

テーマ4: アジアのメガシティにおける緩和を 考慮した適応策の実施事例研究

研究実施期間 2015-2019
予算累計 237,738 (千円)

東京工業大学・東北大学・東京大学

神田 学, 高木 泰士, 稲垣 厚至, Alvin Christopher Varquez,
風間 聡, 呉 修一, 井原 智彦, 亀卦川 幸浩, 高根 雄也, 山口 和貴

S-14-4 チーム構成

- (1) 緩和・適応統合実施の基本シナリオを考慮した**都市気候変動の予測** (東工大・神田)
- (2) 緩和・適応統合実施による**都市水害減災評価と費用便益分析** (東北大・風間)
- (3) 緩和・適応統合実施による**都市健康影響評価と費用便益分析** (東大・井原)

S-14-4 背景（2つの温暖化）

（1）地球温暖化研究

都市観測気温はグローバルな地上気温の**ノイズ**

（2）ヒートアイランド研究

通常の気象学体系を超えた**学際的・複合的ア
プローチで独自に発展**



都市適応策の重要性(AR5)

ノイズから**シグナル**へ

都市が焦点に(AR6, AR7)

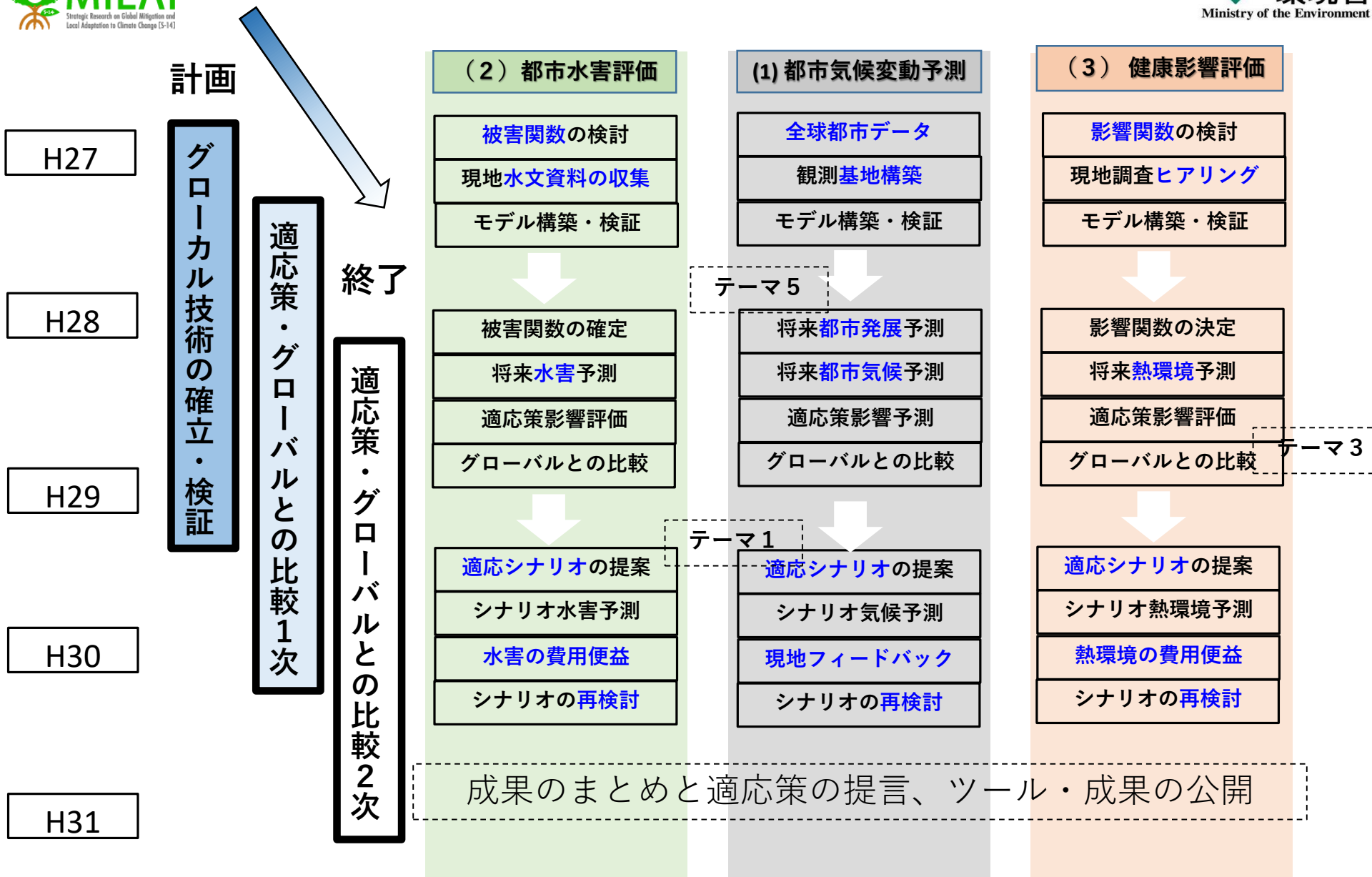
S-14-4 研究開発目的

(1) アジアのメガシティにおける**先進的**
都市気候変動予測技術の適用

(2) 緩和策と適応策の統合的戦略研究
における**地域検証研究**

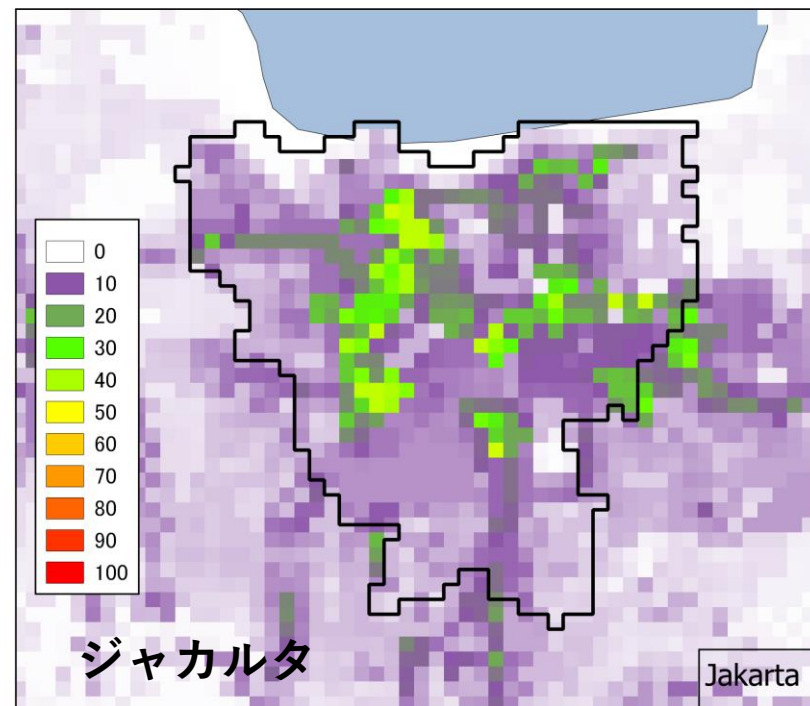
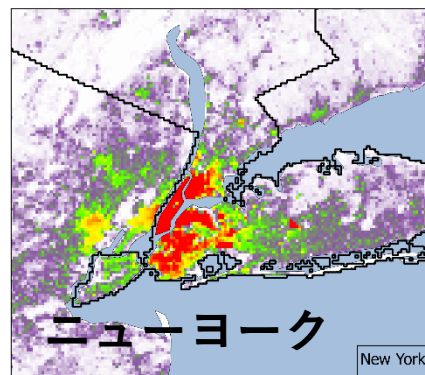
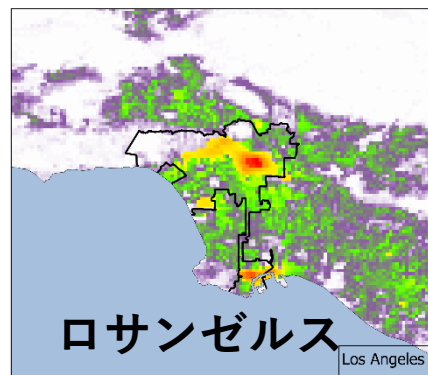
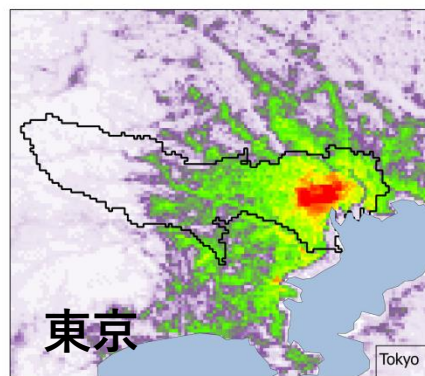
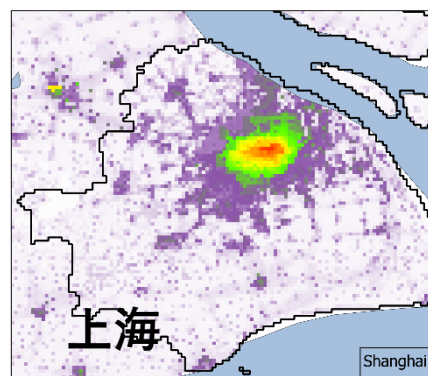
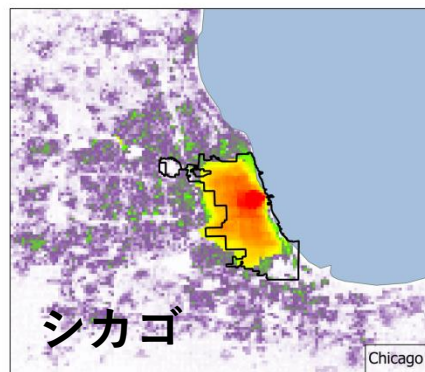
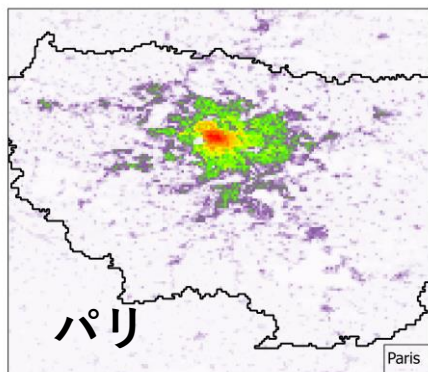


