

海岸を模擬したポリエチレンフィルムの細片化と それに要する時間の見積もり

令和4年度海洋プラスチックごみ学術シンポジウム

○栗間昭宏¹⁾, 大久保理恵¹⁾, 山本拳¹⁾,
井出陽一郎¹⁾, 磯辺篤彦²⁾

1)旭化成株式会社

2)九州大学 応用力学研究所

本日の発表

- 旭化成でのマイクロプラスチック研究の取組について
- 海岸を模擬したマイクロプラスチック生成メカニズムの解析
 - 劣化させたPEフィルムの作製と物性
 - 海岸を模擬した粉碎法と促進粉碎法
 - マイクロプラスチック生成に要する時間の見積もり

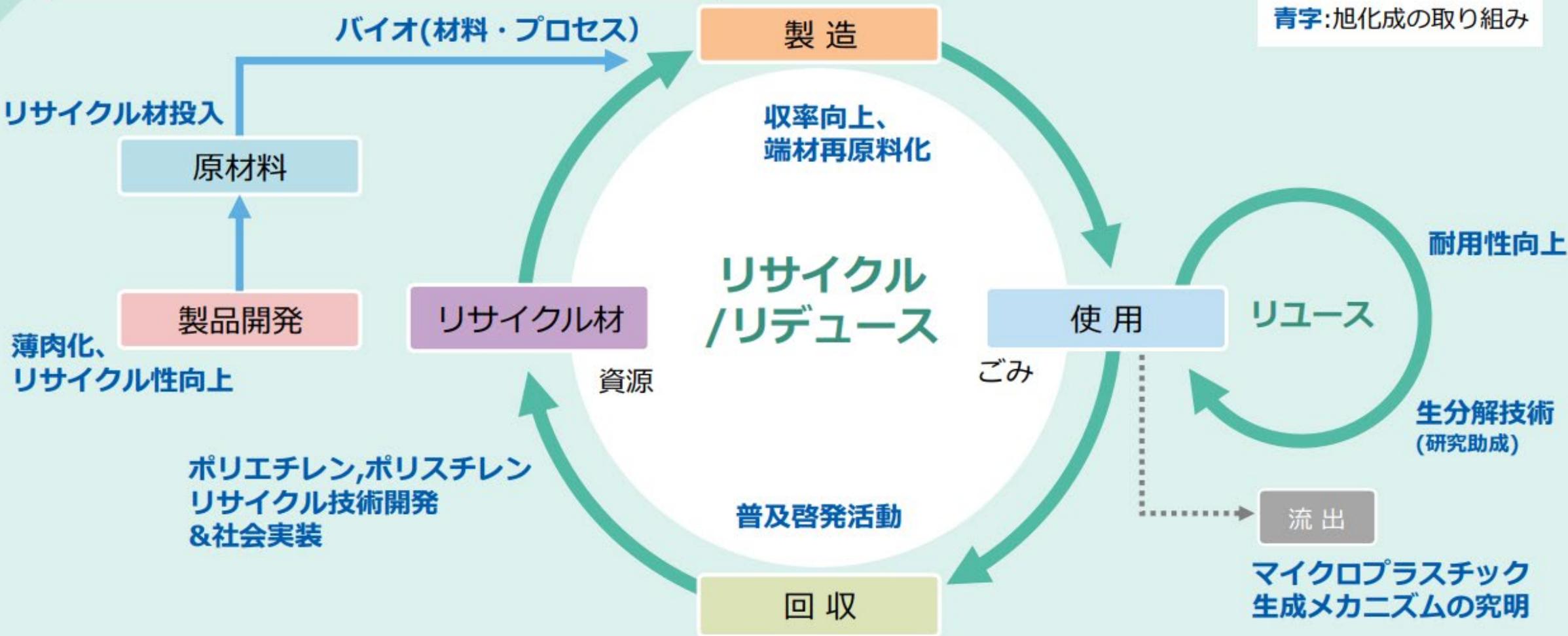
Circular Economy の実現に向けて

Circularのさまざまなポイントから3Rに取り組む

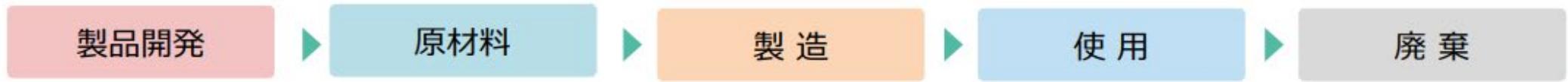
Life Material

資源循環

青字:旭化成の取り組み



【 Linear Economy 】



旭化成でのマイクロプラスチック(MPs)研究への取組



取組み①

【MPs生成メカニズム解明】

- ①どの要因で
- ②どのくらいの時間で
- ③どのくらいの大きさにプラスチックが細片化するのか？
(ラボ実験)

令和3年度
海洋プラスチックごみ学術シンポジウムにて発表

取組み②

【海洋から採取したMPs状態解析】

実サンプルの状態
(フィールドワーク+ラボ実験)

得られた知見を
全球シミュレーション¹⁾へ反映

