

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 4（2022）年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

2021 年 6 月 16 日から 2026 年 6 月 15 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 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 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 - 蒸暑地域に適応するクーリング技術の開発 - Tegali市における実装プロジェクト 4. Energy - 資材インベントリー調査 - 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 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	気象データ、土地利用データの収集、気候区分図の作成 社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	JST研究期間 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 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)	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 大規模調査(着衣、温熱環境、意識) IAQと健康に関する全国調査 土着的建築における環境性能(レビュー) Tegal実験住宅①を用いた実測	温熱快適性の定義、評価法の具体化 熱的快適性の提案モデルの妥当性の検討 室内空気質に関するCFD解析 資材データの収集、インベントリー分析 運用時エネルギー消費データの収集、分析	現在と将来の標準年気象データの構築 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	現在・将来の標準年気象データ(主要都市) 基準/ガイドラインの策定 基準/ガイドラインの策定 改修実測	国家規格(SNIs)	
	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)
	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)
	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)
	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)	社会経済予測、標準住宅モデルの設計(共同)

* 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21日にM/Mの署名を完了し、1月24日付けでR/Dを締結した。さらに、同年2月21日付けで、広島大学—Puskim(当時)間のCRAを締結した。同年3月より、インドネシア政府の省庁機関の組織改革によって、各省庁の政府研究機関がBRIN(国立研究革新庁)に一括統合されることとなり、Puskimを含む各政府研究機関から研究機能が失われるという大きな変更があった。本プロジェクトは、上記改革の前にR/Dを締結させることで影響を回避した。なお、Puskimは上位機関である公共事業省(PUPR)の一部(Bina Teknik)として再編され、研究機能の一部(基礎研究)と基準化を行う部局は保持されることとなった。

上記の締結直後から新型コロナウイルスによるパンデミックの影響を強く受け、2022年まではインドネシアへの渡航や日本への入国が難しい状況が続いた。現地でのフィールド調査を研究活動の中心に据えた本プロジェクトにおいて、この移動制限による影響は非常に大きく、研究全体において大幅な調整が必要となった(図1参照)。こうした状況を鑑み、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による国際共同研究期間は変更されることとなり(国際共同研究期間:2021年6月16日~2026年6月15日)、この変更期間及び上述の組織変更を定めたR/Dの改定書が2021年11月19日付けで締結された。

しかし、このような状況にも拘わらず、JICAスタッフ、JSTスタッフや関係者各位の尽力の結果、これまでに6名

の JICA 長期研究員、2 名の MEXT 奨学生、さらに、2 名のインドネシア政府奨学生が各大学の大学院修士課程・博士課程に入学した。2022 年中に渡航・入国制限が緩和されたことから、同年中よりほぼ従来の頻度で渡航・来日を再開している。再開までの約 2.5 年の期間中は、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。さらに、本来は日本人研究者が渡航し、インドネシア現地で共同で行う予定であったフィールド調査を現地研究者のみで行う「プラン B」や、インドネシアで行う予定であった実測・調査を日本でパイロット的に行う「プラン C」を駆使して研究を遂行した。

上記の理由から、研究内容に大きな変更はないが、各研究グループの研究スケジュールには大なり小なり変更があり、全体として一年間の遅延が生じた(表1)。後に詳述するが、各グループの大きな変更点は下記のとおりである。(プロジェクト期間を 2025 年度までに延長した場合の自己評価)

1. Urban climate: 当初計画どおり
 - 渡航制限により現地の詳細気象観測の開始が遅れたが、制限緩和後に完了させた。
 - データ収集の遅延により将来予測とそれに基づく将来版 TMY の作成が若干遅れた。
2. Human: 新たな展開はあったが、当初計画には遅れが生じた
 - 現地調査が実施できなかったため、全体スケジュールを大きく後ろ倒しにした。
 - それに代わって、着衣の全国調査を実施した。
3. Building: 当初計画どおりか、それ以上の進捗がある
 - 当初予定の実測が実施できなかったため、シミュレーションを優先して実施した。
 - プラン B やプラン C を駆使して遂行した。
4. Energy: 全体では従来計画どおりか、それ以上の進捗がある。
 - コロナ禍では、オンライン調査に切り替え調査を遂行した。
 - 将来予測については一部で遅れが生じている。
5. Implementation: 当初の計画どおり
 - 関連法令・ガイドラインのレビューについては若干の遅れが生じている。
 - 第2実験住宅の建設準備については当初計画どおりに遂行している。

2. 計画の実施状況と目標の達成状況 (公開)

(0) プロジェクト全体

申請当初より、インドネシアは、パリ協定において、BAU 比で-29%(条件付きで-41%)という野心的な温室効果ガス削減目標を掲げ、東南アジア最大国として、持続可能な社会の実現という地球規模課題に向けて国際的プレゼンスを高めようとしていた。2022 年 9-10 月に 2 年半ぶりにインドネシアを訪れたが、このパリ協定という国際的取り決めに向けて、各セクターにおいて低炭素・脱炭素化が当初の予想を上回るほどに強く求められるようになっていくように感じた。周知のとおり、インドネシア政府は、遅くとも 2060 年までに温室効果ガス排出量を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」を達成すると発表している。特に、建築セクターにおける低炭素・脱炭素化は Green Building という形で大統領や公共事業省大臣ほかより強く要請されるものとなり、それを実現するグリーン建築技術の開発・整備、さらには、それら開発技術の実装を可能とするための政策の検討などが喫緊の課題となっていた。

上述のとおり、各研究課題の具体的な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。

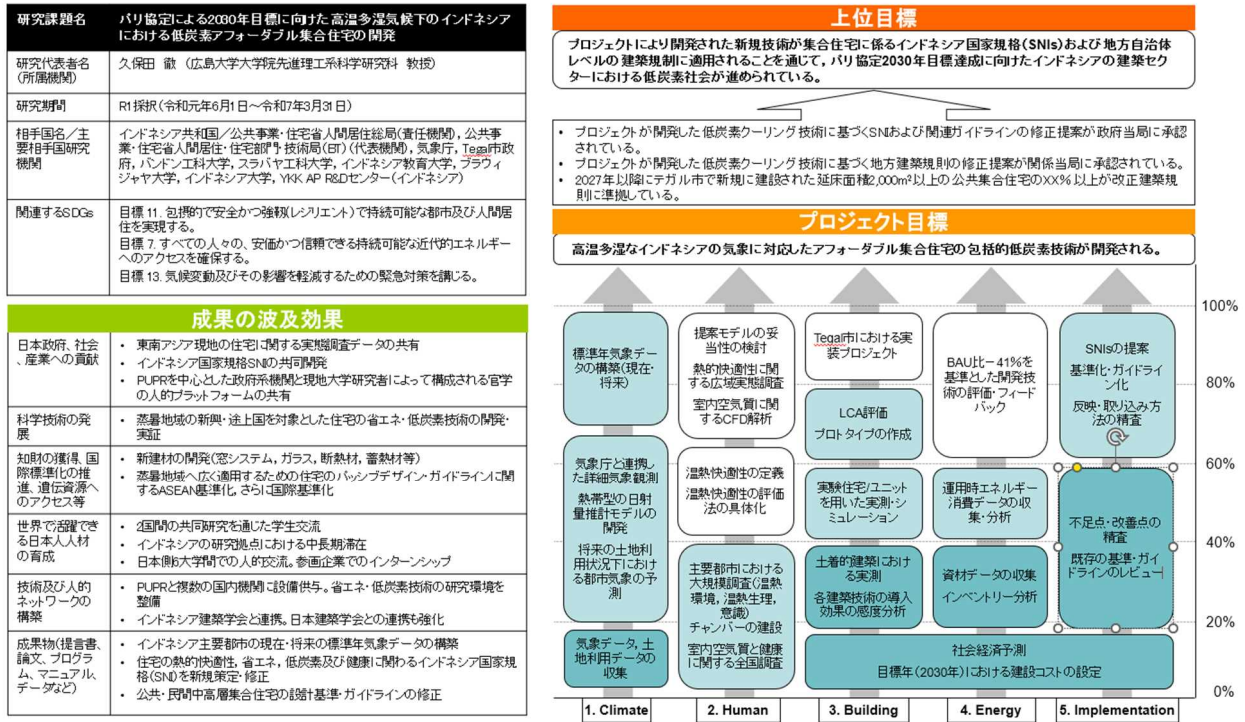
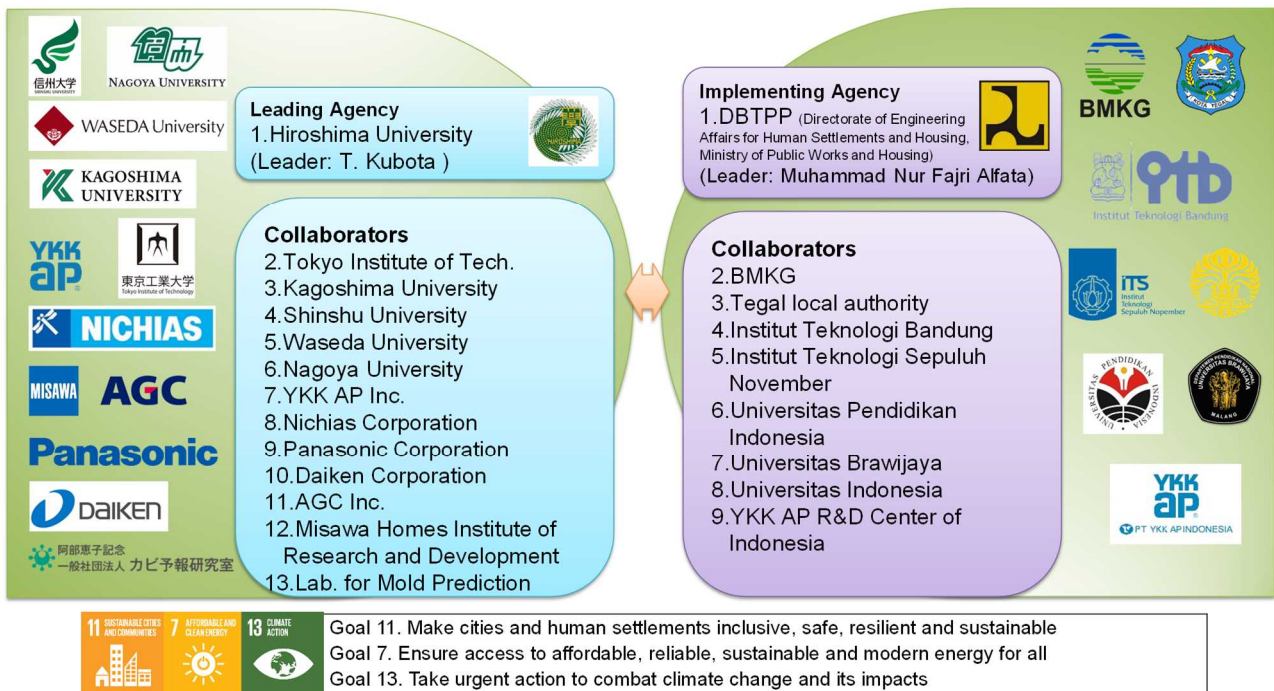


