

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630236

研究課題名(和文)冬暖かい省エネ型住宅「京町家」の可能性検討

研究課題名(英文)pursuing a warm and energy saving house 'kyo-machiya'

研究代表者

銚井 修一 (HOKOI, Shuichi)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80111938

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文):本研究では、a)京町家の伝統的な形式・形態を維持した上での断熱、b)土壁、坪庭の熱容量と開口部の開閉による室温制御、c)縁側の開閉調整による日射と外気の取入れ・遮断による室温制御、d)坪庭への散水による蒸発冷却効果、e)室温に対する個人の好みの違いを許す暖房の考え方、f)ライフサイクルにわたるエネルギー使用への助成制度の可能性について検討することを目的とした。京都市に建つ京町家モデル住宅を対象として種々の測定と解析を行い、夜間蓄熱の効果、ドラフトの関係、通風に及ぼす建具の影響、散水冷却効果などを明らかにした。

研究成果の概要(英文):This research was aimed at investigating the following issues; a) thermal insulation keeping the original traditional building style and structure, b) control of room temperature by making use of thermal capacity of mud walls and by open/close of the windows and doors, c) control of solar radiation and air exchange by open/close of open corridor (Engawa), d) evaporative cooling by spraying water in an inner garden, e) heating and cooling allowing for an individual lifestyle, f) possibility of a subsidy system for energy usage. A Kyo-machiya-style model house was investigated. The indoor climate and energy consumption were measured and analyzed, and the effect of night-time ventilation and thermal storage, relationship between atrium and cold draught, influence of fittings on ventilation, evaporative cooling effect by water spraying were clarified.

研究分野：工学

キーワード：京町家 可動建具 吹き抜け 土壁 散水 ライフスタイル

## 1. 研究開始当初の背景

京町家の存続は重要な課題であり、京都市は「平成の京町家」の提案、それを推進する「平成の京町家コンソーシアム」を設立し、地場産材の活用とともにその保存・継承を目指している。しかし、冬の寒さに代表されるように、京町家の室内環境は決して良好とは言えない。それと表裏の関係にあるが、暖房により適当な室温を得ようとするとエネルギーを多用せねばならず、長期優良住宅などの助成を得ようとすると、真壁の土壁の断熱性・気密性の悪さがネックとなる。また、半屋内半戸外空間である縁側の熱性能の悪さも、室内環境と省エネルギーの観点において伝統的町家の存続を難しいものとしている。

一方で、伝統的な暮らし方や文化財としての価値の観点から京町家を例外とみなす考え方もあるが、地球環境時代の省エネルギーは必須であり、伝統的建物を除外するのは妥当ではない。また京町家にあった暮らし方があるとしてライフスタイルが然々されるが、室内環境が良好でなければ高齢者は勿論のこと若い世代にとっても健康・快適の点で魅力のないものとなる。京町家が限られた高い意識を持った人々のみが受け入れられるものならば、その継承は難しい。健康で省エネなライフスタイル形成を可能にして初めて現代における京町家となり得るであろう。

## 2. 研究の目的

本研究では、

- 京町家の伝統的な形式・形態を維持（積極的に利用）した上での断熱
- 土壁熱容量と開口部の開閉による室温制御
- 縁側の開閉調整による日射と外気の取入れ・遮断による室温制御
- 坪庭への散水による蒸発冷却効果
- 室温に対する個人の好みの違い、部分暖房を許す暖房の考え方
- ライフサイクルにわたるエネルギー使用への助成制度の可能性について検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

- 京都市に建つモデル住宅を主たる対象として、建物の熱特性を測定により同定した後、種々の制御（開口部の開閉）実験、散水実験を行い、その結果に基づき気密性・断熱性向上策を探る。
- 典型的な京町家を想定し、縁側、土壁、土間、坪庭など京町家の温熱環境上キーとなる要素を組み込んだ温湿度解析用シミュレーションプログラムを作成する。
- (2)のプログラムを用いて、断熱や開口部の開閉制御などによって暖冷房をしなくてよい期間と時間をどれ位延長できるか、冬の室温をどの程度にすることができるかを明らかにする。
- 文献調査および専門家へのヒアリングにより、助成のあり方および実現の可能性検討

