

資料(Data)

ドローンを活用した河川及び河川敷における散乱ごみ調査

代田 寧, 坂本 広美, 北岡 勇樹, 北野 武司*, 夫津木 亮介*, 林 大貴*
(調査研究部, * (株) パスコ)

Investigation of scattered garbage in river and riverbed using drone

Yasushi DAITA, Hiromi SAKAMOTO, Yuki KITAOKA, Takeshi KITANO*, Ryosuke FUTSUKI*
and Daiki HAYASHI*
(Research Division, *PASCO Corporation)

キーワード： ドローン, プラスチックごみ, 河川ごみ, 荒天前後

1 はじめに

近年, 新たな環境汚染問題として, 5mm 以下のプラスチックの総称であるマイクロプラスチック (MP) が世界的に注目されている¹⁻⁷⁾。当センターでは, これまで海岸漂着 MP, 河川流下 MP などの実態について調査研究を行ってきた⁸⁻¹³⁾。その結果, 相模湾に漂着する MP は, 地点ごとの漂着特性に大きな差異があることから, 主に河川 (陸域) 由来と推定されること, 晴天時に比べて雨天時には河川を流下する MP 量が増加することなどがわかってきた。したがって, MP 対策の

ためには, 河川からの流出状況を明らかにしていくことが重要と考えられる。

そこで, 本研究では現在幅広く活用されているドローン (無人航空機 (UAV)) を用いて荒天前後の画像を撮影し, 河川及び河川敷に散乱するプラスチックごみをはじめとした人工ごみの状況を試行的に調査し, その実態や荒天時の流出状況などを調べるとともに, ドローン活用の有用性や課題について検討した。

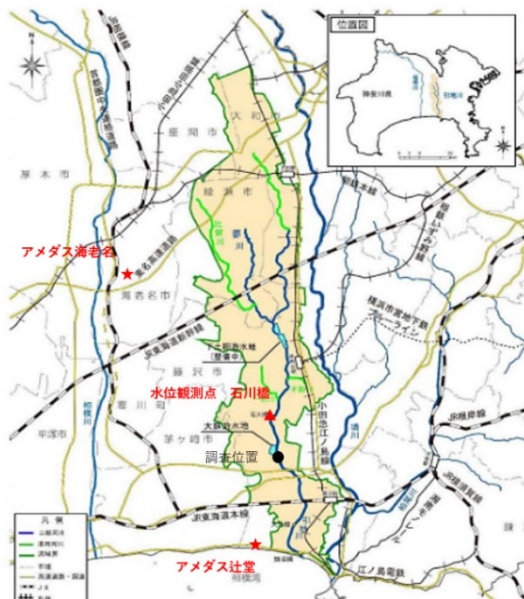


図1 調査地点 (図中の●)
(神奈川県ホームページ(引地川流域の概要)の図に加筆)



図2 調査地点周辺の状況
(赤い四角がおおよその撮影範囲)

2 方法

2.1 調査地点

調査地点は, 引地川の大庭大橋 (藤沢市稲荷) の上流側 100m の範囲とした (図1の●)。調査地点の選定にあたっては, 人口集中地区の範囲外

であること、ごみが散乱・滞留しやすい中洲があり、支流との合流地点があることなどを条件とした。ドローンで撮影した調査地点付近の状況を図2に示した。なお、調査地点の川幅は約30mである。

2.2 撮影日及び気象条件

撮影は、荒天前1回及び荒天后2回の合計3回、降雨のない日に行った。図3に、撮影範囲周辺の降水量(気象庁アメダス:海老名及び辻堂)を示した。台風14号の接近・上陸の予報(9/18に関東最接近)に伴い、2021年9月13日に荒天前の撮影、台風14号通過後の9月24日に荒天后1の撮影を実施した。調査地点から2kmほど上流で観測されている水位情報(国土交通省川の防災情報:引地川 石川橋)によれば、台風14号による大雨(海老名:190mm/日, 辻堂:103mm/日)の影響により、3.3m(氾濫注意水位:3.60m)まで水位の上昇が確認された。その後、大きな出水

等は観測されていなかったが、発達した寒冷前線による大雨(海老名:72mm/日, 辻堂:107mm/日)が11月9日に観測され、2.77mまでの水位の上昇が確認されたため、この出水後の状況として荒天后2の撮影を11月15日に実施した。

