

<報 文>

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*

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**

キーワード ①マイクロプラスチック ②海岸漂着 ③被覆肥料 ④発生源 ⑤生分解性

要 旨

海洋ごみ問題のひとつであるマイクロプラスチック汚染について、神奈川県は、眼下の相模湾への漂着状況に加えて、マイクロプラスチックへの化学物質の付着状況を明らかにし、発生源対策を講じるうえでの知見を集めてきた。特に西部の山王網一色海岸には、特徴的な、中空球状のマイクロプラスチックが他と比較して多量に漂着することが確認された。由来がわからないものがほとんどである中、形態や漂着する地域に特徴があることから、このマイクロプラスチックは比較的発生源が特定しやすいと考えられた。そこで、このマイクロプラスチックの発生源及び環境中へ流出する原因を調査した。その結果、当該海岸にそそぐ酒匂川流域の圃場が発生源のひとつであり、水稻栽培の一工程がその原因であることを確認した。

1. はじめに

海洋ごみ問題のひとつとして、近年、マイクロプラスチック(以下「MP」という)による汚染が世界的に注目されている。MPとは環境中に存在するサイズが5mm以下のプラスチックをいい¹⁾、樹脂ペレットやマイクロビーズのほか、プラスチックごみが波や紫外線の作用で細片化したものなど、さまざまな形態があり、海洋中の総量はおよそ5兆個と見積もられている²⁾。そしてMPは、海洋生物に物理的なダメージを与える可能性があるほか、海洋中の有害物質がこれに吸着・濃縮され海洋生物へ取り込まれることにより、海洋生物及び食物連鎖による人間への悪影響が引き起こされる懸念がある³⁾。

日本近海及び沿岸でもMPは確認されており、特に日本近海に漂流するMPの起源は黄海や東シナ海と推定されている⁴⁾。一方で国内からも海域へ流出していることが確認されているため⁵⁾、国際的な対策に加え、国内における対策も重要になる。

そのような状況の中で、本県にとって目の前に広がる相模湾の保全は、自然環境保護や漁業資源確保の面で非常に重要である。そのため、これまでに相模湾沿

岸を中心とし、まずは海岸の満潮線におけるMP漂着状況調査を行ってきた。それにより、相模湾沿岸の漂着MPは河川を通じて内陸の影響を受け、海岸によって特異性がみられることや、漂着したMPに吸着している化学物質量は近傍河川水中の化学物質濃度とある程度反映することなどがわかってきた⁶⁾。また、特徴的な形態を有したMPも見つかっており、県西部にある小田原市の山王網一色地区の海岸には、潰れたボール状を呈する被覆肥料の被膜殻(以下「肥料殻」という、図1)が春季に大量に漂着することを確認しており、その発生源が小田原の海岸にそそぐ酒匂川中流域の圃場(水稻)にあることを推察した⁷⁾。



図1 肥料殻

*A Study on the Source of Characteristic Microplastics Found in Sagami Bay

**Hiromi KIKUCHI, Ayumi NAMBA, Emiko IGARASHI, Kazunari KAWAHARA, Hiromi SAKAMOTO (神奈川県環境科学センター) Kanagawa Environmental Research Center

***Satoko MISHIMA (神奈川県湘南地域県政総合センター) Shonan Region Prefectural Administration Center, Kanagawa Prefectural Government

また、人工芝の破片と考えられる緑色のへら状MPもしばしば確認している。ただし、あくまでこれらいくつかのMPについて発生源等の考察ができたのみであり、その他多くのMPについては色、形態、材質など多種多様であることから、それが元は何であり発生源はどこであったかが特定できず、具体的な発生源対策を講じるのが難しい状況にある。そのため、今後は生活環境におけるプラスチックの使用箇所あるいはそれがMPとなる過程など、詳細な調査が必要である。

本稿では、上述の肥料殻について、発生から海岸への到達までを確認し、また、1年間における発生時期を調査した結果について報告する。発生源が推定でき、発生源対策を検討できるものは積極的に取り組む必要があると考えられたため、まずはこの肥料殻について、より具体的な調査を始めた。