を行う。

### 平成25年度

(1) 京町家モデル住宅の熱特性測定と種々の制御実験、エネルギー使用量調査

・実施場所：京都市塩小路河原町に建つ京町家モデル住宅を主たる対象とし、西陣の伝統的京町家においても通風の測定を行った。

・京町家モデル住宅の熱特性測定と種々の制御実験

・床暖房調査

・坪庭への散水実験

(2) シミュレーションプログラムの作成

縁側、土壁、土間、坪庭など京町家の温熱環境上キーとなる要素を組み込んだ温湿度解析用シミュレーションプログラムを作成し、室内温熱環境、エネルギー消費量を査定した。

(3) 助成制度の在り方に関する調査・ヒアリング

### 平成26年度

(1) 個人差、部分冷暖房の実験

最適制御に基づく生活スタイルの可能性検討

(2) シミュレーションプログラムの展開

・実測とシミュレーション結果より、建具の改善提案を行う。

(3) 新たな助成制度の提案

## 4. 研究成果

### (1) 測定・解析対象

京都市塩小路河原町に建設された京町家モデル住宅および西陣の京町家を測定対象として、京町家モデル住宅の熱特性測定と種々の制御実験、特に吹き抜け空間がコールドドラフトと通風に及ぼす影響の測定、坪庭への散水実験、さらに省エネ性・室内環境性能の評価を行った。

### (2) 吹き抜け空間がコールドドラフトに及ぼす影響の測定

① モデル住宅における冬季の室内温熱環境と気流状態に関する実測調査を行い、吹き抜け空間および室内建具の開閉がそれらに与える影響をエアコン運転との関連で検討した。



写真1 吹き抜け  
(階段室周り)

### ② 測定結果

・エアコンからの温風は吹き抜け（階段スペース）を上昇し、2階の冷気が階段を降下する。冷気流の風速は非常に大きい。

- ・冬季のエアコン暖房とドラフトに関しては、吹抜け空間である階段室の2階襖を閉めることで階段を下降する冷気流は部分的に弱くなる。
- ・エアコン暖房をする1階和室入口の上下での流入、流出空気の風速は大きい。
- ・2階襖を閉めることにより1階和室の天井付近と床面付近の温度差は4℃程度小さくなる。すなわち、吹抜けは冬季のコールドドラフトおよび暖房室の上下温度差の原因となるが、建具の使用により大幅に改善される。

