

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：34416

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710053

研究課題名(和文) 気候変動で頻発している集中豪雨による都市域脆弱性評価と適応策

研究課題名(英文) Evaluating vulnerabilities and adaptabilities management for high intensity rainfall events with climate change in urbanized area

研究代表者

尾崎 平(OZAKI, Taira)

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号：40351499

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、気候変動の影響による集中豪雨をもたらす影響について評価できるモデルを構築した。都市水害に対しては、複数の豪雨ケースを設定し、外力の影響評価、ならびに地上と地下の解析を一体化した評価により、大規模な地下空間を有する都市部における脆弱性評価と、その対応策について提言を行った。水環境への影響については、特に合流式下水道越流水に着目し、既存施設を活用した適応策について評価を行った。さらに気候変動への適応策の推進、社会実装には行政と地域コミュニティー・住民とのコミュニケーションが重要であるため、都市水害に関する住民の意識調査を行い、水害に対する意識と対応策に関する態度の関係について考察した。

研究成果の概要(英文)：Short-time heavy rainfall and high intensity rainfall events have increased in Japan. In these floods, some rainwater intruded into underground spaces like a shopping mall and the users faced the danger of underground flooding. Therefore, it is very important to have an emergency plan for flooding. In order to make a plan, manager for underground spaces should know when and from which entrances the rainwater will flow into there. We simulate an inflow discharge by three different profiles of short-time high intensity rainfall using 1D-2D urban flood model and calculated an underground flooding using shallow flow model with structural mesh. Additionally, to identify ways of stimulating greater independent flood preparedness, the authors conducted a flood awareness survey among residents of urban areas that have suffered relatively high flood damage, and constructed a determinant model, based on covariance structural analysis, for independent flood-preparedness action by residents.

研究分野：環境防災学

キーワード：気候変動 内水氾濫 適応策 CSO 水害リスク

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に伴う気候変動の影響が科学的に明らかにされつつある。IPCC の第 4 次評価報告書(AR4)では、今後数十年にわたり、気候変動のさらなる影響を避けられないこと、そのため、長期的な緩和策とともに適応策の取り組みが不可欠であることが指摘されていた。気候変動による都市域の集中豪雨の増大による影響には、『水害』(量的問題)と『汚濁』(質的問題)がある。集中豪雨による水害は、2000 年の東海豪雨災害のように、資産、人口が集中する都市において甚大な被害を及ぼす。また、雨の降り方が変化し、晴天期間が長く、雨が降るときは時間 30mm 程度の強い雨、といったパターンが増大するようになると雨天時流出水に伴う汚濁負荷の水域へのインパクトは大きくなる。

そのため、都市域の雨水排水の質・量に関わるモデルの構築、脆弱性評価、適応策の評価が急務の課題であった。

2. 研究の目的

本研究は、気候変動により増大する外力を逐次的に推定し、その外力による都市域への水害影響、水質汚濁影響を評価する(脆弱性評価)モデルを構築し、脆弱性評価、適応策の評価を行うことを目的とする。その目標達成のために大きく 3 項目の研究を設けた。

- (1) 適応策に関する施策・技術・制度の類型化と評価指標の検討
- (2) 都市水害・水環境影響推定モデルの構築
- (3) 集中豪雨による都市域脆弱性と適応策の評価

3. 研究の方法

- (1) 適応策に関する施策・技術・制度の類型化と評価指標の検討

諸外国(イギリス、ドイツ、フランス、オランダ、アメリカ等)の適応策に関する考え方、戦略、アクションプランについてレビューを行った。

- (2) 都市水害・水環境影響推定モデルの構築

都市の雨水排水、処理を担う下水道システムの水量、水質の算定モデル(1次元)をベースに、豪雨時の氾濫モデル(2次元)も付与し、都市水害、水環境への放流負荷量を表現するモデルに展開し、さらに、これまで考慮していなかった氾濫域の微地形(高架道路の擁壁やすり鉢状となっている道路勾配)や地下駐車場、地下街、地下鉄の出入口の形状等、構造的に脆弱となる部分も考慮できるモデルへと改良し、その精度の向上、高度化を図った。

