

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推進方策検討委員会

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書 目次

はじめに	… 1
第1章 学校施設におけるゼロエネルギー化の実現手法の検討	… 2
1-1 基本情報の整理	… 2
1-2 学校施設におけるゼロエネルギー化実現手法の検討	… 5
1-3 ゼロエネルギー化実現手法による学校施設の防災機能への貢献	…39
第2章 環境教育、普及・啓発活動	…42
2-1 学校施設を活用した環境教育	…42
2-2 普及・啓発活動	…46
参考資料	

はじめに

環境問題は、人類の将来の生存と繁栄のため避けては通れない課題であり、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あります。

また、このような取り組みを強化していくさなか、2011年3月に東日本大震災が発生しました。この震災によって、電力供給力が大幅に減少し、これまで以上に、あらゆる局面で、可能な限り、省エネを進めていくことが不可欠となっております。

このため、住宅・建築物においても、これまで以上に省エネを徹底し、エネルギー負荷の低減を図るとともに、最低限必要なエネルギーについては、創エネ、蓄エネ等の技術を適用することで自立的に賄い、年間における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推進していくことが強く求められています。

学校施設は、地域に身近な公共施設として、児童生徒への環境教育の観点や災害時に防災拠点となる施設であることに加え、他の用途と比べ年間の一次エネルギー消費量が小さい傾向にあることなどから、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、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示すことを目的とした外部有識者による委員会を設置し、検討を実施してまいりました。加えて、学校ゼロエネルギー化の対策技術による防災機能の貢献、学校施設を活用した環境教育についても検討を実施してまいりました。

本報告書は上記委員会による検討結果をとりまとめたものであり、本報告書が広く学校施設関係者に周知され、今後の学校施設づくりにおいて、実務に活用される有効な資料となることを期待しています。

本報告書における「ゼロエネルギー」の考え方

本報告書では、学校施設の年間での利用において消費する一次エネルギー消費量と、創出するエネルギーの一次エネルギー換算量との差し引きが、概ねゼロ以下である場合を「ゼロエネルギー」とし、シミュレーションを実施しています。

第1章 学校施設におけるゼロエネルギー化の実現手法の検討

1-1 基本情報の整理

1. 学校におけるエネルギー消費の状況

1) DECCデータベースによる用途別一次エネルギー消費量原単位

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) による建物用途別一次エネルギー消費量を表1、図1に示す。

学校施設は小・中学校、高校において、特に他の用途よりも一次エネルギー消費量が小さい傾向にある。

表1 建物用途別一次エネルギー消費量 [MJ/(年・㎡)]

建物用途		サンプル数	一次エネルギー消費量 [MJ/(年・㎡)]
事務所	事務所	851	1,862
	電算・情報センター	16	11,822
	官公庁	897	1,105
商業施設	デパート・スーパー	878	4,412
	物販その他	263	2,626
飲食施設		4	6,208
宿泊施設		475	2,706
病院施設		1014	2,478
教育施設	幼稚園・保育園	103	748
	小・中学校	1796	370
	高校	658	415
	大学・専門学校	263	1,023
	研究機関	5	2,050
文化施設	劇場・ホール	214	1,342
	展示施設	451	1,236
	スポーツ施設	117	1,700

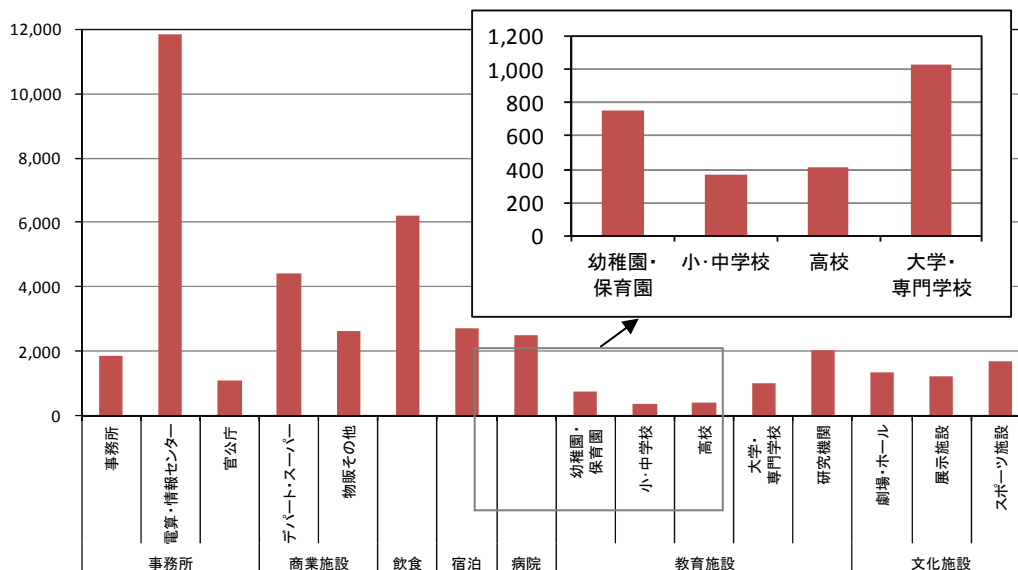


図1 建物用途別一次エネルギー消費量 [MJ/(年・㎡)]

2) 小・中学校、高校における地域別一次エネルギー消費量原単位

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) による小・中学校、高校における地域別の一次エネルギー消費量平均値を表2、図2に示す。

表2 小・中学校、高校における地域別一次エネルギー消費量[MJ/(年・㎡)]

地域	サンプル数		一次エネルギー消費量 [MJ/(年・㎡)]	
	小中学校	高校	小中学校	高校
全国	1796	658	370	415
北海道	288	133	573	508
東北	515	247	360	416
関東	582	80	338	426
中部	353	15	282	291
関西	24	67	245	383
中国・四国	28	39	357	308
九州	6	77	372	352

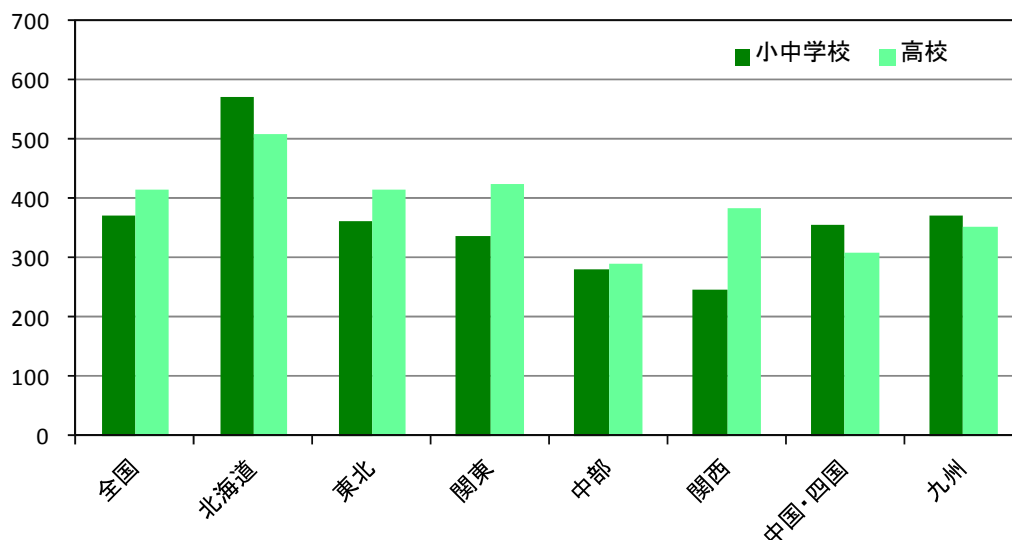


図2 小・中学校、高校における地域別一次エネルギー消費量 (MJ/(年・㎡))

3) 学校のストック数等について

【学校数】

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

(平成23年5月1日現在／平成23年度学校基本調査より)

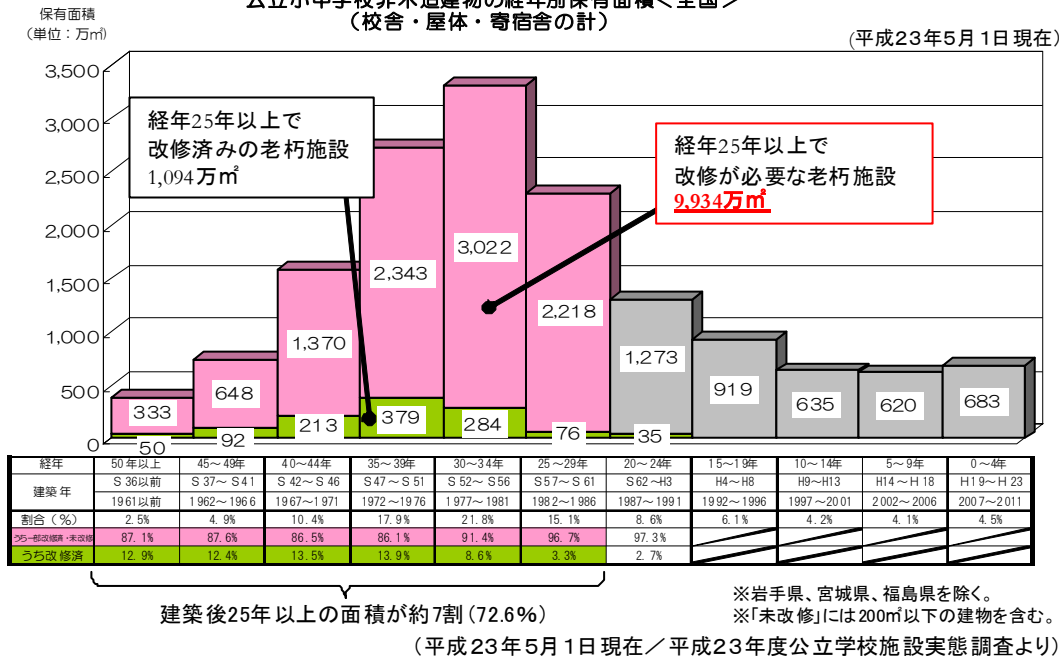
【公立学校施設の状況】

○保有面積(校舎・屋内運動場・寄宿舎、木造・非木造建物の計)

幼稚園 3,217千㎡
 小学校 96,482千㎡
 中学校 57,360千㎡※
 高等学校 41,990千㎡※

※中等教育学校の保有面積を含む

公立小中学校非木造建物の経年別保有面積<全国>
 (校舎・屋体・寄宿舎の計)



【整備状況】

○エコスクールパイロット・モデル事業認定校(累計)

1,340校(平成24年4月現在)

H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	計
18	20	20	41	58	88	97	98	101	70	79	104	157	175	134	80	1,340

○平成21年度に新增改築工事※が完成した公立小中学校の学校数及び面積
 ……518校、約148万㎡

※「エネルギーの使用の合理化に関する法律」による届出の対象となる300㎡以上の建物

1-2 学校施設におけるゼロエネルギー化の実現手法の検討

1. シミュレーションの目的

学校施設（主に小中学校を対象）を対象にゼロエネルギー化の実現可能性について、シミュレーションにより検討を行うとともに、その実現方法と建築・設備計画のあり方について解説を行い、今後の新築、改築、改修設計等に対するあるべき方向性について検討を行う。

2. 学校施設のエネルギー消費に係る特徴

他の建築物（業務用建物）と比較して、学校施設のエネルギー消費構造に係る特徴としては主に以下の点等が挙げられる。

1) 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

2) 建築的特徴

- ①低層建築である場合が多い
- 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

3) エネルギー消費構造上の特徴

- 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大きい

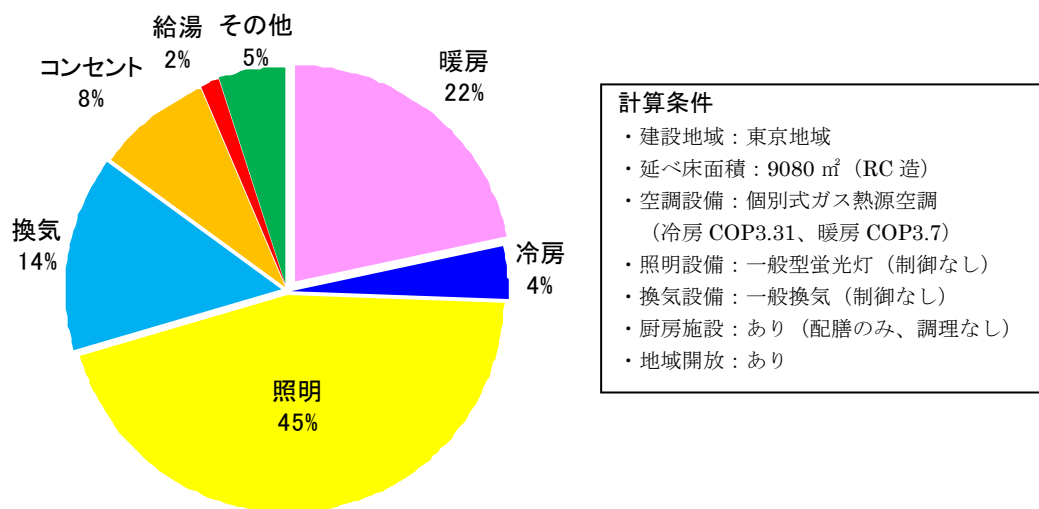


図 2.1 学校施設のエネルギー消費量（年間）の内訳例

3. ゼロエネルギー化の検討

1) ゼロエネルギー化の考え方

(1) 一般的な考え方

建築物のゼロエネルギー化を推進するためには、主に以下の視点からの徹底的な取り組みが必要である。なお、「はじめに」に記載のとおり、本報告書では、学校施設の年間での利用による一次エネルギー消費量と、創出するエネルギーの一次エネルギー換算量の差し引きが、概ねゼロ以下である場合を「ゼロエネルギー」とし、シミュレーションを実施している。

視点1：徹底的な省エネルギー（図3.1 青）

①パッシブ手法による負荷抑制

ゼロエネルギー化を推進する上では、まず建物側での工夫や適正な使い方等によるパッシブ手法を取り入れ、可能な限り負荷を抑制し、自然エネルギーを利用することが望ましい。

②アクティブ手法による省エネルギー化

パッシブ手法により最小化された負荷を未利用エネルギー、再生可能エネルギーの利用及び高効率設備の導入により可能な限り省エネルギー化を図る。

視点2：創エネルギー、蓄エネルギーによるゼロエネルギー化（図3.1 橙）

省エネルギー対策では削減しきれない、最低限必要となるエネルギー消費に対しては、創エネルギー、蓄エネルギーの技術により年間でのゼロエネルギー化を図る。

視点3：的確なエネルギーマネジメントによるゼロエネルギー化実現性の担保（図3.1 桃）

ゼロエネルギー化の実現は、建築・設備の取り組みにより自動的に成し得る訳ではなく、利用状況も勘案した利用側の適正かつ的確なマネジメントも必要と考えられる。このため、様々な「見える化」の手法を導入し、施設の利用者及び管理者による適切な管理を促す。また、これらの取り組みは児童生徒等の環境教育への活用や学校から家庭・地域への波及についても考慮する。

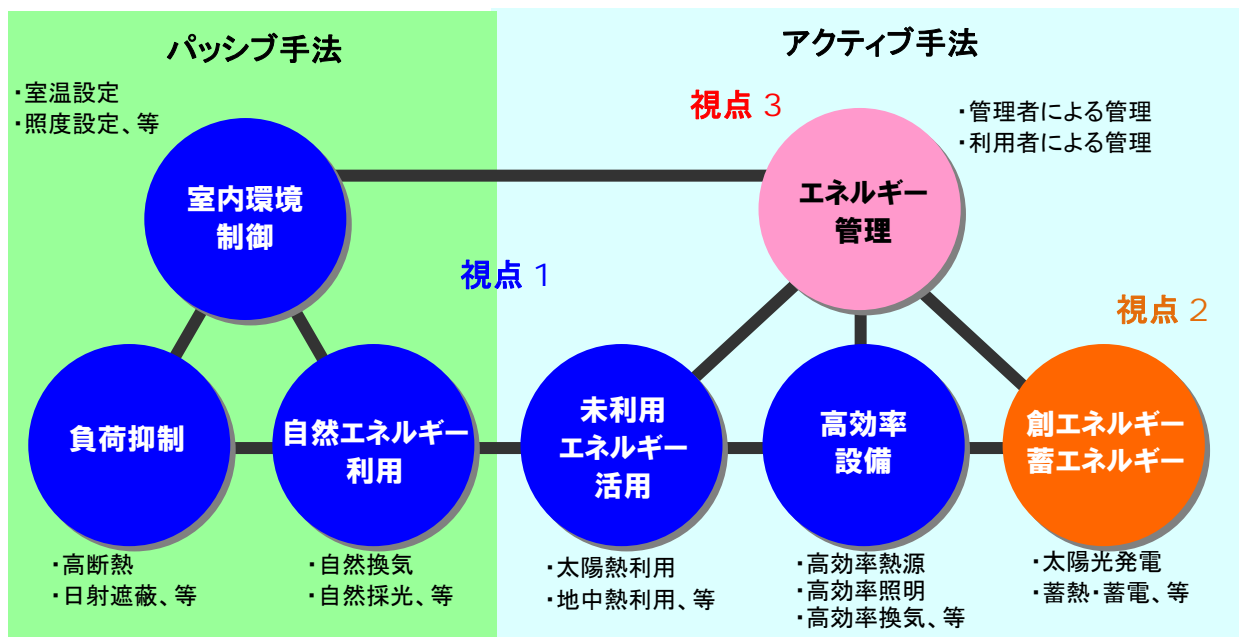


図3.1 ゼロエネルギー化を推進する技術要素・手法

(2) 学校施設におけるゼロエネルギー化実現の考え方

学校施設におけるゼロエネルギー化を実現するためには、学校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た検討と留意事項に配慮し、かつ環境教育に根差した対策の選択などが必要になる。

そのため、以下のように削減すべき消費エネルギー項目の対象等を決定し、経済性も勘案した上で、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ていくことが望まれる。

