

生分解性プラスチックの分解性評価と分解菌の定量*

— 岩手県内の水系フィールドを対象に —

及川 和志**、岸 敦***

“生分解性プラスチック”は、環境にやさしい次世代のプラスチック素材として幅広い用途への活用が期待されている。しかし、その分解性は様々な条件によって影響を受ける為、実際のフィールドでの分解性評価と分解因子に関する検討が求められている。そこで、岩手県内の水系フィールドにおける生分解性プラスチックの分解性評価を行い、水に存在する分解菌と水質検査項目との関連性についても調査を行った。

キーワード：生分解性プラスチック、分解菌、水系フィールド

Evaluation to Degradability of Bio-degradable Plastic and Fixed Quantity of Degrading Microorganism ～At the Water Field in Iwate Prefecture～

OIKAWA Kazushi and KISHI Atsushi

As for "Bio-degradable plastic", it is environment friendly, and expected use to a wide usage as next generation's plastic material. However, for the degradability to be influenced according to various conditions, an actual degradability in the field and the examination concerning the degradation factor are requested. Then, degradability of "Bio-degradable plastic" in the water field at the Iwate prefecture was evaluated, and the relation between the degrading microorganism and the water-quality that existed in water was investigated.

key words : Bio-degradable plastics, Degrading microorganism, Water field

1 緒 言

プラスチックは、産業あるいは我々の日常生活全般において不可欠な素材である一方、安定で分解し難い性質から、土壌中や海洋などでの半永久的蓄積を引き起こすなど、環境問題に直結するデメリットも併せ持つ。このような背景から、環境を配慮した次世代のプラスチックとして、微生物などの働きで無害な物質に分解される生分解性プラスチック¹⁾が開発され、実用化が進められている。

しかし、生分解性プラスチックの普及拡大にはいくつかの課題があり、その一つに、メリットである分解性を活かす為に必要となる適切な使用条件や処理条件についての情報が少ないことが挙げられる。特に、自然環境中に放出された場合の分解性や分解に関与する微生物についての知見が少なく、この点についての全国規模かつ体系的な検討が求められていた。

そこで、平成14年度より、独立行政法人産業技術総合研究所が中心となって「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究」を全国の地方公設試験研究機関（計11機関が参加）と共に進

めており、当センターも共同研究機関として同事業に参加している²⁾。これまでに、担当する岩手、秋田、宮城の土壌を対象に、平成14年度は平野らが、平成15年度は山本³⁾が土壌中の微生物相の分析と各種生分解性プラスチックの分解に関与する分解菌の定量を行った。

本年度は、新たな視点として水系フィールドを対象とし、岩手県内の河川・湖沼・海における生分解性プラスチックの分解性評価（フィールドでの浸漬試験）、採取した水に存在する分解菌の定量、さらに水質の検査項目との関連性を調査したので報告する。

2 実験方法

2-1 対象地点

水系フィールドを対象とした検討を行うにあたり、県内の河川、湖沼、海より、計8地点を選定した。

図1に対象地点の概観を示す。地点の選定にあたっては、付近に汚水処理施設からの排水、あるいは生活排水の流入が無いことを確認し、おおむね周辺水域を反映できる場所とした。

* 地球環境保全試験研究事業

** 食品技術部

*** 食品技術部（現 商工労働観光部 商工企画室）



図1 試験対象とした県内の水系フィールド

河川は、県の内陸中央部を北から南に縦走する北上川本流とし、上流域として四十四田ダム付近(盛岡市)、中流域として国見橋付近(北上市)、中下流域として北上大橋付近(一関市)を選定した。湖沼は、比較的規模の大きい灌漑用のため池である高松の池(盛岡市)および大堤公園(北上市)を選定した。海は、海水浴場もしくは港湾部とし、北から、浄土ヶ浜(宮古市)、釜石湾(釜石市・県水産技術センター付近)、脇の沢漁港(陸前高田市)を選定した。