グローバルに展開可能なローカル技術の確立



S-14-4 (1) 成果（アカデミック）

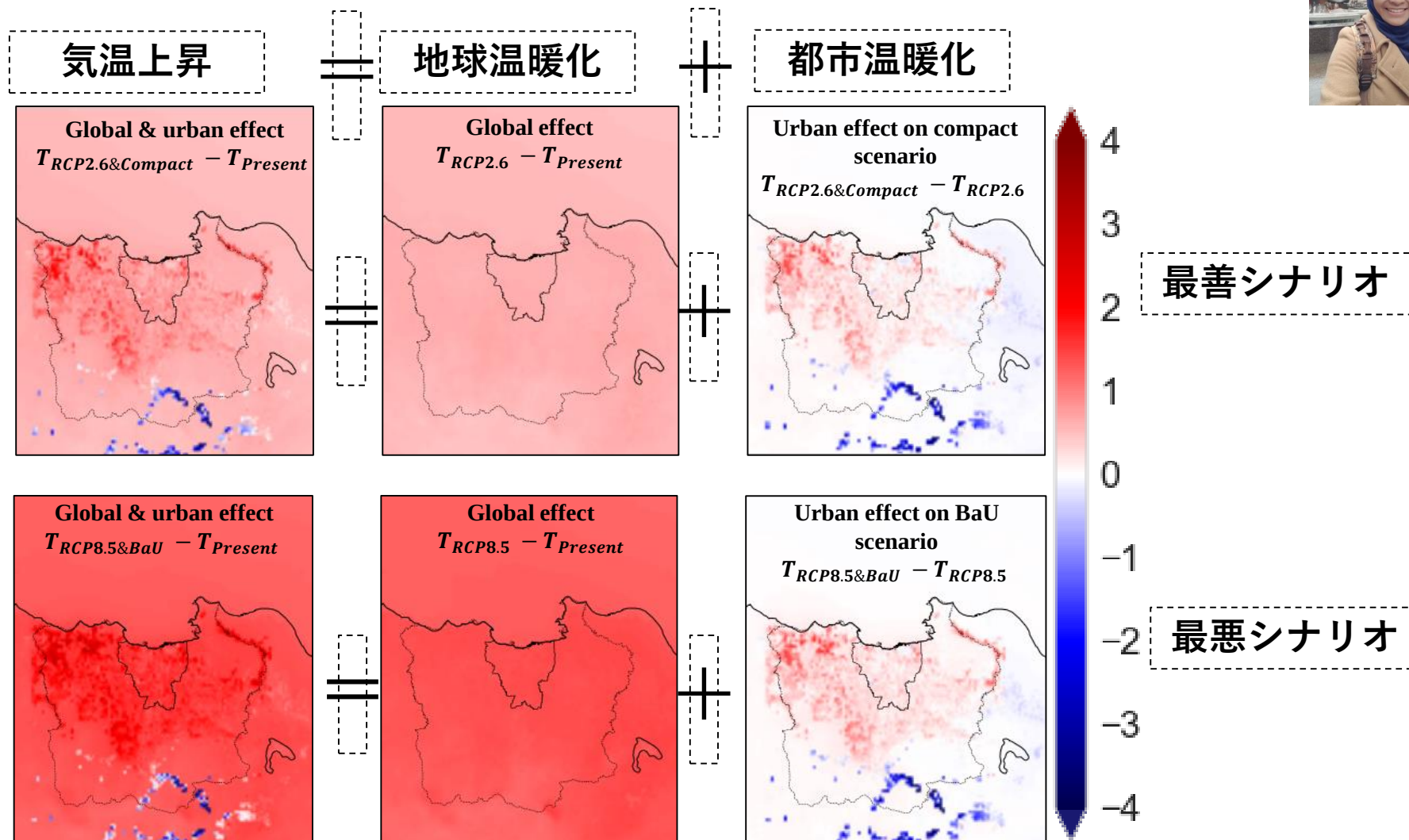
（1）緩和・適応統合実施の基本シナリオを 考慮した都市気候変動の予測



グローバルとローカルのシナリオ考慮

Case	都市化	温暖化	シナリオ設定
I	現況	現況	ベース計算
II	現況	RCP8.5	擬似温暖化
III	現況	RCP2.6	擬似温暖化
IV	将来（規制なし）	RCP8.5	擬似温暖化＋都市化
V	将来（コンパクト）	RCP2.6	擬似温暖化＋都市化
VI	将来（緑化適応）	RCP2.6	緑化適応策 (都市被覆5%減) (都市緑化20%増)

2050年の2つの温暖化

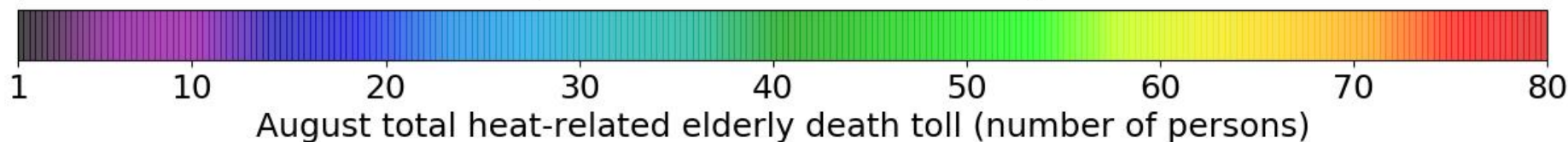
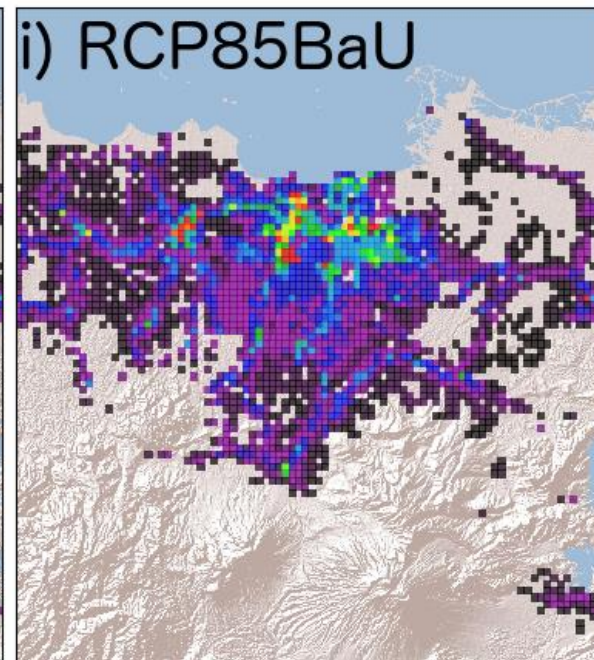
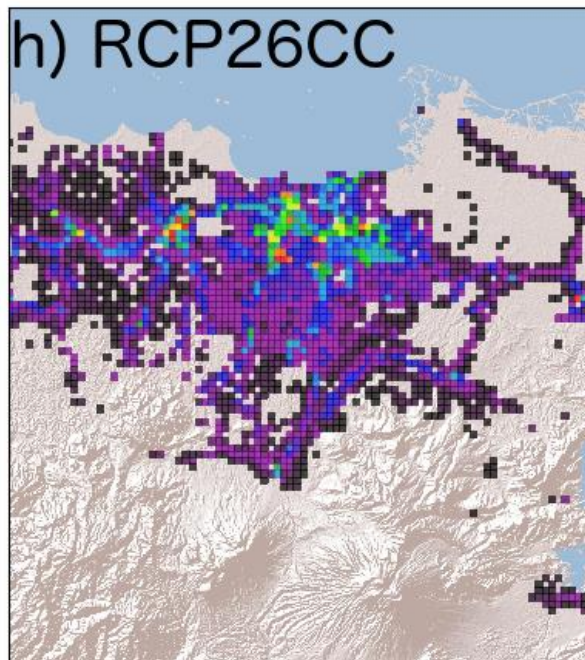
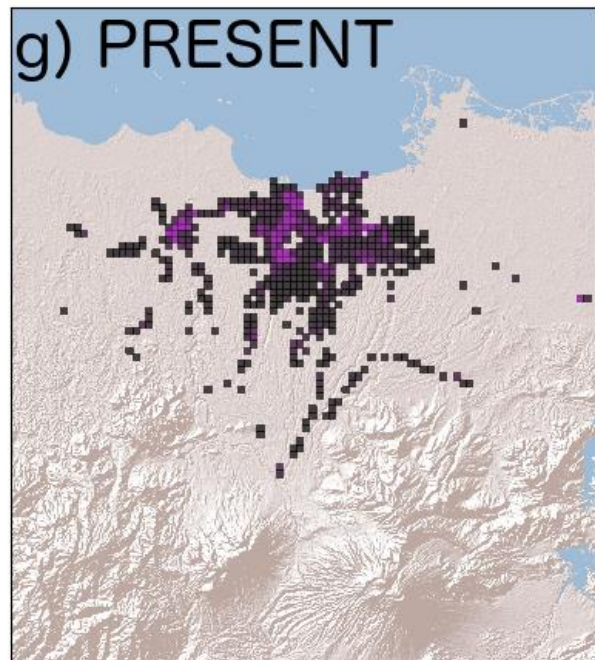


2050年の熱中症死亡リスク

現状

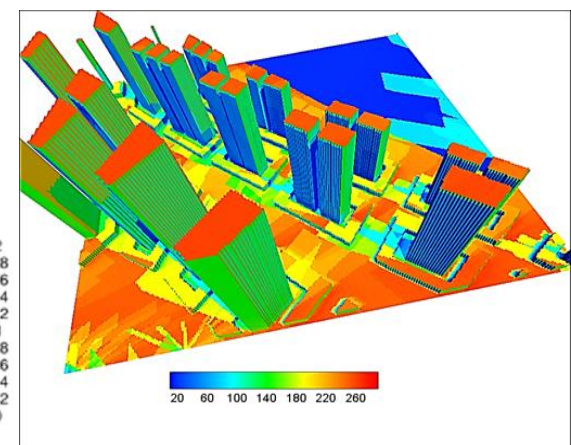
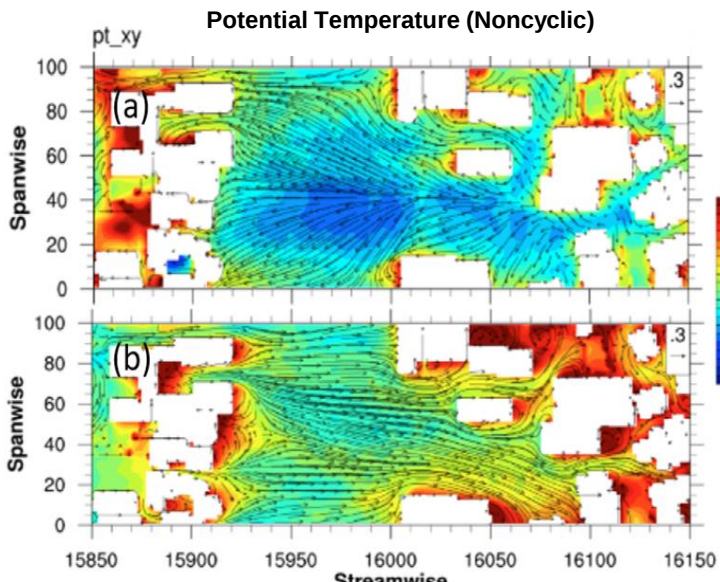
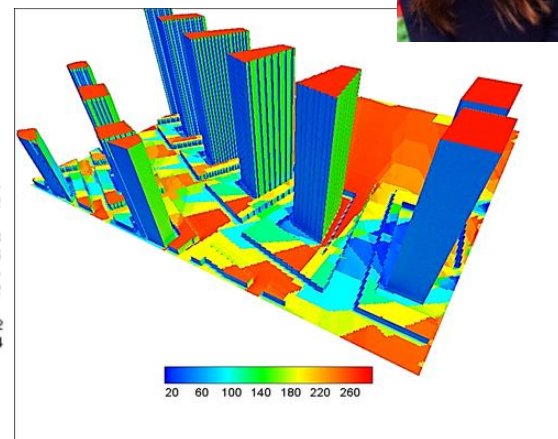
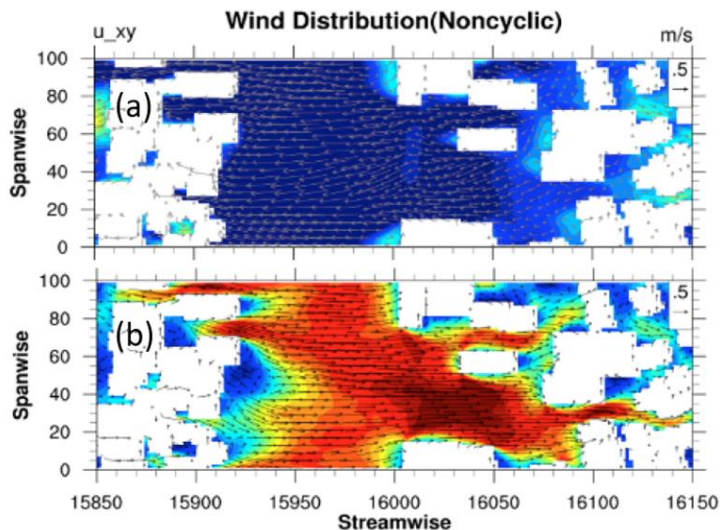
最善シナリオ