図1 成果目標シート

Organization



* 図中のオレンジ色は実施済, 黄色は実施中

図2 プロジェクト実施体制

申請当初より、本プロジェクトでは、パリ協定の実現を目指したインドネシア国内の住宅セクターの低炭素化を基準化というかたちで社会実装させることを目標としている。特に公共集合住宅の質の向上と低炭素化を同時に推進することによって、同国の住宅セクター全体を持続可能な社会の実現に向けて牽引することを長期的な目標としている。中規模の都市 Tegal 市において、小規模ながら質の高い低炭素実験街区を建設することによって、ジャカルタやスラバヤなどの大都市を含めた他の都市への波及効果をもたらすことをねらっている。

プロジェクト実施体制を図2に示す。前述のとおり、インドネシア政府機関の改組に伴い、相手国機関が当初の Puskim から BT(公共事業省・住宅省人間居住・住宅部門・技術局)に変更した。現時点での日本側の研究従事者は合計 63 名である。研究代表者、主たる共同研究者 6 名及び各研究室に所属する大学院生のほか、日本企業 7 社より 13 名が研究者として参画している。インドネシア側では、BT のほか、気象庁(BMKG)、Tegal 市、さらに、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 52 名を数える。

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を続けているが、一人当たりの GDP は未だに日本の 1/9 程度であり、2030 年といった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。自然エネルギーを最大限活用することで冷房等の機械的技術に過度に頼らないパッシブ技術は、それらを両立する方法のひとつとして最優先に導入されるべき技術といえる。インドネシアなどの熱帯地域では暖房需要は生じないため、パッシブクーリング技術が特に重要である。

こうしたパッシブクーリングに関する研究には、これまでも多くの蓄積があるが、高温多湿気候に適応する技術開発にはまだ多くの余地が残されている。後に詳述するが、本プロジェクトでは、これまでには扱われてこなかった熱伝導による接触冷感を建築技術に取り込んだ、まったく新しい床冷房システムの開発を行っている。さらに、対象国の長期の気象データを分析することによって、インドネシア全体を 8 つの気候区分(パッシブ気候区分)に分類し、それぞれの気候区分ごとに最適なパッシブ技術の組み合わせを求めようとしている。こうしたパッシブ気候区分図は、インドネシアのみならず東南アジア地域において初めての試みである。また、熱帯人特有の熱的生理メカニズムを明らかにしたうえで、それらを組み込んだ従来にない新たな熱帯気候型の熱的快適性基準を開発している。さらに、エネルギーグループでは、世帯収入や世帯人数、住宅の大きさといった既知の要因だけでなく、居住者の価値観やライフスタイルがエネルギー消費構造に影響を与える点に着目し、インドネシア住民の居住環境に関する好みや価値観を構造的に明らかにしており、それぞれで極めて重要な知見が得られつつある。

このように、本プロジェクトにおける各開発技術はそれぞれ高い独創性を有するものである。また、気候区分や都市気候の将来予測を行ったうえでパッシブ技術の最適化を図る包括的な研究は従来にない。2022 年度の研究成果は下記の 9 編の査読付論文として公表するとともに、国内外の学術会議において 30 件の口頭発表を行っている。上記の審査付論文には、Building and Environment 誌(IF:7.093)などの当該分野のトップジャーナルも数多く含まれており、世界的に見ても十分にインパクトのある成果を蓄積している。また、特にインドネシア国内では本プロジェクトが広く認められており、同国で開催された国際会議やシンポジウムに日本人研究者が基調講演者として毎年のように招かれている。

[1] Kitagawa, H., Asawa, T., Kubota, T., Trihamdani, A.R. (2022) Numerical simulation of radiant floor cooling systems using PCM for naturally ventilated buildings in a hot and humid climate, *Building and Environment*, 226, 109762.

- [2] Putra, I.D.G.A., Nimiya, H., Sopaheluwakan, A., Kubota, T., Lee, H.S., Pradana, R.P., Alfata, M.N.F., Perdana, R.B., Permana, D.S., Riama, N.F. (2022) Development of climate zones for passive cooling techniques in the hot and humid climate of Indonesia, *Building and Environment*, 226, 109698.
- [3] Sani, H., Kubota, T., Sumi, J., Surahman, U. (2022) Impacts of air pollution and dampness on occupant respiratory health in unplanned houses: a case study of Bandung, Indonesia, *Atmosphere*, 13, 1272.
- [4] Chreng, K., Lee H.S., Pradana, R.P., Trong, T.Q., Putra, I.D.G.A., Nimiya, H. (2022) Treatment of missing values for generating typical meteorological year (TMY) with data decomposition and recurrent neural networks, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*
- [5] Qin, B., Xu, X., Asawa, T., Zhang, L. (2022) Experimental and numerical analysis on effect of passive cooling methods on an indoor thermal environment having floor-level windows, *Sustainability*, 14(13), 7880.
- [6] Vinayak B., Lee H.S., Gedam S. and Latha R. (2022) Impacts of future urbanization on urban microclimate and thermal comfort over Mumbai metropolitan region, India, *Sustain. Cities Soc.*, 79, 103703.
- [7] Kumar, N., Bardhan, R., Kubota, T., Tominaga, Y., Shirzadi, M. (2022) Parametric study on vertical void configurations for improving ventilation performance in the mid-rise apartment building, *Building and Environment*, 215, 108969.
- [8] Kubota, T., Takahashi, T., Trihamdani, A.R., Mori, H., Asawa, T. (2022) Development of a wind catcher for high-rise apartments in the hot-humid climate of Indonesia, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1007:012008.
- [9] Kitagawa, H., Asawa, T., Kubota, T., Trihamdani, A.R., Mori, H. (2022) Thermal storage effect of radiant floor cooling system using phase change materials in the hot and humid climate of Indonesia, *Building and Environment*, 207, Part B, 108442.

(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)

本研究課題では、インドネシア主要都市における将来気候予測と将来標準年気象データ(TMY)の作成課題に対し、次の三つのサブ課題を設け同時進行で進めている——(1) 日別観測データ解析による都市気候特性の分類、(2) 将来 TMY 作成のための最適な GCM 結果の選定と統計的・力学的ダウンスケーリング手法の精査、(3) インドネシア主要都市における土地利用解析と将来予測。

上記(1)の観測データ解析による気候特性分類に関する課題では、2021 年度に続き、インドネシアの主要 21 都市における日別長期観測データと気候変動要素(モンスーン、海水面温度等)の相関を精査し、各都市気候における主な変動要因を見出すことによって、インドネシア全土を分ける気候区分の根拠を示すことができた(図3)。現在この成果を用い研究論文を執筆中である。

上記(2)の最適な GCM 結果の選定とダウンスケーリングに関する課題では、まず、IPCC の CMIP6 のデータベースのなかで 6 時間毎の計算結果が利用可能な GCM を選定し、その結果と各都市の日別観測データの相関を求めた。こうした統計解析結果に基づき、各対象都市ごとに最適な GCM を選定した。この各都市における最適 GCM の選定週報とその結果は国際ジャーナル「Climate」に採択された。現在、その選定された最適な GCM の結果を用いた統計的・力学的ダウンスケーリング手法により将来気候 TMY の作成に取り込んでいる。さらに、上記(3)の土地利用解析と将来予測課題では、インドネシアの都市を気候、人口、エネルギー需要などのデータを用いたクラスタ解析によって都市化のパターンに着目して分類し、各都市化パターンを代表する9都市を選定した。さらに、9 都市の都市化パターンの解析と将来予測を行っている。その予測結果を今後力学的ダウンスケーリングによって地表面境界条件として適用する計画である。

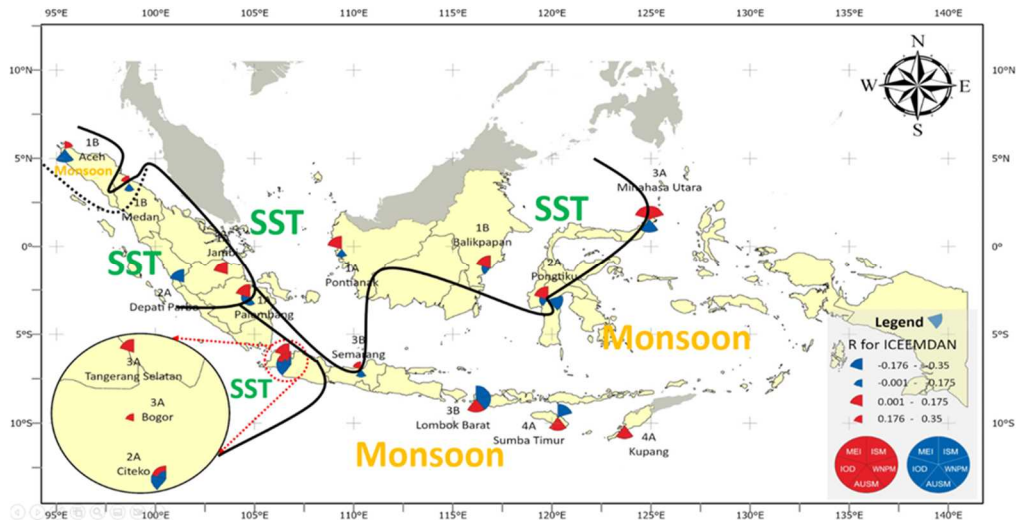


図3 インドネシア主要都市における日平均気温と気候変動要素(モンスーンと海面温度)の相関分布

なお、本グループにおけるカウンターパートへの技術移転の状況は以下の通りである。まず、JICA 長期研究員 1 名と MEXT 奨学生 1 名を博士課程に受け入れた。本学生らは、リモートセンシングデータの解析と人工知能技術による土地利用の将来予測、さらに、WRF-UCM による力学的ダウンスケーリングと MPAS による力学的ダウンスケーリングによる将来気候予測手法を確立させながら将来 TMY の作成を行っている。さらに、都市気候グループのカウンターパートであるインドネシア気象庁(BMKG)において、WRF-UCM を用いた力学的ダウンスケーリングによる気候シミュレーションに関する現地ワークショップ実施(2022 年 11 月 22 日-30 日の 9 日間)、さらに、高性能並列計算機(HPC)の設置(2023 年 3 月)を完了した(図4)。具体的には、WRF を用いた天気および気候シミュレーション、さらにアーバンキャノピーモデルの運用方法、データ同化手法に関する技術、HPC の維持管理技術移転を行った。参加者は、BMKG スタッフ、PUSKIM スタッフ、BRIN スタッフを含む 15 名であった。

本研究題目における当初計画で想定されていなかったことのひとつは、主要都市における都市化に伴う土地利用の変化解析において、ヒートアイランドに時空間変化と熱的快適性について新たな評価手法の提案できた点にある。この点は、主要都市の都市化パターンの解析とともに新たな展開といえ、その成果を研究論文としてまとめている。さらに、将来 TMY 作成において新たな研究手法の開発と提案を行っている中で、多基準評価手法を用いた体系的な手法の開発と提案を計画している。最終的には、インドネシアの主要都市のみならず、将来気候における TMY 作成に広く適用可能な手法として展開させる予定である。



