

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18206063

研究課題名(和文) 建築外皮と設備の統合化技術構築のための基礎的研究

研究課題名(英文) Fundamental research on integrating technology of building envelope and systems

研究代表者

澤地 孝男 (SAWACHI TAKAO)

独立行政法人建築研究所 環境研究グループ・グループ長

研究者番号 10344003

研究成果の概要(和文)：

省エネルギー建築のための様々な要素技術や知見を適用してゆくことは、建築環境システム分野の専門家の喫緊の責務である。多様な要素技術の省エネ実効性の信頼性の高い公正な評価が従来不十分であったと同時に、設計者が建物の省エネルギー性能を改善しようとした時に活用可能な実用的な設計プロセスの枠組みについても不十分であった。この研究はそれらの問題に取り組むものである。

研究成果の概要(英文)：

The application of scattered elemental technologies and knowledge to the design of energy-saving buildings is an urgent responsibility for experts in architectural environmental systems. There have been lacks of reliable and fare evaluation of effectiveness in energy saving for various elemental technologies and of the framework for practical design processes, that is applicable when designers improve energy performance of their products. This project has been focused on those issues.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	16,300,000	0	16,300,000
2007年度	12,600,000	0	12,600,000
2008年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	37,900,000	2,700,000	40,600,000

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：省エネルギー建築、建築外皮、建築設備、統合化技術

1. 研究開始当初の背景

2005年当時、わが国は京都議定書の目標達成のため、民生分野における二酸化炭素排出量の増加を2010年頃までに1990年比10.7%増の状態までに抑制する計画を有していた

(平成17年4月の政府の「京都議定書目標達成計画」)。しかしながら当時における最新データが示すところによれば、2003年時点において<業務その他部門>で36.1%、<家庭部門>で31.4%の大幅な増加となっており、目標達成のためには現状から20%もの削減が必要と

なっていた。

そうした状況を打開するためには、「建築外皮」(即ち室内と外部を区画している外壁・屋根・床・開口部等の躯体及び付属部位)と「設備」に関する省エネ要素技術の各々に対して、また特にそれら二者の組み合わせ方法に対して、中立的立場から改めて実効性を科学的に検証することが不可欠であった。そして実効性のある技術については「設計」「施工」「運用」の各段階での要件を体系的に整理し、建築外皮と設備の統合化技術として、

実務での活用を促進することが不可欠となっていた。そうした状況は、研究終了時の現時点においても依然として存在するとともに、民生部門における温暖化の必要性は益々高まりつつあると言える。

2. 研究の目的

建築におけるエネルギー消費に起因するCO₂排出量の削減は先進諸国に共通した課題であり、より実効性のある技術の普及が求められている。その課題の解決のためには、個々の省エネルギー要素技術の効果の明確化、統合した場合におけるエネルギー消費量推計精度の向上、といった具体的課題の克服のための技術開発が必要となっている。本研究では、統合化技術構築の際に欠落していると考えられる外皮系及び設備系の要素技術に係わる評価技術開発を行うとともに、統合的設計法のフレームワークについて検討を行うことを目的とした。

建築外皮側の要素技術として、外皮構造体の断熱・気密性確保技術及び間仕切壁等内部仕切りの気密性確保技術、自然通風による排熱及び室内気流形成、日射遮蔽外皮による日射取得量の低減技術等を行った。

設備側の要素技術として、空調システムの部分負荷時効率向上に関わる問題点の抽出と解決策の検討に着目し、パッケージ型空調機の部分負荷特性の測定等を行った。また、集合住宅の共用部設備のエネルギー消費の実態及び削減可能性に関する調査検討等を行った。

統合技術としては、建物使用条件、立地及び気象条件を踏まえた、建築外皮と設備を最適に組み合わせる省エネルギー設計プロセスについて検討を行った。

3. 研究の方法

研究は、建築の主たる構成要素である「①外皮系」及び「②設備系」の各々の主要要素技術に関する取り組みと、「③外皮と設備の統合」に関する取り組みによって構成させた。

①外皮系

1) 自然通風による排熱及び室内気流形成

自然通風時における気流及び温湿度分布の解析(実験による数値計算手法の検証、数値計算による諸条件の分布に及ぼす影響の評価)を行う。さらに、建物壁面に作用する風圧分布に詳細予測手法の整備のため、大型境界層風洞において模型実験を行う。

