

開発事業における赤土等流出対策用土壌団粒化剤に 起因するマイクロプラスチックの発生

Generation of Microplastics Caused by Soil Aggregation Agents used to Control Red Soil and Other Runoff from Construction Sites

田代 豊¹
Yutaka TASHIRO

要約

赤土等汚染対策としての土壌団粒化剤噴霧が実施された工事現場からの降雨時流出水に含まれるマイクロプラスチックを分析した。樹脂懸濁液に特徴的な顕著な青緑色を呈する薄膜上のマイクロプラスチックが検出され、噴霧後約3か月までの期間は、数十個/L程度含有されていた。噴霧後の日数の経過とともに流出水の懸濁物(SS)は低下し、マイクロプラスチックの検出個数も減少する傾向が見られた。噴霧樹脂由来と考えられるマイクロプラスチックの検出は、噴霧後1年近く経過した降雨時流出水からも続いた。マイクロプラスチックの大きさの分布を集計したところ、いずれも0.3 mm以下のものが8割以上を占め、1 mm以上のものは少数であった。

キーワード：マイクロプラスチック、開発事業、赤土汚染、土壌団粒化、沖縄

1. はじめに

沖縄・奄美の南西諸島では、陸域から降雨時に流出する土壌粒子による沿岸海域の赤土等汚染が頻発し、サンゴ礁生態系に大きな影響を与える重要な環境問題とされている。各地で行われる開発事業では、土木工事によって植生に被覆されていない裸地が発生する 경우가多いが、その表面土壌が降雨時に流出することによって、赤土等汚染の重要な発生源の一つとなっている。こうした開発事業による赤土等汚染発生対策の一つとして、土壌団粒化剤と呼ばれる合成樹脂を工事現場などの裸地に噴霧し、土壌粒子を被覆または団粒化させる工法が広く導入されている(図1)。さらに、噴霧する樹脂懸濁液中に植物種子を混合し、噴霧後に発芽した植物によって法面等の土壌を継続的に被覆することも、南西諸島では土木技術として一般化している。このような対策は、それを実施せずに裸地を放置した場合に比べ、大きな土壌流出防止効果が認められている(沖縄県 1995)。

一方、こうした工法によって工事現場の土壌表面に噴霧された合成樹脂は、その後時間とと

1 名桜大学国際学部、沖縄国際大学総合研究機構沖縄経済環境研究所特別研究員 tashiro@meio-u.ac.jp

もに破断や劣化等を受けて、環境中に拡散していくことが予想されるが、その環境中における消長に関する知見はほとんど見られない。環境中に存在する直径 5 ミリメートル未満の合成樹脂粒子は、マイクロプラスチックと呼ばれ、近年生態系と人間の健康に対する潜在的なリスクとして注目されるようになった。生物が摂食した場合、消化器官への悪影響、栄養摂取への影響、吸着有害物質による毒性等が生じる可能性が指摘され (Rochman et al. 2013、Wright et al. 2013、Galloway, et al. 2017)、とくに海洋生態系全体にわたる影響が懸念されている (Wright and Kelly 2017)。マイクロプラスチックは主に合成樹脂製品の破断、洗濯時の合成繊維の放出、工業プロセスからの排出など、さまざまな発生源から環境中に放出されることが知られており、合成樹脂の生産と使用量が増加するにつれてマイクロプラスチックの賦存量が増加し、環境を継続的に汚染することが懸念されている (Geyer et al. 2017)。

本研究では、赤土等汚染対策としての土壌団粒化剤噴霧によるマイクロプラスチックの発生に関する知見を得ることを目的として、噴霧が実施された工事現場からの降雨時流出水に含有されるマイクロプラスチックを分析した。

2. 試料と方法

沖縄県名護市内の屋部川流域にある傾斜地の宅地造成工事現場で、降雨時流出水を採取した。裸地となった 60 m×27 m の長方形の工事現場において、2022 年 7 月初旬に土壌団粒化剤噴霧が行われ、その後 1 か月程度以内に噴霧液に含有されていた種子によると考えられる草本が生育して裸地全体を被覆した。これと同じ時期に、降雨時に発生する表流水が集まる工事現場下部の土壌が掘削されて、幅 20 cm 程度の小規模な水路が自然に形成され、まとまった降雨があると、この自然水路から工事現場外に表流水が流出するようになった。同年 8 月から翌年 6 月までの期間中、まとまった降雨があった機会のうち 6 回について、この流出水 (3 ~ 12 L) を採取した。