1) Isobe, A., S. Iwasaki, K. Uchida, and T. Tokai, *Nature Communications*, **10**, 417, 2019

MPs生成メカニズムの解析

知りたいこと

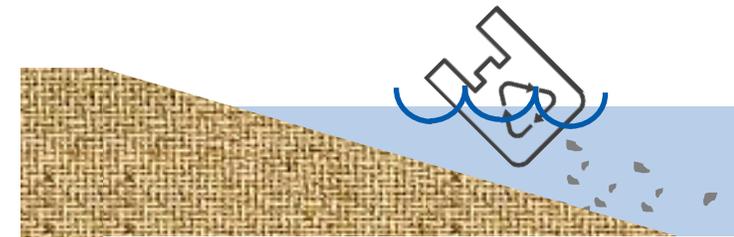
MPs生成が

- ①どの要因で
- ②どのくらいの時間で
- ③どのくらいの大きさに

生じるのか？

MPs生成モデル

- 劣化したポリエチレンフィルム
- 海岸での粉砕



実験

ポリエチレン(PE)フィルム

レジ袋相当 厚み20 μm

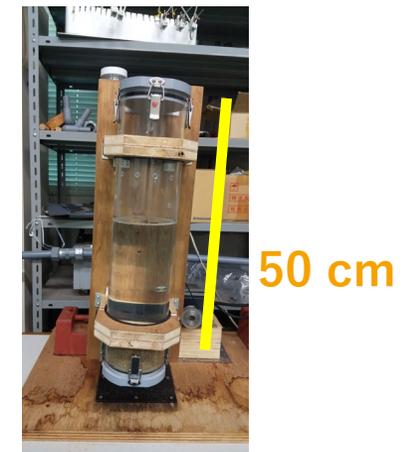
劣化方法

- キセノンウェザーメータによる促進劣化
- 屋外実暴による劣化（促進劣化品を実暴期間を対応させるため）

海岸を模擬した粉砕方法

海砂と水による粉砕
対象：促進劣化品

太平洋側海岸平均波高：50 cm
波の周期：5秒



劣化したPEフィルムの作製

酸化による
カルボニル基の生成

劣化品の作製

屋外実暴品

実際に反映
ただし時間がかかる

- 日本ウェザリングセンター(宮古島海岸暴露場)
- 静岡県富士市(弊社建物屋上)

促進劣化品

実暴で得るのが難しい
長期間の劣化を見積もる

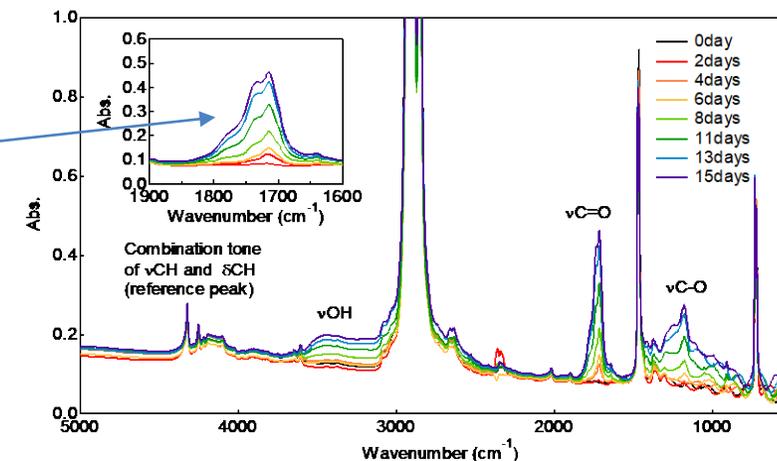
スガ試験機X75
温度：83℃



*

劣化の指標

カルボニル
インデックス(CI)



