

人口減少社会における低未利用地のグリーンインフラへの転換による雨水流出抑制効果とその費用便益分析

中根 大斗 (横浜国立大学 大学院都市イノベーション学府, nakane-masato-df@ynu.jp)

松行 美帆子 (横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院, mihoko@ynu.ac.jp)

The effect of reducing stormwater runoff by converting underutilized land to green infrastructure and its cost benefit analysis in a society with a declining population

Masato Nakane (Faculty of Urban Innovation, Yokohama National University)

Mihoko Matsuyuki (Institute of Urban Innovation, Yokohama National University)

要約

我が国は人口減少に伴う低未利用地の増加や気候変動に伴う水害リスクの増大といった課題に直面している。こうした課題に対応するため、近年グリーンインフラの取り組みが推進されている。グリーンインフラ導入の目的の一つに「低未利用地の適切な管理」というものがあるが、どのように低未利用地へのグリーンインフラの導入を推進するかについて未だ不明瞭な点が多い。そこで本研究では、将来の低未利用地、とりわけ空き家からグリーンインフラへ転換した時の効果を、雨水流出量に着目して、定量的に評価した。対象地域である横浜市侍従川流域において、2040年の空き家数を予測し、空き家の75%をグリーンインフラに転換した場合、6.6%の雨水流出を抑制することが推測された。そして雨水流出抑制効果のみを便益とし、空き家を除去し、グリーンインフラへの転換を試みるというシナリオについての費用便益比は18.1%であり、グリーンインフラの他の便益を積み重ねることにより、費用を上回る便益が得られる可能性を残すものであると言えよう。

キーワード

グリーンインフラ, 流出抑制, 低未利用地, 人口減少社会, 費用便益分析

1. はじめに

1.1 背景と目的

現在日本の人口は減少局面にあり、都市のとくに郊外部では人口減少に伴う空き地、空き家などの低未利用地の増加という課題に直面しており、今後このような低未利用地は増加の一途をたどると考えられている。一方、我が国においては、気候変動に伴い激甚化する水害の対策も喫緊の課題である。

平成27年度に閣議決定された国土形成計画では、「国土の適切な管理」、「安全・安心で持続可能な国土」、「人口減少・高齢化等に対応した持続可能な地域社会の形成」といった課題に対応するため、グリーンインフラ (Green Infrastructure、以下GIとする) の取組が推進されている。国土形成計画によるとGI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」と定義づけられている。GIには、気候変動への対応、グローバル社会での都市の発展、SDGsとの親和、人口減少社会での土地利用の変化への対応、既存ストックの維持管理、自然と共生する社会の実現、歴史・文化等に根ざした環境・社会の基盤等の様々な役割が期待されている。これらの役割のうち、国土交通省のグリーンインフラ推進戦略 (2019) によると人口

減少社会での土地利用の変化への対応については、「管理放棄地や低未利用地について、国土を荒廃させず、最適な国土利用を選択することが求められており、グリーンインフラの取組は解決策の一つとして期待される」とある。しかしながら、管理放棄地や低未利用地においてGIを導入する効果や、多くが民有地である低未利用地にどのようにGIを導入していくかなど、未だ不明瞭な点が多く、低未利用地をGIに転換するのが現実的なシナリオなのか不明である。

そこで本研究では、人口減少が進む将来において、低未利用地とりわけ空き家からGIへ転換するというシナリオについて、費用便益分析を行い、その実現可能性について評価を行うこととする。

GIは前述したように、様々な効果が期待されており、その中には定量的な評価が簡単にはできないものも含まれる。本研究では、GIとして後述するように雨庭を導入するシナリオを設定して費用便益分析を行うが、雨庭には雨水流出抑制効果だけではなく、洪水抑制効果や、雨庭内の緑地によるCO₂の吸収や、水質浄化、生態系の多様性の保全、豊かな景観の形成、リクリエーションなど多様な機能がある。本研究では洪水抑制効果とも関連し、とくに大きな効果を持つと考えられる雨水流出抑制効果に着目をし、雨水流出抑制効果を評価し、雨庭を設置する際に必要となる費用に対して、雨水流出抑制による便益比を算出することを目的とする。

1.2 既往研究

これまでGIの費用便益分析を行った研究は、非常に少ない。熊野ら(2020)はベトナムとフィリピンにおいて、グレーインフラとグリーンインフラをそれぞれ単独で活用する適応策とそれぞれを組み合わせた適応策について費用便益分析を行い、費用便益比を比較した。その結果、両国においてグレーインフラとグリーンインフラを組み合わせた方が、費用効率性が高まることが明らかとなった。GIの効果については、いくつかの観点からその分析が行われてきたが、最も多いのが本研究で扱う雨水流出抑制効果についてである。小笠原ら(2018)はGIを戸建て住宅、道路、学校、公園に導入した場合のマンホール溢水量及び雨天時越流水の抑制効果を検証した。その結果、GIは都市の洪水及び雨天時越流水の対策として有効であることを明らかにした。荒木ら(2022)は洪水被害に対して効果的なGI配置と、被害が大きくなる地区に対しての効果的なGI配置とその必要量の把握を試み、複数のエリアにGIを導入する場合、下流域が離れているエリアでの導入が有効であると考察した。さらにポテンシャルの3割程度のGIを導入することで、大きな洪水抑制効果が期待できると推測した。渡辺ら(2021)はGIとしての農地が減少している地域では、洪水リスクが増加していることを明らかにし、農地の維持管理の必要性を示した。