最悪シナリオ

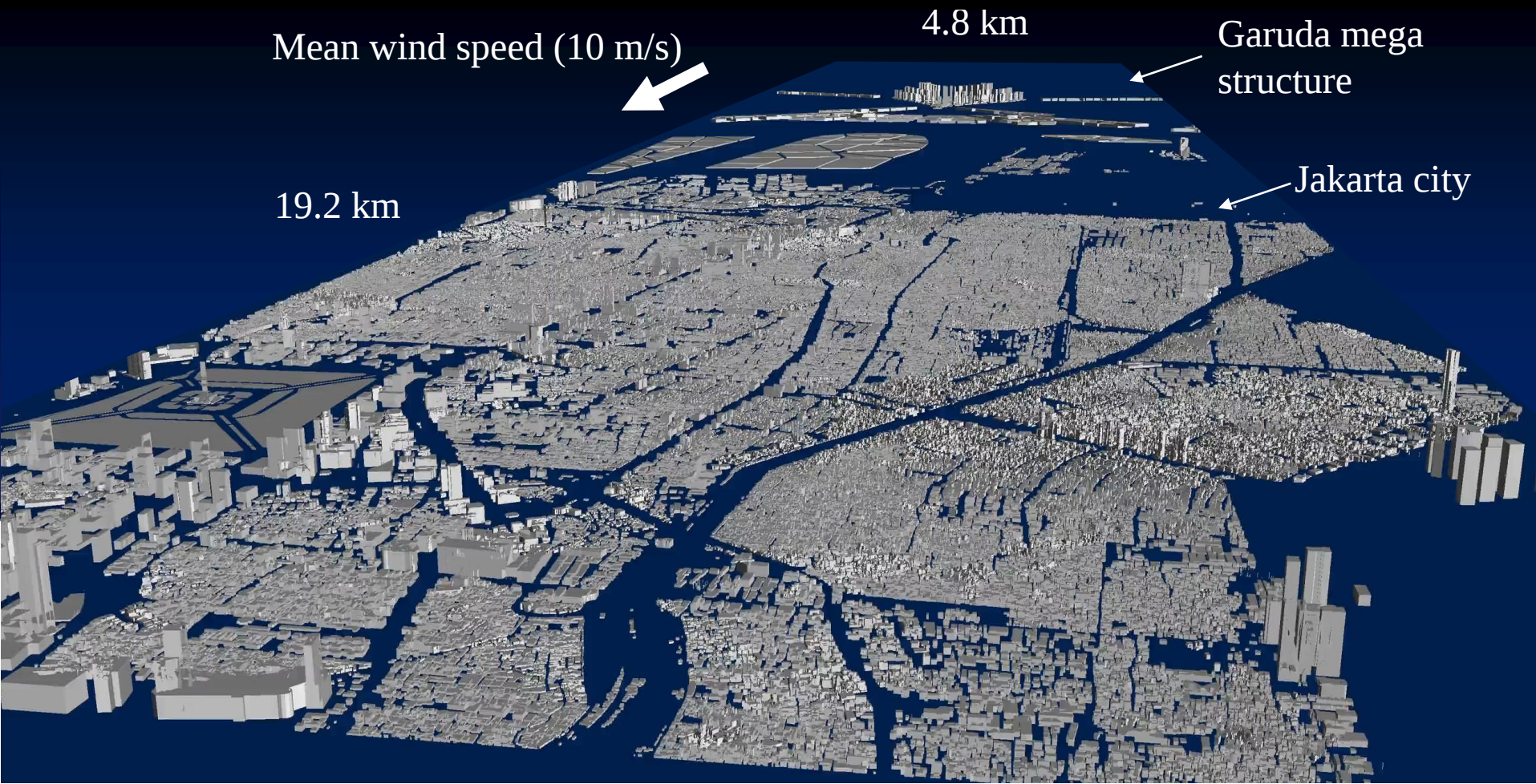




CASE_1 without GARUDA CASE_2 with GARUDA



Micro climate simulation in Jakarta



現地連携強化・人材育成



成果 S-14-4 (2)

