

都市部の小流域におけるグリーンインフラ導入に向けた市民協働型計画立案プロセス

滝澤 恭平¹・池田 正²・吉原 哲³・横田 樹広⁴

¹学生会員 九州大学大学院工学府都市環境システム工学専攻 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

E-mail: twky00@gmail.com (Corresponding Author)

²八千代エンジニアリング株式会社 事業統括本部国内事業部環境計画部

(〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8 CS タワー)

E-mail: td-ikeda@yachiyo-eng.co.jp

³八千代エンジニアリング株式会社 事業統括本部国内事業部環境計画部 (同上)

E-mail: yoshihara@yachiyo-eng.co.jp

⁴東京都市大学准教授 環境学部環境創生学科 (〒224-8551 神奈川県横浜市都筑区牛久保西3-3-1)

E-mail: yokotas@tcu.ac.jp

本研究は、都市部の小流域において、地域住民協働型のグリーンインフラ導入による地域ビジョンを策定するための検討手法の知見を示すことを研究目的とする。横浜市帷子川支流中堀川における住民との検討において、小流域区分、表流水の流向の把握、土地利用分水と雨水流出量およびその変遷の推定、下水道の位置や浸水ハザードマップ、市民の要望を整理したインタレストマップ作成を行い、地域におけるグリーンインフラ導入ビジョンとアクション箇所を示した。その結果、地域の小流域スケールの水循環と地域課題を重ね合わせる可視化手法、表流水の把握を通じた小流域の環境デザイン、住民の関心が高いインタレストに焦点化した目標設定の検証プロセスが、グリーンインフラの協働型計画プロセスにおいて重要であることを考察した。

Key Words : *green infrastructure, small watershed, community based plan, area vision, interest*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

都市域において、気候変動による災害リスクの増大が進む中で、グリーンインフラ(Green Infrastructure)を導入することを通して、災害に対して回復力があると同時に、居住者にとって生活の質が高く、魅力ある都市空間を創出しようとする取り組みが各国で広がっている¹⁾など。グリーンインフラの定義に関しては、自然環境が持つ多様な機能を活用し、多岐多様な便益を得ることが基本的な共通事項となっている²⁾。グリーンインフラの導入手法においては、欧州委員会型の広域スケールでの自然環境、半自然環境における生態系ネットワーク³⁾と、米国環境保護庁(Environmental Protection Agency)型の持続的雨水管理⁴⁾の大きく2つの方向性がある。後者は、都市域の合流式下水道や水循環の改善を核とする方向であり、本研究でも都市域における浸透域の減少、水域の水質悪化、洪水の増加などに対応した持続可能な地域水系基盤形成

に寄与することを目的とし、持続的雨水管理型のグリーンインフラを対象とする。

社会資本整備の効果を最大化するためにエリアビジョンの設定を行うことの重要性が公共デザイン領域において指摘されている⁵⁾。持続的な地域づくりにおいてグリーンインフラを導入するにあたっては、グリーンインフラを導入した地域ビジョンを計画し、地域住民と共有することが重要である。研究者、実務者から構成され、グリーンインフラの普及啓発、研究、政策提言を行うグリーンインフラ研究会⁶⁾(2020年からグリーンインフラ官民連携プラットフォーム⁷⁾へ活動を移行。筆者らも一員は、「地域の多様な関係者が協働してグリーンインフラに関わることで、地域社会が中心となって社会基盤が整備され、持続可能なグリーンインフラが構築される」と述べる⁸⁾。グリーンインフラを導入した地域のビジョンや計画策定においても、合意形成や維持管理の観点から、地域の市民の参加と協働を促し、地域コミュニティを巻き込むことが必要となる。そのためには、地域のステー

クホルダーの意見の背後にある理由や価値、個人の履歴としてのインタレスト(interest)⁸⁾、および地域の環境構造を適切に把握した上で、地域が合意可能な社会基盤のビジョンを計画することが求められる。また、導入する技術に関しても、市民との協働型検討プロセスの中で地域に適合した技術を提示、選択する必要がある。

よって、グリーンインフラを地域に導入するための計画立案に関する知見として、市民協働と技術的検討の両側面から、計画プロセスのあり方を明らかにしていくことは有用と考える。

筆者らは横浜市を流下する二級河川・帷子川の支流である中堀川流域白根地区で、地域住民と共にグリーンインフラを活用した地域ビジョンの計画検討を行った。本研究は、グリーンインフラを導入した地域ビジョン検討にあたり、地域のインタレストや環境を把握し、計画プロセスを進めるための方法を実証し、都市部の小流域におけるグリーンインフラ導入に向けた市民協働型の計画検討手法に関する知見を示すことを目的とする。

(2) 既往研究と本研究の位置付け

表流水が集水される単位である流域は階層構造を持ち、より小さい小流域に分割される。小流域は水循環や生態系、景観などの地域環境を扱う地形単位として重要である⁹⁾。小流域単位でのグリーンインフラや水循環の分析として、帷子川上中流域を対象に、土地利用変遷による小流域類型ごとの雨水浸透量を算出した片桐らの研究¹⁰⁾、横浜市全域での小流域類型別の雨水浸透量をシナリオ別に計量した片桐らの研究¹¹⁾、神田川上流域を対象に、内外水複合氾濫モデルを用いて雨水浸透量と浸水域を算出し、都市緑地の流出抑制効果を示した飯田らの研究¹²⁾、小流域内のより細かな微地形に着目し帷子川流域での集水環境特性を分類した横田・江藤の研究¹³⁾、善福寺川上流域にグリーンインフラを導入した際のCSO(Combined Sewer Overmow:合流式下水道からの越流水)の抑制効果を検証した小河原ら¹⁴⁾の研究などがある。これらの研究は、小流域分割を通して水循環解析モデルを導入し、雨水流出や浸透・貯留量などの水循環を算出、分析する研究であり、市民協働による計画立案プロセスについては扱っていない。

都市におけるグリーンインフラを導入した計画論に関する研究では、海外事例に関する研究が蓄積されており、フィラデルフィアにおけるグリーンインフラ政策に関する遠藤¹⁵⁾の研究、ポートランドのグリーンストリート施策に関する花井・遠藤¹⁶⁾の研究、ポートランドにおけるグリーンインフラ導入敷地に関する福岡・加藤¹⁷⁾の研究、シェフィールドの公園・河川のグリーンインフラ一体的整備に関する木下・芮¹⁸⁾の研究、コペンハーゲンのクラウドバーストプランに関する中島・星野¹⁹⁾の研究などが

ある。上記の研究は、海外都市におけるグリーンインフラの政策、制度に関する知見の整理や、敷地や街路空間におけるグリーンインフラ実装に関する詳細な報告が特徴であるが、グリーンインフラを計画する地域における市民協働については扱っていない。

グリーンインフラに関する市民協働に関する研究では、ニューヨーク・ゴワナス運河における市民協働によるグリーンインフラ実装と水辺再生に関する滝澤・渡辺²⁰⁾の研究、住宅や中学校での雨水貯留浸透実装を通して「あまみず社会」の普及へ向けた実践検討を行った田浦ら²¹⁾の研究などに限られている。その他、水辺再生や自然再生における市民協働に関する研究では、松浦川アザメの瀬の再生での住民参加の特徴として、自由参加や変化に応じて繰り返し話し合うことを述べた島谷²²⁾の研究、水辺再生において子供たちが参加する仕組み、個々の取り組みの相乗効果の重要性を指摘した林ら²³⁾の研究、自然再生事業においてステークホルダーのインタレストの形成の経緯の把握から合意形成プロセスを進めることの重要性を指摘した高田ら²⁴⁾の研究、かわまちづくり事業を対象に、多様な主体が緩やかに連携しかわまちづくりと一緒に考えることの重要性を指摘した田中ら²⁵⁾の研究などがある。