図1 工事現場での土壌団粒化剤散布の例

流出水中のマイクロプラスチックの分析は、環境省 (2021a) による調査ガイドラインの方法に準じて行った。目開き 0.1 mm のナイロンネットで試料水をろ過し、ネット上の固形物を少量の精製水でガラスビーカーに移したのち加温して濃縮し、30% 過酸化水素溶液を加えて 60℃以下で生物由来等の有機物を酸化分解した。残留している固形物を 0.1 mm ナイロンネットでろ過し、精製水で洗浄後フラスコに移し、よう化ナトリウム溶液を加えて比重分離した。浮遊した固形物を 0.1 mm ナイロンネットで捕集して洗浄し、ガラスシャーレに移して計測用試料とした。この試料中には、赤土等汚染対策で噴霧される樹脂懸濁液に特徴的な、顕

著な青緑色を呈する薄膜状のマイクロプラスチック (図 2) が認められたため、その特徴を持ったものの数と長径を実体顕微鏡下で測定した。

3. 結果

本研究の対象とした工事現場の流出水には、噴霧された樹脂に由来すると考えられるマイクロプラスチックが含有され、噴霧後約 3 か月となる同年 9 月下旬までの期間は、数十個/L 程度含有されていた (表 1)。この期間中は流出水の懸濁物 (SS) も大きな値を示し、降雨時の土壌流出が多かった。噴霧後の日数の経過とともに、植物による土壌表面の被覆が進み、それとともに SS は低下したが、マイクロプラスチックの検出個数も減少する傾向が見られた。しかし、噴霧樹脂由来と考えられるマイクロプラスチックの検出は、噴霧後 1 年近く経過した降雨時流出水からも、少量ずつではあるが続いた。



図 2 観察されたマイクロプラスチックの例 (背景は 0.1 mm メッシュ)

表 1 工事現場流出水中のマイクロプラスチックと SS

採水日	2022/8/4	2022/9/20	2022/10/31	2022/12/9	2023/2/10	2023/6/14
マイクロプラスチック (個/L)	87	39	0.25	0.33	2.4	0.67
SS (mg/L)	600	160	1.2	5.7	50	4.3
時間降水量 (mm) *	0.0	17.5	7.0	2.5	15.5	14.5

* : 気象庁名護観測所における採水時の時間降水量を参考として示す。採水地点の降水量とは異なる場合がある。

本研究の中でマイクロプラスチックの検出個数が相対的に多かった 3 回の流出について、検出されたマイクロプラスチックの大きさの分布を集計したところ (図 3)、いずれも 0.3 mm 以下のものが 8 割以上を占め、1 mm 以上のものは少数しか検出されなかった。

4. 考察

本研究の結果から、赤土等汚染対策の土壌団粒化剤として工事現場の土壌表面に噴霧される樹脂の一部が、マイクロプラスチックとなって長期にわたり流出する可能性があることが明らかになった。なお、こうした工法のために使用される合成樹脂にはいくつかの種類があり、他の多くの工事現場で同様な事態が生じているかどうかを明らかにするためには、使用条件や地形による違いを含めてさらなる調査研究が必要である。

表 1 には参考のために、近傍の気象庁名護観測所で観測された降水量を示した (なお、本

研究における採水は、研究対象地付近で強い降雨があった際に実施したため、名護市内の別の場所にある名護観測所ではわずかな降水量しか観測されなかった場合もある)。このうち、2022年9月20日の採水時に、本研究対象地において名護観測所と同じ時間降水量17.5 mmの降雨があり表流水の流出係数が沖縄島北部地域で一般的な0.7（沖縄県1995）であったと仮定すると、本対象地全体からは20 m³の流出水があったことになる。この1時間の間、マイクロプラスチックの流出量が一定であったとすると、780,000個が流出したことになる。さらに、名護観測所の記録によると、本対象地で多くのマイクロ

