

学校の学習環境を考える

—室内環境の改善と省エネルギー—

平成20年3月

RIEF 社団法人 文教施設協会
Research Institute of Educational Facilities

はじめに

文明の進歩と文化の蓄積によって、人間として必要な教育・学習量が飛躍的に増大して来ている今の時代では、学校は暑さ寒さに耐えて心身を鍛える場であるより、学習効率を積極的に向上させるような場であるべきです。

一般的な授業から、グループ活動、体育などの様々な学習活動に最適な環境をそれぞれに即応して提供できる施設づくりが望まれています。

地球温暖化やヒートアイランド現象などによる外部環境の悪化から子ども達を護るという側面も加わり、教室の冷房化の要求が高まっています。

このような社会的要求に応え、教育・学習環境改善のため、教室等への冷暖房、換気システムの導入を図る場合の手引を作成しました。

内容は目次に示す通り、学校の今日的課題を踏まえたその在り方の提言、地球環境や健康への配慮、学校教室の現状分析、省エネルギーや環境負荷低減策などについて概説した後、実際の冷暖房システム導入方策について、基本的な考え方から具体的な導入手順の進め方を詳しく説明し、事例を示してあります。

加えて、やや専門技術的立場から、省エネルギー手法について、冷暖房機器ばかりでなく照明設備や建築的手法も含めて総合的に解説し、チェックリストも用意されています。

また、参考の温熱環境や空気環境が学習効率に与える影響を定量的に検証した慶応義塾大学村上研究室の新しい研究成果は、従来からの“べき論”に具体的な論拠を与えるものとして注目されています。

本書が、学習環境の在り方を考え、また、実際に冷暖房の導入を進める時の具体的なマニュアルとして活用され、望ましい学習環境が実現することを願って止みません。

平成20年3月 「100年学校を目指した設備づくり」委員会
委員長 安岡 正人（東京理科大学教授・東京大学名誉教授）

目次

1. 学校計画の目標と在り方	3
2. 学校教室内の環境	4
（参考）教室の環境が学習効率に与える影響	6
3. 建築面での省エネルギーや環境負荷低減策	8
4. 冷暖房システムの導入にあたって	9
4.1 冷暖房システム選定の基本的な考え方	
4.2 冷暖房システムの導入方法と費用の考え方	
4.3 冷暖房システムの導入に必要な契約締結	
5. 事例	14
・全教室への冷暖房システム導入の流れ（葛飾区立小中学校普通教室）	
・PTA負担による冷暖房システム導入の流れ（茨城県内の県立高等学校）	
6. 高効率機器の導入と省エネルギー	17
6.1 冷房導入校における学校のエネルギー使用実態例	
6.2 高効率ヒートポンプを用いた冷暖房・換気システム	
6.3 事前評価事項	
6.4 照明設備の省エネルギー	
6.5 設備管理システム	
7. 省エネルギー計画のチェックリスト	30

1

学校計画の目標と在り方

学校を取り巻く今日の状況

- 揺れる教育—ゆとりか学力か
- 不登校・校内暴力
- 中1ギャップ
- 安全、防犯
- 健康—シックハウス・アスベスト
- 少子化
- 特別支援教育
- 耐震性の確保
- 地球環境への対応
- 地域力の衰退
- 財政の逼迫



- 教育・学習空間の改革
- 居場所 心の教室
- 小中一貫 成長の節
- 施設・設備と人、点検
- 換気、施設管理
- 学校統合、廃校の活用、学童保育
- バリアフリー
- 耐震診断、耐震改修
- エコスクール—環境性能の向上、教材化
- 学校を核とした地域づくり、山林の保全
- 改築から改修へ—既存施設の再生整備

教育は未来への投資 教育を大事にする伝統

学校計画の目標と在り方

1. 高機能でゆとりある教室
2. 弾力的で多様な教育方法に対する自由度を備えた教室・空間構成
3. 子どもが学習スタイル—時間、場所、仲間、教材、テーマー—を選び体験できる学習空間
4. 生徒の交流、クラスづくりを支える空間
5. 情報環境の整備
6. 学校の中心は図書館
7. 管理諸室の再構成
8. 生徒の目線からの学校空間の捉え直し
9. 地域に開かれ、連携する学校
10. 安全・安心・健康な学校
11. エコスクール—地球環境に優しい学校、健康快適な学校環境、誇りのもてる学校

地球環境に優しい、健康快適な室内環境づくりに

- ① 省エネルギー—快適環境の実現、断熱、屋上緑化、BA、BEMS
- ② 自然エネルギーの利用—太陽熱利用、太陽光発電、風力発電等
- ③ 資源の活用—雨水、バイオマス
- ④ エネルギー技術—ヒートポンプ(エコキュート等)
- ⑤ 自然環境—ビオトープ、緑化—樹木、芝生、原っぱ
- ⑥ 木材の活用—暖かみのある環境づくり、地域の保全、循環材料
- ⑦ 年とともに味わいを増す自然素材—エイジング
- ⑧ 環境教育の教材となる施設・設備、ISO14001
- ⑨ 長寿命化、廃材の利用、ゼロエミッション
- ⑩ 思い出の継承—学校の歴史・伝統、地域文化、卒業生の思い出

BA・・・Building Automation

BEMS・・・Building Energy Management System

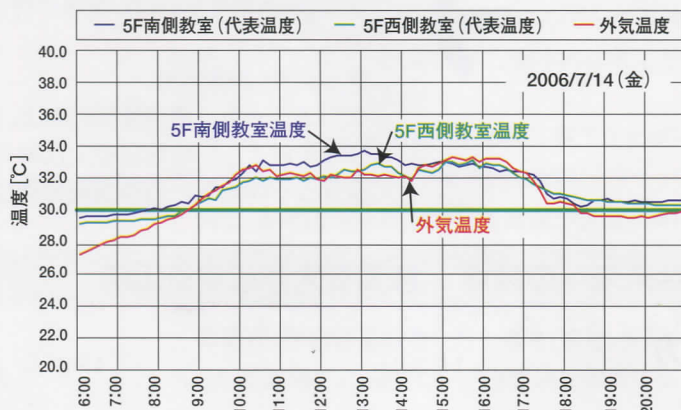
夏季の教室内温湿度について

2006年(平成18年)7月および9月、首都圏の学校の普通教室で、温湿度を計測した結果です。

K校：冷房未導入校、窓開けによる自然通風(換気設備は無し)

S校：冷房導入校、冷暖房システムによる冷房・換気(人工換気による外気導入)

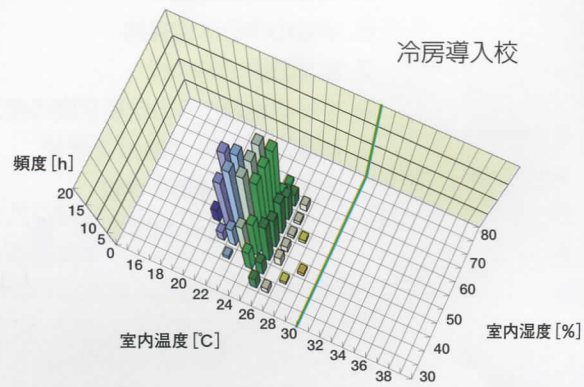
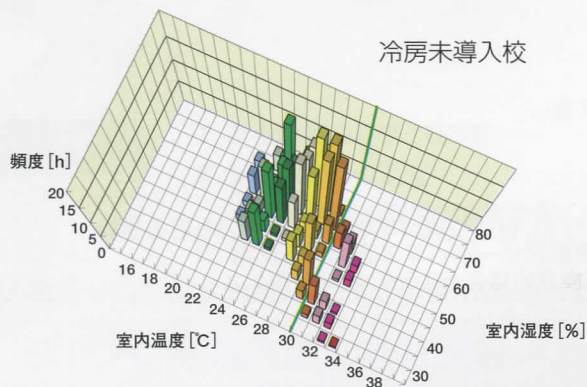
①冷房未導入校における教室内の室温変化



冷房未導入校の教室では室温が30℃を超え昼前後には外気温度より高くなりました。

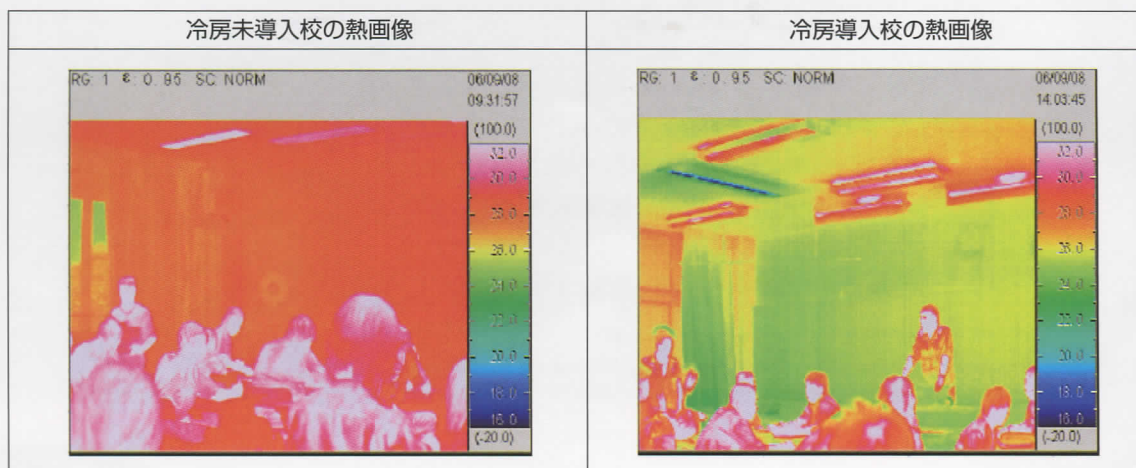
②冷房未導入校、導入校における教室内の温湿度比較

●計測期間(7/10~18、9/4~15、9:00~16:00)、計測4教室の10分間隔計測時の計測値頻度



●熱画像による教室内的温度分布比較

計測日時:2006年9月8日



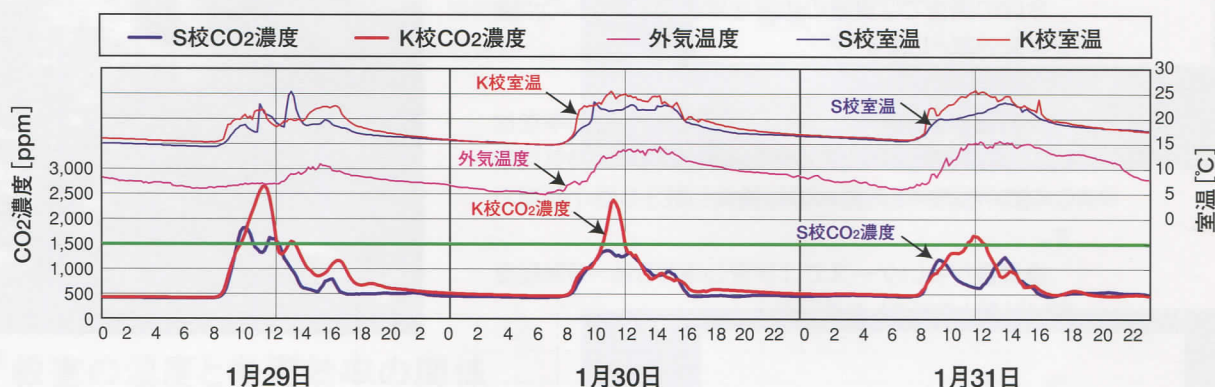
冬季の教室内CO₂濃度について

2007年(平成19年)1月～2月、首都圏の学校の普通教室で、冬季の室内環境を計測した結果です。

K校：ガスFF式暖房機による暖房(換気設備は無し)

S校：冷暖房システムによる暖房・換気(人工換気による外気導入)

換気設備のないK校では教室内CO₂濃度が1,500ppm(文部科学省「学校環境衛生の基準」参照)を超える時間帯があります。



教室内環境に関する指標

「学校環境衛生の基準」(文部科学省)

教室の室内温度、換気、照度、騒音については、下表を満足することが望ましいとされています。

基準項目	内 容
教室の温度	夏期…30℃以下が望ましい(25～28℃が最も望ましい) 冬期…10℃以上が望ましい(18～20℃が最も望ましい)
教室の湿度	相対湿度30～80%が望ましい
二酸化炭素濃度	1,500ppm(0.15%)以下が望ましい
気流	人工換気の場合 0.5m/s以下が望ましい
換気回数	40人在室、容積180m ³ の教室の場合 幼稚園・小学校 2.2回/時以上 中学校 3.2回/時以上 高等学校 4.4回/時以上 を基準とする
教室の照度	下限値を300ルクスとし、500ルクス以上が望ましい
教室の騒音レベル	窓を閉じている時は、等価騒音レベルで50デシベル以下が望ましい 窓を開けている時は、等価騒音レベルで55デシベル以下が望ましい

※「学校環境衛生の基準」より抜粋

「学校における省エネルギー」

冷房や暖房用を始めとしてエネルギー消費が増大する夏季や冬季に向けて、国民の省エネルギー意識の定着と省エネルギーの実践を促すことを目的として、政府から「夏季の省エネルギー対策」および「冬季の省エネルギー対策」が発表されています。