①学校の平均的なエネルギー使用状況から重点対象を決定する。

学校のエネルギー消費源の7割以上が電力由来であり、東京地域での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%（図2.1）であることから、重点的に省エネルギーを推し進める順位は以下とする。なお、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。

■学校施設において対策を優先すべき消費エネルギー項目

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、運用段階の経費の削減、メンテナンスコストの増額等）に配慮した対策により現状のエネルギー消費を最大50%程度低減することを目指し、その残り50%を創エネルギーにより補うことを目標としてシミュレーションを行う。

2) ゼロエネルギー化の可能性検討のためのシミュレーション

前節の考え方により、ゼロエネルギー化の実現可能性を確認するためのシミュレーションを行う。

シミュレーションは代表的な地域として温暖地、寒冷地を対象とし、RC造、木造について以下のケースを検討する。表3.1～3.3に検討する対策ケースでの条件設定や仕様・省エネルギー技術の導入内容を示す。

現状の一般的な建築・設備仕様（標準仕様）に対して、標準努力対策においては、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。

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求められるパッシブ技術や室内の快適性を確保しながら省エネルギー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について検討する。

ケース1	標準仕様	: 2000年以降程度の一般的な建築・設備仕様
ケース2	標準努力対策	: 今後の施設整備において導入が見込まれる建築・設備仕様
ケース3	最大努力対策	: ゼロエネルギー化の実現を目的とした建築・設備仕様

表 3.1 共通条件・標準的な運用条件

構造階数（面積）	RC 造地上 3 階建て（約 9,000 m ² ）、木造 2 階建て（約 5,000 m ² ）
主な室数	RC 造：普通教室 24 室、木造：普通教室 6 室
地域	東京地域（温暖地）、仙台地域（寒冷地）
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	土日祝日は校舎を未使用
長期休暇期間	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
暖冷房期間	暖房：東京地域（温暖地）：12/1～2/28 仙台地域（寒冷地）：11/1～3/31 冷房：両地域 : 6/1～9/30

表 3.2 標準ケース

項目	仕様
建築仕様	躯体の断熱水準 屋根：40mm、外壁：20mm （押出法ポリスチレンフォーム 2 種 b） 床：無断熱
	開口部 単層ガラス（6mm）
	庇 バルコニー兼庇
	屋上緑化 一部、採用
設備仕様	暖房方式 普通教室：FF 石油ファンヒーター 特別教室：エアコン（一般効率） 管理諸室：エアコン（一般効率）
	冷房方式 普通教室：冷房なし 特別教室：エアコン（一般効率） 管理諸室：エアコン（一般効率）
	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（各諸室共通）、調光制御なし
	太陽光発電設備 なし

表 3.3 検討ケース（適用技術例）

項目		省エネルギー 導入内容	再生可能エネルギー 導入内容	
標準努力 対策	建築仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁・屋根の高断熱化 ・床の断熱化 ・開口部の複層化（Low-E 複層ガラス等） ・日射遮蔽材の採用 ・移動空間の気密性向上 	太陽光発電 20kW	
	設備 仕様	暖冷房 方式		<ul style="list-style-type: none"> ・高効率熱源機器の採用 ・全熱交換器の採用 (普通教室の冷房化*1)
		照明 方式		<ul style="list-style-type: none"> ・高効率照明器具の採用 ・初期照度補正 ・人感センサー制御（トイレ等） ・高効率誘導灯
		換気 方式		<ul style="list-style-type: none"> ・換気ファンの発停制御
最大努力 対策*2	建築仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎の断熱化 ・自然換気を誘発する建築計画 ・昼光を取り入れる開口計画 (ライトシェルフ) 	太陽熱集熱装置 太陽光発電(大規模)	
	設備 仕様	暖冷房 方式		<ul style="list-style-type: none"> ・熱源室外機水噴霧装置 ・潜熱顕熱分離空調
		照明 方式		<ul style="list-style-type: none"> ・明るさセンサー制御
		その他		<ul style="list-style-type: none"> ・簡易 BEMS*3・見える化装置
運用時の工夫	<ul style="list-style-type: none"> ・暖冷房時間のシフト 			

*1 個別熱源方式により暖冷房を前提とした空調設備を想定する。

*2 最大努力対策は、標準努力対策に加え記載の対策技術を採用する。

*3 BEMS：建物のエネルギー管理システム（Building Energy Management System）

3) 試算結果の概要

(1) RC 造 (3階建て) の場合

①年間にける一次エネルギー消費量 (図 3.2、表 3.4)

シミュレーションでは、実在する学校施設をモデルとして、当学校に表 3.2 及び 3.3 の取り組みを適用した場合の年間の一次エネルギー消費量と、創出するエネルギーの一次エネルギー換算量を試算する。「6.最大努力対策における技術導入イメージ」に最大努力対策の概要図を示す。

東京地域 (温暖地)、仙台地域 (寒冷地) の両地域において最大努力対策ではゼロエネルギー化が実現される。東京、仙台の両地域において、標準努力対策では太陽光発電の導入も加えると標準仕様に比較して概ね 30%程度の省エネルギーが実現され、最大努力対策では省エネルギーで 50%程度、太陽光発電の導入を加えることで 100%強の省エネルギーとなる。

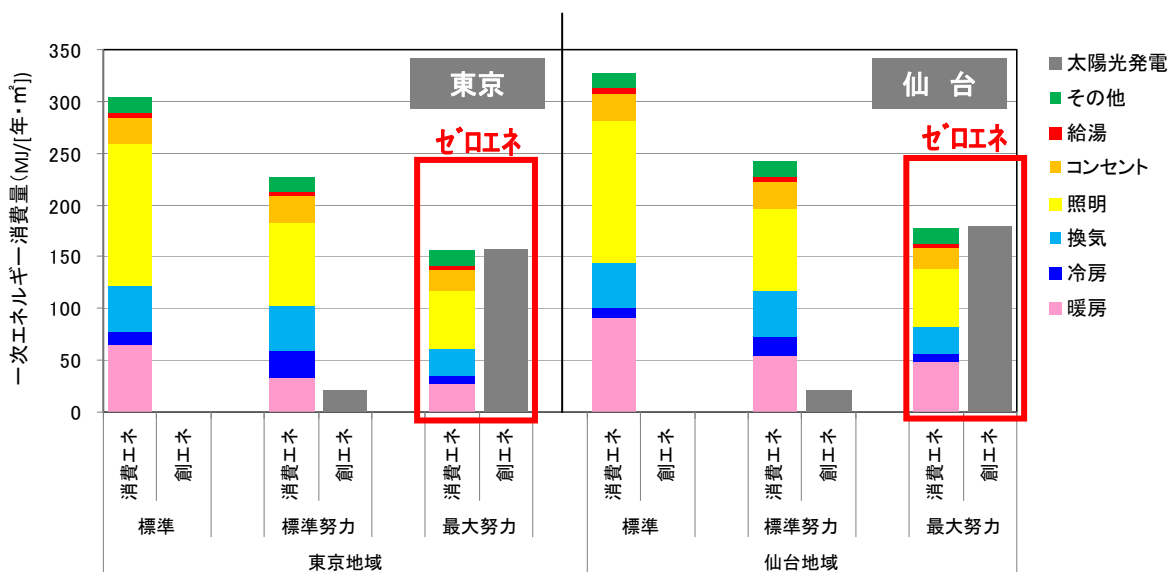


図 3.2 試算結果 (RC 造) での省エネルギー効果

表 3.4 試算結果 (RC 造) の内訳

項目		東京地域			仙台地域			備考
		標準	標準努力	最大努力	標準	標準努力	最大努力	
エネルギー 使用量 MJ/[年・㎡]	暖房	65.5	33.0	27.4	91.2	54.1	48.5	
	冷房	12.0	26.0	7.8	9.1	19.1	7.7	
	照明	137.4	79.8	55.6	137.4	79.8	55.6	
	換気	43.9	43.9	26.4	43.9	43.9	26.4	
	コンセント	25.6	25.6	20.5	25.6	25.6	20.5	
	給湯	4.7	4.2	4.2	5.6	5.0	5.0	
	その他	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
	合計	304.1	227.5	156.7	327.8	242.4	178.5	
	省エネルギー率		25%	48%		26%	46%	
創エネ対策 による効果	太陽光発電パネル		-21.5	-157.0		-21.5	-179.2	
	合計		205.9	-0.3		220.9	-0.7	
	省エネルギー率 (Net)		32%	100%		33%	100%	
	PVパネル容量 (kW)		20	146		20	167	
	PVパネル面積 (㎡)		112	816		112	932	

*PV パネル面積は、モジュール効率を 17.9%として算定

②晴天日（平日）における一次エネルギーの需給パターン（最大努力対策）

各シーズンの晴天日におけるエネルギー消費パターンと太陽光発電による発電パターンを図 3.3 に示す。暖冷房期間においては発電に対して、各時刻で消費エネルギーが上回るものの、中間期、長期休暇期間などにおいては昼間の時間帯においてはエネルギー消費が下回る。また、特に 8 月（夏休み期間）については、夏場の電力需要のピークカットに貢献している結果となっている。

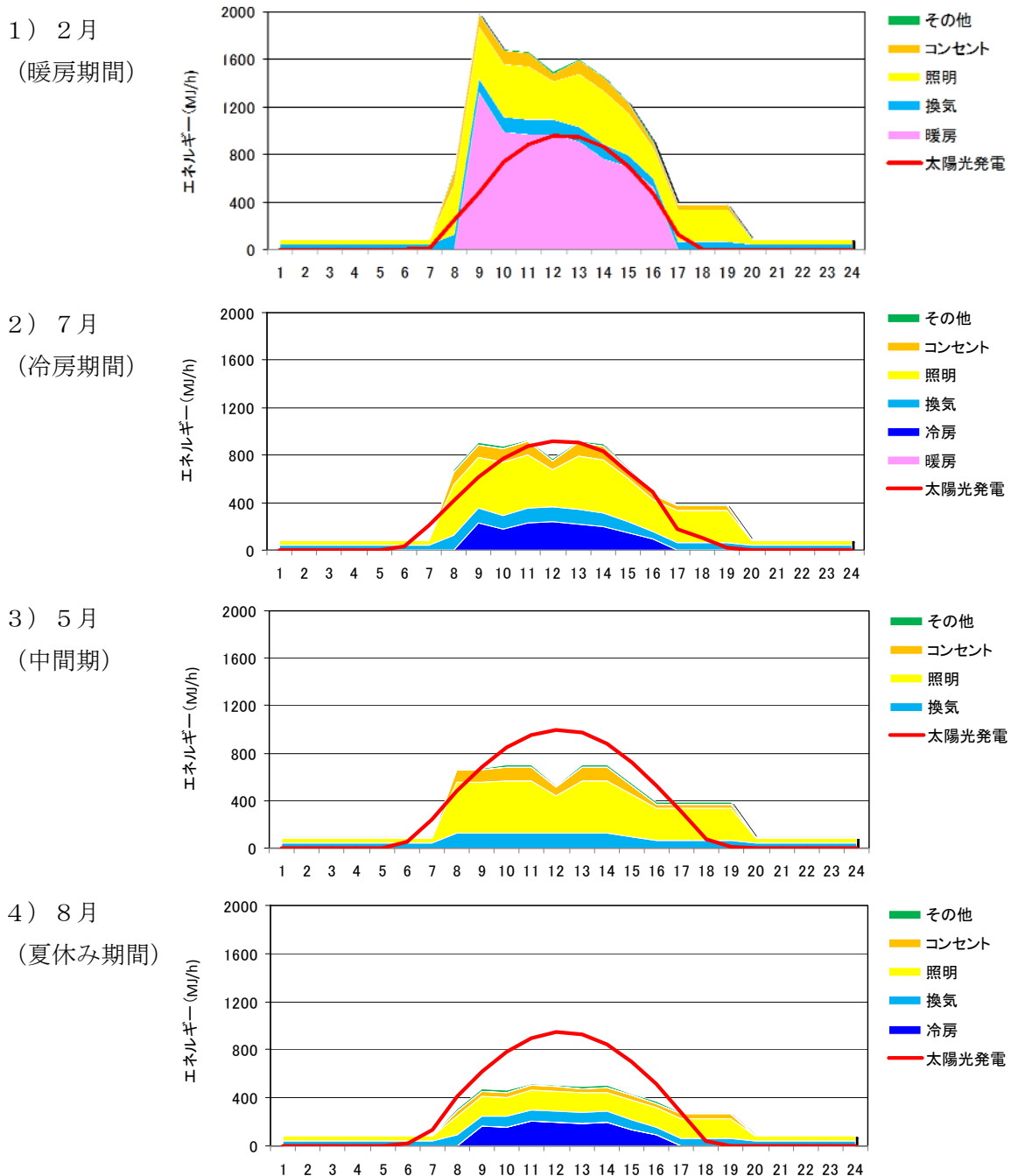


図 3.3 各月平日の晴天日におけるエネルギーの時刻別需給パターン（東京地域、定格出力 146kW）

(2) 木造（2階建て）の場合

①年間における一次エネルギー消費量（図 3.4、表 3.5）

シミュレーションでは、実在する学校施設をモデルとして、当学校に表 3.2 及び 3.3 の取り組みを適用した場合の年間の一次エネルギー消費量と、創出するエネルギーの一次エネルギー換算量を試算する。「6.最大努力対策における技術導入イメージ」に最大努力対策の概要図を示す。

RC 造（3階建て）の場合と比べて、木造建築は 2 階建てとなり、床面積に対する外壁の面積比率が高まるため、エネルギー消費量に占める暖冷房の割合が高まる。また、本木造モデルは、RC 造モデルの場合と比べて、普通教室部分の割合が小さい。そのため、照明や換気など普通教室と比べて使用時間が長く、エネルギー使用密度が高い空間の比率が高まるため、床面積単位でのエネルギー消費量が全体的に大きくなっている。

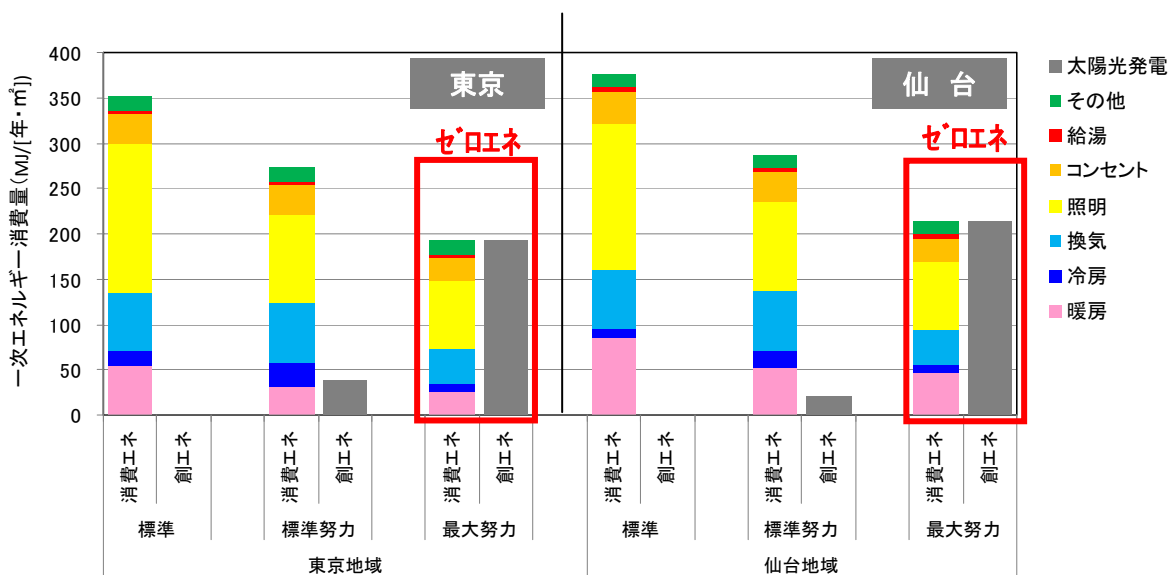


図 3.4 試算結果（木造）での省エネルギー効果

表 3.5 試算結果（木造）の内訳

項目	東京地域			仙台地域			備考
	標準	標準努力	最大努力	標準	標準努力	最大努力	
エネルギー 使用量 MJ/[年・㎡]	暖房	53.4	32.1	26.5	85.9	52.9	47.3
	冷房	17.5	26.2	7.9	9.3	19.1	7.8
	照明	162.2	97.6	74.0	162.2	97.6	74.0
	換気	65.2	65.2	39.1	65.2	65.2	39.1
	コンセント	33.2	33.2	26.6	33.2	33.2	26.6
	給湯	4.4	3.9	3.9	5.2	4.7	4.7
	その他	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	合計	351.0	273.1	193.1	376.1	287.6	214.5
	省エネルギー率		22%	45%		24%	43%
創エネ対策 による効果	太陽光発電パネル		-38.2	-193.2		-38.2	-214.7
	合計		234.9	-0.1		249.5	-0.2
	省エネルギー率(Net)		33%	100%		34%	100%
	PVパネル容量(kW)		20	101		20	112
	PVパネル面積(㎡)		112	565		112	628

*PV パネル面積は、モジュール効率を 17.9%として算定

4. ゼロエネルギー化を実現する具体的対策例の解説と留意事項

学校施設のゼロエネルギー化を実現するための具体的な対策の代表事例と、それらを学校施設に導入する際の留意事項等について以下のとおりとりまとめる。特に児童生徒等の多様な行動に配慮した留意事項、新築だけでなく既存施設の改修に適用する場合の留意事項等についても必要に応じて補足している。

また、本項では、対策を優先すべきエネルギー項目ごとに、

「A.標準努力対策」：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である対策例

「B.最大努力対策」：建築・設備の統合的工夫が求められるパッシブ技術や室内の快適性を確保しながら省エネルギーを図る設備技術である対策例

「C.可能な場合取り入れる対策」：立地条件等の諸条件に応じた対策例

の順に、当該対策例に係る技術及び留意事項等を記載している。

なお、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、東京地域や仙台地域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ある。

