雨水利用実験住宅による都市型水害抑制効果の実証的研究

渡辺　亮一[1]・伊豫岡　宏樹[2]・山崎　惟義[3]・皆川　朋子[4]
・山下　輝和[5]・角銅　久美子[6]

[1]正会員　福岡大学准教授　工学部社会デザイン工学科（〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1）
E-mail:wata@fukuoka-u.ac.jp

[2]正会員　福岡大学助手　工学部社会デザイン工学科（〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1）

[3]正会員　福岡大学教授　工学部社会デザイン工学科（〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8-19-1）

[4]正会員　熊本大学准教授　工学部社会環境工学科（〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号）
[5]非会員　NPO南畑ダム貯水する会　理事長　（〒814-0153福岡市城南区樋井川5丁目34番2号）
[6]非会員　NPO南畑ダム貯水する会　副理事長（〒814-0153福岡市城南区樋井川5丁目34番2号）

福岡市では，2009年7月には樋井川で外水・内水氾濫が発生し周辺住民500戸以上が浸水被害を受けた．浸水対策としては，都市内に短時間で流入する雨水を一時的に貯留する場を設け，河川に流入する雨水量を制御する対策が有効であると考えられる．しかし，昨今の財政状況や環境問題などを考慮すると，洪水対策のためだけに遊水地や防災調整池のような新しい施設を整備することは難しい．そこで，これらの水害対策に加え，個人の戸建住宅で敷地内の降雨をそのまま下水道に排出せず，一時貯留し時間差放流する，あるいは地中に浸透させることで，流出抑制を試みる取り組みが福岡市で行われている．

2012年4月福岡市に，個人住宅としては世界最大規模となる約42ｔの雨水貯留タンクを地下に埋設した雨水利用実験住宅が完成した．本研究では，大型の地下雨水貯留槽を有するこの雨水利用実験住宅をモデルとして，個人住宅での流出抑制効果を検証することを目的としている．

Key Words : *Rainwater harvesting, experimental house; urban flood; rainwater storage tank; heavy rains*

1. はじめに

近年，我が国では集中豪雨による浸水被害が頻発している．福岡市では，2001年以降の観測記録（**図-1**：2001年から2009年までは福岡県柏原観測所データ・2010年以降は福岡市立堤小学校屋上のデータ）からも短時間に局所的に強度の強い降雨が発生する頻度は高くなっており，2009年7月には樋井川で外水・内水氾濫が発生し周辺住民500戸以上が浸水被害を受けた．都市部では大部分が住宅やコンクリート・アスファルトに覆われており，貯留・浸透機能が減少し，局地的豪雨の際には，地域の排水処理能力を超える大量の降雨が短時間で河川に流入することが都市型水害の原因となると指摘されている[1)]．浸水対策としては，都市内に短時間で流入する雨水を一時的に貯留する場を設け，河川に流入する雨水量を制御する対策が有効であると考えられる．しかし，昨今の財政状況や環境問題などを考慮すると，洪水対策のためだけに遊水地や防災調整池のような新しい施設を整備することは難しい．そこで，これらの水害対策に加え，個人の戸建住宅で敷地内の降雨をそのまま下水道に排出せず，一時貯留し時間差放流する，あるいは地中に浸透させることで，流出抑制を試みる取り組みが行われている．

