



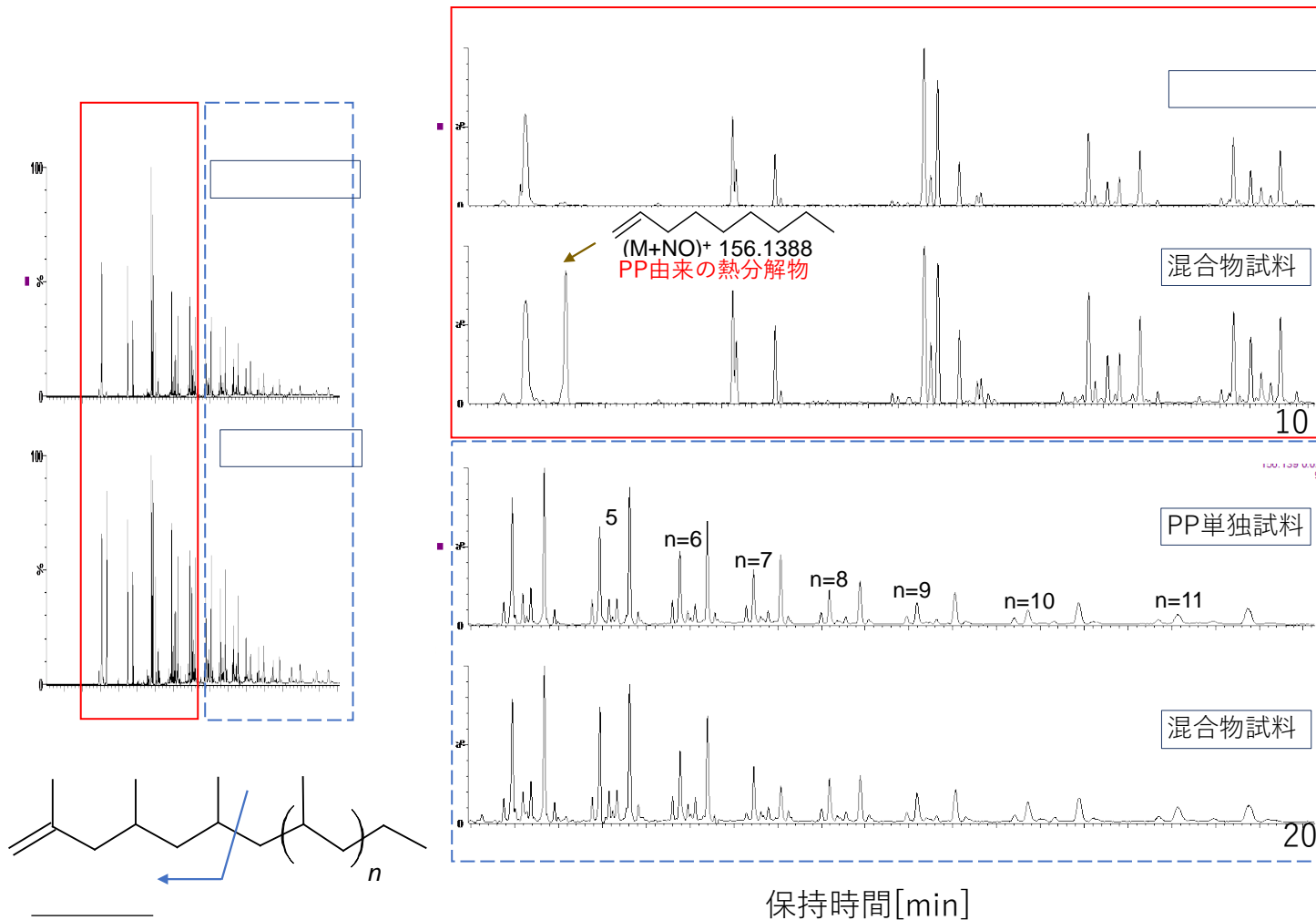
マイクロプラスチック生成機構の解明

【代表】 黒田真一（群馬大学）、栗山卓（山形大学）、
大谷肇（名古屋工業大学）、中谷久之（長崎大学）、
五十敏郎嵐（金沢大学）、比江嶋祐介（金沢大学）、
徳満勝久（滋賀県立大学）、河井貴彦（群馬大学）、
香西博明（関東学院大学）

