

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656349

研究課題名（和文）高温高湿地域の人々が選択する空調時室温の実態調査と気密住宅の提案

研究課題名（英文）Field Survey of Air Conditioner Temperature Settings in Hot, Humid Climate, and proposal of an air-tight house

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

研究成果の概要（和文）：インドネシア・スラバヤとマレーシア・クアラルンプールの住宅を対象として、日常生活状況やエアコン使用に関する意識調査と住宅の温湿度測定を行い、これらの地域の人々が現在どのような温湿度条件下で生活し、どのような温湿度を快適と感じているのかその実態を調べた。睡眠時に寒いと感じる低い設定温度を選択していること、またそのようなエアコンの運転に伴い様々な健康問題も生じていることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：A questionnaire survey on the use of air conditioners was carried out in houses in Surabaya, Indonesia, and Kuala Lumpur, Malaysia, to clarify what temperature and humidity levels people in these regions prefer in order to feel comfortable, with special focus on their sleeping environment. This was determined through survey responses and by measuring the thermal environments in their bedrooms. The survey results show that the respondents set their air conditioners at very low temperatures. They also show that more than half of the respondents reported a cold or cool thermal sensation while using the air conditioner. Many respondents also reported various health problems and feeling cold while they were sleeping.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築環境・設備

キーワード：高温高湿、エアコン、室温選択、実態調査、開放型住居、高温乾燥地域

1. 研究開始当初の背景

日本を含む欧米の空調設計では、温湿度範囲は 25～27℃、相対湿度 40～70%程度が快適性の観点で適当とされている。これは数多くの被験者実験の結果に基づくものであり、国際的にも認知されている。また人種・国などによって大きくは異なることも示されている。

一方で、クアラルンプールなど高温高湿の都市のホテル等では室温が非常に低く設定されており、我々日本人にとっても耐え難い状況をしばしば経験する。ただ、現地の人々

がこの低温を好んでいる可能性があること、両国民の好みの室温に違いがあることは、申請者らが以前に行ったインドネシアの住宅における小数例の調査でも示唆されている。上に述べた標準的な値よりかなり低い温度が選択されるか否かは、高温高湿な地域における今後の冷房（エアコン）の普及に伴うエネルギー消費の増加とその地球環境への影響、また低温に長時間曝される人々の健康への影響を考慮すると、看過できない重要な問題と考えられる。

2. 研究の目的

通常の空調設計では、快適な温湿度範囲は25～27℃、相対湿度40～70%程度とされている。しかし東南アジアなど高温高湿な地域で冷房が導入されている建物では、室温が非常に低く設定されている。これが現地の人々が好んで選ばれた結果なのかを、建物（室）の利用者が自身の好みに応じて設定温度を変更できる住宅を中心に、アンケート調査により明らかにする。住宅ではエアコンは先ず寝室に設置されることが多いため、就寝時における長時間の冷房使用が居住者の健康に及ぼす影響についても調べる。さらに、東南アジア諸国においては、今後エアコンが急速に普及すると考えられるため、現状の高温高湿地域における伝統的な開放型建物を念頭に、エアコンが導入される場合にエネルギー消費の少ない建物の設計法を提案する。

3. 研究の方法

マレーシア、インドネシアの住宅および非住宅建物における選択室温をアンケート調査するとともに、居住者の体温調査を行う。同時に、一部の住宅においては、住宅内の温湿度環境と冷房エネルギー使用量を調査する。

高温高湿地域における通風と開放型住居との関係、夜間から早朝にかけての比較的低温な空気を利用した夜間換気の適用可能性を検討する。エアコン使用時の室内温湿度と消費エネルギーの評価、気密性の有効性を評価するためのシミュレーションプログラムを作成し、その結果に基づき高温高湿地域に適した住宅を提案する。

研究内容は以下となる（括弧内は研究分担者・連携研究者および海外研究協力者を示す）。

(1) 空調時選択室温の調査（鈴木、宇野、Hanita, Nastiti）

① アンケートによる選択室温の調査（住宅）
マレーシア・クアラルンプールとインドネシア・スラバヤにおいて調査を行う。（海外研究協力者が所属する大学の）学生の家庭を検討対象とし、選択室温・所得・建物構造・家族構成などの基本的情報、エアコン使用に対する評価・健康について調べる。また、一部の学生とその家族に対して、体温調査を行う。

