

平成21年6月13日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2007～2008
課題番号：19560598
研究課題名（和文） 外気負荷低減型空調システムのシミュレーションによる研究
研究課題名（英文） Simulation study on the indoor climate control systems focused on reduction of ventilation heat load
研究代表者 宇田川 光弘 (UDAGAWA MITSUHIRO) 工学院大学 工学部・教授 研究者番号：00133314

研究成果の概要：空調システムのエネルギー消費量に密接な関係のある空調機負荷の低減法について、主に外気負荷に着目して研究を行った。外気負荷は、換気に起因する熱負荷であり、冬期、夏期には空調機負荷の相当部分を占めるが、春、秋などでは外気冷房を行い熱負荷の低減化を図ることもできる。ここでは、このような外気負荷低減化について、シミュレーションにより検討を行う方法を提案、検証し、建築設備システムの設計、評価への応用法を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：シミュレーション、熱負荷、外気負荷、空調機負荷、省エネルギー、太陽熱利用、自然エネルギー利用、設計ツール

1. 研究開始当初の背景

室内環境を健康で快適な水準に維持するには空調設備が不可欠であり、外気導入による室内空気質の維持のため換気機能が空調設備には組み込まれている。空調時の換気量は、必要換気量と呼ばれる推奨基準値を外気から室内に導入する。外気導入による負荷が外気負荷である。

外気負荷は、標準的な事務所ビルで年間空調機負荷の20～40%を占めるとされており空調設備におけるエネルギー消費量低減化に関する重点要素である。外気負荷を低減す

るとしても、室内空気質の低下は回避しなければならず、このため必要換気量の確保は大前提である。さらに、最近では知的生産性向上のための外気のより積極的な導入の提案もされており、外気負荷削減対策は空調システムの省エネルギー対策として益々重要になってきている。

このため、外気冷房や熱交換換気に加え太陽熱利用、建築一体型設備、地中熱利用などについて、空調システムとしての具体的な検討が必要である。

2. 研究の目的

外気負荷削減を考慮した各種空調システムをシミュレーションにより比較検討し、建物規模、立地条件、地域の気象条件等に適した方法を明らかにする。

(1) 外気負荷削減型空調システムの検討
必要換気量の確保は大前提として、外気負荷削減を意図した各種外気導入方式、空調システム構成、運転制御方法を調査、考察し、各方式について外気負荷削減の可能性を示す。

(2) シミュレーションによる評価方法
外気負荷削減型空調システムの比較検討のため熱環境、建築エネルギーシステムシミュレーションツールEESLISM（宇田川、佐藤、EESLISMの特徴と利用法、空気調和・衛生工学会シンポジウム熱負荷空調ソフトウェアの現状と将来、55-68（CD-ROM），2004）を拡充し、様々な空調システム構成による外気負荷、空調用エネルギーを算定しうるようツールの汎用性、操作性を高める。シミュレーションツールの検証のため実測や実験も行い、計算モデルと運転実態との関係を把握するとともに、空調機負荷の汎用シミュレーション方式を確立し、外気負荷削減型空調システムの検討、評価への適用法を示す。

3. 研究の方法

(1) 空調機負荷低減方式の調査

太陽熱空気集熱システム、太陽熱利用デシカント方式、空気流通窓方式、地中熱利用方式、外気冷房方式、熱交換換気方式などについて各種事例について文献調査や見学調査によりこれまでの提案システム、評価方法について検討した。

(2) シミュレーションに関する研究

① 実験用空調システムを利用したシミュレーション手法の検証

実験用システム空調システムを用いて、外気負荷導入時を含めて運転状況を把握し、シミュレーションツール EESLISM を検証し、シミュレーションによる評価への適用方法を検討した。

② シミュレーションツールの拡充

シミュレーションツール EESLISM について、外気負荷処理に関連する要素機器のアルゴリズムや建物入力確認用 GUI などを作成し、シミュレーションツールの実用性を高めた。

③ 事務所ビルおよび住宅における熱負荷低減方式のシミュレーションによる性能評価
太陽熱利用システム、外気冷房方式等について年間熱負荷シミュレーションを行い住宅および事務所ビルについての検討事例を示した。また、ゼロエネルギー建築についてもシミュ

レーション評価に加えた。

4. 研究成果

(1) 空調機負荷低減を図る外気負荷処理方式の調査

太陽熱空気集熱システム、太陽熱利用デシカント方式、空気流通窓方式、地中熱利用方式、外気冷房方式、熱交換換気方式などについて各種事例の調査および関連要素機器の計算モデルについて調査した。

