

プラスチック資源循環に資する リスクベースの再生プラスチック等級の設定と その適用に関する検討

研究代表者 小野 恭子¹

共同研究者 蒲生 昌志^{1,2}、小倉 勇¹、篠原 直秀¹、小島 直也¹

¹:産業技術総合研究所, ²:日立-産総研サーキュラーエコノミー
連携研究ラボ

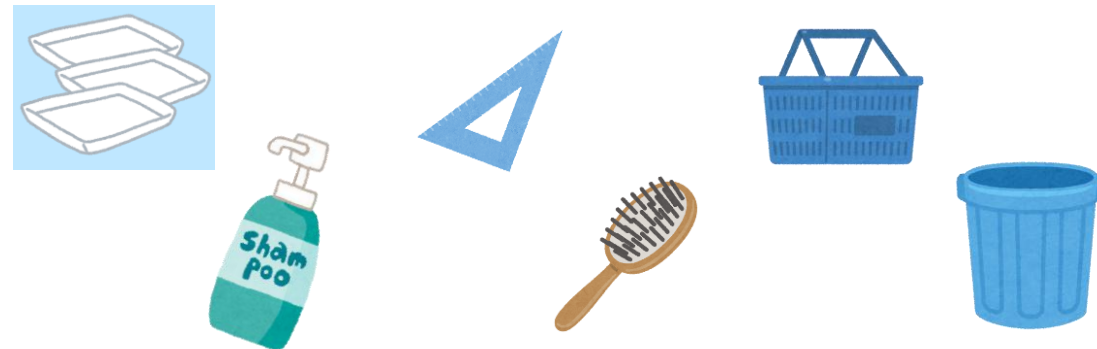
INSTITUTE OF
ADVANCED
INDUSTRIAL
SCIENCE &
TECHNOLOGY

現在、プラスチックの資源循環と汚染防止といった観点から、プラスチックリサイクルの促進の重要性が高まっている。一方で、**再生プラスチックは、使用済みのプラスチックや工程からの端材など多様な廃プラスチックを原料として作られるため、含有する化学物質を適切にリスク評価することは容易ではない。**しかし、そのようなリスクが適切に評価・管理されなければ、**プラスチックの資源循環は限定的なものにとどまる恐れ**が高い。再生プラスチック使用製品が不必要に忌避されたり、過剰な安全性への要求から一部のプラスチックしか再生利用されないといった事態が生じたりする可能性があるからである。

本研究は、プラスチックのリサイクル・資源循環のサプライチェーンへのリスク評価・管理の実装に資する、**廃プラスチックおよび再生プラスチックに関するリスクベースの等級設定の考え方**を開発することを目的とするものである。ここでは、再生プラスチックに含まれる化学物質のリスク評価の枠組みを補完する形で、再生プラスチックの**リスクベース等級判定の方法についての考え方**を開発し、再生プラスチックおよび回収廃プラスチックについて**等級設定を試行的に行う**。

再生プラスチックの等級は、消費者への暴露がありうる用途への適用を想定する。**たとえば、**

- A：食品包装（相当）容器に使用可能
- B：シャンプーボトル等に使用可能
- C：日用品、雑貨に使用可能（文具、買い物かごなど）
- D：ほとんど人に接触しない用途（植木鉢など）に使用可能



- A等級の再生プラスチックを求める**用途**は、含有される化学物質への暴露が大きくなる可能性が見込まれるため、含有される化学物質の有害性が低い&含有濃度が低い&溶出が少ないといったことが求められる。
- D等級で十分な用途では、含有される化学物質への暴露がそれほどでもないため、リスクレベルの観点から、含有濃度や溶出の程度が低ければ少々有害性のある化学物質が含まれていても構わないと考えることができる。

ある再生プラスチックをある用途に用いる場合の、含有される化学物質のリスクについて、
リスクの大きさを、リスク評価におけるハザード比に相当する量、

$C \times L \times M \times E / T$ で表すものとする。

ここで、C：再生プラスチックペレット中濃度、L：溶出特性、M：暴露媒体特性、
E：暴露係数、T：暴露上限値。

ハザード比の大きさを等級に対応させて考えることが妥当であれば、
たとえば、以下の範囲をある1つの等級に設定する。

$$G_L < \sum (C_i \times L_i \times M \times E / T_i) < G_U \quad \dots \quad (\text{式1})$$