促進劣化品の 実暴日数換算

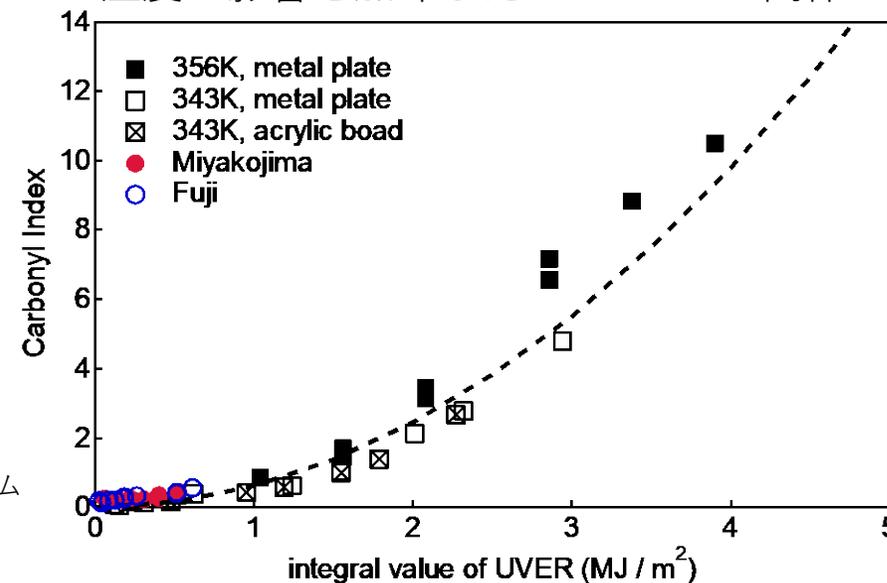
CIに対して

- 紅斑紫外線量
- 温度

を考慮することで
換算可能†

†令和3年度プラスチックごみ学術シンポジウム

温度の影響を加味したCIとUVERの関係



劣化PEフィルムのキャラクターゼーション

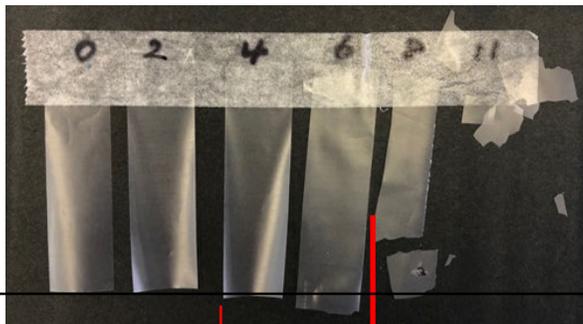
割れたときの荷重を測定



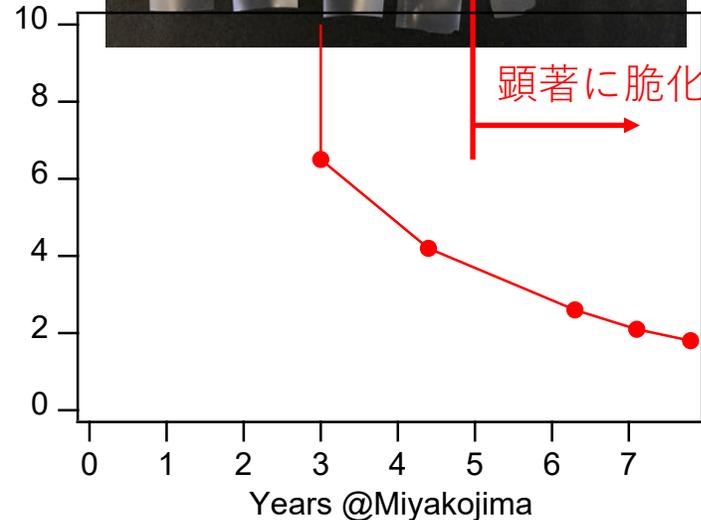
