

# 都市の気候変動リスクの評価と管理

レジリエンスの高い都市環境の実現のために

斉藤 照夫 Teruo Saito

NKSJ リスクマネジメント株式会社

顧問

## はじめに

洪水や渇水、熱波や寒波、高波や高潮、強風や竜巻などの災害が世界各地で発生している。気象災害と呼ばれるこれらの災害は、被災した地域の生活や経済活動に損害をもたらすだけでなく、グローバルなサプライチェーンを通じて世界経済にも影響を及ぼす。例えば、イギリスの事業継続研究所（BCI）が世界 550 以上の企業を対象に行った「サプライチェーンレジリエンシー2011」調査によると、2011年にサプライチェーン断絶を経験した企業は回答者の 85%にのぼるが、その半数（51%）が気象災害を要因とするものだったとしており<sup>1</sup>、サプライチェーンへの災害リスクをいかに軽減するかが 21 世紀型危機管理の課題となっている。気象災害は、気候変動の進行により今後一層深刻化すると懸念されており、気候変動に関する政府間パネル（以後、IPCC）<sup>2</sup>は、沿岸域、特に人口が集中する南・東・東南アジアのメガデルタ地域において海からの浸水リスクが最も高く、いくつかのメガデルタ地域においては河川からの浸水リスクが最も高くなると予想している。なかでも、都市は人口や資産が集中し高密度で様々な活動が行われており脆弱性が高いため、洪水リスクによる損害の劇的な増大が懸念されている。このため、気候変動の影響に対して適切なリスク低減策を講じることにより、都市の回復力（レジリエンス）を強めていくことが課題となっている。

しかし、これまで都市における気候変動リスクの管理は、さほど進展はしていない。この背景には、都市における気候変動リスクの定量的な評価が困難であり、関係者の間に漠然とした不安はあるものの、具体的に「何が起きるかがわからない、そのため何をしたらいいかわからない、従って何もしない」というサイクルが生じていることがある。このような中、経済協力開発機構（以後、OECD）や世界銀行により、脆弱性の高いアジア地域の大都市圏を対象に、都市の気候変動リスクを評価し、適応策を提案するプロジェクトが進められている。ここでは、グローバルな温室効果ガスの排出シナリオの選定、地域での気象変化の予測、都市の脆弱性と結びついて生じる影響と損害の算出などの作業が関係者との協議の下で行われ、成果をあげている。このような国際機関の取組みは、氾濫原に多くの人口・資産が集中し、脆弱性が高い国土を有する日本にとっても、今後のリスク評価と管理を進めるうえで参考となる点が多いと思われる。本稿では、都市における気候変動を組み込んだリスク評価についての基本的な考え方を述べるとともに、国際機関が実施し

<sup>1</sup> Business Continuity Institute, “Supply Chain Resilience 2011” Business.” Zurich Technology Insurance Services <http://advertisementfeature.cnn.com/zurich/ir/pdf/SupplyChainResilience2011FullReport.pdf> (accessed 2012-05-31)

<sup>2</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change, UNEP（国連環境計画）及び WMO（世界気象機関）によって 1988 年に設立された機関で、各国の専門家が集まり、気候変動に関する知見を収集と整理を行い、報告を行う。

たリスク評価の研究のうち、ムンバイ（インド）とバンコク（タイ）を対象にした事例を紹介することとしたい。

### 1. 気候変動を組み込んだリスク評価の基本的考え方

台風など、災害発生の原因となる外力をハザード (hazard) という。ハザードは発生確率との関連で考える必要がある。大規模な洪水はその発生確率は低いものの、強い外力によって大きな被害につながる。逆に、小規模の豪雨による洪水は発生頻度が大きいものの、大きな損害に結びつく場合は少ない。また、ハザードは、いくら大きな外力であってもそこに住む人々がいなければ被害に結びつくことがないように、都市の物理的な構造や社会システムなどが災害に対して脆い性質と結びついて初めて災害になる。この災害に脆い性質を脆弱性 (vulnerability) という。脆弱性は、例えば浸水リスク地域内に存在する建物・資産の存在 (exposure) の要素と、家屋や資産が浸水により損傷を受ける程度 (sensitivity) の要素によって決まることとなる。これらの要素は地域によって大きく異なるので、リスク評価も地域に応じて行うことが必要となる。災害のリスクは、ハザードと脆弱性との積で表される。このような災害リスクの特色は、図 1 に示す損失とその超過確率を表す損失超過確率曲線 (Loss Exceedance Curve) を見ると理解しやすい。