このように、GIの雨水流出抑制効果については、いくつかの研究があるが、雨水流出抑制効果に着目して費用便益分析を行った研究は非常に少なく、かつ本研究のように低未利用地のGIへの転換における費用便益分析を行った研究はない。

2. 研究方法

2.1 研究の枠組み

2.1.1 適用するグリーンインフラ

本研究ではGI技術の一つである「雨庭」を対象地のGIに適用するシナリオを用いる。低未利用地のGIへの転換を考慮するため、雨水流出抑制効果だけでなく、災害時の避難・バッファゾーン、土地の適切な管理という人口減少下にある都市内において特に重要な役割が期待できるため、雨庭をGIの対象とした。雨庭はアスファルトや屋根に降った雨を一時的に貯留し、浸透させるための空間であり、その効果として他に都市気候の緩和、洪水調整・湧水保全、生物の多様性への貢献、水質浄化、CO₂吸収などが挙げられる。

本研究では、山田ら(2017)を参考に京都学園大学太秦キャンパスで導入された雨庭を想定した。これによると降雨イベントの流出率は平均して22.2%であったため、本研究のGIである雨庭の流出係数は0.2とする。

2.1.2 本研究での対象年と対象地

本研究では、研究対象地を設定し、現在の空き家数の把握、そして2040年の空き家数の予測を行い、これらの空き家を雨庭に転換するシナリオを設定する。2040年に

は団塊ジュニア世代が65歳以上となり、単身世帯は約4割に上ると推計され、社会保障費は急増するなど「2040年問題」が訪れると予測されている(国立社会保障・人口問題研究所, 2019; 厚生労働省, 2019)。また2038年には全国の空き家率が約3割になるというシミュレーションもあり(野村総研, 2020)、2040年を対象年に設定した。

また、本研究の対象地として、横浜市金沢区南部に位置する侍従川流域約5.8km²を選定した(図1)。横浜市金沢区においても、2040年には65歳以上の高齢者の割合が40%を超えると予測されており(国立社会保障・人口問題研究所, 2018)、これは横浜市の推計の中でも屈指の高齢者率の高さであり、将来多くの空き家の発生が予想される地域である。また、ここは金沢区洪水ハザードマップと金沢区内水ハザードマップで浸水が想定されている地域であり、豪雨のときを想定した対策を必要とする地域である。



図1：研究対象位置図

2.2 費用便益分析

費用便益分析を行うに当たり、空き家の雨庭への転換に対しての費用を予測する。費用としては、①用地の取得/賃借のための費用と、②雨庭の設置費用、③雨庭の維持費用を考慮することとする。①用地の取得/賃借のための費用であるが、空き家を雨庭に転換するためには、まず空き家の除去が必要であり、その後その用地を取得または賃借することになる。空き家の除去費用として、NPO法人空家・空地センターのHPを参考に、本研究では木造2階建ての戸建て住宅を想定し、1坪あたり40,000円、すなわち床面積1m²あたり約12,000円を想定する。また、空き家を除去した後の用地に関しては、賃借することとする。用地の賃借費用については、その場所や2040年の周辺の状況などによって大きく異なる。本研究で想定する空き家のGI化を進める地域は、2040年に空き家などの低未利用地が多く発生していると予測される場

所であり、その地価は現在の地価よりも低下している可能性が高い。その一方で、空き家を除去すると固定資産税の「住宅用地の固定資産税軽減措置」（住宅の敷地面積のうち、200 m²までの部分である小規模住宅用地は固定資産税が6分の1に軽減され、住宅の敷地面積のうち200 m²を超え、家屋の床面積が10倍までの部分である一般住宅用地は固定資産税が3分の1に軽減される措置）が適用されず、固定資産税が最大6倍になり、土地の所有者の税負担は増加する。そこで、住宅の除去費用を行政が負担し、除去後の土地を固定資産税の増加分と同額で賃借し、雨庭にすることを想定する。②雨庭の設置費用に関しては、島谷ら（2020）が実装した「あめにわ憩いセンター」を参考に、1 m²あたり18,600円とした。③雨庭の維持費用としては草取りや清掃のための費用がある。草取りや清掃は様々な自治体で存在する公園を管理する団体である公園愛護会に管理を委託するものと想定した。公園愛護会マニュアルによると1団体3,000 m²以下の公園の管理で、年間2万円の愛護会費が支払われるとある。したがって、雨庭の敷地面積3,000 m²あたり20,000円を雨庭の維持費とした。

また、雨庭の便益としては、前述したように本研究では雨水流出抑制機能に焦点を絞って計測する。費用便益分析においては、その効果を金銭的価値に直す必要があるが、本研究では雨水流出抑制の効果を、雨水流出抑制に伴う下水道処理費用の削減分として、評価を行うこととする。

また、費用便益分析には割引率と便益計測対象期間が必要であるが、グリーンインフラ活用型都市構築支援事業の費用対効果分析手法マニュアル（2022）に従い、割引率4%、便益計測対象期間50年を適応することとする。