これによると、住宅やビルにおいては「冷房中の室温は28℃を目途に、また暖房中の室温は20℃を目途に過度にならないよう適切に調整する他、照明、エレベーター等のエネルギー消費についてきめ細やかな管理を行うこと」とされています。

※「夏季の省エネルギー対策について」H19年度省エネルギー・省資源対策推進会議決定より

※「冬季の省エネルギー対策について」H18年度省エネルギー・省資源対策推進会議決定より

最近の研究成果として、全国展開する予備校と共同で行われた調査事例を紹介します。教室の換気量や室温と学習意欲との関連について下記のような知見が得られています。

換気量と学習効率の関係

～換気量が少ない教室では学習効率が低下します～

今回の調査では講義の内容を確認するテストの点数を学習効率とします^{補足1)}。

換気量が多い教室と少ない教室での学習効率を比較した結果を図-1に示します。換気量(小)は換気回数0.4回/h程度、換気量(大)は換気回数3.5回/h程度です。

換気量が多いケースでは学習効率が5%～9%程度高い結果となりました^{補足2,3)}。



現地調査の様子

また図-2は生徒一人あたりの換気量(新鮮外気導入量)と学習効率の関係をプロットしたものです。換気量を増やすと学習効率が高い結果となりました。

換気量が少ない環境では一回の授業で吸収できる学習内容が少なくなってしまう。

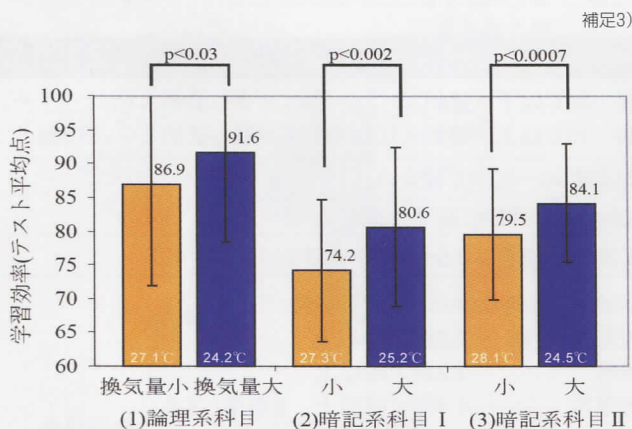


図-1 換気量と学習効率(現地調査)

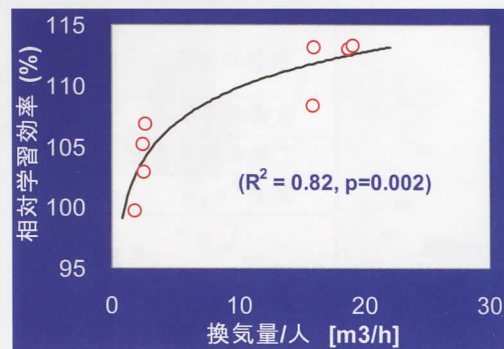


図-2 換気量と学習効率の関係

補足

- 1) 講義内容が異なる場合には確認テストの難易度も多少異なります。ここでは予備校が全国規模での確認テストデータを所有していることから、全国平均点データをテストの難易度として統計的な補正処理を施し、難易度を平準化しています。また、テスト全20問は5者択一方式で、対象者は全て同一人物です。
- 2) 今回の調査では換気量の変化に伴って室温も変化しており、換気量(大)で25℃程度、換気量(小)で27℃程度です。
- 3) 学習効率の結果は統計的な信頼性の検討を行っています。一般的にp値(危険率;今回の結果が成り立たない可能性)が0.05より小さいと十分な信頼性があると言われています。
- 4) この調査における学習意欲とは「最もやる気のある状態を100、最もやる気のない状態を0としたとき、講義に対する学習意欲はいかがでしたか?」に対して回答された自己申告の0～100の数値です。

換気量・経過時間と学習意欲の関係

調査では学習意欲も評価しました^{補足4)}。

図-3に講義開始からの時間経過と学習意欲の変化をまとめます。

学習意欲は常に換気量が多い環境で高い傾向にありますが、特に時間が経つにつれ、換気量が多い環境と少ない環境での学習意欲の差が大きくなる結果となりました。

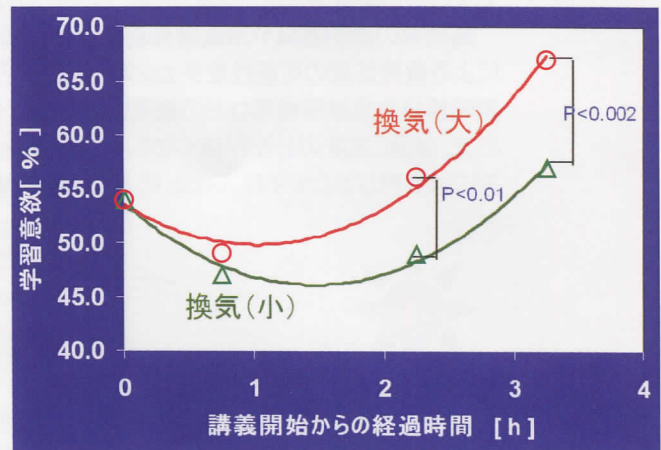


図-3 講義開始からの時間と学習意欲の関係

教室の温度と学習効率の関係

図-4に室温と学習効率の関係を示します。

特に教室が暑くなるほど学習効率が低くなる傾向となりました。

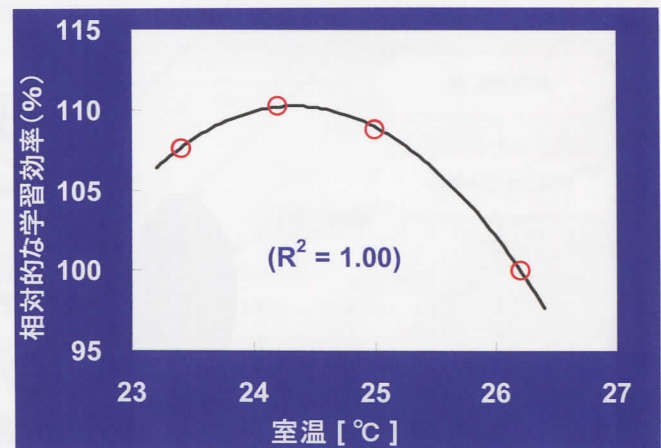


図-4 室温と学習効率の関係

教室が変われば学習効率が変わる!

換気量が少ない環境や暑い環境では学習効率や学習意欲が低下してしまいます。学習環境の大切さを見直し、改善を図る必要があります。



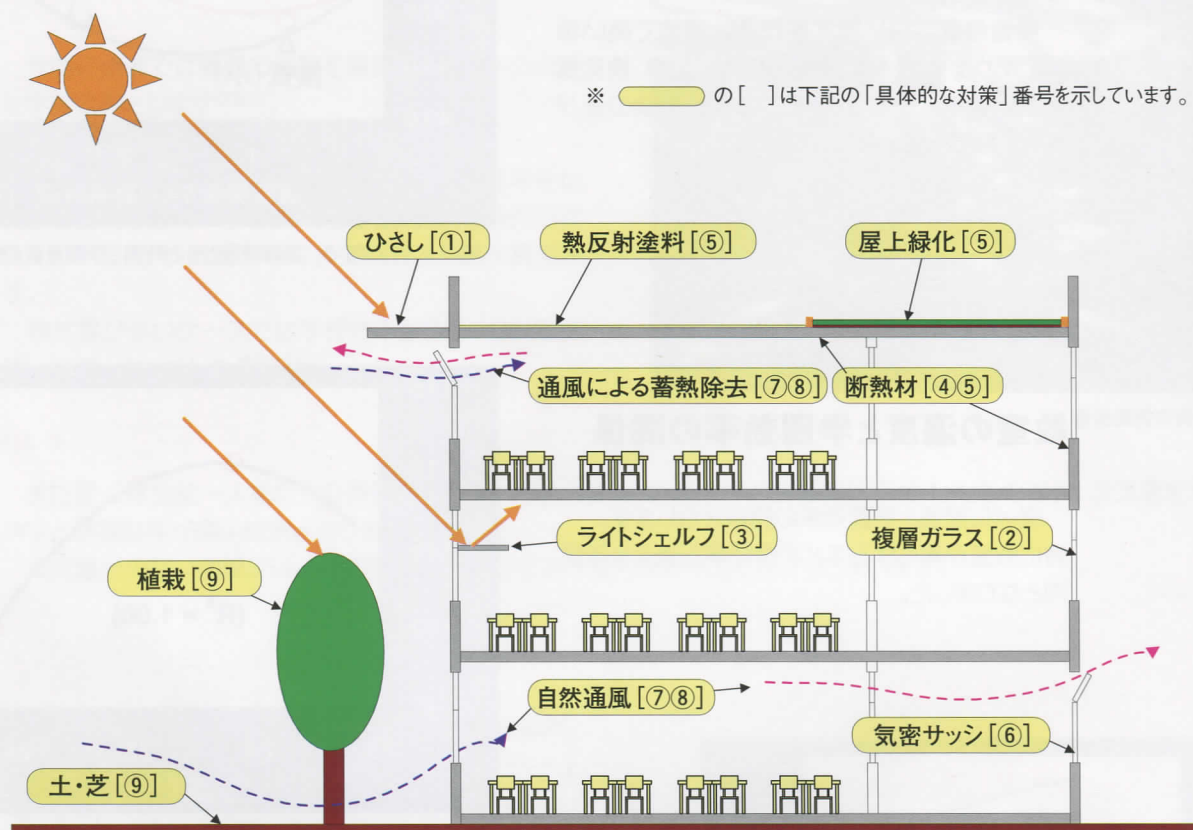
参考文献

- 金子隆昌、村上周三、伊藤一秀、深尾仁:学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究
(その1)現地実測による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討、日本建築学会環境系論文集、No.606、2006.08
- 金子隆昌、村上周三、伊藤一秀、深尾仁、樋渡潔、亀田建一:学習環境におけるプロダクティビティ向上に関する研究
(その2)実験室実験による温熱・空気環境の質が学習効率に及ぼす影響の検討、日本建築学会環境系論文集、No.611、2007.01
- S. Murakami, T. Kaneko, K. Ito, and H. Fukao: Study on the Productivity in Classroom (Part 1), Field Survey on Effects of Air Quality/Thermal Environment on Learning Performance: Healthy Building 2006, Lisboa, 4-8 June 2006, pp271-276 (Proceedings I)
- 村上周三、伊藤一秀、ポール ワルゴツキ:教室の環境と学習効率、建築資料研究社、2007.10

3

建築面での省エネルギーや環境負荷低減策

高効率の照明器具や冷暖房機器の導入を図るまえに、まず教室の窓からの採光や通風、建築躯体の遮熱や断熱による負荷低減の可能性をチェックすることが大切です。下図に示すような環境や建築面での工夫をすることで、照明器具や冷暖房機器などの機器容量を小さくしたり消費エネルギーを抑えることができるばかりでなく、教室内の光、気流、温度の分布が良くなり、快適性を一段と向上させることができます。既設の校舎では、後からできる工夫には限界がありますが、いろいろな面からの検討を積極的行うことが期待されます。