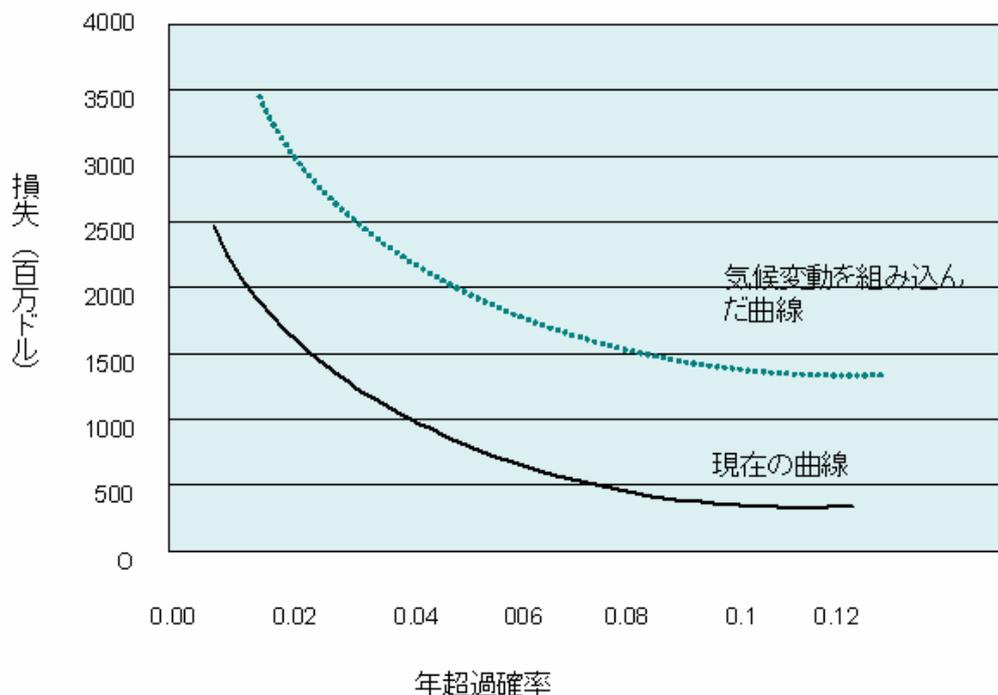


図 1 損失超過確率曲線<sup>3</sup>

損失超過確率曲線は、縦軸に近い程、高くなっている、これは大規模な洪水の際に損害が劇的に増加するが、そのような洪水が発生する確率は比較的小さいことを意味している。損失超過確率曲線の下面積が、洪水による平均総期待損失額 (Average Total Expected Loss) を示している。気象条件や脆弱性に応じて現在の洪水リスクが実線に示す曲線で示される。人々はこれまで、災害に備えて堤防の強化や土地利用対策など

<sup>3</sup> 第 2 回アジア太平洋地域適応フォーラム (2012 年 3 月) での米国援助庁 (USAID) アドバイザー Bradford Philips 氏の発表資料をもとに、一部を改正し当社作成。

の防災対策を採り地域のリスクを低減させてきたが、これは現在の曲線を左下方向にシフトさせることとなる。一方、気候変動は、100年に1度だった大洪水が50年に1度発生するようになるなどハザードの潜在力を高め、災害の年間超過確率や予想損失額を増加させる。これは、図1の「気候変動を組み込んだ曲線」に示されるように現在の曲線を右上方向にシフトさせ、リスクが高まることを意味する。新たな曲線のもとでは、これまでの統計や経験を踏まえて過去の気象条件に合わせて採られてきた防災対策では、リスクを十分に抑止できない結果となる。新たな曲線と現在の曲線との間の面積が気候変動による増加リスク（損失額）であるが、この増大するリスクに対してリスクを低減する対策が適応策（adaptation）である。もし、適応策を組み込まずに現在の気候でのリスクのみを考慮して進めた場合には、かえって将来の脆弱性を高めたり、将来の最適な適応策の選択肢を制約してしまうこととなる。これは、結果的によりコストのかかる悪い適応策（maladaptation）につながる。この事態を回避するには、現在の災害対策の中に気候変動への適応策を組み込んでリスク管理を進める必要があり、このためには、気候変動リスクの評価が必要とされる。