2. 方法

2.1 調査地点及び調査時期

小田原市を流れる酒匂川の右岸に位置する山王網一色海岸で、春季に肥料殻の大量漂着を確認していた。そのため、圃場から流出した肥料殻がその排水路や河川を流下した後、海岸まで到達し、漂着するものと想定した。そこで、海岸から遡って調査することとし、山王網一色海岸、海岸にそそぐ酒匂川、酒匂川支流、圃場排水路及び圃場の各地点での流出・流下状況を調査した(図2)。

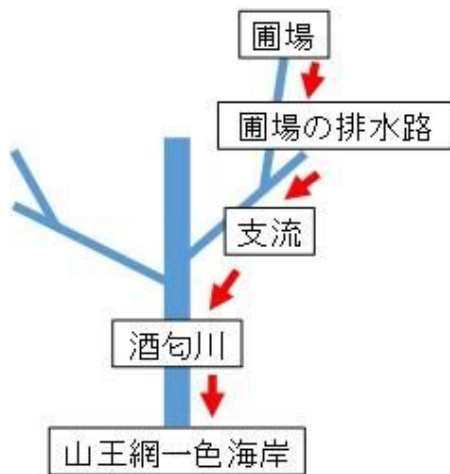


図2 調査地点模式図

2.2 調査方法及び時期

調査の方法は、圃場からの排水を伴う作業の際に肥料殻が流出すると想定し、これに該当する作業である代掻き、中干及び落水の際に、流出・流下状況を把握することとした。代掻きとは田植えの前、耕うんした田に水をはり、土を砕き均す(その後水を排出する)作業であるが、この際圃場内に残っていたもみ殻及び枯れ枝が、水

と同時に圃場から排出される。中干とは、(一般的には)梅雨の時期に灌水を中止して排水し、適度に圃場を乾かす作業をいい、茎数が過多なるのを防ぎ、有害物質の発生を防ぐことで根を活性化させるなどの効果がある。落水とは、稲刈りの約10日前に水を抜き、稲の登熟を完了させる作業をいう。対象とした圃場について、これらの作業を行う時期を聞き取り、代掻きとその後の調査を2020年5月13, 14, 19日, 6月9日に、中干時の調査を7月3, 15, 20日に、落水時の調査を9月4, 15日に行った。

流出・流下した肥料殻の把握は各地点の状況に合わせて行った。圃場排水路においては、排水路への付着状況を目視したほか、角型のたも網(横幅34cm, 2mmメッシュ)を水面から深さ6cmまで、排水中に2分間入れ、流下する肥料殻を採取した。

酒匂川支流及び酒匂川においては、護岸等への付着状況を目視したほか、工藤らの方法⁹⁾に準じ、プランクトンネットを用いて流下する河川水を定位置で通水して水中に浮遊するMPを採取する方法を用いた。図3に示した、ろ水計(General Oceanics社, G0-2030R型)を取り付けたプランクトンネット(株離合社, Cat. No. 5511北原式表面プランクトンネット)を、上部が水面と同程度の高さになるように沈めて保持し、5分間通水させた。通水後、ネット内に捕集されたものを篩(0.3mmメッシュ)にあけ、肥料殻が含まれていた場合、その個数を計り、1㎡あたりの流下量を推算した。

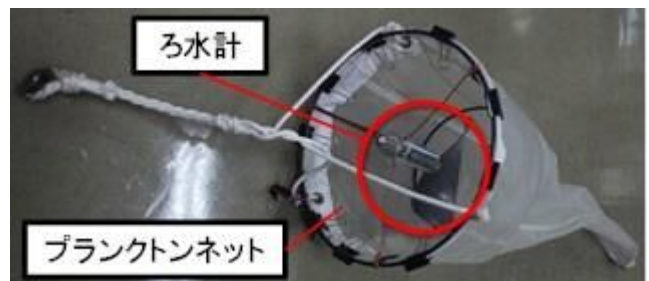


図3 ろ水計を付けたプランクトンネット

山王網一色海岸においては、満潮線上で任意の2か所を選定し、40cm四方(図4)、地表から3cmを砂や枯れ枝ごとステンレススコップで削り取り、篩分(4.75mmメッシュ)した。



