

機関番号：22604

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20560551

研究課題名（和文）

建築基準法改定に向けたエコスクールの設計基準・改修指針

研究課題名（英文）

Environmental Design Standard of Eco-School to Revise the Building Standard

研究代表者

須永 修通（SUNAGA NOBUYUKI）

首都大学東京・都市環境科学研究科・教授

研究者番号：20145668

研究成果の概要（和文）：

学校建築の多くは環境性能が脆弱であり、地球環境保全と室内環境の適正化を図るため、新たな設計基準が必要とされている。本研究では、まず、自治体を持つ学校建築の設計基準の実態を調査し、明らかにした。次に、都市部で有効と思われるナイトパージ等の効果を実験実測により示した。また、ドイツ、イギリスのエコスクールの実態調査を行った。それらの結果を踏まえ、学校建築が持つべき新たな性能目標値を提案した。

研究成果の概要（英文）：

The environmental performance of most school buildings is poor in Japan and the new building design standard is required. In this study, at first, the actual condition of building design codes of local government was investigated and clarified. On the other-hand, the effects of some passive design methods, as night-purge, were tested and examined using actual school buildings. Also the Eco-Schools in Germany and England were investigated. Based on the results of these studies, a new “performance standard” for school building was proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学， 建築環境・設備

キーワード：エコスクール， 学校建築， 設計基準， 設計指針， 改修， 環境共生建築， 教室環境

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化防止対策の一つとして、学校施設の環境配慮型転換（エコスクール化）が文部科学省等により支援されている。同省のエコスクール・パイロットモデル事業認定校注1）は18年度までに全国で609校を数え、効果が上がっている印象を受ける。しかしながら、エコスクール認定を受けた学校は太陽光発

電やビオトープなど単独の手法を取り入れただけのものも多く、前研究1）を開始した時点では、どの程度環境負荷削減に寄与しているかは、文部科学省も把握しておらず、まったく明らかになっていなかった。

一方、学校施設は幼稚園から高等学校まで全国で約44,000校あり、その大多数はほとんど対策が取られていない。現在の学校には見

童の健康への配慮や環境共生への意識向上が求められているが、大部分の学校は断熱や庇のない温熱性能的に非常に脆弱な建物となっている。この理由として、建築基準法により開口部が大きいことや断熱基準が低いことがあげられる。また、暖房でFF式温風ヒーターが用いられることが多く、温熱快適性をより低くしている。

さらに、既存校舎の多くは、RC造で築後40年を超えるものが既にあり、15年後には建て替えのピークを迎える。しかし、現在の環境・経済情勢ではその多くは新築できず、改修することになる。その際、既存校舎は環境性能的に非常に脆弱な建物であるため、環境配慮型施設への転換が大きな課題となるのは明らかである。

2. 研究の目的

上記のような状況を考えると、新築、改修にかかわらず、環境配慮型施設としての目標値を設けること、また、その目標値を達成するような新たな設計基準・指針、および、改修を行う場合の指針・改修方法を策定すること、が必要である。

そのためには、まず、その実態や効果が皆目不明なエコスクール認定校の実態を把握し、エコスクール化のための各手法の効果や問題点を明らかにする必要がある。また、一般の校舎のエネルギー消費量や室内環境と設計基準との因果関係や、環境配慮手法を採用する場合の課題を明らかにすることも必要で、それらの解析結果を合わせて比較分析することによって、性能目標値や設計基準・指針が求められる。

エコスクール認定校の実態については、申請者らが行った2006-2007年度の調査研究で明らかにした。

本研究では、①自治体を持つ学校建築の設計基準の実態について調査する、②エコスクール化の手法、特に学校数の多い都市部で有効と思われる手法の効果について検討する、③エコスクール先進国におけるエコスクールの現状について調査する、④学校建築が持つべき新たな性能目標値を設定する、さらに、⑤その性能目標値を達成できる建物仕様を地域ごとに選定し、シミュレーションにより感度解析を行って、⑥最終的な性能目標値、建築設計基準・指針、および、改修を行う場合の指針・改修方法を提案することを当初の目的とした。ただし、上記⑤および⑥については、現在検討中である。