気候変動リスクの評価に当たっては、気候変動リスクが、世界の社会経済の発展方向や温室効果ガスの緩和策などのグローバルな要素と、各都市の持つ地形・水系の特徴や建物・資産の状況などのローカルな要素が関連することから、その分析は二つの要素に関する専門技術的な知見を踏まえて、次のようなステップを踏んで行われる<sup>4</sup>。

グローバルな社会経済の発展と温室効果ガス削減のシナリオを選び、そのシナリオでの将来の気象変化をもとに対象都市での降水量など将来の気象変化を予測する（ダウンスケール）。

この気象変化の下で水理モデル等を用いて地域にどのような影響を与えるかを分析し、また、影響を受ける地域内の建物・資産の存在状況や浸水時の被害率などの脆弱性を評価する。

これらをもとに損害・損失の評価を行い、これを回避・低減する適応策を選定して優先順位付けを行う。

以下では、このような方法でなされたリスク評価の例として、OECDによって行われたムンバイ（インド）でのリスク評価事例と世界銀行によって行われたバンコク（タイ）のリスク評価事例を紹介する。

## 2. リスク評価の事例

### 2.1. ムンバイにおけるリスク評価

ムンバイは、インドのマハラシュトラ州の州都であり、世界でも有数の港湾都市である。ムンバイは2005年7月の944mm/日を記録する豪雨による大洪水で500人の死者と約20億ドルの被害を経験するなど洪水に脆弱であり、今後の気候変動を加味した洪水リスク評価が急務となっていた。このような中、OECDは都市の環境政策と気候変動政策に関する研究の一環として、ムンバイにおける気候変動リスクの評価を行い、「ムンバイでの洪水リスク、気候変動の影響と適応策の利点」の報告書を2010年にまとめた<sup>5</sup>。以下ではこのレポートに沿って概要を紹介する。

<sup>4</sup> Stéphane Hallegatte et.al, “The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale.” OECD, [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/the-economics-of-climate-change-impacts-and-policy-benefits-at-city-scale\\_230232725661](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/the-economics-of-climate-change-impacts-and-policy-benefits-at-city-scale_230232725661) (accessed:2012-05-31)

<sup>5</sup> Stéphane Hallegatte, et.al, “Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation benefits in Mumbai.” OECD, [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai\\_5km4hv6wb434-en](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai_5km4hv6wb434-en) (accessed 2012-05-31)

### 2.1.1. リスク評価の方法

このリスク評価では、2080年を将来予測の時点とし、グローバルな経済社会の動向と緩和策のフレームとしては、IPCCのSRESシナリオ<sup>6</sup>のうち高排出量のケースA2を選定している。また、地域の降水量の予測については、様々なモデルの中でインドのモンスーンによる夏季の最大降水量を最もよく再現していたHadCM3およびCSIRモデルを利用したイギリスのハドレーセンターのPRECIS2(Providing Regional Climate for Impact Studies)のA2シナリオの予測値を採用した。PRECIS2の結果では、2080年代にインド地方の平均気温は3.6℃上昇し、季節平均降水量は6.5%増加するとされた。この予測は、ムンバイにあるインド気象部(IMD)のSanta Cruz観測局での統計(1961-1990)をもとにWXGENモデルを用いて2080年における日最大降水量の再現期間別シリーズに変換された。その結果、2080年のSRESA2シナリオでは極端な降雨の生じる頻度が増大し、150-200年に1度とみられた2005年の大洪水が90年に1回程度は起きる結果となっている。

2080年の予測降水パターンがMithi川流域にもたらす洪水フットプリント(浸水水位など)を予測するためSWMM(Storm Water Management Model)モデルを用いた水理シミュレーションが行われ、現時点と2080年における50年、100年、200年の再現期間別の洪水マップが作成された。

次に、影響を受ける建物・資産のマッピング(Exposure Mapping)がなされた。ムンバイの2001年センサスによる100m格子での人口マップと人工衛星(IRS LISS III)の画像データ(10m格子)を組み合わせることで、ムンバイ地域の6種類の資産分布図が作成された。この内訳は、居住用資産2種(低密度、高密度)、商業用資産3種(低層小売・オフィス、高層オフィス群、超高層)、工業用資産1種である。資産価値について資産の種類ごとに、RMSインド地震保険モデルからの合計保険価額(TIV)のデータをもとに100m格子で配分して資産価値が算定された。また、公共インフラストラクチャーの影響マップも別途1kmメッシュで作成された。浸水を受けた場合の資産種類ごとの被害比率(damage ratio)については、公共的な算定資料、RMSによる保険損害データ、洪水リスクカーブの資料などをもとに、平均中位被害比率を居住資産5-15%、商業資産15-35%、工業資産10-30%と推定されている。

