小流域を基礎とした緑地計画の検討手法に関する研究

An Evaluation Method for the Plan of Greenery and Open Space based on Small Watershed Unit

片桐由希子* 山下 英也* 石川 幹子**

Yukiko KATAGIRI Hideya YAMASHITA Mikiko ISHIKAWA

Abstract : This paper aims to clarify the effectiveness and the problem of the current landscape conservation system based on small watershed unit. The survey area is Yokohama city. We first prepared datasets of landuse in 1945, 2004 and in three scenarios of the administration of the landscape conservation system, and calculated the percolation of rainwater of each small watershed as an environmental indicator. Then, using the result of all cases as indices, we classified the small watersheds by the cluster analysis in order to analyze the relationship between the landscape conservation system and the environmental change. The study revealed the following: (1) In 1945, most of the small watersheds in Yokohama City had high capacity of watershed protection. However, there are only a few small watersheds maintaining the same condition in 2004. (2) The small watersheds were classified into eight groups. (3) In the watershed protection area, we identified forest areas in riverhead, farming areas and urban areas which include slope forests. (4) Urbanization control has played an important role in maintaining the environment. However, there is not enough conservation system for small green spaces in urban areas.

Keywords: *Small Watershed Unit, Openspace, G I S, Master plan for greenery and open space, percolation of rain fall*

キーワード: 小流域, 緑地環境, G I S, 緑の基本計画, 雨水浸透機能

1. 研究の目的

今日の緑地計画では、水循環や生態系といった地域環境の総合的なマネジメントが求められている。地域環境の現況と施策や事業の効果が定量的な評価として示されることは、市民の理解と協力を得るために、重要となっている。

流域はこのような地域環境の課題を総合的に扱う地形単位として注目され、既に環境保全に関する計画に広く取り入れられている概念である。一方、複数のシナリオでの環境変化の違いの可視化は、戦略的環境アセスメントなどですでに広く行なわれる手法である。基礎的な環境情報から市域の複数の環境保全機能を評価し施策の有効性を検討した研究¹⁾、土地利用や治水対策のシナリオから流域の水質や流出量の変化を評価した研究²⁾などがある。

流域による環境評価の既往研究では広域レベルを対象にするものが多い。近年では、都市・地区レベルの集水域（以下、小流域）を基礎とした定量的な環境評価の研究としては、土地利用の変遷や植生による環境特性の把握³⁾、水循環の指標による緑地環境評価⁴⁾、生物生息可能性の評価⁵⁾や緑地保全施策の変遷と緑地環境の変化の分析⁶⁾の事例研究が行われている。しかしながら、小流域の緑地環境と保全施策の対応を評価する手法については十分に検討されておらず、シナリオの違いによる緑地環境の変化を分析する研究も行われていない。

そこで本研究では、緑地環境の変遷と現行制度の有効性と課題について、小流域を単位にシナリオを用いた分析を行った。

2. 研究の方法

(1) 対象地の概要

対象地は横浜市区(面積 435km², 人口約 360 万人)とした(図-1)。当該市は、多摩丘陵南部に位置し、谷戸に代表される細かな流出地形が分布する地域である。市民の森制度や農業専用地域などの独自の制度を活用することで、急激な市街化の中で緑地環境を維持してきた経緯がある。小流域を基礎とした緑地環境評価による

現行制度の有効性と課題の分析の対象として適切といえる。

(2) 研究の手法

(i) 単位流域の設定

単位流域となる小流域は、1/25,000 の地形図から作成された 10m 間隔の標高データ⁷⁾を元に、ArcGIS の水解析機能である Hydrology Modeling を用いて抽出した。本対象地では、50m 間隔の標高データを用いた小流域図が作成されているが³⁾、より細かな流域の再現性を考慮し新たに作成したものである。集水面積の閾値は、対象地の地区レベルの分析の単位区分として適当であった 10ha を採用した³⁾。小流域図の作成範囲は宅地造成等規制法の対象区域である丘陵・谷戸部と、50m の標高データをもとに作成した小流域図の非集水域を除いた丘陵・台地とし、Hydrology Modeling での小流域の抽出が不可能である低平地を除いた。