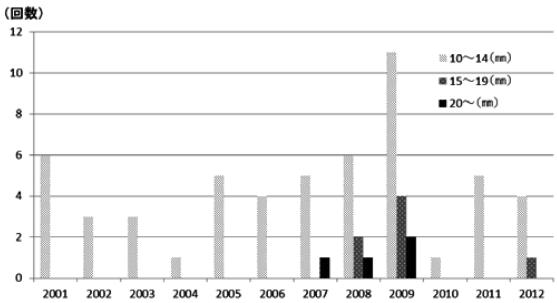

図-1。福岡市樋井川流域内での 10 分間降雨量観測記録（注：2012 年は 8 月 15 日までのデータを対象にしている）。

2. 研究の背景および目的

(1) 200リットル雨水タンクによる水害抑制。

2010年より，福岡市の樋井川流域では2009年7月の豪雨による浸水被害が発生したことを機に，福岡県・NPO・福岡大学等の協力により，200ℓの雨水貯留タンク106基を無料で個人住宅に設置し，雨水流出抑制を図る取り組みがおこなわれている（**図-2・写真-1**参照）．この取組は，流域住民へ流域治水[2]を達成することで，都市型水害を防ぐ理論を理解してもらうために，無料でモニター約100名に提供し，調査研究を行なっている．この調査結果より，200ℓの雨水貯留タンクにより，水害に対する備えなど防災面での意識の向上は確認できた[2]が，本当に水害を防止するには，容量的にはほとんど効果が

図-2。雨水貯留タンクの設置箇所

写真-1
雨水貯留タンク

見込めず，また大雨洪水警報時には，タンクを空にしてもらう操作をモニターに対して依頼したが，実際に警報時にタンクを空にするモニターはごく僅かであることが分かってきた．この普及活動は，流域治水を樋井川流域で達成する理解を補助する目的としては大きな効果を挙げたが，実際の流出抑制効果を発揮するまでには至らなかった．

写真-2。2012年4月に完成した雨水利用実験住宅。

(2) 雨水利用実験住宅による水害抑制

2012年4月，樋井川流域の田島地区に，個人住宅としては世界最大規模となる42ｔの雨水貯留タンクを地下に埋設した雨水利用実験住宅が完成した（**写真-2**参照）．この雨水利用実験住宅の最大の目的は，都市型水害抑制を達成するところにあり，これまでの雨水利用住宅がどちらかと言えば，雨水利用に関して積極的に研究が行われていたが，今回研究の対象としている住宅は，計画当初から雨水利用も考えているが，それ以上に都市型水害抑制効果を発揮することを目的として建設された．本研究では，大型の地下雨水貯留槽を有する雨水利用実験住宅をモデルとして，個人住宅での流出抑制効果を検証することを目的としている．

表-1。各タンクの流出量低減率。

タンクの容量	住宅でのタンク設置割合（%）	設置件数	貯水容量（t）	流出量低減率			
				70mm/h	80mm/h	90mm/h	100mm/h
200ℓ	10%	102	20	0.6%	0.3%	0.2%	0.1%
	20%	203	41	1.2%	0.6%	0.4%	0.3%
	40%	406	81	2.3%	1.2%	0.8%	0.6%
	100%	1,016	203	5.8%	2.9%	1.9%	1.5%
6t	10%	102	610	17%	9%	6%	4%
	20%	203	1,219	35%	17%	12%	9%
	40%	406	2,438	70%	35%	23%	17%
	100%	1,016	6,096	100%	87%	58%	44%
16t	10%	102	1,626	46%	23%	15%	12%
	20%	203	3,251	93%	46%	31%	23%
	40%	406	6,502	100%	93%	62%	46%
	100%	1,016	16,256	100%	100%	100%	100%
32t	10%	102	3,251	93%	46%	31%	23%
	20%	203	6,502	100%	93%	62%	46%
	40%	406	13,005	100%	100%	100%	93%
	100%	1,016	32,512	100%	100%	100%	100%

