資源循環社会の実現に向けたデジタル技術の役割
～画像解析による自治体プラスチック対策のDXとEBPM～

後　藤　早　苗*
Sanae GOTO

1．はじめに

海洋プラスチックごみ問題は，地球規模で早急に解決すべき環境課題の一つであり，2050年にはプラスチックの総重量が魚類の重量を上回ると予測されるなど，極めて深刻である。流出したプラスチックは難分解性であり，紫外線等で微細化されたマイクロプラスチック（５㎜以下）による生物誤飲や有害物質の蓄積といった生態系への悪影響が強く懸念されている。この海洋プラスチックの約７割から８割は陸域由来であり，河川を経由して海域へ至ると推計されていることから[1)]，発生源や流出経路である陸域・河川域での対策が急務となっている。これらを背景に，現在，これまでの「出たごみをどう回収して処理をするか」という議論から，「プラスチックの生産・設計から廃棄までの全ライフサイクルで規制，管理する」という大転換期にある中，本報ではデジタル技術を用いた実効性のあるモニタリング手法と，その政策への活用について述べる。

2．国内外の動き

2．1　世界の取り組み

世界で最も注目されているのが，法的拘束力のある国際プラスチック条約の制定に向けた動きである。2040年までにプラスチック汚染を80％削減することを目指し，国連の政府間交渉委員会INCで激しい議論が交わされている。

⑴　生産量そのものの規制を巡る対立

条約の合意に向けた交渉が継続されているが，「プラスチックの生産量そのものを世界共通で上限規制したい」とする欧州や島嶼国と，「条約は廃棄物管理（リサイクルなど）に留め，生産量は各国自主目標にすべき」とする産油国や主要生産国との間で意見の隔たりがあり，最終調整が続いている。

⑵　EUの厳しい「包装･包装廃棄物規則（PPWR）」

国際条約に先駆け，EUでは2026年８月からPPWRが適用開始される。これにより，域内で流通する包装へのリサイクル素材の含有義務化や，使い捨てプラの厳格な削減目標が課されるため，ヨーロッパと取引のある日本企業も急ピッチで対応を迫られている。

2．2　日本国内の取り組み

日本はこれまで「燃やす（サーマルリサイクル）」による熱利用に頼る部分が大きかったが，世界基準に合わせる形で法規制の強化と循環型へのシフトとして「マテリアルリサイクル」や「ケミカルリサイクル」へ大きく舵を切っている。

⑴　資源有効利用促進法の改正（2026年）

年間250ｔ以上のプラスチックを排出する多量排出事業者に対し，プラ削減の取り組みが著しく不十分な場合は，国からの勧告・公表・命令，さらには罰金が下されるなど，企業への実効性のある法規制が強化されている。

⑵　プラスチック資源循環促進法の定着

2022年に施行されたこの法律に基づき，コンビニのスプーンやホテルのアメニティなど「特定12品目」の削減（有償化や軽量化，代替素材への切り替え）が，社会全体で完全に定着しつつある。

⑶　自治体による一括回収の拡大

これまでは「ペットボトル」「容器包装」のみを分けていた自治体で，「ペットボトル」とは別に「容器包装」と「製品プラスチック」をまとめて一括回収・

＊八千代エンジニヤリング㈱事業統括本部国内事業部環境計画部シニアコンサルタント

リサイクルする体制が全国に広がっている。

3．自治体が直面する実務上の課題

資源循環の取り組みが推進される一方で，ポイ捨てや，風雨等により意図せず散乱したプラスチックごみが，排水路や河川を通じて陸域から海域への流出へつながっており，自治体や河川管理者は，散乱ごみの発生実態や発生量の定量的把握において大きな障壁に直面している。河川敷や海岸等において人的サンプリング調査や目視観測が広く実施されてきたが，従来の調査手法の限界とコスト，その精度の壁が課題として挙げられる。

・多大な労力とコスト：年に数回程度の一過性の調査では，統計的な推計が困難。
・主観によるばらつき：調査員の経験値により精度が左右される。
・安全性とデータ欠落：ごみの流出が集中する出水時における河川等の調査は危険を伴うため，最も重要なタイミングの観測が困難。

さらに，清掃活動や啓発活動に対し，それが海洋への流出抑制にどの程度寄与したかを定量的に評価することが難しく，対策事業の継続的な予算確保や実態把握に基づく対策の立案・実行・評価というPDCAサイクルの構築が困難であることが課題となっている。

