

令和元年5月27日現在

機関番号：32685

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04441

研究課題名(和文)都市気候と空調エネルギー需要の相互作用感度(PFB感度)の定量化とその国際比較

研究課題名(英文)Quantification and intercomparison of the positive feedback interaction between urban climate and air-conditioning energy demand in international megacities

研究代表者

亀卦川 幸浩(Kikegawa, Yukihiro)

明星大学・理工学部・教授

研究者番号：20409519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,100,000円

研究成果の概要(和文)：都市域での“気温上昇 冷房需要増 人工排熱増 更なる昇温”のポジティブフィードバック(PFB)による気温と空調エネルギー需要の相互作用感度(PFB感度)を独自の都市気候数値モデルを用いて世界で初めて定量化した。夏季大阪では休日に対する平日のエネルギー消費と排熱の増加 気温上昇 電力消費増のPFBにより、実測ベースで平日の冷房電力需要について約10%増のPFB感度が推計され、この感度は独自モデルにより再現可能であった。検証後のモデルを大阪とジャカルタの気候予測計算に適用し、夏季の将来地上気温に対するPFB感度を解析した結果、両都市の気温上昇量の3～4%がPFBに依りもたらされる事が推計された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

“都市の気温上昇 冷房需要増 人工排熱増 更なる高温化”、この悪循環は都市ヒートアイランド現象の代名詞とも言える古典的問題であるが、その具体的な影響は未解明であった。本研究の学術的意義は、独自の都市気候数値モデルを用いて上述の悪循環の影響を世界で初めて定量化した点にある。結果として、悪循環は、夏季大阪の平日の冷房電力消費量を約10%増加させ、大阪とジャカルタの2070年代までの将来気温上昇量の内、その3～4%を引き起すものと推計された。以上により、都市の温暖化やその影響の予測において従来考慮されてこなかった悪循環の位置づけを解明した事で、今後の温暖化対策への貢献も期待できる。

研究成果の概要(英文)：Urban anthropogenic heat (AH) could catalyze the positive feedback (PFB) interaction between urban climate and energy demand for air conditioning. This vicious feedback is classical, but unquantified. Hence this study focused on the PFB and made one of the first trials to quantify its intensity. The increase in urban energy consumption and its consequent growth in AH on weekdays compared with weekends could cause air temperature rising and induce additional increase in energy demand for air-conditioning. Such PFB was analyzed for summer Osaka based on observations and its intensity was estimated to be about 10%. The estimate was successfully reproduced by the original urban climate numerical model named WRF-CM-BEM. The validated WRF-CM-BEM was then applied to future climate projections for Osaka and Jakarta, and the PFB impacts on the future air temperature were analyzed for both cities. The result suggested that the PFB induced 3 to 4 % of future air temperature increases there.

研究分野：都市気候・熱環境学

キーワード：気候変動 都市気候 空調エネルギー需要 ポジティブフィードバック 相互作用感度 国際比較

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

全球の気候変動のリスクは都市に集中しつつあり、更にヒートアイランド効果も加わる事で、今世紀中に世界の大都市で温暖化の上乗せや熱波頻発が予測されている。特に冷房を必要とする都市では、気温上昇の結果としての冷房需要増・人工排熱増がその原因(都市昇温)を強化するポジティブフィードバック(以降、PFB; 図1)が問題視されてきた。しかし、その効果は IPCC 第5次評価報告等の従来の気候予測では考慮されていない。そこで、研究代表者らは都市キャノピー大気層の気象モデル(CM)に建物空調エネルギー消費と排熱変動を計算可能な建物エネルギーモデル(BEM)を開発・結合させ、PFBを考慮した世界初の数値モデルCM-BEMを開発した。更に、CM-BEMを米国の次世代領域気象予測モデルWRFと結合させ、都市気候・建物エネルギー連成数値モデル(以降、WRF-CM-BEM)を構築し、PFBを考慮した都市気候研究に適用してきた。これらの研究は、欧州や米国の複数の研究グループによる類似モデルの開発を促し、これまでにPFBを表現可能な都市気候モデルの開発例はCM-BEMを含め10例程度に達している。