プラスチックの流出が検出された同年7～9月に、時間降水量17.5 mm以上の降雨は5回あった。このため、本対象地においても同様な降雨イベントがあったと仮定すると、この期間中に3,900,000個程度以上のマイクロプラスチックが流出したと推算される。

環境省（2021b）が2021年に国内の一級河川水系のうち10水系において下流域の河川水を調査した結果によると、河川水中のマイクロプラスチックは数個/m³の場合が多く、流域人口密度の高い河川の測定地点において26個/m³が検出されたのが最大であった。屋部川（白銀橋脇）の平水時流量は、12 m³/secであるため（沖縄県1988）、仮に10個/m³のマイクロプラスチックが含まれていたと想定すると、上記3か月間でおよそ9億個が流下したことになる。上述の本対象地から流出した噴霧樹脂由来マイクロプラスチックは、その0.4%に相当する。本対象地は小規模な工事現場であったが、いずれかの河川流域において本対象地と同様な流出を生じる多数あるいは大面積の工事現場が存在した場合には、河川と、その流入する海域のマイクロプラスチック濃度を増加させる原因の一つとなる可能性が考えられる。

また、環境省（2021b）の調査で検出されたマイクロプラスチックの半数以上は1 mm以上のものであったのに対し、本研究で検出対象とした噴霧樹脂由来と考えられるマイクロプラスチックは、より微細なものの割合が高かった。検出されたマイクロプラスチックは薄膜状であったため、環境中で破砕されて微細化しやすいと考えられる。マイクロプラスチックは、生体内の組織や細胞への侵入や、表面積が大きいことによる有害物質担体としての作用の大きさなど、とくに微細であるがゆえに示す特性がもたらす問題が指摘されている（Rochman et al. 2013、Wright et al. 2013）。本研究では、一般的な0.1 mm以上のマイクロプラスチックだけを対象としたが、今後さらに微細なものを含めた流出状況の実態解明と環境上の影響の評価が必要と考えられる。さらに近年は、食品包装や農業資材など様々な分野におけるプラスチ

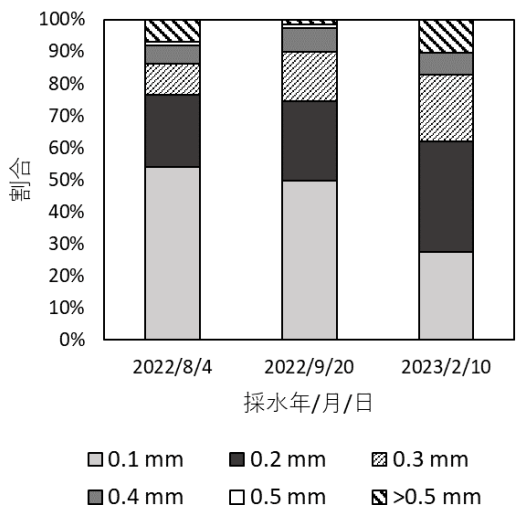


図3 検出されたマイクロプラスチックの長径の分布

クゴミ対策として生分解性プラスチックの利用が拡大し、マイクロプラスチック賦存量削減にも効果があることが想定されている。野外の工事現場で樹脂を噴霧することが赤土等汚染対策の一つとして重要であり続けるのであれば、生分解性樹脂の利用について検討することも将来的に重要と考えられる。

引用文献

- Galloway, T. S., M. Cole, and C. Lewis (2017) Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 0116.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., and K. L. Law (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3: e1700782.
- 環境省 (2021a) 河川マイクロプラスチック調査ガイドライン, 環境省水・大気環境局水環境課.
- 環境省 (2021b) 令和 3 年度河川・湖沼のマイクロプラスチック調査等業務報告書概要版, 環境省.
- 沖縄県 (1988) 沖縄県主要水系調査書 (沖縄本島中北部地域), 沖縄県企画開発部 .
- 沖縄県 (1995) 赤土等流出防止対策技術指針案, 沖縄県土木建築部 .
- Rochman, C. M., E. Hoh, T. Kurobe, and S. J. Teh (2013) Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3: 3263..
- Wright, S. L., R. C. Thompson, and T. S. Galloway (2013) The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, 178: 483-492.
- Wright, S. L., and F. J. Kelly (2017) Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science & Technology*, 51: 6634-6647.