

国際科学技術共同研究推進事業

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「低炭素社会の実現に向けた先進的エネルギーシステムに関する研究」

研究課題名「パリ協定による 2030 年目標に向けた高温多湿気候下の
インドネシアにおける低炭素アフォーダブル集合住宅の開発」

採択年度：令和元年（2019年）度/研究期間：5年/

相手国名：インドネシア

令和2（2020）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2021年4月1日から2026年3月31日まで

JST 側研究期間^{*2}

2019年6月1日から2025年3月31日まで

（正式契約移行日2020年4月1日）

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）

*2 開始日=暫定契約開始日，終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者： 久保田 徹

広島大学大学院先進理工系科学研究科・教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

(1) 研究の主なスケジュール (表1)

表1 研究全体のスケジュール

Output	2019年度 (10ヶ月)	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
1. Urban climate - 都市気象の将来予測 - 標準年気象データの構築	気象データ、土地利用データの収集、気候区分図の作成	JST研究期間	気象庁と連携した詳細気象観測日射量推計モデルの開発 将来の土地利用条件下における気象予測	現在と将来の標準年気象データの構築	現在・将来の標準年気象データ(主要都市)		
2. Human - 人体熱モデルと熱的快適性の適応モデルの開発 - 住宅内の空気質と居住者の健康	熱帯地域を対象とした既往調査のレビュー、データ収集、着衣に関する全国調査		大規模調査(温熱環境、生理、意識)IAQと健康に関する全国調査	温熱快適性の定義 温熱快適性の評価法の具体化	熱的快適性の広域実態調査 提案モデルの妥当性の検討 室内空気質に関するCFD解析	基準/ガイドラインの策定	
3. Building - ヴァナキュラー建築におけるパッシブ技術の再評価 - 蒸暑地域に適應するクーリング技術の開発 - Tegall市における実装プロジェクト	社会経済予測、気候区分図の作成、標準住宅モデルの設計(共同)	土着的建築における実測	各建築技術の導入効果の感度分析(実測・シミュレーション)	Tegall実験住宅①を用いた実測	プロトタイプ作成、環境・エネルギー評価(4と共同)	基準/ガイドラインの策定 改修実測	
4. Energy - 資材インベントリ調査 - 運用エネルギー消費量調査 - ライフサイクルエネルギー・CO ₂ 排出量分析	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	資材データの収集、インベントリ分析	目標年における建設コスト、省エネ/CO ₂ 削減目標値の設定	運用時エネルギー消費データの収集、分析	現在と将来のLCA:ベースライン 低炭素目標を基準とした開発技術の評価、フィードバック	開発技術の評価	
5. Implementation - 既存の基準・ガイドラインのレビュー - SNIへの反映 - 基準・ガイドライン化	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	公共集合住宅に係る省エネ・低炭素に関する既存の建築基準・ガイドラインのレビュー		実験住宅②の建設	既存のインドネシア国家規格(SNI)に新規・改訂として盛り込む	国家規格(SNIs)	

* 新型コロナウイルスの影響で研究全体を変更した(研究内容に大きな変更はない)。

(2) プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

2020年1月19日より詳細計画策定調査を実施し、1月21日にM/Mの署名を完了するとともに、1月24日付けでR/Dを締結した。また、2月21日付けで、広島大学ーPuskim間のCRAを締結している。しかし、周知のとおり、締結直後から新型コロナウイルスによる影響が深刻化し、3月以降でインドネシアー日本間の渡航が完全にストップしており、研究全体に大きな影響を及ぼしている。なお、日本人研究者による渡航ができないため、2020年10月8日実施のインドネシア側との準備会合においてJICAによる国際共同期間は延期されることとなった(2021年4月1日より開始)。こうした状況にあつて、研究面では、数値シミュレーションなどの日本だけで実施可能な研究活動を前倒して実施したり、あるいは、対面で行う予定であったアンケート調査をオンラインで実施するなどして、全体の計画が遅延しないよう出来る限りの調整を行った。研究者間での打ち合わせは、すべてオンラインに変更したが、当初の計画以上の頻度で打ち合わせを実施している。しかし、本プロジェクトの殆どの研究活動は現地調査によるものであるため、渡航できないことの影響は非常に大きく、多くの研究課題では、研究計画の一部をそのまま1年間後ろ倒しにする必要が生じている(表1参照)。また、新型コロナに加えて相手国対象機関の改組の影響もあり、機材の輸入手続きも大きく遅延し、インドネシアへの輸入完了は2021年4月末となった。しかし、そもそもインドネシアへの渡航ができない状況のため、この機材到着の遅延による研究進捗への影響はない。

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト (公開)

(0) プロジェクト全体

一時、離脱をしていたアメリカがパリ協定に復帰した。これを機に、2021年4月開催の気候変動サミットでは、各国首脳がこれまで以上に野心的な温室効果ガス削減目標を掲げるに至っている。現在、人口爆発が続くほとんどの都市は新興・途上国、とりわけ熱帯地域の新興国に立地している。従って、特に熱帯地域の新興・途上国

【令和2年度実施報告書】【210531】

における低炭素社会の実現が地球規模課題として極めて重要といえる。建築分野に関わる二酸化炭素排出量は、世界全体の排出量の1/3程度を占めると言われている。アジア新興国の実情に合った低炭素型住宅の開発が強く望まれるところである。

各研究課題の具体的活動計画には大きな変更が生じたものの、プロジェクト全体の目標には変更はない。現在の評価目標シートを図1に示す。



図1 成果目標シート

インドネシアなどの東南アジア新興国では堅調な経済成長が続いているが、しかし、一人当たりの GDP は未だに日本の1/10程度であり、2030 年などの近未来を想定しても、提案技術においては、一定の質を担保しつつ低コストに抑えることが重要といえる。つまり、省エネ・低炭素とアフォーダブル(低コスト)を両立させる必要がある。本プロジェクトでは、アフォーダブルでありながら、健康・快適性と低炭素を両立させる建築技術を開発・提案する。このために、現地に就き、相手国の気候風土や歴史・文化的背景を踏まえた低炭素技術を共同開発する。こうした点は、本プロジェクトの大きな特長のひとつである。

さらに、図2のとおり、公共事業・住宅省や地方自治体(Tegal 市)を始めとする現地カウンターパートと連携して、フルスケールの実験住宅を建設し、インドネシア国家規格として社会実装する点などは本プロジェクトの大きな特色といえる。パリ協定の目標年である 2030 年までに、小さくとも質の高い低炭素プロジェクトを Tegal 市において実現させることで、他の都市の追従を促し、ひいてはインドネシア全土に低炭素プロジェクトを普及させることを最終的な目標としている。

なお、これまでの省エネ・低炭素建築技術の多くは、概して高気密・高断熱化を志向するものであったが、本プロジェクトでは、特に、窓開放を前提とした開放系建物のクーリング技術の開発や基準化を目指す。一方では、部分的に使用するエアコンの運用効率を高気密・高断熱化や行動変容などによって高める。本プロジェクトでは、こうしたハイブリッドなクーリング技術を模索するが、こうしたアプローチは従来にない。

本プロジェクトのメンバー構成を図2に示す。現時点での日本側の研究従事者は合計 54 名である。研究代表者、主たる共同研究者 6 名及び所属する大学院生のほか、日本企業 7 社より 17 名が研究者として参画している。インドネシア側では、公共事業・住宅省(DBTPP)、気象庁(BMKG)、Tegal 市のほか、5つの大学、1つの企業が参画し、現在の研究従事者は合計 45 名を数える。2021 年 4 月 30 日に行ったプロジェクト・キックオフ会合(オンライン)では、両国で合計 54 が参加し、現在までの進捗報告と今後の研究計画に関する議論を行った。

前述のとおり、2020 年度の研究活動は新型コロナウイルスによる影響が極めて大きく、殆どの研究グループで計画の変更を行った。JICA による国際共同研究期間は一年間の延期が認められ、2021 年 4 月 1 日より正式なプロジェクトが開始された。JST の研究期間としても、少なくとも一年間の延期を希望しているところである。