【具体的な対策】

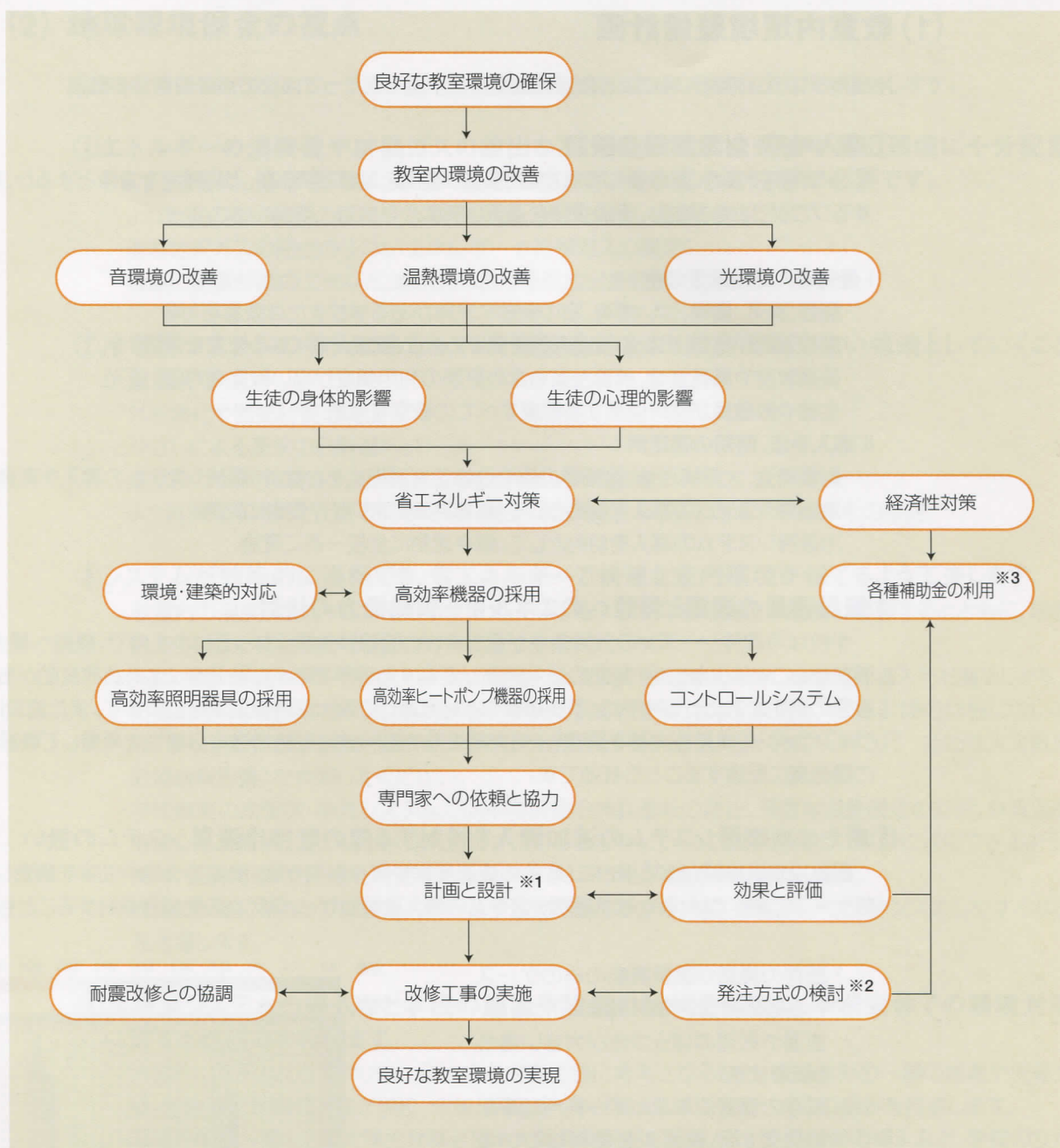
- ① 直射日光の遮へい
 - ・ひさしの設置
 - ・ルーバーの設置
- ② 窓・サッシ・ガラス
 - ・熱線反射ガラス、熱線吸収ガラスの採用
 - ・複層ガラスの採用
- ③ 窓側の自然光利用
 - ・ライトシェルフによる反射光の利用
 - ・アトリウムによる自然光利用
- ④ 外壁からの熱負荷低減
 - ・断熱材の採用
- ⑤ 屋根の熱負荷低減
 - ・断熱材の設置とその位置の検討（外断熱など）
 - ・芝、植物を植える（屋上緑化）
 - ・熱反射塗料の採用
- ⑥ すきま風防止
 - ・気密性のある出入口、窓
- ⑦ 自然通風
 - ・窓による自然換気利用
 - ・夏季夜間に自然通風により蓄熱除去
- ⑧ 平面計画
 - ・南側に教室配置、東西面に便所や階段など配置
 - ・自然通風を可能とする開口部計画
- ⑨ 屋外環境計画
 - ・樹木による日影、防風対策
 - ・校庭の緑化
 - ・反射率の小さい土、芝の利用
 - ・池、噴水等による周囲温度低下

4

冷暖房システムの導入にあたって

教室の温熱環境改善の検討にあたっては、財政状況や技術革新の動向等を踏まえ、その導入時期や改善の手法などについて、各学校の立地条件や地域特性、利用実態に応じて適切に対応していく必要があります。

○冷暖房計画の基本フロー



(※1) 計画にあたっての留意点

- ①導入プログラムの検討（優先導入範囲、導入手法・時期）
- ②ライフラインの供給能力の調査・検討（受変電設備、燃料供給設備の能力、季節間負荷変動）
- ③排ガスなどの地球環境、周辺環境への影響（CO₂削減、ヒートアイランド防止）

(※2) 予算化と発注方式の留意点

- ①検討委員会等による施設整備方針の明確化
- ②予算要求内容の具体化
- ③工事発注方式の検討（一般的契約手法、環境配慮契約法、総合評価落札方式）

(※3) 国庫負担（交付金）制度の活用

- ①安全・安心な学校づくり交付金

4.1 冷暖房システム選定の基本的な考え方

(1) 教室内環境整備計画

冷暖房システムの導入等による教室の環境整備計画にあたっては次の点に留意します。

①導入時期・対象施設の検討

いつ実施するか、何年後に実施するか、どの学校を対象とするか、どの教室を対象とするか、など導入に対するプログラムを検討し、その手法を選択します。

i 優先導入範囲選定の例：

- ・騒音、臭気、塵埃、ばい煙等、窓の開放に支障がある学校または教室を対象
- ・窓の通風が悪い、日射の強い影響を受けるなど、気温が高くなる教室を対象
- ・普通教室や講義室等、補習授業も含め夏季の利用頻度が高い教室を対象
- ・生徒や教職員が常時使用する部屋すべての教室を対象

ii 導入手法、時期の選定例：

- ・耐震補強、大規模改修、改築等の建物改修工事時期にあわせ、冷暖房システムの導入を実施
- ・冷暖房システムの導入を目的として、数年計画により既存建物に実施
- ・冷暖房システムの導入を目的として、既存建物に全校一斉に実施

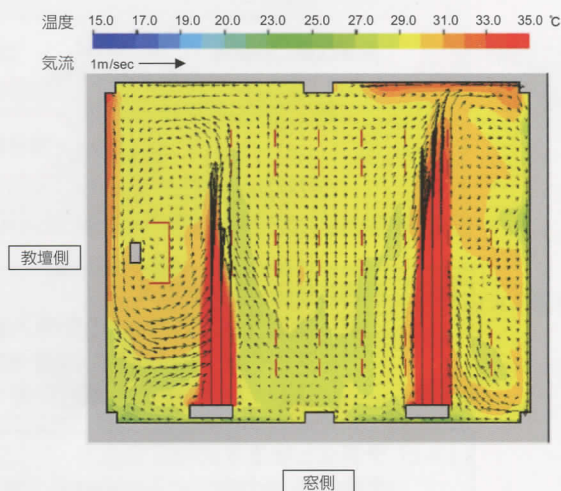
②機器容量の選定と施設へのエネルギー供給能力の検討

学校は冷暖房シーズンの外気条件が最も厳しい時期は休業になっていますので、機器へ最大負荷が長時間かかることは少ない他、教室の使用時間が変動する等季節および時間帯による負荷変動があるため、機器容量の選定にあたっては予冷・予熱運転なども考慮して過大な容量選定を避けます。また施設に供給されるライフラインの供給能力等を調査し、受変電設備や燃料供給設備増強の必要性を考慮して機器選定・導入順の優先度に配慮することも有効です。

③新たに冷暖房システムの追加導入を検討する際の既存冷暖房システムの扱い

既存冷暖房施設がある場合には、その経過年数や残存耐用年数、機器の性能や効率を調査し、下記のようなケースにあっては、新たな冷暖房システムの導入にあわせ、システムの更新を検討することも必要です。

- ・既存の機器が暖房機能のみのケース
右図のように、暖房機器によっては、室温や気流のばらつきが大きい場合があります。
- ・既存の機器にエネルギー利用効率が特に低い冷媒ガスを使用しているケース
- ・中央方式による全館冷暖房システムとなっており、廊下、階段、ロビー等のオープンスペースおよび昇降口も冷暖房範囲となっているため、熱効率が悪くなっているケース



FF暖房機による教室内の温度・気流分布
(床上+0.85m位置でのシミュレーション結果)

(2) 地球環境保全の視点

施設の整備にあたっては、ヒートアイランドや地球温暖化防止などの環境保全対策に注力します。

① エネルギーの消費量や排熱ガスの放出など、地球環境保全対策や周辺環境に十分配慮します。さらに、都市部では、騒音・振動などについても細心の注意が必要です。

- ・より効率の高い機器の採用や効率的な運転、操作、制御、管理の選定
- ・温室効果ガスの発生が少ないエネルギーや冷媒ガスの選定
- ・機器の配置計画の工夫など、冷房時における熱放出量低減の工夫

② 冷暖房システムの導入にあたっては、建物全体をより熱負荷の少ない構造としていくことが重要です。

- ・外断熱化や断熱材質の向上
- ・ひさしによる夏季の日射遮へい
- ・高断熱ガラス・複層ガラスや高气密・高断熱サッシの採用
- より環境対策効果を上げるため、校庭、屋上、壁面などへの緑化促進や窓前緑化の検討

③ システムが効率的に運転でき、省エネルギーで快適な室内環境が保てるよう工夫します。

- ・教室内の温度、気流分布ができるだけ均一になるよう室内機の選定や配置に留意するとともに、扇風機の併用などにより室内温度の均一化をはかります。
- ・天井の高い施設やオープンスペースの暖房には、足元の快適性を考慮し床暖房の導入をお勧めします。
- ・冷暖房時には適切な換気を行い室内空気の清浄度を確保します。換気システム計画の詳細については「学校施設における換気設備マニュアル策定に関する調査研究」（平成16年3月 社団法人文教施設協会報告書）を参照してください。
- ・学校教室の冷暖房・換気システムでは不使用室の無駄運転の防止、過度な温度設定の回避、外気温を考慮した運転などきめ細かな運転管理が求められます。こうした運転管理のニーズに対応できるよう、集中、個別制御のどちらも対応できる設備管理システムの構築をお勧めします。
- ・機器の設置にあたっては設置スペースや建物構造にかかる荷重、運転音、メンテナンスのしやすさなどを考慮します。

④ 冷暖房システムの導入など学校の施設や設備の改修を契機に、学校全体での環境対策に対する取組みを行います。

- ・冷暖房システムの役割や方式、使い方を児童生徒に考えさせるなど、環境教育の一層の推進や児童生徒、教職員の意識改革など学校、地域、家庭が一体となった環境対策への取り組みを推進します。
- ・環境対策の一環として太陽光発電装置や太陽熱利用温水設備、風力発電設備の導入など、学校の立地条件に適した自然エネルギー有効利用設備の導入促進とあわせた環境教育教材としての活用を検討します。



4.2 冷暖房システムの導入方法と費用の考え方

(1) 設置者の方針と予算化

施設に冷暖房システムを導入しようとする場合、自治体や学校法人によってそのアプローチ手法は異なりますが、一般的には次の手順でその範囲や方法および予算化の方針決定を進めることとなります。

① 検討委員会やワーキンググループ等による施設整備方針の明確化

- ・検討委員会等の構成員の検討（学識経験者、学校関係者、技術職員、事務職員等）
- ・冷暖房システムが必要な背景、目的の明確化（なぜ必要か、何が必要か、どこまで行かなど）
- ・複数校を段階的に実施していく場合、実施校の優先順位の考え方
- ・整備する教室の範囲を限定する場合、限定する部分についてその理由、利用目的、優先順位
- ・導入開始年度・時期、機器類の設置年度・時期の設定

② 予算要求内容の具体化

- ・対象校の具体的調査を経た計画内容の具現化と数値化
具体的には、冷暖房機器や制御機器の配置、配管・配線ルート、足場、基礎、天井、窓、壁貫通、エネルギー源の増強の必要性や近隣の騒音防止対策、児童生徒の安全防護柵なども視野に入れたモデル校のイメージ化と設置および据え付け工程の設定
- ・予算確定時期を見極めながら対象校との具体的調整
- ・冷暖房システムの発注手法の検討
 - i 工事請負方式：当該年度に設置する機器及び設置工事費用を年度内に全額支払い
 - ii 賃貸借方式：賃貸借契約（リース・レンタル方式）により一定の契約期間内で分割払い
 - iii ESCO事業的方式：更新によって軽減された光熱水費を建設事業費にあてる
（大規模な全館空調施設等で適用可能）

(2) 国庫負担（交付金）制度の活用と保護者負担

- ・公立小中学校における空調設備の設置等の教室内環境改善の実施にあたっては、設置者責任により区市町村教育委員会がその整備に必要な費用の計画をすることとなりますが、その際には、文部科学省の「安全・安心な学校づくり交付金」のなかの「大規模改造（質的整備）事業」の交付要件に沿った整備を計画することも有意義です。
 - ・一方で、高等学校の空調設備は、小中学校に比べ学校規模や熱負荷が大きくなる傾向にあることから、イニシャルコストやランニングコスト等の費用も多大となります。こうしたコスト面の問題を解決するため、負担の公平性の観点からその費用の一部について、受益者である生徒・保護者に対して負担を求めることも選択肢のひとつです。
 - ・公立高等学校の普通教室等で既に空調設備が設置されている自治体において、必要となる費用について何らかの形で保護者負担を求めているケースも多くあります。
 - ・各自治体の負担方法には次のような例が挙げられます。
 - ① 教育委員会が空調設備等の設置を行い、それに要する費用の一部を授業料として徴収している、または、授業料とは別に空調使用料として徴収しているケース
 - ② 自治体が空調機器を設置するのではなく、保護者が主体となって機器を設置し、それに要する費用を負担しているケース
- いずれの場合においても、保護者に負担を求める場合、その負担が過大となりすぎないことに加え、負担方法が簡便で分かりやすく、徴収に要するコストが低廉である必要があります。また、家庭の経済状態への配慮や学校間の較差にも留意しながら総合的に検討していく必要があります。

4.3 冷暖房システムの導入に必要な契約締結

(1) 冷暖房システムの導入で考えられる契約手法

冷暖房システムの導入に必要な契約事務手続きとしては、契約に関する様々な法令や規則等により細かにルール化されていますので、それに従うこととなります。

また、近年では、環境配慮契約法「国等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に関する法律」が制定され、価格競争を促しつつ、環境性能に優れた製品やサービスなどを積極的に活用できるようにルール化されましたので、この点についても紹介します。

