

流域治水の実装に向けた雨水利用実験住宅の可能性検討

福岡大学工学部 学生員○丸山千裕 正会員 渡辺亮一・浜田晃規

1. はじめに

ここ数年、北部九州地方においては線状降水帯を伴う局所的短時間集中豪雨の発生が常態化し、令和2年度に限っても球磨川における氾濫や大牟田および久留米の市街地において内水氾濫による浸水被害が頻発している。この状況を鑑みて、国土交通省は令和2年7月6日に新たな防災・減災プロジェクトを取りまとめ、これまでの治水の方針を大きく転換する方針を示している。その中で「あらゆる関係者により流域全体で行う『流域治水』へ転換する¹⁾」との今後の治水の方向性が明記されており、今後は流域に関わる全関係者が主体的・積極的に治水に取り組むことが求められている。

福岡市は元来、水資源に乏しい大都市であり、これまでに、1945年以降だけに限っても3度の大きな渇水に見舞われた。さらに、日本の年降水量の推移をみると、年降水量の変動幅が年々増加²⁾しており、水害のみならず、渇水のポテンシャルも高まっている(図-1)。福岡市はこれまで福岡導水、海水淡水化、渇水対策用ダムの建設等の渇水対策を行い、生活用水の確保に努めてきたが、今後は対応できなくなる恐れがある。本研究では、福岡市城南区内に2012年4月に完成した雨水利用実験住宅における観測データをもとに、渇水時の雨水活用可能性と雨水を貯めることによる水害抑制効果、ブルーストック活用可能性の検討、各戸貯留における効果を定量的に把握するための基礎データを蓄積している。

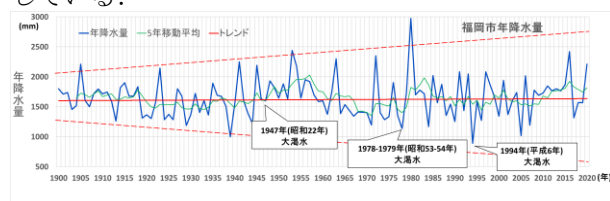


図-1 1900～2020年間の福岡市における年間降水量推移

2. 雨水利用実験住宅

雨水利用実験住宅は、屋根に降った雨水を全て貯留できるように設計されており、図-2は雨水利

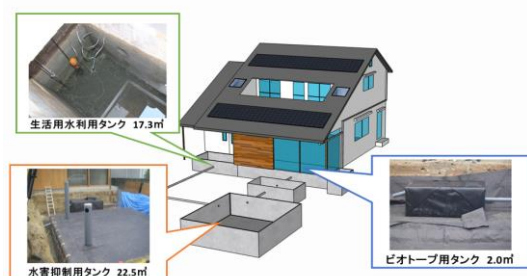


図-2 雨水利用実験住宅タンク配置図

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大きく三つに分かれている。一つ目は家の基礎を兼ねた容積17.3m³の生活用水利用タンクである。雨水は五槽になったタンク内をゆっくりと流れ、細かい汚泥を沈殿させる。この

タンクに貯留した雨水はトイレ・風呂・洗濯・庭への散水として利用している。降り始めの雨水は不純物を多く含んでいるため、タンク流入前に初期雨水除去装置によって塵埃や大気汚染物質はカットされる。二つ目は駐車場の下に埋設されている容積22.5m³の水害抑制用タンクである。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ようになっている。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ものであり、貯まった雨水はゆっくりと地下に浸透していく仕組みとなっている。三つ目のタンクは容積2m³のビオトープ用タンクであり、このタンクに貯まった雨水は庭のビオトープに用いられ、池や植栽を通じて、常に大気や大地に還される。オーバーフロー管や途中の桧は浸透式で少しずつ地中に水がかえり、桧からオーバーフローすると公共水道に排水される。

