

「2030年のアジア7都市における極端な 海面上昇の経済的影響予測」

日本語抄訳版 2021年6月

※本報告書は、グリーンピース東アジアが発行した報告書『[The Projected Economic Impact of Extreme Sea-Level Rise in Seven Asian Cities in 2030](#)』(英文)から、東京についての分析結果を中心にまとめた日本語抄訳版である。このため、本文中の表・図の番号は、必ずしも通し番号になっていない。

はじめに

極端な海面上昇(台風に伴う高潮や高波など極端な気象現象によって生じる一時的かつ局所的な海面水位の上昇)や洪水は、沿岸部の都市にとって脅威となる。グリーンピースは、経済の中心地であり、沿岸部に位置するアジアの7つの都市を選び、2030年に「従来どおり」(BAU)、つまり積極的な温室効果ガス排出削減対策なしのシナリオ(RCP8.5シナリオとも呼ばれる)において、極端な海面上昇による沿岸部の浸水・冠水によって国内総生産(GDP)がどのような影響を受ける可能性があるかを分析した。本報告書では、もし私たちが大幅かつ急速な温室効果ガスの排出量削減のために直ちに行動しなければ、気候危機が10年以内にこれらの都市の経済にどのような影響を与えるかを示唆している。

世界の平均海面は、人間活動に由来する「人為的な気候変動」の影響を大きく受け、20世紀には年間1.6~1.9ミリの割合で上昇したと推定されている(Hay et al., 2015)。海面上昇に加えて、沿岸地域に住む人々は、高潮や高波に伴う浸水・冠水のリスクにさらされる可能性が高い。熱帯性暴風雨の激化は、主に気候変動によって引き起こされ、気候モデルによる予測では、21世紀には、今までに経験した暴風雨などよりも、より強い風速、より高い高潮、より極端な豪雨を伴った激甚気象が予測されている(Knutson et al., 2020)。

我々は、より野心的な気候変動対策を迅速に講じることを求め、「IPCC1.5°C特別報告書」(IPCC, 2018)で言及されている、気温上昇を産業革命以前のレベルより1.5度に抑えるために、各国政府に2050年までのカーボンニュートラル(温室効果ガスの排出実質ゼロ)にコミットするよう求める。また、各国政府に対し、化石燃料の国内使用と化石燃料産業への財政支援を段階的に廃止し、自然エネルギーを基盤とした経済に転換するなど、「2050年実質ゼロ」目標を実現するための政策立案や実施計画の策定を求める。アジア各国の政府や指導者は、経済や自国の住民の生命と暮らしを守り、生物多様性の保全に貢献するために、気温上昇を1.5度に抑制するという国際的な気候目標を達成する責任を負わなければならない。

概要

地球の大気中の二酸化炭素濃度は現在412ppm近くあり、その濃度は上昇を続け(Buis, 2019)、海面上昇の速度は加速している。推定6億人(Kirezci et al., 2020) (その多くはアジア)が低地の沿岸地域に住んでいるため、海面上昇によって引き起こされる可能性のある浸水・冠水のリスクにさらされている。浸水・冠水の危険にさらされている地域の中には、国内総生産(GDP)が大きい経済の中心地もある(World Ocean Review, 2010)。

異常気象には、熱波、豪雨、台風などと呼ばれる熱帯低気圧などがある。本レポートでは、アジアの主要7都市に影響を及ぼす可能性の高い熱帯低気圧とそれに伴う高潮、高波、海面上昇に焦点を当てている。熱帯低気圧は住民に大きなリスクをもたらすため、今後数十年の間にこのような気象現象が発生する可能性を評価する研究が重要である(Seneviratne et al., 2012)。しかし、気象システムは複雑で、モデル化された予測の根拠となる科学的データは必ずしも正確かつ完全ではないため、極端な気候現象やそれらの現象が特定の地域にどの程度の影響を及ぼすかを予測することは非常に困難であることに留意する必要がある。さらに、わずか数十年のデータに基づいて予測を行うと、観測された変化が人為的な活動によるものなのか、自然変動によるものなのか、あるいはその両方によるものなのかを科学者が判断することが難しくなる。

もう一つのポイントは、気象予測の精度が、対象となる気候現象によって異なるということである。例えば、世界的な傾向として、猛暑の発生頻度、強さ、継続期間のすべてが増加すると予想されている(Xu et al., 2020)。しかし、熱帯暴風雨や熱帯低気圧の発生頻度が21世紀中に増加するか減少するかは定かではない(Seneviratne et al., 2012)。世界的な傾向として、海面水温が上昇しているため、熱帯低気圧が発達するための熱エネルギーが増え、今世紀中に熱帯低気圧がより強くなる可能性がある。しかし、この予測はわずか40年間の観測データに基づくものであり、異なる海盆間での熱帯低気圧の活動に地域差がある可能性がある(Seneviratne et al., 2012)。

極端な海面上昇の脅威は、多くの沿岸および河口域の都市が洪水など水害に対して脆弱であることを意味し、住民の生命を危険にさらし、インフラや地域経済に損害をもたらす。

土地、人口、GDPは、経済発展の基礎となる資源であり(Yong, 2021)、したがって、海面上昇の潜在的な影響を正確に推定することは、地域の資産、インフラ、地域住民の健康を守るための意思決定において重要である。我々は、極端な海面上昇、人口、GDPに関するグリッドデータを用いて、アジアの7都市における海面上昇の潜在的な影響を計算した。この分析は、高解像度データを使用して、各都市の海面上昇の影響を受ける可能性のある領域と、その影響の程度を示した画期的な分析である。類似した分析は2020年にも行われたが、本分析と同じ人口データと古いバージョンのGDPデータセットを使った、2050年と2100年の世界規模の分析だった(Kirezci et al., 2020)。