2.3 撮影および解析方法

2.3.1 撮影機材

撮影に使用したドローンは、DJI社製のINSPIRE2、搭載カメラはZENMUSE X5Sである。また、ドローンの最大飛行時間は27分、機体重量は3440g、搭載カメラの有効画素数は2080万画素である。

2.3.2 撮影方法

撮影に先立ち、撮影画像に位置情報を付与するための標定点測量を実施した。すなわち、おおよそ20m間隔で標定点を設置し、ネットワーク型RTK-GPS測位により測量を実施した(図4)。

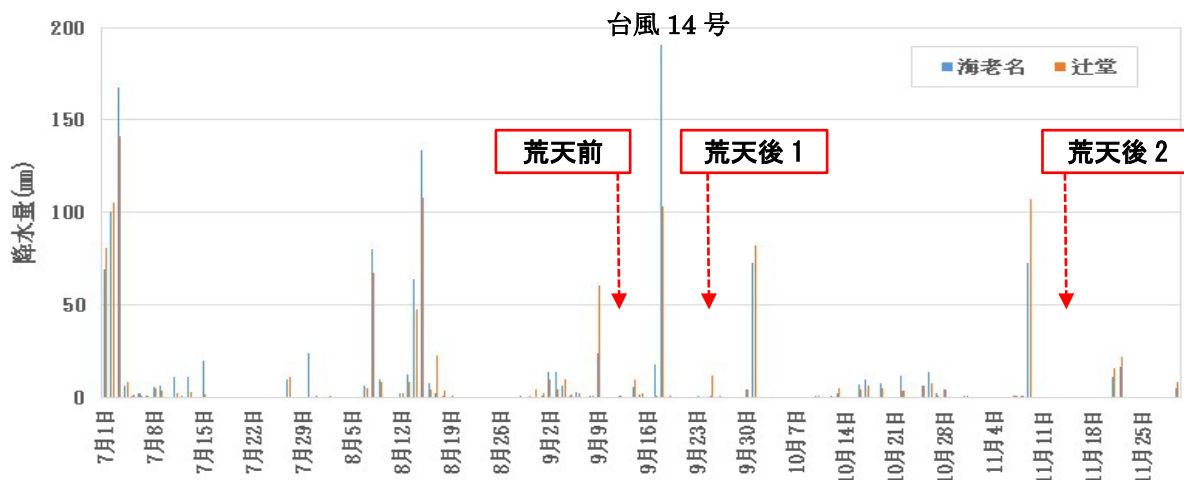


図3 調査範囲周辺の降水量(気象庁アメダス;海老名、辻堂)



図4 標定点測量実施状況(左図:設置した標定点,右図:測量状況)

撮影は、大庭大橋上流側の城下橋からドローンの離着陸を行い、調査範囲内(100m 区間)を複数回往復して実施した。撮影高度による見え方の違いなどを確認するため、地上高 10m(荒天前の撮影を除く)、20m、30m の 3 パターンで撮影を行った。また、植生などに引っ掛かっているごみを確認するため、斜め撮影も合わせて行った。

2. 3. 3 撮影画像からのごみ判読方法

まず、撮影した画像に対して位置情報の付与(画像のオルソ化)を行った。使用したソフトは Agisoft 社製の Metashape である。空中写真はレンズの中心から対象物までの距離の違い(高低差など)により位置ズレが生じる。画像のオルソ化とは、位置ズレをなくし、地図と同じく正しい大きさと位置に表示される画像に変換することである。画像のオルソ化は、最も低い高度で撮影したものを基に実施したが、画像をつなぎ合わせる過程において、その他の高度や斜め撮影画像なども使用した。例として、2021 年 9 月 13 日に撮影した荒天前のオルソ画像を図 5 に示した。

次に、作成したオルソ画像を用いてごみの場所を目視により確認した。ごみの種別等の詳細については、主に撮影高度 10m(荒天前撮影時は 20m)