① 浜松市郊外の小規模庁舎における太陽エネルギー利用システムとして空気式集熱システム、デシカント除湿による外気処理方式、免震ピットからの外気導入による外気予冷、予熱などの外気処理方式による空調機消費電力の削減実績について調査した。

② 空気流通窓やダブルファサードによる換気用空気の熱利用について、事務所ビルに組み込まれた空調システムや高層事務所ビルでの設計案を調査し、窓の日射遮蔽制御、空気流通方式、空調システムとの関連などについて調査した。

③ シミュレーションモデルの構築

上記①、②を基礎に屋根一体型太陽熱空気集熱器、空気流通窓、外気予熱を伴う太陽光発電アレイの計算モデルを構築し、EESLISM 機能拡充の資料とした。

(2) 実験用空調システムでの実験でのシミュレーション手法の検証

① 図 1 に示す実験用空調システム (EEC/KTC) を用いて、外気負荷導入時を含めて運転状況を把握し、EESLISM を検証した。実験は、2007 年および 2008 年夏に行い、室内熱環境および空調システムについて温度、湿度、流量などについて詳細な測定データを収集した。シミュレーションによる評価への適用方法を検討した。空調制御方式や給気・還気方式、外気導入の有無など種々運転条件を変えて実験を行った。

② 測定データから室熱負荷、空調機負荷を求め、EESLISM によるシミュレーション結果と比較した。シミュレーションでは実験室の建物仕様、空調運転方法と気象データを入力し、室内温湿度、空調システム各部温湿度、室熱負荷、空調機負荷などが出力される。計算時間間隔は 5 分とした。この結果、シミュレーション結果は、室内熱環境、室熱負荷、空調機負荷とも実測結果をほぼ再現できることが判った。さらに、室内の温度分布と還気温度に関する考察から、室内吹出し空気の還気吸込口への短絡をモデル化することにより更に再現精度が向上する見通しを得た。

③建築の熱負荷シミュレーションは、建築設備システムの設計、性能評価に広く使用されているが、実測結果とシミュレーション結果の比較は、意外なことにほとんどなされていない。本研究により、小規模ではあるが実大空調システムについて、実測とシミュレーションを行い、基本的に従来使用されてきた計算モデルが妥当であるとの結論が得られた。

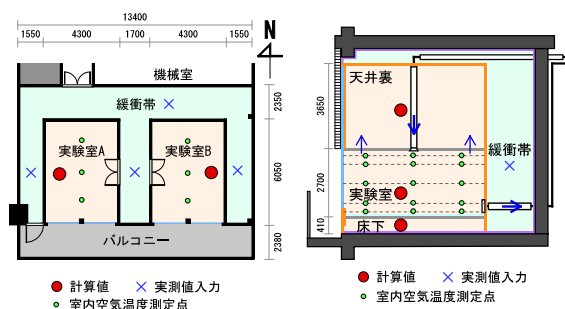


図1 EEC/KTC 実験室

(3) シミュレーションツールの拡充と公開

①シミュレーションツール EESLISM について、外気負荷処理に関連する要素機器のアルゴリズムとともに日射障害物となる建物周囲環境の建物データ入力確認用 GUI などを作成し、シミュレーションツールとしての実用性を高めた。図2に建物周囲データ確認用画面の例を示した。



図2 周囲障害物の入力確認 GUI

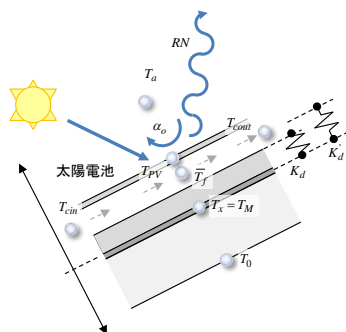


図3 屋根一体型集熱器の計算モデル

②外気処理に関連の深い要素として、屋根一

体型太陽熱集熱器、空気流通窓について、空調システムなど建築設備システムのシステム構成要素として計算モデルを既存のシミュレーションプログラムへの組込を配慮して作成した。空気式の太陽熱集熱器や空気流通窓は、太陽電池モジュールと一体化されることもあるので、太陽光発電システムのシミュレーションも可能とした。図3に屋根一体型集熱器の計算モデルを示した。

③屋根一体型集熱器および空気流通窓については、EESLISM に組込み、建物、設備システムと一体化したシステムの熱性能、エネルギー性能のシミュレーションを可能にした。

④シミュレーションツール EESLISM は、2008年秋より公開し、研究室のホームページを通じてダウンロードに供している。EESLISM は様々な建築・設備システムを一体として総合的にシミュレーションできる。このため建築・設備システムの計画、設計、評価に幅広く利用されてゆくと考えられる。なお、URL は、次の通りである。