2) 日射制御による冷房負荷の抑制技術の精度向上

開口部の日射侵入率計測法を用いて、代表的日射遮蔽部材の模型を製作し(可能であれば極力実大模型を使用)、現有のセリランプを用いた装置において日射侵入率の実験評価を行う。

3) 外皮の断熱及び結露に係る耐久性維持手法の検証

代表的断熱施工方法を対象とした外皮断熱防露性能の評価及び設計法の作成を行う。

②設備系

1) パッケージ型空調機の部分負荷特性の測定

パッケージ型空調機の代表的機種に関する部分負荷時及び外気温条件による成績係数の変化を捉える目的で実験室実験を行う。

2) 動的熱負荷計算による部分負荷発生頻度の推定予測と部分負荷効率低下によるエネルギー消費への影響の検討

内部発熱量、外皮断熱日射遮蔽特性、立地及び気象条件、空調方式の各条件を加味した空調等部分負荷発生状況を対象とした熱負荷計算を用いた解析を行う。また、熱源等の部分負荷特性による空調用エネルギー消費量への影響及び実態エネルギー効率に関する解析を行う。

3) 照明、事務機器等からの発熱負荷量の現状と設計物件における予測方法の検討、発熱量抑制のための機器選定方法の整備

照明、OA機器、その他機器による発熱量の予測と抑制手法に関する調査を行う。

③外皮と設備の統合化

1) 建物使用条件等による負荷への影響と負荷変動の設備効率に及ぼす影響への対策

気象条件や内部発熱等の建物使用方法により変化する負荷に対応するための設備計画手法に関して検討する

2) 自然通風・外気冷房による冷房負荷低減手法

自然換気通風手法を採用する場合の HVAC システムの設計方法について検討を行う。

3) 負荷削減手法及び熱源設備等の最適化手法の総括

本研究における検討結果を総括して、省エネルギーの実効性を向上させるための建築に係る外皮及び設備計画手法の枠組みに関する作成提案する。

4. 研究成果

研究成果のうち、主なものに以下に概要を示す。

(1) 自然通風による排熱及び日射遮蔽に関する評価設計方法

通風のための措置を勘案して冷房設備の一次エネルギー消費量を算定するために、通風による排熱効果を見込んだ冷房負荷計算を行った。一般に、通風が冷房負荷に及ぼす影響を精緻に算定することは容易ではないため、効果の過大評価の回避を考慮しつつ、仮定を設け計算をすすめた。

複雑な要因を考慮して通風の効果を評価検討することは、数値流体計算や換気回路網計算を用いることで可能となるが、設計実務

者には複雑で実務上現実的な評価法とはなっていない。そのため、簡易に通風の効果を検討するためにいくつかのモデル化・仮定を導入し、通風の負荷削減効果の有無を判定するための要件の整理を行った。通風の効果の有無は、想定した通風経路上に位置する開口部の開放可能な面積比(対象居室の床面積に対する開口部の開放可能な面積の比)を確保できるかどうかの通風措置の有無によって判定することとし、①無分岐を想定した通風経路上での評価に限定、②通風時には一定の通風量が室内に導入されるという負荷計算上の仮定、③一定の外部風速の設定、④通風経路上の開口部間に作用する妥当な風圧係数差の選定、⑤内外温度差による流入出を考慮しない、といった仮定を設け検討を進めた。一方で、開口部の日射遮蔽性能と通風性能の両性能の相互関係に関する実験を実施するとともに、窓開閉操作やエアコン使用など居住者の行為を機械的に再現した方法によって、通風による冷房エネルギー消費削減効果の評価を行った。この研究の成果は、2009年4月に施行された戸建住宅のための新たな省エネルギー基準における通風の冷房エネルギー消費削減効果の評価に反映させることができた。