2-2 浸漬試験

水系フィールドにおける分解性評価を目的とした浸漬試験を実施したのは、対象地点のうち、河川：北上川国見橋付近、湖沼：高松の池、海：釜石港の3地点である。

試験方法は、同時に実施する他県の共同研究機関と統一するため、研究事業を統括する産業総合研究所関西センター(以下、産総研と略)の中山氏より提示された方法⁴⁾に準じた。表1に示す、産総研から提供された重量測定済みの6種類の生分解性プラスチックフィルム(約3×4cm、厚さ0.2mm程度)をアクリル製浸漬用ボックス(底面57mm×193mm×高さ65mm)に入れ、ボックスが流失しないようプラスチック製カゴに固定して対象地点に浸漬した。浸漬開始日は平成16年11月29日(河川、池)

もしくは12月13日(海)であり、2週間後、および、4週間後にボックスを回収、フィルム重量の残存率から分解性を評価した。

なお、フィルムは1種類あたり2枚ずつをボックスに入れ、異なる浸漬期間で引き上げるためにボックスは2セットを用いている。浸漬深度は水面から2m程度の深さであり、河川では河岸ではあるが流れのある位置に投入、池では池の中央部付近に架かる橋から吊り下げた。ただし、海に関しては、湾に隣接する県水産技術センターの御協力により、岸壁の水深4m付近から汲み上げた海水を野外の試験用水槽に入れ、この中で試験を行った。

2-3 試料の採取

水系フィールドに存在する生分解性プラスチック分解菌の定量と水質検査に供するため、対象の8地点より水を採取した。採取日は、いずれも平成16年11月29日である。当日の天候は晴れから曇り、気温は5~10℃であった。水試料の採取は、JISで規定される工業用水・排水の試料採取方法(JISK 0094)に準じて行った。即ち、ロープを繫いだポリエチレン製バケツを用い、1地点あたり20程度の表層水を採取、滅菌済みのポリエチレン製試料容器に入れ、保冷材を入れたクーラーボックス内で実験室まで運び、分析時まで4℃の冷蔵庫内で保存し

た。

2-4 水質検査

各対象地点における水質を把握するため、JISで規定される水質検査方法（JIS K 0101:1998, K 0102:1998）に従って測定を行った。対象とした項目は、水温、水素イオン濃度（pH）、懸濁物（SS）、溶存酸素（DO）、生物化学的酸素要求量（BOD：ただし、河川のみ）、化学的酸素要求量（COD_{mn}）である。この内、水温およびpHの測定、また、DO測定試料の調製（固定）については現地で行った。その他、SSとBODは保存により変化する恐れがあるため採取の翌日に測定もしくは測定開始を、COD_{mn}は数日以内に測定を行った。

2-5 試料中の分解菌定量

採取した水に存在する生分解性プラスチック分解菌の定量は、産総研より提示された方法⁹⁾に従った。

即ち、表2に組成を示すが、試料水で調製した平板寒天培地、もしくは、これに生分解性プラスチック樹脂を分散させた分解菌定量用の平板培地を作成する。これに、試料を塗抹法にて接種後、一定期間の25℃保温後に生じるコロニーおよび樹脂の分解で生じるクリアーハローから、試料中の一般微生物数と分解菌数を定量する方法である。この際、用いた生分解性プラスチック樹脂は、PBSA（ピオノーレ）、PHB（バイオポール）、PCL（セルグリーン）であり、PHBとPCLについては浸漬試験を実施した地点の試料についてのみ、定量試験に加えた。なお、PBSAとPCLは界面活性剤（プライサーフ）によって乳化したものを、PHBは微粉末化したものを培地に分散させた。分解菌の定量に当たっては、他地域の共同研究機関で取得された定量結果との比較を可能とするため、産総研から対象（標準）試料として提供された河川水（猪名川・大阪府）についても同時に定量試験に供した。