抽出した小流域は、市内を流れる主な 7 つの河川とその支流、臨海部で区分した。台地面や大規模宅地造成により、実際とは異なる集水域が抽出される箇所では地形図をもとに修正を行なった。

(ii) 基礎データの整備

現況と農的な利用形態が中心であった高度成長期以前の土地利用図を作成し、共通の凡例を設定した。過去のデータは 1945 年の 1/25,000 の地形図をもとに作成し、現況は 2004 年の土地利用現況に、樹林地や草地、農地を緑被地として抽出したデータを重ねて作成した(表-1)。2004 年の公園緑地、法律・条例に基づく指定地区は、横浜市の緑のオープンスペースに関する事業箇所についてのデータを用いた。それぞれのデータは shape ファイルとして作成し、空間解析の際に 1m メッシュのラスターデータに変換した。空間解析では、ArcGIS の Spatial Analyst のクロス集計機能を用いた。

(iii) シナリオによる小流域の緑地環境の変化の推定

過去と現在、現行の緑地環境保全に関する制度の運用シナリオに基づいて予測した将来を定量的に評価し、小流域における緑地環境の変遷と、現行制度の有効性について分析した。

*慶應義塾大学大学院政策メディア研究科 **慶應義塾大学環境情報学部

表－１ 土地利用の凡例と使用した GIS データ

区分	凡例	緑被土地利用現況		過去の土地利用
		緑被地(2004) 第8次緑地環境診断調査 (横浜市環境創造局)	土地利用現況(2002) 都市計画基礎調査 (横浜市まちづくり調整局)	1:25,000 地形図 (1945,1955) 国土地理院
緑被地 (自然的 土地利用)	樹林地	樹林地	平坦地・山林	樹林地 (針葉樹林、広葉樹林、竹林、雑草地)
	草地・荒地	草地	荒地・海浜	荒地(荒地・草地)／芝地・園地
	田	田	田	水田(湿田、沼田、乾田)／湿地
	畑	畑	畑	畑地又は空地／果樹園(果園、茶畑、苗木畑、樹木園、桑畑)
非緑被地 (都市的 土地利用)	開放水面	開放水面	河川、水路、水面	水域(河川、湖沼、ため池、水路)
	宅地	・緑被地の凡例がある箇所は、緑被を優先し、地目を緑被の細区分として設定する。(住宅地内の樹林地等、防衛用地内の農地等)	住宅用地、併用住宅用地、業務用地、商業用地、宿泊施設施設用地、工業用地、運輸施設用地、農地施設	市街地／集落(集落、社等地、墓地)集落(低密度・住宅の点在する地域) * 地形図からは緑被が読み取れないため、雨水浸透量のシミュレーションでは、集落の30%、集落(低密度)の50%を畑地または空き地として算出した。
	公共用地	公共用地	公共用地、文教構成施設	
	防衛用地	防衛用地	防衛用地	
その他空地	公園等	・また、幅員4m以上の道路では、土地利用データを優先し、その他道路用地は、他の都市的土地利用と同じ扱いとした	都市公園、駅前広場、ゴルフ場	
	未利用地、駐車場、取壊改変工事中		未利用地、駐車場、取壊改変工事中	
	道路		・幅員4m以上の道路、その他道路用地	鉄道・道路

表－２ 横浜の緑のオープンスペースに関する施策とシナリオの設定

種類	事業名称	関連法・条令	担保形態	シナリオ		
				①市街地拡大	②法的な担保を有する緑地の保全・創出施策の実現	③市街化調整区域・風致地区内での緑地の環境の維持
公園整備	都市公園	都市公園法 横浜市公園条例	a	現況	現況+候補地	現況
	都市公園に準ずるもの(公共施設緑地、三溪園、こどもの国等)	—	a	現況	現況+候補地	現況
樹林地の保全	保安林区域	森林法	b	現況	現況+候補地	現況
	近郊緑地保全地区	首都圏近郊緑地保全法	b	現況	現況+候補地	現況
	丹海山 特別緑地保全地区	都市緑地法	b	現況	現況+候補地	現況
	市民の森、ふれあいの樹林、緑地保存地区、自然観察の森等	横浜の環境を作り育てる条例 横浜自然観察の森条例	c	現況	現況+候補地	現況
	水源の森	水源の森設置要綱	c	現況	現況+候補地	現況
	開発に伴う協定緑地	緑地保全法 横浜の環境を作り育てる条例	d	市街化	現況	現況
農業振興	公共施設緑化	横浜の環境を作り育てる条例	d	市街化	現況	現況
	農業振興地域農用地区域	農業振興地域の整備に関する法律	e	市街化	現況	現況
	農業専用地区	横浜市農業専用地区設定要綱	e	市街化	現況	現況
	ふるさと村	ふるさと村設置事業実施要綱	e	現況	現況	現況
河川	生産緑地	生産緑地法・都市計画法	b	市街化	現況	現況
	河川区域	河川法	b	現況	現況	現況
都市計画	市街化調整区域	都市計画法	g	市街化	市街化	一自然的土地利用
	風致地区	都市計画法 横浜市風致地区条例	g	市街化	市街化	一宅地内の緑被地
緑化推進	緑化重点地区	都市緑地法	-	市街化	市街化	市街化