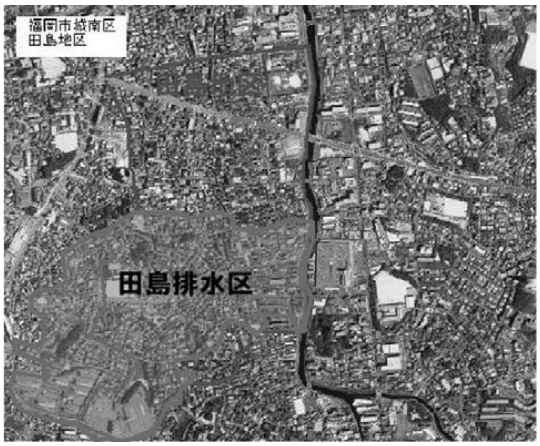

図-3。樋井川流域　田島排水区（雨水管）の概要
（この排水区内に 1016 軒の個人住宅がある）。

3. 雨水流出抑制効果の試算結果

(1) 対象区域内での雨水貯留施設設置効果の試算。

表-1は，200L～32tまでの雨水貯留タンクを田島排水区内の何割の住宅に設置すれば，どの程度の流出量が削減されるかを示している．この表から，樋井川流域の田島地区（**図-3**参照：個人住宅件数1016件）において，各容量の雨水貯留タンクを4段階の割合で設置した場合，60㎜/h（福岡市は59.1㎜/hの降雨に対応できるよう整備を進めている[3]）以上の降雨の際に，排水管から溢れた水量を時間70～100㎜の降雨強度において何割程度削減できるかを，流出量低減率として試算した結果である．自治体によっては，雨水浸透枡などが全体の4割程度まで普及しているところもあるとされていることから[4]，普及率40%を現実的な目標設置件数としてみると，200ℓの雨水貯留タンクでは，100%の個人住宅に普及できたとしても，流出抑制効果が数%と極めて小さいことが分かる．しかし，32tの雨水貯留タンクを40%普及させれば，流出抑制は十分に達成されることがわかる．今後，個人住宅に水害抑制を目的として雨水貯留タンクを設置するにあたっては，容量の大きな雨水貯留タンクを普及させる必要があるとともに，流出抑制効果を高めるために，タンク内は常に満水にならないよう，貯留水を生活用水として利用することが重要となってくることが分かってきた．

(2) 32tタイプを実用化した場合の効果の検証

2012年4月に完成した雨水利用実験住宅において，住宅基礎部分兼用 17.3ｔの雨水貯留タンクと，駐車場下部 24.5ｔの浸透型雨水貯留タンクを合わせて41.8ｔの雨水貯留施設が設置されることを考慮して32トン貯留タンク設置モデルケースと，住宅基礎部分兼用 16ｔの雨水貯留タンクのみ設置のケース，日本建築学会が推奨する6tの雨水貯留タンク設置ケース[4] の三つのケースを想定することにした．ただし，32ｔの雨水貯留タンクにおいて，駐車場下に設置する16ｔタンク分は浸透となっていることを考慮し，16ｔ浸透槽の底面積が20m^2，浸透速度が10^{-4}㎝/sと設定し，貯留された雨水は1日当たり1.73ｔほど地中に浸透するものと仮定した．

雨水利用実験住宅において，試算の段階においては屋根面積は100m^2と設定した．ただし，32tケースの駐車場下浸透型貯留タンクについては，雨水貯留タンクの集水面積以外に降った雨が全て流入すると仮定し、雨水利用実験住宅の敷地面積である約300m^2から雨水貯留タンクの集水面積を引いた200m^2と仮定して計算を行った．また，試算において，集水面積に降った雨は全てタンクへ流入するものとしている．

家庭での水の使われ方は28%がトイレ，24%が風呂，23%が炊事，16%が洗濯，9%が洗顔・その他であるとされている[5]．本研究においては洗顔・その他の1/2である4.5%を掃除・洗車への理用と仮定し，トイレの28%と合わせた48.5%を最大雨水使用率とし，貯留タンクの満水率を算出した．また，1人が1日に使用する水量は約0.2ｔであり[2]，4人家族では1日約0.8ｔの水道水が必要とすると，雨水使用割合が48.5%では，その内の0.39ｔが1日の雨水使用量となる．

