劣化、破損・落下等に留意するとともに、防護柵や落下防護ネットを設置する等墜落防止に十分配慮して計画します。
- <暖冷房> □ガラスの破損防止や事故防止のため、屋外側に飛散防止フィルムまたは合わせガラスを設置し、室内側に強化ガラスを用います。
 - 開口部への衝突防止のため手すり等の設置やガラスが認識できる工夫をします。
 - 全熱交換器の無駄な運用を回避する制御・操作方法の採用などに留意します。
- <換気> □24時間換気システムでは、学校環境衛生基準を順守した範囲で夜間や土日、長期休み等の換気ファンの停止も考慮します。
- <創エネ> □屋上を避難場所とする場合は太陽光発電の設置場所に配慮します。
 - 太陽光発電を環境教育に利用する場合は、墜落事故対策、出入口の施錠管理、塔屋の立ち入り防止などに配慮します。

防災機能への貢献

ゼロエネルギー化の対策技術を取り入れることは、災害時における建物機能や室内環境の維持に貢献することが期待されます。

防災機能の強化に貢献する取り組み例

既存施設も含め学校施設に、ゼロエネルギー化の対策技術を取り入れることは、災害時における建物機能や室内環境の維持に貢献します。非常時においても一定のエネルギーが供給されることから、BLCP（※）にも貢献することが期待されます。同様に電力供給力が減少した場合においても、対策技術は重要な役割を果たすこととなります。なお、未利用エネルギーによる電力供給や熱供給を検討する際には、常時の使用においてオーバースペックとならないよう、計画する必要があります。

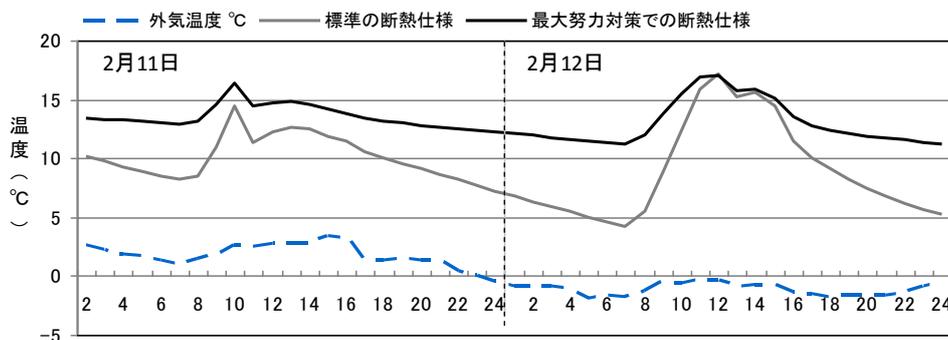
※ BLCP : Business and Living Continuity Plan（業務・生活継続計画）

避難所（体育館）の床表面温度

学校の体育館は、通常時は居住を前提とした施設ではないため、十分な断熱が施されていない場合があります。暖房のためのエネルギーが途絶するなどの状況も想定されるため、建物の断熱性能の向上はもっとも基本的な対策として有効です。長期間の避難生活の際に、特に高齢者や幼児などの健康への悪影響を回避できる可能性があります。

図 6 仕様の違いによる床表面温度の時系列データ（仙台地域）
（シミュレーション結果）

計算プログラム：DAIKUKAN / 気象データ：Amedas 標準年データ（仙台地域） / 建物基本情報：体育館（1階建） / アリーナ面積 630 m² / 建物高さ 9m / 建物使用時間：0時～24時（災害時想定） / 照明点灯使用：17時～21時 / 暖房なし（災害時想定） / 避難者数：180人（災害時想定、人員密度 3.5 m²/人（難民キャンプの設置基準 [UNHCR]）



参考 3 東日本大震災において避難所機能に役立った事例

■宮城県山元町立山下中学校

地震直後から停電となり、時期的に気温の低い日が続きましたが、建物の断熱や太陽熱で暖めた空気を利用した暖房設備により、室温を一定に保つことができました。（停電時の長期的な利用には、ファン動作の太陽光発電パネルが必要です。）

■千葉県鋸南町立勝山小学校

地震直後から停電となりましたが、太陽光発電設備で充電可能な蓄電池を設置していたため、停電時や夜間でも職員室で照明やテレビが使用できました。（停電時に自ら稼働する、自立運転機能付きのパワーコンディショナーが必要です。）

表 4 防災機能の強化に貢献する取り組み例

状況	貢献する取り組み例
系統電力、都市ガスの途絶（※1）	<電力供給>
	・太陽光発電、風力発電（※2）
	・蓄電池
<熱供給>	・空気集熱式太陽熱利用システム（※2）
	（※3）
	<室内環境の向上>
<その他>	・屋根・外壁・基礎の高断熱化
	・開口部の断熱・日射遮蔽
	・昼光利用等
	・雨水・中水利用設備（※3）

※1：都市ガス供給が維持されている場合、電力・熱供給設備としてコージェネレーションシステム（停電対応機能付きに限る）も取り組み例として挙げられる。

※2：天候等により左右されることに留意すること。また、系統電力途絶時には自立運転機能付きパワーコンディショナーが必要であることに留意すること。

※3：蓄電池等による動作の電力確保が必要であることに留意すること。



学校施設を活用した環境教育

導入した環境技術の仕組みや原理について設計の工夫により「見える化」することが有効です。児童生徒等の興味・関心を高め、また理解を深めることができると考えられます。

ゼロエネルギー化した学校施設の特色を環境教育に活かせる作り方

①エネルギー消費及び創エネルギーの状況の「見える化」
エネルギー消費量や発電の状況、室内環境の状況などをわかりやすく表示するディスプレイを設けます。

②仕組みや効果を見せ、体感させる

導入した環境技術の仕組みや原理の理解に役立てるため、児童生徒等が触れられたり、効果が分かるような工夫をします。

学校施設を活用した環境教育

①授業で活かす

エネルギーの消費や創出の状況への着目、学校施設の教材としての利用、身近なものを使った実験などを組み合わせることで、技術の仕組みについて理解を深めることが期待できます。