以上のように、都市域におけるグリーンインフラ導入に関する研究は、小流域を単位とした水循環分析に関する研究、海外の都市空間におけるグリーンインフラ政策や導入空間に関する研究は進んでいるが、市民協働に関する研究は限定されている。一方で水辺再生や自然再生分野における市民協働に関する上記の研究では、ステークホルダーのインタレストを把握しながら、話し合いを重ね、様々な活動を緩やかにつなぎながら計画や合意形成プロセスを進めることの重要性が指摘されている。グリーンインフラの場合は、水辺再生や自然再生に比べ、多機能性や管理区分を越境した計画や協働のデザインが求められる。本研究では以上の研究成果を踏まえながら、都市域のある地域において、実際に市民と小流域におけるグリーンインフラ導入に関する計画検討を協働で行い、その計画立案プロセスを分析、検証することを通して、市民協働型のグリーンインフラ導入計画に関する知見を考察することに特徴がある。本研究は筆者らが当事者となり、住民と共に地域課題解決に向けた計画検討を行い、「研究者が課題や問題を持つ人びととともに協働し、課題や問題を改革していこうとする実践であり、知識創造にも貢献する研究形態」²⁶⁾であるアクション・リサーチ型の事例研究である。

2. 研究の方法

本研究では、コンサルタント、研究者、市職員、鉄道

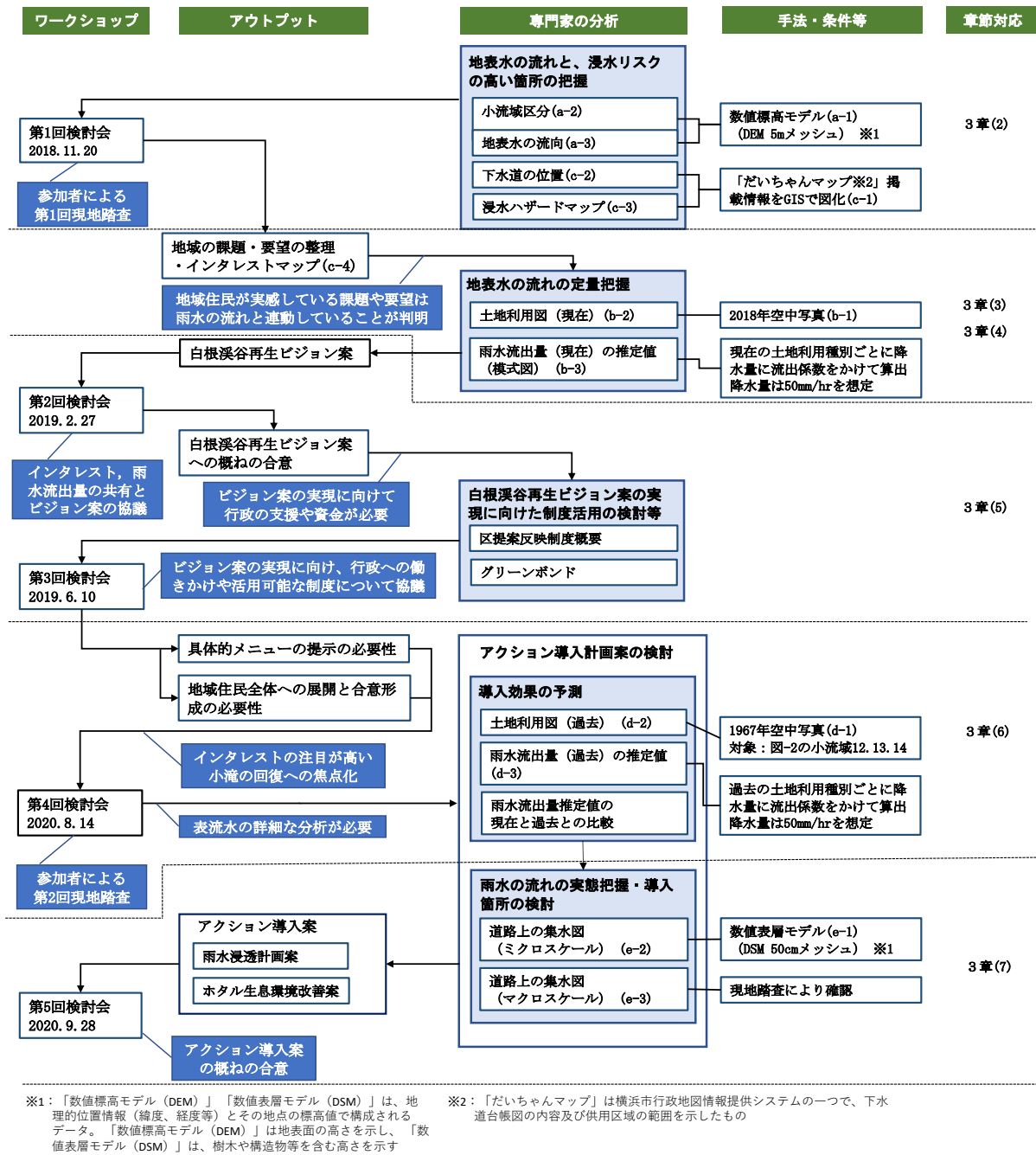


図-1 中堀川流域検討会のプロセスと検討内容の整理

会社などの有志から構成され、帷子川流域でのグリーンインフラ実装の可能性を検討する「帷子川グリーンインフラ研究会」を2018年に設置し、導入可能地域を探索した。白根小学校学校支援・地域連携本部しらねっ子サポーターズの金子光広氏の協力で、帷子川支流の中堀川が流下する白根地区町内会自治会連合会、中堀川プロムナード水辺愛護会などのステークホルダーの紹介を得て、ヒアリングを行った。

予備調査として、まず白根地区に対して小流域区分を設定し、表流水の流れと浸水リスクが高い箇所を把握した。また、洪水被害を受ける地域の自治会住民、河川での活動を行う市民を主なステークホルダーと特定した。

2018年11月より2020年9月にかけて、中堀川流域白根地区において、筆者らは地域の自治会住民らとともに、洪水抑制と環境改善を主目的とし、雨水浸透貯留を軸とするグリーンインフラ導入に関する検討会を継続的に開催した。検討会において住民と流域のフィールドワークを行い、流域の課題の整理とビジョン検討に関するワークショップを行った。検討会の参加者は、中堀川流域の白根地区町内会自治会連合会、旭北地区連合自治会の住民を中心とし、その他に帷子川流域のグリーンインフラ実装に関心を持つ有志である横浜市環境創造局、鉄道事業者、コンサルティング会社の職員がオブザーバーとして参加した。検討会の開催年月と検討内容を整理し、

図-1 に示す。本研究では、検討会でのグリーンインフラを導入した地域ビジョンの検討過程を詳述することを研究手法とし、検討を行うために用いた基礎データも分析の対象とした。分析に用いた基礎データは以下の通りである。

a) 数値標高モデル(5mメッシュ DEM)(a-1)を用いた小流域区分(a-2)、表流水の流向(a-3)。

b) 数値地図及び空中写真(b-1)を基に、土地利用を構造物、植栽地、裸地、舗装等に細区分(b-2)し、小流域ごとに推定した雨水流出量(b-3)。

c) 上記の結果、および、だいちちゃんマップ(横浜市下水道台帳)(c-1)を GIS 化した下水道の位置(c-2)、浸水ハザードマップ(c-3)を、住民のインタレストの空間分布に重ねて整理したインタレストマップ⁸⁾(c-4)。

d) 1967 年空中写真(d-1)を使用し、年代別の土地利用区分(d-2)より導出した雨水流出量の推定値の変動(d-3)。

e) AW3D 高精細版地形データ数値表層モデル(DSM 50cmメッシュ; Digital Globe, NTTDATA)(e-1)を用いて ArcGIS で解析して作成した道路上のマイクロスケールの集水図(e-2)、現地踏査で把握した道路上のマクロスケールの集水図(e-3)。