担保の形態：a.営造物 b.地域制 c.契約 d.協定 e.補助、振興事業 g.許可制

横浜は緑地環境の保全・活用に関し、多様な面的な施策を設けている。主なものを挙げると、都市緑地法や条例に基づく樹林地の保全・活用、農業振興地域農用地区域(以下、農振農用地)や農業専用地区での生産基盤の整備等やふるさと村など市民の農体験の場の整備による農地の保全・活用、公共施設や河川、緑化重点地区に対する緑化の推進、風致地区での緑地協定などを活用した良好な街づくりの誘導、市街化調整区域(以下、調整区域)の緑の保全・活用となる⁸⁾。また、まとまりのある緑地環境を、緑の七犬拠点、市街地を望む7つの丘と位置付け、特別緑地保全地区、市民の森や公園等を組み合わせた保全・活用を推進している。これらの現行制度の運用方針について3つのシナリオを設定し、それぞれに設けた自然面の開発・保全の条件から2004年を原点とした将来を予測した(表－2)。また、シナリオには含まなかったが、シナリオ②③の保全がすべて実現したケースについても検討を行なった。

シナリオ① 市街地の拡大：調整区域が市街化区域に編入され、2004年時点の施設緑地、契約や税的優遇処置などの担保性がある地域制緑地、ふるさと村事業区域以外の緑被地は消失する。
シナリオ② 法的な担保を有する緑地の保全・創出施策の実現：調整区域が市街化区域に編入されるが、シナリオ①に加え、緑の基本計画で整備、創造の方針が示された施設緑地と地域制緑地、農振農用地と農業専用地区、生産緑地の自然的土地利用、協定緑地、公共施設の緑被地が維持される。一方、民有地の緑化や、風致地区など法的な担保の弱い地域の緑の保全・創出は実現しない。

図－１ 対象地と緑地保全に関する指定地区

シナリオ③ 調整区域・風致地区内での緑地環境の維持：2004年時点で指定を受けている緑地に加え、調整区域内での自然的土地利用の維持、風致地区内の宅地内の緑被地、協定緑地、公共施設の緑被地の維持が実現するが、それ以外の保全・創出が実現しない。

緑地環境の評価指標は雨水浸透量とし、市内の帷子川上・中流の小流域の緑地環境評価で用いられた簡易なタンクモデル⁴⁾を用いた。本手法では、土地利用ごとの浸透量を地域の降雨データに基づいて推定するため、地域に即した値を簡易に算定することができる。2001年の降雨データをもとに算定した各土地利用の年間雨水浸透量は、樹林地が522.2mm、水田・湿地が687.2mm、畑・荒地・芝地・空き地などが309.3mm、市街地が74.0mm、その他を522.2mmとなった。1945年と2004年、シナリオ①②③における雨水浸透量を算定した。さらに、これら5つケースの雨水浸透量の値を変数としたクラスター分析により小流域を類型化し、緑地環境の変化の傾向について分析した。クラスター分析にはSPSS14.0を使用し、平方ユークリッド距離のWard法による分析を行なった。