### (3) 通風に及ぼす建具開閉の影響の測定と解析

①縁側の窓および襖の開閉が通風に及ぼす効果を西陣の京町家において測定した。

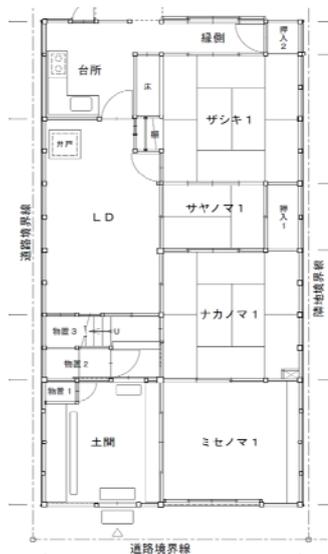


図1 西陣の町家の1階平面図



写真2 ミセノマへの外部風の流入



写真3 ミセノマから縁側への通風の測定

- ・1階ミセノマ窓付近では比較的安定した気流 (1.4~1.56m/s) が得られる。
- ・前面道路を車が通過すると、一時的に大き

- な気流が発生する。
- ・ナカノマ~サヤノマでは殆ど気流が無い。

②窓・襖の開閉が通風に及ぼす影響の解析  
モデル住宅の坪庭からの気流が和室、居間の通風に及ぼす影響をCFD解析により検討した。



写真4 和室に面する坪庭と襖・縁側

### 夏 室内建具と通風

● 解析結果 (室内建具の影響) ※床上60cmの風速分布

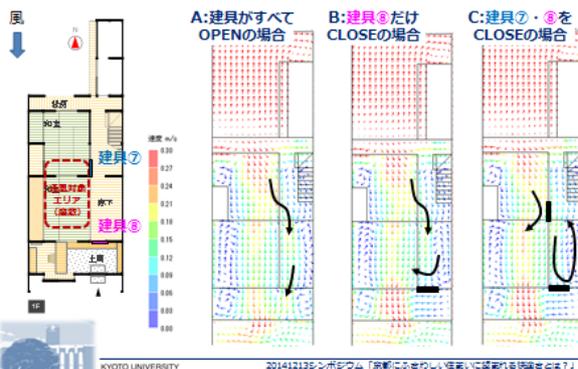


図2 居間と廊下の中の襖の開閉と気流分布

- ・通風を行う際には、家中の窓や建具の開閉のタイミングや通風の経路を適切に設定することにより、効率よく室内環境を調節することができる。全ての開口を開放するとかえって通風の効果は減ずる場合がある。

### (4) 土壁の熱容量の効果

①土壁仕様のモデル住宅において、夜間通風を行った場合の室内温熱環境を把握するための実測調査を行った。

②測定結果

- ・夜間通風を行った場合、1階室温は通常の開閉の場合と比べて夜間に2℃以上低くなる(図3)。
- ・その後の日中の室温上昇も抑えられ、外気温が30℃を超えても、室温は27℃程度である。
- ・通常の開閉の場合(日中開、夜間閉)、間仕切表面温度は西外壁表面温度よりも高いが、夜間通風を行った場合、間仕切表面温度の方が低くなる。

## 夏 窓開閉による夜間蓄冷

### ● 1階和室・縁側・廊下（階段）・床下の温度

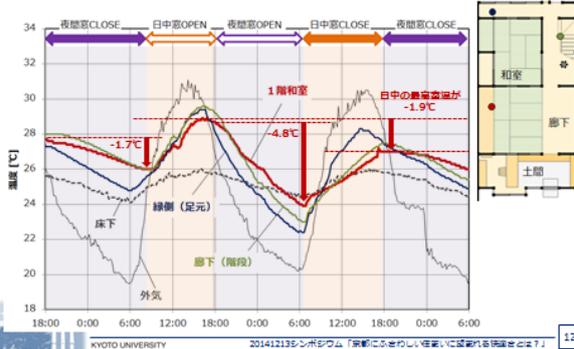


図3 窓開閉と室温との関係(夜間の蓄冷効果)

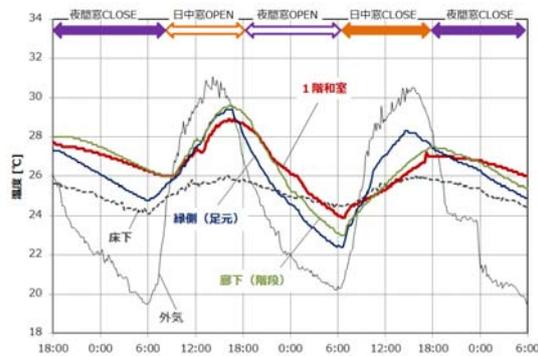


図4 窓開閉と室温との関係(夜間の蓄冷効果)

- ・夜間通風時、2階では1階よりも気流速度が大きい。吹抜けでは上昇気流、高窓では屋外へ排出される気流が観測され、上下方向の換気が行われている。
  - ・2階は日射の影響で南壁（無断熱）および屋根の表面温度が高く、夜間通風後の室温上昇は1階ほど緩和されない。
  - ・2階は夜間通風時に、上下温度差が大きい。
- ③夜間蓄熱効果の解析

