

川ごみ迅速調査と空間的自己相関分析を組合せた流域ごみ分布把握 Quick Survey Method for River Litter Coupled with Spatial Autocorrelation Analysis

塩入 同*・吉岡 渚**・田中 元**
清野聡子***・磯部 作****

Tomo SHIOIRI, Nagisa YOSHIOKA, Hajime TANAKA
Satoquo SEINO and Tsukuru ISOBE

要旨: 川ごみの研究では、国が公開する調査マニュアルにより、主に規模の大きな川を中心としたごみの量の詳細な把握に主眼を置いた調査が実施されてきた。しかし、ごみの種類項目を含めて川ごみの分布を流域規模で把握しようとする場合、対象とする流域が広い課題も残されていた。本研究では海ごみ問題に対処する上で、流域を捉えた対策を行う重要性を強く認識し、川ごみの発生場所と種類の実態を把握する必要があると考え、ごみの発生原因である人間の活動空間に近く、実態把握が比較的容易な中小流域規模の川に着目した。また、川ごみの大まかな量や種類を流域規模で効率的に把握するため、現地調査項目を必要最小限に絞り、周辺土地利用形態データ等の公開情報を重ね合わせ、空間的自己相関分析を行うことで川ごみの発生形態を明らかにできると考え、二級河川境川流域での現地調査を実施しその特徴を明らかにした。

キーワード: 海ごみ、プラごみ、川ごみ、空間的自己相関分析

1. 背景

海ごみ問題は、陸域を発生源とする海ごみに対処するための優先行動として、2015年のG7サミットにおける首脳宣言の中で、下水・雨水により海に流出する廃棄物の削減¹⁾が明記され、政治の場でも認識されることとなった。2019年のG20大阪サミットでは、日本は議長国として「大阪ブルー・オーシャン・ビジョン」を世界と共有し、関連文書「G20海洋プラスチックごみ対策実施枠組」²⁾には、陸域を発生源とするプラごみの海洋への流出を防ぐ重要性や、国・地方政府・民間・市民・NGO・学術界が分野横断的に取り組む重要性等が明記された。

海ごみの約8割は、陸域が起源である³⁾といわれている。ごみが川を通じて海に流出する問題を認識し、流域を捉えた川ごみ調査を実施した既往研究を概観すると次のようなものがあげられる。

瀬戸内海に流入する一級河川を中心とした13河川(調査総延長1,092km)の散乱ごみの現存量と分

布状況を把握するため、「水辺の散乱ゴミ指標評価手法」⁴⁾を用いて河川堤防上を自転車で走行しながら目視観測を行ったという報告⁵⁾がある。この報告では、同じような散乱分布状況を呈する範囲を捉え、平均的なごみ量の場所を代表地点として選び、そこでのごみ量を数え、これを基本単位量として調査範囲内のごみ量を算出し、これらを集計して川全体のごみの総量や集積が顕著な範囲を明らかにしている。

福岡市内を流れる二級河川樋井川で15地点を選び、そこでの川ごみの重量と種類(10分類)を調査し、結果をGIS(地理情報システム)上で整理分析したという報告⁶⁾がある。この分析では、周辺のコンビニやスーパーマーケットの店舗立地密度との比較を行い、店舗立地密度が高い場所で、食品包装等のプラごみやレジ袋が多い傾向が示されている。

川で回収された使い捨てライターを指標物として捉え、ライター本体の印字や記号を頼りに陸域から川への流出経路の特定を試み、この調査方法の課題

*正会員 日本財団海洋事業部, **非会員 笹川平和財団海洋政策研究所

正会員 九州大学大学院工学研究院環境社会部門, *正会員 放送大学岡山学習センター

等を取りまとめた報告⁷⁾がある。

「水辺の散乱ゴミ指標評価手法」を基に、国土交通省はNPOや有識者らとともに議論し策定した「河川ゴミ調査マニュアル」⁸⁾を公開し、市民・NPO・行政が統一的な手法で実態把握や評価を行うことができるよう、調査の支援の充実が図られている。

その一方、これまでに「河川ゴミ調査マニュアル」をもとに実施された川ごみ調査の結果を概観すると、極めて高い移動性と多岐にわたる発生源を持ち、低密度で広範囲に散乱するごみの実態は、依然として明らかになっていないとの指摘⁹⁾がなされている。

2. 研究目的

既往研究から、広く散らばってしまった川ごみを観測し、この情報から多岐にわたる川ごみの発生源を推定することは、利用されていた場所や発生時期等が特定可能なごく一部の指標物となり得るごみを除くと、ほぼ不可能だと考えられる。また、ごみ一旦川へ流出すると、川幅や水量が増す下流に行くに従って広く拡散し、回収は困難さを増す。このことから、川の延長方向に沿って川岸でごみが密集している箇所を見つけ出し、その周辺の土地利用形態等の社会的要因、および川の構造や水理学的な要因を切り分けながら川ごみを観測し、そのデータを分析して対策に結びつけていくことが重要ではないかと考えた。

本研究では、海ごみ問題に対処する上で、流域を捉えた川ごみ対策を行う重要性を認識し、川の延長方向に沿った多頻度の観測を流域規模で行い、川ごみの場所、量や種類を把握する。また、観測で得られたデータに周辺土地利用形態等の既存公開データ等を重ね合わせ、空間的自己相関分析を行うことで、川ごみの場所、量や種類、周辺土地利用形態等の関係性から、ごみの流出形態を見い出すことを目的とする。

3. 川ごみ迅速調査

3.1 調査対象とする川の範囲

本研究では、流域全体を捉えた川ごみ現地調査を実施する上で、特に中小規模の流域を持つ川に着目し、中程度の降雨でもごみが容易に流されてしまう準用河川等の小規模な川や、普通河川・水路等も調査対象範囲に含め観測データを取得する。