また、地下空間の氾濫解析モデルを構築し、内水氾濫に伴う地下街の脆弱性評価が行えるモデルを構築した。

- (3) 集中豪雨による都市域脆弱性と適応策の

評価

外力評価として、これまでの降雨の分析を行った。具体的には、「水害」を発生させるような豪雨(時間雨量 50mm 以上)の分析と「水質汚濁」に影響を与える強雨(時間雨量 5~30mm)の分析を、アメダスデータをベースに行った。

また、構築した推定モデルにより、都市水害による脆弱性評価、水環境影響評価を行った。都市水害に対しては、複数の豪雨ケースを設定し、外力の影響評価、ならびに地上と地下の解析を一体化した評価により、大規模な地下空間を有する都市部における脆弱性評価と、その対応策について提言を行った。水環境への影響については、特に合流式下水道越流水に着目し、既存施設を活用した適応策について評価を行った。

さらに気候変動への適応策の推進、社会実装には行政と地域コミュニティー・住民とのコミュニケーションが重要であるため、都市水害に関する住民の意識調査を行い、水害に対する意識と対応策に関する態度の関係について考察した。

4. 研究成果

- (1) 適応策に関する施策・技術・制度の類型化と評価指標の検討

本研究で対象とした主要国の適応策の施策を表 1 に示す。例えば、イギリスの場合、自治体における取り組みの進捗を評価するために National Indicator が約 200 種類指定されている。その特徴は、気候変動は不確実性を含むため、適応策に関する結果(Outcome)ではなく、その途中のプロセス(Progress)で評価しようとしている。

また、適応評価の指標としてレベル 0~レベル 4 の 5 段階(表 2)が設定されており、各レベルを達成したかどうかを行政担当者が評価する基準と根拠が指定されている。

表 1 主要国の気候変動適応策

国名	施策名称
イギリス	The National Adaptation Programme
ドイツ	German Strategy for Adaptation to Climate Change
フランス	French National Climate Change Adaptation Plan
オランダ	National Programme on Climate Adaptation and Spatial Planning
アメリカ	President's Climate Action Plan

表 2 イギリスにおける適用評価の段階

Level	内容
Level 0	開始段階
Level 1	パブリックコメント、影響評価の実施段階
Level 2	包括的リスク評価の段階
Level 3	包括的行動計画の段階
Level 4	モニタリング、レビューの段階

諸外国のレビューより、適応策の評価においては、パステデザインやトランジションのアプローチを踏襲するとしても、モデル導入後の的確なモニタリングと測定、その各種要因の的確かつ透明なレビュー、そしてPDCA サイクルを担う前向きな評価のセットとしての MRV (Measurement, Reporting and Verification) 型の開発が重要であることを提示した。

(2) 都市水害・水環境影響推定モデルの構築
 既往モデルは、GIS を活用し、1/2500 の基盤地図をベースに道路部と住区(街区)に分け、道路面のみを氾濫計算の対象としていた。しかし、道路面の中央分離帯や高架橋道路の擁壁等を十分に考慮できていなかったため、浸水深の計算結果が現地調査の約半分の地点があった。そのため既往モデルに、擁壁や中央分離帯等の道路構造物を考慮した。さらに、既往モデルでは、対象地域内に一様な降雨形態(分布)を与えていた。しかし、局所的な集中豪雨では数 km 離れただけで降雨形態は変化する。その降雨形態の変化を考慮するため、対象領域内に存在する3箇所の雨量計の地点をもとに、対象領域をボロノイ分割し、各地の雨量データを用いた。改善前後の結果を図1に示す。モデルの改善により、車がスタックした地点などの浸水深を表現でき、モデルの高度化に成功した。加えて、大都市部の地下空間の浸水現象を表現する2次元不定流モデルを構築した。

