

雨水利用住宅による 流出抑制効果に関する研究

浜田 晃規¹・渡辺 亮一¹・伊豫岡 宏樹¹・山崎 惟義¹・島谷 幸宏²
皆川 朋子³・山下 三平⁴・森山 聡之⁵・山下 輝和⁶

¹正会員 福岡大学助手 工学部社会デザイン工学科 (〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目19-1)
E-mail:hamadateruki@fukuoka-u.ac.jp

²フェロー会員 九州大学教授 工学研究院 (〒819-0395 福岡市西区元岡744番地)
E-mail:shimatani@civil.kyushu-u.ac.jp

³正会員 熊本大学准教授 工学部社会環境工学科 (〒860-0004 熊本県熊本市中央区黒髪二丁目39-1)
E-mail:minagawa@kumamoto-u.ac.jp

⁴正会員 九州産業大学教授 工学部都市基盤デザイン工学科 (〒813-8503 福岡市東区松香台二丁目3-1)
E-mail:samp@ip.kyusan-u.ac.jp

⁵正会員 福岡工業大学教授 社会環境学部社会環境学科 (〒811-0295 福岡市東区和白東三丁目30-1)
E-mail:moriyama@gisight.org

⁶特定非営利活動法人南畑ダム貯水する会 理事長 (〒814-0153 福岡市城南区樋井川五丁目34-2)

福岡市を流れる樋井川流域では、流域住民自身が主体的に水害抑制に取り組む流域治水による水害対策を行うために取り組みを進めてきている。この流域では2009年7月24日の水害被害を受けて、住民が自ら実践できる流出抑制対策として2010年より無料で200ℓの雨水貯留タンクを設置しているが、流出抑制効果は充分とは言えない。本研究では、樋井川流域田島地区に建てられた総貯水量42m³の雨水利用住宅を例に、大容量貯水槽の普及を念頭にその流出抑制効果を数値計算により評価した。対象領域は高台に囲まれ、降雨は低平地に集まる地形となっている。低平地に急激に雨水が集中することを防止するため高台に位置する家屋の全てが雨水利用住宅である想定した計算を行った。その結果、地形に起因する内水氾濫ははばなくなり充分な流出抑制効果が確認された。また、本領域の数値計算結果は、水害避難時の危険箇所を抽出し、避難経路の選定にも使用でき、地域防災力の向上に寄与している。

Key Words :runoff control, on sight storage, public involvement, urban river, infiltration

1. はじめに

福岡市では御笠川が1999年と2003年に氾濫し、2009年には九州北部豪雨によって那珂川・樋井川が越水し、大きな被害をもたらした。都市部では貯留・浸透機能が低下し、局地的豪雨の際に雨水が短時間で河川に流れ込むことが都市型水害の原因となると指摘されている。対策として、貯留浸透施設や調整池の増設、河川改修などが行われているが、これらの方法は財政の圧迫や長期に渡る建設となるうえ、広大な土地を必要とし、住宅地が密集する都市域では困難な場合が多い。研究対象としている樋井川は、福岡市中心部を流れる流域面積30km²、流路延長約13kmの典型的な都市中小河川で、流域内には約19万人が暮らしている¹⁾。都市化率は約7割に達し、常に

ゲリラ豪雨に伴う都市型水害による浸水被害に注意が必要な流域である。樋井川流域では、流域住民自身が主体的に水害抑制に取り組む流域治水による水害対策を行うために取り組みを進めてきており²⁾、今年度、福岡県が策定した樋井川水系河川整備基本方針の中でも、都市化が進行した地域での治水に関して様々な手法を用いたメニューが盛り込まれている。この流域では2009年水害被害を受けて、住民が自ら実践できる流出抑制対策として、2010年より無料で雨水貯留タンク(容量200L:写真-1参照)を106基設置し、モニタリングを継続している³⁾。しかし、タンク容量200Lでは流出抑制効果は充分とはいえない³⁾。そこで本研究では、流域内に2012年に建築された42tの貯水槽を持つ雨水利用住宅を例に、大容量貯水の流出抑制効果を数値計算により評価することをおこな