3.2 調査方法

天候等の調査条件をできるだけ揃え、川ごみ発生

源を示唆する微かな形跡を捉えるため、5日程度の調査期間内に調査員ごとのばらつきを抑えた流域全体の川ごみデータが取得できるよう調査を計画した。計画では、1つの調査班が最低でも1日に6km以上調査できるよう、調査項目(計数、種類)を必要最小限に抑えた。ごみの種類の選定にあたっては、海ごみ問題に取り組む国内のNGOが公表する報告書¹⁰⁾を参照し、陸域起源のプラごみとして多くの割合を占める、飲料、食品、タバコ、生活関連のプラごみ、破片となったプラごみ、紙くず・カン・ビンの散乱実態を捉えられるよう設定した。この他、調査の各段階に関する説明は次のとおりである。

- (1) 事前準備として、川ごとに上流に向かって延長50mピッチで区切った調査区画と区画通し番号を記した地図を作成し、余白に記録欄を設けた紙の調査記録票を作成した。なお、地図作成にあたって、今回は国土地理院が公開する地理院地図(web電子国土)を基図として活用した。
- (2) ごみの計数は、記録票、カメラ(GPS機能付き)を持ち、河川堤防上(管理用通路・遊歩道・車道・高水敷)を上流に向けて調査を進め、調査区画ごとに最も多くごみが多く集まっている場所を1箇所見つけ、その場所を含む目測10m×10mの範囲に散乱するごみの数(ペットボトルのキャップよりも大きなサイズ(2.5cm程度)のごみを対象として種類が目視判別可能なもののみ)を数えて4段階(2、4、8、16個以上)で記録した。散乱ごみを探す範囲は堤防上の河川管理用通路あたりまでを目安とした。
- (3) ごみの種類記録は、数えたごみの中での「主たるごみ」、「次に多かったごみ」の種類を上位2種類、6分類(①レジ袋、②ペットボトル、③袋詰めごみ、④その他プラごみ、⑤紙くず・カン・ビンほか、⑥タバコ群)から選んで記録した。
- (4) ごみ計数位置を記録するために、計数を行った10m×10mの範囲のおおよその位置を地図上に矩形で記録し、その場所のごみの数量・種類・位置関係を捉えた写真を3方向程度から撮影し、最後に写真と区画番号を確実に紐づけるために記入済みの記録票全体を現地で撮影した。
- (5) 現地調査に関する全般的な事項
 - 1) ごみ種類にある「③袋詰めごみ」は、大型ビニール袋に詰められた家庭ごみ、もしくはレジ袋にコンビニ弁当や飲料容器・ペットボトル・紙くず等を詰めて捨てられた状態のごみを指す。

また「⑥タバコ群」とは、1、2本の散乱ではなく、タバコがまとまって散乱するか、携帯灰皿等から捨てられたような形跡で集積している箇所数を1つとして数える。

- 2) 川幅が狭く対岸のごみの散乱が見渡せたり、片側からしか川に近づくことができないような場所が続いたりする場合は、片岸からの調査を行い、川の全幅を一つの調査区画として扱い、その区画におけるデータを記録した。
- 3) 左右岸から調査を実施する場所に関しては、川の中央付近で調査区画を分担し、左右岸にそれぞれに1班ずつが調査にあたった。
- 4) 河川法適用外の水路の調査に関しては、一般に幅が非常に狭く延長が短いことから、ごみを見つける都度、その位置、個数、種類を記録した。
- 5) ごみが無い区画では記録欄に斜線、工事や私有地が隣接して川に近づくことができない区画では記録欄に×印を記し区別した。
- 6) 調査班は、1班あたり2、3名で構成し、調査規模に応じた班数を確保した。調査員ごとの観測のばらつきを少なくするため、調査期間中に極力多くの日数参加できる人員を確保する等の配慮を行い、調査協力会社ごとに調査日前までに実地説明を実施した。

3.3 調査流域の選定

現地調査実施箇所は、将来的に流域と海岸域のごみ収支を算出できるよう、自治体範囲を越えて行政に代って海浜清掃を担う日本で唯一の専門機関（かながわ海岸美化財団）を擁し、今後比較対象として活用できる過去25年以上にわたる独自の海岸漂着ごみ統計データが整っている神奈川県藤沢海岸（片瀬東浜）に流れ込む二級河川境川流域、および片瀬東浜に単独で流れ込む二級河川神戸川流域を選定した。

境川は、東京都町田市相原と神奈川県相模原市城山湖付近の都県境を源流に、東京都町田市、神奈川県相模原市・大和市・横浜市・藤沢市・鎌倉市を流域とする総延長52kmの河川で、その他に支川の二級河川が61kmある。流域人口約160万人、流域面積210km²の河川で、二級河川の河川管理者は、東京都知事、神奈川県知事と、一部を管理する政令市の横浜市長、およびこれらに合流する準用河川等を管理する基礎自治体の首長である。境川本川は、中流部の東京都知事が管理する約10.5km区間において、流下能力時間雨量50mm対応がほぼ整っている一方、神

奈川県知事が管理する上下流の多くの区間で依然として時間雨量30mm対応となっており、境川全体としては時間雨量30mm対応となるよう流量調整が行われている¹⁾。

なお、横浜市が管理する、いたち川や名瀬川等では、市に登録された市民団体（水辺愛護会）が年間を通じ精力的に川ごみ清掃を展開している。また、境川の中流から上流部の15km程の区間では、地元NPO（境川クリーンアップ作戦）が開催する2千人規模の河川清掃が例年5月下旬に実施されている。

3.4 現地調査の実施

現地調査時期を選定するにあたっては、調査の意義と効率を踏まえ、台風で川ごみが流される可能性が下がる10月下旬から、川に草が繁茂して調査効率が下がる前の4月下旬頃までを候補とした。また、雨による川の増水で溜まった川ごみが流れず、少しでも多くの川ごみが発生場所の近くに留まった状態のデータを確保できるよう、現地調査時期を直前まで調整し2019年4月22日から26日の間で実施した。なお、調査計画に着手した2018年10月以降に時間10mm以上のやや強い雨が降った実績は、横浜で2回（12.5mm、10mm）相模原中央で2回（10mm、15mm）観測（図1）されている。