### 2.1.2. リスク評価の結果概要

これらをもとに行われたムンバイにおけるリスク評価により、直接損害額とこれが波及して発生した間接損害を含めた総損害額が算出された。このうち、直接損害額の推計結果を表1に示す。居住用資産、商業用資産、工業用資産及び公共インフラストラクチャーへの直接損害(損害を受けた資産を修復する又は再び建設するコスト)の合計額である。これによると、気候変動の進行により2080年の直接損害額は、50年に1度の洪水イベントでは現在の35%の増加、100年に1度のイベントでは200%の増加(すなわち3倍)、200年に1度のイベントでは230%の増加とされている。

<sup>6</sup> SRES(Special Report on Emissions Scenarios)シナリオとはIPCCが2001年に作成した「排出シナリオに関する特別報告書」における、温室効果ガスの排出シナリオ。大まかに4種のシナリオに分類される。A1グループは、高い経済成長と地域格差の縮小を仮定する(このなかで、A1Bはエネルギー源のバランスを、A1Tは非化石エネルギー源を、A1FIは化石エネルギー源を重視している)。A2グループは、高い経済成長と地域の独自性を仮定する。B1グループは、環境を重視した持続可能な経済成長と地域格差の縮小を仮定する。B2グループは、環境を重視した持続可能な経済成長と地域の独自性を仮定する。なお、SRESシナリオは追加的な気候変動対策を含んでいない。

表 1 再現期間別の洪水イベントによる直接損害の評価結果<sup>7</sup>

	直接損害の推計結果（公共インフラを含む） 単位：百万米ドル	
	現在	2,080
2005年7月のシミュレーション	690-1,910	-
50年に1度の洪水イベント	210-570	290-760
100年に1度の洪水イベント	230-600	690-1,890
200年に1度の洪水イベント	230-600	720-1,990

また、災害は、直接被害のみならず間接的な損害をもたらす。例えば、工場の被災は、修復に要する直接損害をもたらすだけでなく、修復が終わるまでの間の生産のロスを生むとともに、セクター間の相互依存の連関を通じて地域社会全体に波及していく。本研究では、これらの間接損害を算定するため、地域投入産出（Adaptive Regional Input-Output, ARIO）モデルを用いて2005年の大水害のケースと2008年時点における間接損害額を算定している。この結果は、表2のとおりである。総損害が増加するにつれ総損害に占める間接損害のウェイトが15%から18%へと増加していることが注目される。これは、直接損害が大きくなるほど、生産停止期間と復旧期間が長くなることや、生産連関の中にボトルネックが生じやすくなり、いくつかのセクターの生産減少が経済全体に影響を与える場合が増えるためとされている。

表 2 現在と将来におけるイベントの種別の総損害（直接損害+間接損害）上限値の評価<sup>8</sup>

イベントの種別	予測洪水損害（百万米ドル）					
	現在			2080年		
	直接損害	間接損害	総損害	直接損害	間接損害	総損害
2005年7月のシミュレーション	1,910	423(18%)	2,335	-	-	-
50年に1度	570	95(14%)	665	760	130(15%)	890
100年に1度	600	100(14%)	700	1,890	415(18%)	2,305
200年に1度	600	100(14%)	700	1,990	445(18%)	2,435