②家庭・地域にひろげる

地域の環境教育の拠点として、学校施設を活用した取り組みや児童生徒等が学習した成果を地域住民へ発信することは、家庭や地域の環境意識の向上につながります。

③活動をつなげる

学校施設を活用した環境教育は、長期に渡り取り組むことで、より学習効果が高まるものもあります。上級生から下級生への学習成果の発表の機会等を設けることなどが有効です。また、児童生徒等と地域住民が協働してエコ活動に取り組むことは、学習活動の継続に役立つとともに、地域における環境保全の意欲の増進のためにも有意義です。



1. エネルギー消費量等をわかりやすく表示するディスプレイ。
2. わかりやすく工夫した表示。
3. 効果が実感しやすい断熱材体験小窓。
4. 暖められた空気の流れを透明配管で確認できる。



5. 電気をつくろう！
 6. 日にあたり体を温める。
 7. ダウンジャケットを着て体を温める。
 8. エコ改修工事の設計者による授業。
- (※)

見える化と環境教育の留意点

□見える化では、ディスプレイの設置場所や表示内容を工夫したり、タッチパネルで操作できるようにしたりすることも考えられます。

□学校の教育目標や児童生徒等の発達段階などに応じた環境教育プログラムを作成し、他の教科単元と関連付けたり、地域の特性に応じた内容としたりすることが効果的です。

※「環境教育に活用できる学校づくり実践事例集」（平成 23 年 9 月 文部科学省）の記載事例より

1. 須磨学園高等学校・中学校
2. 福岡県糸田町立糸田小学校
3. 群馬県太田市立中央小学校
4. 愛知県北名古屋市長西春中学校
5. 高知県香南市立野市小学校
6. 7. 公的機関や NPO などの普及活動
8. 北海道黒松内町立黒松内中学校



学校ゼロエネルギー化に向けた支援 (平成 24 年度)

国や地方公共団体等が行う補助事業を積極的に活用し、その財政負担を軽減することで、学校施設のゼロエネルギー化の実現に向けた取り組みが期待されます。

<公立学校>

○スーパーエコスクール実証事業

補助内容：地域住民や保護者等が参加するワークショップ等での検討を踏まえた基本計画の策定に対する支援

対象：原則として、公立小中学校で今後改修を行う予定の校舎

	基本計画	設計	工事
○ スーパーエコスクール実証事業			
○ 公立学校施設整備費 補助率：改修 1/3、太陽光発電等 1/2			※

※公立学校施設整備費の優先採択、補助単価の加算を受けられます。

○エコスクールパイロット・モデル事業

補助内容：建物工事に対する支援

対象：公立の小中学校、幼稚園、特別支援学校等

	エコ関係工事							
	壁・窓等の断熱化	照明・空調等の高効率化	木材利用	太陽光発電・風力発電	水力発電等	太陽熱利用	地中熱・バイオマス熱・雪氷熱利用等	その他のエコ関係工事
○ 文部科学省 (公立学校施設整備費) 補助率：新増築 1/2、改築・改修 1/3								
○ 文部科学省 (太陽光発電等導入事業) 補助率：1/2								
○ 林野庁 (森林・林業・木材産業づくり交付金) 補助率：1/2								
○ 経済産業省 (地域自家消費向け再生可能エネルギー発電補助事業) 補助率：1/2以内								
○ 経済産業省 (地域再生可能エネルギー熱利用補助事業) 補助率：1/2以内								
○ 国土交通省 (住宅・建築物省CO2先導事業) 補助率：1/2以内								

※エコスクールパイロット・モデル事業の認定を受けることで、エコ関係工事に対して、文部科学省の事業においては、補助単価・補助対象面積の加算、他省庁の事業においては、事業の優先採択等の支援措置を受けられます。詳しくは各事業の募集要領等を確認下さい。

重複しない範囲で各省庁の補助事業の選択・組み合わせが可能です。

(参考) エコスクールパイロット・モデル事業の活用例

建物本体工事	エコ関係工事			
	壁・窓等の断熱化	太陽光発電	木材利用	地中熱利用
文科省補助 (補助率:1/2、1/3)	国土交通省補助 (1/2以内) ※本体工事と補助対象部分を明確に切り分けられる場合	文科省補助 (1/2)	林野庁補助 (1/2) ※本体工事との差額分を補助	経産省補助 (1/2以内)

<私立学校>

○エコキャンパス推進事業

補助内容：環境に配慮した学校施設整備の推進に必要な施設の改造等

対象：私立の幼稚園、小中学校、中等教育学校、高等学校、特別支援学校

対象事業：太陽光発電、校舎のエコ改修、校舎内外の緑化、雨水・排水再利用等のための校舎施設の改造工事への補助

補助率：1/3以内

本パンフレットは、「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)を要約したものです。

報告書 URL : http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shisetu/020/toushin/1321261.htm | http://www.mlit.go.jp/report/press/house04_hh_000367.html

お問い合わせ先

文部科学省大臣官房文教施設企画部施設企画課

電話：03-5253-4111 (代表) / 050-3772-4111 (IP 電話代表)

(2012 年 5 月第 1 版)

国土交通省住宅局住宅生産課

電話：03-5253-8111 (代表)