図4 2022年11月のBMKG現地ワークショップの様子と高性能並列計算機(HPC)

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)

インドネシア主要都市の標準年気象データ(TMY)の整理に関しては、COVID-19の影響で計画に遅れが生じたが、当初の目標は達成できる見込みである。これまでにインドネシア BMKG の気象観測所 106 地点について標準年の選定と TMY の開発版の編集が完了した。今後、クオリティチェックと気象要素の追加を計画している。本研究題目におけるカウンターパートへの技術移転の状況であるが、まず、これまでの作業は BMKG から留学生が全て実施しており、十分に技術を修得していると言える。また建築と気象の関係性についてもシミュレーション等を使って理解を深めてもらっている。建築では鉛直面の日射量が特に重要であり、全天日射量から斜面日射量を推定することは古くから課題となっている。気象学的には鉛直面日射量の重要さはあまり認識されていないが、本研究活動を通じて BMKG でも理解が進み、バリとポンティアナックの気象観測所内に、観測装置を設置してデータを収集している。

本年度の目標はインドネシア主要都市の標準年気象データ(TMY)の開発で、データ収集および欠測の補間、旧観測システムによる観測値の補正等を実施し、106 地点について標準年の選定と TMY の開発版の編集を完了した。一方、鉛直面日射量の観測は、COVID-19 の影響で装置の設置が遅れたが、2022 年 3 月にテガルの実験棟、同 6 月にバリ、ポンティアナックの BMKG 気象観測所に鉛直面日射量の観測装置を設置し、水平面および方位別の日射量を観測している。これらの地点は異なるパッシブ気候区分に位置し、今後データを蓄積して、日射の直散分離と斜面日射量の合成について考察を進める計画である。

TMY の開発と並行してパッシブクーリング技術の適用可能性を考察する目的から、インドネシアの気候区分について考察を進めてきた。インドネシアの気象観測所 106 地点の 7 年間(2014~2020 年)の特別データと、同期間の欧州中期気象予報センターの ERA5 reanalysis データを収集し、インドネシア全土を複数のパッシブ気候区分に分類する方法について検討した。特に、快適換気、夜間換気、蒸発冷却の 3 つのパッシブクーリング技術に着目し、4 つの大区分と 8 つの小区分からなるパッシブ気候区分を提案した(図5)。この研究の成果は

当該分野のトップジャーナルである *Building and Environment* 誌 (IF: 7.093) に論文が掲載されるなど、十分な成果が得られた。

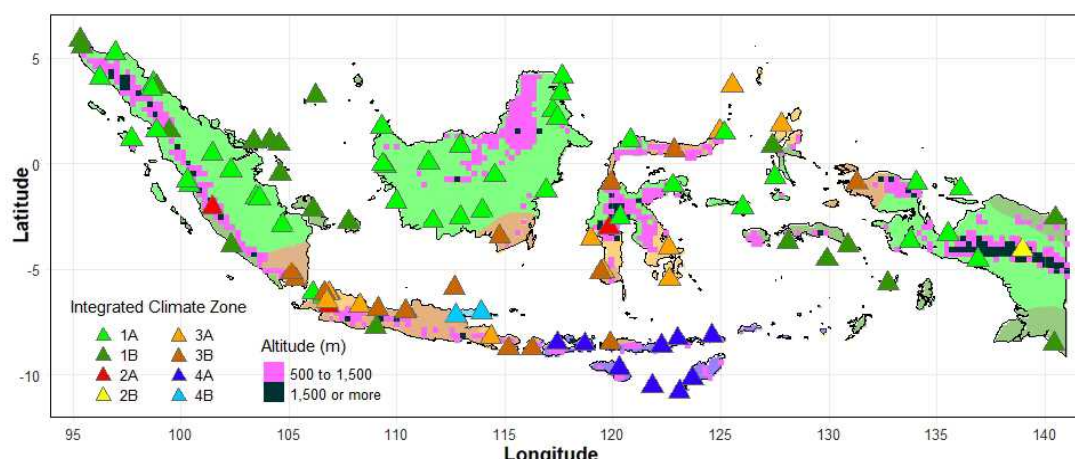


図5 インドネシアのパッシブ気候区分(8区分) (Putra, Nimiya el al., 2022)

本研究題目では、当初、インドネシアの気象観測に関する資料から、観測原簿を探せば 2011 年以降の特別の日射量データが入手できると考えていた。これに基づいて、TMY の作成地点とデータの入手方法を検討してきたが、日射の観測には手動の Gun Bellani 日射計が使われており、特別および日積算値のデータが入手できないことがわかった。また 17 の気象観測所には 2017 年以降自動観測装置が導入されたが、欠測も多く観測精度に問題があることも明らかになってきた。このため日射量に関しては ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター) が公開している ERA5 reanalysis データを利用することにした。ERA5 データは観測値との乖離が見られるので、バイアスの補正方法を検討している。ERA5 データは数多くの分野で広く活用されており、バイアスの補正方法は他にも応用可能な技術といえる。

この他、本研究グループでは、インドネシアのタンゲランとテガルで大気放射量を観測し、大気放射量を他気象要素から推定する方法を提案する計画であった。しかし雲量などの必要な気象データの入手が困難なため、気象衛星のデータを用いて、大気放射量を推定することを検討した。衛星データはインドネシアを含む地球の半球を網羅しており、この推定方法が確立できれば、任意の地点の大気放射量を推定できる可能性がある。これまでに実用的な精度で大気放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)

当初計画していた温熱快適基準作成のための現場実測は、コロナの流行と実測現場との調整がうまく行かず実施できていない。代わって、2021 年度に、当初計画していなかった住環境、空調と扇風機の利用方法、衣服による温熱適応行動に関するオンライン調査をインドネシア全土 3000 名を対象に実施した。その結果から、衣服による環境調節として、主に男性の間では、冷房の普及率の高いオフィスでは厚着で、社会的に薄着の出来る家庭では極めて薄着、工場ではオフィスより冷房普及率が低く、家庭より厚着、オフィスより薄着であることなどを確認した (図6)。さらに、2022 年度は女性を対象にオンライン調査結果の解析を進めた。男性と同様の傾向があることを確認したものの、文化的、社会的側面のためか、女性は男性より厚着で、冷房使用を好むことが分かった。男女を通じて、認識をしている冷房の設定温度と衣服に明確な関係はなく、エアコンを使用する男性で

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

は約半数が20°C以下の設定温度で冷房を行っていた。衣服に関する文化的、社会的制約の少ない男性では、冷房の使用時間が多いと厚着に、少ないと薄着になっているが、この関係は女性では見られなかった。女性の衣服は、温熱快適性よりむしろ、文化的、社会的側面の影響を強く受けていると考えられる。

冷房設定温度と衣服の間に明確な関係がみられなかった原因として、①建物の断熱性が低く外気からの熱の流入が多いため、温熱環境の分布が大きいこと、②断熱性および広さに対して能力の不十分なエアコンが普及していること、③普及しているエアコンが設定温度付近で ON-OFF により室温を制御するタイプのエアコンで、インバータエアコンのように室温を高い精度で制御できないため、暑さを避けるため温度設定を低くしていることの3点が考えられる。冷房使用時、温熱環境の時間的、空間的変動が大きく、寒さによる不快を避けるために厚着となっていることが示唆された。衣服の着脱で冷房設定温度を高い温度に維持し、冷房に伴うエネルギー消費を抑えるには、①建物の断熱性とエアコンの性能を高め、室温を高い精度で制御できるようにすること、②文化的、社会的側面を考慮し、肌の露出を抑えつつも断熱性が低く涼しい衣服の形を探っていくことが課題と考えられる。

技術移転に関して、2022年度は温熱快適基準作成のための現場実測のため、インドネシア現地の共同研究者が温熱環境計測器を量産した。当初計画ではオンライン調査を予定していなかったものの、上記オンライン調査を実施することで、温熱環境適応行動としての衣服の着脱によって過度な冷房を抑えるうえでの課題が示唆された。当初計画より遅れてはいるが、2023年度に現場実測を実施し、温熱環境、温熱適応行動、温熱快適性の実態を把握するとともに、示唆された課題を検証し、現状の温熱適応行動を考慮した温熱環境の快適基準とともに、過度な冷房を抑えるために将来解決すべき課題を明らかにする予定である。

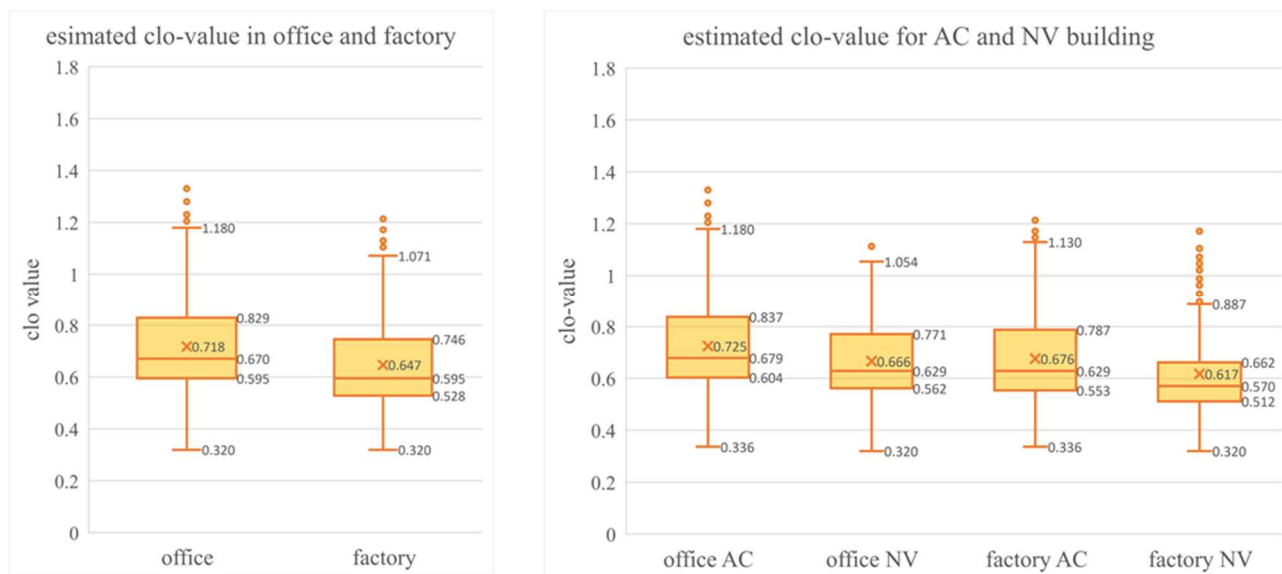


図6 インドネシアのオフィス・工場労働者の着衣量 (clo-value)

Source: Rahma, Sakoi et al. (unpublished)