① 一般的な契約手法の種類

- ・一般競争入札
- ・指名競争入札
- ・総合評価一般競争入札
- ・総合評価指名競争入札

② 環境配慮契約法の基本理念

- ・電力購入におけるCO₂排出抑制の考慮
- ・自動車など耐久消費財の購入におけるランニングコストの考慮
- ・ESCO事業を有効活用した設備等の改修
- ・庁舎や設備設計等に関するプロポーザル・企画競争の採用

③ 総合評価落札方式の考え方

・総合評価落札方式は、入札価格に係る評価点（入札価格点）のほかに、価格以外の要素に係る評価点（技術点）を評価の対象に加えることで品質を総合的に評価し、技術と価格の両面を評価した結果として最も優れたものを落札者として決定する方式です。

・評価の条件としては、

- i 入札価格が予定価格の制限の範囲内であること
 - ii 技術提案が評価項目に関する最低限の要求水準を満たしていること
 - iii 評価値が基準評価値を下回っていないこと
 - iv その他、行政等の目的に応じて設定された基準に合致していること
- などの例が挙げられます。

・総合評価方式採用時には、

- i 落札者決定基準の制定
- ii 落札者の決定または落札者決定基準を定める際の学識経験者の意見聴取
- iii 契約を総合評価競争の方法による旨や落札者決定基準の公告などに留意します。

(2) 冷暖房システムの導入契約で求められる技術評価の例

- ・外気温と室内温度の条件設定および運転開始から設定室温に至るまでの所要時間
- ・空気の汚染や除湿・加湿性能等、教室内環境に対する配慮
- ・排気のショートパスや除霜運転の防止等、高効率運転に対する工夫
- ・学校の教室という利用形態から、児童生徒、教員の使い勝手
- ・メンテナンスの軽減、ランニングコストの低減等維持管理への配慮
- ・温室効果ガスの排出抑制、排熱対策、騒音・振動対策等環境保全への配慮
- ・据付け、取付け等における児童生徒への安全性の配慮

全教室への冷暖房システム導入の流れ(葛飾区立小中学校普通教室)

1. 冷房化計画にあたり

学校は、児童生徒にとって学習の場であるとともに、一日の大半を過ごす生活の場でもある。普通教室・図書室の冷房化は学習環境の充実による学習効率の向上とともに生活環境の向上、さらには地域の中核的施設として活用するための条件整備として位置付ける。

これを機に各学校で教育振興ビジョンに掲げた下記施策を推進する。

- (1) 教科学習の充実・・・夏季学習教室の充実を図る
- (2) 授業時数の確保・・・現行6週間ある夏季休業日の縮減を検討するとともに、夏休み前後の短縮授業を廃止するなど授業時数の確保を図る
- (3) 読書指導・学校図書館の充実・・・図書資料の充実を図る
- (4) 地域に開かれた学校の実現・・・地域開放施設の充実を図る

なお葛飾区の調べでは、6～9月の期間には30℃を超える日数が、導入前5年間の平均で約27%にも上っていた。

2. 冷房化計画の策定

(1) 効果の想定

- ・学習効率が向上する
- ・夏季学習教室の充実を図ることができる
- ・夏休みの短縮により授業時数が増加する
- ・夏休み前後の授業時数が増加する
- ・図書室の冷房化により読書学習や調べ学習が活発になる
- ・学校が地域コミュニティの核として活用される

(2) 対象教室・設置順序

図書室は初年度に全校で導入した。中学校の普通教室は初年度、小学校の普通教室は2年目に全校導入し、その後普通教室の追加分や特別教室など順次導入した。

	中 学 校			小 学 校			保母・幼稚園	合計
	普通教室	図書室	特別教室等	普通教室	図書室	特別教室等		
平成16年度	271	23	—	—	49	—	1	344
平成17年度	11	—	1	759	—	44	12	827
平成18年度	7	—	1	11	—	—	15	34
平成19年度	33	—	186	24	—	152	2	397
合 計	322	23	188	794	49	196	30	1602

(3) 選定方法

- ・価格のみによる競争では所期の目的を達成できないため、実績、専門性、技術力、企画力、創造性等においてその業務にふさわしい業者を企画競争(以下「プロポーザル方式」という)により選定することとした。
- ・契約する業務は、冷暖房機設置工事業務としての発注ではなく、10年間の賃貸借業務とした。
- ・葛飾区プロポーザル方式業者選定委員会設置基準に基づき、選定委員会を設置した。
(委員長:教育次長、副委員長:教育振興担当部長、委員:校長会、PTA連合会代表等)
- ・選定委員会において、選定要綱、提案書募集、定義書、選定基準を策定した。

	主 な 内 容
選定要綱	○委員会名簿 ○選定方法 ①競争参加を希望する業者に提案書の提出依頼 ②事務局が提案の説明を業者から受け評価表を作成 ③選定委員会は提案書と評価表をもとに最善の業者を選定 ○目的 ○対象業務及び賃貸借期間 ○参加資格 ○申込方法
定義書	○設置場所 ○賃貸期間(10年間) ○参加資格 ○賃貸借物件 ○設置教室 ○施工仕様 ○施工上の留意事項
選定基準	下記の考え方に基づき評価結果を点数化し、これをもとに総合的な審査を行い業者を選定する。 ①見積額(機器費・施工費・メンテナンス料)、光熱費の合計…50% ②環境への配慮(賃貸借期間中のCO₂発生量)…10% ③騒音・臭気(室内機による近隣への影響)…10%

(4) 環境問題への対応

- ・環境への負荷を抑制するため、エネルギー消費効率がよく環境に配慮した機器設備を導入する
- ・環境学習のさらなる充実を図る
- ・区環境行動計画に与える影響を試算する

(5) 児童生徒の健康問題への対応について

冷房温度や冷房時間等のガイドラインを策定し、児童生徒の体温調節機能の低下を防ぐ。

3. 設置機器システム概要

賃貸借費用、環境への配慮度合、騒音・臭気対策等を総合的に勘案し、選定委員会において業者を決定した。機器については、氷蓄熱方式を中心とした電動ヒートポンプエアコンとした。



4. エアコン使用方法の通達内容

(1) 冷暖房機使用期間(原則)

・冷房期間…6月15日から9月30日の間 ・暖房期間…12月1日から3月31日の間

(2) 冷暖房機使用基準

・冷房…教室内が28℃を超えたとき ・暖房…教室内が20℃を下回ったとき

(3) 運転のチェックポイント

- ・戸外温度との差を5℃程度とする(冷房の場合)
- ・教室の温度を確認し適切な温度管理をする
- ・カーテンを上手に利用する
- ・休み時間になったら、必ず窓を開けて換気する
- ・教室を使わないときは、必ず運転を停止する
- ・電力のデマンドに影響しないよう、食器消毒保管庫の運転時間をシフトする

5. 導入後の効果

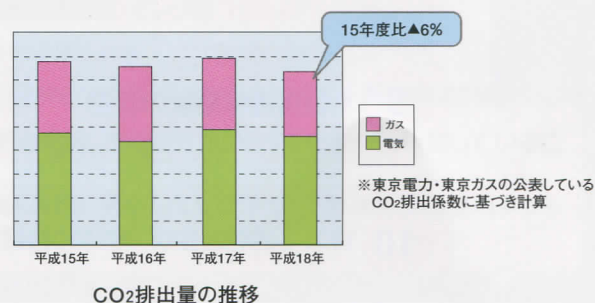
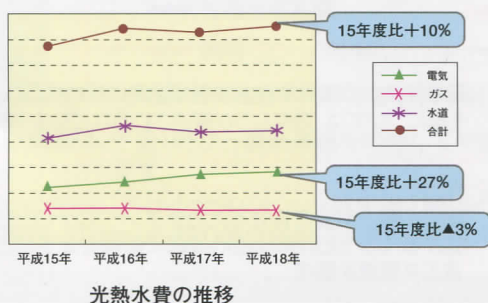
導入後、教員や保護者等を対象に行ったアンケートによると以下のような声が聞かれた。

- ・「エアコンを設置したことにより児童生徒たちに落ち着きが出てきた」
- ・「教室内での授業に集中できるようになった」

6. 光熱水費およびCO₂発生量の推移

冷暖房導入前の平成15年度以降の、区内全校の光熱水費とCO₂発生量を以下に示す。

電動ヒートポンプエアコンのため、平成18年度の実績では15年度に比べ電気料金が約27%増えたが、光熱水費全体では10%程度の上昇に止まっている。また、CO₂発生量は、冷暖房導入後の方が少なくなっている。この要因としては、電力会社のCO₂排出係数が減少していること、効率よい機器を導入したことなどが挙げられる。なお、気候条件やエネルギー単価、使用条件が年度ごとに異なるため一概に比較はできない。



PTA負担による冷暖房システム導入の流れ（茨城県内の県立高等学校）



延床面積	4,275m ²
事業	普通教室へのエアコン導入
導入時期	平成17年7月
設置台数	21台（3学年×7教室）
導入形態	PTAによる費用負担

1 前提（県内の冷暖房設置状況）

普通教室については、暖房は灯油やガスのストーブが設置されているものの、冷房設備は未設置

2 真夏の教室環境

校内独自調査にて、温湿度および不快指数の高さを確認
湿度が高くなくても不快指数は高いことも判明

3 より良い学習環境の必要性

学区規制の撤廃等の事情もあり、入学希望者確保のためにも効率よく学習できる学習環境の必要性の向上

4 方向性の打ち出し

本校の「特色」を出すため、冷暖房を設置して学習環境を整えるだけでなく、地球環境にも配慮した「エコスクール」にすることを明確化

5 契約方法の検討

トータルコスト（機器代・工事費・光熱費・メンテ費）の「10年間120ヶ月払い」方式を選定することにより、当初に資金を持たない場合でも導入をスタートすることが可能

6 PTA臨時総会の開催

PTA負担による冷暖房設置を議題に挙げ、基本的導入計画を決議
熱源や契約先についてはPTA運営委員会に一任することを決定

7 PTA運営委員会による協議

契約相手のリース会社を選定し、生徒一人あたりの負担月額を決議
県教委に対し施設使用許可依頼を提出

8 熱源・方式の決定

電気方式・ガス方式それぞれについて、地球環境、周辺への影響、10年間のトータルコスト、安全性、維持管理のしやすさ、室内環境（温度ムラ・臭気）を総合的に勘案し、氷蓄熱式の電動ヒートポンプエアコンに決定

9 冷暖房機稼働後の状況

夏季休業中の課外や自主学習が活発に行われるなどの成果
冬季については、温度ムラが解消されるなど安全・快適な学習環境を確保

10 省エネ運転と生徒・教師の啓蒙

電気の基本料金を抑えるためデマンドコントローラーを設置し、電力消費が多くなった時には校内放送で節電を促すなど、学校全体を通して省エネ意識を醸成

6

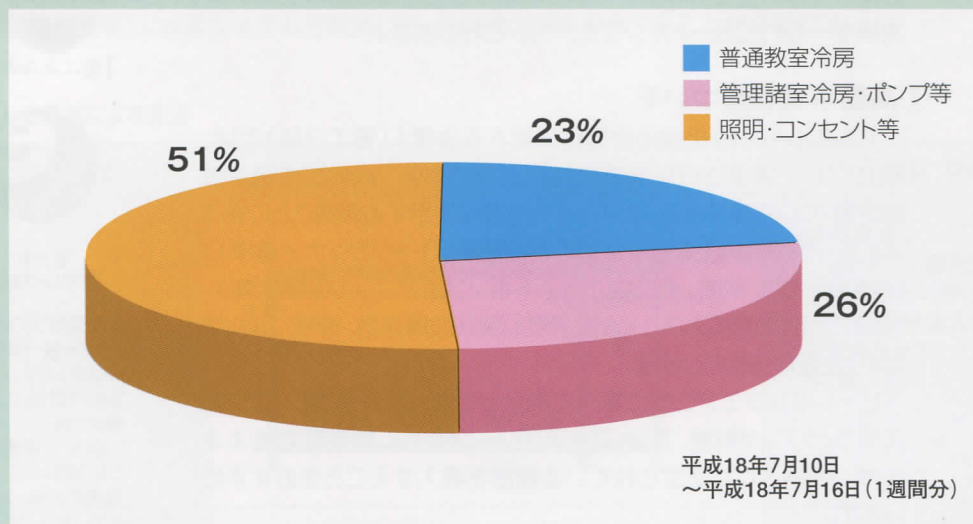
高効率機器の導入と省エネルギー

6.1

冷房導入校における学校のエネルギー使用実態例

普通教室に冷暖房（蓄熱式）を導入済みの学校における、夏季の電力使用量内訳と計測期間中に最大電力を記録した日の電力負荷カーブを下記に示します。

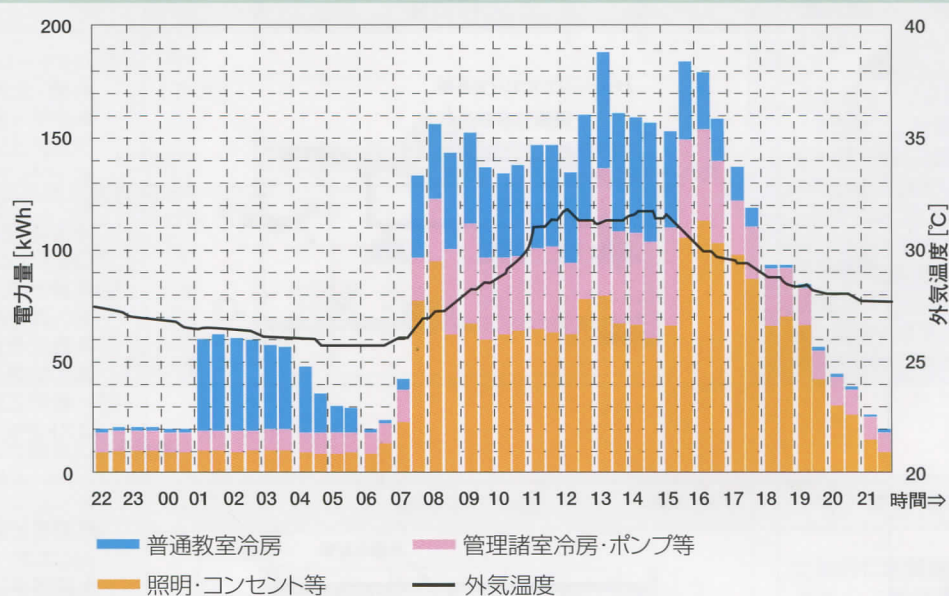
電力使用量内訳



- 冷房運転期間にあっても、電力消費量の約半分は照明、コンセントによるものです。
1年間での省エネルギーを考えると照明等への対策も大切になります。

電力負荷カーブ

平成18年7月13日



- 空調機は、午前1時から蓄熱運転を開始して冷熱を貯めた後、午前8時から午後5時まで稼動していることが分かります。
 ○この学校における全体のピークは午後1時頃と午後4時頃に発生していますが、これは冷房の使用よりも照明・コンセント等の使用増加による影響であることが分かります。

