

渇水時における雨水利用実験住宅の水供給ポテンシャルの検証

福岡大学工学部 学生員○吉武瑠偉 正会員 渡辺亮一・浜田晃規
福岡大学産学官連携研究所水循環・生態系再生研究所 研究員 角銅久美子・山下輝和

1. はじめに

近年、日本では異常気象による影響が増加している。具体例の1つとして地球温暖化が挙げられ、その影響は顕著に表れている。異常少雨の増加に伴う渇水、局地的・突発的集中豪雨に伴う水害などがある。それは日本の年降水量の推移においても表れており、年降水量の変移幅が年々増大している¹⁾ため渇水と水害のポテンシャルが高まっている。流域対策として、都市部ではグリーンインフラの導入がはじまっている。グリーンインフラとは、社会資本整備や土地利用等のハード・ソフト両面において、自然環境が有する多様な機能を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進めるもの²⁾。また、福岡市には大きな河川が無く、水源に乏しいため、他の大都市と比べ渇水が起きやすく、過去に2度の大渇水を経験した。そこで、「100mm/h 安心プラン」³⁾や「雨水利用推進法」⁴⁾が施行され、雨水利用がこれまでの「任意」から「義務」へと変わった。福岡市樋井川流域では、雨水利用を推進し水資源として雨水を活用することで、局所的短時間集中豪雨による内水氾濫などの都市型水害を抑制する「あまみず社会」の形成⁵⁾を目標としている。

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、個人住宅における雨水活用実態と渇水時における水ポテンシャルを検証するとともに、流域治水を達成するための各戸貯留によ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。

2. 雨水利用実験住宅

雨水利用実験住宅は都市型水害抑制のために、屋根に降った雨水を全て貯留できるように設計されている。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17.3 m³の生活用水利用タンクである。雨水は六槽からなる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取水槽よりトイレ・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22.5 m³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2 m³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柵は浸透式で少しずつ地中に水がかえり、柵からオーバーフロー

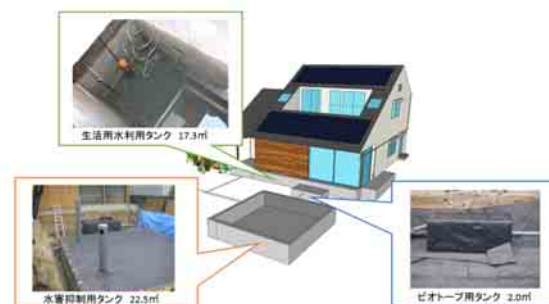


図-1 雨水利用実験住宅タンク配置図

すると公共下水道に排水される。

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、水害抑制効果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、蛇口、水害抑制用タンク内の水質分析を行い、雨水活用実態を明らかにする
- 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) 渇水・災害時におけるの雨水利用実験住宅の水ポテンシャルを図る。

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てサンプルの水質分析を行った。

(2) 雨水収支

降雨量の算出として、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(128.92 m²)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33.92 m²、水害抑制用タンクの底面積26.65 m²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、HOB O社製RG3-Mを用いた。

(3) 利用可能量

村川三郎氏らの手法⁶⁾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⁷⁾を利用し、1978年、1994年の渇水時とそれぞれの前後1年、2010年～2017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。貯留槽の残量 t_n が最小の時の雨水利用可能量を算出する。初期タンク容量は、雨水利用実験住宅観測データを基に、

観測を始めてからこれまでの期間での最低満水率の値を限界貯水量に乗じて値を算出した。

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⁸⁾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。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より初期雨水に比べて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、最近では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。

