

イノベ 見て歩き

連載：第8回



「納豆」から生まれたプラスチック 生分解性で海洋プラスチックごみ問題を解決へ

左 白米 優一 Hakumai Yuichi
高知大学 教育研究部 総合科学系 生命環境医学部門 特任研究員 / PlastiFarm 研究所長

右 芦内 誠 Ashiuchi Makoto
高知大学 教育研究部 総合科学系 生命環境医学部門 教授 / PlastiFarm 代表取締役 2021年~22年 A-STEP研究責任者

社会実装につながる研究開発現場を紹介する「イノベ見て歩き」。第8回は、納豆のネバネバ成分から抗菌性と生分解性を兼ね備えたメディシナルプラスチック材料の開発とバイオベンチャーを通じた産業展開に挑む、高知大学教育研究部総合科学系生命環境医学部門の芦内誠教授と白米優一特任研究員を訪ねた。

高知大発のベンチャー創業 生体高分子からなる材料掲げ

北は四国山地、南は太平洋に面し、園芸農業生産性日本一を誇る高知県。空の玄関口である高知龍馬空港から歩いて15分ほどの道向かいに広がるのが、高知大学物部キャンパスだ。同大学の農林海洋科学部があるこの地で、2023年4月、大学発のバイオベンチャー「PlastiFarm」が創業した。代表取締役を務めるのは、高知大学教育研究部総合科学系生命環境医学部門の芦内誠教授だ。

1994年に同大学へ赴任した芦内さんは、微生物が合成するバイオポリマー、すなわち「生体高分子」を研究テーマに掲げてきた。生体高分子とは、たんぱく質やDNA・RNAといった核酸などの、生物が合成する長い分子のことだ。生物の許容範囲内で反応や合成が行われるため、石油などから作られる合成高分子に比べて安全で環境に優しい。近年注目が集まっている材料だ。

私たちの暮らしに欠かせない衣類やプラスチック製品の多くは合成高分子を材料としている。しかし、それらの資源は限りがある上に、自然界では分解されないマイクロプラスチックの海洋流出による生態系への影響が懸念されている。「そこで、生体高分子からなるバイオプラスチック新素

材の開発と社会実装を通じて、海洋プラスチックごみ問題の解決に貢献することで、持続可能な社会を実現したいと考え、PlastiFarmを設立しました」と経緯を説明する。

芦内さんと共にPlastiFarmの研究開発を担うのは、同社の研究所長で高知大学教育研究部総合科学系生命環境医学部門の白米優一特任研究員だ。白米さんは学生時代に芦内研究室を訪ねた際、そこで目にした研究対象に大きな衝撃を受けたという。それは「納豆」である。「なじみのある発酵食品からこんな高分子材料ができるのかと驚くと同時に、とても興味を惹かれました。これを機に、芦内先生の研究をお手伝いさせていただくことになりました」と白米さんは笑顔で振り返る。

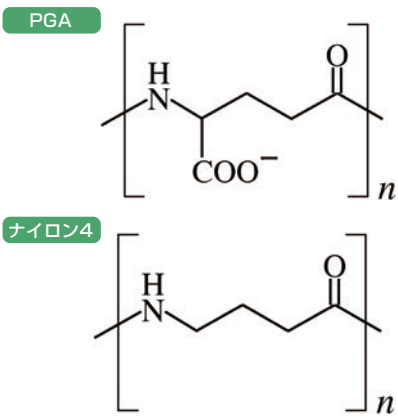
歯磨き粉の分子構造がヒント 耐水性持つ素材の開発に成功

新素材開発のカギとなったのが、納豆のネバネバ成分である「ポリ-γ-グルタミン酸(PGA)」だ。芦内さんは、PGAの分子構造がプラスチックの1つであるナイロンに似ていることに着目し、PGAを使ったプラスチック材料の開発をスタートさせた(図1)。最大の課題は水溶性の克服だった。生体高分子であるPGAは高い水溶性を持つため、固化が難しかったので