また、断熱材の厚さ等については、構造体の種類に応じて、さらに有効な手法を用いることを妨げるものではない。

【各項目共通の留意点】

- ・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、費用対効果を考慮し計画すると共に、積極的な教育への活用に配慮し、導入の検討を行う。
- ・日別や月別の電力消費データを蓄積し、省エネ目標値の達成率やルールの効果について評価を行い、随時、適切な運営状態を保つことが望ましい。
- ・学校施設を常に教育の場として好ましい状態に維持するためには、日常の点検・補修及び定期的な維持修繕が必要であり、これらを行いやすい計画とする。
- ・学校施設のゼロエネルギー化のための建築的工夫や設備等の導入に当たっては、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する。
- ・児童生徒等の多様な行動に対し十分な安全性を確保し、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、配慮した計画とする。
- ・設備機器等については、児童生徒等の誤っての接触や教材・教具等の衝突などによる事故等の防止に十分留意して、機器、操作装置等の設置位置、高さ、仕様等を計画することが重要である。
- ・事故の危険性を内包する箇所は特に安全性を重視した分かりやすい計画とし、事故を誘発するような明確な構造的な欠陥はもとより、児童生徒等が予測しにくい危険を十分に除去しておく。
- ・可動部材、特に機械制御のものは十分に安全性が確保されていることを確認する。

4. 1 照明エネルギーの削減〔照明エネルギーの削減目標 最大 60%〕

学校施設は他の建物用途と比べても外壁面積に対する開口面積の比率が高く、利用時間の大半が日中となっている。照明器具の高効率化を図るとともに、昼光利用技術や自然光を取り入れる建築計画を行う。

A. 標準努力対策

A-1 照明器具の高効率化

総合効率が 100lm/W の HF インバータ蛍光ランプを採用し、器具効率（全光束/定格光束）が 0.6 以上（下面カバー付）・0.75 以上（ルーバー付）・0.9 以上（下面開放型）の器具を設置する。教室では 500lx、オープンスペースや職員室では 300lx の照度を確保する。初期照度補正機能付きの器具の設置を計画する。

【留意事項】

- ・LED 照明等の先端技術についても室内環境への影響等を勘案しつつ、設計手法や費用対効果等を考慮して随時導入を検討する。

A-2 照度センサー・人感センサー等の設置

ライトシェルフ等の昼光利用装置を取り入れた部分では、天候により十分な昼光利用が出来ない場合等を考慮し照度センサーを組み合わせる。共用部や職員室等では人感センサーを設置し、スイッチの切り忘れ等を防止する。

【留意事項】

- ・照明を積極的に消灯するためには、スイッチや制御の系統が、利用パターン、昼光率等の状況を勘案して計画される必要があり、設計段階で室の利用状況や室内昼光率等を十分に検討する。

B. 最大努力対策

B-1 昼光利用

教室などで、昼光利用と窓際からの段階的な照明制御等を行い、照明エネルギーを削減する。直射日光によるグレアや冷房効率の低下が生じないように、天空光や反射光を取り入れる。反射光については、内装仕上げの反射率が「天井面 70%以上、床面 10%以上、壁面 30%以上」となる内装仕上げを選択する。

①ライトシェルフ

ライトシェルフは、その上面に太陽光が反射して天井部に導光し部屋の照度を上げるとともに、夏期の日射を遮蔽する機能がある。ライトシェルフによる昼光導入により南面で30%以上の照明の消費エネルギーを削減する。底の形状（底深さ 40・60・90・120cm）、窓面方位を変更した場合の照度計算の試算例を図4.3に示す。開口部のグレア（まぶしさ）防止を考慮した場合においても、自然光の昼光有効率は南面で最も高く、30%以上となる。

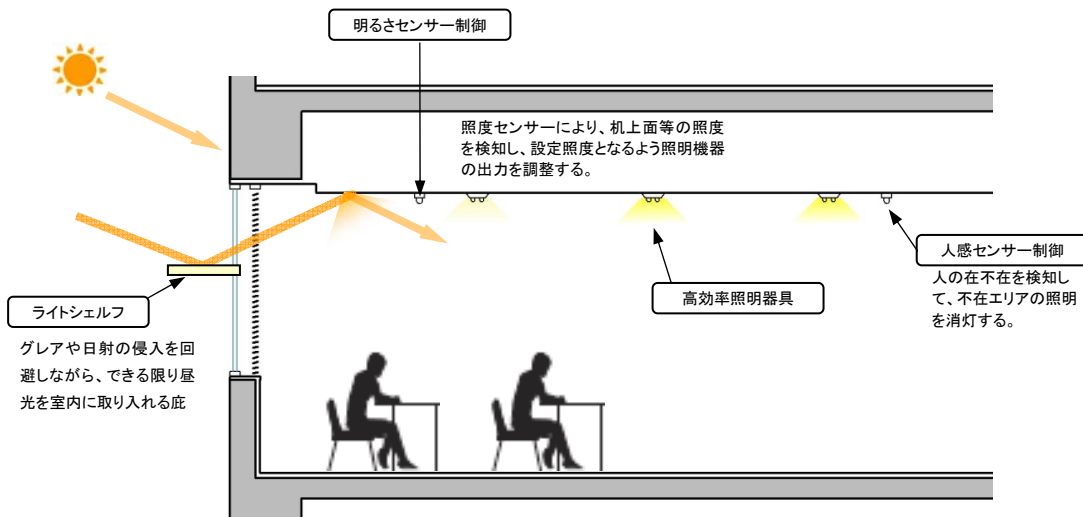


図 4.1 教室における照明エネルギー削減対策

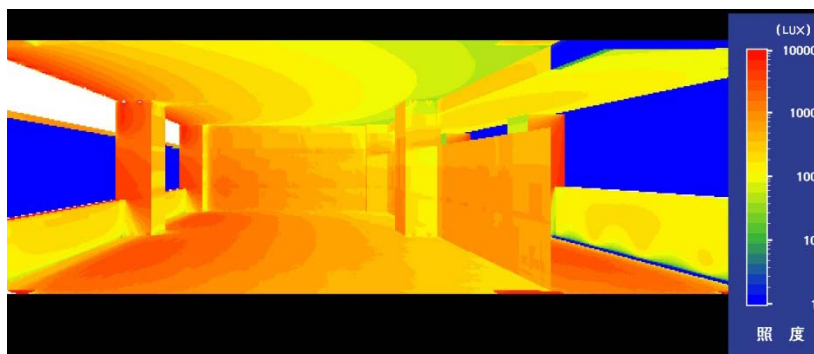


図 4.2 普通教室におけるライトシェルフによる昼光利用時の壁面照度の計算結果例

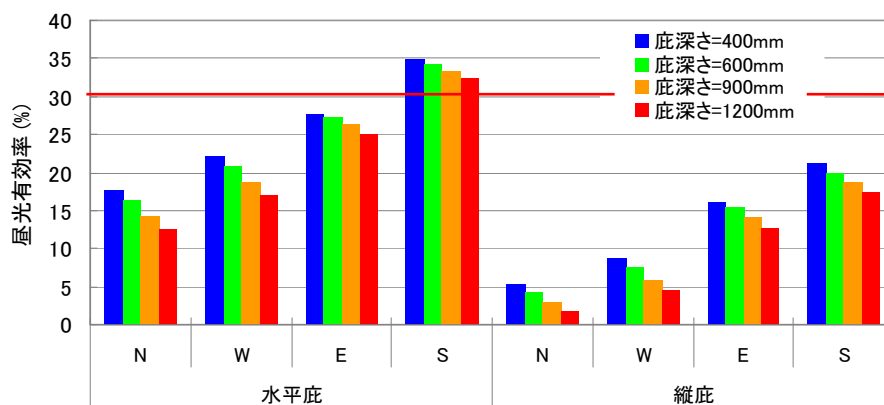


図 4.3 ライトシェルフの形状に応じた昼光有効率（人工照明消灯率）

【留意事項】

- ・ 昼光にて机上面が適正な照度を確保しても、視野角内の窓面などとの相対輝度差が大きいと、感覚的には暗く感じるため、欄間窓にすりガラスを用いるなど眩しさを除去しつつ、最大限昼光を取り入れる工夫が必要である。
- ・ 黒板は光の反射を抑える曲面黒板などを用いて、見えやすさに留意する。
- ・ 窓面は暖冷房の観点から捉えると、大きな熱負荷要因になるため、暖冷房と照明のバランス及び室内環境に十分注意する。
- ・ 教室の内装材に木材系の材料を用いる場合は、光の反射率が材種によっては白色や淡色の壁面と比べて低減することに留意する。

表 4.1 建材の反射率

木材	反射率 (%)	壁仕上げ材・カーテン	反射率 (%)
杉 (新材)	30～50	淡色カーテン	30～50
檜 (新材)	55～65	淡色ペイント一般	30～70
		淡色壁紙	40～70

- ・ 小学校等では、窓面や壁面への児童生徒等の作品の掲示、夏場にカーテンを閉める等、計画通りの昼光が得られない場合もあるため、昼光利用制御等による省エネルギー対策の導入に当たっては、実際の運用状態を考慮し、留意することが必要である。
- ・ 照明設備は、落下防止措置を行うとともに、必要に応じ、破損防止の措置を講じることが重要である。特に、運動を行う室・空間の照明設備は、破損・落下防止の措置を講じるとともに、活動の支障とならない位置に堅固に取り付けることが重要である。

② トップライト・ハイサイドライト（天窗・頂側窓）

トップライト・ハイサイドライトの設置により最上階に導光し、人工照明の補助とする。

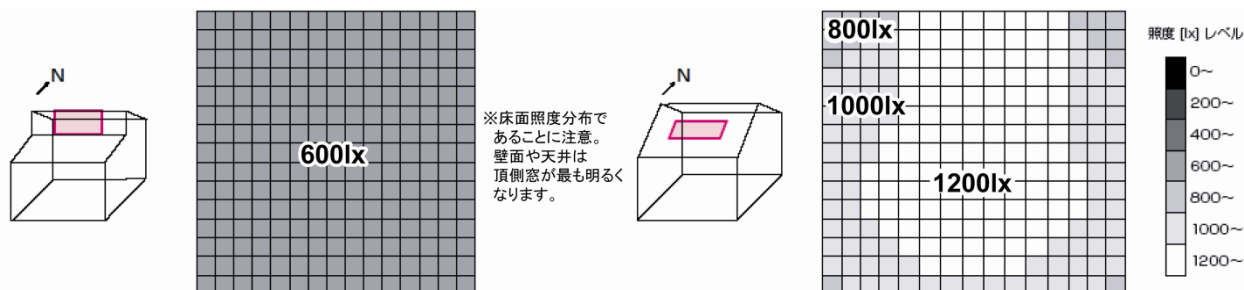


図 4.4 天窗と頂側窓の床面照度分布（自立循環型住宅への設計ガイドラインより）

【留意事項】

- ・直射光ではなく自然光を取り入れるため北面から導光する。北面以外に設ける場合は、直射光の影響を十分に考慮する。また、トップライト等は温度差を利用した自然換気等に寄与する上部換気窓として活用することも考えられる。
- ・トップライトを設ける場合は、直下の照度が強いため、ルーバー等で照度を調整する。
- ・積雪寒冷地等においては、トップライト・ハイサイドライトに積雪し、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する。
- ・天窗は、夏季における温度の上昇、材料の性能劣化、地震時の破損・落下等について留意して計画することが重要である。
- ・人が乗ることを想定していない天窗は、設置場所や設置状況等を把握した上で、防護柵や落下防護ネットを設置するなど墜落防止に十分配慮した計画とすることが重要である。

C. その他の対策

C-1 アトリウム

建物中央にアトリウム等の吹き抜け空間を設けることにより、通常は昼光を取り入れることが難しい平面中央付近への採光が可能となる。計画上設置可能な場合については採光可能な吹き抜けを積極的に採用する。

【留意事項】

- ・アトリウム等の計画を行う場合には、アトリウム上下の温度差を利用した自然換気なども併せて検討する。
- ・児童生徒等の乗り出し等による危険を回避する、落下防止策を講じる。

C-2 その他

昼光利用のための反射ミラー・採光ダクト・光ファイバー・プリズム等

4. 2 暖冷房エネルギーの削減〔暖冷房エネルギーの削減目標 最大 55%〕

建築物の年間熱負荷は、年間の外部から侵入する熱と内部で発生する熱に対し、建物外周の断熱性能と室温・湿度管理を含めた空調の性能により決まるため、断熱性能を向上し、空調機器の効率のよいものを採用する。

A. 標準努力対策

A-1 外皮断熱化

①屋根・外壁の断熱

RC 造の場合、ヒートブリッジの対策とコンクリートの熱容量を考慮すると外張断熱が有効な手法となる。図 4.5 などの試算例より、厚さ 40mm (熱抵抗値 $R=1.36$) から 60mm (熱抵抗値 $R=1.76$) 以上で断熱材の厚みを増しても総合熱損失係数に大きな向上は見込めない。

外断熱については、RC 造は熱抵抗値 $R=1.42$ となる断熱材を、木造は躯体の熱容量が異なるため熱抵抗値 $R=6.68$ (屋根)、 5.36 (外壁) となる断熱材をシミュレーションに用いた。(表 4.2: 参考仕様例)

【留意事項】

- ・木造の場合、住宅で培われた繊維系断熱材による充填断熱を行い、地域の気候に応じてさらに外張付加断熱とする方法が、一般的に外断熱のみとする場合よりコストパフォーマンスが高い。
- ・外断熱を採用した場合、内部に蓄積された熱の除去は困難であるため、通年の室内環境条件を勘案し、適切に自然換気等と組み合わせ、冷房負荷が増加しないよう注意する。
- ・表 4.2 の仕様例は特定地域での数値を示したものであり、寒冷地や暑熱地域などにおいては、現行の標準的な仕様に対して地域の気候条件に応じた更なる努力対策が求められる。

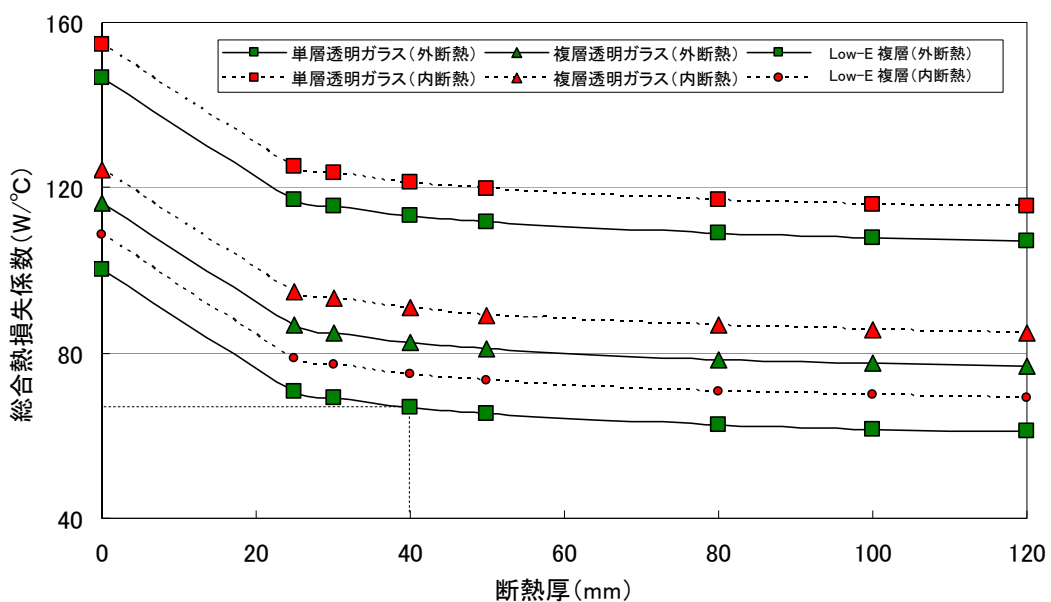


図 4.5 断熱厚み、窓仕様の組み合わせによる総合熱損失係数 (押出法 PSF2 種 b)

表 4.2 断熱材の仕様例（東京地域、仙台地域）

地域	部位	標準的な仕様例	標準努力対策の仕様例		
RC造					
共通	屋根	押出法 PSF2 種 b t=40	R=1.17	押出法 PSF3 種 b t=40 (外断熱)	R=1.42
	外壁	押出法 PSF2 種 b t=20	R=0.58	押出法 PSF3 種 b t=40 (外断熱)	R=1.42
	床	なし	—	押出法 PSF2 種 b t=25	R=0.73
木造（充填）					
共通	屋根	高性能 GW14k t=105	R=2.76	高性能 GW16k t=200 (充填) 押出法 PSF3 種 b t=40 (外張付加断熱)	R=6.68
	外壁	高性能 GW14k t=105	R=2.76	高性能 GW16k t=150 (充填) 押出法 PSF3 種 b t=40 (外張付加断熱)	R=5.36
	床	なし	—	押出法 PSF2 種 b t=25 (充填)	R=0.73

※PSF：ポリスチレンフォーム、GW：グラスウール、R：熱抵抗値 ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)

A-2 開口部の断熱・日射遮蔽

学校施設は他の建物用途と比べ、外壁面積に対する開口面積の比率が高いため、外皮の断熱性能向上において開口部の性能が与える効果は大きい。標準的な仕様は熱貫流率(U値) $6.04\text{W}/[\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ であるが、標準努力対策ではU値 $2.3\text{W}/[\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ 程度を目指している。（表 4.3：参考仕様例）