京町家を想定したモデルを用いて熱解析を行い、夜間通風による躯体蓄冷が日中の室温上昇抑制に効果的であることを示した。

### (5) 坪庭への散水実験

①日射や降雨などの外界条件の影響を受け形成される坪庭（写真5）の温熱環境の特性を明らかにするために実測調査を行った。



写真5 モデル住宅の坪庭

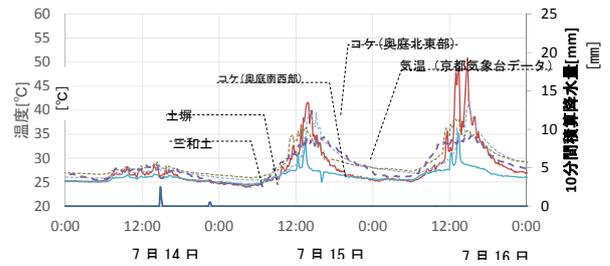
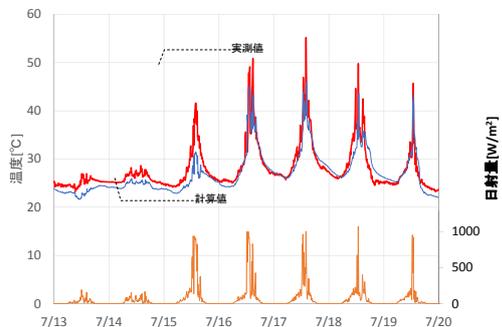


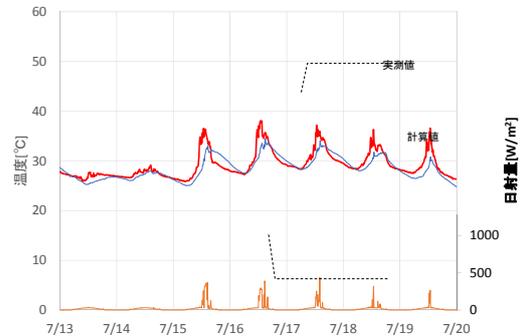
図5 奥庭各部の表面温度の測定結果

②次に、奥庭に対して散水実験を行い、打ち水が奥庭温熱環境に及ぼす影響を検討した（図6、図7）。

③さらに、数値解析により奥庭各部表面の熱水分性状および奥庭空間の気温の再現を行った（図6、7）。



(a) コケ表面温度（奥庭北東部）



(b) 土堀表面温度

図6 奥庭各部の表面温度の計算結果と実測値

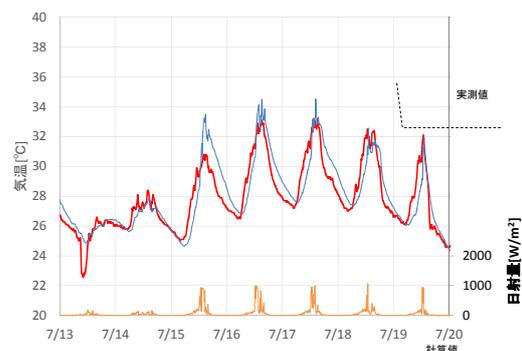


図7 奥庭空間の気温の計算結果と実測

#### ④測定および解析結果

- ・坪庭空間の温湿度は、コケ、植生、土、三和土、土壁などの庭を構成する材料と日射の当り方の違いにより複雑に分布し、水平、上下方向に非一様となる。付近の表面の温湿度に影響を受け、その程度は距離に近いほど大きい。
- ・直達日射が当たる場所の表面温度は高温となり、その付近の空気が暖められて気温が高くなる。
- ・散水を行うと、散水を行った場所の表面温度が低下し、それに伴い気温も低くなる。
- ・地盤内熱水分移動を考慮した解析モデルにより測定結果を良く再現することができる。
- ・奥庭空間の気温が低下すると、奥庭に面する室への熱負荷を低減することができる。
- ・奥庭に面する室への熱負荷を評価軸として、奥庭の最適利用方法および設計方法について検討を行った。