促進劣化品の観察

宮古島日照換算

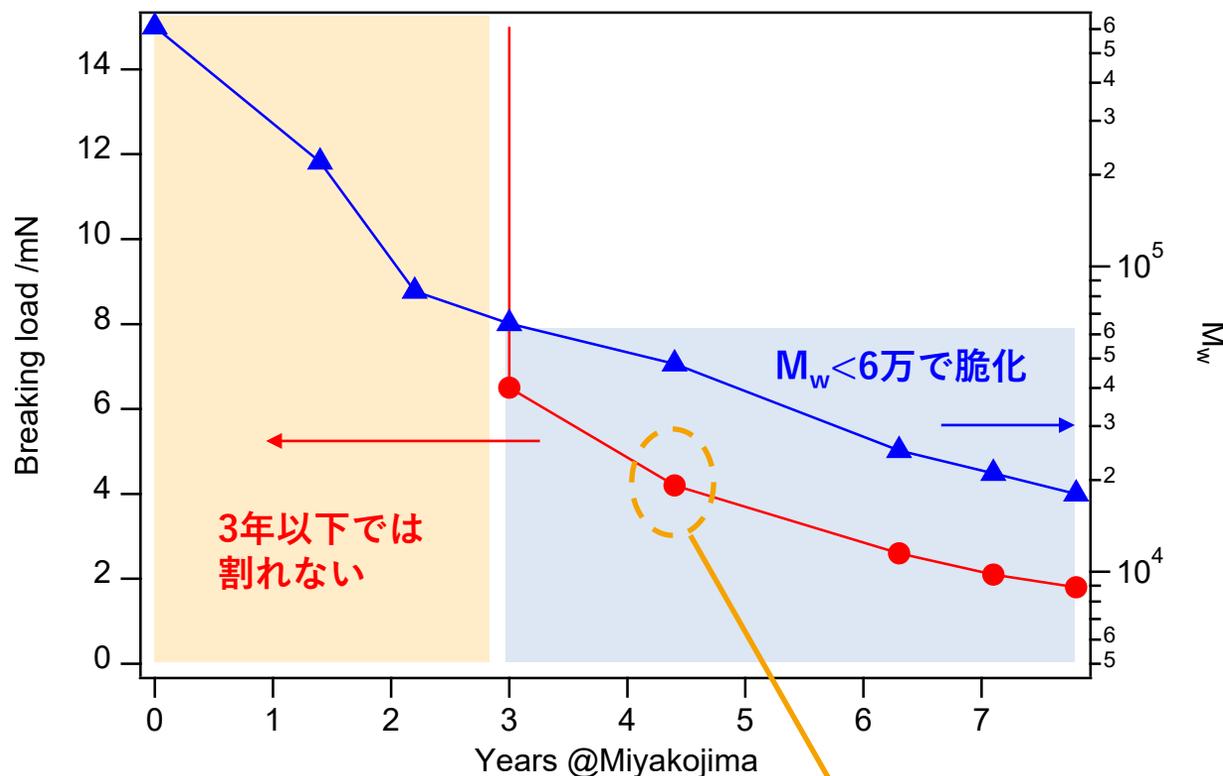
0 1.4 2.2 3.0 4.4 6.3 years



顕著に脆化



フィルムの割れやすさと分子量 (M_w) の関係



3年以下では割れない

$M_w < 6$ 万で脆化

割れやすい4年暴露品を使って粉碎のテストを行う

海岸を模擬した粉砕

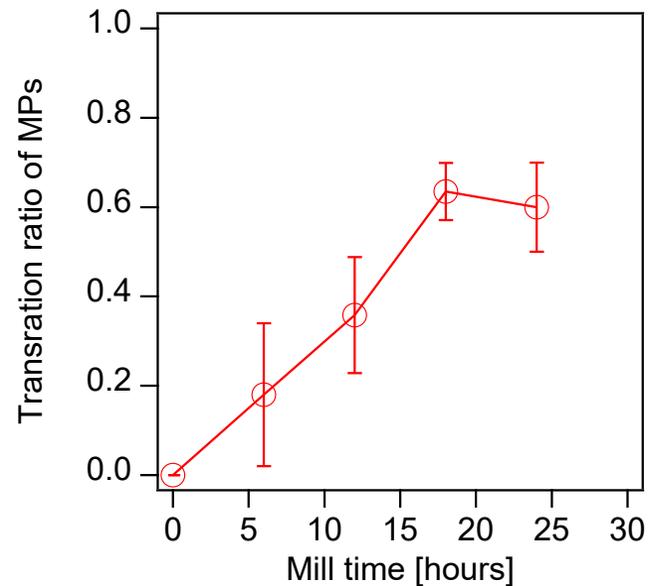
海岸における粉砕を 模擬した粉砕装置(模擬粉砕法)



