

衛星リモセン及び衛星測位を用いた 海洋プラスチックごみの状況把握技術の調査

一般財団法人 日本宇宙フォーラム
宇宙政策調査研究センター 主任調査分析員 白石 剛

1. 調査研究のバックグラウンドと目的

海洋ごみには様々な種類があるが、その中でプラスチックごみの割合（個数ベース）は65%以上を占め国際的に社会問題化している。広域を観測できる宇宙技術は、広大な海洋における様々な海上情報を把握するのにドローンや船舶による調査に比べて優位性を持つ技術である。このように効率的かつ効果的に衛星リモートセンシングや衛星測位技術の組み合わせで海洋プラスチックごみのいくつかの分布を準リアルタイムで把握できれば、効率的な海洋プラごみの人為的回収に極めて大きく貢献する。本調査では、以下を調査の目的とした。

- ①衛星リモートセンシングと衛星測位技術を用いた海洋プラごみ観測の研究動向の把握、整理
- ②衛星リモートセンシングと衛星測位技術を用いた海洋プラごみ観測の研究における現状の技術的課題と今後の研究発展の方向性についての分析
- ③海洋プラごみの低減に向けた方策の考察
- ④海洋プラごみ把握に用いられる宇宙技術による国際協力強化に向けた提言

2. 調査内容と方法

衛星リモートセンシング技術を用いた研究について、海洋プラごみの検知の可能性検討を含めて、既存の論文や調査報告書等を調査、整理した他、学術機関や組織にヒアリングを行い、最新の研究動向について把握、整理を行った。また、衛星測位による海洋プラごみの研究実証を行っている国内外の企業に対し、①現状の成果、②技術的課題、③今後の成果の見通しについて、ヒアリングをして整理を行い、それらの情報を基に、今後適用可能な宇宙以外の技術を含めて分析し、考察・提言を行った。

3. 海洋プラごみの低減に向けた方策の考察

（1）宇宙技術とその他の観測技術との統合観測による全容把握

海洋プラごみの低減のためには、まずは海洋プラごみの分布や海洋での移動について、可能な限り正確に把握することが重要である。宇宙技術を用いた把握の手法としては、「可視・赤外センサによる衛星リモートセンシングによる海洋プラごみ検知」、「合成開口レーダ（SAR）を用いた海面におけるプラごみの分布推定」、「測位衛星と衛星通信を活用した海洋プラごみの移動監視」が研究・実証されている。これらを用いて海洋プラごみの分布や海洋での移動の全容を把握するには、「①特定の波長帯での解像度の向上」、「②（特に特定の海域での）観測頻度の向上」、「③沿岸域以外の海域でのリアルタイム移動情報のデータ収集」、「④検証のための実際の海洋での現場データの取得」に課題がある。このうち、③については、小型衛星コンステレーションを用いたストア&フォワード（S&F）技術を用いて実現する可能性が極めて高い。他方、①と②については、短中期的に見て衛星による技術革新のみによって実現される可能性はコスト面からみて難しいと思われる。海上というアクセスしにくい場所、広域な観測の必要性、何か月にもわたる連続

観測ということを含めると、気球、成層圏プラットフォームによる観測が優位と思われるが、経済合理性を考えると海洋監視のみでは実現は難しく、通信や別の観測と組み合わせて、パッケージ観測の一つとして海洋プラスチック観測を組み込んでもらうという工夫が必要になる。

(2) 宇宙技術、現場データとシミュレーションモデルとの統合

グローバルに全海域における海洋プラスチックの移動を推測するためには宇宙技術、現場データの海洋シミュレーションモデルへの統合が必須である。ある時期のワンショットを衛星リモートセンシングで捉え、現場データによって海洋プラスチックの分布状況を面的にある程度正確に捉えられるようになったとしても、その後、連続的にどのようにそれらの分布が変化していくのかを捉えるためには、シミュレーションモデルを構築し、分布を予測していく必要がある。また、特にマイクロプラスチックなど、海洋中で細かく分解されながら海洋の深さ方向含めて、循環しているということが示唆されているため、海表の観測のみならず、海中での移動を推定することを含めたシミュレーションモデルが必要になってくる。

(3) 海洋プラスチックの発生源における対応

宇宙を含めた技術の革新や新しい観測手法の導入と共に、今後海洋プラスチックのグローバルな分布や海洋循環による移動の正確な情報が得られるようになった場合、海洋プラスチックの主な発生源といわれる各国の河川において、年間でどの程度のプラスチックが海洋に流れ込んでいるかが定量的に可視化される。海洋プラスチックの流出量が多い河川を正確に特定し、それらの河川において、保有する各国政府が国内で有効な対策を講じる、もしくは国際的な援助を活用し、そもそも海洋プラスチックを海洋に流出させないことを目指すべきである。