図4 満潮線と採取区分

篩を通過したものを、改めて篩分(2mmメッシュ)し、篩上に残ったものから肥料殻を選別し、計数した。その後、1㎡あたりの個数を推算した。

3. 結果

3.1 代掻き時

代掻きの際、圃場の出口から圃場排水路までを目視確認したところ、圃場から1分間あたり数百個程度の多量の排出が認められ、また排水路には肥料殻が多量に浮いており、壁にも付着していた(図5)。



図5 排水路の壁に付着する肥料殻

酒匂川支流においては、1㎡あたり5月13日に3.2個、14日に1個の流下があった。酒匂川においては、5月14日に1㎡あたり0.1個が流下し、河川の護岸あるいはブロックに肥料殻、もみ殻が多量に付着・漂着していた(図6)。



図6 護岸に付着した肥料殻、もみ殻

山王網一色海岸においては、1㎡あたり5月14日には22個、19日には25個、6月9日には143.8個の漂着を確認した。

3.2 中干し時

圃場の出口から圃場排水路までを目視確認したところ、圃場出口からの流出を確認したものの、代掻きと比較すると非常に少ない様子であった。酒匂川支流においては、1㎡あたり7月3日には0個(確認できず)、7月15日には0.2個、7月20日には0.1個の流下があった。酒匂川においては、7月3日及び15日は増水のため調査できなかったが、

河川の護岸に肥料殻及びもみ殻が多量に付着していた。7月20日には1㎡あたり0.1個の流下があった。山王網一色海岸においては、1㎡あたり7月3日には553.1個、15日には37.5個、20日には120.8個の漂着を確認した。

3.3 落水時

圃場の出口から圃場排水路までを目視確認したところ、圃場出口からの流出を確認したものの、代掻きと比較すると非常に少なく、中干よりもさらに少ない結果であった。酒匂川支流においては、1㎡あたり9月4日には0個(確認できず)、9月15日には0.1個の流下があった。酒匂川においては、1㎡あたり9月15日に0.1個の流下があった。山王網一色海岸においては、1㎡あたり9月15日に85.9個の漂着を確認した。

3.4 結果まとめ

代掻きから落水までの各地点での確認状況は表1、2のとおりとなった。

表1 代掻き時の確認状況

	代掻き			
	5月		6月	
	13日	14日	19日	9日
排水路	多量	多量	-	-
支流	3.2	1	-	-
酒匂川	-	0.1	-	-
海岸	-	22	25	143.8

※単位 海岸:個/㎡ 川:個/㎡ 排水路:個

表2 中干、落水時の確認状況

	中干			落水	
	7月			9月	
	3日	15日	20日	4日	15日
排水路	数個	2	0	0	1
支流	0	0.2	0.1	0	0.1
酒匂川	-	-	0.1	-	0.1
海岸	553.1	37.5	120.8	-	85.9

※単位 海岸:個/㎡ 川:個/㎡ 排水路:個

代掻きと比較して排出が少なかった中干及び落水の後においても、海岸には多量に漂着していることを確認した。

4. 考察

まず、圃場からの流出についてであるが、代掻きは稲刈りの前、前年から残ったもみ殻などを取り除く目的もあるため、非常に多くのものが圃場から流出し、それに

合わせて肥料殻も流出してしまうことを確認した。肥料殻は中空球状であり、水に浮くため、一度土中から出てしまうと、ほとんどが代掻きによって排水とともに流出してしまうと考えられた。そのため、浮いた肥料殻の回収や、代掻き時の水量調整で流出を水尻で食い止めること、また殻の紫外線による分解を促進することなどが、流出防止策として有効と考えられた。ただし、回収する方法を採った場合、回収するための網の目詰まりによる作業中断あるいは回収作業そのものの手間が生じ、施肥回数が少ない、つまり栽培工程の作業が少なく済むという被覆肥料のメリットが薄らぐ可能性がある。そのため、流出の防止のためには、代掻き作業そのものの方法を含む抜本的な方法の変更が必要と考えられた。