今回の調査では、経済の中心地であり、沿岸部に位置するアジアの7つの大都市(香港、台北、ソウル、東京、ジャカルタ、マニラ、バンコク)を分析対象とした。これらの都市について、現在のペースで温室効果ガスの排出量を増やし続けた場合に、2030年に極端な海面上昇や沿岸部の浸水・冠水の影響を受ける可能性が予測されるGDP、人口、土地面積を算出した。

分析によると、これら7都市で、合計7,240億米ドル、1,500万人、1,829平方キロメートルの陸地面積が、極端な海面上昇と沿岸部の洪水の影響を受ける可能性があることがわかった。推定されるGDPへの影響は、各都市のGDP全体の0.4%から96%の範囲だった。

データと調査方法

海面上昇による沿岸域における影響は、気候変動に伴う主要な経済的損害の一つであることが示唆されている(Brown et al., 2011)。気候変動によるその他の経済的影響としては、健康(早期死亡など)、農業・エネルギー部門、河川の氾濫などへの影響が挙げられる(Schinko et al., 2020)。アジア太平洋地域では、いくつかの沿岸都市は経済の中心地であるため、極端な海面上昇による沿岸域における浸水・冠水は、これらの都市とその経済に高い損害をもたらす可能性が高い。本分析では7つの都市(香港、台北、ソウル、東京、ジャカルタ、マニラ、バンコク)を選び、極端な海面上昇と沿岸部の浸水・冠水によって影響を受ける国内総生産(GDP)、人口、土地面積を算出した。

使用データについて

今回の分析では、極端な海面上昇と沿岸域における高潮や高波による浸水・冠水面積(データ#1)、人口密度(データ#2)、GDP(データ#3)の3つのデータセットを使用している。

グリッド化された海面上昇と沿岸の浸水・冠水のデータは、米気候研究機関クライメート・セントラル(Kulp and Strauss, 2019)のデータを使用している。クライメート・セントラルのデータでは、標高、高潮や高波による極端な海面水位を用いて、土地が浸水・冠水するかどうかを判断している。このデータセットでは、解像度30メートルのセンサを用いている。

台風や暴風雨に伴う高潮や高波の発生によりさらに上昇した海面はやがて陸地に浸水し、沿岸部に浸水して大きな影響をもたらします。この分析で使用する沿岸域での浸水・冠水の設定は、沿岸部で局地的におこる高潮による浸水のうち、毎年10%の確率でおこる海岸線の浸水レベルを示しています。

この分析に使用されたシナリオは、今世紀のほとんどの期間、世界の温室効果ガスの年間排出量が増加し続けるという想定で、2030年までの温室効果ガス排出量を予測した「従来どおりの」(BAU)シナリオである。このBAUシナリオは、2100年までに産業革命前(1850~1900年)の平均気温と比較して3~4度の上昇をもたらすもので、この高排出シナリオはRCP8.5シナリオとも呼ばれている。

グリッド化された世界の人口密度データセットは、社会経済学的及び地球環境に関するデータ作成・提供を行っているSEDAC(NASAによる地球観測データの提供システムの一機関)のデータである。今回の分析で使用したデータは、最新の2020年のもので、解像度1キロメートルのセンサを用いている。

購買力平価GDP(各国の物価水準の違いを考慮し、GDPの値を購買力平価で補正したもの。GDP比較の国際共通指標として使われる)のグリッド化されたグローバルデータセットは、フィンランド、アールト大学のクムム博士を中心に開発されたもので(Kummu et al., 2018)、今回の分析に使われているのは2019年のデータである。GDPは、一定期間(通常1年間)において、一国内での生産活動によって新たに生み出された全ての最終的な財・サービスの市場価値を示すものである。このデータセットでは、データの整合性を保つために、「2019年基準の実質国際ドル」を、世界銀行の国内購買力平価GDPが与えられた単位である「2015年基準の実質国際ドル」に変換している。

経済発展の基盤となる資源で、影響関連の変数は以下の通り。

- ①影響を受ける土地面積(浸水・冠水エリア)
- ②影響を受ける人口
- ③影響を受ける購買力平価GDP

購買力平価GDP、人口、土地面積への影響を計算するために、2つのステップを用いた。まず、データセット#1をインポートし、2030年に極端な海面上昇と沿岸浸水・冠水の影響を受ける可能性のある地域を特定し、影響を受ける範囲の総面積を算出した。