本研究の目的

マイクロプラスチック（MP）問題は、これまで主に環境研究者や海洋研究者が取り上げて議論を展開しているが、プラスチックの研究者の関与は多くはなかった。本研究では、2次MPがどのようなプラスチック製品からどのようなメカニズムで生成するのかを、高分子科学・高分子工学の観点から明らかにすることを目的とする。

1. 熱分解分析法によるマイクロプラスチック 高感度分析手法の開発



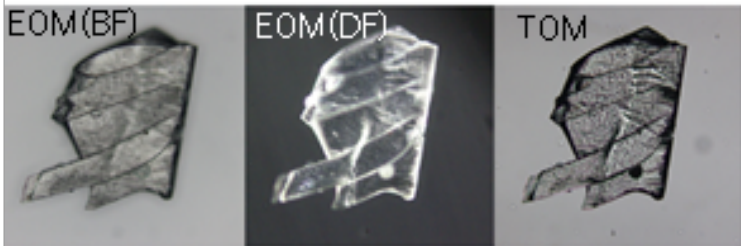
PP単独試料およびプラスチック混合物試料のPy-APGC-MS測定による m/z 156.1388 \pm 0.020の抽出イオンクロマトグラム

Py-APGC-MS測定により観測されるそれぞれの熱分解物に特徴的なイオンを高質量精度で抽出してイオンクロマトグラムを記録することにより、プラスチック混合物試料から個別の成分情報を引き出すことに成功した。