そこで，「対策および効果の定量化」という観点で，画像解析やAIを活用したデジタル技術の社会実装事例を紹介する。

4．デジタル技術による多角的モニタリングの実装

対策および効果の定量化を実現するため，AIや画像解析によるデジタル技術の社会実装が進展している。陸域や河川等における散乱ごみの代表的な調査手法と内容等を**表1**に示す。陸域においては面的，河川においては線的な把握が可能で，それぞれ既に社会実装例がある。

4.1　陸域調査:広域把握と市民参加の融合（点と面）

人が立ち入りにくい茂みや急斜面の散乱状況を短時間でカバーし，広域的な「面」のデータを取得する手法としてUAVおよび衛星画像の活用が試行されている。また，スマートフォンによる市民参加型アプリ（i-collect/ピリカ等）を活用した市民投稿により，街中の「点」のデータを低コストで集積し，行動データをダッシュボードで可視化することで面的に情報を把握し，住民の啓発効果と実態把握を両立させる手法が実用化されている。

4.2　河川調査：画像解析による流出実態の定量化（線）

河川を通じた「線」の流出経路を監視する技術として，画像解析システム（RIAD/PRIMOS）の実装により，流出実態の継続監視が可能となった。

弊社が東京理科大学と共同開発したシステムであるRIAD（River Image Analysis for Debris transport）は，水面との色差により人工系ごみと自然系ごみを判別し，

表1　代表的な散乱ごみ等の調査手法

	調査手法	内容	メリット	デメリット
陸域調査	サンプリング調査（目視・手選別）	一定区間内のごみを回収・分類し、個数や重量を計測する。	・種類やブランド、消費期限等まで詳細に特定可能。 ・確実性が高く、精密なデータが得られる。	・労力と時間がかかる。 ・一過性の調査になりやすく、時系列（季節変動）や場所間の相関性が見えにくい。 ・広範囲の継続的な実施が困難。 ・調査員の主観により精度に差が出る。
陸域調査	市民参加型（アプリ活用）	市民がスマホアプリ等でごみの写真を投稿し、位置情報を集積する。	・低コストで膨大なデータ（ビッグデータ）が得られる。 ・啓発効果が高い。	・データの精度にバラつきがある。 ・投稿が特定の場所に偏りやすい。
陸域調査	UAV空撮調査（衛星写真等含む）	UAVで上空から撮影した画像や衛星写真等からごみの分布を把握する。	・人が立ち入りにくい場所（茂みや急斜面）も調査可能。 ・短時間で広範囲をカバーできる。	・草木の下にあるごみは見えない。 ・小さなごみの判別が難しい。
河川調査	橋梁からの目視観測	橋の上から一定時間、流れていくごみの数や種類を数える。	・機材が不要で、すぐに実施できる。流下量の時間変化を捉えやすい。	・水面下のごみの判別や、夜間および増水時の観測が困難。 ・調査員の主観により精度に差が出る。
河川調査	トラップや排水機場での回収	河川に設置したネットやフェンス、既設の排水機場でごみを捕捉する。	・実際に流れている実物を回収し、詳細に分析できる。 ・そのまま清掃対策に繋げられる。	・設置には河川管理者の許可や設備が必要。 ・航行する船や出水時の流木、ごみ集積に伴う治水上の安全確保が障害になる。
河川調査	定点カメラによる画像解析・AI解析	河川にカメラを設置し、画像解析によるごみ輸送量の推計や、AIにより品目・個数を検出する。	・24時間365日の連続監視により、データの連続性が確保できる。 ・ごみが多く流下する出水時でも、安全に調査データを収集できる。 ・人件費を抑え、客観的な数値が得られる。	・初期コスト（カメラ設置や解析ソフト利用料）がかかる。 ・夜間や濁った水の解析精度に課題がある。

輸送量を算定する[2)]。しかし，品目を判別できないことから，最新のAI物体検出モデルYOLOv8 Instance Segmentationを採用した後継システムとして，ペットボトル，レジ袋，食品容器，その他プラスチックの４品目に自動分類・カウントを行うPRIMOS（Plastic Runoff Identification, Monitoring&Observation System）を愛媛大学と共同開発し，リリースした[3)]。これらの技術を活用した調査の流れや機器設置例を**図１**に示す。