3. 白根地区グリーンインフラ地域ビジョンの検討

(1) 検討会の経緯

横浜市を流下する帷子川支流の中堀川は延長 1.15km の都市河川で、上流端の斉藤橋より上流部は上層開渠、下層暗渠の二層式水路になっている。水路区間は、横浜市のプロムナード事業による水路沿いの遊歩道が整備されている。中堀川および水路区間は、横浜市旭区内の 2 つの連合自治会を跨ぎ、地域住民によるプロムナードの修景や、ホテルの再生活動など積極的な河川空間の利活用が行われている。一方で、中堀川は横浜市旭区白根公園地下をバイパスとして流下しており、下流部のバイパスと本流の合流点では浸水リスクが高く、洪水も発生し住民が不安を抱えていた。

第一回検討会では、中堀川が流下する白根公園、白根神社周辺から帷子川合流点までの現地踏査を行った後、白根地区の小流域区分を住民に示した上で、治水や水循環上の課題について意見の聞き取りを行った。第二回検討会では、白根地区の小流域区分における雨水流出量の推定を住民に提示し、第一回検討会で抽出された住民意見のインタレストを整理し、インタレストマップとして地図上で共有した。その上で、白根地区におけるグリーンインフラ導入ビジョン案を提示した。第三回検討会では、これまでの議論を踏まえた上で、行政計画にどのようにグリーンインフラ地域ビジョンを取り入れうるか

「区提案制度」の活用や、グリーンボンドの可能性について検討を行った。区提案制度は、区が把握した地域のニーズから解決策を検討し、局における市としての予算化、制度化を区から提案する仕組みである。本制度活用を目指し、旭区区政推進課と打ち合わせを行ったが、制度利用のハードルは高く、まずは活動住民を組織化し「地域まちづくり組織」として認定を得て、「地域まちづくりプラン」を策定することを推奨された。しかし、本段階では、具体的な住民の参加、活動メニューが検討されておらず、住民を組織化することは困難であった。そこで、ビジョンを具現化するための具体的な取り組みを探索するため、第四回検討会において、インタレストで関心の高かった小滝の流量回復に焦点化し、現地踏査を行った。導入効果の予測、表流水の流れの詳細な分析と導入箇所の検討を行い、グリーンインフラを導入するための具体的なアクションと導入可能箇所を第五回検討会で示し、話し合いを行った。

(2) 第一回検討会に提示した小流域区分分析

数値標高モデル(5mメッシュDEM, 国土地理院)を使用し、ArcGISのアドオンソフトArc SWATによって解析を行い、中堀川下流部の白根地区周辺の小流域と表流水の流れを把握した(図-2)。Arc SWATには、ArcGISの空間解析機能を利用し、標高データから小流域分割と水の流れを自動的に処理する機能が搭載されており、この機能を使用した。

その結果、白根地区は図-2 に示す 27 の小流域に区分されること、上流部の斉藤橋付近とバイパス水路合流点の直下流の不動橋付近において降雨時に表流水が集中することが判明した。斉藤橋付近には、9 つの小流域(1~9)の表流水が流入し、不動橋付近では 3 つの小流域(17~19)の表流水が集中する。また、白根神社付近の小滝へは、3 つの小流域(12~14)の表流水が流入することが判明した。

分析結果は第一回検討会にて住民に共有した。住民との現地踏査での聞き取りで、不動橋付近にて浸水被害が多発していることが把握された。さらに、斉藤橋付近の道路狭窄部に対して道路拡幅の地元要求があるが、道路拡幅事業に伴う河道での河積低減が、雨水の集中箇所が求める河積確保と相容れないことで、事業が進まないことが明らかとなった。こうした住民が体験した被害や要望は、水の流れとの関連性が高いことが明確となった。

(3) 第一回検討会を踏まえ分析した土地利用分水と雨水流出量の推定

第一回検討会で提示した図-2「小流域区分と表流水の流向」を定量的に把握することを目的として、土地利用図を作成し、土地利用の種別ごとに流出係数を設定の上、



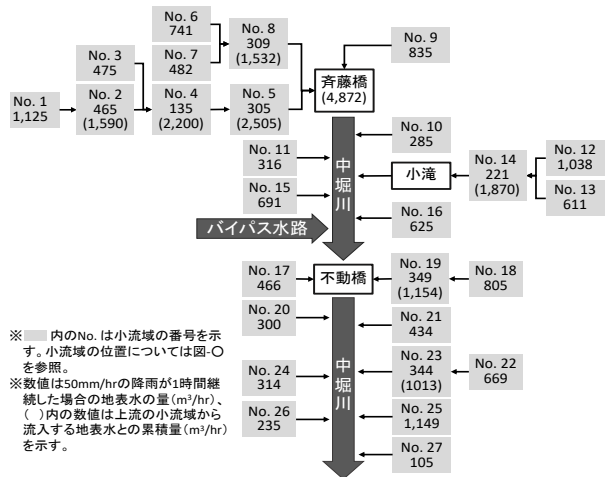
図-2 白根地区の中堀川小流域区分と流向

表-2 各小流域からの想定流出量

小流域番号	面積 (m ²)	降水量 (m ³ /hr)	地表水流出量 (m ³)	小流域番号	面積 (m ²)	降水量 (m ³ /hr)	地表水流出量 (m ³)
1	34,781	1,739	1,125	15	21,361	1,068	691
2	11,226	561	465	16	19,193	960	625
3	15,576	779	475	17	13,097	655	466
4	3,349	167	135	18	22,174	1,109	805
5	8,870	444	305	19	9,986	499	349
6	18,853	943	741	20	8,128	406	300
7	12,700	635	482	21	12,912	646	434
8	7,300	365	309	22	17,340	867	669
9	21,661	1,083	835	23	11,748	587	344
10	12,365	618	285	24	8,733	437	314
11	9,967	498	316	25	32,236	1,612	1,149
12	26,785	1,339	1,038	26	6,248	312	235
13	16,723	836	611	27	4,023	201	105
14	8,885	444	221	合計	396,220	19,811	13,827

表-1 土地利用区分と使用した流出係数

土地利用	流出係数	現地の状況	備考
建築物	0.9	住宅地内の建築物	「宅地」の値を使用
道路	0.9	道路	「道路」の値を使用
舗装	0.95	舗装された駐車場	舗装されており不透水性の材料に覆われていると判断されたことから「コンクリート等の不透水性の材料に覆われた土地」の値を使用
裸地	0.65	建築物周辺の植生に覆われていない土地や、公園の広場、グラウンド、舗装されていない駐車場など	整地された土地で占められるが、排水施設がある箇所とない箇所の両方が含まれ、両者を区別することは困難であったため、「運動場その他これに類する施設(雨水を排水する施設を伴うものに限る)(流出係数0.8)」と「ローラーその他建設機械で締め固められた土地(流出係数0.5)」の中間値を使用
芝地	0.5	公園の広場の芝地	土壌は粘性で締め固められている状態であるため、「ローラーその他建設機械で締め固められた土地」の値を使用
草地	0.35	造成地が草地化した箇所のような人工的に造成された箇所と、耕地が草地化したような箇所、樹林の林縁部など造成されていない箇所	林縁の草地「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(流出係数0.2)」と「ローラーその他建設機械で締め固められた土地(流出係数0.5)」の中間値を使用
樹林	0.2	樹林地	「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」の値を使用



※ 内のNo. は小流域の番号を示す。小流域の位置については図-2を参照。
 ※ 数値は50mm/hrの降雨が1時間継続した場合の地表水の量 (m³/hr)、()内の数値は上流の小流域から流入する地表水との累積量 (m³/hr)を示す。

図-3 表流水の流動の模式図

降雨量に流出係数を乗じることにより小流域毎の流出量を算出した。土地利用は、最新の基盤地図情報（2018年10月）と衛星画像を用い、構造物、道路、舗装、裸地、芝地、草地、樹林に区分して図化した。降雨量は、短時間強雨に相当する50 m³/hrの雨が1時間継続した場合を想定した。流出係数は「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」²⁷⁾に準じ、現地の状況を踏まえて設定した（表-1）。なお、この計算には、下水道による雨水の排出は算定に含まれていない。