(4) 我が国における将来の回収オペレーション

現在の衛星により観測できる頻度では毎日もしくは数時間に1度の海洋プラスチック撮像を実現することは難しく、ゴミの動きを予測するためには衛星リモートセンシング（光学+SAR）の撮像データのみならず、風の動きなどの海況情報をインプットしてモデル化することにより、シミュレーションすることで回収率を上げる方法などを更に検討する必要がある。日本の自治体の例を見てみても、コスト面において年間数千万円というコストで現在回収のオペレーションを実施しているところ、行政の予算の増額は難しいと思われ、特に SAR などの有償が多い衛星データを活用し続けるためには海洋ゴミの検知・追跡のみならず、別の行政利用と合わせて同じ衛星データを利用することにより、調達コストの削減を図ることも工夫の余地がある。

4. 海洋プラスチック把握に用いられる宇宙技術による国際協力強化に向けた提言

(1) 超小型衛星コンステレーションを用いた S&F の規格スタンダード化

超小型衛星を用いたストア&フォワード（S&F）技術は我が国が先導して開発・実験を行ってきた。地上のIoTセンサなどから弱い電波を出してデータを送り、それを衛星で集め、いったん衛星内のメモリーに貯めておき、そして地上の衛星交信用アンテナ（地上局）の上空に差し掛かったところでデータを下ろすという仕組みの通信衛星である。単独で構築するのではなく、規格スタンダード化して、複数の国が特定のコンステレーションの衛星を持ち合うシェアリングモ

デルにより、各国でコストをかけずにヴァーチャルなコンステレーションを構築できる可能性がある。1機数億円であれば、宇宙新興国やこれから宇宙に参入したい国も参加できる可能性があり、我が国が先導してきたS&Fのインフラ構築を推進すると共に、宇宙に参入したい国や民間企業等に対して、我が国がイニシアチブを発揮できる分野の一つであり、国としても国際協力による協業モデルを継続支援すべきである。

(2) 小型衛星コンステレーションを用いたハイパースペクトルセンサの実用化

我が国では国際宇宙ステーション（ISS）搭載ハイパースペクトルセンサ「HISUI」（波長400～2500nm、空間分解能20～31m、バンド数185）を運用しており、同センサを用いた研究が進められている。更に、経済産業省では、小型衛星によるハイパースペクトル観測のための研究開発を進めており、今後増加する小型衛星に搭載可能なハイパースペクトルセンサを開発することにより、頻度等を補完する分光衛星のコンステレーション構築を目指している。ハイパースペクトル（多波長）×小型衛星コンステレーション（高頻度観測）によるインフラ構築を先導し、我が国においてイニシアチブを発揮できれば、S&Fと同様、海洋プラスチックの観測含め、他国との協業によるハイパースペクトル小型衛星のヴァーチャルコンステレーション構想を実現できる可能性がある。

(3) 我が国独自の測位衛星「みちびき」とLPWAを用いた社会課題の解決

衛星測位では米国のGPSに加え、我が国独自の測位技術である「みちびき」が軌道上に配備され運用されており、アジア太平洋地域においては「みちびき」も活用した高精度測位が可能になっている。また、LPWA通信は「長距離安定通信」「高速移動体通信」「低消費電力」の特長を生かし、さまざまなセンサで取得した情報を広範囲に効率よく発信し、収集することができるビッグデータIoTに適した通信である。これらの組み合わせにより、海洋プラスチックなどの物体のリアルタイム移動情報を把握することができることに加え、同時に、海上の物体の高さ方向の動きをリアルタイムで検知することにより海面の高さの情報をいち早く収集し、津波などの発生や到来情報に関する早期アラートを出すなどの各国の社会課題解決につながる技術を提供できる可能性がある。海洋プラスチックの移動情報だけではなく、別の社会問題解決につながる情報を提供することにより、他国に対して宇宙技術を用いた外交を推し進めることが可能となる。

(4) 南太平洋諸国におけるプレゼンスの向上

これらの我が国が有する宇宙技術を活用した宇宙アセット、及び地上アセットを有効活用し、環境問題となっている海洋プラスチック問題の解決の一つの糸口を国際的に提案することは非常に意義のある国際貢献活動である。また、海洋における環境問題は南太平洋諸国をはじめとする島しょ国にとって極めて関心が高く、南太平洋の海域においても海洋プラスチックが滞留する海洋のエリアがあると言われている。海洋におけるプラスチックの分布をできるだけ正確に把握し、除去方法の提案を国際社会に行うことにより、日本の国際社会におけるプレゼンスを向上させ、更には宇宙外交と呼ばれる数多くの小国の取り込み、国連における発言力向上など、国際場裏における我が国の発言力の向上にもつながるものである。

以上