流出量は，画像内の物体の移動距離から面積輸送量［m^2/s］を算出し，単位面積当たりの重量原単位を乗ずることで質量輸送量[g/s]へ変換して算定する（**図２**）。

愛知県岡崎市の伊賀川において流下するプラスチックごみを連続撮影した動画から，PRIMOSにより解析した結果，流量ピーク前の増水期に流下するごみの輸送量のピークが現れ，典型的な「フラッシュ現象」を確認している[4)]。これは，増水期と減水期において同じ河川流量においても質量輸送量［g/s］に大きな差異が生じていることを示す。こうした詳細な経時変化の把握は，人的調査では不可能であった成果であり，土地利用や流域人口等も踏まえて，ごみの流出対策の前後で比較することで対策効果を定量化する手法の１つとして有効である。

また，大阪府は大阪大学と包括連携協定を締結し，河川の防災カメラで撮影した画像に対し，AIによりプラスチックごみ流出量の推計を実施している[5)]。

このようにカメラを活用することで，効率的かつ安全に，客観的な連続データを取得することが可能となる。

４.３　社会実装の具体例

2023年10月に環境省と瀬戸内海流域の14府県が共同で瀬戸内海プラごみ対策ネットワークを設立し，取り組みや課題の共有，海洋ごみ削減への行動を推進し，陸域から閉鎖性水域である瀬戸内海へのプラごみ流出実態の把握を進めている。

河川を通じた陸域から海域への流出量の推計については，愛媛県は令和５～６年度，山口県は令和６～７年度にRIADを使用した解析結果から，河川流量とプラスチックごみ流出量との関係式L-Q式を作成し，県内から瀬戸内海への年間流出量を推計している（**図３**）。また，大阪府は令和３～７年度（計画では令和12年度まで10年間実施予定）にAIを使用して瀬戸内海へのプラごみ流出量推計値をホームページ等で公表している（**図４**）。いずれの手法も，環境省「瀬戸内海へのマクロプラスチックごみの流入実態調査マニュアル」に準じた調査である。

なお，環境省では，有識者により構成された「海洋環境を含むプラスチックごみ流出量インベントリ検討会」にて議論を進めながら，発生源・品目別に積み上げた流出量の推計や，マクロ統計データを用いた推計，その手法の妥当性の検討を進めている。