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、現在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法的拘束力のある規定がないため、特に大都市で建設が進むルスナミ(民間の高層集合住宅)においては、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。一方の従来型の既成住宅地(カンボン)では、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。

【令和4年/2022度実施報告書】【230531】

さらに、特に大都市では大気汚染も深刻であり、また、カンポン住宅地のような密集住宅地では、オートバイが住宅地内に深く入り込むことによって、隣接する住宅内の空気質に大きく影響を及ぼしている。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。

現地調査が出来なかったため、研究開始当初より先行研究によっ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を分析し論文に纏めた。まず、バンドンのカンポン住宅地を対象に行ったアンケート調査では、特に持続性の咳の症状を持つ子供の割合が雨季に 40%以上と高く、その症状発生には室内の湿度やカビ・ダニの発生が影響していることが示唆された(図7)。また、カンポン住宅の雨漏りがそれらの遠因であることが分かった。これらの成果は国際オンラインジャーナル「Atmosphere」などで公表された。

一方のルスナミにおいては、4 割以上の回答者に何らかの化学物質過敏症 (MCS) の症状が見られ、その MCS には、元々のアレルギー症の有無のほか、住宅内外の空気質や窓の開閉行動などが直接影響していた。さらに遠因として、化学洗剤を用いた清掃頻度や家具の数や築年数、壁紙の使用などがあげられ、壁紙や家具、洗剤等が化学物質の発生源となっていることが示唆された。これまでの簡易計測器を用いた実測では、ホルムアルデヒドとTVOC 濃度について、3 割以上のルスナミ住戸で WHO の国際基準を超えていた。これらの成果は複数の論文に掲載されている。

渡航制限が緩和されたため、2022 年 9 月より現地調査を開始し、既に完了した。上述の簡易実測調査において化学物質濃度が高かったルスナミ住戸を選定し、パッシブ法によるサンプリングを行ったのち、インドネシア教育大学の協力の下で、ガスクロマトグラフィを用いた分析を行った。これにより、化学物質の発生源の特定を行っている。

本研究課題は、MEXT 奨学生(インドネシア留学生)とインドネシア政府奨学生(東工大)を中心として、特にインドネシア教育大学と Puskim と共同して研究を推進している。インドネシア現地において、建築分野の空気質研究はまだ新しいが、こうした人的交流を通じて、当該分野の研究ノウハウを現地に定着できるものと期待している。なお、前述のとおり、当初計画を大きく変更してアンケート調査結果の分析を進めたが、これにより上記のような当初の計画では想定されていなかった知見(空気質問題の影響要因構造)が得られた。この知見は、現在行う詳細計測において発生源の特定を行う際に有用な基礎資料となる。

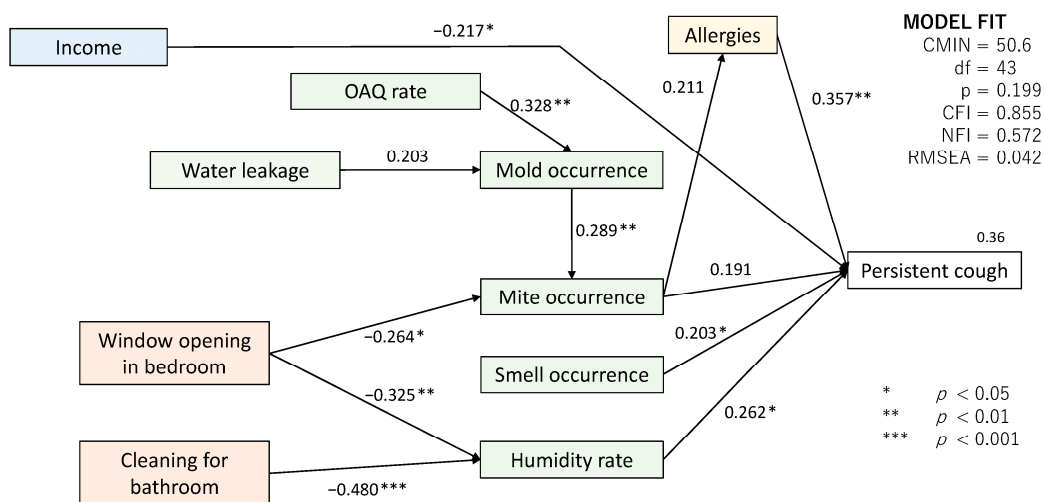


図7 バンドンのカンポン居住者における持続性咳の影響要因(Sani, Kubota et al., 2022)

(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)

Building チームは複数の研究課題を有している。まず、蒸暑地域のパッシブクーリングとして有効と考えられる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の組み合わせに関して、これまで、潜熱蓄熱材(PCM)を床面に敷設した場合の効果を実測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てきた(図8, 9)。それらを踏まえ 2022 年度は、通風と蓄冷効果について居住者の住まい方を考慮して最適な条件を見つけるために、数値シミュレーションにより熱的快適性を維持するための窓開閉の最適制御について検討を行った。以上の研究成果は、Building and Environment 誌に 4 本の論文が掲載されている。カウンターパートへの技術移転については、シミュレーションソフトの EnergyPlus に関するマニュアルや建物モデルを整備し、常に共有することで実現している。



図8 ジャカルタ郊外の実験住宅
(YKK AP インドネシアの実験棟)

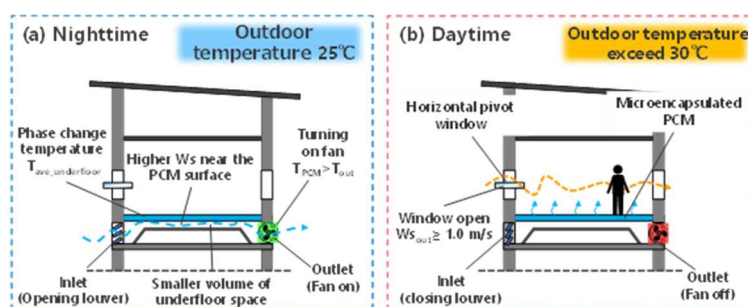


図9 実証した日中の通風と夜間蓄冷を併用したクーリング技術

Source: Kitagawa et al. (2021)

また、集合住宅のパッシブクーリング技術の最適運用を目指して、2021 年度より Tegal 実験棟の建物全体の自然換気性能に着目して自然換気と各住戸の室温安定化手法を実測および数値解析により検討している(図10)。2022 年度は、数値解析手法の精度について、Tegal 実験棟での実測結果を用いて検証を行ったうえで、建物全体で効果的な自然換気と室温低下を獲得するための窓開閉条件に付いて明らかにした。さらに、Tegal 実験棟を対象とし、各種のパッシブクーリング手法の最適な組み合わせについて数値シミュレーションにより検討を行った。

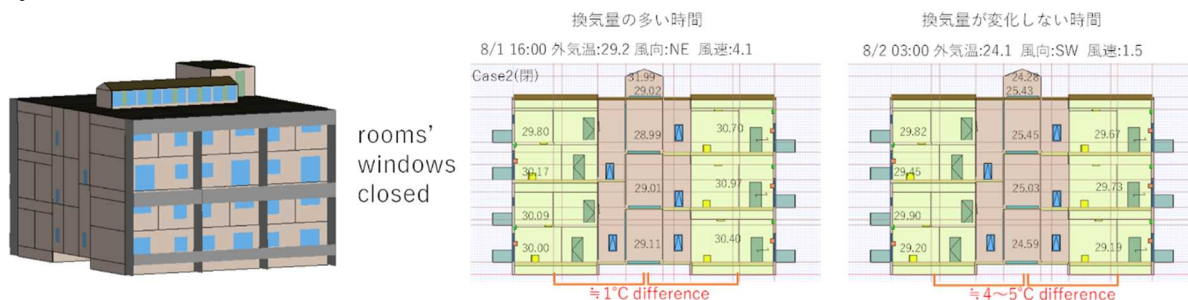


図10 Tegal 実験棟のモデルと自然換気を考慮した場合の温熱環境の解析結果

一方で、熱帯地域の新興国で広く普及する中廊下型集合住宅を対象とした自然換気促進方法に関する研究を進めている。ここでは、鉛直ヴォイドを用いた新たなデザイン提案を行っている。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が(図11の Type A)、本研究では閉鎖型ヴォイドを用いた Type B を提案した。従来の開放型ヴォイドを用いた Type A ではヴォイド内は負圧になるが、提案する閉鎖型ヴォイド Type 【令和4年/2022 年度実施報告書】【230531】

B ではヴォイド内が正圧になり、風上・風下側の住戸それぞれにおいて比較的大きな風圧差を生み出すことが可能となる。さらに、2021 年度には、CFD を用いた系統的な感度分析を実施し、どのような鉛直ヴォイドの場合に住宅内の換気量が最適化できるのかを考察した。その結果、中廊下型集合住宅内の風上・風下側住戸内の換気量は、①鉛直ヴォイドのアスペクト比(W/H)、②ピロティ内に設置するフィン(の大きさ)、さらに③風向の 3 つのパラメータによって最適化できることを明らかにした(図 12)。本研究成果は、Building and Environment 誌に 2 本の論文が掲載された。

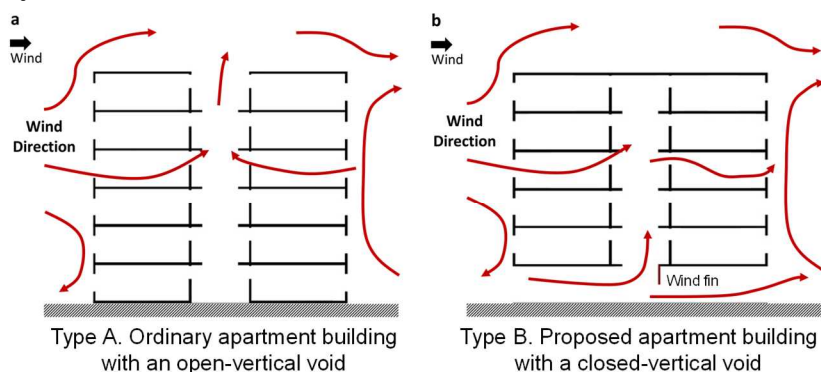


図 11 従来型の開放型ヴォイド(Type A)と提案する閉鎖型ヴォイド(Type B)による通風イメージ

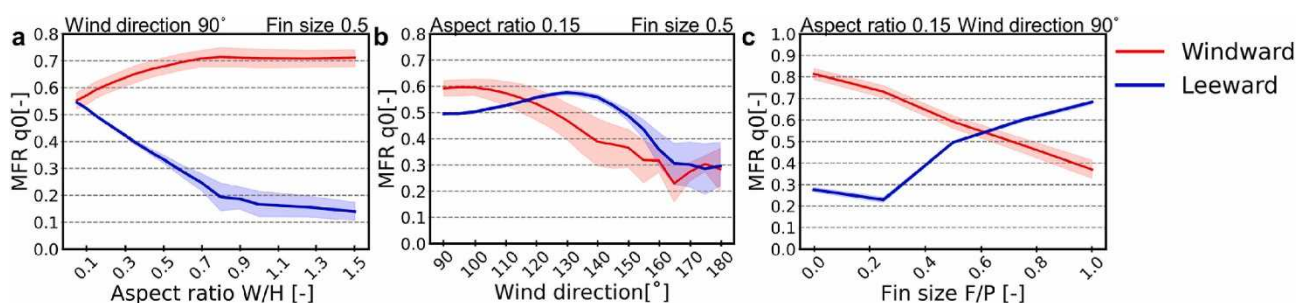


図 12 中廊下型集合住宅内の換気量(mass flow rate)に影響を与える要因:(a)アスペクト比,(b)風向,(c)フィンの大きさ(Kumar, Kubota et al., 2022)