ここで、i：含有化学物質の種類。

ハザード比が G_U を超えないことでリスク懸念なしとされ、
ハザード比が G_L を下回らないことで 過剰な安全性要求でないと判断される。

物質に依存する部分と、用途に依存する部分とを分けるため、（式1）を変形して

$$G_L / (M \times E) < \sum (C_i \times L_i / T_i) < G_U / (M \times E) \quad \dots \quad (\text{式2})$$

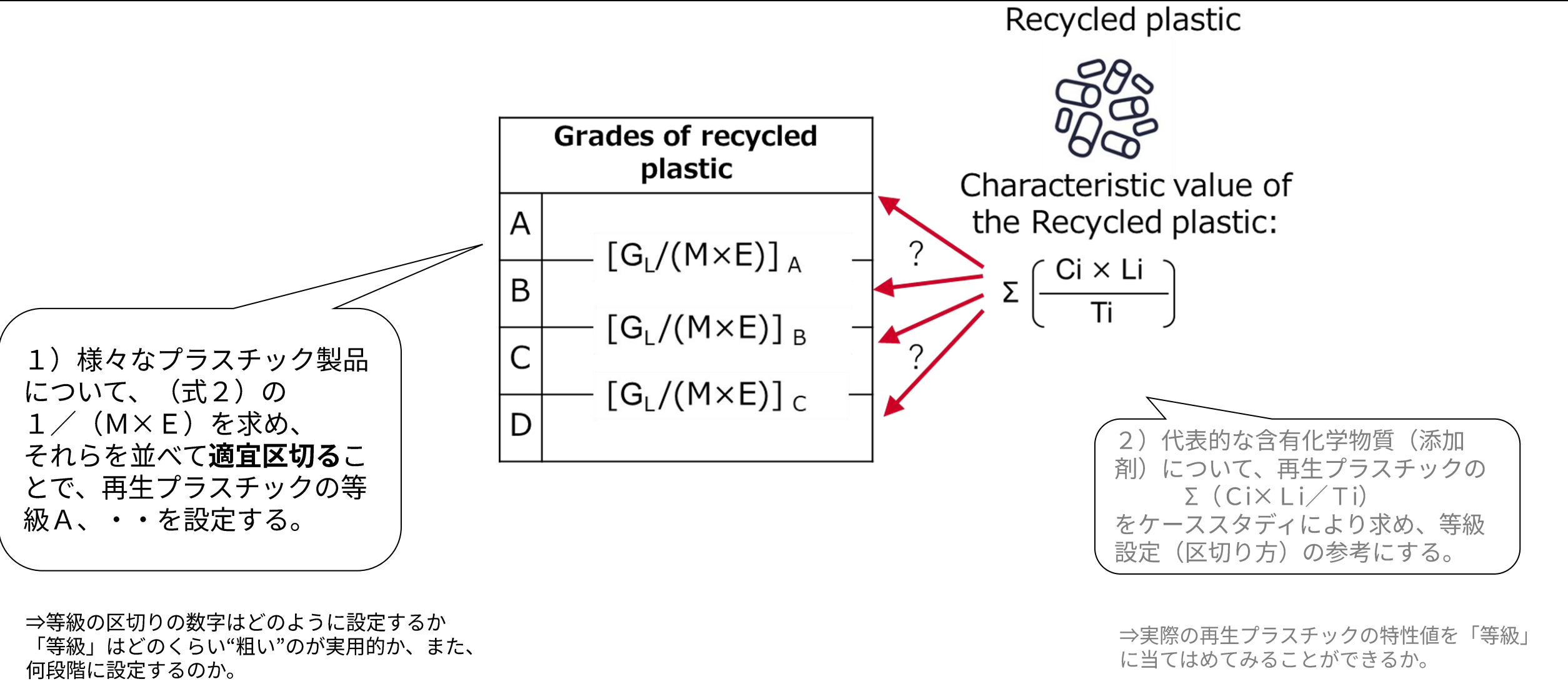


図 再生プラスチックの等級設定のための検討事項

等級の「区切り」設定

- 再生プラスチックの用途5種類について暴露シナリオを設定するとともに、暴露量を推定するためのパラメータを収集・整理した。
 - 食品容器（惣菜容器を想定）
 - シャンプーボトル内装材
 - 文具（ボールペンなどの筆記具）
 - 衣類（肌着）
 - 家庭の屋外で使用されるプラ製品（植木鉢）