② アンケートによる選択室温の調査（非住宅）

マレーシア・クアラルンプールとインドネシア・スラバヤにおいて調査を行う。大学・高校などの教育機関を中心とし、オフィス・商店などに対象を拡げ、可能な限り多くのサンプルを集める。建物に関する基本的な情報（用途・面積・使用者の属性など）、設定室

温、空調消費電力などを調査する。

(2) 住宅内の温湿度調査（Hanita, Nastiti、宇野、小椋）

① アンケート調査対象住宅の中から数軒を選択し、特に寝室と居間の温湿度を測定する。

② 電気エネルギーの使用量を調査する。

③ 居住者の健康状態のヒアリングと体温測定を行う。

(3) 高温高湿地域に適した住宅の提案（宇野、鈴木）

① 高温高湿地域における通風と開放型住居との関係、夜間から早朝にかけての比較的低温な空気を利用した夜間換気の適用可能性検討、エアコン使用時の室内温湿度と消費エネルギーの評価、気密性の有効性評価などのためのシミュレーションプログラムを作成する。

② エアコンによる消費エネルギーを削減するため、気密部位とエアコン運転を最適化する。

(4) 研究計画を遂行するための研究体制

アンケート調査票の原案は鈴木が作成し、Hanita（マレーシア・国際イスラム大学・准教授）とNastiti（インドネシア・スラバヤ工科大学・准教授）がそれぞれの国の実情を考慮して改訂する。アンケートの配布、居住者や建物オーナーへの説明、回収については、HanitaとNastitiが勤務する大学の学生に協力依頼する。また、住宅の温湿度やエネルギー消費量の調査には、日本から小椋が参加して行う。住宅の温湿度、エアコンのシミュレーションについては宇野が、最適な住宅の設計については宇野と鈴木が中心となって行う。

4. 研究成果

(1) 得られた主な成果

① 電気代：スラバヤでは、61%以上がRp500,000（約5,130円）以下であるが、Rp500,000以上使用している家庭が39%もある。クアラルンプールでも、RM100-200（約2,890～5,780円）付近に集まっているが、RM200-400（約5,780～11,560円）使用している家庭も27%を占めている。家計所得と比べると、両国とも収入に占める電気代の割合は高いと言える。

② 各寝室の利用者：どちらの国においても「1人」が最も割合が高く、「1人」もしくは「2人」で使用が95%以上を占めた。従って、各人がエアコンの設定温度を比較的自由に選択できる環境であったと考えられる。

③ エアコンの普及状況（図1）：エアコンの導入は年とともに急激に増加しており、2005年から2009年の期間が67%と圧倒的である。今後も益々エアコンが普及すると予想される。

④ エアコンの設置場所と使用時間（図2）：

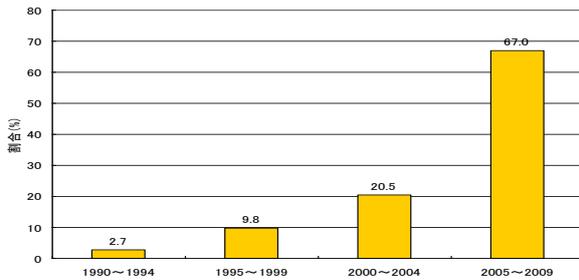


図1 エアコンの普及状況 (スラバヤ)

どちらの都市でも所有されているエアコンの約80~90%が寝室に設置されている。残りはほぼリビングルームである。平均使用時間は、スラバヤ10時間、クアラルンプール9.1時間で非常に長い。

⑤エアコンの設定温度(図3)と温冷感(図4)：設定温度については、両都市とも18℃付近と25℃付近にピークを持つ2山分布になっている。設定温度の平均は、スラバヤ21.6℃、クアラルンプール21.1℃となった。睡眠時の設定値としては非常に低い温度と考えられる。

温冷感に関しては(図4)、スラバヤとクアラルンプールで傾向に違いが見られた。スラバヤでは半数以上がcoldと答え、coldとcoolを合計すると90%以上を占めている。一方、クアラルンプールでは最も割合が多いのはcoolであり、coldの割合はneutralの