ある。従来方法では、水を吸って膨潤する「ゲル化」までは達成できたが、ゲルでは繊維物性やプラスチック性を付与することはできていなかった。

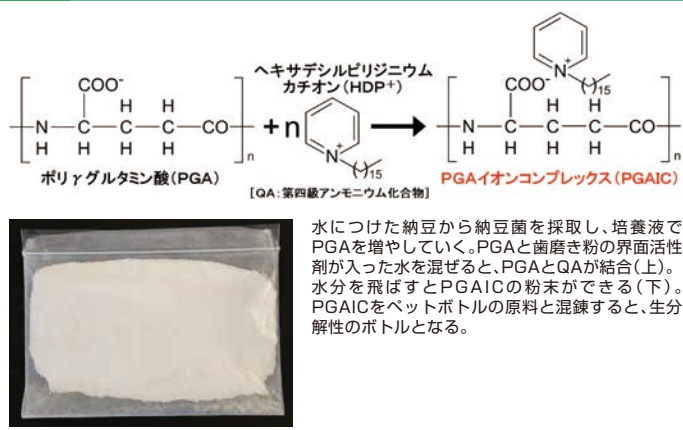
生体高分子への特性付与や強化には、化学修飾を用いることが一般的である。そのため、芦内さんもエステル化の化学修飾などを応用し、PGAの固化を試みた。しかし、期待した結果は得られず、一時は研究の中止も頭をよぎったという。そんな状況を救ったのが、義父が使っていた「歯磨き粉」だった。そこに記されていた成分の特徴的な分子構造がPGAの単位構造とちょうど重なるような形をしていたのである。それが大きなヒントとなった。「研究が行き詰まる中、まさに天の

図1 PGAとナイロン4の分子構造



PGAはナイロンに似た基本骨格を持っていることから、本質的にナイロン様の化学特性を発揮すると考えられてきた。近年の研究ではバイオプラスチックやナノファイバー不織布などへの加工も可能な機能性高分子であることがわかってきている。

図2 PGAICの開発・製造



助けでした」と芦内さんは語る。

歯磨き粉の成分は、陽イオンの第四級アンモニウム化合物(QA)の一種であり、界面活性剤による洗剤効果を持っている。芦内さんはこのQAとPGAを結合させ、高い耐水性を持つ新素材「ポリ-γ-グルタミン酸イオンコンプレックス(PGAIC)」の開発に成功した(図2)。また、納豆の培養液からPGAを取り出すプロセスでは、上述のPGAIC合成技術をベースとして、簡便かつ従来の100分の1程度のコストに抑え、回収・量産ができる技術も確立した。

次に芦内さんは、PGAICのプラスチック部材化に取り組んだ。その中で、エンベロープ型ウイルスを99.9パーセント以上阻止する抗菌・抗ウイルス効果があることがわかり、相反するはずの抗菌性と生分解性を両立させる「メディシナルプラスチック化」の可能性も見いだした。折しも世界では、海洋プラスチック問題や新型コロナウイルス感染症の拡大により、抗菌・抗ウイルス性材料の需要が高まっていた。そこで芦内さんと白米さんは、PGAICのメディシナルプラスチック化を見据えた要素技術の最適化をテーマに掲げ、20年にJSTのA-STEPの採択を受けた。

A-STEPでは、接触感染を防止する公衆衛生の現場にPGAICを活用するため、コーティング技術の開発に取り組んだ。その結果、合成可能なPGAICを11種まで拡大でき、PGAICの機

能物性や用途を拡張するための基盤的情報が整った。また、コロナウイルスやインフルエンザウイルス、大腸菌、カビなどの増殖抑制効果だけでなく、高温下でも抗菌性を発揮することや高い洗浄耐性を持つことも確認できた。今後、スプレー式の除菌剤として販売する計画もあるという。

表裏一体の性質を活用し 持続可能な社会を目指す

機能材料化したPGAは、生分解性や接着性などのさまざまな機能を備える(図3)。A-STEPの研究ではこれらの機能を生かして、ポリエステル類との混練やバイオフィルムの生成も行っており、その用途はコーティング部材や繊維、ボトルなど多岐にわたる。この研究開発はPlastiFarmの事業にもつながっており、企業には繊維メーカーなどから複数の打診が届いている状況だ。さらに、高知県内の大学発の起業を支援する投資ファンドからも、投資先の第1号に選ばれている。

PGAICの抗菌性と生分解性は、一見相反する性質にも思える。し

かし芦内さんはこれこそが微生物研究の肝であり、持続可能な社会を実現するカギだと語る。「抗菌性も生分解性も、微生物を集めてくっつける納豆ネバネバ成分の微生物親和性を利用した表裏一体の性質です。この2つの性質を活用し、抗菌・抗ウイルスと環境配慮を両立することが、社会の持続可能性につながると考えています」と重要性を強調する。

そのためには、現状を見据える力と、直感を信じて挑戦する行動力が必要であるとし、キーワードに「実」を挙げる。実とは、木材に凹凸を付けて木材同士をつなぐ日本古来の木造建築技法だ。「きれいに整った面にあえて凹凸を付けるという大胆かつ独創的な発想を用いたからこそ、法隆寺などの日本が世界に誇る建築物が数多く造られたと言えます。まず、ありたい未来の姿を描き、そこから逆算して今何をすべきかを考えることによって、実に成り得るイノベーションが生まれるのではないのでしょうか」。芦内さんの粘り強い研究はこれからも続く。

(TEXT:横井まなみ、PHOTO:石原秀樹)

図3 PGAICの特徴