【留意事項】

- ・日射遮蔽性能については、Ⅲ地域以北の寒冷地では南面の窓に日射侵入率の高いガラス、Ⅳ地域以南の温暖地では南面の窓に日射侵入率の低いガラス（Low-E 複層ガラス等）を採用するなど、地域の温熱環境や方位を踏まえて仕様を決定する。
- ・開口部が東西に面する場合は、日射侵入率の低いガラス（Low-E 複層ガラス等）を用いる。
- ・渡り廊下などの屋外空間と直結する廊下、居室等については季節に応じて自然換気と気密性確保を両立できるようにサッシの仕様等に留意する。
- ・ガラスは、人体及びボール等の衝撃や、地震、風等の災害に対し破損しにくく、又は破損しても事故につながらないように、各種ガラスの性能を十分に踏まえ、使用場所及び使用目的に適した種類、厚み、大きさのものを選択することが重要である。具体的には、開口部の屋外側に飛散防止フィルムまたは合わせガラス、室内側に強化ガラスを用いる等の対策を講じる。
- ・衝突を防ぐため手すり等を設けたり、錯覚して衝突しないよう、ガラスが認識できる工夫をしたりすることが重要である。
- ・日射調整フィルム等については、耐久性を考慮したライフサイクルでの費用対効果等を勘案して採用を検討する。

表 4.3 窓・サッシの仕様例（東京地域、仙台地域）

枠数	枠位置	標準的な仕様例			標準努力対策の仕様例		
		仕様例	熱貫流率 U値 (W/m ² ·K)	日射 侵入率 η値	仕様例	熱貫流率 U値 (W/m ² ·K)	日射 侵入率 η値
一重	外窓	アルミサッシ FL6 (飛散防止フィルム貼)	6.04	0.86	アルミサッシ（熱遮断構造） LOW-E5+A16+TP4 (飛散防止フィルム貼) または、(FL3+FL3) +A16+LOW-ETP4	2.52 程度	0.41 (0.46) *1
二重	外窓	—	—	—	アルミサッシ FL5（飛散防止フィルム貼） または、(FL3+FL3)	2.3 程度	0.78 (0.77) *1
	内窓	—	—	—	樹脂サッシ FL3+A11+TP4		

*1 日射侵入率に飛散防止フィルムは考慮していない。（ ）内は、室外側が合わせガラスの場合

A-3 空調機器の高効率化

①高効率熱源機器の採用

熱源機器を選択する場合には、定格域で高い効率の機器（参考：国土交通省のグリーン調達基準、東京都「東京都環境物品等調達方針(公共工事)」等）を選択するとともに、年間を通じた負荷の発生状況を勘案して部分負荷発生時の効率向上に考慮する。図 4.6 にモデル学校（RC 造）における標準仕様、標準努力対策の断熱性能による年間熱負荷降順図を示す。

東京地域（温暖地）、仙台地域（寒冷地）ともに標準仕様の場合と比べて、断熱性能が標準努力対策の場合には暖房負荷のピーク（図の一番左の最大値）が大きく低減する一方で、冷房負荷は大差がない。

学校施設の場合、空調熱源機器は概ね暖房能力で決定されるため、冷房負荷と暖房負荷に大きな乖離があると、冷房時の部分負荷効率が低下してしまう可能性がある。そのため、適正な断熱化により暖房負荷を低減することは、熱源機器容量やコストの低減、通年での空調の効率的な運用に資する。

【留意事項】

- ・空調の熱源システムを考慮する際は、時間における使用パターンが類似する部屋を同システムとする。
- ・個別熱源方式において、屋外機の熱源容量を選定する際は、室内機容量の積み上げだけでなく、熱負荷計算による熱負荷の同時発生について考慮し、機器の熱源容量が過剰とならないよう留意する。
- ・空調熱源機器の選定においては、対象学校施設の熱負荷パターンを勘案し、年間の平均的な負荷において最も効率が高くなる機器を選定する。
- ・負荷のピークとなる立ち上がり時に、季節に応じて外気の取り入れの停止や起動する時間帯を調節するなど暖冷房ウォーミングアップ制御を行うことで機器容量の低減が図られ、年間の部分負荷率が向上し、効率が向上する。

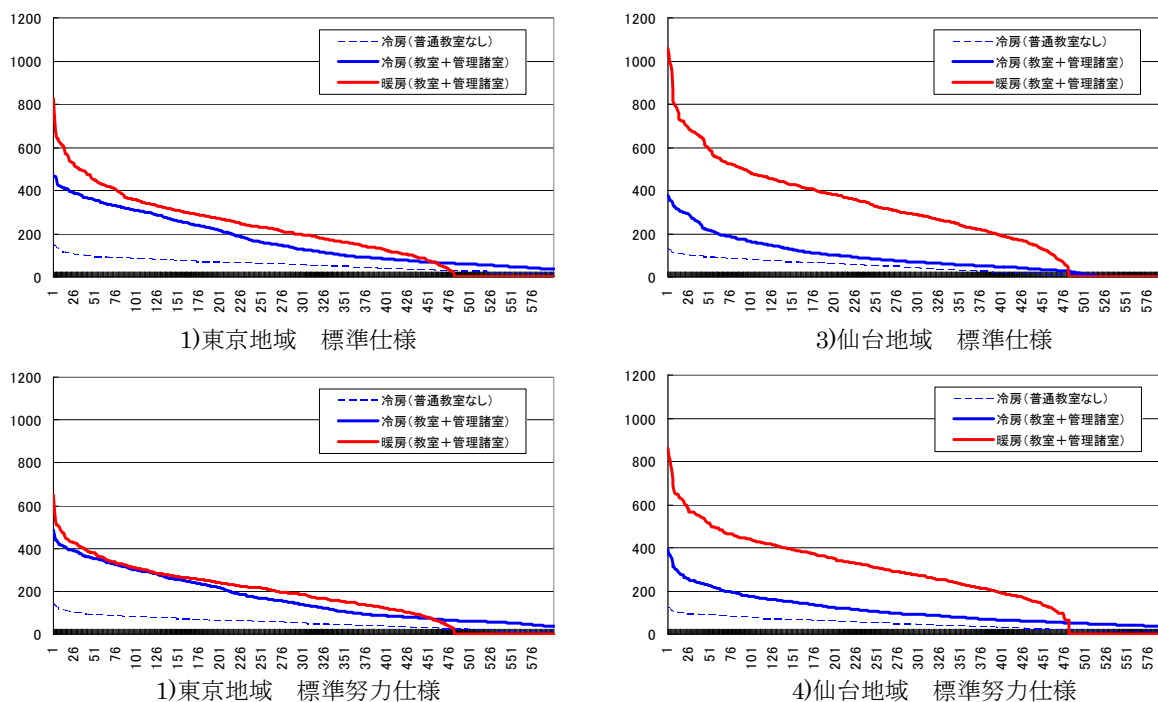


図 4.6 東京地域、仙台地域における断熱性能の違いによる暖冷房熱負荷降順図
(縦軸：熱負荷 (kW)、横軸：時間)

A-4 全熱交換器の採用

学校施設、特に教室は人口密度の高い居室であり、外気の導入量が比較的大きいため、全熱交換器等を採用し、外気負荷の低減を図る。

【留意事項】

- ・全熱交換器は、一般的に、暖冷房機械との連動運転は行われない。そのため、本来、熱交換をすべき時期に熱交換を行っていなかったり、室内よりも外部の条件がよい中間期などに熱交換を行っているなどの無駄な運用が多く散見されるため、これらを回避する制御・操作方法の採用などに留意する。
- ・外気の導入計画は、外気負荷の低減や外気による冷房など全熱交換器だけでなく年間を通じた組み合わせを勘案する。

B. 最大努力対策

B-1 外皮断熱化（基礎の断熱）

最大努力対策では、外壁だけでなく地中へ失われる熱を抑制するため、基礎を断熱化することにより建物全体の温度環境を改善する。

表 4.4 断熱材の仕様例（東京地域、仙台地域）

地域	部位	標準努力対策の仕様例		最大努力対策の仕様例	
RC造、木造					
共通	床	押出法 PSF2 種 b t=25	R=0.73	—	—
	基礎	—	—	押出法 PSF3 種 b t=40 (外断熱)	R=1.42

※PSF：ポリスチレンフォーム、R：熱抵抗値（ $m^2 \cdot K/W$ ）

B-2 開口部の断熱・日射遮蔽

最大努力対策では開口部の性能としてU値 $1.73W/[m^2 \cdot K]$ 程度を目指す。（表 4.5：参考仕様例）

表 4.5 窓・サッシの仕様例（東京地域、仙台地域）

枠数	枠位置	最大努力対策の仕様例		
		仕様例	熱貫流率 U値 ($W/[m^2 \cdot K]$)	日射 侵入率 (η 値)
二重	外窓	アルミサッシ（熱遮断構造） FL5+A16+FL5（飛散防止フィルム貼） または、（FL3+FL3）+A16+FL5	1.73 程度	0.76 (0.73) *1
	内窓	樹脂サッシ FL3+A11+TP4		

*1 日射侵入率に飛散防止フィルムは考慮していない。（ ）内は、室外側が合わせガラスの場合

【留意事項】

- ・日射遮蔽性能については、Ⅲ地域以北の寒冷地では南面の窓に日射侵入率の高いガラス、Ⅳ地域以南の温暖地では南面の窓に日射侵入率の低いガラス（Low-E 複層ガラス等）を採用するなど、地域の温熱環境や方位を踏まえて仕様を決定する。
- ・開口部が東西に面する場合は、日射侵入率の低いガラス（Low-E 複層ガラス等）を用いる。

B-3 開口部等の工夫による暖冷房効率の向上

①自然換気・ナイトパーズ

外部の温湿度が室内の設定条件よりも快適である春秋の中間期には、自然換気等の手法により積極的に外気取り入れを行う。外気は、内部発熱の処理を目的に建物中央に向かって取り入れる。

- 1) 直接換気：教室や職員室では、立地地域の中間期の主な風向きに考慮し二方向換気が行えるよう、開口位置に配慮し、間仕切壁がある場合は開閉可能な欄間を設置するなど通風に配慮する。
- 2) 温度差換気・風圧による換気：温度差換気は、外気を導入し、建物内部との温度差で空気を動かし換気する。風圧による換気では、屋根勾配が 3.5/10 以下のとき、天窗や頂側窓が空気の流出口になる。中間期や夏期の風向と天窗等の方位が適している場合は、積極的に採用する。
- 3) ナイトパーズ（夜間換気）：ガラリ等により夜間外気を取り入れて躯体を冷却し、翌日の冷房運転開始時の消費エネルギーを削減する。

②空気集熱式太陽熱利用システム

- 1) 暖冷房：計画上設置可能な場合、冬期は太陽熱で温められた空気を床下部に通し、躯体に熱を蓄熱する床暖房設備として、夏期は太陽熱を排熱する冷房負荷低減設備や放射冷却を利用したナイトパージ設備として用いる。同システムを設置した場合、校舎棟では標準努力対策の断熱・開口部仕様で36～54%、最大努力対策の断熱・開口部仕様で53～67%の暖冷房エネルギーが削減される。体育館は空気集熱式太陽熱利用システムのみでの暖房で、冬期室温（寒冷地12～14℃、温暖地13℃～16℃）、床表面温度（寒冷地14～17℃、温暖地16℃～18℃）が確保できる。
- 2) ナイトパージ：夜間放射冷却を利用して予冷された外気を屋根面から取り込み、その空気で躯体を冷却する。校舎棟で-0.9℃、体育館で-2～-3℃、朝方の室温が下がる。
- 3) 外気負荷低減：集熱パネルを冬期は外気の取り入れ経路とすることで外気が予熱される。夏期は経路を逆転させ、外気の排気経路とすることで、屋根面の日射熱を効率的に排熱する。

③冬期暖房区画

別棟との接続箇所は、建具等での区画により隙間風等による暖房負荷を防止する。

B-4 空調機器のエネルギーマネジメント等

コントロールパネルなどによる省エネルギー効果の見える化（第2章「学校施設を活用した環境教育について」参照）や運用ルールにより、不在時の切り忘れ、空調範囲の設定、室温設定の確認を行う。

C. その他の対策

C-1 パッシブ対策、未利用エネルギーの利用

下記のようなパッシブ対策、未利用エネルギー等の利用について、計画上可能な場合取り入れる。なお、ペレットストーブやペレットボイラーを用いる場合、ライフサイクルCO₂の削減にも寄与する。

- ・ペレットストーブやペレットボイラーによる熱供給。
- ・陸屋根の屋上緑化や、壁面緑化による外皮の断熱効果の向上。
- ・地中熱（ヒートポンプ・クールチューブ等）、雪氷、河川など地域の自然条件に合ったエネルギーの暖冷房への利用。
- ・発電機排熱、周辺の清掃工場等からの熱供給等。

【留意事項】

- ・ペレット燃料の活用については、継続した生産システムが存在する地域においては、有効な手法となり得る可能性があり、輸送等に配慮し導入の検討を行う。
- ・未利用エネルギーによる熱供給や電力供給は、常時の使用においてオーバースペックとならないよう、費用対効果を考慮し計画すると共に、積極的な教育への活用に配慮し、導入の検討を行う。

C-2 付属部材の設置

直射日光による熱やまぶしさを抑制するため、カーテンやブラインド等を設置する。東西面では、必要に応じて、ルーバー、外部ブラインド等を設置する。

4. 3 換気エネルギーの削減〔換気エネルギーの削減目標 最大 40%〕

換気エネルギーの削減は、換気ファンにかかる圧力等を低減することや、適切な発停制御により、換気ファンの運転時間を低減することで実現される。中間期は機械換気から自然換気等への切り替えにより換気動力の低減を図る。

A. 標準努力対策

A-1 搬送ルートにおける無駄の回避

①圧力損失の低減

ダクトの距離を短くし、曲がり箇所を少なくするなど、換気経路の圧力損失を最小化し換気ファン動力を低減する

②気密性の確保

換気ファンの吸気ガラリ、排気ガラリなどを全閉機構付きの気密仕様にするすることで、室内外の漏気を低減することができ、無駄な隙間風の侵入を防ぐ。

A-2 換気機器の発停制御等

コントロールパネルなどによる省エネルギーの見える化（第2章「学校施設を活用した環境教育について」参照）や運用ルールにより、不在時の切り忘れ、熱交換換気や通常換気、風量設定の確認を行う。

【留意事項】

- ・教室等に 24 時間換気システム等を導入する場合、学校環境衛生基準を順守した範囲で、夜間や土日、長期休み等では、可能な範囲で換気ファンを停止することも考慮する。

B. 最大努力対策

B-1 開口部等の工夫による自然風の利用

①自然換気

外部の温湿度が室内の設定条件よりも快適である春秋の中間期には、自然換気等の手法により積極的に外気取り入れを行う。外気は、内部発熱の処理を目的に建物中央に向かって取り入れる。

- 1) 直接換気：教室や職員室では、立地地域 of 中間期の主な風向きに考慮し二方向換気が行えるよう、開口位置に配慮する。間仕切壁がある場合は開閉可能な欄間を設置するなど通風に配慮する。
- 2) 温度差換気・風圧による換気：温度差換気は、外気を導入し、建物内部との温度差で空気を動かし換気する。風圧による換気では、屋根勾配が 3.5/10 以下のとき屋根が負圧となるため排気が促される。温度差や風圧による換気では、天窓や頂側窓を排気窓としたり、排気塔より排気する。中間期や夏期の風向と天窓等の方位が適している場合は、積極的に採用する。

4. 4 創エネルギー

パッシブ手法やアクティブ手法により削減した消費エネルギー量に対し、安定した技術に基づく再生可能エネルギーにより発電し、ゼロエネルギー化を図る。同時に、ライフサイクル CO₂ の削減を行い地球温暖化の抑制に寄与する取り組みとする。

A. 標準努力対策

A-1 太陽光発電パネル

シミュレーションでは、架台による屋根荷重の増加を制限するため、勾配屋根とし屋根一体型の太陽光パネルを設置した。標準努力対策では、30%程度の省エネルギーを図ることができる定格出力 20kw の太陽光発電パネルを設置する。

B. 最大努力対策

B-1 太陽光発電パネル

最大努力対策では、100%程度の省エネルギーを図ることができる定格出力のものとして、東京地域で 146kw、仙台地域で 167kw の太陽光発電パネルを設置する。

表 4.6 ゼロエネルギー化のための太陽光発電パネルの設置面積例 (モジュール効率 17.9%)

延床面積：9000 m ² 程度 (RC 造)	東京地域 (温暖地)			仙台地域 (寒冷地)		
	標準	標準努力	最大努力	標準	標準努力	最大努力
消費エネルギー (MJ/m ² ・年)	304	228	157	328	242	179
太陽光パネル定格出力	—	20kW	146kW	—	20kW	167kW
枚数	—	87 枚	635 枚	—	87 枚	725 枚
設置面積	—	111 m ²	816 m ²	—	111 m ²	932 m ²

※平均的な規模 (1 学年あたり 3 教室程度、延床面積 4000 から 5000 m²程度) の学校に置き換えた場合、最大努力対策での太陽光発電パネル定格出力は東京地域で 120kW 程度、仙台地域で 140kW 程度となる。

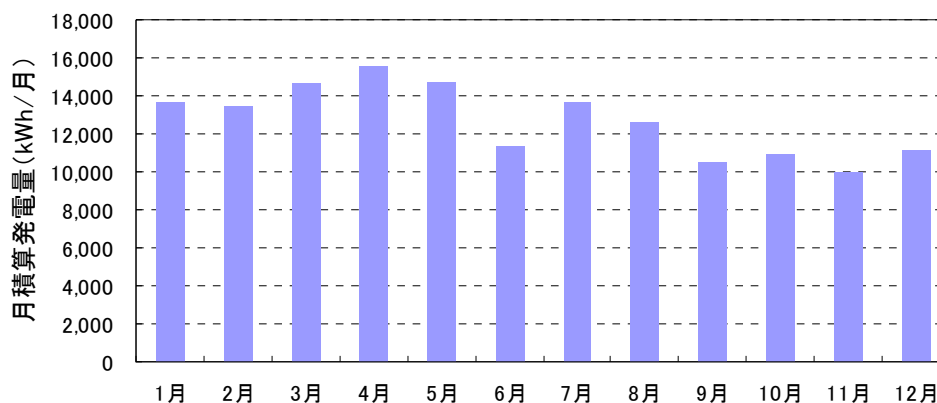


図 4.7 月毎積算発電量 (東京地域、最大努力ケース、定格出力 146kW)