3. 研究の方法

(1) 学校建築の環境性能に関する設計基準の現状に関する調査

まず、①学校建築に関係する法規や補助制度の現状と設計基準等の歴史的変遷を文献

調査により明らかにした。つぎに、②学校建築の設計基準・指針について、ヒアリング調査を行い、その結果を踏まえて、③全国の自治体に対して、設計基準・指針についてのアンケート調査を行った。

(2) 学校建築の環境性能改善手法の効果

ここでは、特に夏季の教室環境改善手法として、①日射遮蔽、自然通風/ナイトバージの効果に関して、実際の校舎を用いていくつかのパターンを設定し実験的な実測を行った。また、②都市部で有効と考えられるクール/ヒートピットの効果について、実際に建設された学校での実測を通して検討した。③断熱や自然採光などに配慮して設計されたエコスクールの実態を、特に光環境を中心に実測により検討した(本報告では割愛)。

(3) 海外の事例に見られる環境性能改善手法

環境先進国のドイツ、学校建築では定評のあるイギリスにおける最新のエコスクールについて現地調査を行った。

(4) 学校建築の性能基準と仕様基準の提案

ここでは、まず①室内環境ならびにエネルギー消費に関する既存の基準について調査し、これまでの筆者らの研究成果を加味して性能規定ならびに性能改善手法の項目別リストの初案を作成した。次に②専門家を招聘して学校建築設計基準検討会を開き、この初案を基に検討し、③第2案を作成した。また、この第2案を建築計画研究者、設計者に示し、アンケートにより意見を求めた。

4. 研究成果

(1) 学校建築の環境性能に関する設計基準の現状に関する調査

まず、学校建築の設計基準に関する変遷と現状を把握することを目的とした文献調査、ヒアリング調査の結果、本研究における「学校建築の大量生産期は、1970から1980年」とすることとし、また、設計基準は、「市区町村において原則として全ての公立小中学校に適用される設計基準を指し、その内容は法規、省庁の基準、都道府県の基準、市区町村の独自基準、明文化されていない担当者の共通認識など全てを合わせたものとする。また、公共施設全般の設計基準であり学校にも適用されるものも含む。」ものと定義した。

この定義に従い、アンケート調査(全国282市区町村に送付。回答数96。回収率34%)の回答を解析した。主な結果を以下に示す。

- ・回答した自治体の設計基準の元になっているものは、文科省の学校整備指針および補助基準がどちらも回答全体の90%弱であり、独自の設計基準を持っている自治体は約30%にとどまっている。
- ・項目別の設計基準は、図1のように、半数程度の自治体で設けられており、天井高、

冷房設置室、冷房方式、換気設備は大量生産期に比べ増加している。また、断熱、窓の基準も増加していると考えられる。

- ・窓面積については、教室面積の1/7以上とすることも可能であるにもかかわらず、1/5以上としている自治体が90%以上のぼることが明らかになった。
- ・大量生産期に比べ、現在は「標準設計」の影響が小さくなってはいるが、未だに大きな影響力を残している。
- ・十分な補助金がなければ環境性能の向上は難しく、結果として自治体差が生じている。

断熱は内断熱を中心に普及しつつあるが、断熱や日射遮蔽についての基準は一般化していない。

また、設計基準を考える場合の注意点として、下記を得た。

- ・共通の基準と、個別の事情に応じて対応できる段階的な基準を分けて考える
- ・性能値を満たすための具体的な手法についても、個別の事情に応じて対応できるよう配慮する
- ・性能値と手法だけでなく、実際に改修・改築が終わるまでのプロセスについても考慮する
- ・費用がかからず効果も高い運用面についても指針を設ける

(2) 学校建築の環境性能改善手法の効果

ここでは、①既存校における中庇、簾、換気ガラリ、換気扇および窓開けによる自然通風の環境改善手法の効果についての実験実測、②都市部の夏の自然の冷熱源として期待されているクール/ヒートピットの効果に関する実測解析を行った。得られた知見の主なものを以下に示す。

①既存校での実験実測より

- ・躯体の熱容量による蓄熱量は、夏季の通風による排熱量より圧倒的に大きい。従って、十分な日除けの設置や外断熱などにより外界からの熱を遮断し、また、人体や照明などの発熱をすみやかに排出して、躯体の温度を上げないようにすることが肝要である。
- ・断熱や日射遮蔽などを行って教室の熱のコントロールをしようとするときは、校舎の一部に行うだけではなく、校舎全体で行う必要がある。
- ・廊下の窓も、教室と同様に、適切な日射遮蔽等手法を施す必要がある。
- ・今回用いた換気扇の風量は定格で1000m³/h程度であり、排熱能力としては、自然通風の方が圧倒的に大きい。