現地調査計画の作成に着手した2018年10月以降、時間雨量10mm以上のやや強い雨が降った後には、必ず該当する川の増水痕跡、寄州・中州・法面等に溜まったごみの移動状況を確認し、川ごみ調査実施日に得られるデータだけからでは読み取れない現地の些細な変化も記録として残し、データ分析を行う際の参考とした。川ごみ調査実施期間中の4月25日には、一部地域で半日程度、弱い雨が確認された。

調査対象範囲および、調査流域に見られる典型的な河川断面のイメージは、それぞれ次頁の図2、図3のとおりである。特に次頁の図3「f」に示される断面を持つ箇所では、やや強い雨が降った後にごみが

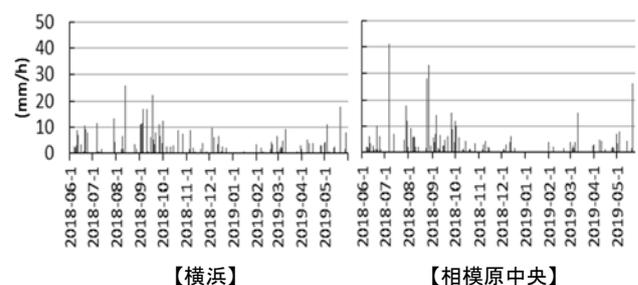
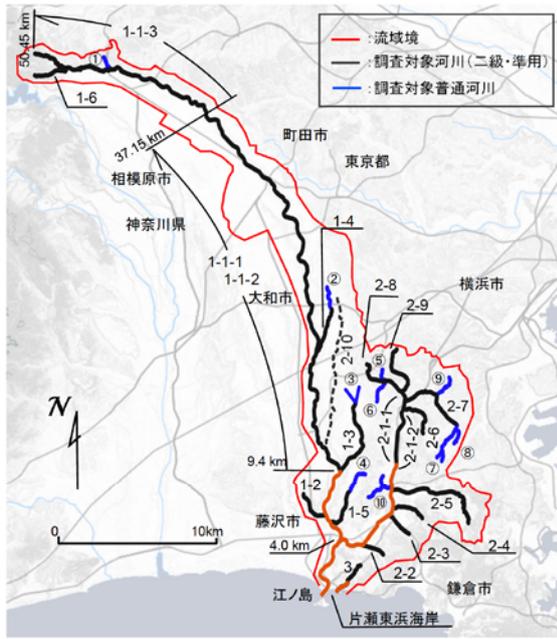


図1 時間雨量（横浜地方気象台：2018.6.1-2019.5.31）



No.	河川名	調査区間数	調査延長 (m)	河川区分と管理者または維持担当	合流する普通河川 (管理者)
1-1-1	境川	右岸	555	二級	神奈川県 東京都 ①陽田川(町田市)
1-1-2		左岸	555		
1-1-3			266		
1-2	白旗川	46	2,300	準用	藤沢市
1-3	宇田川	96	4,800	二級	横浜市 ③宇田川(横浜市)
1-4	相沢川	47	2,350	二級	横浜市 ②相沢川(横浜市)
1-5	滝川 (滝ノ川)	52	2,600	準用 (普通)	藤沢市 (鎌倉市) ④滝ノ川(横浜市)
1-6	小松川	28	1,400	二級	神奈川県
2-1-1	柏尾川	右岸	96	二級	神奈川県 ⑩関谷川(横浜市)
2-1-2		左岸	79		
2-2	新川	29	1,450	準用	横浜市 ⑦馬洗川(横浜市) ⑧永谷川(横浜市) ⑨平戸川(横浜市) ⑤子易川(横浜市) ⑥領家川(横浜市)
2-3	小袋谷川	30	1,500	準用	
2-4	砂押川	37	1,850	準用	
2-5	いたち川	141	7,050	二級	
2-6	舞岡川	45	2,250	二級	
2-7	平戸永谷川	97	4,850	二級	
2-8	阿久和川	66	3,300	二級	
2-9	名瀬川	56	2,800	二級	
3	神戸川	24	1,200	二級	神奈川県
合計		2,345	117,250		

図2 調査対象範囲

断面イメージ図	特徴
a	<ul style="list-style-type: none"> ○堤防高は5~10m、川幅は5~30m程度。法勾配がきつく、天端にはフェンスが張られている。 ○住宅や雑木林が接近し、河川改修済み箇所では河川管理用通路(遊歩道)がある。 ○寄州は年数回程度冠水し草が茂る。進入路が限られ河道へ降りることは一般にできない。
b	<ul style="list-style-type: none"> ○堤防上段が植生張りで法先は垂直護岸。川幅約30mで所々寄州がある。天端にはフェンスが張られている。 ○水位は、年数回から2,3年に一度の出水で、低水路敷を越え植生張り堤防まで上がる。 ○川に沿って遊歩道があるが、進入路が限られ法勾配がきつく、河道へ降りることは一般にできない。
c	<ul style="list-style-type: none"> ○複断面水路で、大出水時以外に、水位が高水敷を上回ることはない。川幅は30~50m程度。 ○堤防高を確保するためのパラベットが設置されている場所では、堤防上から河道へ降りることはできない。 ○堤外の沿川遊歩道や、入口階段が設置された場所周辺の河川利用頻度は非常に高い。
d	<ul style="list-style-type: none"> ○河川延長方向に空間を確保して整備した親水エリアや、水辺に近づけるよう局所的に設置した階段護岸。
e	<ul style="list-style-type: none"> ○都市化が進んだ下流域で河積を確保するため、垂直護岸が整備された区間。川幅は30~70m程度。 ○河床整理により州は見受けられず、川幅いっぱい水面が広がっており、河道に降りられる場所はない。 ※本研究では調査対象範囲から除外した。
f	<ul style="list-style-type: none"> ○河川法の対象外で1~5m程度の普通河川や排水路。一般に水路勾配がきつく、水深は浅い。 ○宅地や道路の雨水排水、田畑の排水、沢水などが合流し下流で河川となる。 ※本研究では調査対象に含めた。