#### (6)室内環境とエネルギー使用量評価のためのシミュレーションプログラムの作成

典型的な京町家を想定し、縁側、土壁、土間、坪庭など京町家の温熱環境上キーとなる要素を組み込んだ温湿度解析用シミュレーションプログラムを作成した。土壁の熱容量の効果、隣家との境界壁の断熱性が及ぼす影響を明らかにした。生活スタイルを考慮し、断熱、蓄熱、開口部の開閉、日射制御を適切に行うことにより、京町家においても省エネルギー基準を満足できる可能性を示した。

#### (7)専門家へのヒアリング

京町家の設計、建設などに携わる専門家を対象として、建設に対する助成制度の在り方に関する調査・ヒアリングを行った。環境負荷削減に対しては、建設時ではなく運転時のエネルギー使用を考慮した助成の可能性、電力・ガスなどのエネルギー使用量の報告義務を前提とすることにより、個人のライフスタイルに応じた自由なエネルギー使用を認める可能性について検討した。

#### 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3件)

- (1) Chi-ming Lai, Shuichi Hokoi, Thermal performance of an aluminum honeycomb wall board incorporating microencapsulated PCM, Energy and Buildings, Vol. 73, PP. 37-47, 2014.
- (2) Chi-ming Lai, Shuichi Hokoi, C. J. Ho, Thermal performance of an innovative curtain-wall-integrated solar heater, Energy and Buildings, Vol. 73, PP. 37-47, 2014.
- (3) Hanita Abdul Majid, Nozomi Takagi, Shuichi Hokoi, Sri Nastiti N. Ekasiwi &

Tomoko Uno, Field survey of air conditioner temperature settings in a hot, dry climate (Oman), HVAC&R Research, Volume 20, Issue 7, pages 751-759, 2014  
DOI: 10.1080/10789669.2014.953845

##### 〔学会発表〕(計6件)

- (1) 新井康太、銚井修一、伊庭千恵美、蔡鶴惟、京町家の温熱環境改善および省エネルギー、日本建築学会大会学術講演会、PP65-66, 2013. 8. 30
- (2) 蔡鶴惟、銚井修一、伊庭千恵美、新井康太、吹抜けを有する住宅の室内温熱環境に関する研究 吹抜け上下建具の開閉が室内環境に与える影響、日本建築学会大会学術講演会、PP227-228, 2013. 9. 2
- (3) 蔡鶴惟、銚井修一・伊庭千恵美、住宅の環境緩衝空間の設計と制御、建築学会近畿支部研究報告集、建築学会近畿支部研究報告集、PP. 129-132, 2014. 6
- (4) 萩原可奈、伊庭千恵美・銚井修一、松岡大介、京町家における地中熱ヒートポンプを用いた冬季の温熱環境改善、建築学会近畿支部研究報告集、PP. 221-224, 2014. 6
- (5) 吉本衣里、銚井修一・伊庭千恵美、打ち水が建物周辺環境および室内へ及ぼす影響の検討、建築学会近畿支部研究報告集、PP. 325-328, 2014. 6
- (6) 新井康太、銚井修一・伊庭千恵美、蔡鶴惟、吉本衣里・萩原可奈、京町家の温熱環境改善および省エネルギー 一中間期・冬季の室内気流性状に関する実測調査一、建築学会近畿支部研究報告集、PP. 345-348, 2014. 6

##### 〔図書〕(計1件)

- (1) 木の住まい、分担、日本ぐらし館、2014年

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
銚井修一 (HOKOI SHUICHI) 京都大学・工学研究科・教授  
研究者番号：80111938
- (2) 研究分担者  
伊庭千恵美(IBA CHIEMI) 京都大学・工学研究科・助教  
研究者番号：10462342
- (3) 連携研究者  
( )  
研究者番号：