

平成28年度経済産業省
委託調査報告書

平成28年度化学物質安全対策
(マイクロプラスチック国内排出実態調査)
報告書

平成29年2月

JFE テクノリサーチ株式会社

目次

1. 概要	1
2. 調査の目的.....	1
3. マイクロプラスチック排出の実態.....	3
3. 1 調査方法	3
3. 2 用途.....	13
3. 2. 1 原料プラスチック	14
3. 2. 2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）	15
3. 2. 3 塗料.....	16
3. 2. 4 医薬品.....	17
3. 2. 5 化粧品類のスクラブビーズ	18
3. 2. 6 光拡散剤	18
3. 2. 7 電気二重層キャパシタ電極.....	19
3. 2. 8 摺動部品	20
3. 2. 9 衛生用品	21
3. 2. 10 土壌保水材	22
3. 2. 11 その他	22
3. 2. 12 代替材料の状況.....	25
3. 3 形状、材質等	30
3. 3. 1 原料プラスチック	30
3. 3. 2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）	30
3. 3. 3 塗料.....	30
3. 3. 4 医薬品.....	30
3. 3. 5 化粧品類のスクラブビーズ	31
3. 3. 6 光拡散剤	31
3. 3. 7 電気二重層キャパシタ電極.....	31
3. 3. 8 摺動部品	31
3. 3. 9 衛生用品	31
3. 3. 10 土壌保水材	32
3. 3. 11 その他	32
3. 3. 12 用途毎形状、材質のまとめ	34
3. 4 環境への漏出の可能性について	36
3. 4. 1 原料プラスチック	37
3. 4. 2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）	38
3. 4. 3 塗料.....	40

3. 4. 4	医薬品	41
3. 4. 5	化粧品類のスクラブビーズ	42
3. 4. 6	光拡散剤	44
3. 4. 7	電気二重層キャパシタ電極	45
3. 4. 8	摺動部品	46
3. 4. 9	衛生用品	47
3. 4. 10	土壌保水材	48
3. 4. 11	その他	50
3. 5	規制動向	53
3. 5. 1	海外規制動向	53
3. 5. 2	業界自主規制	54
3. 5. 3	環境への影響に対する現状認識	55
4.	まとめ	57
4. 1	本調査の成果	57
4. 2	今後の課題	58

1. 概要

現時点の日本で使用されている 1 次マクロプラスチックの現状を調査し、各用途、形状・材質、環境への漏出の可能性について整理した。

調査対象として、原料プラスチック、工業用研磨剤、塗料、医薬品、化粧品類（洗顔剤のスクラブビーズ）、光拡散剤、電気二重層キャパシタ電極、摺動部品、衛生用品、土壤保水材とし、その他の用途に対しては参考として整理した。さまざまな用途で形状・材質の異なる 1 次マイクロプラスチックが使用されていることが分かった。

それらの環境に対する漏出については、樹脂メーカから化粧品メーカ等の 2 次加工メーカへの搬送時、2 次加工メーカにおける機器への投入、設備清掃時に可能性がある。工場出荷以降は、製品に加工され、すでにマイクロプラスチックの形状ではなくなっている場合が多い。その中で、洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）、工業用研磨剤はユーザ使用時でもマイクロプラスチックであるため漏出の可能性が残されている。また、土壤保水材は環境中で使用されることを前提とした商品であるため、環境に対する影響を見ていく必要がある。

洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）は、他の製品に比べ業界における自主規制や代替品への置き換えが比較的進んでいる。海外においては、政府が規制を検討している例もある。その他の用途については、各社により漏出防止のマニュアルを整備し、製品の製造工程におけるマイクロプラスチックの漏出に対しては、それに基づく具体的な取り組みを行うことが重要と考えられる。

代替品の状況、海外の規制動向、国内における自主規制動向、および環境への影響に対する現状認識についても調査を行い、今後の施策検討のための資料とした。

2. 調査の目的

海洋環境の保護に関し、G7エルマウサミット的首脳宣言において、海洋ゴミにおける、特にプラスチックゴミが世界的課題として提起されていることを認識するとともに、マイクロプラスチックを含むプラスチックゴミに関する排出防護や削減についての提言がなされたところである。

さらには、先のG7伊勢志摩サミットにおいてもマイクロプラスチックを含む海洋ゴミに関する問題解決のための施策の実施といったコミットメントが再確認された。

昨今、海洋等で確認されているマイクロプラスチック（いわゆる5mm以下のプラスチック）の発生源として様々なものが想定されるが、大きく分けると、プラスチック製品原料である樹脂ペレットや、化粧品類のスクラブビーズ、塗料原料や、研磨剤など、マイクロプラスチックであることが下流製品の要求仕様となっている「1次」マイクロプラスチックと、元々は様々なプラスチック製品であったものが環境中に流れ出ることによって、紫外線や機械的破壊により時間と共に破碎され、マイクロ化した「2次」マイクロプラスチックの2種類に整理することができる。

これらマイクロプラスチックの発生源や環境への漏出の可能性を整理することは、同プラスチックゴミの発生抑制や環境ばく露の低減に対し、より効果的な政策を考慮する上で極めて重要である。

本調査では、「1次」マイクロプラスチックに関し、その用途や元々の形状（製品時の形状およびプラスチック片となった際の形状）、材質等、さらにはそれらマイクロプラスチックの環境への主な排出フローを調査し、もってマイクロプラスチックの環境への排出削減に資する政策立案のための基礎的データの取得等を目的とする。

3. マイクロプラスチック排出の実態

3. 1 調査方法

文献、インターネットにより、「1 次」マイクロプラスチックの用途、形状、材質等について調査を行った。用途については、文献、インターネットの情報を元に、特許検索も無い漏れの無いように留意した。

環境への漏出の可能性については、上記の情報のほかに、団体、企業、有識者に意見を求め整理した。

3. 1. 1 特許検索

マイクロプラスチックに相当する特許の FI 記号※である「C08J3/12」等に対し、特許検索を行い出願人のランクを求め、上位企業の特許から用途を整理した。さらに、用途分野の FI 記号とマイクロプラスチック（同義語）とを掛けて検索し、メーカー名を絞り込んだ。

そのメーカー名を元に、インターネットのホームページより、マイクロプラスチックの別の用途があるか確認した。また、特許の実施例等に様々な用途が列記されている場合があり、そのような情報から用途を把握するようにした。

※FI 記号は IPC を基礎としてさらに細かく展開した日本国特許庁独自の分類。国内特許文献のサーチキーとして利用されており、技術の進展に対応し適切なサーチキーとして機能するように年に 1 回から 2 回、必要な分野において改正が行われている。

具体的には、特許データベースとしては、NRI サイバーパテントデスク 2 を使用し、特許と実用新案を下記の期間に対して検索を行った。インターネットまたは文献で予備調査した用途に対し、検索し、(1) ～ (9) の用途に対し出願数の多い企業のランクを得た。それらの企業の用途について記述のある特許から、さらに別の用途が有るかを確認した。

特許検索データベース

NRI サイバーパテントデスク 2 :

特許 : 1971 年～最新発行分

実用新案 : 1983 年～最新発行分

S1	FI=C08J3/125745	件	S2
マイクロプラスチック+マイクロプラスティック+微小プラスチック+微小プラスティック+マイクロビーズ+粉末樹脂+粉末プラスチック+粉末プラスティック+プラスチック球+プラスティック球+合成樹脂球+球状ビーズ1820			
S1+S2			S3
			7543 件

(1) 研磨剤

表 3.1 S3×研磨剤：204 件

ランク	出願人	件数
1	株式会社ブリヂストン	36
2	三井化学株式会社	18
3	住友ベークライト株式会社	12
4	株式会社日立プラントテクノロジー	8
5	ソニー株式会社	7
5	株式会社不二製作所	7
5	新東工業株式会社	7
5	積水化成成品工業株式会社	7

(2) 塗料

表 3.2 S3×塗料 (C09D)：500 件

ランク	出願人	件数
1	三洋化成工業株式会社	24
2	アイン株式会社	21
3	大日本塗料株式会社	20
3	DIC株式会社	20
5	関西ペイント株式会社	15

(3) 医薬品

表 3.3 S3×医薬品

(A61K9+A61K31+A61K33+A61K35+A61K36+A61K37+A61K39+A61K41+A61K43+A61K45+A61K47)：263 件

ランク	出願人	件数
1	旭化成株式会社	17
2	国立研究開発法人産業技術総合研究所	10
3	ビーエーエスエフ ソシエタス・ヨーロピア	6
4	アメリカン・ホーム・プロダクツ・コーポレーション	4
5	ロレアル	4

(4) 化粧品

表 3.4 S3×化粧品 (A61K8/00) : 236 件

ランク	出願人	件数
1	ロレアル	34
2	花王株式会社	19
3	株式会社資生堂	13
4	東レ株式会社	12
5	カネボウ株式会社	10

(5) 光学部品

表 3.5 S3×光学部品 (G02B) : 83 件

ランク	出願人	件数
1	旭化成株式会社	14
2	積水化成工業株式会社	7
3	コニカミノルタ株式会社	6
4	旭化成エレクトロニクス株式会社	5
5	株式会社日本触媒	4

(6) 蓄電デバイス

表 3.6 S3×蓄電デバイス

(H01G1+H01G9+H01G11+H01M4+H01M6+H01M8+H01M10) : 246 件

ランク	出願人	件数
1	大阪瓦斯株式会社	31
2	パナソニック株式会社	23
3	ソニー株式会社	13
4	エルジー・ケム・リミテッド	12
5	エー 123 システムズ, イン コーポレイテッド	9

(7) 摺動剤

表 3.7 S3×摺動剤 : 216 件

ランク	出願人	件数
1	住友化学株式会社	14
2	株式会社カネカ	13
3	三井化学株式会社	8
4	株式会社日本触媒	7
4	大阪瓦斯株式会社	7

(8) 衛生品

表 3.8 S3×衛生品 (A41B13+A61F13) : 160 件

ランク	出願人	件数
1	株式会社日本触媒	38
2	ビーエーエスエフ ソシエタス・ヨー	34
3	SDPグローバル株式会社(三洋化	21
3	サンダイヤポリマー株式会社	21
5	エボニック コーポレイション	16

(9) 土壤保水材

表 3.9 S3×土壤保水材 : 16 件

ランク	出願人	件数
1	三井化学株式会社	3
2	株式会社日本触媒	2
3	エボニック デグサ ゲーエム	1
3	オサダ技研株式会社	1
3	クラリアント インターナショナル	1
3	デンカ株式会社	1
3	ヘキスト合成株式会社	1
3	旭化成株式会社	1
3	株式会社向山蘭園	1
3	向山株式会社	1
3	三菱化学株式会社	1
3	三洋化成工業株式会社	1
3	電気化学工業株式会社	1
3	有限会社フードパル	1

表 3.10 にマイクロプラスチックの用途別特許と企業との組み合わせの例を示した。実施例には主な用途のほかの用途も列記されている場合があり、用途を知る参考に利用した。

表 3.10 マイクロプラスチックの用途別特許の例（その１）

	分野	企業名	公開番号	発明の名称	材質	形状	サイズ	用途
1	研磨剤	深▲セン ▼富泰宏 精密工業 有限公司 富智康 (香港)有 限公司	特開2016-121316	弾性砥粒及びその製造 方法	研磨剤及びキャリアーを備える弾性砥粒であって、研磨剤は、キャリアーにより包まれ、前記研 磨剤と前記キャリアーとの質量比率は、1:1～5:1であり、前記キャリアーは、プラスチック又はゴ ムであることを特徴とする弾性砥粒。 前記ゴムは、シリコンゴム、天然ゴム(NR)、スチレンブタジエンゴム(SBR)、クロロプレンゴム (CR)、ブチルテープ(IIR)、ニトリルゴム(NBR)、ブタジエンゴム(BR)、イソゴム(IR)、エチレンブ ロピレンゴム(EPDM)、クロロスルホン化ポリエチレン(CSM)、塩素化ブチルゴム(CIIR)、ポリサ ルファイドゴム(PSR)、アクリル酸エステルゴム(ACM)、ポリウレタンゴム(PUR)、ポリエビクロロ ヒドリン(CO)及びフッ素ゴム(FKM)の中の何れか1種であることを特徴とする弾性砥粒。 前記弾性砥粒の直径は、0.2mm～1.0mmであることを特徴とする弾性砥粒。	球状	0.2～1.0mm	消耗量が小さく、粉塵が生成されず、かつワークを損傷することがない弾性砥粒
2	研磨剤	新東工業 株式会社	特開2011-121120	プラスト加工用投射材お よびその製造方法	径が10～3, 000 μ mの塩化ビニル粒子の表面に1～50 μ mの砥材を担持させて形成された 略球形の粒子であることを特徴とするプラスト加工用投射材。	球状	10～3000 μ m	プラスト加工用投射材
3	塗料	三洋化成	特開2016-135867	樹脂微粒子の製造方法	ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアセタール、ポリエステル、ポリウレタ ン、ポリフェニレンサルファイド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリテトラフルオロエチレン、液晶ポ リマー及びこれらを構成する単量体の共重合体	—	—	電子写真用トナーをはじめ、粉体塗料、つや消し剤、ブロッキング防止剤、クロマトグラフィー用担 体、薬剤用担体、ギャップ調整剤、電気粘性流体、及び化粧品等 具体的には、洗顔料、サンスクリーン剤、クレンジング剤、化粧水、乳液、美容液、クリーム、コー ルドクリーム、アフターシェービングローション、シェービングソープ、あぶらとり紙、マティフィアント 剤などのスキンケア製品添加剤、ファンデーション、おしろい、水おしろい、マスカラ、フェイスパウ ダー、どうらん、眉墨、マスカラ、アイライン、アイシャドー、アイシャドーベース、ノーズシャドー、ロ 紅、グロス、ほうべに、おはぐろ、マニキュア、トップコートなどの化粧品又はその改質剤、シャン プー、ドライシャンプー、コンディショナー、リンス、リンスインシャンプー、トリートメント、ヘアトニッ ク、整髪料、髪油、ボマード、ヘアカラーリング剤などのヘアケア製品の添加剤、香水、オーデコロ ン、デオドラント、ベビーパウダー、歯磨き粉、洗口液、リップクリーム、石けんなどのアメニティ製 品の添加剤、塗料などのレオロジー改質剤、医療用診断検査剤、自動車材料、建築材料などの 成形品への機械特性改良剤、フィルム、繊維などの機械特性改良材、ラビッドプロトタイピング、ラ ビッドマニュファクチャリングなどの樹脂成形体用原料、フラッシュ成形用材料、プラスチックソル 用ペーストレジン、粉ブロッキング材、粉体の流動性改良材、潤滑剤、ゴム配合剤、研磨剤、増粘 剤、濾剤及び濾過助剤、ゲル化剤、凝集剤、塗料用添加剤、吸油剤、離型剤、プラスチックフィ ルム・シートの滑り性向上剤、ブロッキング防止剤、光沢調節剤、つや消し仕上げ剤、光拡散剤、 表面高硬度向上剤、靱性向上材等の各種改質剤、液晶表示装置用スぺーサー、クロマトグラ フィー用充填材、化粧品ファンデーション用基材・添加剤、マイクロカプセル用助剤、ドラッグデリバ リーシステム・診断薬などの医療用材料、香料・農薬の保持剤、化学反应用触媒及びその担持 体、ガス吸着剤、セラミック加工用焼結材、測定・分析用の標準粒子、食品工業分野用の粒子、 粉体塗料用材料など
4	塗料	三洋化成	特開2008-163290	樹脂分散体の製造方法 及び樹脂粒子	ポリエステル		6～12 μ m	本発明の製造方法で得られる水性分散体および樹脂粒子は、樹脂粒子を熱溶融して被着体(金 属、紙または木材等)に密着させる用途に適用する場合であっても、被着体との接着性(密着性) が良好で、高性能の樹脂粒子を安定的に製造できることから、本発明の製造方法で得られる樹 脂分散体および樹脂粒子は、スラッシュ成形用樹脂、粉体塗料、電子部品(液晶など)製造用ス ぺーサー、電子測定機器の標準粒子、電子写真トナー用母体粒子、静電記録トナー用母体粒 子、静電印刷トナー用母体粒子、各種ホットメルト接着剤、その他成形材料等に、有用な樹脂粒 子として極めて有用である。
5	塗料	大日本塗 料株式会 社	特開2009-197202	塗膜形成用組成物及び 塗膜の形成方法	アルキド樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂、ブロックイソシアネ ート樹脂、フッ素樹脂、シリコン樹脂、アミド樹脂、ABS樹脂、ノボラック樹脂、ケトン樹脂、ブチラ ール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリオレフィン樹脂等	—	20～500 μ m	艶消しでソフトな触覚及びソフトな視覚の塗膜
6	塗料	DICグラ フィックス	特開2015-205954	低艶意匠用インキ組成 物及びこれを用いた積 層塗膜	アクリル樹脂ビーズや架橋ウレタン樹脂ビーズ、シリコン樹脂ビーズ、アルミナ粉などの有機や無 機フィラーを添加	—	—	つや消し