3. 結果

(1) 小流域図の作成

市域433.3km²のうち、分析の対象とした丘陵・谷戸部と台地部は75.8%の328.6km²であり、設定された小流域数は1304個、平均面積は25.2ha(標準偏差16.1)となった。また、今回基礎データが横浜市域であったため、鶴見川本流とその支流である奈良川や黒須田川の上流部、境川本流の上流・下流部、柏尾川下流など、行政界をまたぐ河川流域では、抽出された小流域が尾根を分水界とする流域の形状をとれないものがみられたが、僅少であったことから他の小流域と同様に扱った。

図-2 横浜市丘陵・谷戸部と台地部における土地利用の変化

(2) 戦後の土地利用の変化と雨水浸透量の変化

小流域の設定範囲とした丘陵・谷戸部と台地部について、1945年と2004年の土地利用の構成比と雨水浸透量を算出した(図-2)。横浜の丘陵・谷戸部、台地部は、この60年間で都市的な土地利用は15.4%から61.8%と約3倍に増大し、これに伴い年間の雨水浸透量は410mmから212mmと半分以下まで減少している。2004年での緑被地の内訳を見ると、樹林の約1/3、草地の約1/2が住宅や公共施設内の緑地であり、面的な広がりといった視点での自然的土地利用が減少していることが読み取れる。また、小流域の設定範囲が丘陵、台地であることから、1945年時の土地利用の約1割を占める水田は、ほとんどが谷戸地の湿田であるといえる。斜面部の農地林と低地部での水田という谷戸の農的利用の組み合わせは豊かな生態系を作り出す環境であったことから⁹⁾、量的な喪失以上に環境の質の低下が大きいと考えられる。小流域の雨水浸透量は、1945年では400mm以上の小流域が831個(62.8%)であったのが、2004年では26個(2%)まで激減し、695個(53.4%)の小流域が200mm以下となっている。高度成長期以前の水源域としての緑地環境が維持された小流域が希少となっていることが分かる。

(3) シナリオによる環境の変化と小流域の類型化

対象地全域における年間雨水浸透量は、シナリオ①(市街地の拡大)が111.80mm、シナリオ②(法的な担保を有する緑地の保全・創出施策の実現)が143.60mm、シナリオ③(調整区域・風致地区内での緑地環境の維持)が159.20mmで、それぞれ2004年時の浸透量の52.6%、67.6%、75.0%となった。また、シナリオ②③の保全が両方とも実現した場合でも165.0mm、77.7%とシナリオ③との違いはわずかであり、横浜に現存する緑地環境の大部分が調整区域と風致地区により維持されてきたことがわかる。

さらに、1945年と2004年、シナリオ①②③において推定された雨水浸透量を変数としてクラスタ分析を行った結果、対象地の小流域は8つの類型に分けられた(図-3、図-4)。図-5、表-3は、1945年と2004年の土地利用割合と緑地保全に関する地区指定の面積比率を類型ごとに算出したものである。これらを元に、各類型について、1945年から2004年までの変遷と、シナリオにより保全される緑地環境の違いをまとめた。

類型1：森林水源地域-担保型 (小流域数 49)

1945年時の雨水浸透量が2004年時点でもほぼ維持されている。主に緑の7大拠点に重なる流域の源流部に分布し、市域内に残された数少ない水源地域となっている。全体に樹林地の占める割合が多い。公園や特別緑地保全地域、市民の森といった地域制緑地、契約により樹林地を担保する指定の面積率が高い。従って、今回設定したシナリオの違いから受ける影響は少ないといえる。調整区域と風致地区が重複する箇所も多く、流域の緑地環境マネジメントの核として位置づけられる小流域である。

類型2：森林・農地水源地域-担保型 (小流域数 97)

類型1に比べると、1945年の雨水浸透量が若干少ない。田や畑地の比率が森林水源型の類型1に比べて高いことから、流域の源流部に位置する、森林と農的な利用が混在する地域といえる。現況でも面積の6割以上が自然面として維持された、水源地域とし

図-3 過去、現在とシナリオによる雨水浸透量による類型化

図-4 類型ごとの雨水浸透量の変化

て重要な小流域といえる。全体に各シナリオによる変化は小さく、2004年までに主な緑が法的に担保されているといえる。しかしながら、市民の森など、類型1の小流域から連続した樹林地の保全・活用の地区指定や公園が多く指定面積の比率は下がる。このことが、シナリオ①での雨水浸透量の低下につながっている。