図3 現地の代表的な河川断面イメージ

流されて移動した実態をいくつかの箇所で見にした。

なお、図2で、オレンジ線で示す境川、神戸川、柏尾川の下流区間については、図3の「e」に示されるような水面が川幅いっぱいに広がった直立護岸区間であり、川ごみは水面下に没しているか、河川水とともに移動しているため、今回の調査趣旨から外れ、調査対象範囲から除外した。また、図2の中央付近に「2-10」と付して破線で示した二級河川和泉川は、調査実施時期に複数の場所で河川改修工事が行われていたため、調査対象から除外した。

調査実施結果のデータは、次ページの図4のとおりである。なお、横棒グラフは観測されたごみの数、横棒グラフの色はごみ種類(2色で示される場合は、大き

な部分を占める色=主たるごみの種類、小さな部分を占める色=次に多いごみの種類)を示す。

3.5 現地調査データの集計処理

現地調査結果データを空間的自己相関分析にかける前に、集計処理を実施した。集計処理を行った理由は、例えばごみが4個以上の場合で「次に多い種類」の情報が付されていた場合に、合計数量、主たる種類、次に多い種類の数量をどのように集計するのか規則を定めて明確しておくためである。集計処理の考え方は表1のとおりである。なお、8、16個以上の場合には、現地ごみ散乱実態を考慮し3番目に多いごみが存在することを仮定して集計した。