このようにPFBの関連研究が世界的に増加しつつあるにも拘わらず、PFBそれ自体の効果を定量的に論じた研究はこれまでに存在しない。同効果は、都市の単位気温上昇がPFBにより更にどの程度の追加的昇温をもたらすかで表現される。更にエネルギーの観点では、温暖化やエアコン普及に伴う都市の空調エネルギー需要増がPFBによりどの程度のエネルギー需要増にフィードバックされるかで表現される。以上の二つのPFB感度を定量化し、他の気候変動因子と比較することで、都市と地球の気候変動予測におけるPFB考慮の要否やPFBが気候予測の不確実性に与える影響を初めて明らかにできる。また、PFB感度は都市を構成する建物の断熱性・気密性が低い場合やより高湿の気候条件下では増加する事が予想される。この為、インド等の成長途上の冷房需要都市を含めたPFB感度の国際的な都市間比較も重要である。以上の問題意識のもと、WRF-CM-BEMを用いたPFB感度の定量化と都市間比較に関わる本研究を開始するに至った。

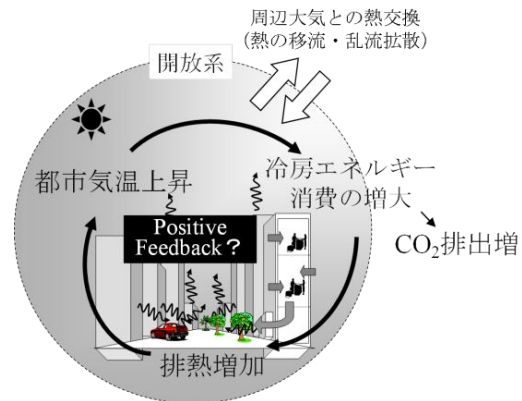


図1 PFBの概念図

2. 研究の目的

WRF-CM-BEMを対照的な気候条件下の大阪、ロンドン、デリー、ジャカルタへ適用してPFB感度を定量化し、当該感度の対象都市間での差異とその要因を解明する事で、今後の気候変動予測におけるPFB過程の位置づけを明確化する事を目指し、以下4つのサブテーマからなる研究を実施した。サブテーマ毎の具体的な研究目的は次の通りであった。

(1)屋内外気象観測とモデル入力データの整備

WRF-CM-BEMは研究代表者らの既往研究において大阪を含む国内都市域への適用がなされ、モデル入力データの整備や実測資料との比較検証を経たモデルである。このWRF-CM-BEMの国外への適用性を検証すべく、ロンドン、デリー、ジャカルタの国外3都市で室温等を含む屋内外気象の観測データを収集し、モデルの検証資料として整備する。また、国外3都市を対象に都市構造等のモデル入力データも収集・整備する。

(2)BEMの改良と検証

冷房機器が普及途上にある国外3都市の建物の熱収支を模擬すべく非空調スペースのモデル化を中心にBEMを改良し、(1)の屋内外気象の観測データとの比較検証を通じ、BEMの精度を向上させる。

(3)PFB感度の定量化手法の構築

(2)で改良されたBEMを含むWRF-CM-BEMにより大阪でのPFB感度を定量化し、研究代表者らの既往研究の手法で実測資料から推計されるPFB感度実態値と比較・検証することで、数値実験にもとづくPFB感度の定量化手法を構築する。

(4)PFB感度の定量化および都市間差異とその要因の解明

(3)で構築された手法を適用しWRF-CM-BEMにより国外3都市のPFB感度も定量化し、その対象4都市間での差異とその要因(気候・地理条件や都市・建築構造等との関連性)を解明する。

以上(1)~(4)の成果にもとづき、都市~全球規模の気候変動予測におけるPFB過程のモデル実装の要否やモデル改良の今後の方向性を明確化する事を研究全体の目的とした。