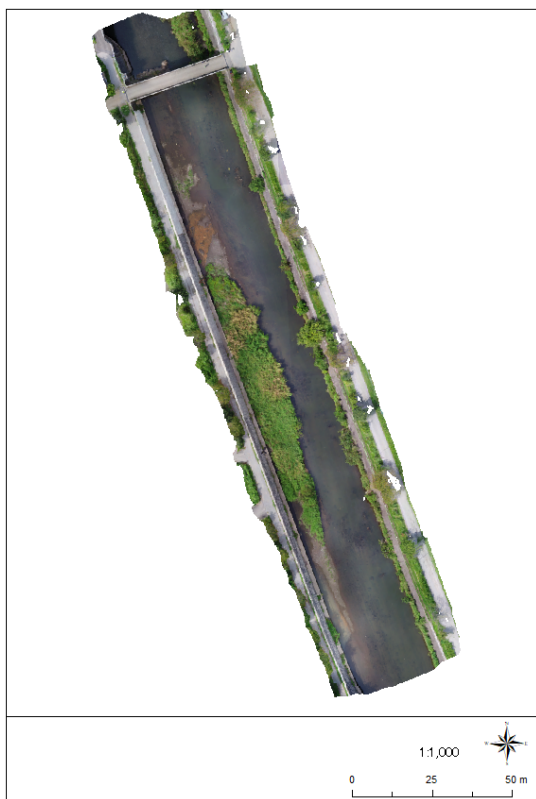


図 5 荒天前撮影のオルソ画像

のオルソ化前の元画像により実施し、漂着ごみの分類表(地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドライン(令和 2 年 6 月 第 2 版 環境省))に準拠して分類した(図 6)。具体的には、画像中でのごみの大きさ、形状、色調、質感(表面性状、劣化の状況など)および確認場所(河床や河岸での引っ掛かり方など)の特徴から判別した。レジ袋や陶器片など、詳細な特徴まで判読できたごみについては、詳細な品目名まで記録した。

このように、ごみの詳細を確認した後、GIS 化を行った。GIS (Geographic Information System) とは地理情報システムのことで、ごみ一つ一つを位置に関する情報を持ったデータにすることである。図 7 に、抽出・判読したごみ(ペットボトル)の GIS 化の例を示した。使用した GIS ソフトは、Esri 社製の ArcGIS である。このソフトでは、ごみの面積、大きさ(短辺、長辺)を算出することができるため、ごみの個数だけではなく、一つ一つの面積も求め、分類群ごとの面積割合などの比較も行った。

3 結果

3. 1 撮影高度による違い

撮影高度別の画像の諸元を表 1 に示した。撮影高度 10m と 30m を比較すると、地上解像度で約 3 倍、ファイルサイズでは 5 倍近くの違いがあった。また、撮影高度別のごみの見え方の違いとして、図 8 に一例を示した。撮影高度 20m と 30m では見え方の違いは明確ではないが、撮影高度 10m ではごみの輪郭がより明確であった。撮影高度 30m の画像においても、280mL ペットボトル(約 6×13cm)程度の大きさを識別するには充分であるが、より詳細にごみを分類する必要がある場合などは、高度を下げて撮影する必要があると

表 1 撮影高度別の画像の諸元

| 撮影高度 | 地上解像度 | 画像枚数 | 総ファイルサイズ |
|------|-------|------|----------|
| 10m | 1.6mm | 430枚 | 3.7GB |
| 20m | 3.0mm | 310枚 | 2.7GB |
| 30m | 5.0mm | 91枚 | 0.8GB |