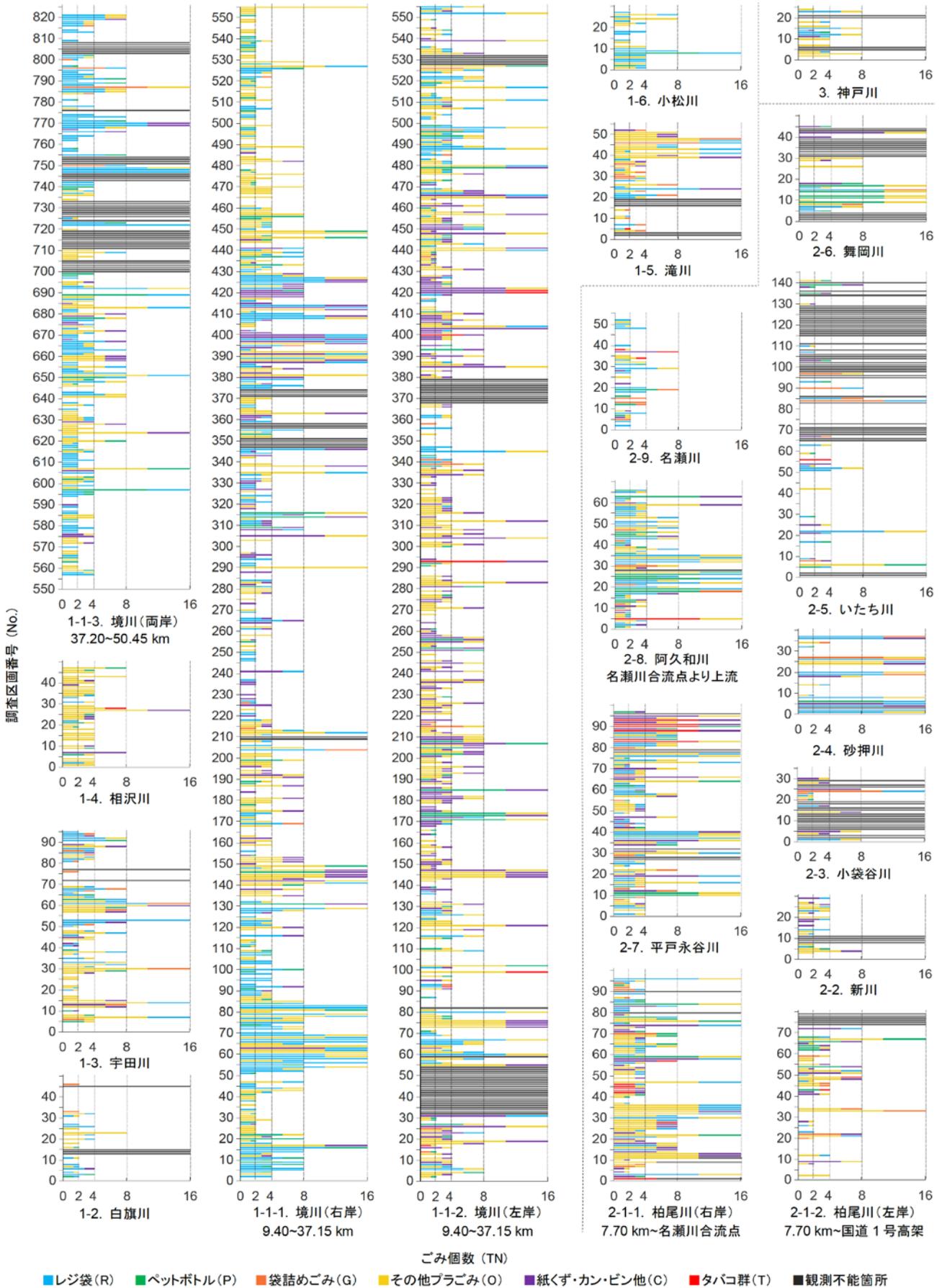


図4 各河川の調査区画ごとのごみの個数と種類

表1 現地調査データの集計処理ルール

現地観測(記録項目)データ		集計処理後のデータ			
ごみの合計数と上位2つの種類		種類ごとの推定ごみ数量(個)			
目視 計数 (合計)	1) レジ袋(R) 2) ペットボトル(P) 3) 袋詰めごみ(G) 4) その他プラごみ(O) 5) 紙くず・カン・ビン(C) 6) タバコ群(T)	合計 数量	主たる ごみの 種類(a) の数	次に多 い種類 (b)の数	3番目 に多い 種類が 存在す ると想 定した 場合の 想定ご みの数
	主たるごみ の種類(a)に 関する 記録(有無)				
2個以上	あり	2	2	0	
	あり	あり	3	2	1
4個以上	あり	4	4	0	
	あり	あり	5	3	2
8個以上	あり	8	8	0	
	あり	あり	9	5	4
16個以上	あり	16	16	0	
	あり	17	9	8	
	あり	あり	9	5	3

表2 現地普通河川のごみ調査結果データ

普通河川	幹川	R	P	G	O	C	T
①陽田川	境川	18	2	1	54	1	0
②相沢川		1	6	2	58	25	0
③宇田川		3	0	1	16	18	9
④滝ノ川		17	6	0	34	68	9
小計		39	14	4	162	112	18
⑤子易川	阿久和川	7	8	7	50	4	1
⑥領家川		6	10	13	113	34	27
小計		13	18	20	163	38	28
⑦馬洗川	平戸永谷川	16	3	0	113	43	5
⑧永谷川		23	20	8	94	53	10
⑨平戸川		38	1	2	64	12	2
小計		77	24	10	271	108	17
⑩関谷川	柏尾川	51	19	5	151	86	15
合計		180	75	39	747	344	78

また、表2に普通河川のごみ調査結果を示す。なお、普通河川のごみの記録に関しては、個人宅の玄関前の水路にごみが散乱している等の状況も捉えられることから、特定の個人や企業等にも話が及んでしまう可能性があるため、普通河川ごとに位置情報は入れずに集計した数量のみを示した。

4. 空間的自己相関分析

4.1 空間的自己相関分析の説明

犯罪発生ホットスポットの形成や、産業が特定の地域に集積・発達していく様子等、お互いに近い地

域ほど影響を及ぼしあうという空間的依存性を備えた事象を目にすることがある。

空間的自己相関は、このような隣接性に基づく事象の空間的相互従属を表す。空間的自己相関の把握を試みる研究にはいくつかあるが、その代表的なものとしてモランのI統計量(Moran's I)があげられる。Moran's Iを活用した研究は、日本では1990年代後半より犯罪発生や産業集積、経済等に関する分野で見受けられ、最近では、道路舗装が劣化しやすい場所を特定するといった実務への応用にまで至る研究¹²⁾等、知見の蓄積を見ることができる。

空間的自己相関の統計量は2つに大別され、対象空間全体のパターンの度合いのみを捉えるGlobal Moran's I、およびこの考え方を発展させて対象地域内の地点ごとの関係性を値として捉えることが可能なLocal Moran's Iに分けられる。

Global Moran's Iは、(1)式で示され、正負の相関の度合いに応じて-1以上1以下の値、無相関の場合は0となる。

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{S_0 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

一般的に知られるピアソンの相関係数と同様に直感的に理解しやすいが、一方で局所的な関係性を把握することができないという課題がある。なお、 y_i, y_j は調査地点*i, j*におけるごみの数、*n*は地点数、 w_{ij} は*i*と*j*の間の空間的な位置関係(隣接しているか否か、あるいは距離等)に基づく重み行列である。また S_0 は、 $S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ で定義される基準化定数(重みの総和)である。

Anselin¹³⁾は、この課題を補う上で(2)式で示されるLocal Moran's Iを考案した。ここで得られる I_i は、自身の地点の値が周囲の地点の値と似かよった値であるときに正に、異なった値であるときに負に、またもし周囲の値との間に関連性がなければ0に近づく。

$$I_i = \frac{(y_i - \bar{y}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_j - \bar{y})}{(1/n) \sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2} \quad (2)$$

しかし I_i は、必ずしも-1以上1以下の間に収まるとは限らず、 I_i の大きさのみから即座に結果を解釈することができないという課題が依然として残る。このことからAnselin¹⁴⁾は、結果を視覚化し、検定・解釈を手助けする手段としてモラン散布図と、クラスタリングされた値が地図上でいかなる分布を持つて存在するのかを確認するためのLISA(Local Indicators of Spatial Association) Cluster Mapを作成し検証することを提案している。

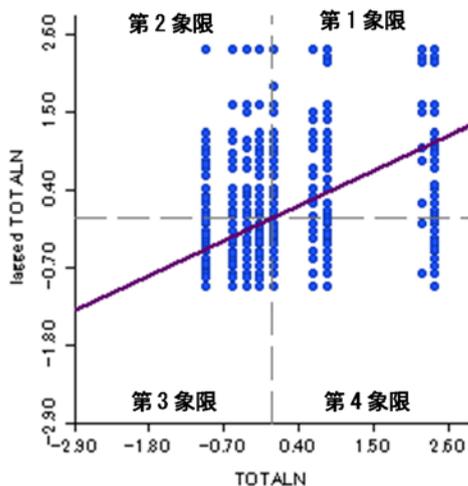


図5 モラン散布図の例 (ごみ全体(TN):右岸)

モラン散布図(図5)では、X軸に標準化(平均0、分散1)された観測値、Y軸には標準化された従属変数の空間ラグ変数を配する。本研究ではX軸が現地調査区画のごみ数、Y軸には隣接する現地調査ポイントのごみ数を意味する値が配置される。

また、モラン散布図のどの象限にプロットされるのかということは、それぞれ、自らの場所の値とともに周辺の場所の値も高いホットスポット(第1象限:HH)、周辺の値よりも自らの値が低い(第2象限:LH)、周辺とともに自らの値も低い(第3象限:LL)、周辺よりも自らの値が高い(第4象限:HL)という意味を持っている。

