

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02407

研究課題名(和文) 雨水貯留ポテンシャルを考慮した中小都市の内水氾濫に関する気候変動適応策

研究課題名(英文) Climate change adaptation measures for internal flooding in small and medium-sized cities considering rainwater storage potential

研究代表者

矢島 啓 (YAJIMA, HIROSHI)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・教授

研究者番号：10283970

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,000,000円

研究成果の概要(和文)： 島根県松江市は、多くの中小河川が宍道湖および大橋川と繋がっているため、河川の自然流下が抑制され、内水氾濫が数年に1度程度発生する。内水氾濫抑制のためには、市街地周辺に存在する田んぼやため池等を活用した雨水貯留効果(本研究ではそれを「雨水貯留ポテンシャル」と称す)の増大が有効と考えられる。市内の下水道網を考慮した内水氾濫モデルによる検討の結果、雨水貯留ポテンシャルの約7割を活用することで、近年で最も大きな被害をもたらした2006年7月の浸水被害も大きく軽減できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年大雨に伴う被害は、河川の氾濫すなわち外水による被害だけでなく、市街地の雨水排除能力超過による内水被害も深刻になってきている。本研究により、内水氾濫を防ぐためには、市街地周辺に存在する田んぼやため池を活用し、都市域の雨水貯留効果を増大することが内水氾濫抑制の有効な手段になり得ることを示した。今後、市街地においては、周辺の土地利用規制を含めた雨水貯留が可能な区域の保全を図ることで、気候変動による内水氾濫被害の拡大を防ぐことが可能となると考えられた。

研究成果の概要(英文)： In Matsue City, Shimane Prefecture, many small and medium-sized rivers are connected to Lake Shinji or the Ohashi River, which inhibits the natural flow of rivers and causes internal flooding about once every few years. To reduce internal flooding, increasing the rainwater storage (referred to as "rainwater storage potential" in this study) by utilizing rice paddies, ponds, etc., around the urban area is considered effective. The results of this study using an internal flooding model that considers the city's sewerage network showed that utilizing approximately 70% of the rainwater storage potential can significantly reduce the flood damage caused in July 2006, which was the most devastating in recent years.

研究分野：水工水理学

キーワード：内水氾濫 雨水貯留ポテンシャル 貯留施設 気候変動

1. 研究開始当初の背景

気候変動に伴う水災害の激化の検討はなされているが(平成30年版防災白書) 雨水排水の下水道への影響は検討されていない。しかし、今世紀末に26~82cm上昇すると予想されている海面上昇や降水量の増加に伴い(IPCC AR5, 2014) それらの影響を受けやすい海域に近い下流河川に面した都市においては、下水放流先の水位上昇や内水量の増加により計画を超過する内水氾濫の危険度が増大すると考えられる。中小都市においては大規模地下調節池よりも、川池らが検討したオンサイトの小規模雨水貯留施設の設置(川池・中川, 2018) や田んぼやため池による内水氾濫軽減効果が有効である(長谷川・栞原, 2016)。さらに、社会実装として物理モデルによる首都圏の浸水予測が行われているが(三好ら, 2017) その精度やモデル構築に係る経費等に問題があり、ソフト対策として簡易な内水氾濫の予測手法が求められている。

2. 研究の目的

日本海に注ぐ斐伊川の下流に位置する地方中核都市である松江市を対象に、まず、近年の海面上昇や将来の気候変動が、市内の雨水排除先となる宍道湖と大橋川に対してどのような影響を及ぼすかを明らかにする。そして、中小都市でも対応可能な市街地における小規模な貯留対策と、田んぼやため池の貯留効果を最大限に活用した内水氾濫軽減効果を「雨水貯留ポテンシャル」と定義し、その効果を定量的に明らかにする。さらに、松江市内の雨水排水網における出水時の水位予測を検討することを目的に研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 研究対象

研究対象の松江市は、市内を斐伊川が貫流し、斐伊川は宍道湖、大橋川、中海、境水道を通じて日本海と繋がっている(図1参照)。宍道湖および日本海に近接する境における年平均水位(潮位)は、この25年間で15cm以上上昇している(図2参照)。また、松江市の市街地では、2006年7月の豪雨で浸水家屋1,702戸に及ぶ大きな内水被害が発生した。