※計算条件

- 気候条件：東京地域（METPV-3（標準気象・日射データ、NEDO）による標準年データ、大手町）
- 各種係数：日射量年変動補正係数 0.97、継時変化補正係数 0.95、負荷整合補正係数 0.94
アレイ回路補正係数 0.97、インバーターエネルギー効率 0.92
- 温度補正：パネル表面温度 25℃を定格とし、4%/℃の効率変化、

【留意事項】

- ・ゼロエネルギー化を目的として太陽光発電パネルを設置する場合は、計画段階からその設置場所について十分検討すること。海沿いの学校において屋上を津波対策の避難場所とする場合、特に留意が必要である。
- ・太陽光発電設備等の実物を使った学習などで屋上を利用することが想定される場合は、必要な防球ネット、保護ネット・柵等を設けるなど、墜落事故に対し、十分安全性を確保した計画とする。
- ・屋上への出入口は、児童生徒等が容易に出ることのないよう適切な施錠管理を行うとともに、屋上に塔屋等のタラップがある場合は、児童生徒等が容易に登ることのないよう配慮する。

C. その他の対策

C-1 風力発電

小規模な風力発電についても、児童生徒等への教育的観点からの啓発効果が考えられる。導入に際しては、経済性等についても十分に勘案する。

【留意事項】

- ・設備機器等については、児童生徒等の誤った接触や教材・教具等の衝突などによる事故等の防止に十分留意して、機器、操作装置等の設置位置、高さ、仕様等を計画することが重要である。

4. 5 革新的なエネルギー高度利用技術

C. その他の対策

C-1 コージェネレーション設備

コージェネレーション設備とは、ガスエンジン発電機等の排熱を利用して動力・温熱・冷熱等を取り出し、総合エネルギー効率を高める、新しいエネルギー供給システムの一つである。

施設内に給食用厨房や屋内プールがある場合や、複合施設内に給湯需要がある場合においては、高い総合効率での運用が可能であり省エネルギーとなる。

【留意事項】

- ・コージェネレーション設備の導入検討においては、発電排熱が無駄なく活用されるように、熱需要と電力需要のバランスを考慮して設備容量、運転時間等を検討し、経済性にも配慮する。

表 4.7 熱需要とコージェネレーション設備の導入規模の参考例

特殊用途における熱需要		年間熱需要量 (GJ/年)	コージェネレーション設備 発電容量 (kW)	省エネルギー効果 (GJ/年)
(1)屋内プール	加温	330	35	260
(2)給食用厨房施設	給湯	60	10	50
(3)複合施設 (介護福祉施設の場合)	給湯	180	35	170

※ 計算条件

■共通条件

地域：東京地域（給水温度）

省エネルギー効果の算出方法：コージェネレーション設備による発電量の一次エネルギー換算値(①)、及びコージェネレーション設備に賄われた熱をボイラーで製造した場合のエネルギー消費量(②、ボイラー効率：0.9)の合計値からコージェネレーション設備が使用したエネルギー消費量(③)を差し引いた一次エネルギー消費量(=①+②-③)

※コージェネレーション設備の容量は発電量が学校施設の電力使用量を上回らない範囲とした。

■用途毎の熱需要量の主な計算条件

(1)屋内プール（対象：屋内プール加温用、シャワー用給湯分は含んでいない）

- ・コージェネレーション設備：（機器仕様）発電能力 35kW、発電効率 34.0%、熱効率 51.0%、（運転条件）：6h/日、20 日/月、
- ・屋内プール条件：（プール条件）面積-250 m²、容積-275m³、プール水温 27℃、プール室内-温度 29℃、湿度 60%オーバーフロー水-水量の 5%(/日)、（利用条件）：利用時間 4h/日、20 日/月

(2)給食用厨房施設（対象：食器洗い洗浄器用給湯）

- ・コージェネレーション設備：（機器仕様）発電能力 10kW、発電効率 31.5%、熱効率 53.5%、（運転条件）：5h/日、193 日/年
- ・給食室条件：（使用条件）生徒数 720 人（30 人/クラス×4 クラス/学年×6 学年）、施設単独給食室
- ・食器洗浄条件：給湯温度 85℃（機器入口 70℃）、洗浄時間-2h、給湯量- 500L/h

(3)介護福祉施設（対象：デイケアセンター）

- ・コージェネレーション設備：（機器仕様）発電能力 35kW、発電効率 34.0%、熱効率 51.0%、（運転条件）：4h/日、20 日/月
- ・デイケアセンター条件：（使用条件）定員 50 人（一般型 40 人、痴呆型 10 人）
- ・給湯条件：給湯温度 60℃、給湯量-4000L/日（一般浴槽 1500L/槽×2 回転/日、機械浴槽 200L/槽×5 回転/日）

5. CASBEE学校による導入技術の評価

1) 総合評価（建築物の環境効率、ライフサイクルCO₂、大項目の評価）

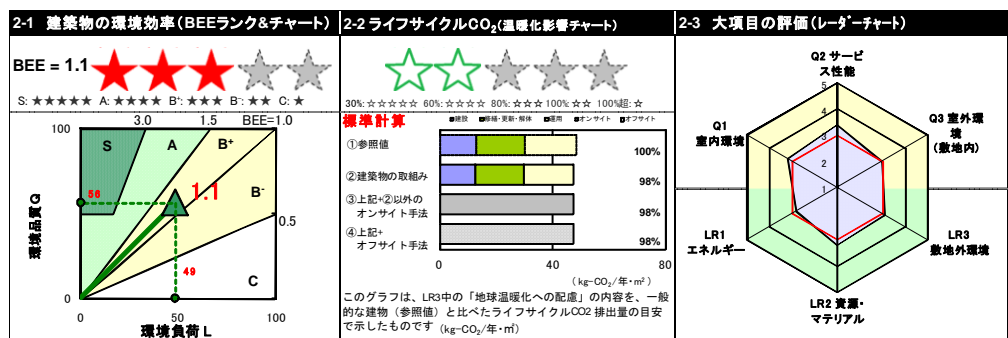
「CASBEE 学校」を用い、東京地域における RC 造 3 階建てのシミュレーション事例の小学校を対象に、ゼロエネルギー化の導入技術に関する建築環境総合性能評価を行った。

標準努力対策では、標準対策に比べ、省エネルギーの効果等により LR1 エネルギーの評価が良くなっている。最大努力対策では、更なる各種技術や大規模な太陽光発電を導入した結果、LR1 エネルギーの評価が大幅に良くなるとともに、地球温暖化など LR3 の敷地外環境の評価も良くなっている。

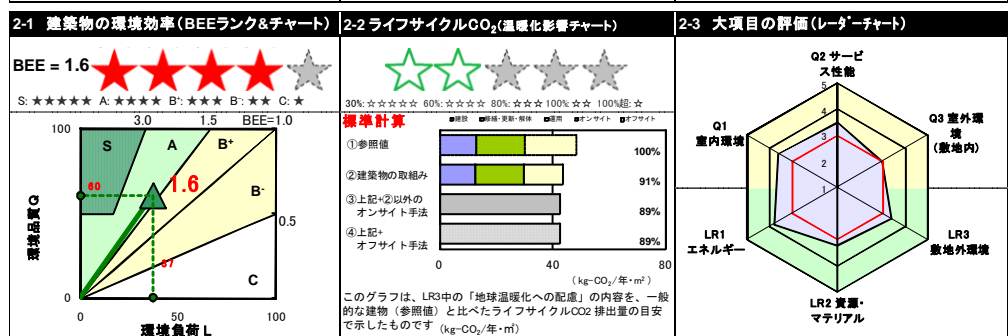
また、各種導入技術によって、温熱環境や光・視環境などの Q1 室内環境の評価が、その導入の程度に応じてより良くなっており、学校施設のゼロエネルギー化が、良好な学習環境の確保にも貢献することが伺える。さらに、ライフサイクル CO₂*1 (CO₂ 排出率) に関しては、断熱性能の向上や高効率設備の採用に加え、太陽光パネルによる発電が行われたため、標準努力対策では余剰電力を利用する場合、一般的な建物（参照値）の 89% となった。最大努力対策では、余剰電力を利用する場合、CO₂ 排出率は参照値の 53% となった。

※1 建設時の建材の製造・現場までの輸送・現場での重機の使用、運用時の冷暖房・照明・OA機器の使用、改修時の建材の製造や除去した建材の処分、解体時の解体材の処分に関わるエネルギーをCO₂ 排出量に換算し、これら全てを足し合わせたもの。

①標準仕様



②標準努力対策



③最大努力対策

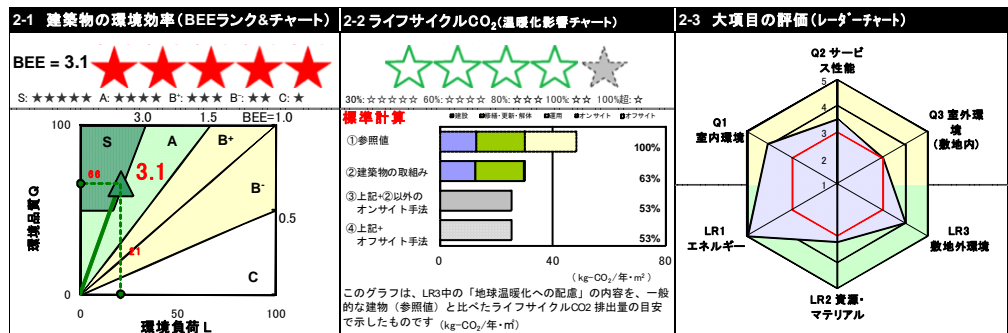
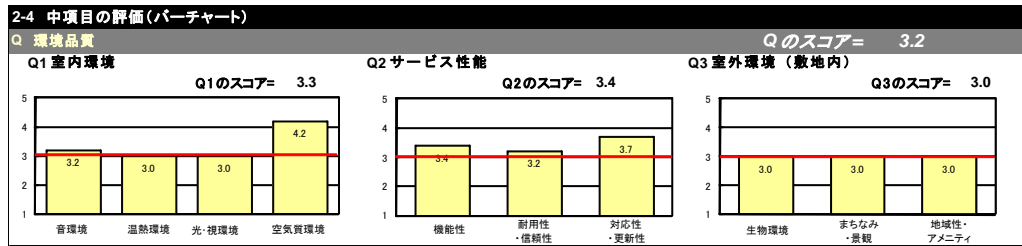


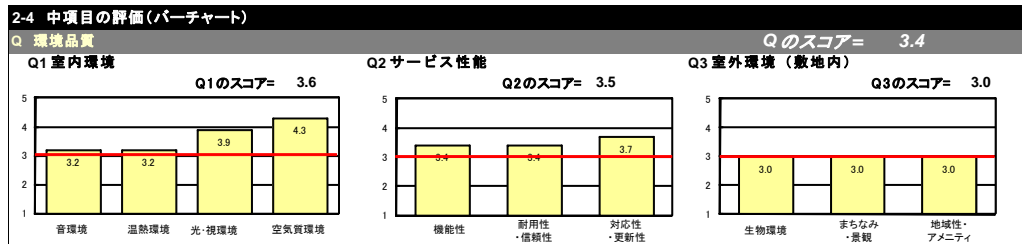
図 5.1 BEEランク&チャート、温暖化影響チャート、レーダーチャート

2) 環境品質の中項目の評価

①標準仕様



②標準努力対策



③最大努力対策

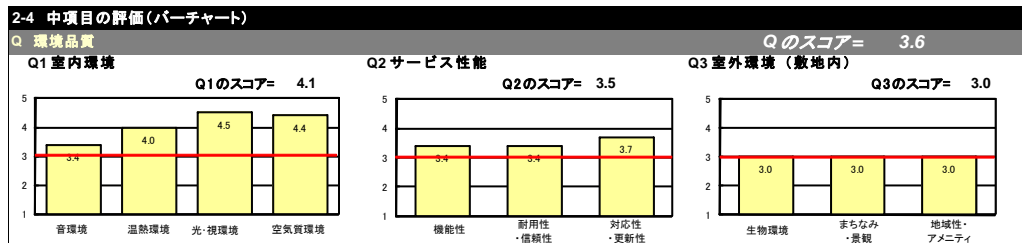


図 5.2 環境品質のバーチャート

①標準仕様

Q1 室内環境では、外壁は押出法 PSF2 種 b (t=20)、屋根は同断熱材 (t=40) の躯体断熱水準であり、開口部種類が単層ガラスのため、温熱環境が 3.0 になった。

②標準努力対策

Q1 では、外壁・屋根の高断熱化や複層ガラス化により、標準仕様では 3.0 であった温熱環境が 3.2 となった。Hf インバータ蛍光灯、人感センサー制御、スイッチや制御の系統を利用パターン等に応じて勘案した計画により標準仕様では 3.0 であった光・視環境が 3.9 になった。

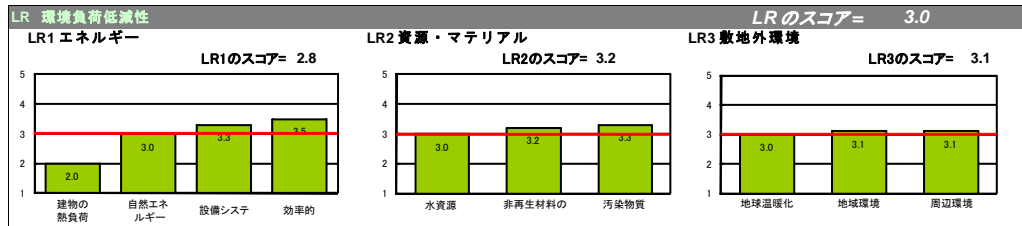
Q2 サービス性能では、太陽光パネルの設置による電源の分散により、標準仕様では 3.2 であった信頼性が 3.4 になった。

③最大努力対策

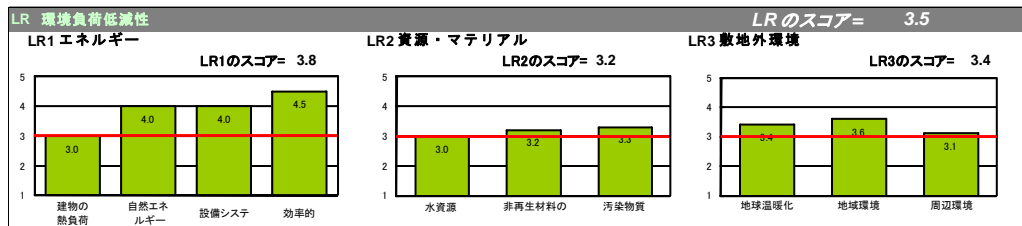
Q1 では、窓の断熱性能の向上(二重サッシ化)、ナイトパージに伴う二重床化により、音環境が 3.4 (標準仕様: 3.2) となった。断熱性能の向上により、温熱環境が 4.0 (標準仕様: 3.0) になった。ライトシェルフにより、光・視環境が 4.5 (標準仕様: 3.0) になった。ライトシェルフの設置には一定の窓の高さが必要なことから有効開口面積が増え、空気質環境が 4.4 (標準仕様: 4.2) になった。

3) 環境負荷低減性の中項目の評価

①標準仕様



②標準努力対策



③最大努力対策

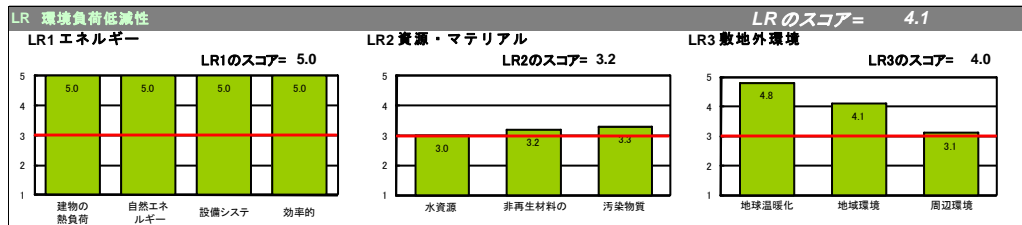


図 5.3 環境負荷削減性のバーチャート

①標準仕様

LR1 エネルギーは、開口部種類が単層ガラスのため、建物の熱負荷が 2.0 になった。

②標準努力対策

LR1 では、外壁・屋根の高断熱化、複層ガラス化で、標準仕様では 2.0 であった建物の熱負荷が 3.0 となった。太陽光パネルの設置により標準仕様では 3.0 であった自然エネルギー利用が 4.0 となった。発電による消費エネルギーの削減、人感センサー制御やスイッチや制御のシステムを利用パターン等に応じて勘案した計画により、標準仕様では 3.3 であった設備システム負荷が 4.0 になった。的確なエネルギーマネジメントの導入で標準努力仕様では 3.5 であった効率的運用が 4.5 となった。

LR3 敷地外環境では、太陽光発電により CO₂ が削減され、標準仕様では 3.0 であった地球温暖化への配慮が 3.4 になった。外壁・屋根の高断熱化や高効率設備の採用やエネルギーマネジメントにより、標準仕様では 3.1 であった地域環境への配慮が 3.6 になった。

③最大努力対策

LR1 では、建物の熱負荷は二重サッシと庇（ライトシェルフ）の設置で 5.0（標準仕様：2.0）、自然エネルギー利用はナイトパーズ設備と昼光利用で 5.0（標準仕様：3.0）、設備システム負荷抑制は太陽光発電で 5.0（標準仕様：3.3）、効率的運用は簡易 BEMS によりで 5.0（標準仕様：3.5）となった。

LR3 では、太陽光発電により地球温暖化への配慮が 4.8（標準仕様：3.0）になった。外壁・屋根の高断熱化や高効率設備の採用やエネルギーマネジメントにより、地域環境への配慮が 4.1（標準仕様：3.1）になった。