図1は、東京の例である。青色は、RCP8.5シナリオで、2030年に海面上昇や高潮・高波による沿岸浸水・冠水の影響を受ける可能性のある地域を示している。

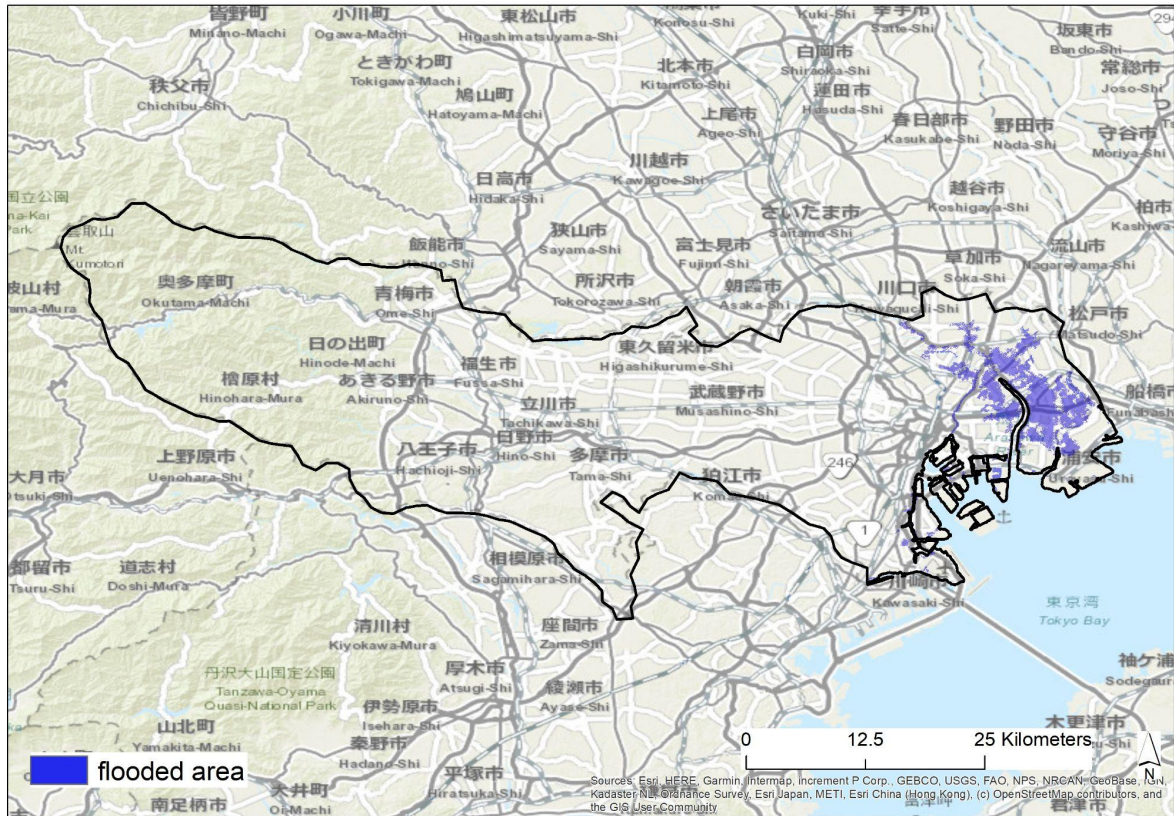


図1: 積極的な対策なし(RCP8.5)シナリオにおいて、2030年に極端な海面上昇と沿岸部の浸水・冠水の影響を受ける可能性のある都内の地域

次に、影響を受ける地域を、グリッド化した人口密度と購買力平価GDPデータセットに重ね合わせ、影響を受ける人口とGDPを算出した。

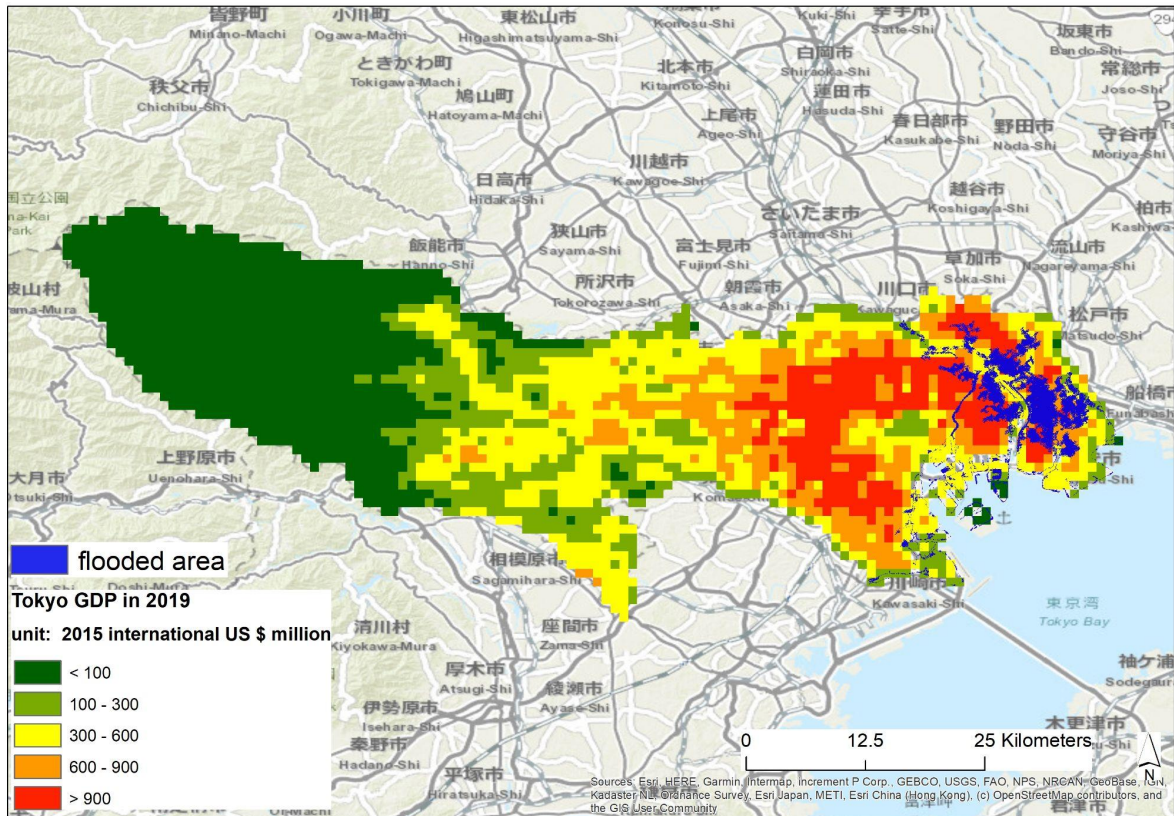


図2: 東京のGDPと積極的な対策なし (RCP8.5) シナリオにおける2030年の極端な海面上昇と沿岸域における浸水・冠水の影響

数値、制限、注意点

本調査は、2030年に極端な海面上昇の影響を受けると予測されるグリッド化された区域、人口数、GDPを用いて、調査対象となった7都市の人、土地面積、GDPへの影響を算出し、海面上昇が各都市に与えるであろう影響を示唆している。高解像度データを用いて、各都市の中で最も影響を受ける可能性の高い地域を示し、都市全体に焦点を当てた従来の評価と比較して、より詳細に経済的影響を算出している。経済的影響をより正確に評価する機会を提供することで、政策の立案や実施、浸水・冠水対策などの資源の効率的な配分に役立てることができる。