既に述べたとおり、本プロジェクトの当初計画のほとんどはインドネシアにおける現地調査によるものであったため、多くの研究課題では研究計画の一部をそのまま 1 年間後ろ倒しにする必要が生じた(表1参照)。しかしながら、仮に 2020 年度を準備期間と見なした場合には、その進捗は必ずしも悪くなく、逆に非常に良好な進捗であったと考えられる。日本側研究者間では、この間も 1 カ月に 1 度の定例会議を継続して行ってきたうえ、各研究課題ごとで、インドネシア側研究者と少なくとも月に 1 回のオンライン会合を行い、研究を進めてきた。研究成果は、昨年度内に下記 4 編が国際ジャーナル誌に掲載されたほか、国内外の学会会議において 13 件の口頭発表を行っている。上記の国際ジャーナル誌には、Building and Environment 誌(IF: 4.971)などの当該分野のトップジャーナル 2 編も含まれており、この段階としてはインパクトのある成果を十分に納めていると考えられる。

- [1] Kitagawa, H., Asawa, T., Kubota, T., Trihamdani, A.R., Sakurada, K., Mori, H. (2021) Optimization of window design for ventilative cooling with radiant floor cooling systems in the hot and humid climate of Indonesia, *Building and Environment*, 188, 107483. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107483>
- [2] Kumar, N., Kubota, T., Tominaga, Y., Shirzadi, M., Bardhan, R. (2021) CFD simulations of wind-induced ventilation in apartment buildings with vertical voids: effects of pilotis and wind fin on ventilation performance, *Building and Environment*, 194, 107666. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107666>
- [3] Kubota, T., Sani, H.A., Hildebrandt, S., Surahman, U. (2021) Indoor air quality and self-reported multiple chemical sensitivity in newly constructed apartments in Indonesia, *Architectural Science Review*, 64(1-2), 123-138. doi.org/10.1080/00038628.2020.1779647
- [4] Mori, H., Kubota, T., Antaryama, I.G.N., Ekasiwi, S.N.N. (2020) Analysis of window-opening patterns and air conditioning usage of urban residences in tropical Southeast Asia, *Sustainability*, 12(24), 10650. <https://doi.org/10.3390/su122410650>

人的交流についてであるが、まず、研究代表者は、プロジェクト 5 年間を通じて一年間で約 2 か月の滞在を少なくとも 1 回行う予定である。このほか、10 月(予定)に、日本側研究者 7 名がインドネシアに渡航し JCC(代表者会議)に合わせて相手国研究者との全体会合を行う。さらに、別予算を用いて、相手国のプロジェクト代表者を広島大学にポスドク研究者として受け入れる(2021 年 5-9 月)。一方、日本側研究者間で行う全体会合にインドネシアから 5 人の研究者を招聘し(オンラインの可能性大)、今後の長期的な研究計画に関する打ち合わせを実施する。さらに、2021 年 4 月と、同年 10 月の 2 期に分けて、合計で 6 名の長期研修員を各大学で博士後期課程の大学院生として受け入れる。このほか、研究者レベルで国際会議の招待講演や授業の実施といった交流を頻繁に実施しており、研究者間、さらには学生間での両国の人的ネットワークの構築を進めている。

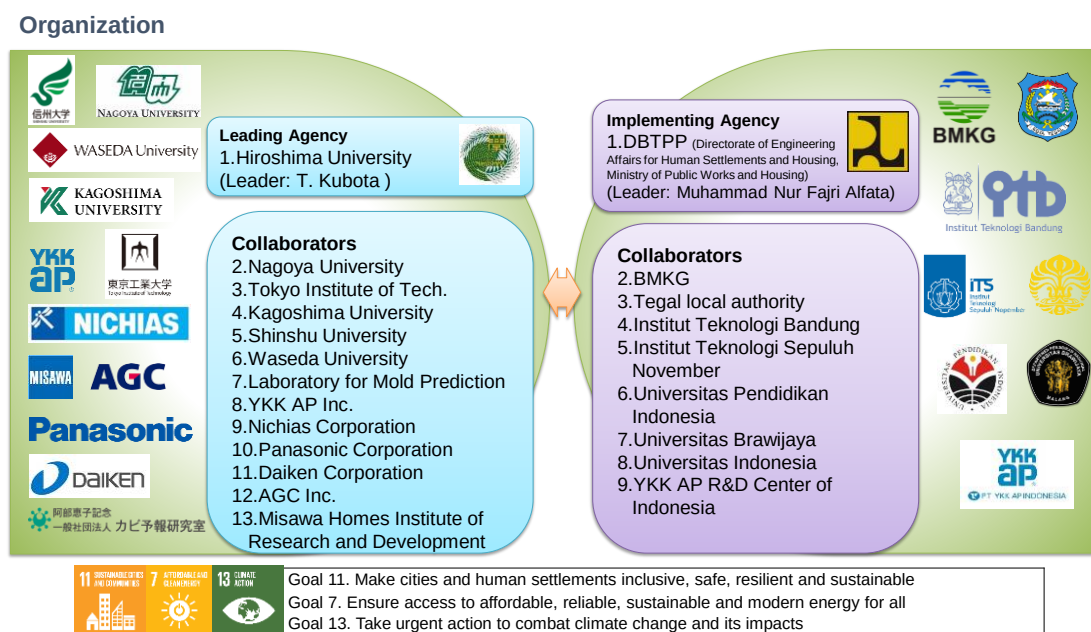


図2 プロジェクト実施体制

(1) Urban Climate

研究題目 1-1: インドネシアの都市気象の将来予測(リーダー: 李 漢洙)

当初の計画では、インドネシア現地において、気象観測を開始し、将来の土地利用下における気象予測を実施する予定であった。しかし、渡航できなかつたため、研究課題 1-2 の研究活動と連携し、過去の気象データの解析結果に基づき、標準年気象データの作成対象となるインドネシア主要 19 都市を選定した。さらに、研究課題4のエネルギーグループとの連携を考慮し、主要 19 都市より 5 都市(ジャカルタ、バンドン、メダン、スラバヤ、マカッサル)を選定した。また、標準年気象データの作成のため、日別および特別データの精査と欠測データの補完方法について考察を行っている。さらに、5 都市の土地利用データのためマスタープランを収集している。今後、この 5 都市を優先対象として、将来都市気候予測のために必要となる地表面境界条件、将来気候の初期と境界条件に関するデータ収集、長期気候変化パターン解析などを行う計画である。

また、カウンターパートへの技術移転における当初の計画では、現地渡航し気象モデリングワークショップを実施することで、気象モデルによる気候予測モデリングに関する講義と演習を行う予定であったが、渡航できなかつたため、オンラインによる講義のみ実施した。日本からの大型計算機が現地に到着したので、今後は、計算機の設定やその計算機による演習をワークショップ形式で行う予定である。

なお、途上国では十分な期間を持つ観測データが不足するケースが多く、欠測データも多いため、データの補完手法の検討と標準年気象データの作成における経験的モード分解と人工ニューラルネットワーク等を用いた新たな補完手法を提案する計画である。

研究題目 1-2: インドネシア主要都市における標準年気象データの構築(リーダー: 二宮秀興)

建物の省エネルギー性能や環境性能を評価するために、多くの国ではシミュレーション用の気象データ(TMY)を整理して施策で活用している。インドネシアでは国として TMY を整理していないので、このプロジェクトを通じて、独自に TMY の開発と運用ができる人材を育成することが研究のねらいである。また熱帯地域で公開されている日射量の観測データは少なく、建築分野で重要な鉛直面日射量についても不明瞭な点が残されている。インドネシアで鉛直面日射量を観測し、熱帯地域に適用できる鉛直面日射量の推定モデルを提案することも研究のねらいの一つである。以上の目標から、本研究課題では、BMKG(インドネシア気象庁)と共同でインドネシアの代表的な都市の TMY を作成する。また BMKG の直達日射観測地点 3 カ所に鉛直面日射計を設置して、観測データを共有し鉛直面日射量の推定モデルについて考察する。

2020 年度は、JICA による国際共同研究の開始が延期されたことで、インドネシアでの気象データの収集に制約が課せられた。このため日本の気象庁が公開している世界気象資料(2005～2017 年)を入手し、インドネシア 72 地点の気象データを整理した。欠測や異常値を確認し、有効なデータを用いてインドネシアのパッシブ気候区分について考察した(図3)。本プロジェクトの目的は低炭素アフォーダブル集合住宅の開発であり、パッシブ手法の可能性に着目した気候区分を整理することを目指した。この点でこれまでに提案されている気候区分と考え方が異なる。気温、湿度など 6 気象要素を用いて主成分分析とクラスター分析を行い、4 つの気候に区分できることを明らかにした。それぞれの気候区分の主要都市をリストアップし、地理的な特徴や気象観測状況を考慮して標準気象データを整理する 19 地点を選定した。パッシブ気候区に関しては、パッシブ手法を考える際に重要な日射量を考慮できていないので、BMKG のデータが入手できたら改めて検討する予定である。