2. 2次マイクロプラスチックの形態分析

屋外暴露PP

Gifu outdoor exposure 12months #1 PP

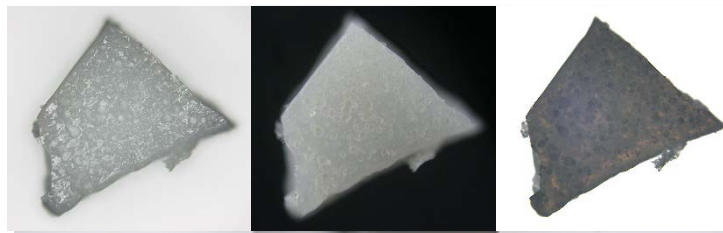


庄内浜回収PP



相模湾沖回収PP

EOM(BF) EOM(DF) TOM



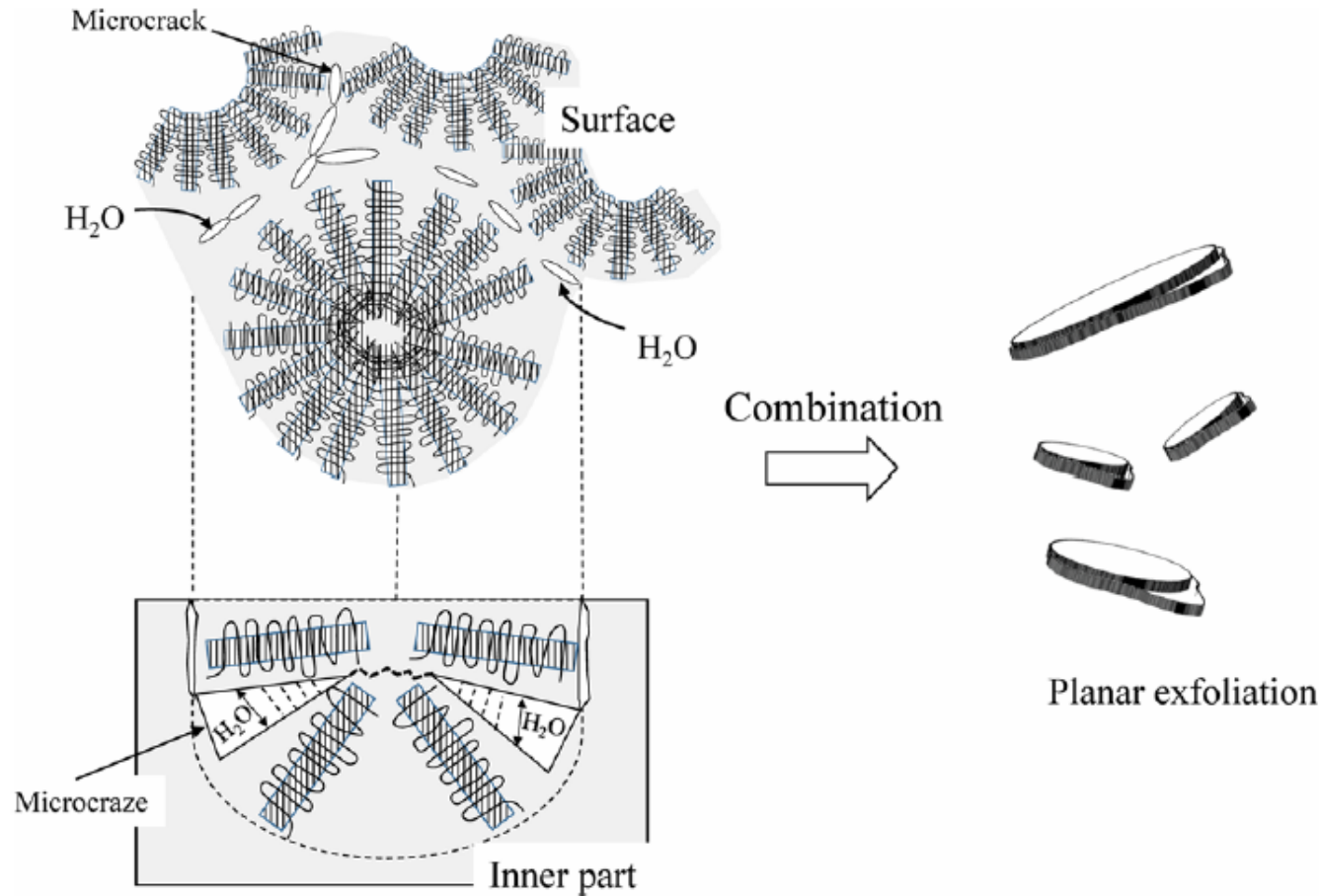
荒川回収PP



荒川下流域で回収されたMPと庄内浜の海岸で回収したMPは、光誘起酸化が優先する屋外暴露品に近い崩壊であるのに対し、九州大学磯部研より提供された相模湾沖の海洋中で回収されたMPには亀裂群が観察されなかった。

	屋外暴露	海岸	海洋
外観	片面にき裂 平行なき裂 光沢無し	両面にき裂状 同心円状のき裂 凹凸	裏表なし 平滑・光沢
赤外吸収 1750cm ⁻¹ 1640cm ⁻¹	○ ×	○ ○	○ ○
性状	ぜい性	延性	延性

3. 微生物腐食を考慮したマイクロプラスチック生成機構の解明

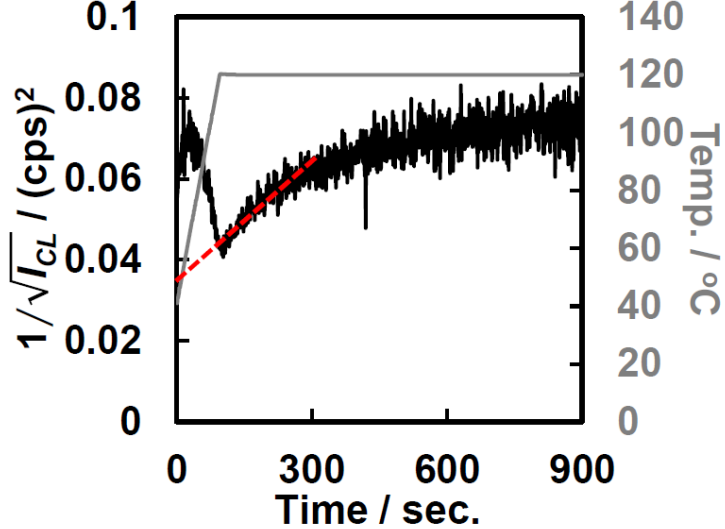


PP剥離部の生成メカニズム

光酸化劣化 (Abiotic) および微生物腐食 (Biotic) によるPPの親水化, それに伴う水の侵入による親水化部の解離により, 弱い力学的な刺激で容易に微細片の剥離 (Cutting) が生じるといふ複合的な劣化機構“ABC degradation”が明らかになった.

