今、プラスチックに求められること
～プラスチックリサイクル、バイオプラスチック、海洋プラスチックごみ問題～

特集
ハイテク推進
セミナー

大阪大学大学院工学研究科
教授　宇　山　　浩 氏

背景

世界的な脱炭素社会構築に向け、CO_2 排出量の削減が社会的に強く求められている。プラスチックは全世界で 3.7 億トン（2020 年）製造されており、CO_2 の大きな発生源の一つに挙げられる。ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）をはじめとする汎用プラスチックは安価、軽量、自在な成形性による高い意匠性・デザイン応用性などの特性で、我々の日々の生活を豊かにしてきた。プラスチック製品に対する脱炭素社会構築への貢献や資源循環達成のアプローチとして、サーキュラーエコノミーの重要性が指摘されている。プラスチック用途は約 40％がフィルム・シート、約 15％が容器類であり、これらの多くは食品包材を中心とするシングルユース用途である。今後、プラスチックの持続的利用に向けたシングルユース用途に対するあるべき姿の提示と対策は喫急に取り組む社会的課題である。

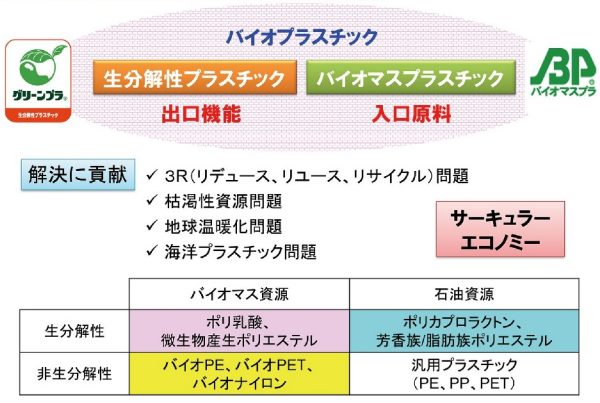
プラスチックは丈夫で腐らないという特徴を活かして幅広い分野で利用されてきたが、自然環境中で分解されにくいため様々な環境問題を引き起こしている。近年、マクロプラスチックとマイクロプラスチックの海洋汚染が深刻になっている。また、フリース等に利用されるポリエステル、ナイロンといった化学繊維のマイクロファイバー（長さ 5 ミリ以下）が洗濯で抜け落ち、川・海に流出することで汚染の原因となっている。現状、海洋に漂流するプラスチックの正確な量は把握されていないが、世界で毎年 900 万トンを超えるプラスチックごみが陸上から海洋へ流出すると報告されている。この量は 500mL の PET ボトル 5000 億本に相当する。また、プラスチックごみの発生量の半分以上がアジアである。発生源は陸上由来のものが、海上に直接投棄されるものより多い。そのため、プラスチックごみの中でも、とりわけ海洋へ流出する可能性が高いワンウェイ用途のプラスチックについては、海洋へ流出しても環境への負荷が小さい新素材（海洋生分解性プラスチック）へ代替することが社会的に切望されている。

プラスチックに関わる資源循環としてリサイクルが重要である。世界のプラスチックごみの発生量は年間 3 億トンを超え、環境中に流出して観光や漁業にもたらす悪影響などの損害が年間約 130 億ドル（約 1 兆 4 千億円）に上ると推定される。日本は廃プラスチックのリサイクル率は高いが（86％）、サーマルリサイクルが約 30% であり、直接的な資源循環は達成されていない。また、光合成により取り

講師　宇山　　浩 氏

入れた炭素源を用いて生産されるバイオマスプラスチックの導入は地球温暖化ガス（CO_2）削減に寄与し、地球規模の資源循環の観点から重要であるが、日本のバイオマスプラスチックの出荷量は35千トンに過ぎない。

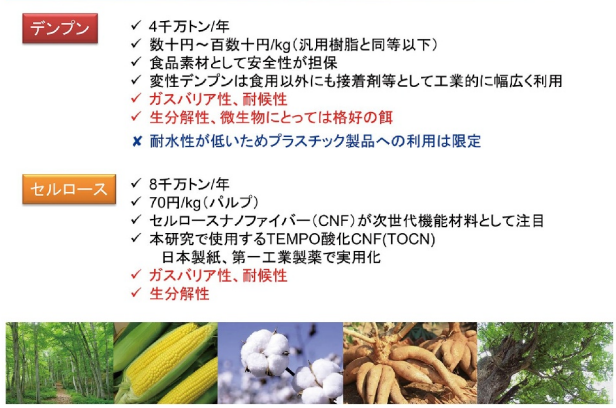
現在、実用化されている海洋生分解性プラスチックは微生物産生ポリエステルをはじめとする一部の脂肪族ポリエステルに限定される。カネカが工業化した微生物産生ポリエステル（PHBH、ポリヒドロキシアルカン酸（PHA）の一種）は5千トン／年の生産であるが、全世界のプラスチックの生産（4億トン／年）規模と比してあまりに少量である。汎用プラスチックと比して、価格、物性、成形性に課題があり、日用品をはじめとして適用範囲が狭い。脂肪族ポリエステルであり、土壌での生分解性を有するポリブチレンスクシネート（PBS）は三菱ケミカルが工業生産し、最近ではPBSコンパウンドの海洋生分解が発表されたが、PHBHと同様の課題が指摘されている。