図3 インドネシアのパッシブ気候区分図(4 区分) (Lee, Nimiya et al., 2021)

建物の環境性能評価に用いるTMY(標準年気象データ)の整理方法についてはBMKGの理解が進んでいる。しかし、過去10年間の気象データの収集ができていないので、実データに対する欠測処理や統計処理はできていない。また、JICAによる国際共同研究の開始が延期されたことで、インドネシアの気象データの収集に制約が課せられ、TMYを整理する作業に着手できなかった。また、当初計画ではインドネシアの3カ所で鉛直面日射量を観測し、全天日射量の直散分離と斜面日射量の合成方法について検討する予定であったが、covid-19の影響で、現地に行き観測システムを立ち上げるができなかった。しかし、2年前から先行して実施しているタンゲランでの日射観測のデータから、従来用いられてきた日射の直散分離手法の課題が明らかになってきた。一方、BMKGとの打合せを通じて、過去の日射量観測データの収集が難しい状況にあることが分かってきた。そこで過去の日射量を推定するために、衛星画像の利用を検討した。気象衛星の全球画像にはインドネシアも含まれており、任意の地点の日射量を推定できる可能性がある。日本の気象官署の日射量を用いて検討した結果、実用的な精度で時別日射量を推定できることを確認した。

(2) Human

研究題目 2-1: 蒸暑地域を対象とした熱的快適性の適応モデルの開発(リーダー:佐古井智紀)

前年度は、新型コロナウイルス流行のため、現地に渡航できず、当初計画していた現地での温熱環境、温熱快適性、温熱生理応答の実態調査を進めることが出来なかった。そこで、現地での実地調査が出来るようになったら円滑に進められるよう、温熱環境の実態を調査するため、時々刻々の気温、気流、熱放射、相対湿度を記録する量産型の計測器を開発した。また、居住者の行動適応を把握するため、時々刻々の窓の開閉状況、在室状況、そしてCO₂濃度を記録する機器を試作した。また、現地での温熱環境、快適性の実態調査を実施するための研究計画を現地の研究者と議論した。さらに、新たな試みとして、インドネシア一般居住者の着衣量に関するオンラインアンケート調査を実施している。着衣量は居住者の熱的快適性に大きく影響を与えるため、その詳細な実態を明らかにすることは極めて重要である。オンライン調査会社に委託し、2020年10月に居住者100名を対象としたパイロット調査を行った。この結果に基づき調査票を作成し、2021年3月に3000名を対象とする着衣に関する全国調査を実施した。この調査を基に、今後、着衣と冷房設定気温の対応、着衣と地域性、職種の関係を検討していく。

また、オンラインミーティングを通じて、環境計測器の制作方法、そして温熱環境ガイドラインの作成方法についての技術移転を進めている。なお、渡航できなかったため、研究計画を変更し、上述のとおり現地着衣の詳細な実態調査を進めた。この調査を通じて、冷房設定温度と着衣に何らかの関係性を見い出せれば、実測調査に基づくインドネシア版クールビズの提案などにも繋がると期待できる。

研究題目 2-2: 住宅内の空気質と居住者の健康(リーダー:久保田 徹)

インドネシアでは、今のところ建材から放出される化学物質や住宅の最低換気回数等に関して規定がないため、化学物質を多用した新建材の使用や高気密化によってシックビルディングが生じている。また、住宅内は常に高温多湿環境下にあるため、カビ・ダニなどに起因する空気質問題も深く潜在している。本研究課題では、インドネシア主要都市における住宅内の空気質と居住者の健康に関する実態を把握するとともに、特にルスナミ(民間の高層集合住宅)については、シックビルディング対策として、住宅の必要最低換気量を求め基準化を試みる。現在のところ、新興のルスナミの建設は、特にジャカルタ、スラバヤ、バンドンのジャワの主要都市に集中している。そこで、本研究課題では、上記の3都市を対象に調査を実施する。各都市では、シックビルディング問題が懸念されるルスナミと、比較対象としてアレルゲン等の空気質問題が懸念される従来型のカンポン住宅を調査対象とする。調査は大きく以下の3つの項目によって構成される。

1. 健康被害に関する社会調査:特に、化学物質過敏症と呼吸器系アレルギー性疾患に関する健康被害
2. 室内空気質に関する実測:VOC、ホルムアルデヒドの簡易実測とガスクロ・液クロによる詳細実測。さらにカビ・ダニ、ハウスダストに関する簡易実測及び詳細実測。詳細実測によって発生源を特定する。
3. CFD解析:標準住宅を用いたCFD解析を行い必要最低換気量を考察する。

健康被害に関する社会調査と簡易実測については、先行研究において十分なデータ収集がなされているため、2020年度の当初計画では、インドネシアに渡航し、現地大学のチャンバーを用いて、ガスクロマトグラフィ等による空気質の詳細な計測を行う予定であった。しかし、渡航が出来なかったため、前年度は、①先行研究において収集したアンケート調査結果の分析を進め、インドネシア居住者の空気質に関わる健康被害の影響要因

【令和2年度実施報告書】【210531】

を考察するとともに、②参画企業と共同で、これまでに用いた簡易計測器の精度検証を行った(実施中)。データ解析によって、近年、建設が進む高層アパートにおいては、築年数が居住者の化学物質過敏症の有無に影響している一方、既成市街地のカンボン住宅では、室内の湿気やカビだけでなく、屋外の大気汚染も居住者の呼吸器系疾患に影響を与えていることが示唆された。

本研究課題におけるカウンターパートであるインドネシア教育大学とインドネシア大学には、それぞれ、空気質計測機器を設置する予定であったが、これも一年間延期された。インドネシアへの技術移転は、2021 年度以降の課題となった。

上記のとおり、当初計画を大きく変更しアンケート調査結果の分析を進めたが、これによって、当初想定していなかった興味深い知見が得られている。共分散構造分析によって、化学物質過敏症の症状に影響を与える要因が明らかになる一方、カンボン住宅では、カビ・ダニによる呼吸器系アレルギー性疾患の影響要因の構造が明らかになりつつある。

(3) Building

研究題目3: 蒸暑地域に適応するクーリング技術の開発(リーダー:浅輪貴史)

2020 年度の実施状況として、まず窓システムによる日中の通風と建築材料による夜間蓄冷効果を同時に得るために、潜熱蓄熱材(PCM)を床面に敷設した場合の効果を実験結果および数値シミュレーションにより検証し、効果的な組み合わせを決定した。本研究課題においても、インドネシアに渡航し、実験住宅での実証を行う予定であったが、渡航ができなかったため、参画企業である YKKAP がジャカルタ郊外の R&D センター内に建設した実験住宅にて、2019 年度に実施した実験データを活用しながら、最新の CFD シミュレーションを導入して研究を行った(図4, 5)。また、集合住宅の顕熱・潜熱容量が建物熱負荷とエネルギー消費量に及ぼす影響を評価するためのエネルギーシミュレーションの導入、および人体の接触冷感を考慮したパッシブ手法の評価を行うための人体熱モデルの導入を行った。インドネシア側の Building Team とも、数回にわたりオンラインミーティングを行い、研究計画の調整を行った。さらに、同様に YKKAP と共同で、①上記の窓システムにおいて最適な窓デザインを数値シミュレーションによって検討するとともに、②数値シミュレーションと実測によって、住宅内の換気量を増加させるための集風装置を考案した。



図4 ジャカルタ郊外の実験住宅
(YKK AP インドネシアの実験棟)

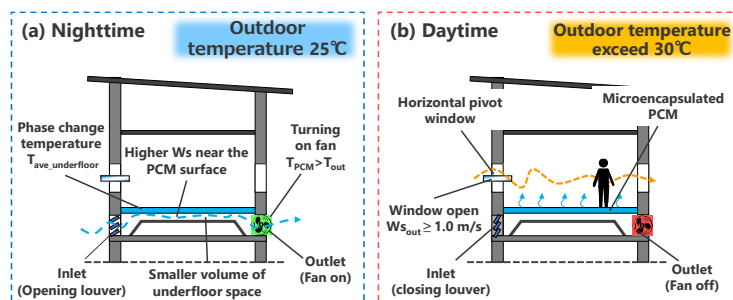


図5 実証した日中の通風と夜間蓄冷を併用したクーリング技術

Source: Kitagawa et al. (2021)