っている。また、この数値計算は、水害避難時の危険箇所を抽出し、避難経路の選定にも使用できることから地域の防災力の向上に寄与している。



写真-1 雨水貯留200Lタンク



写真-2 雨水利用住宅外観



図-1 雨水利用住宅貯水槽配置図

2. 目的

本研究では、流出抑制手法を用いた流域治水を定量的に評価することを目的としている。そのため、ここでは樋井川流域の田島地区を対象領域として雨水利用住宅の普及が都市型水害の防止にどの程度寄与するかを明らかにする。

(1) 雨水利用住宅の流出抑制効果の検証

実際に雨水利用住宅が普及した場合にどれだけ雨水を流出抑制し、貯留できるかを検証する。

(2) 地域防災力の向上

2009年7月24日の降雨条件で計算を実施し、当日の洪水を再現することで水害避難時の危険箇所を抽出し、避難経路の選定として使用する。

3. 雨水利用住宅

雨水流出抑制を本格的に実現する目的で設計・建築されたのが雨水利用実験住宅である（写真-2）。雨水利用実験住宅の最大の特徴は都市型水害を抑制するために屋根に降った雨を全て貯留することにある。図-1は雨水利用実験住宅のタンク配置図を示している。設置した地下貯留タンクは三つのパートに分かれており合計で約41.8m³の雨水を貯めることが可能である。一つ目は家の基礎を兼ねている地下タンクで容積は約17.3m³である。この地下タンクに貯留した雨水はトイレ・風呂・洗濯・

庭への散水の水として利用される。二つ目は駐車場の下に埋設されてあるタンクで容積は約22.5m³である。家の下の地下タンクが満水になるとオーバーフローした雨水が駐車場の下のタンクに流れ込む構造になっている。このタンクは水害抑制のために一時的に雨水を貯留するためのタンクであり、貯まった雨水はゆっくり地下に浸透していく仕組みになっている。三つ目のタンクはビオトープ用のタンクで容積は約2m³であり、このタンクに貯まった雨水は庭のビオトープの循環に使用している。タンクの他にもオーバーフロー管の途中には浸透枡があり、そこから地下浸透する構造になっている。

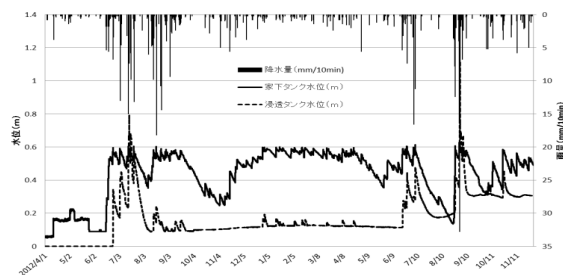


図-2 貯水槽の水位変動(雨水利用状況)

4. 解析方法

(1) 雨水利用住宅の流出抑制効果の検証

本研究における流出解析は地表面流出解析と管路流出解析で構成される。地表面流出解析は表面流出に寄与する有効降雨が地表面を流れる経過を運動力学的に求め、マンホールに流入する流出量を算定する。地表面流出解析では時間・面積法を使用した。時間面積法とは、降雨は各マンホールの集水域内で一様で、流出速度は一定と仮定し、到達時間内における流出量は集水域の面積寄与率を定義する時間・面積曲線を用いて算定する。

管路流出解析での境界条件は上流端の流入量は地表面解析計算で算出する各マンホールへの流入量を与え、下流端の境界条件は2009年7月24日に観測された河川水位を与えた。本解析の基本式は式(1)、(2)であり、それぞれ連続式と運動量保存式を示している。この2式はサン・ブナン方程式と呼ばれ、自由表面流れについて成り立つため、被圧管状態の流れを表現するために管路の天端に流量を無視できるほどの微小幅のスリットを設け、自由表面を持つように計算している。

・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

・運動量保存式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial y}{\partial x} + gAI_f = gAI_o \quad (2)$$

ここで、 Q ：流量[m³/s]、 A ：流下面積[m²]、 y ：水深[m]、 g ：重力加速度[m/s²]、 x ：流れ方向の距離[m]、 t ：時間[s]、 α ：速度分布係数、 I_o ：底面勾配、 I_f ：摩擦勾配である。

a) 解析対象領域の設定

2009年7月24日に浸水被害が発生した福岡市の樋井川中流域に位置する田島地区の下水管路網に沿って設定した(面積58.37ha：図-5参照)。また、本地区は高台が低平地を囲んでおり、降雨が急激に低平地に集まり内水氾濫を起こすことが懸念されている(図-4)。