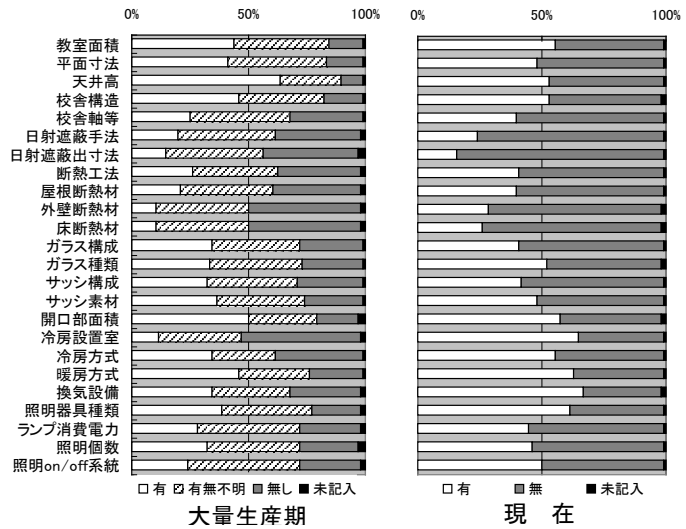


図1 項目別の設計基準の有無

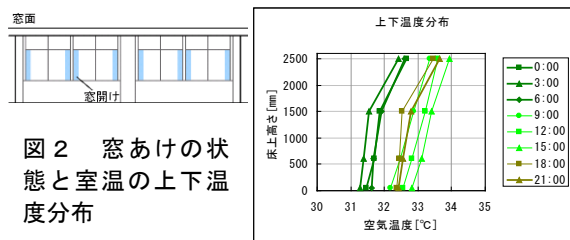


図2 窓あけの状態と室温の上下温度分布

- ・一般に高窓の鍵は手の届かない高いところについていることが多いが、改修時にサッシ枠の割付を変更するなど、高窓を開けやすくする必要がある。

②クール/ヒートピット(クール/ヒートレンチ, CHT)の実測解析より

- ・8月の教室内月平均最高温度は29.9℃であり、一般校のような教室内での温度の高安定は見られず、CHTによる夏季の室内温熱環境改善効果が示された。
- ・CHT内の温度は期間を通して安定しており、中間部での日中の温度変動は1℃以下であるが、雨天時や9月以降は外気温が低くCHTの稼働動力に見合うだけの冷却効果が見込めない可能性が高い。
- ・CHTの運用については、天候や時期、稼働時の動力、全階での運転、冷房との兼ね合いなど様々な要因が絡み、最適な運用方

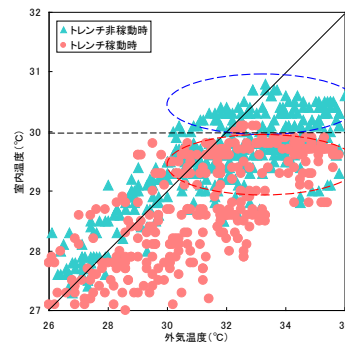


図3 外気温と室温の関係 (CHT の効果)

法の検討に至るには今後の調査による更なる解析が必要であると思われる。

(3) 海外の事例における環境性能改善手法

ドイツ、イギリスの最新のエコスクール、改修事例を調査し、以下のような知見を得た。

①建築的な環境共生手法について

- ・ドイツ、イギリスでは、高い断熱性能は当然として、日射の遮蔽と自然換気などの学校も力を入れていることがわかり、これは現在のヨーロッパの傾向と思われた。
- ・特に、ドイツの学校では、高窓や排気塔をもちいた自然換気に加え、クール・ヒートチューブによる地中熱利用も行っていた。ドイツでも夏季の暑さが問題になってきており、この地中熱利用はドイツでは先駆的なものと思われる。しかも、温度差換気の原理を用い、ファンなどの動力を用いていないことが特筆される。
- ・イギリスの1st Place Children and Parents Centreでの自然採光・換気および太陽電池を組み合わせた屋根も秀逸であった。

