



石油由来の
合成ゴム原料を、
微生物の力でつくる。
企業とアカデミアの
立場を超えた協業が、
持続可能な未来を
つくり出そうとしている。

バイオ タイヤを つくらう

子どもたちが安心して
暮らせる未来を残したい

「考えてみればゴムの木というのはすごいもので、50〜60年静かにCO₂をためこんで、ゴムをつくる。まさにあれがバイオの世界です。それを研究室で成し遂げたようなもの。実に感慨深い」というのは、横浜ゴム株式会社研究

先行開発本部のアドバイザーフェロー日座操氏。同社は国立研究開発法人理化学研究所、日本ゼオン株式会社と共同で、合成ゴムの主原料であるブタジエンを、バイオマス(生物資源)から効率的に生成できる新技術を開発した。2021年4月の共同発表は、急加速する脱炭素化の流れのなかで、大いに注目された。

ブタジエンは、通常ナフサ熱分解の副生成物として工業的に生産される。最大の用途はタイヤで、世界市場規模は年間1200万トンを超える。

「我々は石油のおかげで本当に便利な暮らしをさせてもらっています。しかし、これを続けていたら、子孫の時代の地球にとんでもない事態を引き起こしてしまう。そう考えてバイオ原料の活用を考え始めました」と日座氏は話す。世界有数のタイヤメーカーである同社にとって、ブタジエンなしでの事業は考えにくい。だがそれが地球の将来を危うくするものであればならない。

2012年、使命感を帯びた日座氏は情報収集を重ねるなかで、理化学研究所の若きバイオインダストリー研究者である環境資源科学研究所センター細胞生産研究チーム上級研究員の白井智量氏と出会う。白井氏は、目的となる代謝物を大量につくる微生物を生み出すための遺伝子操作の箇所を提案する、いわばバイオ生産を可能にする微生物の設計図を描くことを専門にしている。

「言うてみれば、ブタジエンをつくるのが大好きな細胞をつくるということ。ブタジエンは非常に重要な工業中間体です。それを発酵などの作用を利用して細胞からつくれるようにする。そそられるテーマでした」(白井氏)

もう一人、日座氏が声をかけた人物がいる。合成ゴム、高機能樹脂の製造メーカー日本ゼオンのカーボンニュートラル推進室室長である谷地義秀氏。日本ゼオンは長く横浜ゴムの技術提携先で、1959年には、日本で初めて合成ゴムの製造に成功している。

「石油はできるまでに膨大な時間がかかっています。一方、そこからつくったものは地球の「戻す力」をはるかに上回っていて、すぐに石油には戻ってくれない。これに対して、バイオマスはすぐ戻る。循環型経済を構築していくうえで、バイオの力は不可欠です。二つ返事でチームに加えていただきました」(谷地氏)

微生物をデザインする

こうして2013年、三者による共同研究が始まった。狙っていたのはグルコース(糖)から直接ブタジエンをつくり出す酵素反応の経路。グルコースからいったんエタノールなどを蒸留、精製したうえでブタジエンに変換する取り組みはいくつか進んでいたが、これでは発酵、精製、合成と遠回りする必要がある。直線距離で進めることができれば、エネルギー消費も少なく、生産性も高められる。

を上げていける。この経路を見つけたら、それが高感度な分析装置があればこそです」(白井氏)

研究開発の谷を 乗り越え実用化へ

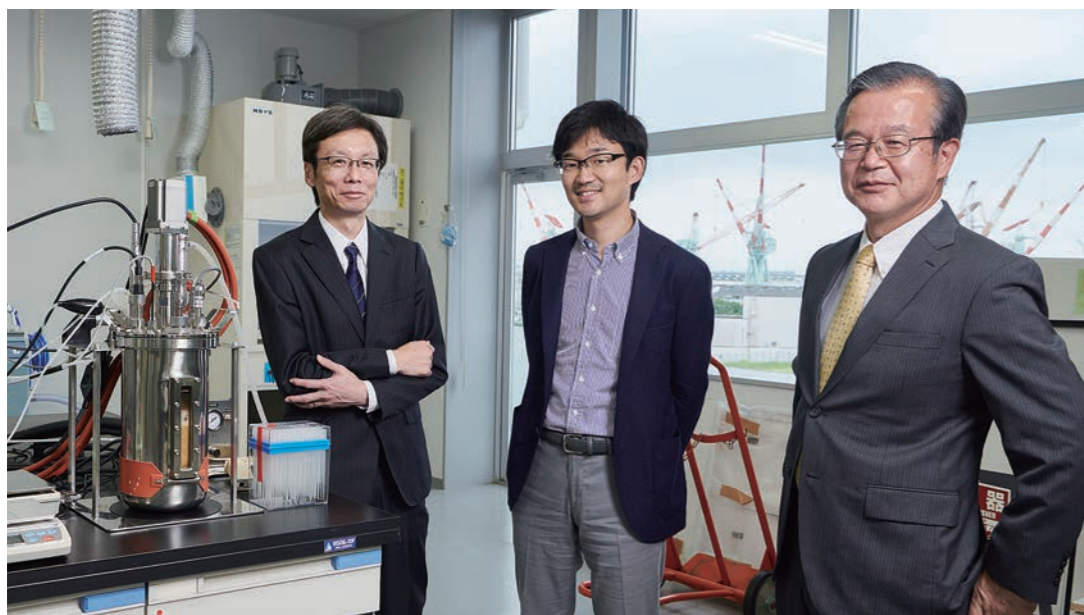
そこからコンピュータでのシミュレーションを繰り返し、反応を最適化し生産能力を高めていった。その結果、改良前と比べて2000倍以上も引き上げることに成功した。

「以前、バイオの世界では改良次第で10倍、100倍、1000倍と飛躍的に生産量を伸ばすことができる。聞いて耳を疑ったのですが、いや本当でした。触媒を使った通常の化学合成では2倍、3倍でも難しいのに」と日座氏は驚きを隠さない。

もっとも、産生されたブタジエンは、まだ低分子のモノマーにすぎない。これをゴムにするには、重合させて高分子化合物(ポリマー)にする必要がある。そこを受け持ったのは、日本ゼオンの谷地氏だ。

「高分子に不純物がつきものですが、バイオだと、思ってもみない不純物が入っていることがあるので、重合にはとても苦労します。いまはまだ研究室レベルですが、プラントで製造するようになれば、大問題に発展する可能性もある。丁寧に検証していく必要がありますね」

そして、今年に入って、ついに新技術で重合したブタジエンゴムの開発に成



実験台上に置かれた微生物培養装置(理化学研究所横浜キャンパスにある日本ゼオンラボにて)



微生物から発生したガスを分析するための分析装置
写真は島津製作所製ガスクロマトグラフ Nexis GC-2030

写真左から
日本ゼオン株式会社
カーボンニュートラル推進室室長
谷地 義秀(やち よしひで)
国立研究開発法人理化学研究所
環境資源科学研究センター
細胞生産研究チーム
上級研究員
白井 智量(しらい ともかず)
横浜ゴム株式会社
研究先行開発本部
アドバイザーフェロー
日座 操(ひざ みさお)