3. 研究の方法

- (1)研究目的(1)の屋内外気象の観測データについて、ジャカルタでは17軒の住居を対象に2017年9月中旬～11月初旬に空調・非空調スペースの室温・湿度と各建物近傍での屋外気象を測定し、独自の観測によりデータを収集した。一方、ロンドンとデリーについては現地の研究協力者が他プロジェクトで収集した屋内外気象の測定資料より公開可能なデータを入手する方法で観測資料を収集した。以上の国外3都市に加え、大阪でも33軒の住居を対象に2017年7月～8月にジャカルタと同様の独自計測を実施した。加えて、WRF-CM-BEMへのモデル入力データについて、国外3都市では研究協力者との連携の下、現地の建築コンサルタント等の専門家へのヒアリングと文献調査を通じ、街区・建築構造等に係る入力データを収集した。また、大阪については研究代表者らの既往研究で作成済みの入力データを使用した。
- (2)研究目的(2)に関連し、BEMに2つの改良を施した。1点目の改良は、住宅街区を計算対象とする場合の2単室化である。改良前の全建物が同一のスケジュールで空調される事を仮定した1単室モデルを改め、街区内の建物を空調単室または非空調単室のいずれかと見なし両者が空間的にランダムに混在する2単室モデルにより街区を表現する方法へ改めた。これにより昼間の不在等により空調スケジュールが業務系街区に比し建物毎に大きくばらつく住宅系街区の実態表現を目指した。加えて、街区屋外空間の気象要素の鉛直分布が空調負荷にもたらす影響をより現実的に考慮すべく、単室近似される個々の建物を鉛直方向に多層化する改良を行った。この2点目の改良では、天井・床の存在を考慮し階別に層を作ることによりフロアを表現した。フロア間での貫流熱のやり取りを考慮することにより室温と建物内湿度の計算時に階別の熱負荷を考慮する方法へ改めた。
- (3)研究目的(3)について、改良後のBEMを含むWRF-CM-BEMによるPFB感度表現の検証を行うべく、まず実測資料にもとづくPFB感度の現況推計を試みた。用いた資料は、研究代表者らが過去の研究で取得した大阪市15街区域での2013年度における気象と電力需要量の通年計測データである。計測された地上気温を対象に、まず、街区ごとに平日と休日の気温差を解析した。これは平日と休日では街区気温に統計的差異が見られた場合、その差はエネルギー消費とその結果生じた人工排熱の増減に依ると考えられるためである。しかし実際には、気圧配置等による広域の気象変動も都市域の気温に平日・休日間の差をもたらし得る。この事も考慮し、上述の街区毎の平日・休日の気温差から都市効果を受けない大阪市近郊の生駒山AMeDAS局での平日・休日の気温差を差し引く方法で、エネルギー消費と排熱の増減のみによる気温差(以降、 T_{AH})を特別に推計した。この T_{AH} は、休日に対する平日のエネルギー消費と人工排熱の増加による正味の街区毎の気温上昇量を意味した。次に、15街区域の毎時の電力需要量と地上気温・比湿の観測データを使用し、重回帰モデルにより夏季平日の単位気温上昇に伴う電力需要量(E)の増分を意味する電力需要気温感応度(以降、 $(E/T)_s$ [W/floor- $m^2/^\circ C$])を求めた。更に同感応度を冷房期平日のEの平均値(E_m)で除することにより、夏季平日の単位気温上昇に伴う各街区の電力消費量の増加率を意味する $(E/T)_s/E_m$ [%]を推計した。以上の T_{AH} と $(E/T)_s/E_m$ の街区毎の特別値の積を算出することで、休日から平日へのエネルギー消費と排熱の増加による気温上昇に更なる夏季電力消費増のパーセンテージを意味する電力需要PFB感度を2013年7月・8月の大阪を対象に推計した。
- 以上の実測にもとづく手法を、WRF-CM-BEMによりシミュレートされた街区毎の地上気温・比湿と電力需要量に対して同様に適用し、電力需要PFB感度のWRF-CM-BEMによる推計値を算出した。この算出値を上述の実測ベースの電力需要PFB感度と比較し、WRF-CM-BEMによるPFB感度表現の妥当性を検証する方法で、数値実験にもとづくPFB感度の定量化手法の構築を試みた。
- (4)研究目的(4)に関連し、上述(3)で電力需要PFB感度の再現性の視点から検証されるWRF-CM-BEMについて、同モデルを用いて都市気温に対するPFB感度を定量化するための手法を考案した。これは、実測資料にもとづく検証が可能な大阪の電力需要ベースのPFB感度でモデルの妥当性を確認した上で、電力需要データが入手出来ない国外3都市については電力ではなく気温ベースのPFB感度を共通指標として、その定量化と比較を行おうと考えた為である。この気温PFB感度の定量化は、WRF-CM-BEMを現在から将来までの複数の広域気候条件下の各都市に適用する数値実験にてPFBを考慮する場合としない場合の2ケース計算を行い、そこから算出される前者・後者の将来昇温量の差異をPFBによる正味の気温影響とみなす方法に依った。具体的にはIPCC第5次評価報告書で用いられた最悪温室効果ガスシナリオ(RCP8.5シナリオ)下での将来気候の予測結果の内、代表的な全球気候モデルによる2070年代までの将来気候予測のアンサンブル平均データを解析に用いた。この将来気候データより気温・風速等について現在気候からの差分量を格子別に算出し、領域気象モデルであるWRF-CM-BEMを駆動する際の現在気候の大気初期・境界条件に上述差分量を加算する方法で擬似的に将来気候予測を行う擬似温暖化法を採用した。この手法で各都市を対象にPFB考慮時と非考慮時の2ケースについて2070年代までの気候予測計算を行った。その2ケース間での将来気温上昇量の差異をPFBによる都市気温への影響とみなし、その差異が上述の全球気候