3. 研究目的

本研究では屋根に降った雨水を貯留することにより、雨水の活用実態を明らかにし、ブルーストック活用可能性を検討するために以下の項目について調査した。

- 1) 流入槽、取水槽、水害抑制用タンク内の水質分析を行い、雨水活用可能性を検討する
- 2) 総降雨量と雨水使用量・浸透量による雨水収支を求め、流出抑制効果を検証する。
- 3) 容積17.3m³の雨水タンクを設置した場合におけるシミュレーションを行い、雨水利用目的別流出抑制効果を検討する。

4. 研究方法

(1) 雨水活用

雨水利用実験住宅において月に1度取水槽、蛇口、水害抑制用タンクの採水を行い、実験室にて持ち帰ったサンプルの水質分析を行った。

(2) 雨水収支

降雨量の算出は、雨水利用実験住宅に設置された雨量計から屋根の取水面積(128.92m²)を乗じた値とする。使用量・浸透量の算出は、タンクそれぞれに設置された水位計からタンクの低下水位を求め、それに生活用水用タンクの底面積33.92m²、水害抑制用タンクの底面積26.65m²をそれぞれ乗じた値とした。それぞれの設置地点に応じて、雨量計・水位計は株式会社オサシ・テクノスの水位・雨量データ集録装置、HOBOS社製RG3-Mを用いた。

(3) 雨水利用目的別流出抑制効果

村川三郎氏らの手法³⁾を用いてシミュレーションの算出を行った。算定開始n日目の貯留槽の残量 t_n (m³)は次式となる。

$$t_n = t_{n-1} + S_f \cdot R_\alpha - W_d / 1000$$

ただし、 S_f ：雨水収集面積 (m²)

R_α ：n日目の降雨量 (mm)

W_d ：雨水利用可能量 (m³)

雨水収集面積は $S_f = 128.9 \text{ m}^2$ 、n日目の降雨量 R_α は気象庁の過去の降雨データ⁴⁾を利用し、2010年

～2020年の大きな渇水がみられなかった通常時の降雨量のデータを対象にした。雨水利用目的の項目をトイレ、トイレ・洗濯、トイレ・洗濯・風呂の3パターンとし、降水期(6月から9月)におけるそれぞれの満水率の推移を比較する。初期タンク容量は、雨水利用実験住宅観測データを基に最低満水率の値を限界貯水量に乗じて値を算出し、満水率はその日のタンク貯水量を雨水貯留タンクの容積で除して値を算出している。

5. 研究結果および考察

(1) 雨水活用

先行研究により、水道水質基準⁵⁾の50項目中アルミニウムとpH以外については基準を満たしていることが分かっている。アルミニウムに関しては屋根の材質によるものと考えられるが、トイレや洗濯への使用は問題ない。pHに関しては、タンクの材質がコンクリートであるため図-2 取水槽である蛇口のpHは高いが、低下傾向がみられる。また、流入槽である生活用水用タンクも低下傾向にある。最近でばらつきはあるが水道水の水質基準である5.8～8.6の間の8程度になることが多い。

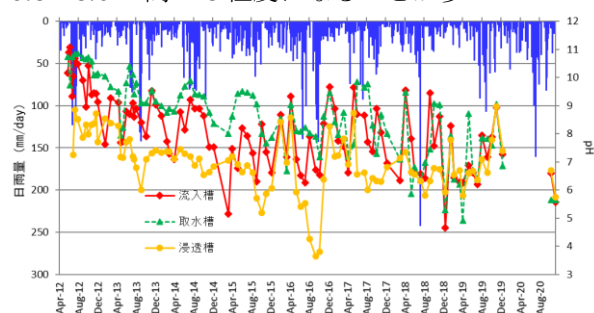


図-3 日雨量及び各貯留タンク内のpHの変化

表-1 大腸菌結果

	雨水 流入槽	雨水 取水槽	雨水 浸透槽
検査回数	54	54	54
検出回数(大腸菌群)	12	0	8
検出回数(大腸菌)	0	0	0
最大値(大腸菌群)	14	0	2

さらに、生活用水として利用する場合の影響を考慮し、大腸菌の検査を行った。その結果、表-1より、流入槽、浸透槽において大腸菌群が見られたが、大腸菌はみられなかった。これより、生活用水として使用するには問題ないことが分かった。