(注) 括弧内の数字は、間接損害の総損害に占める比率である。

### 2.1.3. 適応策の検討

本研究では、気候変動による洪水リスクの増加を抑えるための適応策として、次の二つの対策を検討して提言を行っている。

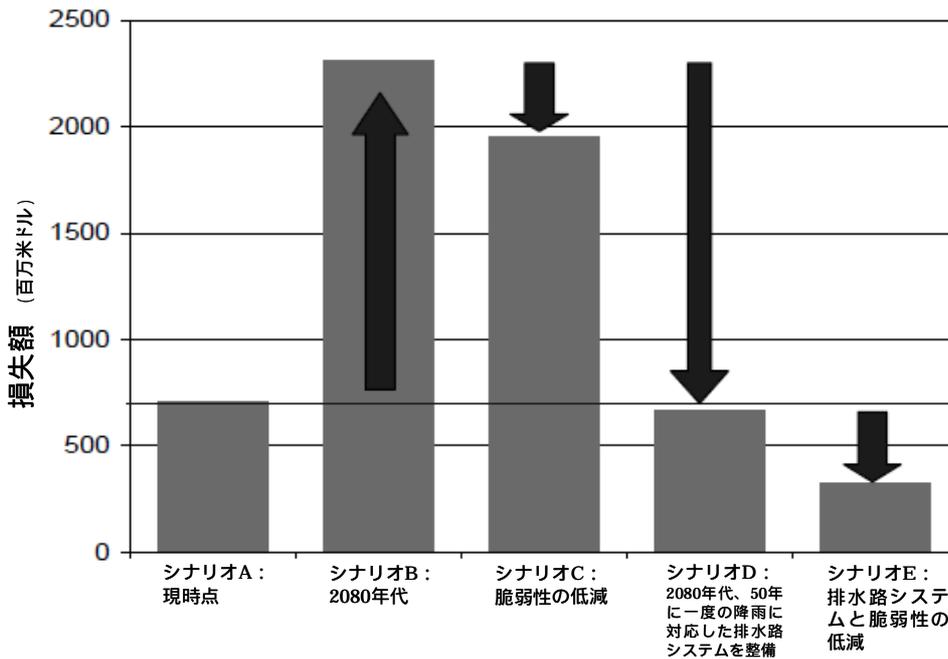
被害を事前に抑える。

災害後の間接損害の増大を抑える。

<sup>7</sup> Stephane Hallegatte, et.al, “Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation benefits in Mumbai.” OECD, [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai\\_5km4hv6wb434-en](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai_5km4hv6wb434-en), p.28 原文をもとに、当社にて和訳。

<sup>8</sup> Stephane Hallegatte, et.al, “Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation benefits in Mumbai.” OECD, [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai\\_5km4hv6wb434-en](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai_5km4hv6wb434-en), p.35 原文をもとに、当社にて和訳。

このうち、の事前の適応策について5種のシナリオ別に評価した結果を図2に示す。



(注) 左から右に シナリオ A.現時点、B.2080年代(本研究で前提とした排出の多いシナリオで都市構造が変わらないという前提に基づく)、C.2080年代、資産がより洪水に抵抗性と回復力があるように整備される場合(例えば建築基準を通して)、D.2080年代、50年に1度の降水に対処できる排水路に改善された場合、E.脆弱性改善と排水路改良を組み合わせた場合

図2 ムンバイの100年に1度の洪水イベントによる総損失額に係る適応策のシナリオ別評価<sup>9</sup>

図のシナリオAが現時点の損失額を示しているが、気候変動の進行に対して適応策が講じられない場合には、シナリオBの柱が示すように、2080年では4倍以上に増加することとなる。これに対して、適応策として脆弱性の低減策を採用した場合がシナリオCの柱である。これは、氾濫区域内の資産について建築基準の改正等により洪水に対する抵抗性や回復力を強化する方策であり、2080年代までに15%程度の損害削減が期待される。シナリオDが、排水システムの改良を50年に1回の降雨イベントに対応できるものまでアップグレードする方策を採った場合であり大きな損害削減効果が想定される。シナリオEの柱がこの二つの方策を組み合わせたケースであり、この場合、現時点以上に損害のリスクを低減でき、気候変動によるリスクの増大を埋め合わせることが可能となる。なお、適応策は、将来だけでなく現在の災害対策にも効果があり、50年に1度の降雨に対応できる排水路システムの改良は、現在の100年に1度の洪水リスクを70%まで削減する効果をもっており、「後悔しない」対策(no-regret policy)でもある。このようなハード対策の費用は数百万ドルの巨額に達するため、その意思決定は容易ではないが、気候変動による損害リスクと対比して考えた場合には十分ネットでメリットがあることが示されるため、リスク評価は投資促進の要因となるといえよう。

次に、の事後の適応策としては、直接損害による生産停止の期間を短縮するための専門技術者の参集支援など復興能力の向上を図る方策や、復旧費を捻出するために家計消費が低下することを防ぐための保険普及率の向上策が提案されている。