表 3.10 マイクロプラスチックの用途別特許の例（その2）

	分野	企業名	公開番号	発明の名称	材質	形状	サイズ	用途
	7 医薬品	旭化成メディカル	特開2015-073692	体液浄化デバイス用IgG型抗体吸着材	水不溶性担体がポリビニルアルコール又はその架橋体	球状	球状担体又は、粒子状担体の平均粒径は、 $25\mu\text{m}\sim 2500\mu\text{m}$ であることが好ましい。担体の比表面積と体液との流通性の面から、上記平均粒径は $50\mu\text{m}\sim 1500\mu\text{m}$ であることがより好ましい。	体液浄化デバイス用IgG型抗体吸着材
	8 化粧品	ロレアル	特開2013-256545	シリコーン微粒子を含む化粧品組成物	シリコーン材料	凹面状微粒子、非球状	$0.1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$	化粧品用または皮膚科学用組成物
	9 化粧品	花王	特開2003-201216	化粧料用粒子及びその製法	ポリエチレンワックス、ポリプロピレンワックス又はこれらの混合物更にシリコーン化合物を含有	球状	$0.1\sim 75\mu\text{m}$	バック、ファンデーション、口紅、ローション、コールドクリーム、ハンドクリーム、皮膚洗浄剤、柔軟化化粧料、栄養化粧料、収斂化粧料、美白化粧料、シワ改善化粧料、老化防止化粧料、洗浄用化粧料、制汗剤、デオドラント剤等の皮膚化粧料；シャンプー、リンス、トリートメント、整髪剤、養毛剤等の毛髪化粧料
	10 化粧品	ピーエーエスエフ ソシエタス・ヨーロピア	特表2012-508090	有効物質を含むマイクロ粒子の製造方法	ポリエステル	—	一般に $0.1\mu\text{m}$ より大きく、好ましくは $0.6\mu\text{m}$ より大きく、特に好ましくは $0.8\mu\text{m}$ より大きい。好ましくは、直径は $0.1\sim 2000\mu\text{m}$ 、好ましくは $0.6\sim 1000\mu\text{m}$ 、特に $0.8\sim 800\mu\text{m}$ の範囲である。	着色剤、化粧品、医薬品、殺生物剤、作物保護剤、農業アジュバント、肥料、食品用もしくは飼料用添加物、またはポリマー用、紙用、布地用、革用、洗剤用もしくは清浄剤用の助剤 植物保護剤または肥料
	11 光学部品	旭化成ケミカルズ	特開2008-304501	拡散板	透光性樹脂に配合することが好ましい光拡散微粒子は、有機系、無機系いずれの微粒子でもよく、例えばアクリル系架橋微粒子、MS系架橋微粒子、スチレン系架橋微粒子、シリコーン系架橋微粒子、炭酸カルシウム、酸化チタン、硫酸バリウム、タルク、マイカなどが挙げられる。	光拡散微粒子は、真球状、球状、楕円状、扁平形状、鱗片形状、多角形状、立方体、直方体	$1\sim 30\mu\text{m}$	光拡散性微粒子 拡散板、該拡散板を搭載した直下型バックライト及び液晶ディスプレイ
	12 光学部品	積水化成	特開平09-026510	導光板	架橋ポリメタクリル酸メチルの球状微粒子	—	$1\sim 50\mu\text{m}$	液晶表示装置のバックライト等に用いる導光板
	13 光学部品	積水化成	特開2014-198797	アクリル系樹脂粒子、塗料組成物及び光学材料	アクリル系樹脂粒子	—	$0.1\sim 20\mu\text{m}$	バックライトユニットは、冷陰極管やLEDなどの発光光源、ランプリフレクタ、導光板、この導光板の前面側に配設される光拡散シート、及び、上記導光板の後面側に配設された光反射板からなる。上記光拡散シートは、発光光源から放射された光を拡散させた上で液晶パネルに入射させる光学フィルム
	14 蓄電デバイス	大阪瓦斯	特開2001-270778	リチウム二次電池用負極炭素材の製造方法	本発明において、他方の原料として使用するハードカーボンの前駆体(不融化品または脱脂品)としては、炭素繊維の製造過程における中間生成物である不融化糸およびその脱脂品、有機化合物を $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ 程度で空気酸化したものおよびその脱脂品などが例示される。有機化合物としては、石炭系および石油系の等方性ピッチ、フェノール樹脂、フuran樹脂、フルフラール樹脂などの熱硬化性樹脂などが例示される。ハードカーボンの平均粒径は、通常 $1\sim 100\mu\text{m}$ 程度であり、より好ましくは、 $1\sim 40\mu\text{m}$ 程度である。	—	$1\sim 100\mu\text{m}$	黒鉛系材料とハードカーボン前駆体とを混合した後、非酸性雰囲気中で焼成することを特徴とするリチウム二次電池用負極炭素材の製造方法
	15 蓄電デバイス	パナソニック	特開2013-222574	非水電解液ならびにそれを利用した電気二重層キャパシタおよび非水電解液電池およびハイブリッドキャパシタ	活性炭としては、具体的には、ヤシ殻等の天然植物系活性炭、フェノール等の合成樹脂系活性炭、コークス等の化石燃料系活性炭等があげられ、これらは1種または2種以上併用してもよい。また、カーボンブラックを賦活化することによって得られる超微粉末活性炭を使用してもよい。	—	—	二重層キャパシタの分極性電極
	16 蓄電デバイス	パナソニック	特開2009-093820	リチウムイオン二次電池用負極板の製造方法	炭素材料は特に制限されるものではなく、例えば、天然黒鉛、球状あるいは繊維状の人造黒鉛、コークス等の易黒鉛化性炭素、フェノール樹脂焼成体等の難黒鉛化性炭素等	—	$1\sim 100\mu\text{m}$	リチウムイオン二次電池用負極板
	17 摺動部品	東京ガスケミカル株式会社	特開2004-263143	摺動性樹脂改質剤及びこれを含有する樹脂組成物	シリコーン樹脂を低温液体を供給することにより低温に保持した状態で粉碎して得られたシリコーン樹脂粉体からなることを特徴とする摺動性樹脂改質剤。 摺動性樹脂改質剤において、粉体の平均粒径が $30\sim 100\mu\text{m}$ であることを特徴とする摺動性樹脂改質剤。	不定形(破砕状)	$10\sim 100\mu\text{m}$	摺動性樹脂改質剤及びこれを含有する樹脂組成物
	18 摺動部品	三菱レイオン株式会社	特開2000-313783	熱可塑性樹脂組成物、その摺動性改質剤ないし改良方法および改質剤の製造方法	ポリテトラフルオロエチレン含量が $0.5\sim 80$ 重量%である粒子径が $10\mu\text{m}$ 以下のポリテトラフルオロエチレン粒子と、有機系重合体とを含有する摺動性改質剤。	—	$\leq 10\mu\text{m}$	摺動性改質剤

表 3.10 マイクロプラスチックの用途別特許の例（その3）

	分野	企業名	公開番号	発明の名称	材質	形状	サイズ	用途
19	衛生	日本触媒	特開2014-073448	粒子状吸水剤及びその製造方法	ポリアクリル酸（塩）系	－	質量平均粒子径（D50）が250～450 μm 、粒子径150 μm 未満の粒子の含有量が0～5質量%	吸水性樹脂は、例えばトンネル工事における地中からの漏水防止や海底ケーブルのシース劣化によるシース内部への海水浸入防止を目的とする材料、紙オムツや生理用ナプキン、失禁パッド等の尿や血液等の体液を吸収する材料等の吸水剤
20	衛生	日本触媒	特開2006-057075	不定形破砕状の粒子状吸水剤	ポリアクリル酸	不定形	質量平均粒子径（D50）が200～400 μm 600 μm 未満で150 μm 以上の粒子が95～100質量%	紙オムツや生理用ナプキン、いわゆる失禁パット等の衛生材料には、その構成材として、体液を吸収させることを目的とした吸水性樹脂およびバルブ等の親水性繊維が幅広く使用されている。上記の吸水性樹脂としては、例えば、ポリアクリル酸部分中和物架橋体、澱粉－アクリル酸グラフト重合体の加水分解物、酢酸ビニル－アクリル酸エステル共重合体ケン化物、アクリロニトリル共重合体若しくはアクリルアミド共重合体の加水分解物またはこれらの架橋体、及びカチオン性モノマーの吸水性樹脂が主原料として用いられている。
21	衛生	日本触媒	特開2004-261796	粒子状吸水剤	ポリアクリル酸部分中和物重合体、デンブナーアクリロニトリルグラフト重合体の加水分解物、デンブナーアクリル酸グラフト重合体、酢酸ビニル－アクリル酸エステル共重合体のケン化物、アクリロニトリル共重合体若しくはアクリルアミド共重合体の加水分解物又はこれらの架橋体、カルボキシル基含有架橋ポリビニルアルコール変性物、架橋イソブチレン－無水マレイン酸共重合体等のうちの1種又は2種以上を挙げることができる。このうち、上記ポリアクリル酸部分中和物重合体を用いることが好ましい	－	106 μm 以上850 μm 未満の粒子径を有する粒子が、該粒子状吸水剤に対して90質量%以上	体液（尿や血液）を吸収するための紙おむつや生理用ナプキン、失禁パット等の衛生材料（吸収物品）
22	衛生	サンダイヤポリマー	特開2012-012469	吸収性樹脂粒子、これを含む吸収体及び吸収性物品	水溶性ビニルモノマー（a1）及び／又は加水分解性ビニルモノマー（a2）並びに架橋剤（b）疎水性物質（d1）としては、ポリオレフィン樹脂、ポリオレフィン樹脂誘導体、ポリスチレン樹脂、ポリスチレン樹脂誘導体、ワックス、疎水部及び親水部からなる化合物、及びこれらの2種以上の混合物等が含まれる	紙おむつ用途等での繊維状物とのからみが良く、繊維状物からの脱落の心配がないという観点から、不定形破砕状	重量平均粒子径（ μm ）は、100～800が好ましく、さらに好ましくは200～700、次に好ましくは250～600、特に好ましくは300～500、最も好ましくは350～450	吸収性物品〔紙おむつ、生理用ナプキン及び医療用保血剤等〕に有用である。また、ペット尿吸収剤、携帯トイレ用尿ゲル化剤、青果物用鮮度保持剤、肉類・魚介類用ドリップ吸収剤、保冷剤、使い捨てカイロ、電池用ゲル化剤、植物・土壌用保水剤、結露防止剤、止水剤、バックリング剤及び人工雪等の種々の用途にも使用できる。
23	土壌保水剤	有限会社フードバル	特開2002-060750	顆粒状土壌保水剤	感温吸水性ポリマーを含むした顆粒状土壌保水剤 本発明でいう感温吸水性ポリマーとは、設定された特定の温度（以下、感温点という。）以下の温度では、水又は水溶液を吸収膨潤し、感温点以上では、水又は水溶液をほとんど吸収せず収縮するポリマーをいい、具体的には、N－アルキル基置換（メタ）アクリルアミド類を主成分モノマーとして重合、架橋することにより得られる。	不定形から球形の粒子	0.2～5mm	土壌保水剤
24	土壌改質剤	有限会社向山蘭園	特開平08-266147	植物体栽培用支持体、土壌改質剤および植物体の栽培方法	架橋構造を有するハイドロゲル形成性の高分子であって、0℃以上、70℃以下の温度領域で温度上昇と共に平衡吸水率が減少し、且つ、該平衡吸水率が温度に対して可逆的に変化するハイドロゲル形成性の高分子を含むことを特徴とする植物体栽培用支持体。 乾燥時の大きさが0.1 μm ～1cmの範囲にあり、且つ形状がマイクロビーズ状、ファイバー状、フィルム状、スポンジ状または不定形のいずれかである植物体栽培用支持体。 「LCSTを有する高分子化合物」としては、はポリ－N－イソプロピルアクリルアミド（PNIPAAm）が典型的な例として挙げられる。	マイクロビーズ状、ファイバー状、フィルム状、スポンジ状または不定形	0.1 μm ～1cm	土壌改質剤

3.1.2 インターネット・文献調査

インターネットの企業ホームページ、文献資料からプラスチックの種類別に用途を整理した結果を表 3.11 に示す。

表 3.11 「1 次」マイクロプラスチックの用途

材料	用途
アクリル	光拡散剤
アクリル	化粧品用途
アクリル	塗料・インク
アクリル	フィルム用(アンチブロッキング剤)
アクリル	トナー添加剤
ポリスチレン(PS)	FRP用低収縮剤
ポリスチレン(PS)	光拡散剤
ポリスチレン(PS)	化粧品用途
ポリスチレン(PS)	フィルム用
ポリエチレン(PE)	化粧品用途
ポリエチレン(PE)	塗料(つや消し剤、インキ添加剤)
ポリエチレン(PE)	フィルム用(アンチブロッキング剤)
ポリエチレン(PE)	コーティング・添加剤
超低密度ポリエチレン(L-LDPE)	コーティング・接着剤
低密度ポリエチレン(LDPE)	コーティング・接着剤
超高分子量ポリエチレン(HDPE)	樹脂・ゴム添加剤(自動車部品、ロール、フィルム、ベルト)
超高分子量ポリエチレン(HDPE)	摺動材料(歯車)
超高分子量ポリエチレン(HDPE)	多孔質材料(フィルター)
プロポリレン(PP)	コーティング
自己乳化型ポリオレフィン(PO)	接着剤・バインダー・コーティング
ポリエステル(ポリブチレンテレフタレート:PBT)	添加剤(耐熱性向上・強度向上)
ポリエステルエラストマー(TPEE)	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材
ポリアミド(PA)	化粧品用途
ポリアミド(PA)	塗料・インク
ポリ塩化ビニル(PVC)	自動車内装材
ポリエチレンオキシド(PEO)	バインダー・増粘剤・摺動剤
ポリエーテルスルホン(PES)	CFRP添加剤(航空機用CFRP靱性付与剤)
ポリエーテルスルホン(PES)	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材
ポリフェニレンスルフィド(PPS)	PTFEプライマーコーティング
ポリフェニレンスルフィド(PPS)	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材
ポリフェニレンスルフィド(PPS)	3Dプリンター用材料・添加剤
ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)	耐熱性付与用添加剤
ポリアミドイミド(PAI)	PTFEプライマーコーティング
ポリアミドイミド(PAI)	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材
ポリイミド(PI)	摺動部材
エポキシ(EP)	粘着剤・接着剤・シール材・研磨用粒子
フェノール	耐火煉瓦バインダー
フェノール	摺動材料(ブレーキ・クラッチ)
フェノール	電気二重層キャパシタ用電極材
ポリウレタン	自動車内装皮材
ポリウレタン	化粧品用途
ポリウレタン	塗料・インキ
ベンゾグアナミン・メラミン	塗料(つや消し)
ベンゾグアナミン・メラミン	光拡散剤
ベンゾグアナミン・メラミン	トナー添加剤
フッ素樹脂(低分子PTFE)	摺動部材
フッ素樹脂(低分子PTFE)	塗料・インク
フッ素樹脂(粉体塗料ETFE)	塗料・インク(ライニング)
シリコーン(SI)	光拡散剤
シリコーン(SI)	化粧品用途
全芳香族ポリエステル	摺動部材
高吸水性樹脂	衛生用品
高吸水性樹脂	土壌保水材
ラテックス	診断薬用(イムノアッセイ、純水に分散された状態で製品化)
ラテックス(スチレン・ブタジエン系:SB)	塗工紙用
スチレン・アクリル酸エステル共重合体	ポリマー混和剤(ポリマーセメント向け)
アクリル酸エステル・メタクリル酸エステル共重合体	ポリマー混和剤(ポリマーセメント向け)
スチレン・ブタジエン共重合体中スチレン	セメントモルタル
カルボキシル化変性スチレン・ブタジエン共重合体中スチレン	セメントモルタル
SBRラテックス	道路舗装用

また、資料「2016年微粉体市場の現状と将来展望 富士キメラ総研」を元にマイクロプラスチックの国内販売量について整理した。

表 3.12 「1次」マイクロプラスチックの国内販売量（2016年見込み、単位 ton）

マイクロプラスチック	エレクトロニクス	化学・工業・産業	自動車	建築・構造物	ライフサイエンス	その他	2016日本販売量見込み (ton)	2016年世界販売量見込み (ton)
1 アクリル	1,391 光拡散			291 塗料・インク	572 化粧品	343 トナー	2,600	6,350
2 ポリエチレン	71 光拡散	110 FRP用低吸収剤			10 化粧品	18 アンチブロッキング剤		209
3 ポリエチレン					30 化粧品・トイレタリー	20 塗料他	50	83
4 ポリアミド					75 化粧品	15 インキ添加剤	90	145
5 超高分子ポリエチレン		180 ロール、歯車	137 自動車部品		12 化粧品	31 グリース・塗料	360	1,050
6 PES						1,000 航空機用CFRP添加剤	1,000	1,800
7 その他の熱可塑性樹脂		350 ライニング、産業機械	150 ドア廻り、タイヤ金型			380 調理機用・航空機用CFRP部品		880
8 シリコン	400 光拡散				251 化粧品	64 顔料・分散剤	715	1,750
9 フェノール	292 キャパシタ電極材	940 耐火物	162 ブレーキ、ギア			575 改質剤・塗料	1,970	2,430
10 ポリウレタン			2,373 スラッシュ成形		186 化粧品	181 塗料・インキ・添加剤	2,740	4,390
11 ベンゾグアナミン+メラミン	60 LCD光拡散					135 塗料・つや消し	195	290
12 フッ素樹脂(低分子PTFE)		161 軸受、歯車	161 ギア、摺動部品			739 塗料・インキ	1,060	13,200
13 フッ素樹脂(粉体塗料ETFE)		1,000 ライニング		僅少			100	1,000
14 全芳香族ポリエステル・ポリイミド		255 プッシュ、ワッシャ	僅少					255
15 高吸水性樹脂				僅少	172,260 衛生材料	7,740 土壌保水剤	180,000	2,330,000
16 ラテックス					3 イムノアッセイ法		0.144	3
合計							190,880	2,363,835

