

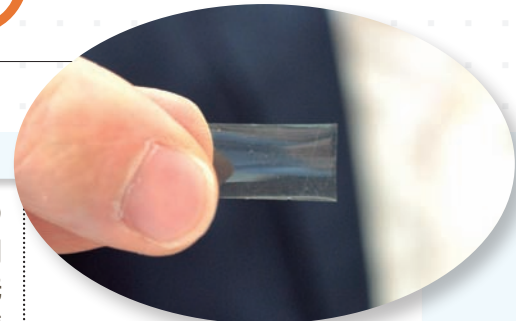
明日への
トビラ

Vol. 15

世界を変える！ 微生物でつくる工業用プラスチック

低炭素、低価格で普及を目指す

石油などの化石資源を使わないことから、低炭素社会の実現に貢献するものとしてバイオプラスチックがある。しかし現状は、製造コストや耐熱性に問題があり、それほど普及していない。そこで期待を集めているのが、北陸先端科学技術大学院大学の金子達雄准教授らが開発に成功した、世界最高水準の耐熱性、高強度、低コストの三拍子そろったバイオプラスチックだ。



高い透明性と390℃超の耐熱温度を持つバイオプラスチックのフィルム。



エンジニアリング・プラスチックを狙う

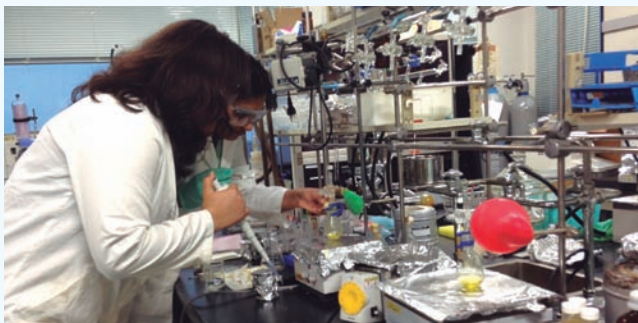
「長年の試行錯誤でようやく完成しました」。そういいながら、金子さんがカバンの中から大切に取出したのは、一見何の変哲もない透明なシート。これが量産化されれば、世の中を大きく変える可能性を秘めているという。

このシートの正体はバイオプラスチックだ。既存のものより100℃も高い390℃超の耐熱性を誇る画期的な成果である。

バイオプラスチックとは、植物や微生物などバイオマス（未利用生物資源）を利用してつくるプラスチックのこと。石油などの化石資源を使わないため、二酸化炭素を増やさないカーボンニュートラルなプラスチックとして、近年、期待が高まっている。しかし、製造コストが高いことから、あまり普及してはいない。これまでに使われているバイオプラスチックは、ポリ袋やペットボトルの材料となる低価格帯の汎用プラスチックであるポリエチレンやポリエステルなどの代替を狙い。そのため、厳しい価格競争にさらされてきた。

「それならば、なぜ高価格帯のエンジニアリング・プラスチック分野を狙わないのだろうか」と、最初は不思議に思いました」と、金子さんは当初抱いた疑問を口にする。

身近なところでたくさん使われている汎用プラスチックとは異な



金子さんの研究室では海外からのスタッフも交え、実験を重ねている。写真は、原料となる芳香族ジアミンを合成しているところ。

り、機械の部品などに使われるエンジニアリング・プラスチックは、耐熱性の高いポリアミドやポリイミドと呼ばれる有機化合物を材料としている。これらが高い耐熱性を示すのは、「芳香環」と呼ばれる高分子を数多く持つ構造をしているからだ。ポリイミドは500℃以上の過酷な温度条件に耐えられることから、電子回路の絶縁体や宇宙太陽光パネル基板などハイテク産業に多用されている。

その原料には芳香族化合物の一種である「芳香族ジアミン」が多く用いられる。しかし、微生物にとって芳香族ジアミンは猛毒であるため、微生物を使ってポリイミドを生成することは、極めて困難だと考えられてきた。



別々につくって、つなぎ合わせる発想の転換

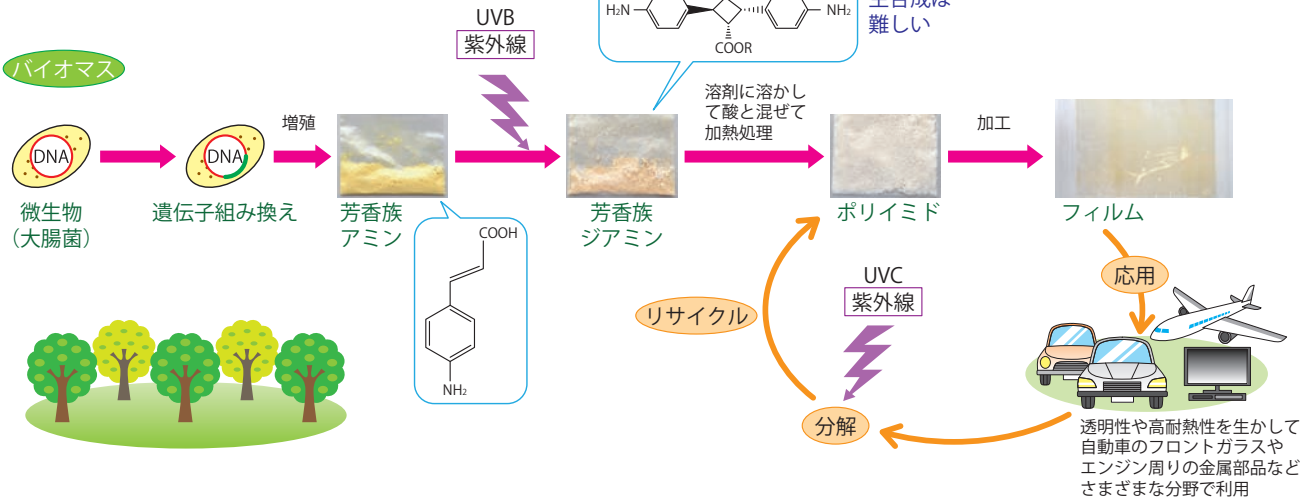
いろいろと調べるうちに、「芳香族アミン」であれば微生物から合成することに成功した事例がいくつかあることがわかった。芳香族ジアミンとは、芳香族化合物にアミンという化合物が2つ付いたもの。一方、芳香族アミンとはアミンが1つ付いたものをいう。