6.2 高効率ヒートポンプを用いた冷暖房・換気システム

(1) 高効率ヒートポンプエアコンについて

①ヒートポンプエアコンとは

ヒートポンプとは、冷凍機によって、自然の熱の流れとは逆に、温度の低い方の水や空気などから温度の高い方に熱を汲み上げるポンプのような働きをさせる仕組みを言います。この原理により冷房および暖房を行う冷凍機を一般的にヒートポンプエアコンと呼びます。

②高効率機器について

「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(省エネ法)では、1997年に開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議京都議定書(COP3)を受け、エネルギーを多く使用する機器ごとに省エネルギー性能の向上を促すための目標基準(「トップランナー基準」)が設けられています。その中で、ヒートポンプエアコンの目標基準は、「直吹き形:冷房能力7.1kW超」で3.06(成績係数、機種により異なる)と定められています。

ヒートポンプエアコンの導入にあたっては、グリーン購入法や省エネラベリング制度、エコ・アイスグリーンラベル制度等で省エネルギー機器として認定されている機器を導入することをおすすめします。

【省エネルギー機器認定ラベルの例】



省エネ
ラベリング制度



エコ・アイス
グリーンラベル制度

成績係数(COP)とは
「エネルギー消費効率」を表しており、「消費電力1kWあたりで、どのくらいの冷暖房能力を引き出せるか」を数値にしたものです。
数式では、
$$COP = \text{冷暖房能力 (kW)} \div \text{消費電力 (kW)}$$

となります。
数値が大きいエアコンほど省エネルギー性能が優れているということになります。

(2) 冷暖房・換気システムの分類

①冷暖房システム

冷暖房システムは、「個別方式」と「中央方式」に分類され、それぞれ以下の特徴があります。

方式	システム図	概要・特徴
個別方式		○パッケージエアコンによる方式で、室外機・室内機で構成される。使用エネルギー源により、「電動ヒートポンプエアコン」、「氷蓄熱式電動ヒートポンプエアコン」、「エンジン式ヒートポンプエアコン」に分類される。 ○使用時間が異なる教室を、きめ細かく冷房することが可能となる。 ○比較的施工が容易で、施工期間が短く、既存建物への導入に適している。 ○各教室単位で室内機の運転・停止、温度制御が可能である。 ○一般的には中央方式よりイニシャルコストが安価となる。
中央方式		○熱源機と空調機(ファンコイルユニット、エアハンドリングユニット)、冷温水循環ポンプで構成される。 ○大規模建物の空調(冷暖房+空気清浄)を行う場合に適している。 ○一般的に個別方式よりイニシャルコストが増加する。

②換気システム

教室の換気については、「学校環境衛生の基準」により、教室使用時での必要換気回数の基準が示されています。また、建築基準法により、シックハウス対策のために常時換気用換気設備の設置（換気回数0.3回/時以上）が必要となっています。

教室の換気は、現状、自然換気方式が多く見られますが、今後新築・改築や冷暖房導入を行う場合は人工換気（機械換気）によるシステムを設置して、必要換気量を確保することが必要です。

■人工換気による方法

方 式	換気システム図	概要・特徴
換気ファンにて給排気		○必要風量をファンで換気しているため、二酸化炭素濃度を基準値以内に維持しやすい。 ○外気が直接導入されるため、教室環境が悪化する（夏：暑い、冬：寒い）。
全熱交換器にて給排気（外気と室内の熱交換）		○必要風量をファンで換気しているため、二酸化炭素濃度を基準値以内に維持しやすい。 ○外気が室内の排気により冷却（加熱）されるため、直接導入に比べ、教室環境が良くなる。 ○全熱交換器・ダクトの設置のために天井改修が必要な場合がある。
外気処理用空調機による給気（排気は換気扇等）		○必要風量をファンで換気しているため、二酸化炭素濃度を基準値以内に維持しやすい。 ○外気が室温程度に冷却（加熱）され室内に給気されるため、教室環境が最も快適となる。 ○外気処理用空調機・ダクトの設置のために天井改修が必要な場合がある。 ○イニシャルコストが最も高い。

■自然換気による方法

方 式	換気システム図	概要・特徴
窓開放による		○定期的に窓開放を行わないと室内の二酸化炭素濃度が上昇する。 ○外気が直接導入されるため、教室環境が悪化する（夏：暑い、冬：寒い）。

6.3 事前評価事項

(1) 冷暖房システム導入にともなう影響の予測のしかた

冷暖房システム導入にあたっては、「省エネルギー性評価」、「環境性評価」、「経済性評価」、「教室内環境評価」などについて定量的に導入効果を予測し、候補となるシステム(P.18参照)の中から適切な冷暖房システムを決定することが大切です。これらについては専門家にご相談されることをお勧めします。

①省エネルギー性評価

年間のエネルギー消費量から一次エネルギー消費量を算出して評価します

②環境性評価

冷暖房システムから発生するCO₂排出量や、騒音・振動や排熱で評価します

③経済性評価

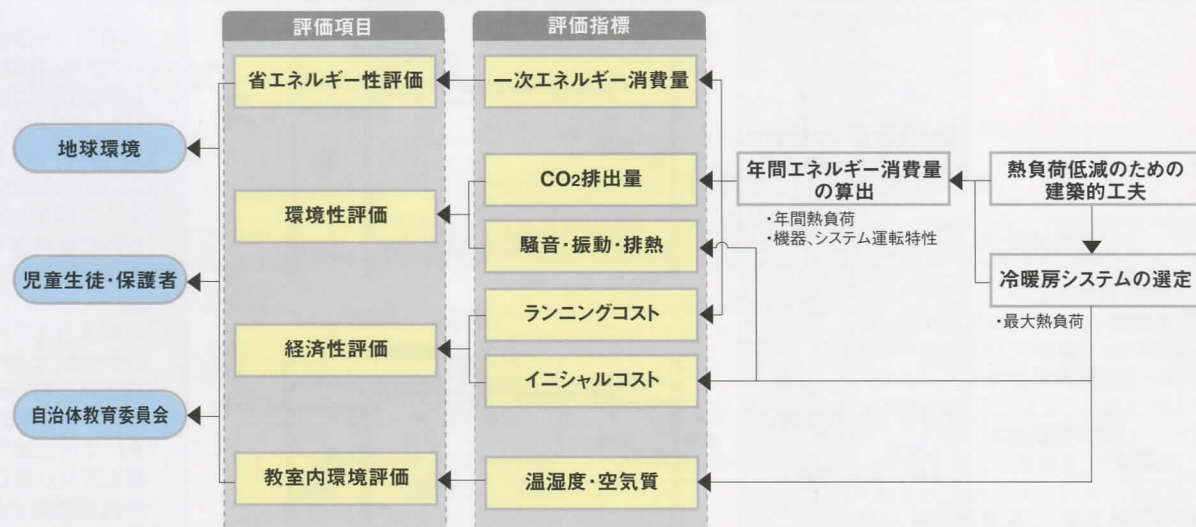
冷暖房システムの工事費(インシャルコスト)と年間の運転費と維持費(ランニングコスト)から年間経常費などを算出して評価します

④教室内環境評価

選定した冷暖房システムで教室内温湿度や空気質(CO₂濃度など)が快適な状態に維持できるかを評価します

※年間エネルギー消費量

年間にわたる熱負荷の推移や量を算出し、冷暖房システムや機器の運転特性を考慮し算出します。

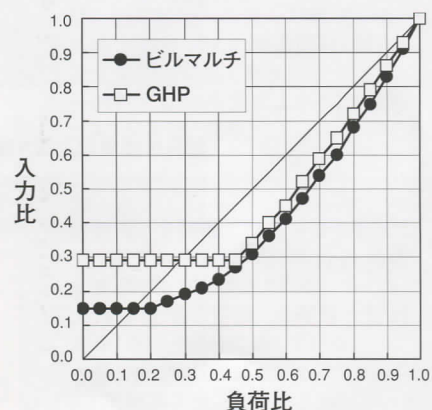


(2) 定量的指標による評価

①年間エネルギー消費量の算出

電気料金単価や都市ガス料金単価は、季節別で異なるため、冷暖房システムの年間エネルギー消費量は下表のように最低でも月別に算出します。なお、冷暖房機器で処理する熱負荷は季節別に異なりますので、右図のような熱負荷の処理する割合(負荷比)ごとの冷暖房機器のエネルギー消費量(入力比)を考慮して、月別のエネルギー消費量を算出することが大切です。

	時間帯	1月	2月…11月	12月	年合計	備考
電気(kWh)	昼間 8:00~22:00					
	夜間 22:00~8:00					蓄熱システムの場合
ガス(m ³)	全日 0:00~24:00					都市ガス、LPガス
油(L)	全日 0:00~24:00					



※負荷比:機器定格能力に対する割合

入力比:機器定格エネルギー消費量に対する割合

出典データ:(財)建築環境・省エネルギー機構
「空調調和設備の省エネルギー計算プログラム」
BECS/CEC/AC for Windows

②経済性評価

冷暖房システムの経済性は、イニシャルコスト(設置工事費)と年間ランニングコスト(光熱水費)を算出し評価します。経済性評価指標には、単純回収年数や年間経常費がありますが、2システムの比較では単純回収年数、3システム以上の比較には年間経常費を用いて評価するのが良いでしょう。

年間ランニングコスト算出では、エネルギー量のほかメンテナンス費も含めて考えます。年間経常費の固定費は、設置工事費をリース契約で買う場合の年間リース料と考えても良いでしょう。

$$\text{単純回収年数[年]} = \frac{\text{イニシャルコスト増額分[円]}}{\text{ランニングコスト増額分[円/年]}}$$

$$\begin{aligned} \text{年間経常費[円/年]} &= \text{固定費[円/年]} + \text{変動費[円/年]} \\ &= \text{イニシャルコスト[円]} \times \text{資本回収係数} + \text{ランニングコスト[円/年]} \end{aligned}$$

※資本回収係数Pは、年利と設備の耐用年数(償却年数)で算出される
 $P = i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ [i:年利、n:耐用年数]
 金利3%/年、耐用年数15年の場合:P=0.084

③省エネルギー性・環境性評価

冷暖房システムの省エネルギー性や環境性は、評価指標として一次エネルギー消費量、CO₂排出量を算出し評価します。

一次エネルギー消費量原単位は、「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)」で示されている値を用い、CO₂排出係数は、「地球温暖化対策の推進に関する法律(温対法)」で示されている値を用いるのが良いでしょう。

一次エネルギー消費量[MJ/年]

$$\begin{aligned} &= \text{電気の一次エネルギー消費量原単位[MJ/kWh]} \times \text{電力使用量[kWh/年]} \\ &+ \text{ガスの一次エネルギー消費量原単位[MJ/m}^3\text{]} \times \text{ガス使用量[m}^3\text{/年]} \\ &+ \text{油の一次エネルギー消費量原単位[MJ/L]} \times \text{油使用量[L/年]} \end{aligned}$$

CO₂排出量[kg-CO₂/年]

$$\begin{aligned} &= \text{電気のCO}_2\text{排出係数[kg-CO}_2\text{/kWh]} \times \text{電力使用量[kWh/年]} \\ &+ \text{ガスのCO}_2\text{排出係数[kg-CO}_2\text{/m}^3\text{]} \times \text{ガス使用量[m}^3\text{/年]} \\ &+ \text{油のCO}_2\text{排出係数[kg-CO}_2\text{/L]} \times \text{油使用量[L/年]} \end{aligned}$$