出典：2016年微粉体市場の現状と将来展望 富士キメラ総研を元に作成

世界と国内の販売量は、出典の資料に樹脂ごとの合計として集計されていた。また、エレクトロニクス分野の光拡散用途や化学・工業・産業使用分野のロール・歯車用途などの用途ごとに世界販売量がプラスチックの種類によって集計されていた。一方、各使用分野のプラスチック使用量国内販売量と世界販売量別に集計されていた。そこで、国内と世界の販売量の比率がそれぞれの用途でも同様であると仮定して、国内の各使用分野のプラスチックの使用量を推算した。資料に世界販売量のみが記載されている場合はその値を記載した（黄色で表示部分）。

3.1.3 調査方法まとめ

表 3.11、12 のように、さまざまな用途があることが判明したが、仕様書記載の 1 次マイクロプラスチックをまず調査対象とした。そして、漏出の可能性、使用量の観点、さらに、異なる使用分野から選ぶという観点から 10 の用途に絞り、詳細な調査を行うこととした。また、それ以外にも特徴のある用途について、参考として整理を行うこととした。

全体の調査は、「用途」、「形状・材質」、「環境への漏出の可能性について」の順に行った。文献、インターネットからの情報収集と、業界団体、企業、有識者からのヒアリングを行い、整理した。

1 次マイクロプラスチックは、同義語として「マイクロプラスチック、マイクロプラスチック、微小プラスチック、微小プラスチック、マイクロビーズ、粉末樹脂、粉末プラスチック、粉末プラスチック、プラスチック球、プラスチック球、合成樹脂球、球状ビーズ」等と呼ばれる場合があるが、本調査では「マイクロプラスチック」の表記に基本的に統一することとした。

3. 2 用途

現在、様々な分野でプラスチック製品が使われている。日用雑貨、電化製品、自動車などに用いられるプラスチック部品は、その形状に加工するため一度、原料プラスチックを溶融し、成形される。このような原料は、樹脂メーカーから加工メーカーに出荷される際、ペレットと呼ばれる形態で提供される。

このようなペレット状の粒子形態を留めない成形品以外にも、例えば塗料など添加して、塗料基材とプラスチックが、塗装・乾燥後には塗膜としてプラスチックがほぼ一体化する用途、家電製品等に使われる電子部品で、精密な位置決めが必要な場合にスペーサーとして充填される用途、また、原材料として以外にも製品、部品の加工や洗浄に用いられる用途などがある。

上記を踏まえ、以下では用途について、まず 3.2.1 では原料プラスチックについて、3.2.2 以降では、さらに用途を細分化して、使用法等を記載した。漏出経路を網羅するため、用途の選定にあたっては、化粧品、工業、医薬、衛生、農林の分野に分け、さらに、工業分野では加工用途と材料用途に、材料用途では製品化後の形態に着目し、細分化した。

具体的には、化粧品分野ではプラスチックが粒子形態で製品に含まれる洗顔剤等のスクラブビーズを、工業分野では粒子形態のまま加工に使用される工業用研磨剤、材料用途では、最終的に環境への暴露が懸念される塗料、製品の部品内に存在する光拡散材、電気二重層キャパシタ、同じく部品内に存在するが摩擦など機械的な外力がかかる摺動部品に細分化した。医薬分野では人体等に投与されず回収される診断薬、衛生分野では使用量が多い吸水性樹脂を使った製品として紙おむつを、農林分野では同じく吸水性樹脂であるが環境中に散布・使用される土壌保水剤の用途を選定した。

3.2.11 その他では、参考として各用途について簡単に説明する。

3. 2. 1 原料プラスチック

プラスチックとは、主に石油を原料として、精製して得られるナフサより製造される高分子の総称である。原材料としての国内生産量（2016年1月～10月合計）は8,812,339トンで、そのうちポリエチレン系2,095,645トン、ポリプロピレン系2,012,618トンの合計で、45%以上を占めている（<http://www.jpif.gr.jp/3toukei/toukei.htm>）。

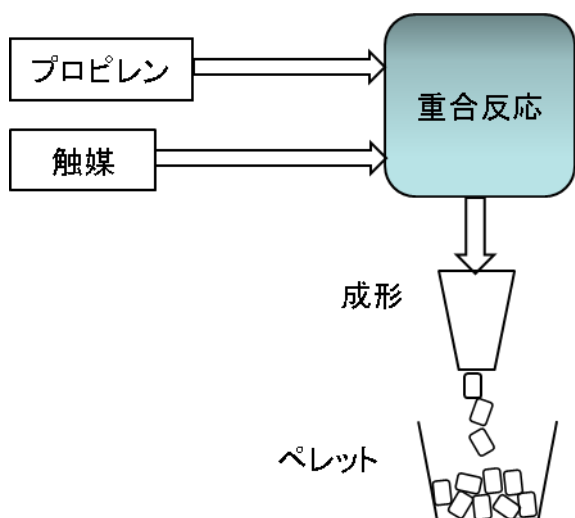
多くのプラスチックは、ナフサを分解して得られたエチレン、プロピレン、ベンゼン等と添加するモノマーにより造り分けられる。この時、粘度が高いものは比較的角がある様な柱状の、低いものは液滴等の球に近い形状となる。他にはフッ素化合物を重合して製造されるフッ素樹脂や、シラン類を重合して製造されるシリコーン樹脂などがある。

樹脂メーカーやコンパウンダー等から出荷される形態（荷姿）は出荷量により、少量の場合はクラフト紙製の袋、百キロオーダーであればフレキシブルコンテナバッグ、それ以上の場合、ローリー等で輸送される。

その後原料ペレットは2次加工メーカーで、フィルム、容器、機械器具・部品などに成形される。

プラスチックは、主に熱可塑性と熱硬化性に大別され、製品製造の条件により選択されるが、さらに、意匠性（透明性、光沢など）や製品の使用環境により要求される物性値（硬度、電気伝導）も考慮したうえで、生活用品、機械、家電製品等の部品毎に選択される。

図 3.1 原料プラスチックの製造概略



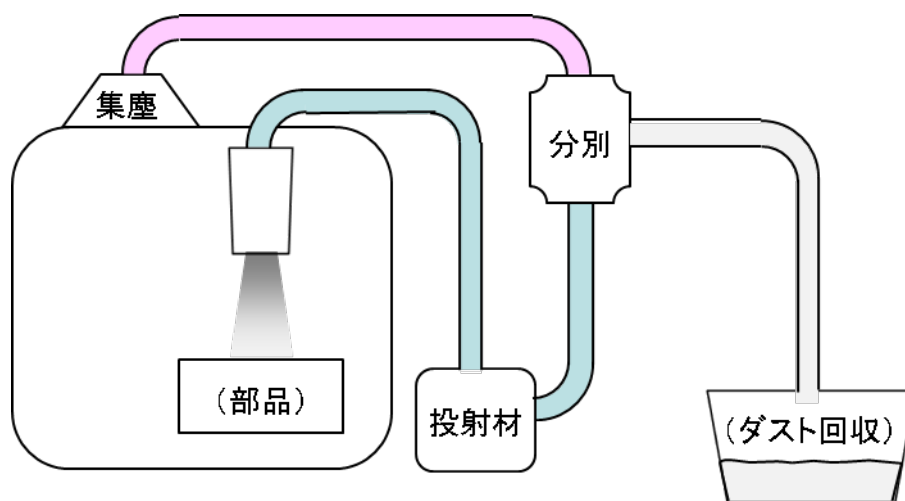
3. 2. 2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）

工業用の研磨加工において、マイクロプラスチックが使用されるケースがあり、その目的は、被加工対象部品の平滑性、形状の整形、あるいは洗浄・クリーニングなど多岐にわたる。それぞれの目的に応じて、研磨手法や機器が選択されるがマイクロプラスチックの使い方としては、研磨剤、投射材等に分類され、また、方式として水などの液体に粒子を分散させて使用する湿式法と、圧搾空気などで粒子を投射する乾式法とがある（乾式法の概略図を下図に示す）。

被加工対象部品にマイクロプラスチック粒子を投射後、粒子は集塵器等により、加工時に発生した研削屑等と同時に回収される。この研削屑等はサイクロン方式などでマイクロプラスチック粒子と研削屑に分別され、マイクロプラスチック粒子は再度、加工に用いられる。研削屑はダスト等の産業廃棄物として回収・処理される。このような回収・再利用のプロセスは、湿式についても同様に行われている。

多くの場合、研磨ではアルミナ、シリカなどの無機系の粒子が、投射材では金属系、セラミック系が用いられるが、被加工対象が軟質、あるいは加工によるキズ・衝撃等が好ましくない場合、ポリエステル、ナイロン、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリカーボネート等のマイクロプラスチックが用いられる。

図 3.2 ブラスト加工でのマイクロプラスチックの使用例



3. 2. 3 塗料

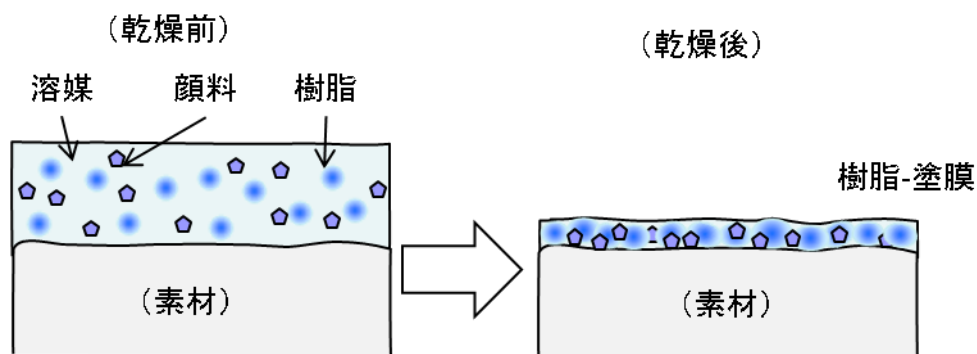
塗装は一般に広く知られるように、自動車、船舶、機械、家電などの工業製品、建築・構造物など広く普及している。塗料は、塗装・乾燥時に重合や架橋反応により被対象物の表面に樹脂等の膜を形成する事で、防錆など耐環境性を高める目的で用いられ、加えて光沢や色彩の付与など意匠性も重視される。

通常、塗料は溶媒、樹脂、顔料等からなり、膜状にはく離する成分設計がされている。塗料へのマイクロプラスチックの添加は、光の反射調整以外には塗布時の潤滑性改善、塗布後の滑り止め等の目的に使用される。

塗膜の基材となるプラスチックとしては、ポリエチレン、アクリル、ポリアミド、フッ素樹脂等が使用される。塗料に添加されたマイクロプラスチックは塗料中で反応し、塗膜として一体化する。マイクロプラスチックを含んだ塗料は、屋外でも施工される可能性がある。

最近では、耐環境性の観点から溶媒を使用しない粉体塗装も一般化してきている。一般に粉体塗料は飛散防止のために専用設備内で塗装される場合が多いと考えられる。そして、塗装工程の加熱でプラスチックは溶融し一体化することで、上記の塗膜より強固な塗膜が形成される。マイクロプラスチックを添加した塗料と粉体塗料は施工環境が異なるため、粉体塗料は今回の対象からは除外した。

図 3.3 塗料中-マイクロプラスチックの使用例

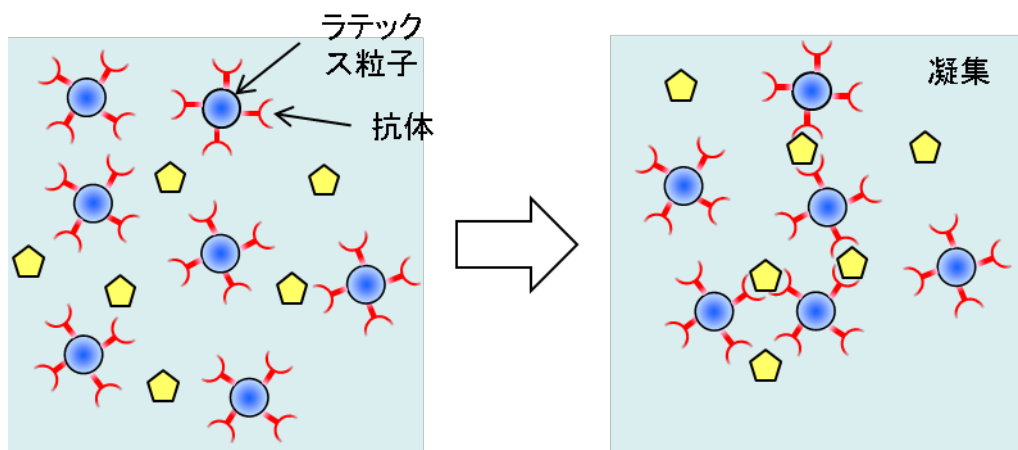


3. 2. 4 医薬品

医薬品用では、診断薬用として、ラテックスなどのマイクロプラスチックを抗体などに結合させ、目的の抗原を抽出する用途（イムノアッセイ法）に使用される等のケースがある。

その他ドラッグデリバリーなどで粒子形態のものが研究利用されているが、ドラッグデリバリーに関しては直接の身体内への投与を前提とした医薬品であるため、今回の対象からは除外した。

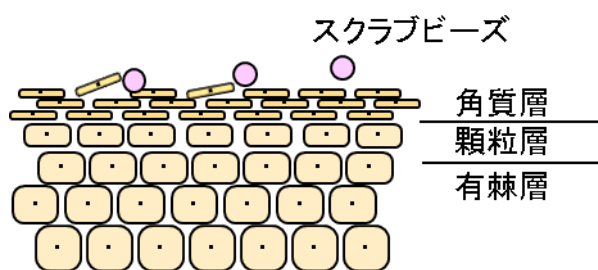
図 3.4 検査薬でのマイクロプラスチックの使用例



3. 2. 5 化粧品類のスクラブビーズ

洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）は、主に角質層の除去など洗顔効果を高めるために使用される。

図 3.5 洗顔剤-マイクロプラスチックの作用

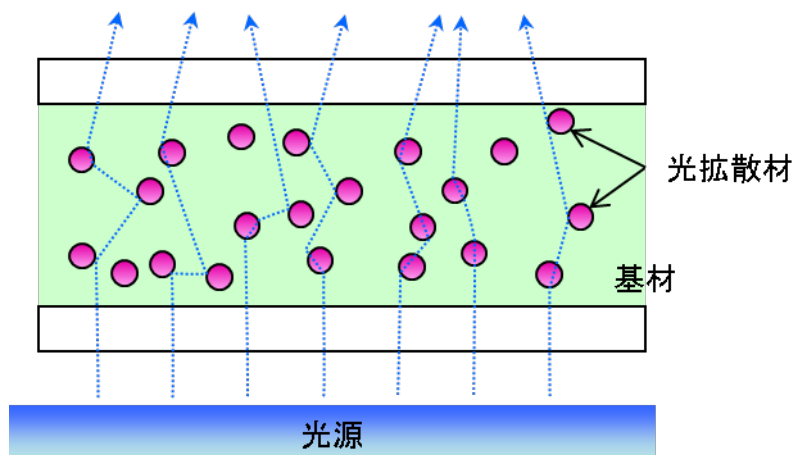


3. 2. 6 光拡散剤

家電を含め多くの製品で、画面表示等に液晶パネルが搭載されているが、液晶パネルはそれ自体が発光しないため、バックライトが必須となっている。液晶パネル全体に光を照射するためには、LED 等の光源からの光をパネル方向全体に拡散する必要がある。そのためにパネルを透過する光を散乱・拡散、あるいは液晶と逆側では反射させる事で、高明度化あるいは低消費電力化している。

光の散乱、反射は屈折率の異なる物質界面で生じるため、マトリックス樹脂とは異なる光拡散剤としてマイクロプラスチックが使用されて、例えば、マトリックスにアクリルを、拡散剤にメラミンなどの組み合わせがある。