3 実験結果

3-1 浸漬試験

浸漬試験により得られた、各種生分解性プラスチック樹脂の重量残存率を表3に示す。実施した3地点のいずれに於いても、4週間が経過後も80%以上の重量を保持していた。6種類の樹脂のうち比較的分解が進んでいたのはS/PCL、PHBであり、反対にほとんど分解が認められないのはPEC、PLLAであった。河川、池、海での比較では、分解性における樹脂間の傾向に大差はなかった。

3-2 水質検査

採取した水の水質について分析した結果を、表4に示す。採取当日の水温は、河川と池が7~8℃、海水が13~15℃であった。河川は上流から下流に移るにつれてBOD値およびCOD_{mn}値が高くなる傾向が認められるが、著しい変化ではなく、また、北上川について報告されている水質検査値⁹⁾と同等であった。海では特に注目する点はないが、いずれの地点もDOは河川、池に比較して低く、COD_{mn}は河川と同等であった。一方、池の水質検査結果ではSSおよびCOD_{mn}値が河川、海に比較して高く、富栄養状態にある閉鎖水域の特徴が示されていた。

3-3 分解菌の定量

採取した水を接種して生分解性プラスチック分解菌について定量した結果を、表5に示す。また、分解菌により生分解性プラスチック樹脂が分解され、形成されたクリアーハローの一例を写真1に示す。

河川、池における一般微生物数、生分解性プラスチック分解菌の定量結果は、産総研より提供された対象試料と同様の傾向を示していた。海については、河川、池に比べて一般微生物数が10¹~10²レベル低く、分解菌の検出数も少なかった。

表1 浸漬試験に供した生分解性プラスチック樹脂

略号	樹脂名	商品名	メーカー
PBSA	Poly (butylene succinate azipate)	ピオノーレ	昭和高分子・昭和電工 (株)
PCL	Poly (ε-caprolactone)	セルグリーン	ダイセル化学工業 (株)
S/PLC	Starch/PCL polymer alloy	マタービー	日本合成化学工業 (株)
PEC	Poly (ester carbonate)	ユーペック	三菱ガス化学 (株)
PLA	Poly (L-lactide)	レイシア	三井化学 (株)
PHB	Poly (D-3-hydroxybutyrate)	バイオポール	米 モンサント (株)

表2 生分解性プラスチック分解菌の定量用培地組成

培地組成		一般微生物 定量用	分解菌定量用	
			PHB	PBSA, PCL
試験水	(採取した淡水、海水)	100mℓ	100mℓ	100mℓ
酵母エキス	(Difco 212750)	0.01g	0.01g	0.01g
寒天	(Difco 214010)	2.0g	2.0g	2.6g
界面活性剤	(プライサーフ 1%溶液)	—	1.0mℓ	—
生分解性樹脂	(微粉末化樹脂)	—	0.2g	—
	(乳化処理樹脂 0.3%溶液)	—	—	33mℓ

表3 浸漬試験における生分解性プラスチック樹脂フィルムの重量残存率

浸漬地点	浸漬期間	PBSA	PCL	S/PCL	PEC	PLA	PHB
河川 (北上川)	2週間	99.1	99.4	84.6	99.8	100.0	96.6
	4週間	95.1	99.3	80.7	99.6	99.9	88.7
池 (高松の池)	2週間	97.7	99.5	85.4	99.9	100.0	98.4
	4週間	98.8	99.1	84.5	99.7	99.6	98.2
海 (釜石湾)	2週間	98.4	98.8	81.8	99.7	99.0	95.0
	4週間	98.7	98.2	80.7	99.7	100.0	83.1

浸漬前のフィルム重量に対する残存率 (%)