貯留タンク満水率は，前日までの貯水量に，その日

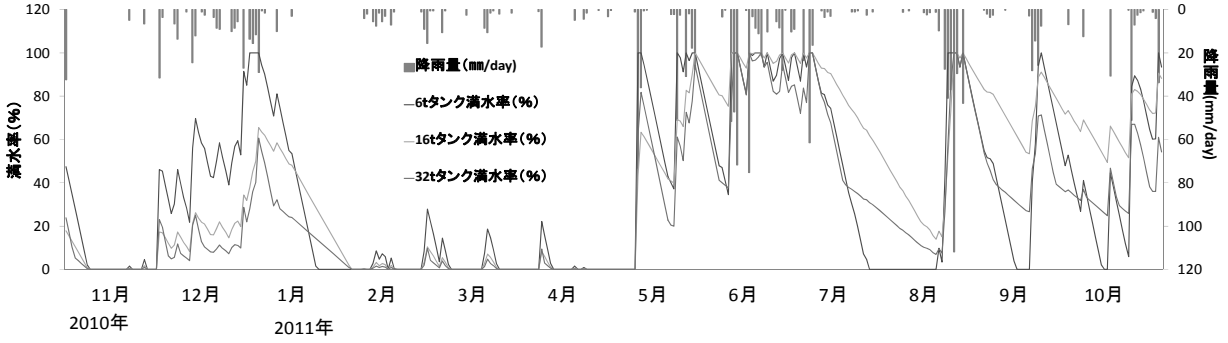

図-4。雨水貯留タンク満水率の経時変化（2010 年 11 月～2011 年 10 月観測データ使用）。

図-5。2012 年 4 月に完成した雨水利用実験住宅平面図（右の灰色の部分が地下貯留タンクである．【家の基礎兼貯留タンク（コンクリート製）の有効容積 17.3t，庭下の地下貯留タンク（合成樹脂製：アクアブリック・タキロン製）の有効容積 22.5t】。

の雨水流入量を加え，その量から生活用水として使用される雨水使用量を引いた貯水量を，雨水貯留タンクの容量で割った値と設定している．ただし，32ｔの雨水貯留タンクにおいては，16ｔの雨水貯留タンクの貯水量と，16ｔの浸透型貯留タンクの貯水量を足し，32ｔの容量で割った値としている．

図-4は，雨水貯留を2010年11月から開始し，2011年10月まで，それぞれのケースについて雨水使用量を考慮した場合の貯留タンク満水率を算定した結果を表している．この図から，最も降雨量の多い6月において，6ｔ・16ｔタンクケースでは，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付かず，満水状態が数日続くため，流出抑制効果が小さくなるということが分かる．しかし，32tのケースでは，16ｔ浸透型貯留タンクによる効果が表れており，他の二つのケースよりも貯留タンクが満水となる日数が少ないことが分かる．このことから，個人住宅において，最も雨量の多い時期の流出抑制効果を考えると，16ｔの雨水貯留タンクに加え，16ｔの浸透型貯留タンクを合わせて設置することが，流出抑制効果を高めより理想的であると言える．また，2011年8月23日前後には，この期間内で最も強い降雨を観測しており，2,3日継続して集中的に雨が降る場合では，6ｔ貯留タンクでは，一番強度の強い降雨が発生する前に，既に貯留タンクが満水状態になっているため，流出抑制効果がほとんど期待できないことがわかる．しかし，6tより大きな16・32ｔ貯留タンクでは一番強度の強い降雨がある前でも，タンクは満水となっておらず，ある程度の流出抑制効果が発揮されることがわかった．

4. 雨水利用実験住宅での実証結果

(1) 雨水利用実験住宅の概略

図-5に完成した雨水利用実験住宅の平面図を示している．この家の特徴は，その主目的の一番目に都市型水害抑制を掲げている点である．そのため、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，一つ目は、家の基礎を兼ねたコンクリート製の貯留タンク（**写真-3**）である．このタンクの有効容積は約17.3トンほどであり，

写真-3。基礎を兼用したコンクリート製の地下貯留タンク。

表-2 水道水使用量の変化（一般的な集合住宅と雨水利用実験住宅での使用量）

	上水道料金（円）	下水道使用料（円）	使用水量(m³)	1日当たりの水道水利用量(m³)	1人1日水道水利用量(リットル)
2010年7月20日～9月17日	8,191	6,442	47	0.783	196
2010年9月17日～11月17日	8,701	6,837	49	0.803	201
2011年1月19日～3月17日	7,425	5,850	44	0.746	186
2011年3月17日～5月18日	8,446	6,640	48	0.762	190
2011年5月18日～7月19日	8,956	7,035	50	0.794	198
2011年7月19日～9月17日	6,405	5,061	40	0.667	167
2011年9月17日～11月17日	7,425	5,850	44	0.721	180
2011年11月17～1月18日	7,425	5,850	44	0.710	177
2012年1月18日～3月19日	7,425	5,850	44	0.733	183
これ以降、雨水ハウス					
2012年5月18日～6月5日	1,027	615	8	0.421	105
2012年6月5日～8月3日	4,940	3,642	31	0.525	131