4) 木造と RC 造の内装木質化

仙台地域における木造 2 階建てのシミュレーション事例の小学校を対象とし、最大努力対策の技術を導入した場合の環境評価の結果を示す。

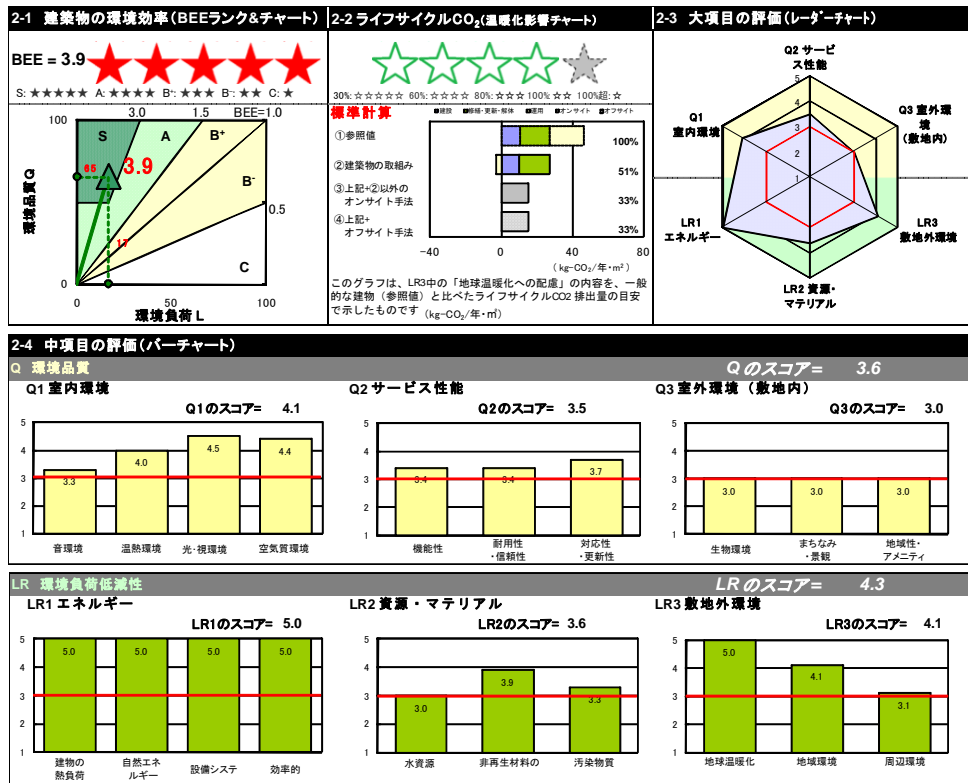


図 5.4 最大努力ケースの木造小学校のチャート

①建築物の環境効率、ライフサイクル CO₂、大項目の評価

木材を構造材や内装材に用いることで、非再生性資源の使用量が削減され LR2 が向上した。寒冷地の容量の太陽光パネルの設置で、余剰電力を利用する場合の CO₂ 排出率は参照値の 33% となった。

また、表 5.1 に CASBEE の標準計算による木造と RC 造の、建築時、修繕・更新・解体時、運用時の CO₂ 排出量を示す。

地域、建築規模、太陽光パネル等の条件が等しく構造躯体のみ異なる場合、木造の CO₂ 排出量は 15.35 kg-CO₂/[年・m²]、RC 造の CO₂ 排出量は 18.2kg-CO₂/[年・m²]となる。

表 5.1 木造と RC 造のライフサイクル CO₂ 排出量 (標準計算)

	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /[年・m ²])			
	木造 2 階建て		躯体を RC 造にした場合	
	評価対象	参照値	評価対象	参照値
建設	10.24	10.24	12.66	12.66
修繕・更新・解体	16.68	16.68	17.14	17.14
運用	-11.57	19.44	-11.57	19.44
合計	15.35	46.36	18.23	49.24

②環境品質の中項目の評価

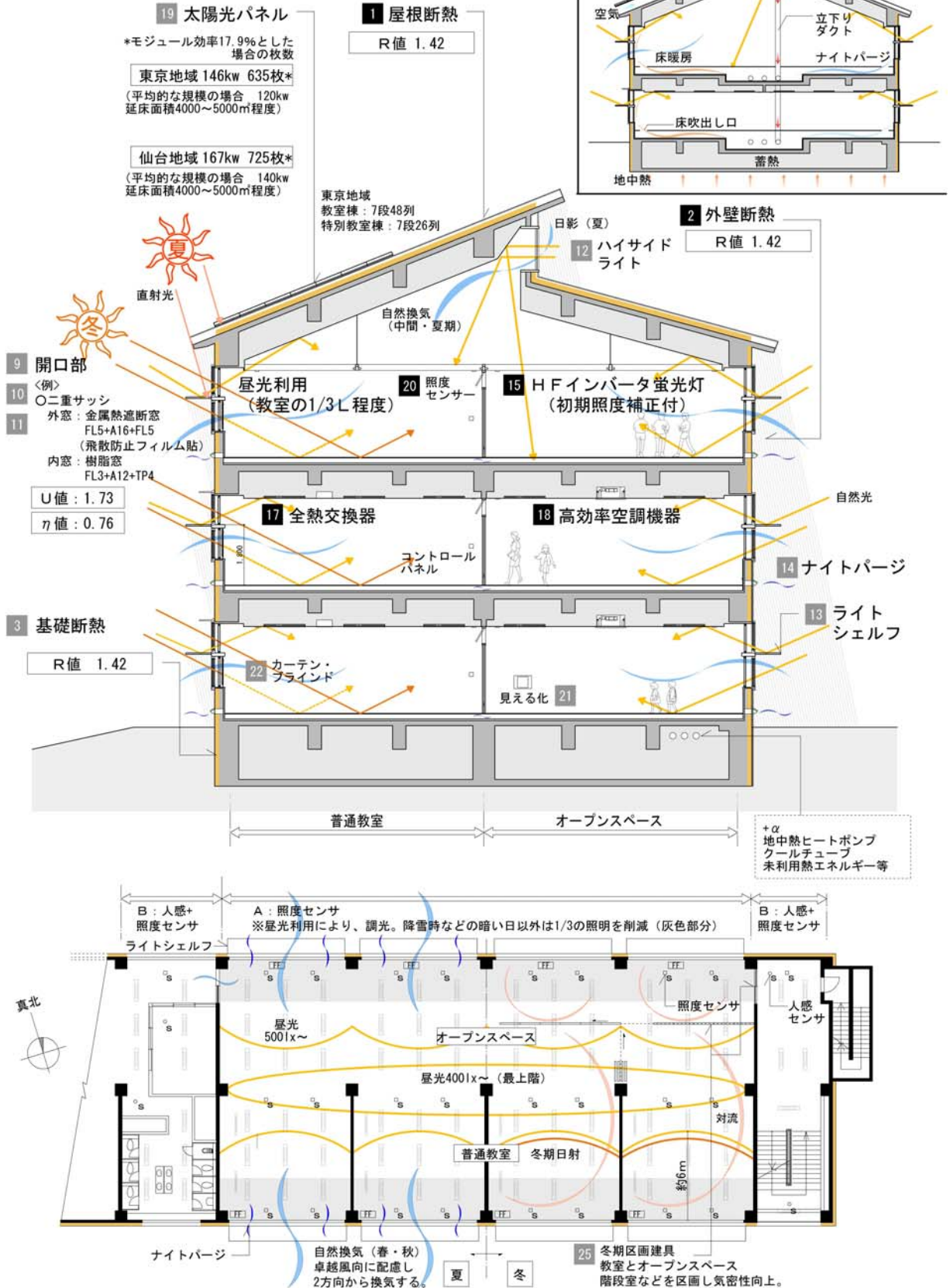
木造の床組のため、音環境の項目が 3.3 になった。

③環境負荷軽減性の中項目の評価

標準仕様・標準努力対策・最大努力対策に関わらず、木造は、構造材及び内装の床及び壁仕上げに木材を利用することで、非再生性資源の使用量削減のスコアが 3.9 になる。RC 造における内装木質化は、床あるいは壁仕上げへの木材利用でスコアは 3.2 に、床と壁及び天井仕上げに木材利用する場合は 3.5 となる。