本分析における海面上昇や浸水・冠水によるGDPや人口への影響を、損失や被害の全体像として理解すべきではない。例えば、極端な洪水浸水災害が発生した場合、浸水地域に住む人々は屋内に閉じ込められたり、最悪の場合は命を落としたりする可能性さえある。

ジャカルタや東京の一部などいくつかの都市では、低地帯に住む人々の暮らしを守るために堤防や防潮堤(河川堤防)を既に建設、もしくは建設や強化・増強の計画があるが、データ不足のため、堤防や防潮堤はクライメート・セントラルの海面上昇のデータに組み込まれておらず(Kulp and Strauss, 2019)、本分析にも含まれていない。堤防や防潮堤のある都市においては、それらの効果によっては、高潮や高波による極端な海面上昇のリスクによるGDPへの影響が少なくなる可能性がある。

また、浸水・冠水範囲は30メートル、人口密度とGDPは1キロメートルと、モデリングに使用した空間解像度センサの差も結果にある程度の影響を与え、範囲の端部分の値を過大評価している可能性がある。

分析に使用した人口とGDPのデータセットは、2030年の予測値ではなく、2020年の人口密度と2019年のGDPデータを用いて、現在の温室効果ガスの排出量増加傾向に対する浸水・冠水リスクを示した。

分析結果

2030年でも極端な海面上昇や沿岸部の浸水・冠水により総額7,240億米ドルのGDPへの経済的影響、1,500万人が浸水リスクのある地域に住むことになることがわかった。推定されるGDPへの影響は、各都市のGDP全体の0.4%~96%の範囲となった。

表1は、今回分析したアジアの7都市について、2030年に影響を受けると予測される土地面積、購買力平価GDP、人口を示したものである。影響を受けるエリアの面積は、20平方キロメートル未満から1,500平方キロメートル以上となっている。影響を受ける購買力平価GDPは、30億米ドル未満から5,000億米ドル以上の範囲で、影響を受ける人口は、10万人未満から1,000万人以上までの範囲となる。

表1: 極端な海面上昇による浸水・冠水が7都市の地域、購買力平価GDP、人口に与える影響の2030年予測

都市名	浸水・冠水エリア (km ²)	影響を受ける購買力平価GDP (10億米ドル)	影響を受ける人口 (百万人)
バンコク	1512.94	512.28	10.45
香港	27.36	2.24	0.09
東京	79.28	68.19	0.83
ジャカルタ	109.38	68.20	1.80
ソウル	16.52	4.69	0.13
台北	46.93	29.64	0.43
マニラ	37.29	39.24	1.54

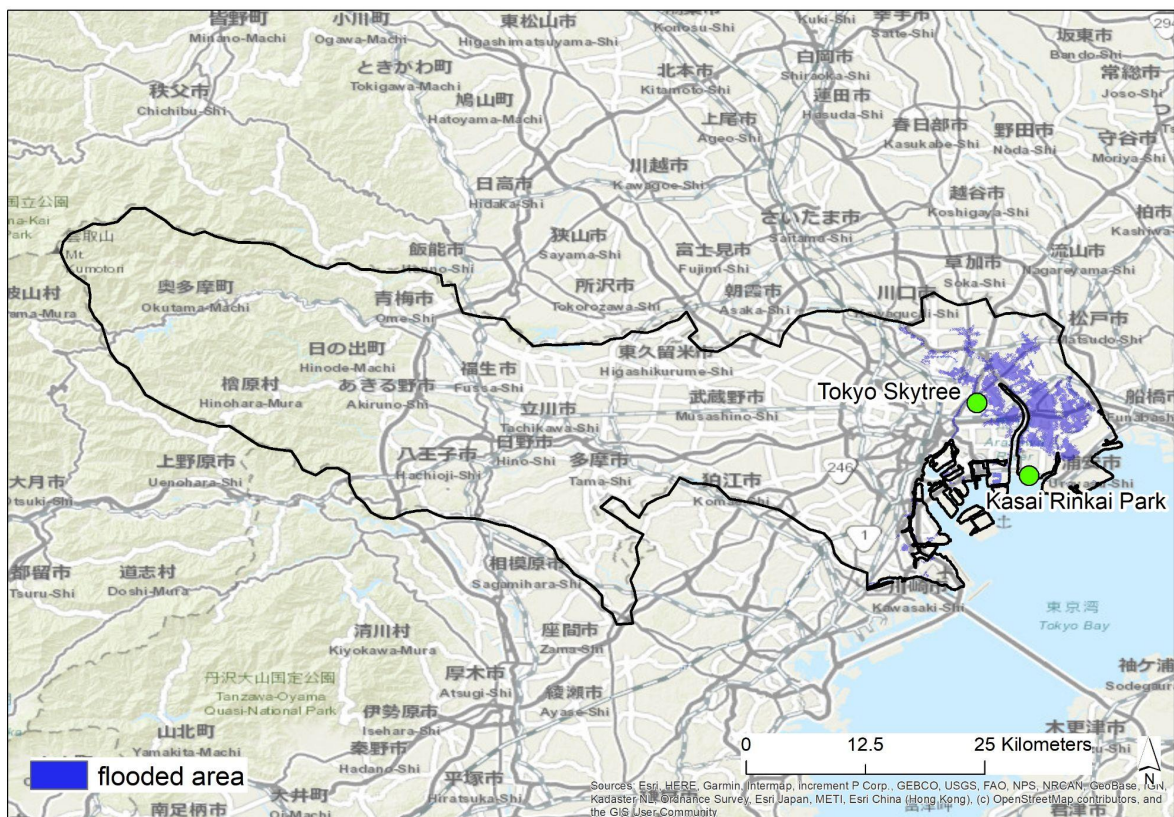
今回の分析で最も影響の大きいことがわかったタイのバンコクでは、96%以上のエリアが浸水する危険にあり、その中には都心部の高密度の住宅地や商業地も含まれる。また、東京を含む多くの都市で既に土地の沈下が進み、バンコクやジャカルタはその中でも特に海面上昇と地盤沈下の両方の脅威に直面し、海面の上昇率をさらに増加させている。