4.2 空間的自己相関分析の実施

空間的自己相関分析は、研究分野で広く用いられるRや、Local Moran's Iを考案したAnselinが開発したGeoDa等の統計処理オープンソフトを用いても計算することができる。本研究では、分析結果を地図上で即座に確認できるGeoDaを利用した。

分析に供したデータは、周辺の土地利用形態、橋やごみ集積所等の施設の有無等に関する周辺情報により解釈されるため、国土地理院が公開する国土数値情報(都市地域土地利用細分)、および空中写真から読み取った施設等(橋、親水施設、堰、落差工、帯工、中州等)、コンビニ各社が公開する店舗住所情報から街区レベルアドレスマッチングを行って得た店舗位置情報を、現地調査結果データに統合し、空間的自己相関分析用データセットを整えた。

また、分析における重み w_{ij} を与える際は、本研究の特徴としてポイントデータが川に沿って等間隔にライン状に分布していること、場所により左右岸の

観測ポイントを設定した区間があること、蛇行がS字状に発達した河道区間が存在すること、川幅が数メートルから50mとさまざまな範囲をとること等の現地状況を勘案し、試行錯誤の結果、自身のポイントから85mを基準として、この範囲に含まれる周辺ポイントに重み1、その他のポイントに重み0を与える形で計算を実行した。また、モラン散布図にプロットされた I_i に関しては、結果に関する統計的な有意性を確認するため帰無仮説の下で、正規分布近似でランダム計算を実施し検定を行い有意水準5%以下となり空間的自己相関が存在すると判断した。

4.3 空間的自己相関分析の計算結果

分析の結果は表3のとおりである。表中のHH、LL、LH、HLの数字は、それぞれの象限に属する調査箇所数を表し、N.S.は、正規分布近似でランダム計算をかけて検定を行い、有意水準が5%を超えて棄却された調査箇所数を意味している。なお、兩岸を一体として調査した箇所は、データ上は兩岸であることを表す識別情報を加えて、便宜上、右岸のデータに含めて計算した。

4.4 計算結果の地図化

空間的自己相関が存在すると判断できた調査区画のうち、自らの場所の値とともに周辺の場所の値も高いホットスポット(第1象限:HH)と、周辺よりも自らの値が高い(第4象限:HL)特徴を有する箇所に着目し、ごみの種類ごとにGISを用いて図6のとおり図化した。図化においてこれら2つの象限に着目した理由は、それぞれ次のような意味合いを持つデータを含んでいると考えたためである。

表3 空間的自己相関分析の結果(箇所数)

	ごみ種別	Moran's I	N.S.	HH	LL	LH	HL
右岸	ごみ全体(TN)	0.454	1380	106	7	26	21
	レジ袋	0.390	1296	66	0	51	127
	ペットボトル	0.169	1326	22	0	74	118
	袋詰めごみ	0.185	1389	16	0	75	60
	その他プラごみ	0.204	1295	60	0	38	147
	紙くず・カン・ビン	0.267	1273	44	0	93	130
	タバコ群	0.252	24	11	1467	27	11
左岸	ごみ全体(TN)	0.298	576	15	0	14	11
	レジ袋	0.278	526	19	0	32	39
	ペットボトル	0.133	530	5	0	29	52
	袋詰めごみ	0.127	561	3	6	32	14
	その他プラごみ	0.226	544	20	0	15	37
	紙くず・カン・ビン	0.248	537	18	0	17	44
	タバコ群	0.113	0	2	591	16	7

(1) HH には、周辺土地利用形態（田畑、森林、河川用地、高層建物、工場等）や、道路交通（遊歩道、自転車道、生活道路、幹線道路等）が、複数の調査区画に跨がって川ごみの発生に影響を及ぼし、広がりを持った川ごみのホットスポットが一带に形成されている箇所が含まれている。

(2) HL には、川沿い施設（橋、親水施設、ごみ集積所、コンビニ等）が、一つの調査区画に収まる範囲で川ごみの発生に影響を及ぼし、川ごみが局所的に溜る箇所が含まれている。

図化作業を進める中で、ごみ全体 (TN) に占めるレジ袋 (R) とその他プラごみ (O) の割合が多いため、図化の結果、ごみ全体 (TN) の結果と似た傾向を示した。このため紙幅の都合もあり (R) の図化結果は省略し、必要に応じ図 4 から、分布状況等を読み取ることにした。ただし (R) の図化結果に関して特筆すると、ホットスポットの分布 (HH) は (TN) と

似ており、局所的な分布 (HL) は (O) と似ているという特徴が見られた。

5. 考察

空間的自己相関分析用データセットを作成する際に統合した、都市地域土地利用細分、橋、親水施設、コンビニ店舗位置等の情報、および現地調査写真を参照しながら、①川ごみがホットスポットを形成している場所、②川ごみが局所的に溜っている場所における (P) (G) (O) (T) の散乱実態を確認し、考察する。また、確認できた散乱実態を分類（場所、散乱ごみの形態）し、それぞれを振分け整理した。整理した結果は図 6 に付属する表のとおりである。

(TN) に関しては①高層建物（大規模団地）や工場（倉庫・工業団地）に近い川沿い遊歩道、②首都圏の主要駅である町田、戸塚、大船駅周辺の川沿い遊歩道や河川高水敷、③近郊の農業振興地域等に指定さ