潜熱蓄熱材(PCM)を床面に敷設した場合の夜間換気による蓄冷効果は、人体の快適性にとっても有効であると期待できるため、その効果(接触冷感)を人体の温熱生理と熱的快適性の面から評価を行っている。2022 年度は、足裏との熱伝導による接触冷感に関して日本人とインドネシア人の比較を行うために、14 名の日本人被験者を対象に実験データを取得し、分析を行った(図 13)。また、日本と同様の実験ブースをスラバヤのスラバヤ工大、バンドンの Puskim、およびジョグジャカルタのガ ज्याマダ大にセットアップし、インドネシア主導で予備実験および一部で本実験を開始した(図 14)。これはカウンターパートへの技術移転として、大きな成果である。また、Energy グループと共同で、インドネシアの集合住宅におけるライフスタイルと床面接触冷感の利用に関する 3000 件のアンケートを実施し、大変有用なデータを得た。

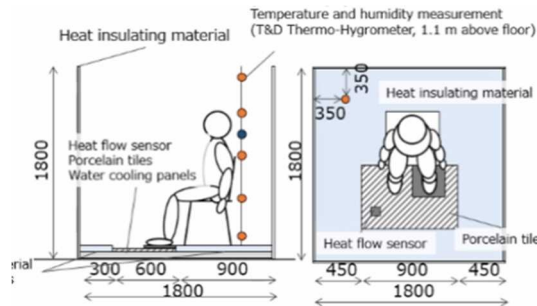


図 13 被験者実験のセンサと設置概要



図 14 インドネシア側の実験準備の様子

Tegal 市に建設されたルスナミタイプの実験棟での実測に関しては、まず室内の自然換気と熱環境との関連に着目し、2021 年度にプラン B により現地研究者のみで実施され、異なる窓開放条件による室内温熱環境の特性に関する有用なデータが得られた。2022 年度には、日本人のインドネシア渡航が可能になったことから、日本側の研究者も参加し、中廊下側の Void による自然換気の効果や室内熱環境に関する大規模な実測を行った(図 15)。これらは、Void の自然換気性能を明らかにするのみでなく、前記の数値シミュレーションの検証用のデータとしても大いに活用する予定である。カウンターパートへの技術移転として、実測に使用するセンサ類や実測方法については、上記の一連の活動を通じて既に現地研究者が独自に使用できる段階に至っている。

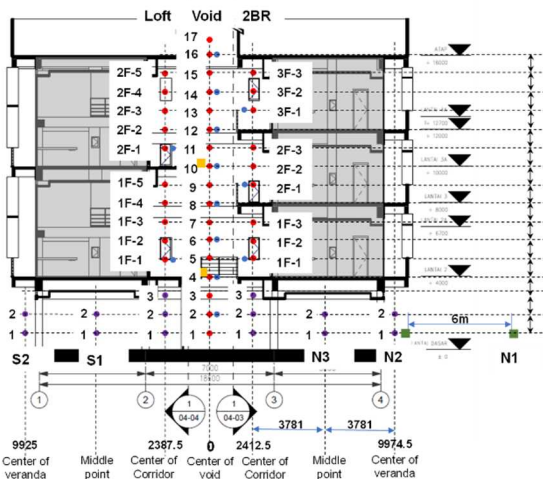


図 15 Tegal 実験棟における実験の様子

Source: BUESA, Asawa Lab, Puskim et al.

日本人研究者が海外に渡航ができるようになったことから、現地での研究が大きく進展した。Tegal 実験棟の実測では、日本人研究者と現地の研究者が共同で実施ができたことにより、Void 空間を含む大規模な自然換気の実測により、学術的にも貴重なデータを得ることができた。また、接触冷感に関する研究も、コロナ禍期間中における日本での着実な実験に加えて、2022 年度はインドネシアの三機関でも実験のセットアップが完了し、実験の開始に至っているおり、これも大きな進展である。オンラインでの定期的な MTG がもちろんのこと、現地研究者の協力姿勢も大きく、それに加えて日本人研究者が現地で直接指導ができたことが大きな要因といえる。その他の、数値シミュレーションを用いたパッシブクーリング手法の最適な組み合わせに関する研究についても、複数の研究機関で着実に進められており、国際ジャーナル(現在までに 4 本)にも公表されるなど、当初の目標を達成できていると考えている。

なお、当初計画では想定されていなかった新たな展開については次の点が挙げられる。インドネシアに適したパッシブクーリング手法を開発するにあたり、現地の文化や住民のライフスタイルを考慮したところ、床面利用の接触冷感が重要と考えるに至った。そこで、この点にフォーカスを当てて、被験者実験や大規模アンケートなどの様々な方法で研究を進めてきた。これは当初計画では想定されていなかった新たな展開であり、開放的な住環境において、現地のライフスタイルも踏まえた接触冷感技術は省エネルギーにも貢献すると考えている。また、その研究の一環として、Energy グループとの共同で 3000 件の大規模アンケートを実施しており、これもグループ間を横断した新たな研究の展開である。

(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)

この研究課題の成果目標は、インドネシアにおける集合住宅の低炭素クーリング技術を包括的に評価するために必要な手法を整備することにある。そのために、まず、ルスナワ/ルスナミ内におけるエネルギー消費実態を把握する。次に、現状把握に基づくエネルギー消費水準を同定する。さらに、将来の経済成長、生活水準の向上を視野に入れたエネルギー消費水準の予測を行い、低炭素クーリング技術の評価の土台とする。また、今後建設されるルスナミ/ルスナワをライフサイクルで評価するためのインベントリー情報の収集と、さらに、低炭素技術、低炭素クーリング技術の導入による低炭素化の度合いを評価できる LCA 評価モデルを整備する。

Scale	Aspects compared	Energy Consumption		
		Low	Mid-level	High
Behavior	Similarities	Feeling healthy, Healthy lifestyle, Activities of daily living		
	Differences	<ul style="list-style-type: none"> Feeling happy & calm Socializing with neighborhood & family Cooking for daily living 	<ul style="list-style-type: none"> Being introvert Socializing with community Doing sport 	<ul style="list-style-type: none"> Feeling relax Gathering with family Fun activities
		<ul style="list-style-type: none"> Protecting environment Relaxing activities Religious activities 	<ul style="list-style-type: none"> Entertainment activities 	
Interior	Similarities	Feeling good, Wide place, Environmental comfort		
	Differences	<ul style="list-style-type: none"> Feeling comfortable & healthy Modern design interior Cool air temperature Green aspects & swimming pool 	<ul style="list-style-type: none"> Feeling clean Bright color room Safety environment Indoor environments Having enough window Clean and organized room 	<ul style="list-style-type: none"> Looks luxurious
			<ul style="list-style-type: none"> Detail design criteria 	
Building	Similarities	Feeling comfortable, Good building, Wide building		
	Differences	<ul style="list-style-type: none"> Modern design Design considered community & relation Building with wide garden Detail design criteria 	<ul style="list-style-type: none"> Feeling beautiful High graded sturdy building Eco friendly environment Safe environment 	<ul style="list-style-type: none"> Apartment building Accordance to personal preferences Environment comfort for surroundings Building with wide garden
		<ul style="list-style-type: none"> Simple building Luxurious building Comfortable environment with fresh air 		
Neighborhood	Similarities	Feeling comfortable, Cool air, green neighborhood with tree		
	Differences	<ul style="list-style-type: none"> Feeling healthy Clean neighborhood Detail design criteria 	<ul style="list-style-type: none"> Feeling organized & cool Environmental comfort for outdoor Calm neighborhood 	<ul style="list-style-type: none"> Clean neighborhood Highrise building

表2 エネルギー消費別住環境評価構造 (Pratiwi et al., unpublished)

【令和4年/2022度実施報告書】【230531】

これまでの住環境整備手法は、例えばエネルギー消費量を低減する住宅モデルを一つ作成し、その普及を通して社会全体としての省エネを実現するというものであった。しかし、実際にそこに住まう世帯は多様であり、その指向によっては省エネを意図した設計が機能を果たさなかったり、無用の長物となったりすることもある。そこで世帯の住環境評価構造を分析し、その嗜好(指向)にあった低炭素住宅を複数提案し、それを組み合わせることで満足度の高い、低炭素型アフォーダブル住宅を提供できると考えた。2021年にはオンライン調査の結果から、インドネシア人の住環境評価構造を表2及び図16のとおり導き、2022年の対面調査項目作成の土台とした。2022年度はスルナワ/スルナミに居住する世帯を対象に、約3000世帯の世帯情報、エネルギー消費量、所有家電や使用時間、また2021年の調査に明らかとなった住環境評価構造ベースに、世帯の嗜好を明らかにするインタビュー調査(対面)を実施した。現在、引き続きデータ分析に取り組んでいる。

また、遅れていた詳細調査も2022年10月から開始している。インタビュー調査で明らかとなる年間エネルギー消費量と家電機器等の使用時間を、実測機器を取り付けて年間時刻別へと解像度を上げることで、より精緻にスルナワ/スルナミ居住世帯の生活実態を明らかにする。

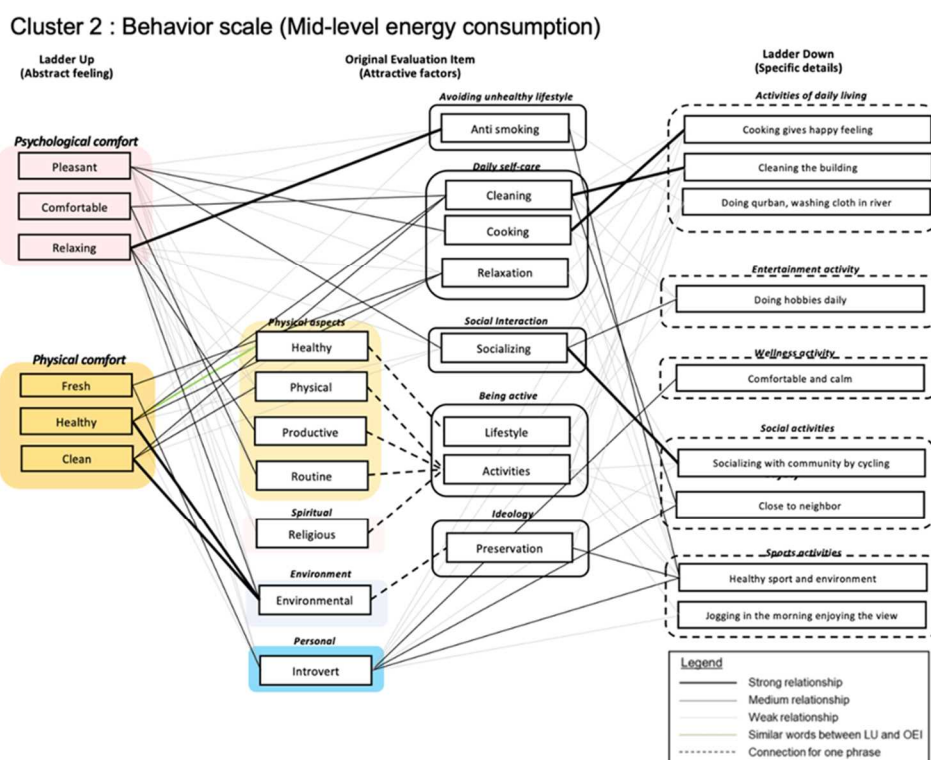


図16 インドネシア住民の住宅内行動に関する好みの意識構造分析結果 (Pratiwi et al., unpublished)