都市レベルの調査結果(東京)

熱帯低気圧は、通常、高潮などによる一時的な海面上昇と沿岸洪水を引き起こす。日本では毎年約11の台風が上陸し(Yamashita and Mitsumata, 2013)、近年暴風雨や集中豪雨の頻度の増加や甚大化が起きている(気象庁, 2020)。同時に、海面上昇により、台風時の高潮による浸水・冠水の被害がより甚大になると考えられる。

関東平野に位置する東京の平均海拔は40メートルだが、高潮や高波による極端な海面上昇によるリスクの高い低地帯も広範囲に及ぶ。東京都港湾局のデータによると、満潮時の平均海面よりも低いゼロメートル地帯は東京23区総面積の約2割にあたり、約150万人が暮らしている。干潮面上約5メートルの地域は、23区の総面積の約4割に及び、約300万人が生活している。また、東京都にはいくつもの一級河川が流れ、いくつかの河川は陸地よりも高く、それに沿って高い堤防が築かれているため、堤防が決壊すると大災害をもたらす可能性が考えられる。

積極的な対策を取らず、最も気温上昇が高くなった場合(RCP8.5)の予測を用いた分析では、2030年に台風などの高潮によって生じる極端な海面上昇が発生した場合、海水の上昇する高さより低い位置にある東京の陸地は全体の約4%にあたる(図10)。荒川と江戸川に挟まれた住宅や商業施設などが密集する、東京東部の低地帯に位置する江東5区(墨田区、江東区、足立区、葛飾区、江戸川区)は海拔ゼロメートル地帯がほとんどで、浸水・冠水のリスクが高く、極端な海面上昇に対して特に脆弱なエリアと考えられる。江東5区の浸水想定区域には、250万人以上が居住しているとされる。70%がゼロメートル地帯にある江戸川区では、2030年でも高潮時に広範囲で浸水・冠水の影響を受けることが予測され、東京湾の埋立地に建てられた葛西臨海公園などでは地面が見えなくなるほどの海水が押し寄せる可能性さえある。江戸川区では、過去にも関東地方を襲った台風により地形上なかなか水が引かず、半月以上に渡って浸水や冠水が続き、地域社会に甚大な被害をもたらしたことがある。そのほかの極端な海面上昇による浸水・冠水の危険性が高いエリアは、桜の名所として知られる荒川沿いの河川公園や東京の新しいシンボルであり、日本一の高さを誇る墨田区の東京スカイツリーなどが挙げられる。



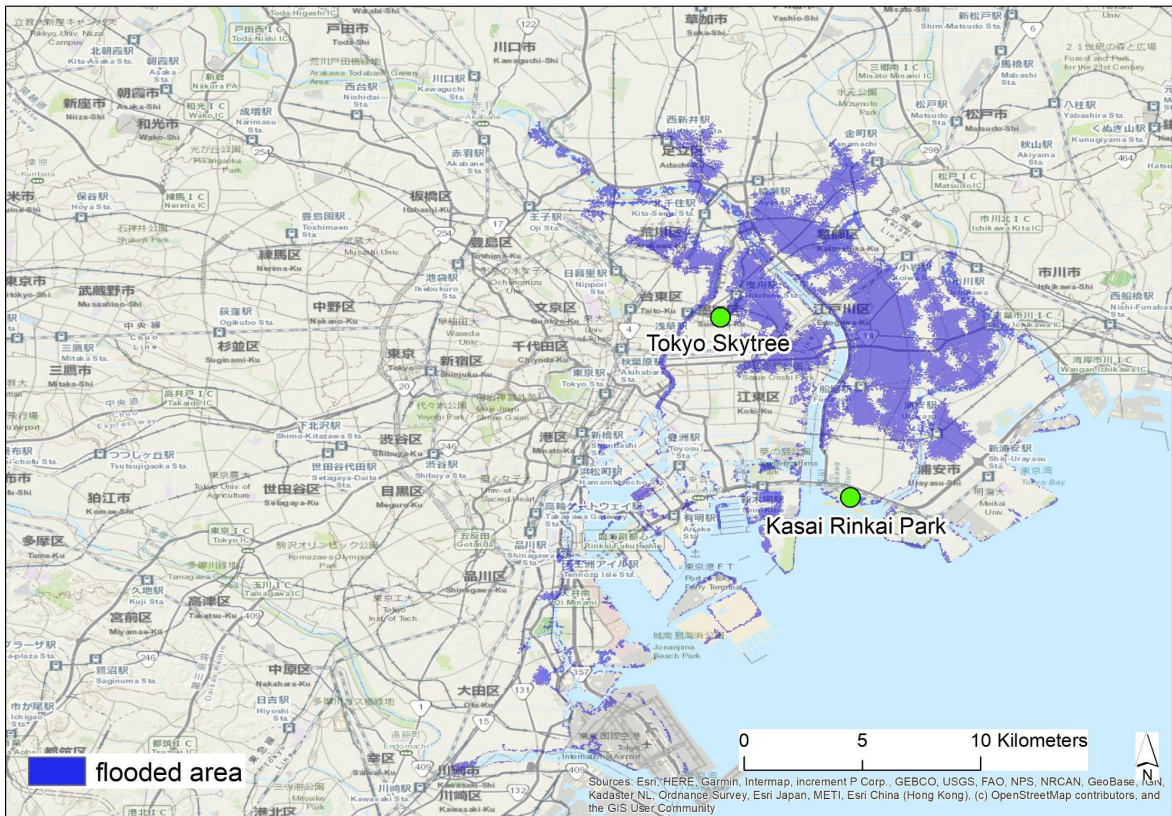


図10: 積極的な対策なし(RCP8.5)シナリオにおいて、2030年に極端な海面上昇と沿岸部の浸水・冠水の影響を受ける可能性がある都内の地域

図12は、2019年の東京の購買力平価GDPを地図上に示している。本分析によると、東京では、2030年に極端な海面上昇とその後の浸水・冠水により、影響を受ける購買力平価GDPは681.9億米ドル、影響を受ける人口は83万人に及ぶ可能性がある(表1参照)。影響を受ける購買力平価GDPは、東京の総GDP(PPP)の7%に相当する。