(2) 風圧係数データベース改良整備

比較的規模の大きな業務用建築に作用する風圧に関しては、着目する建物と遮風する建物の相対的位置及び風向を変化させた風洞実験を実施した結果に基づき、単独条件下における風圧係数より遮風条件下における風圧係数を予測する手法について検討を行って、風圧低下量に関する関数の特性を明らかにした。

また、小規模建物に係る遮風条件下における風圧係数の予測についても風洞実験を実施し、次のような結果を得た。すなわち、1)隣棟間隔が狭くなる、すなわち建物密度が増大すると壁面の風圧係数が低下するが、風下壁面についてはさほど大きな差異は生じない。2)建物密度の変化に対する風上風下壁に作用する風圧係数は、住宅群が高密度化すると両者ともに各々ある値に漸近する。3)風上風下壁間風圧係数差に対して、壁と屋根の間の風圧係数差は2倍近い。4)配列方法に違いはあるものの、同一密度においては同程度の風圧係数差の変化を示す。5)切妻屋根を有する小規模建物に作用する風圧係数の建築密度に対する風向別評価法の検討の結果、単独建物における風圧係数差に対し住宅群の地域密集度に依存させる方法には可能性がある。

(3) パッケージ型空調機の部分負荷特性測定

運転負荷、外気温度とCOPの関係、ならびに室内機運転台数がCOPに与える影響について実験を実施し検討した。その結果、負荷調整が冷媒流量によることが明確になり、冷媒

温度と流量を同時に調整するルームエアコンと比較した場合、負荷率とCOPの関係が大きく異なることが明らかになった。また、ルームエアコンでは吹出し風量の増加と共にCOPが上昇する傾向があるが、ビルマルチエアコンにおいては複数の室内機の一部のみ運転する場合にはCOPが低下することがわかった。例えば暖房時にルームエアコンでは風量の増加により凝縮温度を下げることでCOPが向上する要因となるが、ビルマルチでは凝縮温度の調整を行わず液温の低下を招くためCOPが悪化する可能性がある。部分台数運転時は冷媒流量が少なくこの影響が顕著であったと考えられる。

(4) その他の要素技術に関する検討

上述の検討結果以外に建物外皮の断熱及び日射遮蔽計画に関する設計施工法の検討、空調設備の熱源効率に関する調査、照明、事務機器等からの発熱負荷量の現状と設計物件における予測方法の検討、集合住宅共用部設備によるエネルギー消費量に関する調査分析¹⁾、発熱量抑制のための機器選定方法に関する調査を実施した。

(5) 建築外皮と設備の最適統合化設計施工手法

負荷削減手法及び熱源設備等の最適化手法の総括のため、蒸暑気候下の住宅を例に取り上げ、冷暖房、給湯、換気、照明、家電に係るエネルギー消費の削減を目的とした設計手法の作成に取り組み、設計法のフレームワークについて検討した。小規模建物を対象とした統合的設計手法の枠組みを規格化することを試みた。

また、本研究を通じて、建築省エネルギー性能向上のための統合的設計法開発と普及のための基礎となる調査検討を行った。統合化されるべき要素技術を対象とした等しく公正な評価方法の用意されていることが重要であり、そのために欠落している優先順位の高い評価技術開発を行うとともに、設計法の規格立案を通じ、統合的設計法のフレームワークに関する提案を行うことができた。同フレームワークに関して、国際標準機構のTC205 建築環境設計技術委員会において、研究代表者をプロジェクトリーダーとして規格案を提案することができた。

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) 小林美和, 澤地孝男, 倉山千春, 西澤繁毅, 瀬戸裕直, 井上 隆, 成田健一: 通風と日射遮蔽の両面からみた日射遮蔽部材の評価, 日本建築学会環境系論文集, NO. 613, 57-63, 2007年3月