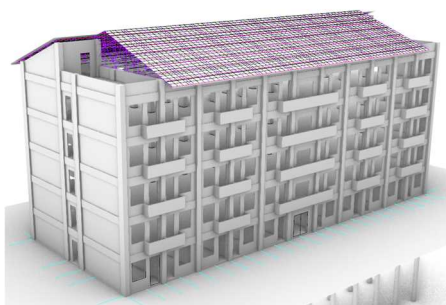


図17 LCA算出用のルスナワモデル

2022 年度には、低炭素クーリング技術の一つとして、天然繊維系断熱材を取り上げ、インドネシアでの生産工場へのインベントリー調査を実施し、グラスウールやロックウール、天然繊維系断熱材を付加した場合のエネルギー消費量、CO₂ 排出量を算出し、現状の無断熱のルスナワと比較して、冷房を使用するようになった場合は、材料増加による製造時の増エネルギーを考慮しても約 10%の削減ができることが分かった(図 18)。

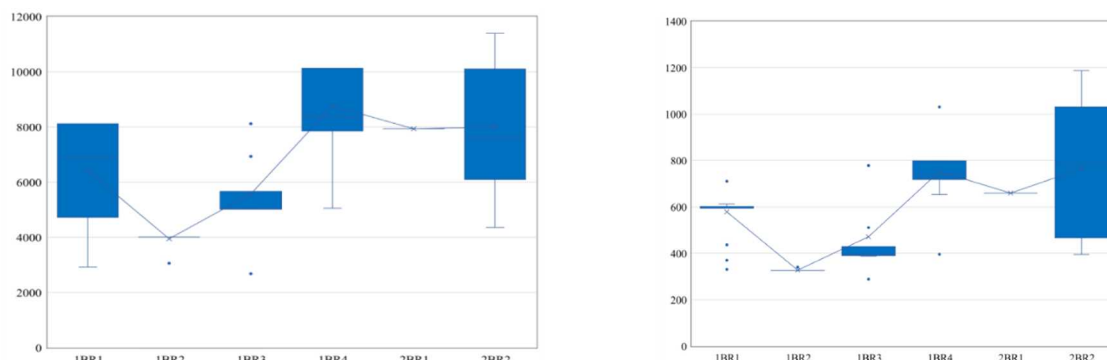


図 18 部屋タイプ別ルスナワの製造時エネルギー消費量(左 MJ/m²) と CO₂ 排出量(右 kg-CO₂/m²)

アンケート調査等に基づくエネルギー消費量の把握手法については、順調にインドネシアへの技術移転が行われている。また、Web アンケートを活用した評価グリッド法での調査は、新たな挑戦であったが、両国で共同で行うことによって、よりハイレベルな検討を実現している。

上述のとおり、評価グリッド法を用いて、インドネシア人の嗜好を分析しているが、これは当初計画にない新しいアイデアであった。この調査では、インドネシア人の嗜好やライフスタイルにあった低炭素アフォーダブル集合住宅の提案を目指している。そうした住宅提案を行う際に、単一の嗜好やライフスタイルを設定するのではなく、複数のモデル(世帯人数に対応するだけでなく、エアコン重視や風通し重視などを想定)を想定した住宅供給につながると考えている。また、LCA 分析においては、近年の建築物への急激な脱炭素化要求を受け、インドネシアの木材や自然素材を活用した集成材、断熱材等の建材を活用した場合の調査を日本・インドネシア共同で実施しており、その手法の移転も順調に推移している。

(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や日本企業と強く連携して提案技術の社会実装を推進する役割を担う。社会実装は、主に、①ルスナワ型(低コスト公共集合住宅)実験住宅の建設、②国家規格 SNI への実装、③ Tegal 市の法的拘束力のある建築規制への反映の3点を通じて行われる。

2022 年度は、前年度に引き続き、インドネシアの国家規格(SNI)より建築の省エネ・低炭素化に関する規格を抜粋し整理した。さらに、ルスナワとルスナミの標準住宅モデルを設計した。こうした標準モデルは、Building や Energy グループで技術開発する際のベースモデルとして用いられる。

標準モデルの設計にあっては、まず建物図面の収集を行った。公共集合住宅であるルスナワについては、各自治体の協力を得ながら 268 事例の建築図面を収集し、建物と住戸レベルでそれぞれ形態分類を行い、典型的な建物形態と住戸形態の組み合わせを求めた。主に民間主体のルスナミについては、現地のデベロッパー

などから約 300 事例の簡易な建築図面を収集し、同様に形態分類を行い、典型的な住戸形態を導出した。解析結果を論文に纏め、国際ジャーナルに採択された。

プロジェクト後半で、Tegal 市にもう一棟の実験住宅を建設する予定である。前述のとおり、インドネシアにおいても 2060 年までの脱炭素社会の実現を目指すに至っているため、建設する実験住宅を木造にしてはどうかと考えている。周知のとおり、特にセメントと鉄の製造過程で大量の CO₂ 排出が生じるため、従来のような RC 造ではゼロカーボンにすることが難しい。脱炭素化に向けた一つの試みとして、木造の中層集合住宅をルスナワの将来モデルのひとつとして提案することの意義は大きい。

現在、Building や Energy グループと連携して、従来の RC 造のルスナワ及びルスナミを木造化した場合の CO₂ 排出量の削減効果を分析している。さらに今後は、木造化した場合の室内熱環境を予測し、熱的快適性の評価を行い、木造の場合のパッシブクーリング技術の開発を行う予定である。

2022 年 9-10 月には、インドネシアに長期滞在し、木造建材を扱う現地企業を訪問し、建材のインベントリデータを収集するとともに、インドネシアにおける中高層集合住宅の木造化の可能性について情報収集を行った。木造を得意とする建設会社も複数訪問した。さらに、2023 年 3 月にインドネシアを訪問し、請負設計・建設業者を決定した。それ以来、予定する設計チーム(Akanoma Studio)とは複数回の打ち合わせを実施しており、基本設計の共同制作を行っている。

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、標準住宅モデルの設計に関しては当初の想定以上のデータが得られた。そこで、分析結果を国際ジャーナルに投稿したところ採択された。この結果は、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、およびプロジェクト／上位目標達成の見通し（公開）

プロジェクト開始時より新型コロナの影響を強く受け、研究計画の大幅な見直しを行ってきた。冒頭に記したとおり、インドネシア現地で共同で行う予定であったフィールド調査を現地研究者のみで行う「プラン B」や、インドネシアで行う予定であった実測を日本でパイロット的に行う「プラン C」を駆使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てきた。その結果、一部の研究課題で若干の遅れが生じたものの、共同研究期間が一年間延長されたことで、全体としては当初の計画どおり、あるいは当初の計画以上の成果が得られていると考えている。2024 年度に予定している実験住宅の建設、さらに、2025 年に計画する最終的なガイドラインの策定や国家規格への取り込みといった難しい課題がプロジェクト後半に控えていることに十分な留意が必要であるが、今のところ、本プロジェクトについては当初目標を達成する見通しが十分にあるといえる。

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

前述のとおり、プロジェクト開始時には相手国政府の改組による影響を大きく受け、プロジェクトの推進が危ぶまれた。同時期に新型コロナウイルスによるパンデミックが深刻化し、また、機材の輸入手続きも大きく遅延し、プロジェクト初期は非常に難しい状況にあった。そうしたなかで、JICA による国際共同研究期間の開始が 1 年ほど後ろ倒しに出来たことが大きな転機となった。2020 年の一年間を準備期間として捉えることが可能となり、研究体制を整えることができた。それでも、2022 年までは新型コロナによる影響への対応に追われる日々であったが、

【令和 4 年／2022 度実施報告書】【230531】

繰り返し述べてきたとおり、そうしたコロナ禍にあっても、プラン B やプラン C を駆使して対応することで、一部を除き、特に 2021 年度以降は当初の目標を上回る成果を挙げていると考えられる。前述のとおり、2022 年中旬より渡航規制が緩和され、従来のプラン A(日本人研究者が現地に渡航し、現地研究者と共同で研究を実施)が可能となりつつある。今後は、研究遂行上のオプションが広がると予想している。

コロナ禍に、やむなくプラン B を駆使してきたが、こうしたプラン B による研究活動を通じて、現地研究者に強い主体性やオーナーシップが芽生えた例が散見された。プラン B はいわば代替案であったが、当初想定しなかった形の効果が得られた結果となった。一方で、相手国の研究活動や責任が、相手国の研究代表者や少数の研究者にやや集中している点が懸念材料として挙げられる。

また、日本側研究代表者らは、2022 年 9 月に、およそ 2 年半ぶりにインドネシアを訪れたが、現地研究者の研究力と資金力が短い期間に格段に向上していることを目の当たりにした。ある共同研究者(インドネシア教育大学)の同僚などは、国連機関から 2 億円もの研究費を取得し独自の研究を進めていた。これは例外的事例ではあるが、インドネシアは、もはや従来の被援助国として扱えないことを強く印象付けるに至った。一方では、冒頭に記したとおり、インドネシアにおいても、特にこの数年間で、低炭素化や脱炭素化は大統領自ら謳う国家目標のひとつとなった感があった。住宅の低炭素化や脱炭素化への関心の高まりは特に公共事業省(PUPR)などの政府機関で大きく、本プロジェクトへの関心も一層大きくなっている。公共事業省の高官とは複数回に渡ってミーティングやセミナーを実施しているが、基準化を後押しする金融政策の可能性なども含めて、引き続き議論を進めていく予定である。

(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)