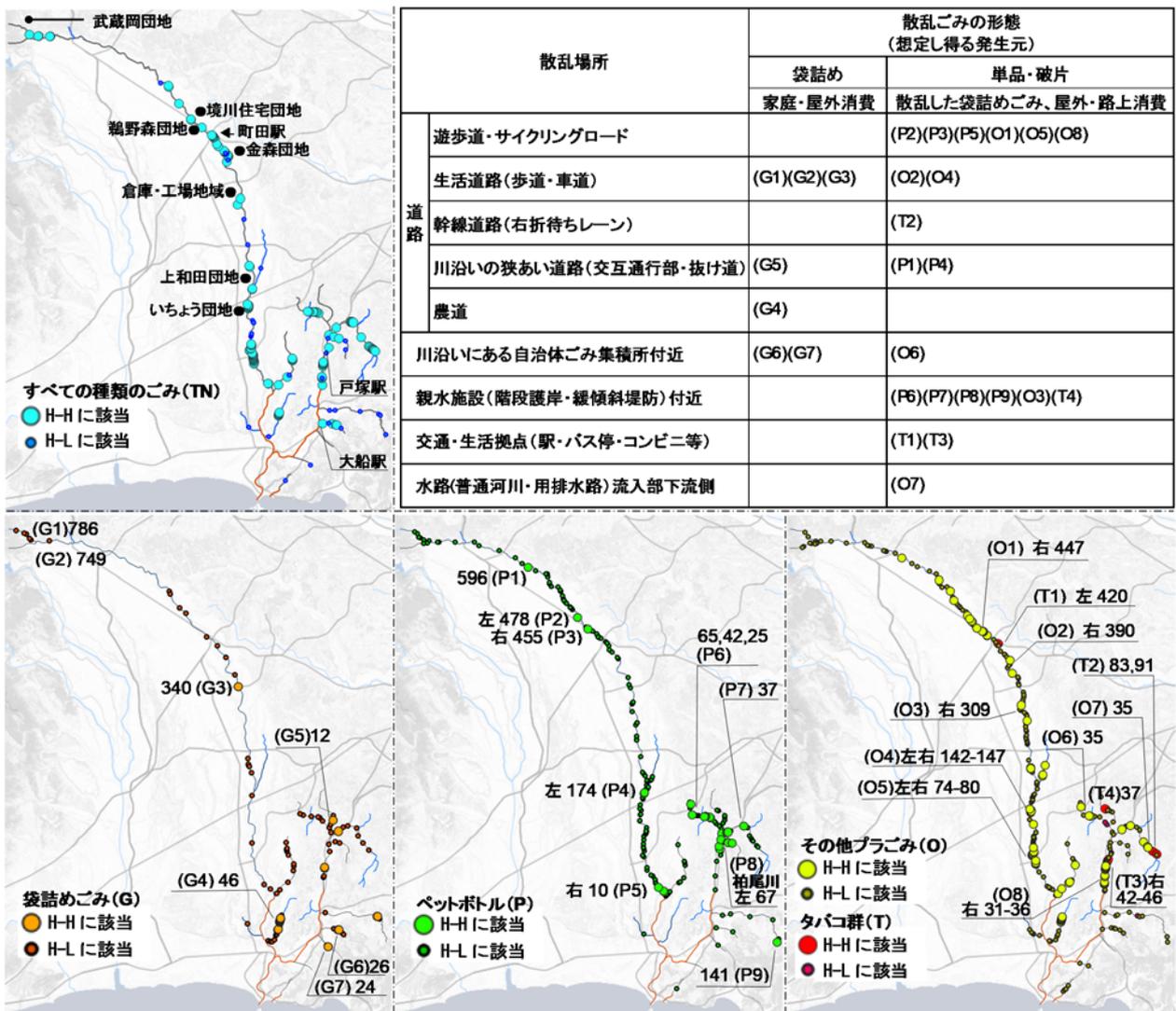


図 6 LISA Cluster Map から得られた分析データの抽出結果 (H-H, H-L) および主な散乱場所と散乱ごみの形態

れた場所を通る川沿いの農道、④河川・準用河川に普通河川が合流する付近等にホットスポットの形成が見られ、これらの場所からの発生が推測される。

(G)に関しては、散乱場所より下流側を見渡すと、袋が破けて二次的に散乱したと推測される (P)、(O)

(主に、台所ごみ、食品トレー、コンビニの弁当や飲料容器、ペットボトル、束ねた小型レジ袋、菓子等プラスチック包装、紙くず等) ごみが広がっている箇所が複数見られた (G1,2,4,6,7)。家庭ごみや屋外消費ごみが主たる発生源だと推測される。

(P)に関しては、境川に隣接する大規模団地がある川沿い遊歩道の護岸下や下流部サイクリングロード沿いの堤防法面、阿久和川・平戸永谷川・柏尾川の親水施設付近にホットスポットが見られた。特に境川に関しては、川の遊歩道が町田駅等へ通じる経路ともなっており、大規模団地・住宅地と駅を結ぶ通勤通学の往来も激しく、これらが発生源の一つだと推測される。また、平戸永谷川については、川の延長の割に水路・普通河川の流入本数が多く、表 2 を参照すると、永谷川を中心として今後流下する可能性がある数多くの (P) (O) が確認でき、住宅地の水路・普通河川における対策の重要性を見ることができた。

(O)に関しては、境川を挟んで大和市と横浜市に跨る県営いちょう団地が広がる範囲にホットスポット (O4) を形成している。団地が自治体を跨ぐため、どちらも集団回収方式ではあるが分別方法や費用 (大和市: 指定有料ごみ袋、横浜市: 任意の半透明ごみ袋) が違っている。この団地は、かつて近隣にあった国の難民定住促進センターが廃止された後、転居してきたベトナム等外国にルーツを持つ住民が 3 割以上を占めており、複雑なごみルール of 周知に 6ヶ国語を使う等、コミュニティーの運営における努力が地域ぐるみで行われており、この問題に取り組む地域の役割と支援の重要性が示唆される。また、戸塚駅近くのホットスポット (O8) は、駅から柏尾川沿いに続く遊歩道下の堤防法面で、約 300m にわたり路上消費されたと思われるごみ (パン、菓子、コンビニ・ファーストフード店の食品・飲料容器等) が散乱している。対岸の左岸側には、堤防に沿って幹線道路・工場敷地が接近しており、歩行者はまばらで散乱ごみもほとんどないことから、遊歩道のごみの発生源は歩行者だと推測される。今後、歩行者と近隣店舗とごみの関係を考える上で着目すべき特徴的な地域であると考えられる。