(2) 緩和・適応統合実施による都市水害 減災評価と費用便益分析



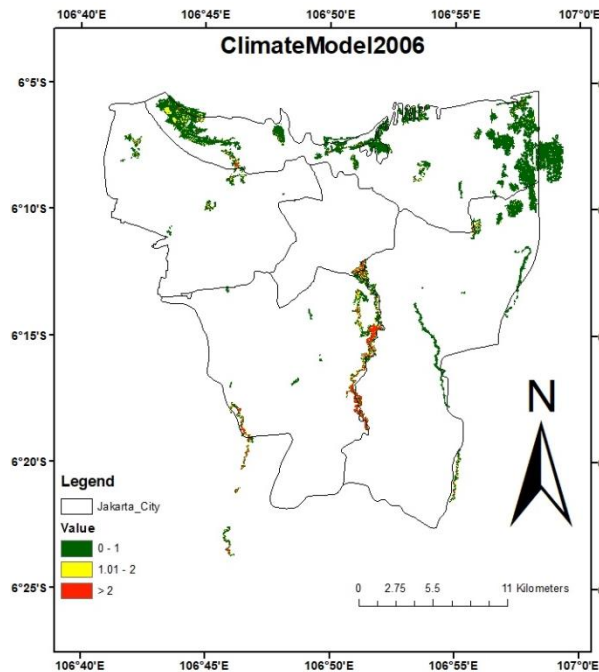
ジャカルタ洪水氾濫のシミュレーション



各シナリオでの洪水氾濫計算結果

現状

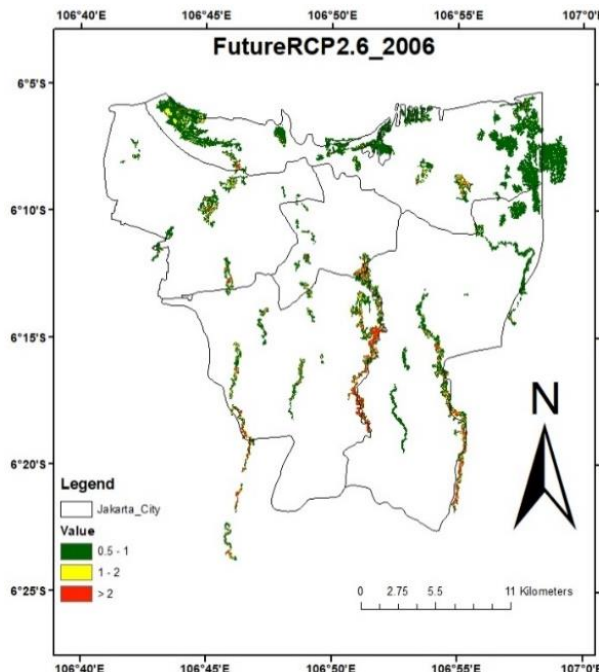
Present



浸水面積：36.4 km²

最善シナリオ

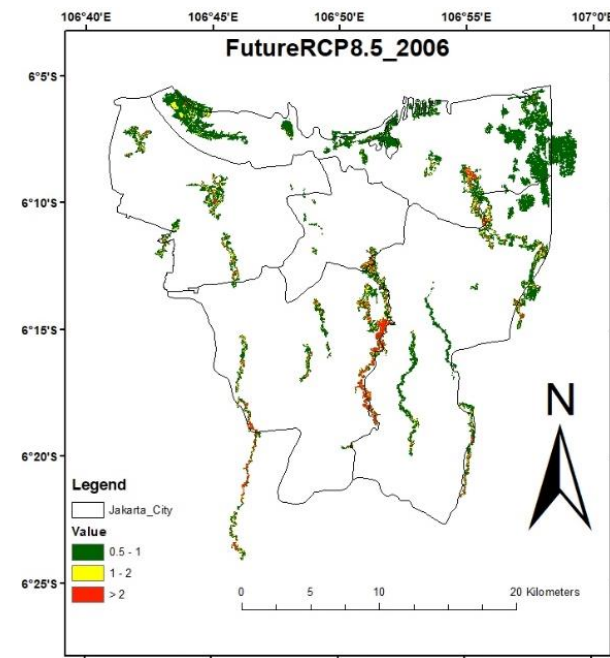
RCP2.6 & Compact



浸水面積：48.2 km²

最悪シナリオ

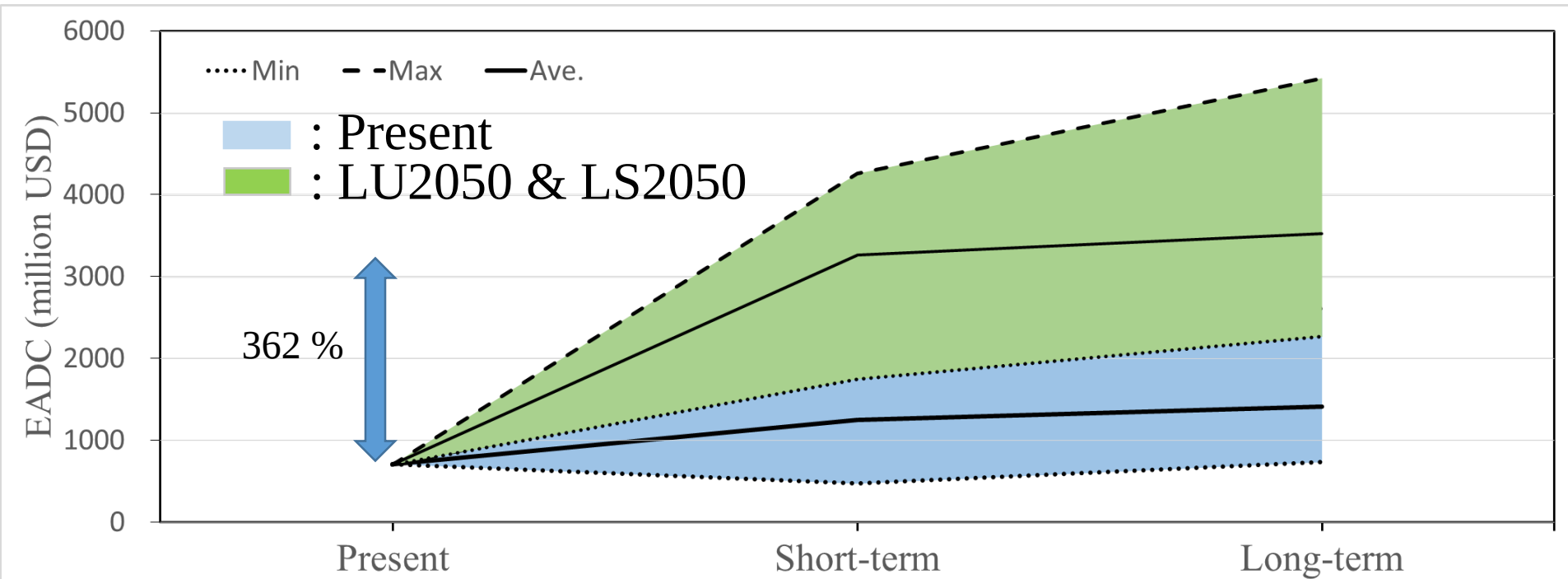
RCP8.5 & BaU



浸水面積：52.9 km²

サブテーマ1が算定した極端豪雨を使用している
現状、最善、最悪シナリオで洪水氾濫を算定した

各シナリオでの洪水氾濫計算結果

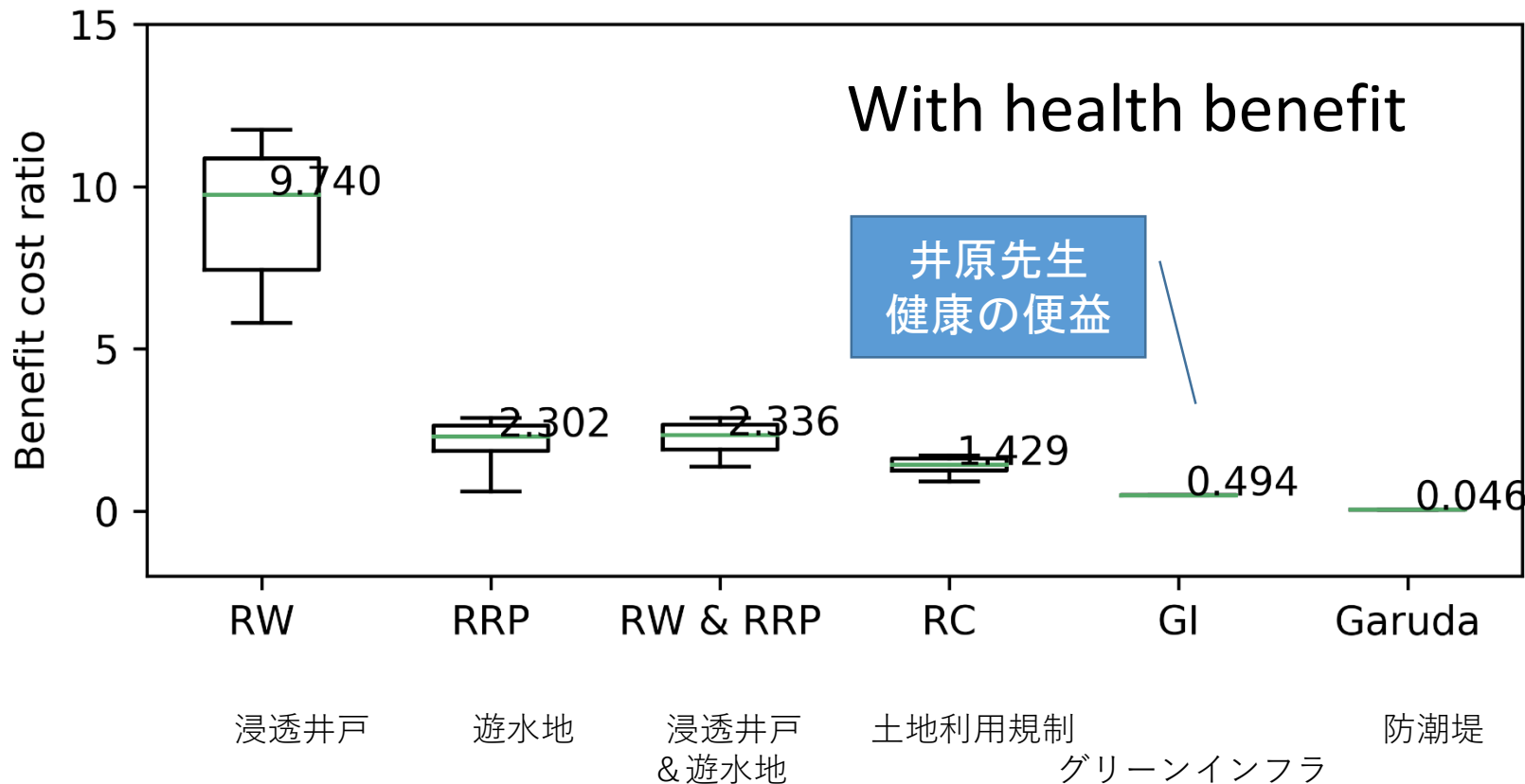


豪雨のシナリオを増やすために、8 GCM × 3 RCPで更に検証
 また洪水の被害額も算定

洪水適応オプション毎の効果

費用便益比

ガルード防潮堤の費用を更新



被害額
軽減率

-5.6

-33.2

-36.0

-29.0

-2.6

-11.1

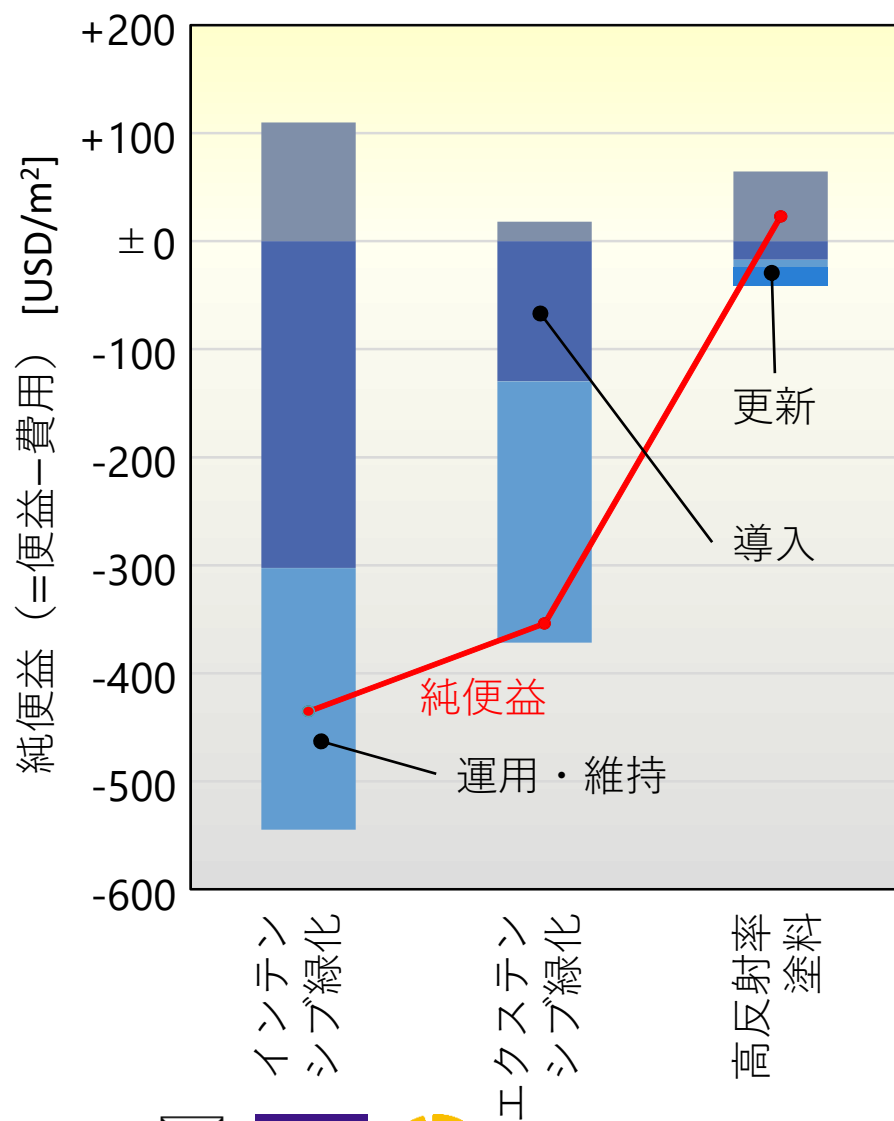
首都移転は良い政策である

- ガルーダプロジェクトの費用
 - 40 Billion USD → **550 Trillion IDR**
 - <https://www.theguardian.com/cities/2016/nov/22/jakarta-great-garuda-seawall-sinking>
 - 以前の計算を更新
- 首都移転の費用
 - **466 Trillion IDR** (3.5兆円)
 - 産経新聞2019.9.2 年間100 Trillion IDR の経済損失
- 首都移転のほうが洪水対策では若干安価
- 経済損失を解決？ 環境や地盤沈下も解消

成果 S-14-4 (3)

(3) 緩和・適応統合実施による都市健康 影響評価と費用便益分析

屋上緑化のライフサイクルコスト



(私的項目のみ、40年間)

- 費用便益分析項目
 - 費用 (コスト)
 - 導入コスト
 - 運用・維持コスト
 - 更新コスト
 - 便益 (ベネフィット)
 - 冷房のための電気料金削減

- 私的項目 (導入者視点のみ) では、緑化は、便益 < 費用
高反射率塗料は、便益 > 費用となった。
- 緑化は導入、運用・維持コストが高く、LCCの結果に大きく影響
- 高反射率塗料は (相対的に) 更新の占める割合が大きい