このタンクに貯留した水を庭への散水・トイレの洗浄水・洗濯用の水として利用しながら，大雨の時には雨水を貯留することを狙っている． 2012年5月15日以降に実測した使用量によれば，一日当たり4人家族で最大で525リットル，最小で420リットルほど水道水を使っており，1人1日最大で131リットル，最小で105リットルとなった．計測したところ，トイレに約3.3m³ほど雨水を使い、庭の散水とビオトープに4m³程度使っている結果となった．水道水と雨水を合わせたトータルの使用量は，28日間で約23.4m³で、1人1日209リットルとなり， 4人家族で1日あたり60～70リットル程度の節水量となることがわかった．**表-2**は，一般的な集合住宅と雨水ハ ウスでの水道水使用量の変化（住人は全く同じ）を示している．この表から，2010・11年と2012年の上水道使用料金を比較すると2ヶ月で約2,500～4,000円程度節水していることがわかり，一年間で約15,000～20,000円程度水道代が安くなると推定された．

二つ目の地下貯留タンク（**写真-4**）は，水害抑制用のタンクで，有効容積は約22.5 m³で，家の基礎兼地下タンクが満水になると，オーバーフローした雨水が流入し始める構造になっている．タンクの側面部分は地下へと浸透させる構造になっているため，一時的に雨水を貯留しておくことは可能であるが，基本的に流入した雨水を地下浸透させることがこのタンクの目的である．水害防止用タンクの主目的は，ゲリラ豪雨対策であり，2012年8月20日の段階で，雨水利用実験住宅の屋根部分に降った雨は，まだ一度も雨水管（下水）は流出させていない．基本的に設計上は，水害抑制用のタンクには，連続して130mmを超える降雨があれば，雨水が流入し， 321mmを超える降雨が発生した場合に満水となる設計である．三つ目のタンクは，ビオトープ用のタンクで，その有効容積は約2 m³である．このタンクの水はビオトープの循環用の雨水で，大雨時にはこのタンクにも雨水を貯留することが可能である．

。

写真-4 庭下の防災用地下貯留タンク
（アクアブリック：タキロン（株）提供）。

⑵ 2012年4月～8月までの観測結果

図-6は、2012年4月~8月までの10分間降雨量および地下貯留タンク内の水位を示している．この図から，2012年7月に発生した九州北部豪雨前後（図中の7月15日前後）において，家下・庭下の地下貯留タンクがほぼ満水になっていることがわかる．福岡市内でも7月15日前後に一番集中して雨が降っており，1日で150ミリ前後の降雨量を記録している．これまでの観測結果では，今回の程度の豪雨であれば全て貯留することができており，当初の目的は達成されていると考えられる．また、庭下の地下雨水貯留タンク内に一時的に貯留された雨水は，1日に約800リットル程度の割合で地下浸透していることがわかる（**図-6中**）．この地下浸透速度は，雨が継続してもほとんど変化がなく，地下浸透によって次の降雨までにかなりの貯留スペースを作り出せることがわかる．

5. 今後の課題

都市型水害抑制を目的として福岡市内に建設された雨水利用実験住宅は，今年の4月から実証研究を開始しており，今後，様々なデータを計測し，公開していくことで，少しでも都市型水害抑制に寄与することを願っている．また，今後は得られたデータを解析し，最適なサイズのタンクなどを明らかにしていく．

謝辞：雨水利用実験住宅が完成するまでには，福岡大学工学部社会デザイン工学科水圏・流域システム研究室の学生諸氏の貢献が大きかったことを，ここに記して感謝いたします．