各小流域の表流水の流出量を算定した結果を表-2に、表流水の流れを模式的に表現したものを図-3に示す。

白根地区では、降雨量の約70%（19,811m³/hrの降雨に対し13,827 m³/hrが流出）が浸透せずに流出することが分かった。表流水が集中する斉藤橋付近では4,872 m³/hrが集まり、浸水被害が発生しやすい不動橋付近では1,620 m³/hrの表流水が集まりうることを示された。この結果は、斉藤橋付近において河積の確保が必要であることや住民が体験した浸水被害を定量的に裏付けられたことを示すものであった。

(4) 地域住民のインタレストと治水および水循環における課題

小流域区分と表流水の流向、下水道の位置、浸水ハザードマップを重ねたベース図を第一回検討会で提示し、地域住民の意見を聴取した。治水に関するものや、生活、

住民活動、環境・景観に関するものなど、多様なインタレストが挙げられた（表-3）。

各インタレストと地域の水循環における空間構造の関連性を可視化するためにベース図に上記で得たインタレストとその位置を記載し、インタレストマップとして整理した（図-4）。

表-3 地域住民のインタレスト一覧

項目	インタレスト	内容
治水	浸水被害	バイパス水路合流点から不動橋周辺および下流部に大雨時に水が貯まりやすい箇所がある。
	大雨時の増水	バイパス水路合流点付近は、大雨時にかなり増水する。周辺住民が住居浸水を懸念している。
	びんだら池跡一時貯留	かつて池であった窪地を大雨時の一時貯留に使えないか。
生活	道路の拡幅	斉藤橋付近は通学路にもなっているが、道幅が狭い上に交通量が多く危険である。道路が拡幅され歩道が確保されるとよい。しかし、治水上川幅を確保するために道路を拡幅できない。
住民活動	河床へのアクセス改善	河床にゴミが目につき、清掃活動を実施したいが、河床へのアクセスが困難である。
環境・景観	在来魚の遡上	アユでなくても、在来魚が遡上できるような川がよい。河道に魚道設置ができないか。
	ホテルの生息環境再生	かつて生息していたホテルが戻ってくるとよい。降雨時に公園から雨水が流れ込む崖地がある。晴天時は乾燥しているが、湿った崖地を再生できれば、ホテルが帰ってくるのではないかと。
	溪谷景観の再生	白根神社の社寺林と一体となった溪谷景観を再生させたい。
	小滝の流量回復	晴天時に流水は少なく、降雨時に流水が見られる。かつては流量が多かったので回復させたい。

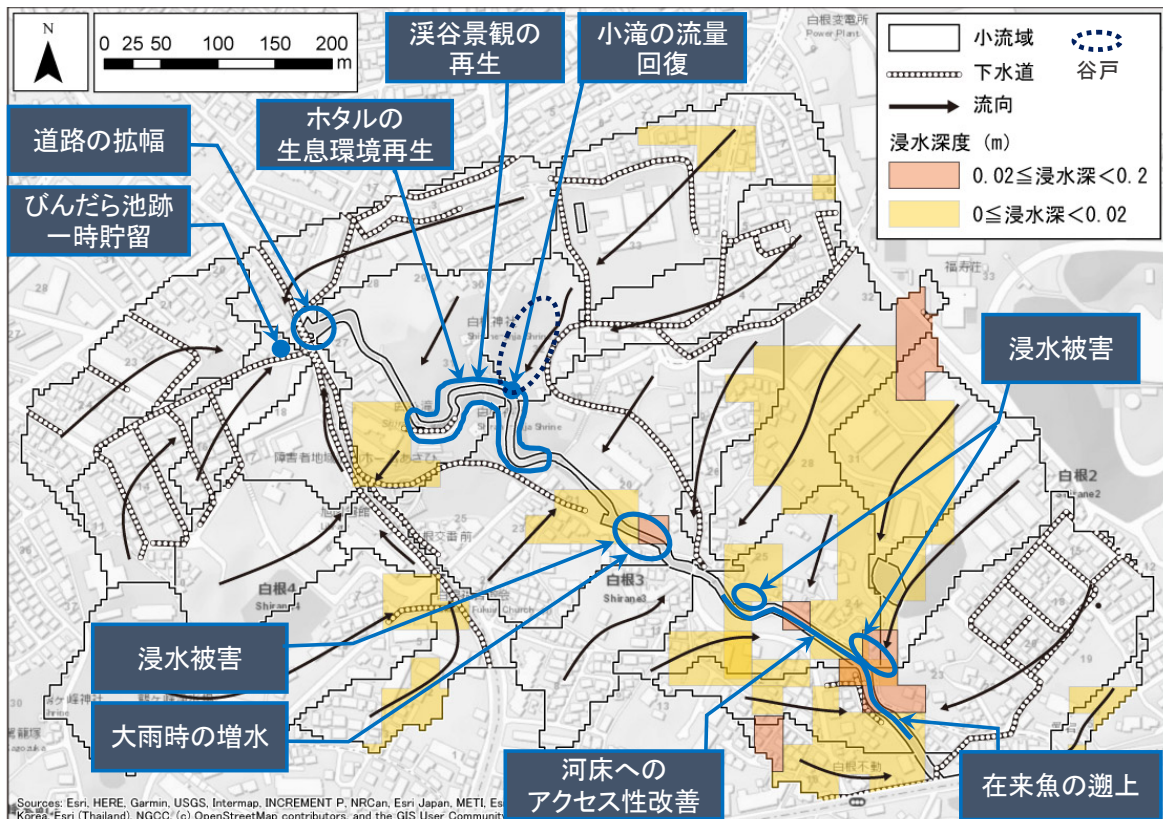


図-4 第一回検討会の意見を記載した中堀川小流域インタレストマップ

把握された地域住民のインタレストが示す治水上および水循環に関する課題の実態を把握するために、小流域における水循環の詳細に関する分析と解決に向けた検討を行った。

斎藤橋付近では表流水が集中するものの、斎藤橋の上流で河川水はバイパスされるため、この箇所での治水が保たれていることがわかった。また、斎藤橋付近に「びんだら池跡」という地形的に雨水が集中する箇所が存在する。計画規模を超える降雨が発生した場合、この池跡の窪地を雨水の一時貯留池として活用することで、斎藤橋付近の治水安全度が高まると考えることができる。

バイパス水路の合流点より下流の不動橋周辺では、浸水リスクが高くなっている。この箇所は、バイパス水路

の合流点ゆえに中堀川の流量が大きくなることに加え、周囲の標高よりも低く地形的にも表流水が集中しやすくなっている。よって浸水リスクの低減には、第一にバイパス水路への流入量を減少させること、第二に表流水の流入量を減少させることが必要である。第一のバイパス水路への流入量の減少には、白根地区よりも上流地区での雨水貯留浸透対策が必要である。第二の表流水の流入量減少には、不動橋付近に直接流入する小流域での雨水貯留浸透対策が必要である。

白根神社付近の小滝(図-5)は、社寺林である不動の森の谷戸の湧水から流下し、晴天時に流水は少なく、降雨時に表流水の増加がみられる。小滝の上流側には3つの小流域があり、これらの小流域は、小学校や住宅地を含み、樹林や草地などの雨水を浸透しやすい土地利用は少ない状況であった。また、上流側の2つの小流域の表流水は、雨水管を通して人工的に下流へ排水されていることが分かった。よって、小滝上流部の小流域において雨水貯留浸透対策を進めることと、雨水管の流入量を減少させることで、小滝の流量の回復が促進されると考えられた。