さらに費用便益分析には、上記のマニュアルに従い、式（1）の費用便益比（CBR）により評価を行うこととする。

$$CBR = \frac{\sum_{t=0}^n B_t / (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n C_t / (1+i)^{-t}} \quad (1)$$

n ：便益計測対象期間

t ：年次

B_t ： t 年次の便益

C_t ： t 年次の費用

i ：社会的割引率

t_0 ：現在年次

2.3 分析の流れ

まず、空き家がGIへ転換することによる雨水流出量への影響を定量的に評価する。最初に、3で現況の土地利用として、2020年時点の侍従川流域における土地利用分布を明らかにする。次に、4で2040年の世帯数の予測を行い、そこから2040年の空き家数の予測を算出する。続いて、5、6では3で作成した現況土地利用図と4で算出した2040年における空き家数より、「2020年時点」、「2020

年の空き家がGIへと転換した場合」、「2040年の空き家がGIへと転換した場合」の3パターンの雨水流出量を算出し、空き家へGIを導入した場合の雨水流出抑制効果を検証する。最後に、6では空き家からGIへ転換するというシナリオについて、費用便益分析を行い、その実現可能性について評価を行う。具体的には、GIにより減少した雨水流出量をもたらす雨水処理コストの減少分による便益と空き家がGIに転換することによる固定資産税の増加分や空き家の除去費用、GIの設置、維持に関する費用を比較し、空き家へのGIの導入の実現可能性を評価する。

3. GISデータの作成と適用するグリーンインフラ

3.1 現況の土地利用分布

3.1.1 土地利用分布図の作成方法

侍従川流域の区画の作成は、2020年のゼンリン住宅地図のZmap-TOWN IIの横浜市金沢区のデータのうち道路、道路と町丁目により分けられた区画、線路のポリラインデータと、川及び池のポリゴンデータを重ね合わせ、ポリラインとポリゴンにより区切られた部分でポリゴンを作成した。さらにコンサベーションGISコンソーシアム提供の流域界データのうち、侍従川流域を抽出し、作成したポリゴンを侍従川流域の形に抜き出すことで侍従川流域の区画とした。

侍従川流域の土地利用分布の把握について、国土地理院の1/10000スケールの空中写真（2020年）を目視で判読し、「戸建住宅」、「道路」、「建物」、「森」、「川」、「荒地」、「農地」、「線路」、「運動場」の土地利用に分類した。なお「建物」には駐車場も含まれる。この分類は、本研究で用いている平成16年国土交通省告示第521号の流出係数で用いられている土地利用の形態に最も近いものに則っている。

その後、作成した各ポリゴンに土地利用を割り当て、土地利用分布図を作成する。

3.1.2 2020年時点の土地利用分布

上記の手法により、2020年時点の土地利用分布図を作

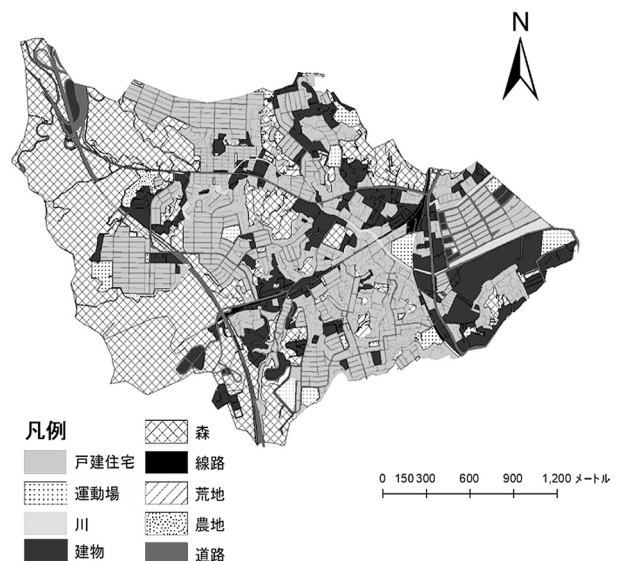


図2：侍従川流域の土地利用分布

成した（図 2）。

この土地利用分布図より、各土地利用別面積を算出した（表 1）。侍従川流域は西部が林地であるため、森が最も広く 1.88 km² であり、全体の約 33 % を締めている。それに戸建住宅の 1.74 km²、約 30 % が続いている。

表 1：土地利用別の面積

土地利用	面積（単位：km ² ）
道路	0.87
森	1.88
戸建住宅	1.74
建物	0.85
線路	0.04
公園	0.21
川	0.08
荒地	0.09
農地	0.03

4. 空き家数の予測

本章では、まず 2040 年の世帯数の予測を行い、その結果を用いて 2040 年の空き家数の予測を行う。世帯数の予測には、様々な手法が提案されている。中でも世帯主率法は国勢調査や国立社会保障・人口問題研究所の「地域別将来推計人口」、国土技術政策総合研究所の将来人口・世帯予測ツールなど容易に入手できるデータで推計することができ、多くの地域で活用されている手法である。そのため、本研究の手法の他の地域での適用可能性を考慮し、本研究では世帯主率法を用いた。なお本研究の空き家数予測において、戸建住宅に住む世帯数の増加分は空き家数の減少分となり、反対に戸建住宅に住む世帯数の減少分は空き家の増加分とする。以上の流れで 2040 年の空き家数を算出した。