将来 TMY 作成目標に向けて順調に進行している。しかし、TMY 作成において必要な一部のデータ(主要都市における時別気象観測データ、新首都における土地利用データなど)が BMKG 側のデータ管理における制限のため利用できない状況である。現在その対応策について議論し、時別気象観測データではなく、研究課題 1-2 の成果である現在気候の TMY データを用いた統計的ダウンスケーリングによる将来 TMY 作成を計画している。また、新首都のマスタープラン土地利用ではなく、リモートセンシングデータ解析による土地利用データを用いダイナミックダウンスケーリングを実施する計画である。課題目標達成には支障のない範囲と言える。一方で、BMKG において観測データに関する管理や利用及び HPC アクセス通信制限などについて明確なガイドラインなどを要求しながら、相手側にも緻密に説明しながらより積極的に協力してもらえるように働きかけをしている。

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)

インドネシア側の研究機関を含めた Climate チームの定例会合は月 1 回実施しており、綿密な情報交換を行いながら研究を実施している。また大学院に在籍している JICA 長期研究員は BMKG の実務者であり、現地との情報伝達の面で大きな役割を果たしている。2022 年度は BMKG 気象観測所(バリ、ポンティアナック)とテガルに日射観測装置を設置し、オンラインで日本から観測データを収集できるシステムを構築した。また、計測器のメンテナンスは BMKG の職員に依頼し協力が得られている。なお、BMKG の気象観測所には、パッシブ技術の評価に利用できそうな観測データ(高度別風向・風速、地中温度、蒸発量など)が蓄積されている。これらのデータを公開してもらえれば、ユニークな研究に発展することが期待されるが、BMKG はデータの公開について否定的であり共同研究の範囲が限定されている。特に現地の技術者はデータを保護する意識が高いので、ちょっとしたデータでも入手が困難である。BMKG の実務者を研究員として受け入れれば、これらのデータにアクセ

【令和 4 年/2022 年度実施報告書】【230531】

スできるそうなので、国費留学生として受け入れる方法を検討したい。

(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)

現地の室内の温熱環境、温熱快適性実態把握にあたり、活動量の大きい工場の調査を外すことは出来ない。ただし、現地の研究者から、特に生産性に対する要求の強い工場を対象として協力を頂ける企業を探すことが難しいとの連絡があった。日本側研究者から、インドネシアに工場を持つ日本の親会社に、このプロジェクト社会的意義を説明した上で、工場への環境計測への協力を依頼したところ、複数の会社に協力を快諾頂けた。現場の判断では負担のかかってしまう難しい計測に対して、日本の親会社を通じて打診することでご協力を頂け、実施の道が開けた。

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)

以前より記しているとおり、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った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、現地のコロナ患者の対応に追われ、これまで殆どプロジェクト活動に時間を割くことができなかった。これに対しては、他のカウンターパート研究者との連携を高めたり、さらに日本人研究者間で新たに連携をすることで対処してきた。若干の目的変更が必要となったが、現時点では、当初の長期的目標はそのままに、新たな研究体制を整えるに至った。

(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)

本 Building チームにおいても、プロジェクト開始以来、準備期間も含めて、月一回の頻度でインドネシア側研究者を含めた定例会合を実施しており、さらに個別課題ごとの打ち合わせも随時行ってきた。さらに、2022 年度からは、日本人研究者の渡航も再開し、インドネシア現地での共同作業を行えるようになった。また、来日した JICA 長期研究員も情報伝達の面で大きな役割を果たしている。コロナ禍においても、オンラインによって綿密な情報交換を行うことで、インドネシア側研究者による実験実施(プラン B)が行われた。なお、現地で直接のコンタクトができない実験等に関しても、詳細なマニュアルを作成したり、日本側で実験のセットアップを行った状況を録画した動画を共有するなどの工夫を行った。こうした工夫によって、本研究課題では遅延なく研究を進めることが可能となった。なお、実験や数値シミュレーションのプログラム等に関しては、制作者の単独のノウハウに留まってしまうことが多いため、必ずマニュアルや手順書の形で共同研究機関にも伝達をしていくことが重要と考えられる。

(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)

アフォーダブル住宅といえども、経済成長の進展と共にエネルギー消費の増加が予測される。一方で生活の質の向上も重要で、エネルギー消費の現段階の水準と生活の質の双方を理解する必要がある。生活の質については大規模アンケートにて「回答者」については概ね把握できたが、その他の家族については回答が少なく把握できていない。これについては長期実測において補完するとともに、追加の調査を実施して補足する予定である。また、長期実測については、居住者との関係構築が重要であるため、現地協力大学の研究者・学生にデータ収集を依頼し、メンテナンスも含め順調に推移している。

(5) Implementation

【令和 4 年 / 2022 年度実施報告書】【230531】

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)

本課題は相手国機関及び研究者との交渉や協議が主な活動になるので、コロナ禍で対面の打ち合わせができないことの影響は非常に大きかった。特に交渉においては、オンラインでは代替できない場合が多い。しかし、前述のとおり、日本人研究者も2022年中旬から渡航可能となったので、状況が大きく改善されつつある。

IV. 社会実装に向けた取り組み(研究成果の社会還元) (公開)

- 日本住宅金融支援機構(JHF)とインドネシア公共事業・住宅省人間居住総局(PUPR)との政府高官レベルの共同会合に参加し、低炭素・脱炭素化を含めた住宅の質の向上を促進させる金融支援政策の策定について議論を進めている。
- 上記の事例以外にも、PUPRとはウェビナーや対面の会合、さらに、スタッフ交流等を通じて連携を強めている。
- インドネシア気象庁(BMKG)とも連携を強化しており、人的交流やワークショップの開催、さらに、大型サーバーや気象観測機器の設置等を行っている。
- 2020年度以降、毎年行われる日本建築学会の全国大会においてオーガナイズド・セッションを立ち上げ、各研究グループの研究成果の一部を発表している。
- 2023年9月にインドネシア・スマランにおいて国際セミナーを主催する予定である。そこで選ばれた優れた論文をMDPIのSustainability誌(IF:3.889)のSpecial Issueとして発刊する予定である。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

- スラウェシで行われた国際会議 the 2nd Int'l Conference on Science in Engineering & Technology and 22nd Int'l Seminar on Sustainable Environmental Architecture (SENVAR)において、研究代表者の久保田が基調講演を行った(2022年)。
- ジョグジャカルタで行われた国際会議 EDUARCHSIA Int'l Conferenceにおいて、研究代表者の久保田が基調講演を行った(2022年)。

以上

2021	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, <i>Building and Environment</i> , 194, 107666.	https://doi.org/10.1016/j.buildenv.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
2022	Karodine Chreng, Lee H.S., Radyan Putra Pradana, Than Quy Trong, I Dewa Gede Arya Putra, and Hideyo Nimiya. Treatment of missing values for generating typical meteorological year (TMY) with data decomposition and recurrent neural networks. <i>IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science</i>		国際誌	発表済	
2022	Kumar, N., Bardhan, R., Kubota, T., Tominaga, Y., Shirzadi, M. (2022) Parametric study on vertical void configurations for improving ventilation performance in the mid-rise apartment building, <i>Building and Environment</i> , 108969.	https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108969	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
2022	Vinayak B., Lee H.S., Gedam S. and Latha R. "Impacts of future urbanization on urban microclimate and thermal comfort over Mumbai metropolitan region, India" <i>Sustain. Cities Soc.</i> , 79, 103703.	doi.org/10.1016/j.scs.2022.103703	国際誌	発表済	建築&ビルディング技術およびエネルギー&燃料分野のトップレベルのジャーナル
2022	Beilei Qin, Xi Xu, Takashi Asawa, Lulu Zhang (2022) "Experimental and Numerical Analysis on Effect of Passive Cooling Methods on an Indoor Thermal Environment Having Floor-Level Windows", <i>Sustainability</i> , 14(13), 7880.	https://doi.org/10.3390/su14137880	国際誌	発表済	オンラインジャーナル

論文数	10 件
うち国内誌	0 件
うち国際誌	10 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 phase 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
2019	国内学会	北川遼, 櫻田葵香, Andhang Rakhmat Trihamdani, 浅輪貴史, 久保田徹, 森博史 (2020) 高温多湿気候のインドネシアに適應する自然換気住宅の窓設計及び性能評価, 日本建築学会関東支部研究発表会, 2020.3.	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(Virtual), 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
2021	国際学会	Sani, H., Sumi, J., Sarkar, A., Kubota, T., Surahman, U. (2021) Investigation on impacts of air pollution on respiratory health in unplanned houses of tropical Indonesia, Proceedings of the International Conference on Architectural Research and Design, Sustainable Environment and Architecture (ARDC SENVAR 2021), Surabaya, Indonesia, 2-3 Nov.	口頭発表
2021	国際学会	Kubota, T., Takahashi, T., Trihamdani, A.R., Mori, H., Asawa, T. (2021) Development of a wind catcher for high-rise apartments in the hot-humid climate of Indonesia, Proceedings of the International Conference on Architectural Research and Design, Sustainable Environment and Architecture (ARDC SENVAR 2021), Surabaya, Indonesia, 2-3 Nov.	口頭発表
2021	国際学会	Aziiz, A.D., Aprilianthi, S.R., Kubota, T., Sakoi, T., Koerniawan, D., Alfata, M.N.F., Suhedi, F. (2021) Investigation of typical clothing types of adults in Indonesia, Proceedings of the 12 th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC 2021), Seoul, Korea, 24-26 Nov.	口頭発表
2021	国際学会	Sani, H., Kubota, T., Surahman, U., Sarkar, A. (2021) Influential factors of sick building syndrome in newly constructed apartments of Indonesia, Proceedings of the 12 th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC 2021), Seoul, Korea, 24-26 Nov.	口頭発表
2021	国内学会	Andhang Rakhmat Trihamdani・Kikyo Sakurada・Tetsu Kubota・Takashi Asawa・Haruka Kitagawa・Hiroshi Mori (2021) Control methods of vertical airflow distribution through window design for naturally ventilated residential buildings in the hot and humid climate, Annual Meeting, AIJ, Tokai, Japan, 7-10 Sep.	口頭発表
2021	国際学会	Karodine Chreng, Lee H.S.*, Radyan Putra Pradana, Than Quy Trong, I Dewa Gede Arya Putra, and Hideyo Nimiya. Treatment of missing values for generating typical meteorological year (TMY) with data decomposition and recurrent neural networks. ARDC SENVAR 2021, November 2-3, 2021, Surabaya, Indonesia	口頭発表
2021	国内学会	Haruka Kitagawa, Takashi Asawa, Tetsu Kubota, Andhang Rakhmat Trihamdani, Hiroshi Mori, "Optimization of radiant floor cooling systems using phase change materials for naturally ventilated residential buildings in the hot and humid climate of Indonesia", 日本建築学会大会(東海)、愛知、2021.9	口頭発表
2021	国際学会	Rudi Setiadji Agustiningtyas, Hiroto Takaguchi, Embodied Energy and Carbon of Medium and High-Rise Rusunawa in Indonesia, Journal of Asian Urban Environment, Annual 2021, 307-312, 2021.11	口頭発表
2021	国際学会	I Dewa Gede Alya Putra, Hideyo Nimiya, Arhasena Sopaheluwakan, Tetsu Kubota, Han Soo Lee, Radyan Putra Pradana, Reza Bayu Perdana, Donald Sukma Permana, Nelly Florida Riama, Muhammad Nur Fajri Alfata, Identifying cloud cover zones in Indonesia, Seventh WMO International Workshop on Monsoons (IWM-7), 22-26 March 2022, New Delhi, India	口頭発表
2022	国際学会	Pradana, Radyan Putra et al. Influence of Asian-Australian Monsoon and Indo-Pacific Sea Surface Temperature Variability on Urban Climate in Major Cities of Indonesia for Low-carbon Building Design. The Seventh WMO International Workshop on Monsoons (IWM-7), 23-26 March 2022, New Delhi, India	口頭発表