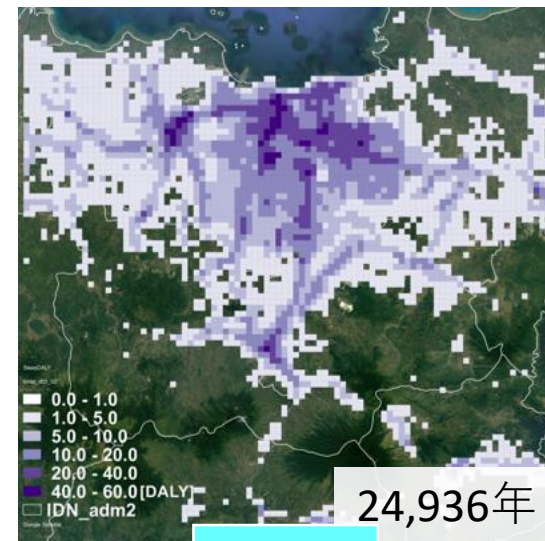
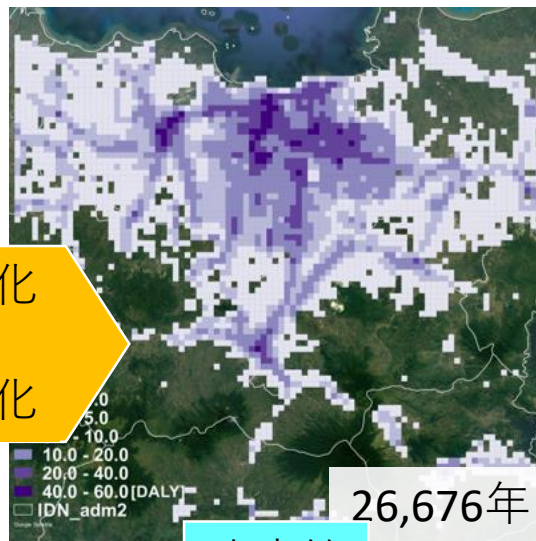
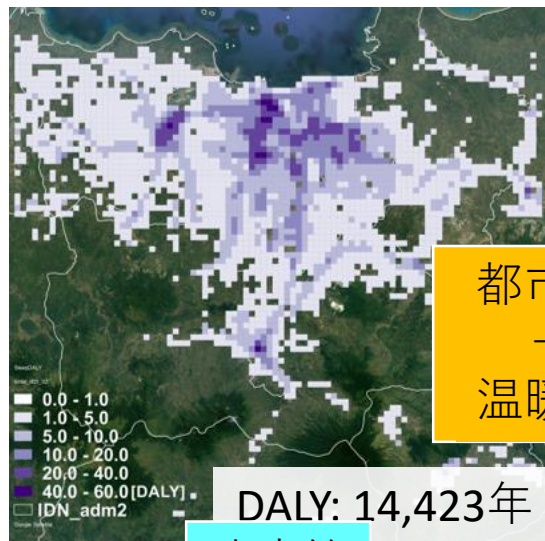
エアコンの睡眠困難削減効果

2050年代8月

現在（8月）

RCP8.5 + SSP3

RCP2.6 + SSP1

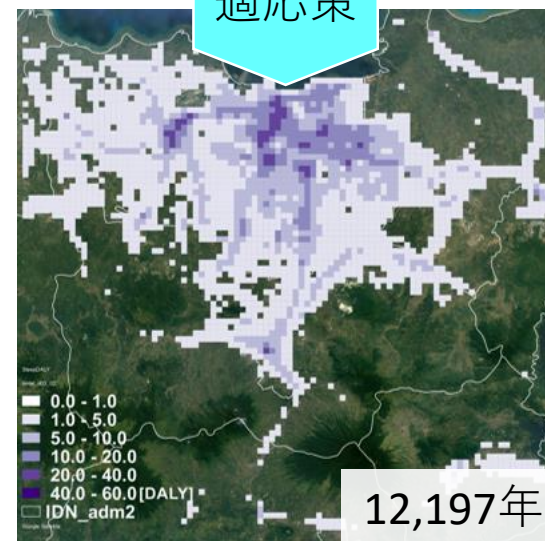
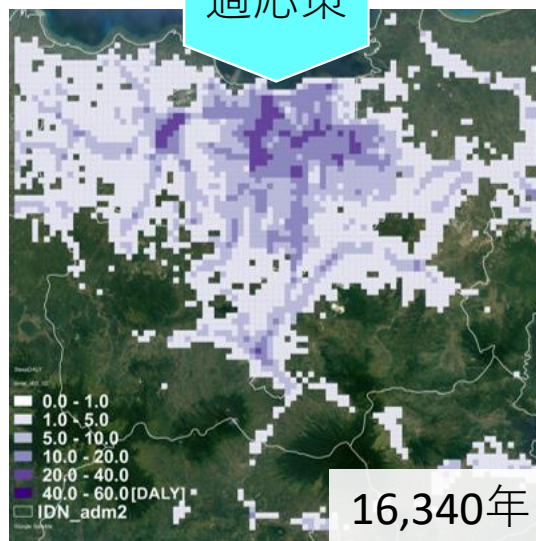
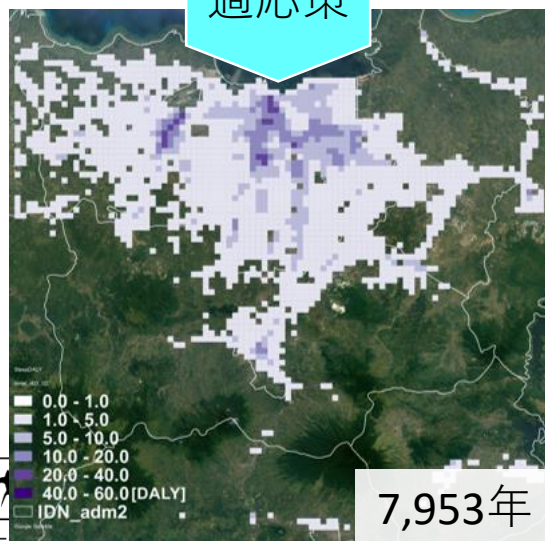


都市化
+
温暖化

適応策

適応策

適応策



現在の
使用率
(15%)

使用率
向上
(90%)

*SSP3: 60%

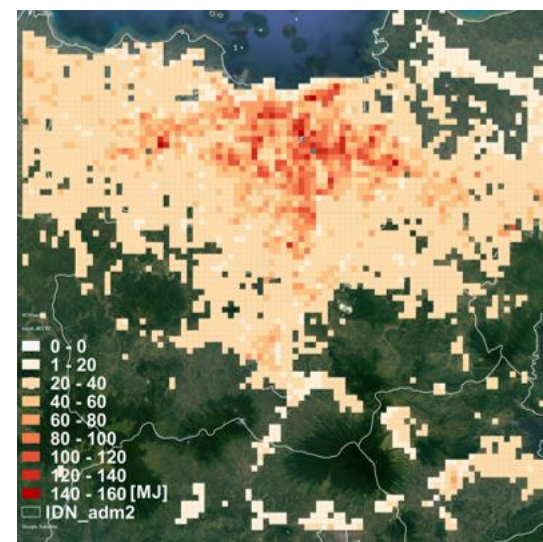
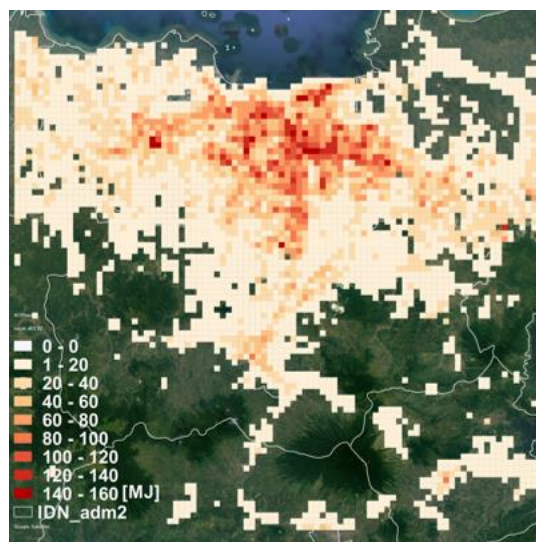
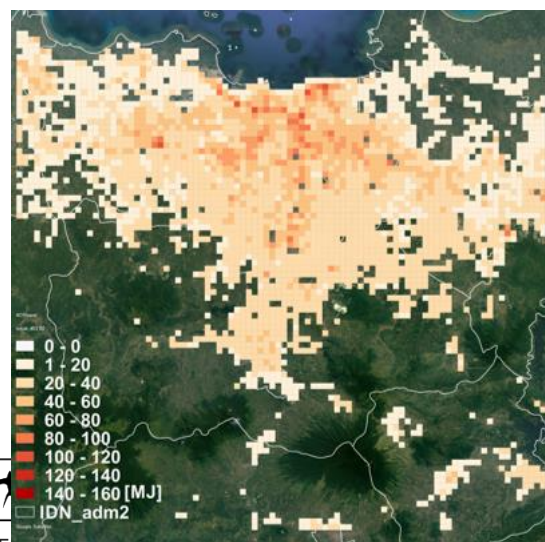
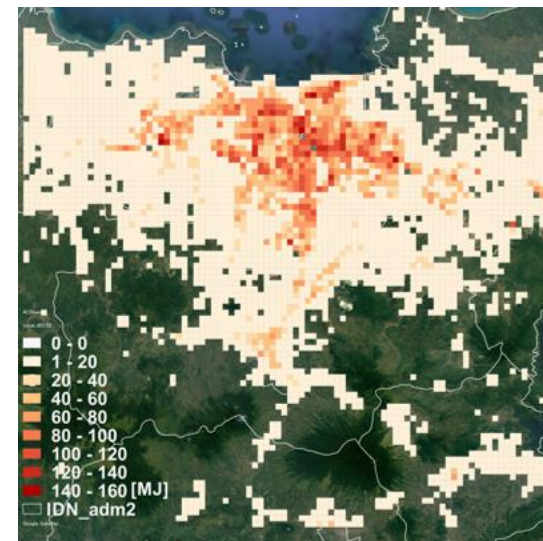
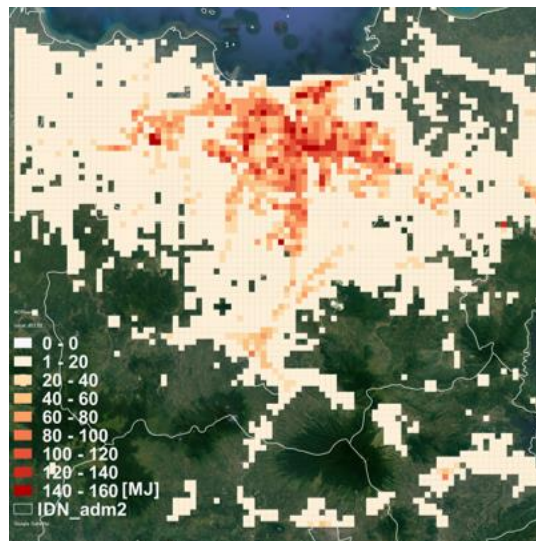
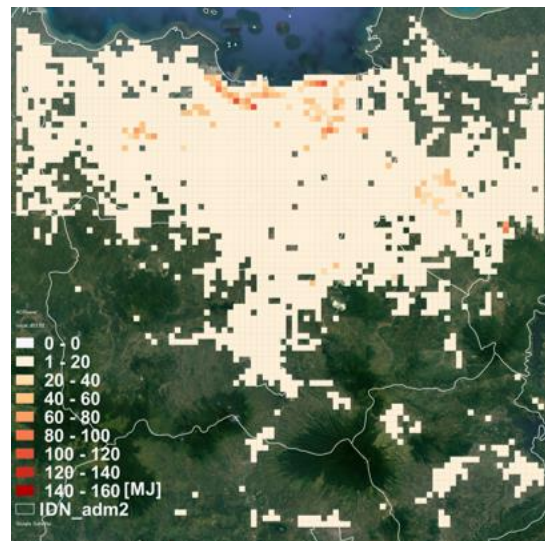
エアコンの電力消費