図-3 流出解析対象領域



図-4 流出解析対象領域の標高図



図-5 解析対象領域内の管路網

b) 雨水利用住宅のモデル化

雨水利用住宅のモデル化は、下水道排水区の区画割の最小流域(亀甲割面積)を基本とし、そこから建蔽率50%と仮定し、庭と屋根に等分割し新たにマンホールを設定する(図-6)。庭に降った雨は従来どおり既存のマンホールに流下させ、屋根に降った雨は地下のタンクに貯留させた。貯水量と水位は、最小流域ごとに70区画の貯水槽のH-V関係表を作成しモデルに組み込んでいる(図-7)。高台の家屋が全軒雨水利用住宅となったと仮定すると、その宅地面積(屋根+庭)は対象領域の4割弱である。図-8は貯水槽の設置個所を示す。

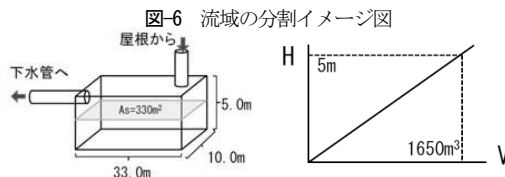
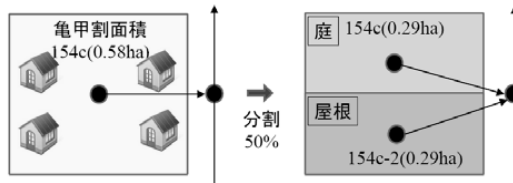


図-7 地下貯水槽モデル図

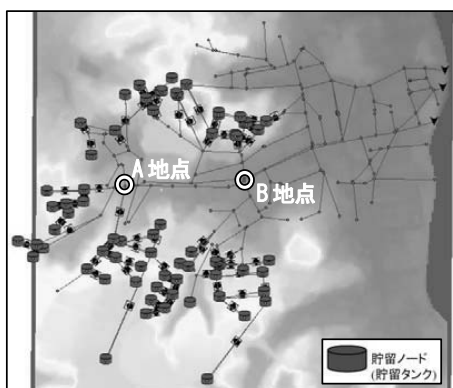


図-8 貯水槽配置図

4. 調査結果

(1) 雨水利用住宅の流出抑制効果の検証

雨水流出抑制を組み込んだ解析結果を以下の図-9、図-10に示している。図-9よりA地点ではピーク流量で約1/2の抑制効果が見られ、B地点においても3割程度の抑制効果が得られた。また、雨水流出抑制を考慮していない場合(図-10(1))、下水管から溢れて内水氾濫量の累計は約55,000m³あり、広範囲に内水氾濫による被害が拡大していることが分かる(今回の解析では外水は考えていない)。次に、流域全体で4割の流出抑制を達成した場合(図-10(2))、内水氾濫量の累計は約35,000m³となった。この結果より、4割の流出抑制対策を実施することで下水管から溢れ出した流量を約20,000m³にまで抑制でき、高台から低平地へ雨水が集まる地形要因は解消されることがわかる。