大学院生時代、高分子合成の研究室でひらめいた。「微生物を使ってつくった芳香族アミンを2つつなぎ合わせて芳香族ジアミンをつくることができれば、バイオマスからポリイミドがつかれるのではないか」——。以前読んだ論文にその方法が書いてあるのを思い出した。しかもつなぎ合わせる方法は、近紫外線（波長280～315ナノメートル、UVB）を当てるだけという簡単なもの。あとは、できた芳香族ジアミンを溶媒に溶かし、既存のバイオマス由来の酸と反応させて、溶媒を取り除いてフィルム化した後に加熱処理すればよい。

そこで、微生物を使って芳香族化合物をつくっていた筑波大学大学院生命環境科学研究科の高谷直樹教授と共同で、JSTの「先進的低炭素化技術開発（ALCA）」に応募した。「この方法を思い付いたのが、なんとALCAの応募締め切りの約1週間前。急いで応募書類を書きました」と笑う。10年越しのひらめきを携えて、2010年よりバイオポリイミドの研究開発に着手した。



生物由来のエンジニアリング・プラスチック



あらゆるプラスチックをバイオに置き換えたい

実験してみると、予想通り微生物でポリイミドをつくることができました。「想定していたとはいえ、できたとわかった瞬間は最高にうれしかった。その時のことは今でもよく覚えています」と振り返る。

次に、使えるものかどうかを調べるために、できたバイオポリイミドの性能を検証した。すると、さらにうれしいことに、数多くの優れた特性を持っていることが明らかになった。まず、従来のポリイミドの特性でもある390℃超という高耐熱性を達成。そして、ガラスや金属並みの低熱膨張率と、難燃性を備えていることがわかった。加えて、製造方法をうまく制御すれば、高い透明性が実現できることも判明した。もう1つ、より短い波長の紫外線(280ナノメートル未満、UVC)を当てれば簡単に分解するため、リサイクルが容易なことも確認できた。

一方、実用化に向けては、いかに微生物に芳香族アミンを大量に生成させるかが課題となった。これは高谷さんが、遺伝子組み換え技術を使い、芳香族アミンをより多く生成する大腸菌を開発することで解決した。

実は、石油からポリイミドを合成するには複数の工程が必要になる。1キログラム当たり10万円と高価で、現在のところ限られた用途にしか使われていない。これを微生物からつくれば、たったの1工程で合成できるため製造コストを大幅に減らせ、同2,000～4,000円ができる。つまり、ポリイミドをバイオマスでつくることで、低炭素化に加え低コスト化の、一挙両得になるわけだ。

「このバイオポリイミドは、透明なうえガラスに比べて比重が約半分になります。ハイブリッドカーや電気自動車のフロントガラスに使えば車体を約15キログラム

軽量化することができます。その結果、燃費が10%向上することが計算により明らかになりました」という。さらに、電子回路の透明な絶縁体として利用すれば、より軽量で薄型のフレキシブルなシースルーディスプレイの実現も夢ではない。

「目標は石油由来のプラスチックをすべてバイオプラスチックに置き換えること。それで環境に優しい低炭素社会を実現したい」と意気込む。

子どものころ、森林伐採により森を追われ、行き場を失っていく野生生物の姿をテレビで見て心を痛めた。「これ以上森林伐採が進まないように、いつか研究者になって、木材に替わる材料をこの手で開発しよう」と心に誓ったという。そんな優しい少年の魂は、今なお心の中に強く生き続けているようだ。

金子 達雄 かねこ・たつお

北陸先端科学技術大学院大学准教授

1971年和歌山県生まれ。1993年、東京工業大学工学部有機材料工学科卒業。95年、同大学理工学研究科博士前期課程有機材料工学専攻終了。博士(工学)。97年より北海道大学理学研究科助手、鹿児島大学工学部助手、大阪大学工学研究科助手を経て、06年、北陸先端科学技術大学院大学助教授。07年から現職。10年、文部科学大臣表彰「若手科学者賞」を受賞。趣味は自然観賞と動物との触れ合い。

北陸先端科学技術
大学院大学の
東京サテライトにて