一方、中干あるいは落水では流出は見られないか、もしくは、代掻きの際と比較して非常に少ない結果であった。これらには代掻きのような土を掻き混ぜる作業がなく、土中の殻が流出することがない、つまり表面にあったものが浮き、越流水にのった場合のみ流出するためと考えられた。こちらは、流出量が少ないことから、例えば圃場出口に網を置いて回収するといった方法でも、代掻き時に行うよりは負担が少ない可能性がある。

次に海岸での漂着状況であるが、代掻き後に多量に漂着するのは、圃場での流出状況をみれば想定どおりであるが、中干や落水後も多量の漂着が見られた。代掻き、中干及び落水それぞれのタイミングでの流出個数を正確に把握するのが難しいため、おおよその結果であるが、中干及び落水の流出量が代掻きと比較して非常に少ないことを考えると、海岸で確認したもののほとんどは代掻きにより流出したと推測された。ほとんど流出のない中干や落水時にも、代掻きの数日後に近い量が確認されているのは、ひとつは河川の護岸等に付着していたものが時間を経て漂着したことが考えられる。代掻きは概ね5月に行われるが、その後梅雨などの出水期を経るため、それにより付着分が徐々に海岸に漂着しているものと考えられた(図7)。

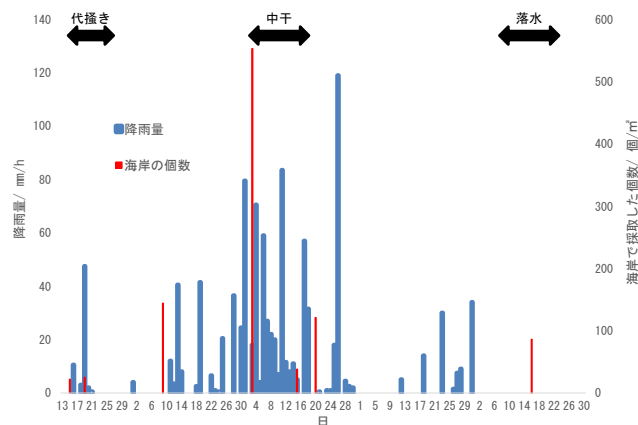


図7 南足柄市の降雨量と海岸での漂着個数

一方で、圃場表面にあったものが増水時に流出した可能性も考えられた。代掻きで流出しきれなかったものあるいは、田植え作業などにより新たに土中から浮上した殻があると考えられ、それらが降雨等による増水があった際、越流に乗って流出した可能性がある。

5. まとめ

被覆肥料の被膜殻と考えられるマイクロプラスチックが、水稻栽培の圃場から流出し、河川を通じて海岸まで漂着することを確認した。そのほとんどが水稻栽培の一工程である代掻きの際の流出と考えられ、その他の工程では、代掻きと比較するとわずかであった。海岸への漂着量は、多量に流出する代掻きの後だけでなく、他の時期でも比較的多く漂着することが新たに判明した。一度流出すると河川から回収するのは難しいため、流出を未然に防止するため、圃場からの流出直前の回収あるいは圃場においての肥料殻の分解を促進するような作業の追加が必要と考えられた。

6. 引用文献

- 1) GESAMP: Reports and Studies 90 “Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment”, pp.14-29, International Marine Organization, London, 2015
- 2) Eriksen M., Lebreton L. C. M., Carson H. S., Thiel M., Moore C. J., Borerro J. C., Galgani F., Ryan P. G. : Plastic Pollution in the World’s Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighting over 250,000 Tons Afloat at Sea, *PLoS ONE*, **9**, e111913, 2014
- 3) 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**, 318-324, 2001
- 4) Isobe A., Uchida K., Tokai T., Iwasaki S. : East Asian seas : A hot spot of pelagic microplastics, *Marine Pollution Bulletin*, **101**, 618~623, 2015
- 5) 二瓶泰雄, 片岡智哉 : 市街地のごみ堆積状況と河川水中のマイクロプラスチック汚染状況, 用水と廃水, **60**, (1), 48~55, 2018
- 6) 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
- 7) 池貝隆宏, 三島聡子, 菊池宏海 : 相模湾沿岸におけ

るマイクロプラスチックの漂着の特徴，用水と廃水，
62，(2)，147～154，2020
8) 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**，I1225-
I1230，(2017)