<http://ees.arch.kogakuin.ac.jp>

(4) シミュレーションによる評価

EESLISM を用いて以下のシミュレーションを行った。

①小規模事務所ビルにおける外気負荷と空調機負荷

千葉市に実在する延床面積 820m²、3階建ての事務所ビルを建物モデルとして、外気冷房、熱交換換気の利用が空調機負荷に及ぼす影響をシミュレーションにより検討した。併せて室内空調時室温の設定が空調機負荷に及ぼす影響についても検討した。シミュレーションは、千葉市の AmeDas 標準気象データを用いて、計算時間間隔を 10 分とし、年間について全部で 6 ケース行い、実在の空調システムの運転方法を想定としたシミュレーション値を基準として比較した。この結果、外気負荷の導入により空調機負荷は 10~15%程度削減可能であることが示された。さらに、空調時設定室温を 28℃とすれば、基準値の 60%程度までの削減が可能となった。

②全外気太陽熱暖房システム

屋根一体型の集熱器と太陽電池により外気を加熱し暖房の予熱を行うとともに給湯用貯湯槽を加熱する太陽エネルギー利用システムを組込んだソーラーハウスについてのシミュレーションを行った。太陽エネルギー利用システムは、図3のように裏面に通気層のある太陽電池 (PV 集熱器) であり、外気は通気層を通過時に予熱されると同時に太陽電池は冷却される。面積は 25m² である。太陽電池通過

後流通空気は面積 10m² の太陽熱集熱器に入り加熱されて、給湯用熱交換器を経て蓄熱床を経由して室内に吹出される。シミュレーション結果では、冬季晴天日で最大、PV 集熱器、空気集熱器それぞれ 2kW 程度の集熱量が得られた。また、裏面通気による太陽電池の温度は 5~7℃程度低下し、発電効率を 3%程度向上させる効果が見られた。

③換気による住宅の冷却効果

都心に近い住宅地に建つ戸建住宅について、年間の室内環境および電力使用量の実測を行い、測定データを収集した。測定データはシミュレーションツール用検証用およびシミュレーションによる性能予測における建物や設備の使用状況設定用の資料として用いた。まず、夏季の室温の再現性に着目し、実測値とシミュレーション値との比較を行った。周囲の建物の影響をできない周囲環境であるため周囲の建物などの日射障害物のデータも入力し、日射遮蔽効果についても実測値とシミュレーション値を比較し妥当な結果を得た。室温変動については、家族が在室する夕方から夜に 5~10 回/h の換気回数を想定することにより各室の室温変動の実測値とシミュレーション値の差は 1℃程度であった。今後、熱負荷についても検証するが、冷房負荷については、換気量の想定に十分な検討が必要である。

④外気負荷低減効果の総合的評価

拡充したシミュレーションツールを利用し、事務所ビルでは、外気冷房の効果、自然エネルギー利用外調機による外気処理の可能性、住宅では、冬季の外気負荷への太陽熱利用および夏季の換気・通風の効果などについてシミュレーションを行い、ソーラー建築やゼロエネルギー建築などエネルギー利用の高効率化を図る建築の総合的な評価を行ってゆく予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ①樋口佳樹、宇田川光弘、Validation of the building thermal simulation tool focused on effect of external environment、Proceedings of Building Simulation 2009、(掲載決定)、査読有
- ②宇田川光弘、ゼロエネルギーハウス、太陽エネルギー、Vol. 35, No. 2、3-7、2009 年、査読無
- ③樋口佳樹、宇田川光弘、Effectiveness of active solar space heating system in the

dense housing area、EUROSUN2008 (Proceedings)、097(1-6)、2008 年、査読有

- ④盧炫佑、宇田川光弘、Development of a solar desiccant cooling system for small office buildings、EUROSUN2008 (Proceedings)、141(1-8)、2008 年、査読有
- ⑤楠崇史、宇田川光弘、Study of heat load in simulation of solar hot water heating systems、EUROSUN2008 (Proceedings)、322(1-8)、2008 年、査読有
- ⑥樋口佳樹、宇田川光弘、佐藤誠、木村建一、住宅の年間冷房負荷からみた建物配置の検討 - 周囲環境を考慮した住宅の熱負荷シミュレーションに関する研究 その 2 -、日本建築学会環境系論文集、No612、31-38、2007 年、査読有
- ⑦樋口佳樹、宇田川光弘、Effects of trees on room temperature and heat load of residential building、Proceedings of Building Simulation 2007、223-230、2007 年、査読有

[学会発表] (計 20 件)