(3) 冷暖房システム導入効果予測例

冷暖房システム導入効果の予測例を以下に示します。

下記の検討条件によると、冷暖房システム導入のための経常費は普通教室1教室あたり年間18万円程度となります。

なお、旧型機(冷房COP 2.83 暖房COP 3.52)と比較すると、エネルギー消費量が年間で19%程度低減し、CO₂排出量なども19%低減できます。

<検討条件>

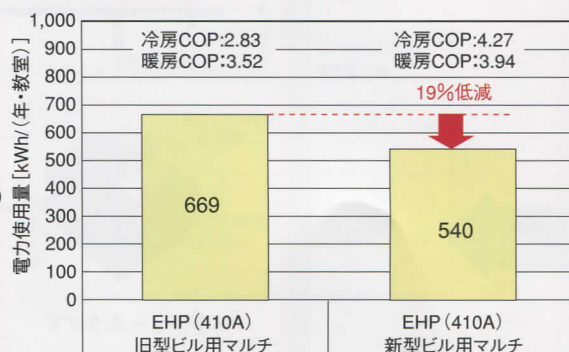
- 建物モデル: 中学校普通教室(床面積72m²)
外壁断熱なし、ひさしなし
- 建設地: 東京
- 室内条件: 冷房28℃ 50%、暖房20℃ 40%
- 内部条件: 生徒数35人、教師1人、照明40W/灯×18灯
- 外気量: 生徒13m³/h人、教師20m³/h人(全熱交換器なし)
- 稼働時間: 8:15~15:15(教室稼働率70%)
- 稼働日数: 冷房7/1~9/30(夏期休暇7/21~8/31除く)
暖房12/1~3/25(冬期休暇12/26~1/7除く)
- 電動ヒートポンプエアコン(ビル用マルチ)
冷房能力45kW×3台:3教室に1台
[冷房COP 4.27 暖房COP 3.94]

		9教室	1教室
電力使用量	kWh/年	4,862	540
イニシャルコスト	千円	14,326	1,592
ランニングコスト	千円/年	445	49
年間経常費	千円/年	1,648	183
一次エネルギー消費量	MJ/年	47,450	5,272
CO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /年	1,648	183

※年間経常費は年利3%・機器耐用年数15年として算出

※一次エネルギー消費量原単位:9.76MJ/kWh(省エネ法平成18年4月施行)

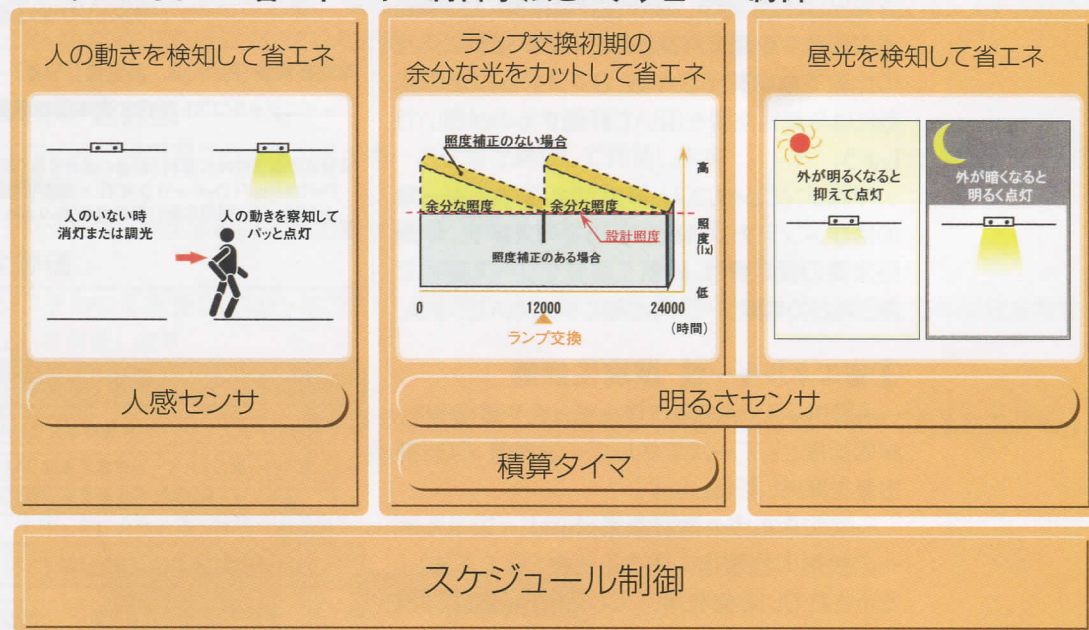
※CO₂排出係数:0.339kg-CO₂/kWh(東京電力平成18年度実績値)



6.4 照明設備の省エネルギー

きめ細かく省エネルギー

センサによる3つの省エネルギー制御手法とスケジュール制御

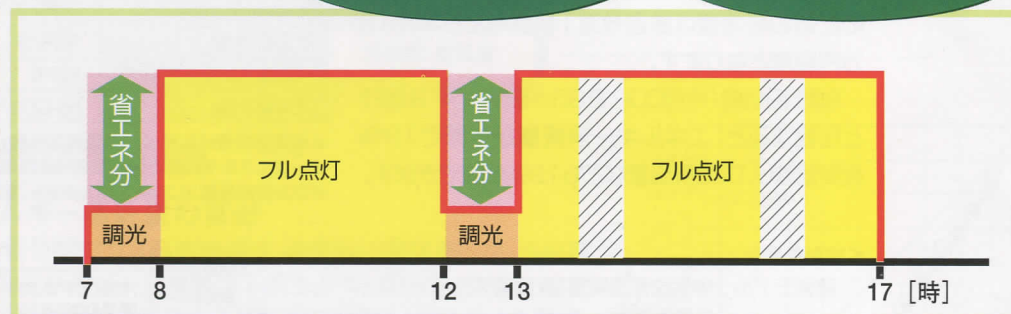


タイムスケジュール調光で、快適に省エネが実現できます。

《スケジュール制御の例》就学前・昼休みは25%に調光点灯

約15%省エネ

使わない時間帯を
点滅制御でさらに省エネ



スケジュールタイマ



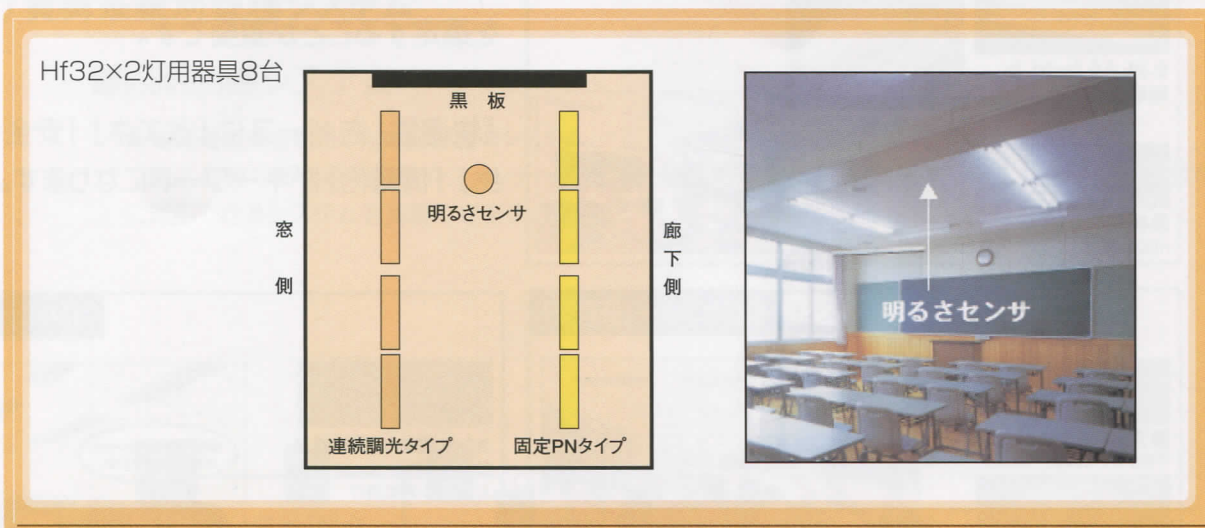
明るさセンサ



照明器具

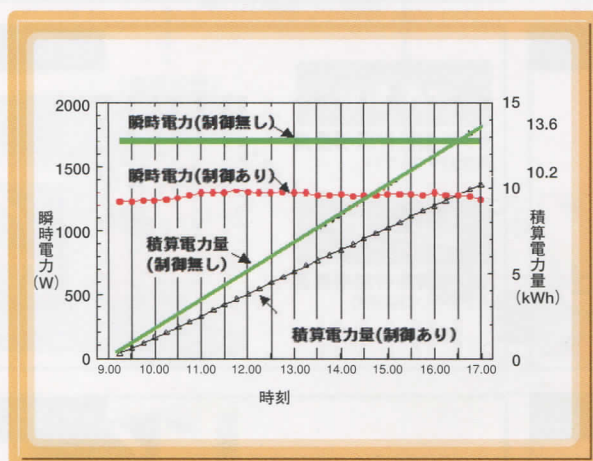
■一般教室

一般教室平面 器具配置



瞬時電力・積算電力量測定結果

省エネルギー率



照明設備内容		比率
従来設備	FLR40×2 SUH 富士型 8台 FLR40×1 UH 黒板灯 2台 (一般ランプ使用／制御無し) ×2教室分	13.6 kWh 100
省エネ設備	窓際:Hf32×2 PE 富士型 4台25% (明るさセンサによる調光) 廊下側:Hf32×2 PN 富士型 4台 Hf32×1 PH 黒板灯 2台 ×2教室分	10.2 kWh 75

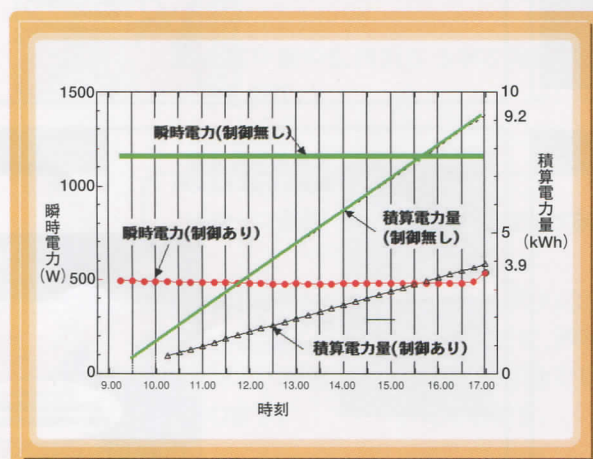
省エネルギー率 25%

昼光利用
(明るさセンサ制御)
+初期照度補正
による省エネルギー

■廊下

瞬時電力・積算電力量測定結果

省エネルギー率



照明設備内容		1日(8時間) 積算電力量	比率
従来設備	FLR40×1 UH 下面開放 26台 (一般ランプ使用／制御無し)	9.2 kWh	100
省エネ設備	Hf32×1 PE 下面開放 26台 (人感センサによる段調光)	3.9 kWh	42