2021	国内学会	吉野未莉, 諸原航, 高口洋人, 久保田徹. 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LGAに与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2395-2398, 2021.9	口頭発表
2021	国際学会	Rudi Setiadji Agustiningtyas, Hiroto Takaguchi, Embodied Energy and Carbon of Medium and High-Rise Rusunawa in Indonesia, Journal of Asian Urban Environmet, 18th International Conference of Asia Institute of Urban Environment, 307-312, 2021.12 (査読あり)	口頭発表
2021	国内学会	張 美帆, 田中 陽菜, 西入 俊太郎, 高口 洋人, 久保田 徹. インドネシアの集合住宅における部屋ごとの窓開閉パターンと影響要因に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告会, 173-176, 2022.3	口頭発表
2021	国際学会	Hiroto TAKAGUCHI, Promoting a Regenerative Habitat for the Future, Keynote Speaker 1, JADWAL HABITECHNO5, 2021.11	招待講演
2021	国際学会	Takashi Asawa (2021) Microclimate and Passive Cooling for Residential Buildings in Hot and Humid Environments, International Conference on Architectural Research and Design, Sustainable Environment and Architecture (ARDC SENVAR 2021), Srabaya, Indonesia, 2021.11	招待講演
2021	国内学会	徳満涼輔, 二宮秀與, 飯泉元氣, MSM及び気象衛星画像を用いた水平面全天日射量及び大気放射量の推定方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 9月	口頭発表
2021	国内学会	北迫 茂樹, 二宮 秀與, 水平面全天日射量の推定方法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 9月	口頭発表
2021	国内学会	今村将太, 二宮秀與, ZEBを実現するための設計用一分値気象データの開発, その2 長期間欠測の補間, 日本建築学会九州支部研究報告, 2022年3月	口頭発表
2021	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② 大気放射量・夜間放射量について~, 日本建築学会九州支部研究報告, 2022年3月	口頭発表
2021	国内学会	黒田将生(信州大学), 佐古井智紀(信州大学), 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, 日本建築学会大会(東海), オンライン, 2021/9/7~10	口頭発表
2021	国際学会	I Dewa Gede Alya Putra, Hideyo Nimiya, Ardhasena Sopaheluwakan, Tetsu Kubota, Han Soo Lee, Identifying cloud cover zones in Indonesia, Seventh. WMO International Workshop on Monsoons (IWM-7), 2022.3	口頭発表
2022	国内学会	Prasetya A.B., Agustiningtyas, R.S., Kubota, T., Takaguchi, H. (2022) Analysis of typical layout of apartment buildings in Indonesia, Part 1. Proposal of standard designs for low-cost public apartments, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Dung, H.A., Kubota, T. (2022) Analysis of typical layout of apartment buildings in Indonesia, Part 2. Proposal of standard designs for high-rise apartments, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Saputra, D., Trong, T.Q., Kubota, T., Lee, H.S. (2022) Classification of urban growth of major cities in Indonesia, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Pich, P.S., Alejandra, D.R.D.M., Kubota, T., Asawa, T. (2022) Impacts of Various Window Glazing on Cooling Load and Thermal Comfort in Residential Buildings in Indonesia, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Maeda, T., Kubota, T. (2022) CFD analysis on window design to improve indoor thermal comfort of residential buildings in the tropics, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Sakita, Y., Paratiwi, S.N., Tanaka, H., Nishiiri, S., Kubota, T., Takaguchi, H. (2022) Occupant preference for living environments and its association with household energy consumption in urban houses of Indonesia, Part 2: Analysis using Evaluation Grid Method, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	Aziiz, A.D., Apriyanti, S.R., Kubota, T., Sakoi, T. (2022) Factors affecting clothing patterns among office and factory workers in Indonesia, Annual Meeting, AIJ, Hokkaido, Japan, 5-8 Sep.	口頭発表
2022	国内学会	河村怜, 浅輪貴史: Contact cooling effect between the barefoot and low-temperature floor on the thermal physiology and thermal sensation of the human body, 日本建築学会大会(北海道), オンライン, 2022/9/5~8	口頭発表
2022	国内学会	永末百々日, 浅輪貴史, 久保田徹: 建築物のパンプクーリング技術に関する既往研究の系統的整理と分析, 日本建築学会大会(北海道), オンライン, 2022/9/5~8	口頭発表
2022	国内学会	佐古井智紀: 高温環境下でヒトが選択する気流に応じる身体の乾性放熱, 日本建築学会大会(北海道), オンライン, 2022/9/5~8	口頭発表
2022	国内学会	張 美帆, 西入 俊太郎, 田中 陽菜, 高口 洋人, 久保田 徹. インドネシア集合住宅の居住者窓開閉パターンと夜間・寝室における窓開放の阻害要因, 日本建築学会大会(北海道), 環境工学 I, 889-890, 2022.7(keynote speech)	口頭発表
2022	国内学会	Future projections of the impacts of global warming and urban planning on the thermal environments under hot-dry and hot-humid climate conditions in Jakarta, Indonesia Dea Tania OCTARINA, Satoru IIZUKA, Chika TAKATORI; 第1回都市極端気象シンポジウム(京都:9/13-14)(keynote speech)	口頭発表
2022	国際学会	Kubota, T. (2022) Sustainable houses in the tropics in the age of uncertainty, Proceedings of the EDUARCHSIA Inte'l Conference, Yogyakarta, Indonesia, 25th-27th Oct. (keynote speech)	口頭発表
2022	国際学会	Kubota, T. (2022) Cooling techniques under accelerating urban warming, Proceedings of the 2 nd Inte'l Conference on Science in Engineering & Technology and 22 nd International Seminar on Sustainable Environmental Architecture (SENVAR), Sulawesi, Indonesia, 10 th -11 th August.	口頭発表
2022	国内学会	牛塚功大, 平山由佳理, 河本陸, 浅輪貴史, 久保田徹, Nikhil Kumar, 北川遼: 高温多湿気候におけるポイドを有する集合住宅の自然換気性能の評価, 日本建築学会関東支部研究会, 2023/2/27-28	口頭発表
2022	国内学会	北川遼, 永末百々日, 浅輪貴史, 久保田徹: テキストマイニングを用いた高温多湿気候に適応するパンプクーリング技術の系統的整理と分析, 日本建築学会関東支部研究会, 2023/2/27-28	口頭発表
2022	国内学会	袴田華帆, 浅輪貴史, 青島広樹: 夏期の室内環境における足裏の局所冷却が人体温熱生理および温熱感覚に及ぼす影響, 日本建築学会関東支部研究会, 2023/2/27-28	口頭発表
2022	国内学会	村木晴菜, 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 ~1 分間積算値を用いた Perez モデルにおける推定精度の検証~, 日本建築学会九州支部研究報告, 125-128, 2023年3月	口頭発表
2022	国内学会	宮本圭吾, 西入俊太郎, スリ ノフィアンチ プラティウィコリンティア エルウィンディ, 高口洋人, 久保田徹: インドネシアにおける集合住宅のエネルギー消費量に影響する共用空間利用形態に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集 II, pp.173-176, 2023.2	口頭発表
2022	国内学会	長島 怜生, スリ ノフィアンチ プラティウィコリンティア エルウィンディ, 西入俊太郎, 張 美帆, 高口洋人, 久保田徹: インドネシアの集合住宅における天然繊維断熱材導入の LCCO2 評価に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集 II, pp.177-180, 2023.2	口頭発表

招待講演	3 件
口頭発表	44 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	
2021	2022/3/17	建築学会関東支部 優秀研究報告集/若手優秀研究報告賞	インドネシアの集合住宅における部屋ごとの窓開閉パターンと影響要因に関する研究	張美帆	日本建築学会関東支部	1.当課題研究の成果である	
2022	2023/3/24	建築学会関東支部 優秀研究報告集/若手優秀研究報告賞	テキスタイルマイニングを用いた高温多湿気候に適応するパッシブクーリング技術の系統的整理と分析	北川遥	日本建築学会関東支部	1.当課題研究の成果である	
2022	2023/3/24	建築学会関東支部 優秀研究報告集/若手優秀研究報告賞	夏期の室内環境における足裏の局所冷却が人体温熱生理および温熱感覚に及ぼす影響	袴田華帆	日本建築学会関東支部	1.当課題研究の成果である	

4 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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	Tagal市実験住宅(ルスマミ型)の開所式	Tagal市	約40名	公開	
2020	2020年6月19日	第1回 日本側全体会議	Zoom	約40名	非公開	全体進捗の共有と各担当者からの研究報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
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	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年4月22日	kick-off meeting 事前打ち合わせ	teams	11名	非公開	4/30のkick-off meetingの為に事前打ち合わせ
2021	2021年4月30日	kick-off meeting	Zoom	54名	非公開	インドネシア側のキックオフミーティング
2021	2021年5月19日	第13回日本側研究者グループリーダー会議	teams	18名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年6月23日	第14回日本側研究者グループリーダー会議	teams	26名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年7月21日	第15回日本側研究者グループリーダー会議	teams	21名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年8月18日	第16回日本側研究者グループリーダー会議	teams	17名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年9月22日	第17回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年10月20日	第18回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年11月17日	第19回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2021	2021年12月22日	第20回日本側研究者グループリーダー会議	teams	22名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年1月19日	第21回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年2月16日	第22回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年3月23日	第23回日本側研究者グループリーダー会議	teams	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年4月20日	第24回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	24名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2021年5月18日	第25回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	28名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2021年6月11日	第2回日本側研究者合同会合	広島大学	48名	非公開	全体進捗の共有と各担当者からの研究報告
2022	2022年7月20日	第26回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	21名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年8月24日	第27回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	32名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年9月21日	第28回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	24名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年10月19日	第29回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	32名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2022年11月16日	第30回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	約20名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告

2022	2022年12月20日	第31回日本側研究者グループリーダー会議	東工大での対面とzoom	35名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告
2022	2023年2月15日	第32回日本側研究者グループリーダー会議	zoom	31名	非公開	全体スケジュールの確認と各クラスターからの進捗報告

44 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
2022	10月5日	第1回 JCC	約50名	プロジェクトの進捗の共有とこれからの計画

1 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・住宅部門・技術局(BT)(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, プラウイジャヤ大学, インドネシア大学, 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 PUPR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	<ul style="list-style-type: none"> 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、遺産資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 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スシブデザイン・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材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> PUPR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)	<ul style="list-style-type: none"> 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