4. 化学発光分析を用いたマイクロプラスチック生成機構の解明

解析例 (HDPE光劣化7日間)

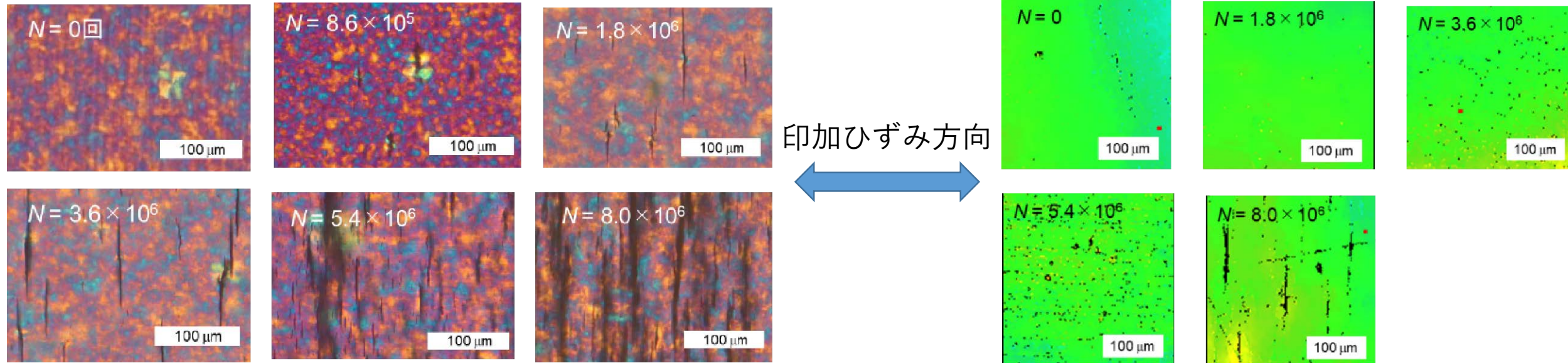


$$1/\sqrt{I_{CL}} = \sqrt{k_b} \times t + 1/\sqrt{k_b C_0}$$

	光劣化	海水劣化
HDPE	$\epsilon_b \cdot C_0$ いずれも僅かに変化	大きな変化はなし
PP	経時的に ϵ_b は減少, C_0 は増加	経時的に C_0 は増加
CPET	劣化1日後には脆性的に	経時的に ϵ_b は減少
PA66	経時的に ϵ_b は減少, C_0 は増加	劣化1日後に大きく減少
PLA	経時的に C_0 は増加	劣化3日後に C_0 は増加

HDPEおよびPPといったポリオレフィン系は疎水性ポリマーであるため、海水の存在によって、試料温度の上昇や酸素拡散が抑制されたため劣化が抑制される傾向が認められた。