省エネルギー率 58%

用途別照明器具

一般教室



まぶしさをカットした
照明器具



明るさセンサ



黒板灯

Hf32W蛍光灯を採用した高効率タイプ



学校施設を取り巻く環境が大きく変化しているなか、時代の流れに沿った用途別の最適な照明器具を選定することが重要です。

『快適性』をベースに『省エネ』『安全・安心』『衛生』『情報化』がキーワードになります。

校務センター（職員室）



調光タイプ蛍光灯器具
不快グレアを抑制



人感センサ



コンピュータ教室



センサ機能付照明器具
画面への不快な映り込み防止
人がいない時は消灯



給食施設



ベースライト
パネル付タイプ



ダウンライト



ベースライト

パネル付防湿・防噴流タイプ



殺菌灯

殺菌線遮光方式



トイレ



センサ機能付照明器具
蛍光灯ダウンライト



センサ機能付照明器具
人がいない時は消灯



廊下・玄関・階段



廊下灯

センサ機能付照明器具
人がいない時は消灯または段階調光



階段灯

センサ機能付照明器具
人がいない時は消灯



誘導灯



非常灯



メディアセンター（図書室）



センサ機能付照明器具
人がいない時には
明るさを抑えて点灯



体育館



ランプ

高効率・長寿命



高天井用セード

高効率反射板付



オートリフター



高天井用ホルダ



光害対策投光器
周囲への光もれを抑制



テニスコート用
照明器具
上方光束なしタイプ



グラウンド・テニスコート



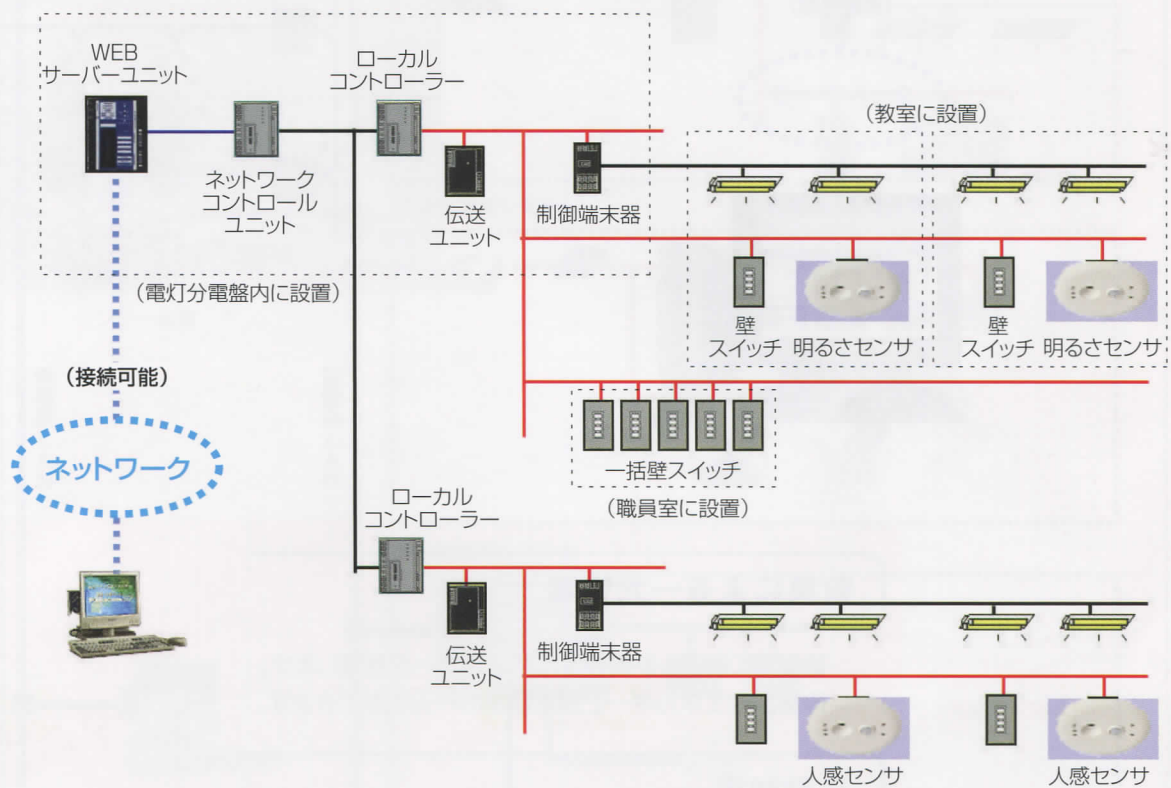
6.5 設備管理システム

(1) 負荷系統別管理システム

■ 照明制御システム

多重伝送技術を利用した省配線型のシステム

施工台数の多い照明器具やスイッチへの配線を簡素化できます。器具の増設や機能の追加にも柔軟に対応できるシステムを実現できます。



集中監視・制御+タイマ制御

職員室や集中監視室から学校施設内の照明・外灯等の監視・制御・タイムスケジュール制御ができます。

パターン制御

用途別の照明シーンを登録しておく、ワンプッシュで場面に切り替わります。

人感センサ制御

トイレへの人の出入りにあわせて、照明の明るさを自動で切り替えできます。

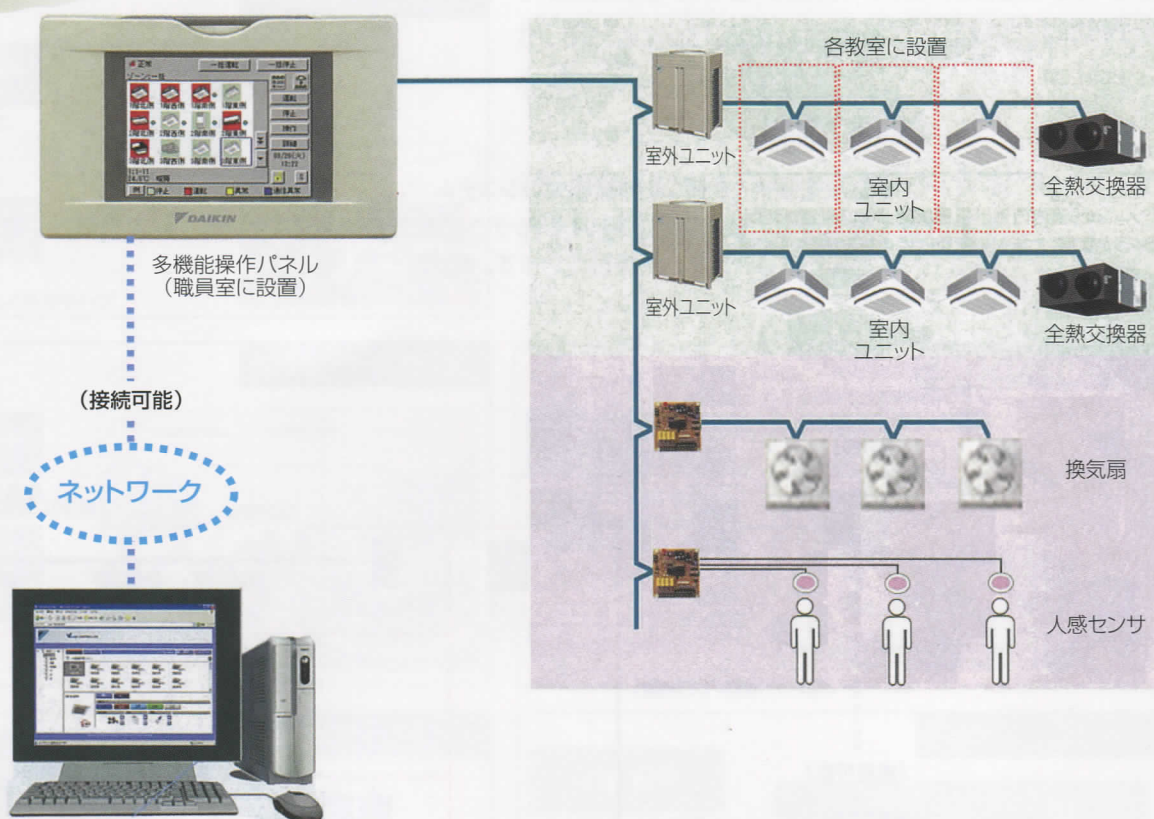
ソーラタイマ制御

日の入りで自動点灯、日の出で自動消灯、設定時刻に自動消灯ができます。

明るさセンサ調光制御

窓際の照明などを外光の明るさに合わせて快適にコントロールできます。

■空調制御システム



教員による一元管理

職員室に設置し多機能操作パネルで一元管理します。
確実な省エネルギーと運営管理の一元化ができます。

連動制御

人感センサや照明器具との連動制御も省エネルギーには有効です。

タイムスケジュール制御

煩わしい制御操作をタイムスケジュールで省力と省エネルギーを実現します。
学習カリキュラムに合わせこまめな運転/停止を実現します。
温度設定も含めたスケジュール制御で無駄をなくした省エネルギー運転です。

遠隔操作監視機能 (Webサーバー利用)

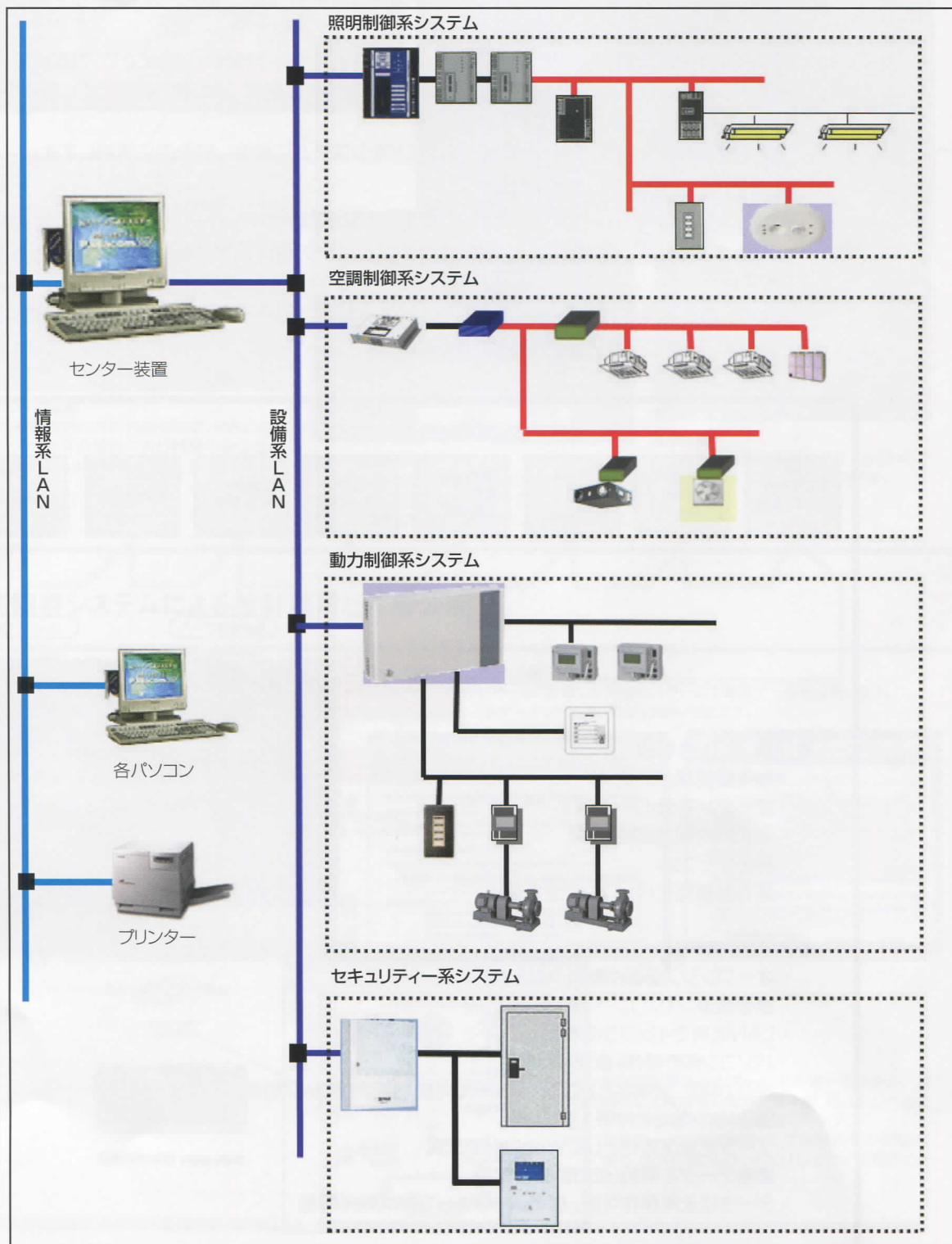
手持ちのパソコンと既設のLANを使いWebブラウザで、簡単に操作監視が可能です。
インターネットと接続することで広域監視も可能になります。

(2) 設備トータル制御システム

システムの概念

各種設備を系統ごとにサブシステムで構成し、メンテナンス性と順次更新を可能にするシステム構成です。

各サブシステムは、情報系のLANへ相互乗り入れするための通信条件を具備する必要があります。大規模の設備管理システムでは、業界標準の通信手段（BACnet）が使われる場合もあります。



(3) 情報ネットワーク活用事例 (オープンネットワークシステム)

空調、照明、各種設備ごとのサブシステムを情報ネットワークの技術で統合する設備管理システム (オープンネットワークシステム) の活用事例を以下に示します。

1. ネットワークを使った統合施設管理

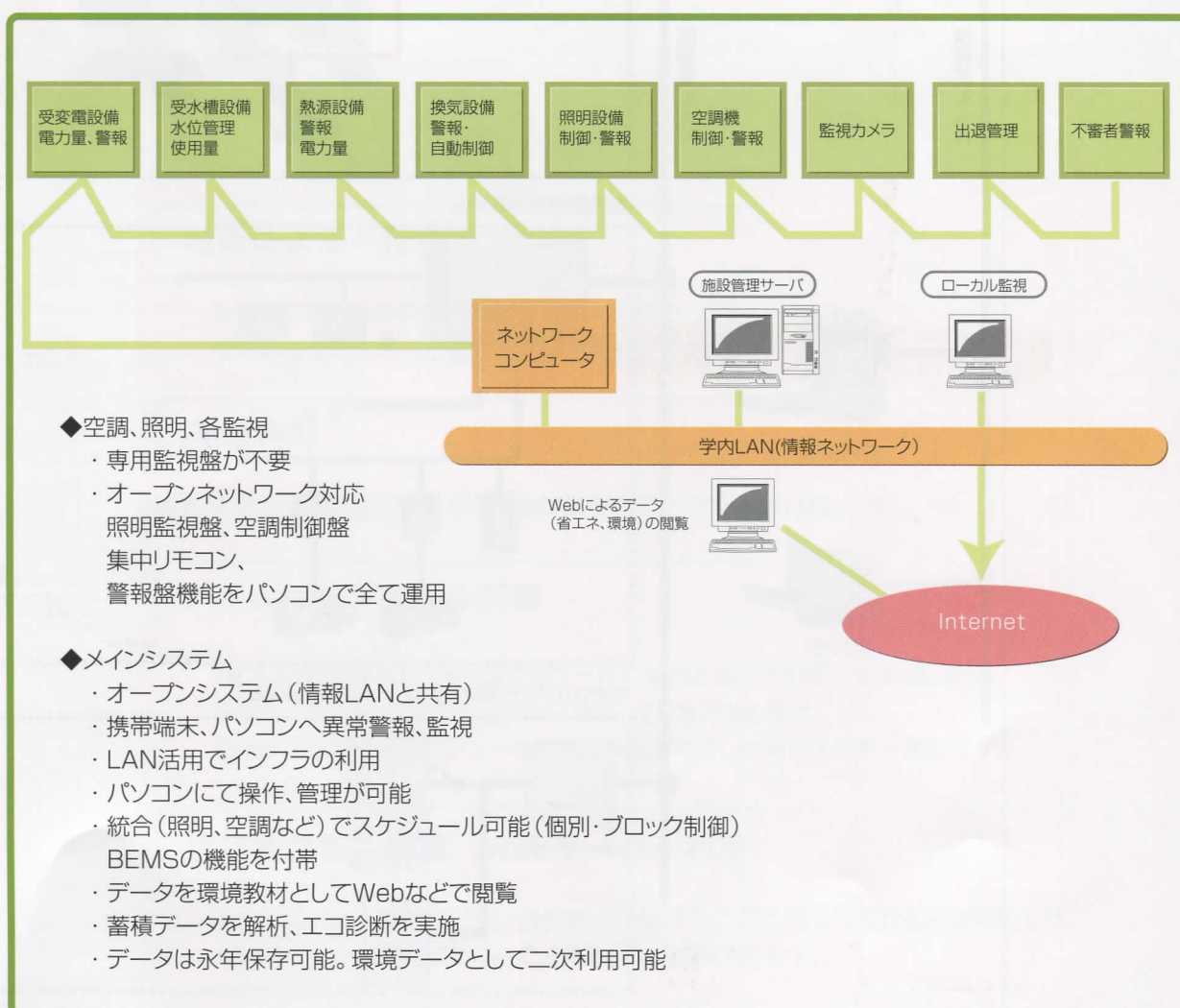
- ・ 学校の情報ネットワークを使い学校設備の全体を統合管理するシステム
- ・ 通常のBA(ビルオートメーション)とBEMS (ビル・エネルギー管理システム) を融合した学校向けの管理システム