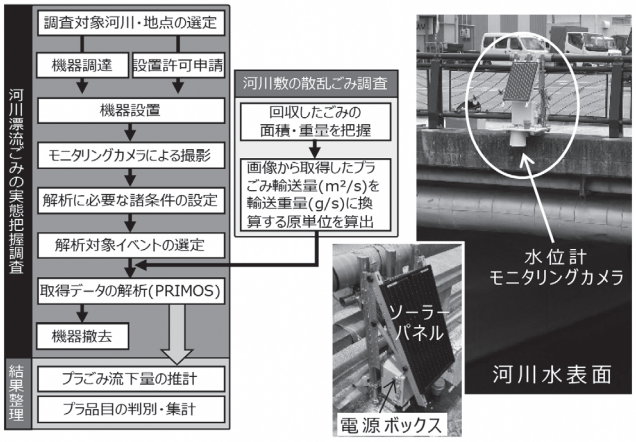


図１　河川流下調査の流れと機器設置例

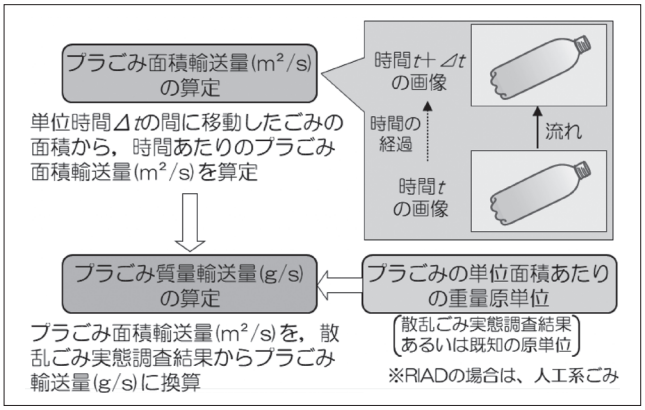
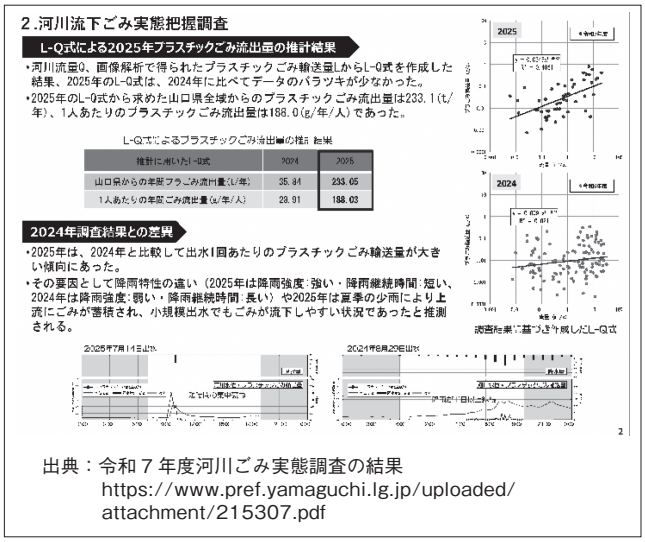
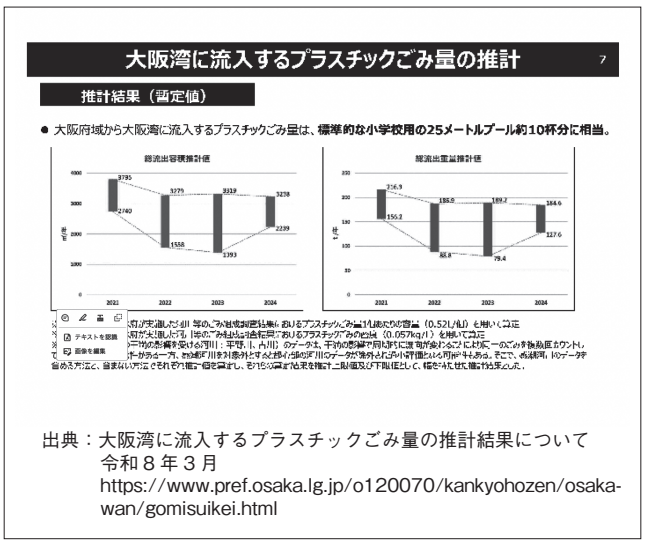


図２　プラごみ輸送量の算定イメージ



出典：令和７年度河川ごみ実態調査の結果
https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/uploaded/attachment/215307.pdf

図３　山口県



出典：大阪湾に流入するプラスチックごみ量の推計結果について
令和８年３月
https://www.pref.osaka.lg.jp/o120070/kankyohozen/osaka-wan/gomisuikei.html

図４　大阪府

4.4　その他の画像解析による実装事例

し尿処理施設や浄化槽，下水処理施設等で発生，堆積するスカム（浮遊汚泥）の管理においても，画像解析を活用する事例として東京都内の水再生センターにおいて，赤外線カメラと画像解析を用いたスカム除去の最適化を試行している。これは，弊社が東京都下水道局と東京都下水道サービス㈱，他２社とともに共同研究を行い，プラスチックごみと異なり，自然光が入らない施設内や暗渠における画像解析によりスカム堆積状況を定量化し，除去装置の自動発停制御を行った技術である[6)]。赤外線カメラによる白黒画像を用いており，装置の頻繁なON/OFF（チャタリング）による装置の寿命低下を防ぐためのヒステリシス制御も導入している。試行結果から，従来のタイマー運転と比較して運転時間は約64％削減され，かつ除去効率は最大54％向上し，電気代削減およびCO_2排出量抑制など経済的・環境的効果が示された。

本技術は，スカムに限らずプラスチックごみをはじめ，暗渠や施設内に堆積した浮遊物やプラスチックごみ等の廃棄物の堆積など，夜間や自然光が入らない空間内のモニタリングへの流用が期待できる。

5．EBPM（根拠に基づく政策決定）へのデータ活用と留意点

以上のように，デジタル技術を活用することにより従来の「定性的状態」を数値化・可視化でき，現況把握や対策立案，効果の評価など施策の根拠を定量的に得ることが可能となる。定量データに基づいた調査による実態把握のフェーズから，次は「要因分析」「対策の検討」「対策の実施」「対策の効果検証・評価」のフェーズへと順次移行する必要がある。なお，定量化にあたっては，例えばプラスチックごみの場合，次の４点に留意が必要である。