図 3.6 光拡散シートでのマイクロプラスチックの使用例

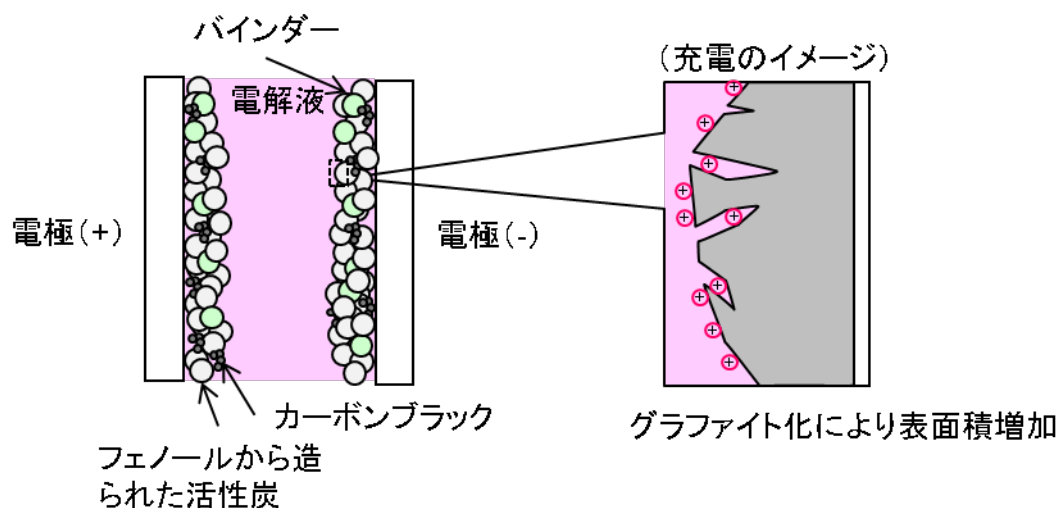


3. 2. 7 電気二重層キャパシタ電極

電気二重層キャパシタとはコンデンサの一種で、通常のコンデンサは誘電体が電極にサンドされた構造であるが、電気二重層キャパシタは誘電体の代わりに電解液がサンドされた構造となっている。そのためコンデンサでは誘電体の分極率で充電容量が決まるが、電気二重層キャパシタでは電解液中の電荷が電極表面に吸着される量により決まる。マイクロプラスチックは、このキャパシタ電極材の原料として使用されている。

電極はアルミ箔などに活性炭を含むシートと合わせることで作製されるが、この活性炭はフェノールのマイクロプラスチックを賦活化処理する事で得られる。充電時、電解液中の電荷が電極表面に移動することで充電されるため多孔質構造とする事で、電極の表面積が増大し、充電容量が向上する。

図 3.7 電気二重層キャパシタにおけるマイクロプラスチックの使用例



3. 2. 8 摺動部品

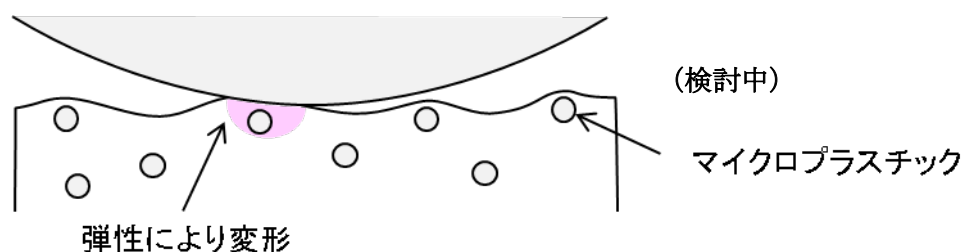
摺動部品とは、機械部品の歯車など駆動力を伝達する部品であり、その役割上、大きな摩擦力がかかり、摩耗する。摩耗は、プラスチックの種類や、表面の平滑性などの影響を受けるため、その詳細なメカニズムは解明されていないものの接触部での過度な変形の結果、剥がれが生じる等のメカニズムが考えられている。

マイクロプラスチックは、接触部の面積を小さくするや、粘弾性等を変化させ変形能等を高める効果があり、樹脂・ゴム部品に主に摺動性・耐摩耗性等を付与する目的で添加され、例えばフッ素樹脂（低分子ポリテトラフルオロエチレン（PTFE））などが用いられる。

耐熱性が求められるエンジン部品などでは、金属性・セラミックス性の軸受・ギア等が採用されるが、温度と強度がそれほど要求されない機械部品としては、エンジニアリングプラスチック製の軸受・ギア等が採用され、成形時に耐摩耗性・摺動性等向上のためにマイクロプラスチックが混練される場合がある。また、マイクロプラスチックを加熱成形し、摺動部品とする場合もあるが、その場合は、樹脂ペレットとしての一般的な使用と同じであるため、今回の対象からは除外した。

なお、熱可塑性耐熱微粒子のうち、ポリアミドイミド（PAI）やポリエーテルエーテルケトン（PEEK）は主にプラスチック製摺動部品のコーティング剤として採用されているとみられ、混練とは異なる使用方法もある。

図 3.8 摺動部品におけるマイクロプラスチックの作用

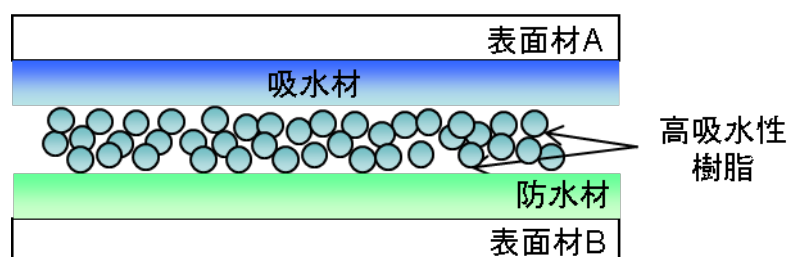


3. 2. 9 衛生用品

衛生用品では、高吸水性樹脂としてマイクロプラスチックが使用されている。高吸水性樹脂は、自重の数倍以上の水を吸収し、ゲル化する樹脂である。1970 年代後半に日本で商業生産された後、現在は、主に紙おむつや生理用品などに使用されている。2016 年の世界予測として、この衛生用品の高吸水性樹脂使用量は 2,230,000 トンである（富士キメラ総研：2016 年微粉体市場の現状と将来展望より）。

製品の構造は、一般的に、吸水材、高吸水性樹脂、防水材が直接人の肌に接触する表面材 A と逆側の表面材 B で挟まれるものとなっている。水分は表面材 A を透過した後、吸水材を通り高吸水性樹脂で保水される。この時、湿り気による不快感をなくすため水分が透過した後の表面材 A は、素早く乾燥状態になるよう間に吸水材が置かれる。また、表面材 B 側から外への漏れだしを防止するため防水材が置かれる。高吸水性樹脂は、水分吸収を迅速に行うために粒径の小さなマイクロプラスチックが主に使用される。

図 3.9 紙おむつにおけるマイクロプラスチックの作用

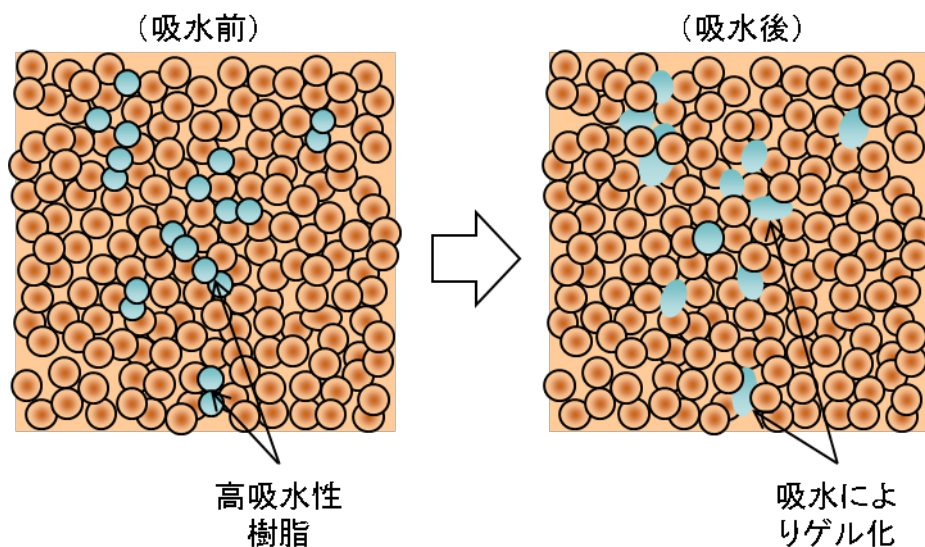


3. 2. 10 土壤保水材

上記、衛生用品と同様に、高吸水性樹脂としてマイクロプラスチックが使用されている。高吸水性樹脂を主に土中に使用することで水分保水力を高め、乾燥地帯の緑化や各種農作物の栽培等の用途として使用される。

その他、肥料入りの園芸用品や土壌改質剤、屋内緑化の観賞用のものなども上市されている。

図 3.10 土壌におけるマイクロプラスチックの作用



3. 2. 11 その他

上記の 3.2.2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）から 3.2.10 土壤保水材までに分類されないものをその他とした。

(1) アンチブロッキング剤

プラスチックフィルムは、表面が平滑であるため、プラスチックフィルム同士を重ね合わせて長く接触させておいたり、熱をかけたりすると、互いに密着して簡単に剥離できなくなる「ブロッキング」を生じる。フィルムの製造工程等ではこれを防ぐためにマイクロプラスチックをポリマー熔融時にフィラーとして入れたり、フィルム形成時に塗布・加熱したりすることにより、フィルム表面に凸部が形成される事で、重なるフィルムとの接触点を減らし、フィルムの傷付き防止や密着を抑制する効果が生じる。これらの目的で 사용되는マイクロプラスチックをアンチブロッキング剤という。

(2) ポリマーセメント

コンクリート構造物や建造物の表面仕上げや保護に用いられるセメントモルタルでは、

躯体に対する接着性を高めたり、薄塗りであるが故に起こりやすいドライアウトを防止したりするため、しばしばマイクロプラスチックからなる有機ポリマーエマルジョンが混入させたポリマーセメントモルタルが使用されている。

水に分散したポリマーはセメントの硬化後乾燥することによりポリマー皮膜を形成する。ポリマーはセメント水和物と架橋することにより、耐水性を得る。ポリマー皮膜は躯体とモルタルとの間に介在して接着性を増したり、硬化モルタル中のセメント水和物の空隙を埋めることにより様々な劣化物質の透過を阻害したりする。

また、劣化コンクリート構造物の補修では、劣化部を除去した後に行われる断面修復においても、接着性増強効果等がある。従来、セメント混和用の有機ポリマーは水中に乳化安定化された液体エマルジョンの形で供給されてきたが、最近では、施工の単純化、運送費の削減などの必要から粉末樹脂の使用が増えてきた。これは液体樹脂エマルジョンを乾燥・粉末化したものであり、水と混合することにより再乳化して液体エマルジョンとなるよう、界面活性作用が高められている。粉末樹脂においても接着性の増強、耐久性の向上等の効果が認められている。

(3) 接着剤

熱可塑性耐熱樹脂のマイクロプラスチックが溶媒に溶けたゲル状の高温用接着剤として使用されるものがある。

ポリエーテルサルフォン (PES) では、市販熱可塑性樹脂接着剤の中では最高の耐熱性を有し、200℃においても実用的な引張破断接着強度 20MPa を示す。

(4) CFRP 添加剤

航空機等の構造材として使用される CF プリプレグの表面に粒度調整を施したマイクロプラスチック (Tough ball) をまぶし、数十枚積層して成形すると、界面にあるマイクロプラスチックによって耐衝撃性が向上する。さらにエポキシ樹脂と反応させてマトリックス樹脂中の層間剥離を伴う衝撃破壊に対して高韌性を持たせることができる。

(5) FRP 用低収縮剤

ガラス繊維で補強した不飽和ポリエステル樹脂は、FRP (繊維強化プラスチック) の代表的なものであるが、不飽和ポリエステルの硬化収縮は重合反応によるため、FRP 成形品の寸法精度、表面平滑性に影響し、また、内部クラック、強化繊維との界面剥離などが発生する問題があった。現在、不飽和ポリエステル液中にある種の熱可塑性マイクロプラスチックを混入する方法が開発され、加熱硬化の場合に限って収縮を防止することができる。この時使用する熱可塑性プラスチックとしては、ポリスチレン、ポリ酢酸ビニル、スチレン-ブタジエンブロックコポリマーなどがある。

(6) 自動車内装材

自動車内装のインストルメントパネル（インパネ）には、メーター、ナビゲーション、エアコンなどのスイッチ類が取り付けられているほか、事故時の乗員保護のためにエアバックが格納されており、自動車を運転する際にいちばん身近にある部品である。そのインパネには主に「ソフトインパネ」と「ハードインパネ」があり、ソフトインパネは、触感が良い表皮層とソフト感を出すためのフォーム層および基材層の3層構造となっている。

「ソフトインパネ」表皮層の主な成形法として、スラッシュ成形法と真空成形法があげられる。真空成形法は、板状のプラスチック材料を加熱し、金型に真空吸引して形状と表面のデザインを転写する方法である。スラッシュ成形法は、加熱され上向きに置かれた金型に上方からマイクロプラスチックを供給し、金型に近い部分だけ熔融させた後、余剰のマイクロプラスチックを、金型を反転させることで取り除き、金型を外側から冷却し、密着した樹脂を脱型する方法である。スラッシュ成形法から得られる表皮材は意匠性が高く、また、デザインの自由度が高いといった特長がある。

従来、自動車のインパネ用表皮材には軟質塩化ビニル系の樹脂粉末が使用されてきたが、最近では熱可塑性ポリウレタン樹脂粉末が使用されている。

(7) トナー添加剤

トナーは、主にマイクロプラスチックのポリエステル等に色材、帯電制御剤、ワックスが添加されたもので、複合機等に使用される。さらに、粒径の小さなマイクロプラスチックがそのトナーの外表面に配置される外添剤として使用される。外添剤マイクロプラスチックの粒子径や帯電性により、トナーの流動性やクリーニング性を改善することができる。また、トナーの帯電制御補助剤として効果を発揮する。

(8) 塗工紙用

マイクロプラスチックをディスパーション（水に分散した状態）の状態で塗布すると、薄くピンホールの無い塗膜が仕上がり、クラフト紙、上質紙などでは、防水、防湿、耐薬品性等に優れた加工紙が得られる。

(9) インク

マイクロプラスチックをインクに添加することにより、潤滑性改善剤、顔料分散剤として使用され、印刷後の耐摩耗性が改善される。

(10) ギャップ制御材料

マイクロプラスチックの均一な粒子分布を利用して、LCDチップと基板間のギャップ制御材料、LCDガラス基板の導通材料制御、電子部品・光学部品のギャップ制御に使用される。

3. 2. 1 2 代替材料の状況

(1) 原料プラスチック

原料プラスチックとは各種プラスチック製品を製造する原料としてペレット形状をしている。プラスチック製品の用途等により、原料プラスチックが使い分けられており、代替材料の使用は、個別の状況等に応じて対応を考慮されるべきものである。

(2) 工業用研磨剤（ブラスト加工用）

工業用研磨剤では、ショットブラストやウエットブラストの研磨剤としてマイクロプラスチックが使用されている。研磨剤は、研磨対象物や研磨用途により、硬さ、形状、比重が選ばれる。マイクロプラスチックの場合、硬さは新モース硬度で2～4であり、トウモロコシ穂軸（新モース硬度で2）、桃のタネ（新モース硬度で4）等の植物系素材と同等である。これらを代替材として使用できる可能性がある。ただし、マイクロプラスチックと植物系素材では、形状が異なり、また、耐久性や、価格面での課題もあることから、研磨用途に応じて慎重に検討することが必要と考えられる。

(3) 塗料

塗料にマイクロプラスチックを添加する目的の一つに、光の反射調整があるが、つや消し用としては、その代替品として、無機材料の炭酸カルシウム、シリカ、タルクなどが使用される場合がある。一方、マイクロプラスチックには、つや消し以外に、塗布時の潤滑性改善や、塗布後の滑り止めの効果等もあるため、それらを総合的に判断する必要がある。さらに、コストや、供給安定性、粒度分布等も含め慎重に検討することが必要と考えられる。

(4) 医薬品

医薬品用の診断薬としては、ラテックスのマイクロプラスチックが使用されているものがある。抗体を担持できるものとして磁性粒子もあるが、診断の内容や目的により両方が使えるとは限らないので、マイクロプラスチックで確立された診断法を置き換えるのは現実的には困難と推測される。

(5) 化粧品類のスクラブビーズ

洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）に対しては、環境への漏出に対する配慮から、使用や製造の規制を開始する国や地域があり、また先行して業界、企業による自主規制が行われているケースがある。

そのため特に、洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）に対しては、その他の製品と比べて代替材の取組みが進んでいるものと見受けられる。代替材としては、天然

由来のセルロース系や生分解性プラスチックである PLA がある。洗顔剤等における我が国の主要メーカ各社は、既に石油由来のスクラブビーズから天然由来成分への移行や、使用の中止等を進めており、日本化粧品工業連合会においても、洗い流しのスクラブ品におけるマイクロビーズの使用中止への対応に関する声明を発出している。

（６）光拡散材

主に液晶パネル等に使用される光拡散材は、マイクロプラスチックの代替として、無機材料の硫酸バリウム、酸化チタンが使用されている。ただし、無機系は母材プラスチックとの屈折率の差が大きい特徴がある。マイクロプラスチックの代替材としては、粒子径や添加量、コスト、供給安定性等を含め慎重に検討することが必要と考えられる。