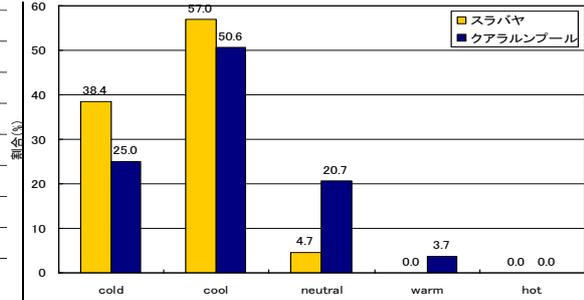


図4 温冷感の分布

割合よりも低くなっている。平均値を求めると、スラバヤ1.5(寒い1~暑い5)、クアラルンプール2.1となる。

⑥健康問題：健康被害の有無については、両国とも「なし」の回答が多いが、インドネシアでは約半数の45.7%、マレーシアでは27.0%の家庭で何かしら問題が起きている。具体的な症状(自由記入)としては、「乾燥する」、「寒気」、「気分が悪くなる」等が多かった。

⑦温冷感(図5)：スラバヤでは約95%、クアラルンプールでは約75%がcoldもしくはcoolと答えている。hotと答えた人は1人もいない。

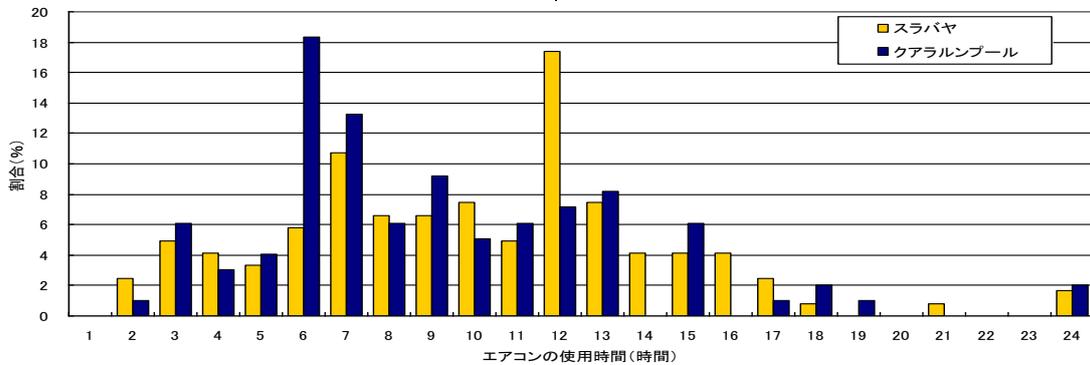


図2 エアコンの使用時間の分布

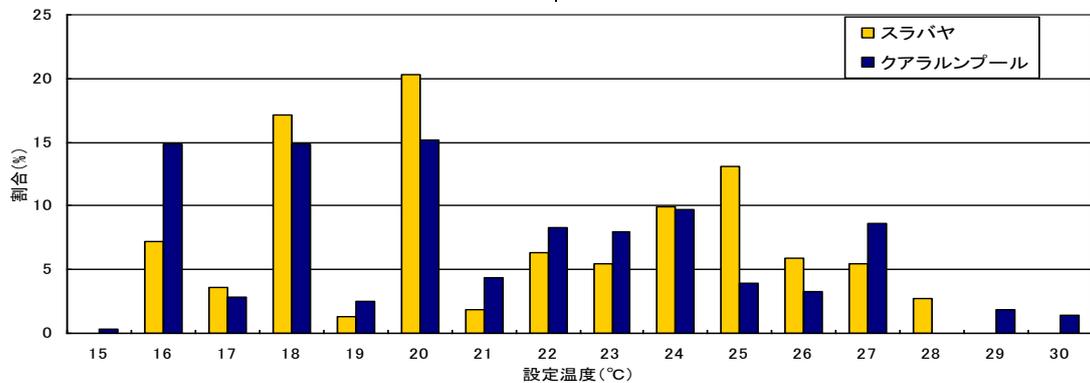


図3 エアコンの設定温度の分布

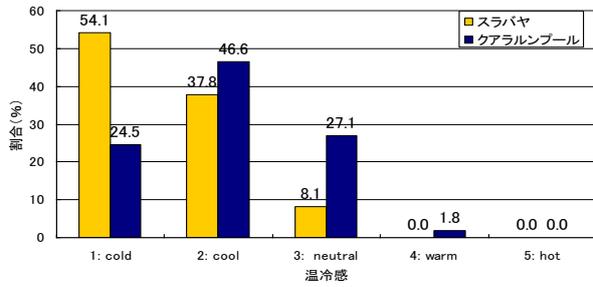


図5 温冷感の分布

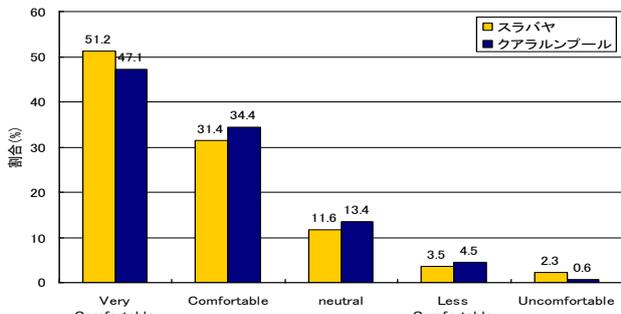


図6 快適感の分布

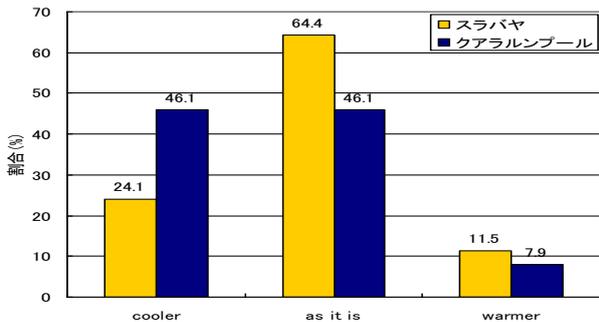


図7 より好ましい温度の分布

⑧快適感(図6): どちらの都市でも very comfortable が最も高い割合となり、その値はスラバヤ 51.2%、クアラルンプール 47.1% でどちらも半数に近い。続いて comfortable、neutral、less comfortable、uncomfortable と快適な方から割合が減少する。