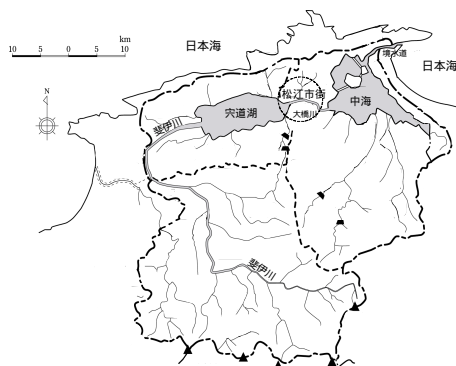


図1 斐伊川流域と松江市街位置

(2) 気候変動および海面上昇が与える影響の評価法

気候変動の影響として、1996~2015年を現在気候(Present)とし、将来気候はCMIP5におけるACCESS1.3、GFDL-ESM2M、MIROC5の2090~2099年の10年間の温暖化実験結果を用い、代表的濃度パスであるRCP4.5を採用した。トレンド保存型のバイアス補正を行った後、分布型流出モデル(HSPF)を用いて流出計算を行った。1996~2005年を同定期間とし、他の期間を検証期間とした。次に流出計算結果を境界条件の一つに用い、3次元湖沼モデルAEM3dモデルによる宍道湖・中海の水理水質予測計算を行った。さらに、海面上昇の影響として、近年の海面上昇のトレンドを除去した計算も行い、松江市内の内水排除に影響を及ぼす宍道湖・大橋川への影響を評価した。

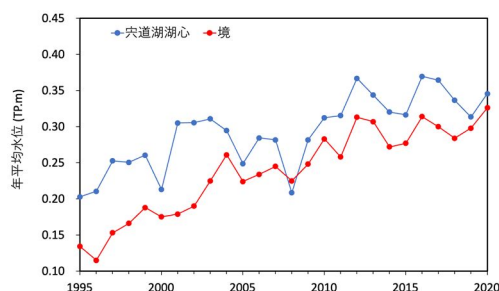


図2 宍道湖湖心と斐伊川河口部境における年平均水位(潮位)

(3) 内水氾濫解析手法

内水氾濫解析モデルとして、地上部の対象領域を約15万個の格子に分割し、各格子に下水道・水路、ため池等の属性を与え、主要な下水道、水路およびため池は、周囲の格子より地盤高を低くすることで、すべての格子を平面二次元解析の非構造格子として計算した。河川網は特性曲線による一次元解析法を適用した。構築したモデルを用い、気象庁の松江での10分間降雨を対象領域全体に与えた解析を行い、まず、2006年7月豪雨による氾濫状況の再現性を検証した。次に、貯留施設による浸水軽減効果を評価するために、貯留施設の有無による氾濫状況を比較し、松江市内における雨水貯留ポテンシャルを評価した。

(4) 水位予測手法

松江市内の雨水排水路網の9箇所において10分ごとの水位計測を行い、それらのデータをもとに、機械学習の一つであるランダムフォレストモデルと区分線形回帰モデルを用い、内水氾濫の危険度が高い地点に対する水位予測を検討した。

4. 研究成果

(1) 気候変動および海面上昇が与える影響

現在気候および将来気候の10年間における宍道湖への月流入流量のヒストグラムを図3に示す。気温が上昇する将来気候時は蒸発量が増加する影響を受け4~9月の時期に低流量の頻度が増加していた。さらに、1~3月の積雪・融雪期においても低流量へシフトしていた。年流入量は、将来増加する年がわずかにある一方で、半以下となる年もみられ、10年間の総流入量で見ると、将来の減少量はACCESSは32%、GFDLは24%、MIROCは29%と3割前後の値となった。気温は1.3~4.0の上昇が予想され、この影響を受け、AEM3dモデルによる水温と塩分を含んだ水質予測計算を行ったところ、宍道湖水温で1.4~2.5の上昇があった。また塩分については、3.1~3.9psu上昇することが予想された。さらに、1991年以降の平均海面上昇量19cmに対する影響を評価したところ、宍道湖で平均18cmの水位上昇の影響があることがわかった。また、塩分も1psuに近い上昇の影響がみられた。このような水位と塩分の上昇は、松江市内の雨水排水排除先の水圧増加につながり、内水排除に悪影響を与えていると考えられた。

(2) 雨水貯留ポテンシャルの評価結果

貯留なしのCase1と貯留ありのCase2の最大浸水深の差を図4に示す。最大浸水深は貯留施設を用いることにより減少し、特に浸水被害が大きかったAの周辺では0.5m以上の減少も確認できた。また、Case1とCase2の氾濫水量の差が、長時間降雨が続いたときに大きくなっていることが確認できた。これは松江市内において長期的な降雨が続いた場合、張り巡らされる細かい水路では排水できず内水が蓄積してしまうためであった。仮想貯留容量を求めた結果、田んぼダムを除く施設では仮想貯留容量の70%以上を貯留できており、適切に機能していることがわかった。ため池については仮想貯留容量の7割ほどの貯留ではあるが、仮想貯留容量が他の貯留施設に比べ大きいことから、貯留容量にゆとりがあると考えられた。一方、田んぼダムについては仮想貯留容量の約3割の貯留であった。田んぼダムは流出させながら雨水を貯留する機構のため、雨量強度が強くなければ仮想貯留容量に対する貯留量は小さくなり、容量を十分利用することができなかつたためと考えられた。