5. 力学的作用に着目したマイクロプラスチック生成機構の解明

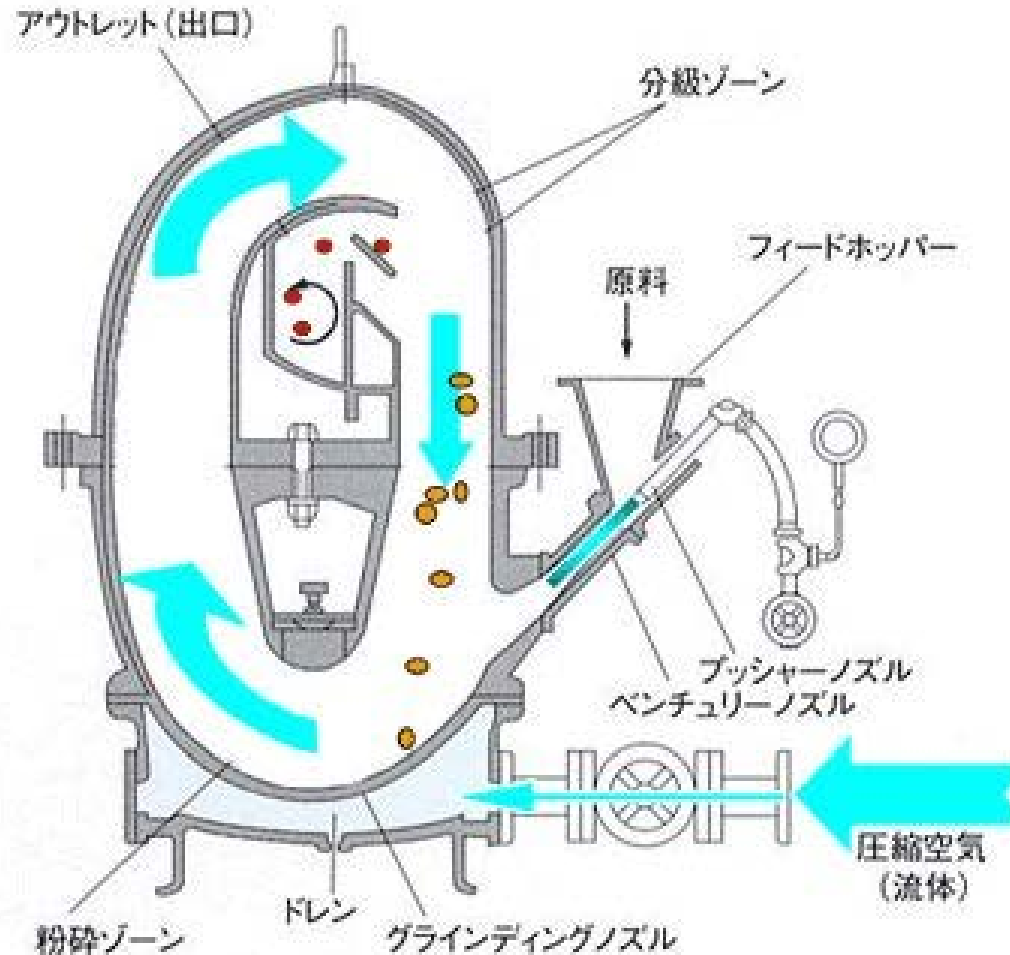


疲労損傷したiPPの偏光顕微鏡画像

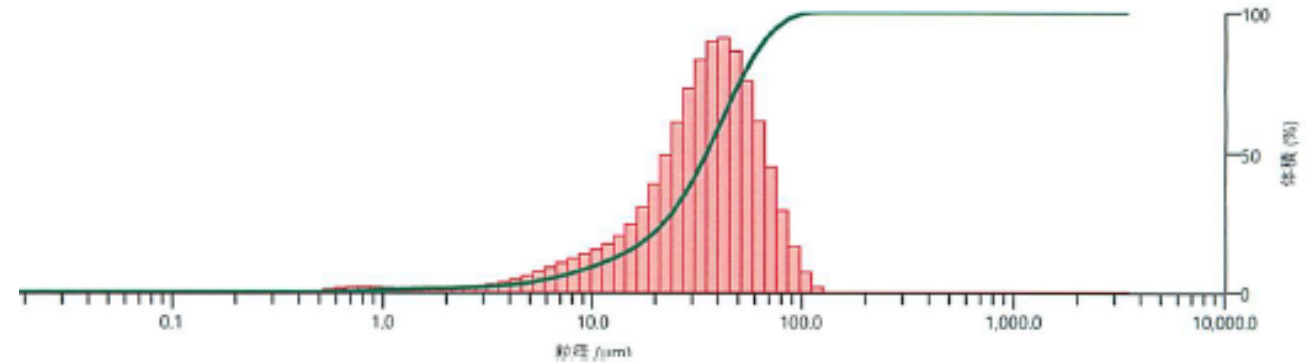
疲労損傷したiPP表面の高さプロファイル像

iPPフィルム試験片の疲労過程で、内部からクラックが生成および成長して試料表面に到達し、その後、 $10 \mu\text{m}$ 程度の微細片が表面から剥離することで、マイクロプラスチックが生成する可能性が示された。

6. マイクロプラスチック促進生成試験法の開発



ジェットミル装置のモデル図



ジェットミルにより粉碎して得られたポリメタクリル酸メチル粒子の粒度分布

ジェットミルによってプラスチックの微細化が効率的に行えることが確認できた。今後は、光酸化劣化したプラスチックを用いてジェットミル処理を行う予定である。

今後の予定

今後は、以上の研究を継続するとともに、プラスチックの長期屋外暴露によるマイクロプラスチック生成挙動の確認を行う予定である。

また、マイクロプラスチックの生成機構に関する文献および研究成果のデータベース構築を進める。

ご清聴ありがとうございました。