- 福岡の海岸砂を1/3入れる
- 水の高さを1/2にする

- 1) 2 cm×2 cmのフィルムを投入
- 2) 所定の時間回転させる
- 3) 上澄みを採取、ろ過して1片ずつを回収
- 4) 1片ずつサイズを測定

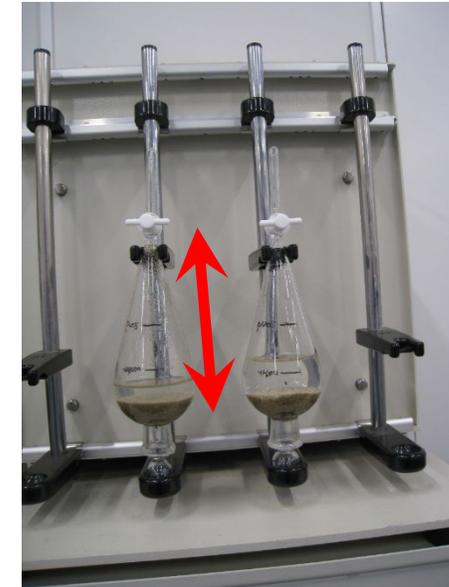
MPs生成比率と粉砕時間



課題

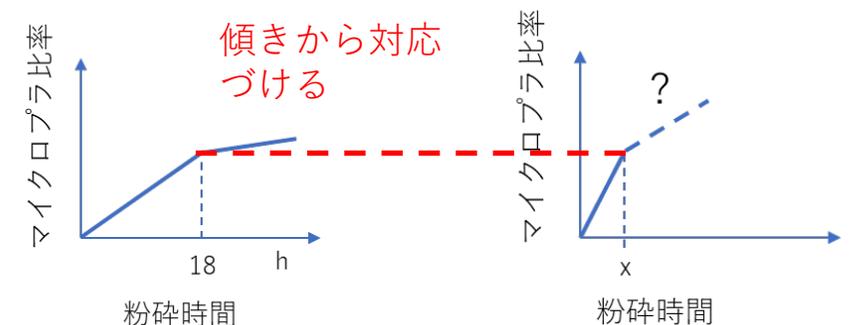
- 時間がかかり、粉砕が進まない
- 回収に労力がかかる

より簡便な 促進粉砕法の考案



- 分液漏斗に海砂と水を入れる
- 振とう機で上下に振動

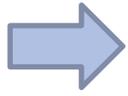
促進粉砕法と模擬粉砕法の対応



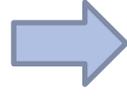
促進粉碎法を使った解析

促進粉碎法によるMPs比率の計算

振とう機による
粉碎



吸引ろ過
泥汚れ除去



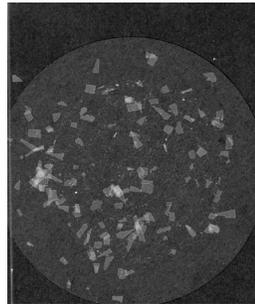
高解像度スキャナによる
サイズ計測



Image Jにより細片面積、最大長さを計算
最大長さが5 mm以下をMPsとする

2 cm × 2 cmフィルム
面積計測

細片化したフィルム



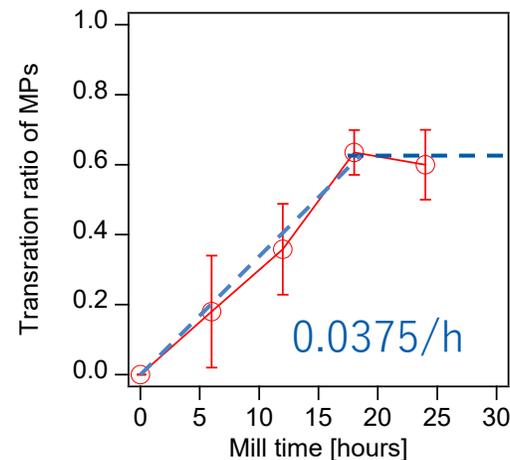
EPSON GT-980

最高光学解像度6400 dpi (8 μm)