これらの他に、周辺土地利用形態によらず、ごみ集



図7 左: 袋詰めごみ(G1)、右: その他プラごみ(O8)

積所、堤防の親水階段、バス停、コンビニ、企業・公共の事業所、幹線道路の自動車滞留区間等、施設そのものが発生源となっているケースも明らかになった。

6. まとめ

流域を捉えた現地調査に加え、空間的自己相関分析というこれまでに活用されたことのない手法を用い、現地実態を抽出整理し、発生源に近い場所でいくつかの流出形態を明らかにすることができた。

川ごみ問題は、ポイ捨て等、単に一部の人々のモラルや一企業の問題という単純なものではない。家庭・路上消費ごみ対策、自治体ごみ回収体制(集団・戸別、昼間・夜間の回収、有料ごみ袋の生活困窮世帯減免)の工夫、清掃を行いやすい河川構造や管理体制の整備等、社会ぐるみで取り組んでいかなければならない課題である。今後は、今回明らかになった流出形態を踏まえ、流域を捉えた横断的な対策を考え、実施していく必要があると考えられる。また、GIS と連動したデータ入力インターフェイスの活用等、現地調査の効率化を図るための更なる工夫も期待される。

謝辞

本研究は、日本財団・日本コカコーラが共同で実施した「陸域から河川への廃棄物流出メカニズムの共同調査」事業で得られたデータの一部を活用し実施した。また、一部に笹川平和財団海洋政策研究所 2019 年度「海洋ガバナンスの構築」事業の成果が含まれている。海洋政策研究所の中村修子研究員には自治体行政資料を集める際にご尽力いただいた。藤沢市、横浜市、相模原市等、関係自治体のみなさまには、問い合わせに快くご対応いただいた。厚く御礼申し上げます。

引用・参考文献

- 1) 外務省: 2015 G7 エルマウ・サミット首脳宣言 (仮訳), 2015. 6.
- 2) 環境省: G20 海洋プラスチックごみ対策実施枠組 (仮訳), 2019. 6.

- 3) 小島あずさ・眞淳平：海ゴミ—拡大する地球環境汚染，中央公論新社，p. 50，2007.
- 4) NPO 法人パートナーシップオフィス：水辺の散乱ゴミ指標評価全国試行調査マニュアル，2005.
- 5) 藤枝繁：瀬戸内海に流入する 13 河川における散乱ごみの分布特徴，沿岸域学会誌，Vol. 23 No. 1，pp. 35-46，2010.
- 6) 太田泰弘ほか：都市河川における川ゴミ実態調査～福岡市・樋井川を対象に～，土木学会年次学術講演会講演概要集（第 7 部），Vol. 63，pp. 229-230，2008.
- 7) 藤枝繁：河岸で回収されたディスプレイブルーイターの配布地の範囲，漂着物学会誌，Vol. 11，pp. 7-11，2013.
- 8) 国土交通省：河川ゴミ調査マニュアル，2012.
- 9) 原田禎夫：海ごみの発生抑制策としての河川の漂着ごみ対策の現状と課題，水資源・環境研究，Vol. 28，No. 1，pp. 45-51，2015.
- 10) 一般社団法人 JEAN：国際海岸クリーンアップ 2017 結果概要，pp. 1-4，2017.
- 11) 神奈川県・東京都・横浜市：境川水系河川整備計画，pp. 13-17，2015.
- 12) 大窪和明ほか：道路舗装の劣化速度に関する探索的空間データ分析，土木学会論文集 E1（舗装工学），pp. I_95-I_103，Vol. 74(3)，2018.
- 13) Anselin, L.: Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis*, 27(2), pp.93-115, 1995.
- 14) Anselin, L.: The moran scatterplot as an ESDA tool to assess local instability in spatial association, In Fischer, M.M. et al. eds., *Spatial analytical perspectives on GIS*, pp. 111-125, Taylor and Francis, 1996.

著者紹介

塩入 同（正会員）

日本財団海洋事業部シニアオフィサー，博士（工学）
t_shioiri@ps.nippon-foundation.or.jp

吉岡 渚（非会員）

笹川平和財団海洋政策研究所研究員

田中 元（非会員）

笹川平和財団海洋政策研究所研究員

清野聡子（正会員）

九州大学大学院工学研究院環境社会部門 准教授，博士（工学）

磯部 作（正会員）

放送大学岡山学習センター 客員教授

Quick Survey Method for River Litter Coupled with Spatial Autocorrelation Analysis

Tomo SHIOIRI, Nagisa YOSHIOKA, Hajime TANAKA
Satoquo SEINO and Tsukuru ISOBE

ABSTRACT : Many river litter surveys are conducted on rivers with large basins to estimate the volume of waste with the assistance of the national government manual. However, such an approach often fails in sufficiently assessing the distribution and types of waste in the whole basin, as large river basins require a lot of effort to survey. The results of this study emphasized the significance of implementing measures concerning river basin management as a way to deal with marine litter. The results also revealed a need to locate the sources of river waste and determine the types of waste. Therefore, this study's survey was conducted on mid- to small-sized basins that were not only close to waste-producing human activity, but also easily accessible for checking current circumstances and efficiently assessing the rough volume and types of river litter at each basin. The survey helped to narrow down the field investigation items to a minimum. It also incorporated existing public data, such as land usage, to carry out spatial autocorrelation analysis, for the purpose of revealing the source of river trash. In this study, the field surveys were conducted in the Class B river, Sakai-gawa, and results revealed some defining features of the locations and type of waste.

KEYWORDS : *marine litter, plastic waste, river litter, spatial autocorrelation analysis*