さらに、新潟工科大学の風・流体工学研究センターやインド工科大学とも共同しながら、ルスナミなどの熱帯の中高層集合住宅を対象に、鉛直ヴォイドを設置した場合の住戸内の換気・通風促進効果に関する研究を行った。

これまでの鉛直ヴォイドは、ヴォイド上部が開放したものが殆どであった(図6の Type A)。このような開放型ヴォイドは、高層建物の屋上に生じる負圧を利用し、風上側・風下側の両方の住戸から風を引き上げる効果を期待するものであり、実際の導入例も数多くある。これに対し、本研究では閉鎖型ヴォイドを用いた Type B を提案した。風洞実験と CFD 解析結果では、ほぼ仮設通りの結果が得られた(図7)。従来型の開放型ヴォイドを用いた Type A ではヴォイド内が負圧になっているのに対し、提案する閉鎖型ヴォイドを用いた Type B ではヴォイド内が正圧になった。建物高さの風速を基準とした風速比で見ると、風上側の住戸では Type A の方が流入開口部付近で僅かに風速が速い(図8)。しかし、一方の風下側の住戸においては、Type A では風下側から風上側

に風が流れているのに対して、Type B では風上の Void 側から風下の屋外側に風が流れ、なおかつ、Type A よりも風速が速いことが分かる。各階の住戸で得られる標準化した換気量を見ると、風上側住戸では、Type B よりも Type A の方が概ね 1.5 倍程度大きい換気量が得られていたが、風下側住戸では、逆に、Type B の換気量の方が Type A よりも概ね 1.5 倍大きかった。つまり、Type A と Type B で風上側と風下側の換気量の総量は概ね等しいものの、提案する Type B の方が風下側住戸に通風を生じさせるうえでは効率が良い。なお、この鉛直ヴォイドを用いた自然換気システムは Tegal 市に建設した実験住宅に導入済である。今後は、この実験住宅を用いた実証を行う。

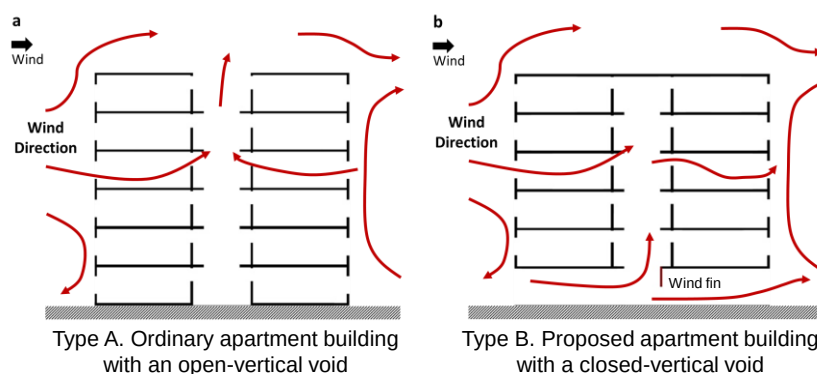


図6 従来型の開放型ヴォイド(Type A)と提案する閉鎖型ヴォイド(Type B)による通風イメージ

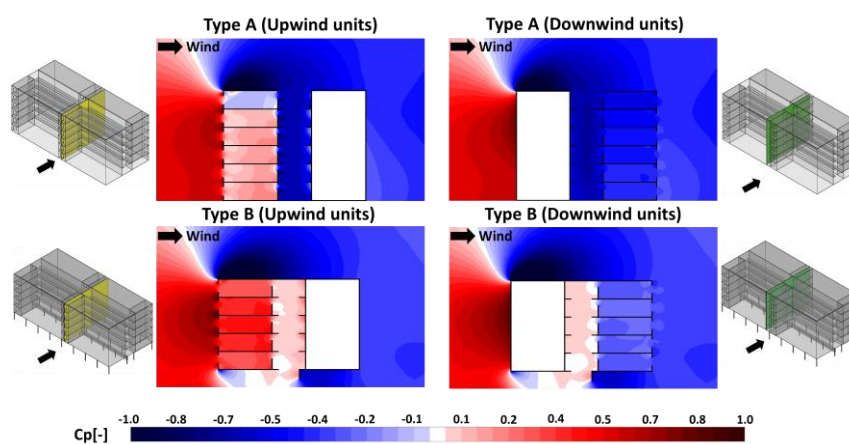


図7 Type AとType Bにおける風圧係数の分布

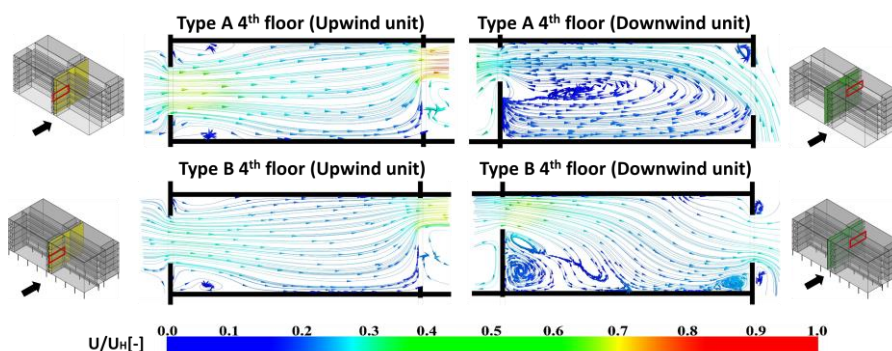


図8 Type AとType Bにおける住戸内の風速比の分布

Source: Nikhil et al. (2021)

いずれも当初の計画とは異なる研究方法を余儀なくされたが、全体計画に大きな支障が出ないように最大限の実施ができており、特に一部の研究内容については、当該分野のトップジャーナルである Building and Environment 誌 (IF: 4.971) にも掲載されるなど、十分な成果が得られている。

一方、上記の通り、現地に渡航ができていないことから、クーリング技術の現地調査や技術開発に関する移転は十分に進んでいない。しかし、クーリング技術を導入した建物の熱負荷やエネルギー消費量の評価に関する数値シミュレーション技術については、英語によるマニュアル作成を行い、オンラインミーティングを通じて技術移転を進めている。なお、当初計画にはなかったものの、上記の通り、現地に渡航ができないことから、まずは数値シミュレーションモデルによるクーリング技術の評価手法を中心に検討・開発を行っている。これは、当初は2021年度以降に実施予定としていたものであるが、コロナ禍の現状を鑑み、臨機応変に順番を入れ替えて対応したものである。

(4) Energy

研究題目4: ライフサイクルエネルギー・CO₂ 排出量分析(リーダー: 高口洋人)

COVID-19 流行による渡航ならびに移動制限、また大学当局による制約により、2020 年度に予定していたインタビュー形式での調査は延期せざるを得なかった。この代替発展措置として、オンライン調査を企画し、複数の調査会社と調整を進めたが、調査会社による対面でのインタビュー調査の可能性の提案、状況悪化による中止などを繰り返し、オンライン調査に関しても実施することができなかった。

一方、新たな展開として、既往研究のレビューなどを通じ、居住者の嗜好や特性に合わせて居住者をグルーピングする方向性を共有し、評価グリッド法やイメージグリッド法などを活用したインドネシア人の快適性や省エネ行動意思の構成要素理解をオンライン調査の成果とする目標を設定した。

LCA に関してはモデル集合住宅を試作し、物量ならびに運用時のエネルギー消費量を算出した。さらに社会経済モデルとして人口増加や経済成長を加味した 2050 年までの集合住宅の運用時のエネルギー消費量算出モデルを試作した。LCA の算出には代表的なルスナワ、ルスナミ数棟の建築図面からモデル住棟を作成し、物量が計算できるようになった。モデル住宅のプラン作成は Implementation チームの担当であるが、素材使用量算定の為に暫定的に作成した。今後 Implementation チームの成果を踏まえて補正する予定である。素材のインベントリーデータについては新規の調査が行えず、日本のデータを仮適用して計算した。2021 年度はインドネシアでの素材インベントリーデータの収集を進め、精度を高める予定である。

(5) Implementation

研究題目5: アフォーダブル集合住宅を対象とした低炭素技術の基準化(リーダー: 久保田 徹)