表4 採取した試料水の水質

分類	採取地点	時刻	天候	気温 (°C)	水温 (°C)	pH	SS (mg/l)	DO (mgO/l)	BOD (mgO/l)	COD _{Mn} (mgO/l)
海①	浄土ヶ浜	7:50	晴れ	4.0	13.5	7.80	1.2	7.6	—*	1.44
海②	釜石湾	9:20	晴れ	9.0	15.0	7.71	1.0	5.3	—	1.52
海③	脇の沢漁港	10:50	晴れ	9.3	13.5	7.10	2.8	7.9	—	0.64
河川①	北上川 四十四田ダム下	16:00	曇り	5.4	7.4	6.23	2.1	11.7	2.14	1.44
河川②	北上川 国見大橋付近	13:20	曇り	5.0	7.0	7.12	2.1	13.1	2.36	1.28
河川③	北上川 北上大橋付近	12:17	晴れ	10.0	8.0	7.08	1.3	12.0	2.63	2.16
池①	高松の池	16:40	曇り	5.0	7.0	6.47	5.4	13.6	—	3.46
池②	大堤	13:50	曇り	6.4	7.8	6.15	10.4	11.9	—	6.67

*: —は実施していないことを表す
 <採取実施日: 平成16年11月29日>

表5 試料水に存在する生分解性プラスチック分解菌数

分類	採取地点	一般微生物数 (cfu/ml)	PBSA 分解菌 (cfu/ml)	PHB 分解菌 (cfu/ml)	PCL 分解菌 (cfu/ml)
海①	浄土ヶ浜	8.5×10^2	3.3×10^1	—*	—
海②	釜石湾	3.2×10^2	6.7	検出されず	2.0×10^1
海③	脇の沢漁港	3.4×10^3	6.7	—	—
河川①	北上川 四十四田ダム下	2.9×10^4	5.0×10^1	—	—
河川②	北上川 国見大橋付近	2.5×10^4	3.3×10^1	4.7×10^2	5.3×10^1
河川③	北上川 北上大橋付近	2.9×10^4	1.7×10^1	—	—
池①	高松の池	2.7×10^4	1.0×10^1	2.4×10^2	4.7×10^1
池②	大堤	2.9×10^4	1.7×10^1	—	—
対照	猪名川 (産総研より)	4.0×10^4	5.0×10^1	4.5×10^2	1.0×10^2

*: —は実施していないことを表す
 分解菌: 接種後、D14でのハロー形成コロニーのカウント数

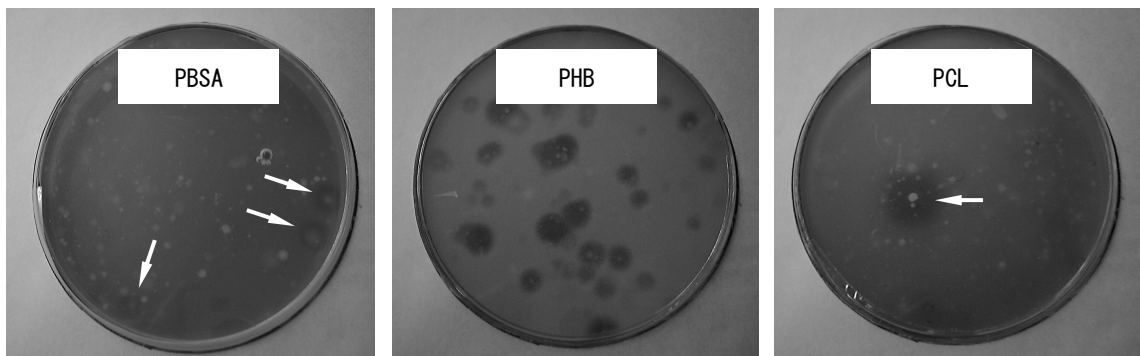


写真1 生分解性プラスチック分解菌により形成されたハロー

4 考察および結言

生分解性プラスチックの分解性を評価する目的で、6種類の生分解性プラスチック樹脂を用いて水中への浸漬試験を行った。その結果、県内の河川、池、海に浸漬した樹脂フィルムは浸漬から4週間の経過後も大部分が残存しており、最も分解が進んだS/PCL樹脂でも80%以上の重量残存率を示していた。同時期に実施した他地域の報告⁶⁾では、S/PCL樹脂で50%を切る重量残存率を示す地域が複数あり、したがって、水系フィールドにおける樹脂の分解性には地域間差が有ることが示唆される。ただし、試験を実施した時期が11月から12月末にかけてと、地域による気温、水温に差が出やすい時期であることから、地域間差の判断には更に詳細な検討が必要であると思われる。