モデルにより予測された地球温暖化時の対象都市周辺の広域気温上昇量の何%に相当するかを算出し、気温 PFB 感度として採用した。即ち、同感度は、地球温暖化とヒートアイランドの両効果によりもたらされる都市の将来気温上昇量の内、何%が PFB に依るかを表す指標である。以上の解析の際、各都市を対象とした計算領域における土地利用や建物構造、空調機器効率等の WRF-CM-BEM 計算条件は、将来も現在条件のままと仮定した。これにより都市成長や機器効率化等の将来シナリオによる不確実性を排除し、広域気候条件のみが地球温暖化時の将来条件に変化した際の都市気候の応答が PFB によりどの程度の影響を受けるかという視点から PFB 感度を定量化した。以上の方法で各都市の気温 PFB 感度を定量化し、更に都市間での当該感度の差異を求め、その要因に関する考察を進める事とした。

4. 研究成果

(1)研究目的(1)については、3. で前述した方法で対象 4 都市についてモデル検証に用いる屋内外気象の観測データが整備できた。WRF-CM-BEM への入力データについては、4 都市を対象に建物高さ分布等の街区形状や壁の素材構成等の建築構造、および冷房機器の標準効率等の空調計算に関連する入力データ一式を収集・整備できた。

(2)研究目的(2)については、前章の研究手法(2)の改良を施された BEM を含む WRF-CM-BEM を大阪へ適用し、モデルの性能を検証した。建物室温のモデルによる再現性を研究方法(1)で前述した大阪市内の 33 軒の住居での実測室温との比較により検証した結果、概ね良好な再現性が確認された。地域電力需要量と外気温についても検証した結果、モデルは夏季大阪の住宅街とオフィス街の電力需要量の特別値を約 10%の誤差内で再現可能であり、先行研究を上回る精度が確認された。地上気温についても誤差 1.5 以内の良好な再現性が示された。特に住宅街の夏季電力需要量について、改良前の WRF-CM-BEM による計算値は 40%程度の過大評価であり、BEM 改良により大きな改善が認められた。この改善は、研究方法(2)で前述した BEM の 2 単室化により住宅街の部分空調の表現が現実に近い事に依ると推察された。