6. 最大努力対策における技術導入イメージ

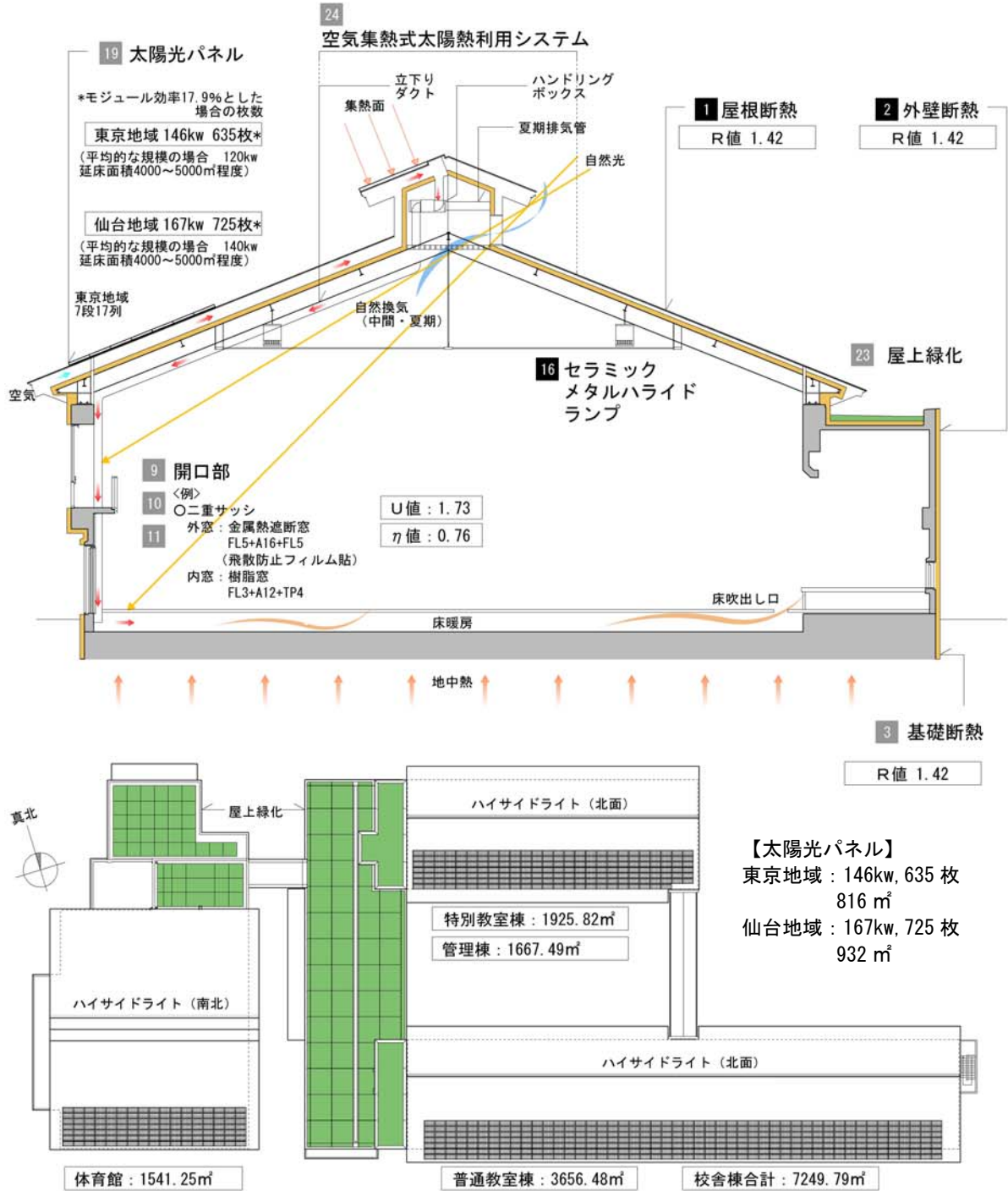
1) RC造 校舎



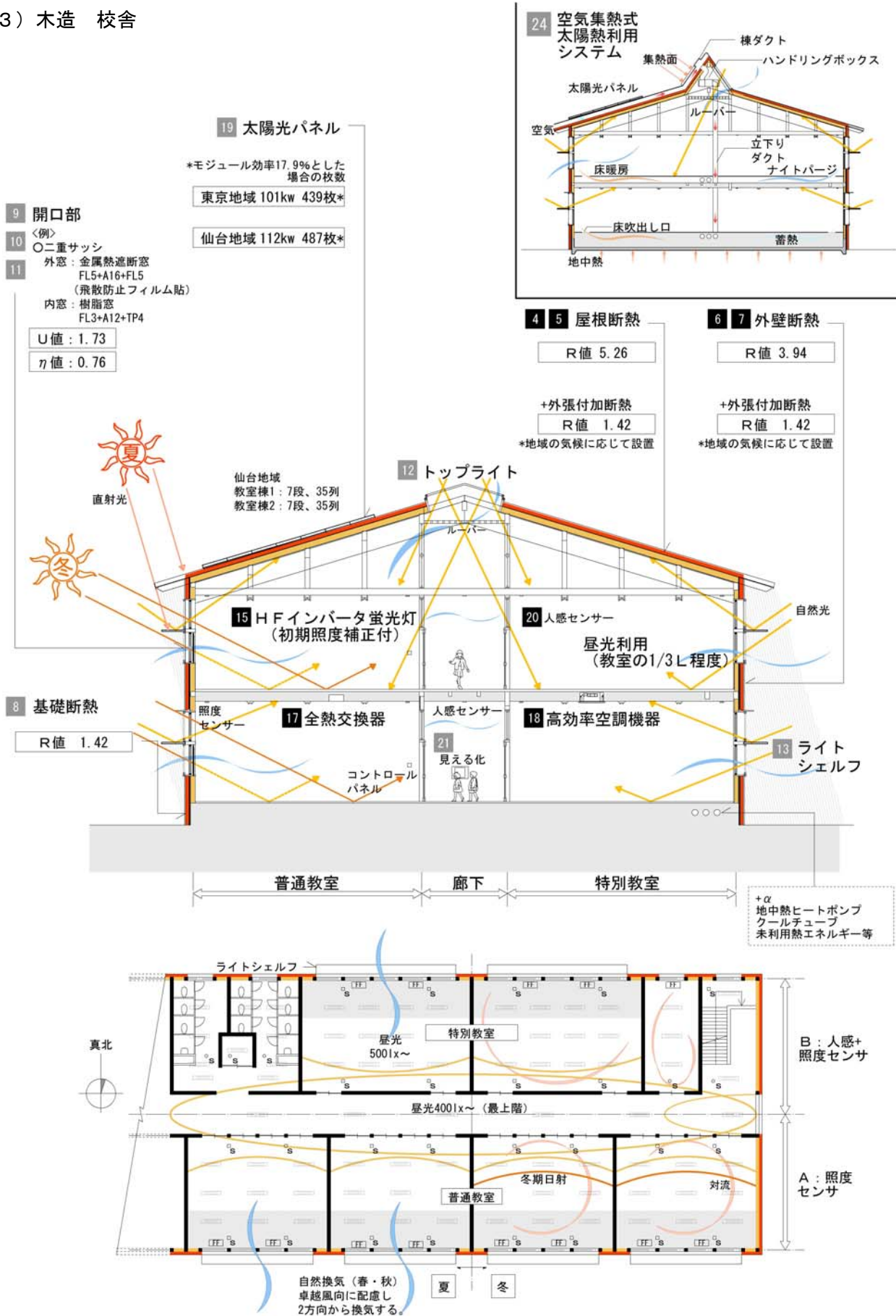
2) RC造 体育館

1 …比較表中の番号に対応する。

1 …比較表中の番号に対応。標準努力対策と共通の取組み。



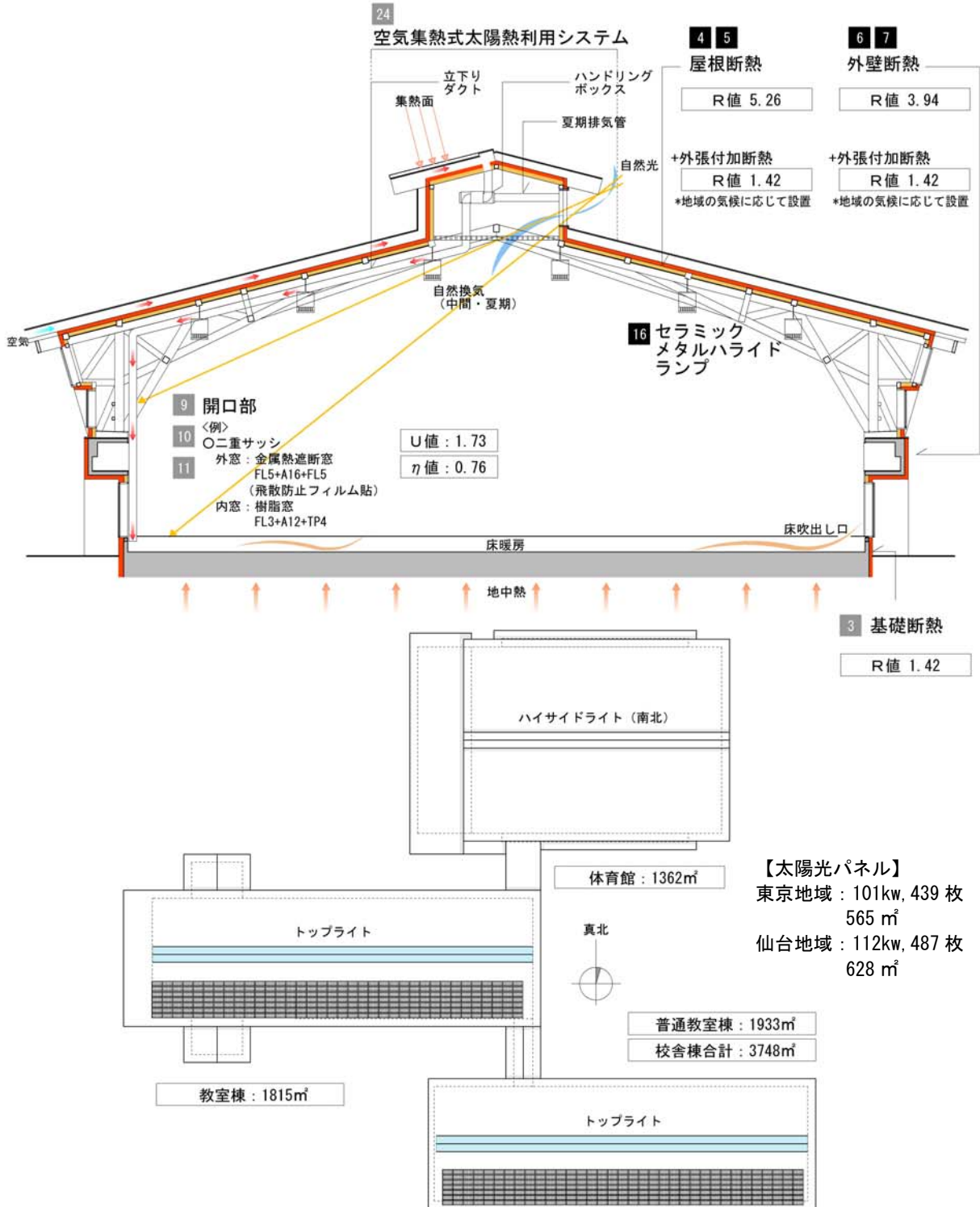
3) 木造 校舎



4) 木造 体育館

1 ...比較表中の番号に対応する。

1 ...比較表中の番号に対応。標準努力対策と共通の取組み。



5) 仕様例と単価の試算表

東京地域、仙台地域における本シミュレーションで用いた学校（延床面積：9080 m²、RC造、3階建て）の事例であることに留意すること

番号※1	構造	用途	方法	標準的な仕様例		最大努力対策の仕様例		試験設計の床m ² 単価目安※2※3	関連
					R値		R値		
1	RC造	校舎 体育館 共通	屋根断熱	押出法PSF2種b t=40 (S1工法)	R値 1.17	押出法PSF3種b t=40 (乾式外張)	R値 1.42	1,600	4.2. A-1 外皮断熱化
2	RC造	校舎 体育館 共通	外壁断熱	押出法PSF2種b t=20 (S1工法)	R値 0.58	押出法PSF3種b t=40 (乾式外張)	R値 1.42	3,000	4.2. A-1 外皮断熱化
3	RC造	校舎 体育館 共通	基礎断熱	-	-	押出法PSF3種b t=40、モルタル仕上	R値 1.42	1,000	4.2. B-1 外皮断熱化
4	木造	校舎 体育館 共通	屋根断熱	高性能GW16k t=105	R値 2.76	高性能GW16k t=200	R値 5.26	200	4.2. A-1 外皮断熱化
5	木造	校舎 体育館 共通	屋根付加断熱	-	-	押出法PSF3種b t=40 (外張付加)	R値 1.42	3,700	4.2. A-1 外皮断熱化
6	木造	校舎 体育館 共通	外壁断熱	高性能GW16k t=105	R値 2.76	高性能GW16k t=150	R値 3.94	100	4.2. A-1 外皮断熱化
7	木造	校舎 体育館 共通	外壁付加断熱	-	-	押出法PSF3種b t=40 (外張付加)	R値 1.42	3,800	4.2. A-1 外皮断熱化
8	木造	校舎 体育館 共通	基礎断熱	-	-	押出法PSF3種b t=40、モルタル仕上	R値 1.42	1,000	4.2. B-1 外皮断熱化
9	共通	校舎 体育館 共通	開口部 腰窓のみ (断熱)	アルミサッシ FL6	U値 6.4	【外】 金属熱遮断 複層 A16 【内】 樹脂 複層 A12	U値 1.73	870	4.2. B-2 開口部断熱
10	共通	校舎 体育館 共通	開口部 掃き出し窓付 (断熱)	アルミサッシ FL6	U値 6.4	(掃き出し窓あり) 【外】 金属熱遮断 複層 A16 【内】 樹脂 複層 A12	U値 1.73	800	4.2. B-2 開口部断熱
11	共通	校舎 体育館 共通	開口部 (日射遮蔽)	アルミサッシ FL6	η値 0.86	FL5+A16+FL5	η値 0.76	9.10参照	4.2. B-2 日射遮蔽
12	共通	校舎 体育館 共通	トップ・ハイ サイドライト	-	-	あり	-	形状による	4.1. B-1 昼光利用
13	共通	校舎	ライトシェルフ	-	-	外庇w900 (FL1.8m)	-	300	4.1. B-3
14	RC造	校舎	ナイトバージ	-	-	あり	-	200	4.2. B-1
15	共通	校舎	高効率照明 器具の設置	一般型蛍光灯	-	Hfインバータ蛍光灯 初期照度補正・調光	-	900	4.1. A-1 照明設備の 高効率化
16	共通	体育館	高効率照明 器具の設置	メタルハライドランプ	-	セラミックメタル ハライドランプ	-	0	4.1. A-1 照明設備の 高効率化
17	共通	校舎	全熱交換器	全熱交換器	-	全熱交換器 (24h換気) コントロールスイッチ (同系統ごと)	-	2,000	4.2. A-4 全熱交換器
18	共通	校舎	冷暖房器具	一般効率エアコン	-	高効率エアコン	-	7,500	4.2. A-3 空調機器の 高効率化
19	共通	校舎 体育館 共通	太陽光発電 設備	-	-	10kwあたり	-	1,200	4.4. B-1 太陽光発電 パネル
20	共通	校舎	照度センサー 人感センサー	一般型センサー	-	明るさセンサー	-	420	4.1. A-2 センサーの設置
21	共通	校舎 体育館 共通	見える化	-	-	簡易BEMS	-	1,500	4.2. B-4 4.3. A-2
22	共通	校舎 体育館 共通	付属部材 (日射遮蔽)	カーテン・ ブラインドの設置	η値 0.73	カーテン・ ブラインドの設置	η値 0.73	0	4.2. C-2 付属部材
23	共通	校舎 体育館 共通	その他 (断熱)	-	-	屋上緑化 土壌150mm程度	R値 0.5 程度	3,500	4.2. C-1 パッシブ、未利 用エネルギー
24	共通	校舎 体育館 共通	空気集熱式 太陽熱利用 システム	-	-	東：パッドリクユニット18台 仙：パッドリクユニット20台	-	8,190 (東) 15,646 (仙)	4.2. B-3 空気集熱式太陽 熱利用システム
25	共通	校舎	冬期区画建具	-	-	あり	-	区画方法による。	4.2. B-3

建築による取組み

設備による取組み

管理

その他

※4

- ※1 図中の番号に対応する。
- ※2 上記条件に基づくイニシャルコスト（設計単価）の、最大努力仕様と標準的な仕様例との差額である。1～10の差額は設計単価を普通教室棟の延床面積で除している。その他は、全体の延床面積で除している。
- ※3 コストの検討に当たっては、上記の導入時のイニシャルコストだけでなく運用にかかるランニングコストについても検討し、ライフサイクルコスト（LCC）としての検討が必要である。
- ※4 その他は、表 3.2、3.3 の試算に係る対策とは別に、一定の省エネルギー効果がある取り組みとして、バリエーションとして挙げている。
- ※5 差額の試算に当たり、ご協力いただいた方々に対し、この場を借りて謝意を表す。

1-3 ゼロエネルギー化実現手法による学校施設の防災機能への貢献

既存施設も含め学校施設を整備する際に、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、また創エネ・蓄エネ設備により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る。加えて、電力供給力が減少した場合においても、重要な役割を果たすこととなる。また、建築物に採用される一般的な防災機能も勘案しつつ、必要な措置を講ずることとする。

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、計画する必要がある。

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

<防災機能の強化に貢献する取り組み例>

状況	防災機能の強化に貢献する取り組み例
集中型エネルギー供給 (系統電力,都市ガス) の途絶(※1)	<p><電力供給></p> <ul style="list-style-type: none"> ・太陽光発電、風力発電(※2) ・蓄電池 <p><熱供給></p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気集熱式太陽熱利用システム(※2)(※3) <p><室内環境の向上></p> <ul style="list-style-type: none"> ・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(ライトシェルフ、トップハイサイドライト)等 <p><その他></p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。

<参考1> 学校における非常時のエネルギー需要の想定

- ・レベル1：風水害や人為的事故、計画停電等による数時間～1日程度のエネルギー供給停止。
→避難場所（体育館・一般教室）における暖房需要の確保、管理部門における通信、データ保全等の機能確保等に必要なエネルギー供給継続を要する。
- ・レベル2：震災等による数日程度のエネルギー供給停止。
→レベル1の機能に加えて災害拠点機能を担うために必要となる、照明、上下水道、給湯、調理（炊き出し）等の機能確保等のためのエネルギー供給継続を要する。

<参考2> 東日本大震災において避難所機能に役立った事例

- ・事例①：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いたが、建物に断熱が施されていたこと、また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。）



- ・事例②：千葉県鋸南町立勝山小学校
地震直後から停電となったが、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。）



＜参考3＞断熱仕様の違いによる避難所（体育館）の床表面温度のシミュレーション

地域の避難施設等に利用される学校の体育館は、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多い。

そのため、避難住民が長期間の避難生活を余儀なくされた場合には、避難所の温熱環境が特に高齢者や幼児などの健康に悪影響を及ぼす可能性がある。

一方で、そもそも暖房設備がない、また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、建物性能として断熱性能の向上することはもっとも基本的な対策として有効である。

なお、本検討で断熱仕様に最大努力対策を施した場合のモデル体育館における床表面温度のシミュレーション結果を下図に示す。外気温度が氷点下となる夜間において、床表面温度を 10℃以上に保ち、また標準の断熱仕様に比べ温度低下もかなり少なく、体感温度の向上にも寄与するものと考えられる。

	標準の仕様例	最大努力対策の仕様例
断熱仕様	屋根：押出法 PSF2 種 b t=40（内張） 外壁：押出法 PSF2 種 b t=20（内張） 基礎：なし 開口部：アルミサッシ FL6	屋根、外壁、基礎 ：押出法 PSF3 種 b t=40（外張） 開口部：二重サッシ 外窓：金属熱遮断窓（FL5+A16+FL5） 内窓：樹脂窓（FL5+A12+TP4）
隙間面積	屋根・外壁・床：1.78cm ² /m ² サッシ：21.44 cm ² /m ² （相当隙間面積）	屋根・外壁・床：0.45cm ² /m ² サッシ：5.36 cm ² /m ² （相当隙間面積）

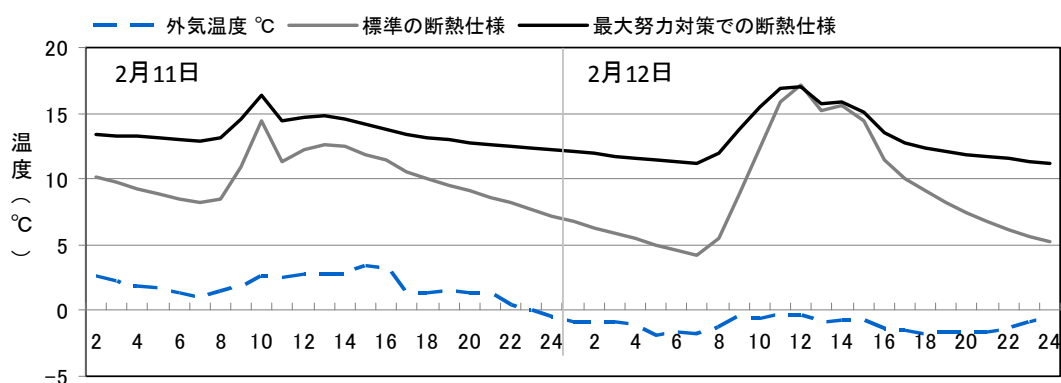


図 仕様の違いによる床表面温度の時系列データ（仙台地域）

計算条件：

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階建て）、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]）

第2章 環境教育、普及・啓発活動

2-1 学校施設を活用した環境教育

1. 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つくり方

学校における環境教育のためには、ゼロエネルギー化した学校施設の特色であるエネルギー消費及び創エネルギーの状況を「見える化」したり、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」することが有効である。

なお、ここでは「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）に掲載しているいくつかの事例を紹介する。

1) エネルギー消費及び創エネの状況の「見える化」

学校のエネルギー消費量や発電の状況、外気温や室内環境の状況などをリアルタイムでわかりやすく表示するディスプレイを設けることで、これらのデータを学習に活用することも考えられる。

その際、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る。

（事例：須磨学園高等学校・中学校／福岡県糸田町立糸田小学校／高知県香南市野市小学校／山梨県昭和町立押原小学校）



省エネナビ（須磨学園）



わかりやすい表示（糸田小）



外周フェンスに表示（野市小）



タッチパネルで操作（押原小）

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たりすることが考えられる。

《事例紹介》

- 導入した環境技術について、わかりやすく解説した表示板を設置する。（兵庫県神戸市立多聞東中学校／山梨県昭和町立押原小学校）
- 導入した環境技術の効果が実感しやすくなるよう、一部環境技術を導入していないところをつくる（断熱材の有無など）。（群馬県太田市立中央小学校）
- 空気集熱式太陽熱利用システムの屋根で暖められた空気を床下に送る配管の一部を透明にし、中



エコ施設の表示板（左：多聞東中、右：押原小）



断熱体験小窓（左）と工事中的の写真（右）（中央小）



透明で見える配管（西春中）アースチューブ吹き出し口（押原小）

に羽根を取り付け、空気の流れを確認できるようにする。また、配管内に手を入れ、暖められた空気に触れることができるようにする。(愛知県北名古屋市立西春中学校)

- 一年を通して変動の少ない地中熱を利用した空調設備（アースチューブ）の空気吹き出し口をベンチに組み込んだり、井水を利用した冷房のパイプに触れられるようにしたりすることにより、温度差や効果を体感できるようにする。(山梨県昭和町立押原小学校)
- 太陽光発電設備につながった実験用コンセントを設置し、授業で太陽光発電で作られた電力がどのくらいあるか調べ、省エネ効果・CO₂削減効果について学習できるようにする。(新潟県見附市立今町小学校)
- 太陽光発電設備を地域開放しているグラウンドから見えるように設置し、子どもたちや地域住民の関心を引くように工夫する。(福井県越前市立南越小学校)



太陽光発電コンセント(赤) (今町小) /
グラウンドから見える太陽光発電設備 (南越小)

2. ゼロエネルギー化した学校施設を活用した環境教育

学校施設を活用して環境教育を行うことは、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る。また、学校は、地域の環境教育の拠点としての役割が期待される。

なお、ここでは「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)に掲載しているいくつかの事例を紹介する。また、「環境教育に活用できる学校づくり実践事例集」に収録されている学校施設を活用した環境教育の学習プログラム例も参考にされたい。

1) 授業で活かす

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ある。ゼロエネルギー化の特色であるエネルギー消費や創エネルギーの状況に着目した授業の展開に加え、学校施設を身近な教材として利用し、身近なものを使った実験などを組み合わせることにより、環境対策に利用される技術の仕組みや原理について理解を深めることが期待できる。また、学校の施設・設備の特徴や使い方を学ぶことで、学習環境を快適にすることの実践に役立ち、家庭などでその知識を活かすことにもつながる。

《事例紹介》

- 小学校 2 年生では校区探検を行い、ビニールハウスで太陽熱利用、風力発電設備で風のエネルギー、プール屋根の太陽光発電設備で太陽光利用など校区内の自然エネルギー利用について触れる。3 年生は空気のエネルギー、4 年生は電気のエネルギーを学び、5 年生は発電体験や発電所見学を行い、6 年生は新エネルギーなどについて学習する。(高知県香南市立野市小学校)
- 環境にやさしい技術や工夫によりエコ改修された校舎の効果を確認する実験として、断熱や日射遮蔽を行ったいくつかのペッ



電気をつくろう！(野市小 6 年生)

トボトルの家を用意し、白熱電球を太陽に見立てて点灯した 15 分間と、消灯後 15 分間の温度変化を記録し、その効果について学習する。(長野県高森町立高森南小学校)

- 子どもたちが考えた体を暖める方法を 20 分間続け、一番あつくなっている部位を自己申告する。その部位を放射温度計で測定し、暖まった後の体の温度変化を理解させ、「体が暖まる」と「温度の上昇」をつなげて考えるようになる。この体験を基に断熱などについての授業に発展させることができる。



ペットボトルの家を電球で暖めて
温度の変化を観察 (高森南小)



陽に当たる ダウンジャケットを着る
(体を暖める方法を比べる)

より効果的な授業とするためには、学校施設に導入される環境技術について普及活動を行っている公的機関や NPO など外部の専門家の協力を得て、学校施設を教材とした学習の機会を設けることも考えられる。

さらに、身近な学校施設の中で、児童生徒等が学内の委員会活動など日常的な学校生活を通じ環境学習に関わることは、環境問題に関する自主性の向上に寄与することとなる。

《事例紹介》

- 環境学習の一環として、エコ改修工事の設計者から設計の考え方や工夫したポイントの説明を受け、エコ改修された校舎の特徴について学ぶ。(北海道黒松内町立黒松内中学校)
- 児童会本部が校舎のエコ施設などを紹介するビデオを制作し、環境学習会として学校全体に放映している。(山梨県昭和町立押原小学校)



設計者による授業 (黒松内中)

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組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る。

例えば、整備された学校施設の特徴や使い方を学んだ児童生徒等が、地域住民等に対して、その学習の成果を発表したり、見学会等で学校施設を案内したりすることなどが考えられる。

3) 活動をつなげる

学校施設を活用した環境教育は、長期にわたり取組むことで、より学習効果が高まるものもあり、そのため、上級生から下級生への環境学習成果の発表の機会等を設けることなどが有効である。

また、ビオトープや芝生の維持管理などに地域住民が参加したり、児童生徒等と地域住民が協働して様々なエコ活動に取り組んだりすることは、児童生徒等の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ある。

2-2 普及・啓発活動

1. 技術的支援（情報提供等）

学校施設のエコスクール化については、これまでも取り組まれてきたところである。しかしながら、エコスクールの取組をより進めた学校施設のゼロエネルギー化については、良好な教育環境の確保を図りつつ、その学校が立地する地域の実情等に応じて、各種環境技術の効果的な組み合わせも考慮して計画することが重要である。また、学校施設のゼロエネルギー化の普及には、地方自治体などの学校設置者の理解が不可欠である。