②環境配慮仕様予算の捻出について

- ・ドイツの学校では、木造の架構を用いることで建築予算を削減し、それを環境共生手法の強化に用いるという手法が行われていた。日本の学校では、建築単価が低いことが校舎の性能を向上させることの大きな障害になっているため、このような考え方は是非とも採用されるべきである。

③愛校心の涵養と運用の適正化について

- ・ドイツの学校では、児童、父兄、教師、学校関係者に、例えば、どのような学校が良いかを児童には粘土の模型をつくることから考えさせるなど、関係者すべてに設計段階から関与させることで、建築・環境教育を行うとともに、完成後の学校に非常に大きな愛着を持たせることに成功している。
- ・完成後の運営が、学校建築の性能に大きく影響するため、このような使用者に愛校心を持たせるような計画の進め方が、学校を造るのは行政側、使用するのは教育側・生徒と別れてしまっている日本でこそ、求められている。

(4) 学校建築の性能基準と仕様基準の提案

上記(1)～(3)の検討結果を踏まえ、今後の学校建築に対する消費エネルギー目標基準、



図4 ドイツの学校（左：木造の架構と自然採光，右：排気塔と排気窓，太陽電池）

環境性能基準、および、仕様案について検討・提案した。その概要を以下に示す。

①既存の基準などの整理検討より

既存の基準等を整理し、例えば、熱環境に関しては、建築基準法に定める室温(17～28℃)よりも学校環境衛生基準(10～30℃)の方が許容範囲を広くしていることや、「管理マニュアル」においては、最も望ましい温度として冬季18～20℃、夏季25～30℃が示されていることなどを示した。

②有識者による検討会より

設計者、自治体関係者を招いて行った設計基準に関する検討会の結果から、下記のような性能規定を考える際の注意事項を得た。

◎エネルギー消費量について

- ・現状でもエネルギー消費はかなり少ない。今後の学校開放や冷房導入などによるエネルギー消費の増加を防ぐ
- ・敷地が大きくPV設置可能面積が大きい場合にはゼロエネルギー化を目指す
- ・全ての学校で同一の消費エネルギー目標値を設定するのではなく、複数のレベルでの設定を行う。

◎室内環境について

- ・光については、最低限の照度を得ることとグレアが起らないことを条件とする
- ・熱については、温冷風が生徒児童の体に直接当たらない手法を検討する
- ・空気質については、湿度の調節方法を検討する
- ・学校全体については、新築と改修、建築と設備を分けて考える。またそれぞれ植栽についても別途検討する。

◎その他として

- ・児童生徒の温熱感と、身体の発達への影響にも注意を要する。

③今後の学校建築の性能基準の提案

下記の性能規定と仕様案を提案した。

A. エネルギー消費

現段階の目標として、以下の4水準を設定した。

Level 1 : 2006年同様(図5-2-1の値)

Level 2 : Level 1 -25%

Level 3 : Level 2 -50%

Level 4 : ゼロエネルギー(太陽光発電等で相殺)

なお、レベルに応じて文部科学省等から受けられる補助金額が変わるといった制度を設ければ、より高いレベルを達成する動機づけとなると考えられることを付記した。

B. 室内環境

表1に示した性能基準を提案した。これらは、現行の基準とほぼ同じ値としたが、直達日射や空調機の冷温風が児童生徒の身体に直接当たらないことや室内表面温度の範囲等を明記した点が異なる。また、仕様案(性

能向上手法リスト)は、これまでの事例で取り上げられたもののうち、筆者らが効果があると考えているものである。

これらのうち、建築設計者、建築計画研究者からは、特に、窓の性能向上に関するものが多くあげられたことは、学校建築における窓の重要性、最終的には、窓面積を床面積の1/5(有効な照明設備がある場合1/7)とすることの是非を問う必要があることを

示していると思われる。

以上が本研究の成果であるが、現在、提案した性能基準を満たすように、仕様案(性能向上手法)の組合せによるTSS-S(Typical Solution Sets for School:典型的な手法の組合せ)を、地域気候ごとに策定すべく検討している。