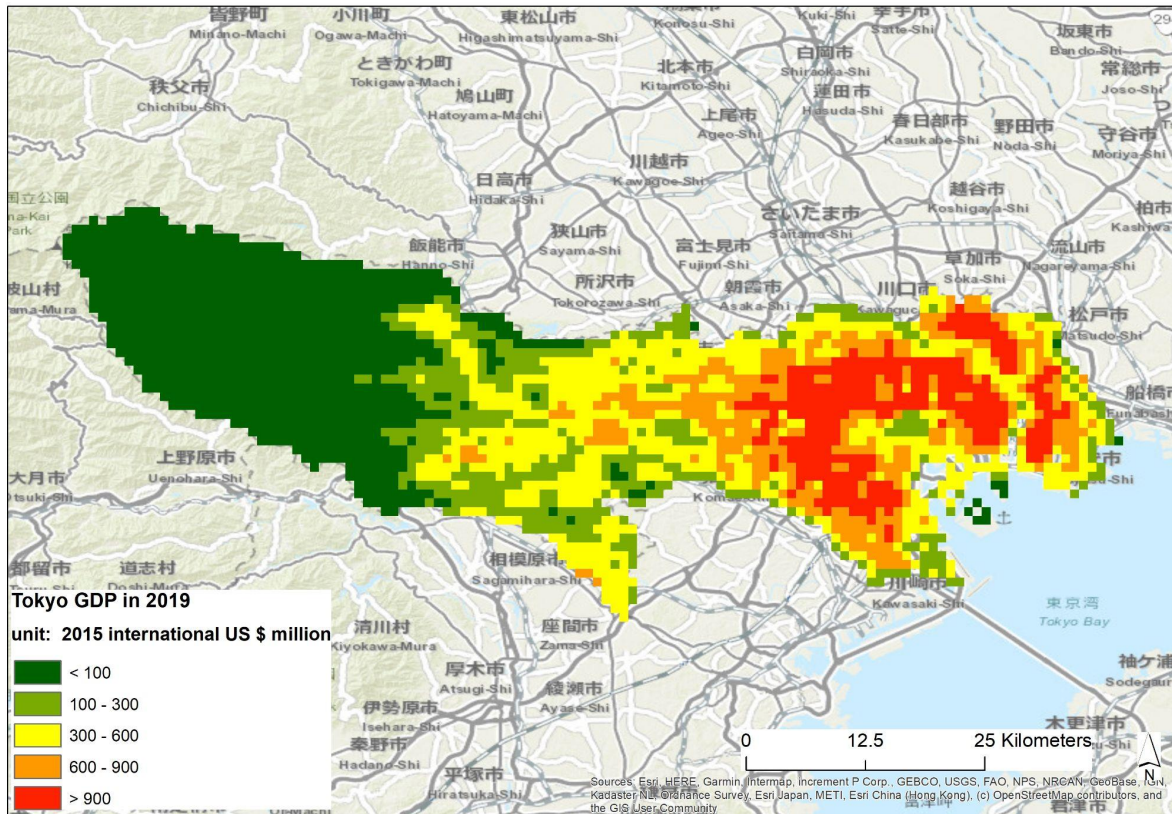


図12: 2019年の東京都のGDP分布

提言

本報告書で行った分析では、RCP8.5シナリオのもと、2030年に海面上昇と沿岸部の浸水・冠水の影響を受ける可能性の高いアジアの7都市の潜在的な面積、人口、GDPをモデル化した(RCP8.5は「最悪のシナリオ」と考えられている)。すでに気候変動の影響を受けている都市もあり、今回分析したこれら7都市への予想される影響は、より大きなものになる可能性がある。したがって、それぞれの都市の経済と住民を守るためには、各都市の政府と企業が、早急に化石燃料の使用と関連事業への資金提供を廃止することが極めて重要である。

グリーンピースは、世界の気温上昇を1.5度以内に抑えるために、石炭火力への融資の停止や自然エネルギーの拡大、転換を行うなど、具体的な行動を早急に起こすよう政府や企業に求めている。温室効果ガスの排出を抑制し、地域社会が気候変動の影響に対処できるようにするため一貫した気候変動対策を講じるよう、各国政府に求める。特に以下の点が重要である。

- 1) COP26に向けて、パリ協定の1.5度目標と整合した、より野心的な国別排出削減目標(NDC)を策定する
- 2) 建設中の案件を含む石炭火力発電所の新設計画を全て中止するとともに、既存の石炭火力発電所・原子力発電所の段階的廃止を促進し、自然エネルギーへの移行を加速することで、国内のエネルギー転換を実行・加速させる
- 3) CO2排出量増加などにつながるあらゆる森林伐採と泥炭地(堆積した有機物からなる泥炭が蓄積した湿地帯で、大量の炭素を貯えている)の開発はしない
- 4) 都市やコミュニティが気候変動への耐性を構築できるよう、以下を行う
 - a. 早期警報システムの確立を含む、インフラの補修・更新

- b. 気候情報を広く公開し、より多くの人々が気候変動の影響に対する適応策を準備できるようにする
- c. コミュニティーベースの災害リスク軽減と気候変動の影響への対応を強化する

海面上昇は、GDPに影響を与え、住まいや生活、仕事の喪失につながるほか、健康や、新鮮な水や食料の確保にも影響を与える可能性がある。また、沿岸部の浸水・氾濫、高潮、異常気象は、私たちが求めている野生生物の保護や生態系の保全にも悪影響を及ぼす可能性がある。現在のNDC(国別排出削減目標)を含む気候変動対策は、気候変動・海面上昇が及ぼす深刻な沿岸の水害リスクを回避するには不十分である。リーダーたちが気候危機の脅威を真剣に受け止めなければ、経済や市民の生活は、海面上昇、熱帯低気圧(台風)、高潮などに対してもますます脆弱になる可能性が高い。これらはすべて、主に人為的な気候変動が原因で、今後数十年のうちに深刻度が増すと予測されている。

