

GX 社会実現に向けた都市における雨水活用の検討

福岡大学工学部 学生員○加藤祐樹 正会員 渡辺亮一・浜田晃規

1. はじめに

2020年10月に第203回臨時国会の所信表明演説において、菅義偉内閣総理大臣は「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言した。この宣言を機に日本でもグリーントランスフォーメーション (Green Transformation:GX) という言葉が注目された。温室効果ガスの排出源である化石燃料から再生可能エネルギーへの転換に向け、社会経済を変革させるといった概念である。その達成には、二酸化炭素(以下 CO₂ と称す)をはじめとした温室効果ガスの排出量の削減・吸収作用の保全及び強化を必要とする。

そこで着目したのが雨水活用¹⁾である。雨水活用を行うメリットとして、①水資源の確保、②水道料金の削減、③都市型洪水の緩和(ゲリラ豪雨対策)、④上水道代替による環境負荷削減などが挙げられる。「雨水の利用の推進に関する法律」²⁾が2014年5月に施行され、これから雨水利用が増加されることが予想される。水道料金の値上げは各地で実施されている。また、地球温暖化を迎える社会では雨水活用による環境負荷低減効果についての検証は非常に重要である³⁾。本研究では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、雨水活用による水害抑制効果、削減される水道料金、環境負荷量を定量的に算出する。

2. 雨水利用実験住宅

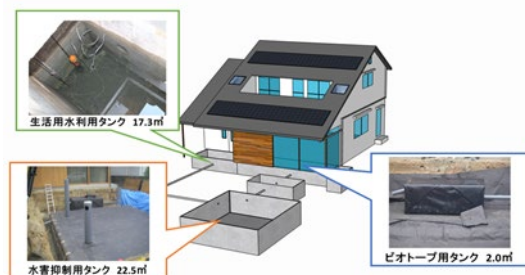


図-1 雨水利用実験住宅タンク配置図

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-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17.3m³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。家の中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すると公共水道に排水される。

3. 研究目的

本研究では雨水利用実験住宅にて蓄積しているデータを用いて以下の項目を調査した。

- 1) 総降雨量と雨水使用量・浸透量による雨水収支を明らかにし、流出抑制効果を検証する。
- 2) 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証する。
- 3) 雨水を使用することによるCO₂・水道料金削減効果を定量的に表し、将来価値への貢献度を検証する。

4. 研究方法

(1) 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、HOB0社製RG3-Mを用いた。

(2) 雨水利用目的別流出抑制効果

村川三郎氏らの手法⁴⁾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。

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

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を利用し、2010年～2022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。

(3) CO₂排出量・水道料金削減

水道代替によるCO₂排出量X (t-CO₂/m³)は
 $X = \text{年間電力消費量} \times \text{CO}_2 \text{排出係数} / \text{年間配水量}$
 で求める。年間電力消費量(kwh)と年間配水量(m³)

は福岡市の水道統計, CO₂ 排出係数は九州電力より参照した. 水道水と雨水の併用を行っている雨水利用実験住宅 (4 人家族) にて実際的水道料金を算出し, 雨水を用いず水道水だけで生活した際の水道料金と比較し, 雨水を用いたときの水道料金削減効果を検証する. 算出方法は福岡市の算出方法を用いるものとする.

5. 研究結果・考察

(1) 雨水収支

表-1 雨水利用実験住宅での観測結果に基づく雨水収支

年	2022年(1月~12月)	総計(2012年~2022年)
降雨量(m ³)	128.1	2325.5
トイレ、洗濯、風呂	89.6	1225.4
散水、ビオトープ	34.0	239.9
月使用量全体(m ³)	123.6	1465.3
駐車場下浸透(m ³)	51.6	770.2
浸透枳	12.3	451.6
浸透量全体(m ³)	63.9	1221.8
使用量・浸透量全体(m ³)	187.5	2687.1

表-1 は 2012 年 6 月から 2022 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, 2020 年 7 月, 8 月, 9 月, 2021 年 3 月, 4 月, 5 月 6 月は水位計故障のため, 雨水利用実験住宅に設置している量水器のデータと同値としている. 総降雨量 2325.5m³, 雨水使用量・浸透量 2687.1m³(雨水使用量 1465.3m³, 浸透量 1221.8m³)となっている. 現在貯まっている雨水の量と土壌などの屋根以外からの浸透枳への流入などにより使用量・浸透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.