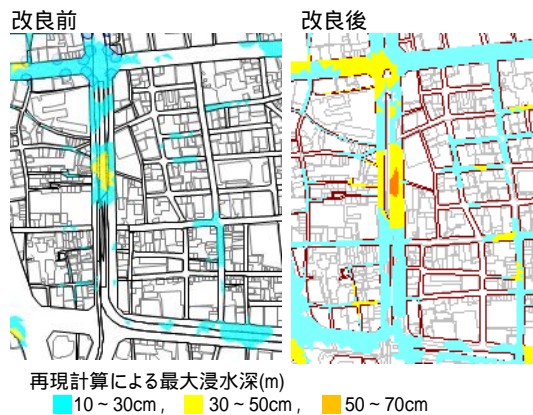


図1 改良前後の解析結果

(3) 集中豪雨による都市域脆弱性と適応策の評価

外力の影響評価として、過去30年間と近年30年間について比較した結果、時間雨量50mm以上の降雨の発生頻度が增大していること、ならびに水質汚濁に影響を与える降雨現象(無降雨期間の増大、短時間強雨の増大)が増加しており、その汚濁ポテンシャルが増大していることを確認した。

次に、大規模地下街を有する大阪市の中心部を対象に、3種類の短時間豪雨を用いて地上の内水氾濫解析と、地下街の浸水解

析を行い、脆弱性評価、および適応策の評価を行った。その結果、内水氾濫解析を通じて、内水氾濫水の流入地点、流入量、流入開始時刻の推定を行い、豪雨規模毎の地下街への内水氾濫水の流入特性を明らかにした(図2)。また、地下街の浸水解析に基づき、地下街に流入した氾濫水の広がり方、浸水深を求め、浸水特性を明らかにし、地下街における脆弱箇所とその構造に応じた対応策が必要であることを指摘した。さらに、これらの浸水特性を考慮した地下街における短時間集中豪雨に対する浸水対策について考察し、地下街管理者が水防・避難誘導計画策定時に留意すべき事項を明示した。

また、水質汚濁に関して、既往施設を用いた適応策により、浸水被害を軽減しつつ、水質汚濁も軽減できることをシミュレーションにより示した(図3)。

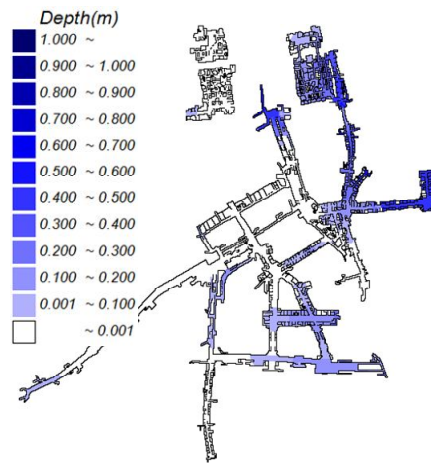


図2 地下空間の浸水シミュレーション結果

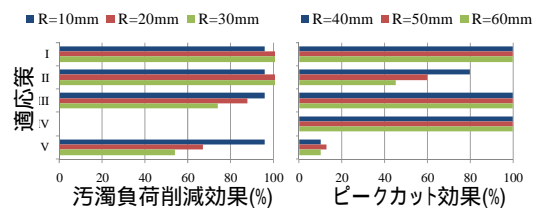


図3 水質汚濁削減効果、ピークカット効果の算定結果

最後に、水害に関する住民の意識調査を行い、水害に対する意識と対応策に対する態度の関係について考察した。

結果の一例として、次の3つ(適応、緩和、規制)の対策の重要度について、AHP法により比較した結果を示す(図4)。

適応策：大雨が降ることは仕方ないのだから、貯留施設の建設など、降った雨が溢れない対策を優先すべき、緩和策：二酸化炭素などの温室効果ガスの増加が気候変動を招き大雨をもたらすのだから、温室効果ガスの削減策を優先すべき、規制策：大雨が降ったとしても、そこに住宅等がなければよい

のだから、水害が予測される土地の低いエリアに、土地利用の規制策を優先すべき。

全体で見た場合、適応策と規制策の重要度が37%程度と同程度であり、緩和策の重要度は25%と低い。重要度という評価でみると、適応策、規制策など、水害に対して直接的に対策する施策の重要度は高く、一方、気候変動に影響を与える二酸化炭素を削減する緩和策の重要度は低い。緩和策は水害対策としては、やや間接的な施策と受け止められているものと思われる。

本アンケートのまとめとして、今後の水害対策に求められる自助、共助の重要性を認識してもらうためには、行政と市民がリスクコミュニケーションをする中で水害や気候変動に対する理解を深めてもらい「水害リスクへの受容性」および「行政に対する信頼感」を高めることが重要である。また積極的な自助を推進するためには「水害リスクに対する関心」から形成されると思われる水害意識を高め、対策へとつなげていく必要があることを明示した。