（７）電気二重層キャパシタ電極

電気二重層キャパシタ電極は、マイクロプラスチックであるフェノール樹脂を原料とし、水蒸気賦活条件を高度にコントロールして製造した活性炭が電気二重層キャパシタの電極として使用されている。マイクロプラスチックの代替としては、自然素材によるヤシ殻系の水蒸気賦活炭やコークス系のアルカリ賦活炭などが候補として考えられるが、活性炭は、細孔径や細孔表面の化学的特性等が厳密に制御されているので、品質安定化の観点から、それらを電極材として使用するのには困難と推測される。

（８）摺動部品

エンジニアリングプラスチックの摺動性・耐摩耗性対策としては、マイクロプラスチックの混練やコーティングの代わりに二硫化モリブデン、炭素繊維、グラファイトを添加する方法等が候補となる。ただし、コストや、供給安定性、粒度分布等について慎重に検討することが必要であると考えられる。

（９）衛生用品

紙おむつや、生理用品等の吸収材として使用される高吸水性樹脂（Superabsorbent Polymer：以下 SAP）には、マイクロプラスチックとしてポリアクリル酸ナトリウム系の樹脂が主に使われている。これまで、1974年に米国でトウモロコシ由来のデンプン系グラフト重合による SAP が発表されてから、グラフト重合あるいはカルボキシメチル化によるデンプン系およびセルロース系、ポリアクリル酸塩系・ポリビニルアルコール系・ポリアクリルアミド系・ポリオキシエチレン系などの合成ポリマー系と、様々な組成や合成法が研究されたが、現時点において、ポリアクリル酸ナトリウム系が性能とコストメリットで他を上回っている。

代替品としては、無機系の吸湿剤（乾燥剤）として例えば、塩化カルシウムは、水へ溶解する過程でその重量の数倍もの水分を吸収することが可能である。また、シリカゲルは

理想環境下でその重量の僅か、40%の水分を内部微細孔構造に吸収するが、ポリアクリル酸ナトリウム系ほどの吸水性は無い。塩化カルシウムは水に溶解するので紙おむつ等での使用は難しく、シリカゲルは吸水性でマイクロプラスチックに劣るため、代替のためにはさらなる技術開発等が必要である。性能を大幅に上回る高吸水性材料が開発されない限り、代替の必要性は低いと推測される。

(10) 土壤保水材

マイクロプラスチックの高吸水性樹脂は、土壤保水材としては、当初は多くの課題を抱えていたが、植物の生育が良好なものが開発され、昨今では農業・園芸や、のり面・屋上緑化、砂漠緑化に利用されてきている。また、水分を多く含み、流動性のある建設残土を固化するために高吸水性樹脂が使用されるケースもある。流動性のある建設残土は山積み・運搬等が困難であり、高吸水性樹脂をこれに混練することで余剰の水分を吸収させて流動性をなくすことができる。さらに、無機系固化材に比べ、処理後の土の pH 上昇がないことも特長である。無機系は pH に影響が出るため使用条件が限られるため、有機系とは別の用途に使用される。

土壤保水用マイクロプラスチックとしては、自然界に漏出した形で使用されるが、水分がある場合にはゲル状になっていることもあり、その影響は今後の研究にゆだねられる。一方、環境に与える影響を配慮して、セルロースとポリマーの複合構造からなる生分解性的高吸水性樹脂や、植物の育成効果を高めつつ生分解性を有する高吸水性樹脂が開発されている。以上により代替の必要性について、今後慎重に検討する必要がある。

(11) アンチブロッキング剤

マイクロプラスチックとしては無機シリカ粒子等があるが、従来品の方が樹脂フィルム同士の傷付き防止を図れるという特長がある。フィルムの透明性が要求される場合に硬度が低いマイクロプラスチックが使われる場合が多いと推測される。フィルム製品の品質により、使い分けられるため無機シリカ粒子等への代替については慎重に検討する必要がある。

(12) ポリマーセメント

ポリマーセメント自体が、セメントとマイクロプラスチックの相性を加味して設計されており、それらの組み合わせにより、駆体に対する接着性や耐水性等を向上させている。現時点においては、ポリマー以外の代替品ではマイクロプラスチックは置き換えがたく、代替は困難と推測される。

(13) 接着剤

耐熱性接着剤としては、熱可塑性耐熱樹脂を主成分とするものとは別に、アルミナなど

の耐火性セラミックスと無機ポリマーを主成分とする無機高温接着材が販売されている。熱可塑性耐熱樹脂のマイクロプラスチックを添加した有機系の高温接着剤よりも、より高温に対応可能であるが、必要とされる温度帯、接着対象、コスト等を含め慎重に検討する必要がある。

(14) CFRP 添加剤

CFRP の用途に使用されるマイクロプラスチックは、粒度分布、エポキシ樹脂との反応性、弾性・靱性等の複合した課題を満たすものが要求されており、代替は困難であると推測される。

(15) FRP 用低収縮剤

FRP 用低収縮剤の用途に使用されるマイクロプラスチックは、不飽和ポリエステル樹脂との反応性、粒度分布等の複合した要求を満たしたものであり、代替は困難であると推測される。

(16) 自動車内装材

自動車内装材のインパネ成型には、真空成型法とスラッシュ成形法があるが、板状の樹脂を加熱して金型に押し当てる真空成型法に比べ、金型でマイクロプラスチックを熔融するスラッシュ成形の方が転写性に優れている。今後真空成型法の技術革新が行われれば、代替の可能性はある。現状では、代替は困難と推測される。

(17) トナー添加剤

トナーを用いた印刷においては、トナーの粉体流動性や保存性等を補完するため、平均粒径 10~30nm 程度の無機微粒子を混合付着せしめる手法が一般的に用いられており、酸化チタン系の小径外添剤 A を使用している例がある。粉体流動性や保存性能向上のため大径外添剤 B (粒径 100~150nm) を A と合わせて使用する場合もあり、摩擦帯電性、転写性、クリーニング性を考慮し、上述外添剤 A および B の併用配合比が決められる。無機微粒子としてはシリカなども使用される。

マイクロプラスチックか無機微粒子かの判断は、トナーおよびコピー機の要求仕様を、満足するように総合的に判断する必要がある、代替については慎重に検討する必要がある。

(18) 塗工紙用

マイクロプラスチックの代替としては、無機系の塗工顔料として、炭酸カルシウムや二酸化チタン、カオリンなどが使用されている。また、塗工紙自体の種類も多く、無機系とマイクロプラスチックのどちらの塗工紙添加剤を使用するかは、慎重に検討する必要がある。

(19) インキ

インキには、マイクロプラスチックは印刷後の皮膜強化剤（耐摩耗添加剤）として使用される。例として、ポリエチレン系ワックスを植物油ワニスに分散させたペースト状となったマイクロプラスチックが使用されている。インキの成分である、ワニス、顔料等との適合性が要求されるため、代替は困難であると推測される。

(20) ギャップ制御材料

各種部材、光学部品、電子部品、精密部品用のギャップ制御材として、マイクロプラスチック以外ではガラスビーズを使用できる。また、シリカ粒子が LCD 用ギャップ制御材に使用されている。代替材の使用に関しては、粒径分布、コスト等の仕様に応じて、慎重に検討する必要がある。

3. 3 形状、材質等

3. 3. 1 原料プラスチック

プラスチック種類は多岐にわたるため、ここでは、プラスチック使用量が多いポリプロピレン (PP) およびポリエチレン (PE) について述べる。PP と PE の代表的なマイクロプラスチックの形状としては、楕円球体の液滴状で、サイズが直径 3~5mm 程度のペレットがある。これらは食品容器等として多用されるものであるため、以下の記載用途に比較して取扱い易さが求められるためと考えられる。PP、PE の密度は 1g/cm^3 以下であり、海洋等に流出した場合、沈降することなく、浮遊することとなる。

3. 3. 2 工業用研磨剤 (ブラスト加工用)

工業用研磨剤として使用されるマイクロプラスチックの種類としては、ポリエステル、ナイロン、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリカーボネート等がある。ナイロン、ポリカーボネートでは、サイズが 0.4mm~1.2mm 程度で、円柱形状のものなどがある。メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリカーボネート等では、サイズが $150\mu\text{m}$ ~ $850\mu\text{m}$ で、多角形状のものなどがある。サイズについては、JIS のメッシュサイズ規格 (B4130-1996 : 目開きサイズで規定) を使用して #30~#80 等と表記し、販売されているものがある。

硬度は、メラミン樹脂、ユリア樹脂、ポリエステルの順に高く、ナイロンとポリカーボネートは最も軟質な材料となる。これら樹脂は、研削や表面調質などの加工目的や被研削物により選択される。

3. 3. 3 塗料

塗料中の塗膜形成の基材には、ポリエチレン、アクリル、ポリアミド、フッ素樹脂等が用いられている。ポリエチレンは粒径 $6\sim 600\mu\text{m}$ 、アクリルで $0.1\sim 150\mu\text{m}$ 、ポリアミドでは $5\sim 10\mu\text{m}$ 、フッ素樹脂は $0.3\sim 30\mu\text{m}$ のサイズが、本調査では確認できた。

形状については、ポリエチレンでは真球状、アクリルで真球状等、ポリアミドで真球もしくは不定形、フッ素樹脂は不定形などとなっていた。

また、艶消しなど意匠性を目的にサイズが $1\sim 15\mu\text{m}$ の球状のメラミンを添加する場合もある。

3. 3. 4 医薬品

診断薬用途のマイクロプラスチックとしては、粒径の均一性等の理由でラテックスが用いられる。マイクロプラスチックの形態としては、サイズが $0.05\sim 100\mu\text{m}$ などのものがあり、また、形状は球状のものがある。

適用される検査法としては、ラテックス凝集測定法があり安定性などの理由で、高感度の検出が可能との事である。また、製品としては、水に分散させた状態で提供され、診断・検査の目的に応じて予め各種官能基で表面修飾した製品などもある。

3. 3. 5 化粧品類のスクラブビーズ

洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）に使用されるマイクロプラスチックにはポリエチレン、ポリウレタン等があり、そのサイズは $100\mu\text{m}$ ~ $600\mu\text{m}$ 程度のものがある。形状には不定形、球状のものがあり、不定形では、角質除去効果が高いものの肌へのダメージがあるため、それを避けるために球状のものが選択されるとのことである。

3. 3. 6 光拡散剤

光拡散剤用途のマイクロプラスチック、例えば拡散剤を分散させるシート基材がアクリルの場合、拡散剤としてはメラミン等のマイクロプラスチックが使用される。この時のメラミンは、サイズが $1\sim 15\mu\text{m}$ 程度で、形状は球状などである。拡散シートの基材としては、アクリルの他にポリスチレン、シリコーンなどが使用され、アクリルの形状は、 $0.1\sim 150\mu\text{m}$ の真球状、ポリスチレンは、 $35\sim 55\mu\text{m}$ の真球状、メラミンは $1\sim 15\mu\text{m}$ の球状、シリコーンは $0.5\sim 40\mu\text{m}$ の球状などがある。

3. 3. 7 電気二重層キャパシタ電極

キャパシタ電極は、アルミ箔等の集電体の片面にフェノールのマイクロプラスチックを水蒸気賦活して得られた活性炭が塗布され、作製される。このマイクロプラスチックはサイズが $1.5\sim 20\mu\text{m}$ の真球形状のものなどが使用される。

フェノールは水蒸気賦活することで高比表面積を持つ活性炭となり、電極表面積が増大することで高容量化される。

3. 3. 8 摺動部品

耐摩耗性、自己潤滑性、摺動性を高めるため超高分子量ポリエチレンは、ポリイミド、ポリエステル、ポリプロピレンなどが使用される。サイズは粒径 $10\sim 30\mu\text{m}$ の球状形態などのものがある。フッ素樹脂（低分子 PTFE）は、その他のプラスチック、エラストマーに摺動性を付与する目的で添加され、サイズは $0.3\sim 30\mu\text{m}$ で、不定形などの形態がある。

部品としては、自動車のエンジンギヤ、ドアロック、ドアミラー等、また、OA 機器や産業用機器等の採用がある。耐熱性、耐薬品性などが求められる場合にフェノール、全芳香族ポリエステル、ポリイミドが使用され、産業装置機器の摺動部品や自動車用途ではシーリングやワッシャー類などにも原料用途に使用されているようである。

3. 3. 9 衛生用品

衛生用品でのマイクロプラスチックとして、例えば紙おむつでは、高吸水性樹脂であるアクリル酸系とポリアクリル酸系が主に使用されている。サイズは $100\sim 600\mu\text{m}$ 程度の球形などがあり、不織織などで高吸水性樹脂は挟まれ、装着感などの目的がある

3. 3. 10 土壌保水材

土壌保水剤には、衛生用品と同じく高吸水性樹脂のマイクロプラスチックが使用される。マイクロプラスチックのサイズや形状について、商品情報等に明記されておらず不明であるが、団粒のサイズが数十から数百ミクロンであることよりこれに近い同程度のサイズと推察される。土壌改質などに使用される場合は、長期にわたって乾湿が繰り返され、その耐久性等も必要となる。園芸・農業での育苗などにも使用されており、肥料を被覆する事で徐放性を付与するなどの使い方もある。

3. 3. 11 その他

(1) アンチブロッキング剤

アンチブロッキング剤用途のマイクロプラスチックのプラスチック種類としては、アクリル系やスチレン系などがある。アクリル系のサイズは、微小なものでは $0.3\mu\text{m}$ から $30\mu\text{m}$ 、スチレン系では数 μ サイズのものなどがある。形状は、いずれも球体のものが多く、これはプラスチックフィルム同士を重ね合わせた際に接触点を減らす目的と考えられる。

(2) ポリマーセメント

ポリマーセメント用途には、スチレン・アクリル酸エステル共重合体、アクリル酸エステル・メタクリル酸エステル共重合体等が、また、ポリマーセメントモルタルにはスチレン・ブタジエン共重合体中スチレン、カルボキシシラ変性スチレン・ブタジエン共重合体中スチレン等のマイクロプラスチックが用いられる。サイズは、本調査範囲では、ポリマーセメントでは約 $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 、ポリマーモルタルでは $0.15\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度のものがあり、形状は何れも球状をしていた。

ポリマーモルタルでは、砂などの骨材を使用しないためポリマーが骨材として働き、そのため硬質なスチレン系が選択されていると推定される。

(3) 接着剤

接着剤に使用されるマイクロプラスチックの材質は、超低密度ポリエチレン (L-LDPE)、低密度ポリエチレン (LDPE)、ポリアミドイミド (PAI)、エポキシ (EP)、自己乳化型ポリオレフィン (PO)、ポリエステルエラストマー (TPEE) などの種類がある。サイズは、超低密度ポリエチレン (L-LDPE) で $170\sim 210\mu\text{m}$ 、低密度ポリエチレン (LDPE) で $150\sim 250\mu\text{m}$ 、ポリアミドイミド (PAI) で $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 、エポキシ (EP) で $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 、自己乳化型ポリオレフィン (PO) で $0.2\mu\text{m}$ 以下、ポリエステルエラストマー (TPEE) とで $5\sim 60\mu\text{m}$ などであった。また、形状は、低密度ポリエチレン (L-LDPE)、低密度ポリエチレン (LDPE)、ポリアミドイミド (PAI)、エポキシ (EP)、ポリエステルエラストマー (TPEE) は球状、自己乳化型ポリオレフィン (PO) は不定形とのことであった。

これらは、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、ゴム・エラストマーなどに添加する形態で使用する。

(4) CFRP 添加剤

CFRP 添加剤として本調査ではポリエーテルスルホン (PES) のマイクロプラスチックの適用例がある事が分かった。マイクロプラスチックのサイズは、 $10\sim 20\mu\text{m}$ で、形状は破砕状とのことであった。航空機等に使用される場合、粒度を調整するとの事で、用途や使用する CF プリプレグなどに応じてサイズ等を調整している可能性も考えられる。

(5) FRP 用低収縮剤

FRP 用収縮剤用途のマイクロプラスチックとして、熱可塑性樹脂では、ポリスチレン、ポリ酢酸ビニル、スチレン-ブタジエンブロックコポリマーなどがあり、基材となる樹脂と混練され利用される。

ポリスチレンについては、サイズが $20\sim 55\mu\text{m}$ 、形状は球状のもの等があったが、その他について不明である。低収縮剤として作用するためには、基材プラスチック中に均一分散することが必要と考えられ、最終的な FRP 製品の形状や用途、また、基材種類により、選択されるものと推察される。

(6) 自動車内装材

自動車内装用途のマイクロプラスチックとして、例えばインパネ用で、従来から使用されてきた軟質塩化ビニル系 (以下軟質塩ビ)、また、使用が増加しつつある熱可塑性ポリウレタンがあった。

サイズは、軟質塩ビで 150μ 程度、ポリウレタンで $150\sim 200\mu\text{m}$ 程度のものが確認できた。また、形状については、ポリウレタンでは球状のものが確認出来たが、軟質塩ビでは確定した情報が得られなかった。