<sup>9</sup> Stephane Hallegatte, et.al, "Flood Risks, Climate Change Impacts and Adaptation benefits in Mumbai." OECD, [http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai\\_5km4hv6wb434-en](http://www.oecd-ilibrary.org/environment/flood-risks-climate-change-impacts-and-adaptation-benefits-in-mumbai_5km4hv6wb434-en), p.44 原文をもとに、当社にて和訳。

なお、2005年の洪水の後、ムンバイ大都市圏当局（MCGM）は、モンスーンシーズンの前に排水路の浚渫（しゅんせつ）や夾雑物（きょうざつぶつ）除去、自動降水測定器による集中監視での早期警報システムの整備などと併せて、排水路システムの能力増強を目的とした全面改修を実施中である。ただし、この改修によっても2005年の洪水に対し能力不足と指摘されている。

## 2.2. バンコクにおけるリスク評価

バンコクはチャオプラヤ川のデルタ地域に位置するタイの政治経済の中心地であるが、タイ北部や南部の降雨のほとんどがチャオプラヤ川に流れ込むこと、アユタヤ県からバンコクにかけての高低差がほとんどなく水はけが悪いことなどから洪水に極めて脆弱である。2011年に発生したタイの大洪水では、バンコクを含む65県が影響を受け、約800人が死亡し、多くの日本企業が被災するなど大きな損害を出した。バンコクでは、これ以前にも繰り返し洪水被害を経験しており、今後の気候変動による洪水の深刻化を考えると、バンコクの気候変動リスクの評価が急務となっている。世界銀行は「アジアの巨大都市の気候リスクと適応策」のプロジェクトの一環として、バンコクにおける洪水リスクと気候変動の影響を検討し、2010年に報告書を提出している<sup>10</sup>。以下では、このレポートに沿って概要を紹介する。

### 2.2.1. リスク評価の方法

このリスク評価では、2050年を将来予測の時点とし、長期的なフレームとして、IPCCのSRESシナリオのうち排出量が最も高いケースのA1F1と排出量が比較的抑えられるケースのB1の二つを選定している。また、地域の気温と降水量については、東京大学のサステナビリティ学連携研究機構（IR3C）による全球気候モデルの結果を用いた統計解析結果から、A1F1又はB1のシナリオにおいて、流域の降水量が平均で3%又は2%それぞれ増大（極端な現象として15%又は9.8%）し、平均気温は1.9又は1.2それぞれ上昇するとした。

この降水変化がチャオプラヤ川流域に与える影響を分析するため、デンマーク水理研究所（DHI）のMIKE FLOODモデルをもとに、流域の河川・運河ネットワークと交差のデータ、降雨と蒸発、水位と排水のデータ、河川構築物のデータなどがインプットされたモデルが開発された。過去の降水データから10年に1度、30年に1度、100年に1度のデータの降雨シナリオが作成され、水理モデルのシミュレーションにより、バンコク及びサムットプラカーン県への浸水影響が予測された。また、地盤沈下が及ぼす影響についても分析された。次に、影響を受ける建物・資産の浸水深さ別の被害率が1997年の王立灌漑庁（RID）の調査をもとに設定された。また、資産価格については、法的な登録の際の建物タイプ別の査定価格（帳簿価格）が採用され、住居内動産については人口居住センサス（2000年）の結果をもとに設定された。商業資産については、国家統計局（NSO）の9分類に従った建物分類ごとの価格がNSOの2006年Business Trend and Services調査から設定された。工業用の資産については、NSOの2007年工業センサスにより種類ごとの帳簿価格が設定された。洪水による間接損害については、日雇用の労働者や自営業者の収入損失、工場等の稼働停止による損失、浸水地域への電力供給停止による損失、水供給や衛生サービスの停止によるロス、洪水によるヘルスケア経費の増大コストなどが算定された。

<sup>10</sup> 世界銀行、”Climate Risks and Adaptation in Asian coastal Megacities A Synthesis Report.” The World Bank, <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/EASTASIAPACIFICEXT/0,,contentMDK:22739584~pagePK:146736~piPK:226340~theSitePK:226301,00.html> (accessed 2012-05-31)  
Panya consultants.Co.Ltd.,”Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region.” The World Bank, <http://climatechange.worldbank.org/node/5360> (accessed 2012-05-31)