- 2) Takao Sawachi, Shigeki Nishizawa, Hiromi Habara, Hisashi Miura: Estimation on the Effectiveness of the Cross Ventilation as a Passive Cooling Method for Houses, The International Journal of Ventilation, Vol.7, No.2, P179-, September 2008
- 3) 羽原宏美, 三浦尚志, 細井昭憲, 西澤繁毅, 澤地孝男: 夏期及び中間期における通風冷房行為の再現によるRC集合住宅の室内温熱環境及び冷房消費電力に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, No. 633, 1321-1329, 2008年11月
- 4) 佐藤順子, 須田礼二, 田島昌樹, 澤地孝男, 桑沢保夫, 野村 聡: 集合住宅の属性別にみた共用部エネルギー使用量に関する分析, 日本建築学会環境系論文集 NO. 641 P. 837 2009年7月
- 5) Takao Sawachi, Shigeki Nishizawa, Hiromi Habara and Hisashi Miura: Estimation of Cooling Energy Reduction by Utilizing Cross-Ventilation in Detached Houses, within Japanese Newly Introduced Energy Regulation—Estimating Energy Consumption for Different Uses, Vol.8 No.3, P216-, December 2009
- 6) Takao Sawachi as project leader in ISO/TC205: “Framework of the design process for energy-saving single-family residential and small commercial buildings with the energy consumption ratio as a criterion”, January 2010, International Standard Organization
- 7) 齋藤宏昭、福田清春、澤地孝男、庄司秀雄: 等温条件下における木材腐朽の進行と予測モデルの検証、日本建築学会環境系論文集 NO. 655 2010年9月 (掲載決定)

[学会発表] (計3件)

- 1) Takao Sawachi, Hisashi Miura, Hiromi Habara, Masayuki Mae and Yasuo Kuwasawa: Experimental Lifestyle Simulation Aimed At Validating Various Energy-saving Technological Elements Including Micro Cogenerations, First International Conference and Workshop on Micro-Cogeneration Technologies and Applications, National Arts Centre, Ottawa, Ontario, 28 April-2 May, 2008 (査読あり)
- 2) Takao Sawachi, Hisashi Miura, Hiromi Habara, Yasuo Kuwasawa and Masayuki Mae: Experimental lifestyle simulation for validating energy-saving techniques, The 29th AIVC Conference (Kyoto), 14-16 October, 2008 (査読あり)
- 3) Takao Sawachi, Hisashi Miura, Akinori Hosoi, Hiromi Habara: Actual Effectiveness

of Heat Pump Systems for Energy Conservation in Buildings, 2010 International Symposium on Next-generation Air Conditioning and Refrigeration Technology, 17 – 19 February 2010, Tokyo, Japan

[図書] (計1件)

国土技術政策総合研究所・建築研究所監修「自立循環型住宅への設計ガイドライン (蒸暑地版)」、(財)建築環境・省エネルギー機構刊、2010年

6. 研究組織

(1) 研究代表者

澤地孝男 (Takao Sawachi)
独立行政法人建築研究所・グループ長
研究者番号: 10344003

(2) 研究分担者

桑沢保夫 (Yasuo Kuwasawa)
独立行政法人建築研究所・上席研究員
研究者番号: 30251341
丸田榮藏 (Eizo Maruta)
日本大学生産工学部・教授
研究者番号: 30059919
細井昭憲 (Akinori Hosoi)
熊本県立大学環境共生学部・准教授
研究者番号: 40433411
成田健一 (Ken-ichi Narita)
日本工業大学建築学科・教授
研究者番号: 20189210
堀祐治 (Yuji Hori)
富山大学芸術文化学部・准教授
研究者番号: 70432119
三木保弘 (Yasuhiro Miki)
国土技術政策総合研究所・主任研究官
研究者番号: 90356014

西澤繁毅 (Shigeki Nishizawa)
国土技術政策総合研究所・主任研究官
研究者番号: 50360459
三浦尚志 (Hisashi Miura)
国土技術政策総合研究所・主任研究官
研究者番号: 40414966
田島昌樹 (Masaki Tajima)
国立保健医療科学院・室長
研究者番号: 90391680

(3) 連携研究者

瀬戸裕直 (Hironao Seto)
独立行政法人建築研究所・研究員
研究者番号: 99999999
倉山千春 (Chiharu Kurayama)
国土技術政策総合研究所・主任研究官
研究者番号: 90356006