参考文献

- Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I. *et al.* 2011. Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Nat Hazards* 59, 1753. doi:10.1007/s11069-011-9866-9
- Akmalah, E., & Grigg, N. 2011.. Jakarta flooding: Systems study of socio-technical forces. *Water International*, 36(6), 733–747.
doi:10.1080/02508060.2011.61072910.1080/02508060.2011.610729
- Al Jazeera and news agencies. 2020. Manila paralysed after Typhoon Vamco sweeps across Philippines. 12 Nov 2020
<https://www.aljazeera.com/news/2020/11/12/manila-paralysed-after-typhoon-vamco-sweeps-across-philippines>
- BBC. 2001. Typhoon Nari kills 48 in Taiwan. 18 September 2001.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/1550748.stm>
- Brown, S., Nicholls, R.J., Vafeidis, A, Hinkel, J. & Watkiss, P. 2011. The Impacts and Economic Costs of Sea-Level Rise in Europe and the Costs and Benefits of Adaptation. Summary of Results from the EC RTD ClimateCost Project. In The ClimateCost Project. Final Report (eds. P. Watkiss). Volume 1: Europe. Published by the Stockholm Environment Institute, Sweden.
http://www.climatecost.cc/images/Policy_brief_2_Coastal_10_lowres.pdf
- Buis, A. 2019. The Atmosphere: Getting a Handle on Carbon Dioxide. 9 October 2019.
<https://climate.nasa.gov/news/2915/the-atmosphere-getting-a-handle-on-carbon-dioxide/>
- C40. 2016. C40 Good Practice Guides: Tokyo - Super levees. 15th February, 2016.
https://www.c40.org/case_studies/c40-good-practice-guides-tokyo-super-levees
- Center for International Earth Science Information Network - CIESIN - Columbia University. 2016. Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Population Density Adjusted to Match 2015 Revision UN WPP Country Totals. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). doi.org:10.7927/H4HX19NJ. Accessed 14 May 2021.
- Clemente, R. *et al.* 2001. Groundwater Supply in Metro Manila: Distribution, Environmental and Economic Assessment. DISCUSSION PAPER SERIES NO. 2001-06.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.155.1356&rep=rep1&type=pdf>
- CSRI, 2019. Cabinet Secretariat of the Republic of Indonesia. BMKG Warns Against Heavy Rain on Christmas, New Year Holiday. Published online December 24, 2019. Available at: <https://setkab.go.id/en/bmkg-warns-against-heavy-rain-on-christmas-new-year-holiday/> [Accessed June 4, 2021.]
- Ebird. 2021. <https://ebird.org/hotspot/L6675201>
- Edogawa City Planning. 2019. Edogawa City Hazard Map. May 2019.
<https://www.city.edogawa.tokyo.jp/documents/519/sassi-en.pdf>
- Gonzales, L. & Magnaye, D. 2017. Measuring the Urban Biodiversity of Green Spaces in a Highly Urbanizing Environment and Its Implications for Human Settlement Resiliency Planning: The Case of Manila City, Philippines, *Procedia Environmental Sciences* 37: 83-100

Hay, C., Morrow, E., Kopp, R. *et al.* 2015. Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise. *Nature* 517, 481–484. doi.org:10.1038/nature14093

Hsu, T.-W., Shih, D.-S., Li, C.-Y., Lan, Y.-J., & Lin, Y.-C. 2017. A Study on Coastal Flooding and Risk Assessment under Climate Change in the Mid-Western Coast of Taiwan. *Water*, 9, 390. doi.org:10.3390/w9060390
<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001069>

IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)].

Japan Meteorological Agency. 2020. Special feature To protect lives and livelihoods from the intensifying heavy rain disaster.
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/hakusho/2020/index1.html>

Kirezci, E., Young, I.R., Ranasinghe, R. *et al.* 2020. Projections of global-scale extreme sea levels and resulting episodic coastal flooding over the 21st Century. *Sci Rep* 10, 11629 doi:10.1038/s41598-020-67736-6

Knutson, T. *et al.* 2020. Tropical Cyclones and Climate Change Assessment: Part II: Projected Response to Anthropogenic Warming. *Bulletin of the American Meteorological Society* 101(3). https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/101/3/bams-d-18-0194.1.xml?tab_body=pdf

Kossin, J.P. Knapp, K.R. Olander, T.L. & Velden, C.S. 2020. Global increase in major tropical cyclone exceedance probability over the past four decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (22) 11975–1980. doi: 10.1073/pnas.1920849117
<https://www.pnas.org/content/117/22/11975>

Kramer, K. 2018. Sinking Cities, Rising Seas: A perfect storm of climate change and bad development choices. Christian Aid.
<https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2018-10/Christian-Aid-Sinking-cities-rising-seas-report.pdf>

Kulp, S.A. & Strauss, B.H. 2019. New elevation data triple estimates of global vulnerability to sea-level rise and coastal flooding. *Nature Communications* 10: 4844 . doi:10.1038/s41467-019-12808-z <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12808-z>

Kummu, M., Taka, M. & Guillaume, J. 2018. Gridded global datasets for Gross Domestic Product and Human Development Index over 1990–2015. *Scientific Data* 5, 180004 doi:10.1038/sdata.2018.4 <https://www.nature.com/articles/sdata20184>

Lee, B.Y., Wong, W.T. & Woo, W.C. 2010. Sea-level Rise and Storm Surge –Impacts of Climate Change on Hong Kong. HKIE Civil Division Conference 2010, 12-14 April 2010, Hong Kong. <https://www.hko.gov.hk/en/publica/reprint/files/r915.pdf>

Lyons, K. 2019. Why is Indonesia moving its capital city? Everything you need to know. 27 August, 2019.