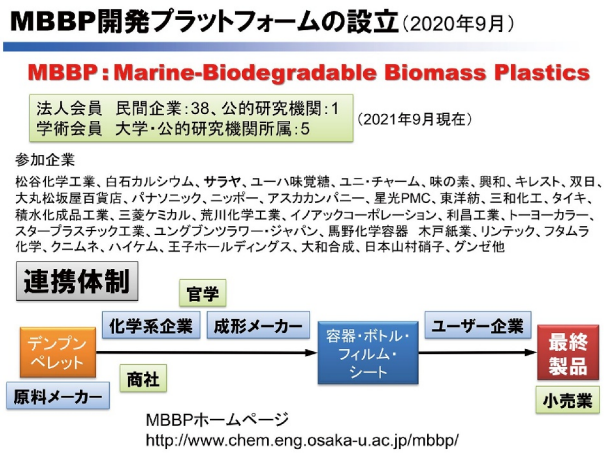


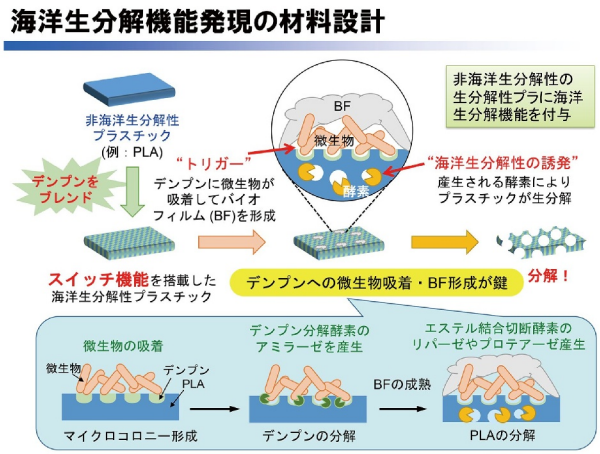
海洋生分解性プラスチックの開発に向けて

筆者は安価かつ海洋生分解性を有するデンプンに着目している。セルロースをはじめとした多くの多糖類の材料用途への利用が検討されている中で、デンプンは自然界に豊富に存在し、精製度の高いデンプンを大量かつ安価に入手できることから、プラスチックの代替材料構成要素として適している。デンプンや加工デンプンは食品素材として幅広く用いられてきたことから安全性が担保されているうえ、価格は数十円～百数十円/kgと汎用プラスチックと同程度以下と安い（参考：生分解性ポリエステルの価格＞500～700円/kg）。しかし、デンプンなどの多糖類をプラスチックに添加する試みが多く行われてきたが、多糖類そのものは熱可塑性を示さないために多糖類だけでプラスチックは製造できない。プラスチックの熱可塑性は自在な成形に必須であり、プラスチックに不可欠な性質である。

デンプンは適切な可塑剤の添加により熱可塑化で







きる。筆者らが2020年9月に立ち上げたMBBP（Marine Bio-degradable Bio-based Plastics）開発プラットフォームでは熱可塑性デンプンペレットを元に、生分解性プラスチックをブレンドして自在な成形を可能とするMBBPを開発している。MBBP開発プラットフォームには2021年11月現在で38社が参画している。広範なプラスチック製品の置換えを目指して、MBBPの物性をチューニングし、同時にMBBPに対する押出成形（インフレーション法、Tダイ法等）、射出成形、ブロー成形の技術開発を行っている。現在までにフィルム・シート、カトラリー等の射出成形品、ブロー成型によるボトルを試作した。このプラットフォームで開発・実用化を目指すMBBPは①生分解性、②汎用プラスチック並みの物性、③価格面での競争力、④広範なプラスチック成形を可能とする熱可塑性を有し、次世代プラスチックとして有望である。MBBPの社会普及により、バイオマスの積極的な利用による資源循環・サーキュラーエコノミーへの貢献、プラスチック製品への海洋生分解機能の搭載による海洋プラスチックごみ問題の解決が期待される。