4.1 世帯数の予測

4.1.1 世帯数の予測の方法

世帯数の予測にあたり、まず世帯主率法について概説

する。世帯主率法とは世帯主率（人口に占める世帯数の割合）に人口を乗じることで世帯数を求める手法である。つまり将来の世帯数は将来の世帯主率に将来の人口を乗じることで求めることができる。将来の人口は国土技術政策総合研究所の将来人口・世帯予測ツール v2 の「将来人口・世帯予測プログラム」を用いて、算出された結果を用いた。また将来の世帯主率は、世帯主の男女・家族類型別に扱い、家族類型は、「単独世帯」、「夫婦のみの世帯」、「夫婦と子から成る世帯」、「一人親と子から成る世帯」、「その他の一般世帯」の 5 類型に分類した。将来の世帯主率の値は、対象地域内の小地域別に算出し、全国の値に対する各小地域の値との相対的な値の将来の動向を設定し、それと将来の全国の世帯主率から将来の各小地域の世帯主率を求める。相対的な値のことを相対的格差と呼び、式（2）で表される。

$$D_i^s(t, k) = \{r_i^s(t, k) - r_0^s(t, k)\} / r_0^s(t, k) = r_i^s(t, k) / r_0^s(t, k) - 1 \quad (2)$$

t ：年次

s ：性別

k ：家族類型

r_0 ：小地域 i の世帯主率

r_i ：全国の世帯主率

D_i ：小地域 i の相対的格差

これより小地域 i の世帯主率は全国の世帯主率と相対的格差を用いて式（3）のように表すことができる。

$$r_i^s(t, k) = r_0^s(t, k) \{D_i^s(t, k) + 1\} \quad (3)$$

将来の全国の世帯主率 $r_0^s(t, k)$ は国立社会保障・人口問題研究所の「日本の世帯数の将来推計（全国推計）」（2018 年推計）の結果から得られるので、相対的格差 $D_i^s(t, k)$ を与えれば小地域別の世帯主率 $r_i^s(t, k)$ を求めることができる。相対的格差の水準は国立社会保障・人口問題研究所の「日本の世帯数の将来推計（都道府県別推計）2019（平

表 2：男女・家族類型 2040 年の世帯主率の相対的格差の水準（2015 年＝1）

	単独世帯	夫婦のみの世帯	夫婦と子から成る世帯	一人親と子から成る世帯	その他の一般世帯
男	0.6	0.4	0.5	1.0	1.0
女	0.6	0.8	0.9	0.6	0.9

出典：国立社会保障・人口問題研究所（2019）。

表 3：男女・家族類型別世帯主率の相対的格差の仮定

相対的格差の過去の動向	将来の動向	相対的格差の縮小係数（2040）
①：過去 10 年間で一貫して縮小している	過去の趨勢の延長縮小する	$C^s(k)$
②：過去 10 年間で一貫して拡大している	2015 年の水準に固定する	1
③：①、②以外	緩やかに縮小する	$1 - (1 - C^s(k)) / 2$

注：国立社会保障・人口問題研究所（2019）より引用（一部加工）。

成 31) 年推計」を参考に、表 2 の通り設定した。ただし「日本の世帯数の将来推計 (都道府県別推計) 2019 (平成 31) 年推計」によると、地域ごとに相対的格差の過去の時系列変動が多様であったため、2010 年から 2020 年までの相対的格差の動向によって、2040 年の相対的格差の縮小係数を設定した (表 3)。以上より、2040 年における世帯主率は式 (4) で表される。

$$r_i^s(2040, k) = r_0^s(2040, k) \cdot \{D_i^s(2040, k) + 1\} \quad (4)$$

ただし、

$$D_i^s(2040, k) = D_i^s(2015, k) \cdot \{C^s(k) + (1 - C^s(k)) \cdot \alpha^s(k)\} \quad (5)$$

$$\alpha^s(k) = \begin{cases} 0 & (\text{表 2, ①の場合}) \\ 1 & (\text{表 2, ②の場合}) \\ 0.5 & (\text{表 2, ③の場合}) \end{cases}$$

4.1.2 2040 年における世帯数

式 (4) より求められた 2040 年における世帯主率と 2040 年の人口から 2040 年における世帯数が求められる。2020 年の世帯数を 1 としたときの 2040 年の世帯数を図 3 に示す。0 は森林などで人口が 2020 年で 0 人の町丁目や、侍従川流域の境界で分断された町丁目の人の住んでいない区域である。侍従川流域における 2020 年の世帯数は 25251 世帯であり、2040 年における世帯数は 19,890 世帯で、全体で約 21 % の世帯数が減少した。また侍従川流域にあ