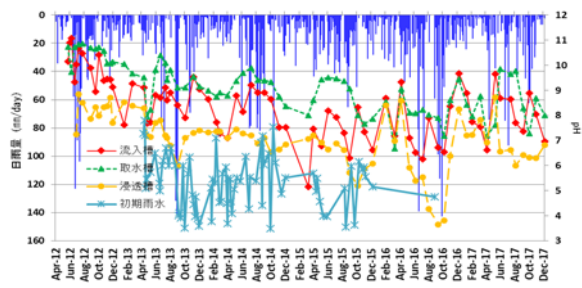


図-2 日雨量および各貯留タンク内のpHの経時変化

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。

表-1 大腸菌結果

2017年	初期雨水	雨水 流入槽	雨水 浸透槽	雨水取水槽
検査回数	0	12	12	12
検出回数(大腸菌群)	0	1	0	0
検出回数(大腸菌)	0	0	0	0
最大値(大腸菌群)	0	1	0	0
最大値(大腸菌)	0	0	0	0

(2) 雨水収支

表-2に2012年6月から2017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月、9月は水位計故障のためデータに含めない。総降雨量は、1227.3 m³、雨水使用量・浸透量 1279.6 m³ (雨水使用量 756.6 m³、浸透量 523.1 m³)となっている。現在貯まっている量と土壌からの浸透枳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。ただし2016年に五度、浸透ますからオーバーフローした雨水が下水管へ流れた。この時流出した水量を水理特性曲線を用いて推定すると、いずれも1トン未満であった。これより流出抑制効果があることが実証された。

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	2017年(1月~12月)	総計(2012年~2017年)
降雨量(m ³)	179.4	1227.3
トイレ、洗濯	118.2	630.2
散水、ピオトープ	9.8	126.4
使用量全体(m ³)	128.1	756.6
駐車場下浸透	47.1	337.8
浸透枳	25.7	185.2
浸透量全体(m ³)	72.9	523.1
使用量・浸透量全体(m ³)	201.0	1279.6

(3) 利用可能量

シミュレーションにより利用可能量を算出した結果を表-3に示す。2010年~2017年の通常時が403L、1977~1979年と1993年~1995年の渇水時

表-3 雨水利用可能算出結果

	(通常時)	(渇水時)	
項目	設定値	設定値	単位
屋根面積:Sf	128.9	128.9	m ²
限界貯水量:Ta	17.3	17.3	m ³
初期タンク容量	3.37	3.37	m ³
最小貯水量:tn	0.07	0.01	m ³
雨水利用可能量:Wd	403	231	L

が231Lとなった。渇水時と通常時では一日あたり172Lの差はあるものの、4人家族においては通常時に一人一日100.8L、渇水時に57.8Lの雨水を利用することができる。図-3で示すように雨水利用実験住宅では、通常時に一人一日約96L、渇水時の場合は風呂の使用量を二日に一回、洗濯の使用量を三日に一回にすることで一人一日約56L使用しており、シミュレーション結果の100.8L、57.8L未満にそれぞれなることから、渇水時でも生活用水として十分に利用可能であることが実証された。

雨水使用用途(通常時)
一人一日約96リットル

雨水使用用途(渇水時)
一人一日約56リットル

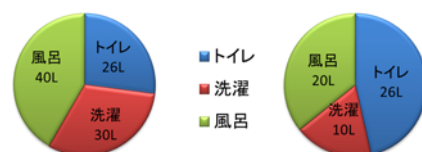


図-3 雨水使用用途内訳

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る。
- 3) シミュレーションの結果から、渇水時においても生活用水として十分に利用可能であり、給水制限によって水道水があまり使用できない場合でも雨水で対応することができる。

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。そして、福岡市樋井川流域において「あまみず社会」の構築を目標とする。

7. 参考文献

- 1) 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>
- 2) グリーンインフラとは 国土交通省：
<http://www.mlit.go.jp/common/001179745.pdf>
- 3) 100mm/h 安心プラン 国土交通省：
<http://www.mlit.go.jp/river/kasen/main/100mm/>
- 4) 官報:平成26年4月25日付(号外 第93号), p.13
- 5) あまみず社会ホームページ,
<http://amamizushakai.wix.com/amamizu>
- 6) 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
- 7) 国土交通省 気象庁 Japan Meteorological Agency
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 8) 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>