(3) 松江市内における水位予測結果

過去の内水氾濫被害から浸水リスクが高いと考えられる地点の水位予測を検討した。ランダムフォレストモデルでは有効な予測を行うことができなかったが、区分線形重回帰モデルを用いて1時間先予測を行ったところ、ある程度のピーク水位の予測を行うことができた(図5参照)。通常の河川水位の予測とは異なり、潮位変化の影響を受けることと流域面積がかなり小さいことが予測を難しくする主な原因と考えられた。

(4) 今後の展望

今後の課題として、田んぼモデルのモデル化の妥当性検討、今回検討を行った2006年豪雨以外の降雨パターンを対象としたときの流出抑制効果の検討がある。また、「雨水貯留ポテンシャル」については、単位面積あたりの値として計算し、他の流域の値を計算して比較することにより、流域の流出抑制効果の期待値を表す指標として活用することが考えられる。さらに、将来気候時の雨水排出先である宍道湖や大橋川の水位予測結果を取り込めるよう、詳細な水門・樋門・ポンプ操作と組み合わせた内水氾濫解析モデルに改良することも必要である。最後に、本研究を通じて、将来の海面上昇と気候変動は、宍道湖や大橋川の水位上昇だけでなく、水温や塩分の上昇をもたらす可能性があることが示された。これらは、将来の樋門やポンプ場の操作規則の再検討の必要性だけでなく、将来の生態系への影響も検討する必要があることを示していると考えられる。

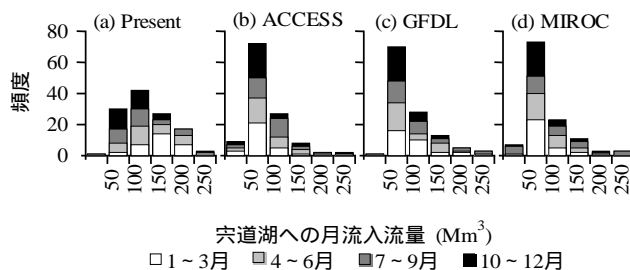


図3 宍道湖への月流入流量のヒストグラム

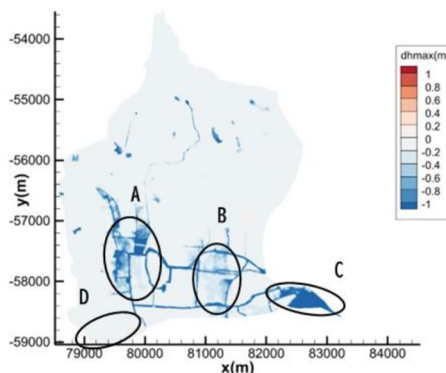


図4 Case2(貯留なし)のCase1(貯留あり)に対する最大浸水深の変化量

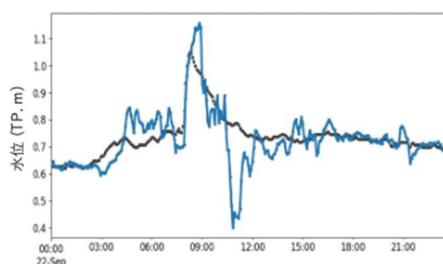


図5 区分線形重回帰モデルによる市内の浸水リスクが高い地点における水位予測(黒:観測、青:予測)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 矢島 啓、吉岡 有美、丸谷 靖幸、作野 裕司	4. 巻 77
2. 論文標題 気候変動が連結系汽水湖穴道湖・中海の水環境に及ぼす影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B 1（水工学）	6. 最初と最後の頁 I_1087 ~ I_1092
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.77.2_i_1087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 矢島 啓、吉岡 有美	4. 巻 78
2. 論文標題 連結系汽水湖穴道湖・中海の塩分環境に及ぼす風況の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B 1（水工学）	6. 最初と最後の頁 I_1051 ~ I_1056
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.78.2_i_1051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 北島 響、川池 健司、山野井 一輝	4. 巻 78
2. 論文標題 「流域治水」に向けた都市域の氾濫解析による雨水貯留ポテンシャルの評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集B 1（水工学）	6. 最初と最後の頁 I_811 ~ I_816
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.78.2_i_811	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山本和樹、坂野鋭、矢島啓
2. 発表標題 松江市における統計モデルを用いた洪水予測の検討
3. 学会等名 島根大学エスチュアリー研究センター 第30回汽水域研究発表会汽水域研究会第11回例会汽水域合同研究発表会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 北島響、川池健司、山野井一輝、小柴孝太
2. 発表標題 「流域治水」に向けた島根県松江市における氾濫解析と雨水貯留ポテンシャルの評価
3. 学会等名 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉岡有美、矢島啓
2. 発表標題 水文解析に向けた解析雨量と地上観測雨量との比較、-島根県東部斐伊川流域の事例-
3. 学会等名 第75回農業農村工学会中国四国支部研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川池 健司 (KAWAIKE KENJI) (10346934)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	
研究分担者	吉岡 有美 (YOSHIOKA YUMI) (40753885)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教 (15201)	
研究分担者	K I M S A N G Y E O B (KIM SANGYOE0B) (50797826)	島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教 (15201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------