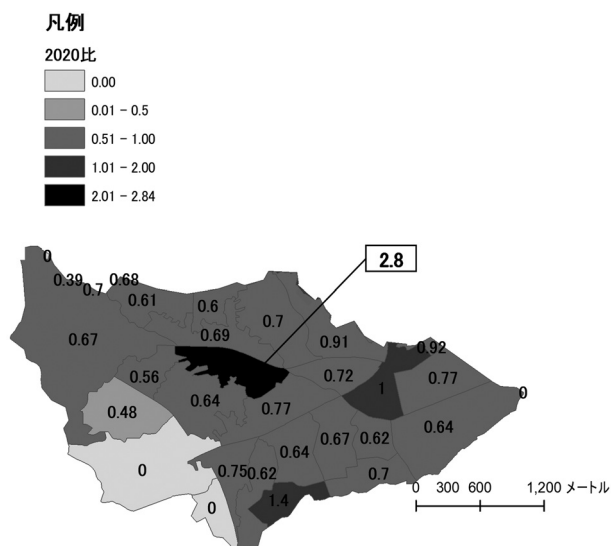


図 3 : 2020 年を 1 としたときの 2040 年の世帯数

る 30 町丁目のうち、3 町丁目の世帯数が増加し、2020 年に世帯数 0 の町丁目の除き、残りは減少した。さらに令和 2 年国勢調査を用いると、侍従川流域における 2020 年の戸建住宅に住む世帯数は 9,840 世帯であり、図 3 の各町丁目の比率に従うと 2040 年には戸建住宅に住む世帯数が 7,861 世帯ということになる。

4.2 空き家の予測

4.2.1 空き家数の予測手法

2020 年時点の空き家数は、Zmap-TOWN II において戸建住宅となっている住宅の数に、金沢区の空き家率である 8.5 % を乗じた値とした。また先に述べた通り、2020 年から 2040 年までの戸建住宅に住む世帯数の増加分は空き家数の減少分となり、反対に戸建住宅に住む世帯数の減少分は空き家の増加分とし、この結果と現在の空き家数を足すことで 2040 年の空き家数が求められる。

空き家数の予測結果より 2040 年の空き家の数を把握することができた。しかしそれらの空き家がどこにどの程度発生するのかを予測する手段はない。そこで本研究では、Zmap-TOWN II の戸建住宅から空き家となる数だけランダムに選択し、選択された住宅を空き家とした。空き家となった住宅の建物面積を Zmap-TOWN II の建物データから取得し、住宅が建蔽率限界の広さを有していると仮定し、空き家の敷地面積を計算した。

4.2.2 2040 年の空き家の数と敷地面積

表 4 に上記の方法で予測した空き家の数と敷地面積を示す。2020 年における空き家の数は 784 戸と推測され、2040 年には戸建住宅に住む世帯数が 1,979 世帯減少するので、1,979 戸の空き家が増え、2,763 戸となる。また空き家の敷地面積は約 4.7 倍となり、住宅の土地利用に占める面積の割合は約 6 % から約 29 % へと増加した。

5. 雨水流出低減効果の分析

5.1 雨水流出量の計算方法

空き家から GI へ転換することによる雨水流出低減効果の評価は、「2020 年時点」、「2020 年の空き家が GI へと転換した場合」、「2040 年の空き家が GI へと転換した場合」の 3 パターンの雨水流出量を比較して行う。雨水流出量の算出には、合理式として知られている式 (6) を用いた。

$$V_i = \sum A_i^j f^j r \quad (6)$$

V_i : 小地域 i における雨水流出量

A_i^j : 土地利用 j 、小地域 i の面積

f^j : 土地利用 j の流出係数

表 4 : 空き家の数と敷地面積

戸建住宅の数 (戸)	2020 年時点		2040 年時点	
	空き家の数 (戸)	空き家敷地面積 (万 m ²)	空き家の数 (戸)	空き家敷地面積 (万 m ²)
9223	784	10.7	2763	49.9

表 5：各土地利用の流出係数

戸建住宅	道路	建物	森	川	荒地	農地	線路	公園
0.9	0.9	0.9	0.3	1.0	0.4	0.2	0.9	0.8

r ：単位時間あたりの降雨量

本研究ではコスト面での評価として、固定資産税と GI の雨水処理コストの比較を行う。そのため GI の年間を通じた効果を検証するのが妥当だと考え、対象降雨としては横浜市の平均年間降水量である 1730.8 mm を用いた。流出係数に関しては、抽出した 9 つの土地利用を平成 16 年国土交通省告示第 521 号の流出係数のうち、最も近い土地利用のものに当てはめた。表 5 に用いた流出係数を示す。この表の農地と荒地は同告示「林地、耕地、原野その他ローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固められていない土地」の流出係数 0.20 を用いた。森は同告示「山地」の流出係数 0.3 を用いた。建物は同告示「宅地」の流出係数 0.9 を用いた。また戸建て住宅、道路、線路は法面を有さないものとした。

5.2 分析結果

表 6 に「2020 年時点」、「2020 年の空き家が GI へと転換した場合」、「2040 年の空き家が GI へと転換した場合」の 3 パターンの雨水流出量の結果を示す。2020 年、2040 年とも、それぞれ空き家の 10 %、50 %、75 % が GI に転換した場合の雨水流出量を算出した。ここで、「空き地等のまちづくりのための利活用に対する賃貸意向」についての質問で、利活用のため土地の貸与や売却を考える人を意味する「無償で貸してもよい」、「借り手や利活用方法、賃貸条件次第で課すことも考える」、「貸すことよりも売りたい」と答えた人が 74.1 % だったため、空き家から GI への転換率の最大値を 75 % とした（国土交通省，2017）。現状の雨水流出量は年間で約 692 万 m^3 であるが、空き家