本研究課題は、インドネシア側研究者と強く連携して提案技術の社会実装を中心となって推進する役割を担う。社会実装は、主に、①ルスナワ型(公共集合住宅)実験住宅の建設、②国家規格 SNI への実装、③Tegal 市の建築規制への反映の3点を通じて行われる。

2020 年度は、インドネシアの国家規格(SNI)より抜粋した建築の省エネ・低炭素化に関する規格を整理した。さらに、ルスナワ(公共集合住宅)とルスナミ(主に民間の高層集合住宅)の標準住宅モデルの設計を行った。この標準住宅モデルは、インドネシア国内の現行の集合住宅を代表する住宅ユニットを指し、Building グループでは、これらをベースモデルとして数値シミュレーションを実施し将来設計を行う。また、Energy グループにおいても、これらの標準モデルを用いて、現状のエネルギー消費量の試算を行う。ルスナワについては、公共事業・住宅省にマスタープランがあるが、保存管理が悪く、古い年代の図面の収集は難しいことが分かった。公共集合住宅を実際に受注する政府系の建設会社へ資料提供の依頼を行う予定である。ルスナミについては、現地デベロッパーの Web サイトなどから住宅図面を収集した(ジャカルタ、スラバヤ、バンドン、メダン、マカッサル)。現在、決定木分析によって形態分類を行っている。なお、当初の計画では、プロジェクト後半で建設する実験住宅の設計・施工担当事業者や具体的な委託方法などを打ち合わせる予定であったが、新型コロナの影響で2021年度以降に持ち越しとなった。

本研究課題における技術移転は、特にプロジェクト後半の実験住宅の建設以降で行われる。なお、本課題では、遅延はあるものの、例外的に当初の計画通りの進め方をしているが、標準住宅モデルの設計に関しては当

【令和2年度実施報告書】【210531】

初の想定以上のデータが得られている。現在、この標準住宅モデルを開発・提案する成果を纏め国際ジャーナルへ投稿予定であるが、仮に採択されれば、今後、インドネシア国内外の研究者が同国の集合住宅を対象に数値シミュレーションを行う際に有用な標準モデルとなる。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

プロジェクト全体では、研究計画の大幅な見直しを行い、当初は前年度中に開始予定であった現地調査を概ね 1 年間延期して実施する。さらに、準備期間中の研究を拡充させることで、一部で、当初の計画以上の研究成果を出すよう調整を行う。従来どおり、基本的には各研究課題(Output)単位で研究を進めるが、それらの統合を行う目的で、まず日本側研究者間での全体会合を定期的に行うとともに、JCC(10 月頃に開催予定)に合わせて研究進捗を報告・議論する 2 国間の全体会合をインドネシア国内でも実施する。

Climate の気象予測グループでは、2021 年度は、前述のデータ収集(対象都市の土地利用予測に必要な都市計画図、交通関連データ、地形データ、人口密度データ、都市計画法など)と将来気候予測の準備(初期・境界条件として IPCC からの GCMs データの収集)および過去の観測データと気候指標との相関の精査等を並行して実施する。なお、2022 年ー2023 年度は、収集したデータを用い、対象都市の土地利用予測や対象都市の将来気候予測を実施する。2024 年度は予測結果を用いて将来気候における標準年気象データを作成する。さらに、標準年気象データ作成グループでは、2021 年度は、BMKG の直達日射観測地点 3 カ所に鉛直面日射計を設置し、方位別日射量の観測を開始する。これにより、熱帯における日射の直散分離と斜面日射量の合成手法について検討する。また、昨年度選定した 19 地点について標準気象データの開発に必要な過去 10 年分の気象データを収集する。

Human の熱的快適性グループにおいては、予定していた詳細実測を行えず、この点では、一年間、遅れている状況である。新たな変更案として、これまではプロジェクト後半に行う予定であった大規模実地調査を敢えて前倒して今年度秋以降に開始することとした。これは、ワクチン接種の遅れから日本人研究者のインドネシア渡航がさらに遅延しそうなので、敢えてインドネシア研究者のみで実施可能な大規模実地調査を前倒して実施するものである。これによって、日本人研究者の現地滞在が必要な生理計測を含む詳細調査を 2022 年度以降に実施することとした。調査プロセスは前後入れ替わるものの、最終的には、2024 年 9 月までに実測結果の検証を完了させ、新しい温熱快適性評価モデルを評価ガイドラインとして 2026 年 3 月までにまとめる。なお、これまでの国際規格で着衣量が明らかな衣服については、改めてサーマルマネキンを用いた実測を行い、インドネシア一般居住者の着衣量を算出する。これは、今後、熱的快適性の基準化を行う際に極めて重要な資料となる。さらに一方の空気質グループでは、2021 年度は、引き続き、データの解析を進め、共分散構造分析によって、インドネシア居住者のシックハウス症候群に影響を与える要因構造を明らかにする。9 月以降で渡航が可能となれば、すぐにインドネシアを訪問し、当初計画通りの詳細計測を現地研究者と共同で行う。これらにより、インドネシア一般住宅内の空気汚染物質の発生源を特定する。

Building においては、2021 年度は、前年度の実施内容を踏まえて、集合住宅の顕熱・潜熱容量が建物熱負荷とエネルギー消費量に及ぼす影響を系統的なエネルギーシミュレーションにより明らかにし、最適な熱容量の決定を行う。さらに、考案した窓デザインと集風装置を導入した総合的クーリングシステムの提案を行い、上述の YKKAP の実験住宅を用いた実証を行う。また、前年度導入を行った人体熱モデルを用いて、床面の夜間蓄冷効果を接触冷感の観点から評価を行い、熱的快適性向上における優位性を明らかにする。また、現地の COVID-19 の感染拡大が収まれば、Tegal に建設がされた実験住宅(まずは未入居状態)において、導入された各種パッシブクーリング技術の効果を評価する実証実験を開始する。

Energy においては、2021 年は、現地でのエネルギー消費量実態調査を実施する。まず、オンライン調査によって、インドネシア居住者の志向性、価値観やライフスタイル等を把握する。そのうえで、現地の調査会社に委託しインドネシア全土で 3000 サンプル程度の大規模調査を対面で実施する。この結果を上述のオンライン調査で求めた居住者属性ごとに分類することで、世帯エネルギー消費量に影響を与える要因を分析する。さらに、各都市で代表的世帯を選定し、エネルギー消費量の長期モニタリングを開始し、得られたパネルデータによって、エネルギー消費量の長期的変動を分析する。一方の LCA については、現地研究員、参加企業と連携し、低炭素型集合住宅に活用しうる材料のインベントリーデータを収集する。また、将来予測モデルのサブモデルの精度を高める。

Implementation においては、2021 年度は、引き続き、インドネシア国内の建築に係る法令のレビューを行う。Puskim (現 BT) の基準化担当者を含めた研究グループを発足したので、グループメンバー間での打ち合わせを定期的に行い、抜粋した SNI において、省エネ・低炭素化に向けて新規作成あるいは改訂すべき項目を引き続き洗い出す。標準住宅については、対象 5 都市分のデータを纏めて分析し、ルスナワ、ルスナミ、それぞれの標準住宅モデルを設計し提案する論文を国際ジャーナルに投稿し、成果を広く公表する。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

(0) プロジェクト全体

現在の課題は、新型コロナウイルスの影響への対処に尽きる。現状では、日本人研究者のワクチン接種が遅れており、日本人研究者の渡航よりもインドネシア国内の活動再開の方が早いケースが十分に考えられる。上述のとおり、これまでは、数値シミュレーションなどを前倒しで行うとともに、アンケート調査を対面ではなくオンライン調査に変更し実施するなどして当初計画を遅延しないよう努めてきた。しかし、2021 年 4 月より JICA プロジェクトとして正式に開始されたため、これ以上、現地調査を遅らせることは研究の遂行上、大きな問題となりうる。そこで、日本人研究者がインドネシア渡航を行う前に、インドネシア研究者のみで現地調査を開始する代替処置(プラン B)を検討している。これまでは、あくまで現地に就き、現地研究者に寄り添い、深く協働して国際協力プロジェクトを行ってきた。これに対し、このプラン B は、まったく新たな国際協力の形を模索するものといえるのかもしれない。国際協力の目的は、基本的に、現地のキャパシティ・デベロップメントに資することと考えているが、それを現地に就くことなく行うというのは、非常に難易度の高いミッションであると考えている。しかし、国際協力を担う研究者として、これを新たな、なおかつ重要なテーマとして前向きに捉え、プロジェクトのミッションのひとつとして取り込んでいく予定である。