2. 省力と省エネルギー、安全面への有効活用

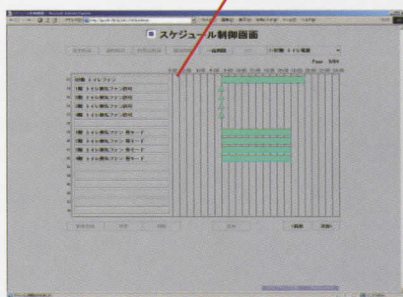
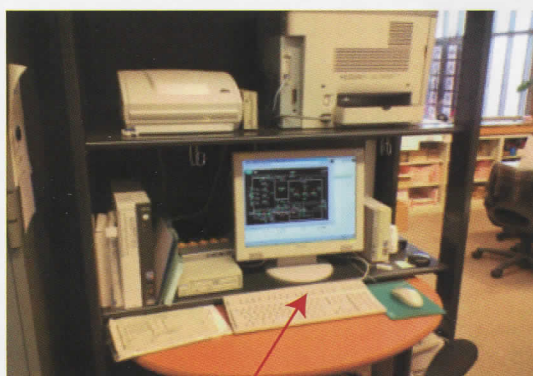
- ・ 学校の情報ネットワークを利用するため設備投資がネットワークインフラ部分では不要になります。また各サブシステムごとの専用監視盤も不要となります。
- ・ BAによる学校設備全般の遠方操作、スケジュール操作、データ管理が自動化され、施設管理の省力が図れます。
- ・ BEMSによる省エネルギー対策 (各設備のスケジュール制御、空調機の温度の設定管理、照明のブロック制御、換気の自動管理) が可能です。
- ・ 安全監視カメラ、非常警報 (不審者対応) などをシステムに統合し安全面に活用します。

3. 環境教育の教材としての利用

- ・ 学校を持続性のある一つの環境として捉え、BEMSで取得したデータベース (外気温湿度、雨量、電力量、ガス量、水道量、排水量) を活用し、学校でのエネルギーの使用量を認識し、省エネルギーに対する意識を高めます。
- ・ 長期に渡る蓄積されたデータは学校の環境教育において、将来、エネルギー・環境問題に直面する子ども達にとっては大切な環境教材となります。



学校管理システム運営図（管理パソコン使用例）



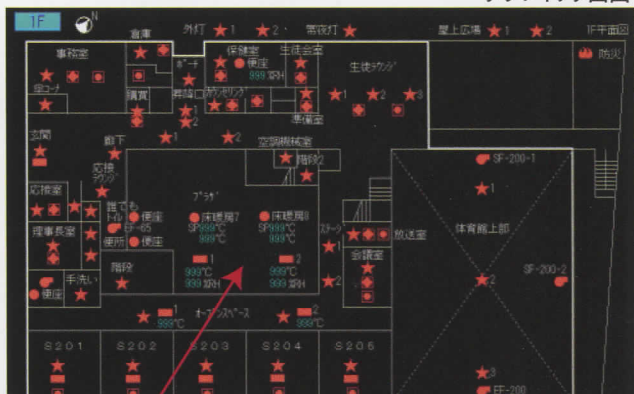
スケジュール画面

屋外の夜間照明の点灯時間の設定、昇降口など commonspace の照明の消灯時間の設定など、省力と省エネルギー対策を実施します。

管理パソコン

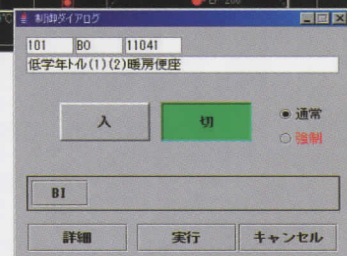
事務所に置かれたパソコンにより施設の使用状況、室内温湿度、空調の運用、照明の使用状況がグラフィック画面にて見ることができます。

グラフィック画面



教室内温湿度画面

外気温湿度と教室内温湿度をモニターで監視し、空調機の設定温度などをコントロールすることで適切な教室環境を維持し省エネルギーをはかります。



発停画面

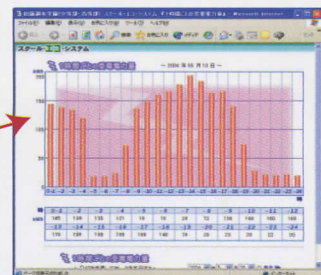
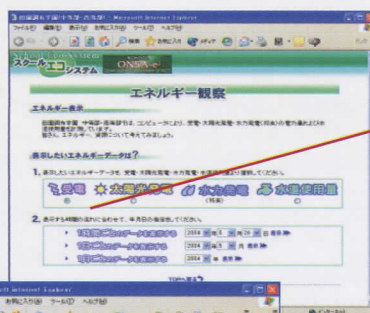
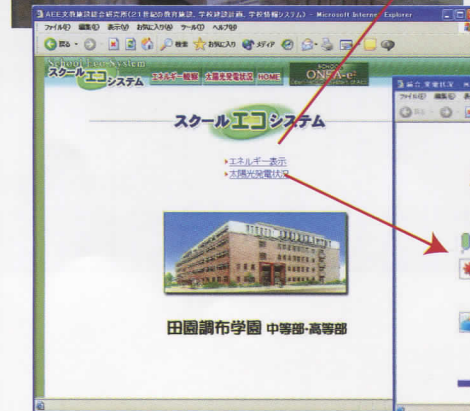
画面から照明や空調機などの入り切りができ、照明の消し忘れなどに有効です。

環境観察システムによる教材利用と外部公開



大型液晶掲示板における公開

昇降口など commonspace に設置した大型モニターにて環境データを公開します。Web形式なので、インターネットを通じ外部公開も可能です。



エネルギー観察

学校の各種エネルギーの使用量や気候条件と連携した太陽光発電量などを年間、月、日、レベルでグラフィック上で簡単に確認できます。多種データは環境教材として随時利用できます。また、環境診断、ISO14001などでの活用ができます。

7

省エネルギー計画のチェックリスト (小中高校向け)

省エネルギー項目			計画	設計	施工	維持 管理	備 考
分類	項 目	要 素					
建 築	屋外環境の 熱的利用計画	○植栽の効果的利用 ・木立により日影をつくる ・木立により風を防ぐ ○池、噴水等により周囲の温度を下げる ○校庭の緑化(芝)	○ ○	○ ○		○ ○	散水など
	屋根の断熱性と蓄熱性	○断熱材 ・断熱材を入れる ○屋根構造 ・断熱材を入れる ・二重スラブ ○屋上処理 ・土、植栽を施す ○カラーコントロール ・熱反射塗料	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○	○	
	外壁の断熱性と蓄熱性	○断熱材 ・断熱材を入れる ○壁の構造 ・空気層の利用(密閉層) ・断熱材位置 ○日射遮へい ・ルーバーなど日射遮へい装置 ○放射熱の低減 ・樹木の利用 ○蓄熱性 ・外断熱	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○	
	窓・出入口の 断熱性、気密性、採光性	○断熱性 ・ガラスの種類と構成 ペアガラス、遮へいフィルム、多重ガラス ○日射遮へい ・樹木利用、ひさし、袖壁 ○気密性 ・建具性能(気密サッシ) ・出入口の形態 ○採光性 ・反射ルーバー ・天窓 ・ライトシェルフ	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○	
	外壁・内壁等の カラーコントロール	○日射の吸収、昼光、照明の反射を考慮したカラーにする	○	○			
	外壁・内壁等の カラーコントロール	○日射の吸収、昼光、照明の反射を考慮したカラーにする	○	○			
空 調	室内環境計画	○設定温度、設定湿度 ・条件の緩和 ・始業、終業時、夜間の条件緩和 ○外気導引量 ・必要最小量の導入 ・外気冷房の可能性 ○冷暖房期間、空調時間 ・必要性の再検討 ○気流(温度)分布 ・吹出し方法、位置、レターン位置	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○	過冷、過熱の防止
	冷暖房システム	○熱源機器の高効率運転 ・部分負荷への対応 ・蓄熱槽利用 ○ヒートポンプ利用 ○全熱(顕熱)交換器 ○自然エネルギー等熱源利用 ・外気冷房、ナイトバージ ・太陽熱利用	○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○	良い保守管理

省エネルギー項目			計画	設計	施工	維持 管理	備 考
分類	項 目	要 素					
空 調	換気システム	○換気搬送動力の低減 ・過剰換気の回避 ・不要時の換気停止 ・自然換気の利用 ・フィルターの清掃 ○換気負荷の低減 ・外気量制御(人員数、CO₂検知) ・外気冷房の採用 ・ナイトバージの採用 ・全熱交換器の採用	○	○	○	○	
	制御システム	○室内環境制御 ・温度設定制御(外気条件対応型)	○	○		○	コンピューター制御の採用
	自然エネルギーの利用	○太陽熱の利用 ○風の利用 ○井水の利用	○ ○ ○	○ ○ ○			
電 気	全体計画	○線路損失を低減する ・電圧降下、配電損失の小さい電気方式の採用 ○力率の改善 ○トータルエネルギーの検討 ・太陽光発電	○ ○ ○	○ ○ ○	○	○ ○ ○	配線経路の簡素化
	受変電設備	○省エネルギー機器 ・高効率変圧器の採用 ・経済性と保守性のチェック	○	○		○	
照 明	照明環境計画	○用途の明確化 ・用途別照明手法の設定 ・エリア別照度の設定	○	○		○	
	照明設備	○用途別器具の設定 ・光源種別 ・器具形式 ・省エネルギー方式(Hf型照明器具等) ○調光制御の適応 ・初期照度補正、適正照度	○ ○	○ ○		○ ○	
	制御システム	○制御エリアに設定 ・点滅最小単位(点滅回路)設定 ・点滅エリアの設定 ・人感センサの適応 ○タイムスケジュール制御 ・利用時間の設定	○ ○	○ ○		○ ○	
	自然エネルギーの利用	○昼光利用 ・窓際調光 ・日の出、日没時刻で制御 ・自然光利用	○	○		○	
維 持 管 理	建物の運転管理システム	○室内環境管理 ・温湿度、外気量などの設定値の見直し ○機器運転管理 ・機器、設備システムの高効率運転 ・運転条件の見直し ○教材としての活用	○ ○ ○			○ ○ ○	コンピューター管理の採用

注) ○印は検討、対策の対象を示す

「建築物の省エネルギー(考え方と基準)」「(財)建築環境・省エネルギー機構」をもとに作成。

学校の学習環境を考える

—室内環境の改善と省エネルギー—

社団法人文教施設協会では、平成13年度以降「100年学校を目指した設備づくり」をテーマとし、委員会を設けて調査・検討を行ってきました。

調査・検討の成果は平成17年3月「学校の学習環境を考える—教室への冷房導入について」としてパンフレットを発行しました。本委員会では引き続き調査・検討を進め、今回、新たにその成果を取りまとめました。

調査・検討委員会

委員長 安岡 正人 東京理科大学工学部建築学科教授
東京大学名誉教授

委員 安孫子義彦 (株)ジェス
池崎 暢弥 文教施設総合研究所
射場本忠彦 東京電機大学工学部建築学科教授
内田 光夫 東京都教育庁
金子 隆昌 (株)久米設計
合田 和泰 (株)蒼設備設計
常田 幸正 文教施設総合研究所
中津 敏晴 松下電工(株)
長澤 悟 東洋大学工学研究科工学部教授
奈良岡臣剛 (株)蒼設備設計

(五十音順)

調査協力 東京電力(株)

RIEF 社団法人 文教施設協会

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10 鉄鋼会館 5F
TEL 03-3669-6531 FAX 03-3669-6533