表 6：各パターンの雨水流出量

2020 年時点	雨水流出抑制量 (単位：万 m^3)	
		692
2020 年の空き家が GI に転換	10 %	691
	50 %	685
	75 %	682
2040 年の空き家が GI に転換	10 %	686
	50 %	662
	75 %	647

を 75 % GI にすることにより、約 682 万 m^3 となり、1.4 % 雨水流出量が削減される。2040 年には、空き家数は約 3.5 倍になると予測されており、空き家の 50 % を GI にすると雨水流出量は現況の約 4.4 % 削減され、空き家の 75 % を GI に転換すると現況よりも約 45 万 m^3 、6.6 % の雨水流出量が削減されると予測される。

6. 雨水の流出低減効果に対する費用便益分析

次に、空き家の GI への転換を推進するための、空き家の除去及び GI の設置に伴う費用と空き家の GI への転換に伴う雨水流出低減による便益を比較する。

6.1 空き家から GI への転換に伴う便益

6.1.1 雨水処理の削減コストの算出方法

以下の手順で横浜市下水道局における 1 m^3 あたりにかかる雨水の処理費用を算出した。表 7 にその算出手順と結果を示す。手順 1 として雨水処理実績の整理を行った。

表 7：下水処理単価算出の手順

【手順 1】処理水量実績の整理 (単位： km^3)					
	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	合計
流入水量 (雨水+汚水)	545	595	575	579	2294
年間有収水量 (汚水)	534	569	554	554	2210
雨水水量	11	26	21	25	83

【手順 2】平成 30 年度から令和 3 年度までの支出の整理 (単位：百万円)			
	雨水+汚水	汚水	雨水
維持管理費	12.6	9.2	3.4
資本費	33.7	16.6	17.1

【手順 3】下水処理単価 (単位：円/ m^3)		
	維持管理費	資本費
汚水処理単価	41.5	75.0
雨水処理単価	408.7	2052.4

令和元年度及び3年度横浜市下水道事業決算報告書その他財務諸表の下水処理量より、流入水量と雨水水量を抽出した。汚水水量は流入水量実績から雨水水量を除くことで求めた。手順2では下水道管理に関する支出の整理を行った。支出は横浜市下水道事業中期経営計画2022の財政収支計画を参考に維持管理費と資本費を用い、整理した。手順3では、手順2の雨水と汚水のそれぞれの支出の費用を手順1で求めた水量で除することで、下水1m³あたりにかかる処理費用を算出した。その結果として横浜市の維持管理費の雨水処理単価408.7円を算出した。

6.1.2 雨水流出低減による便益

表7の下水処理管理単価と前述の雨水流出の削減量により下水管の雨水処理コスト削減費を算出できる。その結果が表8の通りである。2020年において空き家が75%GIへと転換した場合、年間で約4千万円の便益となり、2040年において空き家が75%GIへと転換した場合、約1億9千万円の便益となる事が予測される。

6.2 空き家からGIへの転換に伴う費用

6.2.1 空き家の除去に伴う費用

(1) 固定資産税増加額の算出方法

ここでは空き家からGIへの転換による固定資産税の増額分を算出する。固定資産税の増額分は空き家の敷地面積と固定資産税路線価、固定資産税の標準税率である1.4%、固定資産税の増額分を示す6分の5を乗じることで算出した。なお空き家の敷地はすべて小規模住宅用地とする。

(2) 固定資産税の増加額

表8に、上記の方法で算出された固定資産税の増加額を示す。2020年において空き家を75%GIへと転換した場合、最大で約1億1千万円の増加となり、2040年において空き家の75%をGIへと転換した場合、約5億円の増加となることが予測される。

(3) 空き家の除去費用

表8に空き家の除去費用を示す。空き家は木造2階建てという想定のため、空き家の床面積は建物面積の2倍とする(表9)。2020年において空き家の75%がGIへ転換する場合、床面積約13万m²の空き家を除去することになる。空き家の除去費用は前述の通り1坪4万円であるため、空き家の75%がGIへ転換する場合、空き家の除去費用は約15.6億円である。また2040年において75%がGIへ転換する場合、床面積約36万m²の空き家を除去することになる。すなわち、空き家の75%がGIへ転換する場合、空き家の除去費用は約43.7億円である。

6.2.2 GIの設置に伴う費用

(1) 雨庭の設置費用

表8に雨庭の設置費用を示す。雨庭の設置は前述したように、1m²あたり18,600円とする。2020年において、空き家の75%がGIへ転換する場合、約1億5千万円の費用がかかり、2040年において、75%がGIへ転換する場合、約70億円の費用がかかる。

(2) 雨庭の維持費用

表8に雨庭の年間の維持費用を示す。雨庭の維持には、公園愛護会への委託による愛護会費が年間に20,000円かかる。2020年において空き家がGIへと転換した場合、最大で年間54万円の費用がかかり、2040年において空き家がGIへと転換した場合、最大で年間250万円の費用がかかる。

