

巻頭言

スマートセルインダストリーの 形成に向けたバイオ×デジタルの技術開発



蓮沼 誠久

2015年、国連は2030年までに極度の貧困を解消し、持続可能な社会を実現するための国際目標としてSDGsを掲げた。17の開発目標の中で、貧困、飢餓、健康・福祉、水、エネルギー、気候変動、海の豊かさ、陸の豊かさなど少なくとも10項目以上はバイオテクノロジー分野が貢献できる課題である。たとえば環境・資源の観点からは、循環型社会を形成するためにバイオマスをはじめとする再生可能な資源を用いることが期待されている。今日の石油由来の汎用化学品や、人の生活を豊かにする機能素材のバイオ化が進むことにより、環境・資源の持続性は促進すると考えられる。

経済協力開発機構は「The Bioeconomy to 2030」の中で、2030年における加盟国のバイオ産業の市場規模が1.6兆ドルに成長すると予測している。この予測を産業分野別に見ると、39%が工業（モノづくり）分野で占められ、残りの36%が農業分野、25%が健康分野となっている。生物資源とバイオテクノロジーを用いて地球規模の課題解決と経済発展の共存を目指す概念を「バイオエコノミー」とし、バイオエコノミーが工業製品の35%、医薬品等の80%、農業の50%の生産に貢献すると予想している。実際、欧米諸国をはじめ、多くの国がバイオエコノミーの概念を導入し、国家的なバイオ産業の振興と社会問題の解決に向け、戦略的な取り組みを開始している。

バイオエコノミーの形成が国際的な潮流になっている背景としてはバイオテクノロジーと情報解析技術における革新がある。特に、次世代シーケンシング（複数固体のDNA分子を同時に配列決定できる強力な基盤技術）システムの登場、質量分析装置の高感度化、バイオインフォマティクスの進展により、バイオデータ（ゲノム配列情報、遺伝子発現情報、タンパク質情報、代謝物情報、生体機能に関わる各種情報等）が爆発的に増加したことが大きい。その結果、バイオデータに基づいて、構築したい細胞株の設計図がデザインできるようになってきた。一方で、DNA合成も安価となり、CRISPR/Cas9に代表される遺伝子工学ツールが数多く開発され、細胞株の設計図を具現化するための手段が増えてきた。さらに、細胞の培養やアッセイを自動でおこなうロボティクスの開発もおこなわれ、短期間に大規模なデータを取得することが可能になってきた。

このような技術革新を背景に、バイオデータを利用して計算機内で細胞の代謝等を設計するDesign（設計）工程、カタログ化したDNAパーツとロボティクスを活用して多様な組換え細胞株を短時間で構築するBuild（構築）工程、目的物質の生産性を短時間で評価するTest（試験）工程、評価結果と当初設計の差異を計算科学的に解析するLearn（学習）工程、を連結したDBTLサイクルを構成し、「モノづくりをする細胞」を合理的に育種するワークフローが確立されつつある。

国際的には政府・業界主導の活発なインフラ構築が進められており、当該分野で競争力を持つために、大学・公的研究機関の活用推進、基礎研究の有効性検証施設の整備が益々重要になってくると考えられる。

Development of Bio-Digital Technology for the Formation of Smart Cell Industry

Tomohisa HASUNUMA (正会員)

1998年 大阪大学工学部応用生物工学科卒業

2004年 大阪大学大学院工学研究科応用生物工学専攻博士課程修了 博士(工学)

同年 地球環境産業技術研究機構 植物研究グループ 研究員

2008年 神戸大学大学院工学研究科応用化学専攻 特命助教

2009年 神戸大学自然科学系先端融合研究環 講師

2011年 JST さきがけ研究者(兼任)

2012年 神戸大学自然科学系先端融合研究環 准教授

2015年 神戸大学自然科学系先端融合研究環 教授

2016年 神戸大学大学院科学技術イノベーション研究科 教授

2018年 神戸大学先端バイオ工学研究センター センター長

現在に至る

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

E-mail hasunuma@port.kobe-u.ac.jp

米国では汎用化学品や機能性物質のバイオ製造プラットフォームとしてAgile BioFoundry コンソーシアムが2016年に設立された。市場規模、経済性、持続可能性、潜在的サプライチェーン等に基づいて標的生産物質が選定され、DBTLサイクルを回すことによる微生物株の開発と、経済的に実現性のあるバイオ生産プロセス（スケールアップや分離精製を含む）の検討が進められている。開発で得られた膨大なデータが蓄積され、実現難易度、環境評価、市場インパクト、スケールアップ性などに基づく標的物質の優先順位が更新されるデータベースを産業界・アカデミアが共有する仕組みが構築されている。産業界への橋渡しを見据え、適切な規模の原料供給から製品開発を含む下流の処理工程までがフォーマットに組み込まれており、LCA分析のためのデータが共有されている点も注目に値する。

我が国では2016年よりNEDOスマートセルプロジェクトが実施され、バイオ×デジタルの取り組みが進められている。「生物細胞が持つ物質生産能力を人工的に最大限まで引き出し、最適化した細胞」をスマートセルと定義し、スマートセルの設計図をデザインするためのバイオインフォマティクスと、設計図を具現化するためのバイオテクノロジーの要素技術が開発されている。具体的には、代謝経路設計技術や遺伝子発現制御ネットワーク解析技術といった情報解析技術や、長鎖DNA合成技術、塩基編集技術、オミクス解析を中心とした日本独自の微生物育種プラットフォームの開発等が進められている。これにより、化学品、食品、その他の新機能材の創出がこれまでにない期間、コスト、性能で開発できることを示す検証試験がおこなわれており、成果が出てきている。

スマートセルを使って高機能品を生産する次世代産業は「スマートセルインダストリー」と言われ、医療・ヘルケア分野、工業分野、食糧分野等、様々な分野への展開が望まれている。今後、さらなる先端的な要素技術の開発や、要素技術をシステムティックに統合したプラットフォームの構築が期待される。