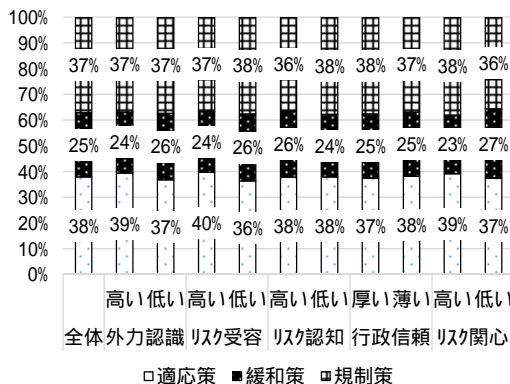


図4 市民の考える適応策・緩和策・規制策の重要度

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計6件)

尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一: 降雨イベントの積算時間間隔と内水氾濫解析精度に関する考察, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, NO.4, pp.I_447-I_452, 2015.02. 査読有

尾崎平, 浅野統弘, 石垣泰輔, 戸田圭一: 短時間集中豪雨に伴う内水氾濫による地下街浸水特性の考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, No.4, pp.I_1417-I_1422, 2014.02 査読有

浅野統弘, 尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一: 南海トラフ巨大地震による津波来襲時の大規模地下空間の浸水予測, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.70, pp.I_1435-I_1440, 2014.02 査読有

尾崎平, 辻宅由治, 盛岡通: 都市レベルの気候変動適応策を環境モデル都市堺

のクールライン事業に当てはめる試み - ロンドン東北部の事例を参考に-, 第41回環境システム研究論文発表会講演集, pp.59-64, 2013.10 査読無

浅野統弘, 尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一: 密集市街地における内水氾濫時の歩行避難および車両移動の危険度評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol69, NO.4, pp.I_1561-I_1566, 2013.02 査読有.

石垣泰輔, 坂本祥太, 尾崎平, 戸田圭一: 地下空間を含む鉄道駅の浸水危険要因について, 地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.18, pp.57-62, 2013.1 査読無

[学会発表](計8件)

尾崎平, 石垣泰輔, 戸田圭一: 市民の都市水害に対するリスク認知と対応策への態度, 第52回下水道研究発表会講演集, 2015.07.30, 東京ビッグサイト(東京都・江東区)

Taira OZAKI, Taisuke ISHIGAKI and Keiichi TODA: Flooding Characteristics of Underground Malls by Flush Flood in Short Time Heavy Rainfall, 13th International Conference on Urban Drainage, 2014.9.9, Kuching (Malaysia)

尾崎平: 短時間降雨時による近年の都市水害と地下浸水, 地下空間の防災・減災セミナー, 2014.10.25, グランフロント大阪(大阪府・大阪市)

尾崎平, 石垣泰輔, 浅野統弘, 戸田圭一: 内水氾濫解析精度に与える時系列降雨データの取り扱い方法に関する一考察, 第51回下水道研究発表会, 2014.07.23, 大阪アカデミア(大阪府・大阪市)

尾崎平: 短時間降雨による内水氾濫と地下浸水, 地下空間の防災・減災セミナー, 2014.3.14, グランフロント大阪(大阪府・大阪市)

Taira OZAKI, Taisuke ISHIGAKI, Norihiro ASANO and Keiichi TODA, Vulnerability Analysis for Addressing Pluvial Flood Risk in Densely Urbanized Area, International Conference on Flood Resilience Experiences in Asia and Europe, 2013.9.5, Exeter(UK)

Taisuke ISHIGAKI, Norihiro ASANO, Masayuki MORIKANE, Taira OZAKI and Keiichi TODA, Extreme Hazard of Pluvial and Tsunami Floods in a Densely Urbanized Area, International Conference on Flood Resilience Experiences in Asia and Europe, 2013.9.7, Exeter(UK)

増田達紀, 石垣泰輔, 尾崎平, 浅野統弘: 内水氾濫時における集水域界を超える流出の影響について, 平成25年度土木学会関西支部年次学術講演会,

2013.06.08, 大阪市立大学杉本キャンパス
(大阪府・大阪市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾崎 平 (OZAKI, Taira)

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号: 40351499