そのため、学校設置者（教育委員会・営繕担当部課など）を対象に積極的な情報提供等を行うことが必要である。

具体的な情報提供等の手法については

- ・ 今回行ったシミュレーション結果とその解説をわかり易くまとめたパンフレットを学校設置者に配布し周知
- ・ 学校設置者を対象とした各種会議の場において、今回の成果について説明

などが考えられる。

なお、情報提供等については、学校施設のゼロエネルギー化に資する環境技術に関する専門的知見を有する学識経験者等と協力して説明を実施することも有効である。

2. 財政支援

学校施設をゼロエネルギー化する場合、様々な環境技術を組み合わせたり、より高効率な設備等を導入したりすることが必要になる。その結果、コスト縮減を行ったとしてもなお、通常の学校施設の整備に比べて建設費が割高になることが考えられる。

学校施設のゼロエネルギー化に活用可能な国の補助事業としては、

- ・ 「公立学校施設整備費」による太陽光発電等導入事業や大規模改造（老朽）エコ改修事業等（文部科学省）
- ・ 省 CO₂ の実現性に優れたリーディングプロジェクトに対し、建設費等の一部を支援する「住宅・建築物省 CO₂ 先導事業」（国土交通省）
- ・ 地域再生可能エネルギー熱利用補助事業や地域自家消費向け再生可能エネルギー発電補助事業（経済産業省）
- ・ 公立の既存学校施設の改修によりゼロエネルギー化を目指す場合、基本計画段階で必要となる経費の支援につながる「スーパーエコスクール実証事業」（文部科学省）

などが考えられる。

また、文部科学省、農林水産省及び経済産業省に加え、平成 24 年度より国土交通省と新たに連携して実施している「エコスクールパイロット・モデル事業」の活用により、学校施設のゼロエネルギー化を含むエコスクール整備に係る関係省庁の支援を受けやすくなる。

学校設置者においては、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組が期待される。

3. 実証事業の実施

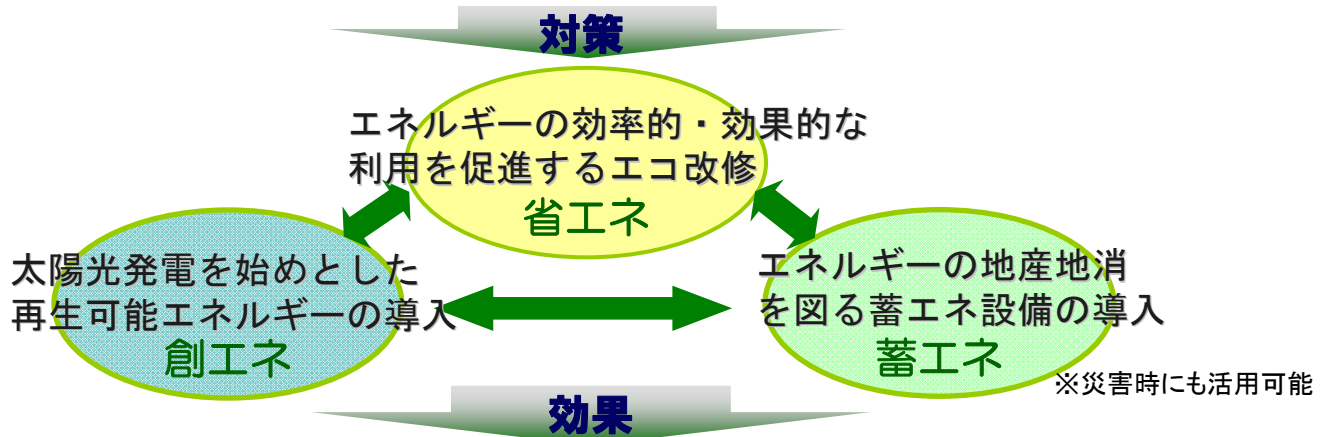
学校設置者において、「スーパーエコスクール実証事業」などの実証事業を通じて、学校関係者や地域住民、設計者及び行政関係者等と一緒にワークショップや研究会を実施し、学校施設のゼロエネルギー化に向けた基本計画を策定する。その基本計画を踏まえて整備することにより、ゼロエネルギー化を目指した学校施設を実現する。その際、国においては、実証事業や当該学校施設の整備・運用段階において得られる各種データを収集するとともに、その成果を広く紹介することは、学校施設のゼロエネルギー化を普及する上で有効である。また、その成果を踏まえ、必要に応じ学校施設のゼロエネルギー化に取組みやすい環境づくりについて検討することも考えられる。

スーパーエコスクール実証事業

～ 環境を考慮した学校施設の整備推進 ～

○ 背景

- 建築後25年を経過し、エネルギー効率の低い、老朽化した学校施設が約7割
- 地球温暖化対策として、温室効果ガスの削減が重要
- 公立学校施設の面積は、公共施設全体の約4割を占める
- 改正省エネ法に基づき、原則、教育委員会は省エネ計画の策定が必要
- 東日本大震災による電力需給対策



□ 環境教育への活用や地域への発信拠点に (実施例)



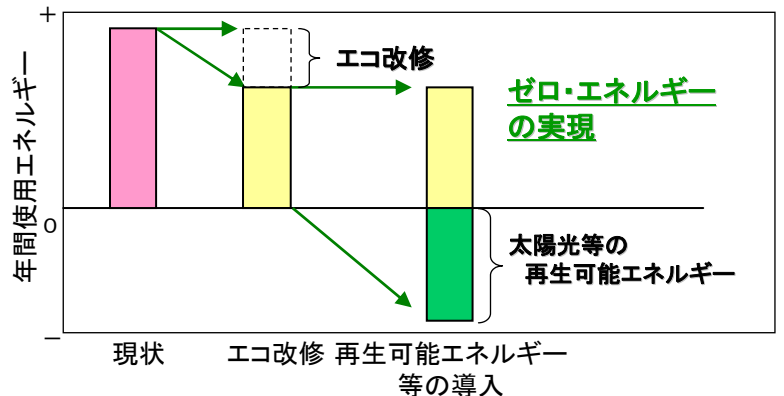
窓・壁の断熱化の効果の体感 (少しの暖房で暖かい)

体感したことを生活に活かす (黒塗りペットボトルによるソーラー給湯器を自作し、これにより暖めたお湯を用いて掃除)



地元企業・NPOによる児童・地域住民向けの環境教育を実施

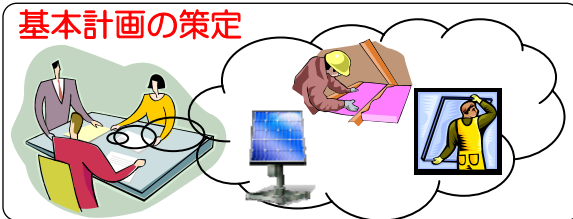
□ 地球温暖化対策への貢献



○ スーパーエコスクール実証事業 3か年事業の初年度

予算額：15,336千円

基本計画の策定



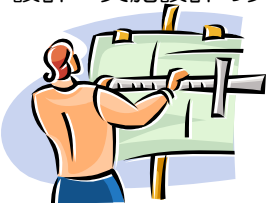
【事業内容】

全国3地域程度の自治体において、学校設置者、学校関係者、地域住民、設計者等を交え、エコ改修の内容に関するワークショップの実施

※ 3月上旬を目処に公募を行う予定

3か年事業の2年目

基本設計・実施設計の実施



【事業内容】

初年度に実施したワークショップの結果を踏まえ、エコ改修工事の基本設計と実施設計を実施

※ 設計費は工事費に算入

3か年事業の最終年度

エコ改修事業の実施



【事業内容】

実施設計に基づき、エコ改修事業の実施

補助率 (H24' 時点)
(太陽光、風力、太陽熱の導入による)

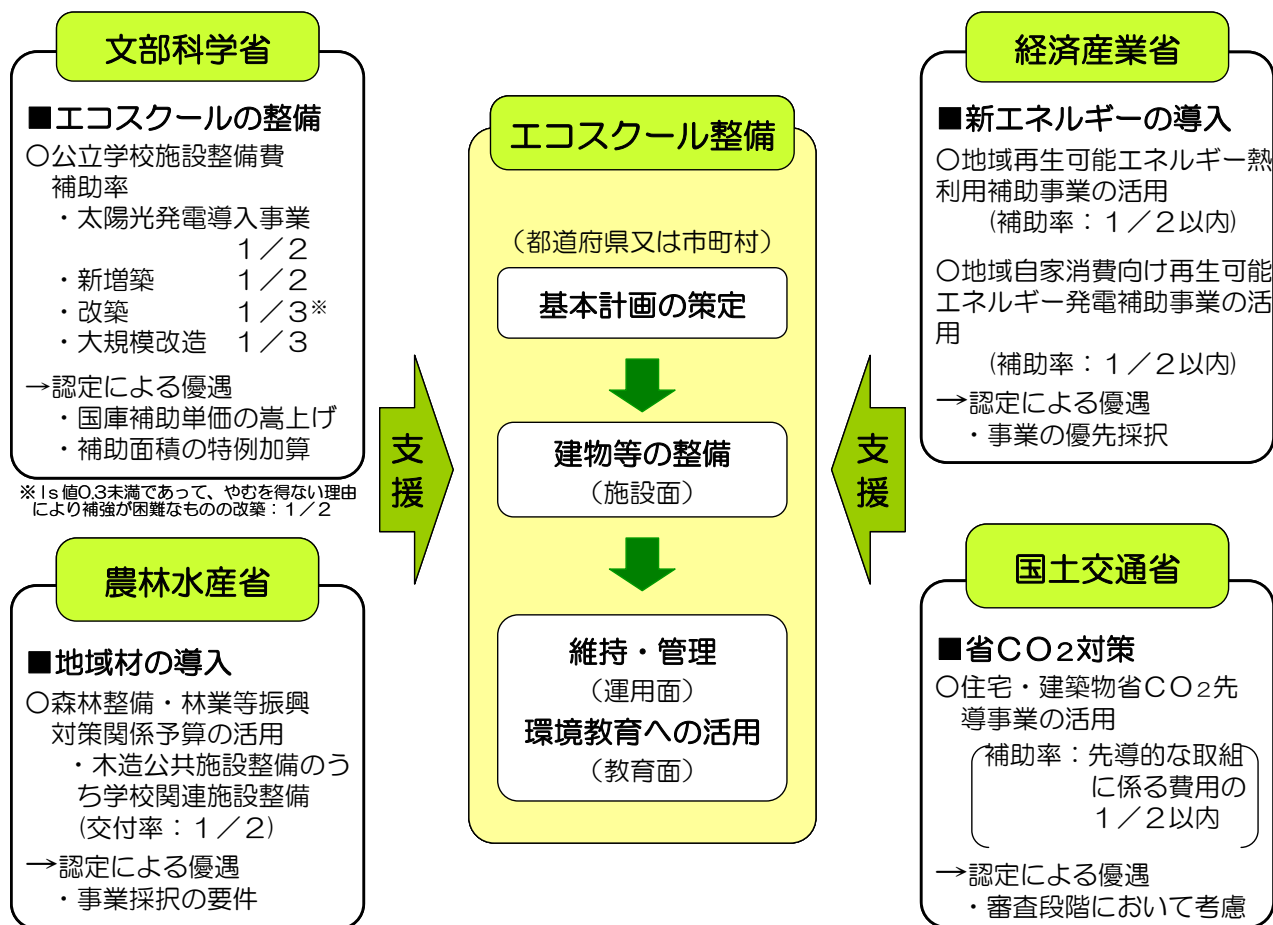
エコ改修 1/2

(上記以外) 1/3

事業費：実工事費

環境を考慮した学校施設(エコスクール)のパイロット・モデル事業

1. パイロット・モデル事業のフレーム



2. 認定実績 (平成 24 年 4 月現在)

(校)

H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	計
18	20	20	41	58	88	97	98	101	70	79	104	157	175	134	80	1,340

3. 経緯

平成 9 年度：「エコスクールパイロット・モデル事業」を開始。

太陽光発電の導入について、経済産業省と連携。

平成 14 年度：地域材等を利用した内装等の木質化について、農林水産省と連携。

平成 17 年度：地球温暖化を防ぐ学校エコ改修について、環境省と連携。(平成 23 年度限り)

平成 24 年度：住宅・建築物省CO2先導事業について、国土交通省と連携。

省CO₂の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築物プロジェクトを広く民間等から提案を募り、支援を行うことにより、住宅・建築物における省CO₂対策の強力な推進を図る。

国が民間等より広く提案を公募（学識経験者による評価の実施）

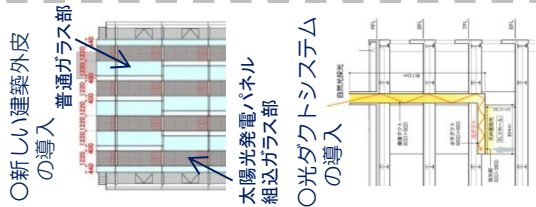
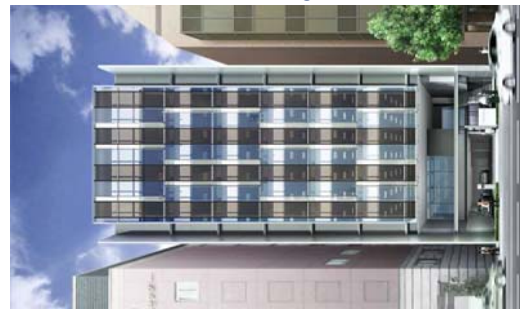
リーディングプロジェクトの実施

新築

既存の改修

マネジメントシステム整備等

<プロジェクトのイメージ>



<想定される提案例>

- エネルギーの有効利用
 - ・ 太陽光、太陽熱、風力、地熱等の自然エネルギーの有効利用等
- 高効率な熱源システムの導入
 - ・ 複数建築物間の熱融通
 - ・ 燃料電池システムの導入等
- エネルギーの使用を効率化するシステムの導入
 - ・ エネルギー消費量の見える化等
- 地域特性に応じた取り組み
 - ・ 気候風土を活かした設計手法等
- 建設・解体時等における省CO₂化
 - ・ 国産材・天然乾燥木材の利用等

事業の成果等を広く公表

→ 取組みの広がりと意識啓発に寄与

【応募・採択の実績】

採択年度		応募件数	採択件数
平成20年度	第1回 (H20.4.11～5.12)	120件	10件
	第2回 (H20.8.1～9.12)	35件	10件
平成21年度	第1回 (H21.2.6～3.31)	46件	16件
	第2回 (H21.7.15～8.25)	52件	20件
平成22年度	第1回 (H22.3.5～4.9)	49件	13件
	第2回 (H22.8.16～9.24)	42件	14件
平成23年度	第1回 (H23.5.12～6.30)	39件	12件
	第2回 (H23.9.9～10.31)	35件	12件
第3回 (H23.11.30～H24.1.20)		29件	21件
合計		447件	128件

【採択事業の内訳】

	平成20年度		平成21年度		平成22年度		平成23年度		合計
	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	
建築物	4件	5件	8件	9件	8件	8件	4件	6件	54件
戸建住宅	4件	3件	0件	5件	0件	3件	3件	3件	40件
戸建集合住宅	0件	0件	0件	1件	0件	0件	0件	0件	1件
集合住宅	0件	0件	0件	2件	2件	0件	1件	1件	8件
住宅・建築物	1件	1件	4件	1件	2件	1件	2件	0件	12件
マネジメント	1件	1件	1件	0件	1件	1件	1件	2件	8件
技術の検証	0件	0件	1件	2件	0件	1件	1件	0件	5件
計	10件	10件	16件	20件	13件	14件	12件	12件	128件

※辞退を除く、全般部門及び特定被災区域部門のみ。平成21年第2回の戸建工務店対応事業に採択された3件は、戸建住宅に含む。

参考資料

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会について

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会 検討経緯

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会

平成 23 年 12 月 27 日
文部科学省大臣官房文教施設企画部長 決定
国土交通省住宅局長

1. 趣旨

学校は、地域の身近な公共施設として、児童生徒への環境教育の観点や、災害時に拠点となる施設であることなどから、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る。

このため、文部科学省と国土交通省の共催により、学校におけるゼロエネルギー化推進方策について検討を行う。

2. 検討事項

- (1) 学校のゼロエネルギー化推進方策の作成
- (2) その他

3. 検討体制

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検討を行う。なお、必要に応じてその他の関係者の協力を求めることができる。また、検討委員会には委員長を置き、議事進行は委員長が行う。

4. 実施期間

平成23年12月27日から平成25年3月31日までとする。

5. その他

この検討委員会に関する庶務は、文部科学省大臣官房文教施設企画部施設企画課及び国土交通省住宅局住宅生産課にて行う。

(別紙)

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会 委員名簿

委員長 村上 周三 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構
理事長

委員 長澤 悟 東洋大学 理工学部 教授

委員 小澤 紀美子 東海大学 教養学部 教授

委員 伊香賀 俊治 慶応義塾大学 理工学部 教授

委員 海野 剛志 川崎市教育委員会 事務局 担当理事

委員 高久 俊一 仙台市都市整備局 公共建築部 営繕課長

委員 加来 照彦 (株)現代計画研究所 取締役

委員 林 立也 (株)日建設計総合研究所 主任研究員

委員 工月 良太 東京ガス(株)エネルギー企画部 副部長

委員 木虎 久隆 関西電力(株)お客さま本部 副部長

(敬称略、平成24年5月14日現在)

事務局 文部科学省 大臣官房 文教施設企画部 施設企画課
国土交通省 住宅局 住宅生産課

学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会 検討経緯

第1回 検討会 (平成24年1月25日)

- ・ 関係委員から「これまでの取り組み」についてのプレゼン
- ・ 検討会の進め方について

第2回 検討会 (平成24年3月16日)

- ・ シミュレーションの検討状況について
- ・ 報告書の骨子(案)について

第3回 検討会 (平成24年5月14日)

- ・ 報告書(案)について
- ・ ガイドラインの作成方針について