(3)研究目的(3)に関しては、前章(3)の方法で解析された T_{AH} と $(E/T)_s/E_m$ 、および両者の積である電力需要 PFB 感度について、実測ベースの推計値と WRF-CM-BEM 計算に基づく推計値を比較し、WRF-CM-BEM による PFB 感度表現の妥当性を検証した。この検証は、2013 年 7 月・8 月の大阪を対象とし、大阪市域にあって概ね単一用途の建物から構成される典型的な事務所街・戸建住宅街・集合住宅街の 3 街区域にて実施された。建物の用途混合が見られない街区を検証対象としたのは、各計算グリッドが単一用途の建物で構成される事を仮定した WRF-CM-BEM モデルとの整合性に配慮した為である。対象 3 街区は、大阪都心に位置する 10~20 階建ての事務所ビル街(以降 C2)、大阪南部の 2~3 階建ての戸建住宅街(以降 R4)および同北東部の 5~10 階建ての集合住宅街(以降 R7)であり、WRF-CM-BEM 計算格子の水平解像度は 1km の設定とした。以上の検証の結果を図 2 に示す。WRF-CM-BEM は、 T_{AH} と $(E/T)_s/E_m$ および電力需要 PFB 感度の各街区における水準を、ピーク値の出現時刻等の時間変化の一部誤差を除き、概ね再現可能である事が判明した。また、各街区での休日から平日へのエネルギー消費増に起因する電力需要 PFB 感度は事務所街 C2 のピーク値 2%に対し、住宅街の R4 と R7 で日最大値が共に 3%程度であり、住宅街区にて PFB 感度の増加が認められた。以上の電力需要 PFB 感度は街区毎の平日の総電力需要が PFB 効果により何%押し上げられているかを示唆する数値であるが、本研究では更に電力需要の中の冷房用途部分に対する PFB 感度も推計した。この冷房電力需要 PFB 感度は、対象 3 街区にて実測ベースで約 10%と推計され、WRF-CM-BEM シミュレーションでも再現可能であった。以上の結果より WRF-CM-BEM による PFB 感度表現の妥当性が検証され、加えて、夏季大阪の平日電力需要に対する PFB インパクト(総電力需要に対し約 3%、冷房電力需要に対し約 10%)が定量化された。

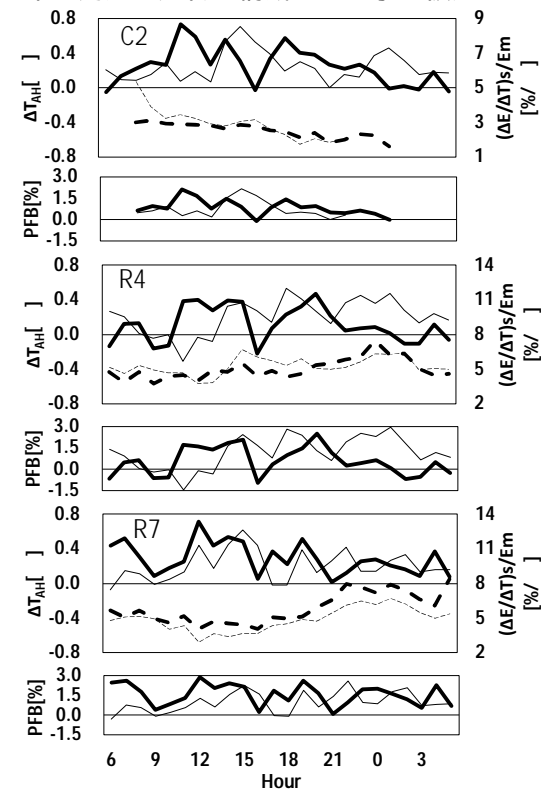


図 2 電力需要 PFB 感度の再現性

[実線は T_{AH} と電力需要 PFB 感度 (縦軸の PFB[%])、点線は $(E/T)_s/E_m$ 、太線が実測値、細線がシミュレーション値を表す。]