- ①佐藤誠、宇田川光弘、盧炫佑、太陽電池内蔵屋根一体型集熱器のシミュレーションモデル、空気調和・衛生工学会大会、2009 年 9 月 (掲載決定)
- ②成田有沙、宇田川光弘、楠崇史、KTC を利用した EESLISM の検証 (第 7 報) 室内熱環境と熱負荷、空気調和・衛生工学会大会、2009 年 9 月 (掲載決定)
- ③楠崇史、宇田川光弘、成田有沙、KTC を利用した EESLISM の検証 (第 8 報) 室内温度分布を考慮した空調システムシミュレーション、空気調和・衛生工学会大会、2009 年 9 月 (掲載決定)
- ④金子真一郎、宇田川光弘、楠崇史、成田有沙、低層事務所ビルにおける空調機負荷削減手法についての検討、空気調和・衛生工学会大会、2009 年 9 月 (掲載決定)
- ⑤宇田川光弘、佐藤誠、盧炫佑、屋根一体型太陽熱集熱暖房・給湯システムのシミュレーション その 1 計算モデル、日本建築学会大会、2009 年 8 月 (掲載決定)
- ⑥佐藤誠、宇田川光弘、盧炫佑、屋根一体型太陽熱集熱暖房・給湯システムのシミュレーション その 2 住宅における空気集熱暖房・給湯システム計算例、日本建築学会大会、2009 年 8 月 (掲載決定)
- ⑦宇田川光弘、樋口佳樹、ゼロエネルギーハウスの設計、日本太陽エネルギー学会大会、2008 年 11 月
- ⑧楠崇史、宇田川光弘、太陽熱給湯システムの詳細シミュレーション、日本太陽エネルギー学会大会、2008 年 11 月

- ⑨宇田川光弘、建築設備一体化システムシミュレーションのための建築外皮の熱計算法、日本建築学会大会、2008年10月
- ⑩樋口佳樹、富樫英介、宇田川光弘、田辺新一、EESLISMの継続的開発と今後の展開、日本建築学会大会、2008年10月
- ⑪樋口佳樹、宇田川光弘、建築熱負荷シミュレーションにおける外部入力データ作成ツールと形態係数計算法の検討、空気調和・衛生工学会大会、2008年8月
- ⑫金子真一郎、宇田川光弘、楠崇史、KTCを利用したEESLISMの検証(第6報)外気導入を伴う空調運転時における空調機負荷についての検討、空気調和・衛生工学会大会、2008年8月
- ⑬楠崇史、宇田川光弘、金子真一郎、KTCを利用したEESLISMの検証(第5報)外気導入を伴う空調運転時における室負荷と室内熱環境についての検討、空気調和・衛生工学会大会、2008年8月
- ⑭金子真一郎、宇田川光弘、KTCを利用したEESLISMの検証(第4報)VAVとCAV比較運転時における空調機負荷の検討、空気調和・衛生工学会大会、2007年9月
- ⑮楠崇史、宇田川光弘、KTCを利用したEESLISMの検証(第3報)VAVとCAV比較運転時における室内熱環境と室負荷の検討、空気調和・衛生工学会大会、2007年9月
- ⑯青木唯、宇田川光弘、大学高層校舎における空調システムの効率的運転法のシミュレーションによる検討、空気調和・衛生工学会大会、2007年9月
- ⑰金子真一郎、宇田川光弘、KTCを利用した建築熱環境シミュレーション手法の検証その5空調システムと空調機負荷、日本建築学会大会、2007年8月
- ⑱楠崇史、宇田川光弘、KTCを利用した建築熱環境シミュレーション手法の検証その4室内熱環境と室負荷、日本建築学会大会、2007年8月
- ⑲青木唯、宇田川光弘、大学高層校舎における室内発熱の空調機負荷への影響、日本建築学会大会、2007年8月
- ⑳樋口佳樹、宇田川光弘、住宅の熱負荷から見た樹木の影響、日本建築学会大会、2007年8月

[図書] (計1件)

- ①宇田川光弘、秋元孝之、近藤靖史、長井達夫、建築環境工学、朝倉書店、2009年

[その他]

EESLISMダウンロード用ホームページ
 工学院大学 宇田川研究室
<http://ees.arch.kogakuin.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宇田川 光弘(UDAGAWA MITSUHIRO)
 工学院大学・工学部建築学科・教授
 研究者番号：00133314

(2) 研究協力者

佐藤 誠(SATOH MAKOTO)
 佐藤エネルギーリサーチ株式会社

盧 炫佑(ROH HYUNWOO)
 工学院大学客員研究員、OMソーラー株式会社

樋口 佳樹(HIGUCHI YOSHIKI)
 工学院大学客員研究員、樋口くらし環境設計