葉に生息する糸状菌による生分解性マルチフィルムの強力分解

生物生態機能研究領域　小板橋 基夫　北本 宏子

生分解性プラスチック

プラスチックは、丈夫で軽くて長持ちし、私達の生活に無くてはならない便利な素材です。安価で様々な形態や色調に加工することが容易であるなどの利点も多く、食品包装や生活用品などいろいろな用途に使われています。しかし、そのことが逆に大変困った問題を引き起こしています。丈夫な構造のため、自然界では腐敗などによる分解がおこらず、いつまでも残存して環境悪化の一因となることや、比重が小さくかさばるため廃棄物中の容積占有率が高く、ゴミ処理の際の厄介者となっていることなどです。

それらの問題を解決するために、従来のプラスチックの利便性を持ちながら、利用後は微生物の力で分解するような特性を持った様々なプラスチックが開発され始め、これらは総称して生分解性プラスチック（生プラ）と呼ばれています。

農業におけるプラスチックの利用

農業現場において、プラスチックは硬質なものから軟質なものまで、実に様々な状態で使用されています（写真1）。その中でも、耕地の表面を被って地温を保持したり、雑草防除など優れた効果がある農業用マルチフィルムの使用面積は特に大きいものとなっています。しかし、マルチフィルムは使用後に回収するための労力がかかり、さらには廃マルチを処理するための費用や、燃焼による有害物質の発生などの問題があるため、近年では生プラ製品の導入が検討され始めています。ところが、生プラ製のマルチフィルムは素材の分解性を高めると資材としての強度が落ちて耕作中に破れたりして使いづらく、逆に強度を高めるとほとんど分解されないという問題が生じて、現場への普及はあまり進んでいません。農業現場からは、作付けが終わって生プラがいらなくなった時点で、生プラ分解能力の高い微生物を利用して生プラを急速に分解する技術が求められています。そこで、私たちは技術開発のキーである、生プラ分解菌の探索を始めました。

なぜ植物の葉に着目したのか

今まで、自然界から生プラ分解菌を取り出すのは難しく、成功例も極めて少なかったため、分解菌の分離が実用化のための大きな課題となっていました。生プラの成分は脂肪酸ポリエステル構造を持つものが多く使われていますが、植物の体表面を覆うクチクラ層にも生プラの成分に似た脂肪酸ポリエステル構造が含まれています。そこで私達は、葉に付着する微生物の中には、生プラを分解できるものがいるのではないかと考え、生プラ分解菌の選択培地を開発しました。その培地には、唯一の炭素源（栄養成分）として乳化した生プラの成分が含まれており、生育した微生物の周囲が透明になることで生プラ分解菌を判別することができます（写真2）。私達がこの培地を使って、生プラを強力に分解する酵母（シュードザイマ属酵母）を選抜したことは既に報告いたしました。（農環研ニュースNo.80,2008.10他）

写真１　イチゴの畝を覆うマルチフィルム

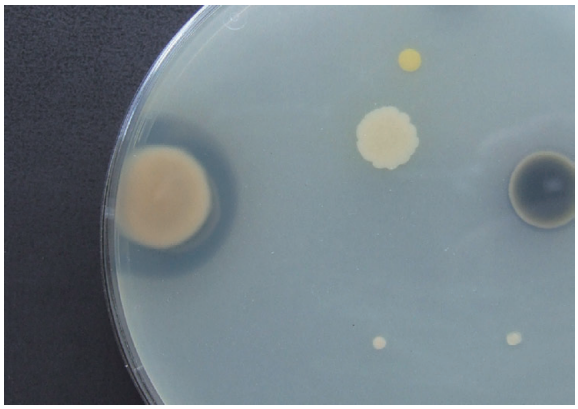

写真２　生プラ分解菌の選抜培地

生プラ分解糸状菌と土壌上のマルチフィルム分解

さらに、葉面から多数分離される事が知られている糸状菌（カビ）に関しても、選抜を行いました。ムギ類の葉面から分離された1200株以上のカビを調べたところ、70株のカビが生プラを分解できることを見出しました。そしてその中から特に生プラ分解能が高いカビを選抜しました（菌株名４７—９、写真３）。本菌は健全なオオムギ葉から分離されたもので、ポリブチレンサクシネート（PBS）、ポリブチレンサクシネート／アジペート（PBSA）、ポリカプロラクトン（PCL）など、様々な種類の生プラを分解することが可能でした。