2050年代8月

現在（8月）

RCP8.5 + SSP3

RCP2.6 + SSP1



現在の
使用率
(15%)

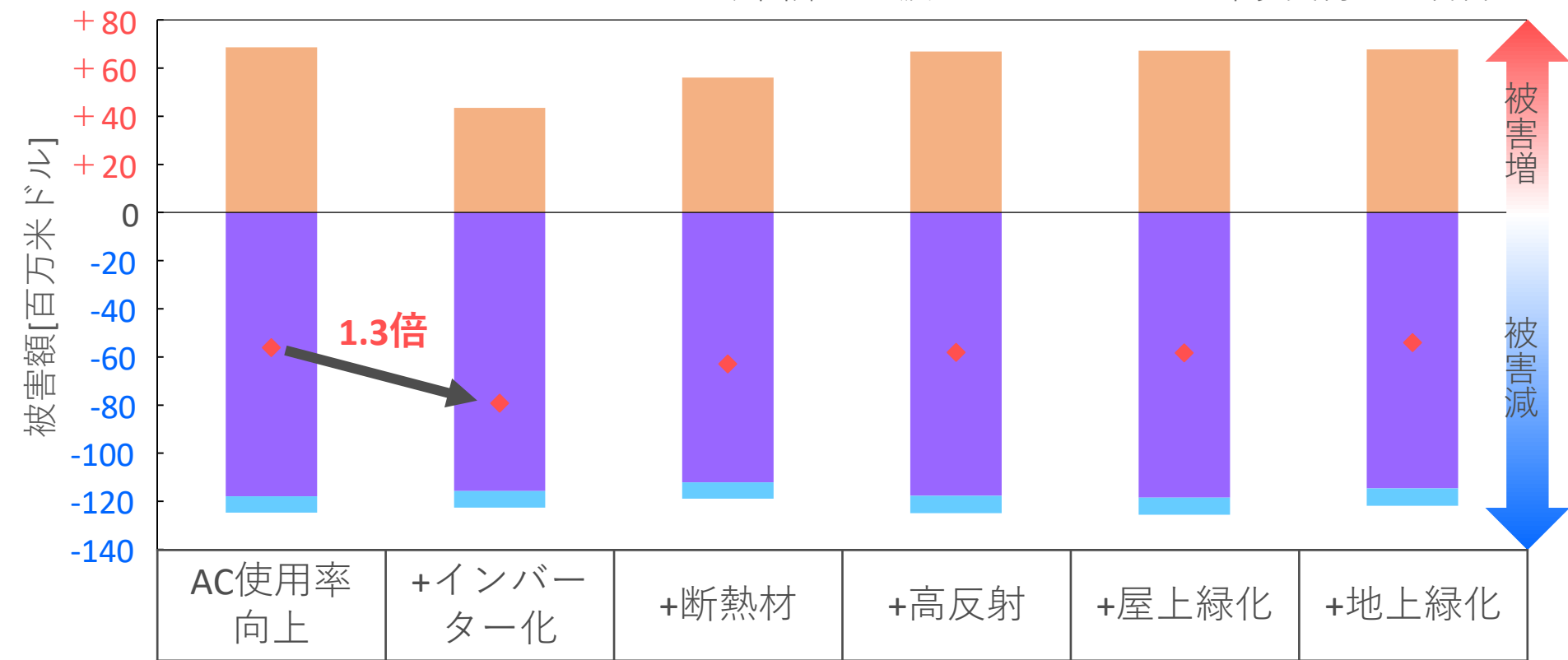
使用率
向上
(90%)

*SSP3: 60%

エアコンのライフサイクル影響

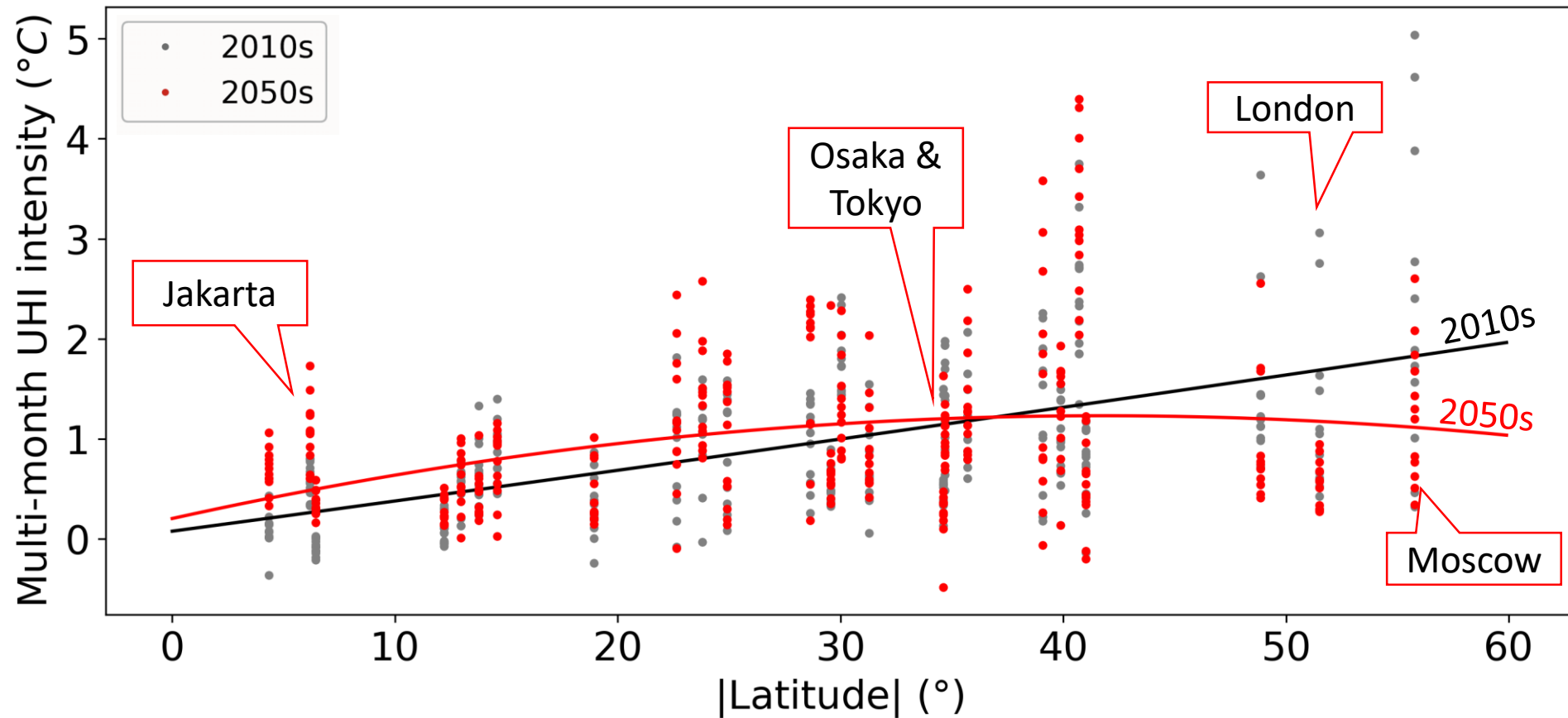
（住宅街区全域、基準シナリオからの差分）

■ 睡眠困難 ■ 疲労 ■ エアコンの環境負荷 ◆ 合計

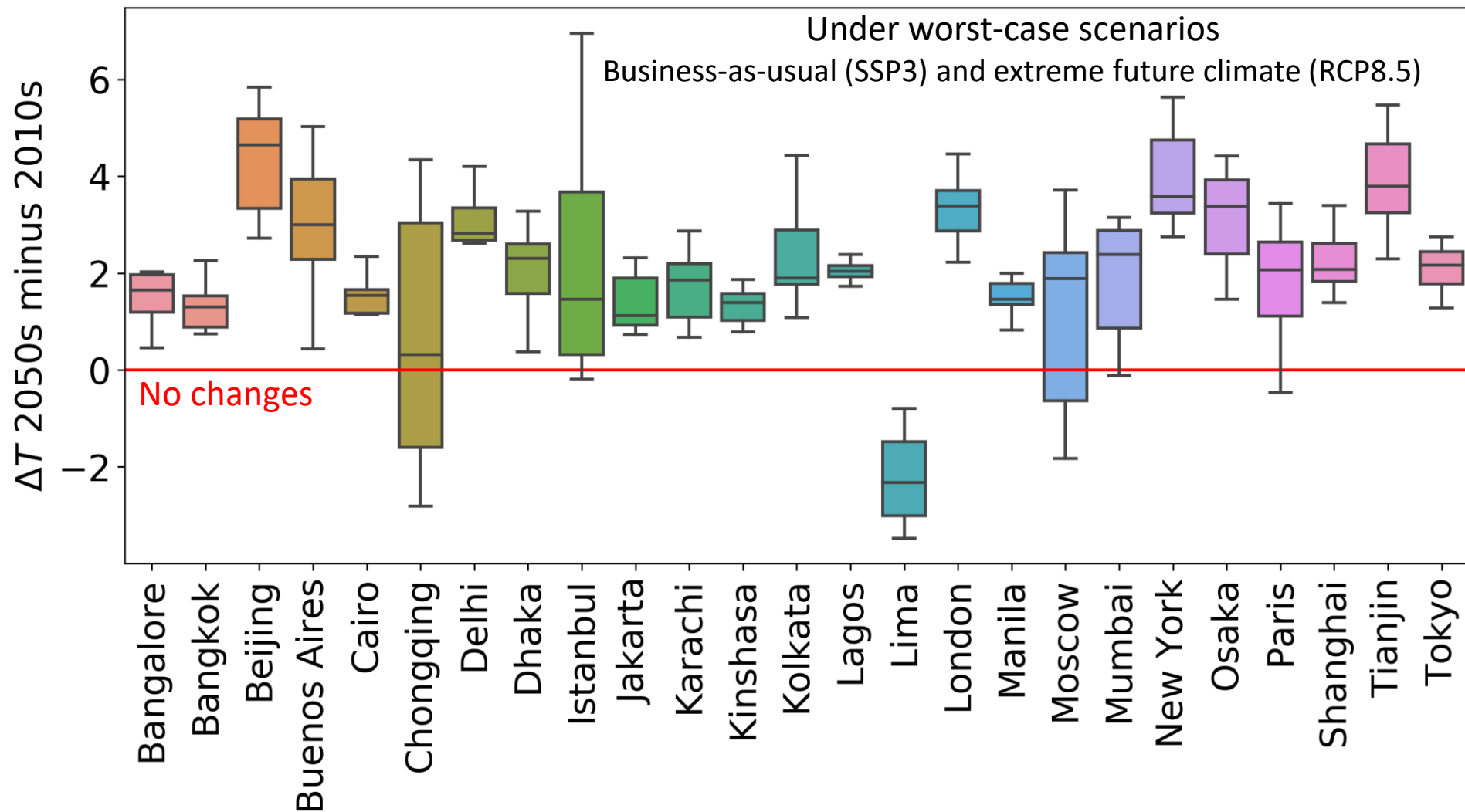


- エアコン使用率向上による健康被害軽減効果は、製造～使用～廃棄によって発生する環境影響と比べて大きい。
- さらにインバーター化をおこなえば、被害軽減効果を約1.3倍に拡大できる。