図-5 白根神社の小滝

(5) 白根地区におけるグリーンインフラ導入ビジョン

上記の検討による白根地区における水循環の課題と解決の方向性および、住民のインタレストを踏まえた上で、地域コミュニティの核となっている白根公園、白根神社周辺のオープンスペースにおけるグリーンインフラ導入ビジョンを検討し(図-6)、第二回検討会で提示した。

白根溪谷再生計画(案)

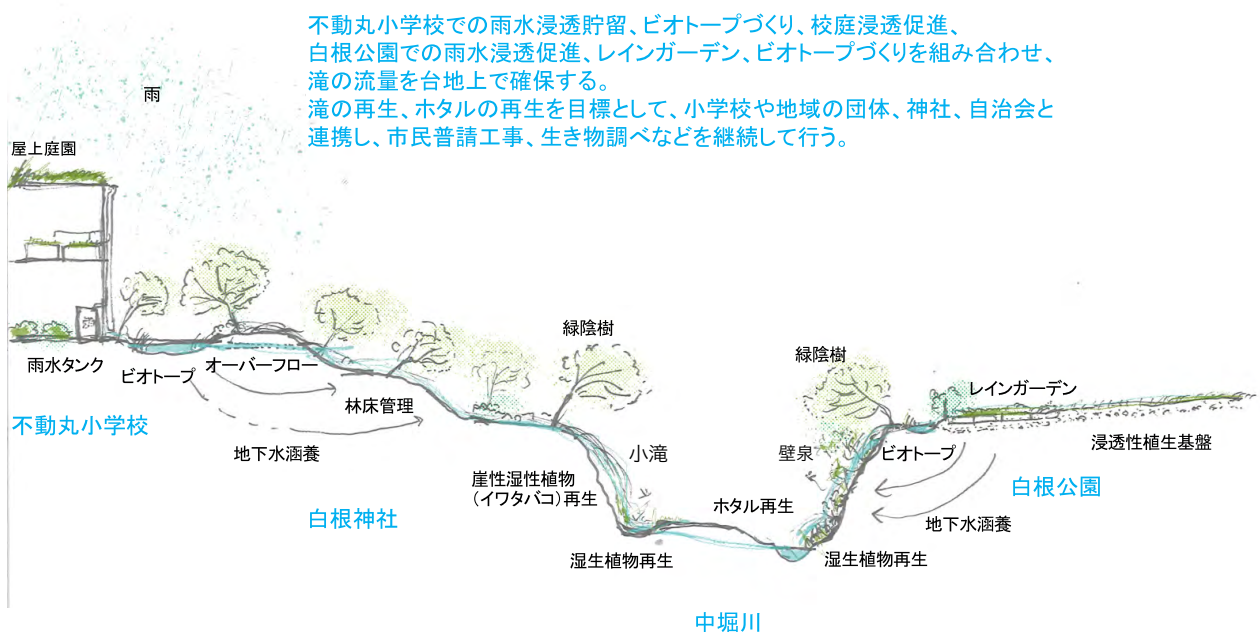


図-6 白根地区のグリーンインフラ導入ビジョン (滝澤作成)

不動丸小学校での雨水浸透貯留、ビオトープづくり、校庭浸透促進、
白根公園での雨水浸透促進、レインガーデン、ビオトープづくりを組み合わせ、
滝の流量を台地上で確保する。
滝の再生、ホタルの再生を目標として、小学校や地域の団体、神社、自治会と
連携し、市民普請工事、生き物調べなどを継続して行う。

白根公園付近における住民のインタレストとして、小滝の流量回復、中堀川の渓谷景観の再生、ホテルの生息環境の再生などが存在していた。特に社寺林の谷戸から流下する小滝は、白根神社が白根不動と呼ばれていた中世から修験道の聖地として、この地における歴史的な文化的景観でもあったことから、地域住民の関心も高かった。これらの住民のインタレストは水循環の上で連動しており、結合的に実現することをビジョンの目的とした。具体的には、小滝上流域の不動丸小学校での雨水貯留浸透、ビオトープづくり、校庭浸透促進、谷戸の林床管理を組み合わせ、谷戸の地下水涵養を行い、滝の流量を確保すること、また隣接する白根公園での雨水浸透促進、レインガーデン、ビオトープづくりを促進し、ホテルの生息に適した湿地環境を中堀川水際部に再生することを目指している。この案は、住民の発言したキーワードを活かし「白根溪谷再生ビジョン」と名付けた。白根地区の小流域の水循環のネットワークにおいて象徴となる場の水循環健全化に向けたデザインである。このグリーンインフラ導入ビジョンは、検討会において住民から賛同を得た。

本ビジョンを実現するために、今後、小流域における小学校、自治会、地域団体、神社等のステークホルダーと連携し、様々な事業を組み合わせながら具体的なアクションを行っていくことを予定している。

(6) 小滝の再生へ向けた浸透量の定量分析

グリーンインフラ導入ビジョンの中でも地域の関心の高かった小滝の流量の減少量を把握するため、小滝に至る小流域に着目し、樹林や草地が多かった1967年と2018年の土地利用における小滝への流入量を推定した。1967年と2018年撮影の空中写真を基に小滝の上流側の小流域12、13、14の3つの小流域について土地利用図を作成し(図-7)、土地利用の種別ごとに流出係数を設定の上、降雨量に流出係数を乗じて小流域ごとの流出量を算出した(図-8)。なお、本流域の主要な道路は1967年には既にできていることから、この頃には既に現在の地形の概形が成立していたと考え、現在と同様に小流域12、13の表流水は小流域14に流入すると想定した。また、蒸発散量や地表の滞水量は見込まず、降雨のうち流出する表流水以外は地下に浸透し、地下に浸透した水は、表流水と同様に小流域12、13で浸透した水が小流域14に流入すると仮定した。さらに、2018年では、小流域12、13の表流水は雨水管を通じて不動橋下流に流下していることから、小滝に流入する水は小流域12、13の地下水と小流域14の表流水と地下水とした。その結果、小滝に流入する可能性のある雨水の量は、1967年には表流水と地下水を合わせて2,627.8m³/hrであったのに対し、2018年には971.2 m³/hrと大幅に減少したことが分かった。この分析結果を住民に伝えたところ、白根神社の社寺林が昔よりかなり少なくなっており、滝の流量が