研究プロジェクトの妥当性や効率性を担保するために取り組んだ点のひとつが、相手国研究代表者のポスドク研究員としての招聘である。現在、新型コロナウイルスの影響で来日できずに、インドネシア現地からのオンライン通勤となっているが、こうして相手国研究代表者をポスドク研究員として雇うことによって、上記のプラン B において、インドネシア現地でのフィールド調査をリーダーとして遂行してもらうことが可能となった。相手国研究者は、代表者のリーダーシップの下で、一層の団結を図り、日本人研究者が不在であってもフィールド調査を実施することができるであろう。これがポスト・コロナにおける国際協力の新たなひとつの形となる。

(1) Urban Climate

研究題目 1-1: インドネシアの都市気象の将来予測(リーダー: 李 漢洙)

2020 年度においては、渡航できなかったため、計画していた気象モデリングに関するワークショップが実施できず、インドネシア BMKG における気象および気候モデリングの現状や計算環境の確認ができなかった。しかし、オンラインによる気候モデリング講義を実施したところ、沢山の関係者が参加し有意義な講義となった。今後の課題としては、講義のみならず、モデリングに関する演習を実施する点が挙げられる。オンライン上でリアルタイムでモデリング演習を実施するために活用可能な VNC などのプラットフォームの構築を試みる予定である。

また、ある程度予測していたが、インドネシアでは、観測データの不足と観測データの整理や管理体制において不明瞭なところが多いことを改めて経験した。特に精度の良い欠測データの補完手法について検討することで、標準年気象データを作成するとともに、類似の不十分な観測環境や気象条件を有する地点における新たな気象データの補完手法として提案することは、限られたデータを有効活用するうえで重要と考えられる。

研究題目 1-2: インドネシア主要都市における標準年気象データの構築(リーダー: 二宮秀興)

昨年度(2020 年度)は、BMKG(インドネシア気象・気候・地球物理庁)の方針で、国外への気象データの持ち出しに制約が掛けられた。しかし、2021 年 4 月より、新たに BMKG の研究員 1 名を鹿児島大学の博士課程に受け入れたため、今後は、未公開のデータも参照可能となり、データの統計処理や欠測処理を共同で検討できる予定である。なお、インドネシアに限らず、気象データは国家機密と位置づけて、外国への提供を禁止している国がある。気象データは農業、工業に限らず社会全体に関わる基礎データとなるので、相手先の国の機関のスタッフと協力関係を築くことが重要である。

(2) Human

研究題目 2-1: 蒸暑地域を対象とした熱的快適性の適応モデルの開発(リーダー: 佐古井智紀)

前述のとおり、共同研究実施にあたって生じた大きな問題は、コロナウィルスの流行のため、現場での実測調査を行うことが出来なかったことである。この問題を克服するため、実測調査をオンライン調査や、さらに生理計測を伴わない調査に切り替え、元々の生理計測を伴う詳細調査をコロナウィルス収束後に進める形に変更した。こうした変更を行った場合にも、目的とする温熱快適性の適応モデルが得られるよう研究計画を練り直している。研究の進め方、オンライン調査に関する研究ミーティングを月に 1~2 回、実施している状況である。なお、今後の課題への教訓として、研究計画を現状でも実行可能なオンライン調査などに柔軟に変更するなどして、出来る範囲で実態調査を進めていくことが重要と考える。

研究題目 2-2: 住宅内の空気質と居住者の健康(リーダー: 久保田 徹)

新型コロナウイルスによる影響については前述のとおりであるが、特に、本研究課題においては、主なカウンターパートの一人であるインドネシア大学医学部の研究者が呼吸器系分野の医師であったため、現地のコロナウィルス患者の対応に追われ、まったくプロジェクト活動に時間が割けなかった点が問題として挙げられる。これを直接克服することは不可能であるので、昨年度は、もう一方のカウンターパートであるインドネシア教育大学の研究者との連携を高めて上記の研究者の役割をカバーした。本プロジェクトのような比較的長期のプロジェクトの場合、プロジェクトのある部分で一時的な中断が生じても長期的には回復が可能である場合が多い。コロナ患者の対応は医師として極めて重要な任務であることは自明なので、長期的視座に立ち、一時的にプロジェクトを離れることもやむなしと考えている。

(3) Building

研究題目 3: 蒸暑地域に適応するクーリング技術の開発(リーダー: 浅輪貴史)

COVID-19 の感染拡大のため、現地への渡航ができずに現地調査ができなかった。このため、日本国内で実施が可能な数値シミュレーションを用いた研究に大幅にシフトした。ただし、ここで検討・開発をした数値シミュレーション技術は、次年度以降の研究にも大いに活用でき、さらに相手国側への移転もできるものであるため、問題をプラスにも転化して研究を推進するための工夫が行えたといえる。

類似プロジェクトへの教訓としては、一般論ではあるが、海外との国際共同研究の場合は、今回の COVID-19 に限らず、現地での調査が十分に行えない可能性もあるため、プラン B を想定して適宜計画変更をしながら研究を進められると良いと考えている。本グループでは、今年度は数値シミュレーションによる研究実施で対応をした。

(4) Energy

研究題目 4: ライフサイクルエネルギー・CO₂ 排出量分析(リーダー: 高口洋人)

共同調査として、インタビュー形式によるエネルギー消費量とライフスタイル調査を予定していたが、この予定は全て延期してオンラインによる代替調査を計画してきた。当初予定にない新規の調査であり、オンライン調査の特性を考慮した調査内容の練り直しを重ねたが、調査会社からの対面調査可能の示唆もあり、右往左往することになって実施には至っていない。あまり欲張らず小さな成功体験を、期間を区切って積み上げる進め方がふさわしかったと反省している。COVID-19 の影響もあるが今後の糧としたい。

(5) Implementation

研究題目 5: アフォーダブル集合住宅を対象とした低炭素技術の基準化(リーダー: 久保田 徹)

新型コロナの影響によって行えなかった重要なもののひとつが対面による交渉である。語学力の問題ではなく、国際協力プロジェクトを行う上で、対面の交渉は、時として極めて重要であり、オンラインでは代替できない場合も多い。本研究課題においても、例えば、実験住宅の建設などにおいて先方との交渉が必要となるが、昨年度はこの点においては殆ど進捗を作ることができなかった。

対面の交渉が必要なのは、特にプロジェクトの立ち上げ時と考えられる。この点で、本プロジェクトは幸運であ

【令和 2 年度実施報告書】【210531】

ったと思える。何故なら、研究代表者は、事前にインドネシアに 1 年間長期滞在をしており、相手国のプロジェクトメンバー全員と定期的な対面交渉を行っていた。また、2019 年度の準備期間においては、研究代表者のみならず、日本側の主たる共同研究者もインドネシア訪問を行い、相手国の主要な研究者や学生と直接の対面をしていた。こうしたことで、両国の研究者間で信頼関係が構築されていたため、コロナ禍でのオンラインでの実施が可能になったものと考えられる。これもまた、コロナ後に求められるであろう国際協力の新しい形を考えるうえで重要な示唆を与えている。

IV. 社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1) 成果展開事例

本プロジェクト(DeLCA)のホームページを立ち上げた。

<https://delca.hiroshima-u.ac.jp/>

(2) 社会実装に向けた取り組み

各研究グループの研究成果の一部(下記)を 2021 年度日本建築学会大会(東海)におけるオーガナイズド・セッションにおいて発表予定である。<http://taikai.aij.or.jp/2021/index.html>

Low-carbon building techniques in the post-pandemic on the Global South

41133 Impacts of COVID-19 pandemic on lifestyle and energy consumption in slums and slum rehabilitation housing of Mumbai, India Part 1. Environmental satisfaction before the pandemic.