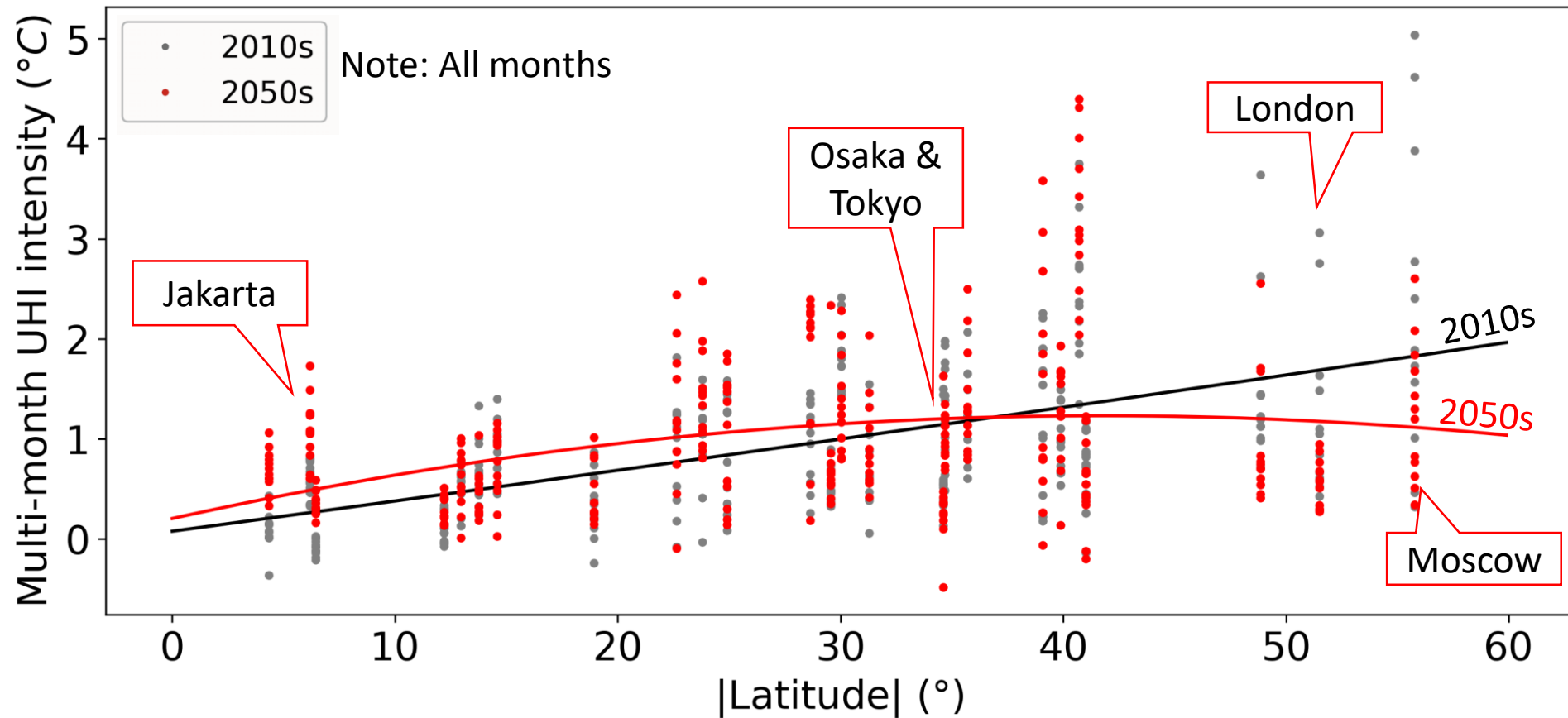
本成果を他都市へ応用する指針（１）



本成果を他都市へ応用する指針（2）



Urban heat island intensity changes in cities by Urbanization and Climate Change (City halls)



By 2050s, increasing urban heat island intensities in equatorial, decreasing towards the poles.

環境政策への提言

- (1) 都市気候変動予測技術を利用した
メガシティの環境政策立案支援
- (2) 環境省の気候変動データベースへの
グローバル都市データベース組み込み
- (3) 観測・計算インフラの現地移植

各種マスコミ報道

風間S14-4-2



CONVERSATION誌 「Jakarta's flood costs will increase by up to 400% by 2050, research shows」 (2020/1/11)

井原S14-4-3

夏の睡眠 4 割支障
東大准教授「社会的損失」
毎日新聞2018/6/6

神田S14-4-1

夏季五輪VS気候変動
2050年、世界の大都市の6割で開催困難に
日経新聞2020/1/24

(1) 研究成果を用いた、日本国民との科学・科学技術対話の活動

②地域の科学講座・市民講座での研究成果の講演

実施日	主催者名	講座名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
2016. 12. 17	目黒区市民団体	異常気象と地球温暖化	東京都	約70名	緩和と適応について概説し、グローバルとローカル（都市）の2つのスケールを融合させる重要性について解説し、アンケート結果きわめて好評だった
2017. 6. 15	目黒区シルバー大学	地球温暖化と都市温暖化	東京都	約100名	2つの温暖化についてわかりやすく説明し、アジアのメガシティにおける対策の重要性などについて解説した。アンケート結果きわめて好評だった
2019. 8. 30	パイオニア株式会社	地球温暖化と我々ができること	東京都	約100名	緩和と適応について概説し、グローバルとローカル（都市）の2つのスケールを融合させる重要性について解説し、アンケート結果きわめて好評だった

④一般市民を対象としたシンポジウム、博覧会、展示場での研究成果の講演・説明

実施日	主催者名	シンポ名	開催地	参加者数	講演した「研究成果」、「参加者との対話の結果」等
2015. 6. 6	東京大学生産技術研究所	気候変動～その影響と対策	東京都	約100名	グローバルな気候変動研究においてアジアのメガシティを研究対象とする必要性について概説した。地球温暖化と都市温暖化についての質疑がなされた
2016. 6. 4	東京大学生産技術研究所	都市と気候変動問題	東京都	約100名	ジャカルタにおける屋上緑化・高反射塗料による暑熱適応策の費用便益分析やLCAによる最新の研究成果を解説した。

⑤インターネット上での研究成果の継続的な発信

開始日	種類	アクセス/参加者数	発信した「研究成果」等
2017. 4. 1	全球人工排熱データの公開	14都市に提供	全球人工排熱データベースを世界に公開し、使用機関・使用都市をリスト登録した上で、オンディマンドでダウンロードサイトを提供

(2) 本課題の成果に係る「査読付」論文（国際誌・国内誌）の発表

執筆者名	発行年	論文タイトル	ジャーナル名等
<i>Dong et al.</i>	2017	Global anthropogenic heat flux database with high spatial resolution	Atmospheric Environment, 150, pp. 276–294
<i>Varquez</i>	2016	Global urban climatology	水文水資源学会誌, 29 (5), pp. 313–325

他20本。

(5) 国内外における口頭発表（学会等）

学会等名称	年月	発表タイトル	その他特記事項(あれば)
土木学会水工学講演会	2016. 3	Improvements of Urban Representation in Weather Models Using Global Datasets	国際セッション最優秀賞
土木学会水工学講演会	2017. 3	Representative urban growing scenarios for future climate models	国際セッション最優秀賞

他116件。

(8) 行政ニーズに即した 環境行政への今後の貢献「見込み」

概要（簡潔に）	その他特記事項(あれば)
環境省が予定されている気候変動研究情報のデータベース化、とりわけ、東南アジアのメガシティを対象としたコンテンツの提供が可能である。	
開発した都市気候変動予測手法は、今後、ジャカルタおよびそれ以外の途上国への環境政策支援のツールとして活用できる可能性がある。	

(9) その他特記事項

概要（箇条書きで簡潔に）	その他特記事項(あれば)
特任講師のVarquezが、将来の都市発展モデルを組み入れた都市気象予測技術で土木学会水工学講演会で Best International Paper Award 2017 を受賞。	
PDのYucelが、都市影響を考慮した気候シミュレーションで、アメリカ気象学会の優秀学生発表賞、土木学会水工学講演会で Best International Paper Award 2017 を受賞。	

補足資料

S-14-4 業績リスト

●（査読有）

- 秋間将宏, 風間聡, 小森大輔, 再現確率にもとづく洪水氾濫・高潮複合災害潜在被害額推定, 土木学会論文集B1(水工学) Vol.72, No.4, pp.I_1267-I_1272, 2016.
- Idham Riyando Moe, Shuichi Kure, Nurul Fajar Januriyadi, Mohammad Farid, Keiko Udo, So Kazama, Shunichi Koshimura: Effect of Land Subsidence on Flood Inundation In Jakarta, Indonesia, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research), Vol. 72, No. 5, I_283-I_289, 2016.
- Idham Riyando Moe, Shuichi Kure, Mohammad Farid, Keiko Udo, So Kazama, Shunichi Koshimura: Evaluation of Flood Inundation in Jakarta Using Flood Inundation Model Calibrated By Radar Rainfall, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B (Hydraulic Engineering), Vol. 72, No. 4, I_1243-I_1248, 2016;
- Idham Riyando Moe, Shuichi Kure, Mohammad Farid, Keiko Udo, So Kazama, Shunichi Koshimura, Numerical Simulation of Flooding in Jakarta and Evaluation of a Counter Measure to Mitigate Flood Damage, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environmental Research), 71(5), pp.I_29-I_36, 2015;

S-14-4 業績リスト

● (査読有)