(7) トナー添加剤

トナーバインダーに使用されるマイクロプラスチックの材質としてはポリエステル系、スチレン/アクリル系、エポキシ系、ウレタン系、ポリオレフィン系などがあるが、主に利用されているのはポリエステル系とスチレン/アクリル系である。今回の調査においてもアクリル系で、サイズが $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 、形状は真球状などであることが判っている。また、製造コストの理由から粉砕法で製造される事が多く、形状が不定形状となっているものもあると考えられる。

コピー機などの印刷では、トナーは帯電 (感光体の静電化)、露光 (光学的に像形成)、現像 (感光体へのトナー)、転写 (記録紙へトナー転写)、定着 (加圧・加熱にて融着)、クリーニング (感光体のクリーニング) の工程がある。マイクロプラスチックは顔料などを

担持し、バインダとして働き、定着の工程で融着することで、紙に定着する。

(8) 塗工紙用

塗工紙用途のマイクロプラスチックはバインダとして、顔料等と併せて塗布される。用いられる樹脂はラテックス(スチレン・ブタジエン系:SB)などであり、サイズは0.01~0.16 μm 程度のものが、形状は球状のものなどがある。

塗工カラーを構成する主成分は顔料とバインダである。商業印刷(オフセットやグラビア)向けの印刷用紙では、顔料として、カオリンクレー、炭酸カルシウム、二酸化チタンを主な鉱物性顔料として、また、顔料粒子同士を結合することであり、必ずバインダを配合するとの事であった。

バインダとして用いるラテックスには、SBの他、アクリル系ラテックス、酢酸ビニル系ラテックスなどがあるが、SBは比較的安価で、また、顔料結合力も強いいため広く使用されているとの事であった。

(9) インキ

インキに添加するマイクロプラスチックとして、アクリル、ポリエチレン、ポリアミド、ポリウレタン、フッ素樹脂などがあつた。サイズは、アクリルで0.2~20 μm 、ポリエチレンで6~10 μm 、ポリアミドとポリウレタンで5~10 μm 、フッ素樹脂で0.3~30 μm などがあつた。形状は、アクリルとポリエチレン、ポリアミド、およびポリウレタンで球状など、フッ素樹脂は不定形などがあつた。これらはインキに添加することにより、潤滑性改善剤、顔料分散剤として使用され、また、印刷後の耐摩耗性が改善される。

(10) ギャップ制御材料

積層チップ、光学部品、電子部品等のギャップ制御に用いられるマイクロプラスチックは、ジビニルベンゼンを主成分とし、形状は真球形状のものがある。サイズは、それぞれ用途等に応じた所定のギャップに制御する必要があるため、各メーカーでは ①3~10 μm 、②10~150 μm 、③150 μm 以上 などサイズ別の製品を提供している。

また、ギャップに加え、導電性や遮光性等を目的に応じて付与したギャップ制御用のマイクロプラスチックも販売されているようである。

3. 3. 12 用途毎形状、材質のまとめ

以上の用途と形状、材質の内容を表 3.13 に整理した。水に浮くかどうかの指標として、密度の欄を設けた。

表 3.13 プラスチック種類と形状等

大分類	小分類	材料	密度[g/cm ³]	用途	粒子形状	平均粒径
熱可塑性	汎用	アクリル	1.17～1.20	光拡散剤	真球状、他	0.1～1.1～20 μm
		アクリル	1.17～1.20	化粧品用途	真球状、他	1～20 μm
		アクリル	1.17～1.20	塗料・インク	真球状、他	0.1～20、20～150 μm
		アクリル	1.17～1.20	フィルム用(アンチブロッキング剤)	真球状、他	0.1～1 μm
		アクリル	1.17～1.20	トナー添加剤	真球状、他	0.1～1 μm
		ポリスチレン(PS)	1.04～1.06	FRP用低収縮剤	真球状	20～55 μm
		ポリスチレン(PS)	1.04～1.06	光拡散剤	真球状	1～10 μm
		ポリスチレン(PS)	1.04～1.06	化粧品用途	真球状	3.5～55 μm
		ポリスチレン(PS)	1.04～1.06	フィルム用	真球状	3.5～55 μm
		ポリエチレン(PE)	0.90～0.97	化粧品用途	真球状	10～15(化粧)スクラブ150～600 μm
		ポリエチレン(PE)	0.90～0.97	塗料(つや消し剤、インキ添加剤)	真球状	6～10 μm
		ポリエチレン(PE)	0.90～0.97	フィルム用(アンチブロッキング剤)	真球状	6～10 μm
		ポリエチレン(PE)	0.90～0.97	コーティング・添加剤	不定形	15～25 μm
		超低密度ポリエチレン(L-LDPE)	0.90～0.94	コーティング・接着剤	球状	170～210 μm
		低密度ポリエチレン(LDPE)	0.91～0.93	コーティング・接着剤	球状	150～250 μm
		超高分子量ポリエチレン(HDPE)	0.94～0.965	樹脂・ゴム添加剤(自動車部品、ロール、フィルム、ベルト)	球形	10～30 μm
		超高分子量ポリエチレン(HDPE)	0.94～0.965	摺動材料(歯車)	球形	25～30 μm
		超高分子量ポリエチレン(HDPE)	0.94～0.965	多孔質材料(フィルター)	球形	25～30 μm
		プロポリレン(PP)	0.90～0.91	コーティング	球状	<50 μm・297～595 μm・700～2380 μm
		自己乳化型ポリオレフィン(PO)	0.95～1.05	接着剤・バインダー・コーティング	不定形	<0.2 μm
		ポリエステル(ポリブチレンテレフタレート:PBT)	1.31～1.38	添加剤(耐熱性向上・強度向上)	不定形	40～100 μm
		ポリエステルエラストマー(TPEE)	1.05～1.29	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材	球状	5～60 μm
		ポリアミド(PA)	1.12～1.15	化粧品用途	不定形、真球状、粉碎品	5～10 μm
		ポリアミド(PA)	1.12～1.15	塗料・インク	不定形、真球状、粉碎品	5～10 μm
		ポリ塩化ビニル(PVC)	1.35～1.45	自動車内装材	球状?	約150 μm
		ポリエチレンオキシド(PEO)	1.13	バインダー・増粘剤・摺動剤	不定形?	<1000 μm
	エンブラ	ポリエーテルスルホン(PES)	1.37～1.46	CFRP添加剤(航空機用CEPR靱性付与剤)	破碎状	10～20 μm
		ポリエーテルスルホン(PES)	1.37～1.46	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材	球状	5～60 μm
		ポリフェニレンスルフィド(PPS)	1.35	PTFEプライマー・コーティング	不定形、球状、他	15～50 μm
		ポリフェニレンスルフィド(PPS)	1.35	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材	球状	0.2～0.5 μm
		ポリフェニレンスルフィド(PPS)	1.35	3Dプリンター用材料・添加剤	不定形	15～100 μm
		ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)	1.3	耐熱性付与用添加剤	不定形、球状、他	10～50 μm
		ポリアミドイミド(PAI)	1.42	PTFEプライマー・コーティング	不定形、球状、他	30～75 μm
		ポリアミドイミド(PAI)	1.42	コーティング材・粘着剤・接着剤・シール材	球状	0.2～0.5 μm
		ポライミド(PI)	1.43～1.51	摺動部材	不定形粒子	2.5～65 μm
		エポキシ(EP)	1.11～1.40	粘着剤・接着剤・シール材・研磨用粒子	球状	0.2～0.3 μm・5～40 μm
熱硬化性		フェノール	1.24～1.32	耐火煉瓦バインダー	真球状	15～20 μm
		フェノール	1.24～1.32	摺動材料(ブレーキ・クラッチ)	真球状	10～15 μm
		フェノール	1.24～1.32	電気二重層キャパシタ用電極材	真球状	15～20 μm
		ポリウレタン	1.1～1.5	自動車内装皮材	真球状	150～200 μm
		ポリウレタン	1.1～1.5	化粧品用途	真球状	5～15 μm
		ポリウレタン	1.1～1.5	塗料・インキ	真球状	5～15 μm
		ベンゾグアナミン・メラミン	1.48	塗料(つや消し)	球状	21～15 μm
		ベンゾグアナミン・メラミン	1.48	光拡散剤	球状	2～15 μm
		ベンゾグアナミン・メラミン	1.48	トナー添加剤	球状	0.1～2 μm
		フッ素樹脂(低分子PTFE)	2.14～2.20	摺動部材	不定形	0.3～30 μm
特殊		フッ素樹脂(低分子PTFE)	2.14～2.20	塗料・インク	不定形	0.3～30 μm
		フッ素樹脂(粉体塗料ETFE)	2.14～2.20	塗料・インク(ライニング)	球状	80～500 μm
		シリコーン(SI)	0.99～1.50	光拡散剤	球状	1～40 μm
		シリコーン(SI)	0.99～1.50	化粧品用途	球状	0.5～40 μm
		全芳香族ポリエステル	1.35	摺動部材	不定形粒子	10～30 μm
		高吸水性樹脂	不明	衛生用品	球状	200～600 μm
		高吸水性樹脂	不明	土壌保水材	球状	100～200 μm
		ラテックス	0.98～1.08	診断薬用(イムノアッセイ、j純水に分散された状態で製品化)	球状	0.05～100 μm
		ラテックス(スチレン・ブタジエン系:SB)	1.02	塗工紙用	球状	0.08～0.16 μm
		スチレン・アクリル酸エステル共重合体	不明	ポリマー混和剤(ポリマーセメント向け)	球状	0.2～0.3 μm
		アクリル酸エステル・メタクリル酸エステル共重合体	不明	ポリマー混和剤(ポリマーセメント向け)	球状	0.25 μm
		スチレン・ブタジエン共重合体中スチレン	0.98	セメントモルタル	球状	0.2 μm
		カルボキシル化変性スチレン・ブタジエン共重合体中スチレン	0.98	セメントモルタル	球状	0.15 μm
		SBRラテックス	1.02	道路舗装用	球状	0.05～0.15 μ

3. 4 環境への漏出の可能性について

本調査では、1次マイクロプラスチックとしての漏出を、その製造工程から最終処分までの間で調査した。マイクロプラスチックは用途・目的により、ミクロンオーダーからミリメートルまでのサイズのものがある。

マイクロプラスチックを扱う者は、上流の原料プラスチック・メーカー、コンパウンドメーカー、プラスチック製品を成形・加工するメーカー、また、必要に応じて造粒（粉碎など）するメーカーなどが関わっている。

原料プラスチックの加工メーカー等への運送手段は、クラフト、フレコンバッグ、ローリ一等がある。出荷されたマイクロプラスチックは、2次加工メーカー等に搬入され、製造設備・加工設備などに投入される。

このようなマイクロプラスチックの製造から輸送、製品製造等の各工程について、日本プラスチック工業連盟は「樹脂ペレット漏出防止マニュアル」を制定し、漏出防止に取り組んでおり、加盟企業等もまた、準じた対応をとっている。

一般にサイズが小さくなるほど、その漏出対策は難しくなる。しかし、一般的に、各種製造工程においては、粉じんへの対策として、労働者の危険又は健康障害防止の観点から労働安全基準法で集塵等の義務が、また、工場排水への対策としては、水質汚濁防止法により排水処理およびその汚泥処理が義務付けられている（以下、これらを総称して環安法、もしくは環境安全に関する規制として記載）。

プラスチックを使用する製品で、その要求仕様（機械特性、光学特性、意匠性など）が高い場合、異物・コンタミを排除して製造され、そのため製造工程においては遮蔽された空間、集塵等の排気設備は必須となっている事業所もある。中小規模の企業において、大型の専用室や局所排気設備を保有しない場合でも粉じん対策として、可搬式などの集じん機を使用して作業するとのことであった。また、設備・機器の清掃・管理においても多くの企業は吸じん作業を実施しているとの事であった。そのため、工場外部の環境に飛散する可能性は考えにくい。

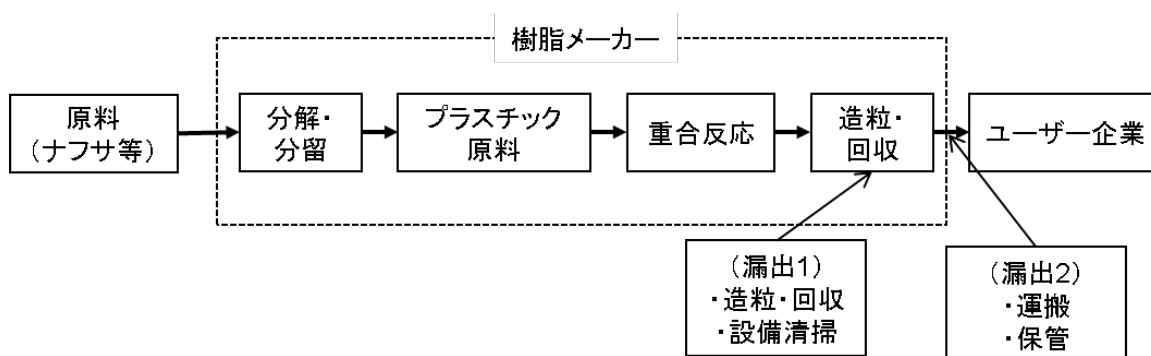
また、製造の際に発生した廃棄物については、廃棄物処理法などに従って処理・処分される。

3. 4. 1 原料プラスチック

プラスチックの原料となるナフサは液体であり、ペレットとなる前には液体状態で、その後は分解や分留、さらに、重合反応等でプラスチックとなった後、成形用機器に送られ、押出・切断などの方法で、プラスチックのペレット（マイクロプラスチック）となる。

プラスチックの製造・成形設備を出たマイクロプラスチックは捕集された後、サイロへ輸送・保管され、出荷時にフレコンバッグなど包装容器に移される。

図 3.11 原料プラスチックの製品化フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：漏出・造粒回収工程

- ・回収：原料ペレットの製造は、一般的には閉じた系により行われるものの、メーカーの工程によっては、サイロへの運搬や、サイロが満杯になった際の別サイロへの流路切り替え時に、漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

○漏出2：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。

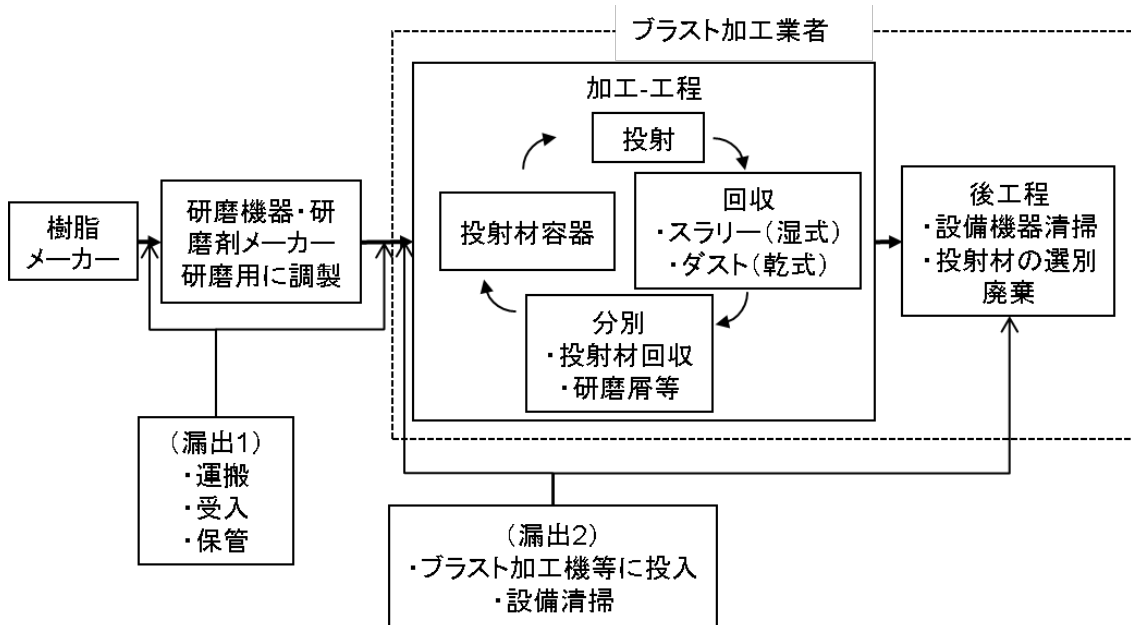
■対策：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 2 工業用研磨剤（ブラスト加工用）

ブラスト加工用途のマイクロプラスチックは、原料となるプラスチックを樹脂メーカーから研磨剤メーカー等に運搬され、ブラスト用途に成形等される。その後、ブラスト用の投射材となったマイクロプラスチックはブラスト加工業者に運搬され、ブラスト加工に供される。このマイクロプラスチックは廃棄等されるまで工場内で繰返し使用・管理される事となる。

マイクロプラスチックはブラスト加工時に取り出され、投射材容器に移され、①部品等の被加工物への投射、②研削くず、投射材よりなるスラリー・粉塵の回収、③投射材と研削くずの分別、④回収などの工程を繰り返す。この工程中、研削くず等は集塵機等により回収され、また、最終的には割れ等で使用不可能となったマイクロプラスチックとともに産業廃棄物として、処理される。