(2) 雨水利用目的別流出抑制効果

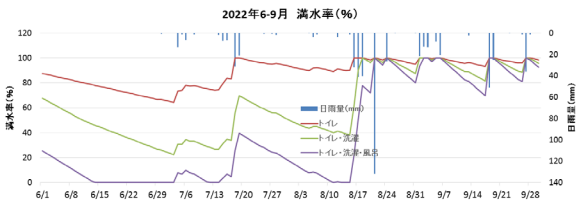


図-2 雨水貯留タンク満水率の推移

シミュレーションにより算出した 2022 年 6-9 月の満水率の推移を図-2 に示す. この図から特に降水量の多い日においては雨水使用用途がトイレ, トイレ・洗濯の場合は満水になりやすいことが分かる. トイレ・洗濯・風呂の場合は一日の使用量が多いため, 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, 雨水をトイレだけでなく, 洗濯・風呂にも利用することが流出抑制にもつながり, 理想的であると言える.

(3) CO₂・水道料金削減

表-2 は雨水を水道水代替として用いた時の CO₂ 削減量を示す. CO₂ 排出量に関してどの年度においても 10kg 以上の削減が見込まれ, 平均値は 12.8kg という結果である. この値は国内の家庭部門 CO₂ 排出量(4 人当たり)⁵⁾の 0.46%に相当する. 表-3 は雨水を水道水代替として用いた時の上水道料金削減を示す. 水道水のみを使用の場合, 1 年あたりの上

水道料金は平均 69234 円, 雨水を併用した際の上水道料金は平均 35715 円となり, 本来の水道料金の半額に近い料金を削減できることがわかった. 表-4 には雨水を水道水代替として用いた時の下水道料金を示す. 雨水使用量を汚水排出量に含まないとすると, 汚水排出量は水道水使用量のみとなるため下水道料金が削減されることとなる. 水道水のみを使用とした場合の 1 年あたりの下水道料金は平均 54636 円, 雨水を併用した際の下水道料金は平均 27317 円となり, 上水道料金と同様本来の下水道料金の半額に近い料金を削減できる結果を得た.

表-2 雨水利用における CO₂ 削減量 (2016 年~2021 年)

年度	2016	2017	2018	2019	2020	2021
全て水道水の場合(kg-CO ₂)	34.63	37.43	30.49	32.77	40.54	31.59
雨水+水道水の場合(kg-CO ₂)	20.47	23.62	19.42	21.04	24.94	21.13
削減できるCO ₂ (kg-CO ₂)	14.16	13.82	11.07	11.73	15.60	10.46

表-3 上水道料金削減効果 (2012 年~2022 年)

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
水道水のみ(円)	33301	58577	66957	73942	68706	75162	88152	77734	80638	76202	62208
水道水+雨水(円)	17390	28637	32385	34737	34158	39553	46119	42077	41082	43529	33201
差額(円)	15911	29940	34572	39205	34548	35609	42033	35657	39556	32673	29007

表-4 下水道料金削減効果 (2012 年~2022 年)

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
水道水のみ(円)	26225	45983	52622	58330	53984	59424	70326	61452	63811	60057	48792
水道水+雨水(円)	13219	20412	24090	26394	25827	30700	36311	32714	31937	33999	24892
差額(円)	13006	25571	28532	31936	28157	28724	34015	28738	31874	26058	23900

7. まとめ・今後の課題

本研究では以下のことが明らかになった.

- 1) 雨水収支について, わずかな流出はあると考えられるが, 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.
- 2) 個人住宅において雨水を利用する際, 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. 使用用途を災害時の飲み水などに拡大できればより効果が発揮されると期待できる.
- 3) 雨水を利用することで CO₂ 水道料金は削減され, 将来価値の一つとしてみなせることが確認できた.

近年のわが国では線状降水帯を伴う局所的集中豪雨の発生が常態化しており, 降雨パターンが変化している. モニタリングを続け, 雨水収支の算出, 多岐にわたる雨水活用を長期的に行うことが今後の課題である.

8. 参考文献

- 1) 福井啓太, et al. 雨水利用施設における環境負荷の実態に関する研究. 空気調和・衛生工学会 論文集, 2019, 44. 268:27-32.
- 2) 「雨水の利用の推進に関する法律の施行期日を定める政令」及び「雨水の利用の推進に関する法律第二条第二項の法人を定める政令」について http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000766.html
- 3) 笠井利浩. "地域特性からみた一戸建て住宅における雨水活用装置の環境負荷削減効果." Journal of Rainwater Catchment Systems 18.1 (2012): 27-33.
- 4) 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
- 5) 環境省 令和 3 年度温室効果ガス排出量: <https://www.env.go.jp/content/000084571.pdf>