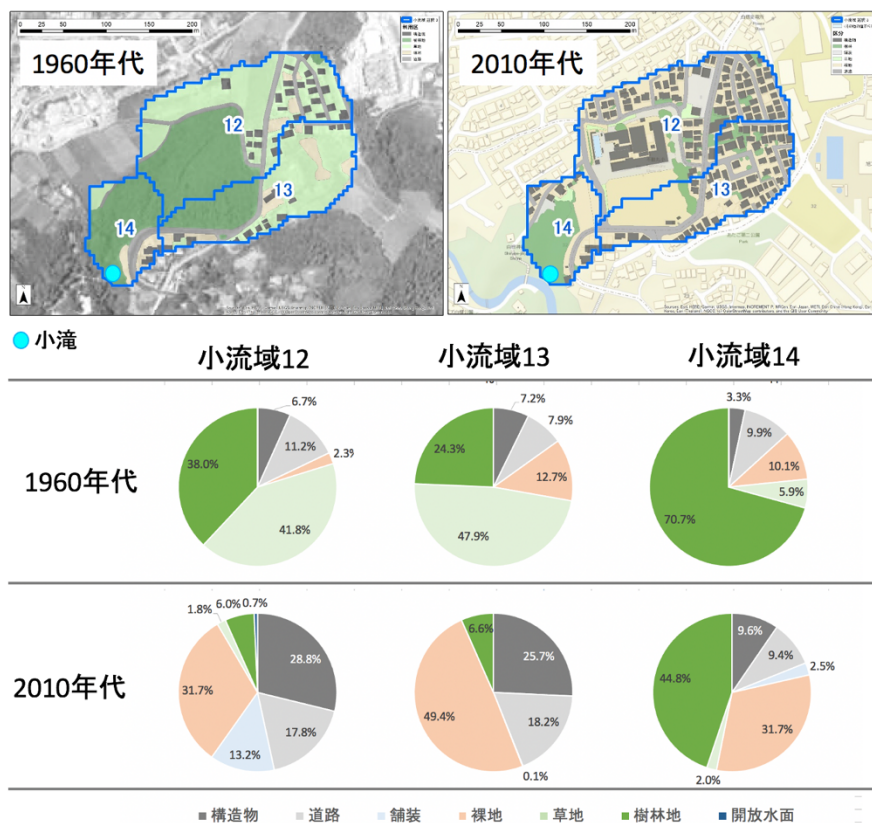


図-7 小滝に流入する小流域ユニットの土地利用区分の年代比較

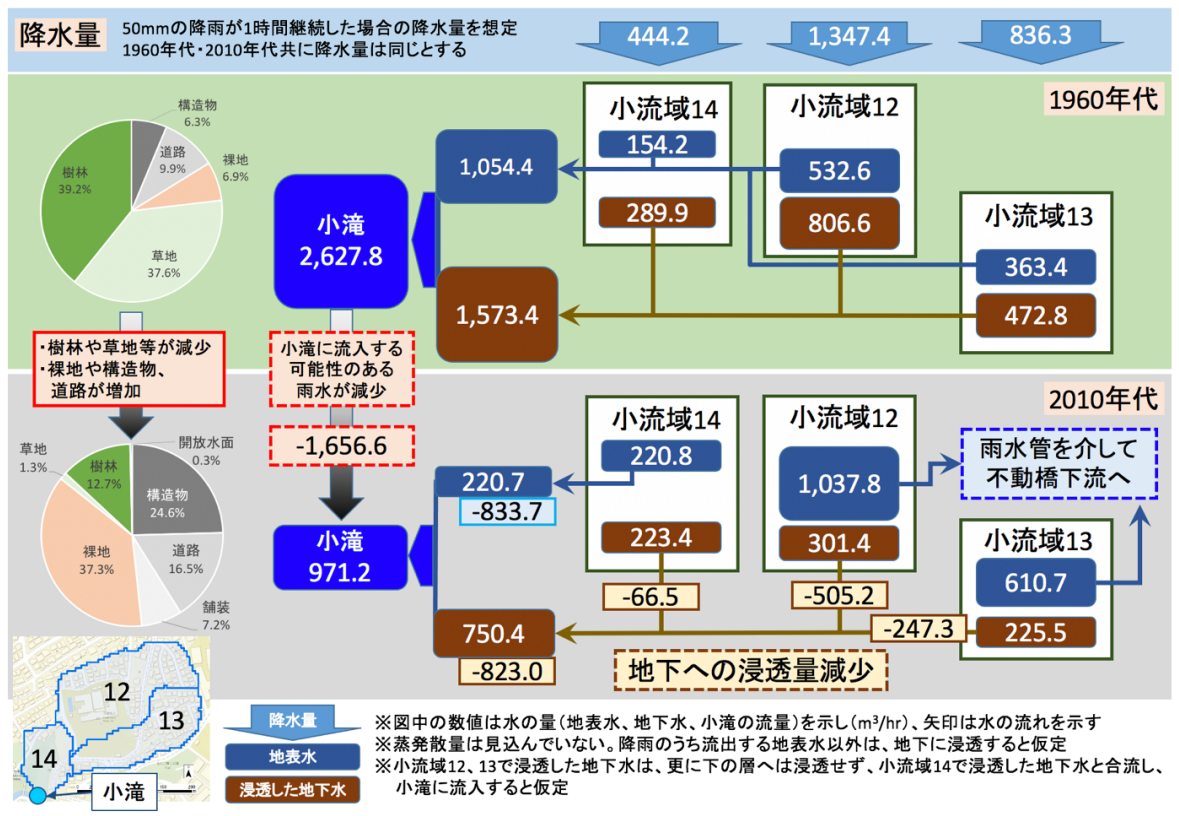


図-8 小滝に流入する小流域ユニット流出量の年代比較整理

減少しているという生活実感が、流入量の減少という数値によって裏付けられたことに住民は納得を示し、小滝に流入する小流域において浸透域を増やす必要性に共感をえた。また、雨水管を通して多くの雨水が下流の浸水被害の多い不動橋付近へ排水されていることに驚き、上流2つの小流域で浸透貯留を行うことが下流の治水に繋がることへの理解も得た。

(7) ビジョンの一部を具現化するアクション実施箇所の検討

グリーンインフラ導入ビジョンを具現化するために、小滝の流量回復とホテルの生息環境再生という象徴的な環境改善に向けて、具体的なアクション実施箇所を検討した。

小滝の流量回復のためには上流部の小流域において雨水貯留浸透を進めることと、雨水管に入る雨水の量を減少させることが必要と考えられたことから、雨水管への流入を減少させ雨水貯留浸透を進める箇所について、AW3D 高精細版地形データ数値表層モデル(50cmメッシュ)を用いてArcGISによって解析して作成した道路部の累積流量メッシュ数(図-9)と、現地確認によって把握した。その上で、実施アクション内容と導入箇所を図-10に整理した。以下に検討内容の詳細を記す。累積流量メッシュ数は、降った雨が地表の流向に応じて集まる過程で通過していくメッシュの累積的な個数を示す数