表1 性能規定とそれを満たす仕様案一覧

性能基準案		項目	仕様案	建築	設備	植栽	改修		
光	①照度300lx以上 (推奨 500lx以上) ②窓際であっても机に 直接光が当たらないこと ③グレアを起こさない	全般	・室内仕上げの反射率上昇	○			○		
			・トップライト	○					
			・ライトシェルフ	○					
			・ハイサイドライト	○					
		人工照明	・窓側の照明を消すなど 調節可能な系統		○				
					・水平庇	○			○
					・オーニング	○			○
					・袖庇	○			○
					・バルコニー	○			
					・ライトシェルフ	○			
					・南側廊下(OS)	○			
					・ルーバー	○			○
					・外付けブラインド	○			○
					・壁面緑化			○	○
・落葉樹						○	○		
省エネ他			・高効率照明(LED含む)		○		○		
			・人感センサ		○				
			・照度センサ		○				
			・タスク・アンビエント照明		○				
熱	①室温 非空調時15~30℃ 空調時17~28℃ ②相対湿度30~80% (推奨40~70%) ③気流速度 空調時 0.5m/s以下 通風時 1.0m/s以下 (いずれも居住域) (長時間風に当たらないこと) ④上下温度分布 くるぶしと頭の高さの 温度差3℃以内 ⑤空調時、温・冷風が 体に直接当たらない ⑥表面温度 床 15~30℃ 天井 15~30℃ 壁 12~30℃ 窓 10~35℃	室温	・断熱材	○					
			・複層ガラス・サッシ	○			○		
			・low-eガラス	○			○		
			・熱線反射・吸収ガラス	○			○		
			・ヒートミラーガラス	○			○		
			・樹脂サッシ・断熱サッシ	○			○		
			・スウィンドウ	○					
			・ナイトパーズ用換気窓	○			○		
			・断熱内戸	○					
			・格子間仕切り、可動間仕切り、 欄間通気窓、通気ガラリ	○			○		
			・暖房区画	○			○		
			・クール/ヒートピット		○				
			・全熱交換器		○				
			湿度			・加湿器		○	
		・除湿器					○		○
		気流			・仕上げ材(調湿材)	○			
					空調時:空調機の選定、吹き出し口形状、フィン 通風時:スウィンドウ、ナイトパーズ		○		○
		温度分布			・仕上げ材(木など)	○			○
・夏:上部換気窓、手の届く上部窓(窓の割付) ・冬:断熱 気密	○								
表面温度			・断熱材	○					
			・仕上げ材 ・屋上緑化	○		○	○		
省エネ他			・床吹出し空調		○				
			・クール/ヒートピット		○				
			・ダブルスキン		○				
			・タスク・アンビエント空調		○				
空気質	二酸化炭素濃度 1500ppm (推奨1000ppm以下)	二酸化炭素	・換気窓	○			○		
		備考	・換気扇 ・24時間換気設備(建基法で設置義務) ・全熱交換器		○		○		
音	LAeq40dB (音楽室・講堂は35、)	全般	・吸音材	○					
			・OP:教室間仕切り形状・平面計画	○					
		外部と教室	・窓の遮音性	○			○		
			・吸音材	○					
		教室間	OSについて						
			・教室間仕切り形状 ・平面計画(雁行配置、OSの奥行き大きく) ・天井面の吸音(吸音率 中音域で0.6以上) ・OS壁面の吸音 ・天井は低い方がよい	○					

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- 1) 池澤知子, 須永修通, アンケート調査によるエコスクール認定校の実態把握 — 環境調整手法とエネルギー消費量 —, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, 第641号, pp. 783-788, 2009年7月

〔学会発表〕(計15件)

○招待講演

- 1) 須永修通, 冷房のない教室の温熱環境改善とエコスクール化, 日本建築学会第17回空気シンポジウム予稿集, pp. 37-42, 2008年9月17日, 広島