2.2.2. リスク評価の結果概要

これらをもとにリスク評価が行われたが、この実施は、損失に影響を与える要素の組み合わせに応じたシナリオ別に行われた。この要素とは、次の五つであり、これに予測年次（C）（2008年又は2050年）が加わっている。

地盤沈下の要素（LS）

海面上昇の要素（SR）

高潮の要素（SS）

温室効果ガスの排出シナリオ（B1 又は A1F1）

洪水の強度（T10 = 10年に1度の洪水、T30 = 30年に1度の洪水、T100 = 100年に1度の洪水）

例えば、C2050-LS-SR-SS-A1F1-T30のシナリオとは、地盤沈下、海面上昇及び高潮の要素を考慮した IPCC の出した高排出社会シナリオ A1F1 に基づく、30年に1度の洪水の場合の2050年の評価である。このシナリオでの損失額は、1,489億パーツ（47億米ドル）と算定され、2008年の30年に1度の洪水による損害額350億パーツ（11億米ドル）と比べて4倍の損失増加となると評価された。この損失内訳を見ると、居住建物の被害が554億パーツ（18億米ドル）、商業用建物の被害が459億パーツ（15億米ドル）、工業用建物の被害が123億パーツ（4億米ドル）であり、この3種類の建物被害で全体損害の77%を占めている。2008年および2050年の主なシナリオ毎の評価結果を、損失超過確率曲線として示したものが図3である。

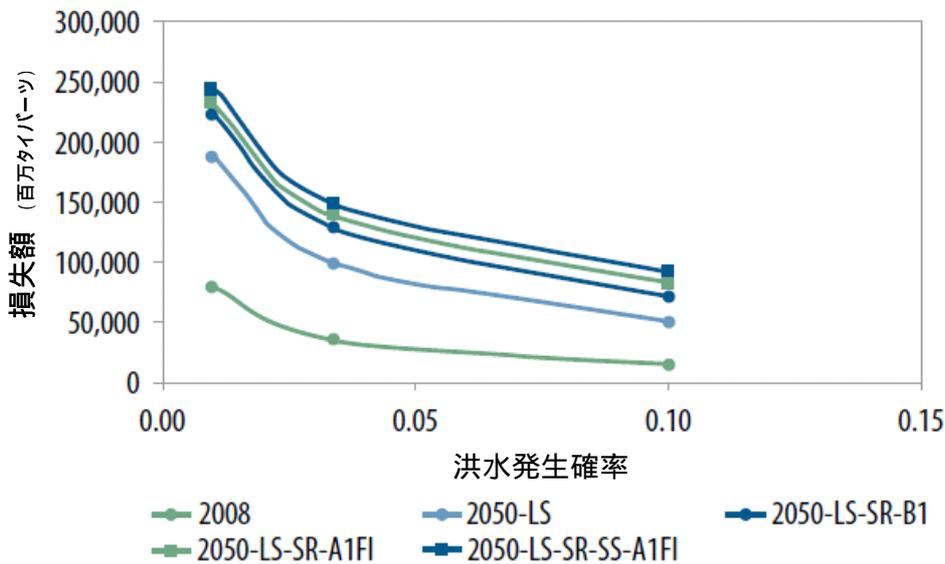


図 3 バンコクにおけるシナリオ毎の損失超過確率曲線<sup>11</sup>

図の一番下にある2008年の曲線の下面積が現在の期待損失額（Expected Loss）を示しており、この上の

<sup>11</sup> 世界銀行、”Climate Risks and Adaptation in Asian Coastal Megacities” Chapter 4,

[http://siteresources.worldbank.org/EASTASIAPACIFICEXT/Resources/226300-1287600424406/coastal\\_megacities\\_chapter4.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EASTASIAPACIFICEXT/Resources/226300-1287600424406/coastal_megacities_chapter4.pdf), p.52 原文をもとに、当社にて和訳。

上にある3つのシナリオが気候変動の影響を組み込んだものである。それぞれの曲線と2008年の曲線との間の面積が、気候変動により増加する損害額を示している。なかでも、一番上の曲線がIPCCのA1F1シナリオで海面上昇と高潮の要素を加味したケースであり、最もリスクが増大するケースとなっている。注目されるのは、下から二つ目の曲線のバンコクで地盤沈下のみが進んだケース(2050-LS)においても、相当に災害リスクが高まることであり、バンコクのリスク低減には気候変動への対応と併せて、地盤沈下対策の一層の強化が重要であることを示している。