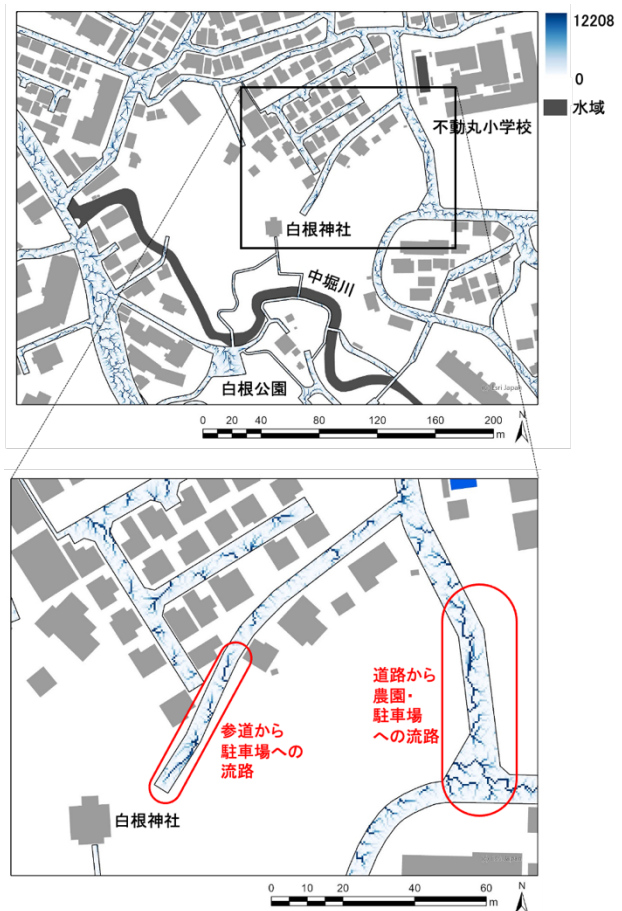


図-9 道路部の累積流量メッシュ

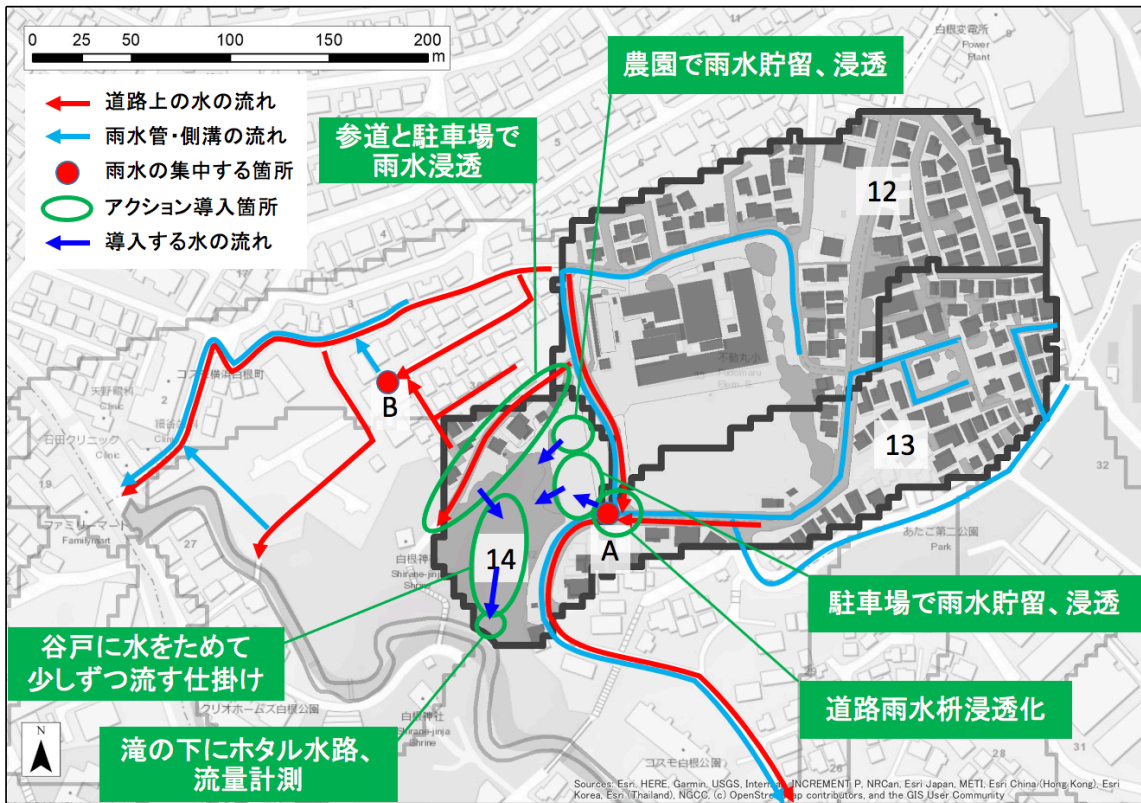


図-10 表流水，雨水管の流れとグリーンインフラ・アクション導入箇所

であり、集水経路に沿って値が積み上げられながら高くなる。小流域 14 の谷戸へ導水可能性のある道路部の表流水の流路として、道路から小学校の農園と駐車場への流路、参道から駐車場への流路が抽出された（図-9）。

また、小流域 12、13 に雨水が道路を流下して集中する箇所があり、そこから集水ますを經由して雨水管に入ることが分かった（図-10 の赤丸 A 地点）。その箇所に雨水貯留浸透施設を設置することで、浸透量が増加するとともに、雨水管への流入を減少させることが可能と考えられた。一方で、道路上の水の流れが集中する図-10 の B 地点は、小滝に流入する小流域に属しておらず、雨水管によって中堀川の上流部に雨水が排水されるが、住宅地の雨水管網は小滝に流入する谷戸と分断されており、雨水を導くのが困難であると考えられた。

小滝に流入する谷戸に隣接する小学校農園、駐車場、参道においては、雨水貯留と地下貯留施設の設置、ビオトープ、浸透性舗装の導入を組み合わせることによって、谷戸への雨水流入を増加させることが考えられた。谷戸自体でも、林床管理による土壌の浸透能改善や、土嚢などを段状に設置することによって水を貯めて少しずつ流す仕掛けにより、小滝の流量を安定させることが可能と考えられた。小滝の下では、流量の増減をモニタリングするための流量計設置に加えて、滝の落水が中堀川に流下するまでの区間にヘイケボタルの幼虫を育成する水路を形成することを通して、地域で浸透貯留した雨水とホ

タルの生息環境再生のつながりを直接可視化することが可能となると考えられた。

4. 考察

(1) 地域の小流域スケールの水循環と地域課題を重ね合わせる可視化手法の有用性

住民と共に現地を歩き、聞き取りにより把握した浸水状況や水循環上の課題を、小流域区分と流向、さらに雨水流出量の推定と照合することによって、住民の実感を定量的に把握し、地図上に表現することが可能となった。小流域単位での水循環を定量化・可視化した小流域地図は、住民が生活の中で目撃した表面流出や浸水被害の状況を、より客観的な事象として関係者間のあいだで共有するツールとなった。また、ハザード情報を加えた小流域地図に地域住民のインタレストを重ね合わせたインタレストマップとして表現することにより、住民の多様なインタレスト特性を水循環の視点から空間的に把握することが可能となった。

さらに、住民の特定のインタレストに合わせて小流域区分のスケールを下げ、より細かな小流域区分での水循環の実態を把握することで、具体的なアクションに向けた計画検討が可能となった。小流域内のよりスケールの小さな集水環境の評価の必要性は横田・江藤¹⁵⁾も指摘しており、市民の関心に併せて小流域の計画スケールを

拡大縮小させることは重要と考えられる。

(2) 表流水の把握を通じた小流域の環境デザイン

本研究のグリーンインフラに関する検討会のプロセスにおいて、従来の公共インフラ整備の市民参加や、緑地管理における地域活動と異なる点として次のことが挙げられる。地域の表流水の流れを媒介としながら、地域の防災と環境改善の両立においてボトルネックとなる共通の課題を地域住民が自発的に把握し、その課題解決に向けて地域ビジョンの検討を行ったことである。

これは、谷戸などの元の地形を活かし、道路など不浸透面の表流水の流路を緑地（浸透環境）に接続する地点を連続的に見出し、それに沿って浸透・貯留機能の高い植栽基盤や土壌環境を連続させていくことで、流出抑制による減災と谷戸の生態系の回復を両立し、小流域スケールの一体的な環境復元につなげていくアプローチである。このアプローチにより、計画の段階だけではなく、個別の環境整備やそのアクションの導入以降も、表流水のモニタリングを通じた持続的な水系基盤の環境管理が実現されると考えられる。

市民科学(Citizen Science)に関する研究では、市民は、単なる参加者ではなく、流域のモニタリングを蓄積して重要な変化を特定し、必要な対策を啓発していくための重要なアクターであると認識されている²⁹⁾。持続的な雨水管理型のグリーンインフラ検討において、表流水の状況やその変化を把握することを契機として、市民が小流域で活用できる緑地を把握し、そのような緑地の管理や活用を促進していくことは重要である。

(3) 住民の関心が高いインタレストに焦点化した目標設定の検証プロセス

地域住民にとって白根神社とそれを取り巻く樹林、谷戸地形、小滝などの小水系が重要な文化的景観であることは、インタレストの集中や、第二回検討会で「白根溪谷の景観再生」や「小滝の流量回復」というキーワードが住民から提示されたことから認識された。これらのインタレストを念頭に、白根溪谷を再生することを目的として、地域の水循環システムを健全化させるストーリーを設定した。都市域の水循環という一般の住民にとって理解や共感が困難と思われるテーマでも、地域住民のインタレストを読み解き、地域で共感、賛同を得やすい景観形成のプロセスと紐付けることができれば、参画が進むことが考えられる。

ビジョンを具現化するための目標設定においては、住民のインタレストとして要望が強かった小滝の流量回復と、地域で活動実績があったホタルの生息地再生を目標としてまず共有し、定量的なフィージビリティを事後的に検証するステップを踏んだ。該当箇所の流量に関する

時系列的な定量比較分析を目標設定の後から住民に示した結果、当初の目標に向けたアクションは、結果的に治水上の課題解決にもつながるアクションであったことが住民にも理解された。