① 公的基準への準拠：例えば，環境省の調査マニュアル「瀬戸内海へのマクロプラスチックごみの流入実態調査マニュアル」等に準じた手法を採用するなど，データの信頼性を担保する。

② 長期蓄積と変動要因の考慮：出水期（３月～10月）や曜日サイクル（平日/休日）など，多様な条件下のデータを蓄積し，統計的傾向を把握する。

③ 対策のPDCAサイクルへの組み込み：ごみ箱設置や啓発活動の「前後」でデータを比較し，施策の有効性を定量的に評価する。

④ 住民との合意形成：収集したビッグデータを可視化し，行政の透明性向上と住民の「自分事化」を促すエビデンスとして活用する。

６．未来展望：持続可能な資源循環社会の構築

プラスチックごみ対策は，単なる「除去」だけでなく「資源循環」の視点が不可欠である。詳細な品目組成データは，リサイクル計画の策定や代替素材の導入検討を加速させる。また，特定のホットスポットを特定することで，ポイ捨ての背景にある周辺環境や同調性バイアス等の心理・環境要因を踏まえ，定量データに基づき街の景観維持やコミュニティの清掃活動を行政が支援することは，地域の魅力向上や活性化にも期待できる。

画像解析やAIは単なるツールに過ぎず，その本質的な価値は，技術と地域の実情に即した知見を融合させる「社会実装の橋渡し」にある。行政だけの取り組みでは限界がある。市民や企業など地域全体が一体となり，人々の日常生活や経済活動から発生する廃棄物の行く末を誰もが「自分事」として取り組める社会になることを期待したい。

出　典

1）Meijer, L., van Emmerik, T., van der Ent, R., Sch-midt, C. & Lebreton, L. C. M.（2021）.More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. Science. Advances.7, eaaz5803.

2）八千代エンジニヤリング株式会社 HP：https://www.yachiyo-eng.co.jp/news/2021/07/post_563.html

3）八千代エンジニヤリング株式会社 HP：https://www.yachiyo-eng.co.jp/government/pickup/primos/

4）後藤早苗，佐々木健司，青木大輔，片岡智哉：AI 画像解析技術を搭載した新たな河川浮遊プラスチックごみ輸送量計測システム（PRIMOS）による推計手法，第 28 回日本水環境学会シンポジウム講演集，p200-201, 2025

5）大阪府：大阪湾に流入するプラスチックごみ量の推計結果について，2026

6）後藤早苗，遠藤幹大，沼田太郎：下水処理施設における画像解析を用いた堆積スカム除去装置発停制御システム，土木学会第 53 回環境システム研究論文発表会講演集，p87-92, 2025

汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領〈2021改訂版〉

編集・発行／公益社団法人全国都市清掃会議

目　次

Ⅰ編　汚泥再生処理センター等計画要領
- １章　生活排水処理基本計画の策定
- ２章　循環型社会形成推進地域計画の策定
- ３章　長寿命化計画の策定
- ４章　汚泥再生処理センター等の施設整備に係る各種計画等の策定
- ５章　汚泥再生処理センター等の設置手続き
- ６章　汚泥再生処理センター等整備工事の発注手続き
- ７章　汚泥再生処理センター等施設整備のための財源

Ⅱ編　汚泥再生処理センター等設計要領
- １章　汚泥再生処理センターに関する基本的事項
- ２章　受入・貯留設備
- ３章　水処理設備
- ４章　資源化設備
- ５章　汚泥処理設備
- ６章　脱臭設備
- ７章　電気計装設備
- ８章　土木建築設備

Ⅲ編　コミュニティ・プラント設計要領
- １章　コミュニティ・プラントに関する基本的事項
- ２章　コミュニティ・プラントの機能に関する事項
- ３章　コミュニティ・プラント設計要領

発　行　令和４年３月

体　裁　Ａ４判，約500頁

定　価　会員：22,000円（税込価格，送料込）
一般：29,700円（税込価格，送料込）

申込先　全国都市清掃会議ホームページ
URL　https://www.jwma-tokyo.or.jp
〒113-0033　東京都文京区本郷３－３－11
（IPBお茶の水７F）
公益社団法人全国都市清掃会議調査普及部
FAX　03-3812-4731