図 3.12 ブラスト加工の作業フロー・漏出可能性概略図



○漏出 1 : 運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性等がある。

○漏出 2：投射材投入・設備清掃工程

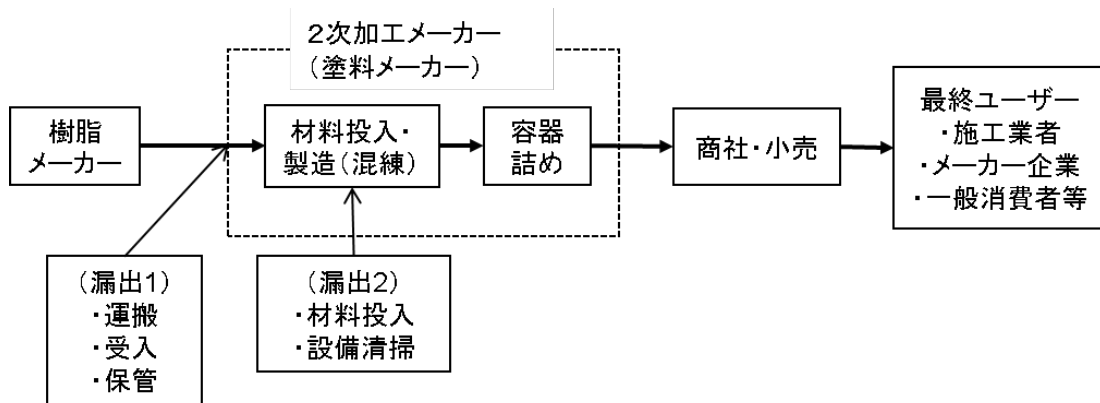
- ・投入：投射材（マイクロプラスチック）の投入は、フレコンバッグからホッパーへ投入などの方法があるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

■対策：漏出 1、2 への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 3 塗料

塗料の製造フローは、樹脂メーカーより塗料メーカー（2次加工メーカー）へ運送・保管されたマイクロプラスチックを、塗料製造時にホッパー等を使用し、混合機等に投入、添加物等を混合攪拌し、その他の材料（顔料等）と溶媒を加えて混練される。マイクロプラスチックの投入から混練までは、連続した閉じた設備となっている場合もある。混練され溶液となった塗料は、商社等を通じユーザーにわたる。

図 3.13 塗料の製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性がある。

○漏出2：原料プラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などの際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

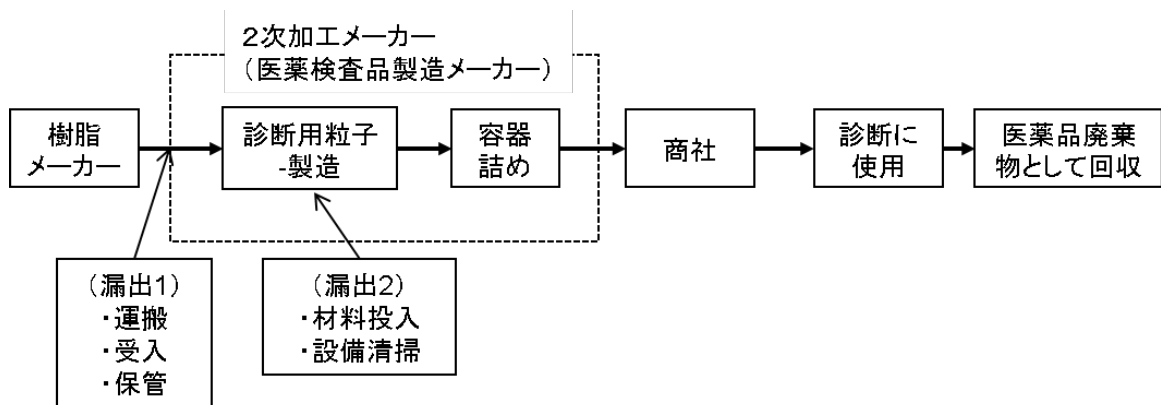
■対策：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 4 医薬品

医薬関連の薬品等を含む製造・管理は医療機器および体外診断用医薬品の製造管理および品質管理の基準に関する省令（QMS：Quality Management System）により、規定されている。そのため他の製造業より厳重に管理されている。

製造の概略フローとしては、樹脂メーカーから医薬検査関連の製造事業所（2次加工メーカー）に原料となるマイクロプラスチックは運送される。運送等の間も腐敗防止のための管理などが行われ、さらに、診断薬用途として滅菌下（主にクリーンルームを使用し、浮遊微粒子を管理）でのマイクロプラスチック製造、容器詰めとなる。その後、商社を通じ、病院等で使用後に医薬品廃棄物として回収される。

図 3.14 検査薬の製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性がある。

○漏出2：原料投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

■対策：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

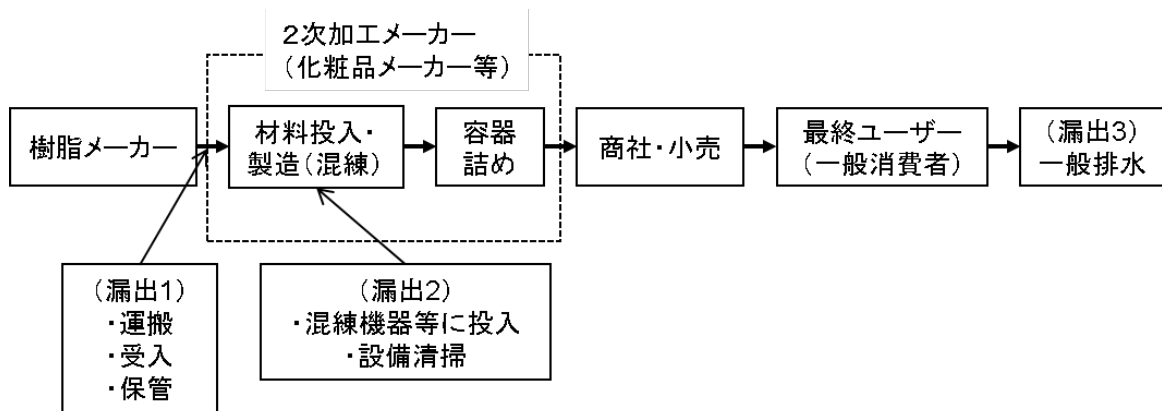
3. 4. 5 化粧品類のスクラブビーズ

化粧品メーカー等（2次加工メーカー）における製造工程は、原料となるマイクロプラスチックを搬入（保管）し、製造の際に混練機等へ搬送、他の成分等と混練し、所定の粘度等に調製後に容器詰めされ、商社・小売店に出荷となる。

出荷されたのち製品は消費者の手に渡り、使用した際にマイクロプラスチックは一般下水道に流される。

なお容器が回収リサイクルされる場合（自治体により分別は異なる）、消費者の使用後に容器に残る未使用分は、そのままりサイクルに回り溶解等の加熱を受けるためマイクロビーズとしては残存しないとの事である。

図 3.15 スクラブ洗顔剤の製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性等がある。

○漏出2：原料プラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

○漏出3：最終ユーザー（消費者）使用

- ・出荷されたのち製品は消費者の手に渡り、使用された際、一部、漏出する可能性がある。

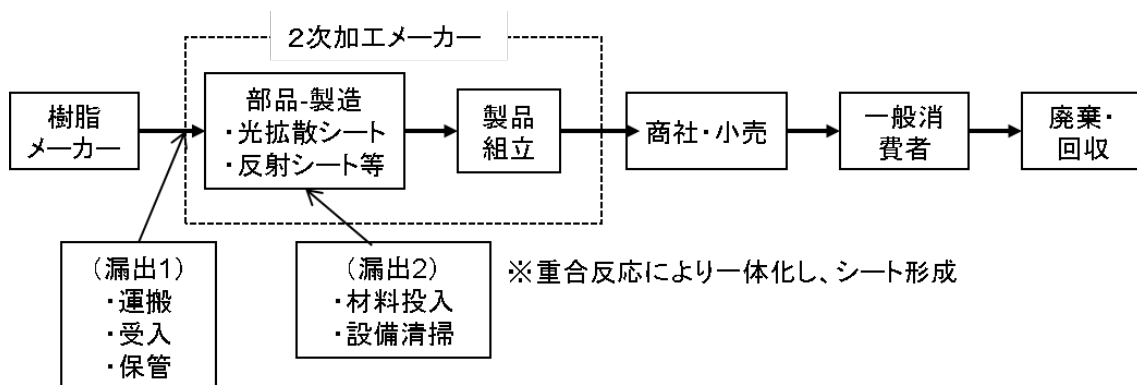
■対策・コメント：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。漏出3については、下水処理等の状況について、不明瞭な点が見受けられる。

3. 4. 6 光拡散剤

光拡散剤用途のマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから光拡散シートを製造する 2 次加工メーカーへ運送され、光拡散シートの製造時にホッパーなどに投入し、基材となる液体状態のプラスチックに混合、マイクロプラスチックを分散させ、固化一体化させる。さらに、フィルムとする場合には展伸などの工程が付加される場合もある。

シート等の状態になった後は、製品に組み込み使用され廃棄処分されるまで、環境に暴露されることはない。

図 3.16 光拡散シートの製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出 1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性等がある。

○漏出 2：マイクロプラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

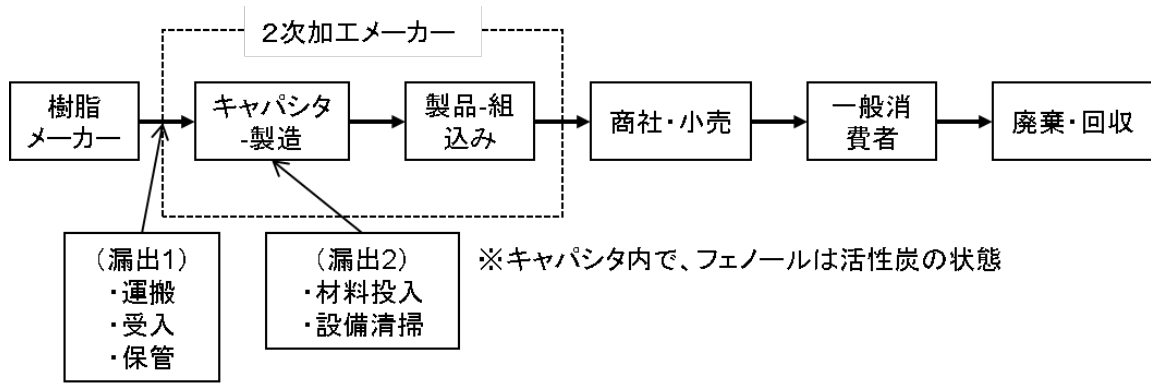
■対策：漏出 1、2 への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 7 電気二重層キャパシタ電極

フェノールの・マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから賦活処理業者などの2次加工メーカーに運送される。2次加工メーカーでは、フェノールを水蒸気賦活により活性炭とする。キャパシタメーカーでは、バインダ等との混合物をシート状などに整形し、アルミ箔などと合わせキャパシタ電極は製造される。その後は電解液等と合わせパッケージング、キャパシタとなり、電気製品内に組込まれる。

製品に組込まれ、最終的には廃棄・回収されるが、キャパシタでは製造途中で、フェノール樹脂から活性炭に変質する。

図 3.17 電気二重層キャパシタの製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性等がある。

○漏出2：マイクロプラスチック投入・設備清掃工程

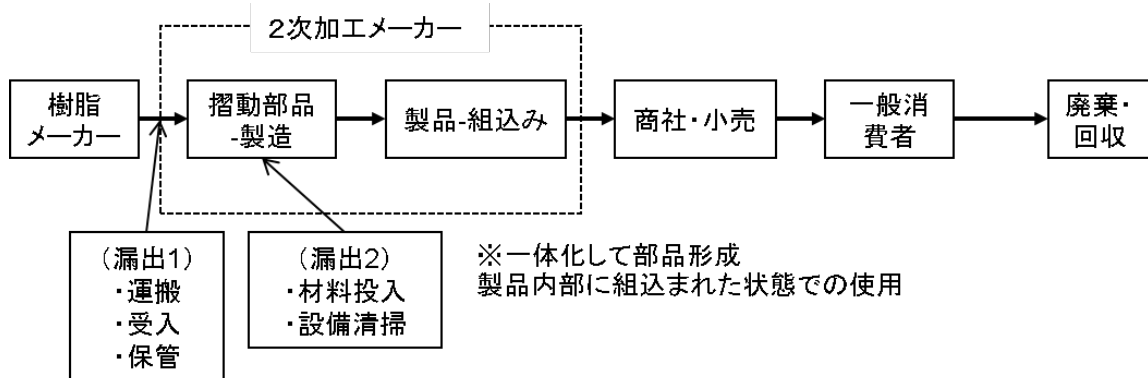
- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

■対策：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 8 摺動部品

摺動部品に使われるマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから部品製造メーカーなどの 2 次加工メーカーに運送され、部品製造時に射出成型機等のホッパーなどに投入される。マイクロプラスチックは、基材となる熔融状態のプラスチックに混合等され、歯車や軸受等の部品に成形される。これらの部品は、機械機器に組み込み使用され、製品となった後で直接的に環境に暴露される可能性は低い。

図 3.18 摺動部品の製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出 1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性がある。

○漏出 2：マイクロプラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

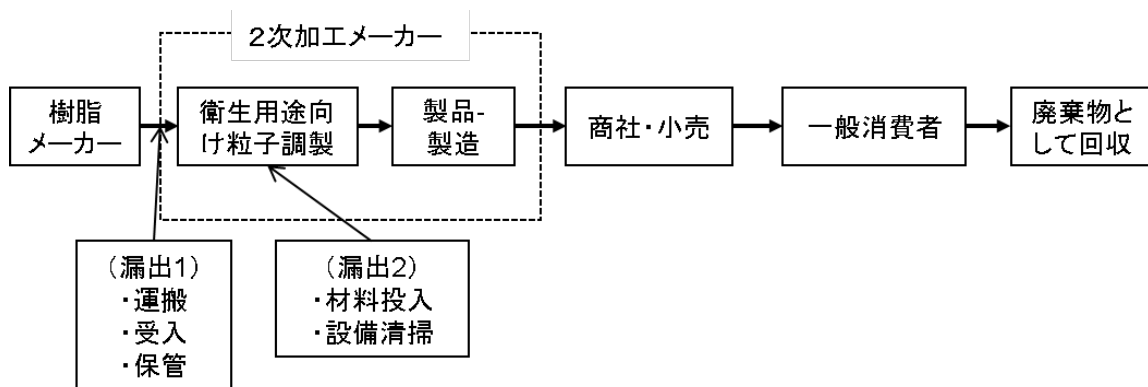
■対策：漏出 1、2 への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

3. 4. 9 衛生用品

衛生用品用途、例えば紙おむつに使用される高吸水性樹脂のマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから紙おむつの製造メーカー（2次加工）に運送され、表面改質等の処理後に不織布等でサンドし紙おむつとするなどの方法がある。マイクロプラスチックは、表面改質を行う反応槽、あるいは不織布等でサンドするためのボンド機器等へ供給するホッパーなどが用いられる。

製品は、高吸水性樹脂をパッケージした形態となっており、通常の使用法では環境に漏出する可能性は小さい。また、使用後はゲル状態となり、最終的には廃棄物として、回収される。

図 3.19 紙おむつの製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性等がある。

○漏出2：マイクロプラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

■対策：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。

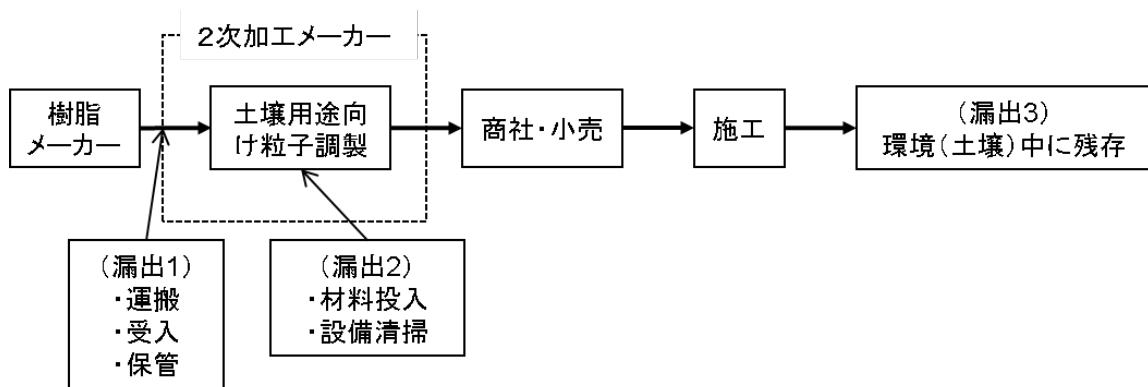
3. 4. 10 土壤保水材

土壤保水剤用途の高吸水性樹脂は、樹脂メーカーから農業・園芸用などの土壤改良剤等を製造するメーカー（2次加工メーカー）に運送され、目的に応じた処理、例えば栄養素の徐放性を付与するなどが行われる。この処理は、目的に応じて反応槽などが使用され、マイクロプラスチックは、ホッパーなどを使用し、投入される。処理後のマイクロプラスチックはクラフト袋等に詰め、商社等を通じ、流通する。