○Ahana Sarkar (Hiroshima University)・Arnab Jana・Tetsu Kubota

41134 Impacts of COVID-19 Pandemic on Lifestyle and Energy Consumption in Slums and Slum Rehabilitation Housing of Mumbai, India Part2. Situation during the pandemic

○Arnab Jana (Indian Institute of Technology Bombay)・Ahana Sarkar・Tetsu Kubota

41135 インドネシアの集合住宅における空調エリアの断熱化が LCA に及ぼす影響

○吉野未莉(早稲田大)・諸原航・高口洋人・久保田徹

41136 Analysis of Influential Factors of Sick Building Syndrome in Newly Constructed Apartments of Indonesia

○崎田悠生(広島大)・Sani Hanief・久保田徹

41137 Indoor and outdoor air pollution and respiratory health in unplanned houses in the hot and humid climate of Indonesia

○Hanief Sani (Hiroshima University)・Jumpei Sumi・Tetsu Kubota

41138 Development of a New Climate Zoning for Passive Design in Indonesia

○Han Soo Lee(広島大)・Hideo Nimiya・Tetsu Kubota

41139 気温変化に応じて人体放熱量を制御する空調ベッドの試作

○黒田将生(信州大)・佐古井智紀

41140 Control methods of vertical airflow distribution through window design for naturally ventilated residential buildings in the hot and humid climate

○Andhang Rakhmat Trihamdani (YKK AP)・Kikyo Sakurada・Tetsu Kubota・Takashi Asawa・Haruka Kitagawa・Hiroshi Mori

41141 Optimization of radiant floor cooling systems using phase change materials for naturally ventilated residential buildings in the hot and humid climate of Indonesia

○北川遼(アラップ)・浅輪貴史・久保田徹・Trihamdani Andhang Rakhmat・森博史

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

当該年度は特になし

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VIII. その他 (非公開)

以上

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	Hildebrandt, S., Kubota, T., Sani, H.A., Surahman, U., "Indoor air quality and health in newly constructed apartments in developing countries: A case study of Surabaya", Atmosphere, 2019.04, vol. 10 No. 4, pp.182-204	doi.org/10.3390/atmos10040182	国際誌	発表済	
2019	Sani, H.A., Surahman U., Kubota, T., Hildebrandt S., "Indoor air quality and its effects on health among urban residents in Jakarta and Surabaya, Indonesia", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019.08, vol. 294 No. 012096, pp.1-9	doi:10.1088/1755-1315/294/1/012096	国際誌	発表済	
2019	Kitagawa, H., Tanimoto, A., Kubota, T., Koyama, K., Alfata, M.N.F., "A field experiment on green walls taking into consideration of wind flow in the hot-humid climate of Indonesia", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019.08, vol. 294 No. 012088, pp.1-9	doi:10.1088/1755-1315/294/1/012088	国際誌	発表済	
2020	Kubota, T., Sani, H.A., Hildebrandt, S., Surahman, U., "Indoor air quality and self-reported multiple chemical sensitivity in newly constructed apartments in Indonesia", Architectural Science Review, 2020, pp.11-16. (published online)	doi.org/10.1080/00038628.2020.1779647	国際誌	in press	
2020	Mori, H., Kubota, T., Antaryama, I.G.N., Ekasiwi, S.N.N., "Analysis of window-opening patterns and air conditioning usage of urban residences in tropical Southeast Asia", Sustainability, 2020, vol.12, No. 24, 10650.	doi.org/10.3390/su122410650	国際誌	発表済	
2020	Haruka Kitagawa, Takashi Asawa, Tetsu Kubota, Andhang Rakhmat Trihamdani, Kikyo Sakurada, Hiroshi Mori. "Optimization of window design for ventilative cooling with radiant floor cooling systems in the hot and humid climate of Indonesia", Building and Environment, 2021, vol.188, No. 15, 107483.	doi.org/10.1016/j.buidenv.2020.107483	国際誌	発表済	建築環境工学分野のトップレベルのジャーナル

論文数	6 件
うち国内誌	0 件
うち国際誌	6 件
公開すべきでない論文	0 件

②原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
2019	Kubota, T., Zakaria, M.A., "Full-scale experiment on energy-saving effects of thermal insulation for urban houses in Malaysia", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019.08, vol. 294 No. 012089, pp.1-7	doi:10.1088/1755-1315/294/1/012089	国際誌	発表済	
2019	Kumar, N., Kubota, T., Bardhan, R., Morita, K., Inoue, H., "CFD analysis of air flow in voids for better cross ventilation in multistory buildings in hot and humid climates", Proceedings of 16th International Building Performance Simulation Association, Rome, Italy, 2019.09, ---, pp. ---		0 国際誌	発表済	
2019	Kumar, N., Wang, Z., Kubota, T., Tominaga, Y., Bardhan, R., "Wind tunnel experiments on ventilation effect of void spaces for low-cost apartments in the tropics", Proceedings of the 15th International Conference on Wind Engineering, Beijing, China, 2019.09, ---, pp. ---		0 国際誌	発表済	
2019	Kshetrimayum, B., Bardhan, R., Kubota, T., "Factors affecting residential satisfaction in slum rehabilitation housing in Mumbai", Sustainability, 2020.03, vol.12, No. 6, pp.2344-2366	doi.org/10.3390/su12062344	国際誌	発表済	
2020	Kumar, N., Kubota, T., Tominaga, Y., Shirzadi, M., Bardhan, R. "CFD simulations of wind-induced ventilation in apartment buildings with vertical voids: effects of pilotis and wind fin on ventilation performance", Building and Environment, vol.194, 107666.	doi.org/10.1016/j.builenv.2021.107666	国際誌	発表済	建築環境工学分野のトップレベルのジャーナル