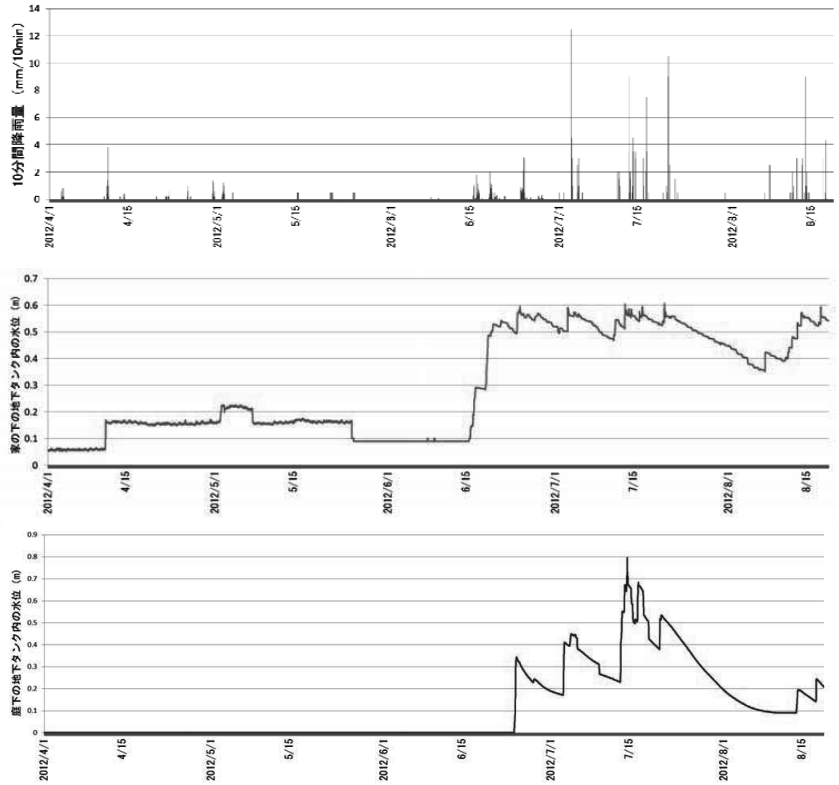

図-6。 地下貯留タンク内の水位変化

（上：10 分間降雨量，中：家の基礎兼地下タンク内，下：庭下地下タンク内）

参考文献

1) 川崎昭如，目黒公郎：災害リスク軽減と都市環境の改善に向けた住宅への雨水貯留槽の設置可能性に関する基礎研究，生産研究 63, 451，2011.
2) 治水・環境のための流域治水をいかに進めるか？；島谷幸宏，山下三平，渡辺亮一，山下輝和，角銅久美子，河川技術論文集，第 16 巻，17-22，2010.
3) 福岡市ホームページ：http://www.city.fukuoka.lg.jp/
4) 日本建築学会編：雨の建築術，技報堂出版，p85，2005.
5) 東京都水道局水の上手な使い方：2011 http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/customer/life/g_jouzu.html

（2012. 7. 18 受付）

RAINWATER HARVESTING HOUSE CONSTRUCTION TO STORE HEAVY RAINWATER FOR IMPROVING URBAN FLOOD

Ryoichi WATANABE, Hiroki IYOOKA, Koreyoshi YAMASAKI, Tomoko MINAGAWA, Terukazu YAMASHITA and Kumiko KAKUDOU

In Fukuoka city there were three severe floods during only latest one decade. Due to the present frequent urban floods, Fukuoka prefecture is undertaking or planning various measures to prevent these floods such as riverbed dredging, constricting flood protection structures and providing retention basins. However these measures are aiming to prevent experienced floods during several decades, as the local heavy rains are increasing these days, additional flood preventing methods are needed. Rainwater harvesting offers a solution to deal with both urban water scarcity and urban flooding. Rainwater Harvesting Experimental House was constructed with the primary purpose which controls the urban flood damage by heavy rains, and the second objective of this house is securing water resources. This rainwater harvesting experimental house was completed in April 2012. The goal of this house is one of the key measures to control flood and inhibit water resources shortage problem in Fukuoka City.