ごみ質調査データカード

| 調査実施日: 年 月 日 天気: 記入者: | | 調査区間: 区分: | |
|--|---------------------------------|--|----|
| 分類・品目 | 個数 | 分類・品目 | 個数 |
| 素材-プラスチック <small>↓ 正の字を記入</small> | | 素材-天然繊維・革 <small>↓ 正の字を記入</small> | |
| ボトルのキャップ、ふた | | ロープ・ひも | |
| ボトル<1L | 飲料用(ペットボトル)<1L その他のプラボトル<1L | その他天然繊維・革 | |
| ボトル、ドラム缶、燃料用 &バケツ ≥1L | 飲料用(ペットボトル)≥1L その他のプラボトル類≥1L | 素材-ガラス&陶器 | |
| ストロー、フォーク、ス プーン、マドラー、ナイフ | ストロー、マドラー フォーク、ナイフ、スプーン等 | 建築資材 | |
| 食品容器(ファーストフ ード、お弁当、ランチボックス それに類するもの) | カップ、食器 食品容器 | 食品以外容器★ | |
| ポリ袋(不透明&透 明) | 食品の包装・容器 | コップ、食器★ | |
| | レジ袋 | 電球★ | |
| | レジ袋(内容物入り)★ | 蛍光管★ | |
| | その他プラスチック袋 | ガラス又は陶器の破片(2.5cm以上) | |
| ライター | | その他ガラス&陶器 | |
| たばこ吸殻(フィルター) | | 素材-金属 | |
| シリンジ、注射器 | | 金属製コップ・食器★ | |
| 生活雑貨(歯ブラシ等) | | フォーク・ナイフ・スプーン等 | |
| ゴミ | | ピンのふた、キャップ、フルタブ | |
| 漁具(ルアー、トラップ &つば) | アナゴ簀(フタ、筒) | アルミの飲料缶 | |
| | カキ養殖用まめ管(長さ1.5cm) | スチール製飲料用缶 | |
| | カキ養殖用パイプ(長さ10-20cm) | その他の缶(ガスボンベ、ドラム缶、バケツ等)★ | |
| | 釣りのルアー・浮き | 金属製油具★ | |
| | かご漁具 | ワイヤー、針金★ | |
| | 釣り糸 | 金属片(2.5cm以上)★ | |
| その他の漁具 | | その他金属 | |
| ロープ・ひも | | 素材-紙&ダンボール | |
| 漁網 | | 紙製コップ・食器 | |
| テープ(荷造りバンド、ビニールテープ) | | 食品包装材 | |
| 苗木ポット★ | | 紙製容器(飲料用紙パック等)★ | |
| ウレタン★ | | タバコのパッケージ(フィルム、紙紙を含む) | |
| プラスチック梱包材 | | 花火 | |
| 花火 | | 紙袋 | |
| 玩具 | | 紙袋(内容物入り)★ | |
| 6パックホルダー | | 紙片(段ボール、新聞紙等を含む)(2.5cm以上)★ | |
| シートや袋の破片(2.5cm以上) | | その他紙&ダンボール | |
| 硬質プラスチック破片(2.5cm以上) | | 素材-ゴム | |
| その他プラスチック | | 靴(サンダル、靴底含む)★ | |
| 素材-発泡プラスチック(発泡スチロール) | | タイヤ | |
| 食品容器(発泡スチロール) | | 玩具・ボール | |
| コップ、食器(発泡スチロール) | | 風船 | |
| 発泡スチロール製フroot・ブイ | | 素材-発泡プラスチック(発泡スチロール) | |
| 発泡スチロール製包装材 | | ゴムの破片(2.5cm以上)★ | |
| 発泡スチロールの破片(2.5cm以上) | | その他ゴム | |
| その他発泡スチロール | | 素材-木(木材等) | |
| 備考欄(各素材の「その他」で品目が特定できるものは、品目名と個数を記載。) | | 木材(物流用パレット、木炭等含む)★ | |
| | | その他木 | |
| | | 電化製品&電子機器 | |
| | | 電化製品&電子機器 | |
| | | 自然物 | |
| | | 灌木(植物片を含む、径10cm未満、長さ1m未満)★ | |
| | | 流木(径10cm以上、長さ1m以上)★ | |
| | | その他(死骸等)★ | |
| | | ※ ★ICCデータカード海版にない品目 | |

(本分類表は「地方公共団体向け漂着ごみ組成調査ガイドライン(環境省 第2版)」に準拠)

図6 ごみの分類

考えられた。しかしながら、撮影高度を低くするほど、撮影にかかる時間やデータ量が増え、その後の処理・解析等に時間を要するため、対象とす

る河川の延長や幅、どの程度の大きさのごみを対象とするのか、どのような解析手法で行うのかなど、総合的に判断する必要がある。



図7 抽出・判読したごみの GIS 化の例

左図黄色のポリゴン（抽出したごみ）には、ごみの分類、品目、場所、面積（㎡）、短辺サイズ（m）、長辺サイズ（m）、ポリゴン重心位置の緯度、経度の属性が付与されている

| | | 10m | 20m | 30m |
|------|--------|-----|-----|-----|
| 荒天後1 | ペットボトル | | | |
| | ポリ袋等 | | | |
| | 陶器片 | | | |

図8 撮影高度による見え方の違い



プラスチック
(ペットボトル)



プラスチック (包装袋)



プラスチック (ポリ袋)



プラスチック (食品容器)



金属 (金属棒)



金属その他 (三輪車)