最終使用の方法として、土壤に直接散布、土と混合するなどがあり、マイクロプラスチックは、ゲル状となる事で、団粒を形成し、そのまま土壤中にとどまる。

従って、土壤保水剤の場合、製造工程と使用・施工後を考える必要がある。製造工程については、これまでの場合と同様、メーカーからの運搬、製造となる。

図 3.20 土壤保水剤の製造フロー・漏出可能性概略図



○漏出1：運搬工程

- ・運搬：サイロからフレコン、紙袋、ローリー等への詰め込み時、運搬時の非意図的な包装袋の破れ等による漏出の可能性が存在する。
- ・受入（保管）：原料ペレットの受入（保管）は、ローリーでは、搬送用のホース等を使用するが、その接続の際に、その他の場合も運搬時の非意図的な包装袋の破れ等で、漏出の可能性が存在する。
- ・保管：フレコン、紙袋等で保管の際、容器の劣化などで、袋が破れ漏出する可能性がある。

○漏出2：マイクロプラスチック投入・設備清掃工程

- ・投入：原料ペレットの投入は、直接、ローリーからホース等を接続・搬送、フレコンバッグからホッパーへ投入などがあるが、その際に漏出の可能性が存在する。
- ・設備清掃：設備清掃に際しては、一般的に設備を開放状態で行うことになり、その際の漏出の可能性が存在する。

○漏出3：最終ユーザ（施工者）使用

- ・使用者の手に渡り、環境中（土壌）で使用される。

■対策・コメント：漏出1、2への対処として、各社における樹脂ペレット漏出マニュアルを整備することが考えられる。漏出3について、環境中での分解性など不明瞭な点が見受けられる。

3. 4. 11 その他

(1) アンチブロッキング剤

アンチブロッキング剤としてのマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され 2 次加工メーカーであるプラスチックフィルム製造メーカーにおいて、フィルム原料と混練され、フィルム造時に一体化し、フィルムとなる。漏出の可能性は樹脂メーカーからの運搬（漏出 1）とフィルム原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出 2）が考えられる。製品として出荷されたのち、使用後にフィルムと一緒に廃棄物として回収される。

(2) ポリマーセメント

ポリマーセメント添加剤としてのマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・搬出され 2 次加工メーカーであるセメントメーカーにおいて、セメント原料と混練される。その混練されたポリマーセメントは、ユーザである施工業者に運搬され、製品出荷後の施工段階で、水を加え、ミキサーにて攪拌することとなる。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出 1）とセメント原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出 2）が考えられる。さらに、施工時のミキサー投入時（漏出 3）が考えられる。

(3) 接着剤

接着剤としては、熱硬化型等、様々な種類が存在するが、反応することで、硬化・一体化する。添加剤としてのマイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・搬出され 2 次加工メーカーである接着剤メーカーにおいて、接着剤原料と混練される。その後は、接着剤として出荷され使用される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出 1）と接着剤原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出 2）が考えられる。

(4) CFRP 添加剤

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され 2 次加工メーカーである CFRP 施工工場で、マイクロプラスチックを添加剤として CF プリプレグの表面にまぶし、エポキシ樹脂を含浸し、積層する。部品として、樹脂成分は一体化するため、製品廃棄時に同時に処分される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出 1）と CF プレプレグへのマイクロプラスチック添加時、設備清掃時（漏出 2）が考えられる。

(5) FRP 用低収縮剤

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され 2 次加工メーカーである FRP 施工工場で、マイクロプラスチックはマトリックスとなるポリマーに添加して使用される。そして、硬化剤等により、マトリックスポリマーと一体化し、製品廃棄時に処分される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出 1）とマトリックスポリマ原料へのマイクロ

プラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。

（６）自動車内装材

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され２次加工メーカーであるスラッシュ成形施工工場でマイクロプラスチックは溶解し、自動車に内装部品となる。また、製品として出荷されたのち、最終的には廃棄物として回収される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出１）とスラッシュ成形機へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。

（７）トナー添加剤

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され２次加工メーカーであるトナー工場で、トナー原料として、顔料等と混ぜ合わされ各印刷機用にカートリッジ詰めされ、出荷される。そして、トナーは印刷時に静電気力と、その後の加熱で紙表面に定着される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出１）とトナー原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。また、ユーザによりトナーカートリッジは取り付け、取り外されるため、この時も漏出が考えられる。（漏出３）

（８）塗工紙用

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され２次加工メーカーである塗工紙添加剤工場で、塗工紙添加剤に加工される。塗工紙添加剤は液状で出荷される。塗工紙添加剤はユーザである製紙工場で、紙に塗布され、塗膜形成によって防水性などが発現する。使用済の紙は最終的には再生利用・廃棄物として処分される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出１）と塗工紙添加剤原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。

（９）インク

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され２次加工メーカーであるインク工場で、インク添加剤に加工される。製品としては液体状態であり、使用に際しては紙繊維に浸透・固定される。上記の塗工用紙と同様に最終的には再生利用・廃棄物として処分される。漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出１）と塗工紙添加剤原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。

（１０１０）ギャップ制御材料

マイクロプラスチックは、樹脂メーカーから出荷・運搬され２次加工メーカーである電子機器工場で、各部品間のギャップを所定値に維持するために使用される。したがって、粒子形態をとどめるものの製品・内部に保持され続ける。最終的には、廃棄物として回収される。

漏出の可能性は、樹脂メーカーからの運搬（漏出１）と塗工紙添加剤原料へのマイクロプラスチック投入時、設備清掃時（漏出２）が考えられる。

3. 5 規制動向

3. 5. 1 海外規制動向

2014 年以降、欧米各国から水で洗い流す化粧品に含まれるマイクロプラスチックの使用禁止に関わる規制の動きが見られる。規制では具体的な製造禁止、販売禁止のスケジュールが示されている国もある。

(1) 米国

- 2014 年 6 月 9 日にイリノイ州で 2017 年 12 月 31 日からマイクロプラスチックを含むパーソナルケア製品の製造を禁止する法律が成立した。2018 年 12 月 31 日から上記の製品の販売も禁止となる。この法律により、店頭薬に対しては、マイクロプラスチックを含む製品の製造は 2018 年 12 月 31 日までに禁止となり、その販売は 2019 年 12 月 31 日までに禁止される。

http://www.tuv.com/jp/japan/about_us_jp/regulations_and_standard_updates_jp/latest_regulations_2/latest_regulations_content_214102.html

- 2015 年 10 月 8 日にカルフォルニア州はプラスチックビーズを禁止した。この法律は代替品として、他の同様の規制では許容されている生分解性マイクロビーズも禁止する。この段階でコロラド、イリノイ、メイン、メリーランドおよびニュージャージーの 6 州でマイクロビーズを禁止する法律が成立している。

https://www.nytimes.com/2015/10/09/business/california-bans-plastic-microbeads.html?_r=0

- The Microbead-Free waters act of 2015（マイクロビーズ除去海域法）が 2015 年 12 月 28 日に、米国で成立した。

5mm 未満のサイズの固形プラスチック微粒子をプラスチックマイクロビーズと定義し、プラスチックマイクロビーズを含む水で洗い流せる化粧品（練り歯磨きを含む）を禁止する。

2017 年 7 月 1 日より製造禁止、2018 年 7 月 1 日より販売方箋なしで購入可能な製品は、2018 年 7 月 1 日の製造禁止、2019 年 7 月 1 日の販売禁止される。

<http://www.ecowatch.com/victory-obama-signs-bill-banning-plastic-microbeads-1882138882.html>

(2) 欧州

2015 年 1 月に、オランダ、オーストリア、ルクセンブルグ、ベルギー、スウェーデンはパーソナルケア製品に使用されるマイクロビーズの禁止を求める共同声明を発表した。この声明は、製品中、特に化粧品や洗剤のマイクロプラスチックを廃止することは極めて優先度が高いとして EU 加盟 28 か国の環境大臣に提出された。

<http://www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp>

(3) 英国

2016年9月3日にイギリス政府は、化粧品や洗浄剤などへのプラスチック微粒子「マイクロビーズ」の使用を2017年末までの間に禁止する政策を発表した。

<http://www.bbc.com/news/uk-37263087>

(4) フランス

2016年10月にフランスはマイクロビーズを含んだ水で洗い流す化粧品の2018年の1月1にまでに禁止することを欧州委員会に通知した。

<https://chemicalwatch.com/50368/france-to-ban-microplastics-in-some-cosmetics-products>

(5) カナダ

カナダ政府は2016年11月にプラスチックマイクロビーズを含むシャワージェル、練り歯磨き、洗顔スクラブの製造・輸入の禁止を2018年7月1日から行うことを発表した。販売の禁止は6か月後に行われる。

<https://www.thestar.com/news/canada/2016/11/04/canadian-government-moves-to-ban-plastic-microbeads-in-toiletries-by-july-2018.html>

(6) オーストラリア

ニューサウスウェールズ州およびオーストラリア政府はパーソナルケア、化粧品および洗浄剤のマイクロビーズの段階的廃止を自発的に行うことを産業界勧める。2016年2月29日に環境大臣は2017年7月1日までに自発的段階的廃止ができない場合には、廃止法を実行する手続きに入ることを発表した。

<http://www.epa.nsw.gov.au/resources/waste/plastic-microbeads-160306.pdf>

3. 5. 2 業界自主規制

(1) 日本

1992年に日本では、通商産業省（現経済産業省）の監修により、「樹脂ペレット漏出防止マニュアル」が作成された。関連団体である日本プラスチック工業連盟、石油化学工業協会、塩化ビニル工業協会、日本ビニル工業会、社団法人プラスチック処理促進協会、日本プラスチック機械工業会に対し、海域、河川、湖沼へのプラスチックの漏出に対し注意喚起、マニュアルの周知徹底、実行が開始された。

http://www.jpif.gr.jp/9kankyo/conts/gl_roboshi2_c.htm

2016年3月、日本化粧品工業連合会が会員企業に対し、洗い流しのスクラブ製品におけるマイクロビーズの自主規制を促した。

以下に自主規制の例を示す。

《花王グループ》

『花王グループの日本で販売している「ビオレ」「メンズビオレ」の洗顔料、全身洗浄料に使用しているスクラブ剤は、天然由来の成分（セルロース、コーンスターチ）を使用して花王が開発したものです。また、歯磨きの「クリアクリーン」の顆粒も、天然由来の成分で、いずれも、マイクロプラスチックビーズには該当しません。
(http://www.kao.com/jp/corp_csr/eco_activities_01_08.html)』

《資生堂》

『マイクロビーズは洗浄料などに使われる小さなプラスチックの粒です。当社が使用しているマイクロビーズは人体にきわめて安全性が高い原料です。
一部の消費者が洗浄料などに含まれるマイクロビーズの環境面への懸念をしていることを十分考慮し、2014年4月より開発した新しい洗浄料ではマイクロビーズを配合していません。(<https://www.shiseidogroup.jp/csr/env/management.html>)』

（２）欧州

EU化粧品工業会は2020年までにマイクロビーズを段階的に廃止するように勧告している。

プラスチック廃棄物やその環境影響に対する近年のEU規制や国連からの報告書が出されている事を考慮し、10月21日にEU化粧品工業会（Cosmetics Europe;CE）は会員企業に対し、リンスオフパーソナルケア製品に合成された非生分解性プラスチックマイクロビーズを使用する事を2020年までに廃止するように求めた。

The Rose Sheet 文書番号 02151026004 2015年10月21日

3. 5. 3 環境への影響に対する現状認識

海岸に漂着したマイクロプラスチックはその大半が、比重が1より小さいポリエチレンやポリプロピレン、発泡スチロール由来のポリスチレン等といわれている。である。水より比重が小さいこれらのマイクロプラスチックは海洋中を浮遊し、広く拡散されることが予想される。マイクロプラスチックは、浮遊や拡散される間にプランクトンによる取込みや種々の海洋性生物による摂食が行われる可能性がある。

ポリエチレンやポリプロピレンなどよりなるマイクロプラスチックそのものの毒性は極めて小さいものの、海岸に漂着されたマイクロプラスチックからはPCBなどの化学物質がng/gの単位で吸着されていることが一部で確認されており、しかも、その濃度は周辺海水中の10万倍から100万倍と濃縮されているケースもある。

仮にこれら化学物質が付着したマイクロプラスチックを摂取したとしても、マイクロプラスチック自体は高分子のため、人体に吸収等されることなくそのまま排泄されるが、一方で、一部においては、マイクロプラスチックに吸着されている化学物質が人体へ移行し

て体内に蓄積される可能性を指摘されている。

一例として、一部の海鳥で、胃内に存在するストマックオイルという油分に富む消化液によりマイクロプラスチックに付着している化学物質等の溶出により、当該海鳥の生物組織中への移行が室内溶出実験により確認されているケースもある。

4. まとめ

4. 1 本調査の成果

現時点の日本で使用されている 1 次マクロプラスチックの現状を調査し、各用途、形状・材質、環境への漏出の可能性について整理した。

原料プラスチックは、ペレットとして各産業に供給され、流通量が最も多いが、1993 年に日本プラスチック工業連盟を始めとするプラスチック関係諸団体がまとめた「樹脂ペレット漏出防止マニュアル」がある。各社はこのマニュアルに準拠し、樹脂製造設備、樹脂の輸送/保管、成型加工設備、研究および試験設備、機械製造/金型製造、再生加工（単純再生）/着色、複合再生、廃プラスチック処理の各段階で処理を行っている。

このマニュアルを元に 2 次加工メーカーでも、紙袋、フレコン、ローリー車による受け入れ、成型加工や混練装置への投入時にペレットをこぼさない、こぼした際は速やかに乾式で清掃し、回収する等のこぼれ対策が行われている。

マイクロプラスチックとして、使用する場合でも、2 次加工メーカー内では、マニュアルによって管理されている。装置への投入部に集塵機が配置されていたり、排水に対しては、凝集剤で処理を行う等の追加的な処置が行われ、漏出を防ごうとしている例もある。ショットブラストは、マイクロプラスチックを投射剤として、そのまま使用する例であるが、密閉された空間で処理され、集塵機によるリサイクルが行われ、消耗した投射剤は産廃処理されることになっている。

今回の調査では、使用後の廃棄段階までを調査範囲としたが、製品の部品に適用される場合は、例えば電気製品に含まれる光拡散剤や電気二重層キャパシタ電極は、製品廃棄時に家電リサイクル法等で適正に処分される。また、機械部品である摺動部品は、家電リサイクル法、自動車リサイクル法等で処分され、医薬品は、医療廃棄物として処分される。

衛生用品としての、高吸水樹脂は一般ごみとして、焼却処分される。

塗料に対しては、屋外使用では劣化による剥離が生じ、膜として環境に拡散する可能性がある。塗装のメンテナンス時にはブラスト法では剥離と同時に回収する機器・手段が開発されている。また、化学的に剥離剤を使用する方法もあり、こちらは除去塗膜の拡散を防ぎやすくなる。

土壌保水材については、高吸水性樹脂であることから、衛生用途と同類のマイクロプラスチックが使用されるが、自然環境中で使用される点が異なる。

化粧品類のスクラブピーズでは、水で洗い流すことで環境に漏出する可能性が指摘され、自主規制等で使用量が削減される見通しである。

1 次マイクロプラスチックとして、環境に漏出する可能性としては、工場間の搬送と工場内の処理に伴う場合が、一般に考えられるがマニュアル化され管理されている。

さまざまな用途の 1 次プラスチックが使用されているが、使用後に焼却処分になるものが多い。

4. 2 今後の課題

(1) 1次マイクロプラスチックの環境中への漏出の可能性の一つとして、製造工程にかかる原料運搬や原料投入、清掃時等に環境への漏出の可能性が懸念される。これら対策としては、各社による樹脂ペレットの漏出防止に関するマニュアル等を整備し、具体的取り組みを行うことで、マイクロプラスチックの排出削減を期待することができる。一部業界による自主的取り組みに加え、関係する業界全体に、これら取り組みを広げていくことが重要である。

(2) 土壌保水材については、その用途から土中等の環境における使用が求められることから、係る対策としては、生分解性プラスチックへの代替や、土中にとどまり続けるための二次的対策等が考えられる。生分解性プラスチックに関しては、一部の製品において上市されているものの、広く一般に使用されるためには、コスト面や繰り返し使用する場合の吸・放水性能、肥料成分の保持性能といった技術面等における更なる検討も必要である。

(3) 洗顔用のマイクロプラスチック（スクラブビーズ）は、他の製品と比べて、業界における自主規制や代替材への置き換えが進んでいる。今後もこれら取り組みを進めるとともに、輸入品における使用実態や、下水処理後の環境への漏出状況について、更なる実態調査の余地が残されている。

(4) プラスチック製品とマイクロプラスチックとの因果関係、化学物質の付着原理、有害物質と食物連鎖との関係や係る生物への影響等について、必ずしも科学的に明らかになっていない部分が多く、一つ一つの課題に対し、科学的なアプローチからそれらの因果関係を整理する必要がある。