農業用生プラマルチフィルムを分解できるかを調べるため、本菌と共に培地上にPBSAおよびPBS製マルチフィルムを置いて培養すると、両フィルム共に速やかに分解されました（写真４）。さらに、本菌の液体培養液を、市販の培養土の上に敷いた生プラフィルム（PBSA）に散布処理すると、処理後6日間で全体の91.2%（重量換算）が分解されました（写真５）。一般的にPBSAよりも分解しにくいPBSフィルムや市販のPBSAとPBSを混合した市販のフィルムも同様の液体培養液処理により分解することができました（写真６）。

生プラ分解の仕組みと実用化の見通し

本菌の培養液を調べたところ、培養液中に高純度の生プラ分解酵素が生産されていることがわかりました。本菌が生プラを分解する仕組みは、培養中に純度の高い生プラ分解酵素を生産しているためであり、私達は分解酵素生産に最も適した培地組成や誘導基質などの条件を明らかにしました。さらに、この酵素のアミノ酸部分配列を分析した結果、この酵素が未発見の新しい酵素である事を明らかにしました。

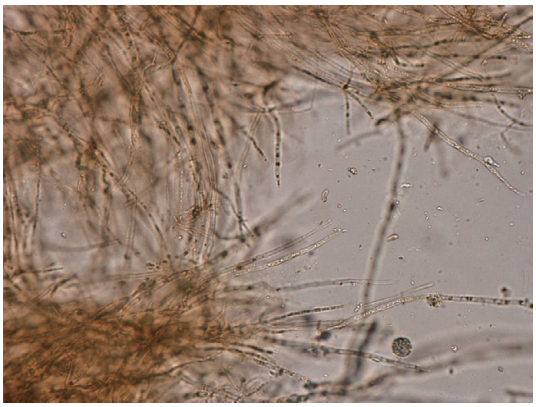

写真３　強力な生プラ分解能を持つカビの菌糸

今回分離された生プラ分解菌を利用することで、使用済み生プラ製品の分解を促進する新しい技術開発につながると期待できます。私たちは、今後、施設栽培においてマルチフィルムをはがさずに菌や酵素処理で分解する技術の開発に取り組んでいきます。本研究の成果に関連して、微生物菌株、酵素生産方法ならびに新規生プラ分解酵素の特許を申請しています。なお、この研究は、独立行政法人産業技術総合研究所および国立大学法人筑波大学と共同で行ったものです。

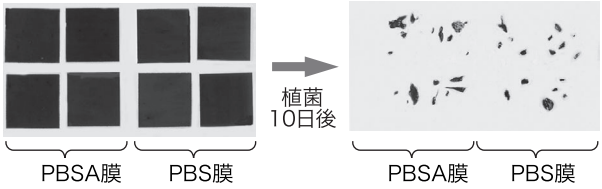

写真４　培地上におけるカビによるPBSA膜およびPBS膜の分解
左：無処理のフィルム（PBSAフィルム４枚とPBSフィルム４枚）
右：47-9菌株＋PBSAフィルム４枚（93%が分解）、47-9菌株＋PBSフィルム４枚（91%が分解）
PBSAおよびPBSフィルムのほとんどが分解されます。

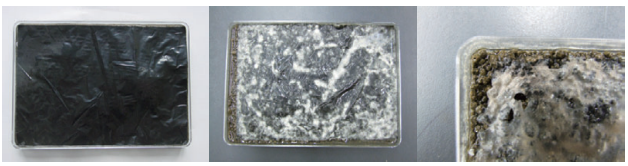

写真５　酵素処理による生プラマルチフィルム（PBSA）の分解の様子
左：無処理６日後　　中：処理６日後　　右：処理10日後
生プラフィルムが酵素によって分解され、下の培養土が見えるようになります。

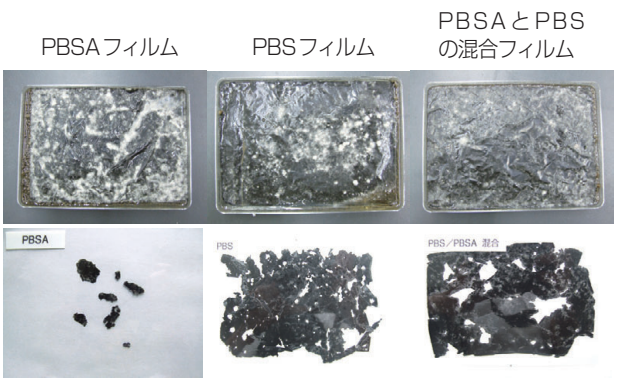

写真６　酵素処理による市販フィルムの分解（培養液処理６日後）
上：分解の様子　下：はがしたフィルムの状態
分解しにくいPBSフィルムやPBSAとPBSの混合フィルムも分解することができました。