

# MASTERING PROTEINS

## Spiber 株式会社 取締役兼代表執行役 関山 和秀

### 【略歴】

1983 年東京生まれ。2001 年慶應義塾大学環境情報学部入学、2004 年より同大学先端生命科学研究所を拠点にクモ糸人工合成の研究を開始。研究成果をもとに、博士課程在学中の 2007 年 9 月、学生時代の仲間と共にスパイバー株式会社（現 Spiber 株式会社）を設立。これまでに 200 億円以上の研究資金を調達し、産学官連携で構造タンパク質の工業材料化技術開発と事業開発に取り組む。全国発明表彰「21 世紀発明賞」など受賞多数。

### 1. タンパク質材料の魅力と課題

クモが命綱に使う糸の重さあたりの強靱性は鉄の約 340 倍であり、その優れた衝撃吸収性は他を圧している [1]。アリの歯はチタン合金並みの硬度を有し [2]、ある種の昆虫に見られる驚異的な跳躍力は彼らに搭載されたエネルギーロスの少ないゴム組織により実現されている [3]。ウールやカシミアも生物由来の材料であるが、保温性や吸湿速乾性など、衣料材料として優れた特性を有することは広く知られている。これらはみな、主成分はタンパク質である。タンパク質は 20 種類のアミノ酸からなる生体高分子であり、結合させるアミノ酸の種類や個数を変えることで多様な機能を生み出せる。何十億年もの間、突然変異と自然淘汰の中で洗練されてきたこの材料には、驚くような機能美が秘められている。

石油をはじめとする化石資源に頼らず、地上資源の循環によって成り立つ持続可能な社会を実現する上で、タンパク質材料の果たしうる役割は大きいだろう。しかし、その普及には多くの障壁が存在する。羊やヤギの飼育には多大な土地や水が必要であり、供給をすぐに増やすことは難しい。生き物が作り出す素材は品質のばらつきが大きく、工業利用は困難を極める。そしてクモを始めとし、そもそも家畜化に適さない生物も多い。タンパク質材料を普及させるには、タンパク質を低コストかつ安定した品質で生産する技術の確立が必要不可欠である。

### 2. 産業創出に向けた取り組み

こうした中、遺伝子組み換え技術を用いて、産業素材として有益なタンパク質を微生物に合成させる研究開発が注目を集めている。2000 年代に入ると生物の設計図となるゲノム DNA が次々と解読され、それらを解析する IT 技術も進歩した。新規のタンパク質とそれをコードする遺伝情報が次々と解明されたのみならず、それらを高効率生産するための分子設計技術や、微生物の育種改良技術の開発が飛躍的に進んだ。こうした技術進歩の後押しを受け、世界各地で新たなバイオ産業の創出に向けた活動が躍動し始めている。

2007 年に誕生した Spiber 社も、膨大な生命情報を解析することで宿主微生物において高発現化する遺伝子の特徴を抽出し、それをクモ糸遺伝子に反映させることから取り組んだ。微生物の培養、目的タンパク質の精製、そして素材加工条件全てにおいて好成績を示す分子設計を模索し、その最適生産条件を組み合わせ論的に探索した。膨大な実験をハイスループットに処理するために、実験自動化やデータベース構築を推進し、これまでに 1,200 種類を超える分子設計とその生産条件のス

クリーニングを実施してきた。結果、素材となるタンパク質の生産コストを工業材料として使える域にまで低減させられる可能性を見出した。

2014年、我々の事業は内閣府主導の研究開発プロジェクト「ImPACT」に採択され、Spiber社はコア研究機関として参画させて頂くことになった。これまで20社を超える国内企業、アカデミアにタンパク質材料を供給し製品開発を行い、課題抽出と製品改良を5年間にわたり繰り返してきた。2015年には、実際の工業ラインを使って製作された世界初の人工クモ糸衣服「MOON PARKA®」をThe North Faceと共に発表。2016年にはトヨタ自動車が発表した次世代カーシート「Kinetic Seat Concept」に、我々の人工クモ糸を採用して頂いた。これらと並行して、低コスト安定生産のための生産技術もパイロットスケールで開発を進め、2018年には本格的な製造用発酵プラントとなるタイ工場建設の計画を発表した。さらなる低コスト化、そして機能改良のために残された課題は少なくないが、優れたパートナーとの連携により、タンパク質を素材として普及させるための基盤を整えることができたと思っている。

### 3. 展望

OECDの発表によれば、バイオテクノロジーにより牽引される経済は2030年までに200兆円を超える規模に成長すると言われている[4]。これまで医薬品が中心だったバイオプロダクション（バイオマスの生物変換による物作り）の出口が、素材や食品にまで幅広く展開されていくことが予想された内容になっている。その背景にあるのは、化石資源を使い続けることに対する各国の危機感だろう。米国では2030年までに10億トンのバイオマス利用を目指す方針が掲げられた[5]。欧州各国や中国でも国をあげてバイオテクノロジー支援の政策が定められ、それぞれバイオ系企業に対する数兆円規模の投資が進んでいる。我々は「タンパク質を工業材料として使いこなす」ことを目指し、そのために必要な研究開発に取り組んできた。そう遠くない将来、化石資源による経済から、バイオプロダクションによる経済への転換を迫られた時、我々の開発する技術が一つの選択肢になればと願っている。

### 4. 参考文献

- [1] Agnarsson I., Kuntner M., Blackledge T.A., *PLoS One*, **5**, e11234, (2010)
- [2] Schofield RM, Nesson MH, Richardson KA, *Naturwissenschaften*, **89**, 579, (2002)
- [3] Lyons RE, Wong DC, Kim M, Lekieffre N, Huson MG, Vuocolo T, Merritt DJ, Nairn KM, Dudek DM, Colgrave ML, Elvin CM, *Insect Biochem Mol Biol*, **41**, 881, (2011)
- [4] The Bioeconomy to 2030, designing a policy agenda, OECD (2009)
- [5] Federal Activities Report on the Bio economy, U.S. Congress (2016)