図9 代表的なごみの画像

3. 2 河道内におけるごみの状況

今回の調査では、河道内の河床および河岸・中洲においてごみが確認された。図9に代表的なごみを示した。プラスチックでは、ペットボトル、食品などが入っていた包装袋、コンビニ弁当などの食品容器、レジ袋などのポリ袋が見られた。ポリ袋では、河岸や中洲の植生に引っ掛かっているものも見られた。これらは、強風で吹き飛ばされたり、増水により流されたりしない限り、同じ場所に留まると考えられる。そのため、紫外線などで劣化して細片化し、MPの発生源にもなり得るのではないかと考えられる。また、プラスチック以外のごみとしては、陶器片、金属棒や飲料缶などの金属、自転車や三輪車などの金属その他、毛布などの天然繊維などが見られた。

河道内において確認された分類群ごとのごみの概要を表2に、分類群ごとのごみの個数とその割合を図10に、面積とその割合を図11にそれぞれ示した。荒天前、荒天後1、荒天後2の特徴について以下に記す。荒天前撮影時には計66個のごみが確認され、その合計面積は85,436.8cm²であった。ごみの内訳は「プラスチック」が個数(40個:61%)及び面積(43,189.6cm²:51%)共に最も多く、自転車等の「金属その他」や布片及び毛布等の「天然繊維」が多く確認された。自転車や

毛布などはプラスチックに比べて大型であるため、個数割合に対して面積割合が大きい結果となった。

荒天後1撮影時には計197個のごみが確認され、その合計面積は124,963.1cm²であった。ごみの内訳は「プラスチック」が個数(101個:51%)及び面積(62,861.1cm²:50%)共に最も多かった。その他、陶器片などの「ガラス・陶器」が50個見つかり、全体の25%を占めているが、面積としては全体の3%程度であった。これは、ほとんどが小さな破片であり、数が多い割に面積が小さいためである。

荒天後2撮影時には計108個のごみが確認され、その合計面積は75,542.4cm²であった。ごみの内訳は「プラスチック」が個数(78個:72%)及び面積(31,369.2cm²:42%)共に最も多かった。プラスチック以外のごみでは、大型ごみである自転車や毛布などを含む「金属その他」と「天然繊維」の面積割合が高かった。また、「その他」の面積割合が20%と高いが、これはブルーシートなどのプラスチック製なのか、それとも毛布などの天然繊維なのかの判別がつかず、「素材不明シート」として分類されたものが多かったためである。全体が砂泥や付着物で汚れていたり、一部が埋まっていたり、また劣化していたりすると判別

表2 河道内において確認されたごみの概要

| 分類 | 荒天前(9/13) | | 荒天後1(9/24) | | 荒天後2(11/15) | |
|---------|-----------|-----------------------|------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| | 個数 | 面積 (cm ²) | 個数 | 面積 (cm ²) | 個数 | 面積 (cm ²) |
| 木 | 1 (2) | 1112 (1) | 2 (1) | 1308.4 (1) | 1 (1) | 752.1 (1) |
| ガラス・陶器 | 5 (8) | 541.6 (1) | 50 (25) | 3629.4 (3) | 7 (6) | 646.2 (1) |
| ゴム | - | - | 3 (2) | 4387.6 (4) | 1 (1) | 1117.7 (1) |
| プラスチック | 40 (61) | 43189.6 (51) | 101 (51) | 62816.1 (50) | 78 (72) | 31369.2 (42) |
| 金属 | 4 (6) | 1659.7 (2) | 17 (9) | 6336.1 (5) | 5 (5) | 1827.9 (2) |
| 金属その他 | 5 (8) | 17298.8 (20) | 5 (3) | 14533.5 (12) | 3 (3) | 12824.1 (17) |
| 紙 | 3 (5) | 328.2 (0) | 3 (2) | 350 (0) | 1 (1) | 24.8 (0) |
| 天然繊維 | 4 (6) | 16949.5 (20) | 6 (3) | 20790.1 (17) | 1 (1) | 11451.2 (15) |
| 発泡スチロール | - | - | - | - | 1 (1) | 230.5 (0) |
| その他 | 4 (6) | 4357.4 (5) | 10 (5) | 10811.9 (9) | 10 (9) | 15298.7 (20) |
| 合計 | 66 | 85436.8 | 197 | 124963.1 | 108 | 75542.4 |