<https://www.theguardian.com/world/2019/aug/27/why-is-indonesia-moving-its-capital-city-everything-you-need-to-know>

Morin, V.M., Warnitchai, P. & Weesakul, S. 2016. Storm surge hazard in Manila Bay: Typhoon Nesat (Pedring) and the SW monsoon. *Natural Hazards* (81), 1569–1588.
doi.org:10.1007/s11069-016-2146-y

National Disaster Coordinating Council, 2009. Final report on tropical storm “Ondoy”.
https://ndrrmc.gov.ph/attachments/article/1543/Update_Final_Report_TS_Ondoy_and_Pepeng_24-27SEP2009and30SEP-20OCT2009.pdf

Phien-we,j N. Giao, PH. Nutalaya, P.2006. Land subsidence in Bangkok, Thailand. *Eng Geol* 82:187–210.
https://www.researchgate.net/publication/223622817_Land_subsidence_in_Bangkok_Thailand

Rahman, S., Sumotarto, U., & Pramudito, H, 2018. Influence the condition land subsidence and groundwater impact of Jakarta coastal area. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 106 012006.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/106/1/012006/meta>

Rukmana, D. 2016. Flood Governance in Jakarta: The Role of CBOs in Mitigating Annual Floods. 7th January, 2016.
<https://www.mei.edu/publications/flood-governance-jakarta-role-cbos-mitigating-annual-floods>

Schinko, T., *et al.* 2020. Economy-wide effects of coastal flooding due to sea level rise: a multi-model simultaneous treatment of mitigation, adaptation, and residual impacts. *Environmental Research Communications* 2(1) 015002
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab6368#fnref-ercab6368bib61>

Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang. 2012. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf

Setiadi, R., Baumeister, J; Burton, P; Nalau, J. 2020. Extending Urban Development on Water: Jakarta Case Study. *Environment and Urbanization ASIA*, doi: 10.1177/0975425320938539
<https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/397378/Burton442235-Accepted.pdf;jsessionid=03F286BE96F60BCFD98D5D82F2F506E4?sequence=3>

Surya, M.Y., He, Z. Xia, Y. & Li, L. 2019. Impacts of Sea Level Rise and River Discharge on the Hydrodynamics Characteristics of Jakarta Bay (Indonesia). *Water* 11, 1384,
doi:10.3390/w11071384

Takagi, H., Esteban, M. Statistics of tropical cyclone landfalls in the Philippines: unusual characteristics of 2013 Typhoon Haiyan. *Nat Hazards* 80, 211–222 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-1965-6>

Tokyo Bureau of Port and Harbor. 2021. A Tokyoite is protected from a tsunami and a tidal wave. <https://kouwan-metro-tokyo-ig-jp.j-server.com/LUCKOUWAN/ns/tl.cgi/https://www.kouwan.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/madoguchi/kensetsu-jimusyo/UmetateKankyo/?SLANG=ja&TLANG=en&XMODE=0&XCHARSET=utf-8&XJSID=0>

Tseng, Y., TDing, JJ. & Lou, JY. 2014. Global sea level change in the past century. OCEANS 2014 - TAIPEI. IEEE. doi: 10.1109/OCEANS-TAIPEI.2014.6964580
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6964580>

Visitseoul. 2021. https://english.visitseoul.net/nature/Gangseo-Marsh-Ecological-Park_/24154
Wikramanayake, E., Or, C., Costa, F., Wen, X., Cheung, F. & Shapiro, A. 2020. A climate adaptation strategy for Mai Po Inner Deep Bay Ramsar site: Steppingstone to climate proofing the East Asian-Australasian Flyway. *PLoS ONE* 15(10): e0239945.
doi:10.1371/journal.pone.0239945

World Ocean Review.2010. 1 Living with the oceans – A report on the state of the world's oceans. *maribus gGmbH*, Pickhuben 2, 20457 Hamburg, Germany. ISBN 978-3-86648-012-4.
https://worldoceanreview.com/wp-content/downloads/wor1/WOR1_en_chapter_3.pdf

Xu, C., Kohler, T. A., Lenton, T. M., Svenning, J.-C. & Scheffer, M. Future of the human climate niche. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117, 11350–11355 (2020). DOI: 10.1073/pnas.1910114117

Yamashita, M. & Mitsumata, J. 2013. Does Global Warming Affect Typhoon Patterns in Japan? Discussion from the Viewpoints of the Numbers of Typhoons That Develop, Approach, and Hit Japan, and Their Intensities. *Resources and Environment* 3(5): 115-128,
doi:10.5923/j.re.20130305.02

Yong, E.2021. Understanding the economic impacts of sea-level rise on tourism prosperity: Conceptualization and panel data evidence, *Advances in Climate Change Research* 12(2): 240-253. /doi:10.1016/j.accre.2021.03.009.

Copyright © 2021 Greenpeace

免責事項

本報告書は英語で書かれた後、日本語に翻訳されています。相違がある場合は、英語版が優先されます。本報告書は、情報共有、環境保護、公共の利益を目的としたものであり、投資やその他の意思決定プロセスの参考にするものではありません。グリーンピースが意図するものと異なる目的で使用された場合、グリーンピースはそのために生じるいかなる責任を免除されます。グリーンピースは、本報告書に含まれる情報の迅速性、正確性、完全性を保証するものではありません。また、グリーンピースは政治的に独立しており、特定の領土問題には関与しません。本文中の地図の境界線や地名は、使用した元データを反映したものであり、グリーンピースの見解を示すものではありません。ご質問やコメントがある場合は、kouhou@greenpeace.org までご連絡ください。

本報告書に掲載されている地図は、Esri社のArcGIS®ソフトウェアを使用して作成されています。ArcGIS® および ArcMap™ は、Esri の知的財産であり、本書ではライセンスに基づいて使用しています。著作権は Esri に帰属します。All rights reserved. Esri® ソフトウェアの詳細については、www.esri.com を参照してください。