貯留雨水の生活用水としての活用可能性
- 雨水活用量評価と費用対効果 -

福岡大学工学部　学生員○吉岡拓海　正会員　渡辺亮一・浜田晃規
九州大学大学院　フェロー会員　島谷幸宏

1. はじめに

福岡市は自前の水資源が少なく，これまでも昭和53年と平成6年に当時全国で最長となるような長期的な給水制限を伴う渇水が発生した経験を有している．その一方で，H11年とH15年には博多駅をはじめとした福岡市の中心部において内水氾濫被害が発生し都市機能が麻痺，H21年には福岡市の中心部で大規模な浸水被害が発生している．このように福岡市は都市化の進行に伴う内水氾濫と渇水という二律背反した問題点を有している大都市である．この解決策として，福岡市は中心部（天神博多駅周辺）においては大規模な地下雨水貯留施設を建設し，H11・15年の降雨に対応したオフサイト型の対策を実施している．しかしながら，近年の線状降水帯に伴う局所的短時間集中豪雨に対する対策としては十分でなく，今後の降雨形態の変化に伴う雨水流出抑制を行ってく上には全市的な対策が必要となってくると考えられる．我々の研究チームは，雨水流出抑制を達成するために，比較的小規模なオンサイト型施設による対策を検討している．この対策の利点としては，雨水を貯留し，貯留水をトイレ等の生活用水に活用することができ，日常の水資源の節約や災害時・渇水時の緊急用水としても活用することが期待されている点が挙げられる．

2. 研究目的

本研究ではこれまでに福岡市で渇水が発生した1994年とその前後1年の計3年間を渇水年，2010～2020年を通常年として，雨水タンク内の貯留水をどの程度利用可能であるかをシミュレーションし，その貯留・節水効果を明らかにする．また，H21年7月24日の中国・九州北部豪雨による樋井川流域での被害額を算出し，被害額と雨水タンクの設置費用を比較することで，雨水タンクの設置による費用効果を検討する．

3. 研究手法

実験の対象は2010年に福岡県・NPO・福岡大学の協力により設置された城南区の200,750,1000Lタンク（**写真1**参照）である．また，750Lと1000Lタンクは同じ住宅に設置されているため，連結したときの1750Lも研究の対象とした．さらに仮想ではあるが1000Lタンクを6個連結したときの6000Lも研究の対象に加えた．200,750,1000Lタンクは，実際に設置してある家の屋根面積を用いており，屋根の勾配を考慮して降った雨がタンクに流入してきている面積を屋根面積としている．

写真1　実験住宅・1000L・200L・750Lタンク

4. シミュレーション方法

算定開始n日目のタンク貯水量の残量t_n（㎥）は

$$t_n = t_{n-1} + S_f \times R_a/1000 - W_d/1000$$

表1　各タンクの雨水利用可能量

タンク種類	200Lタンク		750Lタンク		1000Lタンク		1000L+750Lタンク		6000Lタンク		
状況	（通常時）	（渇水時）	（通常時）	（渇水時）	（通常時）	（渇水時）	（通常時）	（渇水時）	（通常時）	（渇水時）	
項目	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	設定値	単位
屋根面積：Sf	26.34	26.34	38.97	38.97	38.97	38.97	77.94	77.94	155.88	155.88	㎡
限界貯水量：Ta	0.20	0.20	0.75	0.75	1.0	1.0	1.75	1.75	6.00	6.00	㎥
初期タンク容量	0.13	0.13	0.53	0.53	0.68	0.68	1.21	1.21	3.00	3.00	㎥
最低満水率	3.0	7.2	2.2	3.7	1.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.7	%
平均満水率	86.8	86.4	86.1	82.4	85.0	79.3	85.3	80.5	82.2	74.4	%
平均貯水量	0.17	0.17	0.65	0.61	0.85	0.79	1.49	1.41	4.93	4.46	㎥
最小貯水量：tn	0.006	0.014	0.017	0	0.017	0.002	0.002	0.001	0.005	0.040	㎥
雨水利用可能量：Wd	10	8	31	30	39	39	71	69	220	213	L
最小貯水量の日付	2011/2/7	1994/7/24	2012/1/17	1994/7/25	2012/1/17	1994/7/25	2012/1/17	1994/7/25	2012/1/17	1994/8/26	

で求められる[1]．
ここで，S_f：雨水収集屋根面積（㎡）
R_a：ｎ日目の降雨量（㎜）
W_d：一日の雨水利用可能量（L）
シミュレーション対象期間中をとおしてt_n＞0 の場合は，さらにW_dを増加させて，タンクの貯水量の残量t_n＜0 にならない最大のW_dの値をそのタンクの１日の雨水利用可能量とする．