論文数	5 件
うち国内誌	0 件
うち国際誌	5 件
公開すべきでない論文	0 件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ—おわりのページ		出版物の 種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2019	国際学会	Kubota, T., Sani, H.A., Surahman U., Hildebrandt S. (2019) Investigation of indoor air quality and occupants’ health in houses in major cities of Indonesia, Proceedings of the 11th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, Harbin, China, 12–15 July.	招待講演
2019	国内学会	Sani, H., Kubota, T., Surahman, U. (2019) Indoor air quality and its effects on health among urban residents in Jakarta and Surabaya, Indonesia, 日本建築学会学術講演梗概集, 2019.9.	口頭発表
2019	国内学会	Tanimoto, A., Kubota, T., Trihamdani, A.R., Mori, H. (2019) Development of radiant floor cooling system using pahse change material under hot and humid climates, 日本建築学会学術講演梗概集, 2019.9.	口頭発表
2019	国内学会	Sumi, J., Kubota, T., Adinugraha, K.B., Surahman, U. (2019) Field investigation on indoor air quality and health in Kampong of Indonesia, 日本建築学会学術講演梗概集, 2019.9.	口頭発表
2019	国内学会	Sakurada, K., Kubota, T., Mori, H. (2019) Window-opening patterns and thermal comfort of residents under naturally ventilated conditions in low-cost apartments in Indonesia, 日本建築学会学術講演梗概集, 2019.9.	口頭発表
2019	国際学会	Adinugraha, K.B., Sumi, J., Parisi, C.A., Kubota, T., Surahman, U. (2019) Dampness, mold health conditions of residents in Kampongs: A case study of Bandung, Indonesia, Proceedings of International Conference of eduARCHsia + Senvar2019, Yogyakarta, Indonesia, 25–26 Sep.	口頭発表
2019	国際学会	Mori, H., Kubota, T., Zakaria, M.A., Toe, D.H.C. (2019) Effect of air movement on thermal comfort under the hot and humid climate of Malaysia, Proceedings of International Conference of eduARCHsia + Senvar2019, Yogyakarta, Indonesia, 25–26 Sep.	口頭発表
2019	国際学会	Nugrahanti, F.I., Larasati, D., Morita, K., Kubota, T., Trihamdami, A.R., Inoue, H. (2019) Low carbon affordable apartments in hot-humid climate of Indonesia: Design concept of full-scale experimental house, Proceedings of International Conference of eduARCHsia + Senvar2019, Yogyakarta, Indonesia, 25–26 Sep.	口頭発表
2019	国際学会	Kubota, T., Sumi, J., Adinugraha, K.B., Surahman, U. (2019) Mold and dampness in unplanned urban houses in the hot and humid climate of Indonesia, Proceedings of the 19th Science Council of Asia Conference, Nay Pyi Taw, Myanmar, 3–5 Dec.	口頭発表
2020	国際学会	Trihamdani, A.R., Tanimoto, A., Kubota, T., Mori, H., Asawa, T., Kitagawa, H. (2020) Development of radiant floor cooling system using phase change material in the hot and humid climate of Indonesia, Proceedings of the 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (Indoor Air 2020), Seoul, Korea, 1–5 Nov.	口頭発表
2020	国内学会	Sumi, J., Kubota, T., Surahman, U. (2020) Effects of indoor and outdoor air pollution on respiratory health in unplanned houses of Indonesia, Annual Meeting, AIJ, Chiba, Japan, 8–10 Sep.	口頭発表
2020	国際学会	Haruka Kitagawa (Tokyo Institute of Technology), Kikyo Sakurada, Andhang Rakhmat Trihamdani, Takashi Asawa, Tetsu Kubota, Hiroshi Mori, “Optimization of window systems to achieve thermal comfort in the hot and humid climate of Indonesia”, The 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate, Seoul(Vertual), 2020.11	口頭発表
2020	国内学会	Haruka Kitagawa (Tokyo Institute of Technology), Kikyo Sakurada, Takashi Asawa, Tetsu Kubota, Hiroshi Mori, “A field experiment on window systems to achieve thermal comfort with ventilative cooling in the hot-humid climate of Indonesia”, 日本建築学会大会(関東), 千葉, 2020.9	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	12 件
ポスター発表	0 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2019	国内学会	Kitagawa, H., Kubota, T. A field experiment on effects of green walls on indoor thermal comfort in the hot and humid climate, 日本建築学会学術講演梗概集, 2019.9., pp.985-988	口頭発表
2019	国内学会	徳満涼輔,二宮秀與,飯泉元氣、メソ数値予報モデルGPV 地上面データを用いた水平面全天日射量の推定方法、日本建築学会九州支部研究報告、3月8日	口頭発表
2020	国際学会	Kubota, T., Sumi, J., Adinugraha, K.B., Surahman, U. (2020) Mold, dampness and health in unplanned urban houses in the hot and humid climate of Indonesia, Proceedings of the 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (Indoor Air 2020), Seoul, Korea, 1-5 Nov.	口頭発表
2020	国際学会	Sani, H., Kubota, T., Hildebrandt, S., Surahman, U. (2020) Present states of indoor air quality and health in newly constructed high-rise apartment in major cities of Indonesia, Proceedings of the 16th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (Indoor Air 2020), Seoul, Korea, 1-5 Nov.	口頭発表
2020	国際学会	Kubota, T. (2020) Development of low-carbon affordable apartments in the hot-humid climate of Indonesia towards Paris agreement 2030, The 20th International Conference on Sustainable Environment & Architecture (SENVAR 20), Bandung (online), Indonesia, 10 Nov. (Invited speaker)	招待講演
2020	国内学会	Ghaiath A.M., Kubota, T. (2020) Material inventory analysis of residential buildings in Homs, Syria for rehabilitation, Annual Meeting, AIJ, Chiba, Japan, 8-10 Sep.	口頭発表
2020	国内学会	Sakurada, K., Tanimoto, A., Kubota, T., Mori, H., Asawa, T., Kitagawa, H. (2020) Effect of radiant floor cooling using phase change material on thermal comfort in hot-humid climates, Annual Meeting, AIJ, Chiba, Japan, 8-10 Sep.	口頭発表
2020	国内学会	西入俊太郎、黒佐 奨、田中陽菜、諸原 航、吉野未莉、高口洋人、久保田徹、インドネシアにおける住宅部門エネルギー消費量の将来予測と急増抑制方法に関する研究、2020年度日本建築学会関東支部研究報告会、2021年3月	口頭発表
2020	国内学会	徳満涼輔,二宮秀與,飯泉元氣、メソ数値予報モデルGPV 地上面データを用いた水平面全天日射量の推定方法、日本建築学会学術講演梗概集、9月	口頭発表
2020	国内学会	徳満涼輔,二宮秀與,飯泉元氣、メソ数値予報モデルGPV 地上面データを用いた水平面全天日射量及び大気放射量の推定方法、空気調和・衛生工学会九州支部学術・技術交流会、11月27日	口頭発表
2020	国内学会	北迫茂樹、二宮秀與、池谷風雅、インドネシアの設計用気象データに関する研究 ～その① 日射量の直散分離と合成モデルの検証～、日本建築学会九州支部研究報告、3月7日	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	10 件
ポスター発表	0 件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等
(4)受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
2019	2020/3/22	日本建築学会大会(北陸)学術講演会 環境工学委員会 若手優秀発表賞	A field experiment on effects of green walls on indoor thermal comfort in the hot and humid climate	北川遥	日本建築学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	

1 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項

0 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】（公開）

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
2019	2019年5月28日	第1回日本側研究者グループリーダー会議	Skype	6名	非公開	
2019	2019年8月9日	第2回日本側研究者グループリーダー会議	Skype	6名	非公開	
2019	2019年8月27日	日本側キックオフ全体会議	東京	33名	非公開	
2019	2019年10月4日	インドネシア公共事業・住宅省Anita官房長と面談	ジャカルタ	約20名	非公開	
2019	2019年10月10日	G20 Climate Sustainability Working Group Adaptation Work Program: First Meetingにおいてプロジェクトを紹介	横浜	約30名	非公開	
2019	2019年10月15日	インドネシア側研究者との全体会議	バンドン	約40名	非公開	
2019	2019年11月13日	第3回日本側研究者グループリーダー会議	Skype	6名	非公開	
2019	2020年1月21日	インドネシア公共事業・住宅省におけるAnita官房長との会合	ジャカルタ	約40名	非公開	M/M締結
2019	2020年3月12日	Tegal市実験住宅(ルスナミ型)の開所式	Tagal市	約40名	公開	
2020	2020年6月19日	日本側全体会議	Zoom	約40名	非公開	
2020	2020年7月22日	第4回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2020	2020年8月20日	第5回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2020	2020年9月23日	第6回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2020	2020年10月8日	Preparatory meeting (Technical meeting)	Zoom	78(61)	非公開	組織名称変更、研究開始時期等について
2020	2020年10月21日	第7回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2020	2020年11月18日	第8回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2020	2020年12月23日	第9回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2021	2021年1月20日	第10回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2021	2021年2月17日	第11回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	
2021	2021年3月8日～3月12日	数値解析による環境影響評価に関するワークショップ	Zoom	38名	非公開	BMKGとPuskim研究者に対して、気候モデリング習得を目的(広島大・李准教授により実施)
2021	2021年3月24日	第12回日本側研究者グループリーダー会議	Zoom	約15名	非公開	

21 件

② 合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要

0 件

研究課題名	パリ協定による2030年目標に向けた高温多湿気候下のインドネシアにおける低炭素アフォーダブル集合住宅の開発
研究代表者名 (所属機関)	久保田 徹 (広島大学大学院先進理工系科学研究科 教授)
研究期間	R1採択(令和元年6月1日～令和7年3月31日)
相手国名／主要相手国研究機関	インドネシア共和国／公共事業・住宅省人間居住総局(責任機関)、公共事業・住宅省人間居住・住宅研究所(Puskim)(代表機関)、気象庁、Tegal市政府、バンドン工科大学、スラバヤ工科大学、インドネシア教育大学、プラウウィジャヤ大学、インドネシア大学、ハサヌディン大学、YKK AP R&Dセンター(インドネシア)
関連するSDGs	目標 11. 包摂的で安全かつ強靱(レジリエント)で持続可能な都市及び人間居住を実現する。 目標 7. すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する。 目標 13. 気候変動及びその影響を軽減するための緊急対策を講じる。

成果の波及効果	
日本政府、社会、産業への貢献	- 東南アジア現地の住宅に関する実態調査データの共有 - インドネシア国家規格SNIの共同開発 - Puskimを中心とした政府系機関と現地大学研究者によって構成される官学の人的プラットフォームの共有
科学技術の発展	蒸暑地域の新興・途上国を対象とした住宅の省エネ・低炭素技術の開発・実証
知財の獲得、国際標準化の推進、遺伝資源へのアクセス等	- 新建材の開発(窓システム、ガラス、断熱材、蓄熱材等) - 蒸暑地域へ広く適用するための住宅のパッシブデザイン・ガイドラインに関するASEAN基準化、さらに国際基準化
世界で活躍できる日本人人材の育成	2国間の共同研究を通じた学生交流 - インドネシアの研究拠点における中長期滞在 - 日本側6大学間での人的交流。参画企業でのインターンシップ
技術及び人的ネットワークの構築	- Puskimと複数の国内機関に設備供与。省エネ・低炭素技術の研究環境を整備 - インドネシア建築学会と連携。日本建築学会との連携も強化
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	- インドネシア主要都市の現在・将来の標準年気象データの構築 - 住宅の熱的快適性、省エネ、低炭素及び健康に関わるインドネシア国家規格(SNI)を新規策定・修正 - 公共・民間中高層集合住宅の設計基準・ガイドラインの修正