○口頭発表論文

- 2) 武藤大樹, 須永修通, 木下雅広, 都内の学校建築におけるクールヒートピットの効果に関する実測解析 その2. システム形態の異なる3校比較による検討, JSES講演論文集, pp. 305-308, 2011年9月21-22日, 稚内
- 3) 松井優美, 須永修通, 学校建築の環境性能に関する基準の提案と仕様の検討, AIJ大会D-2, pp. 275-276, 2011年8月23-25日, 東京
- 4) 武藤大樹, 須永修通, 都内の学校建築におけるクールヒートピットの効果に関する実測解析, JSES講演論文集, pp. 311-314, 2010年11月4-5日, 郡山
- 5) 松井優美, 須永修通, 学校建築における設計基準の変遷と現状の把握 教室環境に影響を与える要素を中心として, AIJ大会D-2, pp. 15-16, 2010年9月9-11日, 富山
- 6) 川上梨沙, 須永修通, 学校建築における通風・夜間外気導入による温熱環境改善効果, AIJ大会D-2, pp. 83-84, 2010年9月9-11日, 富山
- 7) 武藤大樹, 須永修通, 学校建築におけるクールヒートピットに関する実測研究 その1. 開校1年目の夏期室内温熱環境改善効果, AIJ大会D-2, pp. 89-90, 2010年9月9-11日, 富山
- 8) 伊藤紗加, 小林友希, 須永修通, 川上梨沙, 建物自体の環境性能向上を図った学校建築の実態調査, JSES講演論文集, pp. 325-328, 2009年11月5-6日, 長崎
- 9) 川上梨沙, 須永修通, 学校建築における夜間通風を利用した温熱環境改善に関する研究, JSES講演論文集, pp. 329-332, 2009年11月5-6日, 長崎
- 10) 伊藤紗加, 須永修通, 川上梨沙, 小林友希, 教室の熱・光環境改善に関する実証実験およびシミュレーションによる検討, AIJ大会D-2, pp. 423-424, 2009年8月26-29日, 仙台
- 11) 川上梨沙, 須永修通, 伊藤紗加, 実際の校舎を用いた換気・通風による教室の温熱環境改善に関する実験研究, AIJ大会D-2,

pp. 491-492, 2009年8月26-29日, 仙台

- 12) 伊藤紗加, 須永修通, 川上梨沙, 小林友希, 教室の光・熱環境性能向上に関する実験的検討, 太陽/風力エネルギー講演論文集 (以下「JSES講演論文集」と記す), pp. 517-520, 2008年11月6-7日, 鳥取
- 13) 川上梨沙, 須永修通, 学校建築における換気扇を用いたナイトパージの効果に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (以下「AIJ大会D-2」と記す), pp. 493-494, 2008年9月18-20日, 広島
- 14) 伊藤紗加, 池澤知子, 須永修通, アンケート・実測調査によるエコスクール認定校の実態把握 その1 エコスクールのアンケート調査結果, AIJ大会D-2, pp. 595-596, 2008年9月18-20日, 広島
- 15) 池澤知子, 伊藤紗加, 須永修通, アンケート・実測調査によるエコスクール認定校の実態把握 その2 エネルギー消費量と夏期教室室内温熱環境, AIJ大会D-2, pp. 597-598, 2008年9月18-20日, 広島

〔図書〕(計2件)

- 1) 須永修通, エコスクールとしての目黒中央中学校, 月刊スクールアメニテ, Vol. 24/No. 274, p. 27, 2009年1月
- 2) 須永修通, 学校建築における環境性能の現状と今後の課題, IBEC ((財)建築環境・省エネルギー機構機関誌), No. 187, pp. 2-5, 2011年11月

〔その他〕

・研究室ホームページ

<http://www.comp.tmu.ac.jp/sunaga.lab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

須永 修通 (SUNAGA, Nobuyuki)

首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号: 20145668

(2) 研究協力者

伊藤 紗加 (ITO, Sayaka), 川上 梨沙 (KAWAKAMI, Risa), 松井 優美 (MATSUI, Yumi), 武藤 大樹 (MUTOH, Daiki), 小林 友希 (KOBAYASHI, Yuki), ほか須永研究室学生全員

〔謝辞〕

本研究の遂行に当たり, 全国のエコスクール研究会ならびに杉並区, 目黒区, 秋田市, 四日市市の学校関係者の皆様, 横浜市立長津田小学校, 杉並区立荻窪小学校, 目黒区立目黒中央中学校の皆様には, アンケートや実測調査にあたり, 多大な御協力を頂きました。また, 上野淳教授(首都大学東京)をはじめとする建築フォーラム参加者の方々, 大塚敏之氏(杉並区), 小室芳伸氏(千代田設計), 藤江創(アーバンファクトリー)には, 有益なご助言をいただきました。ここに記して, 心から感謝の意を表させていただきます。