(4)最後に研究目的(4)については、上述の研究成果(3)の検証を経た WRF-CM-BEM モデルを用い、前章(4)の方法で気温 PFB 感度の定量化を試みた。WRF-CM-BEM を大阪とジャカルタの 2070 年代までの気候予測計算に適用し、夏季の将来地上気温に対する気温 PFB 感度の日平均値を算出した結果、大阪では住宅街で 1.4%、オフィス街で 3.3%の感度であった。これに対しジャカルタの住宅街とオフィス街では 2.5%と 3.8%となり、大阪を上回る気温 PFB 感度が推計された。この感度増加は、大阪と比較しジャカルタでは建物壁面における窓面積割合が平均的に大きい事、そして気候条件として外気湿度がジャカルタの方が平均的に高い事が関係すると推察された。以上の要因により、ジャカルタでは冷房排熱が気象条件に対しより高感度に応答する事で、大阪に比し気温 PFB 感度が増加すると考えられた。また、以上の大阪・ジャカルタで定量化された気温 PFB 感度は、両都市の将来気温上昇量の内、3~4%が PFB に依る事を示唆した。この PFB の影響は、都市の将来気候予測をテーマとした PFB を考慮しない複数の先行研究と比較した場合、気候モデルや都市成長等の将来シナリオの選択がそれら先行研究での将来予測気温にもたらした不確実性と同程度の影響であった。以上の結果から、PFB は都市域の電力需要と地上気温に対し無視できない影響をもたらす事が示唆された。これにより今後の都市の気候変動予測やエネルギー需要予測では、PFB を考慮したモデルを用いる事の必要性が示された。なお、本研究では当初の目的に掲げたロンドンとデリーにおける PFB 感度の定量化が未完であり、両都市の解析を今後の研究課題として残した。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

Hashimoto Y, Ohashi Y, Nabeshima M, Shigeta Y, Kikegawa Y, Ihara T. Sensitivity of electricity consumption to air temperature, air humidity and solar radiation at the city-block scale in Osaka, Japan. Sustainable Cities and Society, 査読有り, Vol.45, pp.38-47, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.004>, Feb 2019.

桑山忠弘, 山口和貴, 岡田和樹, 亀卦川幸浩, 神田学, Alvin Christopher Galang Varquez, Nisrina Setyo Darmanto, Prihadi Setyo Darmanto, 井原智彦. エアコンによる睡眠困難および疲労の障害調整生存年(DALY)の軽減効果 - インドネシア・ジャカルタにおける評価 - . 日本 LCA 学会誌, 査読有り, Vol.15, No.1, pp.2-9, <https://doi.org/10.3370/lca.15.2>, Jan 2019.

Takane, Y., Y. Kikegawa, M. Hara, T. Ihara, Y. Ohashi, S. A. Adachi, H. Kondo, K. Yamaguchi, and N. Kaneyasu, 2017: A climatological validation of urban air temperature and electricity demand simulated by a regional climate model coupled with an urban canopy model and a building energy model in an Asian mega city. International Journal of Climatology, 査読有り, Volume37, IssueS1, pp.1035-1052, <https://doi.org/10.1002/joc.5056>, August 2017.

亀卦川幸浩, 山川洋平, 徳竹衿也, 大橋唯太, 高根雄也, 井原智彦, 鍋島美奈子, 日射と電力需要の再現性に着目した都市気象・建物エネルギー連成数値モデルの検証, 土木学会論文集 G(環境), 査読有り, Vol.73, No.2, pp.57-69, <https://doi.org/10.2208/jscej.73.57>, 2017年5月.

橋本侑樹, 鍋島美奈子, 重田祥範, 亀卦川幸浩, 井原智彦. 業務および住宅街区の気温・湿度に対する電力感度の解析と考察 - 2013年・大阪市内の観測を通して - . 日本建築学会環境系論文集, 査読有り, Vol.81, No.727, pp.827-834, <https://doi.org/10.3130/aije.81.827>, Sep 2016.

[学会発表](計15件)

中島一紗, 橋本侑樹, 大橋唯太, 井原智彦, 亀卦川幸浩. 夏季大阪市域で実測された都市気温と電力需要の相互作用感度の再現シミュレーション. 日本ヒートアイランド学会第13回全国大会, 大阪府立大学(堺), 24-26 Aug 2018.