※ 括弧内の数字は、それぞれの割合 (0は1%未満) を示す。

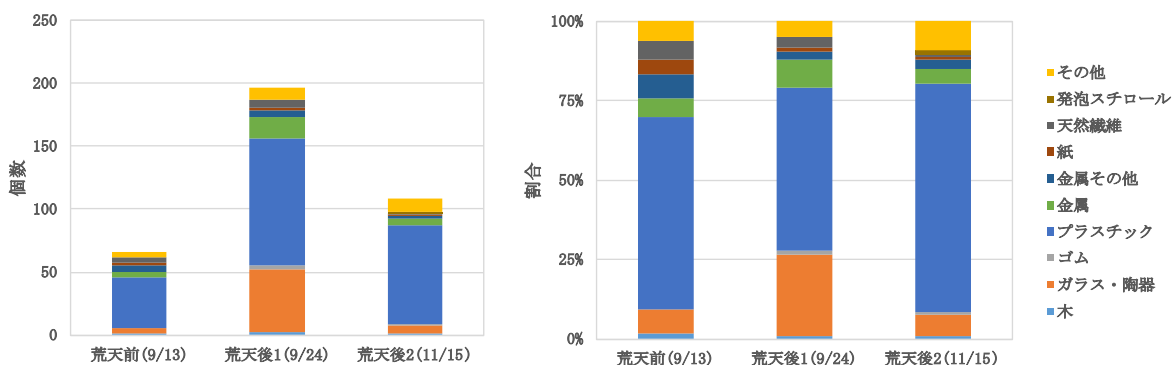


図10 河道内における分類群ごとのごみの個数 (左図:個数、右図:割合)

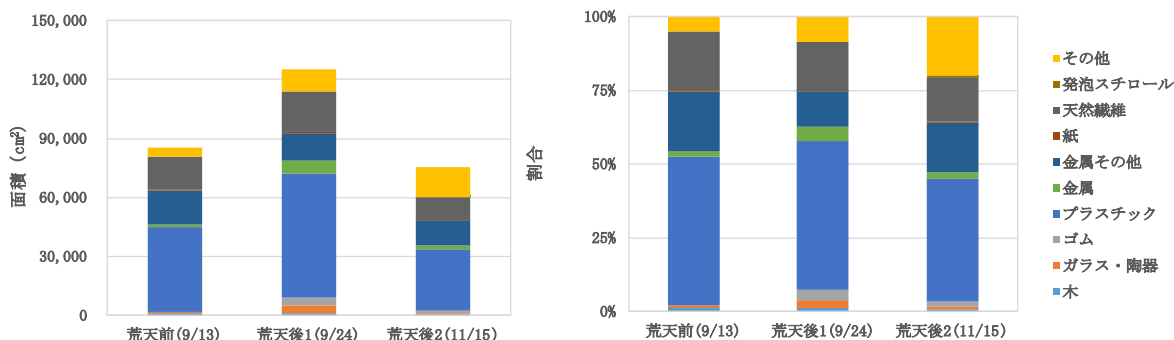


図11 河道内における分類群ごとのごみの面積 (左図:面積、右図:割合)

が難しいケースがあり、そのようなものは「その他」に分類した。

3回の撮影全てにおいて、ポリ袋・食品包装容器・ペットボトルなどの「プラスチック」が個数・

面積ともに最も多く確認された。それ以外では、数は多いものの一つ一つは小さい陶器片などの「ガラス・陶器」、金属棒・飲料缶などの「金属」が個数としては多く、一つ一つが大きい布片や毛

布等の「天然繊維」、自転車等の「金属その他」が面積としては大きかった。

3. 3 荒天（増水）による影響

台風 14 号通過後の荒天後 1 撮影時は、荒天前撮影時と比べて、ごみの個数は 3 倍、面積については 1.5 倍程度に増加した。これは、台風 14 号の大雨により、多くのごみが河川に流入し、河床および河岸・中洲へ滞留したためと考えられた。一方、荒天後 2 撮影時は、ごみの個数・面積共に荒天後 1 撮影時と比べて半分程度に減少した。これは、その後の出水によってごみがより下流に流されたことが要因の一つと考えられた。