類型3：森林・農地水源地域-未担保型 (小流域数 191)

1945年と2004年の雨水浸透量は類型2とほぼ同じで、森林農地水源型の小流域である。類型2に比べ、過去・現況ともに農用地の占める割合が高いことが特徴である。調整区域の面積率が高いものの、樹林地の保全に関する地区指定が少ない。このため、シナリオ①では雨水浸透量がほぼ現況の1/3となり、シナリオ③での条件である調整区域内の緑の維持により、現況に近い水準の緑地環境で雨水浸透量が維持されることがわかる。また、シナリオ②より、農振農用地や農業専用地区内の農地の維持が小流域の

雨水浸透量の大幅な低下を回避していることが分かる。

類型4：浸透地-未担保型（小流域数 76）

1945年時点の浸透量は334.7mmと他類型に比べて低い。分布の状況は、類型1～3のような水源地域よりは下流の緩やかな地形の小流域で、集落が発展した市街地が隣接する地域、もしくは農地が卓越する雨水浸透地域である。2004年では市街化の影響はうけているが、市街化区域の斜面林など、過去の特徴的な緑地環境は維持されている。主な地区指定は、調整区域、風致地区、農振農用地である。このため、シナリオの違いによる環境の変化は顕著であり、その傾向は類型3と類似している。

市街化の進行した類型5、類型6、類型7、類型8は、宅地化型と既開発型に分けた。特に、類型6～8は、2004年と3つのシナリオ間の相違が小さいことから、2004年時点で担保された緑地以外は、ほぼ市街化された小流域といえる。またこれらは、シナリオ②③と現況の雨水浸透量の差が大きいことから、現行制度では保全対象とされにくい緑地環境が分布することがわかる。

類型5：宅地化型-水源地域（小流域数 208）

1945年では類型2、類型3と同様、上流部の水源地域の小流域であった。2004年では大部分が都市化されているが、他の都市型の類型に比較すると浸透機能が多くの残る。一部に、調整区域、生産緑地の地区指定がある。

類型6：既開発型-農地・集落（小流域数 258）

1945年時点では、農地と市街地が小流域の過半を占めることから、農村や集落として、ある程度宅地化が進んだ小流域であったといえる。二次流域を形成せず直接河川本流に合流する河川沿いに分布する。このため傾斜地が斜面林として残されている。

類型7：既開発型-水源地域（小流域数 375）

各支流の上流部を中心に分布する、かつての水源地域の小流域である。2004年時点では大部分が開発され宅地となっており、目立った地区指定はない。

類型8：既存市街地（小流域数 50）

1945年で既に市街化された、市中心部に隣接する地域である。2004年の浸透量が若干増加しているのは、都市域の細かな緑が抽出されたことによる。風致地区の指定面積が多く、昔からの良好な住宅地が分布する地域といえる。

図-5 類型ごとの土地利用(1945,2004)

表-3 類型ごとの緑地保全に関する指定地区の面積割合(%) (2004年)

類型	1.公園 整備	2.樹林地 の保全	農業振興				都市計画				面積 (ha)
			3.農業振 興地域農 用地区域	4.農業専 用地区	5.ふるさ と村	6.生産 緑地	7.風致 地区	8.市街化 調整区域	市街化調整 区域と風致 地区の重複		
類型1	36.3	29.8	1.4	3.7	3.2	0.1	73.9	92.0	70.2	1,445	
類型2	19.7	6.9	4.4	5.7	3.8	0.4	31.9	60.4	21.5	2,524	
類型3	4.6	0.8	6.6	5.7	0.1	0.6	12.9	66.2	7.1	5,322	
類型4	3.3	0.6	11.1	4.0	0.0	0.6	13.0	54.1	2.9	1,971	
類型5	4.8	1.1	1.4	0.8	0.1	1.3	8.8	20.4	1.9	5,747	
類型6	2.4	0.3	0.8	0.3	0.0	1.4	2.1	6.5	0.1	5,751	
類型7	2.5	0.2	0.3	0.1	0.0	1.1	1.6	3.6	0.2	9,186	
類型8	3.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	11.0	0.1	0.0	948	
全体	6.1	2.3	2.6	2.0	0.5	1.0	11.2	28.3	6.4	32,895	
重複のある 地区指定	2,7,8	1,4,5,7,8	4,5,7,8	2,3,5,7,8	2,3,4,7,8	7	1,2,3,4, 5,6,8	1,2,3,4, 5,7			