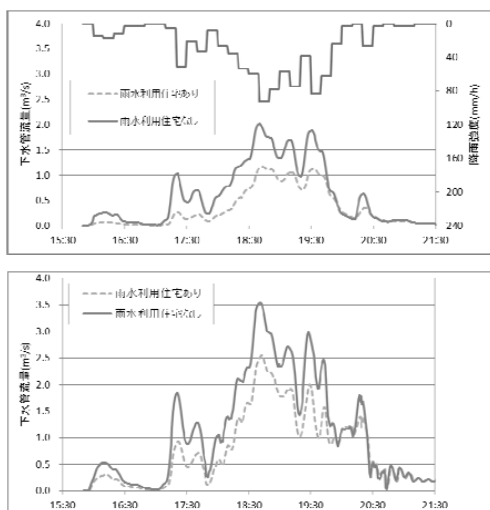


図-9 A地点(上)及びB地点(下)における下水管流量



図-10(1) 流出抑制前の氾濫状況

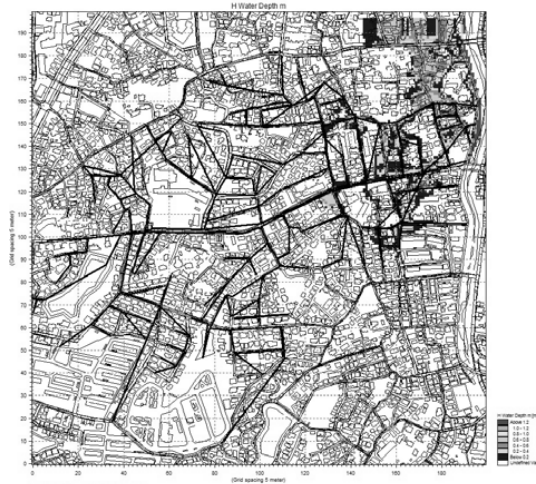


図-10(2) 流出抑制後の氾濫状況(雨水利用住宅)

5. 数値計算結果の地域防災力向上への寄与

氾濫解析および聞き取り調査の結果より、解析期間内における最大の水深を抽出し道路部分が避難経路として利用可能かどうかの検討を行った。冠水した道路の避難の可否の判定には、伊勢湾台風の際に避難した人のアンケート結果を参考に腰程度の水深(50cm)とし、女性と小学校高学年の歩行による避難が困難となり始める水深(20cm)を避難限界水深とした⁴⁾。

聞き取りを行った結果を図4に示す。聞き取り調査を行った際のひざ上浸水、ひざ下浸水の浸水深は成人男性を基準としている為、ひざ上浸水が発生した場所においては成人女性・小学校高学年は避難所まで歩いて避難することが困難であるといえる。



図-11 田島地区における避難経路図

7. 考察

雨水を約42m³ 貯留することができる住宅が、田島地区の高台にできることで、浸水深を下げる事が可能であるとわかった。さらに樋井川流域全体で各戸において貯留を行うと十分な抑制効果が得られると考えられる。しかし、対象とした降雨では42m³ の貯水量は治水目的

だけでは大きいと考えられる。雨水利用の方法や自然に地下に浸透させて次の降雨に備える仕組みが必要と考えられる。

また、解析の結果から、内水氾濫が17時51分に発生し、30分後には広範囲に広がりを見せた。そのため、迅速な避難が出来なかった場合には二次災害にあう恐れがある為、無理な避難は避けるべきである。

謝辞：雨量計や水位計のデータ収集に協力して頂いた樋井川流域の方々、下水道データを提供して頂いた福岡市道路下水道局の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 福岡県：樋井川水系河川整備基本方針，pp.2，2013.
- 2) 島谷幸宏他：治水・環境のための流域治水をいかに進めるか，河川技術論文集，第16巻，pp.17-22，2010.
- 3) 渡辺亮一他：流域治水を目的とした家庭用雨水タンクの利用実態把握，土木学会第66回年次学術講演会，VII-001，1-2(CD-ROM)，2011
- 4) 国土交通省河川局治水課：避難行動における限界条件の設定，国土交通省河川局ホームページ。

http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/saigai/tisiki/chika/pdf/g-11_g-14.pdf

(2014.7.11 受付)

EFFECT OF RUNOFF CONTROL USING EXPERIMENTAL HOUSE OF RAIN WATER USE

Teruki HAMADA, Ryoichi WATANABE, Hiroki IYOOKA, Koreyoshi YAMASAKI
Yukihiro SHIMATANI, Tomoko MINAGAWA, Sanpei Yamashita, Toshiyuki
MORIYAMA and Terukazu YAMASHITA

The river basin management resident of the valley itself is advancing in Hii river flows through Fukuoka city. In addition, runoff control and rain water use are positioned as important flood control measures from development of laws having progressed. In this research, it aims at evaluating the runoff control effect by numerical computation by making a rain water use house with the 42t water tank in a valley into an example. Numerical computation estimated how many urban flood damages which arose by the rain on July 24, 2009 when a 42-ton rain water storage tank spread can be prevented. A domain of study is surrounded by heights and rain serves as geographical feature gathering in a low-lying area. In order to prevent rain water from focusing on a low-lying area rapidly, all the houses located in heights assume it as a rain water use house. When a rain water use house was 0, while the amount of inland floods was about 55,000 m³, when a rain water use house spread through all the houses located in heights, the inland flood resulting from geographical feature was lost mostly, and the runoff control effect was confirmed.