グリーンインフラでは多機能性という視点が重要であることは指摘²⁾されている。多機能性を内包する目標設定を住民と形成するためには、住民が注目し、地域で関心の高いインタレストにまず焦点化して目標を設定し、その目標が、治水などのより公共性の高い機能と連動していることを事後的に理解を促し、共有するプロセスを踏むことが有効であると考えられる。

5. 結論

都市河川の小流域において、地域住民とともに協働型のグリーンインフラ導入による地域ビジョンを計画するための検討プロセスを、地域での実践を通して考察した。検討においては、小流域区分、表流水の流向の把握、土地利用分水と雨水流出量およびその変遷の推定、下水道の位置や浸水ハザードマップ、市民の要望を整理したインタレストマップ作成を行い、地域におけるグリーンインフラ導入ビジョンとアクションを示した。その結果、地域の小流域スケールの水循環と地域課題を重ね合わせる可視化手法の有用性、表流水の流れの把握を通じた小流域の環境デザイン、住民の関心が高いインタレストに焦点化した目標設定の検証プロセスが、地域のグリーンインフラビジョンを市民協働で計画を策定する上で有効であることが整理された。以上のような計画策定プロセスは、流域全体で市民、民間、行政など多様なステークホルダーが協働して治水を行う「流域治水」においても参考になる知見と考える。アクションの定量的な目標の設定方法、具体的に整備する環境の設計手法などを今後の研究課題としたい。

参考文献

- 1) 福岡孝則, 遠藤秀平, 槻橋修: Livable City (住みやすい都市)をつくる, マルモ出版, 2017.
- 2) グリーンインフラ研究会: 実践版! グリーンインフラ, pp. 16-24, 日経BP社, 2020.
- 3) European Commission: Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and The Committee of The Regions Green Infrastructure (GI), 2013.
- 4) EPA: What is Green Infrastructure?, 2014.
- 5) 山口敬太, 福島秀哉, 西村亮彦 編著: まちを再生する公共デザイン—インフラ・景観・地域戦略をつなぐ思考と実践, p. 41, 学芸出版社, 2019.
- 6) グリーンインフラ研究会: <https://www.gi-assoc.net/>
- 7) グリーンインフラ官民連携プラットフォーム: <https://gi-platform.com/about/#about>
- 8) 滝澤恭平, 清野聡子: ステークホルダー分析に基づ

- いた海岸災害復旧事業における地域空間のインタレスト構造, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 75 巻, 5 号, pp. I_93-I_108, 2019.
- 9) 王尾和寿: 流域圏における水系を視点とした景観特性の分析, 地学雑誌, 117 巻, 2 号, 2008.
 - 10) 片桐由希子, 山下英也, 石川幹子: 流域の水循環に視点を置いた小流域の緑地環境の変化に関する研究, ランドスケープ研究, 68 巻, 5 号, pp. 913-918, 2005.
 - 11) 片桐由希子, 山下英也, 石川幹子: 小流域を基礎とした緑地計画の検討手法に関する研究, ランドスケープ研究, 70 巻, 5 号, pp. 643-646, 2007.
 - 12) 飯田晶子, 大和広明, 林誠二, 石川幹子: 神田川上流域における都市緑地の有する雨水浸透機能と内水氾濫抑制効果に関する研究—内外水複合氾濫モデルを用いたシミュレーション解析—. 日本都市計画学会都市計画論文集, 50 巻, 3 号, pp. 501-508, 2015.
 - 13) 横田樹広, 江藤菜々子: 横浜市・帷子川流域を対象とした集水微地形に着目した緑地立地環境の評価, 環境情報科学論文集, ceis33 巻, Vol. 33 (2019 年度環境情報科学研究発表大会), pp. 271-276, 2019.
 - 14) 小河原洋平, 田浦扶充子, 島谷幸宏: 善福寺川上流域を対象にしたグリーンインフラによる流出抑制及び CSO 抑制効果: 水工学論文集, 63 巻, pp. 355-360, 2018.
 - 15) 遠藤新: 米国都市における雨水流出管理政策としてのグリーンインフラ計画に関する研究, 都市計画学会論文集, 46 巻, 3 号, pp. 649-654, 2011.
 - 16) 花井建太, 遠藤新: 米国ポートランド市におけるグリーンストリート施策の研究, 都市計画学会論文集, 46 巻, 3 号, pp. 655-660, 2011.
 - 17) 福岡孝則, 加藤禎久: ポートランド市のグリーンインフラ適用策事例から学ぶ日本での適用策整備に向けた課題, ランドスケープ研究, 78 巻, 5 号, pp. 777-782, 2015.
 - 18) 木下剛, 苅京祿: イングランドにおける洪水リスクの緩和に資するグリーンインフラの実施例とその特徴, ランドスケープ研究, 80 巻, 5 号, pp. 695-700, 2017.
 - 19) 中島直弥, 星野裕司: 気候変動適応に向けたインフラ計画の展開プロセスと実行支援に関する研究—デンマーク王国コペンハーゲン市のクラウドバーストプランを事例として, 都市計画論文集, 52 巻, 3 号, pp. 1185-1190, 2017.
 - 20) 滝澤恭平, 渡辺剛弘: ニューヨーク市ゴワナス運河流域における地域主体によるグリーンインフラ適用, ランドスケープ研究, 83 巻, 5 号, pp. 661-666, 2020.
 - 21) 田浦扶充子, 島谷幸宏, 小笠原洋平, 山下三平, 福永真弓, 渡辺亮一, 皆川朋子, 森山聡之, 吉富友恭, 伊豫岡宏樹, 浜田晃規, 竹林知樹: 分散型の水管理を通じたあまみず社会のデザインと実践, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 75 巻, 5 号, pp. I_153-I_168, 2019.
 - 22) 島谷幸宏: 松浦川におけるアザメの瀬自然再生計画, 河川技術論文集, 9 巻, pp. 451-456, 2003.
 - 23) 林博徳, 島谷幸宏, 泊耕一: 自然再生事業における維持管理体制の在り方に関する一考察, 河川技術論文集, 17 巻, pp. 535-540, 2010.
 - 24) 高田知紀, 豊田光世, 佐合純造, 関基, 秋山和也, 桑子敏雄: 社会基盤整備における合意形成プロセスの構造的把握に関する研究, 土木学会論文集 F5 (土木技術者実践), 68 巻, 1 号, pp. 27-39, 2012.
 - 25) 田中尚人, 光永和可, 園田晃大: 菊池市のかわまちづくりにおける参加・協働に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 75 巻, 6 号, pp. I_249-I_257, 2019.
 - 26) 藤井達也: 質的研究を活用する参加型アクションリサーチ, 社会福祉実践理論研究, 15 号, pp. 91-105, 2006.
 - 27) 国土交通省: 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 年国土交通省告示第 521 号), 2004.
 - 28) Paul, J. D., et al.: Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building, *Wires Water*, Vol. 5, Issue 1, 2018.

(Received June 18, 2021)

(Accepted December 28, 2021)

PLANNING PROCESS FOR COMMUNITY BASED GREEN INFRASTRUCTURE IMPLEMENTING IN SMALL WATERSHED OF URBAN AREA

Kyohei TAKIZAWA, Tadashi IKEDA, Satoru YOSHIHARA and Shigehiro YOKOTA

The purpose of this study is to show the knowledge of the method to develop the regional vision by applying the green infrastructure collaborated with local residents in the small watershed of urban area. In a study with local residents in the Nakahori River, Yokohama City, the following steps were performed: classification of subwatersheds and understanding of the flow direction of surface water, estimation of land use diversions and rainwater runoff and their changes, creation of an interest map that summarizes the location of sewerage systems, flood hazard maps, and citizens' interests, and creation of a vision for the adoption of green infrastructure in the region and action points. As a result, it is considered that a) a visualization method to superimpose the water cycle and local issues at the scale of a local sub-watershed, b) environmental design of the sub-watershed through understanding the flow of surface water, and c) a verification process to set goals according to the interests of local residents, are important for the collaborative planning process of green infrastructure.