6.2.3 費用便益分析の結果

(1) 式により求めた費用便益比(BCR)について、費用便益分析の結果を表10に示す。2020年において空き家がGIへと転換することにおいて、費用便益比は2020年における空き家の75%をGIへ転換する場合、15.8%となり、2040年において空き家がGIへと転換することにおいて、費用便益比は2040年の空家の75%をGIへ転換

表8: 空き家のGIへの転換による便益と費用

	転換率	2020年			2040年		
		10%	50%	75%	10%	50%	75%
便益(百万円/年)	雨水流出低減	4.6	26.1	39.7	24.0	123.5	185.6
初期費用(億円)	空き家除去	2.6	10.8	15.6	5.6	29.0	43.6
	雨庭改修	1.7	9.8	14.9	9.0	46.4	69.7
費用(百万円/年)	固定資産税増加額	12.7	71.2	107.9	64.1	329.2	495.1
	雨庭維持	0.1	0.4	0.5	0.3	1.7	2.5

表9: 空き家建物面積/床面積

	2020年			2040年		
	10%	50%	75%	75%	50%	10%
空き家建物面積(万m ²)	1.1	4.5	6.5	2.3	12.0	18.1
空き家床面積(万m ²)	2.2	8.9	12.9	4.7	24.0	36.1

表 10：費用便益比

転換率	2020 年			2040 年		
	10 %	50 %	75 %	10 %	50 %	75 %
BCR	0.140	0.156	0.158	0.165	0.165	0.181

する場合、18.1 % となった。すなわち本研究の対象地において雨水流出抑制効果のみに着目すると、GI 化に伴う便益は費用を上回ることができない結果となった。しかしながら GI には前述のように多様な機能があり、雨水流出抑制効果はそのうちの一つに過ぎないため、多様な機能を組み合わせることにより便益が費用を上回る可能性がある。

7. 結論

本研究では、将来において、低未利用地から GI へ転換したときの雨水流出抑制効果について定量的評価をすること、その費用便益比を明らかにすることを目的に、空き家から GI への転換による雨水流出量の変化に関する分析を行った。その結果、以下の成果が得られた。

- 横浜市金沢区侍従川流域地域で、2040 年時点の空き家の 75 % を GI へ転換すると、6.6 % の雨水流出量の減少することが予測された。これは今後、人口減少に伴いますます増加するであろう低未利用の有効な活用方法であり、とくに低未利用地が増えるであろう郊外住宅地において、低未利用地に内水氾濫など水災害に対して強靱なまちづくりに寄与できることができるという新たな価値を与えることとなる。
- 横浜市金沢区の侍従川流域では、空き家から GI への転換に伴う雨水流出量の抑制の費用便益比は、2020 年において空き家の 75 % を GI に転換した場合が最大で、15.8 % であった。2040 年時点での空き家の 75 % を GI に転換した場合の費用便益比は 18.1 % であった。この雨水流出量の抑制の便益は費用の 18.1 % であるという数字は決して小さな数字ではなく、洪水抑制効果や CO₂ の吸収、水質浄化、生態系の多様性の保全、豊かな景観の形成、リクリエーションといった GI の他の便益を積み重ねることにより、費用を上回る便益が得られる可能性を残すものである。本研究では、このように費用便益分析を用いて GI を評価したが、前述したように GI には非常に多様な効果があり、それらの効果の中には金銭的価値への変換が難しいものもある。また、将来の降水量や降水のパターンなどは現段階では不確実性が高く、この不確実性をどのように費用便益分析に取り入れていくのかについても検討が必要である。そのため、今後は費用分析だけではなく、他の手法による低未利用地への GI の導入というシナリオの評価を実施し、その実現可能性を検討することも必要である。

本研究は、横浜市金沢区侍従川流域を対象として行ったが、本対象地域よりも人口減少が急激に進み、空き家

の発生量が多いと予想される地域では、より空き家の GI への転換による雨水流出抑制効果は高まると考えられる。横浜市金沢区は人口の減少が激しいと予測されている地域であり、今後人口減少とともに地価が下がる可能性がある。したがって固定資産税が減少することによって、GI への転換に伴う費用が減少していく可能性がある。また横浜市金沢区より地価の低い地方都市では、GI への転換に関する費用と便益が横浜市金沢区の結果より近い水準になると考えられ、シナリオを検討する価値があると言える。さらに地方都市においても、低未利用地の発生は問題となっており、雨水流出抑制の便益はより大きくなると考えられる。その点でも、地方都市においてシナリオの実現可能性について検討の価値があると言える。また、大都市圏においては、洪水が発生した際の被害額が大きいことから、洪水抑制効果を加味した費用便益比は大きくなると推測され、大都市においてもこのシナリオを検討する価値は大きいと考えられる。

今後の課題としては、本研究では空き家数の予測で将来の世帯数の増減のみを変数として推計を行っている。しかしながら、高齢化の進展による世帯規模の縮小に伴い、戸建住宅の需要は減少し、さらなる空き家が発生することも推測される。また、本研究は住宅の建築年などは考慮していない。今後、世帯規模や居住者の特性と戸建て住宅への需要や建築年を考慮した、さらに詳細な予測が必要となる。