樹脂間で分解性を比較すると、分解を受け易い順にS/PCL>PHB>PBSA≒PCL>PEC≧PLAであり、河川、池、海の内いずれでも同じ傾向であった。他地域の報告でも、S/PCL、PHBの分解性が良く、PEC、PLAの分解性が悪いことが示されており⁶⁾、また、過去に実施された土壌における検討⁷⁾においても同様の傾向が示されていることから、本検討の結果は樹脂の分解性を示すものとして妥当であると考えられる。

次いで、浸漬試験を実施した3地点を含む計8地点の試験水を対象に、分解性に影響を与える因子として生分解性プラスチック分解菌の定量を、また、水質との関連性も評価するために水質検査を実施した。検体数と培地調製用樹脂の面からPBSA、PCL、PHBの3種の樹脂に対する分解菌の定量に限られたが、浸漬試験で分解性が良かったPHBは検出される分解菌数もPBSA、PCLに対して多いとの結果が河川、池で示された。なお、海については全体的に一般微生物数が少なく、PHB分解菌が不検出、PBSA、PCL分解菌も極めて少ない結果となったが、培地の調製時に培地成分の凝集が認められたことから培地条件が不適切であった可能性があり、再検討が必要と考える。

河川、池の試料水に存在する一般微生物数、分解菌数は、対照試料の猪名川（大阪府）と同等であり、したがって、データが少ないため全国値との比較は難しいものの、県内の水系フィールドには他地域と同レベルの分解菌が存在すると推測される。浸漬試験では、地域間差が示唆されることから、フィールドにおける分解性には分解菌の存在数のみではなく、分解時の温度やpHなど、そのほかの環境因子が影響していると思われるが、今回の検討ではデータ数が少ないため推測の域を出ない。この点についても今後の検討が待たれる。

水質との関係については、本検討からは浸漬試験や一般微生物数、分解菌数との関連性を認める水質検査項目は見いだせなかったが、これは、本県のいずれの対象地点でも水質が良く、地点間での変化量が少ないためとも考えられる。各地の試験結果が集計された研究事業推進

会議での報告⁶⁾では、浸漬試験での分解性が高い地域は水中の有機物量が多く、反対に分解性が低い地域では有機物量が少ない傾向が示されていることから、水質が大きく異なる場合には一定の関連性を見いだせるものと思われる。

以上、岩手県内の水系フィールドにおける生分解性プラスチック樹脂の分解性評価と分解菌の定量を中心に行い、分解性の樹脂による違い、分解に関与する分解菌の存在等の重要な知見を取得した。他地域で取得された知見と合わせ、本検討が生分解性プラスチックの普及と適切な使用に貢献できるものと期待する。

本報告は、「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究」（環境省・地球環境保全等試験研究事業）として独立行政法人産業技術総合研究所がH14～16年度にかけて実施した研究事業に共同研究機関として参加し、H16年度に実施した検討の一部を示すものである。

この事業の推進に当たり、御指導、御支援いただいた関係各位に深く感謝致します。

文 献

- 1) 常盤 豊：バイオプロセスと生分解性プラスチック，環境バイオテクノロジー学会誌，4(1)，5-17，(2004)
- 2) 中山 敦好ら：生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究事業報告書(2004)
- 3) 山本 忠：「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成に関する研究」，岩手県工業技術センター研究報告，11，56-58，(2003)
- 4) 中山 敦好：浸漬実験および分解菌分析に関する実験マニュアル(2004)
- 5) 国土交通省河川局編：平成14年全国一級河川の水質現況(2003)
- 6) 中山 敦好：「生分解性プラスチックの適正使用のための分解菌データベース作成事業」H16年度第2回推進会議資料(2004)
- 7) 産業技術連携推進会議物質工学部会高分子分科会編：生分解性プラスチック共通試験報告書(2003)