なお、本研究では、バンコクとその南のサムットプラカーン県を対象にリスク評価を行っているが、2011年のタイ洪水では、その北部のアユタヤ県やパトムタニ県にある多くの工業団地が被災し、約1,000社の工場が操業停止に追い込まれ、工業部門だけで112億米ドルの巨額の損害を出すこととなった。このことは、チャオプラヤ川流域全体について総合的なリスク評価を行うことの重要性を示している。

### 2.2.3. 適応策の検討

本研究の結果から、バンコク周囲の堤防及びチャオプラヤ川の堤防が10年に1度以上の洪水に対しても十分な高さを有していないこと、及びチャオプラヤ川の西部では雨水をタイ湾に排水するポンプの能力が不十分であるとして、早急な適応策として堤防と排水ポンプの能力を改善すること(30年に1度の洪水への対応)を提言している。これにより、バンコクとサムットプラカーン県の浸水面積が51%減少し、投資による損害軽減の年平均ベネフィットは44億バーツ(1.4億米ドル)にのぼるとしている。残念ながらこの提言は2011年のタイ洪水前に実施されるには至らなかったが、洪水後タイ政府は、堤防や排水路の強化、新排水路の設置、ダムや流域を含む水管理計画の策定などを含む水管理マスタープラン(Water Management Master Plan)を公表するとともに、洪水への保険カバーが維持されるよう国家災害保険基金(National Catastrophe Insurance Fund)を設置している。

### おわりに

気候変動をもたらす大気中のCO<sub>2</sub>の濃度は、年々上昇しており、今なお歯止めがかかる兆しはみられていない。また、過去に排出された温室効果ガスの影響により、今世紀前半中は気候変動が進行するのは避けられないとされている。このような気候変動リスクの高まりに対して、様々な適応策を進めていくことで、リスクを軽減することが必要である。とりわけ、洪水など気象災害への対応は、将来の被害の大幅軽減と世界経済の安定に重要である。ただ、現時点での人々の適応策に対する認識は決して高いとは言えない。これは、地域における気候変動リスクの情報が不足し、人々がリスクをイメージできないことが背景にある。「人間はイメージできない状況に対して適切な心づけや準備は絶対にできない」と言われている<sup>12</sup>。この解決には、都市における気候変動リスクについて最新の科学的知見に基づいてリスク評価を行い、予想されるリスクと対応策を分かりやすく関係者に発信してその認識を深めることが必要である。そして、関係者に積極的に参加してもらい都市の適切なリスク管理のあり方を検討していくことが望まれる。

現在、都市のスケールでのリスク評価は、本稿で紹介したムンバイとバンコクの事例のように、国際機関によって、アジアの都市を対象に実施されている。このような海外の事例も参考に、日本が有する気候変動に係る最先端の知見や防災技術の成果を活用して、都市の気候変動リスクの評価と管理を行い、レジリエンスの高い都市環境を実現していく必要がある。また、日本の適応の取組みについて、アジアの都市に積極的に発信していくことにより、アジアの都市の持続的な発展に貢献することが望まれる。

<sup>12</sup> 目黒公郎・村尾修、都市と防災、放送大学教育振興会、2008、327p、p4.

### 執筆者紹介

斉藤 照夫 Teruo Saito

NKSJ リスクマネジメント株式会社 顧問

専門は環境政策、環境法、環境教育

著書に『環境・防災法』（共著、ぎょうせい、1986年）など

### NKSJ リスクマネジメントについて

NKSJ リスクマネジメント株式会社は、株式会社損害保険ジャパンと日本興亜損害保険株式会社を中核会社とする NKSJ グループのリスクコンサルティング会社です。全社的リスクマネジメント（ERM）、事業継続（BCM・BCP）、火災・爆発事故、自然災害、CSR・環境、セキュリティ、製造物責任（PL）、労働災害、医療・介護安全および自動車事故防止などに関するコンサルティング・サービスを提供しています。詳しくは、NKSJ リスクマネジメントのウェブサイト（<http://www.nksj-rm.co.jp/>）をご覧ください。

### 本レポートに関するお問い合わせ先

NKSJ リスクマネジメント株式会社

CSR・環境本部 CSR 企画部

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-24-1 エステック情報ビル

TEL : 03-3349-6828（直通）