温冷感では、cold と答えた割合はスラバヤで約 40%、クアラルンプールでも 25%ほどあったが、快適感の very comfortable と comfortable の割合を足すと 80%を超える。このことから、寒いと感じられているが、大半の寝室で満足の得られる温熱環境が形成されていることがわかる。現在の睡眠時の環境に不満を持っている人はほとんどいない。

⑨より好ましい温度(図7): スラバヤでは「現状のままでいい」が約 64%で一番高く、順に「涼しくしたい」、「暖かくしたい」となり、割合はそれぞれ 24.1%と 11.5%となっている。クアラルンプールでは「涼しくしたい」と「現状のままでいい」という意見が同率で多く、この2つで 90%以上を占めている。上記の温冷感の結果では cold がスラバヤでは約 40%、

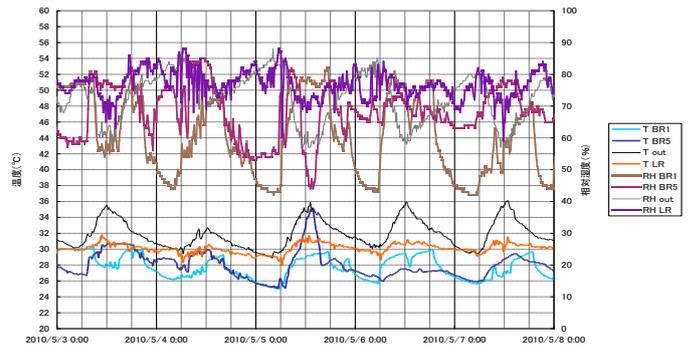


図8 L宅の温湿度

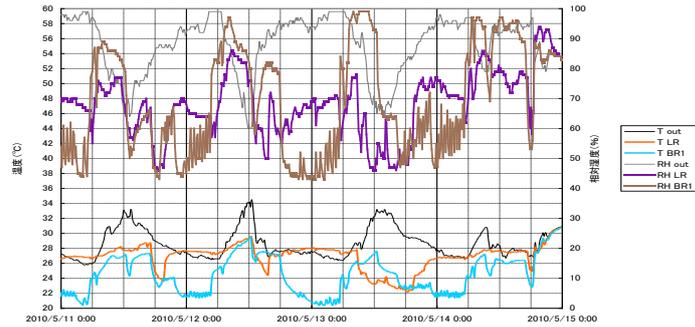


図9 R宅の温湿度

クアラルンプールでは 25%あるが、「暖かくしたい」と答えた割合は 10%程度しかない。

⑩スラバヤにおける住宅の温熱環境

13 軒の室内温湿度の測定結果から代表的なものとして、4・5月に測定した住戸から2軒を選び、図8、図9に示す。全体の傾向として、エアコンは主に夜間睡眠時に寝室で使用されており、朝エアコンが切られるまで室温は下がり続けている。寝室の使用者が望む温度まで室温が十分に下がっていないと推定される。その原因としては、住宅の気密性・断熱性が悪い、部屋のサイズに見合ったエアコンを使用していない、などが考えられる。