- 保守的な暴露量見積りの仮定
 - 再生プラスチックと容器内容物や皮膚などの媒体が接触する面においては、プラスチック表面から一定の距離に存在する化学物質（添加剤等）が時間にかかわらず全量溶出

等級の「区切り」設定検討に用いた プラスチック製品5用途における移行量・暴露量の仮計算ためのパラメータ

	化学物質の移行経路	樹脂からの溶出・移行	ヒトへの移行、暴露	頻度等	体重	暴露ポテンシャル ※
食品容器（樹脂PS）	PS内層 → 容器 → 食品 → 摂食	化学物質の分子量、Kow、食品と容器の連続接触時間・温度 食品と容器の接触面積	※移行した化学物質を全量摂食すると仮定 消化管の吸収係数	食事頻度	成人、小児	高
シャンプーボトル（PP）	PP内層 → 容器 → シャンプー（リンスオフ） → 皮膚（頭皮）	化学物質の分子量、Kow、シャンプーと容器の連続接触時間・温度 シャンプーと容器の接触面積 容器中の媒体（シャンプー）量 ※濃度がシャンプー量に依りて希釈されると設定	1回あたりのシャンプー使用量 リンスオフによる残留率 頭皮面積 皮膚への移行係数	1週間あたりのシャンプー回数	成人、小児	低
文具（ボールペンなどの筆記具、PP）	軸 → 皮膚（手のひら）	化学物質の分子量、Kow、製品と皮膚の連続接触時間・温度	手のひらの面積 皮膚への移行係数	1週間あたりの使用時間	小児	低
化繊の肌着（PET）	衣類 → 皮膚（上半身）	化学物質の分子量、Kow、製品と空気・皮膚の連続接触時間・温度	上半身の面積 皮膚への移行係数	1週間あたりの使用時間	成人、小児	中
植木鉢（PP）	植木鉢 → 皮膚（手のひら）	化学物質の分子量、Kow、製品と皮膚の連続接触時間・温度	手のひらの面積 皮膚への移行係数	1週間あたりの使用時間	成人、小児	低

※暴露ポテンシャル（プラスチック中の物質含有量のうち、どれだけの画分が暴露に寄与し得るかを示す量）は、化学物質の暴露量について、この5用途の中での相対的な高低を示しているものであり、リスク評価をするものではない。また、現在入手できる情報からの暫定的な判断結果であり、前提条件やパラメータの見直しにより変更がありうる。

等級の「区切り」設定に関する考察

- 用途を具体的に設定することで、樹脂の種類、接触媒体（固体/液体/気体、液体なら油性か酸性か等）を特定でき、移行量、暴露量の試算が可能となった。
- 表に示した用途では、暴露ポテンシャル（プラスチック中の物質含有量のうち、どれだけの画分が暴露に寄与し得るかを示す量）が異なっていた。
- 使われ方（たとえば接触頻度など）のみが異なると仮定した場合において、最大～最小で3桁程度の差異があることが確認できた。
- 接触頻度などが異なる用途を適切に選定することで、等級の「区切り」を設定できる可能性がある。
- 今後、再生プラスチック試料を得られた「区切り」に試行的に当てはめ、その妥当性を確認する予定。試料について、産総研の別プロジェクトで実測したものの活用も検討する。

等級の「区切り」設定方法に関する課題

- 経皮暴露に関する移行係数および吸収率について、実測値が限られていた
→ 今後、適切なモデルを用いて暴露量推定を行い、同時に不確実性を明示する方法を検討する。
- 溶出特性（揮発性、透過性、移行性、吸着性など）を、物質に依存する部分（式2のL）と用途に依存する部分（式2のM）とに分離できると等級設定が容易になると考えられるものの、現段階ではできていない
→ 今後、食品包装容器からの添加剤等の移行量の推定に用いられている既存のモデルの考え方を参考にし、溶出特性のうち用途から決まると考えられる部分（樹脂の種類による溶出しやすさの違い、および媒体の種類による違い；たとえば皮膚か液体か空気か、液体は脂溶性か水溶性か）の寄与を考察する。