Nishimoto T, Tashiro T, Hashimoto Y, Yamaguchi K, Kikegawa Y, Ohashi Y, Ihara T. Development and verification of urban canopy - building energy coupled model considered multiple building types. The 10th International Conference on Urban Climate (ICUC-10), City College of New York (New York, NY, United States), 6-10 Aug 2018.

Takane, Y., Y. Kikegawa, M. Hara, and C. S. B. Grimmond, 2018: Urban warming and air-conditioning use in a future climate: Evidence of a positive feedback. The 10th International Conference on Urban Climate (ICUC-10), City College of New York (New York, NY, United States), 6-10 Aug 2018.

Takane Y, Kikegawa Y, Hara M, Ihara T, Ohashi Y, Adachi S A, Kondo H, Yamaguchi K, Kaneyasu N. A climatological validation of urban air temperature and electricity demand simulated by a regional climate model coupled with an urban canopy model and a building energy model in an Asian megacity. The 10th International Conference on Urban Climate (ICUC-10), City College of New York (New York, NY, United States), 6-10 Aug 2018.

Kikegawa Y, Nakajima K, Ohashi Y, Hashimoto Y, Ihara T. Observational and computational quantification of the positive feedback interaction between urban climate and

electricity consumption in Osaka. The 10th International Conference on Urban Climate (ICUC-10), City College of New York (New York, NY, United States), 6-10 Aug 2018. 岡田和樹, 亀卦川幸浩, 井原智彦, Alvin C.G. Varquez, 稲垣厚至, 神田学, ジャカルタを対象とした WRF の都市キャノピースキームに関する比較実験, 日本気象学会 2017 年度秋季大会(北海道大学(札幌)), 2017 年 10 月 30 日-11 月 2 日.

Kikegawa Y, Ohashi Y, Hashimoto Y, Ihara T., Observational quantification of the positive feedback interaction between urban climate and summer electricity demand in a Japanese major city Osaka, 4th International Conference on Energy & Meteorology (Mercure Villa Romanazzi Carducci, Bari, Italy), 2017 年 6 月 27 日-29 日.

Y. Takane, Y. Kikegawa, M. Hara, T. Ihara, Y. Ohashi, S. A. Adachi, H. Kondo, K. Yamaguchi, N. Kaneyasu, A climatological validation of urban air temperature and electricity demand simulated by a regional climate model coupled with an urban canopy model and a building energy model in an Asian mega city, 14th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality(University of Strasbourg, Strasbourg, France), 2017 年 5 月 29 日-31 日.

Yamaguchi K, Ihara T, Kikegawa Y, Genchi Y. Evaluation for heat island mitigating potential of improving energy efficiency in urban areas - e-mobility and air source heat pump water heaters. 23rd World Energy Congress, Istanbul Congress Center (Istanbul, Turkey), 9-13 Oct 2016.

Hashimoto Y, Ihara T, Ohashi Y, Nabeshima M, Shigeta Y, Kikegawa Y. Simulations of summer energy consumption considering insolation by urban heat-island countermeasures and energy-saving measures in Osaka city, Japan. 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (IC2UHI), National University of Singapore (Singapore, Singapore), 30 May-1 Jun 2016.

Maeda K, Yamaguchi K, Darmanto N S, Varquez A C G, Kikegawa Y, Kanda M, Ihara T. Evaluating the effectiveness of countermeasures against urban heat island in Jakarta. 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (IC2UHI), National University of Singapore (Singapore, Singapore), 30 May-1 Jun 2016.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：井原 智彦

ローマ字氏名：IHARA TOMOHIKO

所属研究機関名：東京大学

部局名：大学院新領域創成科学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：30392591

研究分担者氏名：大橋 唯太

ローマ字氏名：OHASHI YUKITAKA

所属研究機関名：岡山理科大学

部局名：生物地球学部

職名：准教授

研究者番号(8桁)：80388917

研究分担者氏名：高根 雄也

ローマ字氏名：TAKANE YUYA

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：エネルギー・環境領域

職名：主任研究員

研究者番号(8桁)：80711952

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。