4. まとめ

本研究では、小流域を基礎とした地域環境の保全・回復の展開に向けた知見を得ることを目的とし、横浜市域を対象に緑地保全施策の違いによる緑地環境の変化を雨水浸透量として定量的に示し、現行の緑地保全施策の効果と今後の課題について分析した。

まず、雨水浸透量を指標として、過去の流域の緑地環境と現在を比較することで、都市化の進行により、かつての豊かな緑地環境が維持された小流域が希少となった状況が明確に示された。また、小流域の過去と現在、緑地保全施策の運用シナリオに基づいて予測した将来における雨水浸透量の変化を類型化することで、緑地環境の保全状況、将来の喪失の可能性を分析し、現行の緑地保全施策の効果と課題を明らかにした。

流域における重要な緑地環境の存続について、類型3の森林水源地域-未担保型、類型4の浸透地域-未担保型、類型5の宅地化型-水源地域にみられるように、調整区域や風致地区により守られている緑地が、小流域の雨水浸透量を支える上で重要な役割を果たしている。市街化の圧力により緑地環境が減少していく可能性に対して、将来にわたる継続的な保全を図る必要がある。類型4と類型6では、河岸段丘の斜面林により小流域の環境が維持され、斜面林の分布が重要であることを示した。しかし、法的に担保されていない斜面林については、開発への対抗が困難であり、流域の環境の維持を図るためには保全策の適用が必要である。類型3や類型4では、農用地が小流域の環境維持に重要であることが明らかとなったが、高齢化や相続等の問題で今後の継続には課題も多い。類型5～8では、斜面緑地や住宅地等の緑が、小流域の環境を維持しており、きめ細やかな都市緑化施策の展開が重要である。調整区域のあり方も含め、このような小流域の緑地環境の特性に即した保全について、調整区域の継続的な運用に加えて、景観法や緑地保全地域の活用を視野に入れた検討が必要であると考える。

本手法では、小流域を単位とすることで、緑地環境と変化の傾向、緑地保全施策とを結びつけて評価することを可能とした。地域環境のマネジメントを検討する際に、緑地環境が維持されてきた経緯や、将来の消失の可能性とその影響を共有することは重要であり、本研究の手法はこれに資するものといえる。今後の課題としては、地域環境の質的な要素となる植生や生物生息環境、安全な生活環境の確保としての洪水防止、もしくはヒートアイランドの抑制など、小流域間のネットワークの視点を考慮した評価手法を検討し、これらを組み合わせた、総合的な環境保全計画手法に展開することを目指す。

補注及び引用文献

- 1) 山田順之・上田純広・恒川篤史(2004)：GISを活用した緑地の環境保全機能の評価-静岡県掛川市を例として：GIS-理論と応用 11(1), 61-69
- 2) 国土交通省関東地方整備局京浜工事事務所(2002)：“資料編4 平常時水マネジメント”，鶴見川とその流域の再生－流域水マスタープラン策定に向けた提言－
- 3) 片桐由希子・山下英也・石川幹子(2004)：コモンデータに基づく小流域データベースの作成と緑地環境評価の手法に関する研究：ランドスケープ研究 67(5), 793-798
- 4) 片桐由希子・山下英也・石川幹子(2005)：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(5), 913-918
- 5) 片桐由希子・大澤哲志・山下英也・石川幹子(2006)：ビオトープタイプの組成とカエル類生息からみた小流域の評価手法に関する研究：ランドスケープ研究 69(5), 785-788
- 6) 山下英也・片桐由希子・石川幹子(2005)：小流域を単位とした緑地保全地域の分析に関する研究－鎌倉市滑川を事例として－：日本都市計画学会学術研究論文集 40(3), 865-870
- 7) ArcGISの拡張機能3D Analystを用い、都市計画基礎調査の等高データを10mメッシュのラスターデータに変換した
- 8) 横浜市政局総務部企画課(1996)：横浜市の基本計画
- 9) 守山弘(1995)：農村環境の生物保持機能に着目したビオトープ結合システム：農業環境技術研究所年報 13, 66-55