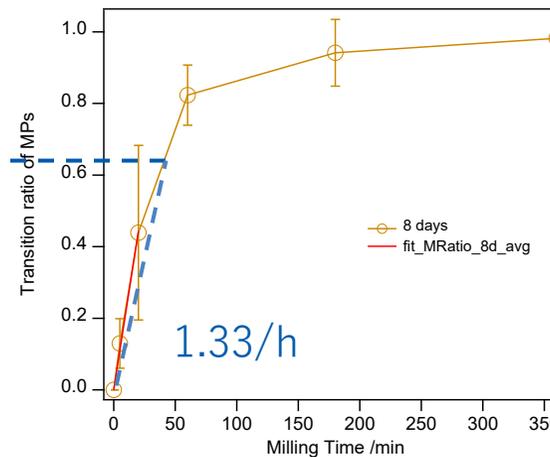
総面積から90%以上
回収を確認

促進粉碎法と模擬法の対応

模擬粉碎法



促進粉碎法

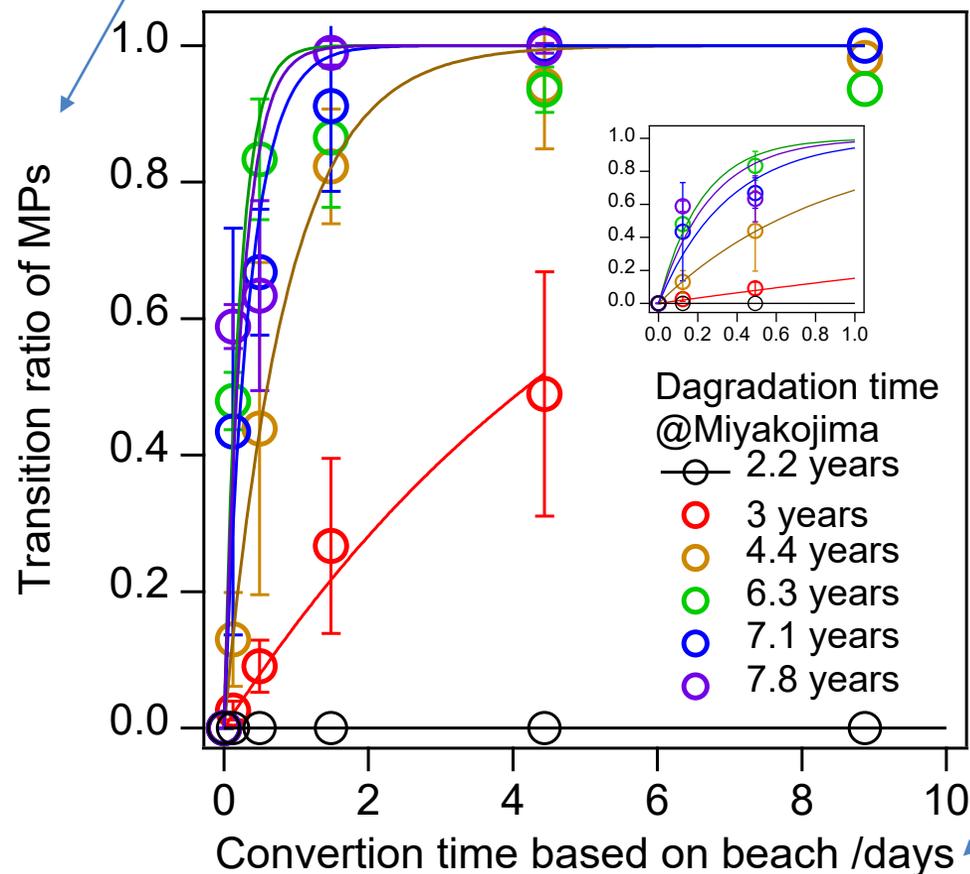


100%MPsに到達

MPs比率 < 0.7で換算
促進倍率35.5倍

劣化期間の異なるフィルムのMPs化挙動

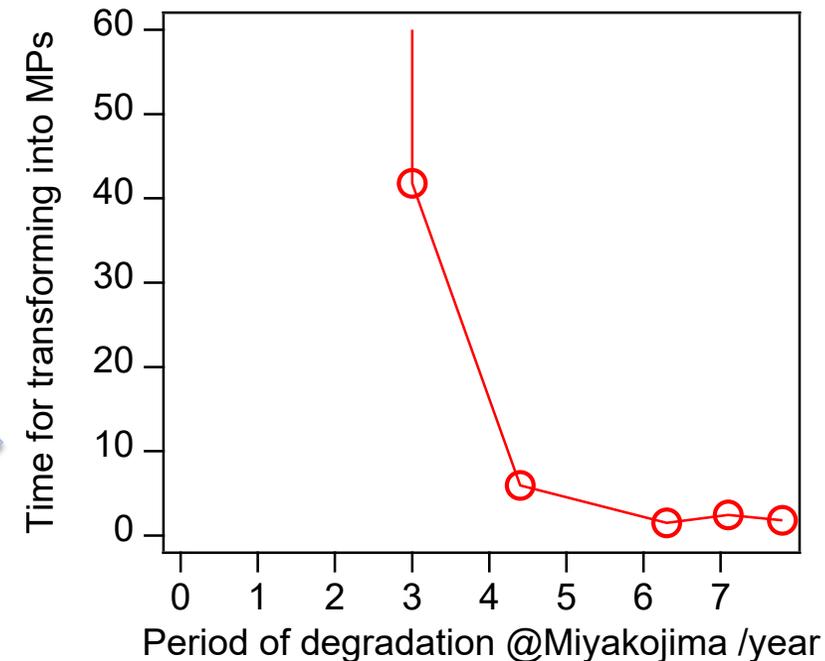
MPs (最長辺5 mm以下)に
なった面積比率



- 劣化期間2.2年以下では細片化しない
- 3年で細片化が始まる
- 4.4年以降で急速にMPs化が進む

($1 - \exp(-at)$)でfitting
99.9%MPsになるまでに要する
時間を算出

模擬粉砕法から計算される
粉砕時間



- 劣化期間3年ではすべてMPsになるのに40日程度要する
- それ以降では数日ですべてMPsになる

圧倒的に劣化期間が律速過程

まとめ

- 宮古島換算で数年劣化させたPEフィルムについて、海岸を模擬した粉碎方法でMPsになるまでの時間を見積もった
- 劣化期間2.2年以下のPEフィルムでは細片化は生じず、3年以上の劣化で細片化が生じた
- 4.4年以上劣化させたPEフィルムでは、2 cm四方のフィルムがすべてMPsに変化するのに要する時間は数日程度であり、劣化期間が圧倒的に律速であることがわかった

Creating for Tomorrow

昨日まで世界になかったものを。

私たち旭化成グループの使命。

それは、いつの時代でも世界の人びとが“いのち”を育み、
より豊かな“くらし”を実現できるよう、最善を尽くすこと。

創業以来変わらぬ人類貢献への想いを胸に、
次の時代へ大胆に答えていくために一。

私たちは、“昨日まで世界になかったものを”創造し続けます。

AsahiKASEI