(2)国内外における位置付けとインパクト

高温高湿地域で冷房(エアコン)がある生活を前提とした場合に選択される室温が、日本などと異なりかなり低温であることを実態調査に基づき明らかにした研究はこれまでは無く、新しい成果であると考えられる。

得られた結果は、近年 ASHRAE などで取り入れられている Adaptive comfort との対応を検討するうえでも興味深く、温熱感が形成される要因に関する基礎的研究への関心を喚起するものと考えられる。年間を通して暑い地域にエアコンを導入すると、更に低い温度を選択するという結果であり、社会生活とそれを形成する気候が人間の生理・心理的挙動を変えることになり、日常生活へのエアコ

ンの登場は大変危険な社会的・生理心理実験をしていると言える。

マレーシアなど高温高湿地域においては通風を重視した開放型の住居、建物が常識となっているが、そのような建物に冷房を導入すると、漏気によりエネルギーが浪費される。高温高湿地域における開放型建物に代わる密閉型の建物の提案と、それに基づき快適性の確保と省エネルギーを図ろうという提案は、これまでに無い考え方である。これは伝統的な建物の捉え方を変えるばかりでなく、その国、地域の文化にも影響を与える可能性を有している。本研究の成果は、快適性、エネルギー消費を考慮した地球環境時代に適した住まい方と、生活のあり方の提案につながるものと言える。

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 5 件)

(1) Shuichi Hokoi, Daisuke Ogura, Xiuzhang Fu, and Yong Rao, Field survey on energy consumption due to hot water supply and cooking in Nanjing and Hefei, China, *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 2, PP. 51-57, 2013. 査読有

(2) Sri Nastiti N. Ekasiwi, Noor Hanita Abdul Majid, Shuichi Hokoi, Daisuke Oka, Nozomi Takagi and Tomoko Uno, Field Survey of Air Conditioner Temperature Settings in Hot, Humid Climates, Part 1: Questionnaire Results on Use of Air Conditioners in Houses During Sleep: *J. of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 12, No. 1, PP. 141-148, 2013. 査読有

(3) Mochidome Takashi, Hokoi Shuichi, Ogura Daisuke, Takamura Masahiko, Suzuki Jun, Improvement of thermal environment and reduction of energy consumption for cooling and heating by retrofitting windows, *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 2, PP. 51-57, 2013. 査読有

(4) Tomoko Uno, Shuichi Hokoi, Sri Nastiti N. Ekasiwi and Noor Hanita Abdul Majid: Reduction of Energy Consumption by AC due to Air Tightness and Ventilation Strategy in Residences in Hot and Humid Climates, *J. of Asian Architecture and Building Engineering*, Vol. 11, No. 2, PP. 1-8, Nov. 2012. 査読有

(5) Yu Hibino, Shuichi Hokoi, Katsuaki Yoshida, Satoru Takada, Masanori Nakajima, Miho Yamate, Thermal physiological response to local heating and cooling during sleep, *Frontiers of Architectural*

Research, Vol. 1, PP. 51-57, 2012. 査読有

[学会発表] (計 3 件)

(1) 高木のだ美、銚井修一、暑熱乾燥地域に居住する人々が選択する空調時の室温に関する実態調査、日本建築学会大会学術講演会名古屋大学、PP. 411-412, 2012. 9. 14

(2) 高木のだ美、銚井修一、暑熱乾燥地域に居住する人々が選択する空調時の室温に関する実態調査、平成 24 年度日本建築学会近畿支部研究発表会、大阪・大阪工業技術専門学校、No. 52, PP. 241-244, 2012. 6. 16.

(3) 高木のだ美、銚井修一、岡大輔、宇野朋子、蒸暑地域に居住する人々が選択する空調時の室温に関する実態調査、生気象学会、京都女子大学、2011. 11. 3.

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

小掠 大輔 (OGURA DAISUKE)
京都大学・工学研究科・准教授
研究者番号：60283868

(3) 連携研究者

()