(2) 雨水収支

表-2に2012年6月から2020年12月までの総降雨量、雨水使用量・浸透量を示す。ただし、2016年8-9月、2020年10-12月の駐車場下浸透量、2020年7-8月の散水、ビオトープ使用量・駐車場下浸透量は水位計故障のためデータに含めない。

表-2 雨水利用実験住宅での観測結果に基づく雨水収支

年	2020年(1月～12月)	総計(2012年～2020年)
降雨量(m³)	254.6	1956.3
トイレ、洗濯、風呂	126.3	1025.1
散水、ビオトープ	22.5	193.5
月使用量全体(m³)	148.8	1218.6
駐車場下浸透(m³)	69.4	512.2
浸透槽	52.8	330.0
浸透量全体(m³)	122.2	842.3
使用量・浸透量全体(m³)	271.0	2060.9

総降雨量は、1956.3 m³、雨水使用量・浸透量 2060.9 m³(雨水使用量 1218.6 m³、浸透量 842.3 m³)となっている。現在貯まっている量と土壤からの浸透槽への流入などにより浸透量・使用量が降雨量に対して多いと考えられる。以上のことから流出抑制効果があることが実証された。

(3) 雨水利用目的別流出抑制効果

シミュレーションにより算出した2020年6-9月の満水率の推移を図-4に示す。この図から、特に降水量の多い日においては、雨水利用目的がトイレ、トイレ・洗濯の場合だと満水になりやすく、一度満水になると、降雨による流入量に雨水使用量が追いつかず、満水状態が数日間続いてしまうことがわかる。それに比べ、雨水利用目的がトイレ・洗濯・風呂の場合は一日の使用量が多いため、満水になっても比較的早期に満水率が低下しており、他の二つのパターンよりも満水になる日数が少ないことがわかる。従って、個人住宅においては、雨水をトイレに加えて洗濯、風呂にも利用することが流出抑制にもつながり、理想的であるといえる。

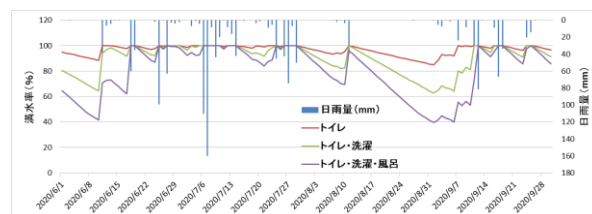


図-4 雨水貯留タンク満水率の推移(2020年6-9月)

6. まとめと今後の課題

本研究によって以下のことが明らかになった。

- 1) 雨水活用に関して、貯めた雨水は庭の散水だけでなく、トイレや洗濯、風呂に利用することは十分に可能である。また、将来的に災害時の飲み水としての利用も期待される。
- 2) わずかな流出はあるものの、降った雨を使用・浸透させることが十分にできており、流出抑制効果が発揮されている。
- 3) シミュレーションの結果から、個人住宅において雨水を利用する際は、トイレ・洗濯・風呂に利用することが最も流出抑制に効果があると確認された。また、飲み水への利用など、利用範囲が拡大すれば、より効果が発揮されると期待できる。

今後もモニタリングを続け、引き続き雨水収支の算出や水質の継続的な調査、多岐にわたる雨水活用を行う必要がある。

7. 参考文献

- 1) 総力戦で挑む防災・減災プロジェクト 主要施策 <https://www.mlit.go.jp/river/bousai/bousai-gensaihonbu/2kai/pdf/siryou03.pdf>
- 2) 日本の年降水量の推移 国土交通省: <http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/H17/gaiyou.pdf>
- 3) 村川三郎他: 沖縄離島における住宅の水利用環境に関する研究—雨水利用を中心として—, 日本建築学会計画論文報告集, 1986.No.368, pp.52-61
- 4) 福岡管区気象台 <https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/>
- 5) 水道水質基準 厚生労働省: <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html>