5. シミュレーション結果

表１に各雨水貯留タンクに関するシミュレーション結果を示している．200L タンクの平常時の利用可能量は 10L で渇水時の利用可能量は 8L，750L タンクの平常時の利用可能量は 31L，渇水時の利用可能量は 30L，1000L タンクの平常時の利用可能量は 39L，渇水時の利用可能量は 39L，1750L タンクの平常時は 71L，渇水時の利用可能量は 69L，6000L タンクの平常時の利用可能量は 220L，渇水時の利用可能量は 213L であった．

6. 考察

6000L タンクと 1750L タンクでは渇水時と平常時で一日の利用可能量に多少差が出たが，渇水時においても 6000L タンクは 4 人家族で 1 人 1 日 53.3L 利用可能であり，1750L では 2 人家族 1 人 1 日 34.5L 利用可能であり，渇水時でも十分に生活用水として活用可能であることが分かった．

1000,750,200L タンクでは渇水時と平常時で 1 日当たりの利用可能量は 1～2L しか差がないことが分かった．これはタンクの容量が少ない場合，渇水時においても平常時においても活用できる雨水が少ないということを示している．ただし，トイレ用水として雨水を活用する際には，1 人 1 日 30L 程度は必要になるため，タンクの容量としては 750L 以上が必要であることが分かった．

費用対効果に関しては，2009 年 7 月の豪雨直後に被災住民へのヒアリングおよび浸水痕調査を実施して得た樋井川流域における浸水実績図[2]と下水道事業における費用対効果マニュアル案[3]をもとに樋井川流域での被害額を算出した．ゼンリン住宅地図に浸水図を記入し個人住宅・アパートマンション・事業所に分け，マニュアルに沿って算出した被害額は約 202 億円となった．

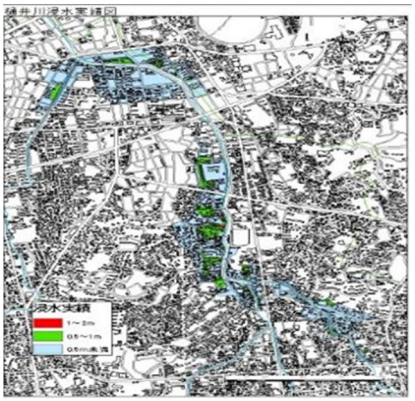

図２　樋井川浸水実績図

雨水タンクの価格は市場の雨水タンクの容量とその価格を調査し（サンプル数 53）回帰分析により導出した．

$$C(x)=105255x$$

C：雨水タンクの価格（円） x：タンク容量（㎥）
上記の式より 42 ㎥のタンクの価格は約 442 万円．

助成額
①有効貯水量１㎥当り 5 万円＝210 万円
②設置工事費×2/3＝294 万円

愛媛県松山市の助成金を考慮し 210 万円の助成が得られると考えた場合 202 億円で約 8706 軒の雨水タンク設置可能であり，総貯留量は 365652 ㎥となった．

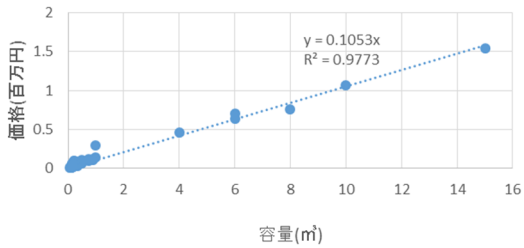

図３　タンク容量と価格の関係

雨水整備レインボープラン博多の工事費が 353 億円で貯留量約 60000 ㎥．1 ㎥貯留するのに約 59 万円かかる．雨水整備レインボープラン天神第一期工事費が 139 億円で貯留量約 20000 ㎥．1 ㎥貯留するのに約 70 万円かかる．助成金を考慮しない雨水タンクでは 1 ㎥貯留するのに約 10 万 5 千円であり，助成金を考慮した雨水タンクの場合では 1 ㎥貯留するのに約 5 万 5 千円となる．このことから，流域治水的な対策を考える場合，雨水タンクを普及させた方がより安価に雨水を貯留することができ，洪水・渇水対策につながると考えられる．

今後は，氾濫解析ソフト等の解析結果をもとに雨水タンク設置による浸水被害軽減額を算出し費用対効果 B/C を求めることを課題とする．

この研究の一部は JST-RISTEX（研究代表者：島谷幸宏）による助成で行われた研究である．ここに記して謝意を表する．

参考文献

1）村川三郎，森田大，三輪信哉他：沖縄離島における住宅の水利用環境に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，1986．10．第 368 号，pp．52-61
2）野田辰浩：校区内水ハザードマップ作成に伴うソフト対策支援　福岡大学水圏システム研究室卒業論文,2011．pp．20-21
3）㈱NJS　下水道事業における費用対効果マニュアル（案）2006．11