3. 4 ごみの判読における留意点

今回の調査では目視でごみを判別しているため、河床中のごみの判読では、河川の濁りが影響する可能性がある。ごみの個数が多かった荒天後 1 の撮影時が最も河川の濁りが少なく、判読がしやすかったために個数が多くなった可能性もあることに留意する必要がある。ただし、荒天前に比べて 3 倍と大幅に個数が増加していることから、台風がもたらした大雨により増加したことは間違いないと考えられた。

また、河岸や中洲のごみの判読では、季節による植生の違いも影響する可能性がある。荒天後 2（11 月 15 日撮影）では植生が減少しており、画像上で確認しやすくなった点にも留意する必要がある。

4 おわりに

今回、荒天前後のドローン撮影により、河床および河岸・中洲に残っているごみのうち、多くがプラスチックごみであることがわかった。また、これらの一部は MP の発生源になり得るものと考えられた。さらに、荒天（河川の増水）により、プラスチックごみが上流から下流へと流出することも推定された。このように、ドローンの活用が、プラスチックをはじめとしたごみの排出状況を調査する 1 つの手段として有用であることが確認できた。しかしながら、ごみの判読における課題もあり、河川の濁りや植生が影響する可能性があることもわかった。

謝辞

本研究は、神奈川県成果展開型研究事業費（令和 3 年度）の助成により実施しました。

参考文献

- 1) GESAMP : Reports and Studies 90 "Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment", 14-29, International Marine Organization, London (2015)
- 2) Mato, Y. , Isobe, T. , Takada, H. , Kanehiro, H. , Ohtake, C. , Kaminuma, T. : Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment, Environ. Sci. Technol., 35 (2) , 318-324 (2001)
- 3) Endo, S. , Takizawa, R. , Okda, K. , Tahada, H. , Chiba, K. , Kanehiro, H. , Ogi, H. , Yamashita, R. , Date, T. : Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences, Mar. Pollut. Bull., 50, 1103-1114 (2005)
- 4) 大塚佳臣, 高田秀重, 二瓶泰雄, 亀田豊, 西川可穂子: マイクロプラスチック汚染研究の現状と課題, 水環境学会誌, 44, 35-42 (2021)
- 5) 二瓶泰雄, 片岡智哉: 河川から考える海洋プラスチックごみ・マイクロプラスチック対策, 廃棄物資源循環学会誌, 29, 309-316 (2018)
- 6) 工藤功貴, 片岡智哉, 二瓶泰雄, 日向博文, 島崎穂波, 馬場大樹: 日本国内における河川水中のマイクロプラスチック汚染の実態とその調査手法の基礎的検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), 73 (4) , I_1225-I_1230 (2017)
- 7) Tomoya Kataoka, Yasuo Nihei, Kouki Kudou, Hirofumi Hinata : Assessment of the sources and inflow processes of microplastics in the river environments of Japan, Environ.Pollut., 244, Jan., 958-965 (2019)
- 8) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海, 難波あゆみ, 小林幸文: 相模湾沿岸域のマイクロプラスチック漂着特性, 神奈川県環境科学センター研究報告, 41, 1-10 (2018)
- 9) 三島聡子, 小澤憲司, 中山駿一, 菊池宏海: 相模湾漂着マイクロプラスチックの有機フッ素化合物の吸着実態と流入河川の影響, 環境化学, 30, 66-81 (2020)
- 10) 小澤憲司, 三島聡子: 相模湾漂着マイクロプラスチックに含まれる PCB の発生源の検証, 神

神奈川県環境科学センター研究報告, 44, 1-9, (2021)

11) 菊池宏海, 難波あゆみ, 五十嵐恵美子, 川原一成, 三島聡子, 坂本広美: 相模湾西部沿岸で採取した特徴的な形態を有するマイクロプラスチックの発生源調査, 全国環境研会誌, 46, 51-55 (2021)

12) 神奈川県環境科学センター調査研究部 マイクロプラスチック研究チーム; 相模湾漂着マイクロプラスチック (MP) の実態とその由来の推定 <中間報告書> その 1 漂着実態把握と吸着化学物質の測定, <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/3464/2mprep20191.pdf> (参照; 2022.10)

13) 神奈川県環境科学センター調査研究部 マイクロプラスチック研究チーム; 相模湾漂着マイクロプラスチック (MP) の実態とその由来の推定 その 2 発生源及び排出経路の推定, <https://www.pref.kanagawa.jp/documents/3464/2mprep20220.pdf> (参照; 2022.10)