- Varquez, A.C.G., Darmanto, N., Kawano, N., Takakuwa, S., Kanda, M., and Xin, Z.: Representative urban growing scenarios for future climate models, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 73, No. 4, I_103-I_108, 2017.
- Dong, Y., Varquez, A.C.G. and Kanda, M.: Global anthropogenic heat flux database with high spatial resolution. Atmospheric Environment, 150, pp.276-294, 2017
- Varquez, A.C.G.: Global urban Climatology. JOURNAL OF JAPAN SOCIETY OF HYDROLOGY AND WATER RESOURCES, 29(5), pp.313-325, 2016
- Yucel, M., Varquez, A.C.G., Darmanto, N. and Kanda, M.: Improvements of Urban Representation in Weather Models Using Global Datasets, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), 72(4), I_91-I_96, 2016
- 河野なつ美, 董 玥, Yucel, M., Varquez, A.C.G., 神田 学, グローバル都市気象学-都市温暖化の汎用解析手法の提案, 水工学論文集土木学会論文集B1(水工学), 72(4), I_97-102, 2016
- Takagi H., Esteban M., Mikami T., Fujii D., 2016. Projection of coastal floods in 2050 Jakarta, Urban Climate, Elsevier, 17, 135-145, DOI: 10.1016/j.uclim.2016.05.003
- Takagi H., Mikami T., Fujii D., Esteban M., Kurobe S., 2016. Mangrove orest against dyke-break-induced tsunami on rapidly subsiding coasts, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., EGU, 16, 1629-1638, DOI:10.5194/nhess-16-1629-2016
- Darmanto, S., Varquez, A.C.G., Kanda, M.: High-resolution Satellite-derived Urban Roughness Parameters for Mesoscale Modeling in Megacities, Urban Climate
- Varquez, A.C.G., Kanda, M.: Global urban climatology: Analyses of urban heat island trends derived from global surface temperature datasets and meteorological stations

S-14-4 業績リスト

● (査読有)

- Priyambodoho A.B., S. Kure, I.R. Moe, and S. Kazama, Numerical Experiments of Future Land Use Change for Flood Inundation in Jakarta, Indonesia, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. G (Environment), Vol.74, No.5, I_265-I_271, 2018.
- N.F. Januriyadi, S. Kazama, Moe I.R., and S. Kure, Evaluation of future flood risk in Asian megacities: a case study of Jakarta, Hydrological Research Letters, Vol.12, No.3, pp.14-22, 2018.
- Nurul F. Januriyadi, Sotephen G. So Kazama, Idham R. Moe, Shuichi Kure, Estimation of spatial flood damage costs in Jakarta, Indonesia, Proceedings of the 37th IAHR World Congress, Theme 2, 2D, pp.2343-2349, 2017.
- Golam Salem Ahmed Salem, So Kazama, Shawsuddin Shahid, Estimation of direct and indirect impacts of climate change on groundwater level in a groundwater dependent irrigation region, Proceedings of the 37th IAHR World Congress, Theme 6, 6A, pp.4346-4353, 2017.
- I. Moe, S. Kure, N.F. Januriyadi, M. Farid, K. Udo, S. Kazama, and S. Koshimura, Future projection of flood inundation considering land-use changes and land subsidence in Jakarta, Indonesia, Hydrological Research Letters, Vol.11, No.2, pp.99-105, 2017.
- 菅原雄太, 風間聡, 峠嘉哉, レーダー・アメダス解析雨量を用いた豪雨の空間分布特性の分析, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.74, No.4, pp. I_343-I_348, 2017.

S-14-4 業績リスト

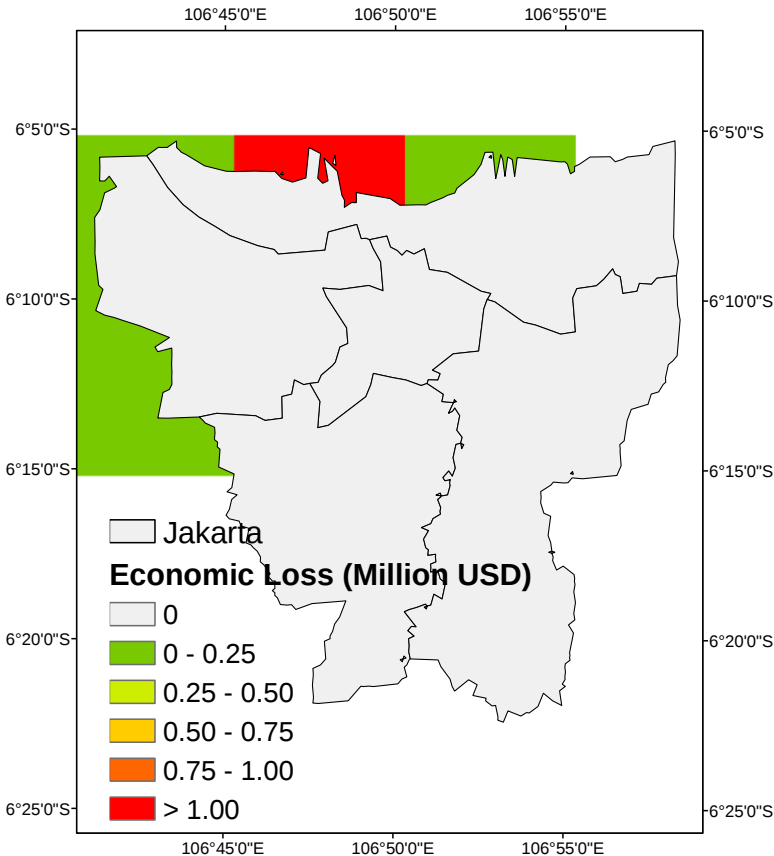
●（査読有）

- 桑山忠弘, 山口和貴, 岡田和樹, 亀卦川幸浩, 神田学, Varquez, A.C.G, Darmanto, N.S., Darmanto, P.S., 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)の軽減効果ーインドネシア・ジャカルタにおける評価ー. 日本LCA学会誌, Vol.15, No.1, pp.2-9, 2019.
- 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, Vol.45, pp.38-47, 2019.
- 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. International Journal of Climatology, Vol.37, No.S1, pp.1035-1052, 2017.

グローバルとローカルの比較(洪水被害)

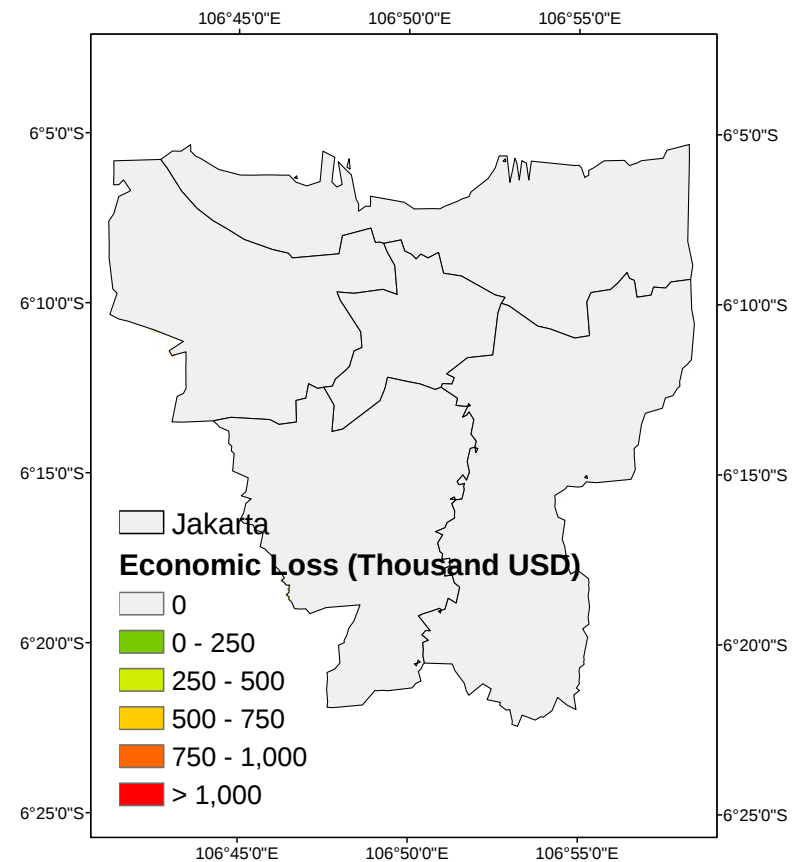
Global 被害額 (テーマ3)

Economic loss of The Global Data



Local 被害額 (テーマ4)

Economic loss of The Calculation



2013年洪水のジャカルタ被害額: 国平均の
ダウンスケール計算と土地利用積み上げ
計算の差によるものと考えられている。



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

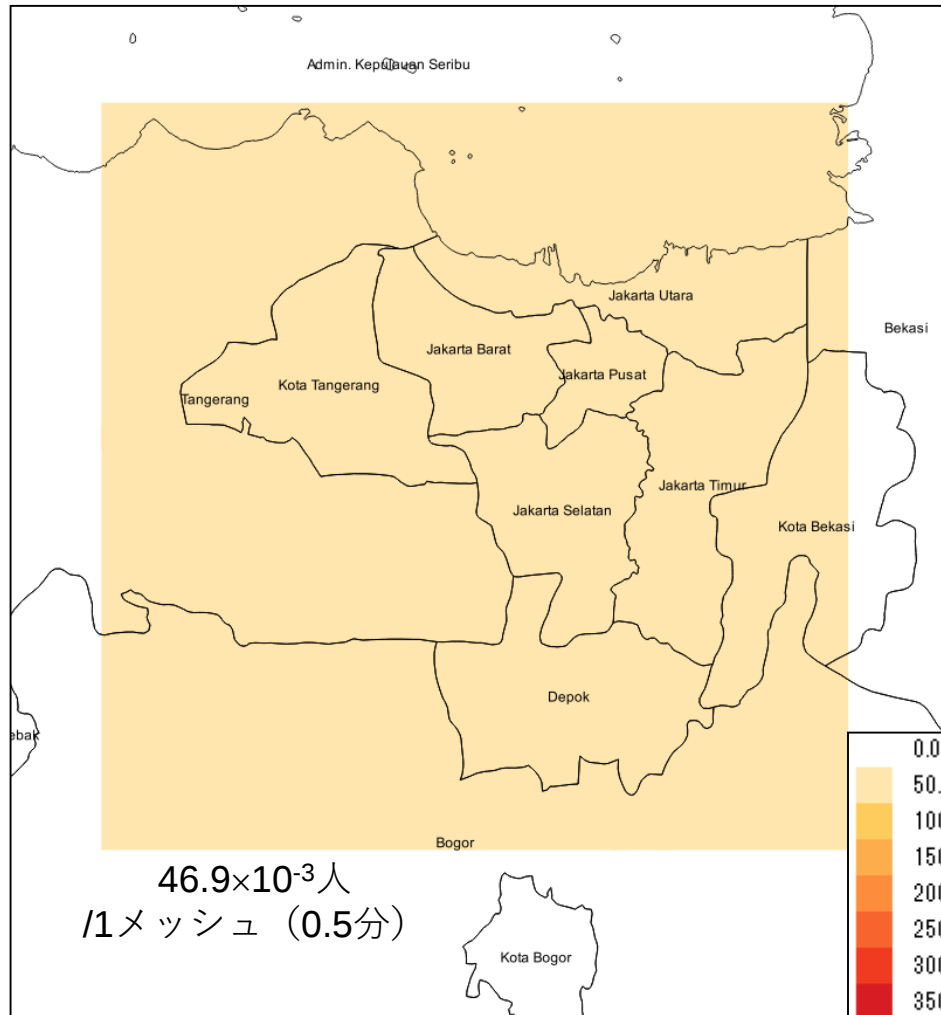


環境省
Ministry of the Environment



グローバルとローカルの比較(暑熱ストレス)

Global死亡数 (0.5度)



Local 死亡数 (0.5分)