加えて、実際の雨庭を含む GI の浸透能は、土壌や地下水位によって変化する。したがって、GI は場所を問わず導入できるものではなく、導入予定の土壌や地下水位、近隣の建物との距離など様々な条件を満たしたときに導入できる。GI の導入を検討するために定量的評価を行う際は、GI が適する場所であることを確認したうえで、地域の特性を加味し、評価を行わなければならない。

最後に、本研究では空き家の GI への転換の実現可能性について費用便益分析を行うことで提言を試みたが、空き家の所有者が不明である等様々な問題が絡むのが空き家である。実際の施策では、綿密に施策を練る必要がある。

謝辞

本研究は、東京大学 CSIS 共同研究 (No. 1139) による成果の一部である (Zmap TOWNII (2020 年度 Shape 版) 神奈川県データセット (ゼンリン提供))。国土交通省不動産・建設経済局の国土数値情報の流域界データをもとに、コンソーシアム GIS コンソーシアムが編集・調整したデータを使用している。ここに記して、謝意を表す。

引用文献

- 荒木良太・山鹿力揮・片野裕貴・田村将太・田中賢宏 (2022). 洪水抑制効果に着目した市街地内のグリーンインフラ導入計画シナリオ評価—広島県呉市中央地区を対象とした配置と量の検討—. 都市計画論文集, Vol. 57, No. 3. 国土交通省 (2004). 流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数を定める告示 (平

- 成 16 年国土交通省告示).
- 国土交通省 (2015). 国土形成計画 (全国計画).
- 国土交通省 (2017). 空き地等の活用に関する検討会とりまとめ参考資料. 41.
- 国土交通省 (2019). グリーンインフラ推進戦略.
- 国土交通省 都市局 公園緑地・景観課 (2022). グリーンインフラ活用型都市構築支援事業の費用対効果分析手法マニュアル.
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2018). 日本の世帯数の将来推計 (全国推計). <https://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2018/t-page.asp>. (閲覧日: 2023 年 3 月 31 日)
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2018). 日本の地域別将来推計人口. <https://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson18/6houkoku/houkoku.pdf>.
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2019). 日本の世帯数の将来推計 (都道府県別推計). <https://www.ipss.go.jp/pp-pjsetai/j/hpjp2019/setai/shosai.asp>. (閲覧日: 2023 年 3 月 31 日)
- 厚生労働省 (2019). 今後の社会保障改革について—2040 年を見据えて—.
- 熊野直子・田村誠・井上智美・横木裕宗 (2020). 海面上昇に適應するためのグリーンインフラを活用した多重防護の費用分析. 土木学会論文集 G (環境), Vol. 76, No. 5, I_221-I_231.
- 野村総合研究所 (2020). 2040 年の住宅市場と課題.
- NPO 法人空家・空地管理センター. 解体費用について. <https://www.akiya-akichi.or.jp/use/patterns/scrap/expensive/>. (閲覧日: 2023 年 5 月 29 日)
- 小笠原洋平・田浦扶美子・島谷幸宏 (2018). 善福寺川上流域を対象としたグリーンインフラによる流出抑制及び CSO 抑制効果. 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 74, No. 5, I_355-I_360.
- 島谷幸宏 (2020). 社会技術研究開発「持続可能な多世代共創社会のデザイン」研究開発領域「分散型水管理を通じた、風かおり、緑かがやく、あまみず社会の構築」研究開発プロジェクト 実施終了報告書.
- 渡辺公次郎・石田和之 (2021). 徳島県における農地の変化と洪水リスクへの影響に関する研究. 災害復興研究, Vol. 12, 1-17.
- 山田駿介・柴田昌三 (2017). 雨庭の降雨流出特性の定量的評価. 日緑工誌, Vol. 43, No. 1, 251-254.
- 横浜市 (2020). 令和元年度横浜市下水道事業決算報告書 その他財務諸表. 42.
- 横浜市 (2022). 令和 3 年度年度横浜市下水道事業決算報告書その他財務諸表. 50.
- 横浜市 (2022). 横浜市下水道事業中期経営計画 2022. 122.
- 横浜市環境創造局 (2022). 公園愛護会マニュアル.

change. Green infrastructure initiatives have been promoted in recent years to address these challenges. One of the objectives of green infrastructure is “appropriate management of underutilized land,” but it is still unclear how to promote the introduction of green infrastructure to underutilized land. Therefore, this study quantitatively evaluated the effect of converting future low-underutilized land, especially vacant houses, to green infrastructure, focusing on the amount of stormwater runoff. In the target area, the Jijugawa River watershed in Yokohama, the number of vacant houses in 2040 was projected. It was found that if 75 % of empty houses were converted to green infrastructure, stormwater runoff would be reduced by 6.6 % compared to the 2020 level. The cost-benefit ratio of converting 75 % of vacant houses to GI in 2040 was 18.1 %. In this cost-benefit analysis, only stormwater runoff decrease was considered as a benefit. This result leaves the possibility that the benefits may exceed the costs by accumulating other benefits of the green infrastructure.

(受稿: 2023 年 4 月 3 日 受理: 2023 年 6 月 26 日)

Abstract

Japan faces challenges such as increased underutilized land due to population decline and increased flood risk due to climate